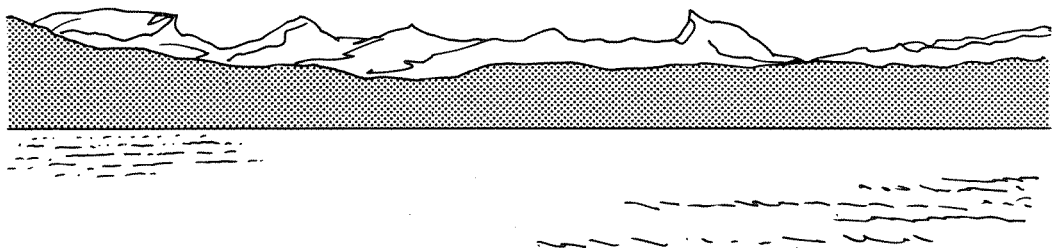




O-89070

Resipientundersøkelser i Ballangfjorden 1991

Vannkvalitet og metaller i tang



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-89070	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2774	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 95 21 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Resipientundersøkelser i Ballangfjorden 1991.	18/3-92	NIVA 1992
Vannkvalitet og metaller i tang	Faggruppe:	Marinøkologisk
Forfatter(e):	Geografisk område:	Nordland
Aud Helland	Antall sider:	Opplag:
	51	

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Nikkel og Olivin A.S.	

Ekstrakt:

Resipientundersøkelser i Ballangfjorden ble utført i september 1991 etter to års gruvedrift ved Nikkel og Olivin A.S. Undersøkelsene omfattet vannkvalitet og metaller i tang. Prøvestasjonene i sjøen var utvidet i forhold til måleprogrammet utført i fjorden i 1989. Sjøvannet viste overkonsentrasjoner av særlig kobber og bly, men også av arsen, sink, nikkel og kobolt. Nikkelforurensningen var begrenset til indre deler av fjorden. Bare innholdet av kobber og sink var høyere enn i oktober 1989, innholdet av de øvrige metallene var lavere. Metallinnholdet i grisetang var redusert siden 1989 med unntak av nikkel som var fordoblet i store deler av fjorden. Undersøkelsene viser at utslippet fra Nikkel og Olivin A.S. bidrar med metaller til fjorden. Sammenlignet med andre metallforurensede norske fjorder var Ballangfjorden lite påvirket.

4 emneord, norske

1. Ballangfjorden
2. Bergverk
3. Vannkjemi
4. Tang

4 emneord, engelske

1. Ballangfjord
2. Mines
3. Water chemistry
4. Seaweed

Prosjektleder

Aud Helland

For administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2157-3

O-89070

RESIPIENTUNDERSØKELSER I BALLANGFJORDEN 1991

Vannkvalitet og metaller i tang

Prosjektleder:

Aud Helland

Medarbeidere:

Kari Baarseth (SI)

Roy Beba

Kari Mette Holm (NAC)

Frank Kjellberg

FORORD

Etter pålegg fra Statens forurensningstilsyn (SFT) ble Nikkel og Olivin AS i utslippstillatelse av 8 juli 1991 pålagt å legge fra et forslag til overvåkingsprogram i Ballangfjorden og dens nærområde.

Etter henvendelse fra Nikkel og Olivin AS fikk NIVA i oppdrag å utarbeide forslag til resipientundersøkelse i Ballangfjorden. NIVA utarbeidet forslag til program (14.8.91) omfattende vannkvalitet, metaller i tang og blåskjell, samt et forslag til kontrollundersøkelser i vassdrag (30.8.91).

Forslaget til resipientundersøkelse i Ballangfjorden ble revidert av Nikkel og Olivin AS den 27.8.91 og godkjent av SFT 9.9.91.

Innsamling av sjøvannprøver og tang fra fjorden ble utført av Frank Kjellberg (NIVA) med hjelp av skipper Kai Ove Arntzen (Ballangen) i september 1991.

Foreliggende rapport omfatter undersøkelsene i fjorden.

Kontrollundersøkelser i vassdrag vil bli rapportert når analyseresultater fra 3 månedsinnsamlinger foreligger. Rapportering vil bli utført av Eigil Rune Iversen (NIVA).

Oslo 18.3.92

Aud Helland

INNHold

<u>Avsnitt</u>	<u>Side</u>
FORORD	2
KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	7
3. FELTARBEID OG METODER	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	11
4.1. Tilførsler av metaller til sjøen	11
4.2. Saltholdighet	12
4.3. Metallinnhold i ufiltrert sjøvann	13
4.4. Andelen av løst og partikulært bundet metall i sjøvann	21
4.5. Karakterisering av partikler i sjøvann	27
4.6. Tilstanden i Ballangfjorden sammenlignet med andre metallforurensede norske fjorder	29
4.7. Metaller i biologisk materiale	46
5. REFERANSER	49

KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

Ved forrige undersøkelse, i oktober 1989 var innholdet av nikkel og kobolt i fjorden forhøyet, dette etter ca. 1/2 års gruvedrift ved Nikkel og Olivin AS. Disse to stoffene er spesifikke for avgangen fra gruen. Ved undersøkelsene i 1991 var nikkel- og koboltverdiene i overflatevannet utenfor deponiet ved Fornesodden høyere enn i oktober 1989. I 1989 ble de høyeste konsentrasjonene registrert i bunnvannet utenfor deponiet. En årsak til dette kan ha vært lekkasje i bunnen av deponiet. I 1991 var overløpet fra deponiet kilden til de forhøyede verdiene. Sammenlignet med forholdene før Nikkel og Olivin AS startet sin produksjon dvs. juni 1989, hadde nikkelverdiene økt i hele fjorden, mens kobolt viste en økning i indre fjord. Innholdet av de øvrige undersøkte metallene i 1991 (kobber, bly og sink) viste samme opptreden, med de høyeste verdiene i overflatevannet utenfor Fornes. Verdiene i ytre fjord var i samme størrelsesorden som i oktober 1989. Mesteparten av metallene forekom i løst form. Størst partikkelinnhold ble registrert utenfor Fornes hvor mesteparten var aggregater av kvarts og leire sammen med finkornete kismineraler (<10µm).

Sett i forhold til utarbeidede miljøkvalitetskriterier viste undersøkelsene i 1991 et markert til sterkt forhøyet innhold av kobber, bly, arsen, sink, nikkel og kobolt i vannmassene utenfor Fornesodden. Fjorden forøvrig hadde et markert til sterkt forhøyet innhold av kobber og bly, moderat til markert forhøyet innhold av arsen og sink, mens innholdet av nikkel og kobolt var markert forhøyet i indre fjord og normale i ytre fjord. Undersøkelsene viser at utslippet til Nikkel og Olivin AS bidrar med metaller til fjorden, i tillegg til den gamle gruveavgang fra Bjørkåsen.

Metallinnholdet i grisetang var redusert siden 1989, med unntak av nikkel som var fordoblet i store deler av fjorden. Innholdet var klart høyest utenfor Fornes.

Sammenlignet med andre metallforurensete norske fjorder er vannmassene i Ballangfjorden lite påvirket av produksjonen i området. Aktiviteten ved Nikkel og Olivin AS er likevel påviselig. Forholdene i Ballangfjorden bør derfor overvåkes.

Vannprøver fra 10 stasjoner i Ballangfjorden ble analysert for metallene nikkel, arsen, kobber, bly, sink, kadmium, kobolt og krom. På 4 stasjoner ble det analysert på både filtrerte og ufiltrerte vannprøver.

Belastningen av de forskjellige metallene på Ballangfjorden kan summeres som følger.:

Fjorden hadde markert til sterkt forhøyede verdier av kobber og bly, mens innholdet av arsen og sink var moderate til markerte forhøyet. Innholdet av nikkel og kobolt var moderat forhøyet i indre fjord og normalt i ytre fjord. I det utslippsnære området utenfor Fornes var innholdet av alle de nevnte metallene markert eller sterkt forhøyet. Innholdet av kadmium var normalt i hele fjorden, og innholdet av krom lå under deteksjonsnivå.

Mesteparten av metallene var i løst form. Andelen av partikulært metall var noe høyere i vannet under sprangsjiktet og bunnvannet enn i overflatevannet, med unntak av overflatevannet utenfor Fornes. Her var en stor del av metallene knyttet til finkornete kispertikler (<10µm) i aggregater med kvarts og leire. Aggregatene antas å skyldes fnokking av partikler når det ferske overløpsvannet fra deponiet ved Fornes blandes med sjøvann.

Konsentrasjonen av de fleste metallene var høyere i 1991, sammenlignet med målingene gjort i Ballangfjorden i juni 1989, dvs. før driften ved Nikkel og Olivin AS startet. Bare kobber og sink hadde høyere verdier i 1991 sammenlignet med målinger i oktober 1989, dvs. etter at Nikkel og Olivin AS kom i gang. Konsentrasjonen av de andre metallene var altså lavere i 1991 enn i oktober 1989.

Metallinnholdet i grisetang var redusert fra 1989 til 1991 med unntak av nikkel som var fordoblet i store deler av fjorden. Innholdet av arsen ble ikke analysert. Høye arsenverdier i overløpet fra deponiet ved Fornes tilsier at arsenanalyser bør utføres ved videre overvåking av fjorden.

Sammenlignet med andre metallforurensede norske fjorder er Ballangfjorden lite påvirket. Gruvedriften ved Nikkel og Olivin AS gir likevel påviselig høyere verdier av de fleste metaller i Ballangfjorden. Vannkvaliteten bør derfor overvåkes årlig. Metaller i grisetang som viser påvirkningen over året bør inngå i overvåkingen. Spredningen av partikulært bundet metall bør kontrolleres ved sedimentundersøkelser i fjorden. Videre bør langtidsvirkningen av utslippene på bunnfaunaen undersøkes.

1. INNLEDNING

Ballangfjorden ligger i Nordland fylke og er en mindre gren av Ofotfjorden. Ballangfjorden har vært brukt som resipient for gruveavgang siden 1917. Fram til 1964 drev Bjørkåsen Gruver utvinning av svovelkis. Avgangsmengden fra denne produksjonen antas å ha vært 1.974.000 tonn hvor det meste av dette i dag ligger innerst i fjorden.

30. juni 1989 startet Nikkel og Olivin AS produksjon av nikkelkonsentrat fra Bruvannsfeltet i Arnesfjellet. Avgangsmassene fra oppredningsverket ble ført i ledning til deponi ved Fornesodden. I desember 1991 hadde ikke deponiet ved Fornes kapasitet for videre mottak av avgangsmasser. I januar 1992 ble derfor et nytt tilsvarende deponi tatt i bruk inne på Ballangsleira.

Deponiet ved Fornes ligger ut mot sjøen og har vegger av sprengstein dekket med fiberduk. Fra driften startet i juli 1989 fram til juni 1991 ble avgangsmassene/prosessvannet rensed ved "naturlig" sedimentering dvs. at avgangsmassene hadde en oppholdstid innenfor deponiet slik at mineralpartikler sedimenterte før prosesspillvannet ble ført i overløp til sjøen. Fast stoff i overløpet lå i denne perioden fra ca. 1.0 til 1.5 g/l. Høyere konsentrasjoner på opptil 3.0 g/l ble registrert ved en måling 8 juni 1991. Dette høye innholdet av partikler førte til en midlertidig stenging av gruen.

Driften startet opp igjen 27 juli 1991 med nye pålegg fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Overløpet fra deponiet skulle ikke inneholde mer enn 100mg avgang pr. liter vann, og maksimalutslippet skulle være 200m³/time. Rensingen av prosesspillvannet ble forbedret ved at ca. 50% av avgangen ble sykklonisert ut og avvannet. De resterende 50% ble tillsatt et flokkuleringsmiddel (polymer) og kjørt inn på en lamellfortykker. Overløpet fra lamellfortykkeren gikk via en kontroll- og måle-stasjon i rør til sjøen. Underløpet gikk dels til avvanning på to trommelfiltere, dels til settling i det nye deponiet på Fornes. Spillvannet fra deponiet ble pumpet tilbake til lamellfortykkeren, slik at alt utslipp til sjøen gikk gjennom kontrollstasjonen og utløpsledningen. Dette renseprinsippet ble videreført til det nye deponiet på Ballangleira.

Samtidig med denne resipientundersøkelsen, gjennomfører nå gruen et måleprogram med månedlig prøvetaking av overløp fra slamdammene oppe ved gruen, Arneselva og overløp fra deponi til sjø.

2. MÅLSETTING

Målet med undersøkelsen er å klarlegge miljøtilstanden i Ballangfjorden ved analyser av utvalgte tungmetaller i sjøvann og tang, og hvordan denne har utviklet seg siden siste undersøkelse i 1989.

Undersøkelsen skal klarlegge hvor stort område som påvirkes av utslippene fra Nikkel og Olivian AS., og i hvilken grad naturlig avrenning fra mineraliserte områder spiller en rolle.

Målet med undersøkelsen var også å analysere blåskjell for innhold av tungmetaller, dette av hensyn til konsum. Etter nøye undersøkelser av blåskjellbeltet ble det ikke funnet nok eksemplarer som var nødvendig for å få representative analyseresultater.

Analyser av fisk vil bli utført og omtalt i en egen rapport.

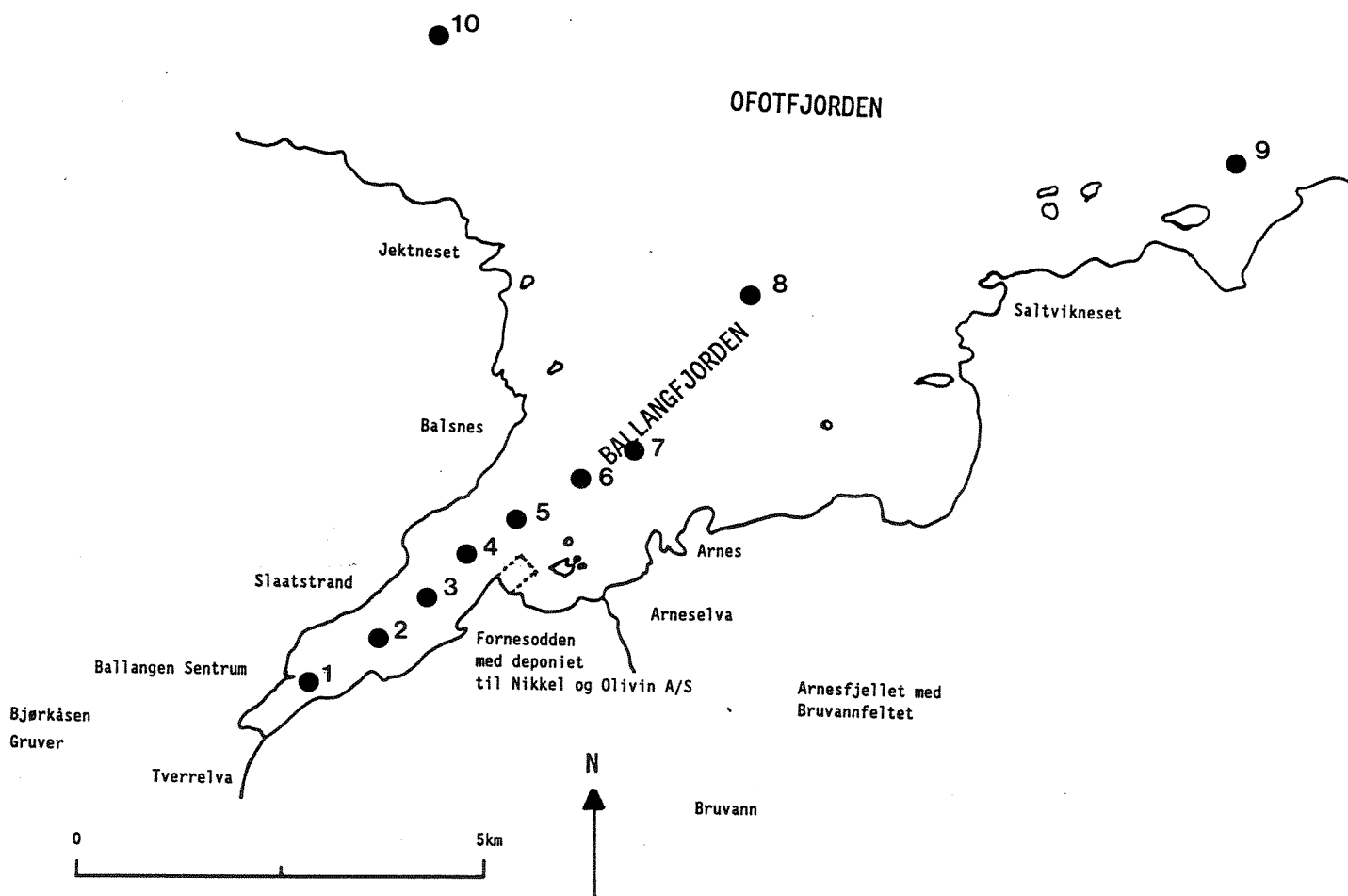
3. FELTARBEID OG METODER

Innsamling av vannprøver og prøver av grisetang ble utført på et tokt i Ballangfjorden 11 - 13 september 1991.

