

**Statlig program for forurensningsovervåking**  
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 885/03  
TA-nummer: 1983/2003  
ISBN-nummer: 82-577-4394-1

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn  
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

**Miljøforholdene i  
• Sørfjorden i 2002**

**Rapport  
885  
2003**

Delrapport 2. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden.  
Miljøgifter i organismer i 2002

NIVA 4724-2003 (TA-1983/2003)

## **Statlig program for forurensningsovervåking**

### **Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden.**

#### **Miljøgifter i organismer i 2002**

Prosjektleder: Jens Skei  
Forfattere : Anders Ruus og Norman Green



## Forord

Overvåkingen av miljøgifter i organismer fra Sørfjorden gjennomføres i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S, som ved Amund Måge har vært ansvarlig for innsamling av blåskjell.

Undersøkelsene foretas innen rammen av Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens Forurensningstilsyn (SFT). Foruten ved SFT finansieres overvåkingen av Outokumpu Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S, Tinfos Titan & Iron K/S og kommunene Odda og Ullensvang.

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

Undersøkelsen er et ledd i et lang siktig overvåkingsprogram for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979. Fra aktivitetene i 2002 er det tidligere gitt ut en rapport vedrørende miljøforholdene i Sørfjorden mht. metallkonsentrasjoner, oksygen og nitrogen (Skei et al. 2003).

Analysene av miljøgifter har vært utført ved NIVAs analyselaboratorium. Opparbeidelsen av fisk under JAMP-programmet har vært ved Ketil Hylland og Marijana Erk. Blåskjellprøvene er opparbeidet av Merete Schøyen.

Alle involverte takkes for god innsats. Rapporten er forfattet av Anders Ruus og Norman W. Green. Leder av hovedprosjektet er Jens Skei.

Oslo, september 2003

Anders Ruus



## **Innhold:**

<b>1.</b>	<b>Sammendrag:</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>Bakgrunn og formål .....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>Materiale og metoder.....</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>Resultater og diskusjon .....</b>	<b>18</b>
4.1	Metaller i fisk.....	18
4.2	Metaller i blåskjell .....	21
4.3	Klororganiske stoffer i fisk.....	28
4.4	Klororganiske stoffer i blåskjell .....	34
<b>5.</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>38</b>



## 1. Sammendrag:

formålet med overvåkingen i Sørfjorden er å følge utviklingen etter forurensningsreduserende tiltak, gi miljøvernmyndighetene grunnlag for å bedømme eventuelle behov for ytterligere tiltak og å supplere underlag for næringsmiddelmyndighetenes bedømmelse av fisks og skjells spiselighet.

Fisk fanget i indre Sørfjorden i 2002 inneholdt fortsatt overkonsentrasjoner av kvikksølv (i filet av torsk 3.7 ganger grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem; i skrubbefilet 5.7 ganger grensen for Kl. I). Kvikksølvkonsentrasjonen i skrubbe er den høyeste som er registrert gjennom hele observasjonsserien (siden 1987). Statistiske trendanalyser utført innenfor *Joint Assessment and Monitoring Programme* (JAMP) av de årlige medianene (1988-2002) viser også en signifikant oppadgående trend.

Metallanalysene av blåskjell viste opp til sterk grad av forurensning med bly (Kl. IV), opp til markert grad av forurensning med kvikksølv og kadmium (Kl. III) og opp til moderat grad av forurensning med kobber (Kl. II). For sink var det ingen overskridelser av Kl. I.

Kvikksølvinnholdet i blåskjell har sunket til omtrent samme nivå som i 1998 på de fleste stasjoner.

Blåskjellene samlet på stasjon B1/51A (Byrkjenes) innenfor JAMP, siste halvdel av oktober, viste en oppgang i konsentrasjonene av kvikksølv, kadmium og bly i 2002, sammenlignet med 2001. Disse konsentrasjonene er også høyere enn i blåskjellene samlet på samme stasjon innenfor Statlig program for forurensningsovervåking 2 uker senere, som forøvrig viser en nedgang i forhold til nivåene i 2001. Dette kan sannsynligvis forklares med anleggsarbeid (spunting) utført av Norzink i Eitrheimsvågen i andre halvdel av oktober og viser hvor avgjørende tidspunktet for prøvetaking er for hvor årets nivåer ligger.

Sammenliknet med fjorårets resultater ses også en nedgang i blåskjellkonsentrasjonene av kadmium på de fleste stasjonene. Statistiske analyser viser også en signifikant jevn nedgang i blåskjell-konsentrasjoner av kadmium (1981-2002) på alle stasjonene foruten B1 (Byrkjenes). Disse resultatene korresponderer med de analysene som gjennomføres innenfor JAMP, som viser signifikante nedganger i blåskjellkonsentrasjonene av kadmium på stasjonene ved Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset (1987-2002).

Gjennomsnittlig konsentrasjon av PCB i torsk har i 2002 nådd ”rekordhøyt” nivå. Dette skyldes ekstreme konsentrasjoner i 4 individer. Gjennomsnittet av disse tilsvarer 592 ganger grensen for Kl. I og omtrent 30 ganger grensen for Kl. V. Ser man imidlertid bort fra disse 4 individene er gjennomsnittlig PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon (av de resterende 21 individene) litt høyere enn 2001-verdien, dog lavere enn 2000-verdien.

PCB-profilen i torskeprøvene er undersøkt mot PCB-profilen i en murpuss/maling-prøve fra kraftstasjonen ved Tyssedal. Dette viste tydelig at torskene med desidert høyeste PCB<sub>7</sub>-konsentrasjoner var de som hadde PCB-profil som lå nærmest PCB-profilen i murpuss fra kraftstasjonen. Dette sannsynligjør ennå sterkere murpuss/maling fra kraftstasjonen i Tyssedal som kilde til PCB som vi nå sporer i biologiske prøver.

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av DDT og dets derivater var jevnt over lavere i fisk i 2002, enn i 2001 og 2000. Unntaket er særlig torskefilet fra indre Sørfjorden, som har steget med en faktor på nær 8, siden 2001 (sett på fettvektsbasis).

Høyest konsentrasjon av  $\Sigma$ DDT i blåskjell ble i 2002, som de fleste tidligere år, funnet ved st. B6 Kvalnes (13 ganger Kl. I). Blåskjell på ekstrastasjoner samlet innenfor JAMP indikerer flere tilsig av DDT-derivater mellom Kvalnes og Krossanes.

2002-verdien for PCB i blåskjell ved Tyssedal har gått ned siden ekstremkonsentrasjonen i 2001. Konsentrasjonen er imidlertid dobbelt så høy som den som ble registrert i blåskjell på denne stasjonen i 2000. 2002-verdien svarer til 23 ganger Kl. I.

## 2. Bakgrunn og formål

Overvåkingen av Sørfjorden 2002 er en videreføring av den tidligere overvåkingen og har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre har overvåkingen som mål å fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak.

Bakgrunnen for overvåkingen i Sørfjorden er dels den vedvarende høye metallbelastningen på fjordens overflatelag, samt at det i 1991 ble avdekket at fjorden var utsatt for en ikke ubetydelig forurensning med DDT og nedbryningsprodukter (spesielt DDE).

Metallforurensningen er årsak til advarsel fra Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) mot å spise fisk og skjell fra fjorden. Bedring i forholdene medførte at kostholdsrådene for fisk ble trukket tilbake i 1994, mens advarselen mot konsum av skjell fortsatt gjaldt. Etter det betydelige uhellsutslippet av kvikksølv fra Norzink vinteren 1999-2000 (Skei 2000, Molvær 2000) har Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT) igjen delvis frarådd konsum av fisk fra Sørfjorden. Gjeldende råd er (sist vurdert 2003):

- *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.*

Dessuten er det gjennom årene med overvåking konstatert vekslende grad av forurensning med PCB i fisk (f. eks. Ruus & Green 2002), med særlig høye nivåer i torsk fra 1998 og 2000. På grunn av de høye 1998-nivåene ble overvåkingen utvidet med henblikk på å spore kilder for PCB og DDT (Skei & Tellefsen 2000, Knutzen & Green 2000). Blåskjell samlet i Sørfjorden (Tyssedalsområdet) 2001 har også vist meget høye konsentrasjoner av PCB (Ruus & Green 2002). Disse funnene medførte en tilleggsundersøkelse (rapportert i brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelingen 28. juni 2002, og gjengitt i rapporten for 2001-dataene [Ruus & Green 2002]), som sterkt sannsynliggjorde maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal som kilde.

Overvåkingen er, som nevnt, tiltaksorientert. Det ligger i det at det er et hovedformål å gi grunnlag for å vurdere behov for ytterligere å redusere tilførlene av forurensninger, dertil å gi ajourførte data som benyttes til å bedømme spiseligheten av fisk og skjell. Ved dette fås også informasjon om utviklingen, som ikke bare er av interesse for forvaltingsmyndighetene (om tiltakene gir den tilskirkede virkning), men også for almenheten og brukerne av fjorden. I 1998 ble det laget en sammenstilling av resultater fra alle deler av overvåkingen i Sørfjorden 1980-1997 (Skei et al. 1998) samt en mer populært anlagt fremstilling (Skei & Knutzen 1999).

På bakgrunn av de bemerkelsesverdig høye konsentrasjonene og enkelte klororganiske stoffer registrert i den antatt lite lokalt belastede Nordfjord (Sogn og Fjordane) i 1993 av Berg et al. (1998), senere også kvikksølv og andre metaller i materiale fra samme sted i 1998 (Berg et al. 2000), ble det innen JAMP årene 1999-2001, foretatt en supplerende innsamling av dypvannsfisk fra Sørfjorden, med tilsvarende materiale fra den nærliggende Åkrafjorden som referanse. Disse undersøkelsene viste generelt høye konsentrasjoner av miljøgifter, men

ekstremkonsentrasjoner av kvikksølv. Innsamlingen av dypvannsfisk ble avsluttet og derfor ikke gjort i 2002. Det organiseres imidlertid innsamling av dypvannsfisk i Sørfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2003, som vil bli rapportert neste år.

Den utvidede overvåkingen av kvikksølv i torsk (utover innsamlingen/analysene innenfor JAMP), som ble gjort i 2001 (Walday, 2002), er ikke gjort i 2002. Det organiseres imidlertid også innsamling av torsk på to ekstrastasjoner i Sørfjorden i 2003. I tillegg organiseres innsamling av blåskjell på to ekstrastasjoner i 2003. Resultater fra disse undersøkelsene rapporteres neste år.

Innenfor JAMP ble det i 2002 samlet inn blåskjell på 7 ekstrastasjoner i området rundt Kvalnes og Krossanes for å bedre oppløsningen ved sporing av kilder til DDT. Dette området har hatt de høyeste blåskjellkonsentrasjonene av DDT (og derivater) de fleste årene med overvåking. Detaljene rundt denne undersøkelsen vil bli presentert av Green et al. (under utarbeidelse).

Tabell 1 viser tilførselstall for (bl.a.) metaller i 2001 og foregående år (såvidt de har latt seg beregne). Kun regulære utslipp (prosessvann) er inkludert (ikke diffuse tilførsler fra land) når det gjelder Tinfos Titan & Iron og Odda Smelteverk A/S, mens for Outokumpu Norzink A/S er også diffuse tilførsler tatt med.

*Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Outokumpu Norzink A/S (ONZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 2002. Basert på opplysninger fra SFT. Tallene i parentes representerer utslipp i 2001.*

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år	PAH, kg/år	Nitrogen, tonn/år
O.S.	139 (226)	95 (174)	273 (614)	5 (11)	0.5 (0.2)	1041 (1700)	442 (943)
ONZ	47 (63)	4022 (4777)	11370 (17557)	100 (1300)	1.6 (3.4)	-	
TTI	11 (11)	27 (169)	6034 (9318)	3 (0.09)	0.7 (0.6)	193 (209)	
<b>Totalt</b>	<b>197 (300)</b>	<b>4144 (5120)</b>	<b>17677 (27489)</b>	<b>108 (311)</b>	<b>2.8 (4.2)</b>	<b>1234 (1909)</b>	<b>406 (943)</b>

De totale utslippene til fjorden var betydelig lavere i 2002 sammenlignet med 2001 for samtlige metaller. Det skyldes tiltak knyttet til håndtering av diffuse utslipp fra Outokumpu Norzink A/S sitt fabrikkområde, betydelige reduksjoner i utslipp av sink og bly ved Tinfos Titan & Iron og nedleggelsen av virksomheten ved Odda Smelteverk A/S høsten 2002 (Skei et al. 2003). Produksjonen ved Odda Smelteverk A/S ble halvert i oktober og november og produksjonen opphørte 16.11.02. I juli var det produksjonsstans ved Odda Smelteverk A/S.

### 3. Materiale og metoder

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn 3-5/11 2002 fra 1 - 1.5 meters dyp fra stasjonene B1 Byrkjenes, B2 Eitrheim, B3 Tyssedal, B4 Digranes, B6 Kvalnes og B7 Krossanes (Tabell 2, Figur 1). Innenfor den norske delen av det internasjonale overvåkingsprogrammet JAMP (Joint Assessment and Monitoring Programme) under OSPAR-kommisjonen og SFTs INDEKS-program (Green & Knutzen 2001), ble blåskjell fra Byrkjenes, Eitrheim, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset prøvetatt 16-22/10 2001 (Tabell 2, Figur 1). Som nevnt er det innenfor JAMP i 2002 også samlet inn blåskjell på 7 ekstrastasjoner i området rundt Kvalnes og Krossanes for å bedre opplösningen ved sporing av kilder til DDT. Detaljene rundt denne undersøkelsen vil bli presentert av Green et al. (under utarbeidelse). Alle prøvesteder innen JAMP og INDEKS er koordinatfestet (Green 2000). Blåskjellene er analysert både for klororganiske stoffer og metaller.

JAMP-materialet omfatter i tillegg til blåskjellene analyser av metaller og klororganiske forbindelser i fisk. Torsk (*Gadus morhua*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) er samlet fra Sørfjorden i omegnen av Tyssedal og innover (JAMP-st. 53B, Figur 2) hhv. 19/10 2002 og 13/11 2002. Fra Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP-st. 67B) ble det fanget torsk 10/1 2003, skrubbe 26/10 2002 og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) 31/12 2002. Skrubbe ble også samlet inn fra den tilnærmet uberørte Åkrafjorden (JAMP-st 21F) som referanse, 20/10, 2002. Prøver av dypvannsfisk ble, som nevnt, ikke samlet inn i 2002.

