



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 406|90

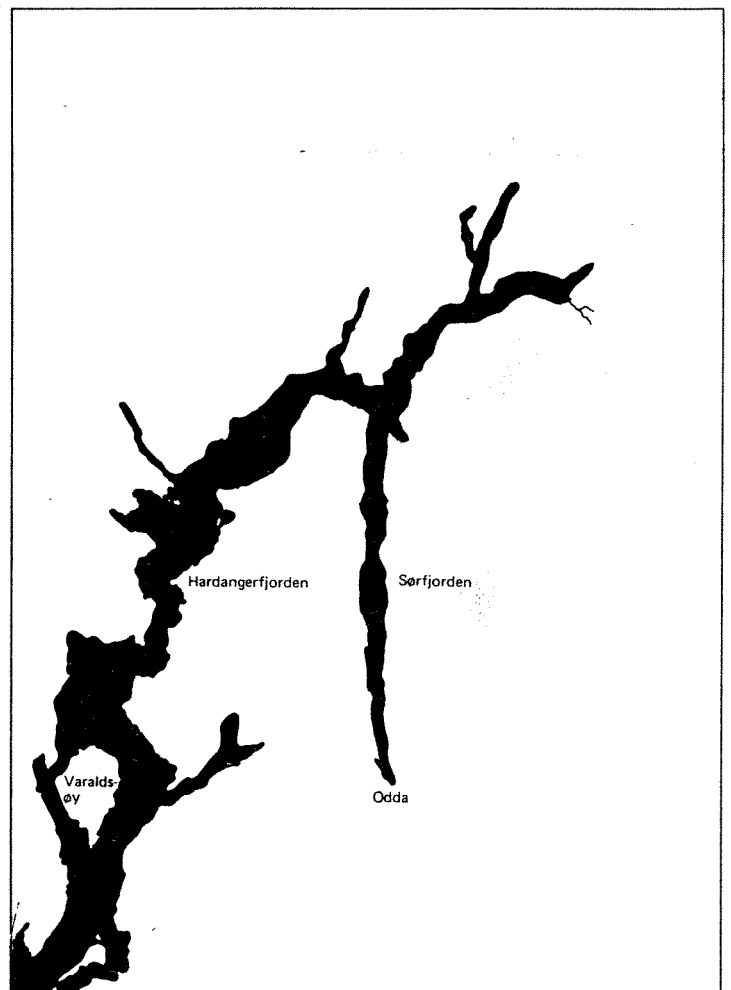
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i **Sørfjorden** og **Hardanger- fjorden** 1988-1989





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henveldeiser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 02 - 65 98 10.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 0-8000309
Undernummer:
Løpenummer: 2435
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1988 - 1989. (Overvåkingsrapport nr.406/90)	Dato: 14. mai 1990.
Forfatter (e): Skei, J. Knutzen, J. Moy, F. Green, N.	Rapportnr. 0-8000309
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Hordaland.
	Antall sider (inkl. bilag): 75

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Undersøkelser utført i Sørfjorden i 1988-89 avslørte en kraftig økning i metallforurensning i overflatevannet i hele fjorden. Metallene (spesielt sink og kadmium) ble tilført Eitrheimsvågen. Det ble ellers påvist små endringer i metallforurensningen av tang siden 1987. I blåskjell har nivåene økt for kvikksølv, kadmium og sink. Dette reflekterer at overflatevannet i Sørfjorden og Hardangerfjorden fortsatt er betydelig forurenset.

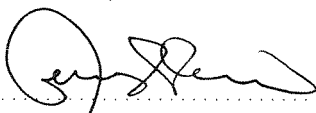
4 emneord, norske:

1. Statlig overvåking
2. Sørfjorden
3. Miljøgifter
4. Økologi

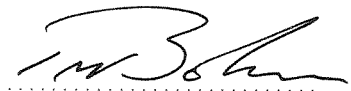
4 emneord, engelske:

1. National monitoring
2. Sørfjorden
3. Pollutants
4. Ecology

Prosjektleder:


Jens Skei

For administrasjonen:


Tor Bokn

ISBN 82-577-1736-3

Programleder, overvåking

0-8000309

TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER

I

SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN

1988 - 1989

NIVA, 14. mai 1990.

Prosjektleder: J. Skei

Medarbeidere : U. Efraimsen
N. Green
J. Knutzen
F. Moy

INNHold	SIDE
FORORD	3
SAMMENDRAG, KONKLUSJONER OG TILRÅDNINGER	4
1. INNLEDNING	7
2. MÅLSETTING	8
3. FELTARBEID OG METODER	9
4. MÅLEPROGRAM	14
5. RESULTATER OG DISKUSJON	15
5.1 Metaller i vann	15
5.2 Nitrogen og oksygen i vann	25
5.3 Metaller i tang	27
5.4 Metaller i blåskjell	35
6. REFERANSER	48
7. DATAVEDLEGG	52
Vannanalyser	
Biologiske analyser	
JMG-data	

FORORD

NIVA har i perioden 1988-89 gjennomført oppfølgende undersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn. Norzink A/S, K/S Ilmenittverket A/S og Odda Smelteverk A/S har bidratt med 85% av finansieringen.

Mannskapet på S/J Mathilde takkes for godt samarbeid ved innsamling av vannprøver. Takk rettes også til Ullensvang Forskningsstasjon (Endre Frimanslund) for å stille nedbørsmålinger til disposisjon.

Oslo, 14. mai 1990.

Jens Skei
Prosjektleder

SAMMENDRAG, KONKLUSJONER OG TILRÅDNINGER

Den tiltaksorienterte undersøkelsen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1988-1989 har hatt som hovedmål

- å fastslå hvor raskt forurensningen av Sørfjorden og Hardangerfjorden reduseres som følge av Norzinks tiltak i 1986.
- å overvåke forurensningssituasjonen i Eitrheimsvågen for å kunne vurdere behov for ytterligere tiltak.

For å nå disse målene har undersøkelsen omfattet målinger i vannmassen og miljøgiftinnhold i blåskjell og tang (fisk inngår i JMG-programmet og rapporteres separat). Disse målingene gir grunnlag for følgende konklusjoner:

1. **Dramatisk økning i forurensningsgraden av tungmetaller (spesielt sink) i overflatevann i hele Sørfjorden høsten 1989. Det har i løpet av de siste 10 år ikke blitt målt høyere konsentrasjoner av sink i ytre deler av Sørfjorden. Den mulige effekt som dette kan ha hatt på planter og dyr er ikke foreløpig undersøkt.**
2. **Den økte forurensningen skyldes usedvanlig store tilførsler til Eitrheimsvågen, mest sannsynlig på grunn av manglende kapasitet ved Norzinks renseanlegg og overløp til vågen.**
3. **Utslipet av nitrogen fra Odda Smelteverk påvirker vannmassen mellom 20 og 40 m i hele Sørfjorden. Lite av dette nitrogenet når det produktive overflatelaget i sommerhalvåret.**
4. **Oksygenforholdene i dypvannet i havnebassenget er kritiske på ettersommeren. Den organiske belastningen og mengdene av oksygenforbrukende stoffer (f.eks. nitrogenforbindelser) er for stor i forhold til vannutskiftningen.**
5. **Forurensningsnivået i tang har endret seg lite siden 1987. Sink og kadmium viser markerte overkonsentrasjoner 80 - 100 km fra Odda.**
6. **Det ble registrert økt forurensning av kvikksølv, sink og kadmium i blåskjell i 1989 sammenlignet med 1987. Begrensninger på konsum og oppdrett i området bør opprettholdes.**
7. **Det økte metallinnholdet i vann høsten 1989 ga ingen utslag på**

metallnivåene i tang og skjell ved prøveinnsamlingen i september.

Resultatene fra undersøkelsen kan oppsummeres slik:

- (i) Høsten 1989 skjedde det en dramatisk økning i metallforurensningen av overflatevannet i Sørfjorden. Sinkkonsentrasjonene økte fra 1300 til 4500 $\mu\text{g/l}$ i Eitrheimsvågen mellom 23. august og 29. september. Den tilsvarende økningen nesten 40 km fra vågen var fra 20 $\mu\text{g/l}$ sink i august til 360 $\mu\text{g/l}$ i september.
- (ii) Mengde sink som ble transportert ut av Sørfjorden i desember 1989 er estimert til 4 - 5 tonn pr. dag (ca. 650 kg pr. dag i desember 1988). Direkte utslipp fra de tre industribedriftene i Odda-området (basert på årsutslipp) var ca. 280 kg pr. dag i 1989.
- (iii) Årsaken(e) til den kraftige økningen i metallforurensningen høsten 1989 er ikke klar, men konsentrasjonsgradientene utover fjorden viser at forurensningene ble tilført Eitrheimsvågen. Flere teorier er fremsatt, og det er grunn til å tro at årsaken(e) er å finne blant disse. Mest sannsynlig er hovedårsaken utslipp av forurenset vann som samles opp bak spuntveggen i vågen.
- (iv) Forurensningen av overflaten berørte i liten grad de underliggende vannmassene.
- (v) I havnebassenget i Odda var det en klar økning i nivået av kvikksølv i dypvannet sammenlignet med overflaten. Dette kan henge sammen med Norzinks utslipp av kvikksølv knyttet til gipspartikler.
- (vi) Utslippet av nitrogen fra Odda Smelteverk påvirker vannmassen i dybdeintervallet 20 - 40 m. På grunn av sjiktning i vannmassen store deler av året, vil lite av dette nitrogenet nå det øverste vannlaget hvor planktonproduksjonen foregår.
- (vii) I dypvannet i havnebassenget oppstod kritiske oksygenverdier på ettersommeren (1.66 ml/l oksygen målt i august 1989). Hver høst skjer det en vannutskiftning som bedrer forholdene. Det er grunn til å tro at Odda Smelteverks utslipp inneholder oksygenforbrukende substanser som bidrar sterkt til kjemisk oksygenforbruk i dypvannet.

- (viii) Analyser av tungmetaller i tang innsamlet i 1989 viste små endringer sammenlignet med 1987. Mens forurensningen av sink og kadmium kan spores minst 80 - 100 km fra Odda, viser de andre metallene mere lokale påvirkninger på tangen.
- (ix) Det ble påvist en markert økning i forurensningen av blåskjell med kvikksølv, kadmium og sink. Overkonsentrasjoner av kadmium ble registrert mer enn 100 km fra Odda. Dette innebærer at tidligere restriksjoner på konsum og oppdrett av blåskjell bør opprettholdes.

Følgende tilrådninger gis:

1. Prøvehyppigheten av overvåkingen i Sørfjorden er for lav til å dekke varierende belastning på en forsvarlig måte. Månedlige analyser av metaller bør vurderes både for en av vannstasjonene og for en skjell/tang-lokalitet. Eventuelle episoder med sterk økt belastning bør etterfølges av biologiske observasjoner for å etterspore eventuelle effekter.
2. Det bør utføres eksperimentelt arbeid med avfallsgips fra Norzink for å studere kvikksølvets mobilitet og biotilgjengelighet.
3. Eksperimenter bør også gjøres med Odda Smelteverks avfallsstoffer for å registrere oksygenforbruk og biotilgjengelighet av nitrogen og PAH.

1. INNLEDNING

Sørfjorden har vært i fokus i forurensningssammenheng i mange år. Regelmessig overvåking av vannkvalitet og metaller i organismer har pågått i over 10 år. Trenden i 80-årene har vært en viss nedgang i forurensningsnivået i biologisk materiale. Vannforurensningen har endret seg lite frem til 1986. Reduksjon i utslipp fra Norzink og bygging av spuntvegg i Eitrheimsvågen førte til betydelig bedring i vannkvaliteten, spesielt i dypvannet, og en viss reduksjon i tungmetallinnholdet i blåskjell og tang (Skei et al., 1989a). Dette var situasjonen ved utgangen av 1988.

Undersøkelsene i 1989 har imidlertid vist at tungmetallproblemet i Sørfjorden ikke er løst og at ytterligere tiltak er nødvendig for å nå målet formulert av Fagutvalget for miljøspørsmål i Odda:

1. Fisk og skjell fra Hardangerfjorden/Sørfjorden skal fritt kunne brukes for konsum.
2. Hardangerfjorden skal få en vannkvalitet som gjør fjorden egnet for aquakultur.

Det er spesielt forurensning fra Eitrheimsvågen som er det store problemet. De resterende forurensningskilder i vågen er:

- (i) oppvirvling av industrislam i grunnområdet (0-5 m) inkludert fjæresonen og utløsning av metaller.
- (ii) transport via bekkevann og dremsvann gjennom forurensede masser på land.
- (iii) direkte utlekking av metaller fra bunnsedimenter i den øvrige del av vågen (5-10 m dyp).

Totalt er denne forurensningen anslått til ca. 30 tonn løst sink og ca. 1 tonn løst kadmium pr. år under normale forhold. I tillegg kommer transport av partikkelbundet metall fra Eitrheimsvågen til Sørfjorden som følge av oppvirvling i grunnområdet, spesielt ved uvær. Denne transporten er vanskelig å kvantifisere, men er sannsynligvis større enn transporten av løste metaller (Skei et al., 1989b). Det samme gjelder uforutsette utslipp som følge av stor nedbør og manglende kapasitet ved renseanlegget.

2. MÅLSETTING

Det overordnede mål med overvåkingen i 1989 har vært

- å fastslå hvor raskt forurensningen av Sørfjorden og Hardangerfjorden reduseres som følge av Norzinks tiltak i 1986.
- å overvåke forurensningssituasjonen i Eitrheimsvågen for å kunne vurdere behov for ytterligere tiltak.

For å nå disse målene har undersøkelsen omfattet målinger i vannmassen og miljøgiftinnhold i blåskjell og tang (fisk inngår i JMG-programmet og rapporteres separat).

3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet av Norzinks miljøvernavdeling i desember 1988 (ikke rapportert i forrige overvåkingsrapport) og i august, september og desember 1989 av NIVA. Det ble brukt 5 l Niskin vannhentere, og prøvene i 1989 ble innsamlet fra S/J Mathilde av Norheimsund, (bygd i 1898). Prøvene ble tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kobber og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen. Tungmetallene er analysert etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (ufiltrert) (Danielson et al., 1982). Kvikksølv er analysert etter salpetersyreoppslutning ved kalddamp-teknikk og gullfelle (ufiltrert) (Bloom og Crecelius, 1983). Total nitrogen ble analysert med autoanalyser. Stasjonsplasseringen er vist på fig. 1.

På stasjonen i havnebassenget ble det også tatt oksygenprøver (Winkler-titrering) og saltholdighet ble målt på et utvalg av prøver.

Blåskjell og grisetang eller blæretang er innsamlet for analyse på innhold av kvikksølv, kadmium, bly, sink, kobber og sølv på stasjoner listet i tabell 1 og vist i fig. 2. (Bruk av blæretang i tillegg til grisetang var nødvendig fordi grisetang ikke er funnet i tilstrekkelige mengder innenfor st. B4, Digraneset).

Tabell 1. Innsamlingssteder for blåskjell og tang i Sørfjorden/Hardangerfjorden 1988, med angivelse av atkomst og ca. avstand fra Odda (km).

Stasjoner, atkomst	Ca. avst.
St. B1 Byrkjenes, nes N for badestrand	2
St. B2 Eitrheimsneset, ved pelebrygge	3
St. B3 Tyssedal, kai ved kraftstasjon	6
St. B4 Digranes, ved trebrygge	10
St. B6 Kvalnes, S for Kvalnes, ved gammelt naust ut for frukthave	18
St. B7 Krossanes, brygge ved 3 naust ytterst på neset (Ystanes)	37
St. B10 Sengjaneset/Eidfjord, svaberg	44
St. B13 Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvefossen	58
St. B14 Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng	69
St. B15 Vikingneset, ved fyrlykt	84
St. B16 Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust	100

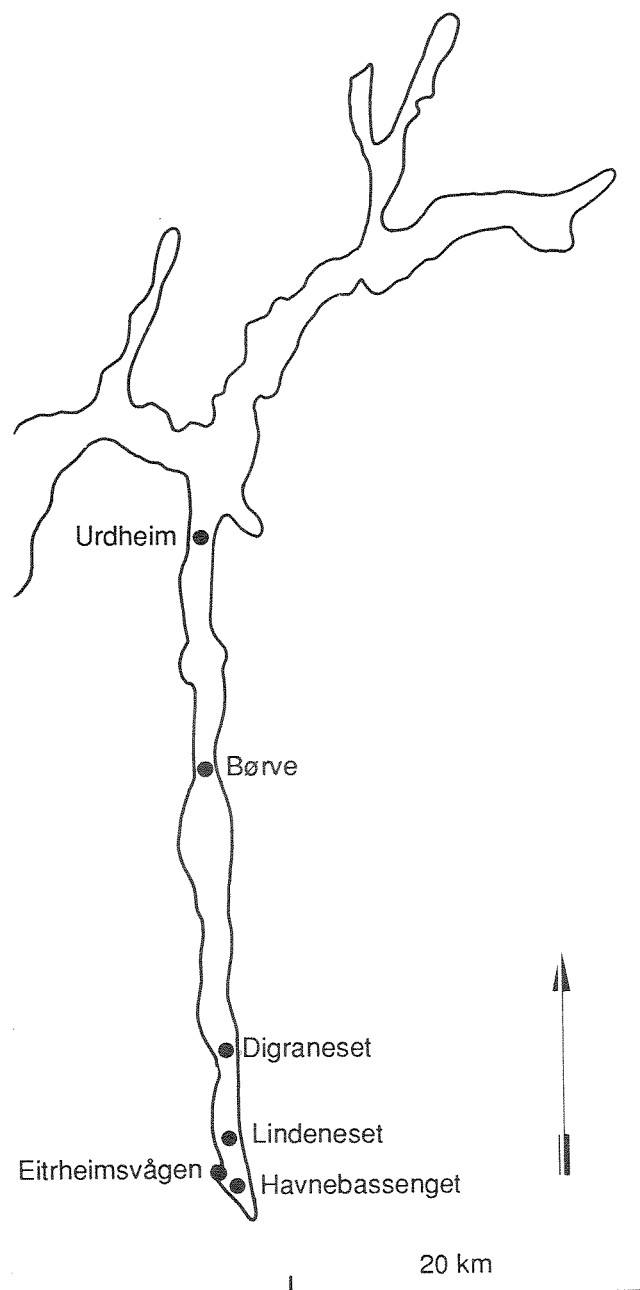


Fig. 1. Innsamling av vannprøver (●), 1988-89.

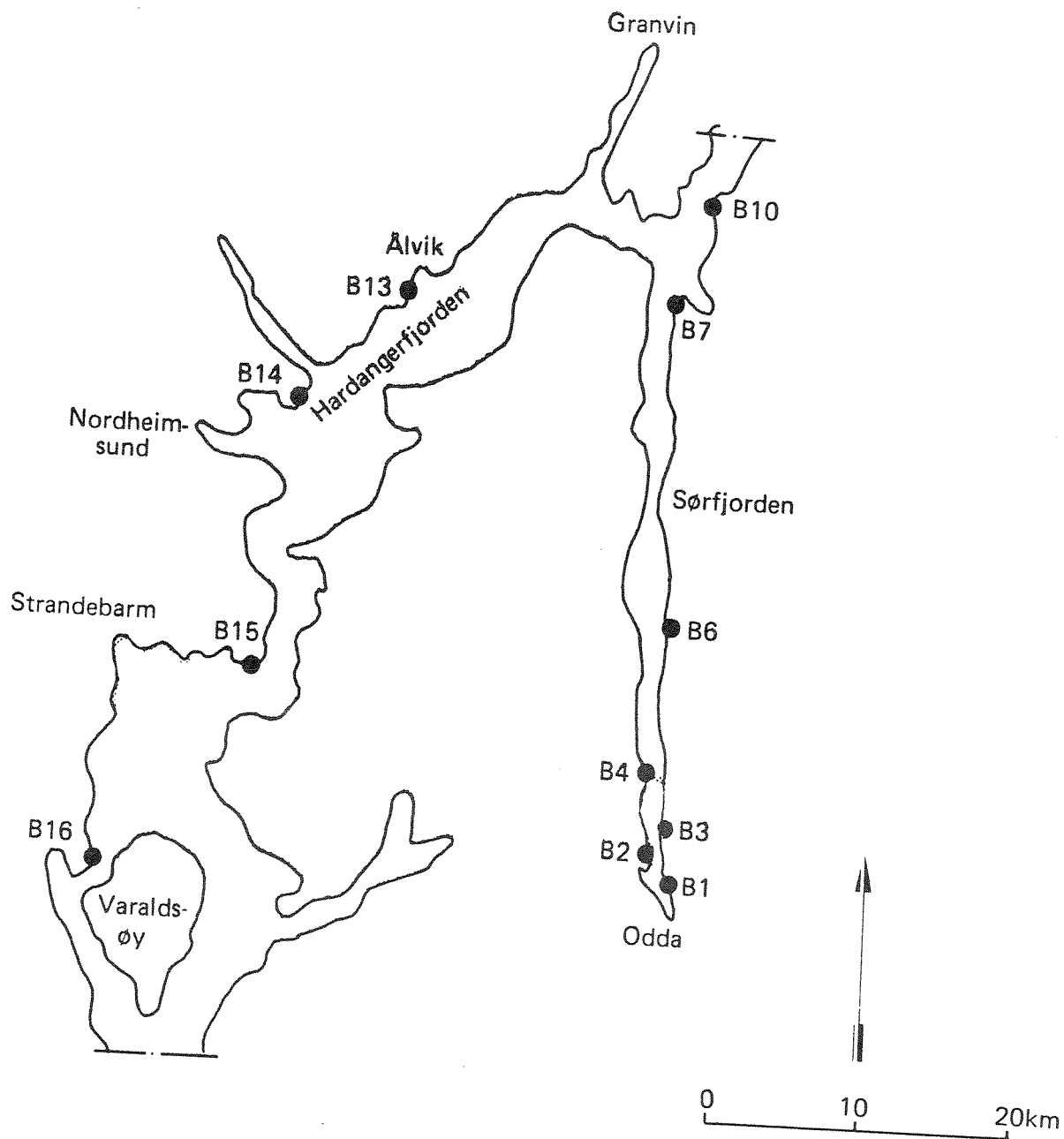


Fig. 2. Prøvesteder for blåskjell og tang i Sør fjorden og Hardangerfjorden 1989.

Prøvene er samlet inn 6-7/10 1988 og 27-29/9 1989. (I 1988 var overvåkingen redusert og innsamlingen omfattet bare tang).

