



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 581/94

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjoner

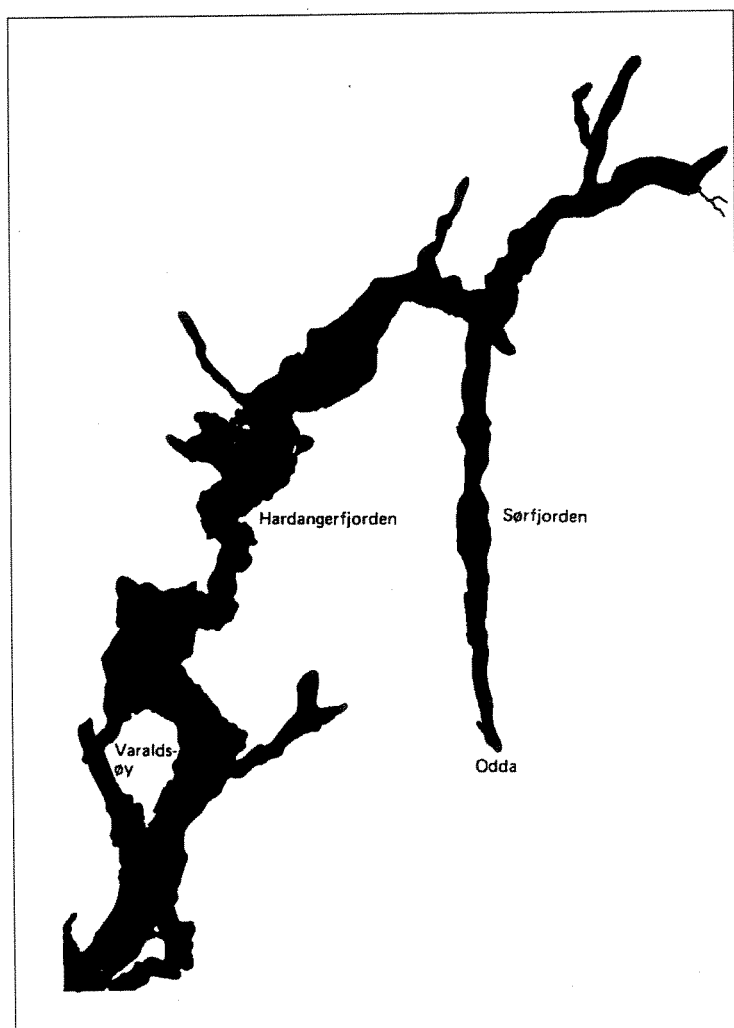
NIVA

ASSAYERS, Odda

Tiltaksorienterte
miljøundersøkelser i

Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1993

Delrapport 2
Miljøgifter i organismer



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-800309	Undernr.:
Løpenr.: 3160	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1993. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer.	Dato: 8/11-94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Marin økologi	
Forfatter(e): Jon Knutzen Norman Green Einar Brevik	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 36	Opplag: 140

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT). (Overvåkingsrapport nr. 581/94. TA-nr. 1132/1994).	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt:

1993-prøvene av blåskjell og tang fra Sørfjorden viste fremdeles sterk grad av metallforurensning og foreløpig ingen vesentlige utslag av tiltakene i Eitheimsvågen som ble iverksatt høsten 1992. Sammenlignet med 1992 viste kvikksølv oppgang i både skjell og tang, mens innholdet av kadmium, bly, sink og kobber (tang) var omtrent som tidligere eller med en usikker tendens til nedgang. Også den sterke forurensningen med DDT i blåskjell fra midtre fjord vedvarte. Derimot var nivåene av kvikksølv, øvrige metaller og DDT/PCB i fisk blant de lavest registrerte (overkonsentrasjoner av kvikksølv og klororganiske forbindelser på mindre enn 2 - 3 ganger).

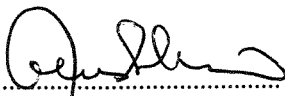
4 emneord, norske

1. Miljøgifter
2. Metaller
3. DDT
4. PCB
5. Indikatorarter

4 emneord, engelske

1. Micropollutants
2. Metals
3. DDT
4. PCB
5. Indicator species

Prosjektleder


.....
Jens Skei

For administrasjonen


.....
Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2636-2

Norsk institutt for vannforskning

O-800309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1993**

DELRAPPORT 2: MILJØGIFTER I ORGANISMER

Oslo,

8. oktober 1994

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeidere:

Jon Knutzen
Einar Brevik
Norman Green
Frank Kjellberg
Olav Leigland, ASSAYERS
Frithjof Moy

INNHold

SIDE

FORORD	3
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	5
3. MATERIALE OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
4.1 Metaller i fisk	10
4.2 Metaller i blåskjell	12
4.3 Metaller i tang	18
4.4 Klororganiske stoffer i fisk	26
4.5 Klororganiske stoffer i blåskjell	27
5 REFERANSER	32
VEDLEGG	34

Forord

Den delen av overvåkingen i Sørffjorden som gjelder miljøgifter i organismer ble også i 1993 gjennomført i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S (tidligere KOM-senteret), idet Olav Leigland har vært ansvarlig for innsamling av blåskjell og tang i henhold til rettleiding.

I likhet med tidligere er det inkludert data fra Joint Monitoring Program (JMP) under Oslo/Paris kommisjonen med Norman Green som prosjektleder. Overvåkingen av miljøgifter i fisk skjer i sin helhet under JMP.

Analysene av metaller har vært utført av gruppen for uorganiske analyser ved NIVAs rutine-analyselaboratorium, mens Einar Brevik har vært hovedansvarlig for analysene av klororganiske stoffer. Prøvene av fisk og blåskjell er opparbeidet for analyse av Frank Kjellberg.

Prosjektleder er Jens Skei. Fra tidligere i år foreligger delrapport om vannkjemi (Skei, 1994). Et overvåkingsfinansiert felteksperiment med opptak og utskillelse av metaller i blåskjell er under avslutning og vil bli rapportert for seg.

Oslo, oktober 1994.

Jon Knutzen

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I Overvåkingen av miljøgifter i organismer fra Sørfjorden og Hardangerfjorden er fortsatt i 1993 ved videreføring av tidsseriene for metaller i fisk, blåskjell og tang, samt klororganiske stoffer i fisk og skjell.
- II Metallanalysene i blåskjell viste fortsatt sterk grad av forurensning med kvikksølv og særlig kadmium og bly. Sammenlignet med "antatt høyt bakgrunnsnivå" ("normalnivå" fra bare diffus belastning, langt fra punktkilder) ble det registrert overkonsentrasjoner av bly og kadmium på opp til omkring 30 ganger, mens kvikksølv var forhøyet opp til ca. 10 ganger. For alle disse metallene var det forhøyede nivåer ut til munningen av Sørfjorden og klare vitnesbyrd om påvirkning langt ut i hovedfjorden (mer enn 80 km fra Odda). Blåskjell er mindre egnet som indikator for sink og spesielt kobber, som viste henholdsvis bare moderate eller ingen overkonsentrasjoner.
- III Markerte til store overkonsentrasjoner av kvikksølv, bly og kadmium ble også registrert i tang, men for bly og kadmium ikke så godt gjenspeilet som i skjell. Derimot var tang en bedre indikator for sink og viste overkonsentrasjoner (2 - 5 ganger) i hele Sørfjorden, samt en betydelig lokal tilførsel ved Eitrheim (som også tidligere er påvist).
- IV I fisk kom metallbelastningen på fjorden bare til syne i moderat grad. Filet av torsk fra indre fjord inneholdt i gjennomsnitt omkring det dobbelte av høyt bakgrunnsnivå for kvikksølv; det lavest observerte siden 1988. Midlere kadmiuminnhold i lever av skrubbe fra samme område viste overkonsentrasjoner på 3 - 4 ganger, også dette laveste konsentrasjon siden årlige målinger startet. Øvrige metaller viste i høyden moderate overkonsentrasjoner i skrubbelever. Kvikksølvforurensningen kunne muligens spores også i filet av glassvar og (i mindre grad) i torsk fra Strandebarm i Hardangerfjorden.
- V Tiltakene med overdekking og spuntvegg i Eitheimsvågen høsten 1992 har foreløpig (1993) ikke gitt noe vesentlig utslag på metallinnholdet i skjell og tang. Mens analysene av overflatevann indikerte minsket forekomst av kvikksølv fra 1992 til 1993, var det oppgang i blåskjell og blæretang/grisetang. For de øvrige metaller var tilstanden i fjærelteindikatorene omtrent som tidligere, muligens med en tendens til nedgang totalt sett, men ikke konsekvent.
- VI Den sterke DDT-forurensningen (ca. 10 ganger "bakgrunnsnivået") i blåskjell fra Kvalnes i midtre fjord vedvarte i 1993. DDT-påvirkningen i skjell var klart sporbar et stykke innover og ut til fjordmunningen. Den mer lokale tilførselen av PCB ved Tyssedal ble bekreftet.
- VII DDT-innholdet i lever av torsk fra indre fjord lå på omkring det dobbelte av "antatt høyt bakgrunnsnivå", mens PCB-innholdet ikke viste unormale verdier. Nivået av DDT/PCB i torskelever var det laveste som er registrert. Imidlertid er det store individuelle variasjoner, forårsaket bl.a. av vandring, og resulterende betydelige svingninger fra år til år.
- VIII Rådene om begrenset inntak av fisk fra Sørfjorden ble opphevet på grunnlag av 1992-resultatene, mens konsum av blåskjell fortsatt frarådes. 1993-registreringene underbygger næringsmiddelmyndighetenes standpunkt.
- IX At det fremdeles registreres høye nivåer av metaller og DDT i blåskjell, lokalt også PCB, viser at tilførselene fortsatt ikke var under kontroll. For metallenes del tilrås derfor kontroll med at de iverksatte tiltak virker etter hensikten og utvidet kartlegging av tilførselene; for DDT og PCB at kildene etterspores.

2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Tilstand og utvikling i Sørfjorden med utenforliggende områder har vesentlig vært overvåket pga. den høye metallbelastningen på fjorden, men fra 1988 ble man også oppmerksom på tydelig forhøyede nivåer av klororganiske stoffer, spesielt insektbekjempingsmiddelet DDT (med nedbrytningsprodukter) i fisk og blåskjell (Knutzen og Skei, 1991).

Hva som er kilden til DDT i Sørfjorden er ennå ikke oppklart. Forholdet illustrerer sannsynligvis hvor langsiktig påvirkningen med denne typen stoffer er (DDT har - med ett mindre unntak - vært forbudt brukt siden 1970). Det er også sannsynlig at DDT-forurensningen i Sørfjorden har flere paralleller andre steder i landet, men det har ikke vært gjort systematiske sonderende undersøkelser på aktuelle steder.

Utslipet av jarositt fra Norzink A/S ble for 7 år siden overført til fjellhaller, og høsten 1992 ble 90.000 m² sterkt metallforurenset sjøbunn i ytre del av Eitrheimsvågen tildekket for å hindre utlekking. Samtidig ble indre del avsondret fra sjøen ved en spuntvegg, fylt igjen og beplantet. Innenfor og rundt det gjenfylte arealet ligger en avskjærende grøft langs fjellsiden for å hindre avrenningsvann i å komme i kontakt med forurenset grunn (Skei, 1994).

For 1993 skulle man derfor vente en tydelig minsket metallforurensning i fjordens gruntvannsorganismer. Imidlertid har ikke renseanlegget på Norzink A/S kapasitet til å ta hånd om ALT vannet som samler seg bak spuntveggen. Dette vannet pumpes urensset ut i fjorden og representerer en variabel, men betydelig kilde (20 - 25% av summene for sink og kadmium i tabell 1). Avrenning fra det metallforurensete jordsmonnet i det lokale nedbørfelt kan være en hovedkilde som nå bør undersøkes nærmere (Skei, 1994).

Av både tidligere redegjørelser og ajourførte belastningstall (tabell 1 fra Skei, 1994) fremgår at det er knyttet stor usikkerhet til mengden metaller tilført Sørfjorden i fortid og nåtid. Dette gjør at vurderingen av resipientdata og fremtidsutsikter må bli forbeholdne. Pålitelig kartlegging av tilførslene fremstår derfor som en sentral aktivitet for å få det tilsiktede utbyttet av overvåkingen.