Innenfor Statlig program samles blåskjell (så langt det er mulig) 50 stk. i størrelsen 4 - 5 (6) cm fra hver stasjon til en blandprøve. Skjellene frysnes ned uten forutgående tömming av tarm. 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. Innen JAMP samles rutinemessig 50 stk. (\*el. 100 skjell) innen hver av størrelseskategoriene 2 – 3\*, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysning går skjellene her minimum 12 timer i vann fra innsamlingsstedet (tömming av tarm) og tas ut av skallene. For prøven til INDEKS-programmet benyttes bare en størrelseskategori (3-5 cm, 3 parallelle blandprøver à 20 stk.) uten tarmtömming.

Fiskeprøvene som rutinemessig samles innenfor JAMP er analysert dels på individer (så langt det er mulig 25 stk.) og dels på blandprøver av 5 stk. i fortrinnsvis 5 størrelsesgrupper (se spesifisering i fotnoter under de aktuelle resultattabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, mens kvikkssølv (Hg) bare er analysert i filet. Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) er kun analysert i lever.

Fisken er fraktet nedfryst, deretter tint og opparbeidet på NIVA før ny nedfrysing. Prøver ble så homogenisert og frosset før analyse. Blåskjell og fisk ble homogenisert i en TEFAL food processor eller Ultra-Turrax T25. Materialet ble analysert på NIVAs laboratorium som følger: For metallanalysene ble en innveid subprøve av tint homogenat oppsluttet med salpetersyre i autoklav (ved 120°C; fiskefilet til Hg), eller i mikrobølgeovn (blåskjell og lever) og fortynnet med destillert og avionisert vann (Norsk Standard 4780, 1. utg. juni 1988). Bestemmelsen utføres på den klare væskefasen og foretas med ICP-MS (Inductive Coupled Plasma – Mass Spectrometry) (Cd, Pb, Cu og Zn). Deteksjonsgrensene er avhengig av innveid prøvemengde. Ved innveid mengde 0.5 g våt prøve (fortynnet til 50 ml) gjelder følgende:

Cu: 0.001 mg/kg  
Pb: 0.01 mg/kg  
Cd: 0.0005 mg/kg  
Zn: 0.005 mg/kg

Kvikksølv analyseres ved kalddamp med deteksjonsgrense 0.005 mg/kg. Analysekvaliteten kontrolleres mot sertifisert referanse materiale.

For de klororganiske analysene er vått homogenisert materiale tilsatt PCB 53 og PCB 204 som internstandard og ekstrahert to ganger med en blanding av sykloheksan og aceton, ved bruk av en ultralydsonde. Etter vasking med destillert vann inndampes ekstraktet til tørrhet for (gravimetrisk) fettvektbestemmelse. For videre analyse veies en del av fettet ut, løses i diklormetan og rennes ved bruk av gelpermeasjonskromatografi (GPC). Diklormetanekstraktet konsentreres til 1-2 ml og overføres til sykloheksan før ekstraktet behandles med konsentrert svovelsyre.

Før kvantitativ analyse blir ekstraktet konsentrert ved bruk av svak nitrogenstrøm til ønsket volum. Identifisering og kvantifisering av de nevnte parametre utføres ved bruk av en gasskromatograf (GC) med 60 m kapillærkolonne og elektronaffinitesdetektor (GC/ECD). Kvantifisering utføres ved bruk av standardkurver basert på ekstern og intern standard.

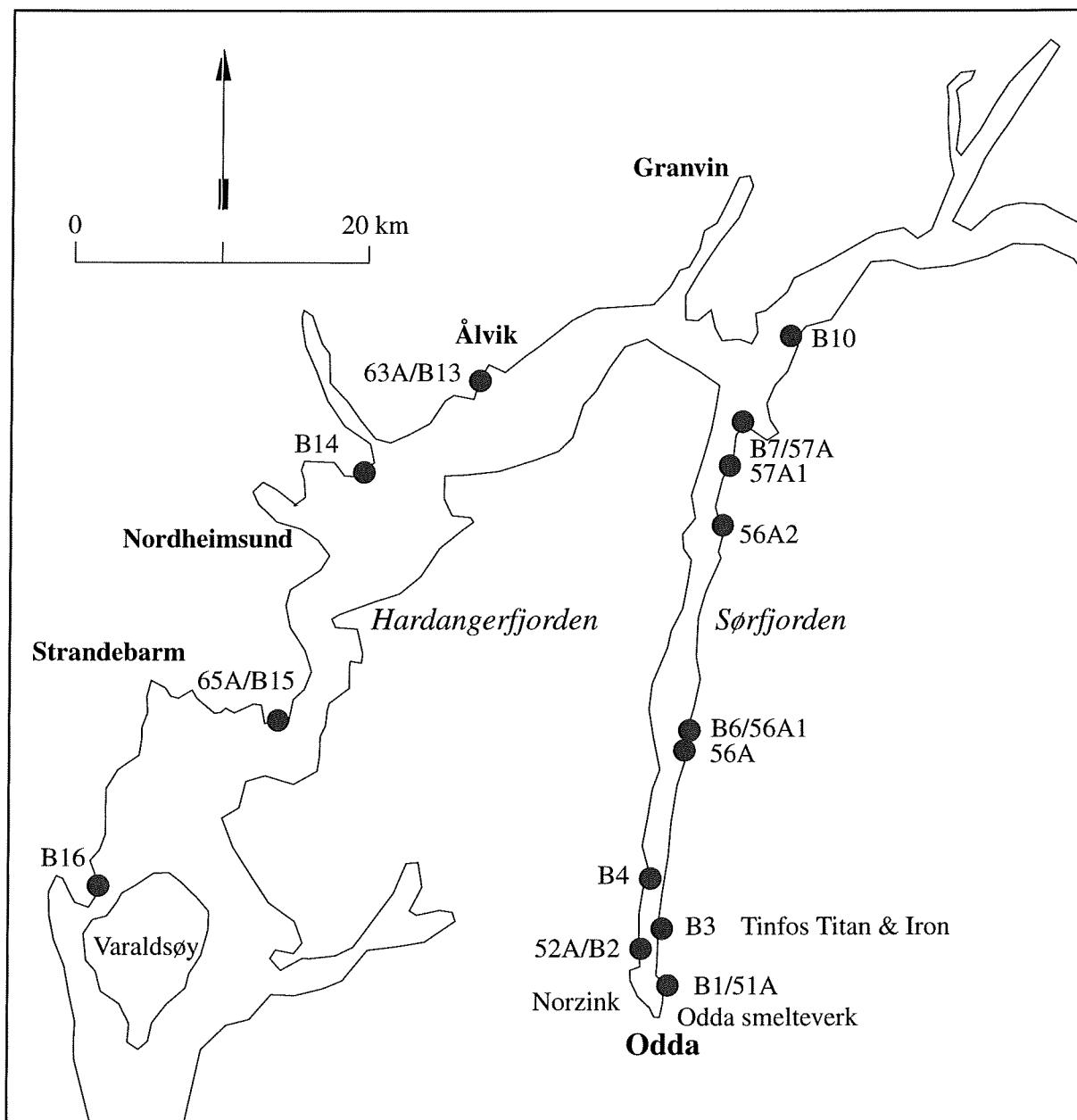
Analyseresultatene kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hvert tiende prøve på gasskromatografen, regelmessig blindprøvetesting, samt jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk av internasjonalt sertifisert referanse materiale (CRM 350, makrellolje) og en husstandard (torskefilet). Standard avvik for bestemmelse av enkeltforbindelser er 5 – 10% for sertifisert referanse materiale og 10 – 20% for husstandard. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0.1 – 0.5 µg/kg våtvekt.

JAMP-data fra analysene av fisk og blåskjell vil bli bearbeidet og rapportert mer fullstendig mht. variasjoner med størrelse og over tid innen det felles internasjonale overvåkingsprogram for OSPAR-kommisjonen. Det samme gjelder regionale forskjeller. I den foreliggende rapport er vurderingen stort sett basert på middelverdier sammenlignet med et "antatt høyt diffust bakgrunnsnivå" (Med dette menes "grensen" for verdier som kan registreres utenfor registrerbare influensområder til definerte punktkilder Jfr. Kl. I i SFTs klassifiseringssystem, Molvær et al. 1997). Tidstrendanalysene utført innenfor JAMP vil også bli beskrevet av Green et al. (under utarbeidelse).

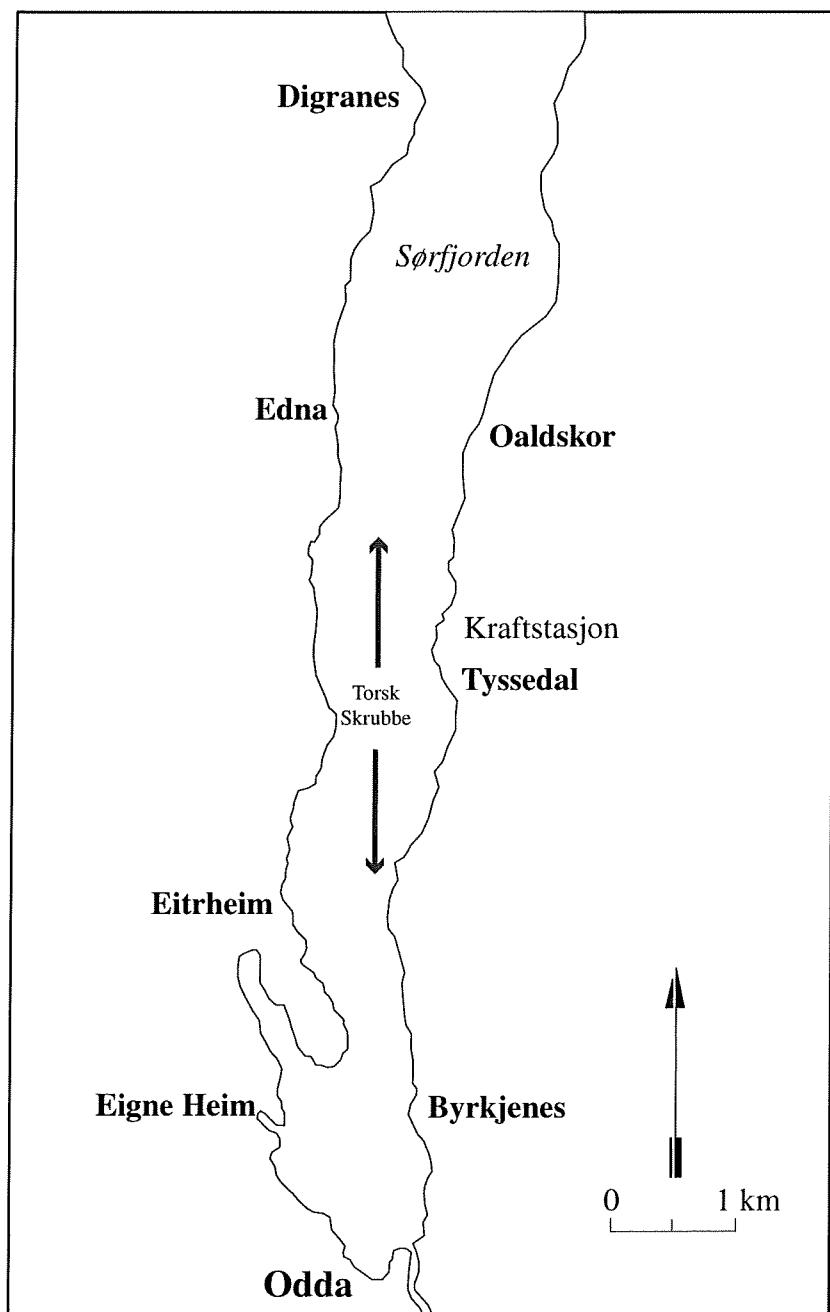
*Tabell 2. Innsamlingssteder for blåskjell i Sørfjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (\* Ikke prøvetatt 2002).*

STASJONER (JAMP-nr.)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1 (51A)	Byrkjenes. Fra betongbrygge/store steiner på pynt i sydenden av badestrand.	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim, fra tau under kommunal kai	3
St. B 3	Tyssedal, et område på 30m på nedsiden av kai foran kraftstasjon.	6
St. B 4	Digranes, nord for trebrygge.	10
St. B 6 (56A)	Kvalnes, S for Kvalnes, nedenfor hundepensjonat.	18
St. B 7 (57A)	Krossanes, fra fjell ved 4 naust, ytterst på neset.	37
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg	44
St. B 13 (63A)	Ranaskjær, skjær med cementkum, rett overfor Bjølvefossen	58
St. B 14 *	Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng	69
St. B 15 (65A)	Vikingneset, ved fyrlykt	84
St. B 16 *	Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust	100

*Figur 1. Prøvesteder for blåskjell i Sørfjorden/Hardangerfjorden. (B10, B14 og B16 bare prøvetatt ved basisundersøkelsen). JAMP blåskjellstasjoner: 51A osv.*



Figur 2. Område for fangst av fisk i indre Sørfjorden 2002.



## 4. Resultater og diskusjon

### 4.1 Metaller i fisk

Resultatene som presenteres her er etter analyser av torsk fanget som ledd i den årlige overvåkingen innenfor JAMP. Det presenteres ikke resultater fra dypvannsfisk, da disse prøvene har utgått fra JAMP. Det organiseres imidlertid fangst av dypvannsfisk (innenfor Statlig program for forurensningsovervåking) i 2003, som skal rapporteres neste år.

Rådata, opplysninger om prøver m.v. er tilgjengelig fra databasen for JAMP. Nærmere statistisk bearbeidelse av data i relasjon til tidligere års resultater er også foretatt innen dette programmet. Nedenfor gjengis hovedresultatene, dvs. middelverdier/standardavvik fra analysene av enten individuelle fisk eller blandprøver av fisk.

Sammendrag av resultatene fra den rutinemessige årlige overvåkingen er presentert i Tabell 3.