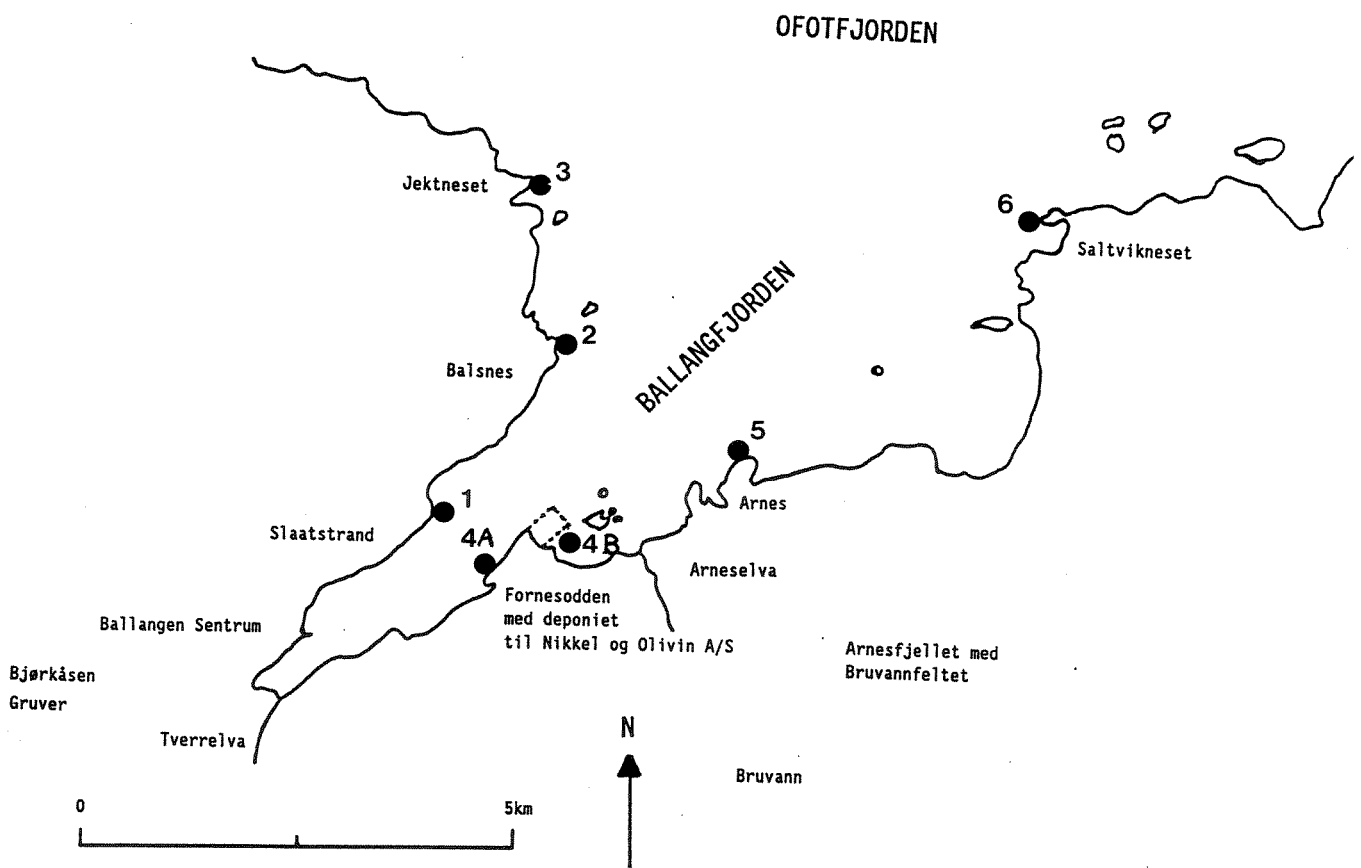
Sjøvannprøver ble tatt vha. en 5 liter Niskin vannhenter fra 10 stasjoner i fjorden (figur 1). Salinitet og temperatur ble målt i en dybdeserie på hver stasjon. Det ble tatt sjøvannprøver fra tre forskjellige dyp, henholdsvis 1m under overflaten, 15m under overflaten (med unntak av de to innerste stasjonene hvor prøvene ble tatt 5m under overflaten) og ca. 5m fra bunnen. På utvalgte stasjoner (4 ialt) ble det tatt dobbelt sett med prøver hvor den ene serien ble filtrert i felt gjennom 0.4µm Nuclepore membranfiltere. På disse stasjonene ble det analysert både på filtrerte og ufiltrerte vannprøver, på de øvrige stasjonene ble analysene utført på ufiltrerte prøver. Alle vannprøvene ble tappet direkte på spesialvaskede plastflasker for analyse av metallene kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn), kadmium (Cd), kobolt (Co), nikkel (Ni), krom (Cr) og arsen (As). Prøvene ble konserverert med konsentrert salpetersyre før Freon-ekstraksjon og bestemmelse ved atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1982). For bestemmelse av arsen ble prøvene oppsluttet med salpetersyre og perklorisyre og redusert med kaliumiodid før analyse med hydridtekikk. Analysene ble utført ved NIVA's laboratorium, med unntak av arsen som ble utført ved Nordisk analysesenter (NAC).

Nuclepore filterene ble vasket med destvann og veiet før og etter filtrering og mengden partikler / tørrstoff i vannet beregnet. Filterene ble deretter analysert ved scanning electron mikroskopi (SEM) type JEOL-JSM 840 knyttet til røntgenanalyse (EDX=EDS, Link 860, serie 2). Røntgenanalysene ble utført ved at en bit av hvert filter ble dekket med en tynn film av karbon (20-30nm tykk). Analysene ble utført ved Senter for industriforskning (SI).

Grisetang ble samlet fra 7 stasjoner i fjorden (figur 2). 6 av stasjonene var de samme som i 1989. Den nye stasjonene ble lagt like nord for Fornes. Hver tangprøve bestod av en blandprøve av ca. 50 skuddspisser fra 5 - 10 eksemplarer. Skuddspissene ble kuttet like under andre blære (10-15 cm lange). Disse spissene utgjør siste års tilvekst. Prøvene ble frysetørret og analysert for metallene kobber, sink, bly, nikkel, krom, kobolt og kadmium etter oppslutning i salpetersyre (Norsk Standard 4770, 4773, 4783). Analysene ble utført ved NIVA's laboratorium.



Figur 1 Vannprøvestasjoner i Ballangfjorden 1991



Figur 2 Stasjoner for innsamling av grisetang i Ballangfjorden 1991

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Tilførsler av metaller til sjøen

Det er tre hovedkilder for metaller til Ballangfjorden.

a) Gammel avgang fra Bjørkåsen Gruver

Undersøkelsene i 1989 viste at sedimentene innerst i Ballangfjorden inneholdt høye konsentrasjoner av kobber, bly, sink og arsen. Analyser av bunnvannet innerst i fjorden samt utlekkingsførsøk utført ved NIVA's laboratorium har vist at metaller lekker fra avgangen til sjøvannet. Det ligger endel avgang fra Bjørkåsen Gruver langs Tverrelva. Analyser av denne i 1989 viste imidlertid lave konsentrasjoner (Helland og Rygg, 1991).

b) Gruvevirksomheten ved Nikkel og Olivin AS.

Økt aktivitet i Arnesfjellet fører til økt avrenning fra området. Tiltak er gjort i gruveområdet for å lede gruvevann til klaringsbasseng før vannet går ut i Arneselva. Analyser utført i Arneselva i 1989 før og etter oppstart av gruvevirksomheten viste en økning av de fleste analyserte metallene. Vannføringen i denne elva er ikke kjent, men dens bidrag av tungmetaller til fjorden ble dengang vurdert som liten.

Undersøkelser av fjordvannet før og etter oppstart av gruvedriften viste en økning av innholdet av en rekke metaller i fjorden, bl.a nikkell, kobolt og kadmium etter oppstart. Konsentrasjonsøkninger ble registrert helt ut i Ofotfjorden (Helland og Rygg, 1991). Det er rimelig å anta at de forhøyede metallkonsentrasjonene skyldtes at endel av mineralpartiklene i avgangen slapp ut til sjøen pga. den enkle renseprosessen som dengang foregikk ved Fornes, og at det i startfasen var problemer med tetting av deponiet. Overløpet fra deponiet er ferskvann som vil legge seg oppå sjøvannet og gradvis blandes med dette. Overflatevannet i fjorden vil derfor sansynligvis ha de høyeste metallverdiene, og da fortrinnsvis høyest nær utslippet.

c) Berggrunnen i nedslagsfeltet

Metallers bakgrunnsnivå i et område er avhengig av berggrunnen i nedslagsfeltet. Metallverdiene registrert i Ballangfjorden i juni 1989 gir oss bakgrunnsnivået for endel av metallene, som f.eks. nikkell. Analyser av bunnsedimenter i 1989 viste normale konsentrasjoner av nikkell, hvilket betyr at fjorden ikke har noen naturlig høy tilførsel av dette metallet til sedimentene som følge av nikkellholdig berggrunn i området. Nivåene av kobber, sink og bly i fjorden var allerede forhøyet pga. produksjonen ved Bjørkåsen Gruver.

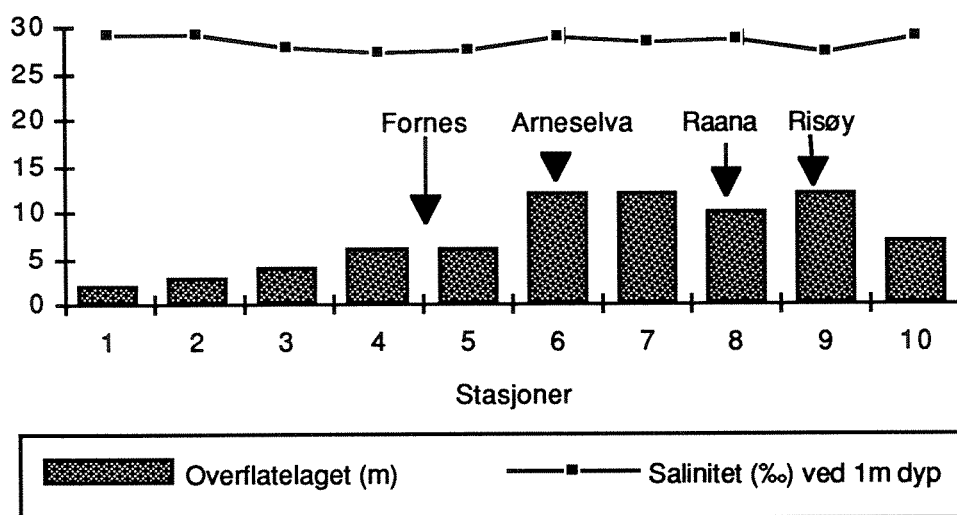
Bakgrunnsnivåene for området benyttes når 1991 analysene vurderes. For de metallene hvor vi ikke har området bakgrunnsnivå, og når grad av belastning skal vurderes blir Knutzen og Skei's (1990) "forslag til klassifisering av miljøkvalitet" benyttet.

Erosjonsprodukter fra nedslagsfeltet tilføres fjorden ved generell avrenning fra området og via endel små elver som har utløp langs fjordens østside. Av disse er allerede Tverrelva og Arneselva nevnt (figur 1). Førstnevnte renner forbi Bjørkåsen gruver og når sjøen innerst i fjorden. Arneselva renner fra Bruvann forbi gruveområdet til Nikkel og Olivin A.S og når fjorden nord for Fornesodden. Ved Raana tilføres fjorden vann fra Størvatnet og innenfor Risøy kommer Vidvekelva ut i Ofotfjorden.

4.2 Saltholdighet

Målinger i sjøen viser at det ferskvannsinfluerte overflatevannet som betegnes overflatelaget, øker i tykkelse utover fjorden, dvs. sprangsjiktet ligger høyere opp i vannmassen innerst i fjorden sammenlignet med lenger ute (figur 3). Dette er fordi ferskvannet blandes gradvis med sjøvannet, og at det er flere ferskvannsutløp langs fjorden. Hvis det kun var et utløp innerst i fjorden ville overflatevannet stadig fått et høyere saltinnhold utover i fjorden etterhvert som sjøvann ble innblandet. I Ballangfjorden var det små variasjoner i saltinnholdet i overflatevannet utover i fjorden (figur 3). På 1m dyp varierte saltinnholdet fra 27.2 til 29.3‰. Sprangsjiktet lå på ca. 32‰. Bunnvannet hadde en saltholdighet på ca. 34‰.

Prøvetakingen av vann til metallanalyser ble gjort i overflatevannet, dvs. 1m under overflaten på alle stasjoner. Det ble også tatt prøver 15m fra overflaten på alle stasjoner med unntak av stasjon 1 og 2 hvor prøvene ble tatt 5m under overflaten, samt at det ble tatt prøver 5m fra bunnen (jfr. kap. 3). Av figur 3 kan man se at det ble tatt en prøve i overflatelaget, en like under dette og en i bunnvannet dvs. i sjøvann som ikke var påvirket av ferskvann, dette ble gjort på alle stasjoner.



Figur 3 Tykkelsen av overflatelaget i Ballangfjorden.

4.3. Metallinnhold i ufiltrert sjøvann

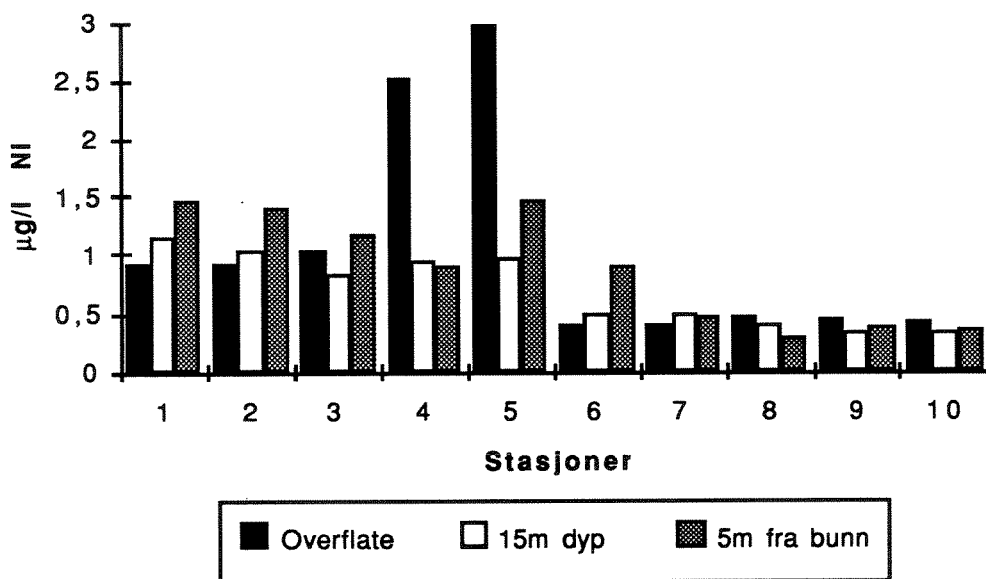
Det ble analysert for metallene nikkel, arsen, kobber, bly, sink, kobolt, kadmium og krom i 3 prøver (3 dyp) fra 10 stasjoner (totalt 30 ufiltrerte vannprøver) fra Ballangfjorden (figur 1). Analyser av ufiltrerte sjøvannprøver gir det totale innholdet av de respektive analyserte metallene i prøven. Disse analysene sier ikke noe om metallene foreligger i løst form eller om de er knyttet til partikler. I kapittel 4.4 blir forskjellen mellom andelen løst og partikulært omtalt. I løst form er metallene lettere biotilgjengelig enn i partikulær form. Metaller i partikulær form kan løses ut i sjøvann, det er derfor det totale innholdet man må ta i betraktning når man skal vurdere grad av belastning. Konsentrasjonen av metaller i vann vil avta med økende avstand fra et metallutslipp pga. fortykning med vannmassene. Ved alle tre måleseriene i Ballangfjorden (juni-89, oktober-89 og 91) ble vannprøvene tatt langs midtlinjen i fjorden, dvs. stasjonen utenfor Fornes skulle ligge i samme avstand fra utslippet ved alle tre målingene. Dette gjøres for best mulig å kunne sammenligne dataene fra et år til et annet. Variasjoner i de målte verdiene gjenspeiler utslippet til fjorden. De målte konsentrasjonene er imidlertid også avhengig av en rekke andre forhold som nøyaktigheten ved stasjonsplasseringen fra et år til et annet, spredningen og fortykningen av utslippet som igjen er avhengig av en rekke andre faktorer som diameter på utslippsledning, mengdene som slippes ut, temperatur, saltinnhold, strømningsforhold, flo og fjære osv. Alle data finnes i vedlegget.

Nikkel

Innholdet av nikkel i Ballangfjorden var $<1.5\mu\text{g/l}$ på alle stasjoner med unntak av overflatvannet på stasjon 4 og 5 som ligger utenfor Fornesodden (figur 4). Her var konsentrasjonene på henholdsvis 2.52 og $2.97\mu\text{g/l}$. De høyere verdiene på disse stasjonene tilskrives ferskvannsutslippet/overløpet fra deponiet på Fornesodden. (En stikkprøve av overløpet fra deponiet i november 1991 viste $5\mu\text{g/l}$ nikkel.) På de øvrige stasjonene innerst i fjorden hadde bunnvannet de høyeste verdiene. Dette kan skyldes oppvirvling av nikkelholdige mineralpartikler fra bunnen og/eller utlekking av nikkel fra bunnsedimentene.

Målingene forøvrig viste at indre fjord hadde ca. dobbelt så høye nikkelverdier som ytre fjord (indre fjord kan regnes som innenfor linjen Arnes - Balsnes).

Sammenlignet med målingene gjort i oktober 1989, etter at gruvedriften kom igang, er disse verdiene lavere. Det ble dengang målt konsentrasjoner på opptil $6.5\mu\text{g/l}$ nikkel i bunnvannet innerst i fjorden. En mulig årsak til den høye konsentrasjonen i bunnvannet den gangen kan ha vært en lekkasje i bunnen av selve deponiet.



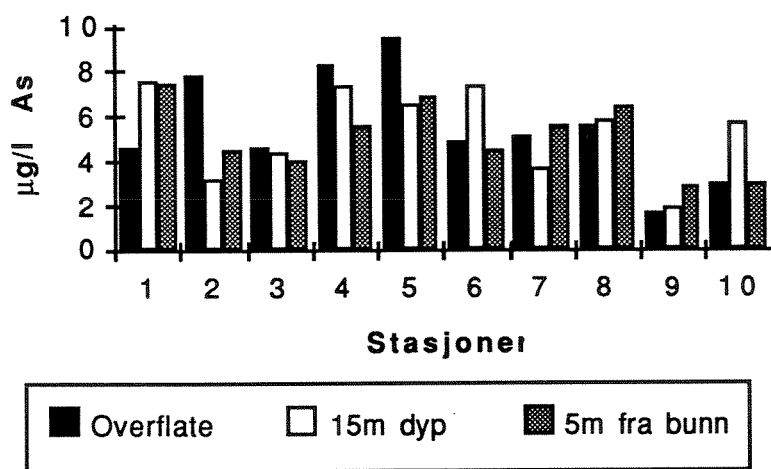
Figur 4 Innhold av nikkel i ufiltrerte sjøvannprøver fra Ballangfjorden i 1991.

