



# Statlig program for forurensningsovervåking

## Rapport 783/99

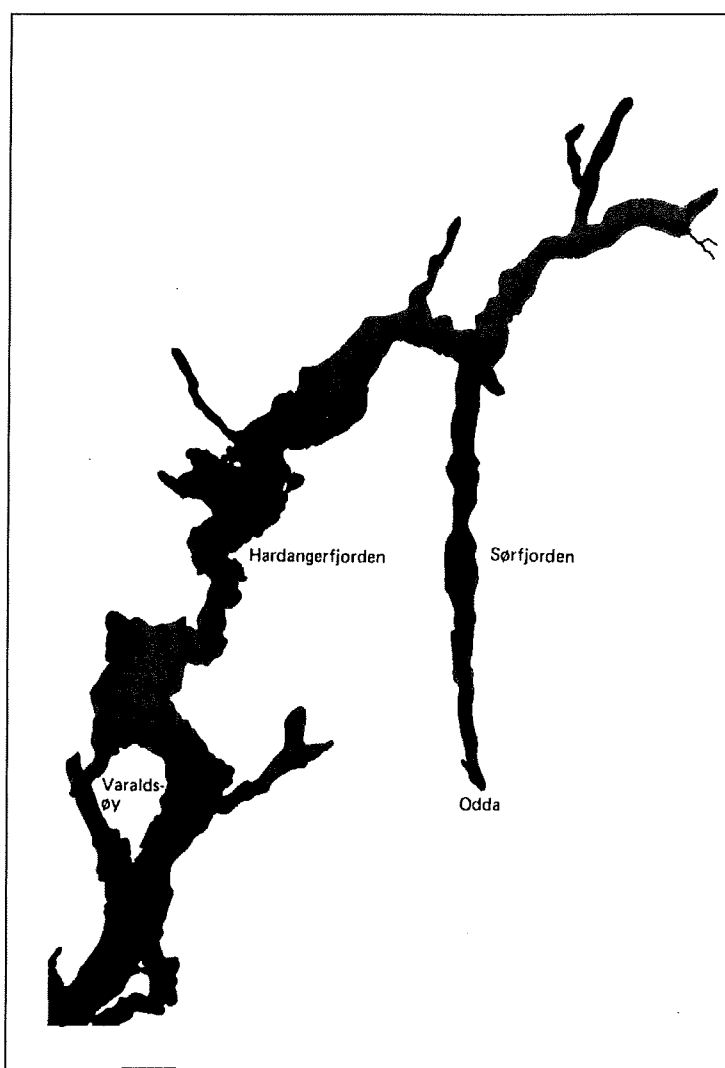
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner NIVA

Assayers, Odde

Tiltaksorienterte  
miljøundersøkelser i  
Sørfjorden og  
Hardanger-  
fjorden 1998  
Delrapport 2  
Miljøgifter i organismer



**Hovedkontor**  
Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

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

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

**Vestlandsavdelingen**  
Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**  
Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1998. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer.</b>  Overvåkingsrapport nr. 783/99. TA-nr. 1982/1999	Løpenr. (for bestilling) 4124-99	Dato 25/10 1999
	Prosjektnr. Undernr. O-800309	Sider Pris 42
Forfatter(e) Knutzen, Jon Green, Norman W. Brevik, Einar M.	Fagområde Marin økologi	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn (SFT).	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag:** I 1998 ble det for tredje år på rad registrert forhøyet konsentrasjon av PCB i torsk fra indre Sørfjorden. Nivået var det høyeste som er målt siden overvåkingen startet, med midlere overkonsentrasjoner i lever på 10/20 ganger. Manglende samsvar med data for skrubbe, de store individuelle forskjellene og til dels markerte svingninger mellom år, mangler forklaring. Spiseligheten av torsk fra indre fjord må bedømmes av næringsmiddelmyndighetene. Det ble også konstatert moderat til markert forhøyet innhold av DDT med nedbrytningsprodukter, mest i torsk fra indre Sørfjorden, men også i torsk o.a. fisk fra Strandebarm/Hardangerfjorden.

DDT-forurensning ble funnet på alle blåskjellstasjoner fra Odda til Hardangerfjorden, mest ved Kvalnes og Krossanes, der konsentrasjonene var det høyeste som er målt: ca. 20 ganger "høy bakgrunn". PCB-innholdet i skjell var "normalt" unntatt ved Tyssedal (ca. 5x "høy bakgrunn").

Blåskjell og tang var fortsatt markert til sterkt forurenset med metallene kvikksølv, kadmium, bly og sink; verst for kadmium og bly i skjell og sink i tang, med maksimums overkonsentrasjoner på hhv. 15/30/10 ganger høy bakgrunn og klart sporbar påvirkning ut i Hardangerfjorden. Kvikksølvinnholdet i fisk var bare moderat forhøyet.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Miljøgifter	1. Micropollutants
2. Metaller	2. Metals
3. DDT	3. DDT
4. PCB	4. PCB

**TILTAKSORIENTERTE  
MILJØUNDERSØKELSER**

**I**

**SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1998**

**Delrapport 2. Miljøgifter i organismer**

## Forord

Overvåkingen av miljøgifter i organismer fra Sørkjolen gjennomføres i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S (ASSAYERS), som har vært ansvarlig for innsamling av blåskjell og tang.

Rapporten inkluderer data fra *Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP)* under Oslo/Paris kommisjonen, med Norman Green som prosjektleder. Overvåkingen av miljøgifter i fisk skjer i sin helhet under JAMP.

Analysene av metaller har vært utført av gruppen for uorganiske analyser ved NIVAs rutineanalyaselaboratorium. Einar Brevik har vært hovedansvarlig for analysene av klororganiske stoffer. Prøvene av fisk, blåskjell og tang er opparbeidet av henholdsvis Frank Kjellberg, Unni Efraimsen og Frithjof Moy.

Prosjektleder er Jens Skei. For 1998 er det tidligere gitt ut rapport om fjordens vannkjemi (Skei, 1999).

Oslo, 25/10 1999

*Jon Knutzen*

# Innhold

<b>1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER</b>	<b>5</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>7</b>
<b>2. BAKGRUNN OG FORMÅL</b>	<b>8</b>
<b>3. MATERIALE OG METODER</b>	<b>9</b>
<b>4. RESULTATER OG DISKUSJON</b>	<b>14</b>
4.1 Metaller i fisk	14
4.2 Metaller i blåskjell	16
4.3 Metaller i tang	23
4.4 Klororganiske stoffer i fisk	29
4.5 Klororganiske stoffer i blåskjell	33
<b>5. REFERANSER</b>	<b>37</b>
<b>DATAVEDLEGG</b>	<b>39</b>

# 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I. Overvåkingen skal følge utviklingen i Sørfjorden etter utslippsreduksjoner; gi grunnlag for å bedømme behovet for eventuelle ytterligere tiltak og tjene som underlag for næringsmiddelmyndighetenes vurdering av fisks og skjells spiselighet. Et fjerde hovedformål er å holde allmenhet og brukerinteresser orientert om fjordens tilstand.
- II. 1998-observasjonene av miljøgifter i organismer har som tidligere omfattet metaller og klororganiske stoffer i fisk og blåskjell, samt metaller i blæretang/grisetang. Prøvestedene fremgår av figur 1 (skjell og tang) og figur 2 (fisk). Noe av overvåkingen av miljøgifter i fisk og skjell fra Sørfjorden/Hardangerfjorden er en del av Norges bidrag til *Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP)* under Oslo-/Paris kommisjonen. Den fullstendige bearbeidelsen av data for fisk skjer således innen dette programmet. I foreliggende rapport gjengis hovedresultater av betydning for å bedømme forurensningsgrad og spiselighet.
- III På samme måte som i 1996-97 er det konstatert moderate overkonsentrasjoner av kvikksølv i filet av torsk og skrubbe fra indre Sørfjorden (omkring en fordobling av "antatt høyt bakgrunnsnivå" = kl. I i SFTs klassifiseringssystem). Mens det tidligere også har vært registrert svakt forhøyet kvikksølvnivå i torsk fra Strandebarm (Hardangerfjorden), var dette ikke tilfelle i 1998. I tillegg viste glassvar fra Strandebarm lavere kvikksølvinnhold enn det som har vært vanlig før.

Konsentrasjonen av kadmium i lever av skrubbe fra indre fjord overskred høye verdier fra referanseområder med omkring 5 ganger, mens det i torskelever bare var svake spor av kadmiumpåvirkningen. Også blyinnholdet i skrubbelever/indre fjord var noe forhøyet. Fiskelever fra Strandebarm inneholdt normalverdier av metaller.

- IV Metallinnholdet i blåskjell og tang var fremdeles høyt. I skjell var det overkonsentrasjoner på ca. 3-30 ganger for bly og 3-15 ganger for kadmium; opp til 6 ganger for kvikksølv og maksimum 3 ganger for sink. Stort sett avtok konsentrasjonene utover fjorden (bly, kadmium, kvikksølv), mens det for sinks vedkommende var et maksimum ved Tyssedal. Skjell var også tydelig overbelastet med bly og kadmium, i svakere grad med kvikksølv, på en Hardangerfjordstasjon 60 km fra Odda.

Maksimal forurensningsgrad (antall ganger "antatt høy bakgrunn") var lavere i tang enn i blåskjell for kvikksølv, kadmium og bly: opp til hhv. 6, 12 og 11 ganger i tang. Derimot kom den høye belastningen med sink bedre til syne i tang: opp til 11 ganger og overkonsentrasjoner ut hele Sørfjorden.

I blåskjell var metallinnholdet omtrent likt eller hadde gått ned i forhold til 1997. Det samme gjaldt kadmium, bly og sink i tang, mens derimot kvikksølv i tang lå høyere enn året før. Hverken tilførselstallene (usikre) eller vannanalysene skulle tilsi noen vesentlige endringer.

- V. Lever og filet av torsk fra indre Sørfjorden var i gjennomsnitt sterkt forurenset med PCB, men med store individuelle forskjeller. Midlere overkonsentrasjon av  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> i lever var 10-20 ganger og i filet 8-40 ganger i materialet fra de to prøvestedene Edna og Tyssedal. Dette er de høyest registrerte PCB-nivåene i torsk siden overvåkingen startet.

Flere eksemplarer av torsk fra indre del av Sørfjorden inneholdt også markert forhøyede konsentrasjoner av DDT med nedbrytningsprodukter (DDT og ΣDDT bare bestemt i et utvalg av individene).

I motsetning til torsk lå ikke middelverdiene av ΣPCB<sub>7</sub> i skrubbe høyere enn det man kan finne på referanselokaliteter. Bakgrunnen for forskjellen mellom artene er ikke forstått, og heller ikke de store svingningene mellom individer og fra år til år i fiskens forurensning med særlig PCB, men også DDT.

I torsk fra Strandebarm/Hardangerfjorden ble det registrert vel 3 ganger forhøyet innhold av ΣDDT, mens PCB-innholdet var "normalt". DDT-forurensningen i dette området ble bekreftet ved resultatene fra analysene av skrubbe, glassvar og sandflyndre.

- VI. Jevnført med kl I i SFTs klassifiseringssystem ble det i blåskjell fra Sørfjorden konstatert overkonsentrasjoner av ΣDDT på 2-20 ganger; lavest innerst og høyest midtfjords (Kvalnes) og ytterst (Krossanes). Mens det alle tidligere år har vært funnet høyest konsentrasjoner ved Kvalnes var 1998-maksimum ved Krossanes.

Årets maksimumsverdier er de høyest målte siden 1991.

Overkonsentrasjoner (ca. 4x) av ΣDDT ble også registrert i skjell fra JAMP-stasjonene Ranaskjær og Vikingneset i Hardangerfjorden.

Skjellenes innhold av ΣPCB<sub>7</sub> var "normalt" på alle stasjoner unntatt ved Tyssedal, der innholdet var ca. 5x "antatt høy bakgrunn (kl I i SFTs klassifiseringssystem). Hvert år siden 1991 er det funnet forhøyet PCB-innhold i skjell fra denne stasjonen (og dermed vitnesbyrd om nåtidig tilførsel utover det som er vanlig), men for det meste i moderat grad. Imidlertid synes ikke den ukjente kilden å ha en størrelse som kan gi noe mer enn en mindre del av forklaringen på PCB-forurensningen i fisk. Forsøk på å finne PCB-kilder må derfor også omfatte andre steder enn Tyssedalområdet.

- VII. PCB-forurensningen i torsk fra indre Sørfjorden tilsier at næringsmiddelmyndighetene må vurdere fiskens spiselighet. For øvrig tilrås:
- Ettersporing av kilder for kontamineringen med PCB og DDT (ingen konkrete kilder er kjent)
  - Fortsatt arbeide for å få kartlagt diffuse tilførsler og repeterende uhellsutslipp av metaller, med henblikk på å få kontroll over disse kilder.

## SUMMARY

- I. The main objective of monitoring in Sør fjorden, Hardanger (Figure 1 - 2) is to follow the development in the metal content of fish, mussels and algae after several measures to reduce the discharges in particular of mercury, lead, cadmium and zinc.

In fish and mussels the levels of organochlorines are also monitored by yearly registrations.

The observations of contaminants in fish and mussels are part of the Norwegian contribution to Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP) of the Paris- and Oslo Commissions.

- II. The 1998 observations showed moderate contamination with mercury in fillet of cod (*Gadus morhua*) and flounder (*Platichthys flesus*) from the inner part of Sør fjorden. The mercury level in witch (*Lepidorhombus whiffiagonis*) from Strande barm/Hardanger fjorden was somewhat lower than in most previous years.

Cadmium in liver of flounder/inner Sør fjorden exceeded assumed high background about 5 times. Moderate overconcentrations were also observed in cod liver from the same area. Possibly, also lead in flounder liver was moderately higher than normal.

- III. As in previous years it was a strong contamination with metals in mussels and benthic algae. Maximum concentrations of mercury, cadmium and lead in mussels (from the innermost part) exceeded class I in the classification system of the Norwegian Pollution Control Authority up to 6, 15 and 30 times, in the given order. Zinc in bladder wrack (*Fucus vesiculosus*) exceeded the assumed high background with up to 11 times. The excess load of metals in the fjord surface layer was evident also in the main fjord, in particular with regard to lead and cadmium (contamination in mussels traceable at least 60 km from the source).

- IV. The content of PCB in liver and fillet of cod from inner Sør fjorden showed strong contamination with PCB. Mean level in liver of cod exceeded the reference value (assumed high "background") 10/20 times at two sub sampling stations, but with pronounced individual variation (max:min >10). In contrast, no indications of local contamination was found in flounder from the same sites or farther in. Fish from the JAMP Hardanger fjord locality had "normal" content of PCB.

Several individuals of cod from inner Sør fjorden were also markedly contaminated with DDT and metabolites. More moderately increased levels of  $\Sigma$ DDT were recorded in cod, flounder, witch and dab (*Limanda limanda*) from the Hardanger fjord station.

- V. Compared with class I in the Norwegian classification system mussels from all localities contained excess  $\Sigma$ DDT, with overconcentration in the interval 2-20 times. Maximum contamination was found at Kvalnes (st. B6) and at Krossanes (st. B7) in Sør fjorden (Fig. 1). The maximum figures also were the highest recorded since the start of the monitoring programme in 1991.

PCB levels in mussels were "normal" at all localities, except at st. B3 Tyssedal, with an overconcentration about 5 times.



## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

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 (vesentlig i form av nedbrytningsproduktet DDE). Metallforurensningen har foranlediget advarsel mot å spise fisk og skjell fra fjorden. Bedring i forholdene medførte at kostholdsradene for fisk ble trukket tilbake i 1994, mens advarselen mot konsum av skjell fortsatt gjelder.