Hovedinteressen har vært knyttet til nivåene av **kvikksølv** etter de store uhellstilførslene vinteren 1999-2000 (Molvær 2000, Skei & Knutzen 2000). Resultatene viste klare overkonsentrasjoner i filet av både torsk og skrubbe fra indre Sørfjorden. Tallene i Tabell 3 overskridt grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem (= antatt høyt bakgrunnsnivå, Molvær et al. 1997) med 3.7 og 5.7 ganger i henholdsvis torsk og skrubbe. For torsk representerer dette en nedgang i forhold til 2001 (Tabell 4), til det samme nivået som ble registrert i 2000. For skrubbe representerer denne konsentrasjonen imidlertid en oppgang fra 2001 og er den høyeste verdien som er registrert siden 1987 (Tabell 4; Knutzen et al. 1999). Dette er meget interessant, siden statistiske trendanalyser (innenfor JAMP; Green et al. under utarbeidelse) av de årlige medianene (1988-2002) viser en signifikant oppadgående trend. Tabell 3 viser forøvrig videre at kvikksølvnivåene lå litt under "normalnivå" for både torsk og skrubbe i materialet fra Strandebarm og Åkrafjorden (bare skrubbe).

For glassvar har man ikke fått etablert referansenivåer, men middelverdien på 0.16 mg/kg våtvekt (som forøvrig er samme verdi som i 2001) registrert i prøven fra Strandebarm er uansett moderat og som man ser av Tabell 4 lavere enn flere ganger tidligere registrert i glassvar fra dette området.

Av Tabell 4 fremgår det ellers at det har vært betydelige variasjoner i kvikksølvinnholdet mellom år i perioden 1991-2002 (for data 1987-1991 se Knutzen et al. 1999). Disse variasjonene har det generelt sett ikke lykkes å knytte til opplysninger om varierende belastning. Den sannsynlige sammenheng mellom økningen i innholdet av kvikksølv fra 1999 til 2001 (torsk) og 2002 (skrubbe) og den ekstraordinære belastning fra perioden 1999-2000 må derfor tas med et visst forbehold. Det må imidlertid igjen bemerkes at konsentrasjonene i skrubbe fra indre Sørfjorden 2002 er de høyeste som er registrert i skrubbe gjennom hele observasjonsserien (Tabell 4; Knutzen et al. 1999).

I Sørfjordfisk ses i likhet med i 2001 også virkningen av den store belastningen på indre del av fjorden, særlig med **kadmium**; i mindre grad også forurensningen med **bly**. Bortsett fra kvikksølv, er metaller i fisk så langt ikke inkludert i SFTs klassifiseringssystem, men i henhold til data fra JAMP referansestasjoner 1990-1998 (Knutzen & Green 2001b) bør ikke innholdet av kadmium i torskelever være over 0.20-0.25 mg/kg. I forhold til dette lå nivået i torskelever fra indre Sørfjorden i 2002 2-3 ganger høyere. Dette representerer imidlertid en

nedgang (ca. halvering) i forhold til nivåene i 2001. Overkonsentrasjonene i skrubbe fra indre Sørfjorden var til sammenligning 11-15 ganger referansenivået, altså på samme nivå som i 2001. Selv om betydelige mengder av både bly og kadmium fraktes ut av fjorden (se kap. 4.2), gir ikke dette noe tydelig utslag i fisk fanget ved Strandebarm i hovedfjorden (Tabell 3). Kadmiumkonsentrasjonene i skrubbelever fra Åkrafjorden viser imidlertid en økning i forhold til i 2001 og ligger på referansenivå (Tabell 3; Knutzen og Green 2001b).

*Tabell 3. Middel/Standardavvik for kvikksølv i filet og kadmium, kobber, bly og sink i lever av torsk (Gadus morhua), skrubbe (Platichthys flesus) og glassvar (Lepidorhombus whiffiagonis) fra indre Sørfjorden (JAMP st. 53B), Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP st. 67B) og Åkrafjorden (ref.st. 21F) i 2002, mg/kg våtvekt.*

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Pb	Lever Cu	Lever Zn
<b>Indre Sørfj.</b>					
Torsk <sup>1)</sup>	0.37/0.29	0.62/0.65	0.25/0.26	16.33/12.23	30.2/13.7
Skrubbe <sup>2)</sup>	0.57/0.22	2.92/1.87	1.13/0.37	15.01/4.47	41.3/8.1
<b>Strandebarm</b>					
Torsk <sup>3)</sup>	0.08/0.05	0.03/0.02	0.03/0.04	8.89/6.62	23.3/6.2
Skrubbe <sup>4)</sup>	0.06/0.02	0.07/0.04	0.01/0.00	7.58/1.02	44.3/5.9
Glassvar <sup>5)</sup>	0.16/0.11	0.09/0.09	0.08/0.08	9.66/3.15	83.9/10.8
<b>Åkrafjorden</b> <b>(ref.st.)</b>					
Skrubbe <sup>6)</sup>	0.04/0.01	0.23/0.09	0.05/0.01	7.40/1.85	33.4/6.2

1) Individuelle analyser av 25 eks.: 228-2890 g (gjennomsnitt 691 g).

2) 5 blandprøver à 5 eks, tilnærmet etter størrelse : middelvakter i blandprøver: 373 g, 486 g, 548 g, 707 g og 902 g.

3) Individuelle analyser av 25 eks.: 353-5300 g (gjennomsnitt 1527 g).

4) 5 blandprøver à 5 eks, tilnærmet etter størrelse: middelvakter i blandprøver: 760 g, 1073 g, 1099 g, 1372 g og 2060 g.

5) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse : middelvakter i blandprøver: 426 g, 644 g, 502 g, 676 g og 970 g.

6) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvakter i blandprøver: 216 g, 309 g, 405 g, 468 g og 738 g.

*Tabell 4. Middelverdier av kvikksølv i muskel av torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sørkjorden (JAMP-st. 53) og Strandebarm (JAMP-st. 67) 1991-2002, mg/kg våtvekt. (For data fra 1987-1991 se Knutzen et al. 1999).*

Stasjoner/ arter	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98	-99	-00	-01	-02
<b>Indre Sørkj.</b>												
Torsk	0.24	0.40	0.17	0.09	0.09	0.24 <sup>1)</sup>	0.23 <sup>1)</sup>	0.25 <sup>1)</sup>	0.27	0.37	0.54	0.37
Skrubbe	0.13	0.12	0.08	0.15	0.05	0.17 <sup>2)</sup>	0.19 <sup>2)</sup>	0.20 <sup>2)</sup>	0.19	0.26	0.37	0.57
<b>Strande- barm</b>												
Torsk	0.12	0.10	0.11	0.13	0.08	0.10	0.13	0.07	0.07	0.11	0.08	0.08
Glassvar	0.10	0.21	0.26	0.43	0.35	0.41	0.27	0.17	0.24	0.19	0.16	0.16
Skrubbe						0.18		0.05	0.04	0.07	0.05	0.06

<sup>1)</sup> Middel av verdiene fra Tyssedal og Edna

<sup>2)</sup> Middel av verdiene fra Odda, Tyssedal og Edna

## 4.2 Metaller i blåskjell

Resultatene fra metallanalyser av blåskjell er presentert i Tabell 5. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figurene 3-6 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly og sink).

Konsentrasjonene i Tabell 5 representerer til dels vesentlige overkonsentrasjoner sammenlignet med grensene for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). For de seks stasjonene i Sørfjorden (kolonnene II i tabellen) var det følgende overskridelser (antall ganger Kl. I, avrundet):

Kvikksølv:	<1-5.3	(ubetydelig/lite til markert forurenset)
Kadmium:	1.9-6.2	(moderat til markert forurenset)
Bly:	2.1-23.7	(moderat til sterkt forurenset)

Av kobber var det ingen overskridelser av Kl. I (ubetydelig/lite forurenset) med unntak av på stasjon B3 (Tyssedal) hvor konsentrasjonen så vidt passerte grensen opp til Kl. II (moderat forurenset). Det bør påpekes at utsippene av kobber til fjorden gikk betydelig ned i 2002, sammenlignet med 2001. For sink var det ingen overskridelser av Kl. I (ubetydelig/lite forurenset), til tross for observerte høye sink-konsentrasjoner i vann ved slutten av året (Skei et al. 2003). Anleggsarbeid (spunting) utført av Norzink i Eitrheimsvågen i andre halvdel av oktober kan forklare forhøyde vannverdier i november, men dette ser altså ikke ut til å gi utslag i blåskjell samlet samme måned (innenfor Statlig program for forurensningsovervåking; kolonne II i Tabell 5). Det må imidlertid påpekes at blåskjell har en evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet (Lobel & Marshall 1988 med ref.).

I motsetning til for sink, viser blåskjellene samlet innenfor JAMP (kolonne I i Tabell 5), siste halvdel av oktober, en oppgang i alle metallkonsentrasjoner (Zn og Cu ikke analysert) på stasjon B1/51A (Byrkjenes) i 2002, sammenlignet med 2001. Disse konsentrasjonene er også høyere enn i blåskjellene samlet på samme stasjon innenfor Statlig program for forurensningsovervåking 2 uker senere, som forøvrig viser en nedgang i forhold til nivåene i 2001. Dette kan sannsynligvis forklares med det nevnte anleggsarbeidet i Eitrheimsvågen og viser hvor avgjørende tidspunktet for prøvetaking er for hvor årets nivåer ligger. Det er kjent at blåskjell anses for å gjenspeile ”øyeblikksbelastningen” nokså godt og vil dermed reflektere svingninger i vannkonsentrasjoner (f.eks. Bjerkeng & Ruus 2002).

På de øvrige stasjonene (B2/52A, B3, B4, B6/56A, B7/57A, B13/63A og B15/65A) ser man ikke en tilsvarende påvirkning av det nevnte anleggsarbeidet. Der er nivåene jevnt over det samme, eller viser en nedgang i forhold til i 2001 (se lengre ned, samt Figurene 3-6). Dette stemmer overens med at tilførsler av metaller fra industrien til fjorden, samt de observerte vannkonsentrasjoner har sunket (Skei et al. 2003).

Kvikksølvinnholdet i blåskjell fra flere av stasjonene har ligget høyt siden 1999 (Figur 3). I 2002 har imidlertid nivåene sunket til omrent samme nivå som i 1998, på de fleste stasjonene (Figur 3). På stasjon B2 (Eitrheim) er faktisk kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell for første gang innenfor grensen for Kl. I (ubetydelig/lite forurenset) (Figur 3).

*Tabell 5. Metaller i blåskjell (Mytilus edulis) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2002 (16-22 oktober [I] og 3-5 november [II], mg/kg tørrvekt). (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier; fra INDEKS-programmet middel av 3 paralleller av samme størrelseskategori). Ikke analysert: i.a.*

St.	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	I <sup>1)</sup>	II	I <sup>1)</sup>	II	I <sup>1)</sup>	II	I <sup>1)</sup>	II	I <sup>1)</sup>	II
B1/51A	1.47 <sup>2)</sup>	1.06	15.2 <sup>2)</sup>	12.4	91.1 <sup>2)</sup>	71.2	i.a.	107	i.a.	5.0
B2/52A	0.27	0.17	5.4	3.8	22.0	17.9	91	93	7.7	4.1
B3		0.42		10.0		6.2		178		11.7
B4		0.58		10.1		34.5		133		5.0
B6/56A	0.50	0.58	11.4	10.1	35.3	45.2	139	165	6.0	6.0
B7/57A	0.29	0.24	7.1	4.7	9.3	9.7	102	98	7.6	3.8
B13/63A	0.30		6.0		6.7		104		6.7	
B15/65A	0.12		3.5		2.9		149		6.6	

<sup>1)</sup> JAMP-serien

<sup>2)</sup> INDEKS-stasjon

Som det også fremgår av Tabell 5 ble stort sett de høyeste konsentrasjonene funnet på stasjonen B1 (Byrkjenes) innerst i fjorden, samsvarende med beliggenheten av de største forurensningskildene.

Sammenliknet med fjorårets resultater ses også en nedgang i kadmiumkonsentrasjonene i blåskjell på de fleste stasjonene. Statistiske analyser (lineære regresjoner med år som kontinuerlig forklaringsvariabel) viser sågar en signifikant jevn nedgang i konsentrasjoner av kadmium (1981-2002; Statlig program for forurensningsovervåking) på alle stasjonene foruten B1 (Byrkjenes) ( $p<0.05$ ; se Figur 4). Modellen (den rette linjen) hadde den beste forklaringsprosenten på stasjonene B4 (Digranes) og B7 (Krossanes) (hhv.  $R^2=0.74$  og  $R^2=0.63$ ), hvor man av Figur 4 også kan se den jevneste nedgangen.

Disse resultatene er i god overenstemmelse med de statistiske analysene som gjennomføres innenfor JAMP, som viser signifikante nedganger i kadmiumkonsentrasjonene i blåskjell på stasjonene B6/56A (Kvalnes), B7/57A (Krossanes), B13/63A (Ranaskjær) og B15/65A (Vikingneset) (1987-2002; Green et al. under utarbeidelse).