Av tang er det samlet inn blandprøver av ca. 50 skuddspisser fra 5 - 10 planter, såvidt mulig frie for påvekst. Skuddspissene var 5 - 10 cm, lengst for grisatang, som ble kuttet like under 2, blære ovenfra, mens blæretangen er kuttet under 1. blærepar. Tangen inneholdt følgelig vev som var opp til ca. 1 - 1¹/₂ år.

Blåskjell ble samlet inn ved to fremgangsmåter. Den ordinære metoden, som er benyttet fra starten av overvåkingen i Sørfjorden, består i innsamling av ca. 50 skjell (blandprøve) som såvidt mulig er av størrelse 4 - 5 (3 - 6) cm. (På st. B1 fantes bare små eksemplarer). Materialet fryses med skall innsamlingsdagen og uten forutgående tømning av tarmen.

Den andre fremgangsmåten følger retningslinjer for arbeidet innen Joint Monitoring Group (JMG) som er faglig ansvarlig for det internasjonale overvåkingsprogram under Oslo/Paris konvensjonene for begrenning av dumping/utslipp. Her samles det inn blandprøver à 50 skjell i ulike størrelsesgrupper, fra Sørfjordens vedkommende 2 - 3, 3 - 4, 4 - 5 cm. Til forskjell fra den førstnevnte fremgangsmåten fjernes bløtdelene fra skallene før frysing, (JMG-forskriftene krever egentlig også 12 - 24 timers tarmrensing, men dette trinnet er sløffet, da det ikke synes å gi signifikant utslag for de metaller det her dreier seg om (Green, 1989)).

De kjemiske analysene er foretatt på NIVAs rutineanalyselaboratorium ved atomabsorpsjonsspektrometri (AAS) etter oppslutting i salpetersyre (Norsk Standard 4770, 4773, 4783). Kvikksølv er bestemt ved kalddampeteknikk.

For skjell innsamlet etter JMG prosedyre er det analysert 3 parallelle blandprøver av hver størrelsesgruppe. Dette muliggjør en statistisk vurdering av resultatene mht. variasjon i størrelse og avstand fra utslipp. For dette formål er benyttet residual kvadrat sum prinsippet (Weisberg, 1985).

Statistisk F-verdien kan beregnes fra følgende ligning:

$$F = \frac{(RSS_B - RSS_A) / (df_B - df_A)}{RSS_A / df_A}$$

Her er RSS = residual kvadrat sum, df = frihetsgrader, A = regresjonsmodellen med minst RSS (dvs. skjell-lengden og stasjon variabler inkludert) og B = modellen med større RSS (dvs. med bare en av variablene). Modell skjell-lengde innen hver størrelsesgruppe ble brukt. Stasjonene ble adskilt i analysen som indikator variabler. Signifikans-nivå var tatt ut i fra en tabell om kritisk F-verdier.

4. MÅLEPROGRAM

Stasjonsplassering for vannprøver og biologiske prøver er vist på fig. 1 og 2.

Tabell 2 viser tidspunkt for prøvetaking.

	1988			1989											
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	A	S	O	N	D	
Vann			X							X	X				
Blåskjell											X				
Tang	X										X				

Årsaken til at det ikke ble tatt vannprøver i perioden desember 1988 til august 1989, var at NIVA ikke fikk klarsignal til å starte programmet før sommeren 1989.

5. RESULTATER OG DISKUSJON

Analyseresultatene befinner seg i vedlegg bakerst i rapporten.

5.1 Metaller i vann

Det ble registrert en kraftig økning i forurensningen av metaller i overflatevann i hele Sørfjorden høsten 1989, spesielt sink. Nivåene av sink har aldri vært målt høyere i ytre deler av Sørfjorden. Årsaken må være ekstraordinære tilførsler av metaller til Eitrheimsvågen som oppsto i perioden 23.8. og 29.9. Forurensningen var like stor i desember 1989, mens den var på retur i mars 1990.

I overvåkingsrapporten for 1987-1988 (Skei et al., 1989a), ble vannkjemiske data for perioden 1977-1988 presentert. I første del av denne perioden var resultatene preget av store svingninger, spesielt i indre del av Sørfjorden. Sannsynligvis skyldtes dette store svingninger i utslippene, noe som spesielt påvirket de utslippsnære områder.

I denne rapporten tar vi for oss utviklingen i den siste femårsperioden (1985-1989). Dette omfatter tiden før overføring av jarositt til fjellhaller (juni 1986) og fullføring av spuntvegg i Eitrheimsvågen (desember 1986) samt 3 års prøvetaking etter disse tiltakene.

Fig. 3 viser tidsutviklingen for sink i overflatevannet ved Lindeneset (L), Digraneset (D) og Børve (B) for denne perioden. Det fremgår av figuren at forholdene i overflatevannet ved Lindeneset endret seg lite mellom 1985 og fram til høsten 1989. Konsentrasjonene lå i intervallet 150-200 µg/l sink med unntak av en kraftig økning i årsskiftet 1986-87 (se Skei et al., 1989a). Det kunne ikke registreres noen effekt av tiltakene i 1986 på sinknivåene i overflatevannet ved Lindeneset. Dette er tidligere forklart med at Eitrheimsvågen forårsaker en stor overflateforurensning (Skei et al., 1989a).

Høsten 1989 skjedde det en dramatisk økning i overflatekonsentrasjonene ved Lindeneset med konsentrasjoner opp mot 800 µg/l sink (fig. 3). Dette er en 10-dobling i forhold til konsentrasjoner målt i 1988 og høyere konsentrasjoner enn noensinne målt i perioden 1977-1988.

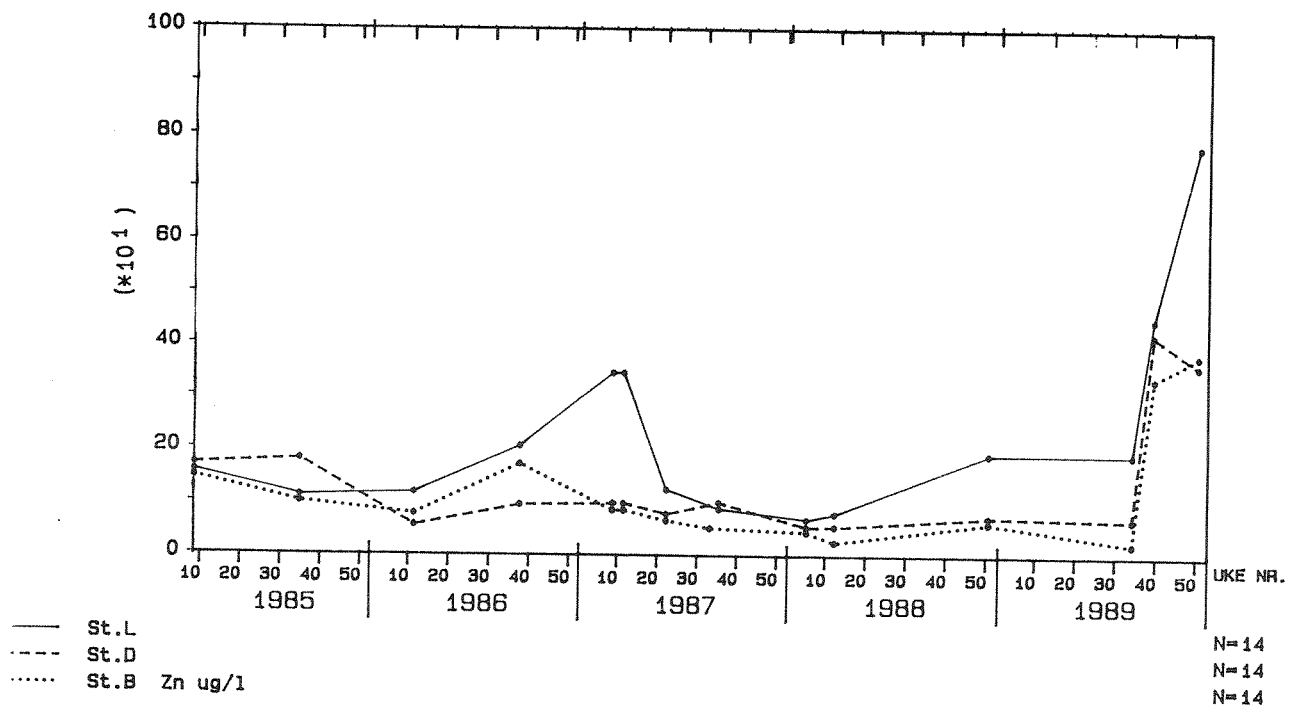


Fig. 3. Sink i overflatevann ved Lindeneset (L), Digraneset (D) og Børve (B) i tidsrommet våren 1985 - desember 1989.

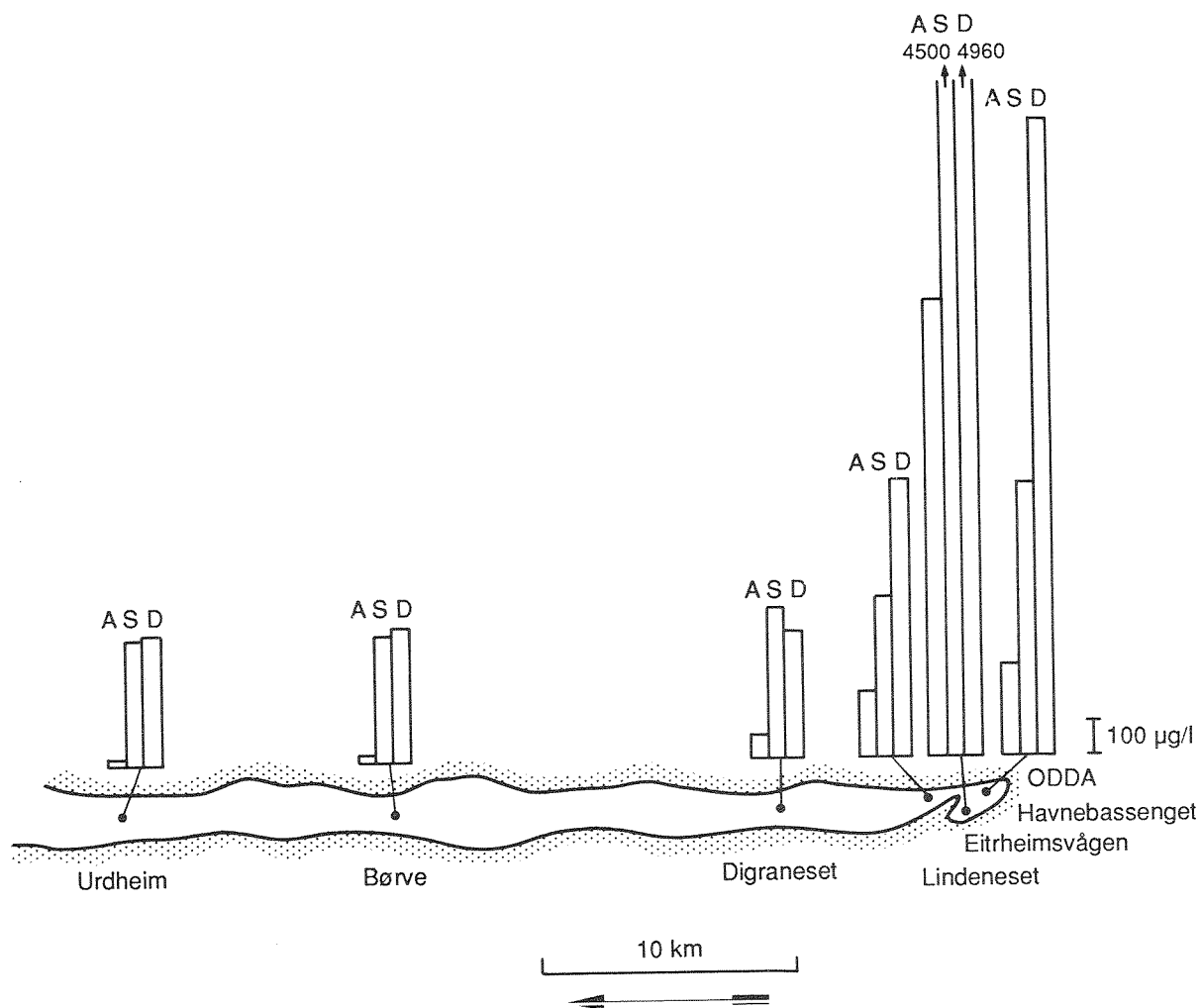


Fig. 4. Sink i overflatevann på samtlige stasjoner i Sør fjorden i 1989 (A = August, S = September, D = Desember).

Fig. 3 viser også utviklingen i overflatevannet ved Digraneset. Der avtok konsentrasjonene fra ca 150 µg/l i 1985 til ca 55 µg/l i 1988. Men i likhet med Lindeneset ble det registrert en kraftig økning i konsentrasjonene høsten 1989 med verdier på ca 400 µg/l sink i overflatevannet. Det samme var tilfellet ved Børve og Urdheim (fig. 4). Det kan derfor konstateres at noe ekstraordinært har skjedd høsten 1989 (fra september).

Norzink har opplyst at utslippet av sink på månedsbasis varierte mellom 3.3 tonn og 5.7 tonn i 1989. På årsbasis er utslippet oppgitt til 55 tonn. Utslippene var noe høyere første halvår enn andre halvår slik at de observasjonene som ble gjort høsten 1989 ikke kan forklares ved ekstra mye sink via de ordinære utslippene fra sinkfabrikken.

Fig. 4 viser sinkkonsentrasjonen målt i overflatevann på samtlige stasjoner i 1989. Konsentrasjonene øker nærmest eksponensielt innover mot Eitrheimsvågen, noe som sannsynliggjør at de ekstraordinære tilførselene skjer i vågen. Målinger av sink i overflatevann fra Eitrheimsvågen i 1987, omtrent på samme sted som prøver ble innsamlet i 1989, viste en gjennomsnittlig konsentrasjon på 690 µg/l (n = 11) (Skei, 1988a). Høsten 1989 ble det målt ca 5000 µg/l. Det er derfor åpenbart at den økte forurensningen i overflatevannet i Sørfjorden høsten 1989 skyldes økte tilførsler til vågen. Årsaken til dette kan ikke fastslås med sikkerhet, men det kan fremkastes flere teorier.

Klimatiske forhold

Ved eksperimentelle undersøkelser har vi vist at oppvirvling av sterkt metallholdige sedimenter fører til økt frigivelse av metaller (Skei et al., 1987). Ettersom Eitrheimsvågen er grunn (< 10 m vanddyp) og siden sedimentene er sterkt metallforurensset, er sjansen for oppvirvling og økt metallfrigivelse tilstede. Episodisk oppvirvling kan skje ved sterk vind (spesielt pålandsvind, dvs. fra sør).

Norzink har gjort visuelle værobservasjoner (daglig) og hvis vi sammenligner vindforholdene på toktdagen i august, september og desember samt 3 dager før, ser vi følgende:

August : Svak sørlig vind
 September: Stille, svak sørlig
 Desember: Svak nordlig, stille

Det er således ingen ting som tyder på usedvanlige vindforhold i september og desember, sammenlignet med august, da det ble målt liten forurensning. Vi kan derfor nesten se bort fra oppvirvling som årsak

til det høye forurensningsnivået høsten 1989.

Ved Ullensvang Forskningsstasjon gjøres daglige nedbørmålinger, Tabell 3 viser gjennomsnittlige månedlig nedbør i perioden august - desember 1988 og 1989, samt normalnedbør for disse månedene.

Tabell 3. Nedbørmålinger ved Ullensvang Forskningsstasjon (mm).

Måned	1988	1989	Normal
August	85	137	83
September	165	97	130
Oktober	105	182	160
November	107	73	132
Desember	383	99	150

Disse målingene viser at nedbørsforholdene i september og desember 1989 da vannprøver ble tatt i Sørfjorden, viste betydelig lavere nedbørsmengder enn i 1988 og betydelig lavere enn normalen. Nedbørsforholdene i Odda kan være noe annerledes enn i Ullensvang, men det gir neppe store utslag. Vi kan derfor konkludere med at forklaringen på de høye metallnivåene i Sørfjordens overflatevann i september og desember 1989 neppe kan settes i forbindelse med ekstreme nedbørsforhold. Det kan også nevnes at saltholdigheten i overflatevannet i Eitrheimsvågen i desember var 20.5 o/oo, noe som bekrefter at desember var en nedbørsfattig måned.

Det bør imidlertid tilføyes at vannstanden var meget høy ved prøvetakingstidspunktet i desember. Dette kan ha ført til at sjøvann kom i kontakt med avfallsmasser som normalt ikke er eksponert for sjøvann. Dette kan likevel neppe alene forklare den kraftige forurensningen.

Utrasninger/setninger i grunnen

Utfylling innerst i Eitrheimsvågen i forbindelse med veibygging og småbåtanlegg har tidligere ført til setninger i grunnen og mindre utrasninger og utglidninger i fjæresonen. I hvilken grad det har skjedd noen større forflytning av løsmasse høsten 1989 som har ført til eksponering av gammelt industrislam er ikke kjent. Dette blir derfor en teori uten faste holdepunkter.

Overløp av drensvann bak spuntvegg som følge av underkapasitet ved renseanlegg.

Drensvann som samles opp bak eksisterende spuntvegg i vågen ledes til renseanlegg. Ved nedbørsperioder og oppsamling av store mengder drensvann kan kapasiteten ved renseanlegget overskrides og vannet må gå i overløp til Eitrheimsvågen. I følge opplysninger fra SFT skjedde dette jevnelig høsten og vinteren 1989. Hvor mye som er tilført fjorden på denne måten er imidlertid ikke kjent.

Brudd på spuntvegg

Hvis det er skjedd et brudd på spuntveggen ville dette kunne føre til en kraftig økning i forurensningen i vågen. Spørsmålet er drøftet med Norzink, hvor man mener at dette er meget lite sannsynlig. Dette blir derfor en teori uten holdepunkter.

Lekkasjer fra fjellhaller

I følge Norzink ble det oppdaget lekkasje fra fjellhallene i oktober 1989. Lekkasjen ble utbedret etter 3 måneder, men mengdene av metaller som lekket ut er vanskelig å anslå. Et tall for sink på størrelsesordenen 2 tonn er nevnt. Hvis det er så små mengder som er lekket ut kan dette neppe forklare økningen i vannmassen i perioden september-desember. I tillegg ligger fjellhallene langt fra Eitrheimsvågen slik at lekkasje derfra vil i hovedsak påvirke vannkvaliteten tvers over for Lindeneset. Det er derfor ikke sannsynliggjort at lekkasjen fra fjellhallene er hovedårsaken til de økte nivåene i fjorden, selv om det sammenfaller i tid. Derimot kan fjellhall-lekkasjen ha bidratt til å forsterke forurensningen fra Lindeneset og nordover.

De forskjellige teorier som her er fremsatt gir ikke uten videre en forklaring på den økte forurensningen i fjorden høsten 1989. Det kan være flere sammenfallende årsaker som har gitt et dramatisk utslag eller at det er en hovedårsak. Sannsynligvis er årsaken å finne blant de teoriene som er fremsatt.

Det er vesentlig å kunne gjøre noen anslag på hvor stor metalltilførselen må være for å gi sinkkonsentrasjoner på 350 µg/l ved Sørfjordens munning. Hvis vi antar at ferskvannstilførselen totalt til Sørfjorden er 50 m³/s og at blandingsforholdet ved munningen av fjorden er lik 1:2 (en del ferskvann og to deler sjøvann, vel 20 o/oo i desember 1989), blir brakkvannstransporten ut fjorden 150 m³/s. Hvis vi antok at målinger i 1 m dyp er representative for brakkvannet vil

dette betyr en transport av sink på 4 -5 tonn pr. dag. Dette er et tall som er like stort som månedsutslippet fra Norzink i desember 1989 og like stort som dagsutslippene fra Norzink før fjellhallene kom i drift. Til sammenligning var sinktransporten i desember 1988 ved munningen av Sørfjorden ca. 650 kg pr. døgn (beregnet på samme grunnlag).

Ettersom det er overflatevannet som er så sterkt forurensset vil dette i første rekke påvirke de organismer som befinner seg i de øvre 5 m av vannmassen (f.eks. tang og blåskjell). I henhold til EPAs vannkvalitetskriterier for saltvann (EPA, 1987) er det satt en grenseverdi på 86 µg/l sink for 4 dagers middel som ikke bør overskrides mer enn en gang hvert 3 år for å unngå kroniske skader på enkelte marine organismer. Grenseverdien for akutt giftighet (1 times middel) er satt til 95 µg/l sink. Det er klart at vannkvaliteten i overflaten av Sørfjorden høsten 1989 overskrider EPAs kriterier og at situasjonen må betraktes som alvorlig. Toksisitetstester utført med vann fra Eitrheimsvågen i 1985 viste giftighet overfor blåskjell og sjøpinnsvin (Kirkerud og Knutzen, 1986). Det ble fastslått at sink var det utslagsgivende metallet. Eksperimentelt arbeid utført av Strømgren (1982) har vist 50% hemming i lengdevekst hos blåskjell ved ca 60 µg/l sink. Når blåskjell likevel finnes i Sørfjorden må dette være en tilvenningseffekt (Kirkerud og Knutzen, 1986). Toleransen (LC50) hos sjøpinnsvinlarver for sink ble målt til ca 700 µg/l ved en saltholdighet ved 31 ‰.

Så langt har omtalen av metaller i vann dreid seg om sink i overflatevann.

Fig. 5 viser fordelingen av kadmium i overflatevann ved Lindeneset, Digraneset og Børve. For kadmiums vedkommende er økningen høsten 1989 3 ganger i forhold til august 1989, og altså mindre dramatisk enn for sink. Kobber, bly og kvikksølv viste en dobling i forhold til august ved Lindeneset. Det er således en ekstrem sinktilførsel som observeres, mens de andre metallene viste mer moderat økning høsten 1989. Forsøk med oppvirvling av sedimenter fra Eitrheimsvågen utført ved NIVAs Marine Forskningsstasjon, Solbergstrand, viste minst økning i utlekkingsratene for sink og kadmium i forhold til de andre metallene (Skei et al., 1987). Det innebærer at ved eventuell oppvirvling av bunnsedimenter som følge av vind, ras, utglidning o.l. ville man forvente en relativt sett større økning for kopper, bly og kvikksølv.