Overvåkingen er tiltaksorientert, idet det er et hovedformål å gi grunnlag for å vurdere behov for ytterligere å redusere tilførslene 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 tilsiktede virkning), men også for allmenheten 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 og Knutzen 1999).

Tabell 1 viser tilførselstall for metaller i 1998 og foregående år, såvidt de har latt seg beregne. Hovedproblemet i denne forbindelse er sannsynligvis tilførsel fra forurensede arealer i nedbørfeltet, i mindre grad også uhellsutslipp. Tallene i tabellen må derfor betraktes som noe usikre.

**Tabell 1.** Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron (TTI) i 1998 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1997. Tabellen er hentet fra Skei (1999).

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	266 (354)	124 (213)	1053 (1990)	10 (21.8)	0,9 (2.3)	1162 (980)
NZ 1)	50 (50)	4400 (3600)	30000 (32000)	850 (850)	6,2 (6.5)	- (-)
TTI	7,4 (1.2)	65 (12.5)	9624 (5406)	90 (0.3)	0,2 (0.6)	1,5 (0)
<b>Totalt</b>	<b>323</b> (405)	<b>4589</b> (3826)	<b>40677</b> (39396)	<b>950</b> (872)	<b>7,3</b> (9.4)	<b>1164</b> (980)

1) Tilførslene fra Norzink for 1998 omfatter utslipp fra løpende drift (regulære utslipp og akuttutslipp), utpumping av vann bak spuntvegg, avrenning fra kaiområdet og beregnede mengder av sink og kadmium tilført fjorden via overflatevann og kloakk (diffuse tilførsler). Den anslagsvise fordelingen mellom disse enkeltkildene er følgende (kg/år, kfr. Skei 1999):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	5283	70	4340*	28	5.7
Via spuntvegg	1505	59	3	10	0.2
Kaien	1400	4	54	9	0.3
Diffuse tilførsler (ca.)	21000	700	?	?	?
SUM**	30000	850	4400	50	6.2

\* Hovedsaklig fra aluminiumfluoridfabrikken.

\*\* Disse tallene er skjønsmessig avrundet oppover av Norzink a.s.

### 3. MATERIALE OG METODER

Blåskjell (*Mytilus edulis*), blæretang (*Fucus vesiculosus*) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*) er samlet inn fra 1 - 1.5 meters dyp 29-30/10 fra stasjonene B1 Byrkjenes, B2 Eitrheim, B3 Tyssedal, B4 Digraneset og B6 Kvalnes og 28/9-98 fra B7 Krossanes (tabell 2, figur 1). Blåskjell er samlet fra alle stasjonene; blæretang fra de tre innerste lokalitetene B1-B3 og grisetang på B4-B6.

Innen den norske delen av det internasjonale overvåkingsprogrammet JAMP (Joint Assessment and Monitoring Programme) under Oslo/Paris kommisjonen, er det 23-26/10 1998 samlet inn blåskjell fra Eitrheim, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset (tabell 2, figur 1). Det ble på dette toktet også samlet prøver til delprogrammet INDEX fra st. B1 Byrkjenes. (INDEX er SFTs lokale/nasjonale forurensningsindeks basert på miljøgifter i blåskjell).

Blåskjellene er analysert både for klororganiske stoffer og metaller; tungen bare på metallinnhold.

JAMP-materialet omfatter i tillegg analyser av metaller og klororganiske forbindelser i fisk. Skrubbe (*Platichthys flesus*) og torsk (*Gadus morhua*) er samlet fra henholdsvis 3 og 2 underområder av JAMP-stasjon 53B i indre Sørfjorden (fig.2) i perioden 24/10-5/11 1998. Ved Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP-st. 67B) er det samlet inn torsk 28/10-5/11 og glassvar (*Lepidorhombus whiff-iaonis*), skrubbe og sandflyndre (*Limanda limanda*) i perioden november 1998 til 10.februar 1999.

Innenfor Statlig program samles av blåskjell (såvidt mulig) 50 stk. i størrelsen 4 - 5 (6) cm fra hver stasjon til en blandprøve. Skjellene fryses ned uten forutgående tømning 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. innen hver av størrelseskategoriene 2 - 3, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene her ca. ett døgn i vann fra innsamlingsstedet (tømning av tarm) og tas ut av skallene. Forsøk med blåskjell fra Sørfjorden viste imidlertid ingen signifikant forskjell i metallinnhold mellom skjell med og uten tarmrensing (Green, 1989). For prøven til INDEX-programmet (bare st. B1 23/10-98) er det bare samlet en størrelseskategori (3-5 cm, 3 parallelle blandprøver à 20 stk.), og skjellene ble heller ikke tarmrenset.

Blandprøvene av blæretang (stasjonene B1, B2, B3) har bestått av ca. 5 cm lange skuddspisser (ca. 100 fra ca. 20 individer). Av grisetang (fra og med st. B4 og utover) benyttes skuddspisser kuttet like under 2. blære ovenfra.

Fiskeprøvene er analysert dels på individer (15 - 25 stk.), dels på blandprøver av 5 stk. i 3 - 5 størrelsesgrupper (se nærmere i fotnoter under de aktuelle resultattabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, kvikksølv bare i filet, og kadmium, bly, kobber og sink bare i lever.

Fisken er fraktet nedfrost, deretter tint og opparbeidet på NIVA før ny nedfrysing inntil homogenisering og analyse.

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 Oslo/Paris-kommisjonen. Det samme gjelder regionale forskjeller. I den foreliggende rapport er vurderingen stort sett basert på middelværdier sammenlignet med et "antatt høyt diffust bakgrunnsnivå". (Med begrepet "høyt diffust bakgrunnsnivå" menes "grensen" for verdier som kan registreres utenfor det registrerbare influensområdet til definerte punktkilder – kfr. kl.I i SFTs klassifiseringssystem, Molvær et al. 1997).

Før analyse er tangen tørket ved 105°C i 42 timer og homogenisert i RETCH agat mortermølle. Blåskjell og fisk er homogenisert i en TEFAL food processor eller Ultra-Turrax T25.

For metallanalysene er en innveid subprøve av tint homogenisat oppsluttet med salpetersyre i autoklav ved 120°C og fortynnet med destillert og avionisert vann (Norsk Standard 4780, 1. utg. juni 1988). Bestemmelsen utføres på den klare væskefasen og foretas med atomabsorpsjon i flamme eller grafitt-ovn. Sink bestemmes ved atomabsorpsjon i flamme (NS 4770, NS 4773, 1. utg. mai 1980), mens bly, kadmium og kobber er bestemt ved flammeløs atomabsorpsjon (grafittovn) i henhold til NS 4780, NS 4781, 1. utg. juni 1988. Deteksjonsgrensene er 2.0/0.1/0.02 mg/kg våtvekt, henholdsvis for sink, bly/kobber og kadmium. Kvikksølv analyseres ved kalddamp/gullfelle, deteksjonsgrense 0.02 mg/kg. Standardavviket ved analyse av paralleller er < 2% for sink og < 5 - 10% for de øvrige. Analyse kvaliteten kontrolleres mot sertifisert referanse-materiale.

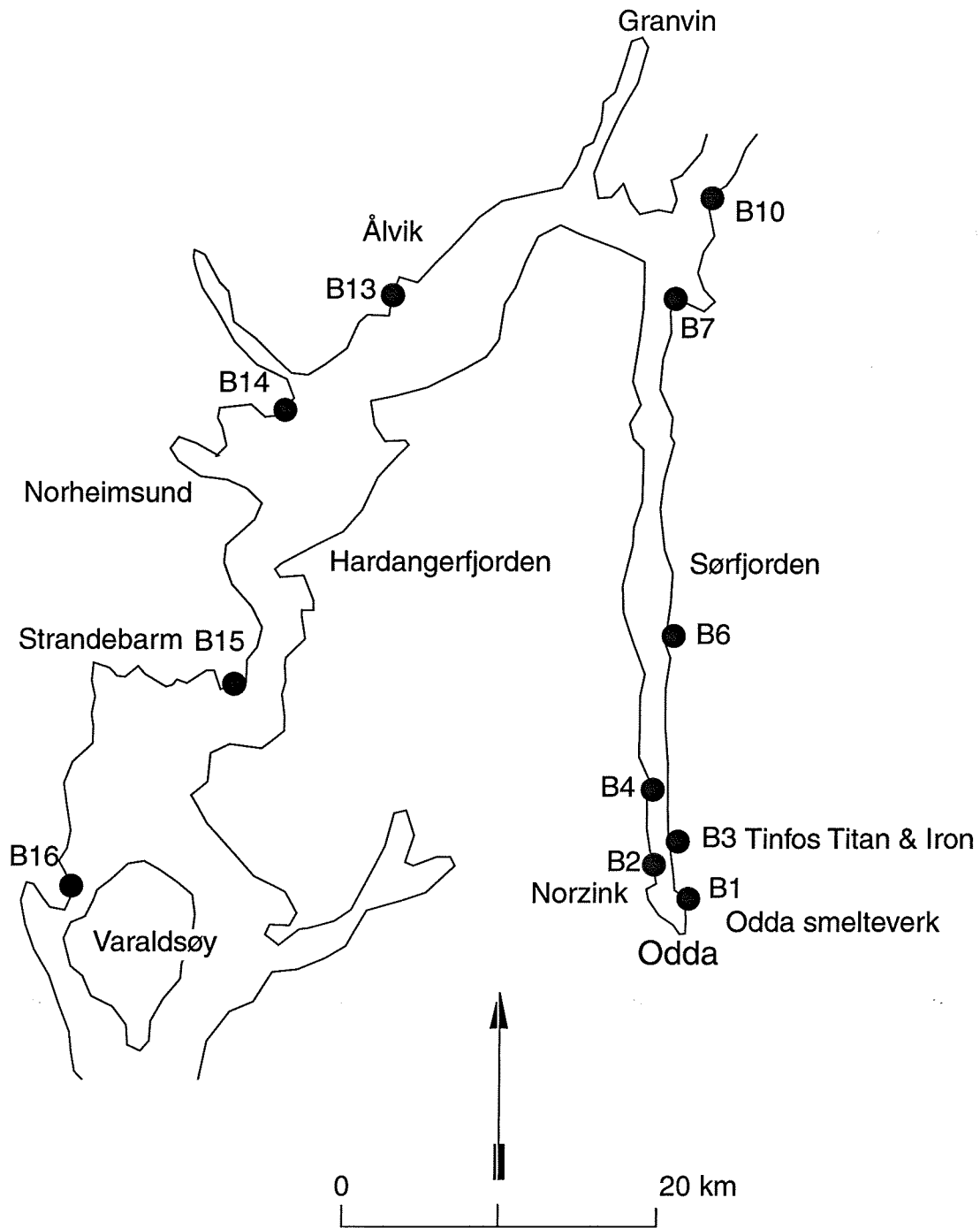
For de klororganiske analysene er vått homogenisert materiale tilsatt PCB 53 som indre standard og ekstrahert to ganger med en blanding av cykloheksan og aceton ved bruk av ultralyd desintegrasjon. Etter vasking med destillert vann inndampes ekstraktet til tørrhet for fettvektbestemmelse. For videre analyse veies en del av fettut, løses i cykloheksan og renses/forsåpes med konsentrert svovelsyre.

Før kvantitativ analyse blir ekstraktet inndampet til ønsket volum i små glødede prøveglass. Identifisering og kvantifisering av de nevnte parametre utføres på en gasskromatograf (GC) med 60 m kapillærkolonne og elektroninnfangningsdetektor (ECD). Kvantifisering utføres via egne dataprogram ved bruk av 8-punkts standardkurver, og konsentrasjonsnivået til alle parametre som skal kvantifiseres justeres til å ligge innenfor standardkurvens lineære område.

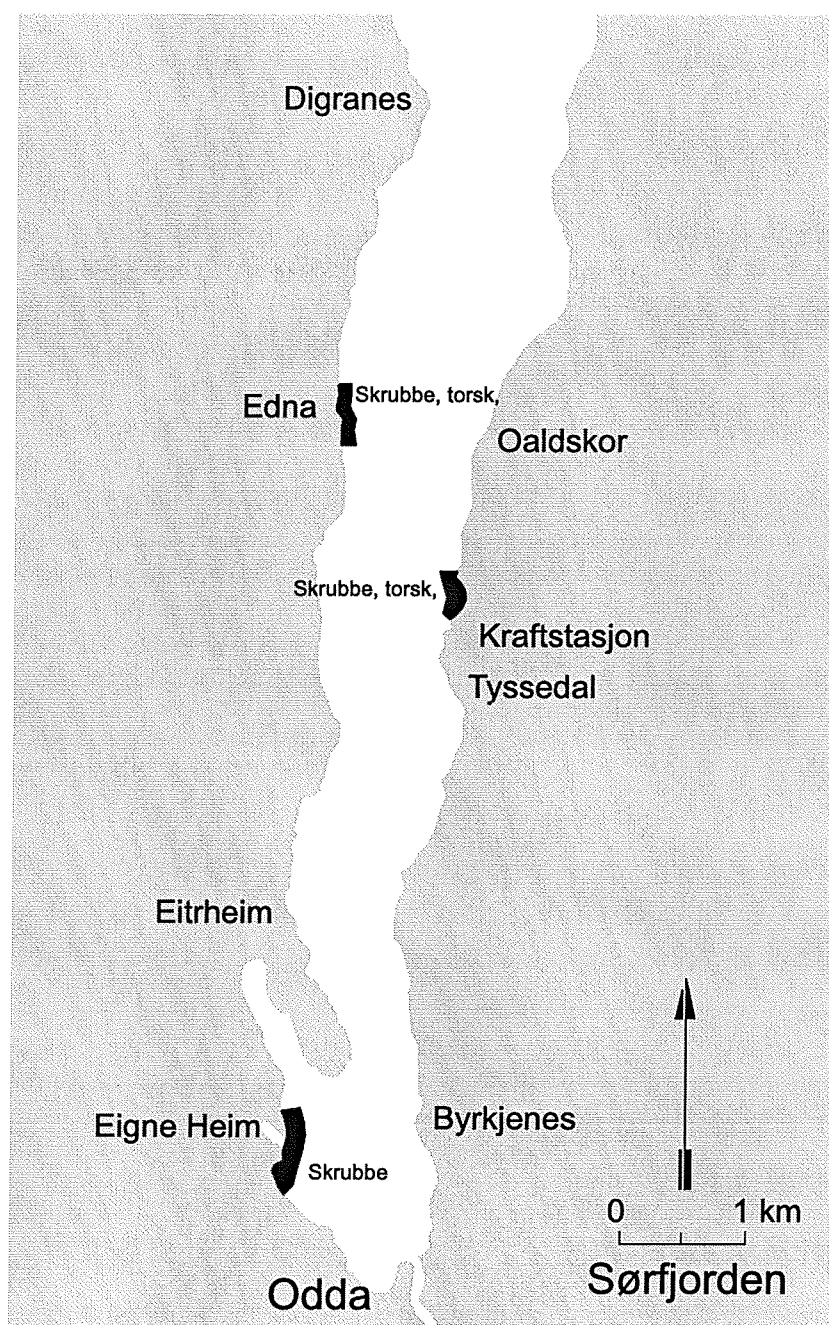
Analyseresultatene kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hver tiende prøve på gasskromatografen, samt ved jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk av internasjonalt sertifisert referansemateriale (SRM 349, torskeleverolje og CRM 350, makrellolje), regelmessig blindprøvetesting og hyppig kalibrering av instrumentene ved bruk av 8-punkts standardkurver. Oppnåelig presisjon ved gjentatt analyse av referansematerialet er 5 - 10% for enkeltforbindelser. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0.1 - 0.2 µg/kg våtvekt.

