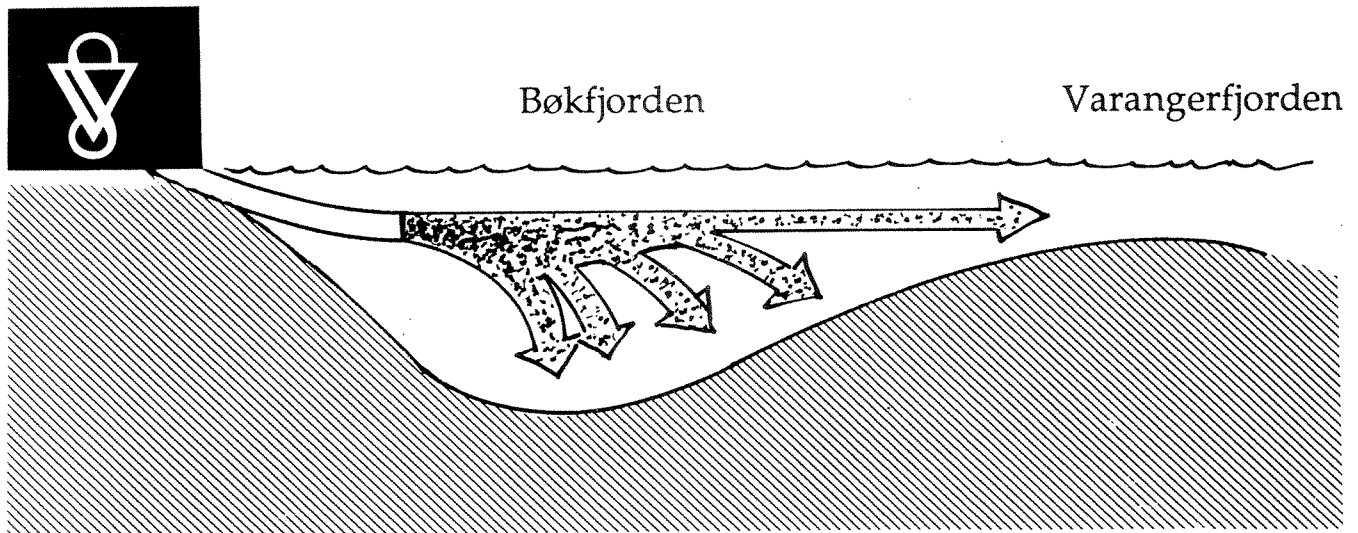




O-94071

# Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark

Bløtbunnsfauna, sedimenter og partikler i vann, juni 1994



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
94071	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3281	

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

<b>Rapportens tittel:</b> Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark. Bløtbunnsfauna, sedimenter og partikler i vann juni 1994.	<b>Dato:</b> 15.06.95 <b>Trykket:</b> NIVA 1995
	<b>Faggruppe:</b> Marinøkologisk
<b>Forfatter(e):</b>  Jens Skei Brage Rygg Kai Sørensen	<b>Geografisk område:</b> Finnmark
	<b>Antall sider:</b> 66 <b>Opplag:</b>

<b>Oppdragsgiver:</b> A.S. Sydvaranger	<b>Oppdragsg. ref.:</b>
---	-------------------------

## Ekstrakt:

Oppfølgende undersøkelser i Bøkfjorden, som er resipient for utslipp av gruveavgang fra a.s. Sydvaranger, har vist at forurensningssituasjonen har endret seg lite siden forrige undersøkelse i 1988-89. I vannmassen kan skyen av avgangspartikler spores ut til samløpet mellom Bøkfjorden og Korsfjorden. Bunnsedimentene er synlig påvirket av gruveavgang ut til Reinøy og analyser av jern og organisk materiale indikerer at gruveavgang sedimenterer i hele Bøkfjorden. Stasjonen utenfor selve Bøkfjorden synes ikke å være påvirket. Registreringer av bunnfauna viste normale forhold på strekningen Reinøy - munningen av Bøkfjorden. Når utslippene av gruveavgang en gang i framtiden opphører vil forholdene på bunnen av Bøkfjorden gradvis vende tilbake til det normale. I indre fjord (sør for Reinøy) må vi regne med at det vil gå en periode på 50 år før forholdene på bunnen er fullstendig normalisert.

4 emneord, norske

1. a.s Sydvaranger
2. Gruveavgang
3. Bunnsedimenter
4. Bunnfauna

4 emneord, engelske

1. a.s. Sydvaranger
2. Mine tailings
3. Bottom sediments
4. Bottom fauna

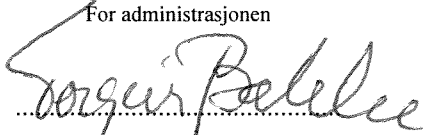
Prosjektleder

.....

Jens Skei

.....

For administrasjonen

  
.....  
Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2799-7

.....

Norsk institutt for vannforskning

**O-94071**

**Miljøundersøkelser i  
fjordsystemet utenfor  
Kirkenes i Finnmark**

**Bløtbunnsfauna, sedimenter og partikler i vann juni 1994**

Oslo, 15 juni 1995

Prosjektleder  
Medarbeider

: Jens Skei  
: Unni Efraimsen  
: Brage Rygg  
: Pirko Rygg  
: Kai Sørensen  
: Hilde Aarefjord

## **Forord**

I forbindelse med ny konsesjon til A.S. Sydvaranger er bedriften pålagt av SFT å gjennomføre en resipientundersøkelse av fjordsystemet rundt Kirkenes. Det ble presisert i pålegget at undersøkelsen skulle ta utgangspunkt i tidligere undersøkelser utført av NIVA i 1988 og 1989 .

NIVA ble i brev datert 25.11.93 fra A.S. Sydvaranger bedt om å utforme et undersøkelsesprogram med tilhørende kostnadsramme. Programforslaget ble oversendt oppdragsgiver 2.03.94 og feltarbeidet ble utført i juni samme år med A.S. Sydvarangers fartøy "Hans Oscar" ( Frank Johansen (skipper), Tor Martin Dørmænen, Terje Buschman og Kjell Skog). Takk rettes til mannskapet ombord for godt samarbeid.

Feltarbeidet ble utført av Unni Efraimsen og Jens Skei. Brage Rygg har hatt ansvar for opparbeidelse og rapportering av bløtbunnfaunaundersøkelsene og Jens Skei og Kai Sørensen for bearbeidelse og rapportering av vannkjemiske data og sedimentdata. Kornfordelingsanalyser er utført av Grete Hofseth, a.s. Sydvaranger.

NIVA, 15 juni 1995

Jens Skei  
Prosjektleder

# Innhold

Forord.....	1
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	5
2. MÅLSETTING	6
3. FELTARBEID OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	8
4.1 Målinger i vannmassen	8
4.1.1 Hydrografi	8
4.1.2 Transmisjon	13
4.1.3 Partikkelmengde	14
4.1.4 Scanning elektron mikroskopi	14
4.2 Sedimentundersøkelser	16
4.2.1 Visuell beskrivelse av sedimentene	16
4.2.2 Sedimentenes kornfordeling	17
4.2.3 Organisk innhold	19
4.2.4 Metallinnhold	21
4.2.5 Aldersdatering av sedimenter	23
4.3 Bløtbunnsfauna	24
5.FRAMTIDSUTSIKTER	29
6. REFERANSER	30
VEDLEGG	31

## Sammendrag og konklusjoner

Det er gjennomført en oppfølgende resipientundersøkelse i Bøkfjorden utenfor Kirkenes for om mulig å spore endringer i vannmassenes innhold av partikler, bunnsedimentenes kjemiske og fysiske sammensetning og bunnfaunaens karakteristiske trekk som kan kobles til utlipp av gruveavgang fra A/S Sydvaranger. Forrige undersøkelse ble gjort i perioden 1988-1989. Resultatene gir grunnlag for følgende hovedkonklusjoner :

- **Målinger i vannmassen viste klart at en sky med gruveavgang sprer seg fra utslippsområdet i 30-40 m dyp utover i Bøkfjorden. Skyen synker gradvis utover fjorden og kan spores til samløpet mellom Korsfjorden og Bøkfjorden. Det ble ikke gjort målinger i vannmassen lenger ut enn til Reinøy. Det bør påpekes at utlippene av avgang fra verket varierer fra dag til dag og at samme dag som målingene ble gjort var det ikke utlipp av avgang til fjorden.**
- **Målinger av organisk materiale og jern viste at bunnsedimentene er påvirket av avgang i hele Bøkfjorden. Stasjonen utenfor selve munningen av Bøkfjorden syntes ikke å være påvirket. Utbredelsen av gruveavgang kan best spores ved unormalt lavt innhold av organisk materiale og høyt innhold av jern. Det ble ikke målt nivåer av tungmetaller utover det normale.**
- **Bunnfaunaregistreringer ble gjort i de ytre deler av Bøkfjorden. Registreringene viste en naturlig og normal bløtbunnsfauna på samtlige stasjoner og ingen gradienter i ytre deler av fjorden som kan tyde på en forurensningseffekt. De mengder av gruveavgang som sedimenterer i det ytre området er tilsynelatende for små til å påvirke faunaen.**
- **Sammenlignet med undersøkelser som ble gjort i 1988-1989 er det små forskjeller i tilstand. Hele Bøkfjorden er påvirket av utlippene, men bunnfaunaen er skadelidende kun i området innenfor Reinøy hvor mesteparten av avgangen sedimenterer.**
- **Den naturlige sedimentasjonen i områder som er lite påvirket av gruveavgang ble målt til ca. 2mm/år. Etter at utslippet fra AS Sydvaranger opphører vil det derfor ta 50 år før det er avsatt et 10 cm tykt naturlig, sedimentlag. Vi må derfor forvente en lang rehabiliteringsfase i indre deler av fjorden til at bunnfaunaen her blir normal.**

# 1. Innledning

I forbindelse med ny konsesjon til A.S. Sydvaranger ble bedriften pålagt av SFT å gjennomføre en resipientundersøkelse av fjordsystemet rundt Kirkenes. Det er presisert i pålegget at undersøkelsen skal ta utgangspunkt i tidligere undersøkelser utført av NIVA i 1988 og 1989 (Skei og Rygg, 1988 og Skei, 1990).

Den nye konsesjonen innebærer tillatelse til en økning i utslipp av gruveavgang fra 1.7 til 2.2 mill tonn pr.år og av flotasjonskjemikalier fra 21 til 50 tonn pr. år. Det er ellers ingen endringer i utslippsforholdene, med hensyn til sammensetning av avgang og flotasjonskjemikalier eller utslippsarrangement.

NIVA gjennomførte i 1988 en kartlegging av utbredelsen av gruveavgang i sedimentene og en kartlegging av bløtbunnsfaunaen i området. Konklusjonen fra denne undersøkelsen var at sedimentene var påvirket inntil 13 km fra Kirkenes (bunnareal = 26 km<sup>2</sup> ) bedømt ut fra sedimentenes innhold av jern, organisk materiale og kornstørrelse. Det ble videre påpekt at bunnsfaunaen var moderat påvirket inntil 7 km fra Kirkenes. Det ble konkludert med at sannsynligheten var liten for at selve Varangerfjorden var påvirket av utslippet fra A.S.Sydvaranger.