Forurensningen av kvikksølv i vannmassene er nokså lokal (ut til Lindeneset). I september ble det målt nærmere 50 ng/l kvikksølv i

overflatevannet i Eitrheimsvågen. Ellers er det verdt å legge merke til at i havnebassenget er det en betydelig økning av kvikksølv mot bunnen (ca 3-dobling) i forhold til overflaten. Dette er demonstrert på fig. 6. Man kan ikke se bort fra at dette skyldes påvirkning fra dypvannsutslippet av gips på sørenden av Eitrheimsneset. Denne gipsen inneholder 1-2 mg/kg kvikksølv og ifølge Norzink ble det i 1989 sluppet ut anslagsvis 100 kg kvikksølv bundet til gips.

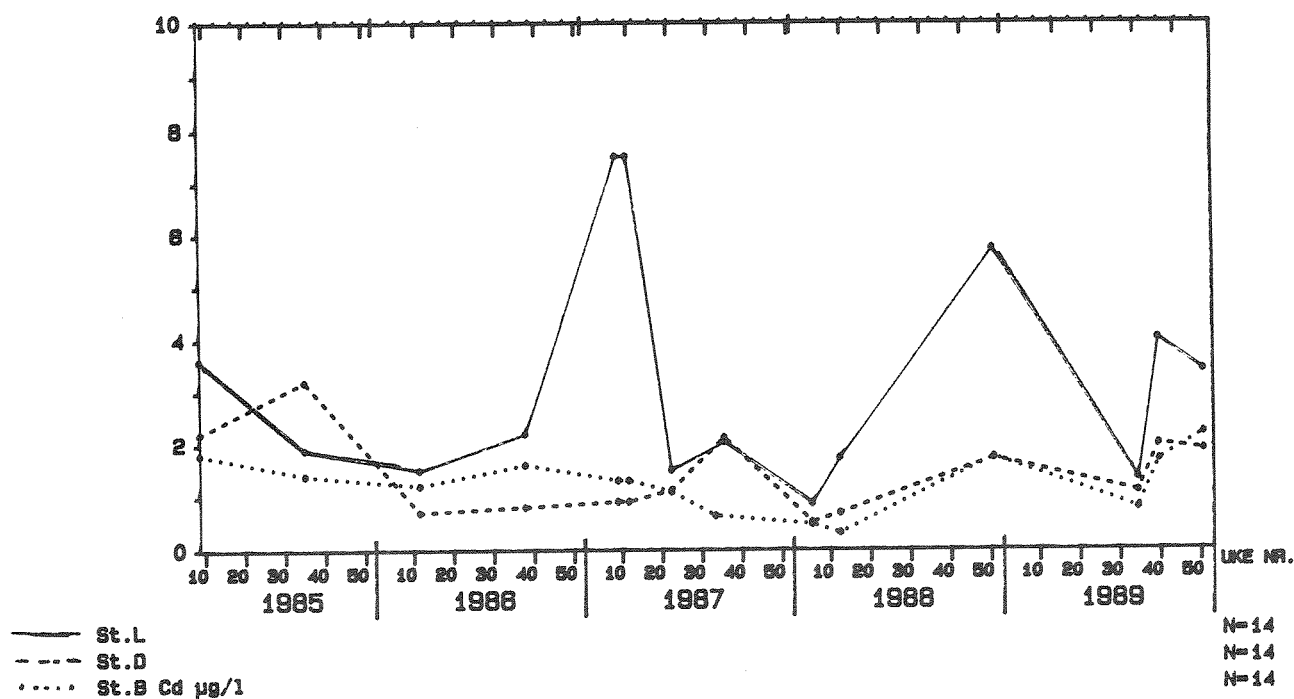


Fig. 5. Kadmium i overflatevann ved Lindeneset (L), Digraneset (D), og Børve (B) i perioden våren 1985 - desember 1989.

Dette representerer det største punktutslippet av kvikksølv til sjøvann i Norge i dag. Vannanalysene omfatter total mengde kvikksølv, slik at det ikke kan slås fast om økningen nær bunnen i havnebasenget skyldes kvikksølv i partikulær form (gipspartikler) eller om det skjer en frigivelse av løst kvikksølv fra bunnsedimentene. Under en hver omstendighet synes det nå vesentlig å få avklart om kvikksølv som slippes ut bundet til gipspartikler forblir bundet i sjøen eller om det skjer en frigivelse. Dette er spesielt viktig ettersom det dreier seg om et så stort kvikksølvutslipp.

I dypvannet i Sørfjorden (40 og 200 m) har metallforurensningen stabilisert seg fra Digraneset og utover. Fig. 7 viser tidsutviklingen for kadmium i perioden 1985-1989. Det er åpenbart at fra 1988 har nivåene endret seg lite selv om nivåene fortsatt er høyere enn bakgrunnsnivået for kadmium i sjøvann (ca 20 ng/l). En høy verdi i 40 m dyp ved Digraneset i desember 1989 kan være tilfeldig (f.eks. partikler) og bør ikke tillegges noen vekt. Vi kan derfor konkludere med at overføring av jarositt til fjellhaller i 1986 har hatt sin tilsiktede effekt på dypvannets innhold av metaller.

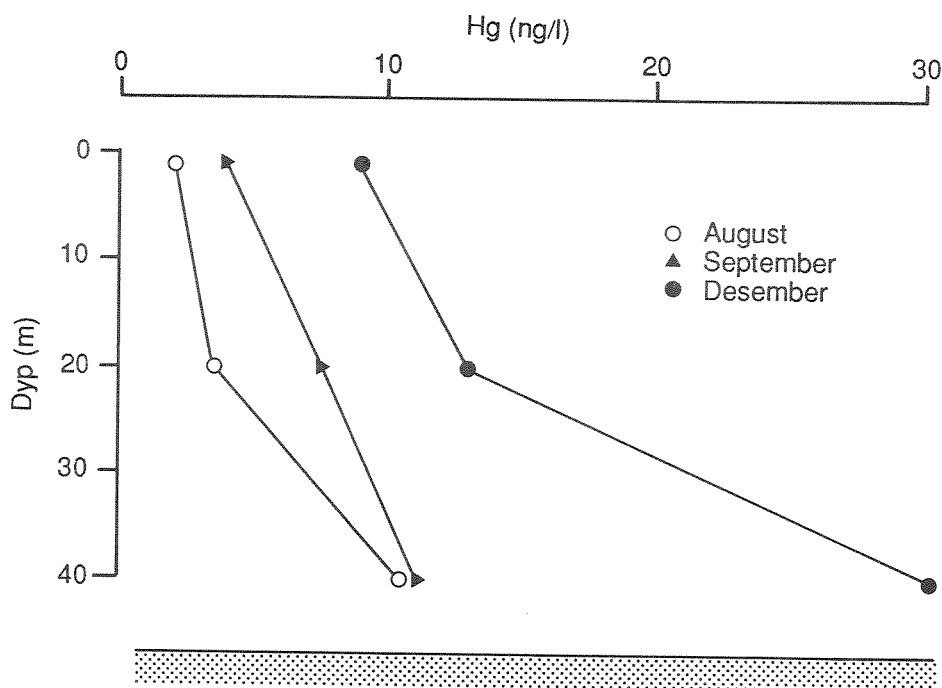


Fig. 6. Vertikalprofiler for kvikksølv i vann i Oddas havnebasenget i 1989.

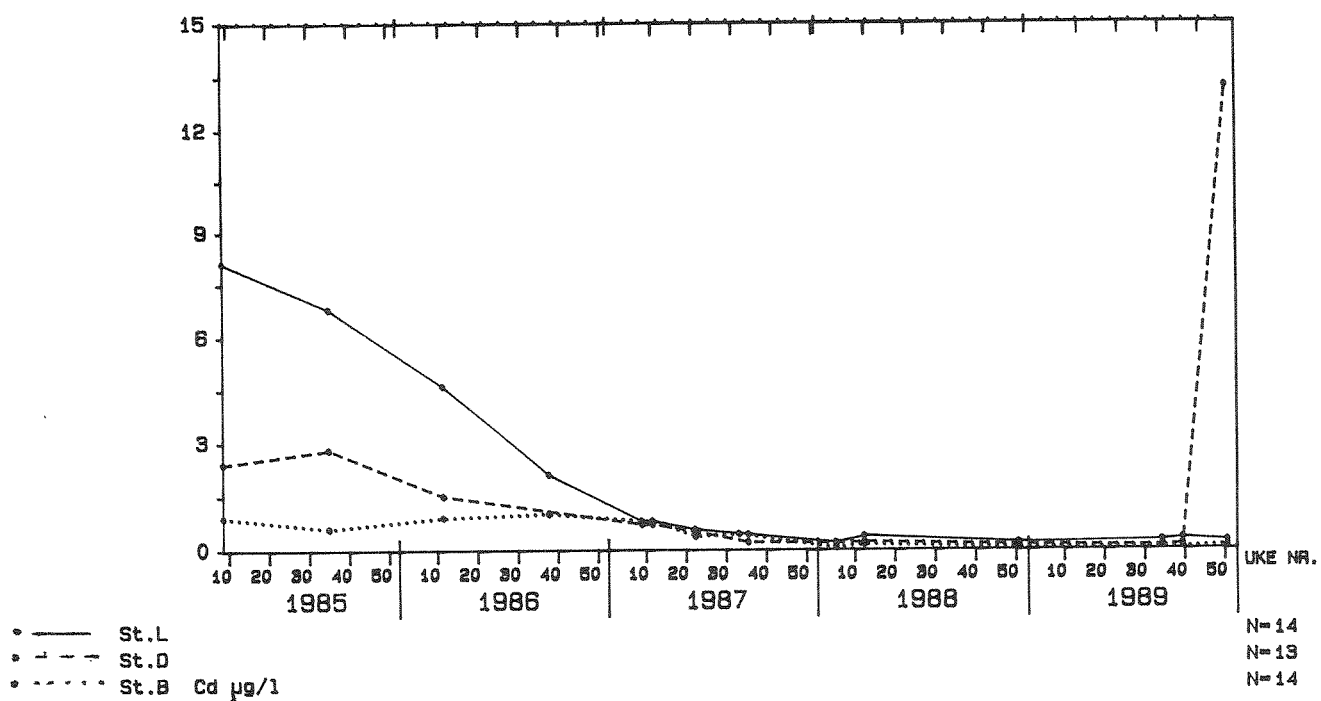


Fig. 7. Kadmium i 40 m dyp ved Lindeneset (L), Digraneset (D) og Børve (B) i perioden våren 1985 - desember 1989.

5.2 Nitrogen og oksygen i vann

Utslipet av nitrogen fra Odda Smelteverk påvirker vannmassen i dybdeintervallet 20 - 40 m. På grunn av sjiktning i vannmassen store deler av året når lite av dette nitrogenet det øverste vannlaget hvor planktonproduksjonen foregår.

I dypvannet i havnebassenget oppstår kritiske oksygenverdier på ettersommeren. Hver høst ser det ut til å skje en vannutskiftning som bedrer forholdene. Belastningen med oksygenforbrukende substanser er for stor.

Prøver innsamlet i 1989 ble også analysert for total nitrogen, mens prøver fra havnebassenget i tillegg ble analysert for oksygen. Nitrogen-analysene ble gjort fordi Odda Smelteverk årlig slipper ut 990 tonn nitrogen ved 20 m dyp i havnebassenget (Skei, 1988b). Målinger utført på oppdrag av Odda Kommune i 1988 viste et kraftig nitrogenmaksimum i 20 m dyp som kunne tilskrives dette utslippet (Skei og Molvær, 1989). Her ble det målt ekstremverdier på over 2700 µg/l totalt nitrogen. Det er grunn til å tro at mye av nitrogenet i avløpsvannet til Odda Smelteverk oksyderes i avløpsvannet til nitrat. En del av oksygenet i bunnvannet blir trolig brukt til denne oksydasjonen.

Målinger av total nitrogen i havnebassenget i 1989 viste gjennomgående høyere nitrogenverdier ved 40 m dyp enn i 20 m dyp, og generelt lavere verdier enn i 1988. Det siste kan, ifølge Odda Smelteverk, skyldes lavere utslipp i deler av 1989 som følge av at deler av filterkaken ble ført tilbake i produksjonen. Høyt nitrogeninnhold nær bunnen i havnebassenget kan skyldes oksydering av sedimenterte nitrogenforbindelser. Maksimumet ved 40 m dyp gjenfinnes også på stasjonen ved Lindeneset og Digraneset, men ikke lenger ut. Ved Urdheim ble det målt mellom 250 og 330 µg/l nitrogen i overflatevann, mens ved 200 m dyp varierte nitrogenmengdene mellom 300 og 400 µg/l.

Avstandsgradientene er klarest ved 40 m dyp. I august ble følgende gradient påvist i 40 m (µg/l):

Havnebassenget	Lindeneset	Digraneset	Børve	Urdheim
2020	1110	302	269	236

Det er grunn til å tro at vannmassen i 20 - 40 m dyp er påvirket av nitrogenutslippet i hele Sørfjorden. På grunn av sterk sjiktning nær

overflaten, vil lite av dette nitrogenet blandes inn i brakkvannet. Derfor er det liten gradient i overflatevannet utover i fjorden, med unntak av desember, da sjikningen i overflatelaget var svak og vannmassene nokså homogene. Da sank nitrogenkonsentrasjonen fra 594 $\mu\text{g/l}$ i havnebassenget til 327 $\mu\text{g/l}$ ved Urdheim. Dette innebærer at nitrogenutslippet vil gi bidrag til det produktive vannlaget (0 - 10 m) om vinteren da ferskvannstilførselen er liten og sjikningen svak. Derimot er planktonproduksjonen lav om vinteren, slik at nitrogenutslippet nok har liten innflytelse på plankton-produksjonen i Sørfjordens hovedvannmasser. Lokalt, innenfor Lindeneset, er nitrogenpåvirkningen så stor at selv overflatelaget kan influeres episodisk. Et eksempel på det er målingen i september 1989 (850 $\mu\text{g/l}$ nitrogen i overflatelaget i havnebassenget).

Målinger av oksygen i Oddas havnebasseng i 1988 konkluderte med at det periodevis oppstår kritiske oksygenforhold i dypvannet (Skei og Molvær, 1989). Det ble forklart med en kombinasjon av stagnasjonsperioder og stort oksygenforbruk (biologisk og kjemisk). Det ble sommeren 1988 målt en gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjon på 3 ml/l nær bunnen. Oksygenverdier i intervallet 2 - 3.5 ml/l betraktes som dårlige og fra 0 - 2 ml/l som kritiske. Laveste oksygenkonsentrasjon registrert i dypvannet sommeren 1988 var 1.99 ml/l (Skei og Molvær, 1989), målt i juli.

Oksygenmålingene i august, september og desember 1989 i Oddas havnebasseng viste laveste konsentrasjon i bunnvannet i august (1.66 ml/l). I likhet med 1988 skjedde det i tidsrommet august - september en dypvannsutskiftning i havnebassenget. Dette medførte at oksygenmengdene økte fra 1.66 ml/l i august til 4.29 ml/l i september. Dette bekrefter våre undersøkelser fra 1988 som konkluderte med at oksygenforholdene i stor grad styres av vannutskiftning. Undersøkelsene viser også at oksygenkonsentrasjonen avtar ganske raskt etter en vannutskiftning. Fra september til desember i 1989 sank oksygenmengden fra 4.29 ml/l til 2.52 ml/l, noe som bekrefter at oksygenforbruket er stort.

5.3 Metaller i tang

Metallnivåene i tang har endret seg lite siden 1987. Fortsatt er det betydelige overkonsentrasjoner, spesielt for sink og kadmium. Overkonsentrasjoner av kvikksølv, bly og kopper opptrer lokalt (5 - 10 km fra Odda), mens forhøyede verdier av sink og kadmium i tang er påvisbar 80 - 100 km fra kilden. Tangen som ble imsamlet i september 1989 synes ikke å ha rukket å ta opp de økte metallmengder i vannet.

Rådata er gjengitt i vedlegg 2, mens hovedresultatene for 1989 jevnført med tidligere års observasjoner er gjengitt i fig. 8-12. (Konsentrasjonene av sølv var moderate/lave for all stasjoner).

På figurene er også markert intervaller for antatt høye bakgrunnsnivåer av vedkommende metaller. Øvre grense for disse intervallene er noe nedjustert for bly, sink og kobber, jevnført med konklusjoner fra sammenstillingen av litteraturdata i Knutzen (1985). Dette er gjort i lys av senere observasjoner fra bare diffust påvirkede lokaliteter innen Statlig program for forurensningsovervåking (kfr. Kirkerud og Knutzen, 1986, Knutzen, 1986, 1989, Knutzen et al., 1989 og Skei et al., 1989a). (Det markerte bakgrunnsnivå er følgelig også delvis noe forskjellig fra tidligere Sørfjord-rapporter).

Kvikksølv viste bare svake overkonsentrasjoner - fra ca. 2 til 1.5 ganger et høyt bakgrunnsnivå fra innerste stasjon og utover til Digraneset (fig. 8). Nivåene var uendret siden 1987 (data for dette år er utelatt fra fig. pga. overlapping), og heller ikke 1988-dataene (se vedlegg 2) viste svingninger av betydning i de tre årene etter deponering av jarositt i fjellhaller.

Tangens kadmiuminnhold var fremdeles betydelig forhøyet jevnført med et høyt normalnivå - størrelsesordenen 10 ganger innerst i fjorden og først avtagende mot bakgrunnsnivået mer enn 30 km utenfor munningen av Sørfjorden (fig. 9). De registrerte verdiene var stort sett markert høyere enn i 1987 fra Digranes (st. B4) og utover (fig. 9). Ytre Sørfjorden og de nærmeste Hardangerfjordstasjonene viste 2 - 3 ganger høyere konsentrasjoner i 1989 enn 1988 (kfr. vedlegg), derimot ingen bestemt tendens i indre/midtre fjord.

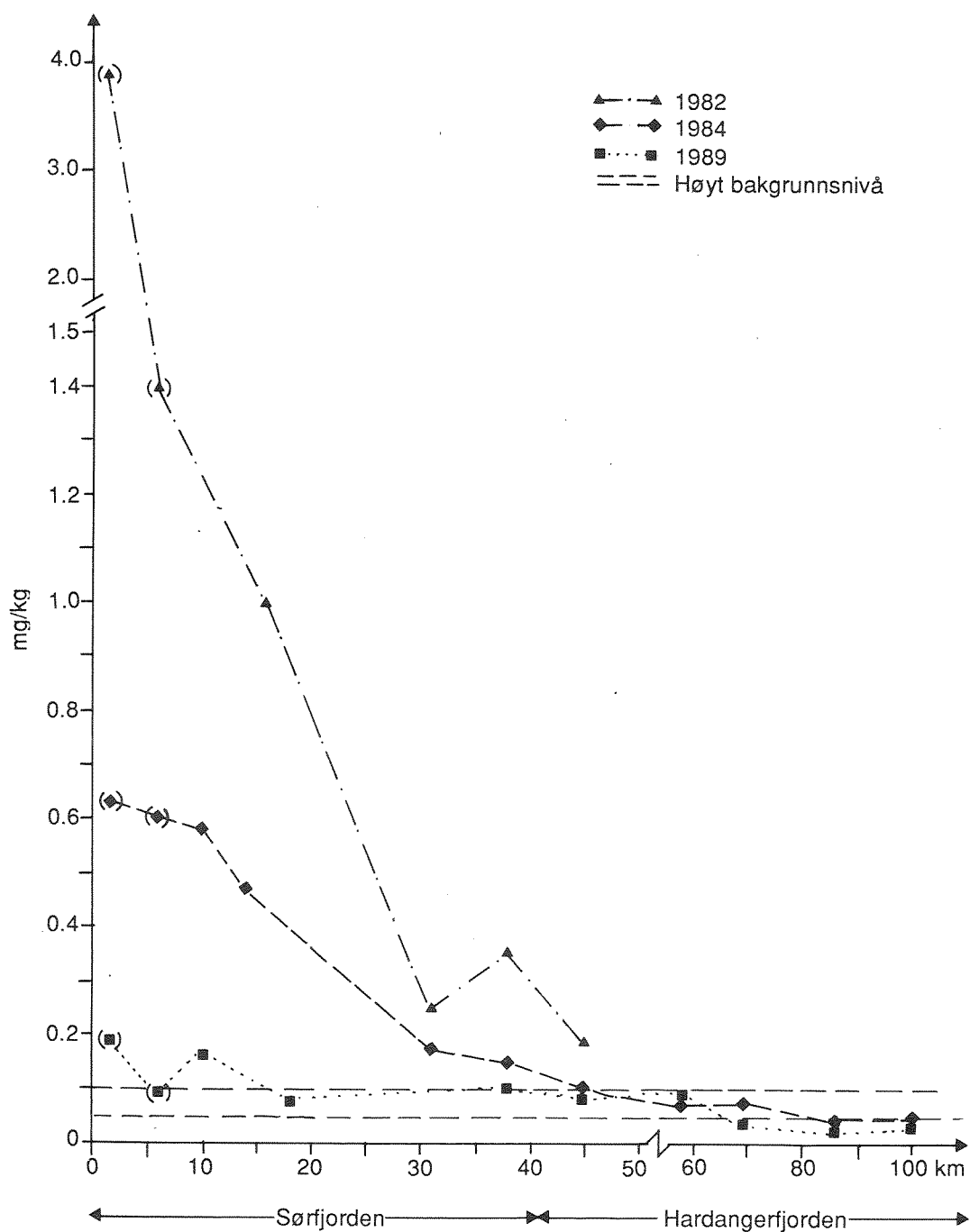


Fig. 8. Kvikksølv i blæretang () og grisetang fra Sør fjorden/ Hardangerfjorden 1982-1989, mg/kg tørrvekt.