**Tabell 2.** Innsamlingssteder for blåskjell og tang i Sør fjorden og Hardangerfjorden 1997, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (Ikke prøvetatt 1998: \*).

STASJONER (JAMP)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1	Byrkjenes, lite nes N for badestrand. <u>Fra 1994:</u> Ved naust på pynt i sydenden av bukta - ca. 50 m lenger syd.	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim, på kommunal betong-pelebrygge	3
St. B 3	Tyssedal, kai ved kraftstasjon. 1994: Brygge syd for TTI.	6
St. B 4	Digranes, ved trebrygge. 1994: Grisetang samlet 100 m nordenfor.	10
St. B 6 (56A)	Kvalnes, S for Kvalnes, ved gammelt naust ut for frukthave	18
St. B 7 (57A)	Krossanes, brygge ved 3 naust ytterst på neset (Ystanes)	37
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg	44
St. B 13 (63A)	Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvfossen	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 og tang fra Sør fjorden. (B10, B14 og B16 bare prøvetatt ved basisundersøkelsen).



Figur 2. Prøvesteder for fisk i indre Sørkjolen 1997.

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

### 4.1 Metaller i fisk

Disse analyser er gjort innen JAMP. Rådata, opplysninger om prøver m.v. er tilgjengelig fra databasen for dette programmet. Nærmere bearbeidelse av data vil også skje innen JAMP. Her gjengis bare hovedresultatene (Tabell 3). Det tas også forbehold for den gjenstående kvalitetskontroll av resultatene som foretas innen JAMP.

**Tabell 3.** Middel/Std.avvik for kvikksølv i filét og kadmium, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*), glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) og sandflyndre (*Limanda limanda*) fra stasjoner i indre Sørkjøfjorden (JAMP st. 53) og ved Strandebarms i Hardangerfjorden (JAMP st. 67) 1998, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Cu	Lever Pb	Lever Zn
<b>I.Sørkj., Odda</b> Skrubbe <sup>1)</sup>	0,27/0,09	1,52/0,36	20,0/4,1	0,88/0,31	57,1/8,0
<b>I.Sørkj., Tyssedal</b> Torsk <sup>2)</sup> Skrubbe <sup>3)</sup>	0,25/0,09 0,18/0,08	0,24/0,15 2,00/1,29	16,5/8,9 18,6/2,3	0,15/0,19 0,48/0,06	32,2/5,4 51,4/7,2
<b>I.Sørkj., Edna</b> Torsk <sup>4)</sup> Skrubbe <sup>5)</sup>	0,25/0,17 0,14/0,03	0,33/0,23 1,43/0,58	19,8/11,0 18,0/1,2	0,10/0,06 0,39/0,12	37,3/10,4 57,9/13,8
<b>Strandebarms</b> Torsk <sup>6)</sup> Glassvar <sup>7)</sup> Skrubbe <sup>8)</sup> Sandflyndre <sup>9)</sup>	0,07/0,05 0,17/0,15 0,05/0,01 0,10/0,05	0,04/0,06 0,06/0,07 0,19/0,03 0,22/0,08	11,2/4,6 10,8/2,5 8,1/1,9 9,4/1,9	<0,03 0,04/0,01 0,04/0,04 0,17/0,10	26,3/6,6 101/11 34,7/2,8 39,2/7,9

<sup>1)</sup> 5 blandpr. à 5 eks. (Størrelseskategorier: 319-342, 378-503, 425-547, 487-641, 581-824 g).

<sup>2)</sup> Individuelle analyser av 15 eks.: 437-1954 g.

<sup>3)</sup> 3 blandpr. à 5 eks. (Størrelseskategorier: 267-414, 361-506, 569-981 g).

<sup>4)</sup> Individuelle analyser av 15 eks.: 313-2589 g.

<sup>5)</sup> 3 blandpr. à 5 eks.: (Størrelseskategorier 312-465, 460-560, 521-805 g).

<sup>6)</sup> Individuelle analyser av 25 eks.: 565-3446 g.

<sup>7)</sup> 5 blandpr. à 5 eks. (Størrelseskategorier: 288-389, 354-442, 359-532, 483-937, 690-991 g).

<sup>8)</sup> 4 blandpr. av 5(4) eks. (Størrelseskategorier: 222-309, 464-932, 921-1482, 1368-3108 g)

<sup>9)</sup> 5 blandpr. av 5 eks. (Størrelseskategorier: 156-206, 196-272, 303-371, 347-464, 484-838 g)

På samme måte som året før (Tabell 4) lå kvikksølvinnholdet i torsk fra indre Sørkjøfjorden (gjennomsnitt for materialet fra Edna og Tyssedal) vel dobbelt så høyt som normalt i bare diffust belastede områder (kfr. kl I i SFTs klassifiseringssystem, Molvær et al. 1997). Omlag tilsvarende forhøyelse ble registrert i skrubbe fra dette området (Tabell 3).

Ved Strandebarms var det svakere forhøyelse i torsk (nær "normal") og det samme gjaldt skrubbe og sandflyndre. Filet av glassvar fra Strandebarms inneholdt litt mer kvikksølv enn de øvrige artene (Tabell 3), men forskjellen fra torsk var ikke så markert som den ofte tidligere har vært i materialet fra denne lokaliteten (Tabell 4). På grunnlag av observasjonene fra 1997, med en moderat, men klar forhøyelse av kvikksølvinnholdet i torsk og enda klarere forhøyelse i glassvar relativt til et referansemateriale fra Færøyene (NIVA, upublisert), ble det konkludert med at resultatene indikerte en lokal kvikksølvkilde (Knutzen et al. 1999). Denne konklusjonen styrkes ikke av 1998-resultatene.

Av tabell 4, med oversikt over fisks kvikksølvinnhold siden 1987, ses primært at man har en stor variasjon innen den enkelte art; f.eks. 0,09-0,40 mg/kg i torsk fra indre Sørkjøfjorden 1992-1998 og 0,10-0,43 mg/kg i glassvar fra Strandebarms 1991-1998. De til dels betydelige svingningene fra ett

år til det neste er det ikke funnet noen tilfredsstillende forklaring på, dvs. man ser ingen enkel forbindelse mellom forurensningsgraden i fisk og det som har vært kjent om tilførselene til fjorden angjeldende år. Ser man f.eks på perioden 1992-1998, da kvikksølv i torsk fra indre Sørfjorden varierte med mer enn 4 ganger, finner man at kjent (målt/beregnet/anslått) årlig belastning ikke varierte mer enn vel 2 ganger (Tabell 2 i Skei et al. 1998). Betydelige forskjeller mellom individer, og herunder sammenheng mellom kvikksølvinnhold og størrelse/alder, spiller utvilsomt en rolle, men ikke på en måte som forklarer fluktuationene. Forholdet illustrerer sannsynligvis både den usikkerhet som er i tilførselsberegningen for kvikksølv (herunder en mulig mindre kilde ved Strandebarm) og behovet for en grundig statistisk analyse av materialet innen JAMP. Som tidligere nevnt har man for materialet frem til 1996/97 ikke funnet noen bestemt utviklingstendens (appendiks G i Green 1997; Green et al. 1999).

**Tabell 4.** Middelverdier av kvikksølv i torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sørfjorden (JAMP-st. 53) og Strandebarm (JAMP-st. 67) 1987-1998, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/ arter	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98
<b>Indre Sørfj.</b>												
Torsk	0,26	0,11	0,22	0,20	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>
Skrubbe		0,10	0,13	0,12	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>
<b>Strandebarm</b>												
Torsk	0,14	0,09	0,10	0,16	0,12	0,10	0,11	0,13	0,08	0,10	0,13	0,07
Glassvar	0,35	0,33	0,36	0,50	0,10	0,21	0,26	0,43	0,35	0,41	0,27	0,17
Skrubbe										0,18		0,05

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

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

I henhold til data fra JAMP referanselokaliteter bør ikke kadmium i lever av skrubbe overstige 0,3-0,4 mg/kg våtvekt (Knutzen og Green 1995). Av tabell 3 ses en overskridelse av dette i skrubbe fra indre Sørfjorden på 4-5 ganger. Tilsvarende utslag av nåtidig tilførsel og sedimentlagret kadmium har man fra 1996-97 og fra tidligere år i 1991-1992, derimot i mindre grad 1993-1995 (Knutzen et al. 1995, 1996, 1998, 1999). Også torskelever viste spor av kadmiumpåvirkningen, men i svakere grad enn skrubbe og uten praktisk betydning. Så langt er det ikke konstatert noen signifikant utvikling over tid mht kadmiuminnhold (1986-1996/97) hverken i skrubbe eller torsk (Green 1997, appendiks G; Green et al. 1999).

Lever av skrubbe fra de tre fangsstedene i indre Sørfjorden inneholdt markert mer bly enn i materialet fra samme art samlet ved Strandebarm, men overskridelsen var moderat i forhold til det man kan finne på referanselokaliteter generelt (Knutzen og Green 1995).

For kobber og sink lå verdiene i fiskelever innen normalintervallet.



## 4.2 Metaller i blåskjell

Resultatene på tørrvektsbasis er vist i tabell 5 og dataene fra 28/9 (B7) og 29-30/10 (B1-B6) inngår i figur 3 – 6, som viser utviklingen siden 1981. Konsentrasjonene på våtvektsbasis er gjengitt i vedlegg.

**Tabell 5.** Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 23-26/10 (JAMP/INDEX), 28/9 (B7) og 29-30/10 1998, mg/kg tørrvekt. (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier, fra INDEX middel av 3 paralleller av en størrelseskategori). Ikke analysert: i.a.

Stasjoner	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	23-26/10	29-30/10	23-26/10	29-30/10	23-26/10	29-30/10	23-26/10	29-30/10	23-26/10	29-30/10
B1	0,58	1,09	10,3	30,0	31,3	100,0	i.a.	292	i.a.	10,7
B2	0,26	0,57	9,2	15,0	14,9	44,9	161	271	7,1	8,7
B3		0,56		18,9		68,4		501		12,7
B4		0,35		9,7		27,9		175		8,2
B6	0,28	0,34	8,6	8,9	15,2	24,4	144	207	7,2	8,9
B7	0,17	0,27 <sup>1)</sup>	5,1	5,3 <sup>1)</sup>	6,3	9,2 <sup>1)</sup>	122	162 <sup>1)</sup>	7,0	5,3 <sup>1)</sup>
B13	0,22		4,2		6,6		136		5,7	
B15	0,08		1,7		1,8		123		5,7	

1) Innsamling 28/9

I serien begrenset til Sørfjorden (29-30/10, St B7 28/9) ses av tabell 5 overkonsentrasjoner jevnført med grensen for klasse I i SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1977) som for **kvikksølv** varierte fra nærmere 6 ganger innerst i fjorden ("markert forurenset") til en moderat forhøyelse ytterst.

For **kadmium** og **bly** ble det også funnet stor overskridelse av "antatt høyt bakgrunnsnivå" innerst i fjorden, men markert avtagende utover; for kadmiums vedkommende i intervallet 3-15 ganger og for bly 3->30 x. Tilstanden blir m.a.o. for begge metallene å karakterisere som "markert" til "sterkt forurenset" (Molvær et al. 1997).

Registreringene fra St B7 Krossanes betyr – i likhet med det som er konstatert tidligere år – at påvirkningen med særlig bly og kadmium, men også kvikksølv, strekker seg ut i hovedfjorden. Dette ses også av JAMP-målingene fra st. B13 Ranaskjær (nærmere 60 km fra Odda) der det ble sporet svak overkonsentrasjon av kvikksølv og mer enn fordobling av naturlig innhold av bly og kadmium.

**Sink** viste et maksimum på nærmere 3 x "høy bakgrunn" i blåskjell (markert forurenset) fra st. B3 Tyssedal, men ellers bare moderate overkonsentrasjoner og tilnærmet "normalinnhold" i skjell fra fjordmunningen (st. B7). **Kobber**verdiene svingte omkring eller svakt over det som kan betraktes som normalt (Molvær et al. 1997).

For kvikksølv, kadmium og bly ses stort sett synkende konsentrasjoner med økende avstand fra nærområdet av Odda (dvs. fra stasjonene B1/B2 og utover), men ikke med et jevnt forløp. For sinks vedkommende har man en stor uregelmessighet ved at maksimum er registrert ved Tyssedal. Forholdet kan ikke forklares ut fra data fra vannovervåkingen (Skei 1999). Ved siden av uregelmessige tilførsler kan forholdet muligens ha sammenheng med den betydelige økningen i sinkutslipp fra Tinfos Titan & Iron fra 1997 til 1998 (Tabell 1).

I likhet med flere tidligere år var det til dels dårlig samsvar mellom resultatene fra denne serien og JAMP/INDEX-registreringene. Sistnevnte var for stasjonene B1, B2 og B6 basert på analyse av skjell innsamlet mindre enn en uke tidligere (Tabell 3, serien 23-26/10). Ut fra det man vet om utslipp og metallinnholdet i vann i det aktuelle tidsrom (Skei 1999) er det ikke noe som kan forklare at innholdet av kvikksølv, kadmium og bly i skjell på særlig de to innerste stasjonene skulle være såvidt forskjellige med få dagers mellomrom. Ut fra litteratordata synes også opptak og utskillelse å gå for

langsomt til å kunne være forenlig med de observerte store svingninger (Moy og Knutzen 1996 med ref.; se dessuten Julshamm 1978).