Tabell 1. Oversikt over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 1993 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1992.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	341 (320)	866 (1000)	1600 (3300)	<169 (34)	<8.5 (manglet)	2900 (11300)
NZ ¹⁾	26 (50)	7266 (7800)	17948 (9300)	589 (43)	17.5 (23)	-
TTI ²⁾	1 (27)	195 (497)	4529 (2476)	1 (3)	- (-)	- (1)
Totalt	368 (397)	8327 (9297)	24077 (15076)	<759 (80)	<26 (23)	2900 (11300)

- 1) Tilførslene fra Norzink for 1993 omfatter både regulære utslipp, akutte utslipp, utpumping av vann bak spuntvegg og beregnede mengder av tungmetaller (kun for sink og kadmium) tilført fjorden via overflatevann og kloakk. Tilførsler via utpumping av vann og avrenning fra industriområdet har tidligere ikke vært med i utslippsberegningene og må tas hensyn til ved sammenligning med utslippstall fra tidligere år.
- 2) Inkluderer også ekstraordinært utslipp av venturislam.

3. MATERIALE OG METODER

Blåskjell (*Mytilus edulis*), blæretang - (*Fucus vesiculosus*) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*) er samlet inn 27. september 1993 på ned til 1 - 1.5 meters dyp fra stasjonene B1 Byrkjenes, B3 Tyssedal, B4 Digraneset, B6 Kvalnes og B7 Krossanes (tabell 2, figur 1). For blåskjells vedkommende måtte stasjon B2 Eitrheimsneset utelates fordi alle skjell over 0.5 cm var åpne og tomme. Årsaken til denne massedøden er ikke kjent. "Ferskvannssjokk" er en mulighet, da levende skjell ble funnet samme sted, men på dypere vann 3 uker tidligere.

Innen det internasjonale overvåkingsprogrammet i regi av ASMO (Assessment and Monitoring Committee, tidligere JMG, - Joint Monitoring Group) under Oslo/Paris kommisjonen, er det 6. - 7. september 1993 samlet inn blåskjell fra Eitrheimsneset, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset (tabell 2, figur 1).

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

Joint Monitoring Programme (JMP) omfatter i tillegg analyser av metaller og klororganiske forbindelser i fisk. Fisken er samlet i september - november, dels i indre del av Sørfjorden (JMP-st. 53B, torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*), dels ved Strandebarm (JMP-st. 67B, torsk, glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*).

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 ganske vanskelig å finne skjell over 4 cm, slik at størrelsesintervallet ofte har blitt 3 - 5 cm. Dette har også vært tilfellet i 1993. Innen JMP samles rutinemessig 50 stk. innen hver av størrelseskategoriene 2 - 3, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene et døgn i vann fra innsamlingsstedet (tømning av tarm) og tas ut av skallene.

Blandprøvene av blæretang (stasjonene B1, B2, B3) har bestått av ca. 5 cm lange skuddspisser (ca. 100 fra ca. 25 individer). Av grisetang (fra og med st. B4 og utover) benyttes ordinært 50 - 100 skuddspisser fra et 20-talls individer, kuttet like under 2. blære ovenfra.

Fiskeprøvene fra 1993 er analysert, dels på individer (12 - 25 stk.), dels på blandprøver av for det meste 5 stk. i 3 - 5 størrelsesgrupper. Nærmere opplysninger om prøvene finnes i tilknytning til resultattabellene i kapittel 4. 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.

JMP-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 bakgrunnsnivå". (Med det upresise begrepet "høyt diffust bakgrunnsnivå" menes "grensen" for verdier som kan registreres utenfor påvirkning fra definerte punktkilder).

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.

For metallanalysene er en innveid subprøve av tint homogenisert 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 grafittovn. 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 referansemateriale.

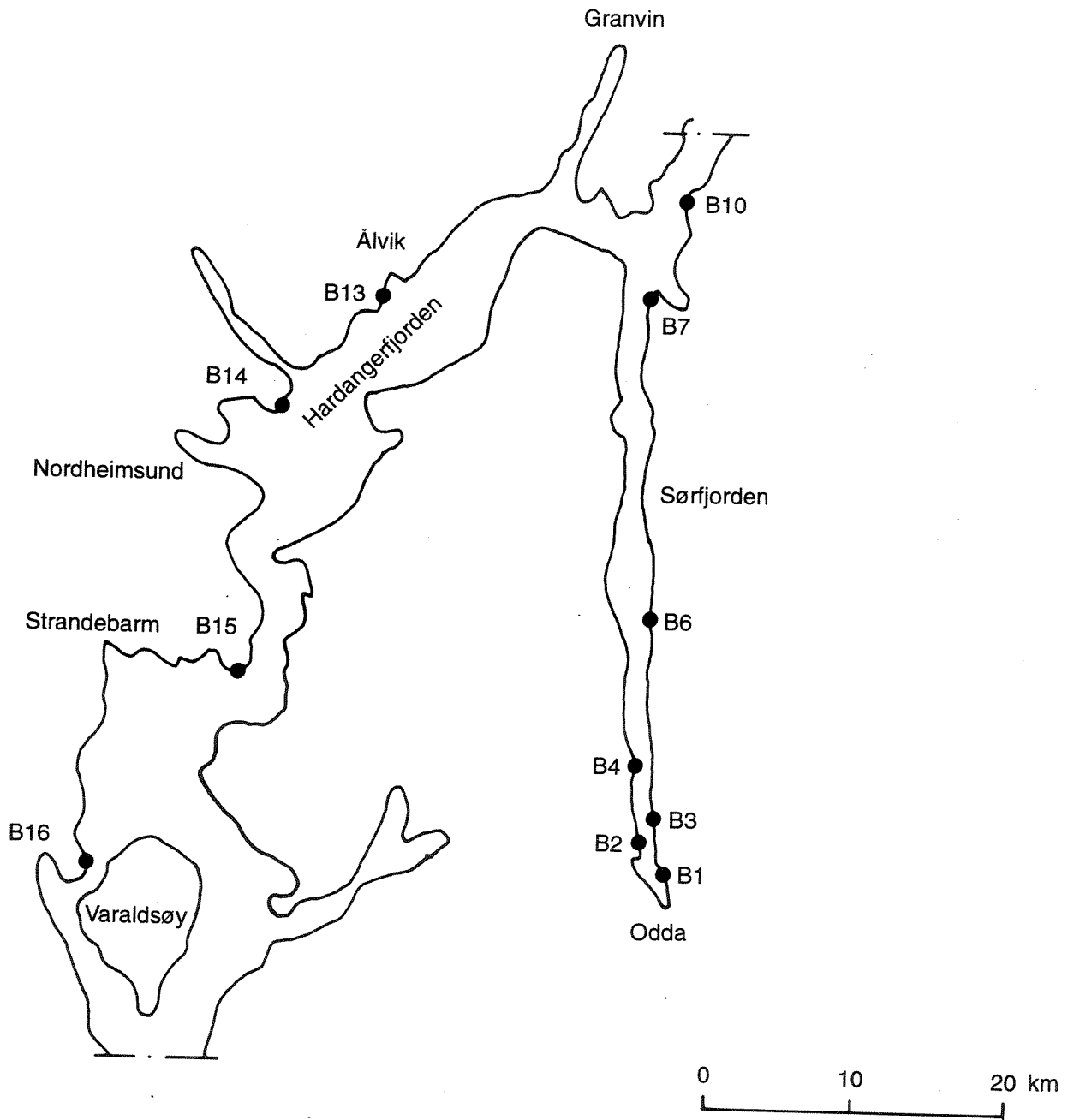
For de klororganiske analysene er vått homogenisert materiale tilsatt PCB 53 som indre standard og ekstrahert to ganger med en blanding av cykloheksan og aceton ved bruk av ultralyd desintegrasjon. Etter vasking av cykloheksan med destillert vann, tørkes ekstraktet og inndampes til tørrhet for fettvektbestemmelse. 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 1993, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (Ikke prøvetatt: *).

STASJONER (JMP)	ADKOMST	CA. AVSTAND FRA ODDA (Km)
St. B 1	Byrkjenes, lite nes N for badestrand	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim, på kommunal betong-pelebrygge	3
St. B 3	Tyssedal, kai ved kraftstasjon	6
St. B 4	Digranes, ved trebrygge	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 (i 1993 ikke blåskjell fra B2, B10, B14 og B16).

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1. Metaller i fisk

Disse analysene er gjort innen JMP (Joint Monitoring Programme) og rådata, detaljopplysninger om prøver m.v. er tilgjengelig fra databasen for dette programmet. Hovedresultatene fra 1993 er fremstilt i tabellene 3 (kvikksølv) og 4 (øvrige metaller), sammen med observasjoner fra tidligere år.

Tabell 3. Kvikksølvkonsentrasjoner i filet av fisk fra indre Sørfjorden (JMP-st. 53B) og Hardangerfjorden ved Strandebarm (JMP-st. 67B) 1984 - 1993, mg/kg våtvekt. Middell av individuelle analyser eller blandprøvedata.

STASJONER/ARTER	1984	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
St. 53B (I. Sørfjord):								
Torsk (<i>Gadus morhua</i>)		0.26	0.11	0.22	0.20	0.24	0.40	0.17/0.14 ¹⁾
Skrubbe (<i>Platichthys flesus</i>)	0.51		0.10	0.13	0.12	0.13	0.12	0.08/0.05 ²⁾
Smørfllyndre (<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>)		0.62						
St. B67 (Strandebarm):								
Torsk (<i>Gadus morhua</i>)		0.14	0.09	0.10	0.16	0.12	0.10	0.11/0.05 ³⁾
Glassvar (<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>)	0.38	0.35	0.33	0.36	0.50	0.10	0.21	0.26/0.11 ⁴⁾

- ¹⁾ Middell/standardavvik for individuelle analyser av 25 eks.. Midlere størrelse/variasjon: 1350 (370 - 4190) g, 48 (34 - 73) cm.
- ²⁾ Middell/standardavvik for 3 blandprøver (størrelseskategorier á 5 eks. Midlere vekt og lengde i blandprøvene: 310/450/610 g, 28/32/35 cm.
- ³⁾ Middell/standardavvik for individuelle analyser av 12 eks. Midlere størrelse/variasjon: 1400 (730 - 2020) g, 51 (41 - 57) cm.
- ⁴⁾ Middell/standardavvik for 5 blandprøver á 5 eks. Midlere vekt og lengde av blandprøvene: 300/370/410/560/620 g, 33/36/38/41/43 cm.

Det man kort kan si om 1993-resultatene er at de for kvikksølv og kadmium i fisk fra indre fjord representerer moderate overkonsentrasjoner, som neppe er av betydning i relasjon til utnyttelse til mat. Forholdene i Sørfjorden er vurdert av Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) siste gang i 1994 (på grunnlag av overvåkingsdata fra 1992), og tidligere kostholdsråd for utnyttelse av fisk er trukket tilbake, mens det fremdeles frarådes å spise blåskjell fra Sørfjorden.

Tabell 4. Metaller i lever av fisk fra Sørfjorden og Hardangerfjorden. JMP-data 1987 - 1993, mg/kg våtvekt. Middelerverdier/standardavvik. i.p.: ingen prøve.

Stasjoner/arter/metaller		1987	1991	1991	1993
53B (I. Sørfjorden)					
Torsk ¹⁾	Cd	1.00/1.22	0.26/0.08	0.31/0.36	0.16/0.21
	Pb	1.23/1.73	0.30/0.07	< 0.17/≈ 0.1	< 0.10/≈ 0.02
	Zn	39.6/29.0	26.6/3.8	33.6/12.5	22.0/8.2
	Cu	13.0/6.1	4.1/1.2	7.4/7.0	7.5/5.9
Skrubbe ²⁾	Cd		2.09/0.97	2.0/0.7	0.66/0.31
	Pb		1.00/0.54	0.56/0.31	0.28/0.26
	Zn		50.9/3.4	52.3/4.7	45.8/5.3
	Cu		15.4/6.7	9.7/3.6	13.8/3.1
67B (Strandebarm)					
Torsk ³⁾	Cd	0.18/0.12	0.10/0.08	< 0.1/≈ 0.1	0.15/0.09
	Pb	0.18/0.18	0.18/0.07	< 0.13/≈ 0.17	0.15/0.14
	Zn	27.2/7.2	27.8/8.5	21.6/11.7	28.3/7.6
	Cu	9.1/4.9	7.8/3.4	6.7/3.9	8.6/2.9
Glassvar ⁴⁾	Cd	0.18 ¹⁾	0.10/0.05	0.12/0.06	0.11/0.03
	Pn	0.11	0.08/0.03	0.06/0.02	0.06/0.02
	Zn	80.5	89.7/17.7	76.4/10.4	78.0/8.0
	Cu	15.3	15.7/4.3	13.1/2.8	13.2/5.0

1) Individuelle analyser av 25 eks. (se nærmere note ¹⁾ til tabell 3).

