



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 755/99

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner NIVA

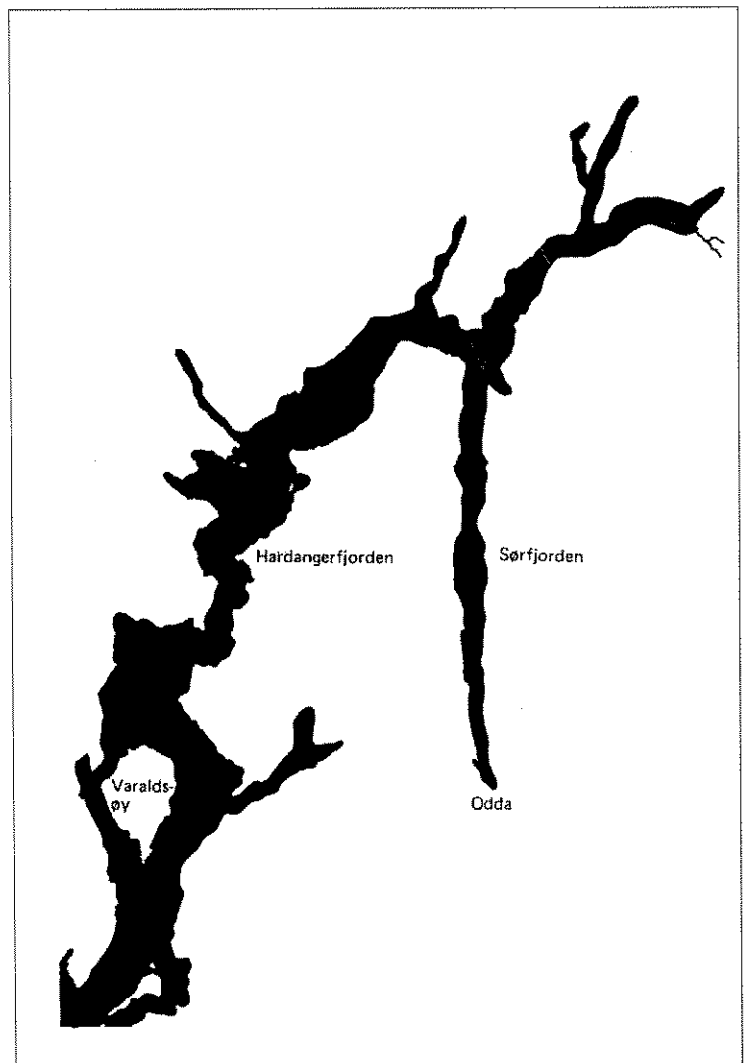
Assayers, Odde

Tiltaksorienterte
miljøundersøkelser i

Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1997

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

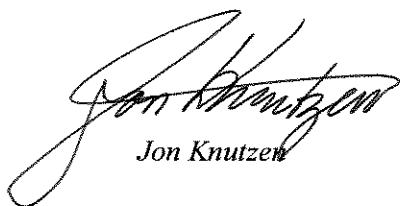
Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1997. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Overvåkingsrapport nr. 755/99. TA-nr 1612/1999	Løpenr. (for bestilling) 4007-99	Dato Februar 1999
	Prosjektnr. Undernr. O-800309	Sider Pris 43
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: Metallforurensningen i skjell og tang fra Sørfjorden vedvarte på et høyt nivå også i 1997. Det ble konstatert en økning fra året før uten at dette kunne forklares ved tall for utslipp eller resultatene fra overvåkingen i vann. Maksimale overkonsentrasjoner i skjell var ca. 7 ganger for kvikksølv, ca. 25 ganger for kadmium og mer enn 50 ganger for bly. Begge de to sistnevnte metaller ble sporet i overkonsentrasjoner på blåskjellstasjoner i Hardangerfjorden. Tanganalyser dokumenterte betydelig transport også av sink ut i hovedfjorden. I fisk var det moderat forhøyelse av kvikksølvinnholdet i filet, men normale verdier av bly, kadmium og øvrige metaller i lever. Den betydelige nåtidige påvirkningen med DDT i Sørfjorden ble igjen bekreftet ved høye konsentrasjoner i blåskjell fra Kvalnes og ytre Sørfjorden. Bakgrunnen for registrering av merkverdig høye konsentrasjoner av DDT i lever av torsk fra Strandebarm/Hardangerfjorden er ikke forstått og må tas med forbehold før resultater fra reanalyse foreligger. PCB-innholdet i fisk fra indre Sørfjorden viste moderate overkonsentrasjoner (omkring en fordobling av antatt høyt bakgrunnsnivå).

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



Jon Knutzen

ISBN 82-577-3606-6



Bjørn Braaten
Forskningssjef

**TILTAKSORIENTERTE
MILJØUNDERSØKELSER**

I

SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1997

Delrapport 2. Miljøgifter i organismer

Forord

Overvåkingen av miljøgifter i organismer fra Sørfjorden gjennomføres i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S (ASSAYERS), som ved Otto van Etten 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 1997 er det tidligere gitt ut rapport om fjordens vannkjemi (Skei, 1998).

Oslo, 18/2 1999

Jon Knutzen

Innhold

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
SUMMARY	7
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	9
3. MATERIALE OG METODER	11
4. RESULTATER OG DISKUSJON	17
4.1 Metaller i fisk	17
4.2 Metaller i blåskjell	18
4.3 Metaller i tang	24
4.4 Klororganiske stoffer i fisk	30
4.5 Klororganiske stoffer i blåskjell	32
5. REFERANSER	37
DATAVEDLEGG	39

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. 1997-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. I likhet med i 1996 var det i filet av torsk og skrubbe fra indre Sørfjorden små/moderate overkonsentrasjoner av kvikksølv (omkring det dobbelte av et "høyt normalnivå" fra steder uten påvirkning fra punktkilder). Også kvikksølvinnholdet i torsk fra Strandebarm/Hardangerfjorden var svakt forhøyet. Med forbehold om sparsomme referansedata i glassvar syntes overbelastningen i dette området å gjenspeiles sterkere i glassvar.

Øvrige metaller (kadmium, bly, sink og kobber) viste på alle lokaliteter verdier i fiskelever som lå innenfor normalintervallet.

Så langt er det etter 1986 ikke konstatert noe statistisk signifikant utvikling i fisks metallinnhold over tid.

- IV. Metallinnholdet var høyt i både blåskjell og tang. I skjell ble det målt overkonsentrasjoner jevnført med Klasse I i SFTs klassifiseringssystem på opp til 7 ganger for kvikksølv, 25 ganger for kadmium og hele 55 ganger for bly, mens overkonsentrasjonene av sink var mer moderate (opp mot 4 ganger). I tang var de største overskridelsene av Klasse I grensene noe mindre enn i blåskjell når det gjalt kvikksølv, kadmium og bly, men til gjengjeld inntil ca. 10 ganger for sink og 6 ganger for kobber.

Moderate/små overkonsentrasjoner av bly, kadmium og sink ble sporet i skjell og/eller tang ut i Hardangerfjorden, for kadmiums del inntil 80 km fra Odda.

Særlig skjell, men delvis også tang fra Sørfjorden viste i 1997 en markert økning i metallinnholdet sammenlignet med året før, uten at dette lar seg forklare ved tilførselstall eller målingene av metaller i vann.

- V. Med forbehold for resultater av eventuelle reanalyser (vurderes innen JAMP) var det registrerte nivået av DDT med nedbrytningsprodukter (Σ DDT) bemerkelsesverdig og uforklarlig høyt i lever av torsk fra Strandebarm: ca. 15 ganger antatt "høyt bakgrunnsnivå". Glassvar fra samme sted syntes mindre påvirket. Kontamineringen i torskelever fra indre Sørfjorden var ikke like sterk, men Σ DDT viste også her overkonsentrasjoner på opp mot 8-10 ganger. I skrubbe fra

indre del av Sørfjorden var det likeledes tydelig forhøyet DDT-innhold, men noe mindre enn i torsk.

Tydelige, men moderate grader av forurensning med PCB (Σ PCB₇) ble påvist i fiskeprøver fra både indre Sørfjorden (ca. fordobling) og Strandebarm (mindre overskridelse av "antatt høy bakgrunn").

Både DDT med nedbrytningsprodukter og PCB har vist et uregelmessig og sterkt varierende innhold i fisk i perioden 1991-1997. Bakgrunnen for disse variasjonene er ikke kjent.

- VI. Som i alle år siden 1991 viste registreringene av klororganiske stoffer i blåskjell at Sørfjorden er belastet med DDT fra minst en betydelig kilde i omegnen av Kvalnes (overkonsentrasjon av Σ DDT på vel 10 ganger), dessuten sannsynligvis flere mindre tilførsler andre steder langs fjorden. I forhold til tidligere ble det i 1997 målt uvanlig mye i skjell fra Krossanes i munningen av fjorden (overkonsentrasjon på ca. 8 ganger), mens det i de innerste delene av fjorden var mer moderate overskridelser av referansenivået.
- VII. Det tilrådes å fortsette arbeidet med å få kartlagt diffuse tilførsler av metaller og uhellsutslipp fra Norzink A/S med henblikk på å få kontroll over disse kildene. Videre bør nedgravet DDT ved Kvalnes lokaliseres og fjernes. I denne forbindelse bør det også undersøkes om det kan være lignende tilfeller andre steder langs fjorden.

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. In fillet of cod (*Gadus morhua*) and flounder (*Platichthys flesus*) the 1997 recordings showed about a doubling of the "high background level" of mercury (= Class I in the environmental quality classification system of the Norwegian Pollution Control Authority). Analysis of cadmium, lead, zinc and copper showed no increased levels in liver of fish.
- III. Mercury, cadmium, lead and zinc in the blue mussel (*Mytilus edulis*) exceeded, in the given order, high background levels with up to 7/25/55/4 times (Table 5, Figures 3 -6). Excess concentrations of lead and cadmium were found at Hardangerfjord localities 80/60 km from the source.
- IV. Somewhat lower metal exceedance values (times background) were recorded in bladder wrack (*Fucus vesiculosus*) and knobbed wrack (*Ascophyllum nodosum*) except for zinc. (Benthic algae are better indicators for zinc than mussels). Registrations at the mouth of Sør fjorden showed that zinc, in addition to lead and cadmium, is transported into the main fjord.
- V. Metal contamination in Sør fjorden has generally decreased since the 1980ies/early -90ies (Figures 3 -11). However, it was observed an increase in mussels and seaweeds from 1996 to 1997. The lack of decreasing levels in later years shows the need of better control with accidental discharges and runoff from a contaminated local catchment area.
- VI. With reservation for results from reanalyses (to be effectuated within JAMP) remarkably high concentrations of Σ DDT were recorded in liver of cod from Strandebarm in the Hardangerfjord (Figure 1) and to a lesser extent in samples of cod and flounder from the inner part of Sør fjorden. More moderate degrees of contamination were recorded with respect to PCB. The background for large and irregular year to year variations in organochlorine contamination of fish from Sør fjorden and Hardangerfjorden (Tables 8-9) is poorly understood.
- VII. As in all years since 1991 (Figure 12) contamination with DDT and its metabolites in mussels was highest in the vicinity of the Kvalnes sampling station (Figure 2), with decreasing concentrations towards the head and mouth of the fjord (Tables 10-11, Figure 12). The Σ DDT level in mussels from Kvalnes in 1997 was nearly 10 times higher than the limit of Cl. I in the Norwegian classification system. So far the suspected DDT dump site(s) near Kvalnes has not been further localized and eliminated. Above "normal" DDT levels in mussels from localities in the inner fjord suggest several minor sources in the catchment area.

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 kostholdsrådene 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 er det laget en sammenstilling av resultater fra alle deler av overvåkingen i Sørfjorden 1980-1997 (Skei et al. 1998).