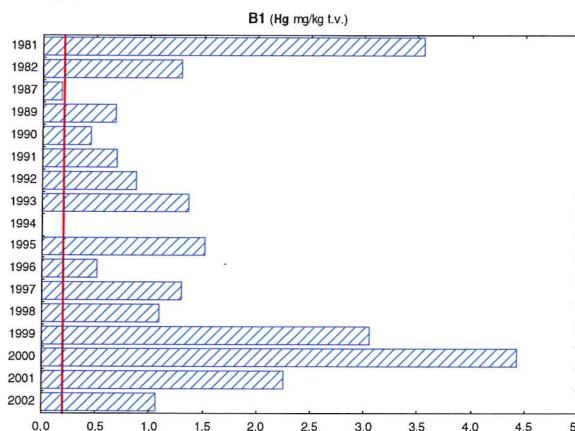
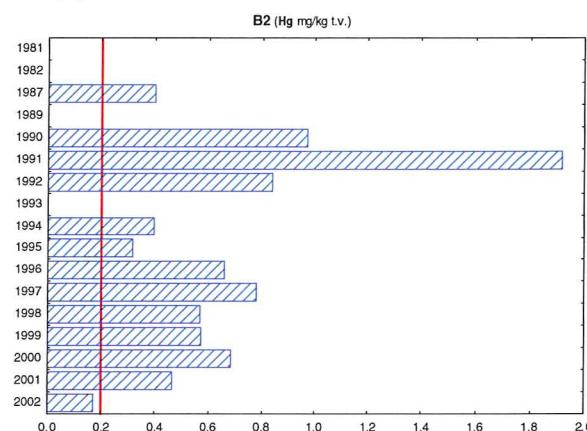
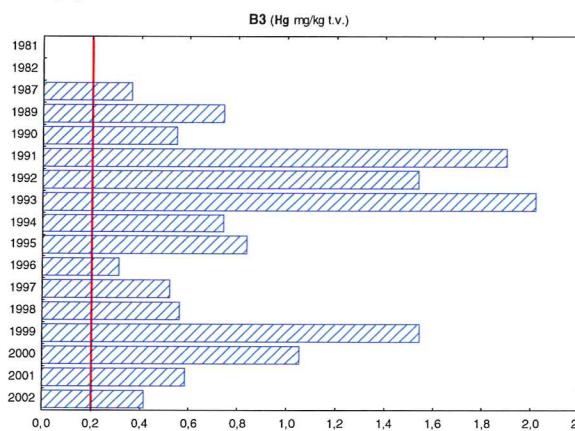
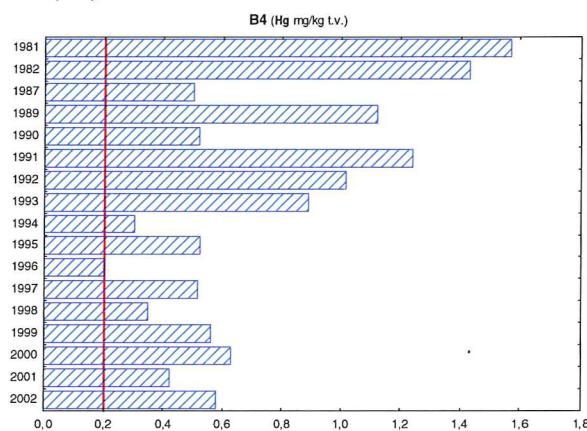
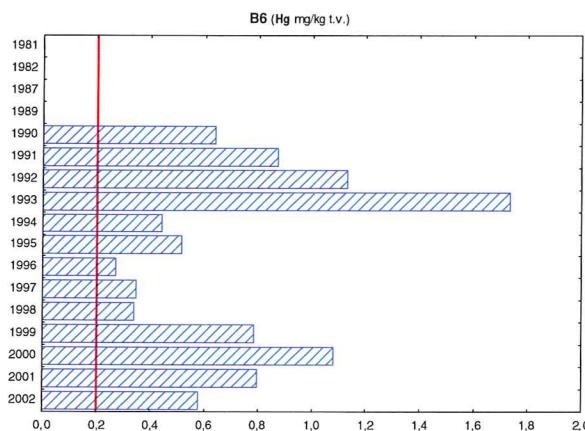
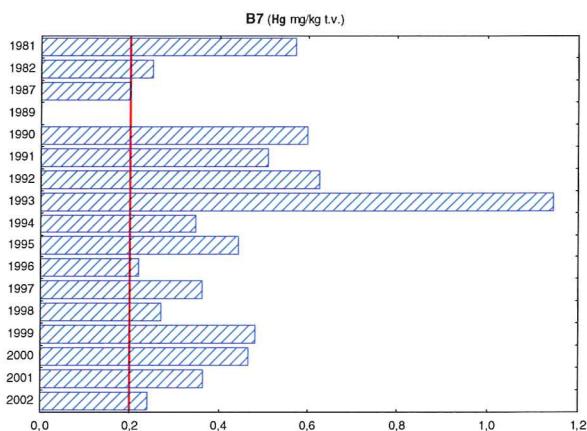
Når det gjelder bly, ses ingen vesentlig forandring i blåskjellkonsentrasjonene i 2002, sammenliknet med de siste 3 år (Figur 5). Unntaket er stasjon B3 (Tyssedal) hvor blynivået har sunket vesentlig. Dette er i samsvar med at de totale utlippene av bly ikke er vesentlig forandret (4144 kg i 2002, sammenlignet med 5120 kg i 2001 og 2899 kg i 2000 [Tabell 1; Ruus & Green, 2002]).

Overordnet kan en si at såvel årets som tidligere resultater for metaller i blåskjell viser et bilde av metallforurensningen i Sørfjorden som både er ujevn på den enkelte stasjon og med et utbredelsesmønster varierende med tilførsel av metaller i vannet, som dessuten sannsynligvis er influert av nedbørsforhold og andre klimatiske parametre, som vind og strøm. Det bør også nevnes at prøvestedene for observasjonene i vann ligger i betydelig avstand fra blåskjellstasjonene, noe som er viktig å bemerke ettersom belastningen i strandsonen kan være spesiell (Knutzen & Green, 2001a). Med månedlige observasjoner i vann er den viktigste begrunnelsen for å fortsette med metallanalyser i blåskjell at det er en utilstrekkelig etablert sammenheng mellom de hittil meget varierende konsentrasjonene i vann og nivåene i skjell. Det blir derfor for usikkert å bedømme spiseligheten av skjell bare ut fra registreringer

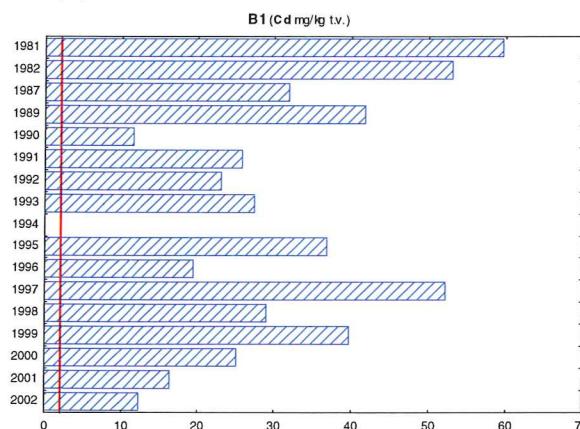
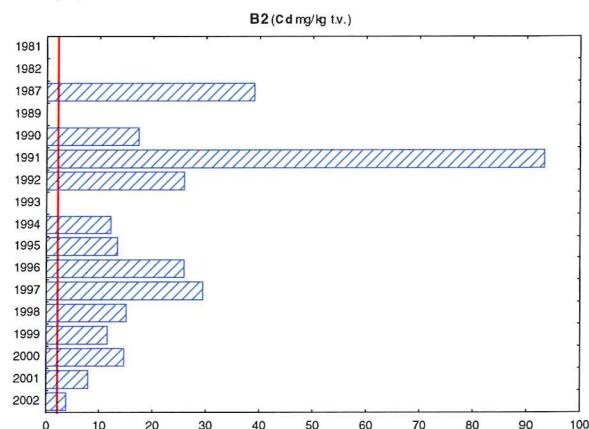
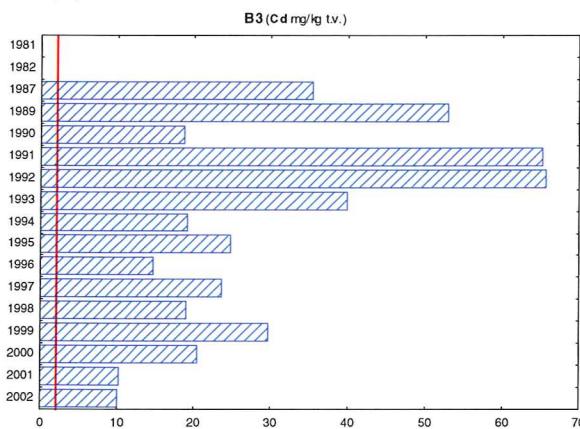
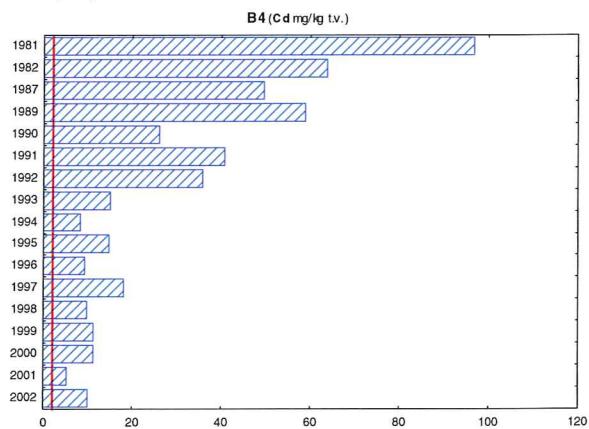
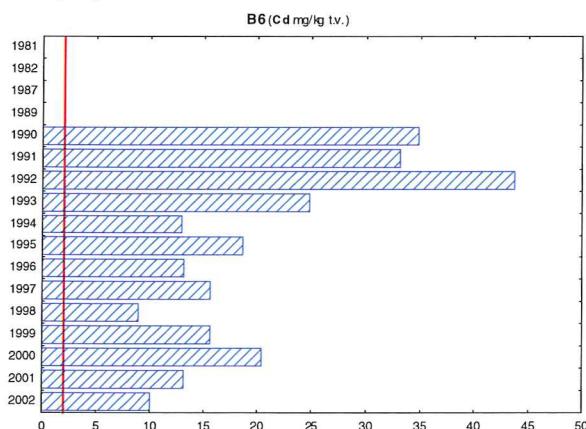
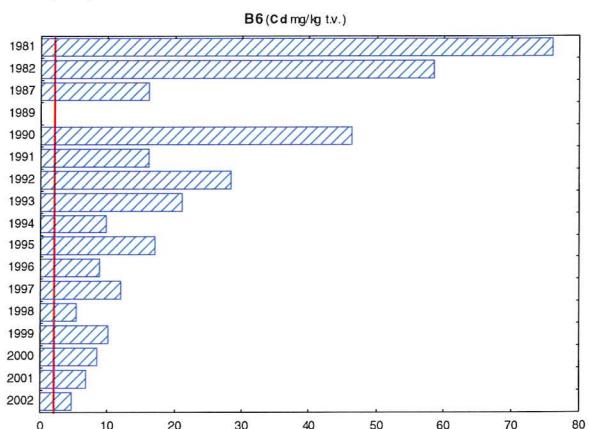
i vann. En annen fordel med blåskjellobservasjonene kan være at episodiske ekstrembelastninger ikke får samme utslag i skjell som i vann, og at mer overordnede tendenser derved lettere kan fremgå av blåskjellresultatene.

Av resultatene fra JAMP-stasjonene fremgår i likhet med i fjor og tidligere at utsippene av kadmium og bly i indre Sørfjorden tydelig kan spores ut i Hardangerfjorden; for kadmiums vedkommende mer enn 80 km fra kilden (nesten to ganger grensen for Kl. I ved JAMP-stasjon 65A, Tabell 5). Ellers fremgår belastningen av kvikksølv og bly også klart på stasjoner utenfor Sørfjorden (begge viser overkonsentrasjoner i forhold til Kl. I på stasjon 63A [Ranaskjær], nær 60 km fra Odda [Tabell 5]).

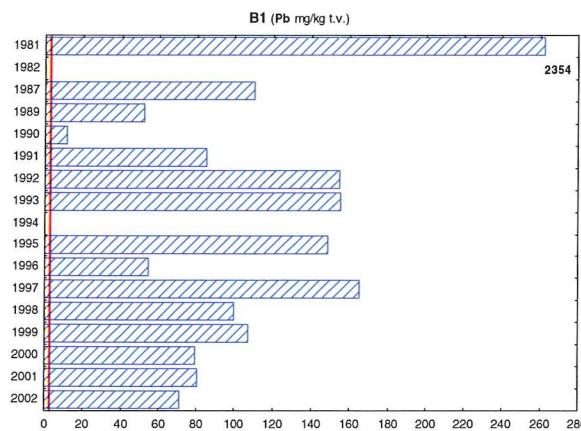
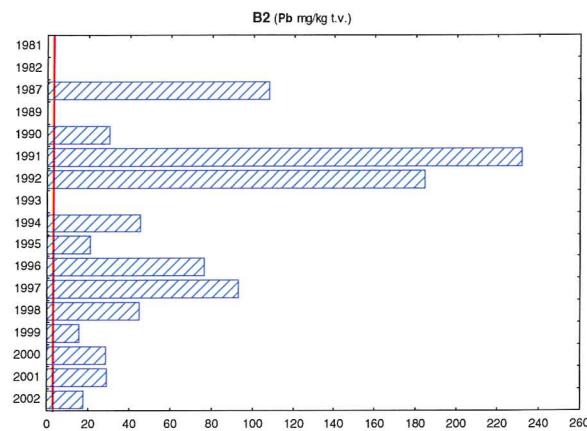
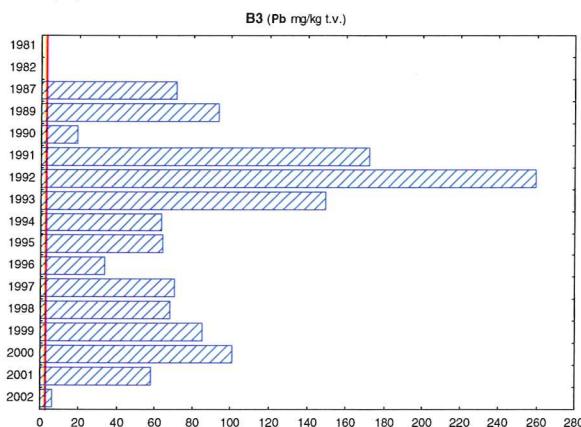
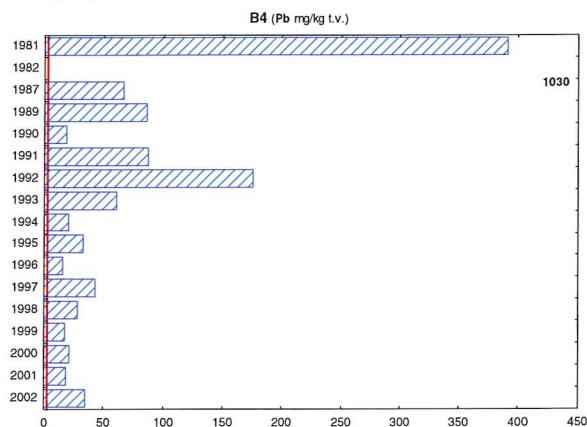
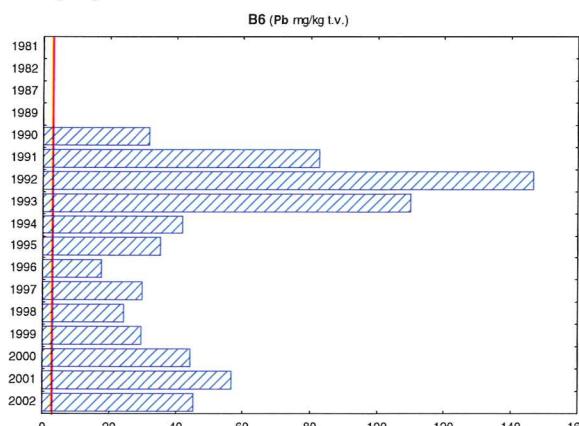
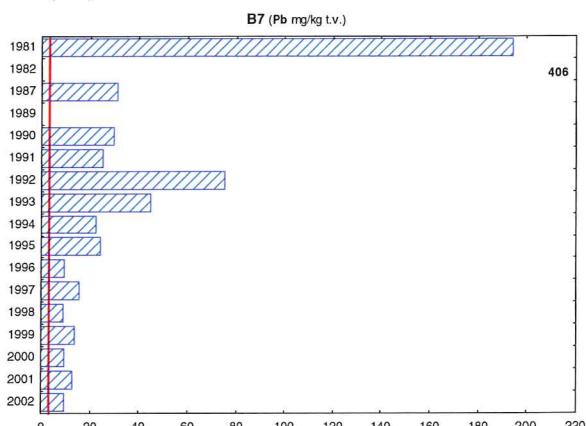
*Figur 3. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981-2002, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå).*