Konsentrasjonene av nikkel i Ballangfjorden før gruvedriften kom igang var svært jevne i hele fjorden, og viste et gjennomsnitt fra alle målingene på $0.27\mu\text{g}/\text{l}$ (15 målinger, maks $0.33\mu\text{g}/\text{l}$, min $0.21\mu\text{g}/\text{l}$). Regnes dette som bakgrunnsnivået for nikkel i fjorden viste målingene i 1991 en 3 til 5 ganger økning i indre fjord. Utenfor Fornes ble det registrert ca. 10 ganger høyere innhold av nikkel enn ved første måling i 1989.

Sammenlignes 1991 verdiene med normalverdier for fjord- og kystvann klassifiseres indre fjord som moderat forurenset av nikkel, mens ytre fjord klassifiseres som uforurenset av nikkel. Overflatevannet på stasjon 4 og 5 utenfor Fornes vil klassifiseres som markert forurenset av nikkel (Knutzen og Skei, 1990).

Arsen

Innholdet av arsen varierte fra $1.7\mu\text{g}/\text{l}$ til $9.5\mu\text{g}/\text{l}$. De fleste stasjonene hadde verdier $>4\mu\text{g}/\text{l}$. Overflatevannet på stasjon 4 og 5 utenfor Fornes hadde de høyeste verdiene (figur 5).



Figur 5 Innholdet av arsen i ufiltrerte vannprøver fra Ballangfjorden i 1991

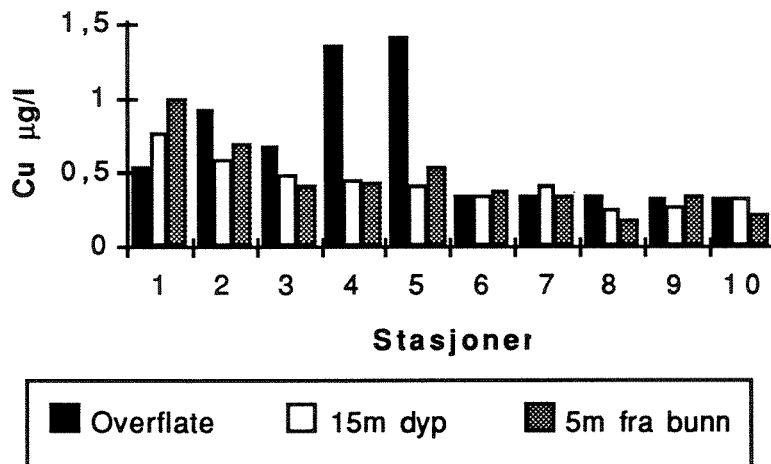
På den innerste stasjonen hadde bunnvannet den høyeste konsentrasjonen. Dette kan skyldes utlekking fra bunnsedimentene som har høye arsenverdier innerst i fjorden (Helland og Rygg, 1991). Løsligheten av arsen øker med økende pH. Avgangen fra Bjørkåsen var sur og arsenholdig og vil følgelig frigi arsen når den kommer i kontakt med sjøvann. Også avgangen fra Nikkel og Olivin AS inneholder arsen (Iversen, 1990). Foreløpige analyser av gruvevann og overløpet

ved Fornes viser høye konsentrasjoner av arsen (NIVA, upubl., pers. medd., E.R. Iversen).

Til forskjell fra nikkel ble det målt relativt høye arsenverdier i hele Ballangfjorden. Arsen ble ikke målt ved undersøkelsen i 1989. Vi vet følgelig ikke hva som er normalt i Ballangfjorden, men normalnivået for arsen i fjordvann regnes å være $<2\mu\text{g/l}$ (Knutzen og Skei, 1990). Dette betyr at Ballangfjorden kan klassifiseres som moderat til markert forurenset av arsen.

Kobber

Overflatevannet i indre deler av Ballangfjorden hadde det høyeste innholdet av kobber, med unntak av stasjon 1 hvor bunnvannet hadde den høyeste konsentrasjonen (figur 6). Stasjon 4 og 5 utenfor Fornes hadde klart de høyeste verdiene på henholdsvis 1.35 og $1.40\mu\text{g/l}$. Verdiene i indre fjord forøvrig lå fra ca. 0.5 til $1\mu\text{g/l}$. De relativt høyere verdiene i bunnvannet på stasjon 1 skyldes trolig utlekking fra den gamle gruveavgangen fra Bjørkåsen, dette ble også observert ved målingene i 1989. Verdiene i indre fjord var generelt høyere enn verdiene i ytre fjord.



Figur 6 Innholdet av kobber i ufiltrerte vannprøver fra Ballangfjorden i 1991.

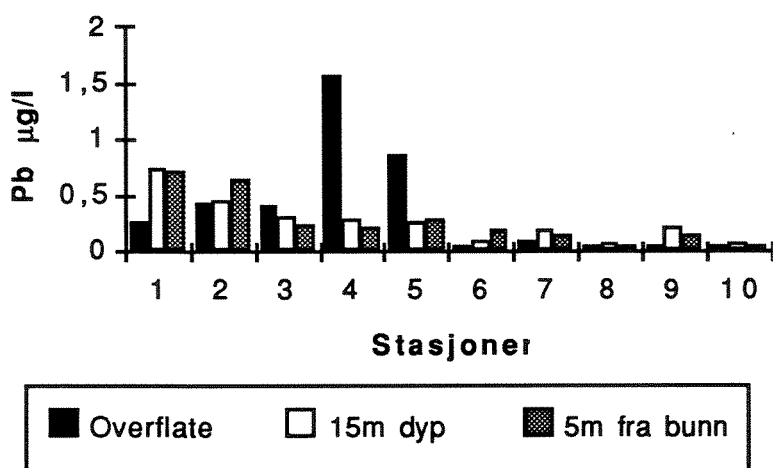
Målingene i fjorden i 1989 viste en maksimumkonsentrasjon på $0.63\mu\text{g/l}$ i oktober og $0.72\mu\text{g/l}$ i juni. Maksimumkonsentrasjonene var altså høyere i 1991 enn i 1989.

Normalnivået av kobber i fjordvann regnes å være $<0.1\mu\text{g}/\text{l}$. Konsentrasjonene registrert i Ballangfjorden kan generelt karakteriseres som markert forhøyet. De høyeste konsentrasjonene utenfor Fornesodden vil karakteriseres som sterkt forhøyet. Også før driften ved Nikkel og Olivin AS. kom i gang hadde Ballangfjorden markert forhøyede kobberverdier i fjordvannet. Dette skyldes avgangen fra Bjørkåsen Gruver. At denne belastningen var av gammel dato kunne registrers ved død bunnfauna i indre fjord (Helland og Rygg, 1991).

Bly

Innholdet av bly i indre deler av Ballangfjorden lå mellom 0.3 og $0.75\mu\text{g}/\text{l}$ med unntak av overflatevannet på stasjon 4 og 5 utenfor Fornes hvor verdiene var henholdsvis 1.55 og $0.76\mu\text{g}/\text{l}$ (figur 7). I ytre deler av fjorden var konsentrasjonene $<0.2\mu\text{g}/\text{l}$. Stasjon 8 og 10 hadde konsentrasjoner ned mot normalnivå, som for fjordvann regnes å være $<0.05\mu\text{g}/\text{l}$ (Knutzen og Skei, 1990). Målinger i Ballangfjorden i juni 1989 viste en maksimumkonsentrasjon på $0.8\mu\text{g}/\text{l}$, mens det i oktober ble målt til $0.6\mu\text{g}/\text{l}$. Ytre fjord hadde ved begge målinger verdier på bakgrunnsnivå.

Nivåene registrert i 1991 kan karakteriseres som markert til sterkt forhøyet i indre fjord, mens verdiene i ytre fjord kan karakteriseres som moderat til markert forhøyet.

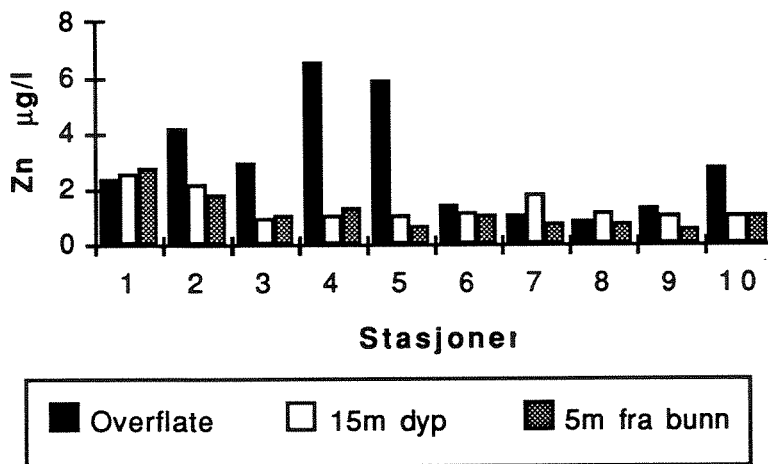


Figur 7 Innholdet av bly i ufiltrerte sjøvannprøver fra Ballangfjorden i 1991

Forekomsten av høye og lave konsentrasjoner av bly fulgte samme mønster i 1991 som i 1989. Figur 7 viser relativt høye konsentrasjoner i bunnvannet innerst i fjorden. Dette skyldes som for kobber, utlekking fra avgangen fra Bjørkåsen Gruver. Høye verdier av bly utenfor Fornesodden i overflatevannet ble også observert i 1989, men bare i oktober dvs. etter at deponeringen ved Fornes var satt igang. Dette viser at overløpet fra deponiet er kilden til de forhøyede blyverdiene registrert utenfor Fornes. En stor andel av dette blyet er partikulært (se kap. 4.4 , figur 15 til 17).

Sink

Innholdet av sink i indre deler av Ballangfjorden lå fra 0.65µg/l til 6.5µg/l. De høyeste verdiene ble observert i overflatevannet på alle stasjonene i indre fjord med maksimumkonsentrasjoner på stasjon 4 og 5 utenfor Fornes (figur 8). På stasjonene utenfor linjen Arnes - Balsnes lå konsentrasjonene på ca. 1µg/l, med unntak av overflatevannet på stasjon 10 ute i Ofotfjorden hvor det ble målt i underkant av 3µg/l.



Figur 8 Innholdet av sink i ufiltrerte vannprøver fra Ballangfjorden i 1991.

Dette er noe høyere verdier sammenlignet med målingen gjort i juni 1989, konsentrasjonene lå da under 3µg/l. Totalt sett (snitt av alle målinger) var konsentrasjonen av sink i fjorden høyere i oktober 1989 enn i 1991. Maksimumkonsentrasjonen var i samme størrelsesorden, opp mot 7µg/l.

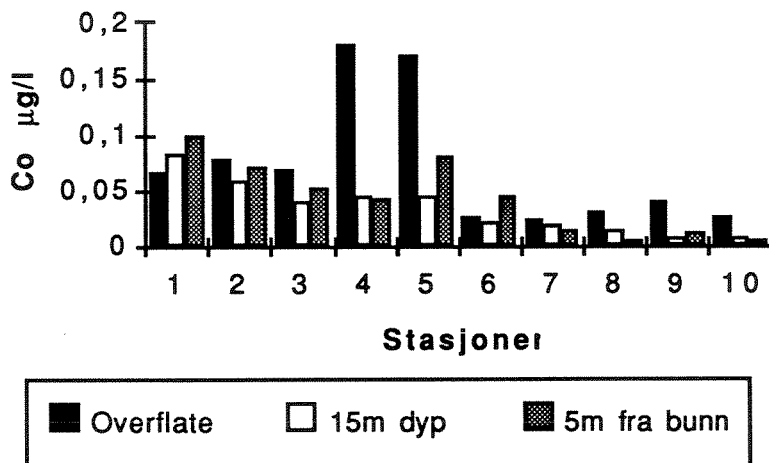
Normalnivået av sink i sjøvann regnes å være $<0.5\mu\text{g}/\text{l}$ (Knutzen og Skei, 1990). Dette viser at Ballangfjorden hadde forhøyede sinkverdier før driften ved Nikkel og Olivin AS. startet. De forhøyede verdiene skyldtes den gamle gruvevirksomheten ved Bjørkåsen, og ville klassifiseres som markert forhøyet.

Sinkverdiene i fjorden i 1991 klassifiseres som moderat til markert forhøyet. Overflatevannet på de mest utslippsnære stasjonene var sterkt forhøyet.

Kobolt

Innholdet av kobolt i indre deler av Ballangfjorden lå mellom 0.04 og $0.1\mu\text{g}/\text{l}$ med unntak av overflatevannet på stasjon 4 og 5 som hadde verdier på henholdsvis 0.18 og $0.17\mu\text{g}/\text{l}$. I ytre deler av fjorden lå verdiene under $0.04\mu\text{g}/\text{l}$ (figur 9).

Ytre deler av Ballangfjorden hadde det samme nivået av kobolt som i juni 1989. Indre deler av Ballangfjorden hadde de samme nivåene som i oktober 1989. Til forskjell ble de høyeste registreringene målt i bunnvannet innerst i fjorden i oktober 1989, mens det i 1991 var overflatevannet som hadde de høyeste verdiene.



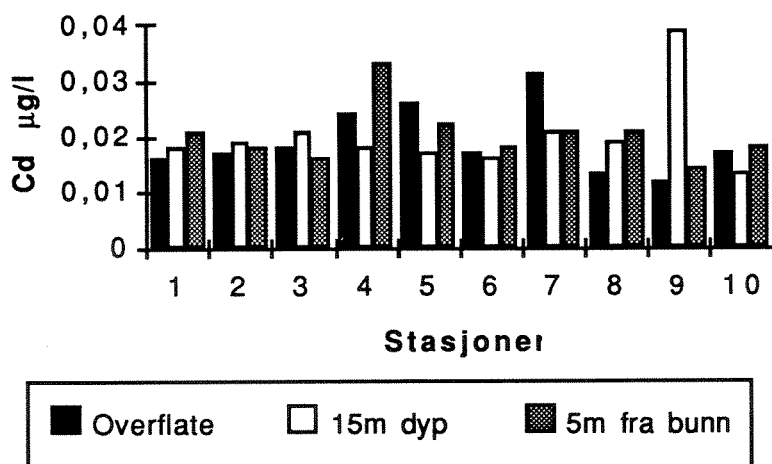
Figur 9 Innholdet av kobolt i ufiltrerte vannprøver fra Ballangfjorden i 1991.

Innholdet av kobolt i indre deler av Ballangfjorden var moderat forhøyet med unntak av overflatevannet i det mest utslippsnære området som var markert forhøyet. Ytre deler av fjorden hadde normalt innhold av kobolt som regnes å være $<0.04\mu\text{g/l}$ (Knutzen og Skei, 1990).

Kadmium

Innholdet av kadmium i Ballangfjorden var lavt, de aller fleste verdiene lå under $0.025\mu\text{g/l}$, ingen målinger viste over $0.04\mu\text{g/l}$ (figur 10). Disse verdiene er like lave som ved målingene i juni 1989. I oktober 1989 ble det registrert enkelte høyere verdier.

Normalnivået for kadmium i fjordvann regnes å være <0.05 (Knutzen og Skei, 1990).



Figur 10 Innholdet av kadmium i ufiltrerte sjøvannprøver fra Ballangfjorden i 1991.

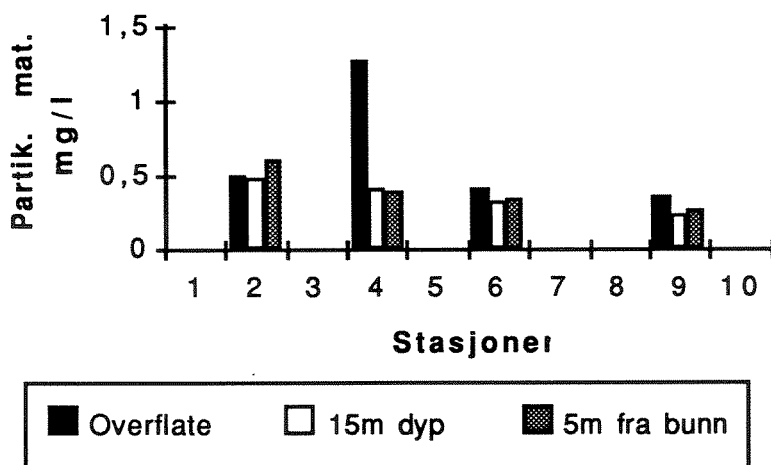
Krom

Alle målingene i Ballangfjorden viste verdier under deteksjonsnivå dvs. $<1.0\mu\text{g/l}$. Normalnivået for krom i fjordvann regnes å være $<0.15\mu\text{g/l}$. En moderat forhøying regnes å være fra 0.15 til 0.5 og en markert forhøying opp til $1.5\mu\text{g/l}$ (Knutzen og Skei, 1990).

4.4. Andelen av løst og partikulært bundet metall i sjøvann

Det ble analysert for metallene nikkell, arsen, kobber, bly, sink, kobolt, kadmium og krom i filtrert vann fra 3 dyp fra 4 stasjoner (totalt 12 prøver) i Ballangfjorden (figur 1). For å få et inntrykk av hvor stor andel av hvert metall som forekom i løst form og hvor mye som var bundet til partikler ble det på disse 4 stasjonene tatt to sett med vannprøver hvor den ene parallellen ble filtrert gjennom et Nuclepore membranfilter med porediameter 0.4µm. Den andelen av metallene som går gjennom filteret betegnes som "løst". Mineraler og eventuelle andre komponenter som f.eks. organisk materiale som sitter igjen på filteret, betegnes som partikler. Partiklene på filterene ble karakterisert ved SEM-analyser (se kap. 4.5) for å få et inntrykk av hva slags type partikler som fantes i sjøvannet.