Tabell 1 viser tilførselstall for metaller i 1997 og foregående år, såvidt de har latt seg beregne. Hovedproblemet i denne forbindelse er dels den diffuse belastningen fra forurenset grunn som følger større regnskyll og dels uhellsslipp knyttet til henholdsvis Norzinks tidligere og nåværende virksomhet (Skei, 1997). Tallene i tabellen må derfor betraktes som 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 1997 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1996.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	354 (209)	213 (107)	1990 (450)	21.8 (12.2)	2.3 (4.2)	980 (2400)
NZ 1)	50 (100)	3600 (2800)	32000 (36000)	850 (900)	6.5 (5.9)	-
TTI	1.2 (2.7)	12.5 (26.1)	5406 (6699)	0.3 (0.7)	0.6 (0.7)	- (-)
Totalt	405 (312)	3826 (2933)	39396 (43149)	872 (913)	9.4 (10.8)	980 (2400)

1) Tilførslene fra Norzink for 1997 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):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	7115	48	3488*	23	5.9
Via spuntvegg	2127	89	12.1	14.5	0.3
Kaien	1400	5.5	44.4	9.9	0.3
Diffuse tilførsler (ca.)	21000	700	?	?	?
SUM**	32000	850	3600	50	6.5

* 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 20/10 fra stasjonene B1 Byrkjenes og B2 Eitrheim, 24/10 fra B3 Tyssedal og 27/10-97 fra B4 Digraneset, B6 Kvalnes og B7 Krossanes (tabell 2, figur 1). Blåskjell og blæretang er samlet fra alle stasjonene; grisetang bare på lokalitetene fra munningen innover til og med st. B4 (vanskelig å finne i sammenhengende bestander lenger inn).

Innen det internasjonale overvåkingsprogrammet JAMP (Joint Assessment and Monitoring Programme) under Oslo/Paris kommisjonen, er det 29/9-2/10 1997 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 forurensningsindeks basert på miljøgifter i blåskjell).

Blåskjellene er analysert både for klororganiske stoffer og metaller; tangen bare på metallinnhold. Ved en feil gikk prøvene fra 20-27/10 tapt før de var blitt analysert på mer enn metaller. For 1997 er det derfor bare resultater mht. klororganiske stoffer i det utvalget av stasjoner som også dekkes av JAMP.

JAMP 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 18/8-4/10 1997. Ved Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP-st. 67B) er det samlet inn torsk 30/9 og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) 18/11.

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 tømming av tarm. I praksis har det på flere Sørfjord-stasjoner vært vanskelig å finne skjell over 4 cm, slik at størrelsesintervallet ofte har blitt 3 - 5 cm (3-4 cm i 1994). Innen JAMP samles rutinemessig 50 stk. innen hver av størrelseskategoriene 2 - 3, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene ca. ett døgn i vann fra innsamlingsstedet (tømming 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 29/9-97) er det bare samlet en størrelseskategori (3-5 cm), og skjellene ble heller ikke tarmrenset.

Blandprøvene av blæretang (stasjonene B1, B2, B3, B4, B6, B7) har bestått av ca. 5 cm lange skudd-spisser (ca. 100 fra ca. 20 individer). Av grisetang (fra og med st. B4 og utover) benyttes skudd-spisser kuttet like under 2. blære ovenfra.

Fiskeprøvene er analysert dels på individer (10 - 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 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 middelverdier sammenlignet med et "antatt høyt diffust bakgrunns-

nivå". (Med det upresise begrepet "høyt diffust bakgrunnsnivå" menes "grensen" for verdier som kan registreres utenfor påvirkning fra 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 oppløst 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.

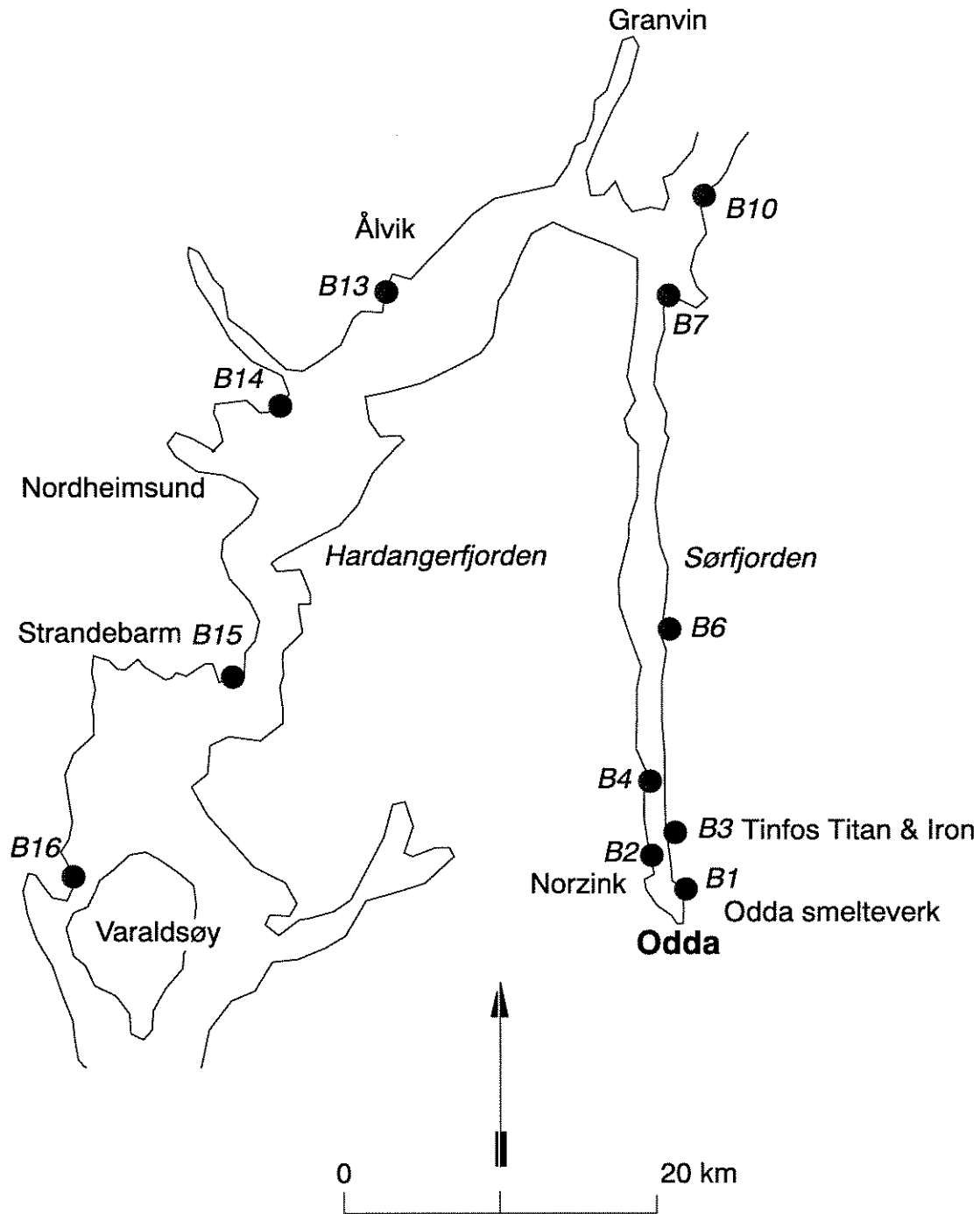
For de klororganiske analysene er vått homogenisert materiale tilsatt PCB 53 som indre standard og ekstrahert to ganger med en blanding av cykloheksan og aceton ved bruk av ultralyd desintegrasjon. Etter vasking med destillert vann inndampes ekstraktet til tørrhet for fettvektbestemmelse. For videre 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.

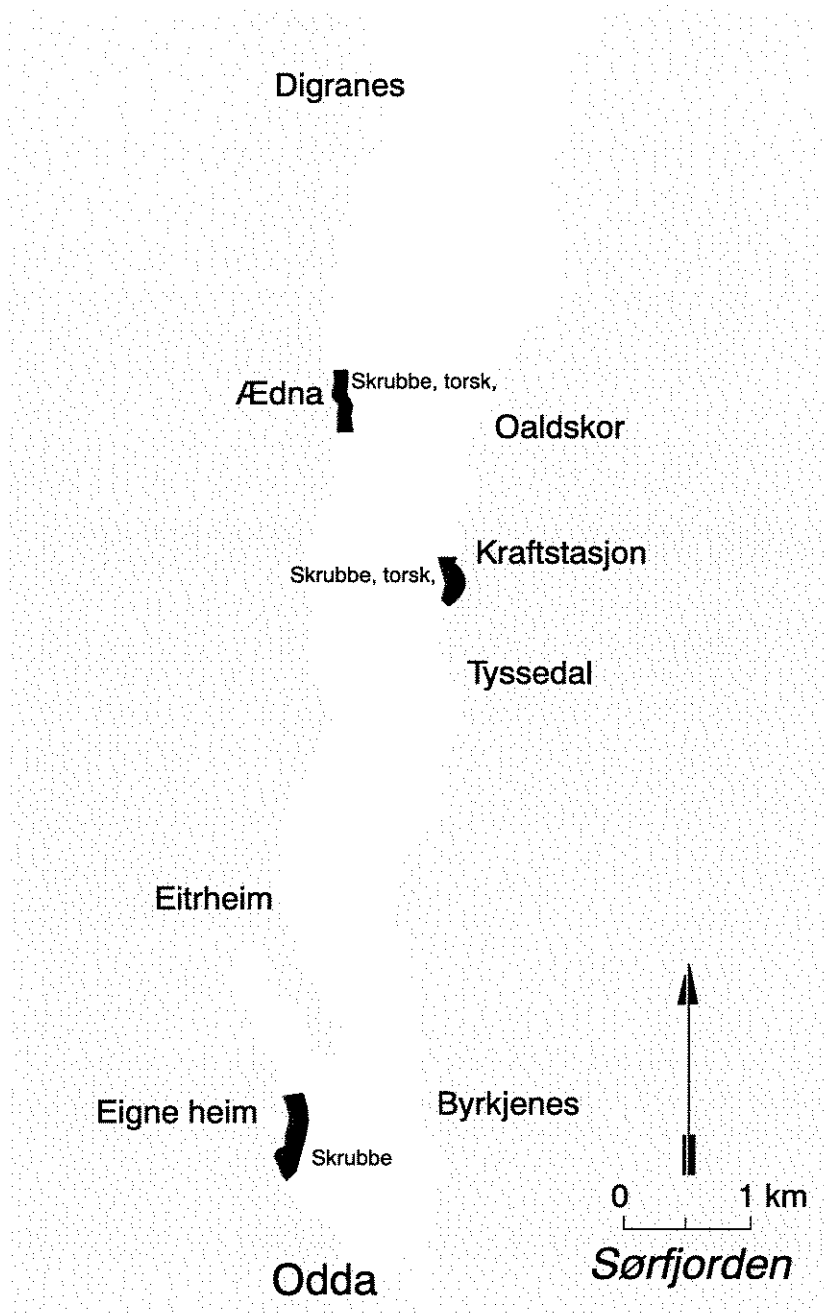
Analyseresultatene kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hver tiende prøve på gasskromatografen, samt ved jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk av internasjonalt sertifisert referansemateriale (SRM 349, torskeleverolje og CRM 350, makrellolje), 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 Sørfjorden og Hardangerfjorden 1997, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (Ikke prøvetatt 1997: *).

STASJONER (JAMP)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1	Byrkjenes, lite nes N for badestrand. Fra 1994: 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 TT1.	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 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 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 filet og kadmium, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fra stasjoner i indre Sør fjorden (JAMP st. 53) og ved Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP st. 67) 1997, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Cu	Lever Pb	Lever Zn
I.Sørfj., Odda Skrubbe ¹⁾	0,17/0,07	0,90/0,43	7,3/1,6	0,31/0,12	27,8/4,1
I.Sørfj., Tyssedal Torsk ²⁾	0,26/0,11	0,56/0,56	13,1/11,8	0,10/0,10	45,0/24,2
Skrubbe ³⁾	0,21/0,07	1,13/0,80	9,0/1,7	0,37/0,11	28,0/3,4
I.Sørfj., Ædna Torsk ⁴⁾	0,18/0,11	0,15/0,16	8,2/4,1	0,10/0,12	25,7/8,3
Skrubbe ⁵⁾	0,19/0,11	1,08/0,44	8,0/1,7	0,41/0,14	25,5/2,7
Strandebarm Torsk ⁶⁾	0,13/0,03	0,31/0,20	22,8/11,6	0,16/0,35	51,7/19,4
Glassvar ⁷⁾	0,27/0,11	0,10/0,05	10,8/4,1	<0,04	68,3/25,5

¹⁾ 5 blandpr. à 5 eks. (Størrelseskategorier: 268-353, 294-397, 384-440, 329-629, 583-1087 g).