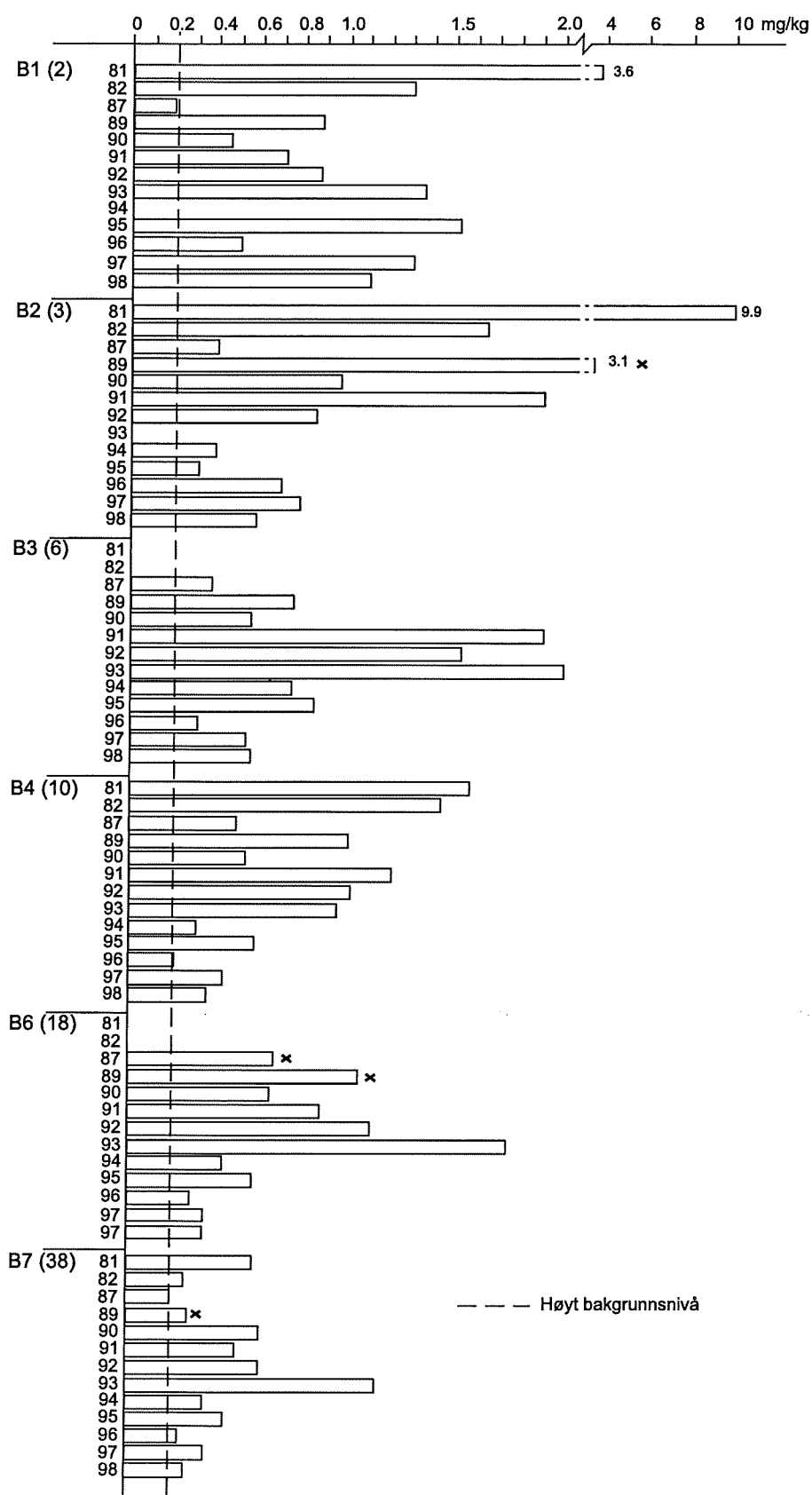
Uoverensstemmelsene mellom de to seriene i perioden 1991-1998 er illustrert i tabell 6 over resultatene fra stasjonene B2, B6 og B7. En statistisk analyse av materialet viser forskjell mellom de to seriene bare for sink, der JAMP-verdiene (II i tabellen) lå signifikant lavere. Muligens kan dette ha å gjøre med tarmrensing av JAMP-skjellene før analyse, men en tidligere studie i skjell fra Sørkjolen ga ingen signifikant forskjell mellom skjell med og uten tarmrensing (Green 1989). Uansett synes disse uforklarte store forskjellene i metallinnhold i prøver samlet med liten tidsforskjell på samme steder å kreve en nærmere analyse. For 1999-innsamlingen vil det bli sikret at innsamlingsstedene er identiske, slik at mulige lokale belastningsforskjeller (lite sannsynlig) ikke spiller inn. Videre vil man innen JAMP starte en nærmere betraktning av tarmrensingens mulige rolle (hittil noe for spinkelt bedømmelsesgrunnlag, bl.a i relasjon til varierende partikkelinnhold i vannet). Muligens burde man også se næyere på hvilke utslag individuelle akkumuleringsegenskaper hos skjellene (kfr. Lobel et al. 1991 med ref.) kan gi på tross av et antall på 50 stk. i de benyttede blandprøver.

Tabell 6. Jevnføring av resultater fra metallregistreringer i skjell fra stasjonene B2, B6 og B7 i Sørkjolen, hhv. fra den opprinnelige serien innen Statlig program (I) og JAMP-serien på et utvalg av lokalitetene (II) 1991-1998<sup>1)</sup>, mg/kg tørrvekt. Ikke registrert: -

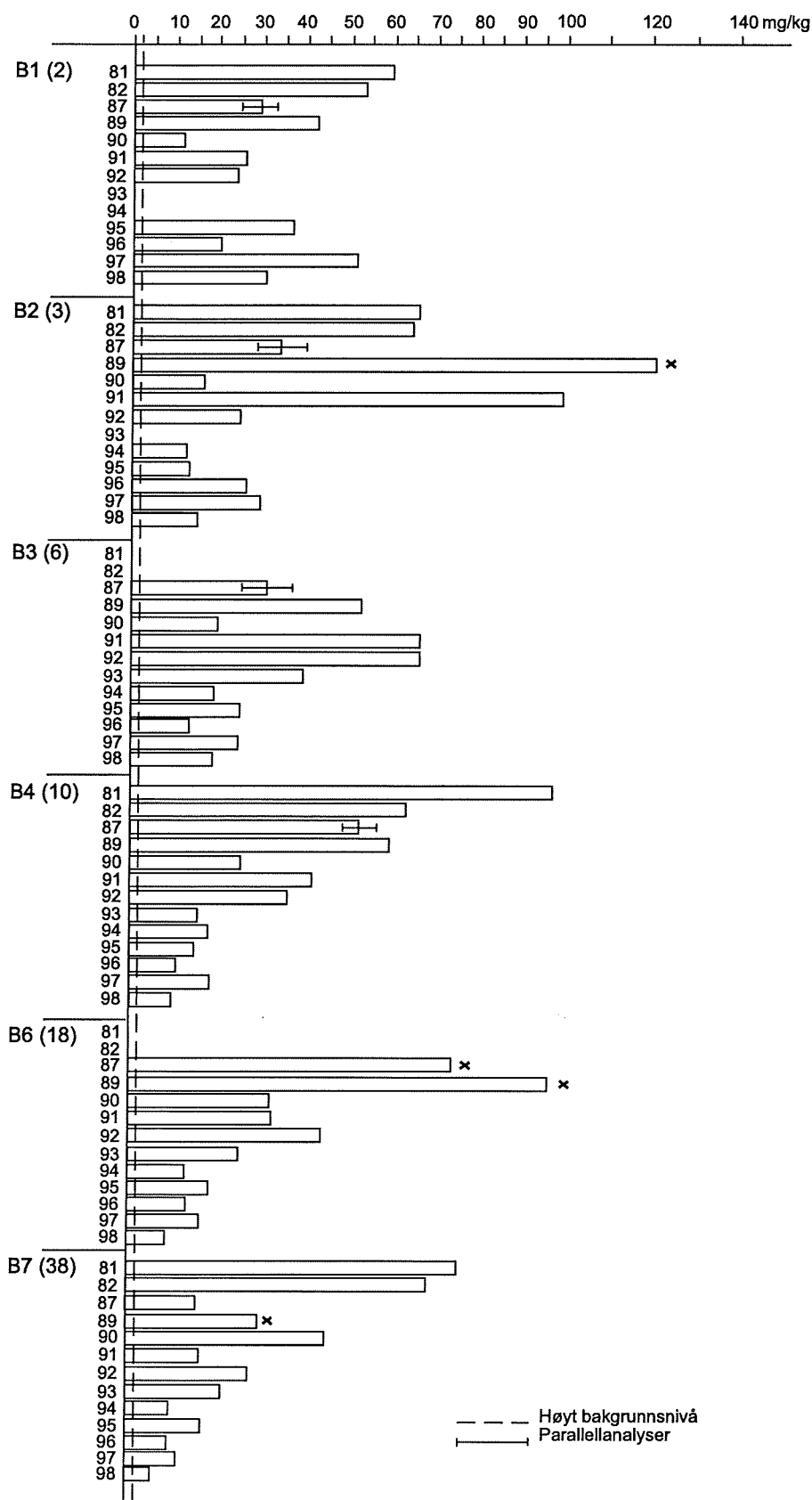
Stasjoner/år	Hg		Cd		Pb		Zn		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
B2	1991	1,90	4,20	98,8	84,4	232	356	1320	494
	1992	0,86	1,10	25,9	45,4	184	190	345	407
	1993	-	0,37	-	14,7	-	66	-	218
	1994	0,39	0,29	12,0	9,0	45,4	19,0	259	148
	1995	0,32	0,45	13,3	20,5	21,1	18,8	209	209
	1996	0,66	0,19	25,9	18,7	76,2	11,4	495	188
	1997	0,78	0,27	29,2	14,1	93,2	22,3	571	264
	1998	0,57	0,26	15,0	9,2	44,9	14,9	271	161
B6	1991	0,87	1,60	33,0	66,9	82,6	23,9	488	472
	1992	1,13	1,09	43,7	59,6	147	122	561	506
	1993	1,74	1,06	24,7	59,1	110	113	399	435
	1994	0,44	0,34	12,9	9,5	41,9	24,3	223	190
	1995	0,52	0,73	18,7	32,8	35,3	50,4	256	322
	1996	0,27	0,35	13,1	19,5	17,6	25,7	228	232
	1997	0,35	0,53	15,6	29,5	30,0	39,1	327	362
	1998	0,34	0,28	8,9	8,6	24,4	15,2	207	144
B7	1991	0,50	0,80	16,2	33,2	25,3	11,7	323	281
	1992	0,63	0,51	28,3	31,9	73	31,6	402	242
	1993	1,15	0,30	21,1	14,3	45	15,5	254	144
	1994	0,35	0,30	9,8	11,0	22,5	14,6	152	172
	1995	0,44	0,25	17,1	12,5	24,4	14,0	204	184
	1996	0,22	0,16	8,7	8,5	9,4	6,0	158	115
	1997	0,36	0,31	12,0	14,4	15,8	12,7	237	232
	1998	0,27	0,17	5,3	5,1	9,2	6,3	162	122

1) Ca.forskjell mellom de to prøvetidspunkter : Stort sett 0,5-1,5 uker, i ett tilfelle (1996) 4 uker.

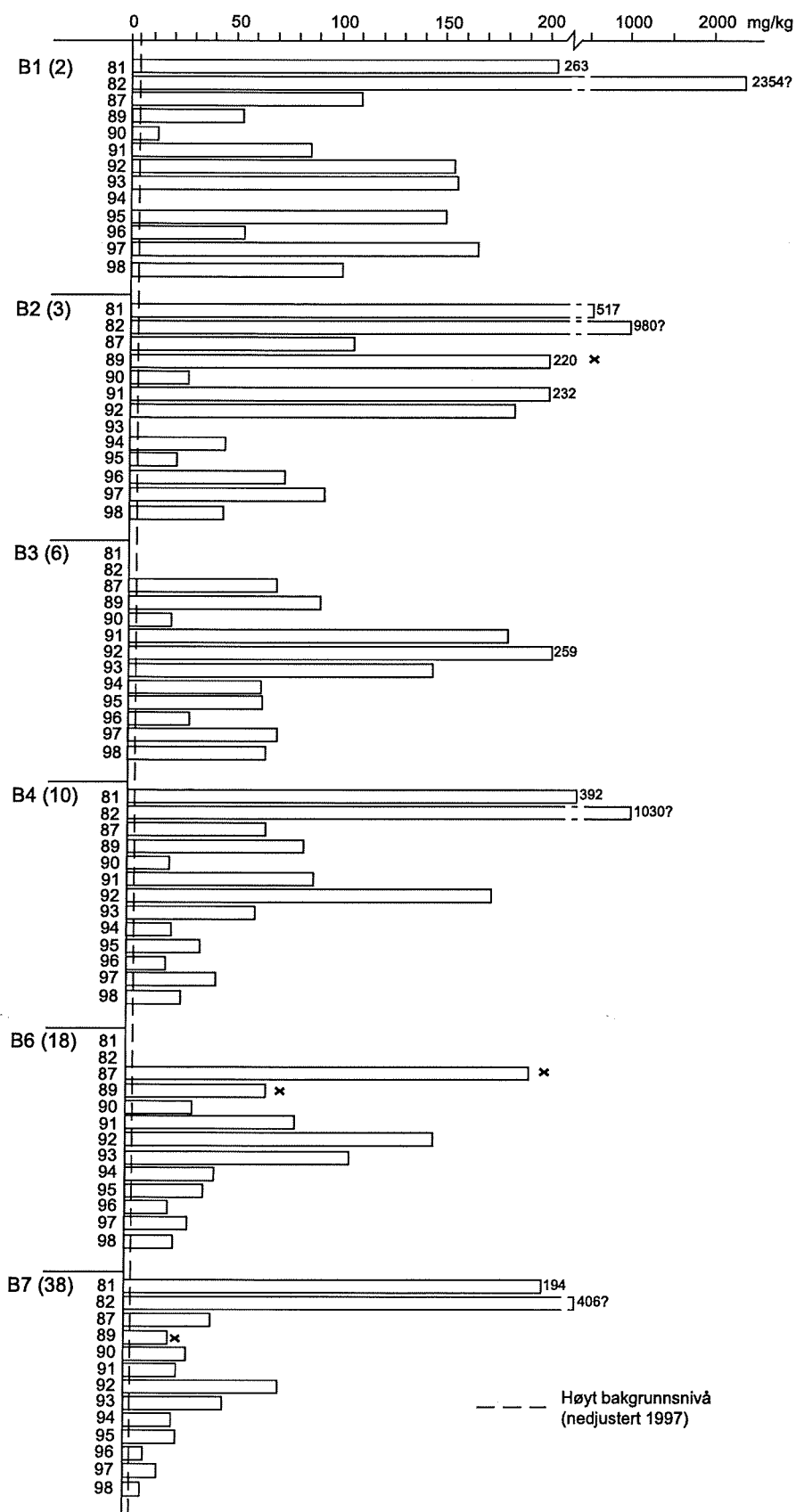
Av figurene 3-6 over utviklingen i skjellenes metallinnhold fremgår at det i forhold til året før med unntak for st. B3 er registrert markert lavere konsentrasjoner av sink, særlig på de to innerste stasjonene. Likeledes synes kadmiumbelastningen klart lavere i 1998. Samme tendens finnes for bly, men i svakere grad. Også kvikksølvverdiene lå litt lavere på de fleste lokalitetene, men var i hovedsaken uendret fra 1997.



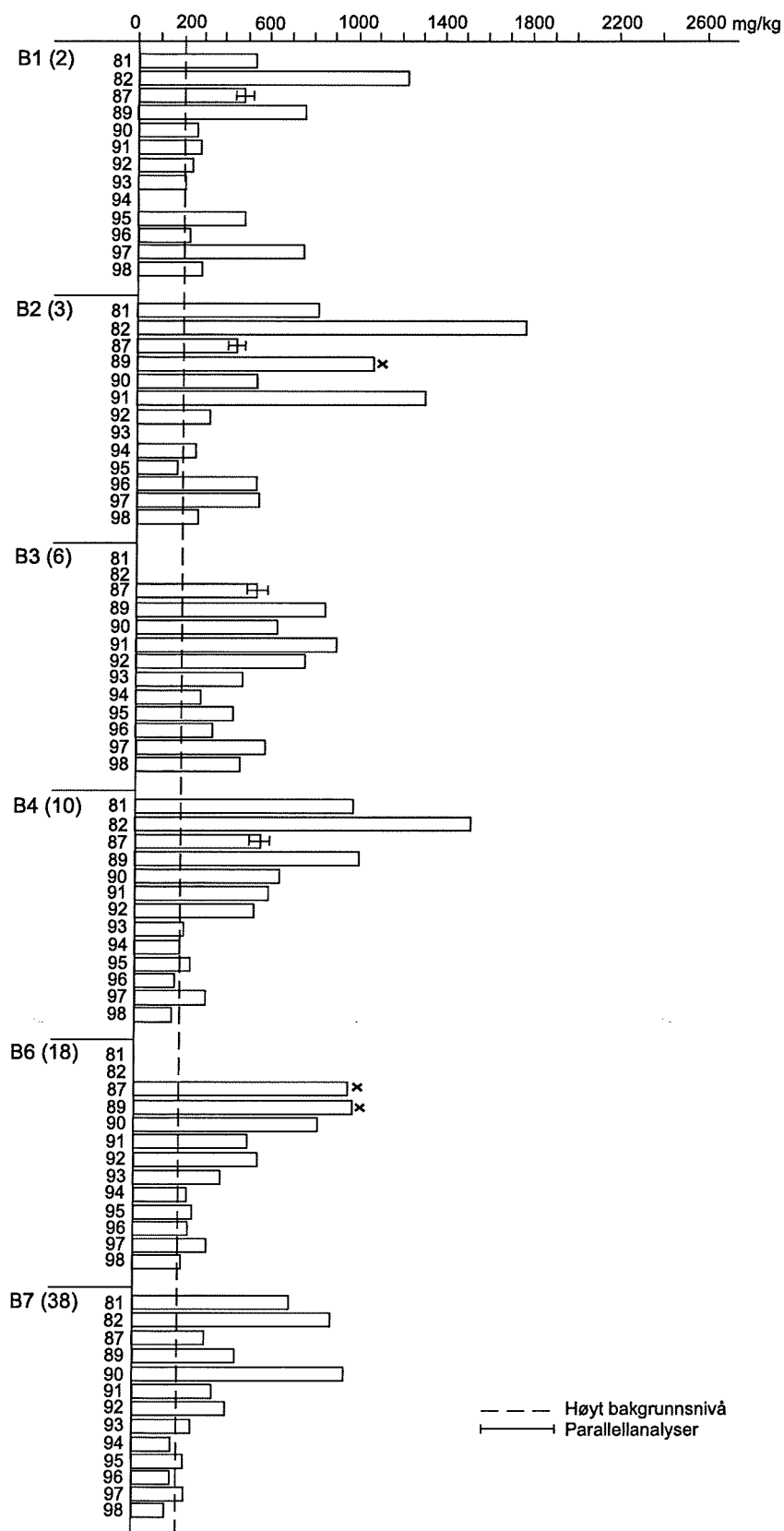
Figur 3. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand fra Odda i km. X = JAMP-data.