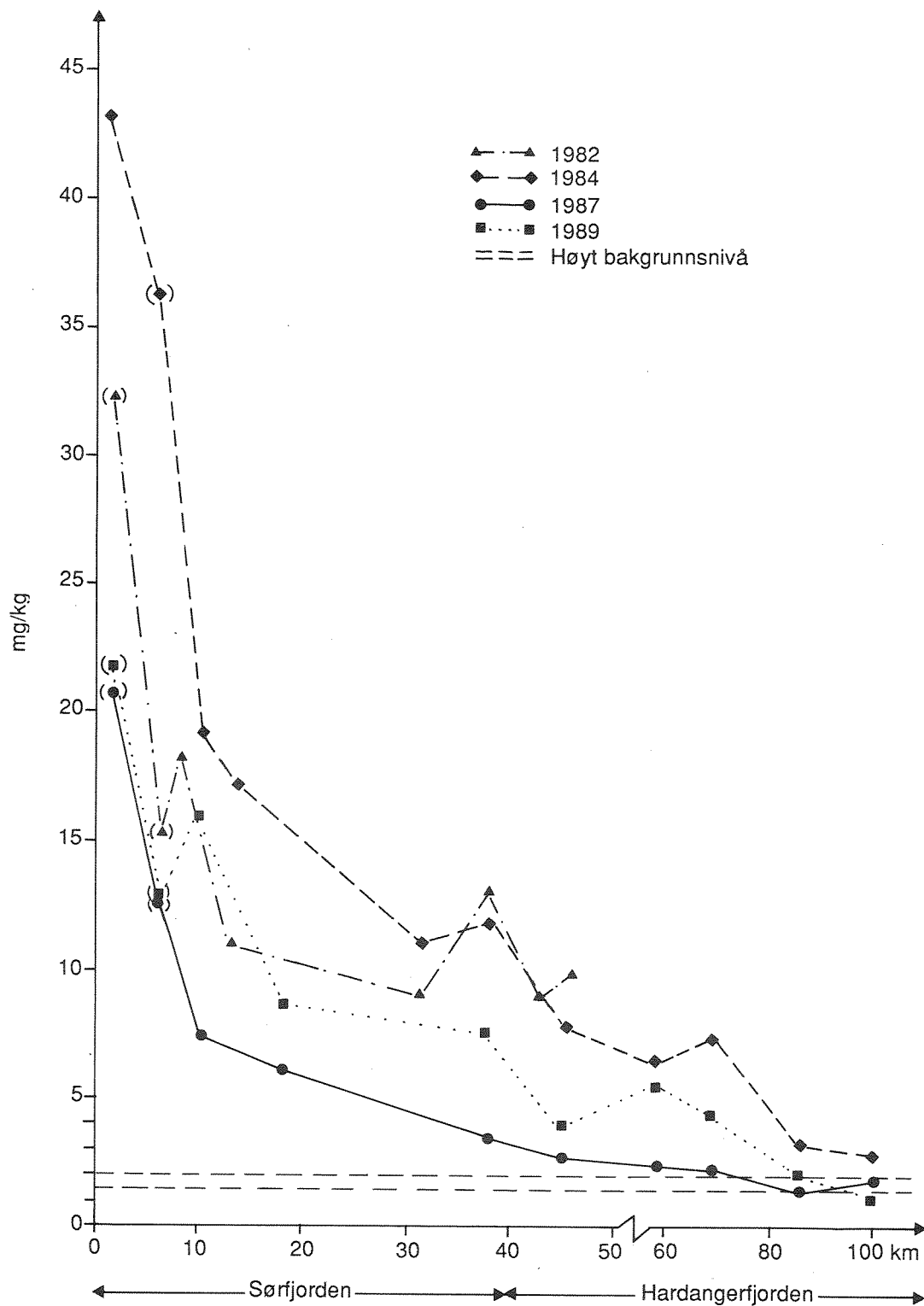


Fig. 9. Kadmium i blæretang () og grisetang fra Sør fjorden/ Hardangerfjorden 1982-1989, mg/kg tørrvekt.

Blyinnholdet var tydelig forhøyet bare i indre 6 - 8 km (fig. 10), med konsentrasjoner 2 - 3 ganger et høyt bakgrunnsnivå. I denne delen av fjorden var konsentrasjonene heller lavere i 1988 - 89 enn i 1987. Fra Digranes og utover var det samme lave verdier som i 1987.

Sink i tang viste høye overkonsentrasjoner i hele Sørfjorden - avtagende fra ca. 10 ganger et høyt bakgrunnsnivå innerst og til ca. 5 ganger ved munningen (fig. 11). Utenfor Sørfjorden sank konsentrasjonen tydelig, men tangen viste forhøyet sinkinnhold ut til mer enn 80 km fra Odda; dvs. enda lenger ut enn det ble konstatert overkonsentrasjoner av kadmium. Sammenligning av 1988 med 1989 viser noe motstridende resultater (se vedlegg). Mens det var markert høyere sinkverdier i tang fra innerst i fjorden 1989 og likeledes i tang fra munningen og utover i Hardangerfjorden, var forholdet motsatt på st. B6 Kvalnes omtrent midtfjords. Jevnført med 1987 var konsentrasjonene noe høyere innerst i 1989, derimot stort sett lavere på resten av prøvestedene.

Også kobberinnholdet må anses forhøyet i tang fra indre halvdel av fjorden, særlig ved st. B2 Eitrheimsneset, der overkonsentrasjonene var ca. 5 ganger (fig. 12). Forhøyelsen var mindre markert i 1988, og påvirkningen lot seg ikke spore utenfor fjorden. Belastningen i 1989 synes å være noenlunde uendret fra 1987. Tilsvarende overkonsentrasjoner er registrert så langt tilbake som i 1975 (Julshamn, 1981a), mens det enda tidligere var mer markert kobberforurensning i Sørfjorden (Haug et al., 1974).

Oppsummert viser 1988 - 89 observasjonene i tang følgende:

- Overkonsentrasjoner av både sink, kadmium, kvikksølv, kobber og bly i de indre 5 - 10 km av Sørfjorden, markert for sink og kadmium, mer moderat for bly og kobber og minst for kvikksølvs del.
- Forurensningen med sink og kadmium var tydelig i hele Sørfjorden og sporbar 80 - 100 km fra kilden.
- Resultatene viser ingen ytterligere bedring etter 1987, muligens en viss forverring mht. kadmiumbelastning.
- Det er ingen klare utslag av den store økningen i vannets metallinnhold høsten 1989 (særlig sink) omtalt i kap. 5.1.

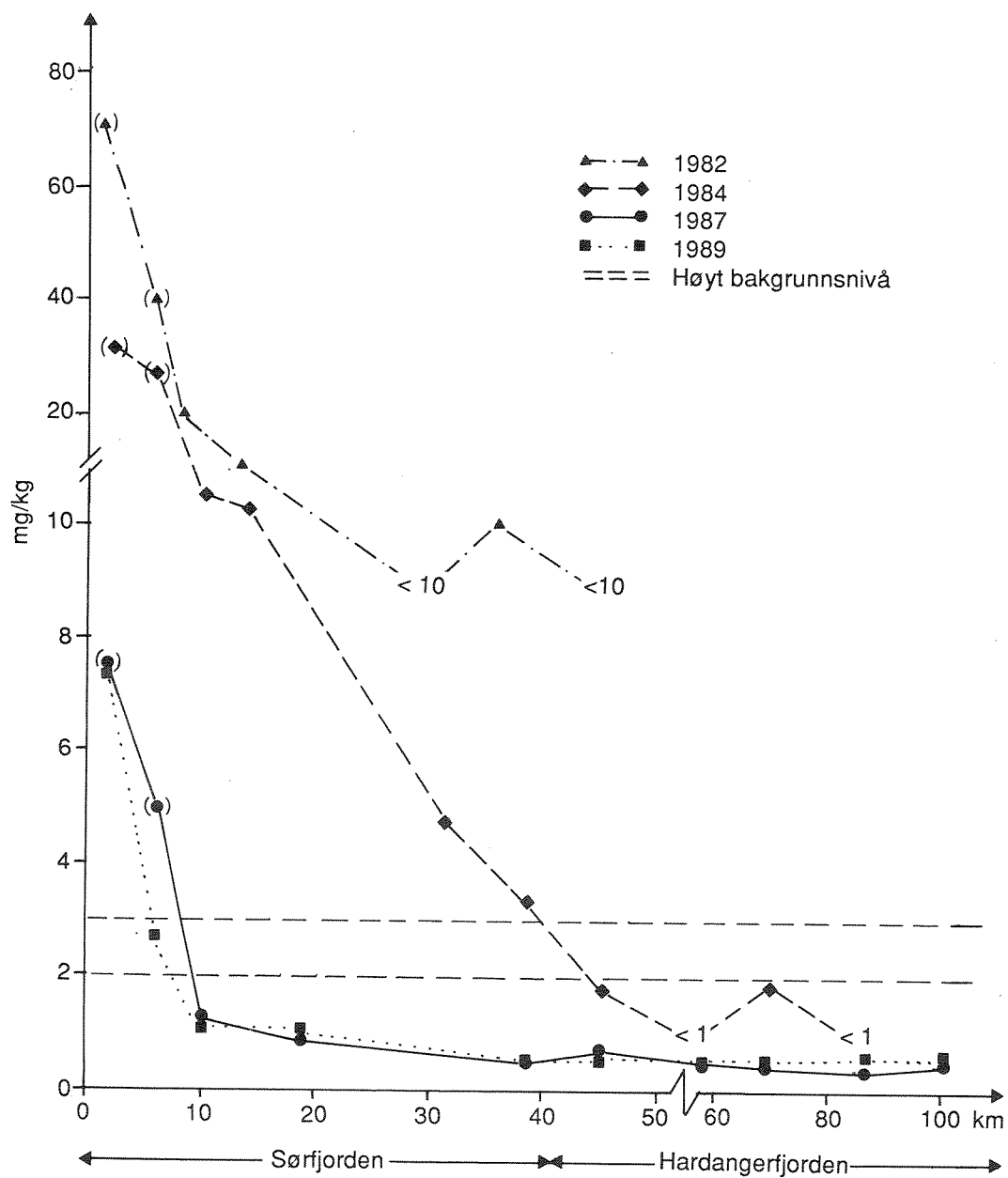


Fig. 10. Bly i blæretang () og grisetang fra Sør fjorden/ Hardangerfjorden 1982-1989, mg/kg tørrvekt.

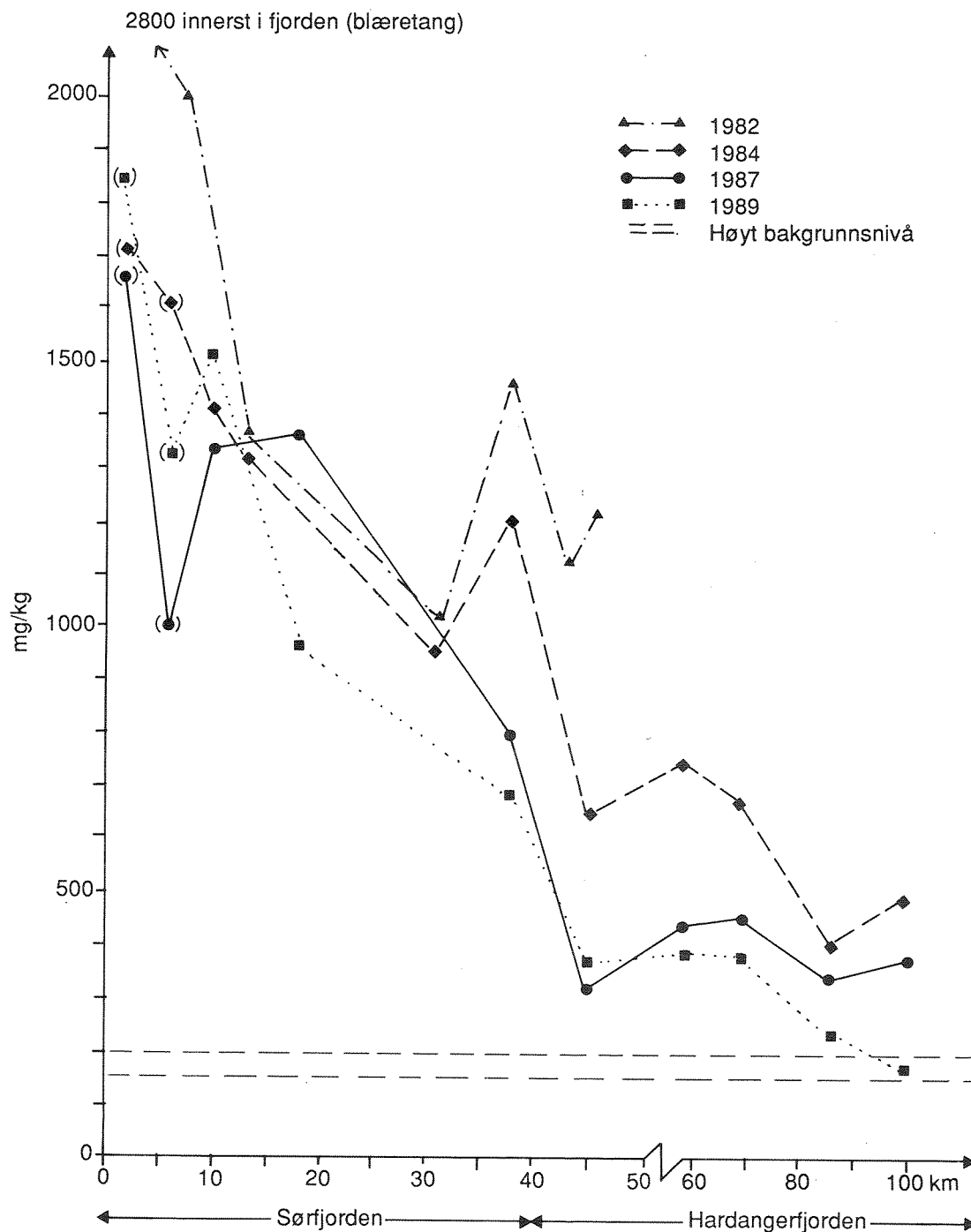


Fig. 11. Sink i blæretang () og grisetang fra Sør fjorden/
Hardangerfjorden 1982-1989, mg/kg tørrvekt.

Noen større utslag av denne økningen kan heller ikke ventes. Selv om økningen skulle ha skjedd umiddelbart etter vannprøvetakingen i august (usikkert da økningen først ble fastslått i september) er dette for kort tid til at tangen skulle kunne gjenspeile økningen. Antas en opptakshastighet på $0.1 \mu\text{g Zn/g tørrvekt}/\mu\text{g Zn/l}$ pr. dag, hvilket er høyt jevnført med litteraturdata (kfr. referanser i Knutzen, 1985), gir dette en teoretisk økning i størrelsesorden 30 mg/kg pr. dag ved en økning i vannets konsentrasjon på vel $300 \mu\text{g/l}$, slik som det synes å ha funnet sted ved Digraneset (fig. 3). En relativ moderat økning i tangens metallinnhold kan således likevel ha funnet sted uten at dette lar seg fastslå.

Hvis det ved overvåking basert på tang som indikator skal fanges opp mulige kortperiodiske svingninger i Sørfjordvannets metallinnhold, er det nødvendig med hyppigere prøvetaking, dvs. 4 - 6 ganger i året. Dertil må det analysene gjøres på bare det ytterste av skuddspissene, dvs. vev som er mindre enn 3 - 6 måneder gammelt.

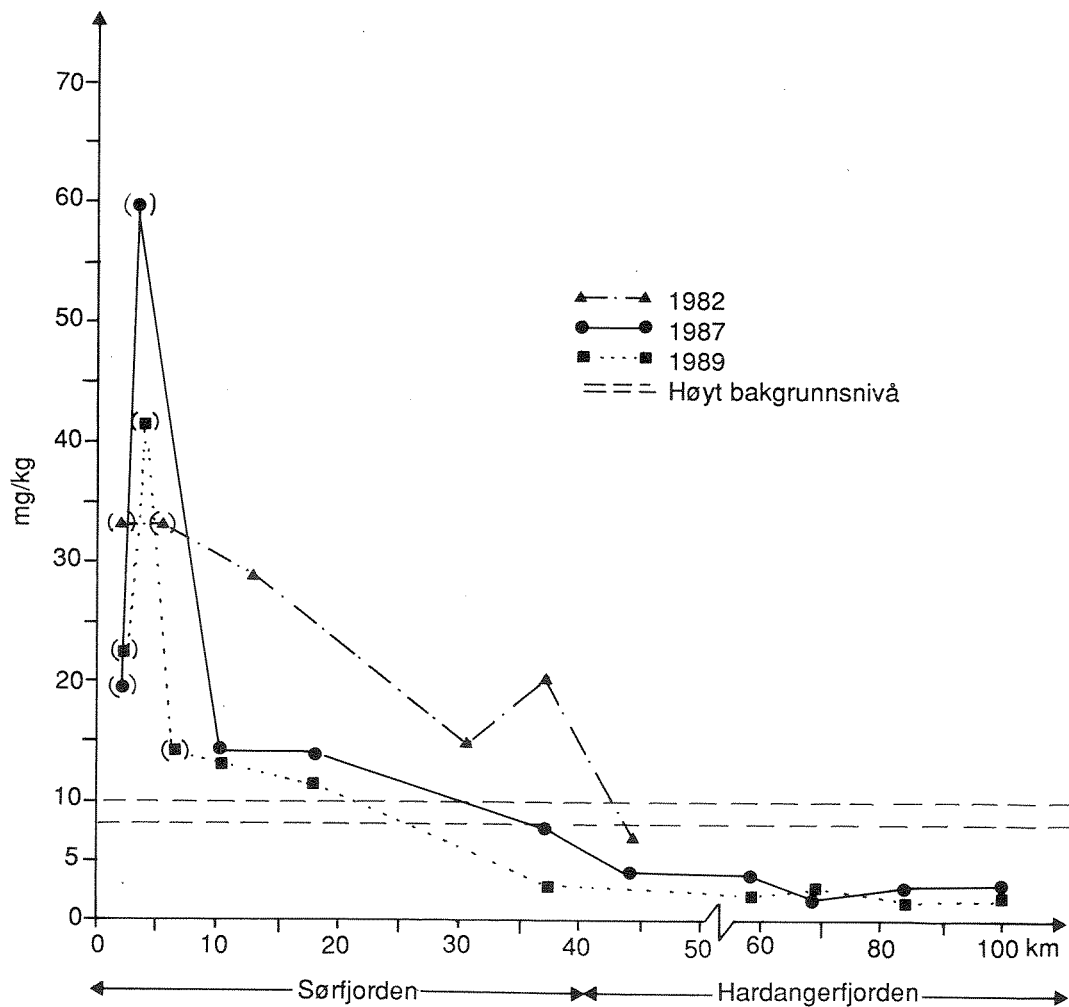


Fig. 12. Kobber i blæretang () og grisetang fra Sør fjorden/
Hardangerfjorden 1982-1989, mg/kg tørrvekt.

5.4 Metaller i blåskjell

Det ble registrert en økning i innholdet av kvikksølv, sink og kadmium i blåskjell i 1989 sammenlignet med 1987, spesielt i indre del av Sørfjorden. Konsekvensen av dette er at begrensningene i konsum og oppdrett i området fortsatt er bør opprettholdes.

Resultatene av de foretatte analyser for det statlige overvåkingsprogram (tørrvekts- og våtvektsbasis) og for JMG-overvåkingen (tørrvektsbasis), samt resultatene av den statistiske bearbeidelsen av JMG-data fra Sørfjorden/Hardangerfjorden 1987, 1988 og 1989, er vist i vedleggstabeller 2 og 3.

Figurene 13 - 16 viser avstandsgradienter for metallkonsentrasjoner i blåskjell og utvikling fra 1982 registrert ved statlig overvåkingsprogram, mens det i figurene 17 - 20 er gjort en sammenligning av resultatene fra de to overvåkings-oppleggene JMG-overvåkingen er her representert ved middelverdien av tre størrelseskategorier. Mht. størrelseseffekten fikk man i 1987 og 1988 signifikant økende sink- og blyinnhold med økende skallstørrelse fra 2 - 3 til 4 - 5 cm (Skei et al., 1989), mens forskjellen ikke var signifikant (sink) eller svakere (bly) i 1989.

I likhet med for tang er det på figurene foretatt en nedjustering av "høyt bakgrunnsnivå" i forhold til det som tidligere er angitt på rapporter om Sørfjorden (Skei et al., 1989a og foregående rapporter i denne serien). Nedjusteringen gjelder særlig kvikksølv og bly; i mer moderat grad for kadmium. Justeringen er gjort i lys av nyere overvåkingsresultater fra norske lokaliteter (Knutzen, 1986, 1989; Knutzen et al., 1986, 1989) og en vurdering av for det meste senere litteraturdata (Claisse, 1989, Cossa, 1988, Gault et al., 1983, Julshamn, 1981b, 1982, Martincic et al., 1984, 1987, Meeus-Verdinne et al., 1983, Møller et al., 1983, Olafsson, 1986, Popham og D'Auria, 1983 og Talbot, 1987).

Kvikksølvinnholdet i blåskjell fra 1989 ses av fig. 13 å ligge 3 - 5 ganger over antatt høy bakgrunnsverdi; dessuten med bemerkelsesverdig liten forskjell utover i fjorden, idet praktisk sett like høy overkonsentrasjon er observert nærmere 70 km fra Odda. I forhold til 1987-dataene representerer dette en betydelig økning.