²⁾ Individuelle analyser av 15 eks.: 313-1649 g.

³⁾ 5 blandpr. à 5 eks. (Størrelseskategorier: 384-460, 406-580, 346-559, 497-598, 679-862 g).

⁴⁾ Individuelle analyser av 15 eks.: 275-1509 g.

⁵⁾ 5 blandpr. à 5 eks.: (Størrelseskategorier 146-323, 320-396, 342-505, 343-642, 572-802 g).

⁶⁾ Individuelle analyser av 25 eks.: 248-1207 g.

⁷⁾ 5 blandpr. à 5 eks. (Størrelseskategorier: 186-406, 377-513, 460-635, 624-760, 842-1459 g).

Kvikksølvinnholdet i torsk fra indre Sør fjorden var i gjennomsnitt for materialet fra Ædna og Tyssedal vel dobbelt så høyt som normalt i bare diffust belastede områder (kfr. kl I i SFTs klassifiserings-system, Molvær et al. 1997). Tilsvarende forhøyelse ble registrert i skrubbe (tabell 3). Skrubberesultatene for Ædna 1997 er i en viss motsetning til i 1996, da det ikke ble registrert overkonsentrasjoner her (men i prøver av denne arten fra Odda og Tyssedal).

Også ved Strandebarm var torskens kvikksølvinnholdet svakt forhøyet. I likhet med tidligere (tabell 4) ble det funnet høyere konsentrasjon av kvikksølv i glassvar enn i torsk fra denne lokaliteten. Ut fra analyser foretatt i et glassvarmateriale fra et tilnærmet uberørt område (Færøyene, NIVA upubl.) synes verdiene for noenlunde tilsvarende størrelseskategorier fra Strandebarm å ha overkonsentrasjoner av kvikksølv på minst 5 ganger. Sammen med tallene for torsk 1997 og 1996-observasjonene i skrubbe (tabell 4) gir dette en indikasjon på lokal påvirkning utover det som skyldes vann fra Sør fjorden. De sterkere utslag av kvikksølvbelastning i glassvar enn i torsk og skrubbe (tabell 4) antyder at glassvar har særegne akkumuleringsegenskaper.

En oversikt vedrørende siste 11 års registreringer av kvikksølv i fisk fra indre Sør fjorden og ved Strandebarm er gitt i tabell 4. Statistisk analyse av materialet frem til 1996/-97 ga ingen bestemt tendens for noen av artene hverken i indre Sør fjorden eller ved Strandebarm (Green 1997, appendiks

G; Green et al., under forberedelse,). Av tabellen ses de markert fluktuerende konsentrasjonene, som det ikke er mulig å forklare utover å peke på de ujevne tilførsene av kvikksølv til fjorden. Disse kommer til uttrykk ved resultatene av vannanalyser fra indre fjord, men synes bare svakt og sporadisk lenger ut (Skei 1997, 1998).

Tabell 4. Middelverdier av kvikksølv i torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sør fjorden (JAMP-st. 53) og Strandebarne (JAMP-st. 67) 1987-1997, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/ arter	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Indre Sør fj.											
Torsk	0,26	0,11	0,22	0,20	0,24	0,40	0,17	0,09	0,09	0,24 ¹⁾	0,23 ¹⁾
Skrubbe		0,10	0,13	0,12	0,13	0,12	0,08	0,15	0,05	0,17 ²⁾	0,19 ²⁾
Strandebarne											
Torsk	0,14	0,09	0,10	0,16	0,12	0,10	0,11	0,13	0,08	0,10	0,13
Glassvar	0,35	0,33	0,36	0,50	0,10	0,21	0,26	0,43	0,35	0,41	0,27
Skrubbe										0,18	

¹⁾ Middel av verdiene fra Tyssedal og Ædna

²⁾ Middel av verdiene fra Odda, Tyssedal og Ædna

Også **kadmium** i lever av fisk fra indre Sør fjorden 1997 viste svake/moderate overkonsentrasjoner jevnført med det som kan antas som høyt diffust bakgrunnsnivå (dvs. ca. gjennomsnitt + 2 Std.avvik av verdiene i Knutzen & Green 1995, tabell 16). I torsk fra Tyssedal (men ikke Ædna) dreier det seg om et par gangers forhøyelse; for skrubbes vedkommende vel 3 ganger. Dette er likevel lavere enn i 1996 (Knutzen et al. 1998). Så langt er det ikke konstatert noen signifikant utvikling over tid (1986-1996/-97) hverken i skrubbe eller torsk (Green 1997, appendiks G; Green et al., under forberedelse,).

For de øvrige metaller lå verdiene i fiskelever innen normalintervallet (Knutzen & Green 1995). Ovennevnte prøver av glassvar fra Færøyene viste at det relativt høye sinkinnholdet sammenlignet med skrubbe og torsk antagelig er en egenskap som ligger til arten og ikke utslag av sinkbelastning.

4.2 Metaller i blåskjell

Resultatene på tørrvektsbasis er vist i tabell 5 og dataene fra 20-27/10 inngår i figur 3 – 6, som viser utviklingen siden 1981. Konsentrasjonene på våtvektsbasis er gjengitt i vedlegg. (De noe uvanlig lave tørrstoffprosentene er bekreftet ved reanalyse).

Tabell 5. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sør fjorden og Hardangerfjorden 29/9-2/10 (JAMP/INDEX) og 20-27/10 1997, mg/kg tørrvekt. (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier).

Stasjoner	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	29/9-2/10	20-27/10	29/9-2/10	20-27/10	29/9-2/10	20-27/10	29/9-2/10	20-27/10	29/9-2/10	20-27/10
B1	0,19	1,30	5,6	52,2	18,1	165,0	120	766	7,3	8,3
B2	0,27	0,78	14,1	29,2	22,3	93,2	264	571	7,2	7,5
B3		0,52		23,7		70,6		590		7,1
B4		0,44		18,1		43,1		312		6,0
B6	0,53	0,35	29,5	15,6	39,1	30,0	362	327	8,0	5,6
B7	0,31	0,36	14,4	12,0	12,7	15,8	232	237	7,0	6,5
B13	0,21		6,9		6,7		171		6,4	
B15	0,14		4,3		3,0		180		6,2	

Sammenlignet med antatt høye bakgrunnsnivåer ved bare diffus belastning (Knutzen & Green, 1995; Molvær et al., 1997), representerer verdiene på Sørfjordstasjonene 20-27/10 (st. B1-B7) følgende ca. overkonsentrasjoner:

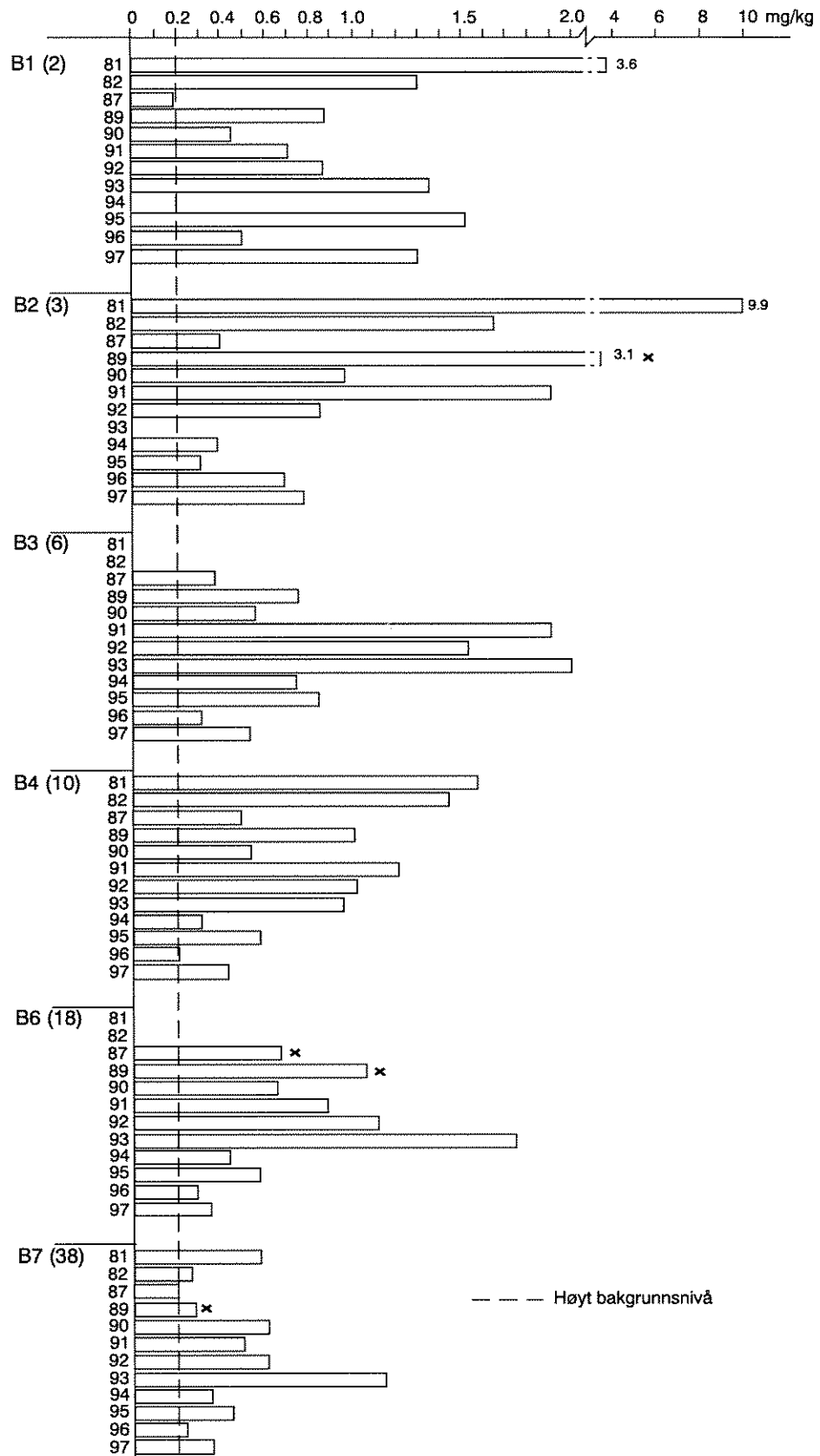
Kvikksølv:	2 - 7 x (moderat til markert forurenset)
Kadmium:	6 - 25 x (markert til meget sterkt forurenset)
Bly:	5 - 55 x (markert til meget sterkt forurenset)
Sink:	>1 - 4 x (moderat til markert forurenset)
Kobber:	≈ 1 x (ubetydelig eller lite forurenset)

For kvikksølv, kadmium og bly var overkonsentrasjonene noe høyere i blåskjell enn i tang (se nedenfor), samsvarende med tidligere erfaringer om at forurensning med disse metaller gjenspeiles best i skjell. Som det også fremgår av en slik jevnføring, var forholdet omvendt for sinks og kobbers vedkommende, der blåskjell har en regulering av internt nivå som hindrer fullt utslag av forhøyede konsentrasjoner i vann. Sannsynligvis gjelder dette særlig for moderate overkonsentrasjoner av kobber. (Om regulering av opptak av sink og kobber hos blåskjell kan henvises til hhv. Lobel & Marshall (1988 med ref.) og til Philips (1976a,b), Davenport (1977) og diskusjon hos Børnes (1994); se også Bryan et al. (1985)).