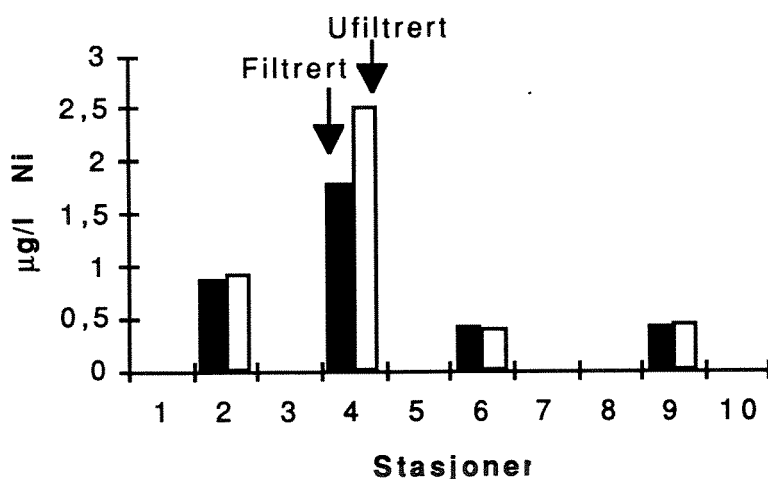
Mengden av partikler varierte fra 0.26mg/l til 1.26mg/l. Den største mengden ble registrert i overflatevannet utenfor Fornes (figur 11). Alle verdiene vil karakteriseres som lave, da normalt i sjøvann inneholder 1- 2mg/l.



Figur 11 Mengden av partikulært materiale (mg/l tørrvekt) i sjøvann fra fire stasjoner i Ballangfjorden i 1991.

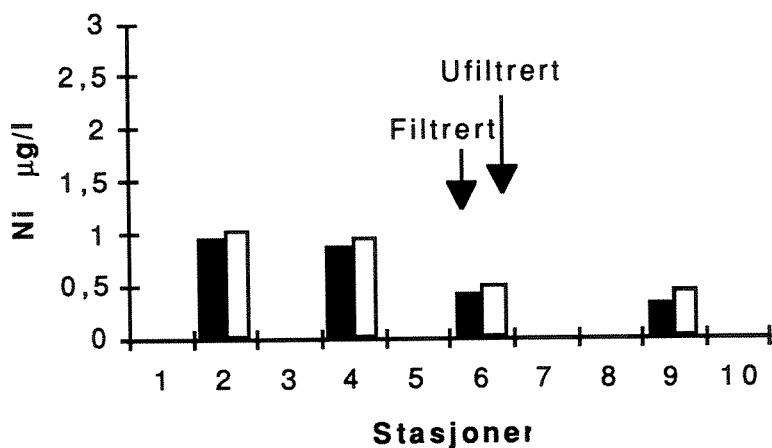
Den relativt større mengden av partikulært materiale i overflatevannet utenfor Fornes antas å skyldes mineralpartikler i overløpet fra deponiet. Som tidligere nevnt ble totalinnholdet av nikkell i en stikkprøve av overløpet ved Fornes i november 1991 målt til 5µg/l. Andelen løst ble målt til 4µg/l, dvs. bare 1µg Ni/l var knyttet til partikler.

Sammenlignes nikkelinnholdet i filtrert og ufiltrert prøve av overflatevann i fjorden viser figur 12 at også her forekommer det aller meste av nikkelet i løst form, med unntak på stasjon 4 utenfor Fornes. Endel av dette nikkelet kan også løses ut. Utlekkingsforsøk gjort med avgangen fra gruven viser at nikkel lett går i løsning ved kontakt med sjøvann (Iversen, 1990). Endel av nikkelet vil også følge med mineralpartiklene som før eller senere sedimenterer på bunnen i fjorden. Når overløpet som er ferskvann treffer saltvann skjer det en fnokking av partikler som øker sedimentasjonshastigheten.

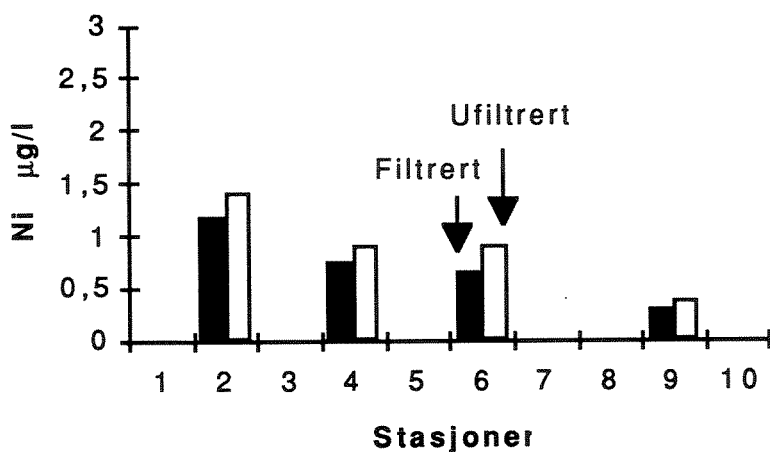


Figur 12 Nikkel i filtrerte og ufiltrerte prøver fra overflatevannet i Ballangfjorden i 1991.

Andelen av partikulært bundet nikkel i vannet under sprangsjiktet (figur 13) var relativt konstant i hele fjorden. Det samme gjaldt bunnvannet (figur 14), men her var andelen partikulært nikkel noe høyere. Det kan skyldes oppvirvling av sedimentert materiale.

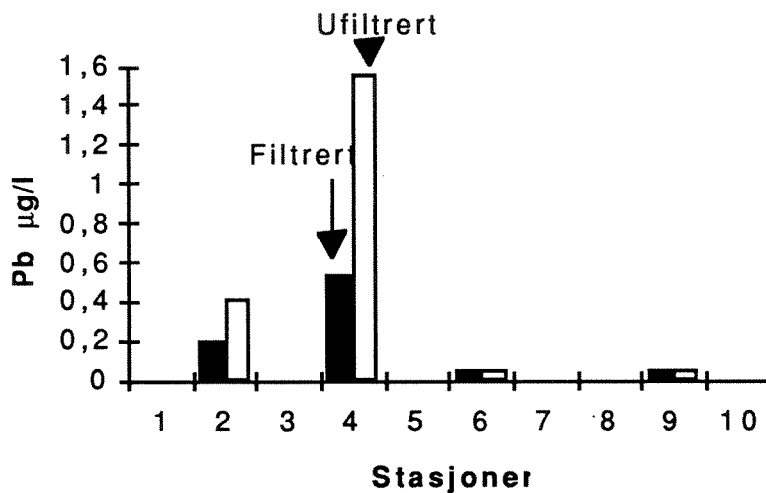


Figur 13 Nikkel i filtrerte og ufiltrerte prøver fra under sprangsjiktet i Ballangfjorden, 1991.

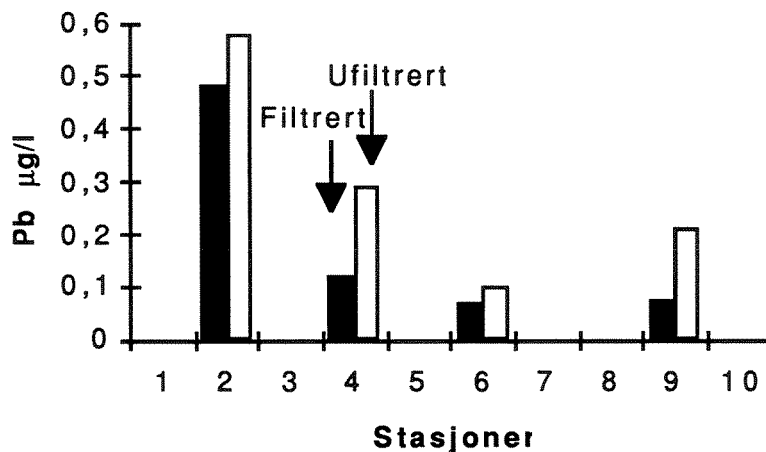


Figur 14 Nikkel i filtrerte og ufiltrerte prøver fra bunnvannet i Ballangfjorden

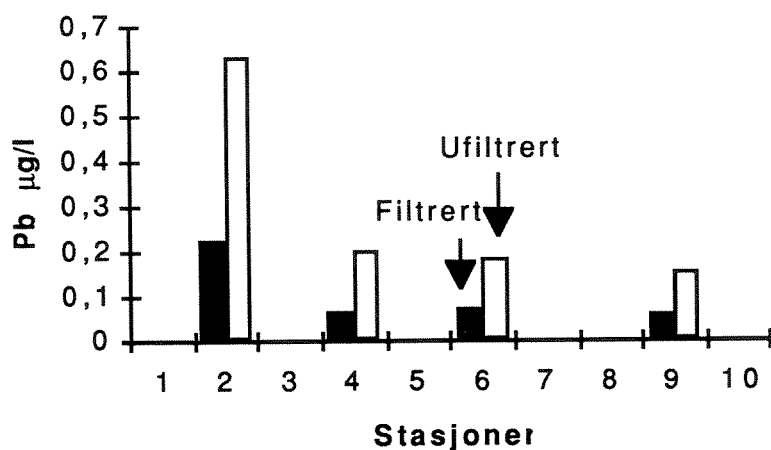
Den samme fordelingen av andelen løst og partikulært bundet nikkel ser vi for bl.a. bly (figur 15 til 17). Den største andelen av partikulært bly ble registrert i overflatevannet utenfor Fornes. Andelen partikulært bly var større enn tilsvarende andel av nikkel i vannet under sprangsjiktet og bunnvannet.



Figur 15 Bly i filtrerte og ufiltrerte prøver fra overflatevannet i Ballangfjorden, 1991.

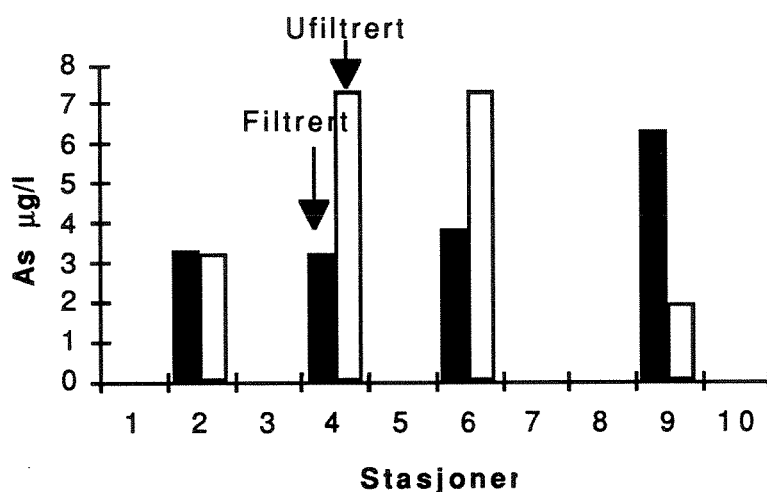


Figur 16 Bly i filtrerte og ufiltrerte prøver fra under sprangsjiktet i Ballangfjorden, 1991.

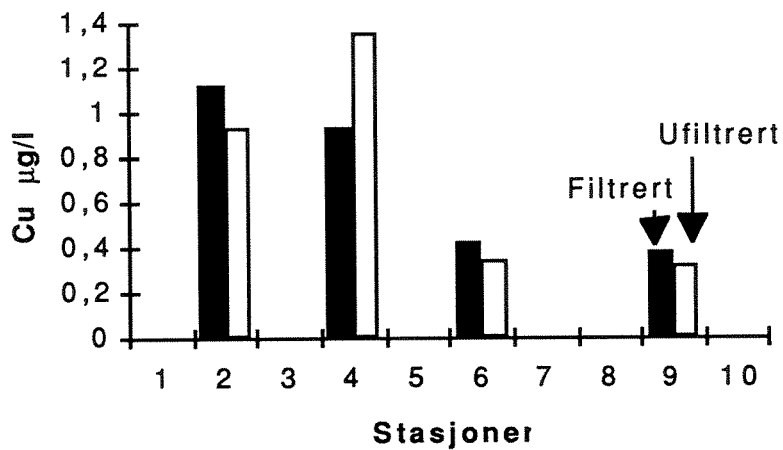


Figur 17 Bly i filtrerte og ufiltrerte prøver fra bunnvannet i Ballangfjorden

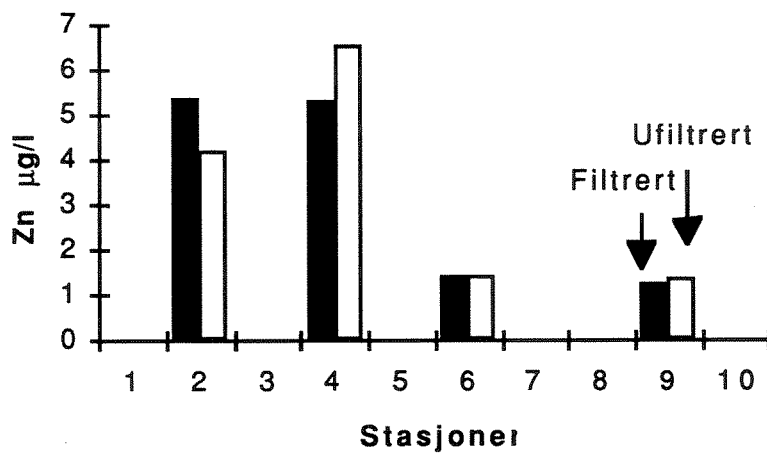
Andelen av partikulært arsen i overflatevannet var også størst utenfor Fornes (figur 18). På stasjon 9 viste analysene høyere arsenverdier i filtrert prøve enn i ufiltrert. Så store forskjeller som dette skyldes en analysefeil, muligens ombytting av prøver. Også for kobber og sink (figur 19 og 20) var det på noen stasjoner høyere konsentrasjoner i den filtrerte prøven. Små forskjeller som dette kan forklares ved unøyaktigheter som alltid vil være tilstede ved en analysemetode. Figurene viser imidlertid at overflatevannet utenfor Fornes har en større andel av metall partikler enn de øvrige stasjonene.



Figur 18 Arsen i filtrerte og ufiltrerte prøver fra overflatevannet i Ballangfjorden, 1991.



Figur 19 Innhold av kobber i filtrert og ufiltrerte prøver fra overflatevannet i Ballangfjorden, 1991.



Figur 20 Innhold av sink i filtrert og ufiltrerte prøver fra overflatevannet i Ballangfjorden, 1991.

4.5 Karakterisering av partikler i sjøvann

Alle filterene ble analysert ved scanning electronmikroskopi. Både "secondary electron image" (SEI) og "backscatter electron image" (BSI) ble benyttet. SEI metoden er basert på kontrast ved varierende topografi på filterene, mens BSI er basert på de forskjellige elementers atomnummer. Noen foto og EDX-spectra er plukket ut for å illustrere de forskjellige partiklene på filterene.

Stasjon 2

Mesteparten av partiklene var $<10\mu\text{m}$ både i overflatevannet (figur 21), i vannet like under sprangsjiktet (figur 22) og bunnvannet (figur 23). Det var noe mer partikler i bunnvannet enn i de overliggende vannmassene, og partiklerne var noe større, dvs. flere partikler på ca. $10\mu\text{m}$ størrelse. I alle tre prøvene fantes aggregater av vesentlig leirmineraler, kvarts og kismineraler (figur 24) inneholdene typisk svovel, jern, kobber og i en del tilfeller nikkell (figur 25). Endel diatomeer og muligens bakterier ble også registrert.

Stasjon 4

Overflatevannet (figur 26 og 27) hadde klart mer partikler enn vannet forøvrig (figur 28). Mye av partiklene var $>10\mu\text{m}$. Mesteparten av partiklene var aggregater av leire, kvarts og små kisparkler. Større kisparkler forekom også (pil i figur 27 og figur 29). Typiske elementer i disse var svovel og jern, (figur 30 og 31) samt svovel, jern og nikkell (figur 31 og 32). Kobber var også vanlig i disse partiklene. Av andre partikler kan nevnes skjelett av silikoflaggelater (figur 33).

Stasjon 6 og 9

Filterene fra disse stasjonene var relativt like. Overflatevannet inneholdt noe mer partikler enn vannmassene forøvrig (figur 34 og 35). Også her var aggregater av kvarts og leire mest vanlig i overflatevannet (figur 36 og 37). De fleste partiklene var $>10\mu\text{m}$. Bunnvannet (figur 38) hadde langt færre partikler enn overflatevannet. Forekomst av olivin ble registrert hyppigere i bunnvannet på stasjon 6 enn på stasjon 9. Figur 39 viser typisk EDX-spekter for olivin.

Overløp deponi Fornesodden

Overløpsvannet inneholdt lite partikulært materiale. Partiklene var små, for det meste $<1\mu\text{m}$. Dominerende var ca. $0.5\mu\text{m}$ store olivin partikler (Mg, Si og Fe). Nikkell forekom i kisparkler sammen med jern og svovel (figur 40 og 41). Ellers var leirmineraler vanlig.

Typiske mineraler i Bruvannsfeltet er pyrrhotite (magnetkis, $Fe_{1-x}S$), kobberkis ($CuFeS_2$) og pentlanditt(Ni_xFe_y) $_9S_8$. Det er derfor sannsynlig at en del av de registrerte mineraler er representert ved disse. Til forskjell fra forekomsten til Bjørkåsen Gruver er ikke Bruvannsfeltet pyritt (svovelkis, FeS_2) førende. Registreringen av jern og svovel på stasjon 2 og 4 kan derfor både være pyritt fra Bjørkåsen og pyrrhotite fra Bruvannsfeltet. Beregninger tilsier at det ligger ca. 200.000 tonn svovelkis fra Bjørkåsen Gruver i fjorden (Helland og Rygg, 91).