**B1 (2).****B2 (3).****B3 (6).****B4 (10).****B6 (18).****B7 (38).**

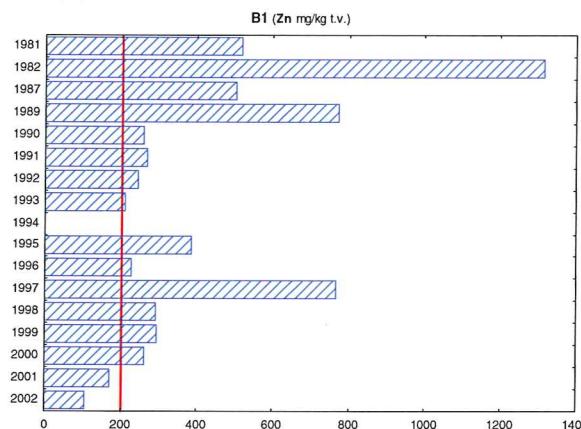
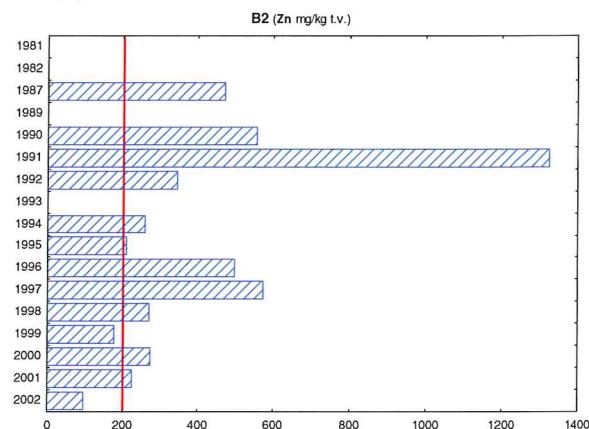
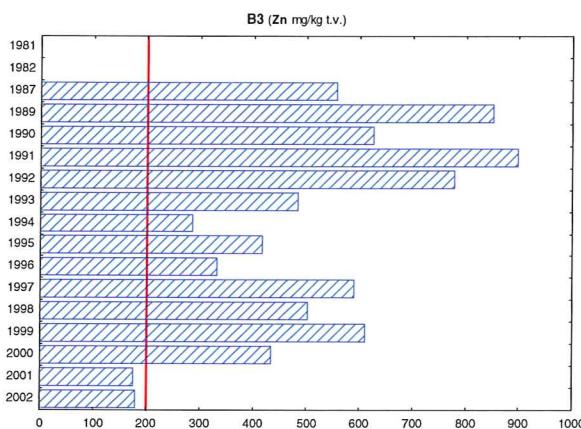
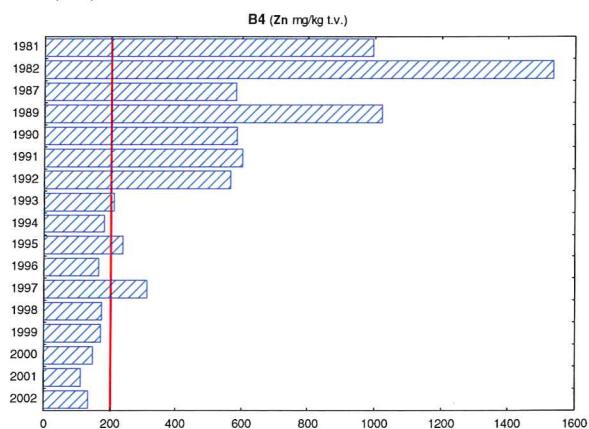
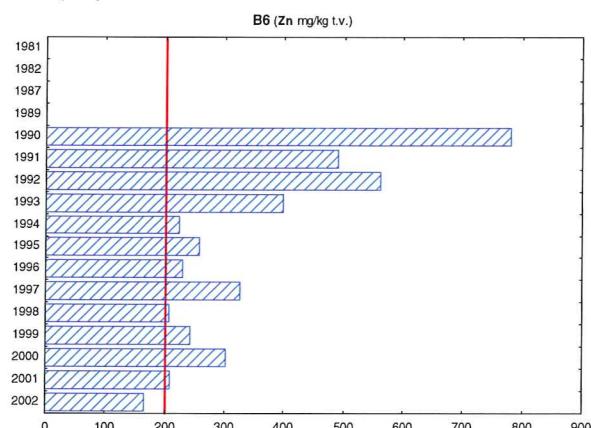
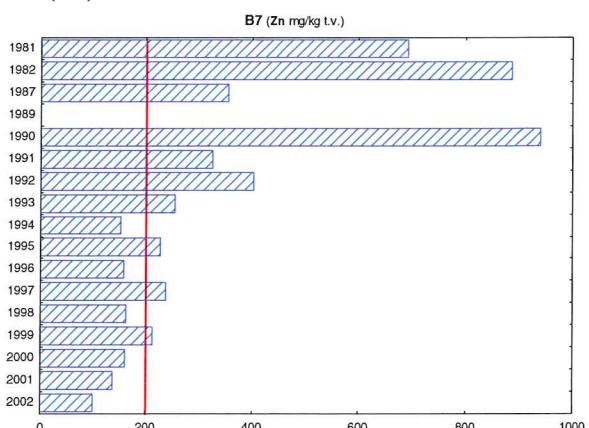
*Figur 4. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981-2002, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå).*

**B1 (2).****B2 (3).****B3 (6).****B4 (10).****B6 (18).****B7 (38).**

*Figur 5. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981-2002, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå). 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).**

*Figur 6. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981-2002, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå).*

**B1 (2).****B2 (3).****B3 (6).****B4 (10).****B6 (18).****B7 (38).**

### 4.3 Klororganiske stoffer i fisk

Utdrag av resultatene fra JAMP-prøver analysert for klorerte organiske miljøgifter er presentert i Tabell 6.

*Tabell 6.  $\Sigma PCB_7$  (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (Middelverdi/Standardavvik) i fisk fra indre Sørfjorden (JAMP-st. 53) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (JAMP-st. 67) 2002,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se Tabell 3). Ikke analysert: i.a.*

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis				Fettbasis <sup>1)</sup>		
	DDT	DDE	DDD	$\Sigma DDT$	$\Sigma PCB_7$	$\Sigma DDT$	$\Sigma PCB_7$
<b>I. Sørfj., (53)</b>							
Torsk, lever	48/11	195/166	28/23	232/192	48549/117932 <sup>2)</sup> (1424/1923) <sup>3)</sup>	1297	271223 <sup>2)</sup> (7378) <sup>3)</sup>
Torsk, filet	i.a.	3.4/3.5	0.3/0.3	3.5/3.5	704/1422 <sup>4)</sup>	1167	234667 <sup>4)</sup>
Skrubbe, lever	22.6/5.3	45.4/6.7	11.0/2.7	79.0/9.6	155/28	414	812
Skrubbe, filet	i.a.	0.8/0.3	0.1/0.0	0.9/0.3	2/1	180	400
<b>Strandebarm (67)</b>							
Torsk, lever	92/67	131/81	22/16	171/128	157/99	379	348
Torsk, filet	i.a.	0.4/0.1	0.1/0	0.5/0.2	1/0	125	250
Skrubbe, lever	7.5/3.0	23.4/6.3	6.2/1.7	35.6/9.1	29/9	146	119
Skrubbe, filet	i.a.	1.0/0.8	0.3/0.3	1.3/1.0	2/1	118	182
Glassvar, lever	26/8	72/22	10/4	108/33	111/47	390	401
Glassvar, filet	i.a.	0.5/0.3	0.1/0.0	0.6/0.3	0/1	120	0

<sup>1)</sup> Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold.

<sup>2)</sup> Ekstreme konsentrasjoner i fire (av 25) individer (gjennomsnittlig 295952  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt  $\pm$  standard avvik: 118674) trekker gjennomsnittet opp til denne høye verdien. I parentes:

<sup>3)</sup> Gjennomsnittet (av 21 fisk) uten disse fire individene (se fotnote <sup>2)</sup>).

<sup>4)</sup> Gjennomsnitt av 5 blandprøver på hhv 9, 8, 24, 3242 og 239  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Det er tydelig at de fire torskene med ekstreme PCB-konsentrasjoner (nevnt i fotnote <sup>2)</sup> og <sup>3)</sup>) har blitt ujevn fordelt på disse fem blandprøvene. PCB-verdiene i filet av torsk fra Sørfjorden er derfor lite representative.

I 2000 ble det observert til dels meget høye konsentrasjoner av PCB i torskelever i indre Sørfjorden, dog med store individuelle variasjoner (Tabell 7; Knutzen & Green 2001a). Verdiene i 2001 var vesentlig lavere (nær en faktor 6) og dermed på det samme nivået som i 1999 (Tabell 7). I 2002 er imidlertid PCB-nivået nådd ”rekordhøye” konsentrasjoner (Tabellene 6 og 7, merk fortnotene). Dette skyldes ekstreme konsentrasjoner i 4 individer. Reanalyser bekreftet disse høye konsentrasjonene. Torsken med høyest verdi (427100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) hadde faktisk en leverkonsentrasjon av PCB<sub>7</sub> som svarer til 0.4% av leveren (på våtvektsbasis) (som igjen tilsvarer 3.6% av vekten av fettet i leveren). Ser man imidlertid bort fra disse 4 individene er gjennomsnittlig PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon (av de resterende 21 individene) litt høyere enn 2001-verdien, dog lavere enn 2000-verdien (Tabell 7). Gjennomsnittlig PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon i de fire ekstreme individene ligger til sammenligning på 208 ganger gjennomsnittlig PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon i de resterende 21 individer. Dette gir også utslag i årets torskefilet-konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub> (Tabellene 6 og 7). Dette er imidlertid verdier i blandprøver av hver 5 individer. Da de 4 ekstreme torskene er ulikt fordelt på disse blandprøvene, er disse verdiene ikke like illustrerende for individuell variasjon som leverprøvene og dermed vanskeligere å tolke. Dette viser igjen verdien/viktigheten av å analysere individuelle prøver.

De nevnte verdier tilsvarer følgende i forhold til SFTs tilstandsklasser for miljøkvalitet (Molvær et al. 1997):

I forhold til Kl. I (ubetydelig/lite forurenset):

Gjennomsnittlig PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon av alle 25 fisk:	97
Individet med høyest PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon:	854
Gjennomsnitt av 4 fisk med høyest PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon:	592
Gjennomsnittlig PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon i 21 fisk (uten de 4 ekstreme verdier):	2.8

I forhold til Kl. V (meget sterkt forurenset):

Gjennomsnittlig PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon av alle 25 fisk:	4.9
Individet med høyest PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon:	42.7
Gjennomsnitt av 4 fisk med høyest PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon:	29.6
Gjennomsnittlig PCB <sub>7</sub> -konsentrasjon i 21 fisk (uten de 4 ekstreme verdier):	<1

Tabell 7. Middelverdier for  $\Sigma PCB_7$  i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sørkjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1993-2002, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier. For data fra 1991 og 1992, se Knutzen & Green (2001a).

Stasj./arter	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>I. Sørkj.</b>										
Torsk l.	<0.8	0.66	0.36	11.4 <sup>1)</sup>	2.4 <sup>1)</sup>	20.2 <sup>1)</sup>	5.1	20.8	5.3	271.2 <sup>5)</sup> (7.4) <sup>6)</sup>
Torsk f.	<0.6	-	0.19	8.4 <sup>2)</sup>	2.0 <sup>1)</sup>	34.6 <sup>1)</sup>	2.4	20.0	<0.25	234.7 <sup>7)</sup>
Skrubbe l.	<0.5	9.2	0.41	1.4 <sup>2)</sup>	0.77 <sup>2)</sup>	0.56 <sup>2)</sup>	0.84	0.80	0.62	0.81
Skrubbe f.	<0.6	1.96	0.33	0.74 <sup>3)</sup>	0.64 <sup>2)</sup>	0.43 <sup>2)</sup>	0.76	0.46	<0.6	0.40
Ål f.							0.55 <sup>4)</sup>			
<b>Strandeb.</b>										
Torsk l.	<0.5	0.93	0.38	0.47	1.6	0.54	0.90	0.54	0.75	0.35
Torsk f.	<0.2	0.50	0.20	1.1	2.1	0.22	0.48	0.44	<3.3	0.25
Glassvar l.	<0.6	1.1	1.1	0.47	0.51	0.39	0.62	0.34	0.32	0.40
Glassvar f.	<0.3	0.56	0.76	0.33	0.28	0.26	0.46	0.24	<0.25	0.00
Skrubbe l.				0.58		0.38	0.15	0.13	0.12	0.12
Skrubbe f.				0.64		0.43	0.15	0.10	<0.08	0.18
Sandfl. l.						0.67				
Sandfl. f.						0.68				
Ål f.						0.17				

<sup>1)</sup> Middel av prøvene fra Tyssedal og Edna.