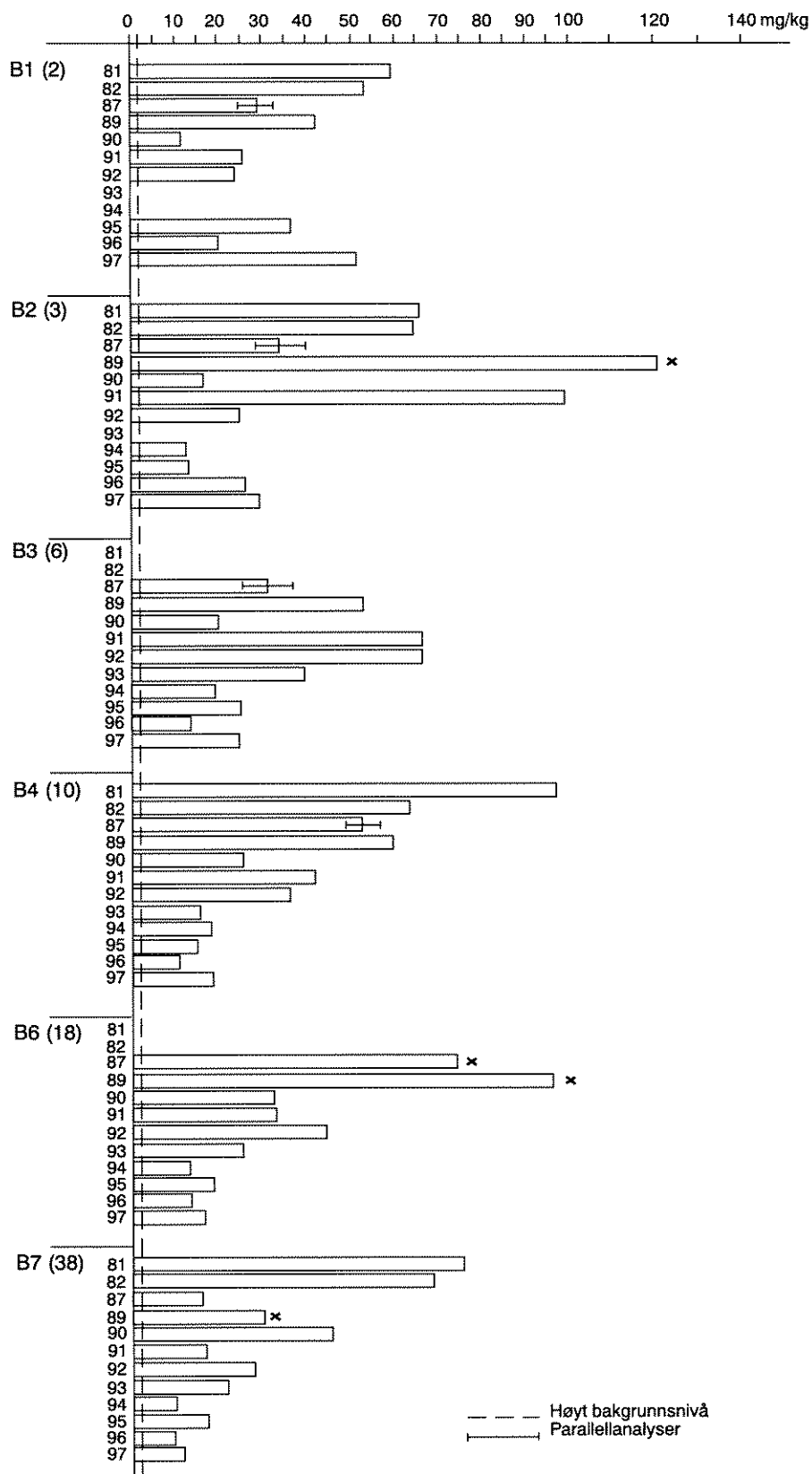
Uoverensstemmelsen mellom JAMP-data for stasjonene B1 og B2 i månedsskiftet september/oktober og registreringene vel 3 uker senere er vanskelige å forklare. Vannanalysene fra Eitrheimsvågen viser som vanlig store variasjoner gjennom året, mest for kvikksølv med et forhold mellom maksimum og minimum på ca. 20 ganger; tilsvarende for kadmium og bly 4-5 ganger (Skei 1998, vedlegg). Dessuten kan det påpekes høyere metallkonsentrasjon 9/12 enn 15/10, særlig av kvikksølv (Skei 1998). Indikasjonene på at det kan ha vært en økning i belastning etter 15/10 er imidlertid ikke nok til å forklare det manglende samsvar mellom de to observasjonsseriene.

Som regelmessig også ved tidligere års observasjoner ble påvirkningen med bly og kadmium tydelig sporet utenfor munningen av Sørfjorden (kfr. verdiene fra stasjonene B13 og B15 i tabell 5 mot K1 I i Molvær et al. 1997)). Mest markert var dette for kadmium, som det ble konstatert vel 2 ganger overkonsentrasjon av ved st. B15, omkring 80 km fra Odda. Kvikksølv viste bare svake overkonsentrasjoner i Hardangerfjorden. (Vedrørende sink – se nedenfor under omtalen av metaller i tang).

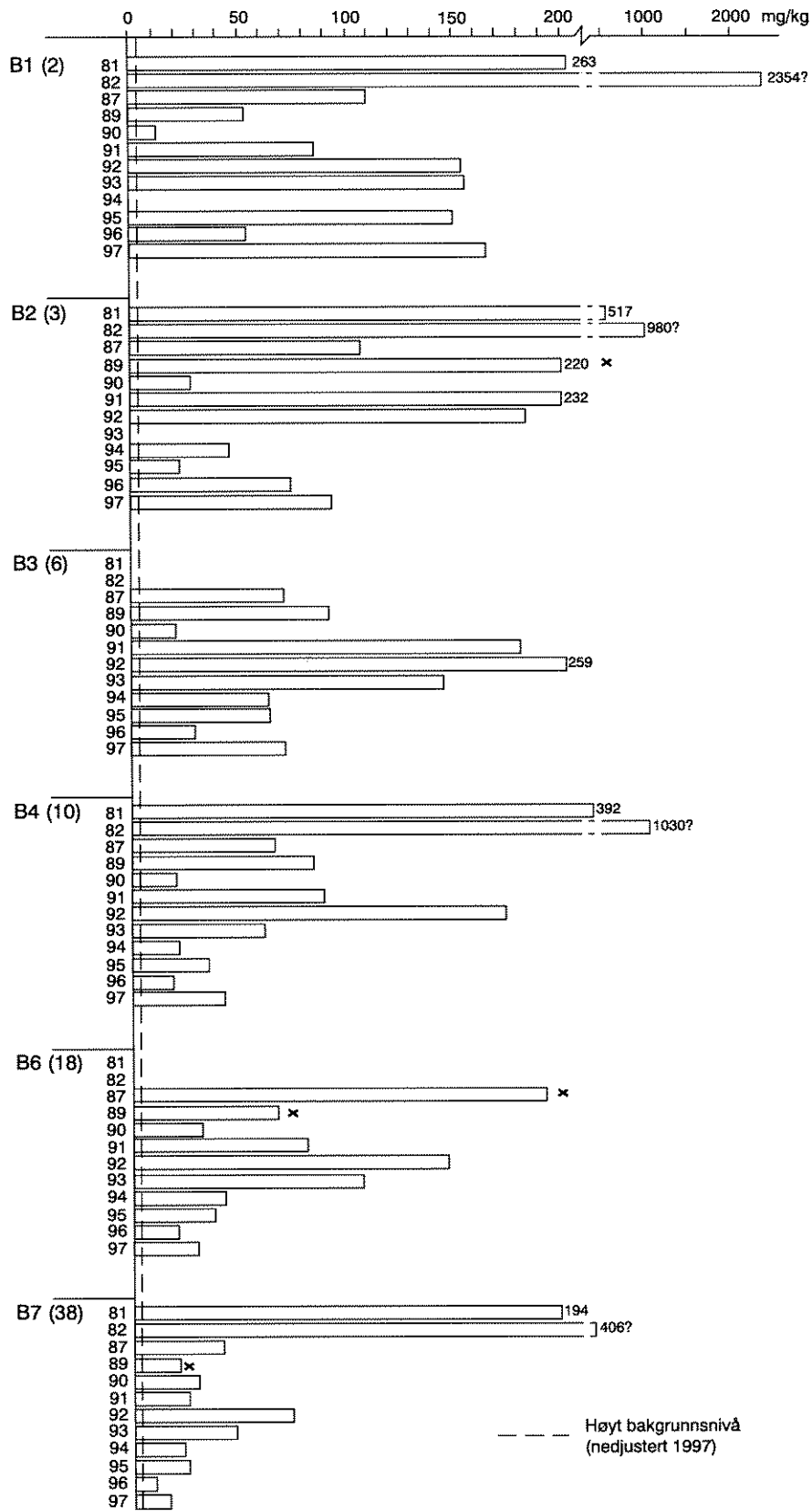
I henhold til analysene i skjellene samlet 20-27/10 var metallkonsentrasjonene (Hg, Cd, Pb, Zn) i blåskjell fra 1997 jevnt over høyere enn i 1996, for enkelte stasjoner omkring det dobbelte av året før (figur 3-6). Data for tilførsler og vannanalyser viser ingen slik økning, bortsett fra vel 30 % høyere utslipp av bly (Skei 1998).



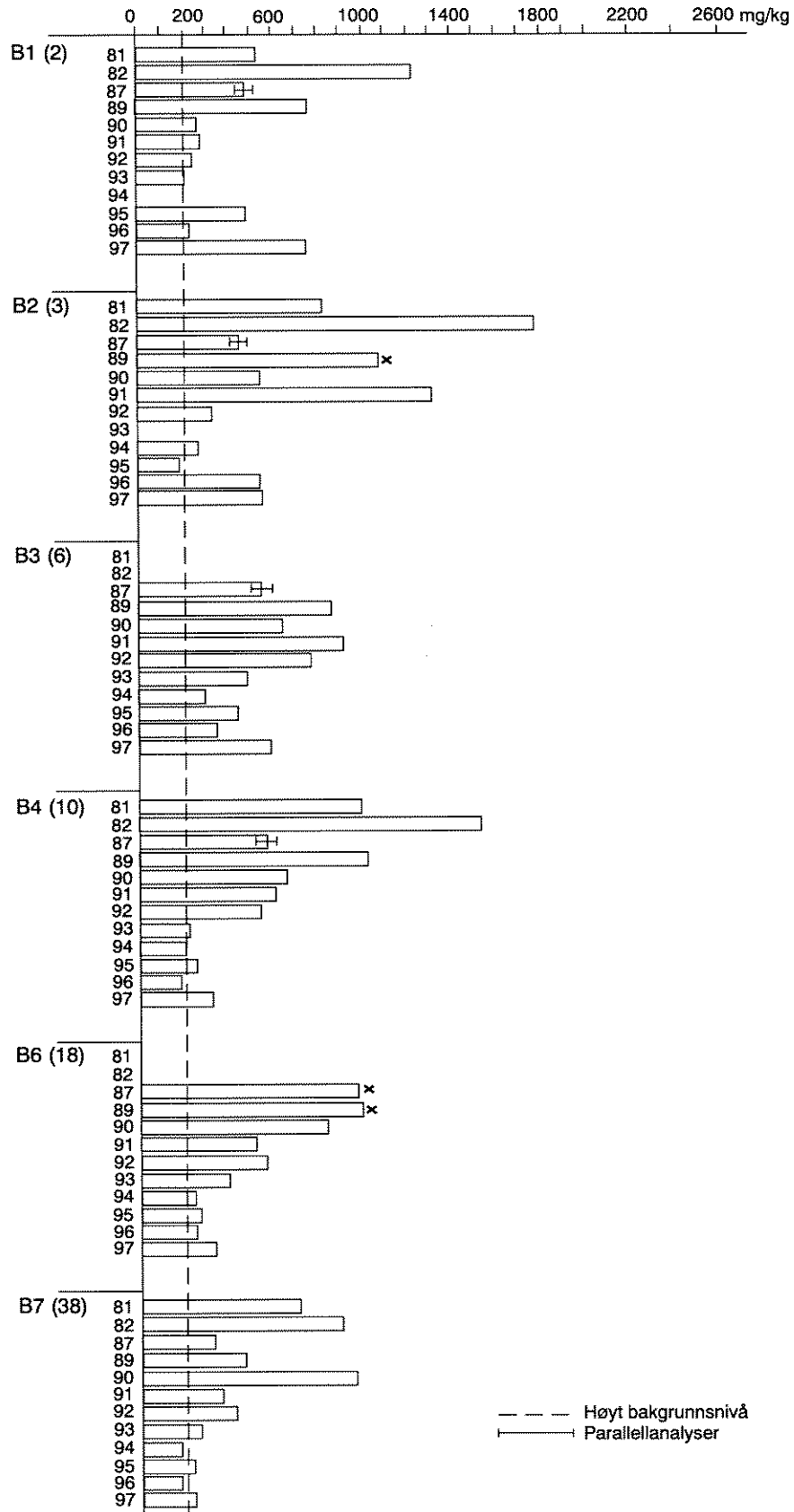
Figur 3. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand fra Odda i km. X = JAMP-data.