For å kunne sannsynliggjøre at influensområdet ikke strakk seg ut i selve Varangerfjorden ble det gjennomført en undersøkelse av partikkelspredningen i vannmassen i 1989. Denne konkluderte med at avgangen sedimenterer relativt raskt i det utslippsnære området (trolig som følge av innblanding av sjøvann i avgangsledningen). Det ble påvist bare små mengder avgangspartikler i vannmassen utover en avstand på 7 km fra utslippet i de øvre 100m av vannmassen. Av den grunn ble antagelsen om at lite gruveavgang transporteres ut i Varangerfjorden bekreftet.

På grunnlag av disse to undersøkelsene er det sannsynliggjort hvor stort område som ble influert av verkets utslipp under de rådende utslippsforhold i 1988 og 1989.

## 2. Målsetting

På bakgrunn i endring av utslippstillatelsen ble det gjennomført en ny resipientundersøkelse i fjordsystemet utenfor Kirkenes i 1994. Hovedmålsettingen med dette var :

**å etablere ny miljøstatus for resipienten i 1994.**

Følgende spesifikke mål ble fastsatt :

- fastslå om størrelsen på influensområdet har endret seg siden 1988-89
- på grunnlag av den nye miljøstatusen i 1994 forsøke å forutsi hva som vil skje når pelletsverket nedlegges i 1996 og utslippene reduseres med 1/3

## 3. Feltarbeid og metoder

Feltarbeidet ble utført fra en av A.S. Sydvarangers slepebåter, "Hans Oscar" fra Kirkenes 20.06 - 22.06 1994. Stasjonsplasseringen er vist på Figur 1. Stasjonsposisjonering ble bestemt med satellittnavigatør (GPS). På 7 stasjoner ble det gjort hydrografi- og transmisjonsmålinger og vannprøver fra dyp, som på grunnlag av transmisjonsmålingene viste mye partikler, ble filtrert for bestemmelse av mengde partikulært materiale (mg/l). Utvalgte filtre ble analysert ved SINTEF-SI (Kari Baardset) med scanning elektronmikroskopi for å se på partiklens form, størrelse og kjemisk sammensetning. Vannprøvene ble tatt med Niskin vannhenter og prøvene ble trykkfiltrert med nitrogen gjennom 0.4µm Nuclepore membranfiltre. Filtrene ble vasket med destillert vann for å fjerne salt før tørking og veiing.

Salt, temperatur og transmisjon ble målt med selvregistrerende instrument fra overflaten og ned til ca. 80 m dyp. Dette ble gjort for å kartlegge skyen med avgangspartikler fra A.S.Sydvarangers utslipp ved Kirkenes.

Sedimentprøver for kjemiske analyser ble tatt med gravity corer (d= 50 mm) (Fig. 1). På enkelte stasjoner var det umulig å få tatt sedimentkjerner på grunn av sedimentets beskaffenhet (for løst eller for hardt). I disse tilfellene ble prøver tatt ut fra grabb. Kjernene ble snittet i 1cm sjikt; i enkelte kjerner ned til 16 cm dyp. På to av sedimentstasjonene (KS9 og KS13) ble det tatt ekstra kjerner for aldersdatering ved hjelp av isotopen bly-210. Denne isotopen stammer dels fra atmosfærisk nedfall (unsupported Pb-210) og dels fra radon i sedimentet (supported Pb-210). Disse analysene ble utført ved Vandkvalitetsinstituttet i Danmark hvor det er tatt i bruk en CRC-metode (Constant Rate of Supply av Pb-210).

Sedimentprøvene ble frosset og deretter frysetørket. Vanninnholdet ble bestemt og en del av prøven ble sendt til A.S. Sydvaranger for kornfordelingsanalyser (G.Hofseth). Det resterende materialet ble analysert ved NIVA for organisk materiale (gløderest), noen prøver for organisk karbon og nitrogen (for sammenligning med glødetapsmålingene), jern, nikkell, bly, sink og litium (litium brukes som normaliseringsparameter for de andre metallene). Glødetapsmålingene ble gjort ved 550°C, mens karbon og nitrogen ble analysert ved en forbrenningsmetode (Carlo Erba CHN-analysator). Prøver for metallanalyser ble totaloppløst med kongevann og fluss-syre i mikrobølgeovn og analysert med atomabsorpsjon. Det gjøres oppmerksom på at sedimentprøvene tatt i 1988 ble oppløst med salpetersyre (gammel metode) og at disse metallverdiene vil være betydelig lavere, spesielt for jern. For sammenligningens skyld ble noen

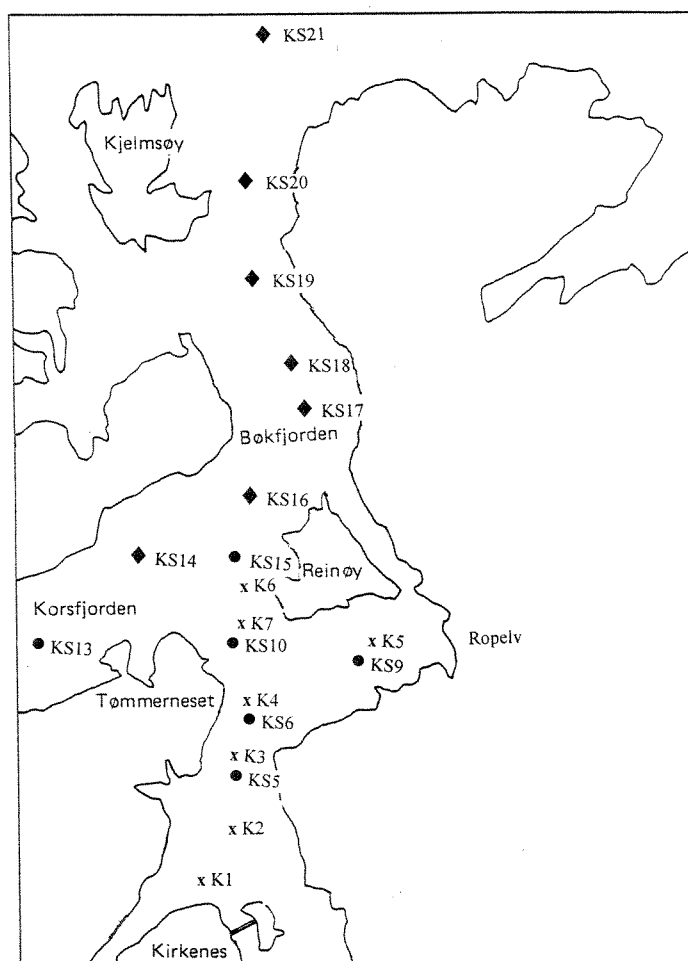


av prøvene fra innsamlingen i 1994 også analysert etter gammel metode.

Prøver ble tatt sedimentprøver på 7 stasjoner, hvorav 6 inne i selve Bøkfjorden (KS14, 16, 17, 18, 19 og 20), og én i Varangerfjorden utenfor Bøkfjorden (KS21). Stasjonenes dyp og posisjoner er vist i Tabell 1. Kartet i Figur 1 viser stasjonenes plassering.

Tabell 1. Stasjonenes dyp og posisjoner.

Stasjon	Dyp (m)	grader Nord	grader Øst
KS14	195-197	69.47.784	30.02.738
KS16	222-224	69.48.265	30.06.207
KS17	224-226	69.48.965	30.08.295
KS18	234-245	69.49.676	30.07.738
KS19	260-264	69.50.868	30.06.235
KS20	263-268	69.51.851	30.07.650
KS21	320-380	69.54.710	30.09.741



**Figur 1.** Stasjonsplassering i fjordsystemet utenfor Kirkenes (hydrografiske stasjoner : x, sedimentstasjoner : • og bløtbunnsfaunastasjoner/sedimentstasjoner : ◆ )

På hver stasjon ble det tatt 4 prøver med en 0.1 m<sup>2</sup> Day-grabb. Faunaprøvene ble silt gjennom 1.0 mm siler, fiksert i 4% nøytralisert formalin og senere overført til 70% etanol. Dyrene ble sortert ut, artsbestemt og tallet. Det ble beregnet parametre som individtetthet, artsmangfold m.m. for hver enkelt grabb og for stasjonen samlet. Det ble foretatt en analyse av graden av likhet i faunaen mellom de enkelte grabbene. Likhetsanalysene er utført ved å beregne likhetsindeks (Bray-Curtis indeks; Clifford & Stephenson 1975) for alle par av prøver. Deretter er prøvene gruppert ved clusteranalyse for å få fram grupper med høy indre likhet. Resultatene er presentert i dendrogram. Gruppering etter likhet er også foretatt ved "multidimensional scaling" (MDS-analyse), som presenterer resultatene i ordinasjonsplott. Ved likhetsanalysene ble det benyttet standardiserte individtall (artens andel av den totale individmengde i prøven). Framgangsmåten ved likhetsanalysene følger anbefalinger gitt av Clarke (1991).

Artsmangfold for hver enkelt grabb og samlet for hver stasjon ble beregnet ved indeksen H (Shannon og Weaver 1963) og ved forventet antall arter pr. 100 individer (ES<sub>100</sub>) (Hurlbert 1971).

Sedimentparametre som sedimentets finhet og innhold av organisk karbon og nitrogen indikerer sedimentasjonsforholdene og er dessuten støtteparametre ved tolkningen av faunaresultater. Prøver til sedimentanalyse ble tatt fra grabbprøvene (ca. 50 cm<sup>3</sup> av de øverste 2 cm av sedimentet).

## **4. Resultater og diskusjon**

Lokalisering av prøvetakingsstasjoner er vist på figur 1. Rådata befinner seg i vedlegg.