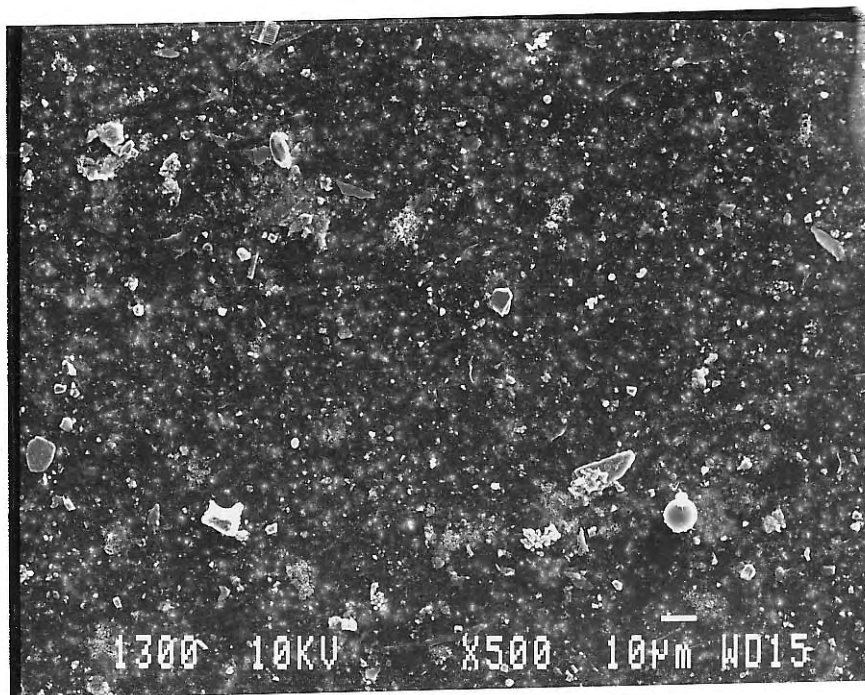
4.6. Tilstanden i Ballangfjorden sammenlignet med andre metallforurensede norske fjorder

Belastningen av de forskjellige metallene på Ballangfjorden kan summeres som følger.:

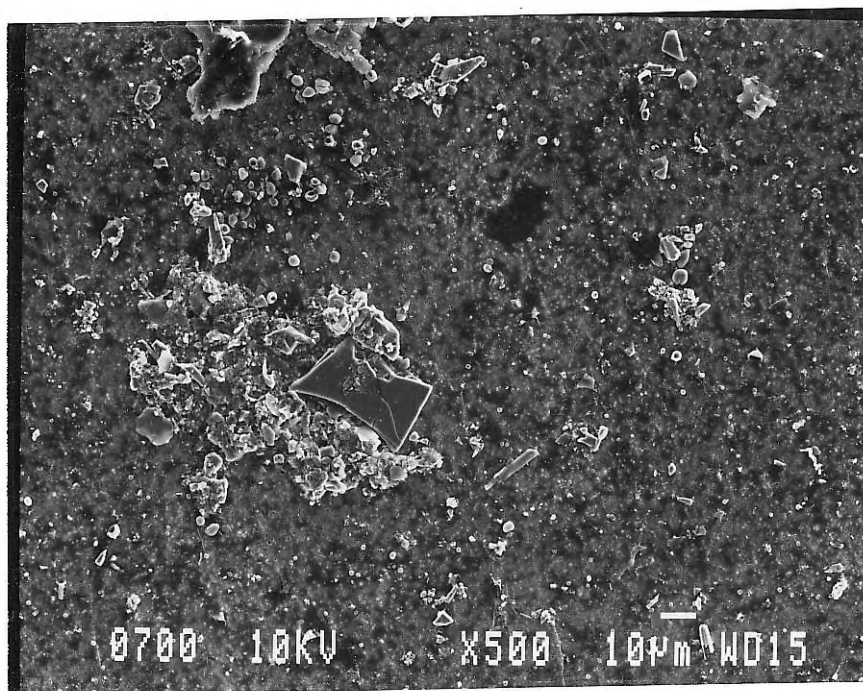
Fjorden hadde markert til sterkt forhøyede verdier av kobber og bly, mens innholdet av arsen og sink var moderate til markerte forhøyet. Innholdet av nikkel og kobolt var moderat forhøyet i indre fjord og normalt i ytre fjord. I det utslippsnære området utenfor Fornes var innholdet av alle de nevnte metallene markert eller sterkt forhøyet. Undersøkelsene viser at hele Ballangfjorden er påvirket av gruveaktiviteten i området. Årsaken er både gammel aktivitet ved Bjørkåsen og ny aktivitet ved Nikkel og Olivin AS. Sistnevnte er alene årsaken til de forhøyede nikkelverdiene i sjøen.

Sammenlignet med andre metallforurensede fjorder er Ballangfjorden lite påvirket. Undersøkelser i Fauskevika i Skjerstadjorden i 1989 viste maksimumsverdier av kobber og sink på henholdsvis $18.5\mu\text{g/l}$ og $16.7\mu\text{g/l}$ (Helland og Rygg, 1990). Man antar at ca. 18 tonn kobber og 26 tonn sink tilføres Fauskevika årlig fra Sulitjelmavassdraget, men at 80% av dette transporteres videre ut i Skjerstadjorden. Til sammenligning var maksimumsverdiene av kobber og sink i Ballangfjorden henholdsvis $1.4\mu\text{g/l}$ og $6.5\mu\text{g/l}$.

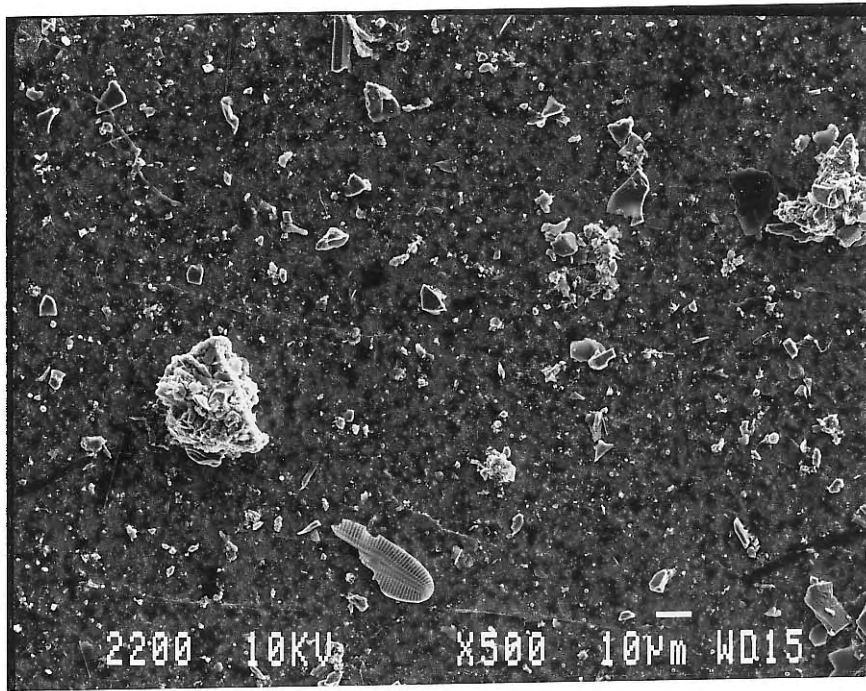
Undersøkelser i Kristiansandfjorden i 1983 viste maksimumsverdier av løst nikkel på opptil $85\mu\text{g/l}$ nær utslippet til Falconbridge Nikkelverk AS. Gjennomsnittet for fjorden ved to målinger lå på 31 og $15\mu\text{g/l}$ (Næs, 1985). Det årlige utslippet av nikkel til fjorden i denne perioden var ca. 77 tonn. Utslippene er redusert med årene til ca. 5 tonn i 1990 (Knutzen et al., 1991). Til sammenligning hadde Ballangfjorden i 1991 maksimumkonsentrasjoner av nikkel på ca. $3\mu\text{g/l}$.



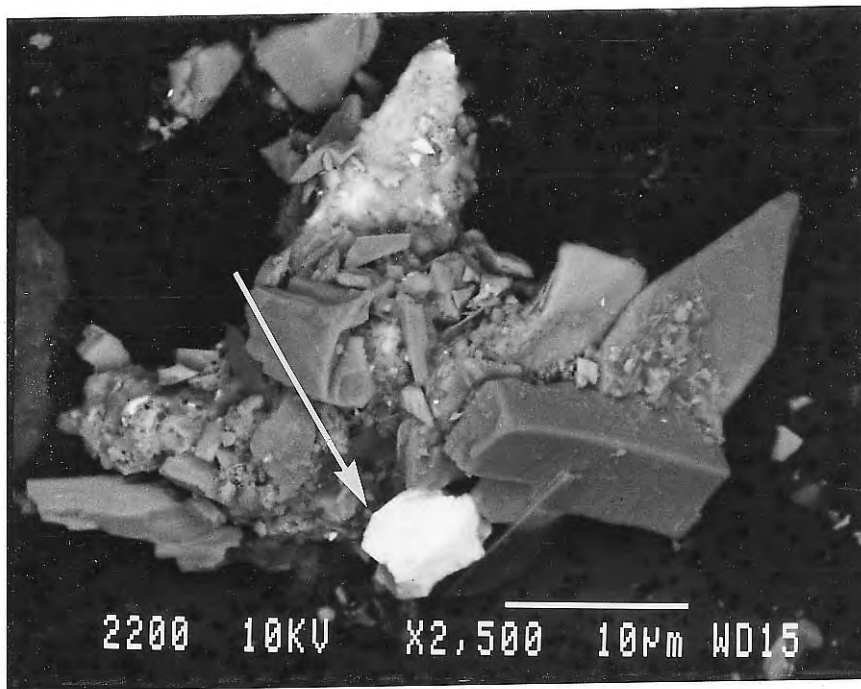
Figur 21 Foto (SEI) av filter fra overflatevann fra stasjon 2 (500x forstørrelse)



Figur 22 Foto (SEI) av filter fra vann under sprangsjiktet fra stasjon 2 (500x forstørrelse)

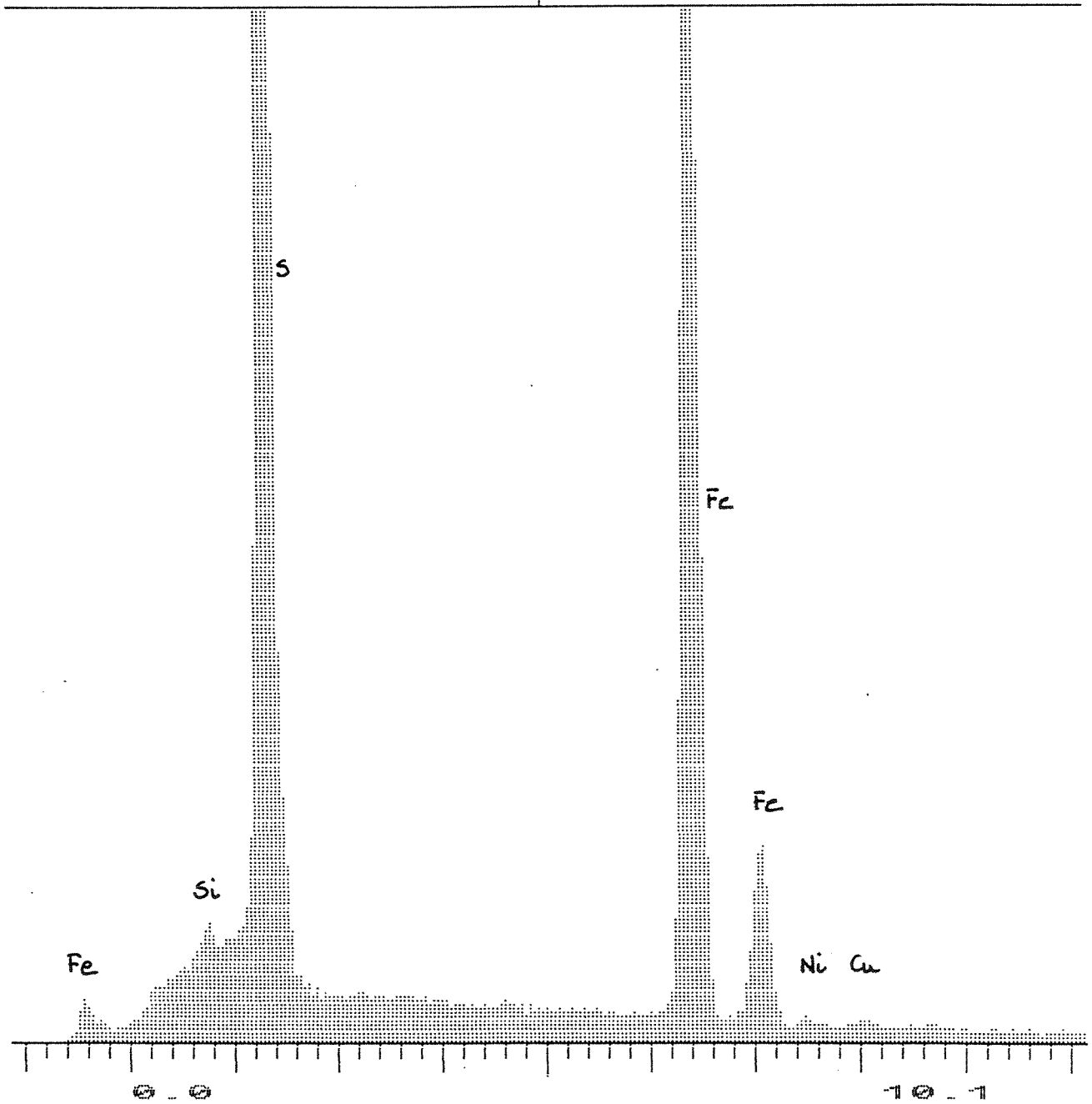


Figur 23 Foto (SEI) av filter fra bunnvann stasjon 2 (500x forstørrelse)

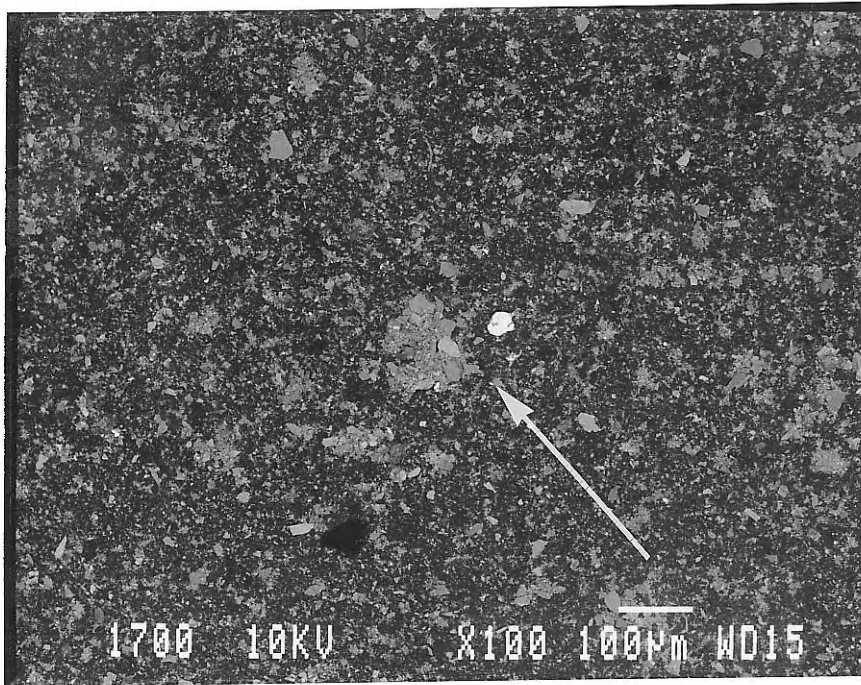


Figur 24 Aggregat av kvarts- og kisparkler i leirmatrix. Fra bunnvannet på stasjon 2 (2.500x forstørrelse). Lysende partikkel merket med pil =Fe, S

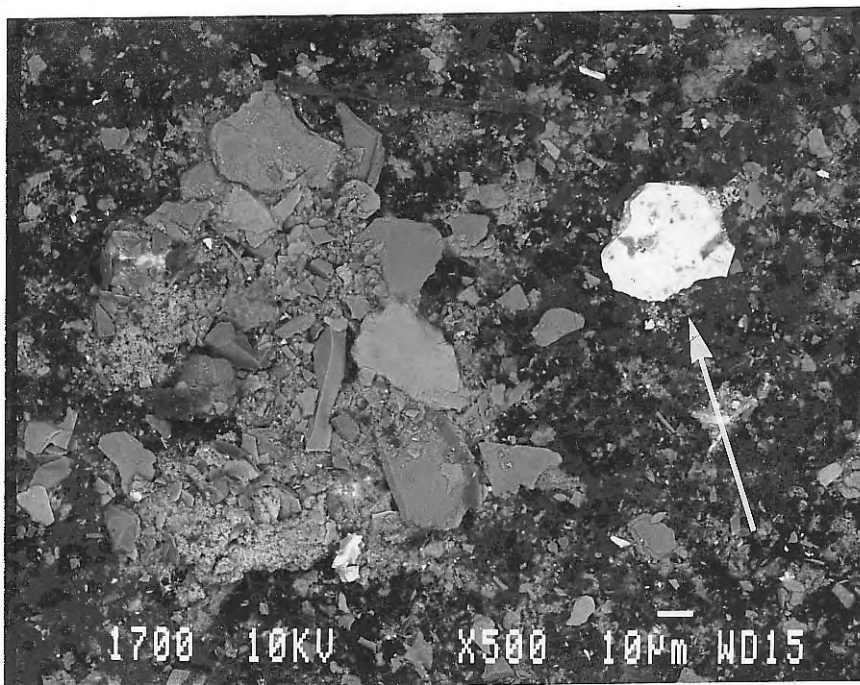
138 CNT 5000 EU 20 EU/CHAN 4K FS: A
Link Systems 860 Analyser 30-Oct-91



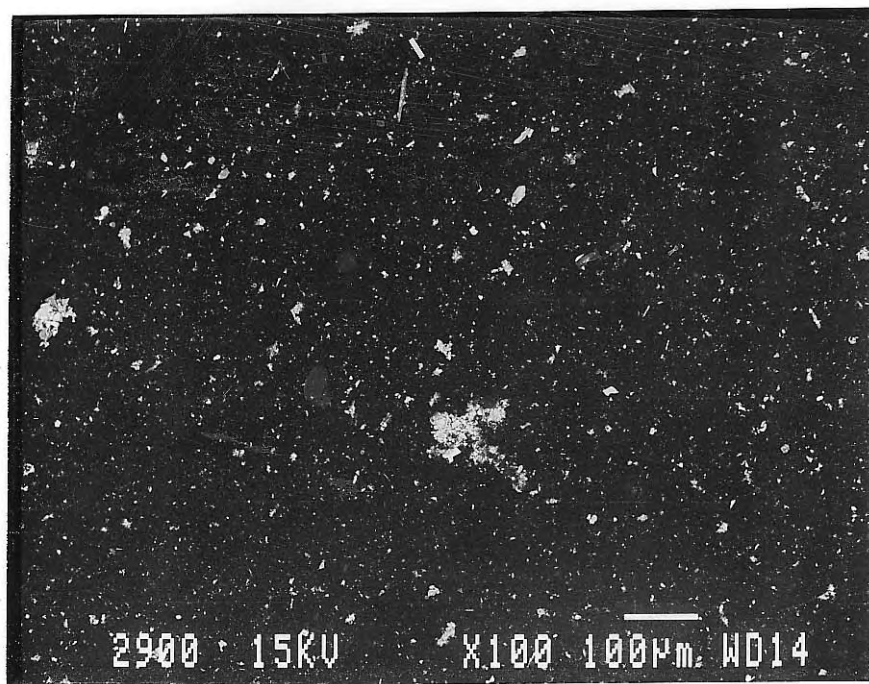
Figur 25 EDX-spekter av kisparkikkel fra overflatevannet stasjon 2



Figur 26 Foto (BSE) av filter fra overflatevann stasjon 4 (100x forstørrelse). Pil viser utsnitt av bildet i figur 27.