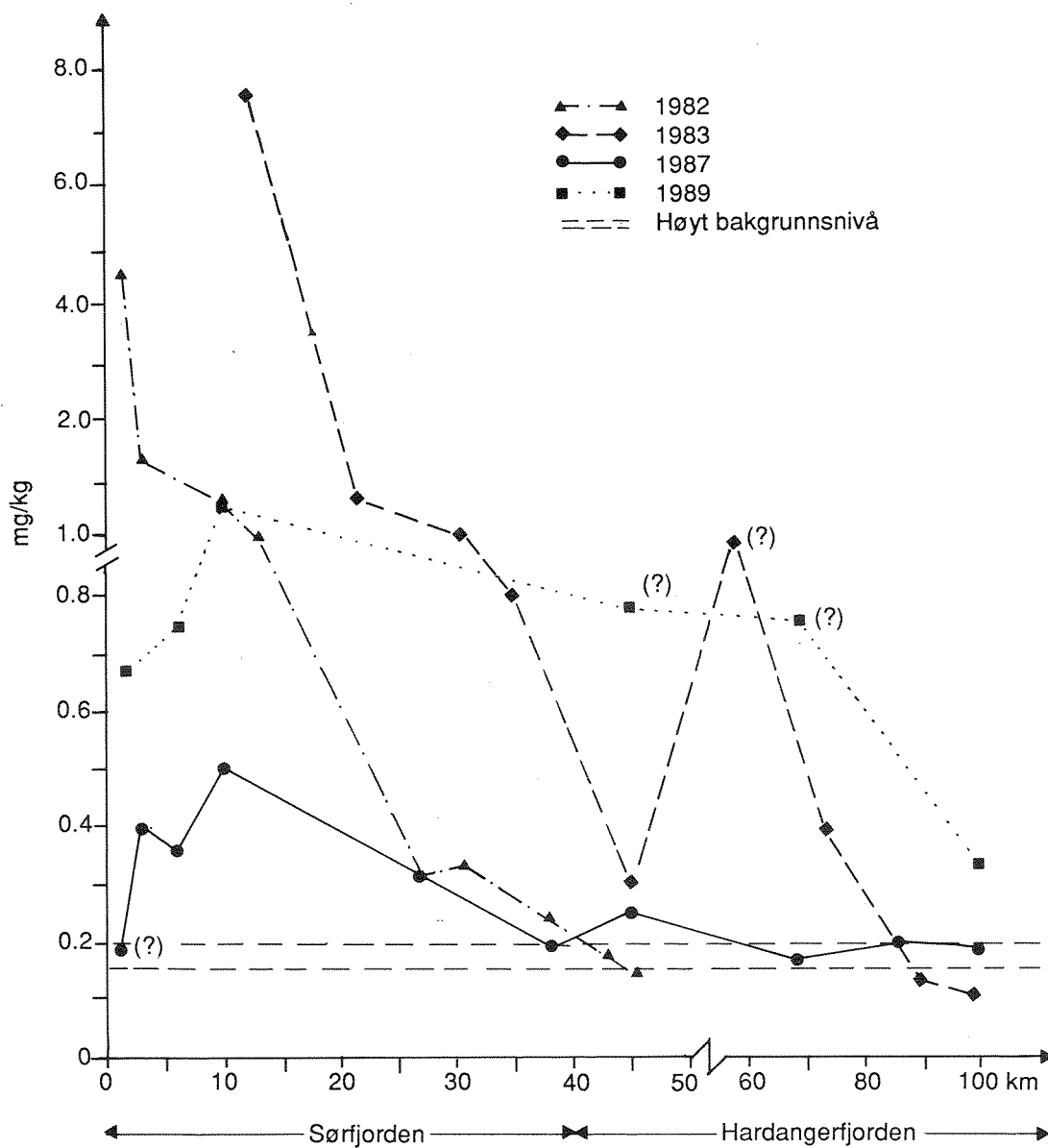


Fig. 13. Kvikksølv i blåskjell fra Sør fjorden og Hardangerfjorden 1982 - 1989, mg/kg tørrvekt (1983-data er omregnet til tørrvektbasis fra Julshamm et al., 1985). Angående verdier merket med (?), se forklaringer i teksten.

JMG-tallene, som stort sett er fra kompletterende lokaliteter, viste delvis enda høyere konsentrasjoner, men bare fra indre halvdel av fjorden. Lenger ut i Sørfjorden og Hardangerfjorden lå konsentrasjonene derimot omkring høyt normalinnhold (vedlegg 3 og fig. 17). Ved JMG-overvåkingen i 1988 ble det her registrert omlag samme forhold som i 1987.

Mulige årsaker til økningen fra 1987/88 til 1989 er ikke kjent, men aktualiserer en nærmere undersøkelse og vurdering av skjebnen til de omlag 100 kg kvikksølv som årlig slippes ut sammen med gips ved Eitrheimsneset; dertil om det kan være andre, eventuelt episodiske tilførsler.

De relativt høye konsentrasjonene som er konstatert i skjell på to lokaliteter utenfor Sørfjorden er det vanskelig å forstå hvordan skal ha kunnet oppstå uten kraftigere utslag i indre fjord. Så høye kvikksølvkonsentrasjoner som 0.7 - 0.8 mg/kg tørrvekt er heller ikke tidligere påvist annet enn ved en tvilsom registrering i 1982. Det kan derfor ikke ses bort fra feilanalyse, selv om det ikke er noe konkret grunnlag for dette.

Forhøyede kvikksølvverdier i indre fjord samsvarer med tanganalysene, men disse viste ingen indikasjoner på vesentlig belastning utenfor st. B4 - B6 (Digranes - Kvalnes). Vannanalysene tyder heller ikke på annet enn temmelig lokal kvikksølvforurensning. Det er således flere forhold som indirekte tyder på at de to aktuelle blåskjellverdiene er misvisende og bør sees bort fra inntil forholdet er undersøkt på nytt. Verdiene er derfor markert med spørsmålstegn i fig. 13.

Kadmiuminnholdet var i 1989 meget høyt. Sett i forhold til et høyt bakgrunnsnivå ble det registrert overkonsentrasjoner på fra ca. 25 - 30 ganger innenfor Digraneset til 15 - 20 ganger ved fjordmunningen. Kadmiumforurensningen var tydelig i skjell samlet 100 km fra Odda (3 - 4 ganger overkonsentrasjon), og etter all sannsynlighet også sporbare lenger ute (fig. 14). Verdiene var høyere enn i 1987. Enda mer betenkelig blir utviklingen ut fra JMG-dataene, som ut til st. B6 Kvalnes viste overkonsentrasjoner på opp mot 40 - 50 ganger, men forøvrig en tilsvarende avstandsgradient (fig. 18). I 1988 var det ikke skjedd noen tilsvarende økning fra året før (JMG-data, vedlegg 3).

Kadmiumbelastningen gjenspeiles omlag likedan i blåskjell og tang, men i likhet med tidligere (Skei et al., 1989a) kan påpekes at blåskjell synes å være en enda mer ømfintlig indikator enn tang (forurensningen sporbar lenger fra kilden ved bruk av skjell).

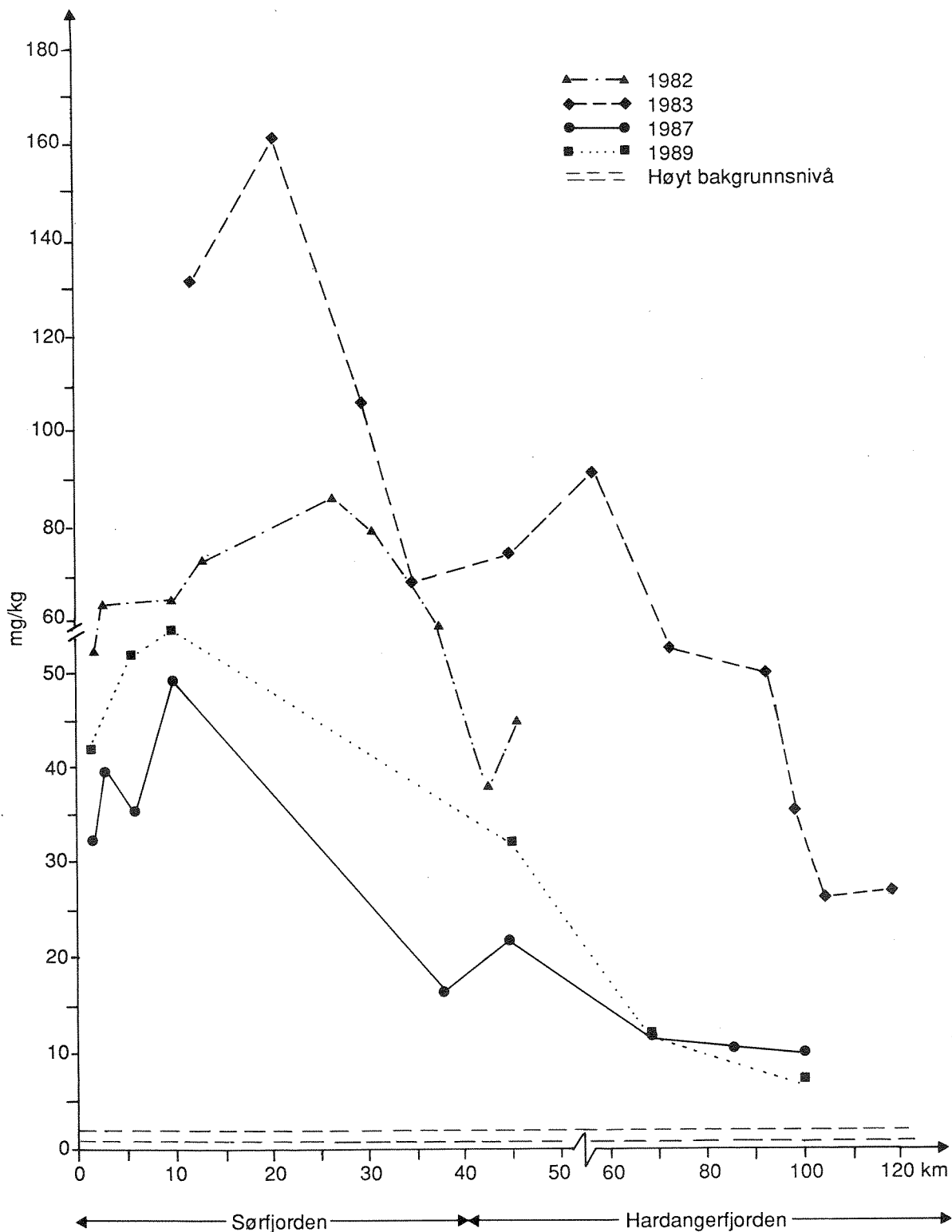


Fig. 14. Kadmium i blåskjell fra Sør fjorden og Hardangerfjorden 1982 - 1989, mg/kg tørrvekt. (1983-verdiene omregnet til tørrvektsbasis fra Julshamm et al., 1985).

Blåskjellenes blyinnhold viste også overkonsentrasjoner til utenfor Sørfjorden opp til 15 - 20 ganger i de indre 10 km, fallende mot et tilnærmet normalnivå 30 - 60 km ut i Hardangerfjorden (fig. 15). Belastningen syntes å være omtrent som i 1987. Prøvene fra stasjonsnettets benyttet innen JMG viste til sammenligning høyere maksimum innerst i fjorden, antydningvis raskere minskning inne i Sørfjorden og siden svakt synkende konsentrasjoner utover i Hardangerfjorden (fig. 19).

I henhold til JMG-observasjonene var skjellenes blyinnhold i 1988 lavere enn både året før og i 1989 (vedlegg 3). Noe tilsvarende variasjoner i vannets blyinnhold er ikke registrert, og det er heller ikke kjent endringer i belastningen som samsvarer med et minimum i belastningen i 1988. Blyinnholdet i tang fra dette året var bare for enkeltstasjoner lavere enn i 1989 (vedleggstabell 2).

På samme måte som i 1987 ga blåskjell vesentlig bedre informasjon enn tang om blyforurensningens utbredelse (kfr. fig. 15 med 10). I tang var belastningen knapt sporbar mer enn 5 - 6 km fra Odda.

Sink i skjell viste overkonsentrasjoner på vel 5 ganger innerst, ca 3 ganger like utenfor fjordmunningen og fremdeles sporbar påvirkning 10 mil fra kilden (fig. 16). Sammenlignet med 1987 var det en markert økning i skjell fra lokaliteter inne i Sørfjorden, mens denne tendensen var mindre utpreget og heller ikke så konsekvent i skjell fra hovedfjorden.

JMG-dataene ga i hovedtrekkene det samme bilde; dertil var det også for sink tendens til at JMG-skjellene inneholdt mer metall ved høyest belastning, mens de lå forholdsvis lavere ved den avtagende belastning lenger fra tilførselene (fig. 20).

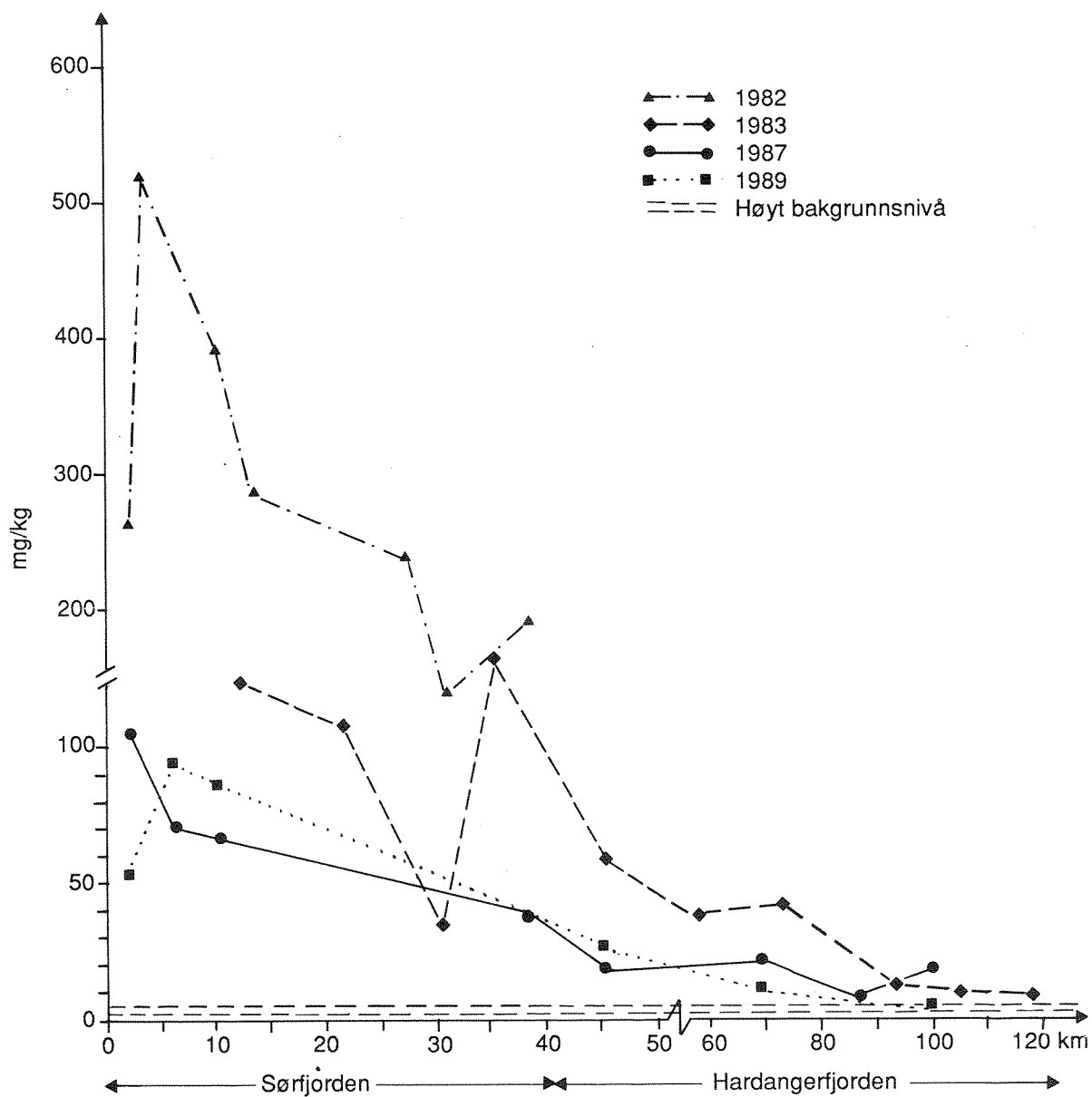


Fig. 15. Bly i blåskjell fra Sør fjorden og Hardangerfjorden 1982 - 1989, mg/kg tørrvekt. (1983-verdiene omregnet til tørrvektbasis fra Julshamm et al., 1985).

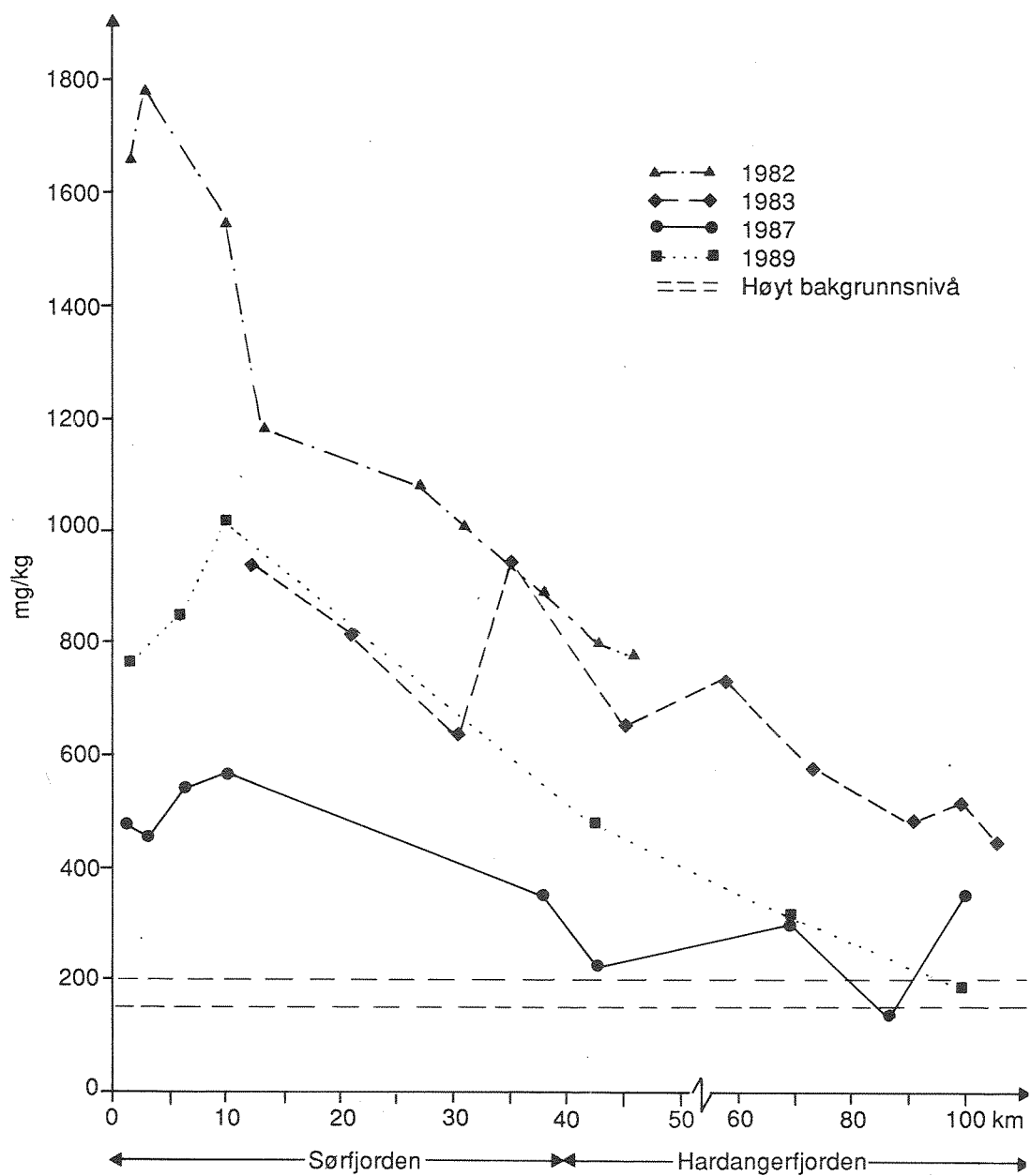


Fig. 16. Sink i blåskjell fra Sør fjorden og Hardangerfjorden 1982 - 1989, mg/kg tørrvekt. (1983-verdiene er omregnet til tørrvektsbasis fra Julshamm et al., 1985).

For sinks del syntes tang og skjell å ha tilnærmet likeverdige indikatoregenskaper (kfr. sammenligning fig. 16 med fig. 11). Tidligere resultater har kunne tydes i retning av at tang var noe mer ømfintlig for påvirkning (Skei et al., 1989).

Skjellenes innhold av kobber reflekterte moderat overbelastning (ca. 1.5 - 2 x høyt bakgrunnsnivå) ut til Digraneset (vedlegg 2). I motsetning til de øvrige metaller ga JMG-proseduren heller lavere konsentrasjoner også i skjell fra indre stasjoner (vedlegg 3). I overensstemmelse med erfaringene fra tidligere års overvåking syntes tang å være bedre egnet som indikator på kobber.

Nivået av sølv lå for alle stasjonene under deteksjonsgrensen.

Fra ovennevnte blåskjellresultater kan det konkluderes med:

- Markert forurensning med alle metallene kvikksølv, kadmium, bly og sink i indre 5 - 10 km av fjorden; for de tre sistnevnte også tydelig påvirkning lenger ut og kadmium med overkonsentrasjoner mer enn 10 mil fra Odda.
- Økning fra 1987 til 1989 inne i Sørfjorden, særlig for kvikksølv, men også for kadmium og sink, i mindre grad for bly. Mindre utslag i hovedfjorden (bortsett fra to kvikksølvverdier som må anses usikre).

Bortsett fra den sterke økning i vannets metallinnhold (særlig av sink og i mindre grad kadmium og bly) fra mellom 23/8 og 28/9 1989 er det lite å hente i vanndataene for å forklare økningen i blåskjells metallinnhold fra 1987 til 1989. Særlig fremtrer økningen i skjellenes kvikksølvinnhold (indre fjord) som bemerkelsesverdig ut fra vannanalysene. Generelt er å bemerke at vannanalysene kan synes for fåtallige til å tjene som grunnlag for å bedømme blåskjellresultatene. For dette formål måtte det i hvert fall tas vannprøver 3 - 4 ganger i perioden april - september.

Den viktigste praktiske konsekvens av observasjonene er at begrensningene på konsum og oppdrett av blåskjell i Sørfjorden og Hardangerfjorden fortsatt bør opprettholdes (kfr. brev fra Helsedirektoratet til SFT av 21/5-87, vedlagt anbefaling fra Statens institutt for folkehelse).