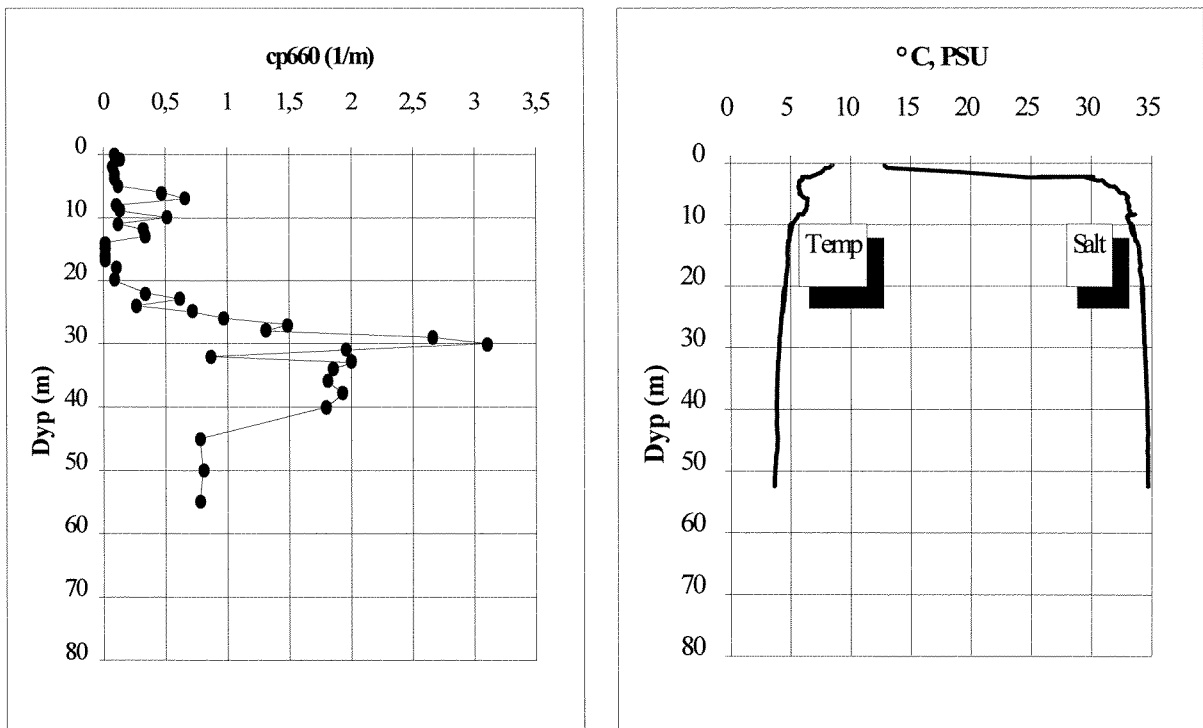
### **4.1. Målinger i vannmassen.**

Hovedhensikten med å gjøre målinger i vannmassen var å kartlegge utbredelsen av partikkelskyen fra utslippsområdet innerst i Bøkfjorden og utover mot Varangerfjorden. Ved at tilsvarende målinger ble gjort i 1989 vil det være mulig å sammenligne forholdene 5 år etterpå og med dagens utslippsforhold.

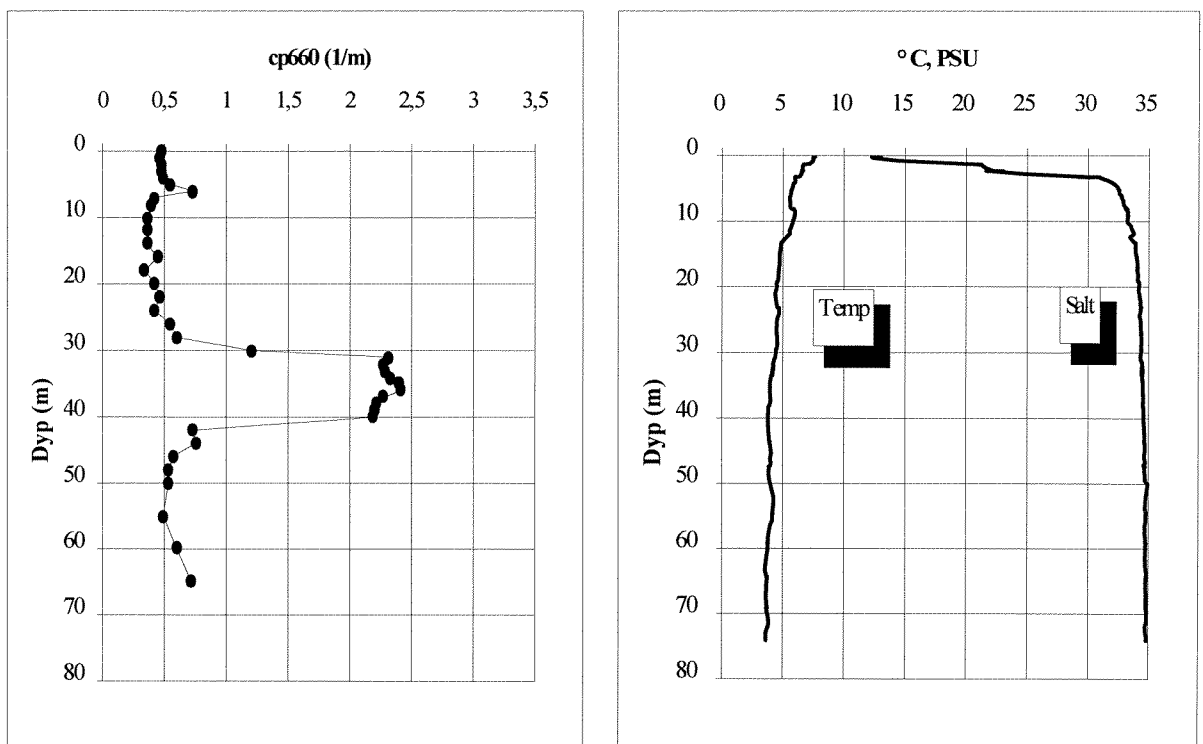
#### **4.1.1. Hydrografi**

Målinger av salt og temperatur gir et bilde av hvor mye ferskvann som befant seg i fjorden i juni 1994 og sjiktningen i vannmassen. Bøkfjorden får tilført ferskvannet gjennom Pasvikelva, men det er også andre mindre tilførselselver. Korsfjorden tilføres ferskvann fra Neiden-vassdraget.

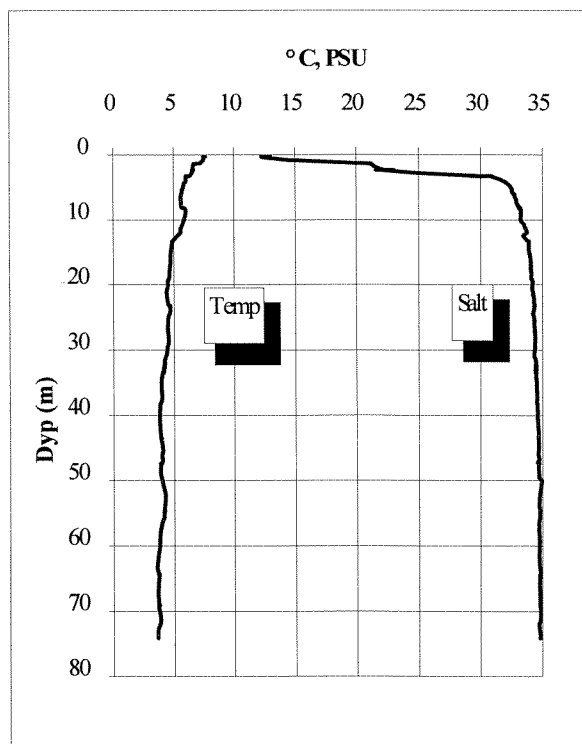
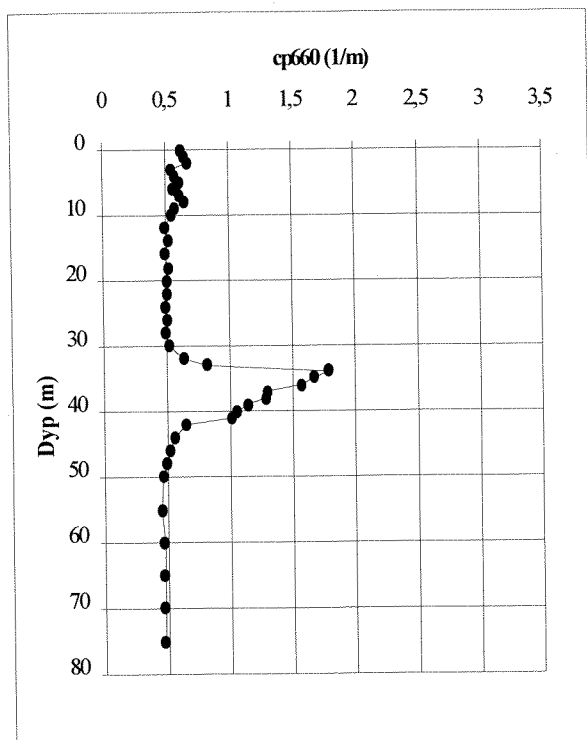
Figur 2-8 viser vertikalprofiler for salt, temperatur og partikler (svekningskoeffisient) på alle syv stasjonene.



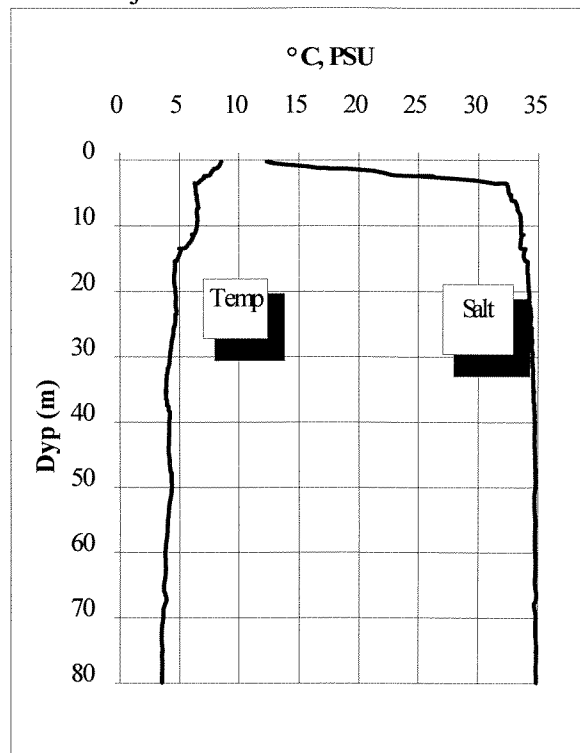
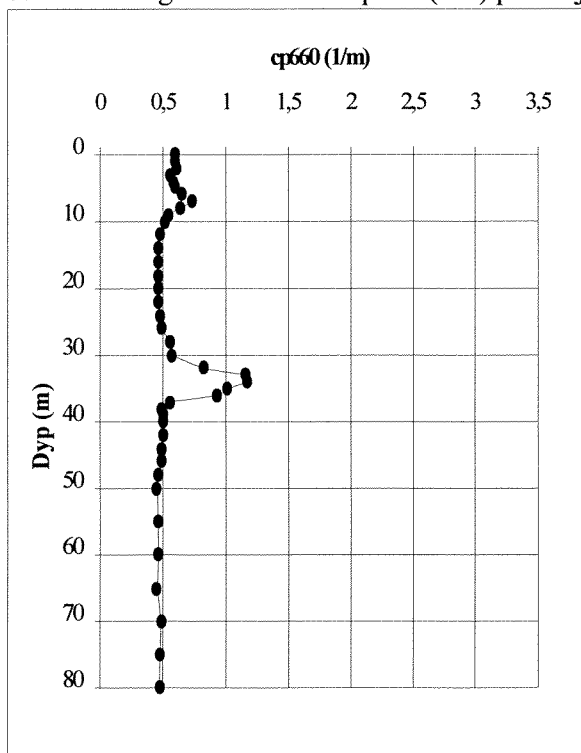
Figur.2 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten  $cp660$  ( $m^{-1}$ ) på stasjon 1 den 20. juni 1994.