2) Analyse av 3 blandprøver á 5 eks. Én individuelle analyse viste 2.4 mg Cd/kg, 0.47 mg Pb/kg og 24.2 mg Cu/kg våtvekt.

3) Individuelle analyser av 12 eks. (se nærmere note ³⁾ til tabell 3).

4) Analyse av 5 blandprøver á 5 eks.

Overkonsentrasjonene (dvs. sammenlignet med tilstandskl. I i SFTs klassifiseringssystem, Knutzen et al., 1993a) var i 1993 omlag 2 ganger for **kvikksølv** i torsk fra indre del av fjorden. Tilsynelatende er dette en nedgang fra 1991 - 92, men store individuelle variasjoner kan gi tilfeldige utslag fra ett år til neste, kfr. et standardavvik i samme størrelse som middelerdien. I likhet med tidligere var kvikksølvbelastningen også svakt sporbar i torsk fra Strandebarm (sannsynligvis i noe større grad for glassvar, men her mangler foreløpig referansedata). Det må noteres som interessant at belastningen heller ikke i 1993 har slått ut på kvikksølvinnholdet i skrubbe.

Kadmiumnivået i skrubbe fra indre Sørfjord var lavere enn observert i 1991 - 92 (tabell 4), men fremdeles 3 - 4 ganger høyere enn "antatt høyt bakgrunnsnivå" (kfr. Knutzen og Skei, 1990 og upubliserte JMP-data). Også **bly** og **sink** i skrubbelever viste sannsynligvis noe overkonsentrasjon, men bare i moderat grad (mindre enn 2 ganger ?) og uten praktisk betydning. De øvrige analysene av fiskelever viste små eller ingen utslag av metalltilførsel og variasjonene fra år til år synes mest betinget av individuelle variasjoner. Imidlertid kan sinkinnholdet i glassvar noteres som høyere enn i de andre artene, i likhet med det som også er registrert før (tabell 4).

4.2. Metaller i blåskjell

Rådata på våtvektsbasis finnes i vedleggstabell A1 (eksklusiv JMP-data, som dokumenteres for seg), mens hovedresultatene er oppsummert i tabell 5. Figur 2 - 5 viser også utviklingen fra 1981 - 82.

Tabell 5. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 27/9 (Statlig program) og 6-7/9 (JMP) 1993, sammenlignet med referanseverdier, mg/kg tørrvekt. (Fra Joint Monitoring Program middel av 3 (2) størrelsesgrupper).

Stasjoner	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	27/9	6-7/9	27/9	6-7/9	27/9	6-7/9	27/9	6-7/9	27/9	6-7/9
B1	1.36	-	27.4	-	155	-	208	-	8.6	-
B2 ¹⁾	-	0.37	-	14.7	-	66	-	218	-	8.5
B3	2.02	-	40.0	-	150	-	482	-	11.2	-
B4	0.89	-	15.0	-	60	-	211	-	8.2	-
B6	1.74	1.06	24.7	59.1	110	113	399	435	8.0	9.1
B7	1.15	0.30	21.1	14.3	45	15.5	254	144	7.3	7.0
B13	-	0.15	-	8.0	-	11.0	-	122	-	6.1
B15	-	0.11	-	7.3	-	5.8	-	164	-	6.4
JMP 22 ²⁾	-	0.05	-	0.9	-	1.7	-	109	-	5.7
Ref.verdier ³⁾	0.07/0.03		0.99/0.31		1.36/0.56		119/33		7.1/1.9	

1) Ingen prøve 27/9 pga. bare døde skjell over 0.5 cm.

2) Bømlø (ref. st.) 1993.

3) JMP-verdier fra antatt bare diffust belastede lokaliteter 1990 - 1993. Middel og standardavvik for 175 prøver. NIVA upubl. (under rapportering).

Bortsett fra kvikksølv ble det i 1993 stort sett registrert lavere metallinnhold i blåskjell enn året før (figur 2 - 5), samsvarende med de jevnt over lavere konsentrasjonene i vann (Skei, 1994). Imidlertid var det fremdeles varierende forhold i vann, med til dels vanskelig tolkbare fordelinger langs fjorden, f.eks. for bly (Skei, 1994). For blåskjells vedkommende er det også flere ganger observert lavere konsentrasjoner av kadmium og bly tidligere år (figur 3 - 4). Bare når det gjelder sink, representerer 1993-resultatene de laveste konsentrasjonene som er målt siden 1981 (figur 5).

Det høye kvikksølvinnholdet i skjell samlet inn 27/9 er vanskelig å forklare. På alle stasjonene unntatt B4 Digraneset ses en til dels betydelig oppgang og dertil høyere konsentrasjoner enn på 12 år i skjell fra ytre del av fjorden (stasjon B6, B7). Videre er det sprik mellom observasjonene fra 27/9 på stasjon B7 Krossanes og det som ble målt i materiale innsamlet 3 uker tidligere på samme stasjon. Imidlertid ses at også JMP-prøvene viste høyt kvikksølvinnhold i skjell fra stasjon B6 Kvalnes.

Det er kjent at kvikksølvutslippene fra Norzinks aluminiumfluoridfabrikk på Eitrheimsneset kan variere mye, men utslippet er på ca. 20 meters dyp og skulle ikke påvirke overflatelaget i den grad det dreier seg om her. Vannanalysene i 0 m prøver fra Eitrheimsvågen og havnebassenget (Skei, 1994) viser likevel variasjoner på over en størrelsesorden (< 2 - 35/18 ng/l) og dessuten store forskjeller over korte avstander (f.eks. for de to nevnte stasjoner hhv. 2.5/18.5 ng/l i juni og 35/10 ng/l i desember). Augustverdiene fra overflatevannet i Eitrheimsvågen lå også relativt høyt: 8.5

ng/l, mens det i 10 m ble målt 64 ng/l, som var maksimum av alle prøver i 1993. Fra september foreligger ikke vannanalysedata.

Samlet tyder analysene i vann og blåskjell på at kvikksølvtilførslene ikke er under kontroll, hvilket gir meget varierende grad av overkonsentrasjoner. Blåskjellobservasjonene antyder dessuten at ikke bare opptak, men også utskillelsen kan gå forholdsvis hurtig (i hvert fall delvis), dvs. at halveringstiden for kvikksølv er i størrelsesordenen uker. Formodentlig kan de foretatte forsøk med opptak/utskillelse (eksperimentell del avsluttet, rapporteres for seg) kaste mer lys over dette.

Jevnført med "antatt høyt diffust bakgrunnsnivå" (øvre gr. kl. I i SFTs klassifiseringssystem, Knutzen et al., 1993a), er det observert følgende ca. overkonsentrasjoner i 1993-skjellene fra Sørfjorden:

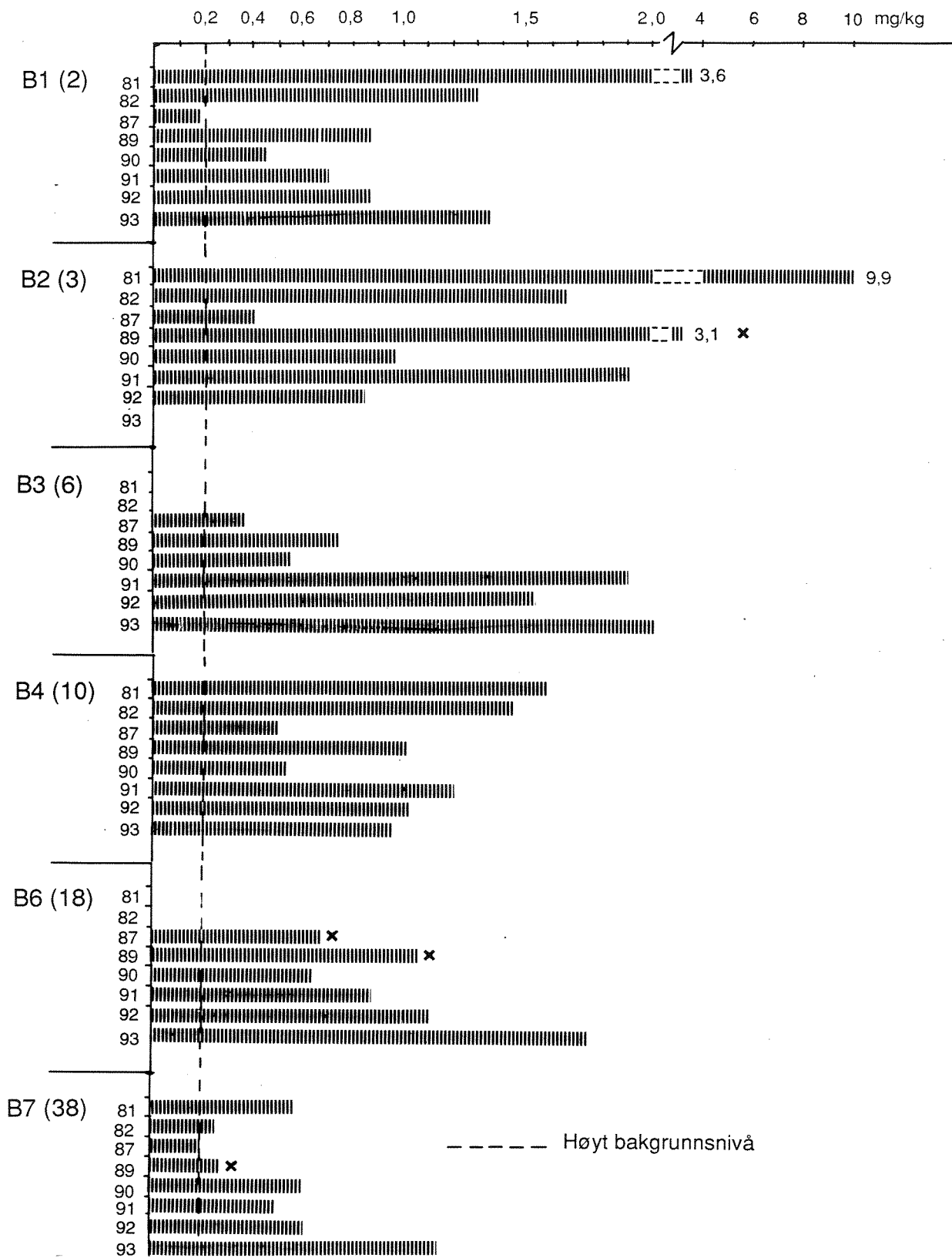
Kvikksølv:	2 - 10	(forurensningsgrad 2 - 4, dvs. "moderat til "sterkt")
Kadmium:	10 - 30	(sterkt til meget sterkt forurenset)
Bly:	10 - 30	(" " " " ")
Sink:	1 - 2.5	(lite til moderat forurenset)
Kobber:	< 1	

I likhet med tidligere lot forurensningen med **bly** og **kadmium** seg spore ut i Hardangerfjorden. Vel 80 km fra Odda (Stasjon B15 Vikingneset) var overkonsentrasjonene 3 - 4 ganger for kadmium og kanskje 2 ganger for bly. (I henhold til upubliserte data fra referansestasjoner innen JMP bør sannsynligvis øvre grense kl. II for bly reduseres fra 5 til 3 mg/kg tørrvekt, kfr. f.eks. målingerne fra JMP st. 22 referert i tabell 5). Derimot lå kvikksølv- og sinkverdiene på omkring høyt bakgrunnsnivå eller under.