Resultatene fra jevnføringen av de to fremgangsmåter for lagring og opparbeidelse av skjellprøver (fig. 17 - 20) kan tolkes dithen at det ved høy belastning går tapt en del av metallinnholdet hvis skjellene

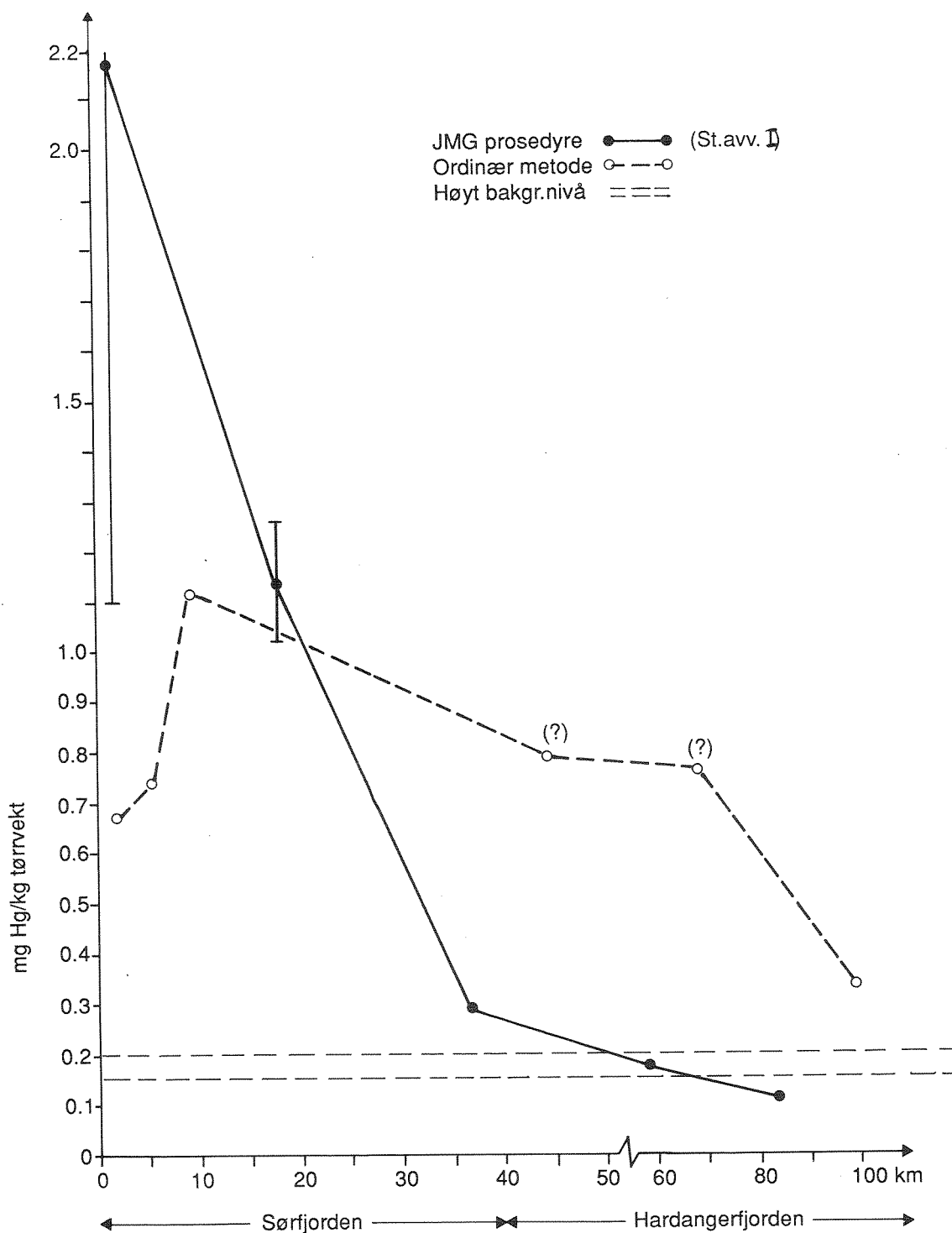


Fig. 17. Kvikksølv i blåskjell fra Sør fjorden/Hardangerfjorden 1989 målt ved to metoder for prøveopparbeidelse (se tekst), mg/kg tørrvekt. Verdier merket (?) er diskutert i teksten.

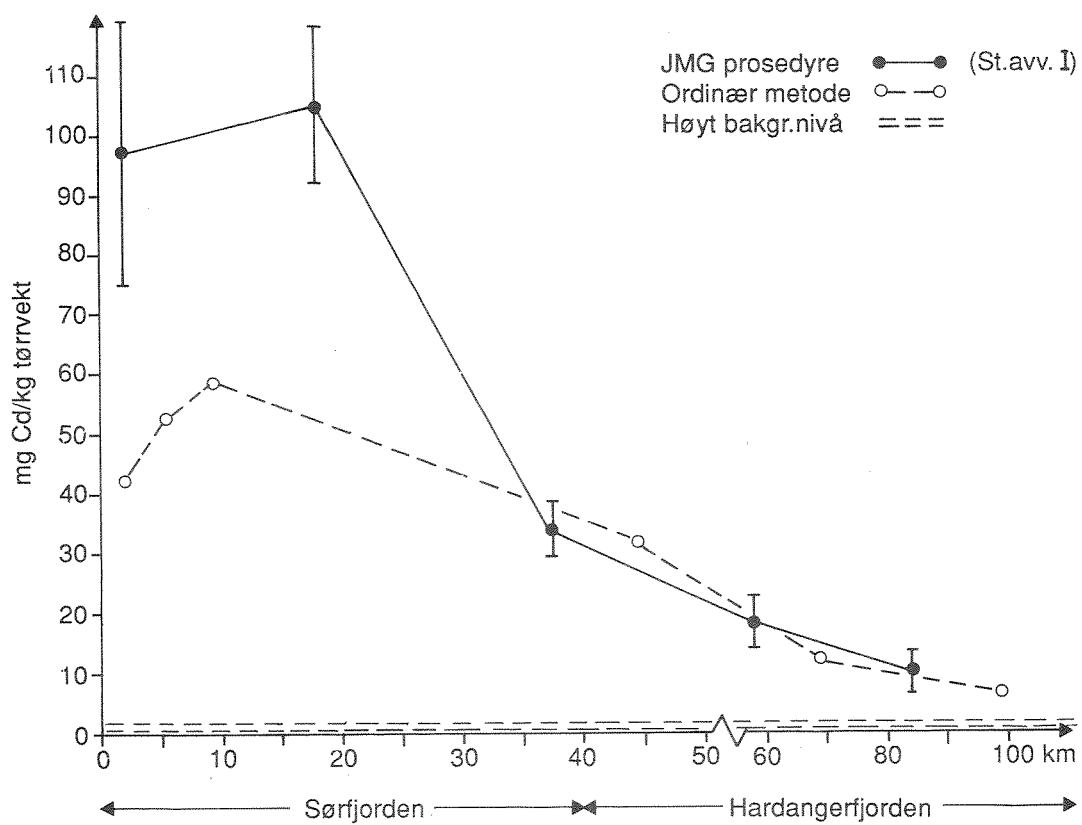


Fig. 18. Kadmium i blåskjell fra Sør fjorden/Hardangerfjorden 1989 målt ved to metoder for prøveopparbeidelse (se tekst), mg/kg tørrvekt.

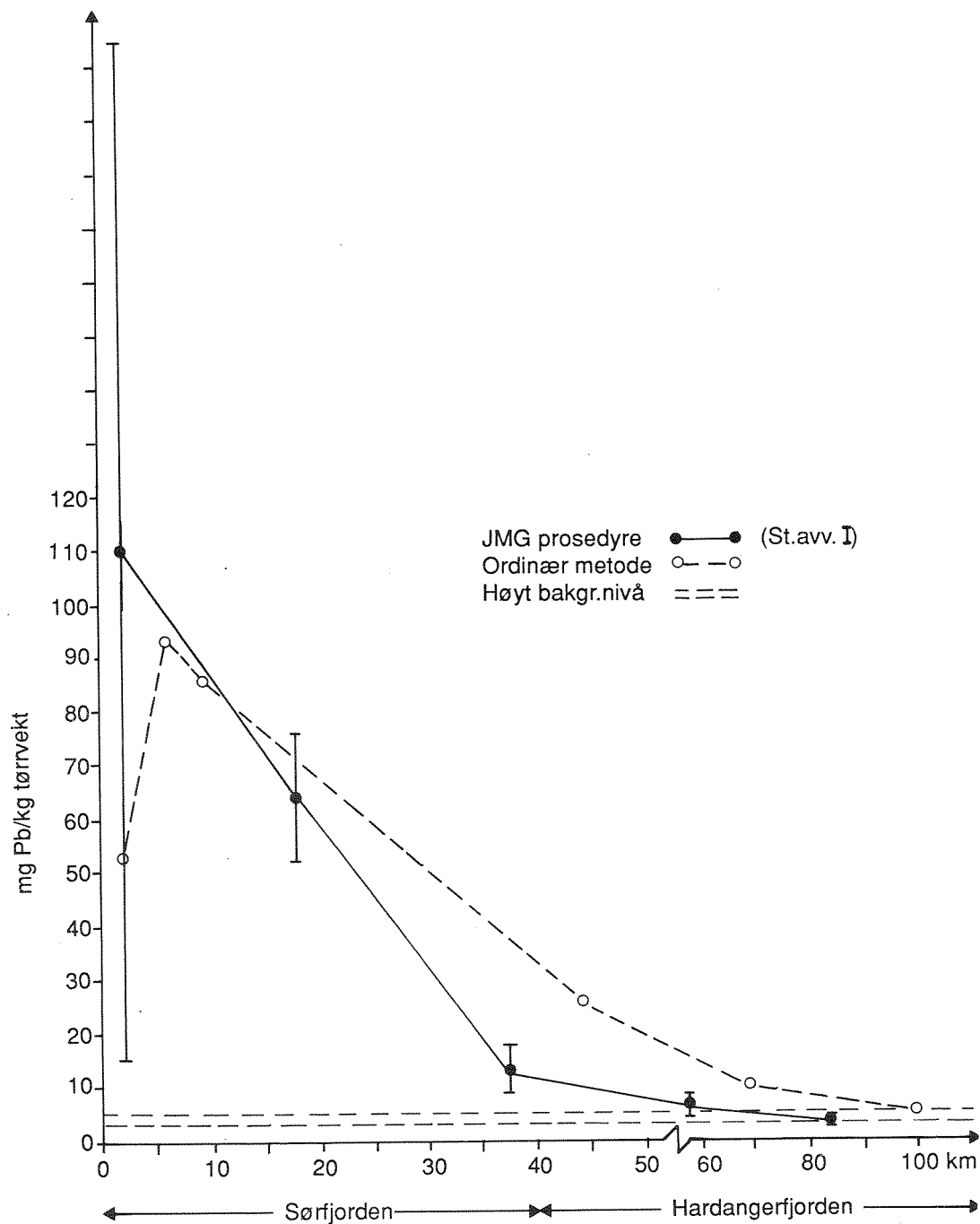


Fig. 19. Bly i blåskjell fra Sør fjorden/Hardangerfjorden 1989 målt ved to metoder for prøveopparbeidelse (se tekst), mg/kg tørrvekt.

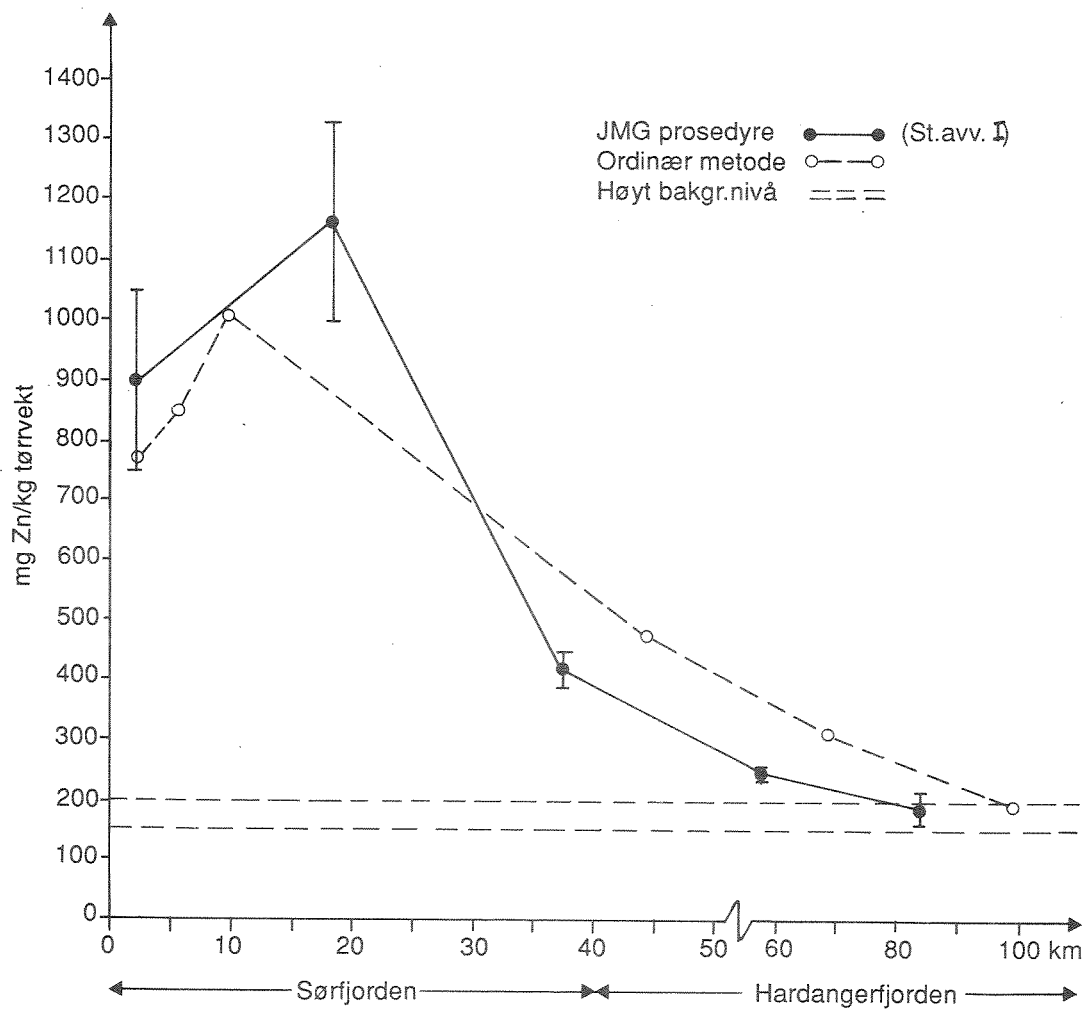


Fig. 20. Sink i blåskjell fra Sør fjorden/Hardangerfjorden 1989 målt ved to metoder for prøveopparbeidelse (se tekst), mg/kg tørrvekt.

fryses ned levende og bløtdelene først fjernes etter tining, åpning og avrenning av væske. Innen JMG-aktivitetene er forholdet innledende testet på to parallelle prøver fra hver av to stasjoner, men bare for kadmium ble det funnet signifikant reduksjon i konsentrasjonen når skjellene ble fryst ned hele i forhold til å skjære ut bløtdelen før nedfrysing. Også for kvikksølv og kobber gikk forskjellen i samme retning på den mest metallbelastede stasjonen, mens det var omvendt for bly og sink. Ved lavest belastning var forskjellen liten for kvikksølvs del, for sink, kobber og bly var det 10 - 20% lavere metallinnhold ved frysing av hele skjell.

Resultatene av denne innledende testen kan således ikke forklare de delvis betydelige forskjeller i forskjellig retning som indikeres i fig. 17- 20. Foreløpig mest nærliggende er det derfor å tilskrive de tilsynelatende forskjellene tilfeldig variasjon i prøvematerialet og utslag av analysevariabilitet.

Dette er ingen tilfredsstillende konklusjon og forholdet fortjener dels forskningsmessig oppfølging, dels at usikkerheten søkes redusert i det foreliggende analyseprogram. Med henblikk på det siste, foreslås at det for fremtiden analyseres parallelt på tre så vidt mulig like prøver fra hver av stasjonene. For å få sammenlignbarhet med tidligere observasjoner fortsettes det med å fryse ned skjellene hele, slik det også ellers praktiseres innen Statlig program for forurensningsovervåking.

6. REFERANSER

- Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar.Chem.*, 14: 49-59.
- Claisse, D., 1989. Chemical contamination of French coasts. The results of ten years mussel watch. *Mar.Pollut.Bull.* 20: 523-528.
- Cossa, D., 1988. Cadmium in Mytilus spp.: Worldwide survey and relationship between seawater and mussel content. *Mar.Environ. Res.* 26: 265-284.
- Danielsson, L.-G., B. Magnusson and S. Westerlund, 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal.Chim.Acta.* 98: 47-59.
- EPA, 1987. Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria Document for Zinc, 1987. Environmental Protection Agency, Washington, DC. PB87-153581.
- Gault, N.F.S., E.L.C. Tolland and J.G. Parker, 1983. Spatial and temporal trends in heavy metal concentrations in mussels from Northern Ireland coastal waters. *Mar.Biol.* 77: 307-316.
- Green, N.W., 1989. The effect of depuration on mussels analyses. Report of the 1989 meeting of the working group on statistical aspects of trend monitoring. The Hague, 24-27 April 1989. ICES-report C.M.1989/E:13 Annex 6: 52-58.
- Haug, A., S. Melsom and S. Omang, 1974. Estimation of heavy metal pollution in two Norwegian fjords areas by analysis of the brown algae Ascophyllum nodosum. *Environ.Pollut.* 7: 179-192.
- Julshamn, K, 1981a. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway. VII. The contents of 12 elements, included copper, zinc, cadmium and lead in common mussel (Mytilus edulis) and brown seaweed (Ascophyllum nodosum) relative to the distance from the industrial sites in Sørfjorden, inner Hardangerfjord. *Fisk.Dir. Skr. Ernæring* Vo. 1 (No. 5): 267-287.

- Julshamn, K., 1981b. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway. I. Geographical variations in the contents of 10 elements in oyster (Ostrea edulis), common mussel (Mytilus edulis) and brown seaweed (Ascophyllum nodosum) from three oyster farms. Fisk.Dir. Skr. Ser. Ernæring Vo. 1 (No. 5): 161-182.
- Julshamn, K., 1982. Undersøkelse av kadmium og bly i blåskjell fra Sognefjorden. Norsk Fiskeoppdrett 7(11): 18-19.
- Kirkerud, L. og J. Knutzen, 1986. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1984 - 1985. Delrapport 2. Metaller i tang og toksisitetstester. Rapport 226/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000309 (l.nr. 1867). 56 s.
- Knutzen, J., 1985. "Bakgrunnsnivåer" av utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grense for "normalinnhold", konsentrasjonsfaktorer, naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. NIVA-rapport 0-83091 (l.nr. 1733). 121 s.
- Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984 - 1985. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 224/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000320 (l.nr. 1864). 39 s.
- Knutzen, J., 1989. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer 1987. Rapport 347/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000366 (l.nr. 2273). 34 s.
- Knutzen, J., S. Hvoslef og L. Kirkerud, 1986. Basisundersøkelse i Drammensfjorden 1982 - 1984. Delrapport 5. Miljøgifter i organismer. Rapport 219/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000315 (l.nr. 1836). 23 s.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1988. Tiltaksorientert overvåking i Saudafjorden 1986 - 1987. Rapport 309/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000306 (l.nr. 2109). 50 s.

- Knutzen, J., K. Martinsen og M. Oehme, 1988. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1986 - 1987. Rapport 312/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000357 (l.nr. 2114). 110 s.
- Knutzen, J., K. Næs og B. Rygg, 1989. Tiltaksorientert overvåking av Karmsundet. Undersøkelser av sedimenter, bløtbunnsfauna og miljøgifter i organismer. Rapport 371/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000384 (l.nr. 2284). 75 s.
- Martincic, D., H.W. Nürnberg, M. Stoepler og M. Branica, 1984. Bio-accumulation of heavy metals by bivalves from Limfjord (North Adriatic Sea). *Marine Biology* 81: 177-188.
- Martincic, D., Z. Kwokal and M. Branica, 1987. Trace metals in selected organisms from the Adriatic Sea. *Marine Chemistry* 22: 207-220.
- Meeus-Verdinne, K., R. van Cauter og R. de Borger, 1983. Trace metal content in Belgian coastal mussel. *Mar.Poll.Bull.* 14: 198-200.
- Møller, H., R. Schneider og C. Schnier, 1983. Trace metal and PCB content of mussels (*Mytilus edulis*) from the Southwestern Baltic Sea. *Int.Revue.ges.Hydrobiol.* 68: 633-647.
- Olafsson, J., 1986. Trace metals in mussels (*Mytilus edulis*) from Southwest Iceland. *Marine Biology* 90: 220-229.
- Popham, J.D. and J.M. D'Auria, 1983. Combined effect of bode size, season and location on trace element levels in mussels (*Mytilus edulis*). *Arch.Environ.Contam.Toxicol.* 12: 1-14.
- Skei, J., 1988a. Kontrollundersøkelser vedrørende bygging av spuntvegg i Eitrheimsvågen. Fase 2. Rehabiliteringsperioden. NIVA-rapport 0-85111 (l.nr. 2151). 77 s.
- Skei, J., 1988b. Vurdering av beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad og utslippsarrangement for kommunal kloakk i Odda. NIVA-rapport 0-88040 (l.nr. 2137). 24 s.

- Skei, J., A. Pedersen, J.A. Berge, T. Bakke and K. Næs, 1987. Indre Sjørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. NIVA-rapport 0-87005 (l.nr. 2067). 101 s.
- Skei, J. and J. Molvær, 1989. Resipientmålinger, beregning av innlagringsdyp og rensegrad for kommunalt avløpsvann i Odda. NIVA-rapport 0-88040 (l.nr. 2239). 57 s.
- Skei, J., J. Knutzen og K. Næs, 1989a. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden 1987 - 1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000309 (l.nr. 2227). 132 s.
- Skei, J., Seip, K., Tveit, I., Strømsnes, P., Skei, O. og Bøen, R., 1989b. Indre Sjørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 3. Tiltaksanalyse. NIVA-rapport 0-89053 (l.nr. 2261), 68 s.
- Strømgren, T., 1982. Effects of heavy metals (Zn, Hg, Cu, Cd, Pb, Ni) on the length growth of Mytilus edulis. Mar.Biol. 72: 69-72.
- Talbot, V., 1987. Relationship between lead concentrations in seawater and in the mussel Mytilus edulis: a water-quality criterion. Marine Biology 94: 557-560.
- Weisberg, S., 1985. Applied Linear Regression. Second edition. John Wiley & Sons. 324 s.