<sup>2)</sup> Middel av de tre prøvene fra Odda, Tyssedal og Edna.

<sup>3)</sup> Bare analysert i materialet fra Odda.

<sup>4)</sup> Middel av fisk fra Odda (0.78 mg/kg) og Edna-Tyssedal (0.31 mg/kg).

<sup>5)</sup> 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:

<sup>6)</sup> Gjennomsnittet (av 21 fisk) uten disse fire individene (se fotnote <sup>5)</sup>).

<sup>7)</sup> 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 <sup>5)</sup> og <sup>6)</sup>) har blitt ujevnt fordelt på disse fem blandprøvene. PCB-verdiene i filet av torsk fra Sørkjorden 2002 er derfor lite representative.

I 2001 var det blåskjell fra Tyssedal som viste ekstreme konsentrasjoner av PCB (Ruus & Green 2002). Maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal ble mistenkt som kilde og et prosjekt ble initiert (NIVA og Alex Stewart Environmental Services as.) på oppdrag av miljøvernnavdelingen, Fylkesmannen i Hordaland (finansiert av Odda kommune og Tyssefaldene) for å bekrefte evt. avkrefte denne mistanken. Resultatene ble rapportert i et brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernnavdelingen 28. juni 2002 og rapportert i overvåkningsrapporten for 2001-dataene (Ruus & Green 2002). Som forventet var PCB-konsentrasjonene i murpussprøven fra kraftstasjonen meget høye, og det ble videre vist at PCB-profilen i blåskjellene grovt sett var lik den i murpussprøven. Det ble derfor konkludert med at de data som foreligger ikke indikerer noen andre punktkilder til PCB i Tyssedalsområdet enn murpuss/maling fra kraftstasjonen.

Det er tydelig at samme kilde nå har ført til ekstreme verdier i enkelte torsk fra samme område. PCB har nå nådd til et høyere nivå i næringskjeden, men det er uvisst hvilken rute det har kommet via. Fødeveien er absolutt mest sannsynlig, men det er uvisst om det er byttedyr (evt. hvilke byttedyr) som har akkumulert store mengder PCB før de igjen har blitt konsumert av torsk. Det er også en teoretisk mulighet at torsk (som er opportunistisk i fødevalget) har spist murpuss/malingrester som har sunket gjennom vannsøylen. Ruus et al. (2001) har vist at torsk som oralt administreres 1.7 µg PCB-110/g kroppsvekt kan ha en leverkonsentrasjon på ca. 10 µg/g lever (våtvekt) i en periode på minst de neste 12 dager (eksperimentets varighet). Dette vil sannsynligvis være avhengig av leverens fettinnhold, men det viser tydelig at torsk som får i seg PCB ikke kvitter seg med det uten videre.

Det kan nevnes at Alex Stewart Environmental Services as har engasjert dykkere som har lett etter sedimenter i nærheten av kraftstasjonen. De fant noe sedimenter syd for stasjonen, og en av prøvene inneholdt en konsentrasjon av PCB<sub>7</sub> (2671 µg/kg tørrevekt) som tilsvarer nærmere 10 ganger grensen for SFTs tilstandsklasse V (meget sterkt forurensset; >300 µg/kg) (Måge 2003).

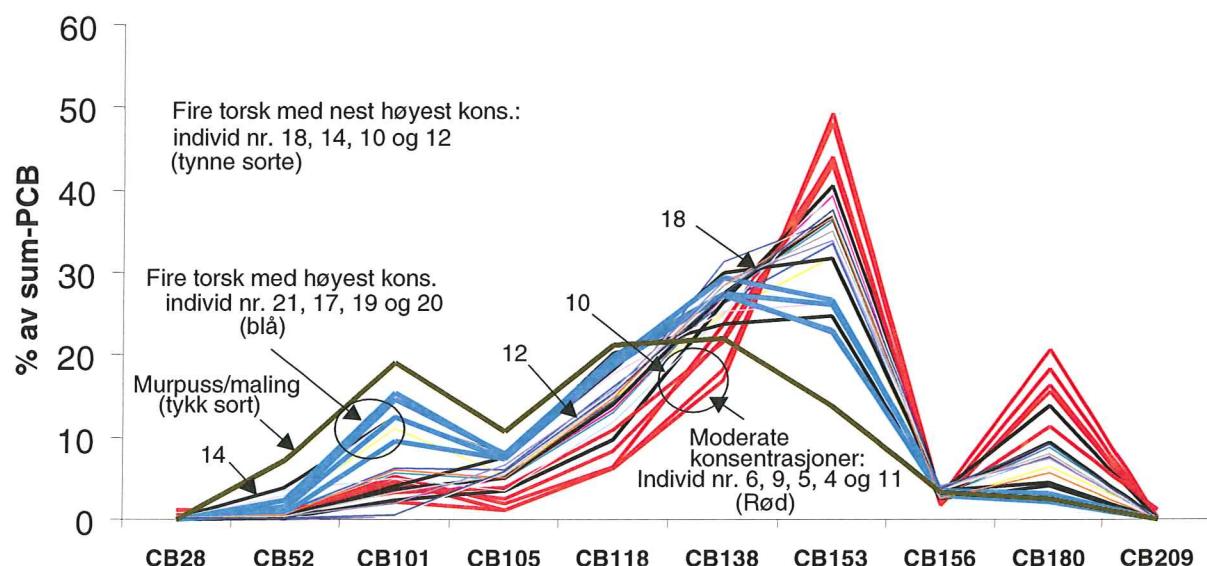
PCB-profilen i torskeprøvene er undersøkt mot PCB-profilen i murpussprøven fra kraftstasjonen, som ble analysert i forbindelse med ovennevnte undersøkelse fra i fjor (Figur 7). Dette viste tydelig at torskene med desidert høyeste PCB<sub>7</sub>-konsentrasjoner var de som hadde PCB-profil som lå nærmest PCB-profilen i murpuss fra kraftstasjonen, mens individer med moderate konsentrasjoner hadde vesentlig høyere andeler av PCB-153 og -180, kombinert med lavere andeler av PCB-138 og de lavere klorerte kongenerene (Figur 7). De fire torskene med nest høyeste konsentrasjoner (på fettvektsbasis) har en profil som stort sett ligger mellom de to ovennevnte profiler. Dette sannsynligjør ennå sterkere murpuss/maling fra kraftstasjonen i Tyssedal som kilde til PCB som vi nå sporer i biologisk materiale.

Det bør nevnes at PCB-profiler i torskeprøver samlet innenfor JAMP tidligere år også ble sjekket mot murpuss/maling-profilen, for å se om denne kilden også tidligere kan ha vært opprinnelsen for PCB i torsk fra Sørfjorden. Det var imidlertid ingen torsker fra tidligere år som hadde en PCB-profil som lå så nære profilen i murpuss/maling fra kraftstasjonen i Tyssedal, sammenlignet med torskene fanget 2002 (med ekstreme PCB-konsentrasjoner).

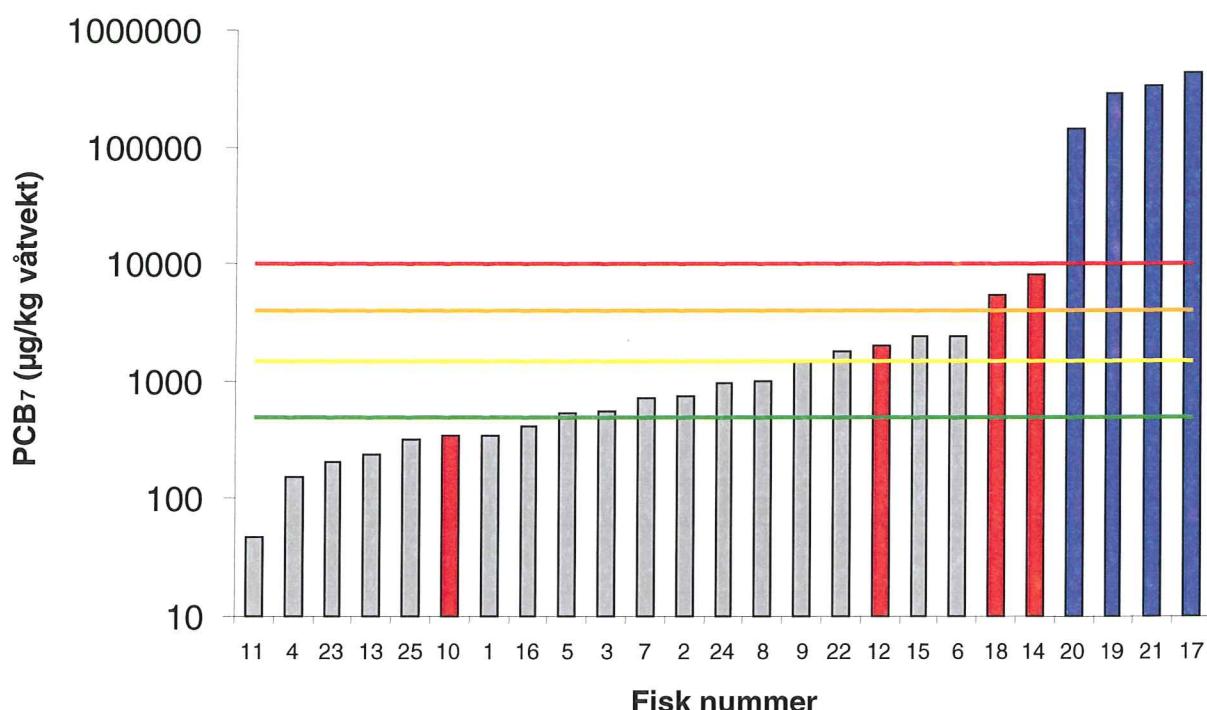
*Figur 7. PCB-profiler (relative andeler av enkeltkongenere) i torsk fra Sørfjorden (JAMP-st. 53B) og i murpuss fra kraftstasjonen ved Tyssedal (a.), samt PCB<sub>7</sub>-konsentrasjoner i de samme fiskene ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt; merk logaritmisk akse) vist med søylediagram (b.). Fargeide søyler indikerer hvilke 4 fisker som har høyest konsentrasjon (blå) og hvilke 4 fisker som har nest høyest konsentrasjon, rangert på fettvektsbasis. (Grensene for SFTs tilstandsklasser er spesifisert med fargeide streker; grønn=Kl. II, gul=Kl. III, orange=Kl. IV og rød=Kl. V).*

**a.**

### PCB-profiler i torskelever fra Sørfjorden (JAMP-st. 53B), 2002

**b.**

### PCB<sub>7</sub> i torskelever fra Sørfjorden (JAMP-st. 53B), 2002



Konsentrasjonene av PCB i skrubbelever fra indre Sørfjorden, 2002, viser også en økning i forhold til 2001, men kun på ca. 50%. Dette er imidlertid det samme som nivåene har ligget på tidligere år (Tabell 7) og må betraktes som tilnærmet ”normalnivå” av fisk fanget i dette området. Middelverdien på 155 µg ΣPCB<sub>7</sub>/kg våtvekt i lever ligger på ca. det dobbelte av foreslatté ”høye bakgrunnsnivåer” (i skrubbelever) etter registreringer på referansestasjoner (Knutzen & Green 2001b). Verdiene i filet korresponderer med klasse I (ubetydelig/lite forurensset) i henhold til gjeldende tilstandsklasser fra SFT.

Av analysene i fisk fra Strandebarm ses også i 2002 vanlig utbredte PCB-verdier i både torsk og skrubbe. Midlere konsentrasjon av PCB i glassvar på denne lokaliteten lå også på omtrent samme nivå som tidligere (Tabell 7).

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av DDT og dets derivater var jevnt over lavere i 2002, enn i 2001 og 2000. Unntakene er torskefilet fra indre Sørfjorden, som har steget med en faktor på nær 8, siden 2001 (sett på fettvektsbasis [Tabell 8]) og skrubbelever fra indre Sørfjord, som har steget noe (Tabell 8). Resultatene representerer følgende overskridelser jevnført med grensene for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem:

#### **Indre Sørfjord:**

- Torsk lever: 1.2 (Moderat forurensset)
- Torsk filet: 3.5 (Sterkt forurensset)
- Skrubbe filet: <1 (lite/ubetydelig forurensset)

#### **Strandebarm:**

- Torsk lever: <1 (lite/ubetydelig forurensset)
- Torsk filet: <1 (lite/ubetydelig forurensset)
- Skrubbe filet: <1 (lite/ubetydelig forurensset)

Som det fremgår av de klororganiske analysene av blåskjell (kap. 4.4), er det lokal tilførsel av DDT over det normale flere steder langs Sørfjorden, hvilket forklarer overkonsentrasjonene som i 2002 særlig reflekteres i torskefilet fra indre Sørfjorden, men også i lever av skrubbe (jfr. tentativt forslag til referanseverdi på 25 µg ΣDDT/kg våtvekt i Knutzen & Green 2001b).

For nivåene av DDE viser trendanalysene (JAMP; Green et al. under utarbeidelse) en statistisk signifikant nedgang i skrubbefilet fra indre Sørfjord. Svingningene i ΣDDT-konsentrasjoner i fisk kan ses i Tabell 8.