Figur 27 Aggregater av partikler fra overflatevann stasjon 4 (500x forstørrelse). Pil viser kispartikel, EDX-spekter i figur 29.



Figur 28 Foto (SEI) av filter fra vann under sprangsjiktet fra stasjon 4 (100x forstørrelse)

86 CNT

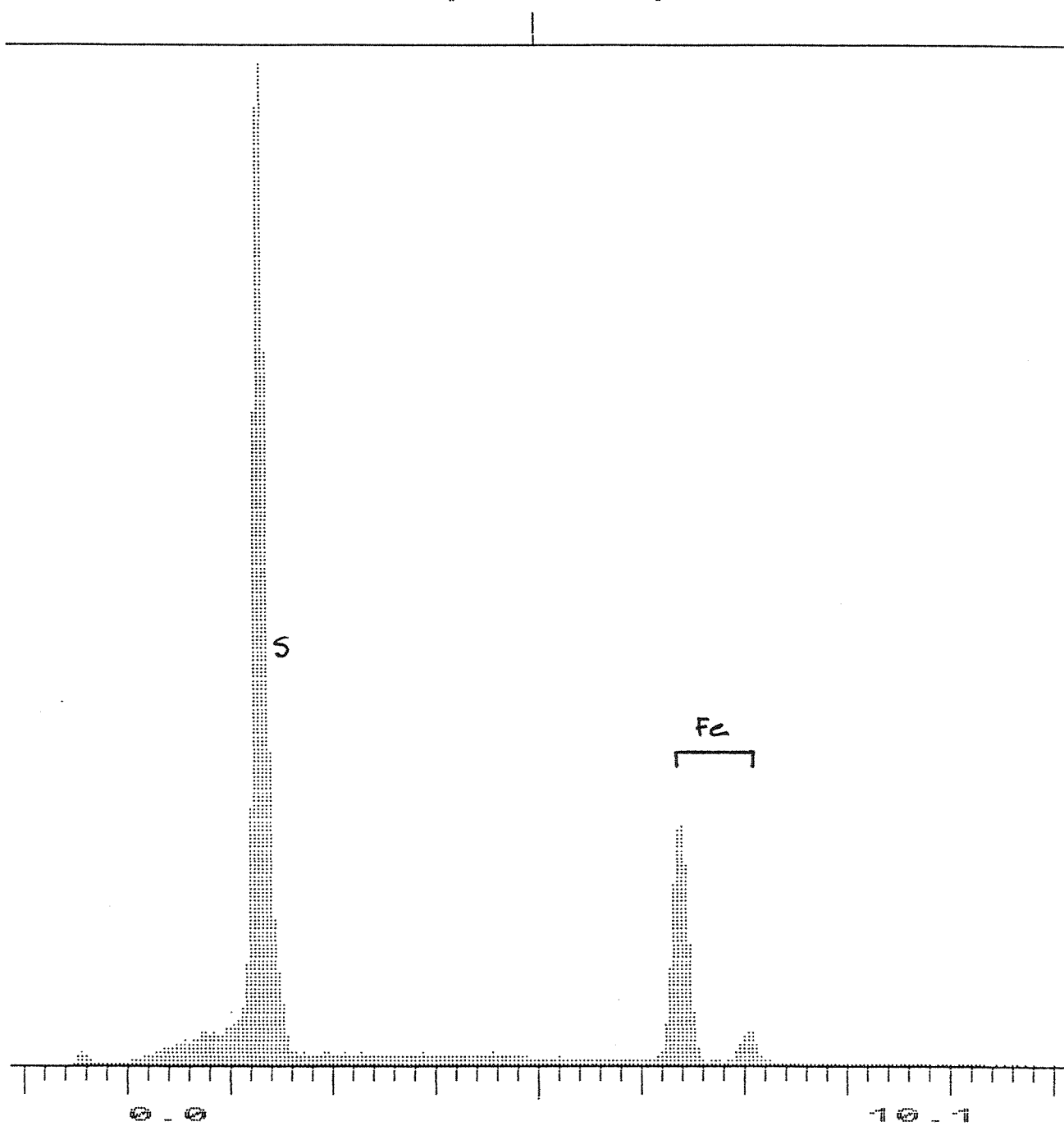
8K FS: A

5000 EU

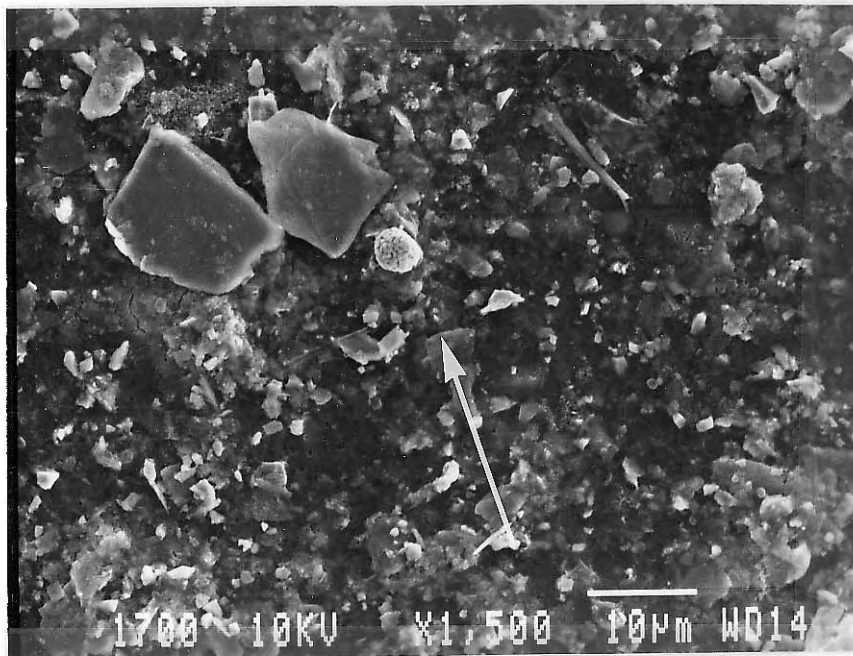
20 EU/CHAN

Link Systems 860 Analyser

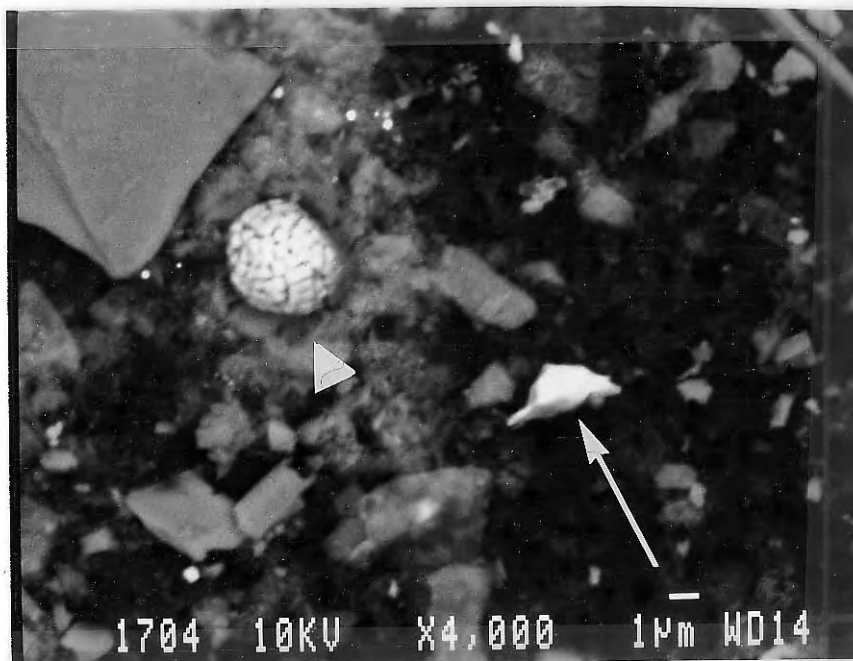
18-Oct-91



Figur 29 EDX-spekter av kisparkikkel fra overflatevannet stasjon 4



Figur 30 Foto (SEI) av filter fra overflatevann stasjon 4 (1.500x forstørrelse)
Pil viser utsnitt av figur 31



Figur 31 Foto (BSE) av partikler fra overflatevann stasjon 4 (4.400x forstørrelse). Tykk pil viser Fe og S holdig partikkel. Lang pil viser nikkelholdig kispartikkel se EDX-spekter figur 32.

4.4 CNT

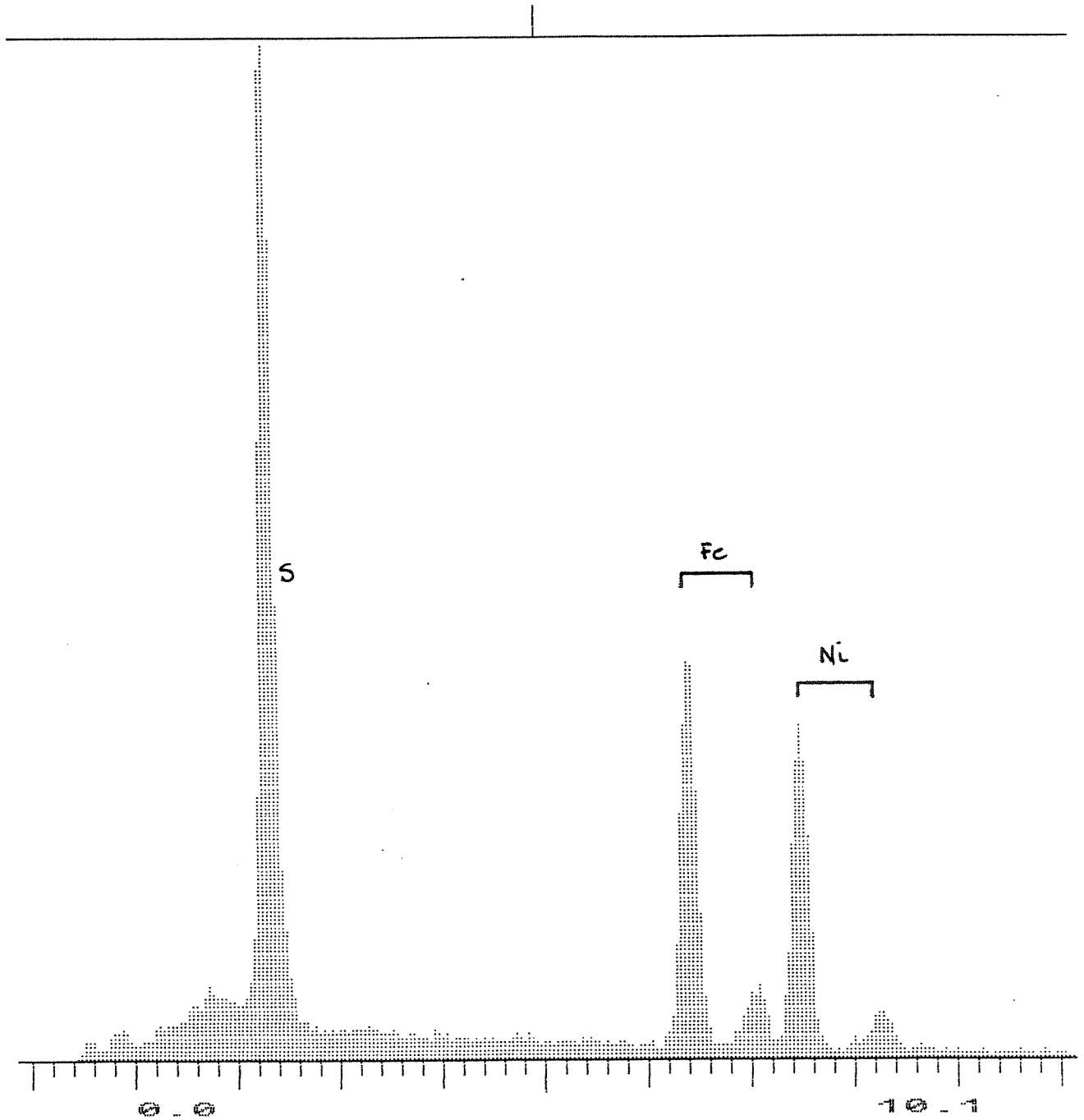
5000 EU

2K FS: A

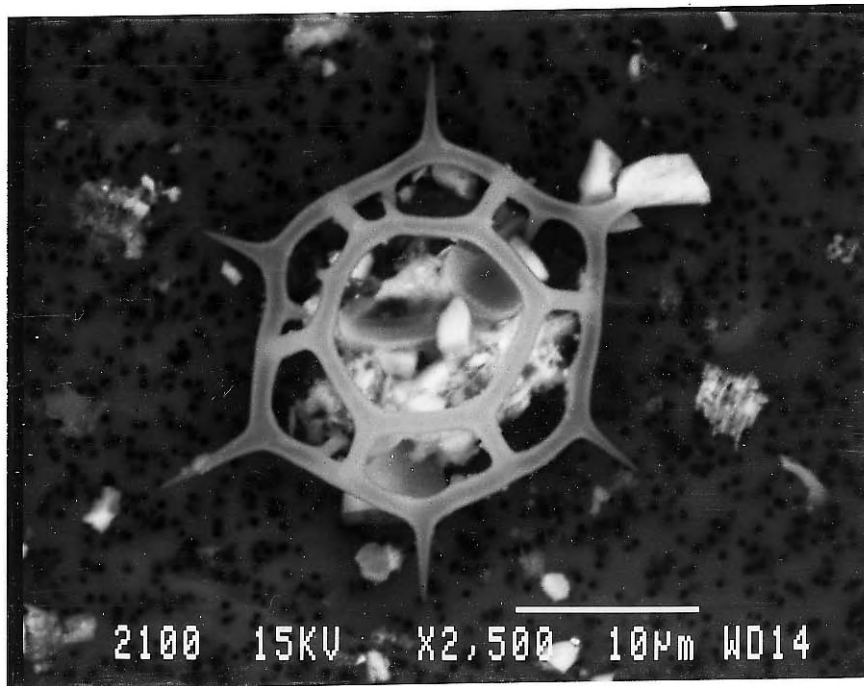
20 EU/CHAN

Link Systems 860 Analyser

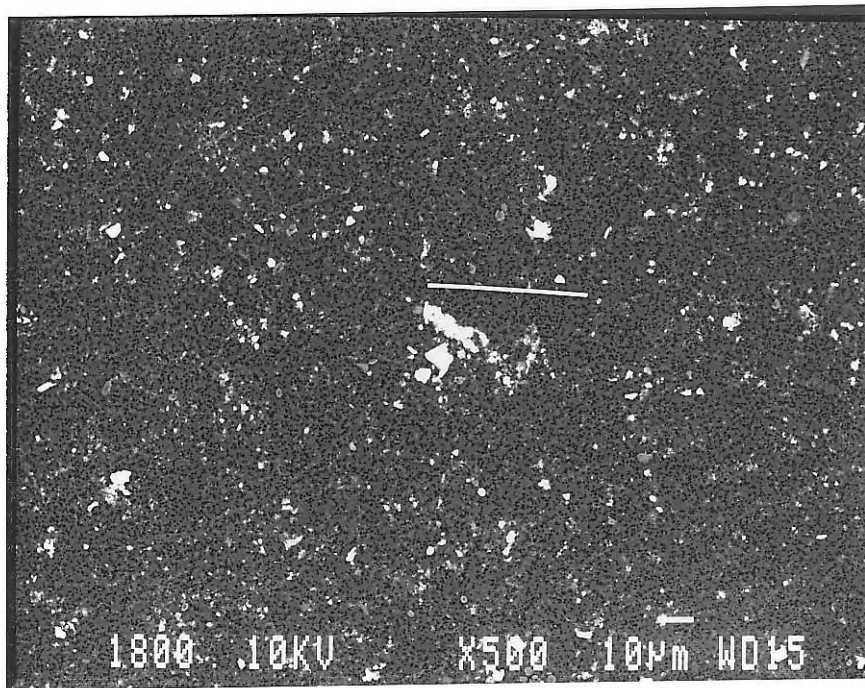
30-Oct-91



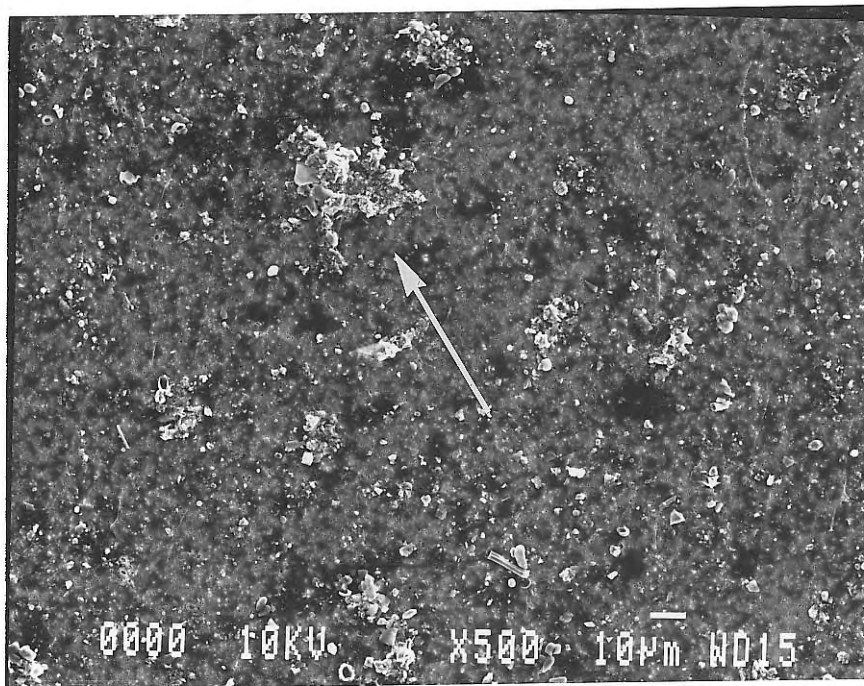
Figur 32 EDX-spekter av nikkelholdig partikkel (se figur 31) fra overflatevann stasjon 4