DATAVEDLEGG

1. Vannanalyser.
2. Biologiske analyser.
3. JMG-data.

1. VANNANALYSER

STASJON : BØRVE
 DATO : 881216

DYP METER	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	357.	3.00	1.4	1.2	62.2	1.74
40.0	351.	<2.50	0.1	0.3	8.7	0.05
200.0	327.	<2.50	0.1	0.2	9.5	0.09

STASJON : BØRVE
 DATO : 890823

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	5.313	276.	<2.00	0.9	0.5	23.0	0.77
40.0		269.	<2.00	0.0	0.3	13.0	0.08
200.0		348.	<2.00	0.1	0.2	5.9	0.06

STASJON : BØRVE
 DATO : 890929

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	7.899	342.	<2.00	0.5	0.8	335.0	1.69
40.0		288.	<2.00	0.1	0.3	15.0	0.05
200.0		425.	<2.00	0.1	0.2	9.6	0.08

STASJON : BØRVE
 DATO : 891215

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	20.415	333.	2.50	0.6	1.1	380.0	2.20
40.0		315.	<2.00	0.1	0.3	22.5	0.09
200.0		297.	<2.00	0.1	0.2	7.3	0.09

STASJON : DIGRANESET
 DATO : 881216

DYP METER	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	317.	3.50	0.9	0.7	74.0	1.72
40.0	345.	4.00	0.5	0.5	19.1	0.12
200.0	305.	<2.50	0.3	0.3	11.1	0.13

STASJON : DIGRANESET
 DATO : 890823

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	5.821	263.	<2.00	0.6	0.8	69.0	1.08
40.0	32.630	302.	<2.00	0.1	0.4	16.5	0.09
200.0	34.810	348.	2.00	0.2	0.3	10.5	0.09

STASJON : DIGRANESET
 DATO : 890928

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	6.453	363.	<2.00	1.8	0.9	420.0	1.99
40.0	32.017	473.	2.00	0.2	0.4	65.0	0.13
200.0	34.851	417.	<2.00	0.3	0.3	12.1	0.10

STASJON : DIGRANESET
 DATO : 891215

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	21.697	408.	<2.00	0.7	2.3	360.	1.88
40.0	33.628	471.	<2.00	0.4	1.3	1220.	13.20
200.0	34.832	341.	<2.00	0.2	0.3	13.2	0.12

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
 DATO : 881216

DYP METER	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0		39.00	4.0	1.5	341.0	11.00
10.0	450.	27.50	3.2	0.8	57.8	0.85

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
 DATO : 890823

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	4.216	315.	3.50	6.4	2.3	1290.	16.00
10.0		348.	35.00	3.5	3.7	2900.	12.60

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
 DATO : 890928

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	3.744	500.	49.50	6.7	4.3	4500.	6.10
10.0		411.	25.00	2.1	4.3	5000.	1.90

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
 DATO : 891215

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	20.455	555.	24.50	5.1	7.9	4960.	26.00
10.0		1240.	17.00	6.6	21.0	11200.	1.58

STASJON : HAVNEBASENGET

DATO : 890823

DYP METER	SAL. 0/00	O2 ml/l	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	4.216	8.04	249.	2.00	1.0	1.0	260.0	2.50
20.0		6.54	488.	3.50	0.7	0.6	56.5	0.34
40.0		1.66	2020.	10.50	2.0	1.1	205.0	0.50

STASJON : HAVNEBASENGET

DATO : 890928

DYP METER	SAL. 0/00	O2 ml/l	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	4.266	7.78	854.	4.00	4.7	1.6	770.0	7.10
5.0		7.37						
20.0		5.55	398.	7.50	1.4	1.1	126.0	0.37
40.0		4.29	1130.	11.00	1.7	1.6	235.0	0.37

STASJON : HAVNEBASENGET

DATO : 891215

DYP METER	SAL. 0/00	O2 ml/l	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	20.258	6.65	594.	9.00	2.9	4.1	1800.	9.72
5.0		3.70						
20.0		3.59	641.	13.00	2.7	2.9	120.	0.40
40.0		2.52	654.	30.50	3.9	5.6	96.	0.28

STASJON : LINDENESET

DATO : 881216

DYP METER	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	503.	9.50	2.7	1.2	191.0	5.72
20.0		7.00	1.4	0.8	76.2	0.23
40.0	461.	10.50	1.6	1.7	39.2	0.20

STASJON : LINDENESET

DATO : 890823

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	4.605	302.	<2.00	0.7	0.6	190.	1.34
20.0		476.	2.00	0.5	0.5	42.	0.21
40.0		1110.	5.00	0.8	0.6	120.	0.25

STASJON : LINDENESET

DATO : 890928

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	3.976	390.	2.50	1.9	1.6	450.	4.00
20.0		794.	8.00	1.3	0.9	113.	0.32
40.0		801.	5.00	0.8	1.1	146.	0.30

STASJON : LINDENESET

DATO : 891215

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	21.328	440.	4.50	1.1	1.5	780.	3.40
20.0		396.	<2.00	1.5	1.6	120.	0.24
40.0		497.	3.50	0.7	1.9	126.	0.22

STASJON : URDHEIM

DATO : 881216

DYP METER	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	414.	4.50	1.1	0.7	56.9	1.34
40.0	509.	<2.50	0.2	0.4	7.0	0.05
200.0	398.	<2.50	0.1	1.2	7.0	0.07

STASJON : URDHEIM

DATO : 890823

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	5.107	249.	<2.00	0.3	1.0	19.0	0.69
40.0		236.	<2.00	0.0	0.3	3.8	0.04
200.0		323.	<2.00	0.1	0.3	4.7	0.05

STASJON : URDHEIM

DATO : 890929

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	8.849	314.	<2.00	0.5	0.6	355.0	1.22
40.0		315.	<2.00	0.1	0.3	4.2	0.04
200.0		404.	<2.00	0.1	0.3	6.8	0.06

STASJON : URDHEIM

DATO : 891215

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l
0.0	20.076	327.	2.00	0.7	1.2	364.0	2.56
40.0		291.	<2.00	0.1	0.3	11.5	0.07
200.0		291.	<2.00	3.7	0.5	8.7	0.06

2. BIOLGISKE ANALYSER

Metaller i blæretang (*Fucus vesiculosus*) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 6-7/10 1988 og 27-29/9 1989, mg/kg tørrvekt.

Blæretang: F.v. Grisetang: A.n.

Stasjon/art	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ag	% Tørrvekt
<u>1988</u>							
B1 Byrkjenes, F.v.	0.24	20.7	4.5	942	14.5	0.16	27.1
B6 Kvalnes, A.n.	0.28	11.9	1.2	1207	11.9	0.27	34.7
B7 Krossanes, "	0.07	3.0	1.0	424	3.4	0.18	32.7
B13 Ranaskjær "	0.04	2.0	0.7	220	3.3	0.11	31.5
B15 Vikingneset "	0.03	1.2	0.7	140	4.8	0.09	36.3
<u>1989</u>							
B1 Byrkjenes, F.v.	0.19	22.0	7.5	1850	22.9	0.13	21.6
B2 Eitrheimsn., "	0.17	18.3	7.1	1820	41.7	0.14	24.7
B3 Tyssedal, "	0.09	13.0	2.7	1330	14.0	0.08	28.0
B4 Digranes, "	0.08	12.5	2.1	1230	9.6	0.08	30.9
B4 Digranes, A.n.	0.16	15.1	1.2	1530	13.0	0.21	36.8
B6 Kvalnes, "	0.08	8.9	1.0	965	11.4	0.15	40.5
B7 Krossanes, "	0.10	7.7	0.5	688	2.1	0.15	34.8
B10 Sengjanaset, "	0.08	4.0	0.6	370	2.0	0.13	35.7
B13 Ranaskjær, "	0.09	5.5	0.6	384	2.6	0.13	34.3
B14 Rykkjanes, "	0.03	4.5	0.5	380	1.8	0.12	36.0
B15 Vikingneset, "	0.02	1.9	0.6	237	1.5	0.12	35.6
B16 Nærnes, "	0.03	1.3	0.6	172	1.8	0.12	37.5

Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 27-28/9 1989, mg/kg tørrvekt. Ca. avstand fra Odda i km.

Stasjoner, ca. avst. fra Odda	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ag	% Tørrstoff
B1 Byrkjenes, 2 km	0.67	41.7	52.4	771	18.2	<0.34	11.9
B3 Tyssedal, 6 "	0.74	52.9	93.4	851	14.0	<0.25	12.1
B4 Digranes, 90 "	1.12	58.8	85.9	1019	14.7	<0.28	10.7
B10 Sengjan., 45 "	0.79?	32.3	26.3	484	11.3	<0.24	12.6
B14 Rykkjan., 69 "	0.76	11.9	10.0	315	7.0	<0.18	17.1
B16 Nærnes, 100 "	0.33	6.65	5.1	195	9.1	<0.19	21.2

Samme i mg/kg våtvekt.

Stasjoner	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ag
B1 Byrkjenes	0.08	5.0	6.2	91.8	2.2	<0.04
B3 Tyssedal	0.09	6.4	11.3	103.0	1.7	<0.03
B4 Digranes	0.12	6.3	0.2	109.0	1.6	<0.03
B10 Sengjaneset	0.10	4.1	3.3	61.0	1.4	<0.03
B14 Rykkjanes	0.13	2.0	1.7	53.9	1.2	<0.03
B16 Nærnes	0.07	1.4	1.1	41.3	1.9	<0.04

3. JMG-DATA

A. Rådata.

Sample.area = J 63 Sørfjorden.

Locality = 51A Byrkjenes, Latitude: N60051, Longitude: E06331

Species = MYTI EDU

mg/kg. (ppm)= CD , CU , HG , PB , ZN

Date		870902	881006	Mean
Length		Value	Value	Value
2:<3cm	No of Shell	49	47	48.000
	Length.min mm	20	20	20.000
	Length.max mm	29	29	29.000
	Length.mean mm	25	26	25.500
	Shell wght g	56.600	19.300	37.950
	Tissue wght g	28.150	24.910	26.530
	Dry %	27.190	20.310	23.750
	Cd d.wt	46.900d	50.900d	48.900d
	Cu d.wt	10.200	6.750	8.475
	Hg d.wt	0.240	0.270	0.255
	Pb d.wt	53.100d	18.700d	35.900d
	Zn d.wt	353.000a	233.000a	293.000a
3:<4cm	No of Shell	49	43	46.000
	Length.min mm	30	30	30.000
	Length.max mm	39	39	39.000
	Length.mean mm	34	36	35.000
	Shell wght g	118.400	45.600	82.000
	Tissue wght g	84.790	62.790	73.790
	Dry %	18.000	21.120	19.560
	Cd d.wt	36.000d	62.400d	49.200d
	Cu d.wt	5.060	6.140	5.600
	Hg d.wt	0.220	0.220	0.220
	Pb d.wt	76.400d	27.300d	51.850d
	Zn d.wt	378.000a	253.000a	315.500a
4:<5cm	No of Shell	48	56	52.000
	Length.min mm	40	40	40.000
	Length.max mm	49	49	49.000
	Length.mean mm	44	45	44.500
	Shell wght g	162.800	118.700	140.750
	Tissue wght g	154.170	153.940	154.055
	Dry %	19.260	19.390	19.325
	Cd d.wt	42.800d	58.200d	50.500d
	Cu d.wt	7.140	5.550	6.345
	Hg d.wt	0.290	0.250	0.270
	Pb d.wt	117.000d	70.500d	93.750d
	Zn d.wt	440.000a	291.000a	365.500a
Mean	No of Shell	48.667	48.667	48.667
	Length.min mm	30.000	30.000	30.000
	Length.max mm	39.000	39.000	39.000
	Length.mean mm	34.333	35.667	35.000
	Shell wght g	112.600	61.200	86.900
	Tissue wght g	89.037	80.547	84.792
	Dry %	21.483	20.273	20.878
	Cd d.wt	41.900d	57.167d	49.533d
	Cu d.wt	7.467	6.147	6.807
	Hg d.wt	0.250	0.247	0.248
	Pb d.wt	82.167d	38.833d	60.500d
	Zn d.wt	390.333a	259.000a	324.667a

a/A(12)

> Exceed NORMAL limit only.

d/D(24)

> Exceed NORMAL and FOOD limit.

Sample area = J 63 Sørfjorden.

Locality = 52A Eithenneset, Latitude: , Longitude:

Species = MYTI EDU

mg/kg. (ppm) = CD , CU , EOCL , EPOCL, HG , PB , ZN

µg/kg. (ppb) = CB101, CB118, CB138, CB153, CB180, CB28 , CB52 , DDEPP, HCB ,

= PCB

Date	890928
Length	Value
2:<3cm	No of Shell 86
	Length.min mm 20
	Length.max mm 29
	Length.mean mm 24
	Shell wght g 38.600
	Tissue wght g 29.020
	Dry % 12.600
	Fat % 0.900
	Cd d.wt 76.032d
	Cu d.wt 11.190
	Hg d.wt 1.024a
	Pb d.wt 40.000d
	Zn d.wt 801.587a
	PCB d.wt 75.397
	CB28 d.wt <0.794
	CB52 d.wt <0.794
	CB101 d.wt 7.143
	CB118 d.wt 4.762
	CB138 d.wt 14.286
	CB153 d.wt 32.540
	CB180 d.wt 3.968
	DDEPP d.wt 44.444
	HCB d.wt 5.556
	EPOCL d.wt 1.667
3:<4cm	No of Shell 50
	Length.min mm 30
	Length.max mm 39
	Length.mean mm 36
	Shell wght g 93.100
	Tissue wght g 80.560
	Dry % 12.500
	Fat % 1.090
	Cd d.wt 94.400d
	Cu d.wt 8.400
	Hg d.wt 2.352a
	Pb d.wt 71.920d
	Zn d.wt 824.000a
	PCB d.wt 79.200
	CB28 d.wt 0.800
	CB52 d.wt 0.800
	CB101 d.wt 1.600
	CB118 d.wt 4.000
	CB138 d.wt 8.800
	CB153 d.wt <0.800
	CB180 d.wt 4.000
	DDEPP d.wt 43.200
	HCB d.wt 0.800
	EPOCL d.wt miss
4:<5cm	No of Shell 48
	Length.min mm 40
	Length.max mm 49
	Length.mean mm 45
	Shell wght g 185.200
	Tissue wght g 151.380
	Dry % 11.700
	Fat % 1.100
	Cd d.wt 121.368d
	Cu d.wt 8.120
	Hg d.wt 3.145d
	Pb d.wt 219.658d
	Zn d.wt 1068.376a
	PCB d.wt 64.957
	CB28 d.wt <0.855
	CB52 d.wt <0.855
	CB101 d.wt 5.128
	CB118 d.wt 3.419
	CB138 d.wt 10.256
	CB153 d.wt 17.949
	CB180 d.wt 2.564
	DDEPP d.wt 51.282
	HCB d.wt 0.855
	EOCL d.wt 18.803
	EPOCL d.wt 1.282

Date	890928	
Length	Value	
Mean	No of Shell	61.333
	Length.min mm	30.000
	Length.max mm	39.000
	Length.mean mm	35.000
	Shell wght g	105.633
	Tissue wght g	86.987
	Dry %	12.267
	Fat %	1.030
	Cd d.wt	97.266d
	Cu d.wt	9.237
	Hg d.wt	2.174a
	Pb d.wt	110.526d
	Zn d.wt	897.988a
	PCB d.wt	73.185
	CB28 d.wt	<0.816
	CB52 d.wt	<0.816
	CB101 d.wt	4.624
	CB118 d.wt	4.060
	CB138 d.wt	11.114
	CB153 d.wt	<17.096
	CB180 d.wt	3.511
	DDEPP d.wt	46.309
	HCB d.wt	2.403
	EOCL d.wt	18.803
	EPOCL d.wt	1.474

miss(1) Missing value.
a/A (7) > Exceed NORMAL limit only.
d/D (9) > Exceed NORMAL and FOOD limit.

Sample area = J 63 Sørfjorden.

Locality = 56A Kvalnes, Latitude: N60134, Longitude: E06361

Species = MYTI EDU

mg/kg. (ppm) = CD, CU, EPOCL, HG, PB, ZN

µg/kg. (ppb) = CB101, CB118, CB138, CB153, CB180, CB28, CB52, DDEPP, DDTEP,
= HCB, PCB

Date		870902	881006	890929	Mean
Length		Value	Value	Value	Value
2:<3cm	No of Shell	55	31.333m	100	62.111
	Length.min mm	20	23.000m	20	21.000
	Length.max mm	29	29	28	28.667
	Length.mean mm	25	26.167m	25	25.389
	Shell wght g	34.000	16.733m	81.700	44.144
	Tissue wght g	30.170	16.080m	46.240	30.830
	Dry %	15.920	14.987m	12.600	14.502
	Fat %		4.970	0.800	2.885
	Cd d.wt	41.000d	55.600md	98.413d	65.004d
	Cu d.wt	9.260	7.930m	10.556	9.249
	Hg d.wt	0.290	0.378ma	1.087a	0.585a
	Pb d.wt	68.800d	17.050md	50.238d	45.363d
	Zn d.wt	556.000a	383.500ma	1174.603a	704.701a
	PCB d.wt		59.000	65.873	62.437
	CB28 d.wt		<0.100	<2.381	<1.240
	CB52 d.wt		<0.100	<0.794	<0.447
	CB101 d.wt		<0.100	6.349	<3.225
	CB118 d.wt			7.143	7.143
	CB138 d.wt		6.900	13.492	10.196
	CB153 d.wt		2.800	11.905	7.352
	CB180 d.wt		<0.100	3.175	<1.637
	DDEPP d.wt			182.540	182.540
	DDTEP d.wt		260.000a		260.000a
	HCB d.wt		<0.200	0.794	<0.497
	EPOCL d.wt		0.830	1.270	1.050
3:<4cm	No of Shell	52	31.667m	54	45.889
	Length.min mm	30	30	30	30.000
	Length.max mm	39	39	39	39.000
	Length.mean mm	35	34.167m	36	35.056
	Shell wght g	88.300	41.483m	107.500	79.094
	Tissue wght g	73.180	39.948m	58.520	57.216
	Dry %	15.190	15.320m	12.700	14.403
	Fat %		5.550	0.720	3.135
	Cd d.wt	55.900d	53.025md	119.685d	76.203d
	Cu d.wt	110.300d	6.950m	8.819	42.023a
	Hg d.wt	0.530a	0.365ma	1.276a	0.724a
	Pb d.wt	165.000d	21.000md	73.228d	86.409d
	Zn d.wt	869.000a	426.500ma	1330.709a	875.403a
	PCB d.wt		43.000	86.614	64.807
	CB28 d.wt		0.100	4.724	2.412
	CB52 d.wt		3.300	8.661	5.981
	CB101 d.wt		<0.100	6.299	<3.200
	CB118 d.wt			7.874	7.874
	CB138 d.wt		6.400	20.472	13.436
	CB153 d.wt		2.600	22.047	12.324
	CB180 d.wt		<0.100	3.937	<2.019
	DDEPP d.wt			212.598	212.598
	DDTEP d.wt		260.000a		260.000a
	HCB d.wt		<0.200	0.787	<0.494
	EPOCL d.wt		1.300	1.811	1.556
4:<5cm	No of Shell	53	32.833m	50	45.278
	Length.min mm	40	40	40	40.000
	Length.max mm	49	49	49	49.000
	Length.mean mm	43	43.833m	43	43.278
	Shell wght g	153.900	80.983m	149.800	128.228
	Tissue wght g	109.060	72.523m	92.890	91.491
	Dry %	15.930	15.297m	13.100	14.776
	Fat %		6.140	0.830	3.485
	Cd d.wt	74.500d	55.425md	96.947d	75.624d
	Cu d.wt	7.030	8.960m	5.954	7.315
	Hg d.wt	0.670a	0.370ma	1.061a	0.700a
	Pb d.wt	194.000d	23.200md	68.702d	95.301d
	Zn d.wt	970.000a	424.500ma	992.366a	795.622a
	PCB d.wt		94.000	49.618	71.809
	CB28 d.wt		1.500	1.527	1.513
	CB52 d.wt		8.600	0.763	4.682
	CB101 d.wt		<0.100	11.450	<5.775
	CB118 d.wt			5.344	5.344
	CB138 d.wt		14.800	9.160	11.980
	CB153 d.wt		7.200	14.504	10.852
	CB180 d.wt		<0.100	3.053	<1.577
	DDEPP d.wt			167.939	167.939
	DDTEP d.wt		520.000a		520.000a
	HCB d.wt		<0.200	0.763	<0.482

Date		870902	881006	890929	Mean
Length		Value	Value	Value	Value
4:<5cm	EOCL d.wt EPOCL d.wt		1.200	1.679	1.440
Mean	No of Shell	53.333	31.944	68.000	51.093
	Length.min mm	30.000	31.000	30.000	30.333
	Length.max mm	39.000	39.000	38.667	38.889
	Length.mean mm	34.333	34.722	34.667	34.574
	Shell wght g	92.067	46.400	113.000	83.822
	Tissue wght g	70.803	42.851	65.883	59.846
	Dry %	15.680	15.201	12.800	14.560
	Fat %		5.553	0.783	3.168
	Cd d.wt	57.133d	54.683d	105.015d	72.277d
	Cu d.wt	42.197a	7.947	8.443	19.529
	Hg d.wt	0.497a	0.371a	1.141a	0.670a
	Pb d.wt	142.600d	20.417d	64.056d	75.691d
	Zn d.wt	798.333a	411.500a	1165.893a	791.909a
	PCB d.wt		65.333	67.369	66.351
	CB28 d.wt		<0.567	<2.877	<1.722
	CB52 d.wt		<4.000	<3.406	<3.703
	CB101 d.wt		<0.100	8.033	<4.066
	CB118 d.wt			6.787	6.787
	CB138 d.wt		9.367	14.375	11.871
	CB153 d.wt		4.200	16.152	10.176
	CB180 d.wt		<0.100	3.388	<1.744
	DDEPP d.wt			187.692	187.692
	DDTEP d.wt		346.667a		346.667a
	HCB d.wt		<0.200	0.781	<0.491
	EPOCL d.wt		1.110	1.587	1.348

a/A(41)
d/D(33)
m (31)

> Exceed NORMAL limit only.
> Exceed NORMAL and FOOD limit.
> Mean value. (more than one observation in cell).

Sample.area = J 63 Sørfjorden.