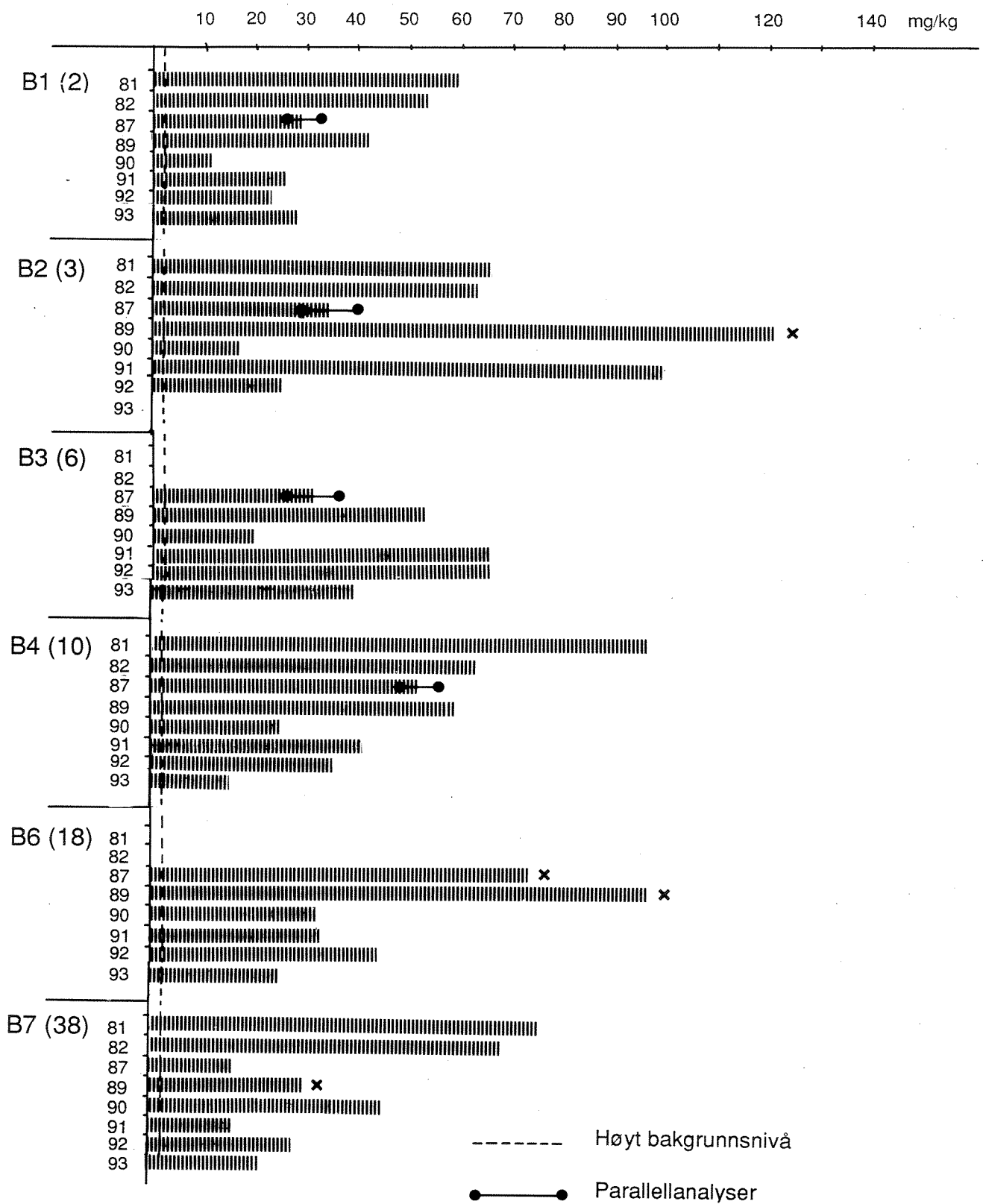
Sammenlignes med senere års observasjoner i Hardangerfjorden (Skei et al., 1990; Knutzen og Skei, 1991; Knutzen et al., 1993, 1994), fremtrer en tendens til bedring i hovedfjorden ut til Vikingneset for kvikksølv, kadmium og sink. Grovt sett har det vært en halvering av disse metaller siden 1989, mens situasjonen i hovedsaken har vært uforandret mht. blyforurensningen. (En grundigere vurdering av dette materialet vil finne sted i forbindelse med rapportering av JMP-data).

Tendensen til nedgang i **kadmium**innholdet (figur 3) gjenspeiler for så vidt at gjennomsnittlig kadmium konsentrasjon i overflatevann var omkring halvert fra 1992 til 1993 (Skei, 1994). Imidlertid illustreres usikkerheten av flere forhold. Bl.a. varierte overflatevannets kadmiuminnhold med mer enn en størrelsesorden på stasjonene ut til Digraneset. Mens vannets midlere konsentrasjon var mer enn 10 ganger høyere innerst enn ytterst og konsekvent avtagende, var det i blåskjell liten forskjell mellom innerste og ytterste stasjon og med maksimum ved Digraneset (tabell 5, figur 3). Det er m.a.o. ikke funnet noe godt samsvar mellom eksponering og akkumulering i skjell.

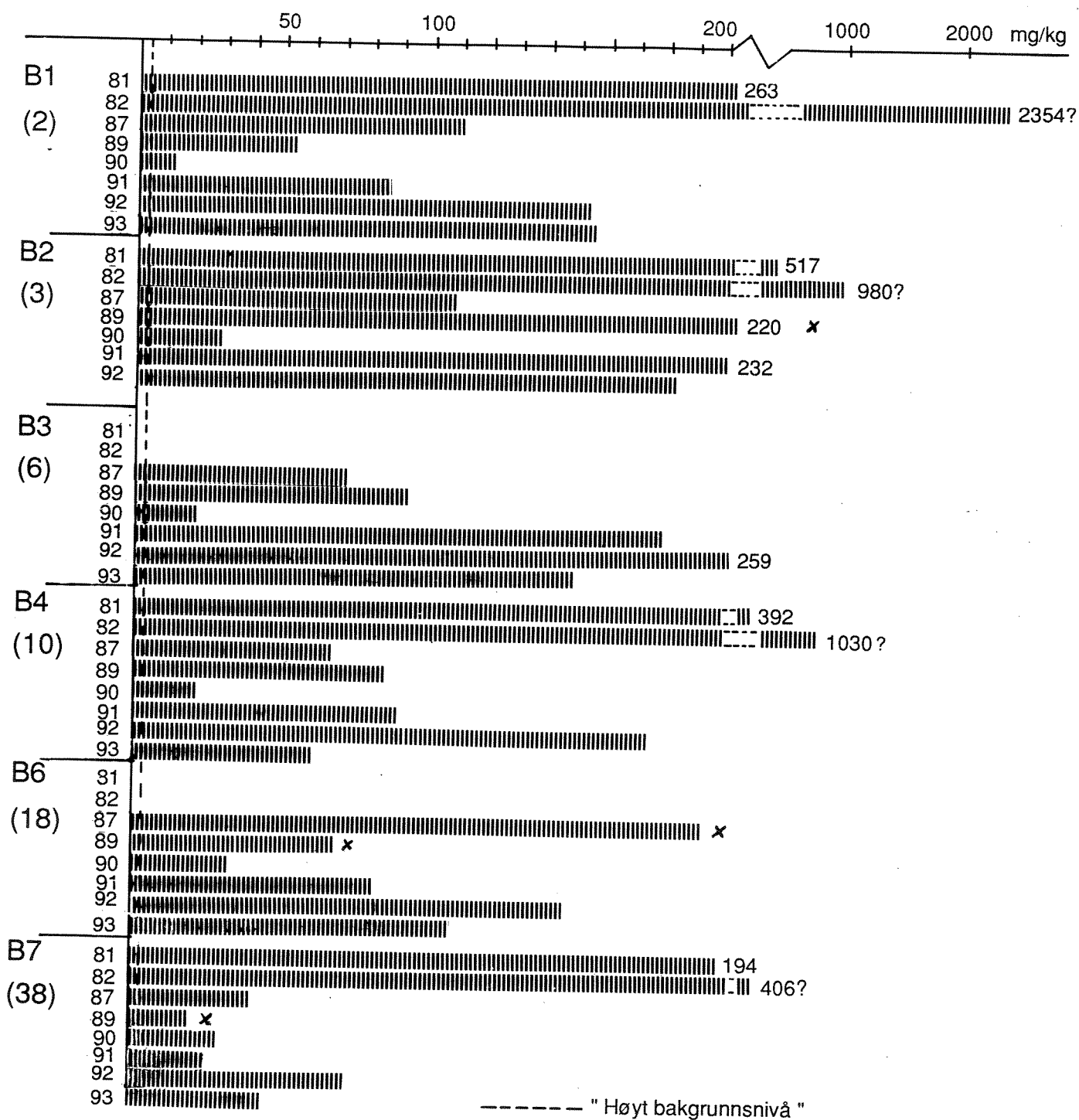
Også for **bly** var det en (usikker) tendens til nedgang unntatt på innerste stasjon (figur 4). Midlere konsentrasjoner i vann fra 0 m viste derimot svak nedgang i indre fjord og bemerkelsesverdig stor oppgang (3 ganger) ved Digraneset og i fjordmunningen (Skei, 1994). Da det foreligger en delvis begrunnet mistanke om at verdiene for bly i vann er misvisende pga. kontaminering ved prøvetaking, har det liten hensikt å relatere blåskjellregistreringene til målingene i vann.



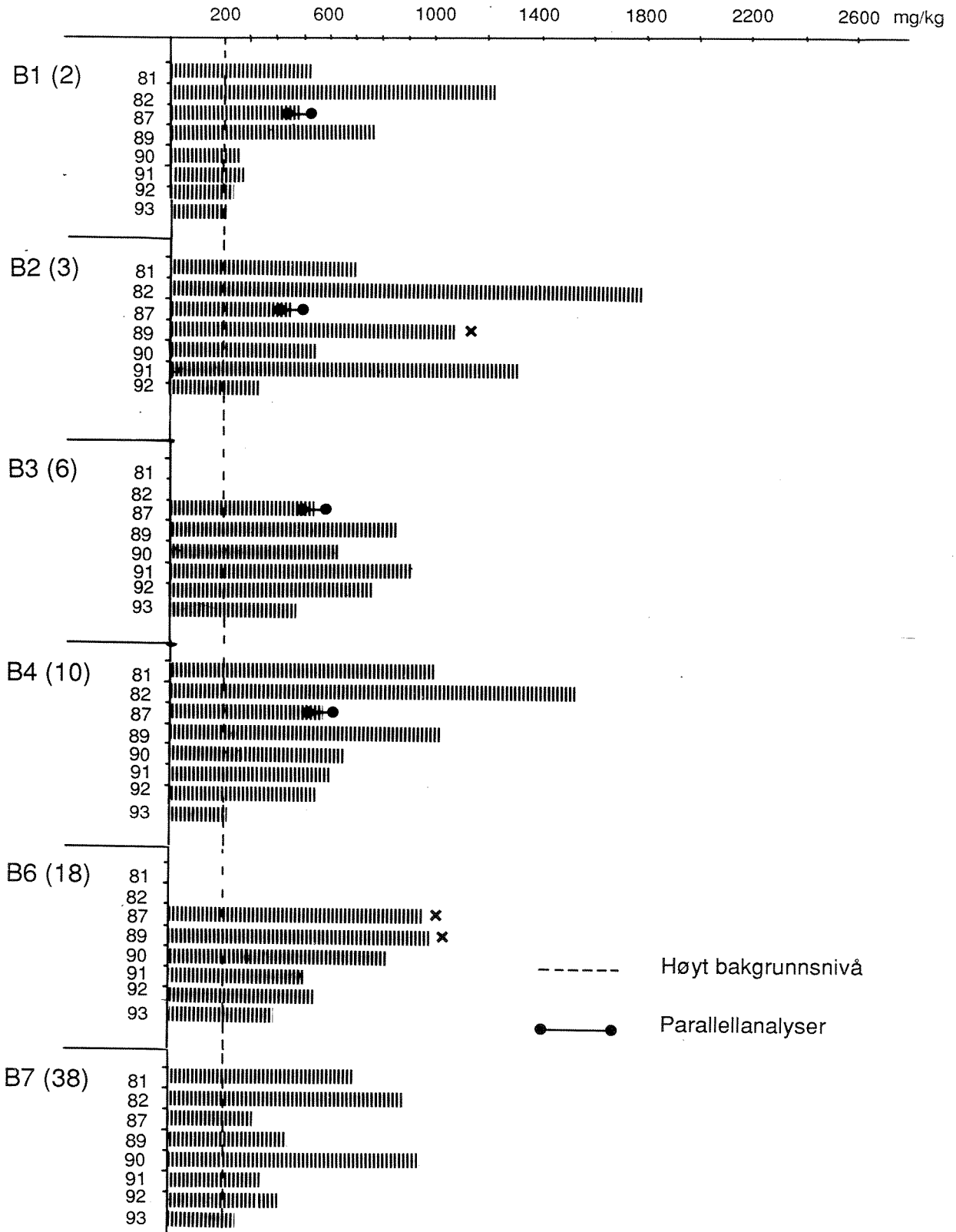
Figur 2. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1993, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: ca. avstand fra Odda i km. X = JMP-data.



Figur 3. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1993, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: ca. avstand fra Odda i km. X = JMP-data.