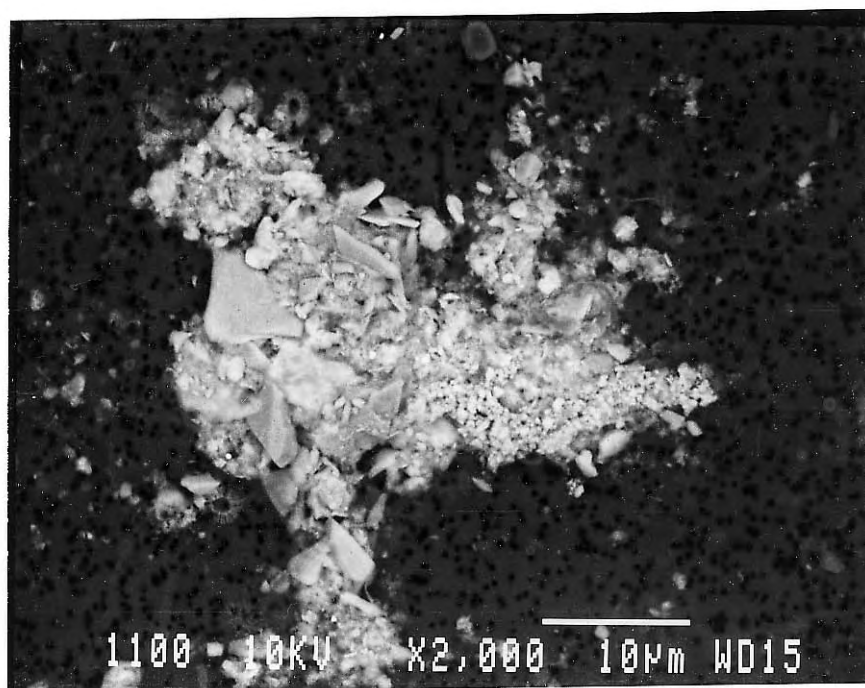
Figur 33 Skjelett av silikoflagellaten *Distephanus* fra bunnvannet på stasjon 4 (2.500x forstørrelse)



Figur 34 Foto (BSE) av filter fra overflatevann stasjon 6 (500x forstørrelse)



Figur 35 Foto (SEI) av filter fra overflatevann stasjon 9 (500x forstørrelse).
Pil viser utsnitt av bildet i figur 36



Figur 36 Aggregat av partikler fra overflatevann stasjon 9 (2.000x forstørrelse)

263 CNT

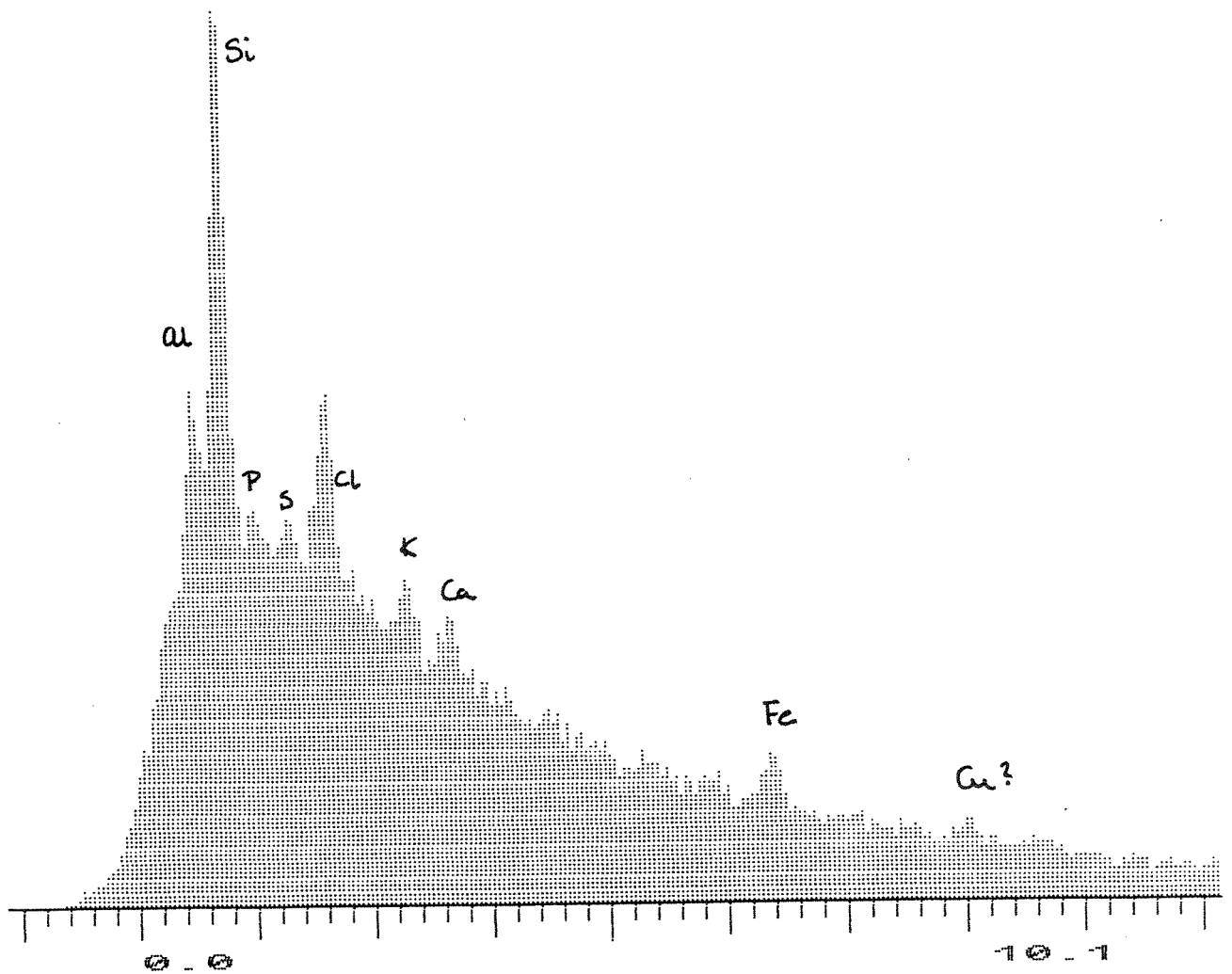
5000 EU

2K FS: A

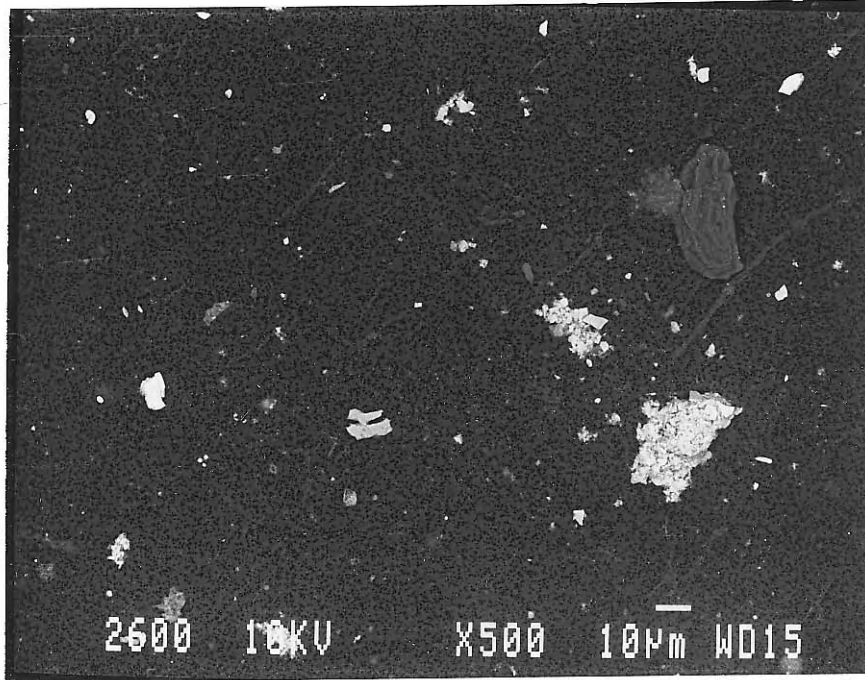
Link Systems 860 Analyser

20 EU/CHAN

10-Oct-91



Figur 37 EDX-spekter av filter fra overflatevann stasjon 9



Figur 38 Foto (BSE) av filter fra bunnvann stasjon 9 (500x forstørrelse)

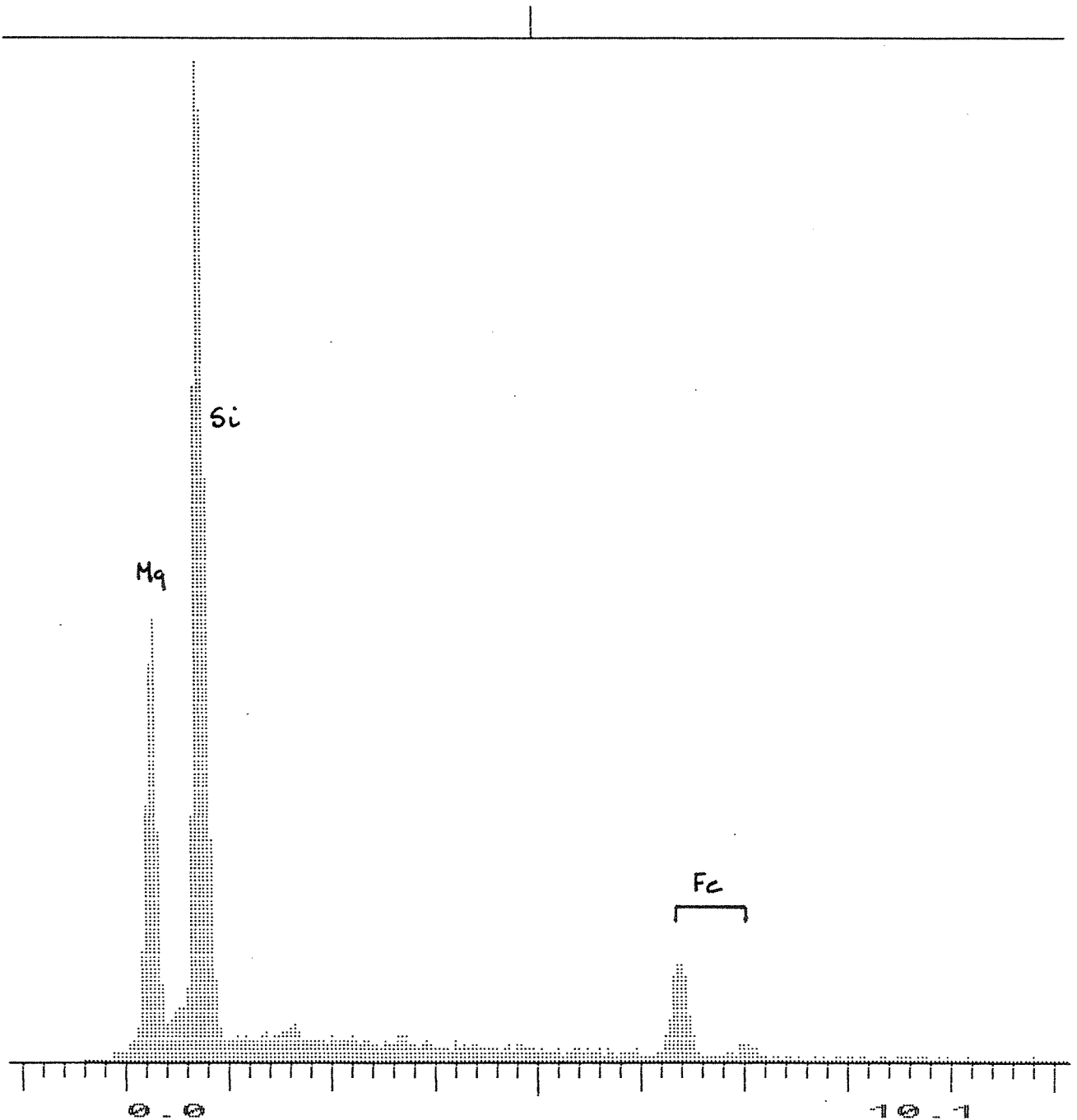
26 CNT

2K FS: A

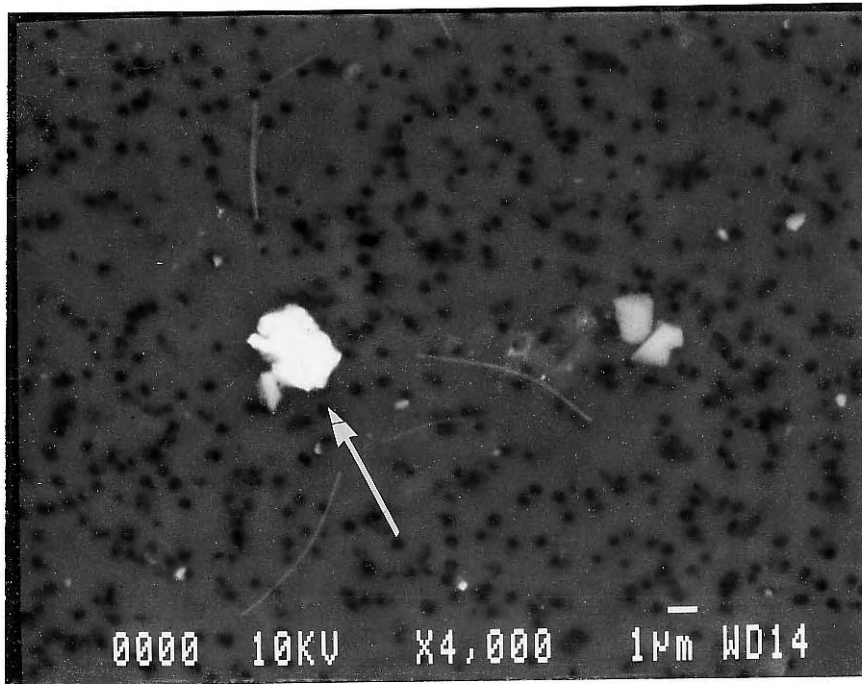
5000 EU 20 EU/CHAN

Link Systems 860 Analyser

10-Oct-91



Figur 39 EDX-spekter av olivin partikkel fra bunnvannet stasjon 9



Figur 40 Foto (SEI) av filter fra overløpsvann deponi Fornes (4.000x forstørrelse) Pil viser nikkelholdig partikkel vist i EDX-spekter figur 40.

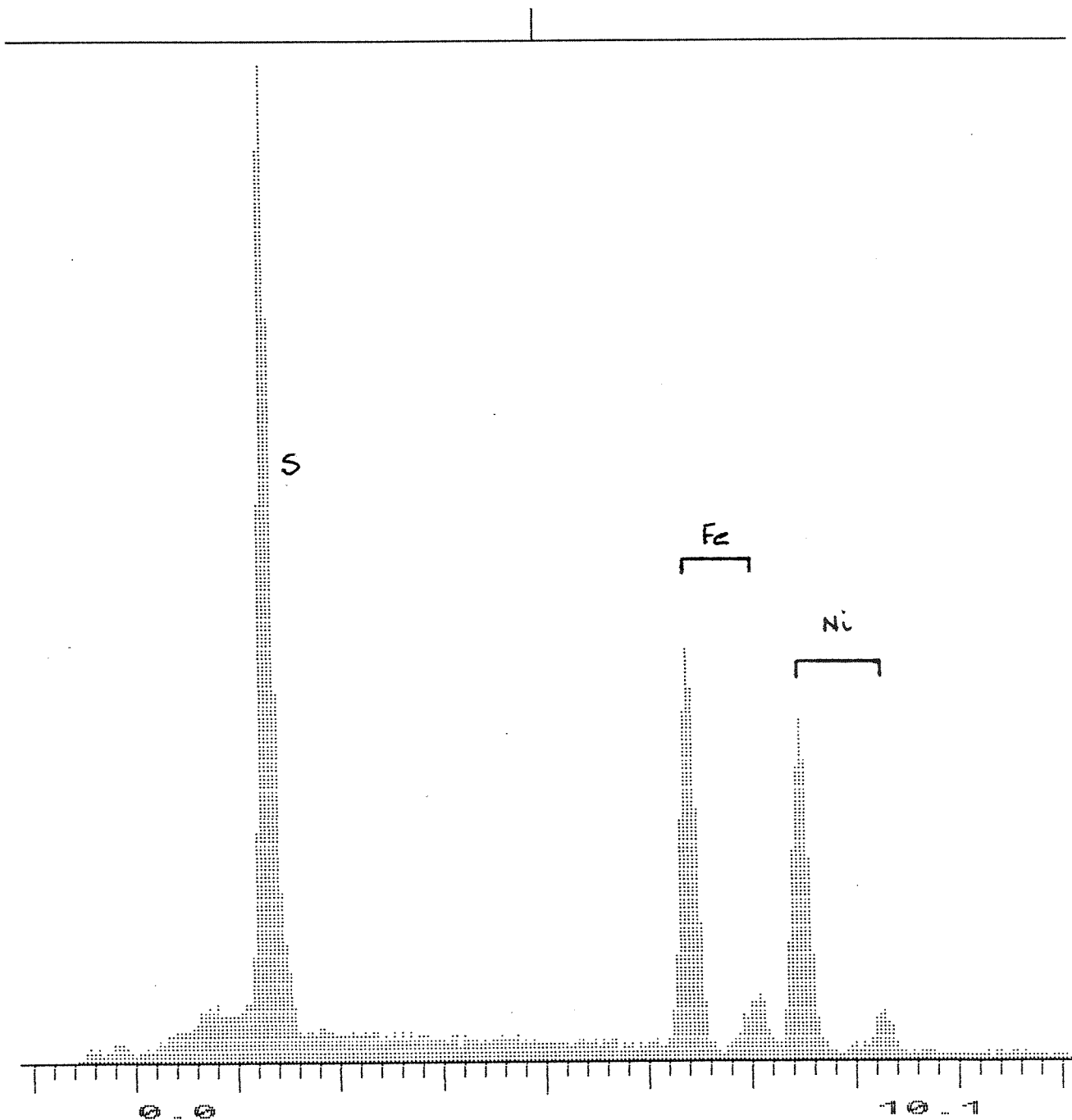
4-1 CNT

2K FS: A

5000 EU 20 EU/CHAN

Link: Systems 860 Analyser

30-Oct-91



Figur 41 EDX-spekter av nikkelholdig partikkel i overløpsvann deponi Fornesodden.