*Tabell 8. Middelverdier av  $\Sigma$ DDT i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1993-2002, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier. For data fra 1991 og 1992, se Knutzen & Green (2001a).*

Stasj./arter	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>I. Sørfj.</b>										
Torsk l.	0.8 <sup>3)</sup>	0.4 <sup>3)</sup>	0.1 <sup>3)</sup>	2.6 <sup>1)</sup>	2.9 <sup>1, 3)</sup>	4.3 <sup>5)</sup>	2.8 <sup>3)</sup>	2.1	1.3	1.30
Torsk f.	0.7 <sup>3)</sup>	-	<0.1 <sup>3)</sup>	-	1.4 <sup>1, 3)</sup>	-	-	-	0.15 <sup>3)</sup>	1.17 <sup>3)</sup>
Skrubbe l.	0.2 <sup>3)</sup>	2.2 <sup>3)</sup>	0.1 <sup>3)</sup>	0.18 <sup>2)</sup>	0.9 <sup>4)</sup>	0.4 <sup>4)</sup>	0.43	0.26	0.33	0.41
Skrubbe f.	0.6 <sup>3)</sup>	0.7 <sup>3)</sup>	0.1 <sup>3)</sup>		0.37 <sup>4)</sup>	-	-	-	<0.22 <sup>3)</sup>	0.18 <sup>3)</sup>
Ål f.							0.25 <sup>6)</sup>			
<b>Strandeb.</b>										
Torsk l.	1.0 <sup>3)</sup>	1.3 <sup>3)</sup>	0.3 <sup>3)</sup>	1.5	5.8	1.2	0.89 <sup>3)</sup>	0.93	0.49	0.38
Torsk f.	0.4 <sup>3)</sup>	1.5 <sup>3)</sup>	0.5 <sup>3)</sup>	-	5.6 <sup>3)</sup>	-	-	-	1.1 <sup>3)</sup>	0.13 <sup>3)</sup>
Glassvar l.	1.1 <sup>3)</sup>	1.7 <sup>3)</sup>	1.0 <sup>3)</sup>	-	1.0 <sup>3)</sup>	1.1	1.5	0.64	0.43	0.39
Glassvar f.	0.8 <sup>3)</sup>	1.2 <sup>3)</sup>	1.6 <sup>3)</sup>	-	0.5 <sup>3)</sup>	-	-	-	<0.15 <sup>3)</sup>	0.12 <sup>3)</sup>
Skrubbe l.					0.17		0.55	0.21	0.17	0.13
Skrubbe f.							0.49	-	-	0.09 <sup>3)</sup>
Sandfl. l.							0.77			0.15
Sandfl. f.							0.83			0.12 <sup>3)</sup>
Ål f.							0.31			

<sup>1)</sup> Middel av prøvene fra Tyssedal og Edna.

<sup>2)</sup> Bare analysert i materialet fra Odda.

<sup>3)</sup> Sum av bare DDE + DDD, avrundede verdier.

<sup>4)</sup> Middel av de tre understasjonene Odda, Tyssedal og Edna.

<sup>5)</sup> Bare verdier fra Edna

<sup>6)</sup> Middel av verdier fra Odda

#### 4.4 Klororganiske stoffer i blåskjell

Hovedresultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 9. I likhet med tidligere år (Ruus & Green 2002; Knutzen & Green 2001a) ble det registrert høyt nivå av  $\Sigma$ DDT ved st. B6 Kvalnes (26.7 µg/kg våtvekt), dog lavere nivå enn i 2001 (40.8 µg/kg) og ca. en halvering i forhold til i 2000 (52.9 µg/kg). Dette stemmer overens med tidligere observasjoner (Tabell 10, Figur 8; Ruus & Green 2002; Knutzen & Green 2001a), men (som også tidligere) viste JAMP-prøven fra samme lokalitet (i år samlet ca. 14 dager tidligere) ikke tilsvarende høy konsentrasjon (Tabell 9). Årsaken til forskjellen er fortsatt usikker, men resultatene tyder på at eksponeringen varierer mye innen korte tidsrom. For de øvrige korresponderende stasjoner ses (som tidligere) også at de laveste nivåene forekommer i JAMP-serien (Tabell 9).

Blåskjell samlet (innenfor JAMP) på 7 ekstrastasjoner i området rundt Kvalnes og Krossanes for å bedre oppløsningen ved sporing av kilder til DDT indikerte forøvrig flere tilsig av DDT med (derivater) i dette området (Green et al. under utarbeidelse).

I forhold til grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem representerer nivået av  $\Sigma$ DDT i serie-I prøven (Statlig program for forurensningsovervåking) fra Kvalnes (Tabell 9) en overkonsentrasjon på mer enn 13 ganger. På de øvrige lokalitetene i Sørkjorden varierte overkonsentrasjonene i begge observasjonsserier mellom <1 og 5.4 ganger.

Overvåkingen av DDT-komponenter i blåskjell viser altså fortsatt det samme som man har sett over flere år: Stadig tilførsel av DDT med metabolitter over hele fjorden, mest i ytre del, fra kilder som ikke er under kontroll. Noen bestemt utviklingstendens kan fortsatt ikke spores (Tabell 10 og Figur 8, samt statistisk analyse av JAMP-data; Green et al. under utarbeidelse).

*Tabell 9. DDT med nedbrytningsprodukter og  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub><sup>1)</sup> i blåskjell fra Sørkjorden og Hardangerfjorden 2002 (3-5 november [I] og 16-22 oktober [II], µg/kg våtvekt) ( $\Sigma$ DDT også i µg/kg fett). (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier). Data fra det opprinnelige stasjonsnettet (st. B1 osv.) i kolonner merket I; fra JAMP/INDEX (st. 51A osv.) i kolonner merket II. Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).*

St.nr.	DDT		DDE		DDD		$\Sigma$ DDT		$\Sigma$ PCB <sub>7</sub>		$\Sigma$ DDT (µg/kg fett)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
B1/51A	1.5	1.04	2.3	1.23	0.82	0.32	4.62	2.60	2.57	2	193	191
B2/52A	2.1	1.50	2.5	1.57	0.68	0.36	5.28	3.43	3.17	3	182	143
B3	- <sup>2)</sup>		2.1		1.0		3.1 <sup>3)</sup>		91.8		129	
B4	0.7		3.1		1.44		5.28		4.04		240	
B6/56A	5.2	3.73	15.0	7.90	6.5	1.20	26.7	12.8	3.4	3	1335	867
B7/57A	2.7	2.50	5.4	2.80	2.6	0.59	10.7	5.90	1.41	1	486	281
63A		0.67		0.78		0.18		1.63		0		114
65A		0.59		0.77		0.21		1.57		0		73

<sup>1)</sup> Sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180

<sup>2)</sup> Interferens i kromatogram

<sup>3)</sup> Sum av DDE og DDD pga. interferens i kromatogram (se fotnote <sup>2)</sup>)

*Tabell 10. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1992-2002, µg/kg våtvekt. (I parentes % av  $\sum$ DDT). Verdiene er delvis avrundet. Ikke registrert: B1 i 1994, B2 i 1993 og, B3/B4 i 1997. For data fra 1991, se Knutzen & Green (2001a).*

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	$\Sigma$ DDT
St. B1 Byrkjenes	1992	< 0.2 (= 2)	2.3 (56)	1.7 (42)	4.9 <sup>1)</sup>
	1993	0.1 (= 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 <sup>3)</sup>	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
	2001	1.8 (33)	3.0 (54)	0.7 (13)	5.5
	2002	1.5 (32)	2.3 (50)	0.8 (18)	4.6
St. B2 Eitrheim	1992	< 0.2 (< 2)	2.5 (51)	2.3 (47)	4.9 <sup>1)</sup>
	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 <sup>3)</sup>	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
	2001	- <sup>4)</sup>	3.9 (<86)	0.6 (<14)	4.5
	2002	2.1 (40)	2.5 (47)	0.7 (13)	5.3
St. B3 Tyssedal	1992	0.4 (15)	1.7 (60)	0.7 (25)	2.8
	1993	< 0.1 (= 6)	1.8 (62)	1.0 (32)	2.9 <sup>1)</sup>
	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
	2001	1.5 (<34)	2.9 (<66)	- <sup>4)</sup>	4.4
	2002	- <sup>4)</sup>	2.1 (<68)	1.0 (<32)	3.1
St. B4 Digranes	1992	< 0.2 (= 1)	4.8 (48)	5.1 (51)	10.0 <sup>1)</sup>
	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
	2001	1.0 (12)	6.0 (71)	1.5 (18)	8.5
	2002	0.7 (14)	3.1 (59)	1.4 (27)	5.3
St. B6 Kvalnes	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 <sup>3)</sup>	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
	2001	15.0 (37)	21.0 (51)	4.8 (12)	40.8
St. B7 Krossanes	1992	< 0.2 (= 1)	5.6 (52)	5.0 (47)	10.7 <sup>1)</sup>
	1993	0.1 (= 3)	2.2 (61)	1.3 (36)	3.6
	1994	0.2 (4)	4.7 (73)	1.5 (23)	6.5
	1995 <sup>2)</sup>	1.3 (32)	2.2 (53)	0.6 (15)	4.2
	1996	2.4 (27)	4.4 (51)	1.9 (22)	8.7
	1997 <sup>3)</sup>	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
	2001	9.5 (52)	7.5 (41)	1.4 (8)	18.4
	2002	2.7 (25)	5.4 (51)	2.6 (24)	10.7

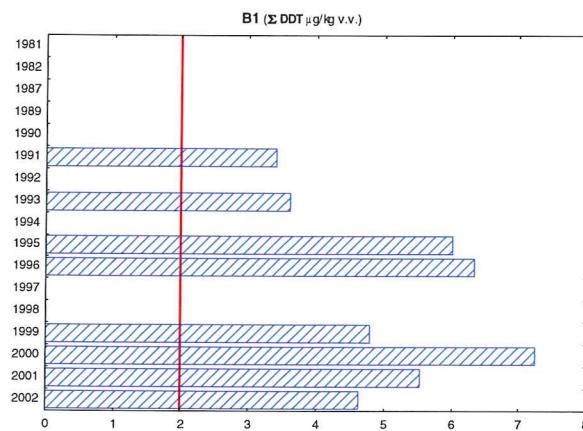
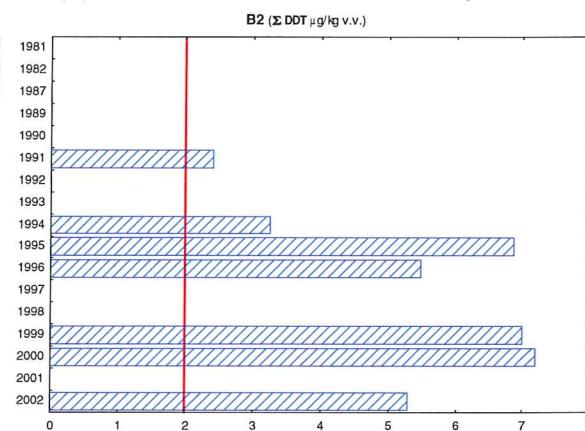
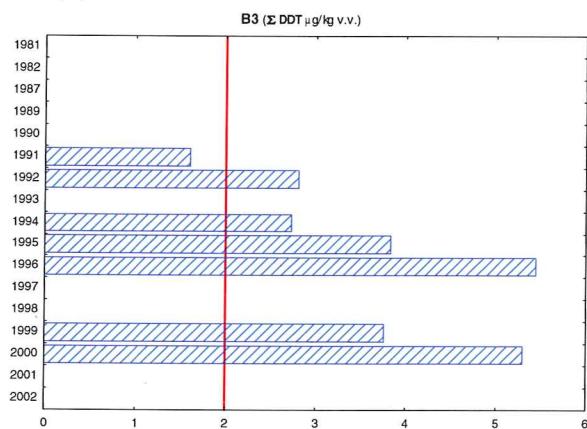
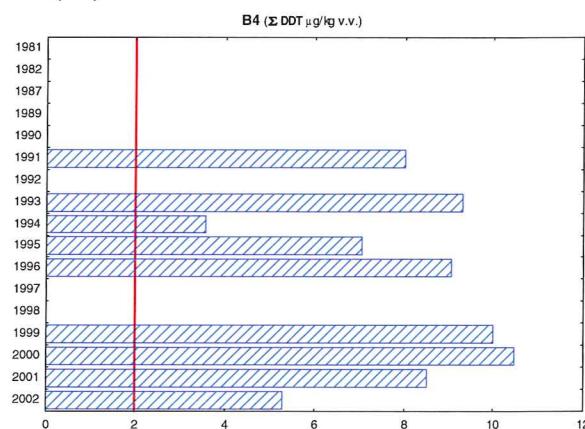
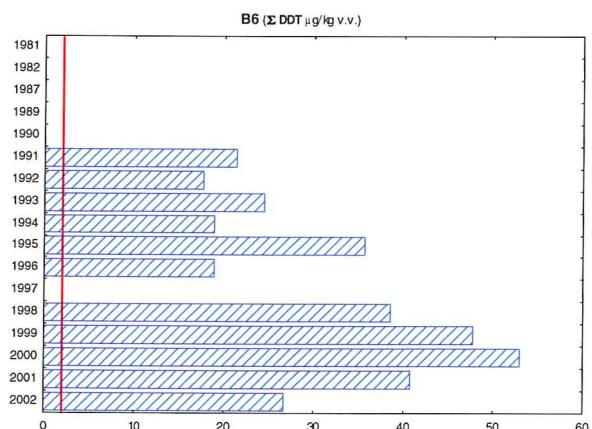
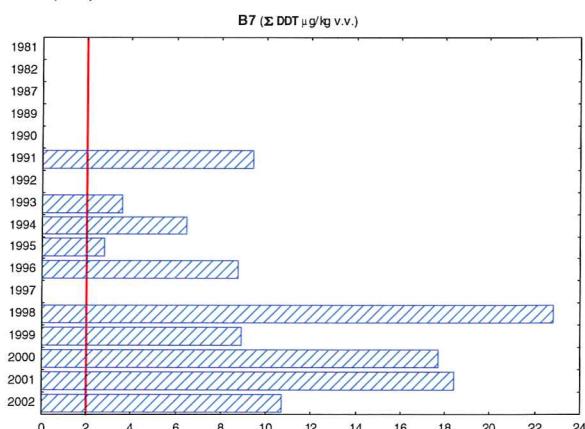
<sup>1)</sup> Ved summering eventuelt regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

<sup>2)</sup> Verdier fra reanalyse.  $\sum$ DDT fra 1. gangs analyse: 1.9.