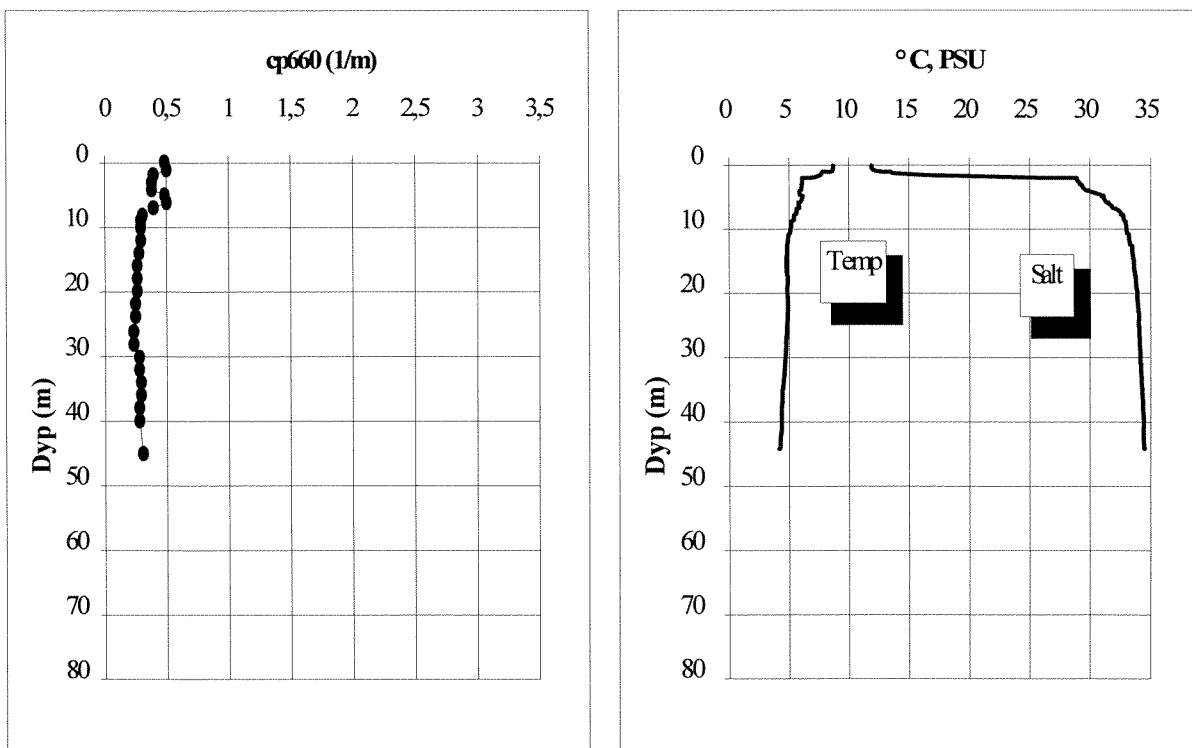
Figur.3 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten  $cp660$  ( $m^{-1}$ ) på stasjon 2 den 20. juni 1994.



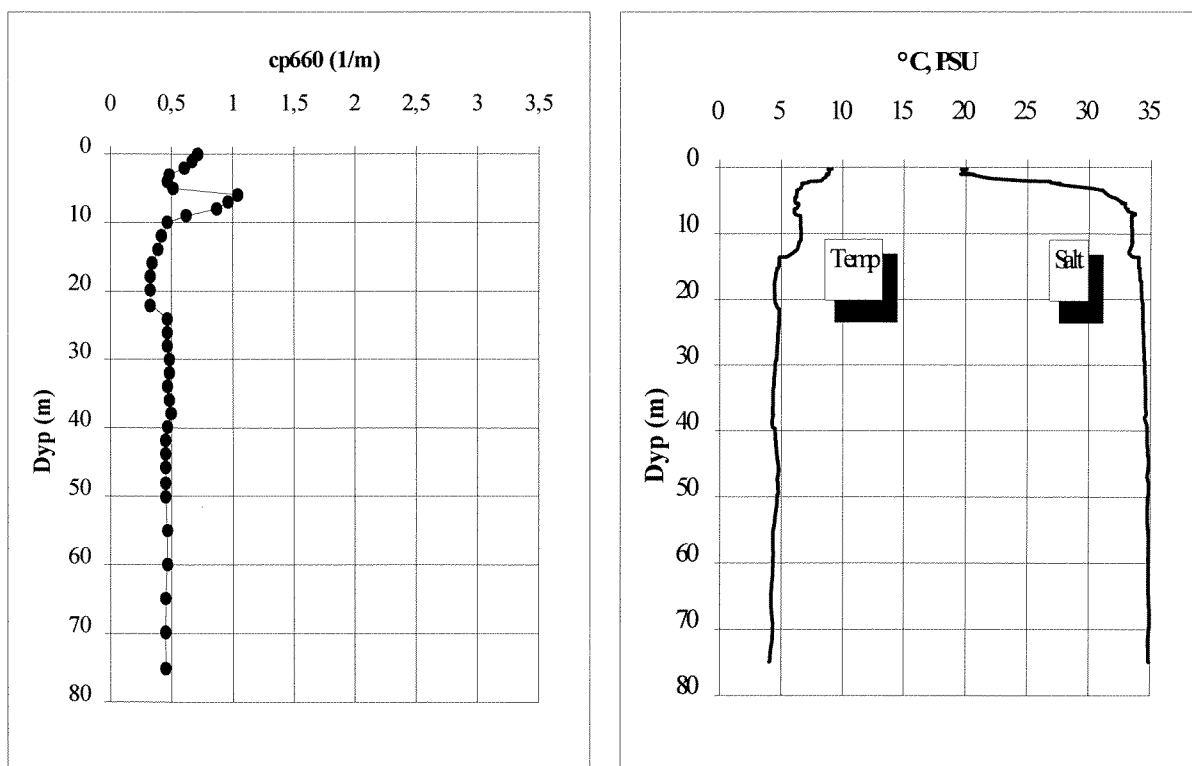
Figur.4 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten  $cp660$  ( $m^{-1}$ ) på stasjon 3 den 20. juni 1994.



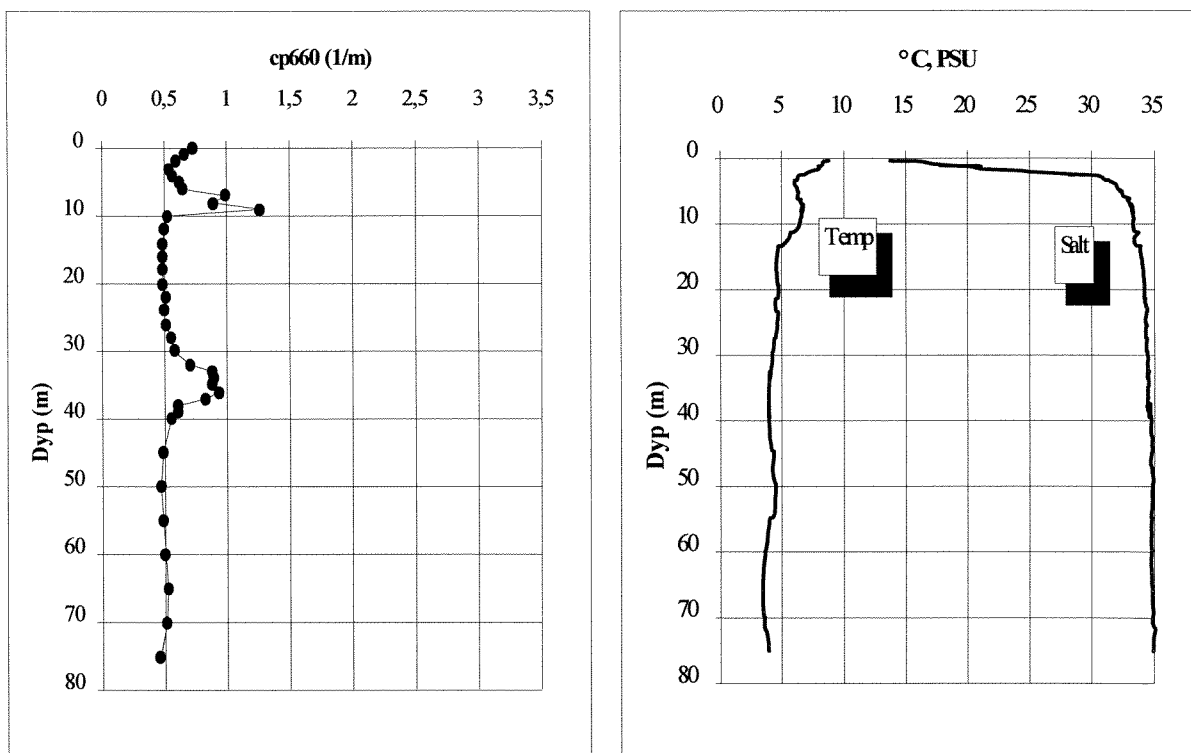
Figur.5 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten  $cp660$  ( $m^{-1}$ ) på stasjon 4 den 20. juni 1994.



Figur.6 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten  $cp660$  ( $m^{-1}$ ) på stasjon 5 den 20. juni 1994.



Figur.7 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten  $cp660$  ( $m^{-1}$ ) på stasjon 6 den 20. juni 1994.



Figur.8 Vertikalfordeling av temperatur (Temp., °C), saltholdighet (Salt., PSU) og partikler målt som svekningskoeffisienten cp660 (m<sup>-1</sup>) på stasjon 7 den 20. juni 1994.

På den innerste stasjonen i Bøkfjorden (st.1) var temperaturen ca. 7-8 °C i overflaten og 3-4 °C på 20-50 m dyp (fig.2). Omtrentlig på samtlige stasjoner ble det påvist et lite temperaturmaksimum på 5-10 m dyp (fig.2-8). I 1989 da målinger ble gjort en måned senere, var overflatetemperaturene 13-15 °C (Skei, 1990). Saltholdigheten i overflatevannet varierte fra ca. 12 PSU (tidligere ble enheten promille salt brukt) innerst i fjorden til ca. 20 PSU ved Reinøya (st.6 , Fig.1). Dette illustrerer påvirkningen av ferskvann i indre del av Bøkfjorden. Sprangsjiktet (dvs. overgangslaget mellom brakkvann og sjøvann) lå på ca. 3-4 m dyp i hele fjorden, med unntak av stasjonen i samløpet med Korsfjorden (st.6) hvor sprangsjiktet lå litt lavere. På ca. 40m dyp nærmet saltholdigheten seg 35 PSU. Det karakteristiske hydrografiske bildet er derfor et tynt brakkvannslag i Bøkfjorden med lite blanding mellom ferskvannet og sjøvannet. Også i 1989 ble det påvist et tynt brakkvannslag i Bøkfjorden.

#### 4.1.2. Transmisjon

Måling av vannets transmisjon (gjennomsjinnelighet) gir et indirekte mål for partikkelmengden i vannet. Dette kan registreres ved målinger av svekningskoeffisienten av lys med en bestemt bølgelengde. Målingene skjer med et selvregistrerende instrument som lagrer data automatisk. Instrumentet som ble brukt i 1994 er noe annerledes enn instrumentet som ble brukt i 1989, hvor transmisjon uttrykt som prosent svekning av lyset ble registrert. Omregning mellom transmisjon (T) og svekningskoeffisient (c) er gitt av ligningen :  $c = -1/L * \ln (T/100)$ , hvor L = lysvei. Dette instrumentet målte ved en annen bølgelengde og data kan ikke sammenlignes direkte.