Figur 4. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand fra Odda i km. X = JAMP-data.



Figur 5. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand fra Odda i km. X = JAMP-data.



Figur 6. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand fra Odda i km. X = JAMP-data.

### 4.3 Metaller i tang

1998-resultatene ses av tabell 7 og utviklingen siden 1981/82 av figur 7 - 11.

Jevnført med Kl. I i SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997) viser resultatene følgende ca. overkonsentrasjoner:

Kvikksølv: 1-6 x (lite til markert forurenset)  
 Kadmium: <1-6 x (lite til markert forurenset)  
 Bly: <1-12 x (lite til sterkt forurenset)  
 Sink: >2-11 x (moderat til sterkt forurenset)  
 Kobber: <1->3 x (lite til markert forurenset)

Ved revisjonen av SFTs klassifiseringssystem i 1997 ble grensene for klasse I justert ned for bly, sink og kobber, henholdsvis fra 3 til 1, 200 til 150 og 10 til 5 mg/kg tørrvekt (sammenlign Molvær et al. 1997, med Knutzen et al., 1993), slik at angivelsene av overkonsentrasjoner og forurensningsgrader for disse metaller ikke er helt sammenlignbare med tilstandskarakteristikken i rapporter for årene før 1996.

**Tabell 7.** Metaller i blæretang (*Fucus vesiculosus*, St B1-B4, B6,) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*, st. B4, B6, B7) fra Sørfjorden 29-30/10 1998 (St. B7 28/9), mg/kg tørrvekt.

Arter, stasjoner	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	% tørrv.
<b>BLÆRETANG</b>						
B1 Byrkjenes	0,18	8,7	7,1	904	8,7	46,9
B2 Eitrheim	0,31	9,3	12,4	1646	18,8	50,7
B3 Tyssedal	0,13	5,1	4,2	897	11,3	37,7
B4 Digranes	0,06	5,1	1,9	689	6,5	52,2
B6 Kvalnes	0,08	5,4	1,9	749	7,4	46,4
<b>GRISSETANG</b>						
B4 Digranes	0,09	3,1	0,9	626	5,0	47,7
B6 Kvalnes	0,08	2,4	0,8	622	8,7	45,1
B7 Krossanes	0,05	1,4	0,4	368	3,0	45,0

Fra st. B2 og utover ses stort sett synkende/utflatende konsentrasjoner (Tabell 7). Bare for sinks vedkommende var det klart forhøyede verdier på st B7 i utløpet av fjorden, men også når det gjelder kvikksølv og kadmium lå verdiene ved fjordmunningen på det som må betraktes som et "høyt normalnivå".

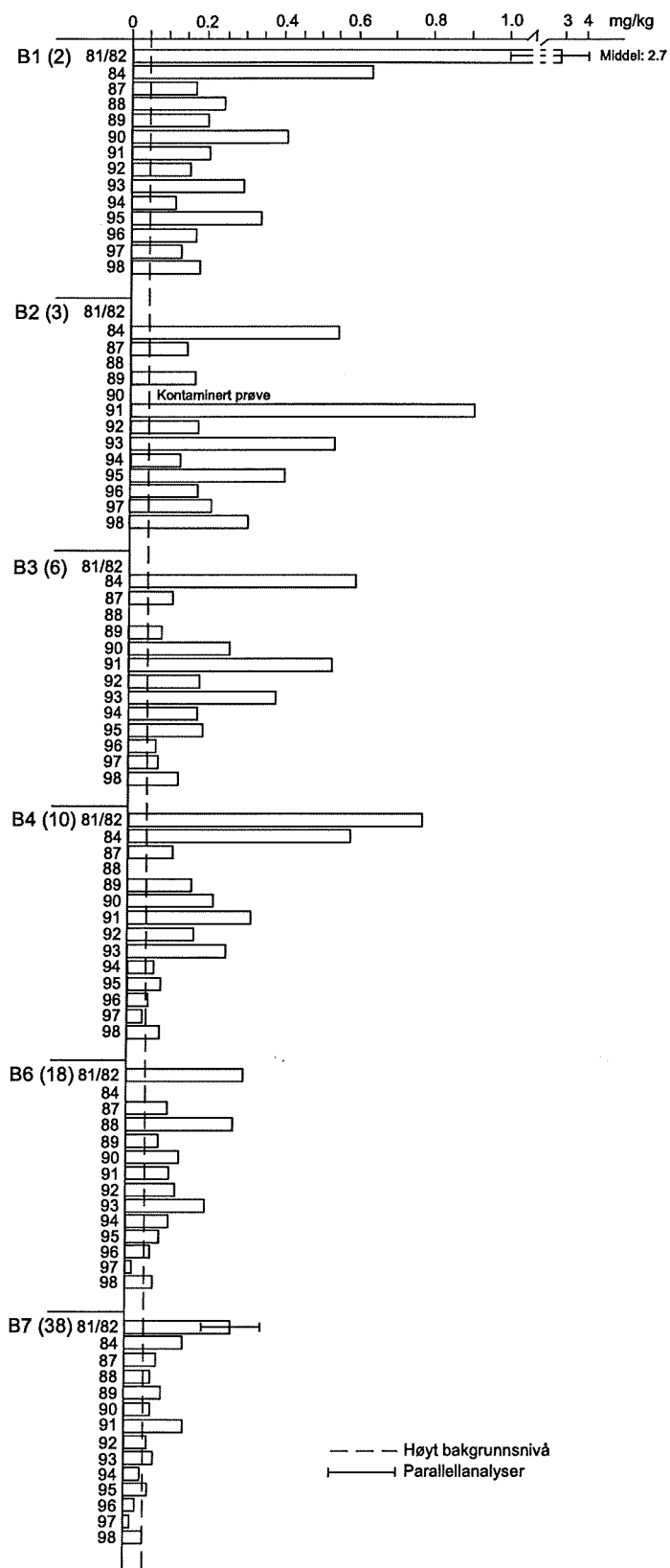
Til forskjell fra blåskjell gjenspeilte tang – likhet med tidligere - også overbelastningen med kobber i Sørfjorden, dessuten at påvirkningen med sink var klart sporbar ut i Hardangerfjorden.

1998-resultatene sammenlignet med verdiene fra 1997 tydet ikke på noen vesentlige endringer (Figur 7-11). Svak oppgang for kvikksølv; omtrent likt på indre stasjoner for kadmium (men litt lavere i ytre fjord); bly noe lavere på alle stasjoner; sink i hovedsaken uendret og kobber lavere eller likt 1997, illustrerer mest sannsynlig bare skiftende grader av forurensning som resultat av uregelmessig belastning.

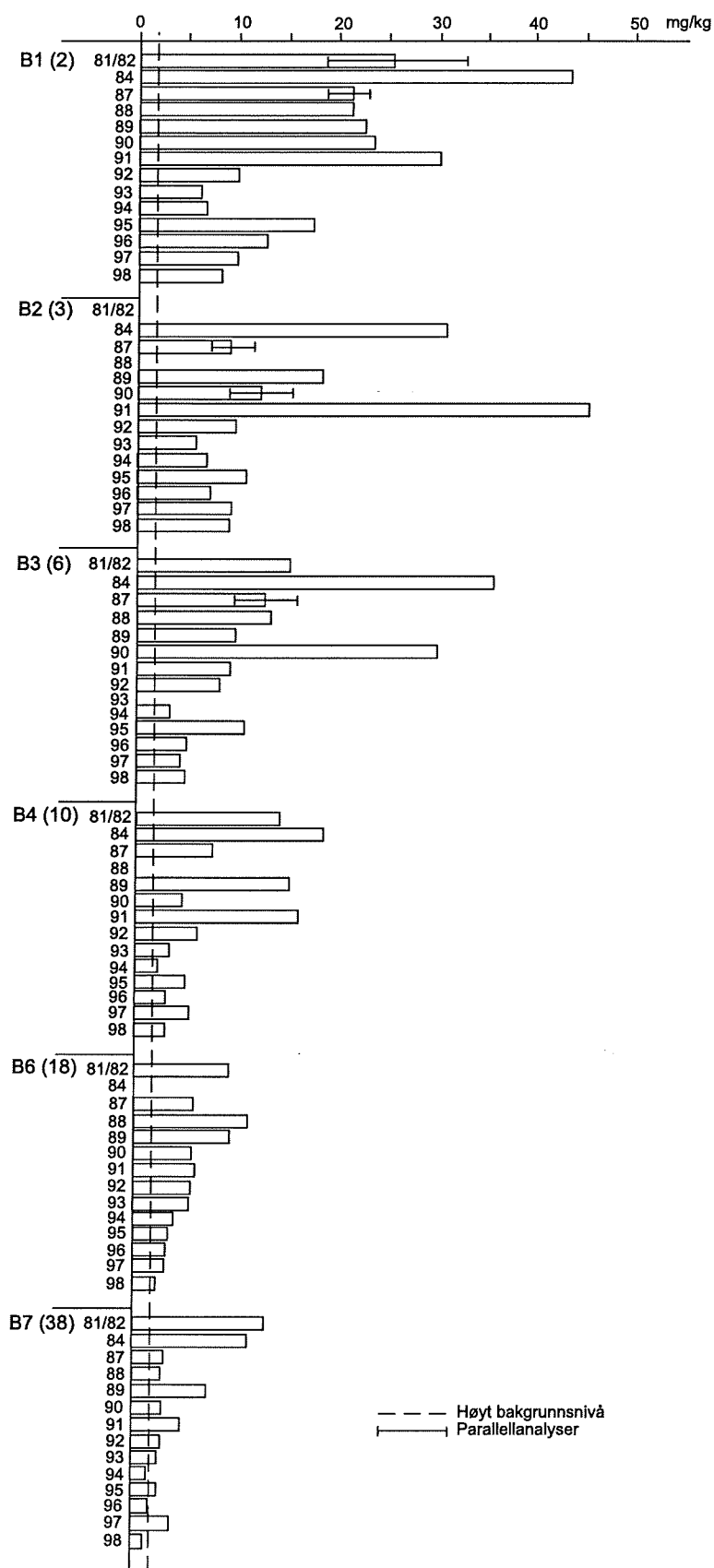
Forholdet mellom metallakkumuleringen i de to tangartene i 1998 falt inn i mønsteret fra en gjennomgang av hele overvåkingsmaterialet (Knutzen et al. 1998, 1999): noe høyere innhold av bly og kadmium i blæretang enn grisetang, muligens svakt mer kvikksølv i grisetang og ganske likt mht. sink og kobber.

Selv om det følgelig må tas delvis forbehold vedrørende den antatte likhet i akkumuleringsegenskaper hos de to artene (Molvær et al. 1997), er forholdet av liten praktisk betydning unntatt i de sjeldne tilfeller da det er behov finere distinksjoner av forurensningsgrad.