4.7 Metaller i biologisk materiale

Det ble samlet inn griselang fra 7 stasjoner i Ballangfjorden (figur 2). Seks av stasjonene var de samme som ved undersøkelsen i 1989. I 1991 ble det lagt en stasjon på nordsiden av deponiet ved Fornes (st. 4b). I alt 7 prøver ble analysert for metallene sink, kobber, bly, nikkel, krom, kobolt og kadmium. Alle data finnes i vedlegget.

Antatt høyt bakgrunnsnivå av metaller i tang er basert på det som hittil finnes av opplysninger om normalkonsentrasjoner av miljøgifter ved diffus belastning i fjorder. Nylige undersøkelser av metaller i tang fra Ranfjorden og Tromsøysundet viser imidlertid verdier som ligger betraktelig under disse nivåene (NIVA, unpubl., pers medd. J. Knutzen og N. Green). Dette kan tyde på at det er betydelige regionale variasjoner som man hittil ikke har vært klar over. Metallverdiene i tang fra ytre del av Ranfjorden og Tromsøysundet ligger på samme nivå som verdiene registrert ytterst i Ballangfjorden, som derfor kan regnes som bakgrunnsnivå for griselang i området. Muligheten av generelt lavere bakgrunnsnivå av metaller i Nord-Norge betyr at det må legges vekt på eventuelle avstandsvariasjoner selv om alle verdiene ligger under det "antatt høye bakgrunnsnivå" som er sitert nedenfor.

For samtlige metaller ble de høyeste verdiene registrert innerst i Ballangfjorden. Sammenlignet med undersøkelsene i 1989 var innholdet av nikkel høyere (kobolt og krom bare ubetydelig høyere). Innholdet av kobber, sink og bly var lavere (tabell 1).

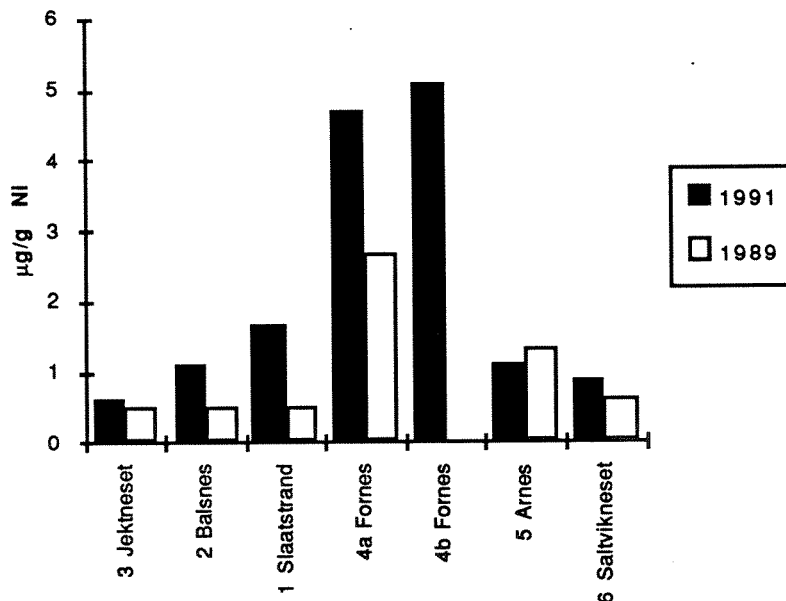
Tabell 1. Maksimumkonsentrasjoner av metaller (mg/kg tørrvekt) i griselang fra Ballangfjorden 1989 og 1991.

Metall	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Co	Cr
1989	24.0	123	0.75	2.67	0.13	0.62	0.38
1991	11.34	87.7	0.50	5.05	0.10	1.3	0.50
Bakgrunns- nivå*	10	200	3	10	1.5	2	2

*Antatt høyt bakgrunnsnivå etter Knutzen og Skei, 1990.

Regner vi 1989 verdiene av nikkell fra ytre fjord som bakgrunnsnivå var disse $<1\mu\text{g/g}$. Nikkelverdiene fra 1991 utenfor Fornes var opptil 5 ganger høyere enn dette. Figur 42 viser at grisjetangen bare var påvirket i deponiets nærområde i 1989, mens hele fjorden var påvirket i 1991.

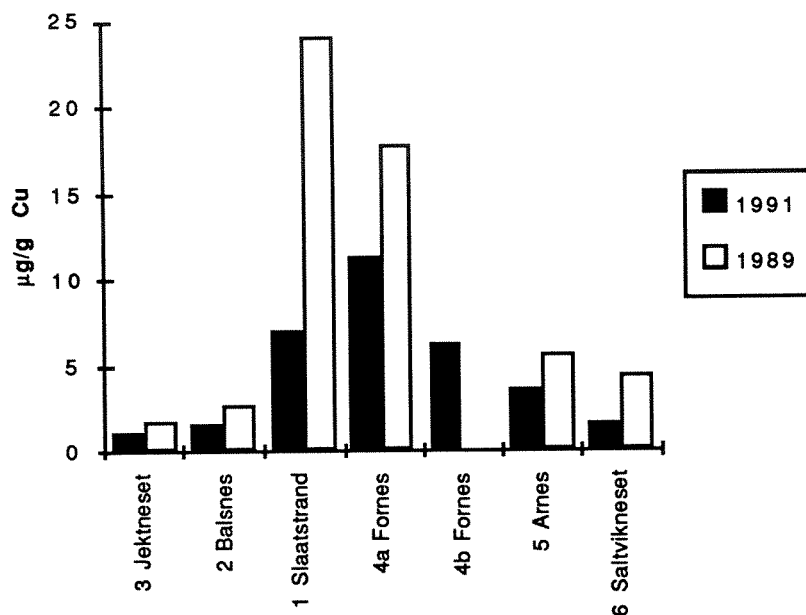
Det er begrenset kjennskap til nikkels giftighet på marine organismer. Giftigheten av nikkell varierer mye fra art til art og med eksponeringstid. I henhold til en foreslått Environmental Quality Standard (Mance og Yates, 1984) bør konsentrasjoner av nikkell i sjøvann ikke overskride $30\mu\text{g/l}$ hvis skadelige effekter på organismer skal unngås.



Figur 42 Innhold av nikkell i grisjetang samlet i Ballangfjorden 1989 og 1991

Innholdet av kobber i grisjetang var redusert på alle stasjoner fra 1989 til 1991 (figur 43). I 1989 ble de høyeste konsentrasjonene registrert innerst i fjorden. Årsaken ble antatt å være påvirkning fra den gamle avgangen fra Bjørkåsen. I 1991 ble de høyeste konsentrasjonene registrert utenfor Fornes. Dette viser at også utslippet fra deponiet tilfører kobber til grisjetangen i fjorden. Bruker vi konsentrasjonene fra ytre fjord som bakgrunnsnivå var denne $<5\mu\text{g/g}$. Dette er lavere enn antatt høyt bakgrunnsnivå av Knutzen og Skei (1990) som er $10\mu\text{g/g}$. Ballangfjorden har vært påvirket av kobberholdig gruveavgang i mange år. Derfor er muligens også $5\mu\text{g/g}$ høyere enn det naturlige nivået for fjorden.

Forhøyede konsentrasjoner av kobber er giftig for en rekke organismer. I Ballangfjorden er det tidligere vist en klar sammenheng mellom redusert bunnfauna og forhøyede kobberverdier i sedimentene (Helland og Rygg, 1990).



Figur 43 Innhold av kobber i grisetang samlet i Ballangfjorden 1989 og 1991

Som tidligere nevnt ble innholdet av arsen i sjøvann analysert for første gang i 1991. Innholdet av arsen i tang er imidlertid ikke analysert. Marine organismer har et generelt høyt naturlig innhold av arsen. Undersøkelser har vist at endel organismer tolererer relativt høy direkte eksponering av arsen i vannmassene. Arsen inkorporert i næringskjeden kan imidlertid være toksisk for mange organismer da stoffet akkumuleres i næringskjeden (Sanders et al., 1988). Innsprøytning av arsenobeatine i store doser på mus har ikke vist toksisk effekt (Kaise et al., 1985). Det er heller aldri rapportert forgiftninger som følge av inntak av fisk eller skalldyr med forhøyede arsenverdier. Det er derfor lite eller ingen sannsynlighet for at inntak av fisk fra Ballangfjorden vil være skadelig for mennesker.

Forhøyede verdier av arsen i sjøvann er imidlertid mer kritisk for tangarter som f.eks. blæretang (Blanck et al., 1989). Forsøk i marine modelløkosystem eksponert for arsenverdier i størrelsesorden 8 og 75 µg As/l kan føre til redusert algeflora. En uttynning eller reduksjon av tangbeltet kan igjen føre til fattigere fauna, da tangbeltet gir ly og næring for en rekke virvelløse dyr og fisk. På bakgrunn av disse opplysningene og at overløpet fra deponiet ved Fornes har høye

konsentrasjoner av arsen, burde arsenanalyser av grisetang utføres ved videre overvåking av Ballangfjorden.

I forbindelse med utslippene fra Nikkel og Olivin AS er det blitt fokusert på fisk og giftighet av denne. Fjorden har en torskestamme som en rekke folk i området høster av. I det opprinnelige prosjektforslaget fra NIVA ble ikke analyser av fisk foreslått fordi det er lite som tyder på at metallnivåer (bortsett fra kvikksølv) er noe godt mål for belastningsgrad (med et visst forbehold for kadmium og bly i fiskelever, Knutzen og Skei, 1990). Etter ønske fra Nikkel og Olivin AS. vil likevel fisk bli undersøkt i 1992, da fortrinnsvis på nikkel og arsen. I belastede områder kan bunndyr få høyere arseninnhold enn normalt, noe som igjen kan medføre forhøyet arseninnhold i fisk som beiter på bunndyrene (Falconer et al., 1983 med referanser).

5. REFERANSER

Blanck, H., Holmgren, K., Landner, L., Norin, H., Notini, M., Rosemarin, A og Sundelin, B., 1989. Advanced hazard assesment og arsenic in the swedish environment. I: Ladner, L., (ed.), Chemicals in the aquatic environment. Advanced hazard assessment. Berlin, 256-328.

Danielson, L-G., Magnusson, B og Westerlund, S., 1982. An improved metal extraction procedured for the determination of trace metals in sea water by atomic absorbtion spectrometry with electrothermal atomization. Anal. Chim. Acta, 98, 47-57.

Falconer, C.R., Sheperd, R.J., Pirie, J.M og Topping, G., 183. Arsenic levels in fish and shellfish from the North Sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 71:193-203

Helland, A. og Rygg, B., 1991. Måleprogram i Ballangfjorden. Vannkvalitet, bunnsedimenter, bløtbunnfauna og metaller i tang. NIVA-rapport O-89070. L.nr. 2523, 72s.

Helland, A. og Rygg, B., 1991. Resipientundersøkelser i Fauskevika sommeren 1989. Vannkjemi og bunnfauna. NIVA-rapport O-89090. L.nr. 2448, 47s.

Iversen, E.R., Kjevstad, E., Rasmussen, S og Lindgren, K., 1990. Nikkel og Olivin A/S. Konsekvensanalyse for mineralbryting ved Bruvannsfeltet, Ballangen. Norsk intitutt for vannforskning og Cowiplan A/s. NIVA-rapport O-89252. L.nr. 2433, 64s.

Kaise, T., Watanabe, S. og Itoh, K., 1989. The acute toxicity of arsenobeatine. Chemosphere., Vol. 14, No. 9, 1327-1332.

Knutzen, J., Martinsen, K., Næs, K., Oehme, M. og Oug, E., 1991. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988 og 1990. Overvåkingsrapport nr. 443/91. NIVA-rapport O-8000357. L.nr. 2554, 183s.

Knutzen, J. og Skei, J.M., 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602. L.nr 2540, 139s.

Mance, Y. og Yates, J., 1984. proposed environmental quality standards for list II substances in water. Nickel. Tech. Rep. TR 211. Water Research Center, 45s.

Næs, K., 1985. Basisundersøkelse i Kristiansandfjorden. Delrapport II. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. Overvåkinsrap. nr. 193/85. NIVA-rapport O-8000353. L.nr. 1754, 62s.

Sanders, J., Osman, R.W. og Sellner, K.G., 1988. Arsenic transport and impact on Chesapeake Bay food webs. (U.S) Environmental Protection Agency, Annapolis, MD. CBP/TRS 18/88: 141s.

VEDLEGG

Metallkonsentrasjoner i vannprøver fra Ballangfjorden september 1991. Første tall på hver linje i kolonnen "stasjoner" indikerer stasjonsnummer. (filt)=filtrert prøver, de øvrige verdiene er fra ufiltrerte vannprøver. Innholdet av Cr var <math><1.0\mu\text{g/l}</math>.

Stasjon	Ni ($\mu\text{g/l}$)	As ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)	Cu ($\mu\text{g/l}$)	Zn ($\mu\text{g/l}$)	Co ($\mu\text{g/l}$)	Cd (ng/l)
1 Overflate	0,92	4,6	0,27	0,54	2,4	0,065	16
1 5m dyp	1,16	7,6	0,74	0,77	2,55	0,082	18
1 5m fra bunn	1,46	7,4	0,71	1	2,7	0,1	21
2 Overflate (filt)	0,87	3,6	0,2	1,11	5,35	0,073	21
2 5m dyp (filt)	0,96	3,3	0,19	0,48	1,9	0,041	20
2 5m fra bunn (filt)	1,18	5,5	0,22	0,47	1,55	0,053	18
2 Overflate	0,93	7,8	0,42	0,93	4,15	0,078	17
2 5m dyp	1,02	3,2	0,44	0,58	2,15	0,058	19
2 5m fra bunn	1,4	4,5	0,63	0,7	1,8	0,071	18
3 Overflate	1,03	4,6	0,4	0,68	2,9	0,068	18
3 15m dyp	0,83	4,4	0,3	0,48	0,98	0,041	21
3 5m fra bunn	1,17	4	0,24	0,41	1,01	0,053	16
4 Overflate (filt)	1,77	4,2	0,53	0,93	5,25	0,11	26
4 15m dyp (filt)	0,88	3,2	0,12	0,45	1,95	0,03	30
4 5m fra bunn (filt)	0,74	4,6	0,064	0,32	0,68	0,027	18
4 Overflate	2,52	8,3	1,55	1,35	6,5	0,18	24
4 15m dyp	0,94	7,3	0,29	0,44	1	0,045	18
4 5m fra bunn	0,91	5,6	0,2	0,42	1,35	0,043	33
5 Overflate	2,97	9,5	0,86	1,4	5,9	0,17	26
5 15m dyp	0,96	6,5	0,25	0,41	1,01	0,045	17
5 5m fra bunn	1,46	6,9	0,29	0,54	0,65	0,08	22
6 Overflate (filt)	0,42	4,2	0,046	0,42	1,42	0,033	18
6 15m dyp (filt)	0,43	3,8	0,071	0,38	1,32	0,019	18
6 5m fra bunn (filt)	0,66	6,2	0,069	0,34	0,97	0,026	25
6 Overflate	0,41	4,9	0,045	0,34	1,42	0,025	17
6 15m dyp	0,5	7,3	0,1	0,33	1,1	0,021	16
6 5m fra bunn	0,91	4,5	0,18	0,38	0,99	0,044	18
7 Overflate	0,4	5,1	0,1	0,33	1,04	0,023	31
7 15m dyp	0,48	3,7	0,18	0,4	1,8	0,019	21
7 5m fra bunn	0,46	5,6	0,13	0,33	0,78	0,014	21
8 Overflate	0,46	5,5	0,047	0,34	0,8	0,03	13
8 15m dyp	0,41	5,8	0,072	0,24	1,1	0,015	19
8 5m fra bunn	0,29	6,4	0,049	0,18	0,79	<0,005	21
9 Overflate (filt)	0,42	5,8	0,055	0,37	1,25	0,03	17
9 15m dyp (filt)	0,31	6,3	0,074	0,33	1,55	0,011	26
9 5m fra bunn (filt)	0,29	5,9	0,055	0,27	1,33	<0,005	18
9 Overflate	0,44	1,7	0,051	0,32	1,35	0,039	12
9 15m dyp	0,34	1,9	0,21	0,27	1	0,008	39
9 5m fra bunn	0,37	2,8	0,15	0,34	0,55	0,011	14
10 Overflate	0,42	2,9	0,039	0,32	2,75	0,025	17
10 15m dyp	0,34	5,7	0,079	0,31	1	0,007	13
10 5m fra bunn	0,36	3	0,045	0,22	1,05	<0,005	18

Metallkonsentrasjoner i grisetang samlet i Ballangfjorden september 1991.

Stasjoner	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Ni µg/g	Cr µg/g	Co µg/g	Cd µg/g	TTS mg/g
3	20,1	1,15	0,28	0,6	0,2	0,2	0,1	417
2	27,8	1,67	0,28	1,01	0,15	<0,3	0,1	389
1	76,3	6,92	0,48	1,69	0,28	0,3	0,08	443
(A) 4	87,7	11,34	0,5	4,7	0,5	0,6	0,08	401
(B) 4	44,2	6,19	0,28	5,05	0,38	1,3	0,06	422
5	33,2	3,57	0,18	1,11	<0,20	<0,3	0,07	391
6	23,9	1,56	0,24	0,87	0,13	<0,2	0,08	390

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2157-3