Figur 2-8 viser svekningskoeffisienten i forskjellige vanddyb fra overflaten ned til maksimum 80 m dyp i området Kirkenes - Reinøy. På omtrent samtlige stasjoner ble det målt et lite maksimum

i svekningskoeffisient like under sprangsjiktet (5-6 m dyp). Det antas at dette skyldes tilstedeværelse av planktonalger.

Stasjon 1 ligger noen hundre meter nord for dypvannsutslippet til a.s. Sydvaranger og målingene av svekningskoeffisienten viser klart et partikkelmaksimum i 30 m dyp (fig.2). Det er verdt å merke seg at det er et skarpt sjikt med høyt partikkelinnhold. Partikkelmengden starter å øke ved 20m dyp og konsentrasjonene er høyest mellom 30 og 40 m dyp. I følge opplysninger fra bedriften ligger avgangsledningen på 22m dyp slik at disse målingene stemmer meget bra med at det er den vertikale utbredelsen av avgangspartikler som vi registrerer noen hundre meter fra utslippet. Et maksimum med partikler i 30 m dyp tyder på at partikkelskyen synker noe. I 1989 ble hovedtyngden av skyen registrert på 35 - 45 m dyp ca. 1250 m nord for utslippet (Skei, 1989). Partikkelfordelingen på st. 2 (fig.3) som ligger ca.1300 m nord for utslippet (litt innenfor Engelsmannsskjæret, Fig.1) viser at skyen nå er blitt mere homogen og at den gjenfinnes mellom 30 og 40 m dyp. På stasjon 3 og 4 (fig.4 og 5) ser vi også at partiklene stort sett er konsentrert mellom 30 og 40 m dyp, men at skyen forandrer noe form og blir noe tynnere. På stasjon 5 som ligger i Ropelvbukta ble det ikke registrert noen partikkelsky og det kan slås fast at avgangsmateriale ikke transporteres inn i dette området. Det stemmer også overens med målinger gjort i 1989 (Skei, 1990). på stasjon 7 derimot, som ligger nord for Tømmerneset (5.6 km fra utslippet) (fig.1) ble skyen registrert mellom 30 og 40 m dyp (fig.8). Utenfor Reinøy lykt, i samløpet med Korsfjorden (fig.1.) forsvant imidlertid sporene av partikkelskyen (fig.7). Det bør imidlertid påpekes at svekningskoeffisienten er noe høyere under 25 m dyp og at det nødvendigvis ikke er ensbetydende med at avgangspartikler ikke transporteres lenger enn ut til Reinøy.

I tillegg til å se på vertikalprofiler av svekningskoeffisienten kan vi også vurdere absolutte verdier som direkte korrelerer med partikkelmengde. Hvis vi tar utgangspunkt i maksimalverdier og avstand fra utslippet får vi følgende :

Avstand (km)	0.35	1.25	3.0	4.6	5.6	6.6
cp660(m <sup>-1</sup> )	3.1	2.4	1.8	1.2	0.9	0.5

Av dette fremgår at partikkelskyen gradvis mister sin identitet med økende avstand fra utslippet. På den ytterste stasjonen er svekningskoeffisienten 0.5. Til sammenligning er svekningskoeffisienten under spangsjiktet ca. 0.25. Hvis vi antar at dette er representativt for vann som ikke er påvirket av gruveavgang ser vi at gruveavgang tilsynelatende transporteres lengre enn ut til Reinøy, men at signalet fra partikkelskyen forsvinner i området hvor vann fra Korsfjorden og Bøkfjorden blandes.

#### 4.1.3. Partikkelmengde

I tillegg til å måle svekningskoeffisienter, som er et indirekte mål for partikkelmengde, ble det også gjort noen gravimetrisk målinger av mengde partikler i vann med høy svekningskoeffisient. Resultatene er gjengitt i Vedlegg.

Endringer i mengde partikulært materiale (mg/l) med økende avstand fra utslippet er vist nedenfor.

Avstand (km)	0.35	1.25	3.0	4.6	5.6	6.6
mg/l	4.3	2.4	1.9	1.9	1.3	0.7

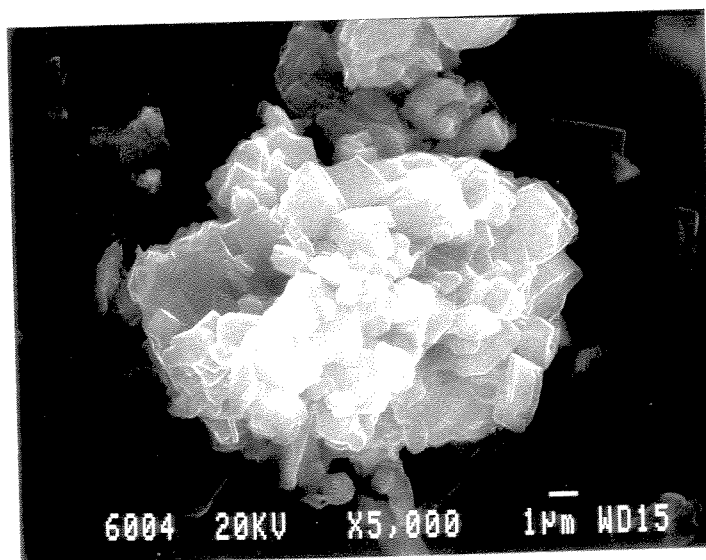
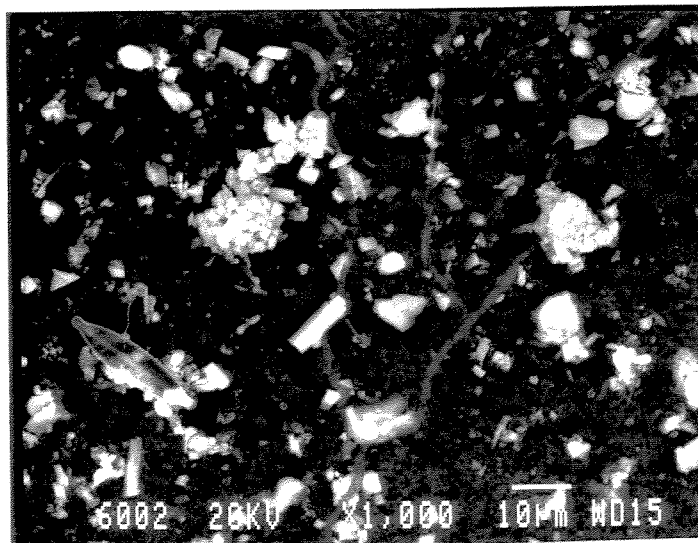
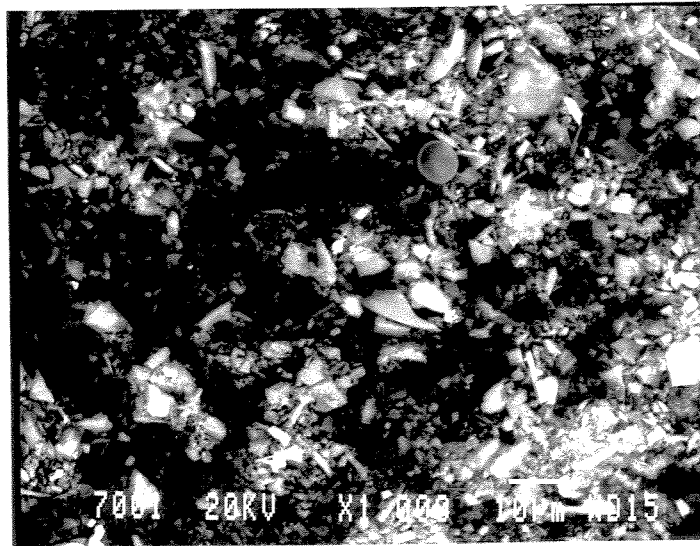
Ved hjelp av to uavhengige metoder ser vi stort sett samme trend, med avtagende konsentrasjoner utover fjorden. Det ble også gjort måling på tilsvarende dyp på stasjonen i Ropelvbukta (fig.1) og her ble det målt 0.4 mg/l suspendert partikulært materiale. Dette tyder på at det er noe forhøyede nivåer av partikler i vannmassen selv på ytterste stasjon ved Reinøy. Imidlertid er det en betydelig gradient i partikkelmengder over en strekning på 6-7 km, noe som tyder på effektiv sedimentering. Det bør påpekes at de daglige utslipp av gruveavgang varierer kraftig og at bilde kan skifte fra dag til dag. Som eksempel kan nevnes at bedriften oppgir et utslipp i perioden 15.06 - 22.06 1994 som varierer mellom 0 og 8730 tonn pr.dag (vannprøvene ble tatt 20.06, samme dag som bedriften ikke hadde utslipp av gruveavgang til Bøkfjorden). Til sammenligning ble det sluppet ut mellom 1613 og 9300 tonn avgang pr.dag i dagene før toktet i juni 1989 (Skei, 1990). I 1989 ble det sluppet ut på et vanlig driftsdøgn 8600 tonn avgang.

#### 4.1.4. Scanning elektron mikroskopi

Utvalgte membranfiltre med partikulært materiale ble analysert med scanning elektron mikroskopi (SEM) og enegidispersiv røntgen for å se på partiklenes form, størrelse og sammensetning. Det samme ble også gjort i 1989 og da ble det funnet relativt små skarpkantede partikler som i hovedsak bestod av kvarts og aggregater av jernholdige partikler (Skei, 1990). Dette ble vurdert å være typiske avgangspartikler. Mikroskopieringen av 1994-materialet ble konsentrert om prøver fra de ytterste to stasjonene (st. 6 og 7) og fra vandyp hvor man hadde mistanke var influert av avgangspartikler.

Fig. 9 viser SEM-bilder fra stasjon 6 og 7, fra henholdsvis 38 og 36 m dyp. Begge prøvene viser typiske avgangspartikler (skarpkantede/lite erodert). Partiklene varierer mye i størrelse fra ca. 1  $\mu\text{m}$  og opp til mere enn 10  $\mu\text{m}$ . Det bør også bemerkes at mange partikler opptrer som større aggregater som består av kalium, silisium, magnesium og jern (nederste bildet). Det er også innslag av plankton (diatomèer). Mikroskopieringen bekrefter analysene av svekningskoeffisienter at avgangspartikler dominerer i det partikulære materialet på 38 m dyp, selv 6.6 km fra utslippet og at dette indikerer at avgangspartikler trolig transporteres lenger ut i Bøkfjorden, selv om det ikke lenger er mulig å følge partikkelskyen.





**Figur 9.** SEM- fotografier av partikulært materiale fra Bøkfjorden.  
Øverst : st. 7, 36 m, i midten : st.6, 38 m og nederst : st.6, 38 m (partikkelaggregat)

## 4.2. Sedimentundersøkelser

Plassering av sedimentstasjoner er vist på fig.1. og rådata befinner seg i Vedlegg.

En undersøkelse av bunnsedimentenes beskaffenhet og sammensetning gir et bilde av hvor stort område som er påvirket av utslipp av gruveavgang fra a.s. Sydvaranger. Ved undersøkelsen i 1988 (Skei og Rygg, 1989) ble det påvist gruveavgang i sedimentene ut til Reinøy, basert på sedimentenes innhold av organisk materiale og tildels jern-innholdet.