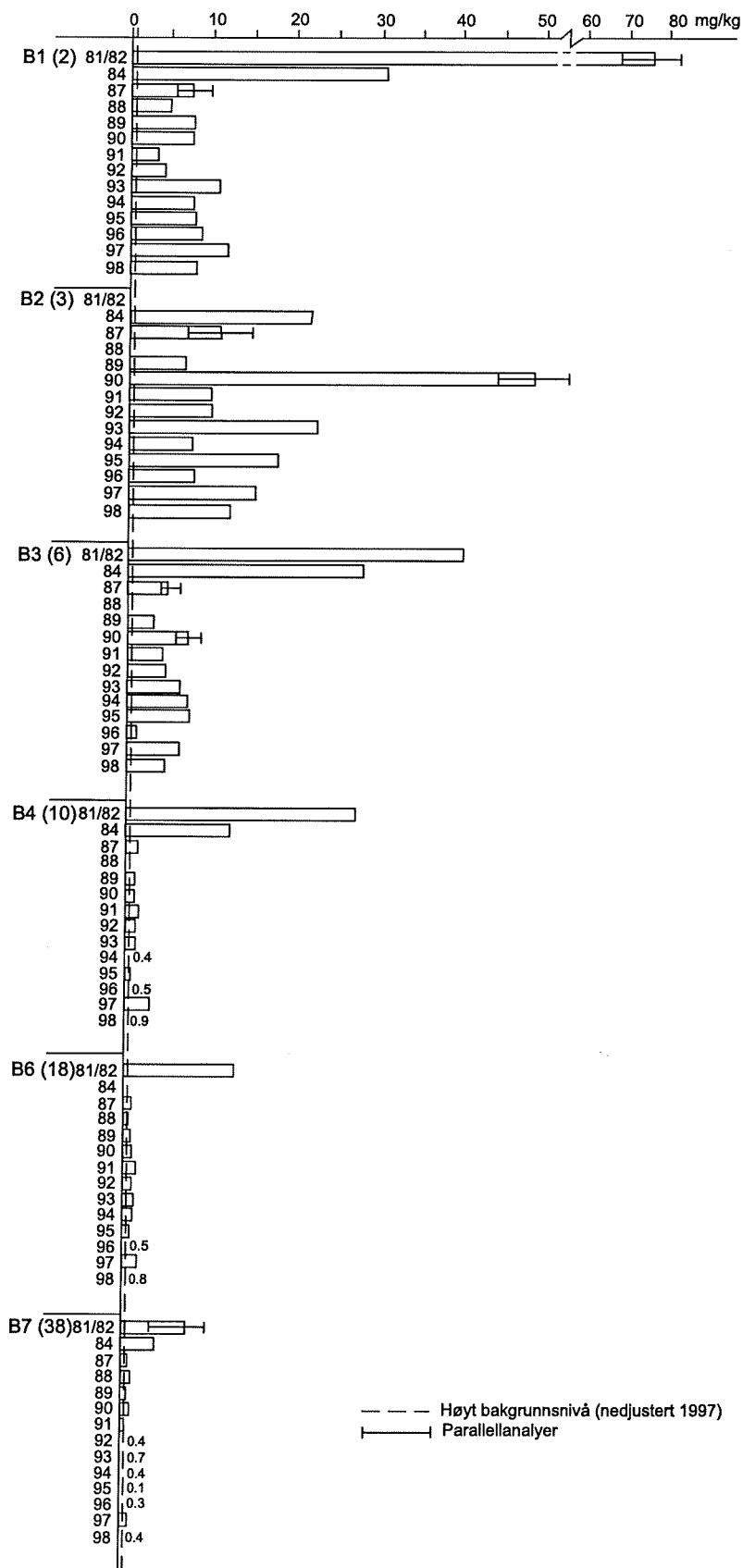




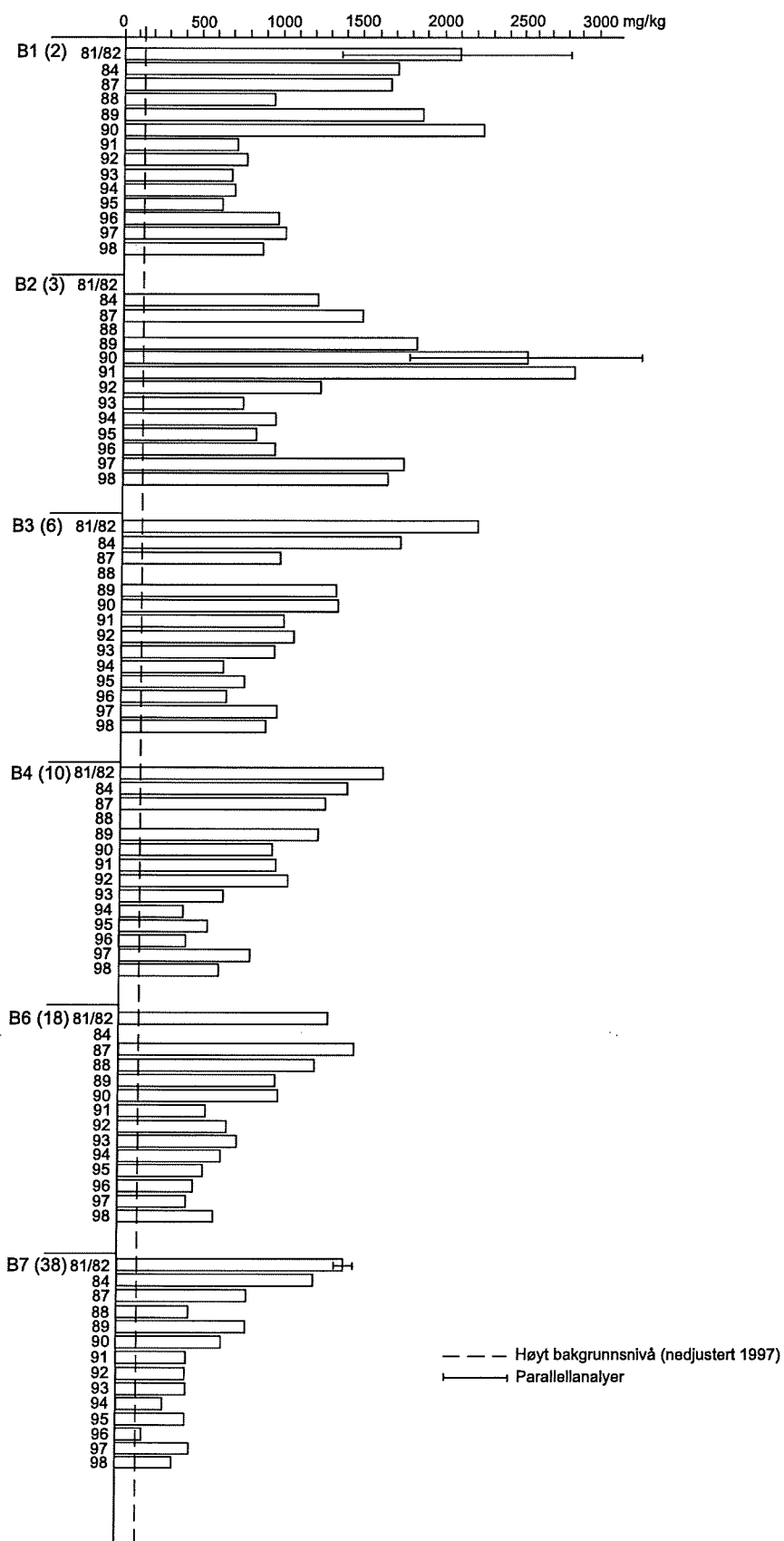
Figur 7. Kvikksølv i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørkjøya 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.



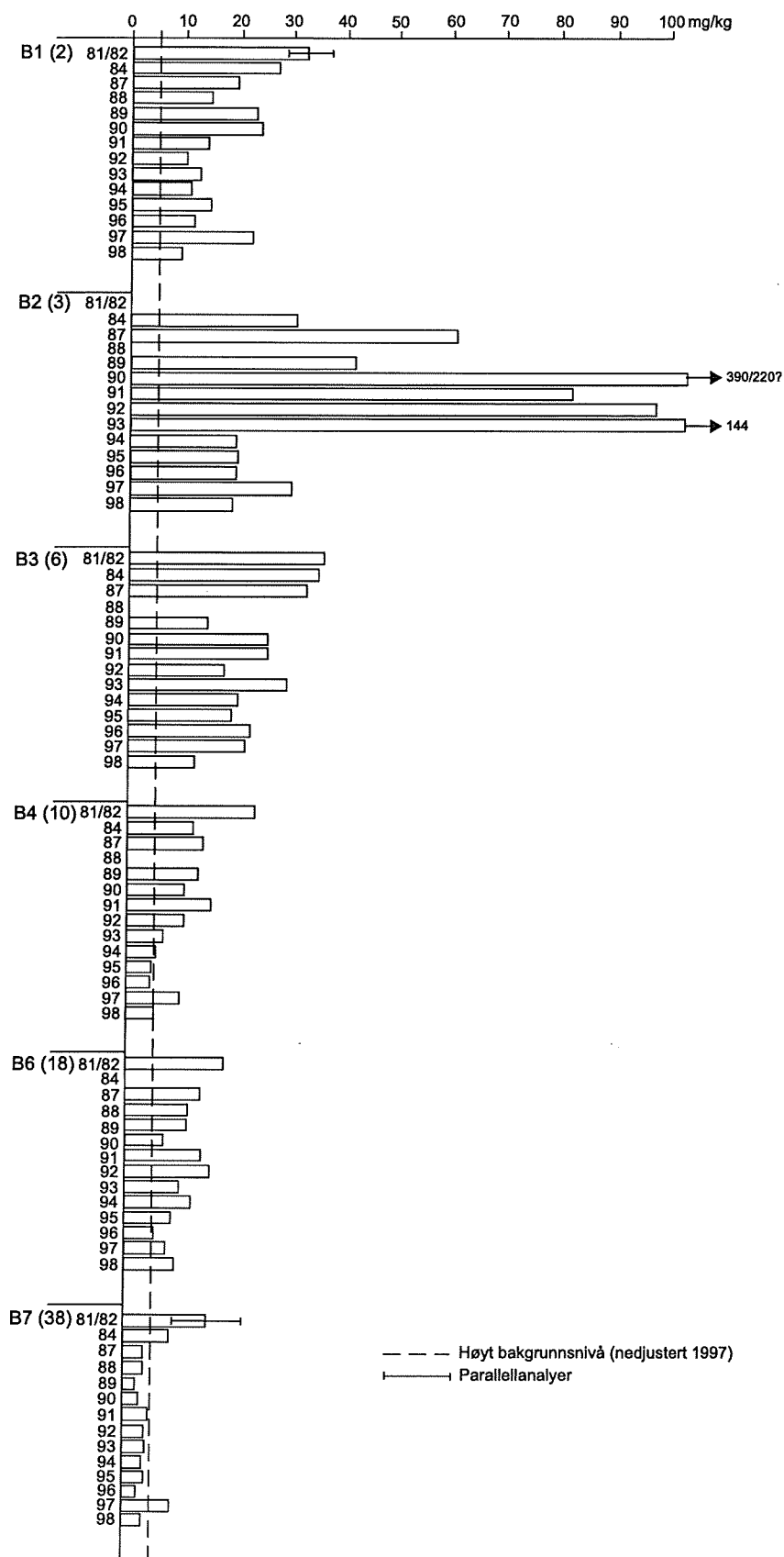
Figur 8. Kadmium i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sør fjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrv. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.



Figur 9. Bly i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.



Figur 10. Sink i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sør fjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.



Figur 11. Kobber i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørkjorden 1981 - 1998, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.

## 4.4 Klororganiske stoffer i fisk

Tabell 8 gir et sammendrag av hovedresultatene fra JAMP-registreringene i 1998. For nærmere detaljer vises til databasen for dette programmet og kommende årsrapport ("National comments") med statistisk bearbeidelse av data.

**Tabell 8.**  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (Middelverdi/Standardavvik) i fisk fra indre Sørkjøfjorden (JAMP-st. 53, 3 u.st.) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (JAMP-st. 67) 1998,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett. Ikke analysert: i.a.  
(Om prøvenes sammensetning, se fotnoter).

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis				Fettbasis <sup>1)</sup>		
	DDT <sup>2)</sup>	DDE	DDD	$\Sigma$ DDT <sup>2)</sup>	$\Sigma$ PCB <sub>7</sub>	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ PCB <sub>7</sub>
<b>I. Sørkj., Odda</b>							
Skrubbe, lever <sup>3)</sup>	9/5	42/4	17/3	68/5	142/45	368	768
Skrubbe, filet <sup>3)</sup>	i.a.	0,9/0,3	0,4/0,2	-	2,3/0,5	-	622
<b>I.Sørkj., Tyssedal</b>							
Torsk, lever <sup>4)</sup>	5)	679/905	196/200 <sup>6)</sup>	5)	11361/8084	-	25444
Torsk, filet <sup>7)</sup>	i.a.	4,7/1,0	0,3/0,04	-	225/36	-	59210
Skrubbe, lever <sup>8)</sup>	17/17	61/60	10/4	89/80	99/42	481	536
Skrubbe, filet <sup>8)</sup>	i.a.	0,9/0,4	0,2/0,1	-	2,1/1,0	-	309
<b>I.Sørkj., Edna</b>							
Torsk, lever <sup>9)</sup>	200/154 <sup>10)</sup>	575/308	87/41	1134/591 <sup>10)</sup>	5835/10505	4282 <sup>10)</sup>	15174
Torsk, filet <sup>11)</sup>	i.a.	6,2/2,8	0,3/0,1	-	41,1/49,3	-	10275
Skrubbe, lever <sup>12)</sup>	6/4	49/42	22/22	78/68	81/43	359	373
Skrubbe, filet <sup>12)</sup>	i.a.	1,4/0,5	0,4/0,2	-	2,1/1,0	-	371
<b>Strandebarm</b>							
Torsk, lever <sup>13)</sup>	216/105 <sup>14)</sup>	310/154	57/29	652/432 <sup>14)</sup>	263/16	1210	535
Torsk, filet <sup>15)</sup>	i.a.	0,9/0,2	0,1/0,02	-	0,9/0,4	-	220
Glassvar, lever <sup>16)</sup>	94/46	182/105	27/9	302/159	113/55	1052	394
Glassvar, filet <sup>16)</sup>	i.a.	0,7/0,4	0,1/0,1	-	0,4/0,2	-	256
Skrubbe, lever <sup>17)</sup>	16/13	77/27	29/14	121/51	84/37	545	380
Skrubbe, filet <sup>17)</sup>	0,6/0,9	2,7/3,2	1,0/1,2	4,3/5,3	3,7/4,0	493	425
Sandflyndre, lever <sup>18)</sup>	14/11	72/43	8/5	94/58	82/41	770	672
Sandflyndre, filet <sup>18)</sup>	0,2/0,1	1,2/0,6	0,1/0,1	1,5/0,8	1,2/0,8	833	678

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

<sup>2)</sup> Eventuelt brukt 1/2 deteksjonsgrense for DDT ved summering

<sup>3)</sup> 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 319-427, 378-503, 425-547, 487-641, 581-824 g)

<sup>4)</sup> Individuelle analyser av 15 eks.: 437-1954 g

<sup>5)</sup> Bare DDT-resultat for 2 av 5 pr.: 669/359  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\Sigma$  DDT ikke beregnet.

<sup>6)</sup> M/SD for 9 prøver – i de øvrige kromotogrammene var DDD maskert

<sup>7)</sup> 3 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 437-649, 855-1215, 1115-1954 g)

<sup>8)</sup> 3 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 267-414, 361-506, 569-981 g).

<sup>9)</sup> Individuelle analyser av 13 eks.: 427-2589 g.

<sup>10)</sup> Bare de 5 siste i serien analysert på DDT.

<sup>11)</sup> 3 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 313-459, 476-1414, 1375-2528 g).

<sup>12)</sup> 3 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 312-465, 460-560, 521-805 g).

<sup>13)</sup> Individuelle analyser av 25 fisk: 565-3446 g.

<sup>14)</sup> DDT bare analysert i de 5 største fiskene: 1707-3446 g

<sup>15)</sup> 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 565-811, 859-1076, 1143-1219, 1231-1653, 1707-3446 g)

<sup>16)</sup> 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 288-389, 354-442, 359-532, 483-937, 690, 991 g).

<sup>17)</sup> 4 blandprøver à 5/4 eks. (Størrelseskategorier 222-309, 464-932, 921-1482, 1368-3108 g).

<sup>18)</sup> 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 156-206, 196-272, 303-371, 347-464, 484-838 g).

I materialet fra de to stasjonene i indre Sørfjorden ses meget høye overkonsentrasjoner av  $\Sigma\text{PCB}_7$  i torsklever: middelverdier av 13-15 individer i størrelsesordenen 10-20 ganger "antatt høyt bakgrunnsnivå" på 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt (Molvær et al. 1997). Ved Strandebarm var PCB-innholdet i torsklever (middelverdien av 25 eks.) som man finner på referanselokaliteter (åpen kyst). PCB-forurensningen i torsk fra indre Sørfjorden gjenspeiles også i filetkonsentrasjonene, som i gjennomsnitt av 3 blandprøver på hvert av de to prøvestedene representerte forhøyelser utover det normale på henholdsvis 8 (Edna) og mer enn 40 ganger (Tyssedal). I henhold til SFTs klassifiseringssystem kvalifiserer så store overkonsentrasjoner som funnet her til karakteristikkene "sterkt" eller "meget sterkt forurenset."

Det høye PCB-innholdet i torsk fra indre Sørfjorden aktualiserer at næringsmiddelmyndighetene vurderer spiseligheten.

Bemerkelsesverdig, og uforklarlig ut fra tilgjengelige informasjon, er det at tilsvarende indikasjoner på PCB-belastning ikke fremtrådte i analysene av skrubbe. Her var både lever- og filetverdiene innenfor det man kan regne som konsekvens av bare diffus belastning, dvs, ingen lokale kilder (for filet kfr. Molvær et al. 1997; for lever – som ikke inngår i klassifiseringssystemet – se Knutzen og Green 1995).

Også for DDT med nedbrytningsprodukter ble det funnet vitnesbyrd om lokal tilførsel utover generell diffus belastning. I lever av torsk fra indre Sørfjorden var overkonsentrasjonene 5-6 ganger; dessuten vel 3 ganger i samme art fanget ved Strandebarm (Hardangerfjorden). I dette tilfellet ses også en viss forhøyelser i lever av skrubbe, men hverken for Sørfjordlokalitetene eller i materialet fra Strandebarm så tydelig som i torsk (<2 ganger). Resultatene fra filetanalysene var i hovedsaken i samsvar med leverdata.