Figur 4. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981 - 1993, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: ca. avstand fra Odda i km. X = JMP-data.



Figur 5. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981 - 1993, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnummer: ca. avstand fra Odda i km. X = JMP-data.

Analysene på **sink** viste en konsekvent, men delvis bare svak nedgang fra 1992 til 1993 (figur 5). Som man ser av figuren er det imidlertid bare begrenset reduksjon som kan ventes, siden nivåene på de fleste av stasjonene ikke ligger stort over et høyt bakgrunnsnivå (overkonsentrasjoner på 1 - 2.5 ganger, figur 5). Som også nevnt i tidligere rapporter har blåskjell en markert evne til å regulere sinkinnholdet (bl.a. Lobel og Marshall, 1988, med ref.).

Kobberinnholdet viste ingen unormale konsentrasjoner. Dette overensstemmer i hovedsaken med de siste 10 års observasjoner fra Sørfjorden (Julshamn et al., 1985 og overvåkingsdata fra 1987), men det er fra tidligere også eksempler på avstandsgradienter og svake overkonsentrasjoner (< 2 x, Skei et al., 1990; Knutzen og Skei, 1991). Under henvisning til at kobber inngår i det oksygenbærende hemocyanin og til antatte transport- og reguleringsmekanismer (Philips, 1976 a, b), se også Davenport, 1977), reiser Børnes (1994) spørsmålet om bruken av blåskjell til å klassifisere miljø-kvalitet med hensyn på kobber (Knutzen et al., 1993a).

Spørsmålet er berettiget, men svaret er ikke uten videre gitt bare ut fra erfaringer i Sørfjorden. Bryan et al., (1985) gjengir eksempler fra Storbritannia på overkonsentrasjoner på opp til 20 ganger øvre grense for kl. 1 i klassifiseringssystemet, dessuten til ulike erfaringer fra andre undersøkelser. Bryan og medarbeideres tentative konklusjon er at reguleringsevnen gjør blåskjell til en mindre egnet indikator for både kobber og sink ved "moderate" konsentrasjoner. Muligens kan også tilstandsform i vannet og lokale skjellbestanders tilpasning spille en rolle (se refererte resultater fra utsettelsesforsøk hos Bryan et al., 1985). Det som imidlertid synes klart, og som også er blitt påpekt tidligere (Knutzen et al., 1993), er at i Sørfjorden er tang bedre egnet som indikator på kobber enn skjell (se også kapittel 4.3).

Jevnført med overvåkingsdataene fra 1993 fant Børnes (1994) til dels markert lavere innhold av kadmium, bly og (i mindre grad) sink i skjell fra midten av Sørfjorden og utover i Hardangerfjorden. Prøvene til Børnes var fra andre steder, men for en dels vedkommende i sammenlignbare avstander fra Odda. Materialet ble innsamlet til ulike tider i 1992 eller april 1993, men under alle omstendigheter på tidspunkter da de siste tiltakene i Eitheimsvågen ikke var blitt iverksatt (1992-prøvene) eller bare hadde virket over kort tid (prøvene fra april 1993). Både resultatene til Børnes (1994), de store variasjonene over kort tid som antydes ved sammenligning med JMP-data (kfr. tabell 5), den delvis manglende sammenheng med vanndata og endelig vanskelighetene med å relatere svingningene fra år til annet med tilførselstall, viser at man fremdeles er langt fra å overblikke alle faktorer av betydning for skjellenes metallinnhold.

4.3. Metaller i tang

Hovedresultatene fra tanganalysene ses av tabell 6 nedenfor og figur 6 - 10, mens data for et par metaller av mer generell interesse (krom, nikkel) bare er gjengitt i vedleggstabell A1.

Tabell 6. Kvikksølv, kadmium, bly, sink og kobber i blåretang (*Fucus vesiculosus*, st. B1 - B3) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*, st. B4 - B7) fra Sørfjorden 27/9 1994, mg/kg tørrvekt.

Stasjoner	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	% tørrv.
B1 Byrkjenes	0.29	6.6	10.8	693	10.9	34.7
B2 Eitrheim	0.53	6.0	22.6	754	144.0	29.0
B3 Tyssedal	0.38	7.3	5.8	964	28.8	28.0
B4 Digranes	0.25	3.7	1.7	666	7.4	42.5
B6 Kvalnes	0.21	5.4	2.1	768	9.6	39.1
B7 Krossanes	0.08	2.2	0.7	441	3.7	39.5

I sammenligning med øvre grense for tilstandsklasse I i SFTs klassifiseringssystem (Knutzen et al., 1993a), representerer tallene i tabell følgende ca. overkonsentrasjoner i intervallene:

Hg:	≈ 2 - 10	(forurensningsgrad 2 - 4, dvs. "moderat" til "sterkt")
Cd:	≈ 2 - 5	("moderat" til "markert" forurenet)
Pb:	< 1 - 8	(lite til sterkt forurenet)
Zn:	≈ 2 - 5	(moderat til markert forurenet)
Cu:	< 1 - 15	(lite til sterkt forurenet)

I likhet med blåskjell viste også tang markert oppgang i **kvikksølv**innholdet fra 1992 til 1993 (figur 2 og 6). Dette er i motsetning til det som vannanalysene generelt antyder (Skei, 1994). For **kadmium** viste tangresultatene jevnt over nedgang (figur 7), omtrent som for blåskjell (figur 3), men tendensen til bedring var ikke så klar som ut fra målingene i vann. I betraktning av at blåskjell viste nærmest samme tilstand eller svak bedring (figur 4) er økningene i tangens **bly**innhold på de tre innerste stasjonene (figur 8) noe bemerkelsesverdig. For **sink** viste både tang (figur 9) og blåskjell (figur 5) en viss (usikker) tendens til nedgang, samsvarende med (de noe ujevne) resultatene fra vannanalysene (Skei, 1994).

Kobberpåvirkningen er som man ser lokal og særlig høy ved Eitrheim (figur 10), mens det for de øvrige metaller er registrert en mer langtrekkende effekt (bare delvis for bly). Den lokalt ekstreme belastningen ved st. B2 har vedvart i flere år, men uten at årsaken er oppklart. Målinger i blåskjell fra Eitrheim har hverken i 1993 eller tidligere avslørt lokal kobbertilførsel. Selv om kobberutslipp også kan gi tydelige utslag i blåskjell, bedømmer Bryan et al. (1985) tang til å være generelt bedre egnet som indikator.

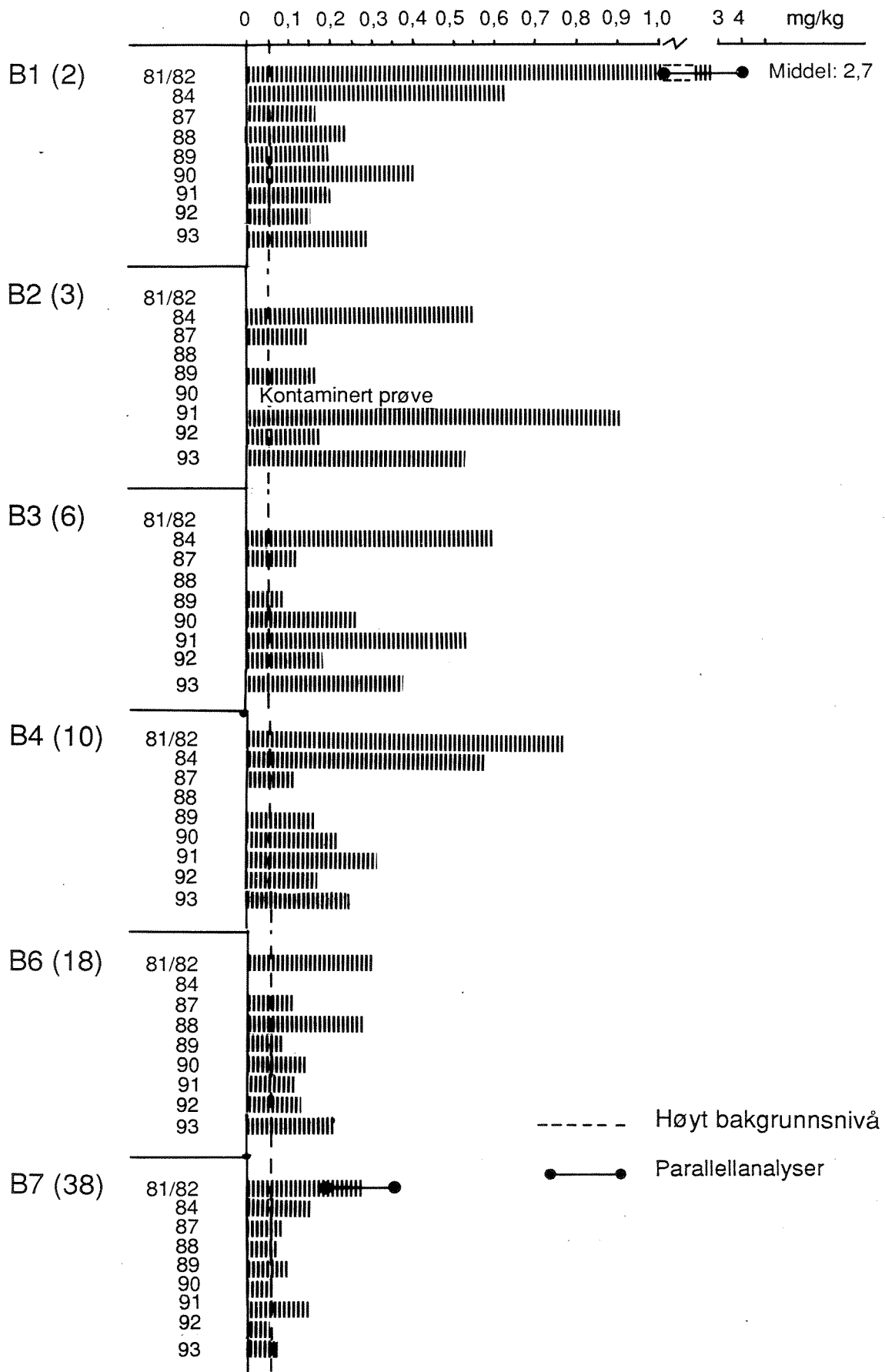
Kvikksølv- og **kadmium**verdiene viser - i likhet med blåskjellanalysene - overkonsentrasjoner ved fjordmunningen og dermed en tydelig påvirkning av hovedfjorden. Imidlertid var overkonsentrasjonene av kadmium langt fra så høye som i blåskjell.

Tangens **bly**innhold viste heller ikke samme grad av forurensning som i blåskjell. Likeledes avtok påvirkningen tilsynelatende raskere utover i fjorden, med "normalkonsentrasjoner" fra st. B4 Digranes og utover (figur 8).