### 4.2.1. Visuell beskrivelse av bunnsedimentene

Sedimentprøvene ble fortløpende beskrevet i log-bok med hensyn til utseende, konsistens, kornstørrelse (grov bedømmelse) og eventuelt innsalg av dyr. Tabell 1 gjengir den visuelle beskrivelsen av sedimentene på 13 stasjoner.

Tabell 1. Visuell beskrivelse av sedimentene (kjerner og grabbprøver).

Stasjon	Posisjon	Vanddyb (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
KS5	69.45.149N 30.05.189Ø	122	grabb	Siltig materiale/preget av gruveavgang
KS6	69.45.766N 30.05.584Ø	145	grabb	Gruveavgang
KS9	(GPS ute av drift)	57 /55	4.5/14	Hardt siltig sediment
KS10	69.46.677N 30.05.100Ø	204	grabb	Ren gruveavgang
KS13	69.47.561N 30.05.279Ø	156/164	17/20	Normalt utseende sediment.
KS14	69.47.784N 30.02.738Ø	195/198	grabb	Tynt overflatelag med gråbrun, siltig leire. Noe hard leire nederst.
KS15	69.47.536N 30.05.647Ø	212	grabb	Steinhard leire.
KS16	69.48.265N 30.06.207Ø	222/224	grabb	Lys-grå leire, brunt topplag. Avgangspåvirket.
KS17	69.48.965N 30.06.207Ø	221/226	16	Brunt topplag, løs, grå leire. Hard nederst.
KS18	69.49.676N 30.07.738Ø	234/245	grabb	Løs, siltig , gråbrun leire.
KS19	69.50.868N 30.06.235Ø	260/264	15	Olivenfarget løs, siltig leire over hard leire. Noe stein.
KS20	69.51.851N 30.07.650Ø	263/268	15	Som KS19.
KS21	69.54.710N 30.09.741Ø	320/380	7	Løs siltig leire over hard leire.

Karakteristisk for disse sedimentene er at med unntak i områder sterkt påvirket av gruveavgang er sedimentene hardpakkede og vanskelig å prøveta med kjerneprøvetaker. På samme måte som i 1988 kunne man visuelt observere gruveavgang ut til Reinøy (st.KS16).

#### 4.2.2. Sedimentenes kornstørrelse

Sedimentets kornstørrelse sier noe om sedimentets beskaffenhet og opphav. Gruveavgangen har et høyt innhold av finmateriale ( $50\% < 44 \mu\text{m}$ ). Dette medfører at den groveste fraksjonen (sand) sedimenterer i det utslippsnære området og at finfraksjonen (silt/leire) transporteres langt. Sammenlignet med kornfordelingsanalyser utført i 1988 er det store avvik. Dette kan skyldes metodiske problemer. Tørresikting av denne typer prøver er lite velegnet fordi små avgangspartikler i leirefraksjonen kitter seg sammen til større aggregater som ikke blir registrert i fraksjonen  $< 63 \mu\text{m}$ . Av den grunn blir andelen av finpartikulært materiale underestimert.

Det ble gjort både tørresikting av prøvene for å bestemme mengde finere enn  $< 63 \mu\text{m}$  og måling med sedigraf for ytterligere å bestemme kornfordelingen på fraksjonen  $< 70 \mu\text{m}$ .

Sikteanalysene viser tildels store avvik i forhold til prøver tatt i 1988 på samme sted. Det er vanskelig å vurdere om dette er et resultat av metodiske problemer eller om det er reelle forandringer. Man har derfor valgt å se bort fra sikteresultatene og heller se på kornfordeling basert på sedigraf. Et utvalg av disse resultatene befinner seg i Vedlegg. I tillegg til grafisk framstilling (kumulativ prosent) er det beregnet median diameter (dvs. 50% finere enn denne verdien) på partiklene i prøvene.

Fig.10 viser kornfordelingen på prøvene nærmest utslippet (stasjon KS5). Sedimentene var her sterkt preget av gruveavgang (tabell 1) og kornfordelingen regnes å gi et godt bilde av avgangen. Mediandiameteren på partiklene var her  $18.7 \mu\text{m}$ . De groveste fraksjonene er ganske sikkert sedimentert nærmere utslippet.

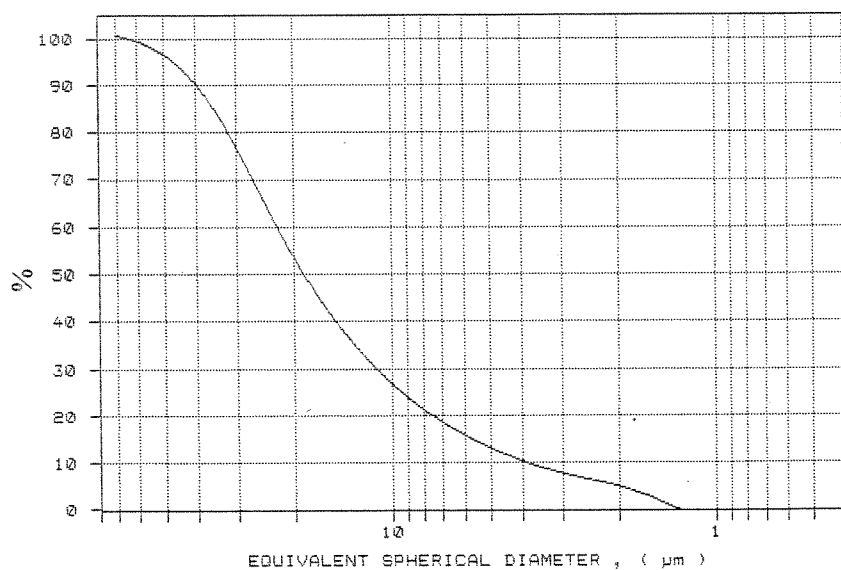


Fig.10. Kornfordelingen av overflatesedimentene ( $< 70 \mu\text{m}$ ) på stasjon KS5 i Bøkfjorden.

På stasjon KS 6 som ligger noe lengere ute i Bøkfjorden (fig.1.) var mediandiameteren 23.1  $\mu\text{m}$ , dvs. sedimentet er noe grovere, men selve kornfordelingen er nokså lik. Overflatesedimentene i i sundet mellom Reinøya og Tømmerneset (KS10, fig.1) viste en noe annerledes kornfordeling (fig.11). Dette er en stasjon som har relativt grove sedimenter med en medianverdi på 47  $\mu\text{m}$  (erosjon).

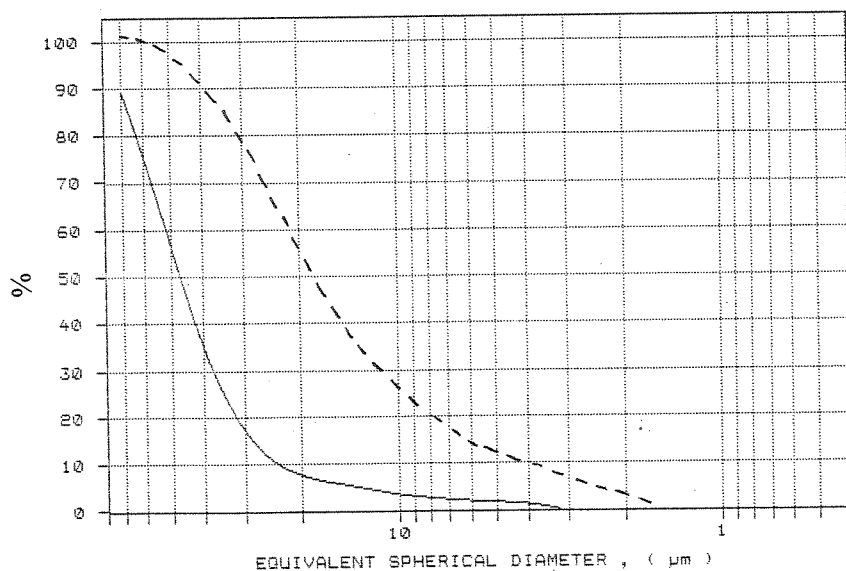


Fig.11. Kornfordelingen av overflatesedimentene (< 70  $\mu\text{m}$ ) på stasjon KS10 i sundet mellom Reinøy og Tømmerneset. Tilsvarende kornfordeling på st.KS5 er stiplet på samme figur for sammenligningens skyld.

Sedimentene på stasjon KS10 var betydelig grovere med en mediandiameter på 39.4  $\mu\text{m}$  i overflaten. Det er tydeligvis en del erosjon i dette sundet mellom Reinøy og fastlandet. På stasjon KS15, vest for Reinøy (fig.1.), er sedimentene betydelig finere med en mediandiameter på 22.9  $\mu\text{m}$  i 0-1 cm dyp og 21.9  $\mu\text{m}$  i 1-2 cm dyp. En grabbprøve fra samme stasjon viste en mediandiameter på 19.3  $\mu\text{m}$  i de øvre 2 cm. dette viser rimelig god overenstemmelse tatt i betraktning at det er to forskjellige prøveredskaper. Sedimentene var også svært finkornige på stasjon KS17 og 18, med henholdsvis mediandiametre på 13.9  $\mu\text{m}$  og 15.9  $\mu\text{m}$ . På stasjon KS 19 ble det målt en mediandiameter på 10.9  $\mu\text{m}$  og på stasjon KS 20, ute ved Kjelmøy (fig.1), 12.0  $\mu\text{m}$ . Det samme ble også målt på den ytterste stasjonen.

Hovedinntrykket er at sedimentene i Bøkfjorden er generelt finkornige og at en del av forklaringen er at de er influert av gruveavgang. I store deler av Bøkfjorden inneholder overflatesedimentene mere enn 50% som er finere enn 20  $\mu\text{m}$ . På stasjonen nærmest utslippet er sedimentene litt grovere enn lenger ute i fjorden. Dette skyldes trolig sedimentering av den groveste fraksjonen av avgangen i det innerste området.

### 4.2.3. Organisk innhold

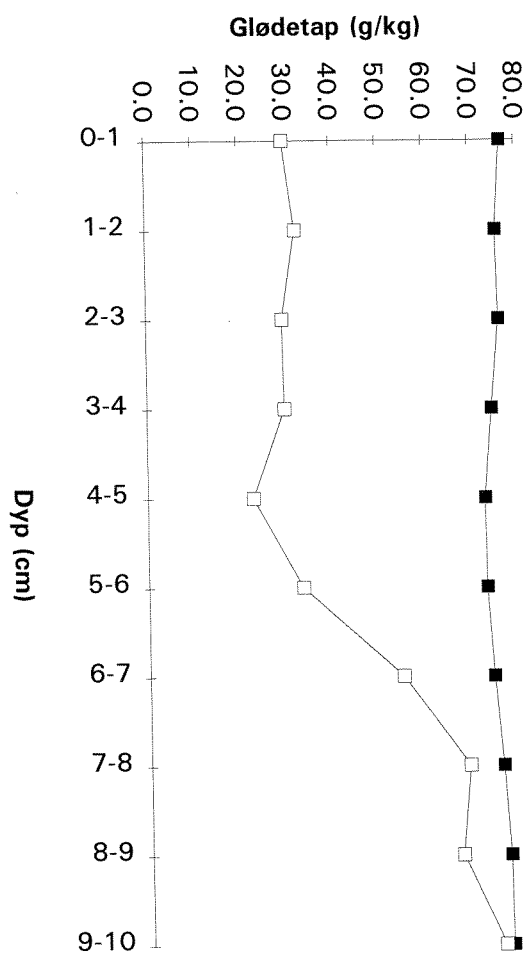
Sedimentenes innhold av organisk materiale er et viktig parameter med hensyn til å kartlegge utbredelsen av avgangspåvirket sediment. Avgangen inneholder nesten ikke organisk materiale, mens normale marine fjordsedimenter inneholder ofte 3-5 % organisk materiale (uttrykt som glødetap), eller 1-3 % organisk karbon.