Locality = 57A Krossanes, Latitude: N60232, Longitude: E06412

Species = MYTI EDU

mg/kg. (ppm)= CD , CU , EPOCL, HG , PB , ZN

µg/kg. (ppb)= CB101, CB118, CB138, CB153, CB180, CB28 , CB52 , DDEPP, HCB ,

= PCB

Date		870903	881006	890929	Mean
		Value	Value	Value	Value
2:<3cm	No of Shell	52	51	100	67.667
	Length.min mm	20	20	19	19.667
	Length.max mm	29	29	31	29.667
	Length.mean mm	25	26	26	25.667
	Shell wght g	23.600	21.900	67.200	37.567
	Tissue wght g	24.630	22.350	60.760	35.913
	Dry %	15.230	18.170	13.000	15.467
	Fat %			1.060	1.060
	Cd d.wt	21.700d	43.200d	36.692d	33.864d
	Cu d.wt	8.700	6.880	6.692	7.424
	Hg d.wt	0.170	0.140	0.262	0.191
	Pb d.wt	11.700d	5.190a	10.154d	9.015d
	Zn d.wt	350.000a	198.000	388.462a	312.154a
	PCB d.wt			49.231	49.231
	CB28 d.wt			2.308	2.308
	CB52 d.wt			<0.769	<0.769
	CB101 d.wt			9.231	9.231
	CB118 d.wt			2.308	2.308
	CB138 d.wt			6.923	6.923
	CB153 d.wt			8.462	8.462
	CB180 d.wt			2.308	2.308
	DDEPP d.wt			84.615	84.615
	HCb d.wt			0.769	0.769
	EPOCL d.wt			1.769	1.769
3:<4cm	No of Shell	52	49	49	50.000
	Length.min mm	30	30	29	29.667
	Length.max mm	39	39	39	39.000
	Length.mean mm	33	34	35	34.000
	Shell wght g	52.200	56.200	78.900	62.433
	Tissue wght g	56.920	52.710	64.400	58.010
	Dry %	16.280	17.660	14.300	16.080
	Fat %			1.360	1.360
	Cd d.wt	21.100d	38.100d	37.273d	32.158d
	Cu d.wt	8.210	5.810	6.014	6.678
	Hg d.wt	0.160	0.210	0.280	0.217
	Pb d.wt	15.500d	8.510d	10.350d	11.453d
	Zn d.wt	378.000a	263.000a	440.559a	360.520a
	PCB d.wt			35.664	35.664
	CB28 d.wt			2.098	2.098
	CB52 d.wt			0.699	0.699
	CB101 d.wt			4.895	4.895
	CB118 d.wt			2.098	2.098
	CB138 d.wt			6.294	6.294
	CB153 d.wt			9.790	9.790
	CB180 d.wt			2.098	2.098
	DDEPP d.wt			83.916	83.916
	HCb d.wt			1.399	1.399
	EPOCL d.wt			2.028	2.028
4:<5cm	No of Shell	54	52	49	51.667
	Length.min mm	40	40	38	39.333
	Length.max mm	49	48	59	52.000
	Length.mean mm	44	43	47	44.667
	Shell wght g	108.500	123.500	162.600	131.533
	Tissue wght g	123.810	96.680	157.810	126.100
	Dry %	16.610	16.400	14.500	15.837
	Fat %			1.570	1.570
	Cd d.wt	20.100d	44.100d	29.931d	31.377d
	Cu d.wt	5.580	6.330	4.759	5.556
	Hg d.wt	0.180	0.250	0.269	0.233
	Pb d.wt	63.600d	88.100d	18.069d	56.590d
	Zn d.wt	563.000a	457.000a	440.690a	486.897a
	PCB d.wt			38.621	38.621
	CB28 d.wt			2.069	2.069
	CB52 d.wt			<0.690	<0.690
	CB101 d.wt			4.138	4.138
	CB118 d.wt			2.069	2.069
	CB138 d.wt			6.207	6.207
	CB153 d.wt			8.276	8.276
	CB180 d.wt			2.759	2.759
	DDEPP d.wt			82.759	82.759
	HCb d.wt			0.690	0.690
	EPOCL d.wt			1.862	1.862

Date		870903	881006	890929	Mean
Length		Value	Value	Value	Value
Mean	No of Shell	52.667	50.667	66.000	56.444
	Length.min mm	30.000	30.000	28.667	29.556
	Length.max mm	39.000	38.667	43.000	40.222
	Length.mean mm	34.000	34.333	36.000	34.778
	Shell wght g	61.433	67.200	102.900	77.178
	Tissue wght g	68.453	57.247	94.323	73.341
	Dry %	16.040	17.410	13.933	15.794
	Fat %			1.330	1.330
	Cd d.wt	20.967d	41.800d	34.632d	32.466d
	Cu d.wt	7.497	6.340	5.822	6.553
	Hg d.wt	0.170	0.200	0.270	0.213
	Pb d.wt	30.267d	33.933d	12.857d	25.686d
	Zn d.wt	430.333a	306.000a	423.237a	386.523a
	PCB d.wt			41.172	41.172
	CB28 d.wt			2.158	2.158
	CB52 d.wt			<0.719	<0.719
	CB101 d.wt			6.088	6.088
	CB118 d.wt			2.158	2.158
	CB138 d.wt			6.475	6.475
	CB153 d.wt			8.843	8.843
	CB180 d.wt			2.388	2.388
	DDEPP d.wt			83.763	83.763
	HCB d.wt			0.952	0.952
	EPOCL d.wt			1.886	1.886

a/A(16) > Exceed NORMAL limit only.
d/D(31) > Exceed NORMAL and FOOD limit.

Sample.area = J 62 Hardangerfjorden.
 Locality = 63A Ranaskjær, Latitude: N60251, Longitude: E06245
 Species = MYTI EDU
 mg/kg. (ppm)= CD , CU , EOCL , EPOCL, HG , PB , ZN
 µg/kg. (ppb)= CB101, CB118, CB138, CB153, CB180, CB28 , CB52 , DDEPP, HCB ,
 = PCB

Date		870901	881007	890927	Mean
Length		Value	Value	Value	Value
2:<3cm	No of Shell	49	50	88	62.333
	Length.min mm	20	20	20	20.000
	Length.max mm	29	29	29	29.000
	Length.mean mm	25	25	25	25.000
	Shell wght g	28.900	29.500	55.200	37.867
	Tissue wght g	15.210	24.410	40.750	26.790
	Dry %	15.720	15.900	18.100	16.573
	Fat %			1.550	1.550
	Cd d.wt	21.500d	10.300d	19.006d	16.935d
	Cu d.wt	10.700	6.160	5.691	7.517
	Hg d.wt	0.200	0.140	0.177	0.172
	Pb d.wt	35.800d	5.080a	4.641	15.174d
	Zn d.wt	414.000a	213.000a	241.436a	289.479a
	PCB d.wt			34.807	34.807
	CB28 d.wt			1.105	1.105
	CB52 d.wt			<0.552	<0.552
	CB101 d.wt			2.762	2.762
	CB118 d.wt			1.105	1.105
	CB138 d.wt			5.525	5.525
	CB153 d.wt			8.840	8.840
	CB180 d.wt			2.210	2.210
	DDEPP d.wt			27.072	27.072
	HCb d.wt			1.105	1.105
	EPOCL d.wt			2.044	2.044
3:<4cm	No of Shell	51	50	48	49.667
	Length.min mm	30	30	31	30.333
	Length.max mm	39	39	39	39.000
	Length.mean mm	25	34	35	34.667
	Shell wght g	90.400	66.800	73.400	76.867
	Tissue wght g	47.560	59.230	64.960	57.250
	Dry %	14.920	17.510	17.400	16.610
	Fat %			1.440	1.440
	Cd d.wt	47.200d	9.750d	22.759d	26.570d
	Cu d.wt	9.840	5.790	5.115	6.915
	Hg d.wt	0.310a	0.140	0.167	0.206
	Pb d.wt	127.000d	6.690d	8.218d	47.303d
	Zn d.wt	579.000a	216.000a	259.195a	351.398a
	PCB d.wt			20.690	20.690
	CB28 d.wt			2.299	2.299
	CB52 d.wt			<0.575	<0.575
	CB101 d.wt			0.575	0.575
	CB118 d.wt			1.724	1.724
	CB138 d.wt			2.874	2.874
	CB153 d.wt			5.747	5.747
	CB180 d.wt			1.724	1.724
	DDEPP d.wt			27.011	27.011
	HCb d.wt			0.575	0.575
	EPOCL d.wt			2.126	2.126
4:<5cm	No of Shell	42	50	35	42.333
	Length.min mm	40	40	41	40.333
	Length.max mm	49	49	49	49.000
	Length.mean mm	43	44	46	44.333
	Shell wght g	122.500	127.500	115.300	121.767
	Tissue wght g	63.480	99.230	115.150	92.620
	Dry %	14.560	14.000	19.100	15.887
	Fat %			2.080	2.080
	Cd d.wt	48.600d	25.900d	14.031d	29.510d
	Cu d.wt	9.410	7.230	3.770	6.803
	Hg d.wt	0.410a	0.250	0.188	0.283
	Pb d.wt	148.000d	17.000d	5.602d	56.867d
	Zn d.wt	723.000a	408.000a	236.649a	455.883a
	PCB d.wt			24.607	24.607
	CB28 d.wt			2.618	2.618
	CB52 d.wt			<0.524	<0.524
	CB101 d.wt			0.524	0.524
	CB118 d.wt			2.618	2.618
	CB138 d.wt			3.665	3.665
	CB153 d.wt			10.995	10.995
	CB180 d.wt			1.571	1.571
	DDEPP d.wt			25.654	25.654
	HCb d.wt			1.047	1.047
	EOCL d.wt			24.084	24.084
	EPOCL d.wt			1.466	1.466

Date		870901	881007	890927	Mean
Length		Value	Value	Value	Value
Mean	No of Shell	47.333	50.000	57.000	51.444
	Length.min mm	30.000	30.000	30.667	30.222
	Length.max mm	39.000	39.000	39.000	39.000
	Length.mean mm	34.333	34.333	35.333	34.667
	Shell wght g	80.600	74.600	81.300	78.833
	Tissue wght g	42.083	60.957	73.620	58.887
	Dry %	15.067	15.803	18.200	16.357
	Fat %			1.690	1.690
	Cd d.wt	39.100d	15.317d	18.599d	24.338d
	Cu d.wt	9.983	6.393	4.858	7.078
	Hg d.wt	0.307a	0.177	0.177	0.220
	Pb d.wt	103.600d	9.590d	6.154d	39.781d
	Zn d.wt	572.000a	279.000a	245.760a	365.587a
	PCB d.wt			26.701	26.701
	CB28 d.wt			2.007	2.007
	CB52 d.wt			<0.550	<0.550
	CB101 d.wt			1.287	1.287
	CB118 d.wt			1.816	1.816
	CB138 d.wt			4.021	4.021
	CB153 d.wt			8.527	8.527
	CB180 d.wt			1.835	1.835
	DDEPP d.wt			26.579	26.579
	HCb d.wt			0.909	0.909
	EOCL d.wt			24.084	24.084
	EPOCL d.wt			1.879	1.879

a/A(20)

> Exceed NORMAL limit only.

d/D(30)

> Exceed NORMAL and FOOD limit.

Sample.area = J 62 Hardangerfjorden.

Locality = 65A Vikingneset, Latitude: N60145, Longitude: E06096

Species = MYTI EDU

mg/kg. (ppm)= CD , CU , EPOCL, HG , PB , ZN

µg/kg. (ppb)= CB101, CB118, CB138, CB153, CB180, CB28 , CB52 , DDEPP, DDTEP,

= HCB , PCB

Date		870901	881007	890927	Mean
		Value	Value	Value	Value
2:<3cm	No of Shell	46	32.167m	82	53.389
	Length.min mm	22	21.667m	20	21.222
	Length.max mm	29	28.833m	29	28.944
	Length.mean mm	27	26.000m	26	26.333
	Shell wght g	23.800	31.300m	97.600	50.900
	Tissue wght g	27.360	25.208m	61.390	37.986
	Dry %	17.820	19.970m	23.100	20.297
	Fat %		5.490	2.400	3.945
	Cd d.wt	15.699d	4.940md	14.502d	11.714d
	Cu d.wt	7.980	5.432m	5.195	6.202
	Hg d.wt	0.100	0.162m	0.104	0.122
	Pb d.wt	2.960	2.443m	2.338	2.580
	Zn d.wt	169.000	128.500m	198.701	165.400
	PCB d.wt		32.000	22.511	27.255
	CB28 d.wt		0.700	0.433	0.566
	CB52 d.wt		4.600	<0.433	<2.516
	CB101 d.wt		<0.100	0.433	<0.266
	CB118 d.wt			1.732	1.732
	CB138 d.wt		0.900	3.030	1.965
	CB153 d.wt		<0.100	8.225	<4.163
	CB180 d.wt		<0.100	2.165	<1.132
	DDEPP d.wt			21.645	21.645
	DDTEP d.wt		24.000		24.000
HCB d.wt		<0.200	0.866	<0.533	
EPOCL d.wt		0.740	1.429	1.084	
3:<4cm	No of Shell	50	31.667m	49	43.556
	Length.min mm	30	30.500m	30	30.167
	Length.max mm	39	39	39	39.000
	Length.mean mm	34	35.667m	34	34.556
	Shell wght g	56.700	81.400m	128.700	88.933
	Tissue wght g	51.180	61.207m	87.810	66.732
	Dry %	16.820	19.482m	23.400	19.901
	Fat %		5.400	2.120	3.760
	Cd d.wt	14.600d	6.392md	8.291d	9.761d
	Cu d.wt	7.320	4.545m	5.256	5.707
	Hg d.wt	0.150	0.137m	0.128	0.139
	Pb d.wt	4.920	4.390m	3.120	4.143
	Zn d.wt	191.000	171.750m	216.239a	192.996
	PCB d.wt		24.000	25.641	24.821
	CB28 d.wt		0.500	<0.427	<0.464
	CB52 d.wt		4.200	<0.427	<2.314
	CB101 d.wt		<0.100	0.855	<0.477
	CB118 d.wt			0.855	0.855
	CB138 d.wt		1.200	2.564	1.882
	CB153 d.wt		<0.100	4.701	<2.400
	CB180 d.wt		<0.100	1.709	<0.905
	DDEPP d.wt			19.658	19.658
	DDTEP d.wt		17.000		17.000
HCB d.wt		<0.200	0.427	<0.314	
EPOCL d.wt		1.400	2.564a	1.982	
4:<5cm	No of Shell	50	32.667m	47	43.222
	Length.min mm	40	40	40	40.000
	Length.max mm	49	47.833m	49	48.611
	Length.mean mm	44	43	44	43.667
	Shell wght g	112.400	140.583m	217.900	156.961
	Tissue wght g	135.900	101.895m	187.450	141.748
	Dry %	17.900	18.607m	26.500	21.002
	Fat %		5.440	1.810	3.625
	Cd d.wt	15.000d	7.437md	7.736d	10.058d
	Cu d.wt	9.350	5.032m	3.849	6.077
	Hg d.wt	0.070	0.143m	0.102	0.105
	Pb d.wt	9.350d	5.285ma	3.472	6.036d
	Zn d.wt	290.000a	170.750m	160.755	207.168a
	PCB d.wt		15.000	20.755	17.877
	CB28 d.wt		<0.100	1.132	<0.616
	CB52 d.wt		5.500	<0.377	<2.939
	CB101 d.wt		<0.100	0.755	<0.427
	CB118 d.wt			0.377	0.377
	CB138 d.wt		<0.100	1.887	<0.993
	CB153 d.wt		<0.100	3.774	<1.937
	CB180 d.wt		<0.100	1.509	<0.805
	DDEPP d.wt			11.698	11.698
	DDTEP d.wt		18.000		18.000
HCB d.wt		<0.200	0.377	<0.289	

Date		870901	881007	890927	Mean
Length		Value	Value	Value	Value
4:<5cm	EOCL d.wt		2.400	1.585	1.992
	EPOCL d.wt				
Mean	No of Shell	48.667	32.167	59.333	46.722
	Length.min mm	30.667	30.722	30.000	30.463
	Length.max mm	39.000	38.556	39.000	38.852
	Length.mean mm	35.000	34.889	34.667	34.852
	Shell wght g	64.300	84.428	148.067	98.931
	Tissue wght g	71.480	62.770	112.217	82.156
	Dry %	17.513	19.353	24.333	20.400
	Fat %		5.443	2.110	3.777
	Cd d.wt	15.100d	6.257d	10.176d	10.511d
	Cu d.wt	8.217	5.003	4.767	5.996
	Hg d.wt	0.107	0.147	0.111	0.122
	Pb d.wt	5.743d	4.039	2.976	4.253
	Zn d.wt	216.667a	157.000	191.898	188.522
	PCB d.wt		23.667	22.969	23.318
	CB28 d.wt		<0.433	<0.664	<0.549
	CB52 d.wt		4.767	<0.413	<2.590
	CB101 d.wt		<0.100	0.681	<0.390
	CB118 d.wt			0.988	0.988
	CB138 d.wt		<0.733	2.494	<1.614
	CB153 d.wt		<0.100	5.567	<2.833
	CB180 d.wt		<0.100	1.794	<0.947
	DDEPP d.wt			17.667	17.667
	DDTEP d.wt		19.667		19.667
	HCb d.wt		<0.200	0.557	<0.378
	EPOCL d.wt		1.513	1.859	1.686

a/A(6)

d/D(19)

m (33)

> Exceed NORMAL limit only.

> Exceed NORMAL and FOOD limit.

> Mean value. (more than one observation in cell).

Resultater av statistisk analyse.

Effekt av innsamlingssted (stasjon) og skjell lengde på innhold av metaller i blåskjell.

y = loge(miljøgift i ppm t.v.)

x_1 = skjelllengden i mm

x_{2A} = stasjon (5 indikator variabler)

x_{3A} = skjelllengden-stasjon interaksjon (Σ (RSS

df = frihetsgrader

RSS = residuale kvadrat sum

sign. = statistisk signifikans: ns = ikke signifikant

*** = $p < 0.001$

** = $p < 0.01$

* = $p < 0.05$

1987	df	RSS	effekt av:	F-verdi	df	sign.
<u>Kvikksølv (Hg)</u>						
$y = x_1$	14	7.3035	lengde	2.336	1 9	ns
$y = x_{2A}$	10	0.97277	stasjon	15.222	5 9	***
$y = x_1 + x_{2A}$	9	0.77230		2.722	4 5	ns
$y = x_{3A}$	5	0.243				
<u>Kadmium (Cd)</u>						
$y = x_1$	14	9.7822	lengde	2.733	1 9	ns
$y = x_{2A}$	10	0.6483	stasjon	33.607	5 9	***
$y = x_1 + x_{2A}$	9	0.4973		5.190	4 5	*
$y = x_{3A}$	5	0.09653				
<u>Kobber (Cu)</u>						
$y = x_1$	14	4.7028	lengde	2.793	1 9	ns
$y = x_{2A}$	10	0.47936	stasjon	21.339	5 9	***
$y = x_1 + x_{2A}$	9	0.36584		0.547	4 5	ns
$y = x_{3A}$	5	0.25449				
<u>Bly (Pb)</u>						
$y = x_1$	14	23.642	lengde	58.369	1 9	***
$y = x_{2A}$	10	4.5684	stasjon	67.929	5 9	***
$y = x_1 + x_{2A}$	9	0.6103		1.194	4 5	ns
$y = x_{3A}$	5	0.31210				
<u>Sink (Zn)</u>						
$y = x_1$	14	20.837	lengde	56.164	1 9	***
$y = x_{2A}$	10	0.6473	stasjon	417.737	5 9	***
$y = x_1 + x_{2A}$	9	0.0894		1.905	4 5	ns
$y = x_{3A}$	5	0.03542				

1988	df	RSS	effekt av:	F-verdi	df	sign.
<u>Kvikksølv (Hg)</u>						
$y = x_1$	14	4.3087	lengde	2.2097	1 9	ns
$y = x_{2_A}$	10	0.43831	stasjon	20.239	5 9	***
$y = x_1 + x_{2_A}$	9	0.35191		4.0949	4 5	ns
$y = x_{3_A}$	5	0.08230				
<u>Kadmium (Cd)</u>						
$y = x_1$	14	16.505	lengde	4.2465	1 9	ns
$y = x_{2_A}$	10	0.7237	stasjon	58.6210	5 9	***
$y = x_1 + x_{2_A}$	9	0.4917		2.0768	4 5	ns
$y = x_{3_A}$	5	0.18475				
<u>Kobber (Cu)</u>						
$y = x_1$	14	2.7199	lengde	0.0401	1 9	ns
$y = x_{2_A}$	10	0.10815	stasjon	43.6706	5 9	***
$y = x_1 + x_{2_A}$	9	0.10767		1.0067	4 5	ns
$y = x_{3_A}$	5	0.05964				
<u>Bly (Pb)</u>						
$y = x_1$	14	10.7413	lengde	14.1077	1 9	**
$y = x_{2_A}$	10	6.6866	stasjon	5.6240	5 9	*
$y = x_1 + x_{2_A}$	9	2.6043		3.1913	4 5	ns
$y = x_{3_A}$	5	0.73297				
<u>Sink (Zn)</u>						
$y = x_1$	14	16.765	lengde	13.7383	1 9	**
$y = x_{2_A}$	10	0.7251	stasjon	103.3463	5 9	***
$y = x_1 + x_{2_A}$	9	0.2870		3.0473	4 5	ns
$y = x_{3_A}$	5	0.08348				

1989	df	RSS	effekt av:	F-verdi	df	sign.
<u>Kvikksølv (Hg)</u>						
y = x1	14	20.013	lengde	2.3659	1 9	ns
y = x2 _A	10	0.74097	stasjon	59.5969	5 9	***
y = x1 + x2 _A	9	.58673		7.8224	4 5	*
y = x3 _A	5	0.08084				
<u>Kadmium (Cd)</u>						
y = x1	14	24.375	lengde	0.7156	1 9	ns
y = x2 _A	10	0.5241	stasjon	88.5708	5 9	***
y = x1 + x2 _A	9	0.4855		2.5220	4 5	ns
y = x3 _A	5	0.16089				
<u>Kobber (Cu)</u>						
y = x1	14	6.0958	lengde	49.6623	1 9	***
y = x2 _A	10	0.44818	stasjon	159.7759	5 9	***
y = x1 + x2 _A	9	0.06876		0.6279	4 5	ns
y = x3 _A	5	0.04577				
<u>Bly (Pb)</u>						
y = x1	14	29.360	lengde	9.1604	1 9	*
y = x2 _A	10	2.0499	stasjon	50.2209	5 9	***
y = x1 + x2 _A	9	1.0159		2.6531	4 5	ns
y = x3 _A	5	0.32535				
<u>Sink (Zn)</u>						
y = x1	14	36.103	lengde	0.0116	1 9	ns
y = x2 _A	10	0.1554	stasjon	416.9204	5 9	***
y = x1 + x2 _A	9	0.1552		1.3257	4 5	ns
y = x3 _A	5	0.07532				

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

ISBN 82-577 -1736-3