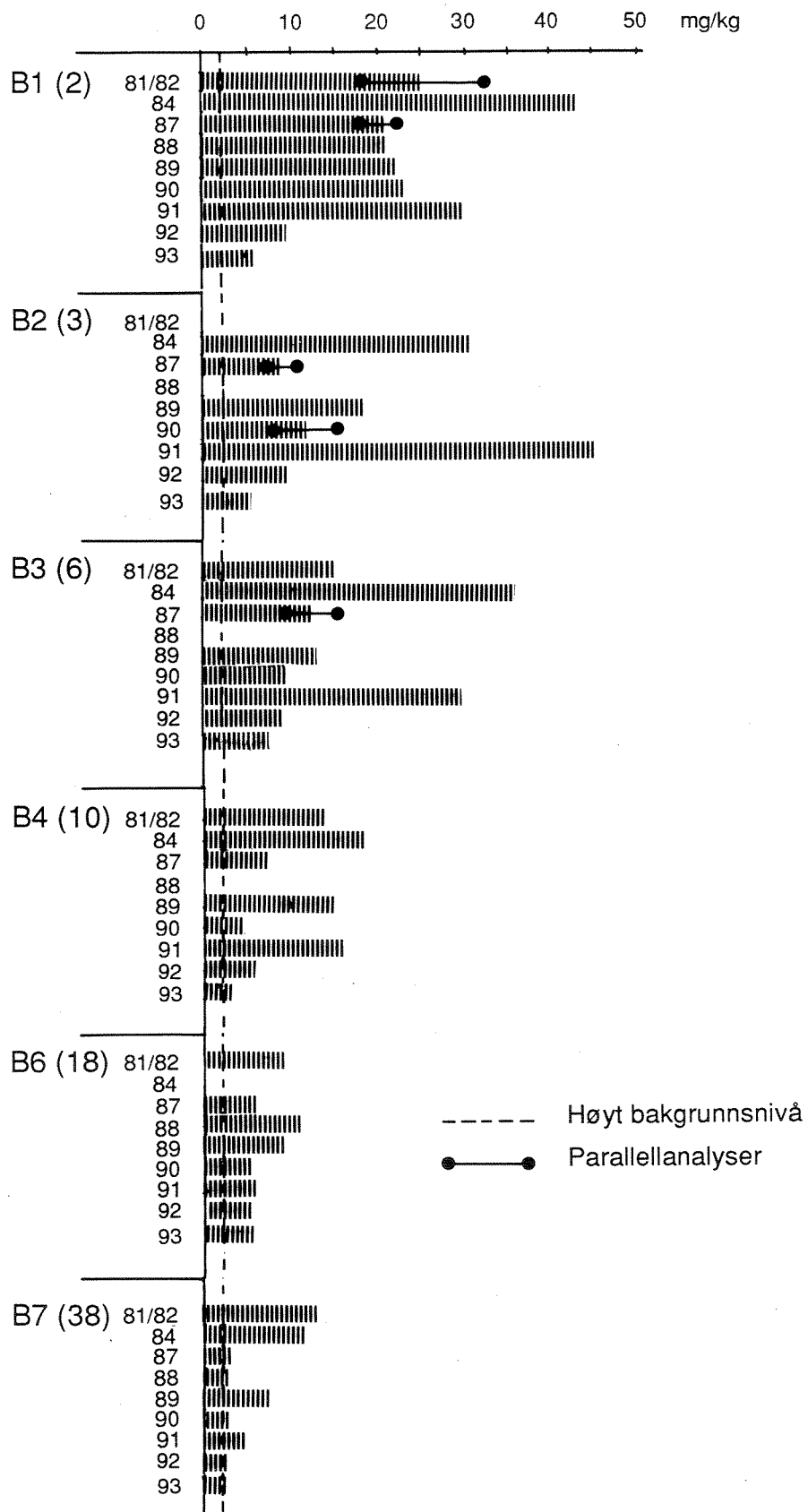
Sinkpåvirkningen i tang var noe større enn i blåskjell og ga bl.a. tydeligere indikasjon på sinktransport ut i hovedfjorden (vel det dobbelte av antatt høyt bakgrunnsnivå på ytterste stasjon,

kfr. figur 9).

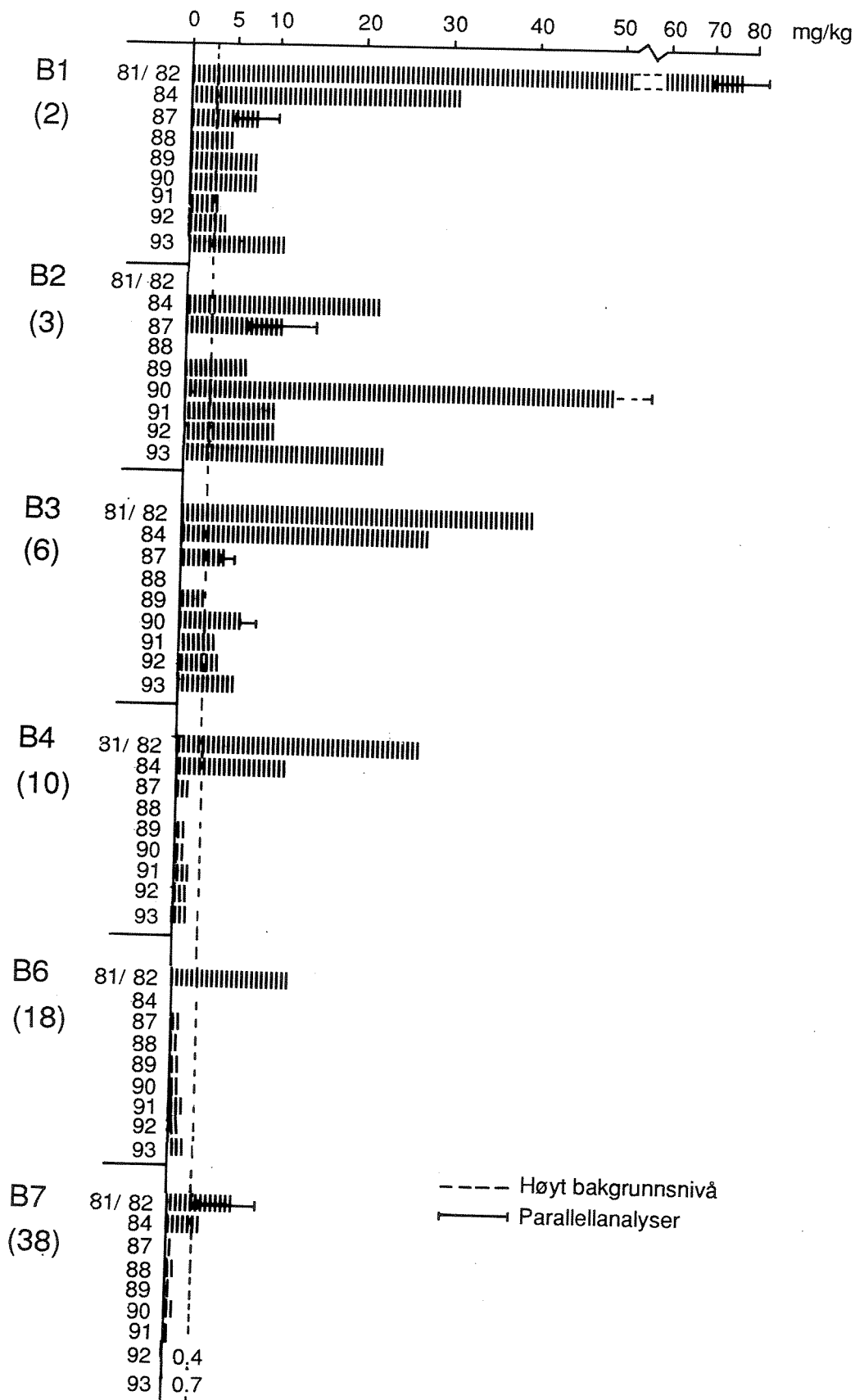
Alt i alt peker forholdet mellom tangs og blåskjells metallinnhold i samme retning som tidligere observert i Sørfjorden (bl.a. Knutzen et al., 1991, 1994), dvs. at blåskjell er bedre som indikator særlig for bly, men også for kadmium og muligens for kvikksølv, mens tang er bedre egnet for sink og særlig kobber.



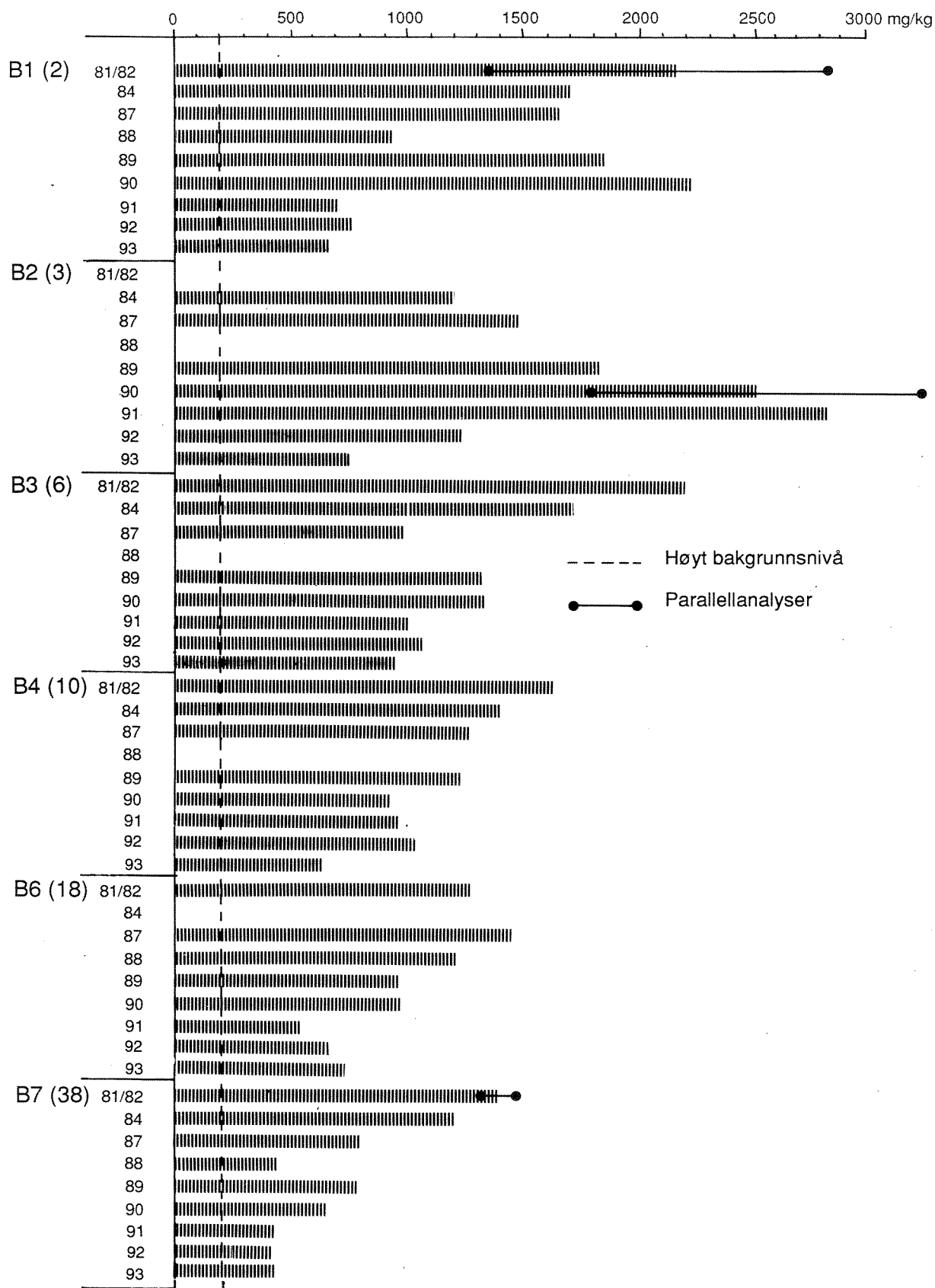
Figur 6. Kvikksølv i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1993 mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: ca. avstand fra Odda i km.



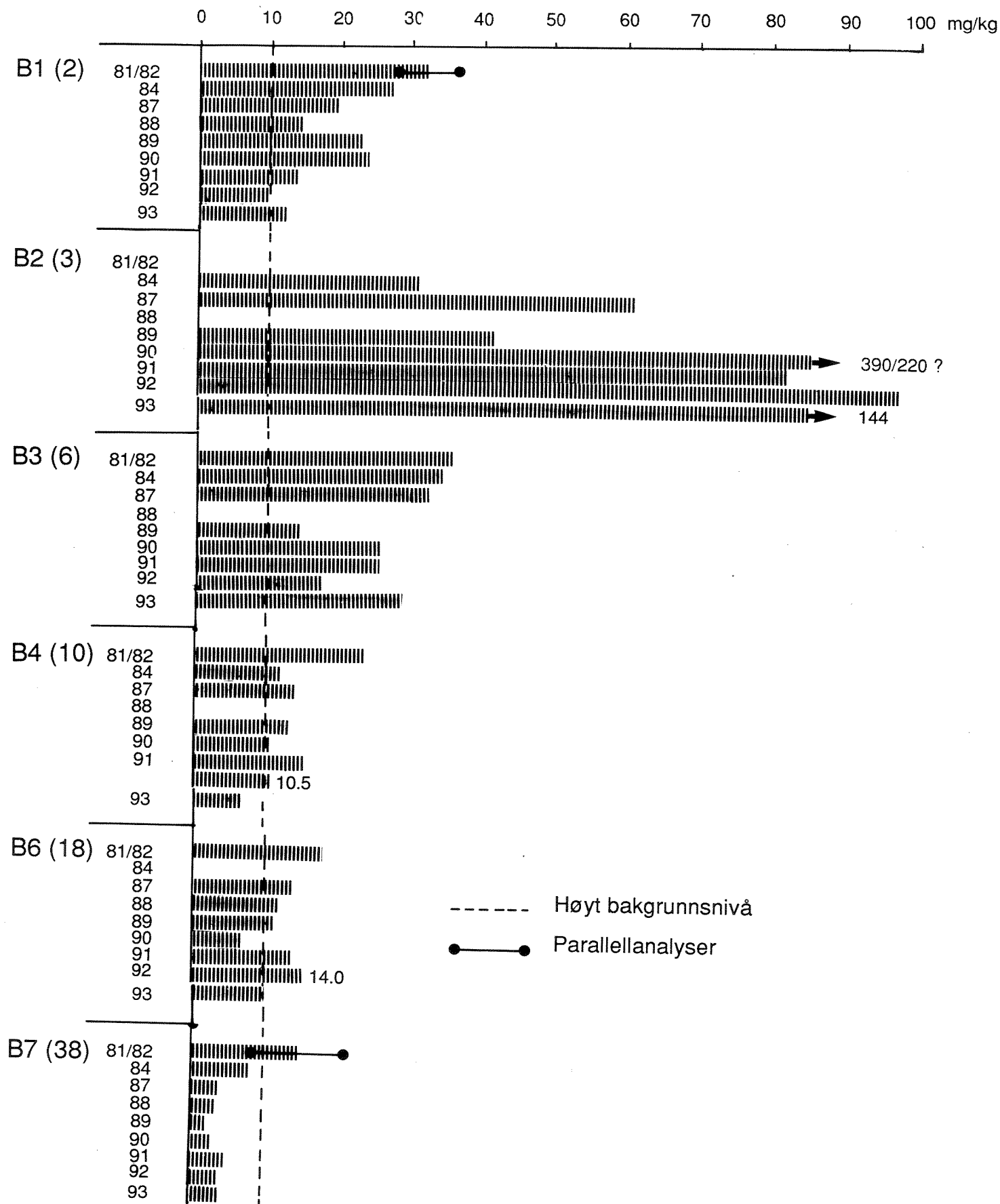
Figur 7. Kadmium i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1993 mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: ca. avstand fra Odda i km.