På den innerste stasjonen (KS5) ble det i 1988 målt ca. 0.3% glødetap, mens i 1994 ble det målt 1.6% glødetap. Det er sannsynligvis store lokale variasjoner i dette området, noe som er reflektert i forskjell på kornstørrelse mellom disse prøvene. Konsentrasjonen av organisk materiale på stasjoner fra Hælen (fig.1.) og utover til Varangerfjorden i de øver 2 cm av sedimentet, samt enkelte analyser av organisk karbon, viser følgende :

Stasjon	KS5	KS6	KS10	KS15	KS16	KS17	KS18	KS19	KS20	KS21
Gl.tap (%)	1.6	1.5	0.7	1.9	1.9	3.1	-	5.8	3.9	6.8
TOC (%)	-	-	-	-	0.17	0.37	0.45	1.13	0.99	2.06

Disse resultatene viser at man må helt ut i Varangerfjorden (stasjon KS21) for å finne nivåer av organisk karbon som overskrider 2% (eller 6.8% glødetap). Stasjon KS13 og 14 som ligger i munningsområdet til Korsfjorden viser nivåer av glødetap på henholdsvis 7.6 og 7.1%. Dette må betraktes som normale nivåer for dette fjordområdet og antyder at hele Bøkfjorden er påvirket av gruveavgang.

Den vertikale fordelingen av organisk materiale viser små forskjeller i de øvre 5 cm i sedimentene fra det området av Bøkfjorden som er sterkest påvirket av gruveavgang. Dette tyder på at det er liten endring i belastning på sedimentene i de senere årene. På stasjon KS13 (Korsfjorden) og stasjon KS 17 (nord for Reinøy i Bøkfjorden) ble det gjort analyser i de øvre 10 cm av kjernene. Sedimentene i Korsfjorden som ikke er påvirket av gruveavgang, viste nesten ingen variasjon i de øvre 10 cm ( 7.3 - 7.8 %, Fig. 12). Sedimentkjernen fra Bøkfjorden viste konsentrasjoner på 7.7 % ved 9-10 cm dyp, mens nær overflaten ble det målt ca. 3 % glødetap (Fig. 12). Dette illustrerer hvordan utslippet fra A.S. Sydvaranger påvirker sedimentene i Bøkfjorden. Sammenlignet med undersøkelsene i 1988 er det noen endringer, men det kan like gjerne skyldes en flekkvis fordeling av gruveavgang i indre deler av Bøkfjorden som følge av ujevn topografi. Trenden er den samme som i 1988 med meget lavt innhold av organisk materiale i sedimentene innenfor Reinøy. Ved Kjelmsøy ble det i 1988 målt ca. 4 % organisk materiale i overflatesedimentene. I 1994 ble det på de samme lokalitetene (st. 19 og 20) målt 5.8 og 3.7 %. Dette innebærer at det er lite som tyder på at sedimenteringen av gruveavgang har økt i dette området siden 1988.



**Figur 12.** Organisk materiale i en sedimentkerne fra Korsfjorden (KS13) og fra Bøkfjorden (KS17). (■ = KS13, □ = KS17)

#### 4.2.4. Metallinnhold

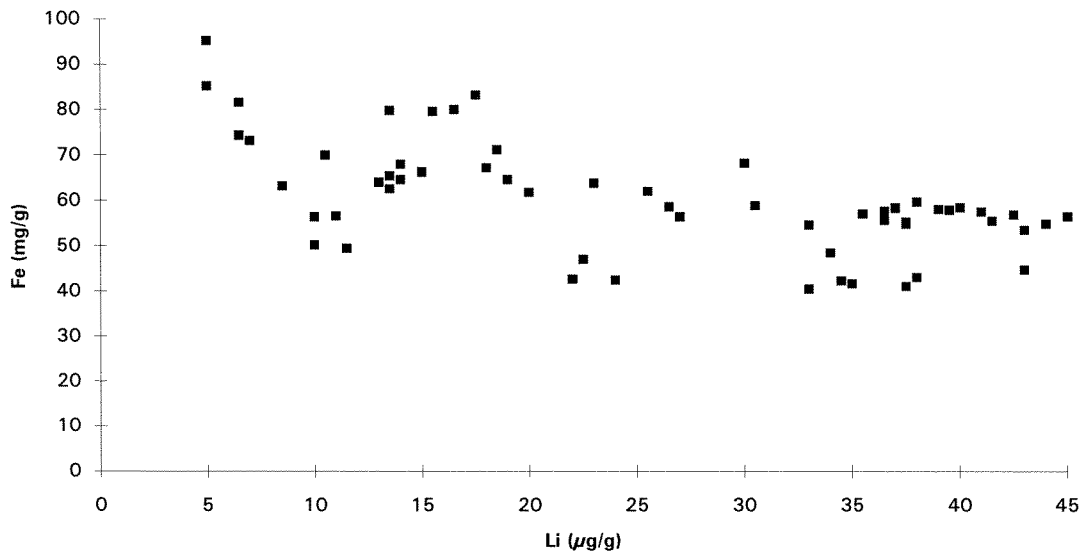
Gruveavgangen fra A/S Sydvaranger inneholder lave konsentrasjoner av tungmetaller (Skei og Rygg, 1989). Eventuelt forhøyede nivåer må antas å skyldes i vesentlig andre kilder. De fleste havneområder er vanligvis forurenset av tungmetaller som følge av skipstrafikk og småindustri. I Kirkenes havn er det i tillegg en betydelig verftsvirksomhet med dokk-setting av båter, sandblåsning av skrog og bruk av skipsmaling. Periodevis foregår mudringsaktivitet i havneområdet og i 1994 ble det mudret 20- 30.000 m<sup>3</sup> masse som ble dumpet på ca. 90 m dyp, like vest for Sabelholmen (fig.1) ca. 1 km nord for Kirkenes. Det er ikke kjent hva disse muddermassene inneholdt av miljøgifter.

Sedimentprøvetakingen i 1994 ble konsentrert om området nord for Hælen (fig.1.) i og med at man antok at de innerste området av Bøkfjorden er totalt dominert av gruveavgang. Det gjøres oppmerksom på at det er skjedd metodiske forandringer siden 1988 i og med at man nå totalopplutter prøvene med fluss-syre. I 1988 ble salpetersyre brukt og dette løser ut kun en del av metallene.

##### *Jern.*

I 1988 ble det målt høyere nivåer av salpetersyre-løslig jern ytterst i fjorden enn innerst (Skei og Rygg, 1989). Dette skulle tyde på at gruveavgangen inneholder forholdsvis lite jern som kan løses i salpetersyre. I gruveavgangen vil jern være til stede i hematitt eller magnetitt i hovedsak. I 1994 ble det målt konsentrasjoner av totalt jern mellom 4 - 9.5 %. Dette er høye konsentrasjoner sammenlignet med nivåer i normale fjordsedimenter. Konsentrasjonene er ikke høyest nærmest utslippet. Dette henger sammen med at nærmest utslippet sedimenterer den grovste delen av avgangen som inneholder mye kvarts. Jernet er i første rekke knyttet til små partikler som transporteres langt. Høye konsentrasjoner ble målt på stasjon 10, 16 og 17 som ligger i de sentrale deler av Bøkfjorden. Men også på stasjon 19 og 20 som ligger ved Kjelmøy ble det påvist konsentrasjoner i området 5.5.-6-5 % total jern. På den ytterste stasjonen (st.21) ble det målt ca. 4 % jern noe som tilsvare nivåene i Ropelv-bukta, som ansees å være nesten upåvirket av gruveavgang. Sedimentene i Korsfjorden (st.13 og 14) inneholdt ca. 5.5% jern. Disse sedimentene er svært finkornige og det er derfor nødvendig å normalisere data for å kunne sammenligne sedimenter med forskjellig kornstørrelse og for å kunne skille forurensete og uforurensete sedimenter. Den beste måten å normalisere data på er å se på forholdet til litium. Dette er et metall som viser en liniær sammenheng med kornstørrelse (Loring, 1992). Hvis det er en liniær sammenheng mellom et metall og litium er det grunn til å anta at metallet er tilstede i normale konsentrasjoner og at variasjonene skyldes forskjeller i kornstørrelse og mineralogi.

Fig.13 viser sammenhengen mellom jern og litium. Det fremgår at det ikke eksisterer et liniært forhold mellom jern og litium. Årsaken er at jern er et forureningsselement i denne sammenhengen og at sedimentets innhold av jern ikke er avhengig av sedimentets kornstørrelse, men av sedimentering av gruveavgang som inneholder jern.

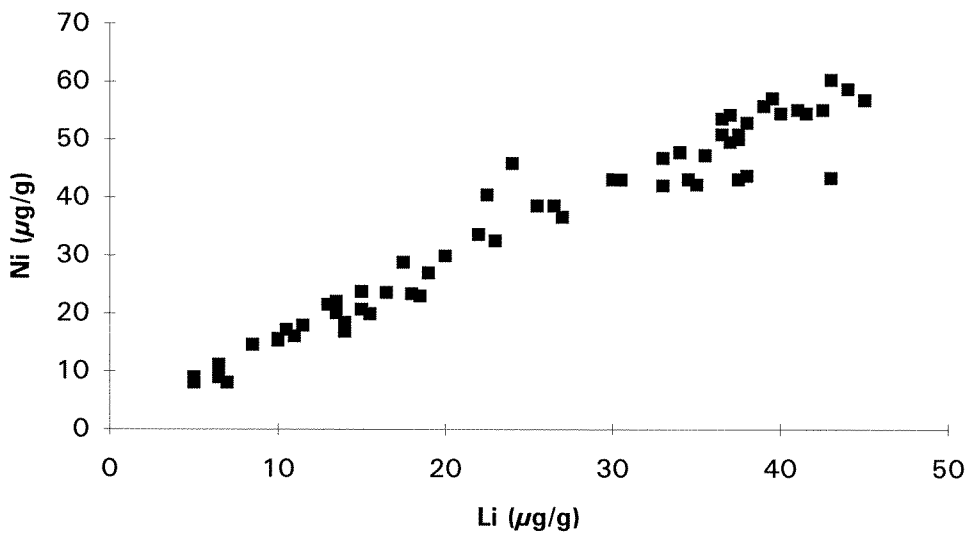


**Figur 13.** Sammenhengen mellom jern og litium i sedimenter fra Bøkfjorden, 1994.

Det ble også gjort noen målinger av jern i sedimenter oppløst med salpetersyre. Disse viser at mindre enn 50% av mengden jern i sedimentet løses med salpetersyre.