<sup>3)</sup> Data fra JAMP/INDEX.

<sup>4)</sup> Interferens i kromatogram.

*Figur 8.  $\Sigma$ DDT i blåskjell fra Sørfjorden 1981-2002,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  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. (| = høyt bakgrunnsnivå).*

**B1 (2).****B2 (3).****B3 (6).****B4 (10).****B6 (18).****B7 (38).**

Allerede i 1987 ble det bemerket at "PCB-verdien fra blåskjellprøven samlet nær Tyssedal var såvidt høy at det kan tyde på en lokal kilde" (Skei et al. 1989). Av Tabell 9 og 11 fremgår det at 2002-verdien for  $\Sigma PCB_7$  i blåskjell ved Tyssedal (91.8 µg/kg våtvekt) har gått ned siden ekstremkonsentrasjonen (1132 µg/kg våtvekt) i 2001. Konsentrasjonen er imidlertid dobbelt så høy som den som ble registrert i blåskjell på denne stasjonen i 2000 (45.3 µg/kg våtvekt), som til da var den høyeste noensinne (på fettvektsbasis er konsentrasjonen omtrent den samme; Tabell 11). 2002-verdien svarer til 23 ganger SFTs tilstandsklasse I (ubetydelig/lite forurensset) og ligger i tilstandsklasse IV (sterkt forurensset). Konsentrasjonene på de øvrige stasjonene korresponderer imidlertid med tilstandsklasse I og II (moderat forurensset; kun stasjon B4, Digranes).

*Tabell 11.  $\Sigma PCB_7$  i blåskjell fra st. B3. Tyssedal 1991-2002 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert). µg/kg våtvekt og µg/kg fett.*

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1998	1999	2000	2001	2002
Våtv.basis	8.8	10.1	10.6	8.2	10.1	17.2	20.5	13.4	45.3	1132	91.8
Fettbasis	978	918	757	683	773	963	1139	957	3775	59584	3825

Da de ekstreme PCB<sub>7</sub>-verdiene ble observert i blåskjell i 2001 ble maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal mistenkt som kilde. Et prosjekt ble initiert (NIVA og Alex Stewart Environmental Services as.) på oppdrag av miljøvernnavdelingen, Fylkesmannen i Hordaland (finansiert av Odda kommune og Tyssefaldene) for å bekrefte evt. avkrefte denne mistanken. Resultatene ble rapportert i et brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernnavdelingen 28. juni 2002 og rapportert i overvåkingsrapporten for 2001-dataene (Ruus & Green 2002). Som forventet var PCB-konsentrasjonene i murpussprøven fra kraftstasjonen meget høye, og det ble videre vist at PCB-profilen i blåskjellene grovt sett var lik den i murpussprøven. Det ble derfor konkludert med at de data som foreligger ikke indikerer noen andre punktkilder til PCB i Tyssedalsområdet enn murpuss/maling fra kraftstasjonen. Som nevnt i kap. 4.3, er det nå tydelig at samme kilde nå har ført til ekstreme verdier i enkelte torsk fra samme område. Blåskjellene ved Tyssedal viser altså også fortsatt påvirkning fra denne antatte kilden.

På bakgrunn av de ovennevnte resultater av fjoråret, ble det oppfordret til utvidede undersøkelser av miljøet rundt kraftstasjonen for å danne en oversikt over omfanget av PCB-lekkasjen, eventuelt at tiltak vurderes på bakgrunn av de data man nå besitter. At PCB-verdiene i blåskjell ved Tyssedal fortsatt er forhøyet viser at PCB sannsynligvis fortsatt tilføres nærmiljøet.

## 5. Referanser

- Berg, V., Polder, A. og J.U. Skaare, 1998. Organochlorines in deep-sea fish from the Nordfjord. *Chemosphere* 38: 275-282.
- Berg, V., Ugland, K.I., Hareide, N.R., Groenning, D. og J.U. Skaare, 2000. Mercury, cadmium, lead and selenium in fish from a Norwegian fjord and off the coast, the importance of sampling locality. *J. Environ. Monit.* 2: 375-377.
- Bjerkeng, B. og A. Ruus. 2002. Statistisk analyse av data for dioksin-nivåer i organismer i Frierfjorden/Grenlandsområdet. Rapport 860/02. NIVA-rapport 4595-2002, 56 s.
- Green, N.W., 2000. Joint Assessment and Monitoring Programme in Norway 2000. Contaminants. NIVA-notat av 8/3 2000 (prosjekt O-80106), 49 s.
- 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.
- 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.
- Knutzen J. og N.W. Green. 2001a. 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.
- Knutzen, J. og N.W. Green, 2001b. 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.
- Knutzen, J., Green, N.W. og E.M. Brevik. 1999. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1998. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 783/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4124-99, 42 s.
- Lobel, P.B. og H.D. Marshall, 1988. 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: 101-105.
- 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.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veileddning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
- Måge, A. 2003. Vurdering av sjøbotn nær utslepp av PCB til Sørfjorden ved opp-pussing av freda bygning, Tyssedal kraftverk, sommaren 2001. Juli 2003. ASE-rapport 11-2003. 7 s.

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.

Ruus, A., Skaare, J.U. og K. Ingebrigtsen. 2001. Disposition and depuration of lindane ( $\gamma$ -HCH) and polychlorinated biphenyl-110 (2,3,3',4',6-pentachlorobiphenyl) in cod (*Gadus morhua*) and bullrout (*Myoxocephalus scorpius*) after single oral exposures. Environ Toxicol Chem 20:2377-2382.

Skei, J. 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1999. Delrapport 1 Vannkjemi. Rapport 796/00 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4236-2000, 23 s.

Skei, J. og J. Knutzen, 1999. Forurensningsutviklingen i Sørfjorden og Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Populær framstilling av resultater fra overvåking av vann. sedimenter og organismer. Rapport 754/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4008-99, 36 s.

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.

Skei, J., Knutzen, J. og K Næs. 1989. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987-1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 2227-1989, 132 s.

Skei, J., Molvær, J. og M. Schøyen. 2003. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Metaller, oksygen og nitrogen i vannmassene i 2002. Rapport 872/2003 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4706-2003, 40 s.

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.

Skei, J., Rygg, B., Moy, F., Molvær, J., Knutzen, J., Hylland, K., Næs, K., Green, N. 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.

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



## **VEDLEGG (Rådata)**

**Metaller og klororganiske miljøgifter  
i blåskjell samlet november 2002 (våtvektsbasis)**



Revisjonsnr : 2003-00046 Mottatt dato : 20030107 Godkjent av : IAL Godkjent dato: 20030210  
 Prosjektnr : O 800309  
 Kunde/Stikkord : SØRMAR  
 Kontaktp. /Saksbehd. : SKE

Pr-Nr	Pr-Dato	Merking	TTS/%		Fett-%		Cd/MS-B		Cu/MS-B		Hg-B		Pb/MS-B		Zn/MS-B		CB28-B		CB52-B				
			B	3	% pr.v.v.	µg/g	E	8-3	%	H	3-4	E	8-3	µg/g	E	4-3	E	8-3	µg/g	E	8-3	µg/kg v.v.	H
<b>Analysevariabel</b>																							
Enhet	==>																						
Metode	==>																						
Pr-Nr	Pr-Dato	Merking	Prøvetype	biosk	17.0	2.4	2.10	0.851	0.18	12.1	18.2	<0.15	i	0.47									
1	1 :	20021105 B1 Byrkjenes	biosk	21.8	2.9	0.834	0.904	0.037	3.91	20.3	<0.15	0.25	0.69										
2	2	20021105 B2 Eirheim	biosk	16.6	2.4	1.66	1.95	0.059	1.03	29.5	<0.15	0.15	2.7										
3	3	20021105 B3 Tyssedal	biosk	15.0	2.2	1.51	0.755	0.087	5.17	20.0	<0.15	<0.15	0.15										
4	4	20021105 B4 Digranes	biosk	15.9	2.0	1.60	0.960	0.032	7.19	26.3	<0.15	<0.15	0.40										
5	5	20021103 B6 Kvalnes	biosk	18.8	2.2	0.887	0.722	0.045	1.03	18.5	<0.15	<0.15	0.40										
6	6	20021103 B7 Krossanes	biosk																				

Pr-Nr	Pr-Dato	Merking	CB118-B		CB105-B		CB153-B		CB138-B		CB156-B		CB180-B		CB209-B		ΣPCB		ΣPCBs		QCB-B		
			µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	Berevet*	Berevet*	µg/kg v.v.	H	3-4	
<b>Analysevariabel</b>																							
Enhet	==>																						
Metode	==>																						
Pr-Nr	Pr-Dato	Merking	Prøvetype	biosk	0.43	0.20	0.85	0.82	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	2.77	2.57	0.08	
1	1 :	20021105 B1 Byrkjenes	biosk	0.59	0.25	0.79	0.85	<0.15	3.1	2.5	1.1	<0.15	1.1	<0.15	1.1	<0.15	1.1	3.42	3.17	0.08			
2	2	20021105 B2 Eirheim	biosk	16	6.2	27	31	<0.15	1.5	<0.15	<0.15	<0.15	100.5	100.5	91.8	<0.15	<0.15	4.3	4.04	<0.08			
3	3	20021105 B3 Tyssedal	biosk	0.62	0.26	1.4	1.5	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	3.62	3.4	<0.08		
4	4	20021105 B4 Digranes	biosk	0.50	0.22	1.2	1.3	<0.15	0.45	0.45	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	1.41	1.41	<0.08		
5	5	20021103 B6 Kvalnes	biosk	0.27	<0.15	0.43	0.45	<0.15															
6	6	20021103 B7 Krossanes	biosk																				

Pr-Nr	Pr-Dato	Merking	HCHA-B		HCB-B		HCHG-B		OCS-B		DDTBP-B		TDEPP-B		DDTBP-B		DDTBP-B		DDTBP-B				
			µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4	µg/kg v.v.	H	3-4
<b>Analysevariabel</b>																							
Enhet	==>																						
Metode	==>																						
Pr-Nr	Pr-Dato	Merking	Prøvetype	biosk	<0.15	0.09	<0.15	<0.08	2.3	2.3	0.82	1.5											
1	1 :	20021105 B1 Byrkjenes	biosk	<0.15	0.09	0.15	<0.08	2.5	2.5	0.68	2.1												
2	2	20021105 B2 Eirheim	biosk	<0.15	0.09	<0.15	<0.08	2.1	2.1	1.0	1.0												
3	3	20021105 B3 Tyssedal	biosk	<0.15	0.09	<0.15	<0.08	3.1	3.1	1.44	0.74												
4	4	20021105 B4 Digranes	biosk	<0.15	0.08	<0.15	<0.08	15	15	6.5	5.2												
5	5	20021103 B6 Kvalnes	biosk	<0.15	0.08	<0.15	<0.08	5.4	5.4	2.6	2.7												
6	6	20021103 B7 Krossanes	biosk																				

\* Analysemетодen er ikke akkreditert.

i Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

PrNr 1 Metalresultatene er oppgitt på våtvekt.





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

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

Utførende institusjon Norsk Institutt for Vannforskning	Kontaktperson SFT Bjørn A. Christensen	ISBN-nummer 82-577-4394-1
--	---	------------------------------

	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen	TA-nummer 1983/2003
--	---	------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Jens Skei	År 2003	Sidetall 45	SFTs kontraktnummer
---	------------	----------------	---------------------

Utgiver Norsk Institutt for Vannforskning NIVA-rapport 4724-2003	Prosjektet er finansiert av Statens Forurensningstilsyn Outokumpu-Norzink A/S Odda Smelteverk Tinfos Titan & Iron K/S Odda kommune Ullensvang kommune.
--	--

Forfatter(e) Anders Ruus, Norman W. Green
Tittel - norsk og engelsk Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Miljøgifter i organismer i 2002
Monitoring of environmental quality in the Sørfjord. Contaminants in organisms in 2002.

Sammendrag – summary
Vesentlig metallforurensning i Sørfjorden gjorde seg gjeldende også i 2002. Kvikksølvnivåene i skrubbe fra indre fjord er de høyeste som er registrert gjennom hele observasjonsserien. Blåskjell viste opp til sterkt grad av forurensning med bly, opp til markert grad av forurensning med kvikksølv og kadmium og opp til moderat grad av forurensning med kobber. For sink var det ingen overskridelser av antatt høyt bakgrunnsnivå. Det er tegn til en nedgang i skjellkonsentrasjoner av kadmium på flere stasjoner. PCB-nivået i enkelte individer av torsk har nådd ekstreme konsentrasjoner. PCB-profilen i torskeprøvene er undersøkt mot PCB-profilen i murpuss/maling fra kraftstasjonen i Tyssedal, og det er vist at profilen i torskene med ekstreme PCB-konsentrasjoner er lik profilen i murpuss/maling fra kraftstasjonen. Sammen med PCB-undersøkelsene i blåskjell i fjor sannsynliggjør dette ennå sterkere murpuss/maling fra kraftstasjonen i Tyssedal som kilde til PCB som vi nå sporer i biologisk materiale. PCB i skrubbe fra indre Sørfjorden lå på omtrent samme nivå som i 2001 og tidligere. Konsentrasjoner av DDT (og derivater) var jevnt over lavere i 2002, enn i 2001 og 2000, med unntak av særlig torskefilet fra indre Sørfjord. Høyest konsentrasjon av ΣDDT i blåskjell ble også i 2002 funnet ved Kvalnes. Blåskjell på ekstrastasjoner samlet innenfor JAMP indikerer flere tilsig av DDT-derivater mellom Kvalnes og Krossanes. 2002-verdien for PCB i blåskjell ved Tyssedal har gått ned siden ekstremkonsentrasjonen i 2001. Det er imidlertid tydelig at blåskjellene ved Tyssedal fortsatt viser en påvirkning fra kraftstasjonen, som er den antatte kilden. PCB-konsentrasjonene i blåskjell på de øvrige stasjonene er lite til moderat forurenset med PCB.

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