Figur 8. Bly i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørfjorden 1981 - 1993 mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: ca. avstand fra Odda i km.



Figur 9. Sink i blæretang (st. B1 - B3) og grisetang fra Sørkjolen 1981 - 1993 mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: ca. avstand fra Odda i km.



Figur 10. Kobber i blæretang (st. B1 - B3) og grisjetang fra Sørfjorden 1981 - 1993 mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: ca. avstand fra Odda i km.

4.4. Klororganiske stoffer i fisk

Hovedresultatene fra det felles internasjonale overvåkingsprogrammet under Oslo/Paris-kommisjonene (Joint Monitoring Program - JMP) ses av tabell 7. (Resultatene dokumenteres og behandles mer i detalj ved JMP-rapporteringen).

Verdiene for Σ DDE + DDD viser omkring en fordobling av antatt høyt diffust bakgrunnsnivå i lever av torsk både fra indre Sørfjorden og fra Strandebarm i Hardangerfjorden, ubetydelig høyere på sistnevnte innsamlingssted. Etter SFTs klassifiseringssystem (Knutzen et al., 1993a) tilsvarer dette en moderat grad av forurensning. DDT-påvirkningen gjenspeiles antagelig også i glassvarlever (kfr. den svakt høyere verdien på fettbasis sammenlignet med i torsk), men her må tas forbehold for manglende referanseverdier i denne arten. Derimot ble det hverken i lever av skrubbe fra indre Sørfjorden eller i filetprøvene av torsk/glassvar funnet konsentrasjoner over antatt høyt "normalnivå".

Tabell 7. Nedbrytningsprodukter av DDT og Σ PCB₇ (nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) i fisk fra indre Sørfjorden (JMP-stasjon 53B) og Hardangerfjorden ved Strandebarm (JMP-stasjon 67B) sept. - nov. 1993, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt og $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett. Middelerverdier/standardavvik fra individuelle analyser (torsk) eller 5 blandprøver av for det meste 5 fisk i ulike størrelseskategorier.

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis			Fettbasis ¹⁾		
	DDE	DDD	Σ DDE + DDD	Σ PCB ₇	Σ DDE + DDD	Σ PCB ₇
Indre Sørfjord						
Torsk, lever ²⁾	312/412	47/63	359/474	< 345/359	835	< 800
" filet ³⁾	2.2/1.3	0.4/0.2	2.6/1.5	< 1.9/≈ 1.4	743	< 543
Skrubbe, lever ⁴⁾	31.7/20.7	6.7/4.0	38.3/24.7	< 79/≈ 80	244	< 503
" filet ⁵⁾	2.4/2.7	0.5/0.4	2.8/3.1	< 2.7/≈ 2.8	560	< 540
Strandebarm						
Torsk, lever ⁶⁾	423/180	57/18	479/197	< 221/≈ 57	994	< 459
" filet ⁷⁾	1.0/-	0.2/-	1.2/-	< 0.6/-	429	< 214
Glassvar, lever ⁸⁾	159/27	18/7	177/33	< 100/≈ 28	1056	< 597
" filet ⁸⁾	1.5/1.2	< 0.3/≈ 0.2	≈ 1.7/≈ 1.4	< 0.6/-	≈ 820	< 316

1) Beregnet fra midlere konsentrasjoner og fettprosent.

2) Ind. analyser av 25 eks. Midlere størrelse variasjon: 1350 (370 - 4190) g, 48 (34 - 73) cm. Variasjon i Σ DDE + DDD og Σ PCB₇ hhv. 23 - 1708 og 27 - 1950 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv.

3) 5 bl.pr. (størrelseskategorier á 5 eks. Midlere lengde 37/41/44/51/64 cm.

4) 3 bl.pr. (størrelseskategorier) á 5 eks. Midlere lengde 29/32/35 cm.

5) 3 bl.pr. á 5 eks.

6) Ind. analyser av 12 eks. Midlere størrelse/variasjon: 1400 (730 - 2020) g, 51 (41 - 57) cm. Variasjon i Σ DDE + DDD og Σ PCB₇ hhv. 252 - 850 og 160 - 360 $\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.

7) 2 bl.pr. á 5 eks. Midlere lengde 50/54 cm.

8) 5 bl.pr. á 5 eks. Midlere lengde 33/36/38/41/43 cm.

1993-konsentrasjon av Σ DDE + DDD i lever av torsk fra indre Sørfjorden er den laveste som er registrert (kfr. Knutzen og Skei, 1991; Knutzen et al., 1993, 1994). Imidlertid er det store individuelle variasjoner (kfr. standardavvik høyere enn middeler verdien i tabell 7). Årsaken til slike

variasjoner må bl.a. søkes i ulike vandringshistorier hos de fangne eksemplarer av fisk.

Målingene av PCB viste moderate nivåer - under øvre grense for kl. I i SFTs klassifiseringssystem (Knutzen et al., 1993), både i torsk og skrubbe fra indre Sørfjorden. Tidligere er det blitt registrert til dels betydelige overkonsentrasjoner i begge arter (Knutzen og Skei, 1991, Knutzen et al., 1994).

4.5. Klororganiske stoffer i blåskjell

Resultatet av målingene på innholdet av Σ DDT og Σ PCB₇ i blåskjell er gjengitt i tabell 8, mens rådata fra Sørfjordovervåkingen ses av vedleggstabell A2. (JMP-data dokumenteres som nevnt for seg). Utviklingen av blåskjells innhold av DDT/DDE/DDD fra 1991 fremgår av figur 11 og mer detaljert av tabell 9.

Også i 1993 var skjellene fra St. B6 Kvalnes sterkt DDT-forurensset (kl. 4 i SFTs klassifiseringssystem), med overkonsentrasjon på mer enn 10 ganger (tabell 8, data fra 27/9-93). Det er ikke funnet noen forklaring på at JMP-prøven fra samme stasjon 3 uker tidligere bare indikerte overkonsentrasjon på 5 ganger. Samme forskjell ble registrert i 1992 på st. B6, mens det har vært bedre samsvar mellom resultatene fra de to analyseseriene for de mindre belastede områdene. Det vanligvis relativt lave bidraget av morsubstansen DDT til Σ DDT (tabell 9) kan heller ikke gi noen indikasjon på hva uoverensstemmelsen kan skyldes.

Svakere overkonsentrasjoner er observert både innover og utover i fjorden, klartest ved st. B4 Digranes.

PCB-analysene ga bare klar overkonsentrasjoner i blåskjellene fra st. B3 Tyssedal. Med et ca. forhold på 2 mellom tot. PCB etter gammel metodikk (som klassifiseringssystemet til SFT er basert på) og Σ PCB₇ (NIVA, upubl.) fås en overkonsentrasjon i Tyssedal-skjellene på omkring 2 ganger. De øvrige stasjonene viste nærmest uvanlig lav belastning (sammenlignet med data fra JMP-referanse-stasjonene som er under rapportering).

PCB-kontaminering i skjellene fra st. B3 har gått igjen siden den første gang ble påvist i 1987 (Skei et al., 1989). Analyser av sediment og mistenkte transformatoroljer i 1990 ga ingen oppklaring av spørsmålet om kilder (Skei og Klungøy, 1990). Det bør vurderes å gjøre nye analyser av gruntvannsedimenter i den umiddelbare nærhet av blåskjellstasjonen.

Den mer langtrekkende DDT-forurensningen med en formodet kilde omkring midtfjords har også holdt seg på omlag samme nivå siden den ble kjent i 1990 (Knutzen og Skei, 1991 og figur 11; for nærmere detaljer tabell 9). Et unntak fra dette er den betydelig nedgangen i 1993 på st. B7 Krossanes (figur 11), som også ble observert innen JMP. Siden spørsmålet om kilde(r) ikke er avklart, kan det ikke sies noe om årsaken til denne (tilsynelatende?) lokale bedringen.

Tabell 8. DDT med nedbrytningsprodukter og Σ PCB₇ i blåskjell fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 6-7/9 (JMP) og 27/9 1993, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. For JMP-stasjoner middel av 2 - 3 størrelsesgrupper. i.a.: ikke analysert.

Stasjoner	Dato	DDT	DDE	DDD	Σ DDT I 1)	Σ DDT II 2)	PCB ₇ 3)	% tørrv.	% fett
B1 Byrkjenes	27/9	0.1	2.5	1.0	3.6	-	1.4	11.8	1.3
B2 Eitrheim	6/9	i.a.	3.2	1.9	-	5.1	< 1.4	12.4	1.4
B3 Tyssedal	27/9	< 0.1	1.8	1.0	2.9	-	10.6	11.9	1.4
B4 Digranes	27/9	1.6	4.9	2.8	9.3	-	1.6	13.5	1.5
B6 Kvalnes	6/9	i.a.	4.6	5.0	-	9.6	< 0.9	9.7	0.8
" "	27/9	0.3	15.5	8.7	24.5	-	0.9	12.1	1.1
B7 Krossanes	7/9	i.a.	2.3	0.9	-	3.2	< 0.6	12.9	1.2
" "	27/9	0.1	2.2	1.3	3.6	-	1.4	13.1	0.9
B13 Ranaskjær	6/9	i.a.	1.4	1.0	-	2.4	< 0.6	15.4	1.4
B14 Vikingneset	7/9	i.a.	0.9	0.7	-	1.6	< 0.5	14.8	1.4

1) DDT + DDE + DDD, evt. medregnet 1/2 deteksjonsgr.

2) DDE + DDD, evt. medregnet 1/2 deteksjonsgr.

3) Sum av PCB nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.