Figur 4. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1997, 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 Sør fjorden 1981 - 1997, 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 Sørfjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand fra Odda i km. X = JAMP-data.

4.3 Metaller i tang

1997-resultatene ses av tabell 6 nedenfor og utviklingen siden 1981/82 av figur 7 - 11.

Målt mot øvre grense for klasse I i den reviderte utgaven av SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al., 1997) gir dette ca. overkonsentrasjoner på:

Kvikksølv: <1-4 x (lite til markert forurenset)

Kadmium: >1-7 x (moderat til markert forurenset)

Bly: ≈1-15 x (moderat til sterkt forurenset)

Sink: 2-10 x (moderat til sterkt forurenset)

Kobber: ≈1-6 x (lite til markert forurenset)

Ved den foretatte revisjon av SFTs klassifiseringssystem er 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 6. Metaller i blæretang (*Fucus vesiculosus*, St B1-B4, B6, B7) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*, st. B4, B6, B7) fra Sørfjorden 20-27/10 1997, mg/kg tørrvekt (delvis avrundet).

Arter, stasjoner	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	% tørrv.
BLÆRETANG B1						
Byrkjenes B2	0,13	9,9	11,7	1010	22,1	18,2
Eitrheim B3	0,21	9,4	15,2	1550	30,6	20,9
Tyssedal B4	0,08	4,8	6,8	957	21,4	23,1
Digranes B6	0,04	5,1	3,0	829	9,9	27,3
Kvalnes	0,02	2,8	1,9	440	7,6	31,7
B7 Krossanes	0,018	3,5	1,2	471	8,6	27,1
GRISSETANG						
B4 Digranes	0,04	2,7	1,1	578	4,2	33,7
B6 Kvalnes	0,03	1,9	1,0	410	11,2	34,4
B7 Krossanes	0,03	1,8	0,6	323	6,2	29,4

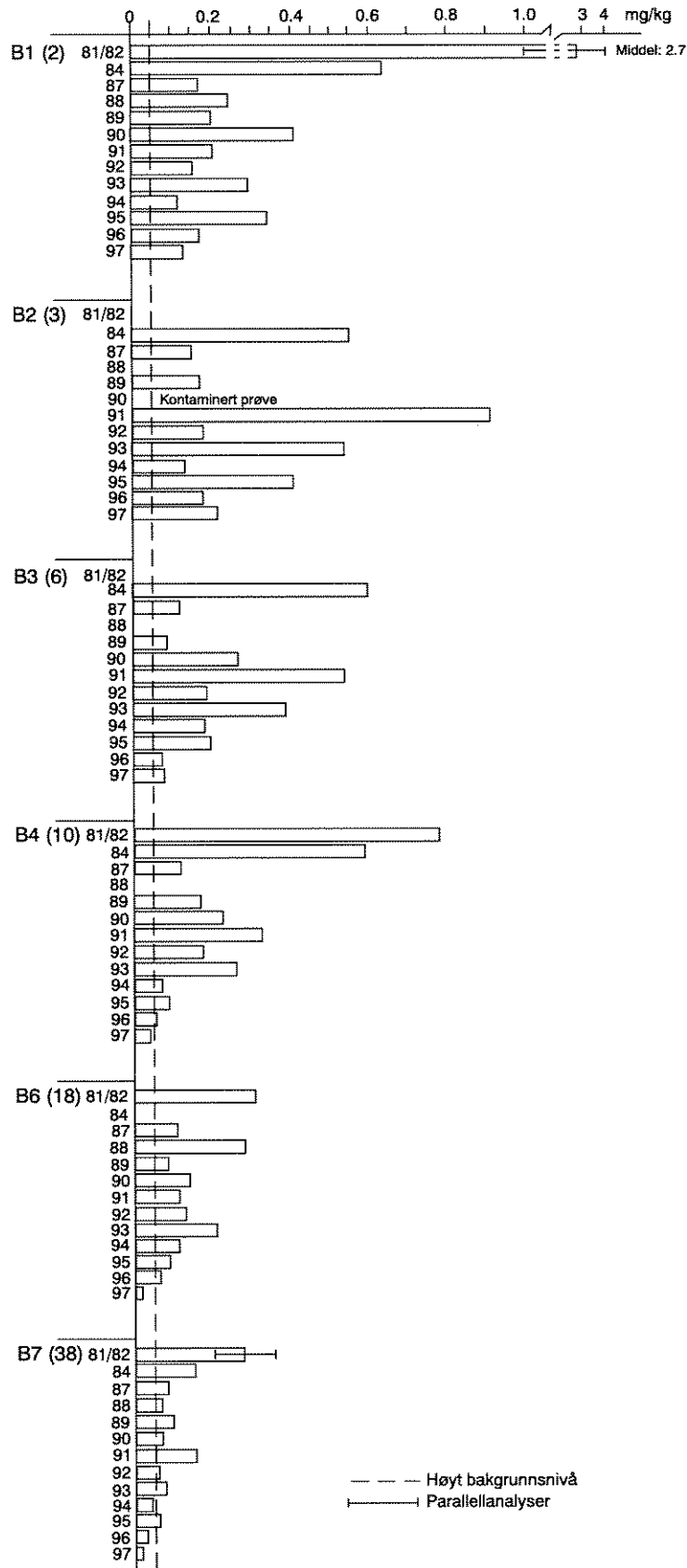
I henhold til de nedjusterte grensene for kl I viste også resultatene for tang overkonsentrasjoner helt i munningen av Sørfjorden når det gjaldt kadmium og bly, men ikke i samme grad som hos blåskjell. Til gjengjeld indikerte mer enn det dobbelte av referansenivået ved st. B7 at også sink transporteres ut i Hardangerfjorden. Overbelastningen med kobber i munningen mot hovedfjorden var mer moderat.

Forholdet mellom nivåene i 1996 og 1997 var for bly og sink samsvarende med blåskjellresultatene, dvs. i hovedsaken en viss oppgang (figur 9-10). Likeledes lå kobberverdiene stort sett litt høyere i 1997 (figur 11). For kadmium og kvikksølv var det mer varierende mellom prøvestedene, men i fjorden som helhet ikke vesensforskjellig fra året før (figur 7-8).

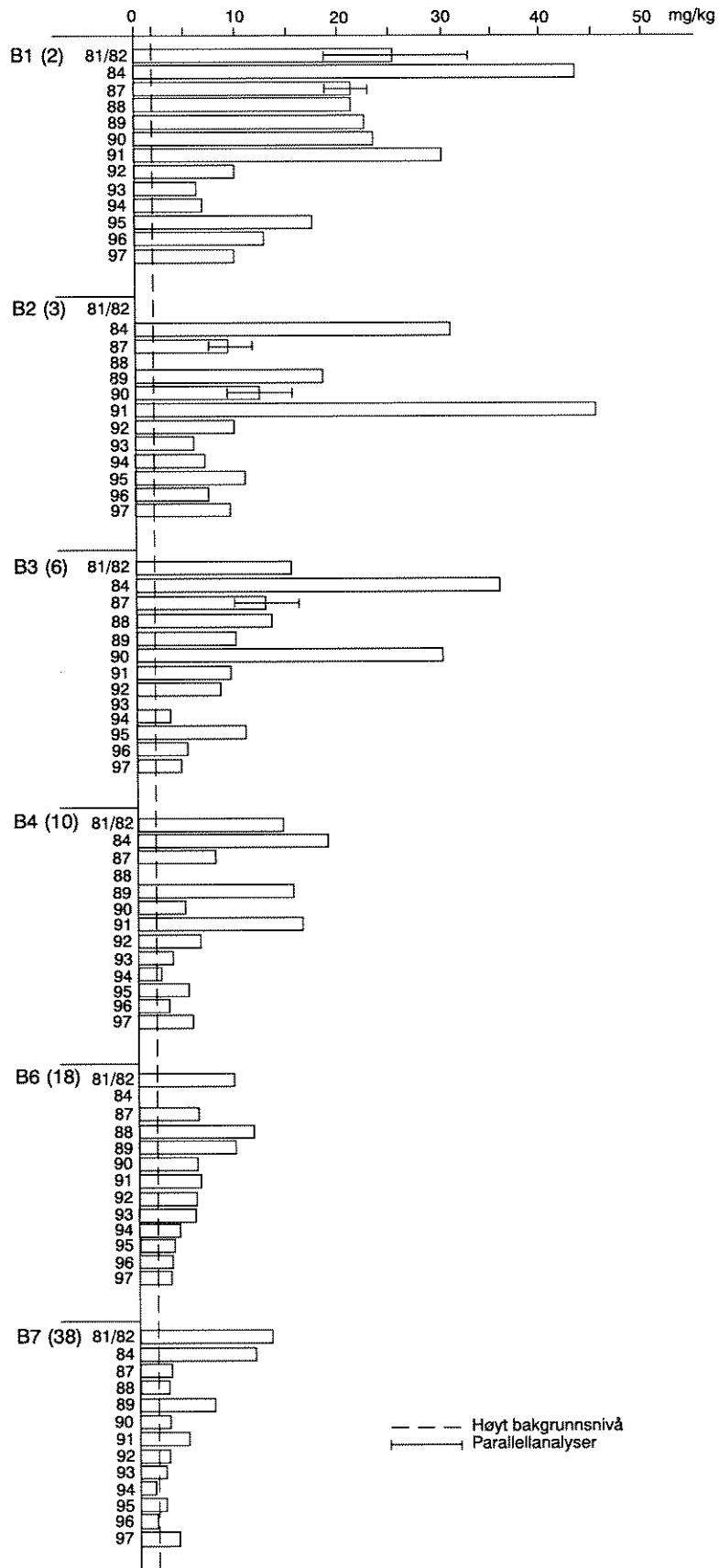
Jevnføring av metallkonsentrasjonen i de to tangartene bekrefter den tentative konklusjonen fra en gjennomgang av hele materialet fra Sørfjordovervåkingen (Knutzen et al. 1998 med ref.):

- noe mer opptak av bly og kadmium i blæretang
- muligens noe høyere nivåer av kvikksølv i grisetang
- vekslende forhold (omtrent likt) når det gjelder sink og kobber.