DDT-forurensningen ved Strandebarm bekreftes også ved dataene for sandflyndre, med overkonsentrasjoner på opp mot 2 ganger jevnført med det som kan antas som høyt bakgrunnsnivå ut fra resultater for denne arten referert i Knutzen og Green (1995).  $\Sigma\text{DDT}$  i lever av glassvar kan være forholdsmessig enda mer forhøyet, men her mangler referanseverdier fra Norge (sammenlignet med upublisert JAMP-materiale fra Færøyene).

Analysene av øvrige klororganiske stoffer (HCB, HCH-isomere, OCS) ga ingen indikasjoner på lokale kilder, samsvarende med tidligere registreringer.

Av tabellene 9-10 ses utviklingen i fisks innhold av henholdsvis  $\Sigma\text{PCB}_7$  og  $\Sigma\text{DDT}$  på fettbasis. Variasjonene har vært store, og dertil delvis forskjellig for ulike arter fra samme lokalitet, uten at det har vært mulig å gi noen tilfredsstillende forklaring. (I denne forbindelse kan bemerkes at varslet reanalyse av 1997-materialet grunnet meget høye konsentrasjoner av  $\Sigma\text{DDT}$ , særlig i torsk fra Strandebarm (Knutzen et al. 1999), bare bekreftet de opprinnelig funne nivåene).

For PCBs del har blåskjell fra st B3 Tyssedal hvert år fra 1991 vist forhøyede verdier og således dokumentert en viss (moderat?) nåtidig tilførsel (se nedenfor). Imidlertid ble det ved en undersøkelse av PCB i sediment 1990 ikke funnet noe som kunne bekrefte en lokal kilde (Skei og Klungsøyr 1990). På bakgrunn av at det nå i 3 år på rad er funnet forhøyet PCB-innhold i torsk fra indre Sørfjorden (1996-1998 i Tabell 9) bør situasjonen analyseres på nytt med henblikk på å spore kilder.

Med hensyn til DDT har omegnen av Kvalnes gjennom flere år vært utpekt som et sannsynlig kildeområde (kfr. blåskjelldata nedenfor), men uten at kilden er konkretisert/karakterisert eller har kunnet la seg koble til DDT-belastningen i torsk; særlig ikke når det gjelder torsk samlet ved Strandebarm, der de høyeste nivåene så langt er påvist (Tabell 10).

Noe av problemet er hva de store store individuelle forskjeller man finner kan skyldes. I torskelever fra Tyssedal 1998 varierte innholdet av  $\Sigma\text{PCB}_7$  fra 1,2 til 24 mg/kg våtvekt og DDE i intervallet 0,03-3,3 mg/kg, mens variasjonen i fettprosent var enn 29-73, dvs. forholdsmessig betydelig mindre. Tilsvarende tall for levermaterialet fra Edna var (i samme rekkefølge): 0,3-31,2; 0,08-1,0 og 23-67. Av dette fremgår at ulikt fettinnhold i beste fall bare kan være en mindre del av forklaringen. Filetprøvene analyseres ikke individuelt, men i blandprøver etter størrelseskategorier. Imidlertid stemmer filetresultatene med leververdiene når de sistnevnte midles for fisk som inngår i vedkommende blandprøver av fileten. Mens det i Tyssedalmaterialet var liten forskjell både i filetprøvenes PCB-innhold og middelverdiene i tilsvarende lever, viste de tre filetprøvene fra Edna et PCB-intervall på 3,6-97  $\mu\text{g/kg}$  våtvekt og der 3 av de 5 fiskene som ga den høye filetverdien hadde sterkest kontaminert lever.

Slike store variasjoner reiser spørsmålet om prøvematerialet har et varierende innslag fra to bestander som skiller seg at ved å ha ulik forhistorie når det gjelder PCB-eksponering. For å belyse dette trengs tilleggsstudier som ligger utenfor rammen av vanlige overvåkingsopplegg. De ujevne fluktusjonene i kontaminering har ingen paralleller fra andre overvåkingsområder i landet.

Når forskjellene mellom individer går over 1-2 størrelsesordener, kan selv 15-25 individuelle analyser være for lite til å gi egentlig sammenlignbare middelverdier fra år til år. Begrunnelsen for her likevel å presentere gjennomsnittsverdiene (Tabell 9-10) er at disse er relevante for fiskens spiselighet. Som nevnt innledningsvis vil den statistiske analysen av materialet bli gjort innen rapporteringen av JAMP.

**Tabell 9.**  $\Sigma\text{PCB}_7$  i fisk fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-1997, mg/kg fett.

Stasjoner/ arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>I. Sørfjorden</b>								
Torskelever	1,6	8,0	<0,8	0,66	0,36	11,4 <sup>1)</sup>	2,4 <sup>1)</sup>	20,2 <sup>1)</sup>
Torskefilet	0,6	6,9	<0,6	-	0,19	8,4 <sup>2)</sup>	2,0 <sup>1)</sup>	34,6 <sup>1)</sup>
Skrubbelever	2,8	2,6	<0,5	9,2	0,41	1,4 <sup>2)</sup>	0,77 <sup>2)</sup>	0,56 <sup>2)</sup>
Skrubbefilet	16,7	2,5	<0,6	1,96	0,33	0,74 <sup>3)</sup>	0,64 <sup>2)</sup>	0,43 <sup>2)</sup>
<b>Strandebarm</b>								
Torskelever	0,67	0,66	<0,5	0,93	0,38	0,47	1,6	0,54
Torskefilet	0,34	<0,4	<0,2	0,50	0,20	1,1	2,1	0,22
Glassvarlever	0,39	1,2	<0,6	1,1	1,1	0,47	0,51	0,39
Glassvarfilet	0,32	0,63	<0,3	0,56	0,76	0,33	0,28	0,26
Skrubbelever						0,58		0,38
Skrubbefilet						0,64		0,43
Sandfl.liver								0,67
Sandfl.filet								0,68

<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.

De høye PCB-verdiene i torskelever gjør det aktuelt at man også ser på innholdet i ål, som kan være særlig utsatt for akkumulering av PCB, både ut fra levested, høyt fettinnhold og spesielle akkumuleringsegenskaper (de Boer et al. 1994). I Norge har ål bl.a. vist seg anvendelig som indikator på PCB-forurensning i Bergensområdet (Myhre 1998). Som følge av 1998-resultatene i Sørfjorden er det innen JAMP tatt skritt til å få innsamlet ål fra to steder i innerste del av fjorden, samt ved Strandebarm.



**Tabell 10.** ΣDDT i fisk fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarbm 1991-1998, mg/kg fett.

Stasjoner/ arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>I. Sørfjorden</b>								
Torskelever	3,4	3,1 <sup>3)</sup>	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>
Torskefilet	1,0	3,8 <sup>3)</sup>	0,7 <sup>3)</sup>	-	<0,1 <sup>3)</sup>	-	1,4 <sup>1,3)</sup>	-
Skrubbelever	0,5 <sup>3)</sup>	0,3 <sup>3)</sup>	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>
Skrubbefilet	3,1 <sup>3)</sup>	0,8 <sup>3)</sup>	0,6 <sup>3)</sup>	0,7 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>	-	0,37 <sup>4)</sup>	-
<b>Strandebarbm</b>								
Torskelever	2,0	0,8 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>3)</sup>	1,3 <sup>3)</sup>	0,3 <sup>3)</sup>	1,5	5,8	1,2
Torskefilet	1,1	0,6 <sup>3)</sup>	0,4 <sup>3)</sup>	1,5 <sup>3)</sup>	0,5 <sup>3)</sup>	-	5,6 <sup>3)</sup>	-
Glassvarlever	1,1 <sup>3)</sup>	1,5 <sup>3)</sup>	1,1 <sup>3)</sup>	1,7 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>3)</sup>	-	1,0 <sup>3)</sup>	1,1
Glassvarfilet	0,8 <sup>3)</sup>	1,2 <sup>3)</sup>	0,8 <sup>3)</sup>	1,2 <sup>3)</sup>	1,6 <sup>3)</sup>	-	0,5 <sup>3)</sup>	-
Skrubbelever						0,17		0,55
Skrubbefilet						-		0,49
Sandfl.liver								0,77
Sandfl.filet								0,83

<sup>1)</sup> Middell 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> Middell av de tre understasjonene Odda, Tyssedal og Edna.

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

## 4.5 Klororganiske stoffer i blåskjell

Av tabell 11 fremgår den vedvarende forurensning av Sørfjordens overflatelag med DDT og nedbrytningsprodukter, som nå har vært omtalt i 8 års overvåkingsrapporter uten at man har kunnet påvise kilden(e). Så vidt vites er det bare ubekreftede antagelser om nedgravd DDT som foreligger i denne henseende.

Jevnført med antatt høyt bakgrunnsnivå fra bare diffus belastning (Kl. I i SFTs klassifiseringssystem, Molvær et al., 1997) viser Tabell 11 overkonsentrasjoner av  $\Sigma$  DDT i Sørfjorden varierende fra vel 2 (innerst) til maksimalverdier på omkring 20 ganger ved Kvalnes og Krossanes.

Av Figur 12 ses at årets maksimalverdier er de høyeste som til nå er målt.

Nytt av året er at høyeste konsentrasjon er funnet ved Krossanes (JAMP-serien), mens maksimum alle tidligere år er observert i skjell fra Kvalnes ( Tabell 12, Fig. 12). I 1997 var imidlertid forskjellen liten mellom de to prøvestedene (Knutzen et al. 1999).

Videre er det verd å merke seg at DDT- og  $\Sigma$ DDT-verdiene fra Ranaskjær og Vikingneset i Hardangerfjorden også er de høyeste som er målt. 1991-1996 ble det her ikke registrert nivåer av  $\Sigma$ DDT over 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt.

**Tabell 11.** DDT med nedbrytningsprodukter og  $\Sigma\text{PCB}_7$ <sup>1)</sup> i blåskjell fra JAMP/INDEX stasjoner i Sørfjorden og Hardangerfjorden 28/9, 23-26/10 (JAMP/INDEX) og 29/10-11/2 1998,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Data fra JAMP som middel av 3 størrelsesgrupper (2-3, 3-4, 4-5 cm) og fra INDEX som middel av 3 paralleller. (Ved konsentrasjoner lavere enn deteksjonsgrensen regnet med ½ det.gr. ved summering).

Stasjoner, dato	DDT	DDE	DDD	$\Sigma$ DDT	$\Sigma\text{PCB}_7$ <sup>1)</sup>	% tørrv.	% fett
B1 Byrkjenes 29/10	<0,5	2,3	2,1	4,7	1,24	11,9	1,4
" 23/10	2,3 <sup>2)</sup>	3,1	1,3	6,7 <sup>2)</sup>	1,91	17,8	2,4
B2 Eitrheim 29/10	<0,5	3,3	3,2	6,8	2,34	15,1	1,9
" 23/10	2,5 <sup>2)</sup>	3,2	1,6	7,2 <sup>2)</sup>	2,0	19,0	2,2
B3 Tyssedal 29/10	<0,5	2,9	3,2	6,4	20,5	14,2	1,8
B4 Digranes 30/10	<0,5	6,2	7,7	14,2	2,4	17,3	2,3
B6 Kvalnes 2/11	13	16	9,5	38,5	2,3	16,3	2,2
" 25/10	14,7 <sup>2)</sup>	10,6	5,7	30,9 <sup>2)</sup>	1,9	19,9	2,2
B7 Krossanes 28/9	1,7	9,1	12,0	22,8	1,7	16,7	2,2
" 25/10	22	16,3	6,0	44,4	1,9	19,9	2,2
B 13, Ranaskjær 26/10	4,7	2,5	1,1	8,3	1,1	15,9	1,4
B 15 Vikingneset 26/10	4,1	2,5	1,2	7,8	1,4	20,4	1,8

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

2) En eller flere suspekter DDT-verdier

Bortsett fra st. B7 Krossanes var det for  $\Sigma$ DDT rimelig godt samsvar mellom de to analyseseriene. (For st. B7 var det nesten en måned mellom innsamlingene, mens det på de øvrige stasjonene skilte mindre enn en uke).

Derimot var overensstemmelsen dårlig når det gjaldt fordelingen mellom morsubstansen og de to nedbrytningsproduktene. Tabell 11 viser for 5 av de 6 stasjonene forholdsvis lavt innhold av DDT (< 10 % av  $\Sigma$ DDT) og resten omtrent likt fordelt mellom DDE og DDD, følgelig en fordeling som tyder på en kilde der mesteparten av DDT er blitt omdannet. Den siste analysen i denne prøveserien (st.B6 i Tabell 11) ga imidlertid 34 % bidrag fra DDT til  $\Sigma$ DDT. I JAMP-serien ( Tabell 10) varierte den relative andel av DDT på Sørfjordlokalitetene i intervallet 34-50 %, m.a.o. vitnesbyrd om en relativt nyere påvirkning der nedbrytningen av DDT er kommet kortere.. Et slikt sprik mellom resultatene i to

serier der prøvene er samlet inn med få dagers mellomrom er usannsynlig, og rimer i hvert fall ikke med at JAMP-skjellene er samlet inn før prøvene i den andre serien (unntatt st. B7).

På de to JAMP prøvestedene i Hardangerfjorden var det likeledes et relativt bidrag fra DDT til summen på over 50 %, m.a.o. en indikasjon på relativt fersk påvirkning.

**Tabell 12.** DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-1998,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. (I parentes % av  $\Sigma\text{DDT}$ ). Verdiene er delvis avrundet.