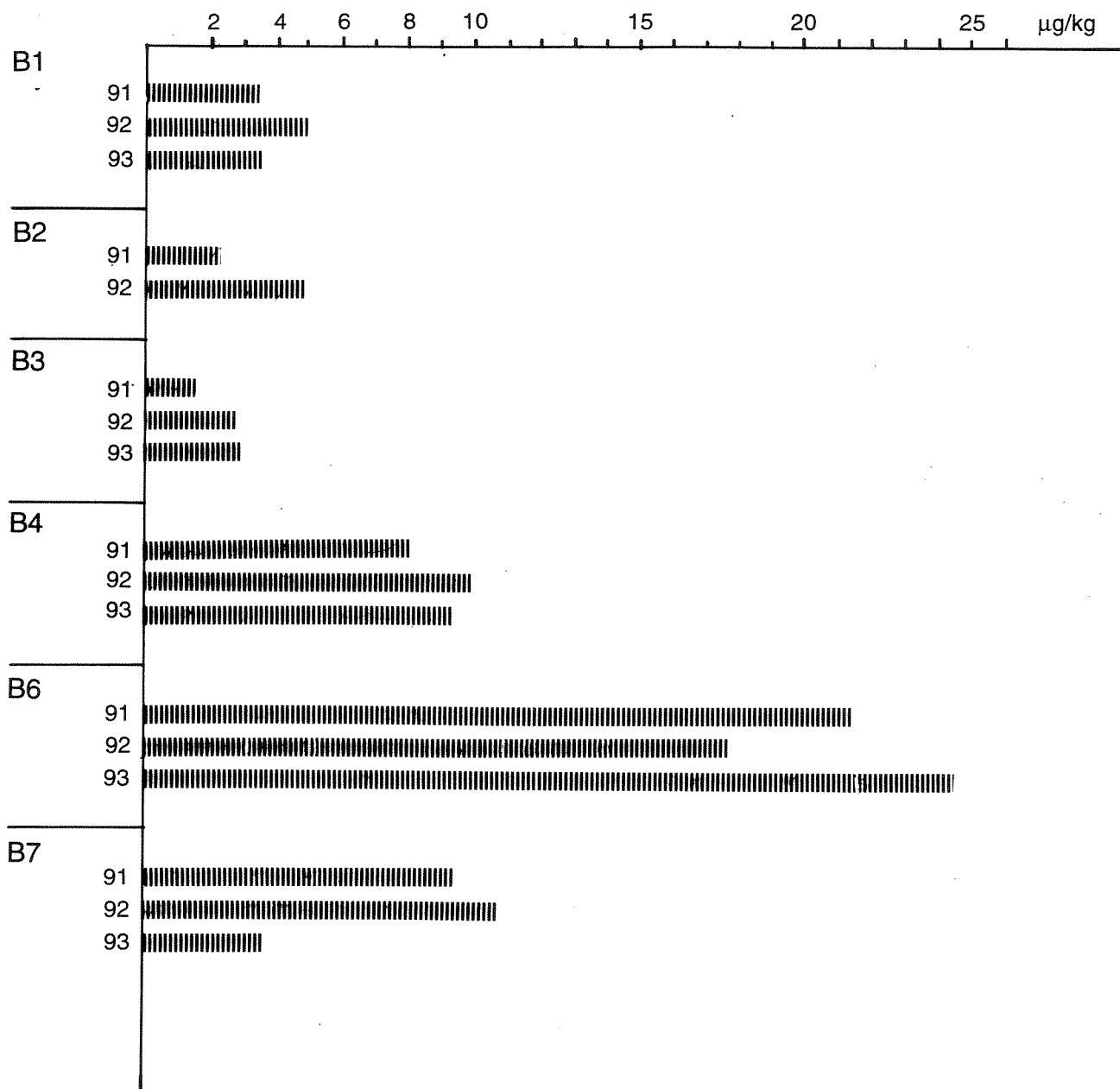
Tabell 9. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991 - 1993, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (I parentes: % av Σ DDT).

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT ¹⁾
St. B1	1991	0.7 (20)	2.0 (60)	0.7 (20)	3.4 ¹⁾
	1992	< 0.2 (\approx 2)	2.3 (56)	1.7 (42)	4.9
	1993	0.1 (\approx 3)	2.5 (69)	1.0 (28)	3.6
St. B2	1991	0.1 (4)	1.5 (62)	0.8 (34)	2.4 ¹⁾
	1992	< 0.2 (< 2)	2.5 (51)	2.3 (47)	4.9
	3)				
St. B3	1991	0.1 (\approx 6)	1.0 (63)	0.5 (31)	1.6 ¹⁾
	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
St. B4	1991	1.4 (18)	4.1 (51)	2.5 (31)	8.0 ¹⁾
	1992	< 0.2 (\approx 1)	4.8 (48)	5.1 (51)	10.0
	1993	1.6 (17)	4.9 (53)	2.8 (30)	9.3
St. B6	1991	4.7 (22)	10.7 (50)	6.0 (28)	21.4 ¹⁾
	1992	0.5 (3)	7.8 (44)	9.4 (53)	17.7
	1993	0.3 (1)	15.5 (63)	8.7 (36)	24.5
St. B7	1991	1.9 (20)	5.7 (61)	1.8 (19)	9.4 ¹⁾
	1992	< 0.2 (\approx 1)	5.6 (52)	5.0 (47)	10.7
	1993	0.1 (\approx 3)	2.2 (61)	1.3 (36)	3.6

1) Ved summering regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

2) Feil sum angitt i Knutzen et al. (1993).

3) Ikke observert (ingen levende skjell over 0.5 cm ned til ca. 1,5 m).



Figur 11. Σ DDT i blåskjell fra Sør fjorden 1991 - 1993, µg/kg våtvekt. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD i 1993, se tabell 9.

Av tabell 9 fremgår at den mest fremtredende bestanddel av Σ DDT stort sett har vært DDE, i et par tilfeller DDD. Den relative forekomst av morsubstansen DDT har ofte vært mindre enn 5%, men sporadiske 15 - 20%. Den klare dominansen av nedbrytningsproduktene tyder på at eventuelle ferske tilførsler er små. Hvis så, er det en langtidseffekt av gamle utslipp som overvåkes. På den annen side er det da bemerkelsesverdig at forurensningene ikke er blitt mer spredd, men tvert imot i flere år vært konsekvent størst på st. B6, Kvalnes.

Alle de øvrige analyserte klororganiske forbindelser (Heksaklorbenzen, Lindan, m.fl.) viste bare lave verdier i blåskjell (vedleggstabell A2).

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 effects 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.
- Julshamn, K., K.-E. Slinning, H. Haaland, B. Bøe og L. Føyn, 1985. Analyse av sporelementer og klorerte hydrokarboner i fisk og blåskjell fra Hardangerfjorden og tilstøtende fjordområder høsten 1983 og våren 1984. Fiskeridirektoratet. Rapporter og meldinger 6/85, 38 s. + vedlegg.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602 (l.nr. 2540), 139 s. ISBN 82-577-1855-6.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1991. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1990. Rapport 467/91 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2634), 63 s. ISBN 82-577-1985-4.
- Knutzen, J., B. Rygg og I. Thelin, 1993a. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkning av miljøgifter. SFT-rapport TA-923/1993, 20 s. ISBN 82-7655-103-3.
- Knutzen, J., F. Moy og B. Rygg, 1993b. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer, bløtbunnsfauna og gruntvannssamfunn. Rapport 501/92 innen Statlig program for forurensning-overvåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2847), 66 s. ISBN 82-577-2232-4.
- Knutzen, J., J. Beyer, A. Goksøyr, N. Green, K. Hylland, E. Egaas, M. Sandvik og J.U. Skåre, 1994. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden. Delrapport 2 Miljøgifter i organismer og biomarkører for miljøgifter. Rapport 552/94 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3038), 54 s. ISBN 82-577-2491-2.
- 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.
- Phillips, 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.

- Phillips, 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 mussels to those discharged by industry. *Mar. Biol.* 38: 71-80.
- Skei, J., 1994. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1993. Delrapport 1. Vannkjemi. Rapport 564/94 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3068), 28 s. ISBN 82-577-2526-9.
- Skei, J. og J. Klungsøyr, 1990. Kartlegging av PCB i sedimenter fra indre Sørfjorden. NIVA-rapport O-90180 (l.nr. 2528), 16 s. ISBN 82-577-1842-4.
- Skei, J., J. Knutzen og K. Næs, 1989a. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987 - 1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2227), 132 s. ISBN 82-577-1522-0.
- Skei, J., J. Knutzen, F. Moy og N. Green, 1990. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1988 - 1989. Rapport 406/90 innen Statlig program for forurensnings-overvåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2435), 75 s. ISBN 82-577-1763-3.

VEDLEGG

**Rådata for metaller og klororganiske stoffer
i blåskjell og metaller i tang.**

Tabell A1. Analyse av metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) og blæretang/grisetang (*Fucus vesiculosus* st. B1 - B3 og *Ascophyllum nodosum* st. B4 - B7) fra Sørfjorden 27/9 1993.

ANALYSERESULTATER fra NIVAS LIMS.

Rapportert: 27/06-94

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m. rapporterings-dato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr

Kontaktperson : SKB Prosjektnr : O 800309 stikkord : Sørfjorden
 Rekvisisjonsnr: 1994-00368 Godkjent av: EIR Godkjent dato: 940624
 Rekvisisjon registrert : 940310

Analysevariabel		Cd-B	Cr-B	Cu-B	Hg-B	Ni-B	Pb-B	Zn/fl-B	%
Enhet ==>		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	tørrv.
Metode ==>		E2	E2	E2	E4-2	E2	E2	E1	
PrNr PrDato Merking									
001 930927 B1 Byrkjenes blåskjell		3.23	0.10	1.01	0.16	0.07	18.3	24.6	11.8
002 930927 B3 Tyssedal blåskjell		4.75	0.25	1.33	0.24	0.13	17.8	57.3	11.9
003 930927 B4 Digraneset blåskjell		2.03	0.13	1.10	0.12	0.08	8.18	28.5	13.5
004 930927 B6 Kvalnes blåskjell		2.99	0.19	0.97	0.21	0.15	13.3	48.2	12.1
005 930927 B7 Krossanes blåskjell		2.76	0.18	0.96	0.15	0.18	5.89	33.3	13.1

PrNr 001 RESULTATER BLÅSKJELL: µg/g VÅTVEKT.

Kontaktperson : SKB Prosjektnr : O 800309 stikkord : Sørfjorden
 Rekvisisjonsnr: 1994-00369 Godkjent av: EIR Godkjent dato: 940624
 Rekvisisjon registrert : 940310

Analysevariabel		Cd-B	Cr-B	Cu-B	Hg-B	Ni-B	Pb-B	TTS/%	Zn/fl-B
Enhet ==>		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	%	µg/g
Metode ==>		E2	E2	E2	E4-2	E2	E2	B3	E1
PrNr PrDato Merking									
001 930927 B1 Byrkjenes blæretang		6.61	0.39	10.9	0.29	2.10	10.8	34.7	693
002 930927 B2 Eitrheimsnes blæret.		6.03	0.52	144	0.53	1.36	22.6	29.0	754
003 930927 B3 Tyssedal blæretang		7.25	0.39	28.8	0.38	2.27	5.76	28.0	964
004 930927 B4 Digraneset grisetang		3.74	0.19	7.39	0.25	0.70	1.74	42.5	666
005 930927 B6 Kvalnes grisetang		5.40	0.18	9.55	0.21	1.49	2.09	39.1	768
006 930927 B7 Krossanes grisetang		2.23	0.17	3.67	0.08	0.92	0.69	39.5	441

PrNr 001 RESULTATER TANGPRØVER : µg/g TØRRSTOFF.

Tabell A2. Analyser av klororganiske stoffer i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden 27/9 1993.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : SØRMAR
 Oppdragsnr. : 800309
 Prøver mottatt : 8.03.94
 Lab.kode : BSG1-5
 Jobb.nr. : 94/46
 Prøvetype : Blåskjell
 Kons. i : Ug/kg våtvekt
 Dato : 5.09.94
 Analytiker : EMB

1: BSG1, B1, Byrkjenes
 2: BSG2, B3, Tyssedal
 3: BSG3, B4, Digranes

4: BSG4, B6, Kvalnes
 5: BSG5, B7, Krossanes
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
a-HCH	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	
HCB	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	
g-HCH	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	
PCB 28	0.1	0.2	<0.1	s.0.2	<0.1	
PCB 52	0.1	0.6	0.2	0.1	0.9	
OCS	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
PCB 101	0.2	2.1	0.4	0.3	0.1	
p,p-DDE	2.5	1.8	4.9	15.5	2.2	
PCB 118	0.2	2.3	0.2	0.1	0.1	
p,p-DDD	1	1	2.8	8.7	1.3	
PCB 153	0.5	2.3	0.4	0.2	0.2	
PCB 105	0.2	1	0.2	0.3	0.4	
PCB 138	0.3	3.1	0.4	0.2	0.1	
PCB 156	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
PCB 180	s.0.1	s.0.1	s.0.1	s.0.1	s.0.1	
PCB 209	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
p,p-DDT	0.1	<0.1	1.6	0.3	0.1	

SUM PCB	1.6	11.6	1.8	1.2	1.8	
SUM SEVEN DUTCH PCB	1.4	10.6	1.6	0.9	1.4	
%Fett	1.3	1.4	1.5	1.1	0.9	
%Tørrstoff	11.8	11.9	13.5	12.1	13.1	

s.=suspekt verdi



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2636-2