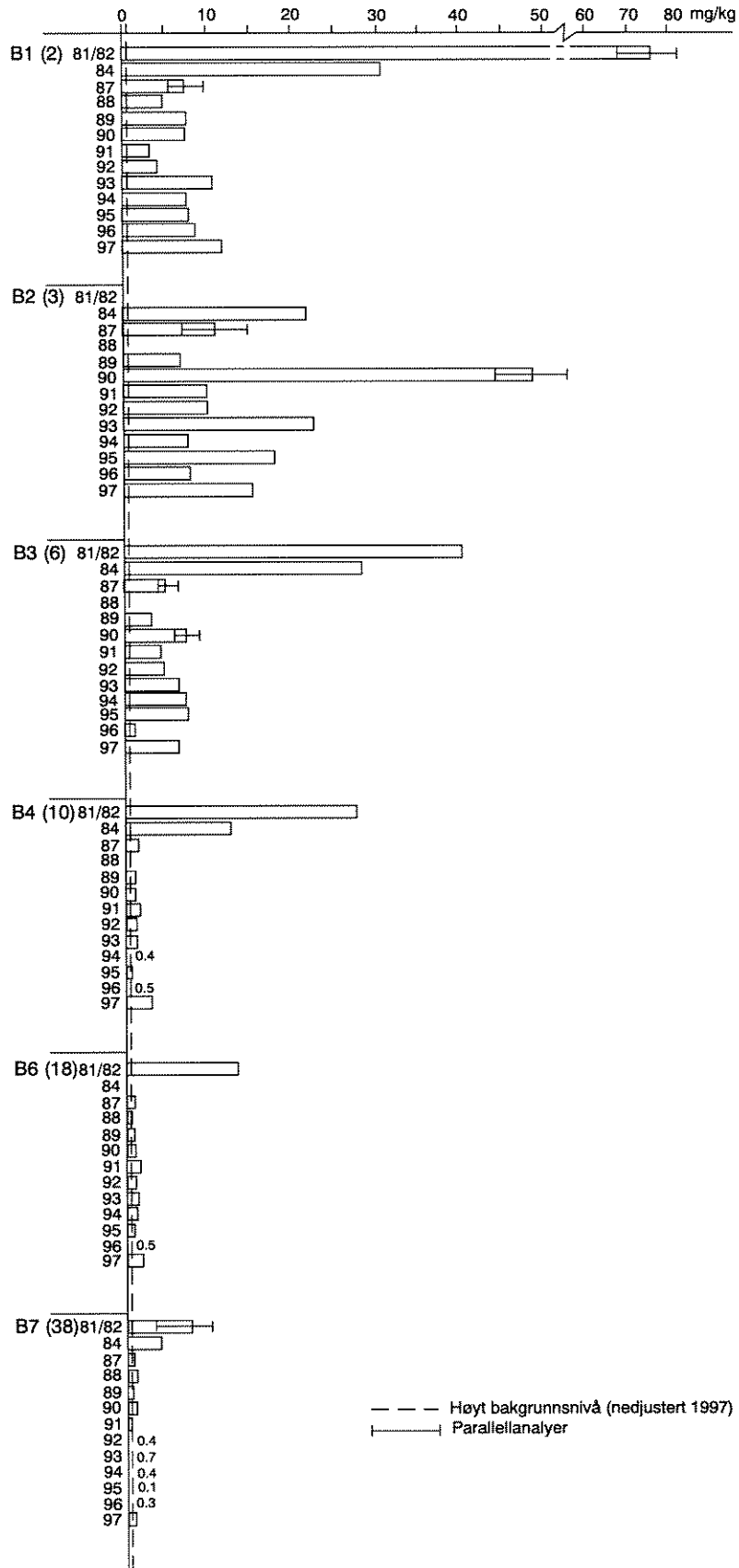
Likheten i akkumuleringsegenskaper hos blæretang og grisetang, som forutsettes i SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997), må følgelig tas med visse forbehold. Den praktiske betydningen av dette inntreffer imidlertid først ved de (sjeldne) tilfellene da det er behov for finere distinksjoner.



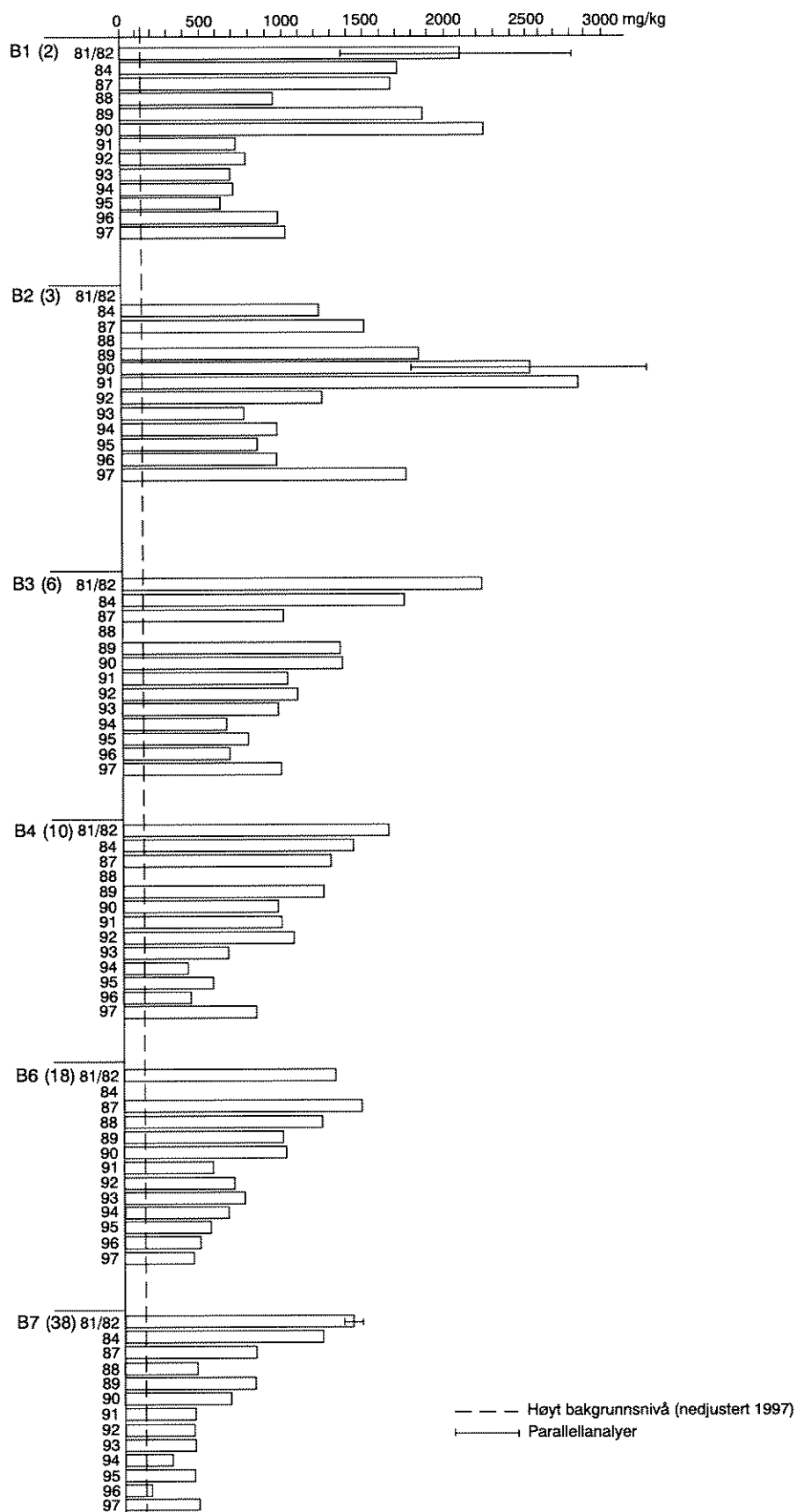
Figur 7. Kvikksølv i blæretang (st. B1 - B3) og gresetang fra Sørfjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odde.



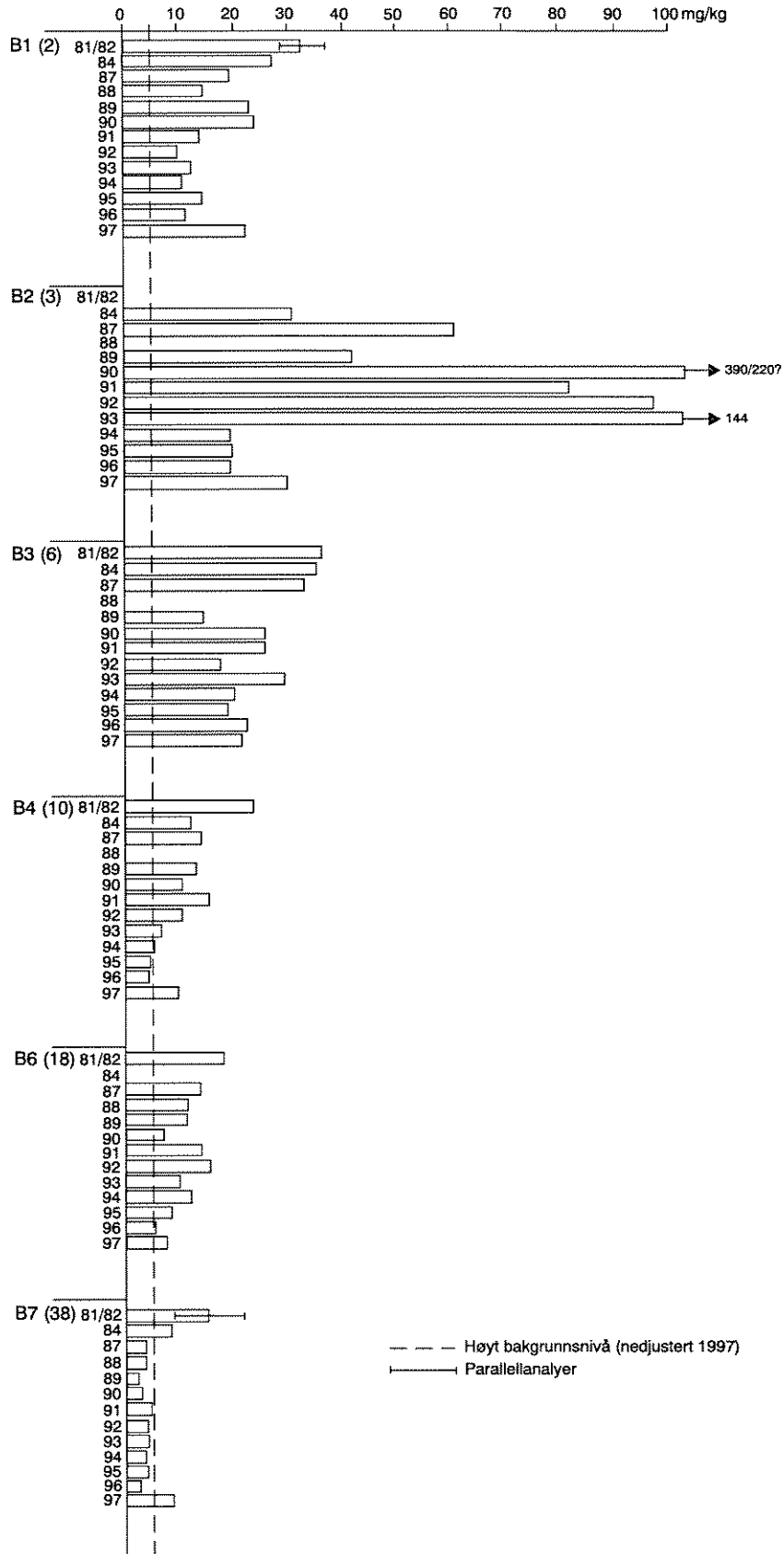
Figur 8. Kadmium i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sør fjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrv. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odde.



Figur 9. Bly i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.



Figur 10. Sink i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.



Figur 11. Kobber i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1997, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: Ca. avstand (km) fra Odda.

4.4 Klororganiske stoffer i fisk

Tabell 7 gir et sammendrag av hovedresultatene fra JAMP-registreringene i 1996. For nærmere detaljer vises til databasen for dette programmet og kommende årsrapport ("National comments") med statistisk bearbeidelse av data.