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	$\Sigma$ 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 <sup>1)</sup>
	1993	0,1 ( $\approx$ 3)	2,5 (69)	1,0 (28)	3,6
	1994 <sup>2)</sup>				
	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>4)</sup>	2,5 (47)	2,4 (46)	0,3 (7)	5,2
	1998	<0,5 (<6)	2,3 (49)	2,1 (45)	4,7
St. B2 Eitheim	1991	0,1 (4)	1,5 (62)	0,8 (34)	2,4
	1992	< 0,2 (< 2)	2,5 (51)	2,3 (47)	4,9 <sup>1)</sup>
	1993 <sup>2)</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>4)</sup>	2,1 (39)	2,2 (40)	1,1 (21)	5,4
	1998	<0,5 (<5)	3,3 (49)	3,2 (47)	6,8
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 <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
	1997 <sup>2)</sup>				
	1998	<0,5 (<5)	2,9 (45)	3,2 (50)	6,4
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
	1997 <sup>2)</sup>				
	1998	<0,5 (<2)	6,2 (44)	7,7 (54)	14,2
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 <sup>4)</sup>	9,8 (46)	8,1 (38)	3,5 (16)	21,4
	1998	13,0 (34)	16,0 (41)	9,5 (25)	38,5
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 <sup>1)</sup>
	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 <sup>3)</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>4)</sup>	8,6 (54)	5,7 (35)	3,2 (11)	16,1
	1998	1,7 (7)	9,1 (40)	12,0 (53)	22,8

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

2) Ikke observert

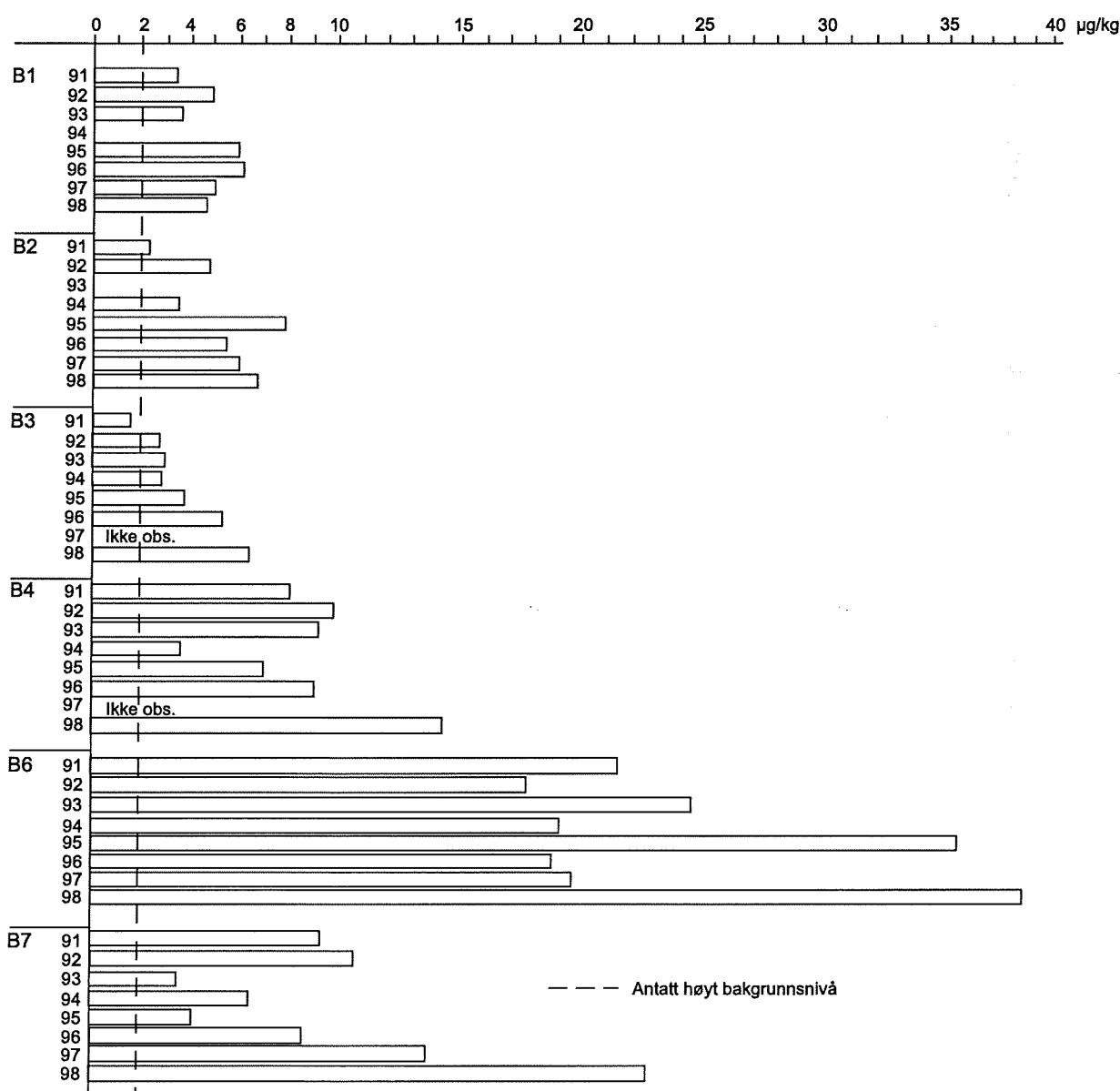
3) Verdier fra reanalyse,  $\Sigma\text{DDT}$  fra 1. gangs analyse: 1.9.

4) Data fra JAMP/INDEX

Man har heller ikke grunnlag for å forklare variasjonen i fordelingen mellom DDT, DDE og DDD i perioden 1991-1998. Her ses av tabell 12 at mens det relative bidrag fra DDT til summen ble registrert som lavt eller beskjedent i perioden frem til 1993, delvis også i 1994 (%-bidrag i hovedsaken

under 20 og i flertallet av tilfellene <10), er det 1995-1997 funnet 30-50 %, for så igjen (med ett unntak) å gå ned igjen i 1998.

Den manglende evne til å forklare disse variasjonene aktualiserer bl.a. en konkretisering av hva som kan betegnes som en "normalvariasjon" i fordelingen mellom DDT og metabolitter i blåskjell fra referansestasjoner. Å oppnå dette er betinget av at man gjennomfører som standard å analysere alle de tre stoffene. Fordi DDT-forurensning vanligvis ikke har vært sett som noe problem i norsk kystvann, har man innen JAMP hittil stort sett nøyet seg med bare å analysere på DDE og DDD (også fordi det er en tilleggsomkostning forbundet med å inkludere DDT). Imidlertid finnes det noe data fra antatte eller tilnærmede referanselokaliteter der man kan få et skjønn på en eventuell "vanlig" fordeling mellom DDT, DDE og DDD i skjell fra områder langt fra steder med tidligere lokal bruk av DDT.



Figur 12.  $\Sigma$  DDT i blåskjell fra Sørkjorden 1991-1997,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD, se tabell 10-11.

PCB-resultatene viste i likhet med tidligere bare forhøyet konsentrasjon i prøven samlet ved Tyssedal (Tabell 11). Sammenlignet med kl I i SFTs klassifiseringssystem representerer 20,5 µg/kg våtvekt en overkonsentrasjon på vel 5 ganger. I forhold til de øvrige stasjonene i Sørfjorden var imidlertid forskjellen omkring 10 ganger. Av tabell 13 fremgår at 1998-verdien var den høyest rapporterte i Sørfjordkjell etter overgang til ny analysemetodikk i 1991. Når ikke forholdet mellom høyeste og laveste verdi på fettbasis har vært mer enn ca. 1,7 viser dette likevel en ganske stabil situasjon over 7 år, med en lokal kilde. Ut fra øvrige blåskjelldata synes denne kilden beskjedne, og det er så langt lite som tyder på noe mer enn et underordnet bidrag herfra til den betenkelige PCB-forurensningen i torsk fra indre Sørfjorden. Søking etter PCB-kilder til Sørfjorden bør følgelig ikke begrenses til Tyssedalområdet, men bør også omfatte tidligere og nåværende virksomhet andre steder, spesielt i Odda.

Tabell 13. ΣPCB<sub>7</sub> i blåskjell fra st. B3, Tyssedal 1991-1998 (1997 pga.en feil ikke analysert), µg/kg våtvekt og µg/kg fett

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1998
Våtv.basis	8,8	10,1	10,6	8,2	10,1	17,2	20,5
Fettbasis	978	918	757	683	773	963	1139

## 5. REFERANSER

- de Boer, J., van der Valk, F., Kerkhoff, M.A.T., Hagel, P. og U. Brinkman, 1994. 8-year study on the elimination of PCBs and other organochlorine compounds from el (*Anguilla anguilla*) under natural conditions. Environ. Sci Technol. 28:2242-2248.
- Green, N. W., 1989. The effect of depuration on mussel analyses. Report of the 1989 Working Group on the Statistical Aspects of Trend Monitoring. Haag, 24-27 april 1989, annex 6:52-58.
- Green, N. W., 1997. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National comments to the Norwegian data for 1996. Rapport 716/97 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3730-97, 129 s.
- Green, N. W., Berge, J. A., Helland, A., Hylland, K., Knutzen, J. og M. Walday, 1999. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National comments to the Norwegian data for 1997. Rapport 758/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3980-99, 144 s.
- Julshamn, K., 1978. Akkumulering og uttømming av kadmium og bly hos østers og blåskjell ved omplanting til ulike miljøer. S. 56-64 i Symposium om økotoksikologi 6.-7. November 1978. NAVF/NFFR/NLVF/NTNF. Ås-Trykk, Ås 1978. 293 s.
- Knutzen, J. og N. W. Green, 1995. "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk, blåskjell og reker. Data fra utvalgte norske prøvesteder innen den felles overvåking under Oslo-Paris-kommisjonene (Joint Monitoring Programme - JMP) 1990-1993. Rapport 594/95 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3302, 106 s.
- Knutzen, J., Rygg, B. og I. Thèlin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av miljøgifter. SFT-veiledning nr 93:03, TA-nr. 923/1993, 20 s.
- Knutzen, J., Green, N. W. og E. M. Brevik, 1995. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1994. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 631/95 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3371, 35 s.
- Knutzen, J., Green, N. W., Brevik, E. M. og A. Godal, 1996. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1995. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 676/96 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3589-96, 37 s.
- Knutzen, J., Green, N. W. og E. M. Brevik, 1998. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1994. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 728/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3832-98, 39 s.
- Knutzen, J., Green, N. W. og E. M. Brevik, 1999. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1994. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 755/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4007-99, 43 s.
- Lobel, P. B., Bajdik, C. D., Belkhide, S. P., Jackson, S. E. og H. P. Longerich, 1991. Improved protocol for collecting mussel watch specimens taking into account sex, size, condition, shell shape and chronological age. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 20:353-360.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
- Moy, F. og J. Knutzen, 1996. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden. Utskillelse av metaller i blåskjell fra indre Sørfjorden/Hardanger etter overføring til rent vann.
- Myhre, L.P., 1998. Biomarkører i ål (*Anguilla anguilla*). Miljøgifteksponering i laboratorieforsøk og feltundersøkelser i fjordsystemet rundt Bergen. Cand. Scient oppgave i marinbiologi ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi/Universitetet i Bergen, 107 s.
- Skei, J. 1997. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1996. Delrapport 1. Vannkjemi. Rapport 700/97 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3688/97, 27 s.

- Skei, J., 1999. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1998. Delrapport 1. Vannkjemi. Rapport 778/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4096-99, 20s.
- Skei, J. og J. Klungsøyr, 1990. Kartlegging av PCB i sedimenter fra indre Sørfjord. NIVA-rapport 2528, 16 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., 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.

## **DATAVEDLEGG:**

- **Metaller og klororganiske stoffer i blåskjell 28/9 (st. B7) og 29-30/10 1998 (våtvektsbasis)**
- **Metaller i tang 28/9 (st. B7) og 29-30/10 1998 (tørrvektsbasis)**



# ANALYSERAPPORT Kvalitetskontroll

Rapportert: 31.03.99

Rekvisisjonsnr : 1998-02829 Mottatt dato : 19981207 Godkjent av : KAS Godkjent dato: 19990331  
 Prosjektnr : O 800309  
 Kunde/Stikkord : SØRMAR  
 Kontaktp./Saksbeh. : SKE JOK

Analysevariabel	Enhet	PrDato	Merkning	% fettv.	Fett-% H 3-4	Cd-B µg/g E 2-2	Cu-B µg/g E 2-2	Hg-B µg/g E 4-3	Pb-B µg/g E 2-2	Zn/fl-B µg/g E 1	CB28-B µg/kg v.v. H 3-4	CB52-B µg/kg v.v. H 3-4	CB101-B µg/kg v.v. H 3-4	CB118-B µg/kg v.v. H 3-4
1		981029	B1 Byrkjenes blåskjell	15.1	1.4	3.45	1.27	0.13	11.9	34.7	<0.04	m	0.2	0.2
2		981029	B2 Eitrheim blåskjell	14.2	1.9	2.26	1.31	0.086	6.78	40.9	0.05	m	0.4	0.4
3		981029	B3 Tysedal blåskjell	17.3	1.8	2.69	1.81	0.080	9.71	71.1	0.2	0.8	4.0	2.9
4		981030	B4 Digranes blåskjell	16.3	2.3	1.68	1.41	0.060	4.83	30.3	0.4	m	0.4	0.3
5		981102	B6 Kvalnes blåskjell	16.7	2.2	1.46	1.51	0.055	3.98	33.7	<0.04	m	0.6	0.4
6		980928	B7 Krossanes blåskjell		2.2	0.90	1.38	0.045	1.53	27.0	0.04	m	0.6	0.2
<b>Analysediagram</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.	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 3-4	H 3-4	H 3-4
PrNr	PrDato	Merkning												
1	981029	B1 Byrkjenes blåskjell		0.08	0.4	0.4	0.4	0.3	0.04	<0.04	1.62	1.24	<0.02	0.04
2	981029	B2 Eitrheim blåskjell		0.1	0.7	0.7	0.7	0.3	0.09	<0.04	2.74	2.34	<0.02	0.08
3	981029	B3 Tysedal blåskjell		2.0	5.4	6.7	6.7	0.7	0.5	<0.04	23.2	20.5	<0.02	0.07
4	981030	B4 Digranes blåskjell		0.1	0.6	0.6	0.6	0.3	0.1	0.1	2.9	2.4	<0.04	0.1
5	981102	B6 Kvalnes blåskjell		0.1	0.6	0.6	0.6	0.3	0.1	0.07	2.77	2.3	<0.02	0.1
6	980928	B7 Krossanes blåskjell		0.08	0.4	0.4	0.4	0.2	0.07	<0.04	1.99	1.71	<0.02	0.09
<b>Analysediagram</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.	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 3-4	H 3-4	H 3-4
PrNr	PrDato	Merkning												
1	981029	B1 Byrkjenes blåskjell		0.03	0.09	<0.02	<0.02	2.3	2.1	<0.5				
2	981029	B2 Eitrheim blåskjell		0.06	0.2	<0.02	<0.02	3.3	3.2	<0.5				
3	981029	B3 Tysedal blåskjell		0.06	0.1	<0.02	<0.02	2.9	3.2	<0.5				
4	981030	B4 Digranes blåskjell		0.08	0.3	<0.02	<0.02	6.2	7.7	<0.5				
5	981102	B6 Kvalnes blåskjell		0.08	0.5	<0.02	<0.02	16	9.5	13				
6	980928	B7 Krossanes blåskjell		0.07	0.3	<0.02	<0.02	9.1	12	1.7				

\* Analysemetoden er ikke akkreditert.

m Analyseresultatet mangler. Se kommentar nedenfor.

PrNr 1 Metallresultatene er oppgitt på våtvekt. (2829 1-6) m= forbindelsen er maskert

# ANALYSERAPPORT Interne saksbehandlere

Rapportert: 08.03.99

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m rapporteringsdato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Rekvisisjonsnr : 1998-02830 Mottatt dato : 19981207 Godkjent av : KAS Godkjent dato: 19990304

Prosjektnr : O 800309

Kunde/Stikkord : SØRMAR

Kontaktpr./Saksbeh. : SKE JOK

Analysevariabel	TTS/%	Cd-B	Cu-B	Hg-B	Pb-B	Zn/fl-B
Enhet ==>	%	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Metode ==>	B 3	E 2-2	E 2-2	E 4-3	E 2-2	E 1
PrNr PrDato Merking						
1 : 981029 B1 Byrkjenes blæretang	46.9	8.71	8.65	0.18	7.07	904
2 : 981029 B2 Eitrheim blæretang	50.7	9.25	18.8	0.31	12.4	1646
3 : 981030 B3 Tyssedal blæretang	37.7	5.06	11.3	0.13	4.21	897
4 : 981030 B4 Digranes blæretang	52.2	5.13	6.46	0.059	1.93	689
5 : 981030 B6 Kvalnes blæretang	46.4	5.37	7.40	0.076	1.90	749
6 : 981030 B4 Digranes grisatang	47.7	3.07	5.02	0.087	0.93	626
7 : 981030 B6 Kvalnes grisatang	45.1	2.44	8.71	0.084	0.83	622
8 : 980928 B7 Krossanes grisatang	45.0	1.42	2.97	0.050	0.38	368

PrNr 1 Provene står i A4 pappeske i fryser nærmest trapp i brakka. Merket O-800309 Sørfjorden!

Metallresultatene er oppgitt på tørrvekt. (Hele serien)

PrNr 5 Reanalyse TTS, gammelt res. 18,9 %