I forhold til antatt høyt bakgrunnsnivå ved bare diffus belastning på 200 µg Σ DDT/kg våtvekt i torskelever (Molvær et al. 1997) viser tabelltallene overkonsentrasjoner i området 8-15 ganger, højest ved Strandebarm.

Jevnført med de ca. 8-10 ganger overkonsentrasjon for Σ DDT i torskelever fra indre Sørfjorden var verdiene i skrubbe mer moderate, dvs ca. 2-6 ganger de 50 µg/kg våtvekt som kan anslås å være et høyt bakgrunnsnivå fra referanseområder (kfr. Knutzen og Green 1995, tabell 7).

I motsetning til den høye DDT-konsentrasjonen i torsk fra Strandebarm var innholdet i lever av glassvar neppe mer enn moderat forhøyet. Dette må imidlertid tas med forbehold da det mangler referanseverdier for glassvar.

Også PCB-innholdet i torsk var forhøyet sammenlignet med antatt høyt bakgrunnsnivå (kfr. Molvær et al. 1997), men vesentlig mindre enn DDT. I leverprøvene fra de to prøvestedene i indre Sørfjorden dreiet det seg om overskridelse på i gjennomsnitt ca 3/1,5 ganger, henholdsvis ved Tyssedal og Ædna. I levermaterialet av samme art fra Strandebarm var midlere overkonsentrasjon ca 1,5 ganger. For filets vedkommende gjenspeiltes overbelastningen tydeligst i torsken fra Tyssedal (overkonsentrasjon på ca. 2 ganger); men i mindre grad også ved Strandebarm.

I skrubbelever ble det registrert en moderat overkonsentrasjon av Σ PCB₇ ved Ædna, men ikke ved Tyssedal (omvendt i torsk), og heller ikke i skrubbe fanget nær Odda (tabell 7). Gjennomsnittlig PCB-innhold i lever av glassvar fra Strandebarm lå på omkring halvparten av det som ble registrert i de to høyeste størrelseskategoriene i ovennevnte referansemateriale fra Færøyene.

Tabellene 8 og 9 gir en sammenstilling av resultater for Σ DDT og Σ PCB₇ i fisk fra Sørfjorden og Strandebarm fra 1991 til 1997; omregnet til fettbasis for å utligne den del av variasjonen som kan skyldes ulikt fettinnhold. Det ses at svingningene i middelverdiene har vært meget store. I både torsk og skrubbe har det for begge stoffgruppene vært variasjoner på mer enn 10 ganger. Variasjonen har vært uregelmessig og heller ikke likeartet i torsk og skrubbe (delvis i utakt, se særlig tabell 8). Bakgrunnen for variasjonene er ikke avdekket og vanskelig å forstå. Det gjelder ikke minst siste års økning i innholdet av Σ DDT i torsk fra Strandebarm (tabell 9).

Av overvåkingen i blåskjell (se nedenfor) fremgår jevnlig registrering i perioden 1991-1997 av moderat til sterk grad av forurensning med DDT, men her har man et mønster som hvert år har tydet på størst tilførsel fra en avgrenset del av nedbørfeltet og ingen slike uregelmessigheter som det er konstatert i fisk.

Det er intet grunnlag for å betvile DDT-analysenes gyldighet. For sikkerhets skyld vil likevel de aktuelle prøvene med uforklart høye konsentrasjoner av DDDT/DDE/DDD bli reanalysert innen JAMP. Endelige konklusjoner bør derfor utstå inntil resultatene av reanalysene foreligger.

Tabell 7. Σ PCB₇ (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (Middelverdi/Standardavvik) i fisk fra indre Sjøfjorden (JAMP-st. 53, 3 u.st.) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (JAMP-st. 67) 1997, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt og $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se fotnoter).

Stasjoner/arter	Våtvektbasis				Fettbasis ¹⁾		
	DDT	DDE	DDD	Σ DDT	Σ PCB ₇	Σ DDT	Σ PCB ₇
I.Sjøfj., Odda							
Skrubbe, lever ²⁾	31/4	30/10	14/3	76/17	85/24	409	457
Skrubbe, filet ²⁾	i.a.	1,1/0,8	0,3/0,1	-	2,4/1,6	-	511
I.Sjøfj., Tyssedal							
Torsk, lever ³⁾	4)	1217/457	211/65	-	1327/516	-	3244
Torsk, filet ⁵⁾	i.a.	5,2/0,8	0,6/0,1	-	10,0/6,0	-	3333
Skrubbe, lever ⁶⁾	44/7	49/15	23/6	116/23	118/42	550	559
Skrubbe, filet ⁶⁾	i.a.	1,3/0,3	0,5/0,1	-	3,0/0,8	-	397
I.Sjøfj., Ædna							
Torsk, lever ⁷⁾	342/169 ⁸⁾	849	221/96	1628/467	744/880	3296 ⁸⁾	1639
Torsk, filet ⁹⁾	i.a.	2,9/1,5	0,3/0,2	-	2,2	-	603
Skrubbe, lever ¹⁰⁾	96/103 ¹¹⁾	131/146 ¹¹⁾	54/70	282/319 ¹¹⁾	210/75	1741	1296
Skrubbe, filet ¹⁰⁾	i.a.	2,4/1,7	0,6/0,4	-	5,1/4,0	-	1029
Strandebarm							
Torsk, lever ¹²⁾	946/266 ¹³⁾	2295/ 1512	633/500	3084/ 940	708/528	5797 ¹³⁾	1601
Torsk, filet ¹⁴⁾	i.a.	16,3/10,7	1,7/1,0	-	6,7/3,6	-	2094
Glassvar, lever ¹⁵⁾	i.a.	163/53	36/11	-	98/41	-	508
Glassvar, filet ¹⁵⁾	i.a.	1,5/0,7	0,4/0,2	-	0,8/0,4	-	276

¹⁾ Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold.

²⁾ 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 268-353, 274-397, 384-440, 329-639, 583-1087 g)

³⁾ Individuelle analyser av 7 eks.: 472-962 g

⁴⁾ Bare analysert 2 av 7 fisk, middelverdi 327 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

⁵⁾ 3 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 361-517, 370-420, 568-1649 g)

⁶⁾ 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 384-460, 406-580, 346-559, 497-598, 679-862 g).

⁷⁾ Individuelle analyser av 14 eks.: 275-1509 g.

⁸⁾ Bare analysert de 5 siste i serien. For DDE og Σ PCB₇ lå disse 20/30 % over gj.snt. av de 14.

⁹⁾ 3 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 275-497, 621-935, 1030-1509 g).

¹⁰⁾ 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 146-323, 320-396, 342-505, 343-642, 572-802 g).

¹¹⁾ En ekstremverdi på 389 $\mu\text{g}/\text{kg}$ DDE og 848 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Σ DDT vurderes for reanalyse.

¹²⁾ Individuelle analyser av 10 eks.: 486-1207 g.

¹³⁾ Bare analysert de 5 siste i serien. For DDE lå disse ca 25 % lavere enn gj.snt. for alle 10.

¹⁴⁾ 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier 248-344, 331-969, 345-486, 772-932, 953-1207 g).

¹⁵⁾ 5 blandprøver à 5 eks. (Størrelseskategorier: 186-406, 377-513, 460-635, 624-760, 842-1459 g).

Tabell 8. Σ PCB₇ i fisk fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-1997, mg/kg fett.

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

¹⁾ Middell av prøvene fra Tyssedal og Ædna.

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

³⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

Tabell 9. Σ DDT i fisk fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-1997, mg/kg fett.

Stasjoner/ arter	Σ DDT						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
I. Sørfjorden							
Torskelever	3,4	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,4 ³⁾	0,1 ³⁾	2,6 ¹⁾	2,9 ^{1,3)}
Torskefilet	1,0	3,8 ³⁾	0,7 ³⁾	-	<0,1 ³⁾	-	1,4 ^{1,3)}
Skrubbelever	0,5 ³⁾	0,3 ³⁾	0,2 ³⁾	2,2 ³⁾	0,1 ³⁾	0,18 ²⁾	0,9 ⁴⁾
Skrubbefilet	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,6 ³⁾	0,7 ³⁾	0,1 ³⁾	-	0,37 ⁴⁾
Strandebarm							
Torskelever	2,0	0,8 ³⁾	1,0 ³⁾	1,3 ³⁾	0,3 ³⁾	1,5	5,8
Torskefilet	1,1	0,6 ³⁾	0,4 ³⁾	1,5 ³⁾	0,5 ³⁾	-	5,6 ³⁾
Glassvarlever	1,1 ³⁾	1,5 ³⁾	1,1 ³⁾	1,7 ³⁾	1,0 ³⁾	-	1,0 ³⁾
Glassvarfilet	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	1,6 ³⁾	-	0,5 ³⁾
Skrubbelever						0,17	
Skrubbefilet						-	

¹⁾ Middell av prøvene fra Tyssedal og Ædna.

²⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

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

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

4.5 Klororganiske stoffer i blåskjell

Jevnført med antatt høyt bakgrunnsnivå fra bare diffus belastning (Kl. I i SFTs klassifiseringssystem, Molvær et al., 1997) viser tabell 10 overkonsentrasjoner av Σ DDT i Sørfjorden varierende i intervallet 3-10 ganger; minst innerst. I likhet med tidligere år siden 1991 ble den høyeste konsentrasjonen registrert ved Kvalnes (Fig. 12), men relativt sett også uvanlig mye ved Krossanes. Også på stasjonene i Hardangerfjorden var det tydelig overskridelse av høy "bakgrunn": ca 2,5 ganger ved Ranaskjær og vel 1,5 ganger i skjellene fra Vikingneset.

Som nevnt i forrige årsrapport (Knutzen et al. 1998) foreligger det begrunnet mistanke om ett eller to nedgravde DDT-deponier i omegnen av Kvalnes. Så vidt vites er det foreløpig ikke tatt skritt for å lokalisere denne (eventuelle) kilden nærmere og få den eliminert. Et tettere stasjonsnett for blåskjell nord og syd for st. B6 vil kunne bidra til en nærmere stedfestelse av hvorfra DDT-tilførselen kommer. At det hvert år også påvises en viss grad av overbelastning også innerst i fjorden (Fig. 12, Tabell 11) tyder imidlertid på flere, men sannsynligvis mindre kildeområder.

Av figur 12 ses også at det ikke er registrert noen bestemt utviklingstendens, men at det innbyrdes forhold mellom lokaliteten mht. til kontamineringsgrad har vært temmelig stabil.

Tabell 11 viser utviklingen mht. konsentrasjoner av de tre stoffene som inngår i Σ DDT og deres relative bidrag til summen i forskjellige år. Mens andelen av morsubstansen DDT var liten til moderat, dvs. stort sett under 15-20 % frem til og med 1994, har andelen vært høyere de par siste årene. Med forbehold for sporadiske analysetekniske usikkerheter, skulle dette i teorien tyde på en økt tilførsel av "fersk" DDT. I denne forbindelse synes det for 1997-resultatene særlig grunn til å merke seg den høye andelen av DDT i prøvene fra Krossanes, sammenfallende med den høyeste konsentrasjonen av Σ DDT som er funnet i skjell fra denne stasjonen.

PCB-verdiene i blåskjell var lave/moderate. Det er bare ved st. B3 Tyssedal at det enkelte år har opptrått tydelige overkonsentrasjoner (Knutzen et al. 1998). (Materialet fra Tyssedal ble i 1997 forspilt ved den nevnte feilbehandling ved NIVAs laboratorium).

Tabell 10. DDT med nedbrytningsprodukter og Σ PCB₇¹⁾ i blåskjell fra JAMP/INDEX stasjoner i Sørfjorden og Hardangerfjorden 29/9-2/10 1997, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. Middell av 3 størrelsesgrupper (2-3, 3-4, 4-5 cm) eller middel av 3 paralleller (3-5 cm, INDEX).

Stasjoner, dato	DDT	DDE	DDD	Σ DDT	Σ PCB ₇	% tørrv.	% fett
B1 Byrkjenes 29/9	2,45	2,41	0,38	5,24	2,00	16,0	1,86
B2 Eitrheim 30/9	2,13	2,15	1,10	5,38	2,68	14,6	1,09
B6 Kvalnes 1/10	9,80	8,12	3,47	21,39	1,96	11,4	0,79
B7 Krossanes 1/10	8,63	5,69	1,82	16,14	0,89	11,6	0,87
B 13, Ranaskjær 1/10	2,60	1,71	0,68	4,99	0,52	12,2	0,88
B 15 Vikingneset 1/10	1,64	0,99	0,60	3,23	0,46	14,7	1,05

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

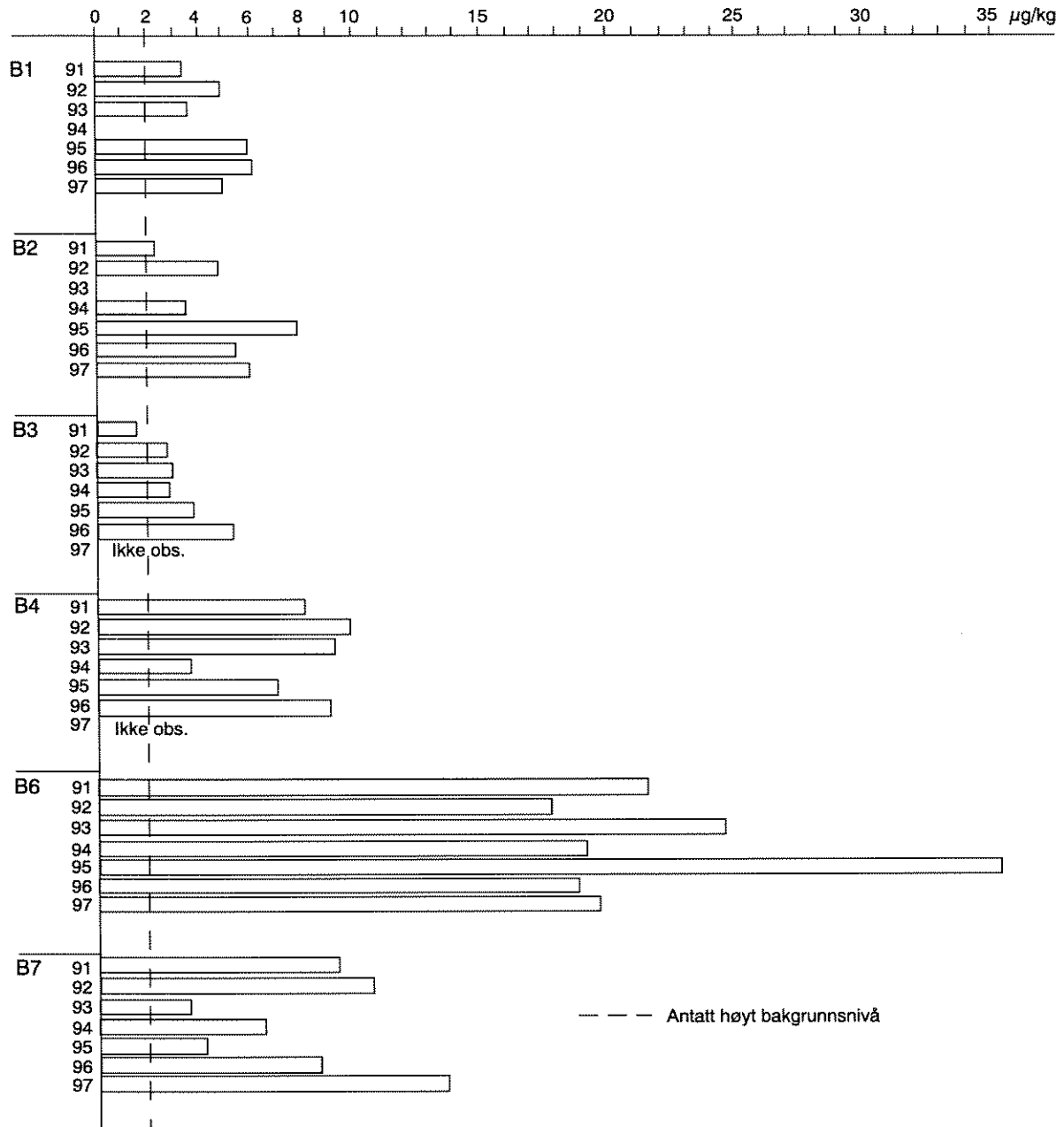
Tabell 11. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-1997, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (I parentes % av ΣDDT). Verdiene er delvis avrundet. 1997:Data fra JAMP/INDEX.

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
St. B1 Byrkjenes	1991	0,7 (20)	2,0 (60)	0,7 (20)	3,4
	1992	< 0,2 (\approx 2)	2,3 (56)	1,7 (42)	4,9 ¹⁾
	1993	0,1 (\approx 3)	2,5 (69)	1,0 (28)	3,6
	1994 ²⁾				
	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	2,5 (47)	2,4 (46)	0,3 (7)	5,2
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 ¹⁾
	1993 ²⁾				
	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	2,1 (39)	2,2 (40)	1,1 (21)	5,4
St. B3 Tyssedal	1991	0,1 (\approx 6)	1,0 (63)	0,5 (31)	1,6
	1992	0,4 (15)	1,7 (60)	0,7 (25)	2,8
	1993	< 0,1 (\approx 6)	1,8 (62)	1,0 (32)	2,9 ¹⁾
	1994	0,4 (15)	1,9 (68)	0,5 ?(17)	~ 2,7 ?
	1995	1,5 (40)	1,8 (46)	0,5 (14)	3,8
	1996	2,2 (40)	2,4 (44)	0,9 (16)	5,4
	1997 ²⁾				
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 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	9,8 (46)	8,1 (38)	3,5 (16)	21,4
St. B7 Krossanes	1991	1,9 (20)	5,7 (61)	1,8 (19)	9,4
	1992	< 0,2 (\approx 1)	5,6 (52)	5,0 (47)	10,7 ¹⁾
	1993	0,1 (\approx 3)	2,2 (61)	1,3 (36)	3,6
	1994	0,2 (4)	4,7 (73)	1,5 (23)	6,5
	1995 ³⁾	1,3 (32)	2,2 (53)	0,6 (15)	4,2
	1996	2,4 (27)	4,4 (51)	1,9 (22)	8,7
	1997	8,6 (54)	5,7 (35)	3,2 (11)	16,1

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

²⁾ Ikke observert

³⁾ Verdier fra reanalyse, ΣDDT fra 1. gangs analyse: 1.9.



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

5. REFERANSER

- Bryan, G. W., W. J. Langston, L. G. Hummerstone og G. R. Burt, 1985. A guide to the assessment of heavy-metal contamination in estuaries using biological indicators. Marine Biological Association of the United Kingdom. Occasional Publ. No. 4. Mars 1985, 92 s.
- Børnes, C., 1994. En reevaluering av Hardangerfjorden som produksjonsområde for blåskjell med hensyn på tungmetaller. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Bergen, institutt for fiskeri- og marinbiologi/Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt. Vårsemesteret 1994, 84 s.+ vedlegg.
- Davenport, J., 1977. A study of the effect of copper applied continuously and discontinuously to specimens of *Mytilus edulis* (L.) exposed to steady and fluctuating salinity levels. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 57:63-74
- 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.
- 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., B. Rygg og I. Thelin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkningen av miljøgifter. SFT-rapport TA-923/1993, 20 s.
- Knutzen, J., Green, N.W. og E. M. Brevik, 1998. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1996. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 728/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport3832-98, 39 s.
- Lobel, P. B. og H. D. Marshall, 1988. A unique low molecular weight zinc-binding ligand in the kidney cytosol of the mussel *Mytilus edulis*, and its relationship to the inherent variability of zinc accumulation in this organism. Mar. Biol. 99:101-105
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
- Philps, D. J. H., 1976a. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects of environmental variables on uptake of metals. Mar. Biol. 38:59-69.
- Philps, D. J. H., 1976b. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. II. Relationship of metals in the mussel to those discharged by industry. Mar. Biol. 38:71-80.
- 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., 1998. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1997. Delrapport 1 Vannkjemi. Rapport 737/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3854/98, 27 s.
- Skei, J., B. Rygg, F. Moy, J. Molvær, J. Knutzen, K. Hylland, K. Næs, N. Green og T. Johnsen, 1998. Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultater fra overvåkingen av vann, sedimenter og organismer. Rapport 742/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3922-98, 95 s.

DATAVEDLEGG:

- **Metaller i blåskjell 20-27/10 1997 (våtvektsbasis)**
- **Metaller i tang 20-27/10 (tørrvektsbasis)**

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 1997-2745

28/10/98

O.nr. O 800309

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet er gitt i eget dokument):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	B1 Byrk	971020	971217	980205-981023
2	B2 Eitr	971020	971217	980205-981023
3	B3 Tyss	971024	971217	980205-981023
4	B4 Digr	971027	971217	980205-981023
5	B6 Kval	971027	971217	980205-981023
6	B7 Kross	971027	971217	980205-981023

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5	6
Tørrstoff	%	B 3	10,0	11,8	11,9	12,8	11,9	12,2
Kadmium	µg/g	E 2-2	5,22	3,46	2,82	2,32	1,86	1,46
Kobber	µg/g	E 2-2	0,83	0,89	0,84	0,77	0,67	0,79
Kvikksølv	µg/g	E 4-2	0,13	0,092	0,062	0,066	0,041	0,044
Bly	µg/g	E 2-2	16,5	11,0	8,40	5,51	3,56	1,93
Sink	µg/g	E 1	76,6	67,4	70,2	40,0	38,9	28,9

Kommentarer

Metallresultatene er oppgitt på våtvekt.
Alle prøvene er blåskjell.

Norsk institutt for vannforskning



Kai Sørensen
Seksjonsleder

Deres referanse:
Vår referanse:
Dato

Rekv.nr. 1997-2749

28/10/98

O.nr. O 800309

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet er gitt i eget dokument):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	B1 Byrk	971020	971217	980202-980320
2	B2 Eitr	971020	971217	980202-980320
3	B3 Tyss	971024	971217	980202-980320
4	B4 Digr	971027	971217	980202-980320
5	B6 Kval	971027	971217	980202-980320
6	B7 Kross	971027	971217	980202-980320

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr					
			1	2	3	4	5	6
Tørrstoff	%	B 3	18,2	20,9	23,1	27,3	31,7	27,1
Kadmium	µg/g	E 2-2	9,91	9,35	4,76	5,06	2,75	3,53
Kobber	µg/g	E 2-2	22,1	30,6	21,4	9,87	7,58	8,56
Kvikksølv	µg/g	E 4-2	0,13	0,21	0,080	0,041	0,020	0,018
Bly	µg/g	E 2-2	11,7	15,2	6,82	3,04	1,93	1,22
Sink	µg/g	E 1	1010	1550	957	829	440	471

Kommentarer

Metallresultatene er oppgitt på tørrvekt.
 Alle prøvene er blæretang.

Norsk institutt for vannforskning



 Kai Sørensen
 Seksjonsleder

Deres referanse:
Vår referanse:
Dato

Rekv.nr. 1997-2748

28/10/98

O.nr. O 800309


Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet er gitt i eget dokument):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	B4 Digr	971027	971217	980202-980320
2	B6 Kval	971027	971217	980202-980320
3	B7 Kross	971027	971217	980202-980320

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
			Tørrestoff	%	B 3
Kadmium	µg/g	E 2-2	2,74	1,92	1,75
Kobber	µg/g	E 2-2	4,21	11,2	6,22
Kvikksølv	µg/g	E 4-2	0,044	0,034	0,025
Bly	µg/g	E 2-2	1,10	0,96	0,59
Sink	µg/g	E 1	578	410	323

Kommentarer

Metallresultatene er oppgitt på tørrvekt.
 Alle prøvene er grisetang.

Norsk institutt for vannforskning


 Kai Sørensen
 Seksjonsleder