#### *Nikkel.*

Konsentrasjonene av total nikkel varierte mellom 8 og 47 µg/g i sedimentene. Selv om det er en variasjon med en faktor på 6 er denne variasjonen naturlig og som følge av kornstørrelse (fig. 14).



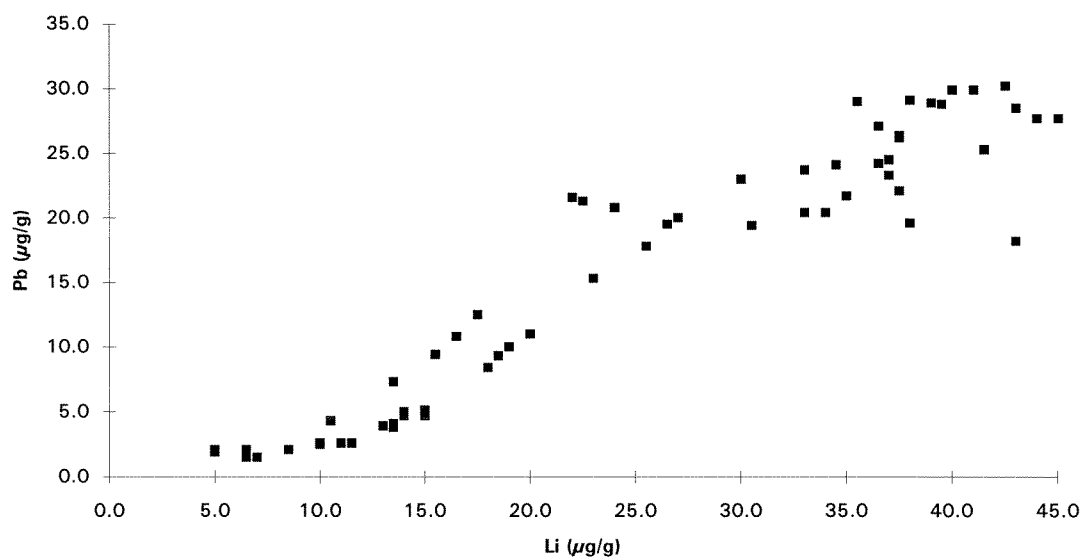
**Figur 14.** Sammenhengen mellom nikkel og litium i sedimentene fra Bøkfjorden, 1994.



Figuren viser at det er en meget god sammenheng mellom disse elementene og at nikkel er tilstede i naturlige konsentrasjoner. Det ble også analysert et fåtall prøver etter oppslutning med salpetersyre (se vedlegg). Av dette framgår at ca. 50 % av mengden nikkel tilstede utløses ved salpetersyre-oppslutning og at verdiene målt i 1988 derfor var halvparten så høye som totalverdiene.

#### Bly.

Konsentrasjonene av bly varierte mellom 1.5 og 30  $\mu\text{g/g}$ . De laveste konsentrasjonene ble målt i prøver som har høyt innhold av gruveavgang, slik at atypiske blyverdier kan indikere innslag av gruveavgang. Konsentrasjoner lavere enn 10  $\mu\text{g/g}$  må betraktes som unaturlig lavt og slike verdier fremkommer på stasjon 5, 6, 10, 15, 16 og 17. Dette stemmer godt overens med tidligere vurdering av influensområdet størrelse. Gruveavgangen har også tilsynelatende lavt litiuminnhold, slik at det er en rimelig god korrelasjon mellom litium og bly (fig.15).



**Figur 15.** Sammenhengen mellom litium og bly i sedimentprøver fra Bøkfjorden, 1994.

#### 4.2.5. Aldersdatering av sedimenter

Det ble besuttet å datere to kjerner fra området ved hjelp av bly-210-bestemmelser. Metoden egner seg til å datere sedimenter som er avsatt de siste 120 år for å kunne beregne sedimentakkumulasjonen. Metoden krever at man får tatt rimelig lange kjerner for å komme ned i bakgrunnsnivå for bly-210 (supported Pb-210). Sedimentets beskaffenhet i Bøkfjorden tillater ikke dette og i stedet valgte man en kjerne fra Ropelv-bukta (st.9) og en fra Korsfjorden (st.13). Dette vil hvertfall gi et innblikk i den naturlige sedimentasjonsraten og som ville være nyttig å kjenne for å kunne vurderer rehabilitering av bunnen etter at utslippet av gruveavgang opphører.

Ved konstant sedimentasjonsrate bør sammenhengen mellom konsentrasjonen av bly-210 som funksjon av massedybden være liniær. Hvis det er tilfelle kan vi fastslå at det finnes en god sammenheng mellom sedimentets dybde og alder og at sedimentet er relativt uforstyrret.

Resultatene av dateringene viser at på stasjonen i Ropelvbukta (KS9) er sedimenttilveksten 2.2 mm/år. Det innebærer at det øverste sedimentsjiktet på 1 cm representerer i underkant av 5 års sedimentering. På stasjon KS13 i utløpet av Korsfjorden ble sedimenttilveksten målt til 2.1 mm/år eller omtrent det samme som i Ropelvbukta. Det bør imidlertid bemerkes at stor forskjell i vanninnhold i sedimentet på disse to lokalitetene gjør at mengde sediment som avsettes pr. år ( $\text{g/m}^2/\text{år}$ ) er dobbelt så høy i Ropelvbukta som i Korsfjorden (henholdsvis  $2652 \pm 442 \text{ g/m}^2/\text{år}$  og  $1093 \pm 120 \text{ g/m}^2/\text{år}$  tørt sediment).

### 4.3. Bløtbunnsfauna

#### *Sedimentparametre*

Tabell 2 viser verdiene for sedimentets finhet (som % partikler  $< 63\mu\text{m}$  som gjennomsnitt av tre paralleller), og innhold av totalt organisk karbon og nitrogen. Det tas forbehold om kvaliteteten på sikteanalysene (se kap 4.2.2). Forholdstallet mellom organisk karbon og nitrogen er også vist.

Tabell 2. Sedimentets finhet og innhold av organisk karbon og nitrogen (i.a. = ikke analysert)

Stasjon	% $<63\mu\text{m}$ diam. ( $\mu\text{m}$ )	median mg/g TOC	mg/g TN	TOC/TN	
KS14	7.4	i.a.	15.5	2.3	6.7
KS16	57.3	17.6	1.7		
KS17	43.0	15.4	3.7		
KS18	36.0	15.9	4.5		
KS19	17.2	10.9	11.3	1.6	7.1
KS20	40.3	12.0	9.9	1.6	6.2
KS21	20.7	12.2	20.6	3.1	6.6

#### *Fauna*

Undersøkelsen i 1988 (Skei og Rygg 1989) viste at bunndyrsamfunnet på de mest avgangspregete stasjonene innerst i Bøkfjorden var moderat påvirket. Artsmangfoldet var noe lavere enn ellers i undersøkelsesområdet. Nord for Reinøy kunne det ikke påvises noen påvirkning.

Ved undersøkelsene i 1994 ble det ikke tatt bløtbunnsfaunaprøver i den indre del av Bøkfjorden, men fra Reinøy og utover. Prøvene viste høye individtall og artstall. Forekomsten av de vanligste artene er vist i Tabell 3. Fullstendig liste over alle artene og deres individtall er vist i Vedleggstabell I.

Tabell 3. Individtall av de 30 vanligste artene (n>50), rangert etter individtall på den ytterste stasjonen (KS21). Arter som var vanlige i Bøkfjorden (KS14-20), men ikke utenfor Bøkfjorden (KS21), eller omvendt, er angitt med **fete** tall.

GRUPPE	ART	KS1	KS1	KS1	KS1	KS1	KS2	KS2
		4	6	7	8	9	0	1
POLYCHAETA	<i>Maldane sarsi</i> Malmgren 1865	41	51	63	58	216	46	283
BIVALVIA	<i>Thyasira pygmaea</i> (Verrill & Bush)	52	314	131	223	198	123	190
POLYCHAETA	<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube 1860	16	67	8	19	38	27	148
POLYCHAETA	<i>Tharyx</i> sp	1	1	3		7	2	<b>107</b>
POLYCHAETA	<i>Myriochele</i> sp	47	206	85	152	66	46	96
BIVALVIA	<i>Yoldiella fraterna</i> Verrill & Bush	51	153	92	112	132	90	75
POLYCHAETA	<i>Asychis biceps</i> (M.Sars 1861)	2	1	1	2	16	15	<b>68</b>
POLYCHAETA	<i>Lumbrineris</i> sp	79	259	178	139	148	133	47
SIPUNCULIDA	<i>Golfingia</i> sp	15	5	19	33	72	36	43
POLYCHAETA	Euclymeninae indet	77	148	173	122	164	112	42
BIVALVIA	<i>Thyasira cf. equalis</i> (Verrill & Bush)	27	151	56	39	47	53	38
POLYCHAETA	<i>Aglaophamus malmgreni</i> Theel 1879	16	13	14	16	26	20	34
POLYCHAETA	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F.Mueller 1776)	44	79	57	36	32	82	31
POLYCHAETA	<i>Melythasides laubieri</i> Desbruyeres 1978	24	16	18	24	15	8	23
NEMERTINEA	Nemertinea indet	5	24	13	17	26	11	17
BIVALVIA	<i>Yoldiella lucida</i> (Loven 1846)	4	27	21	19	26	3	16
POLYCHAETA	<i>Caulleriella</i> sp	2	2	11	10	4	12	15
OPHIUROIDEA	<i>Ophiura</i> sp		16	14	30	38	5	11
BIVALVIA	<i>Yoldiella cf. lenticula</i> (Mueller 1842)	20	252	141	133	57	78	8
POLYCHAETA	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	9	4	14	10	14	12	8
POLYCHAETA	<i>Terebellides stroemi</i> M.Sars 1835	12	2	12	6	10	15	5
POLYCHAETA	<i>Laphania boeckii</i> Malmgren 1866	<b>35</b>	<b>179</b>	<b>243</b>	<b>169</b>	<b>236</b>	<b>172</b>	4
POLYCHAETA	<i>Prionospio cirrifera</i> Wiren 1883	2	44	38	17	7	15	4
POLYCHAETA	<i>Proclea malmgreni</i>	26	19	95	27	8	21	2
CAUDOFOVEATA	<i>Caudofoveata</i> indet	13	5	8	7	52	27	2
A								
POLYCHAETA	<i>Polycirrus arcticus</i> Sars 1865	16	36	35	13		1	2
POLYCHAETA	<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict	1	12	38	11	6	10	2
POLYCHAETA	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	<b>56</b>	<b>77</b>	<b>96</b>	<b>76</b>	<b>72</b>	<b>180</b>	1
BIVALVIA	<i>Dacrydium vitreum</i> (Holboell)	10	50	43	27	12	34	
CUMACEA	<i>Eudorella emarginata</i> Kroeyer	6	15	13	15	12	22	

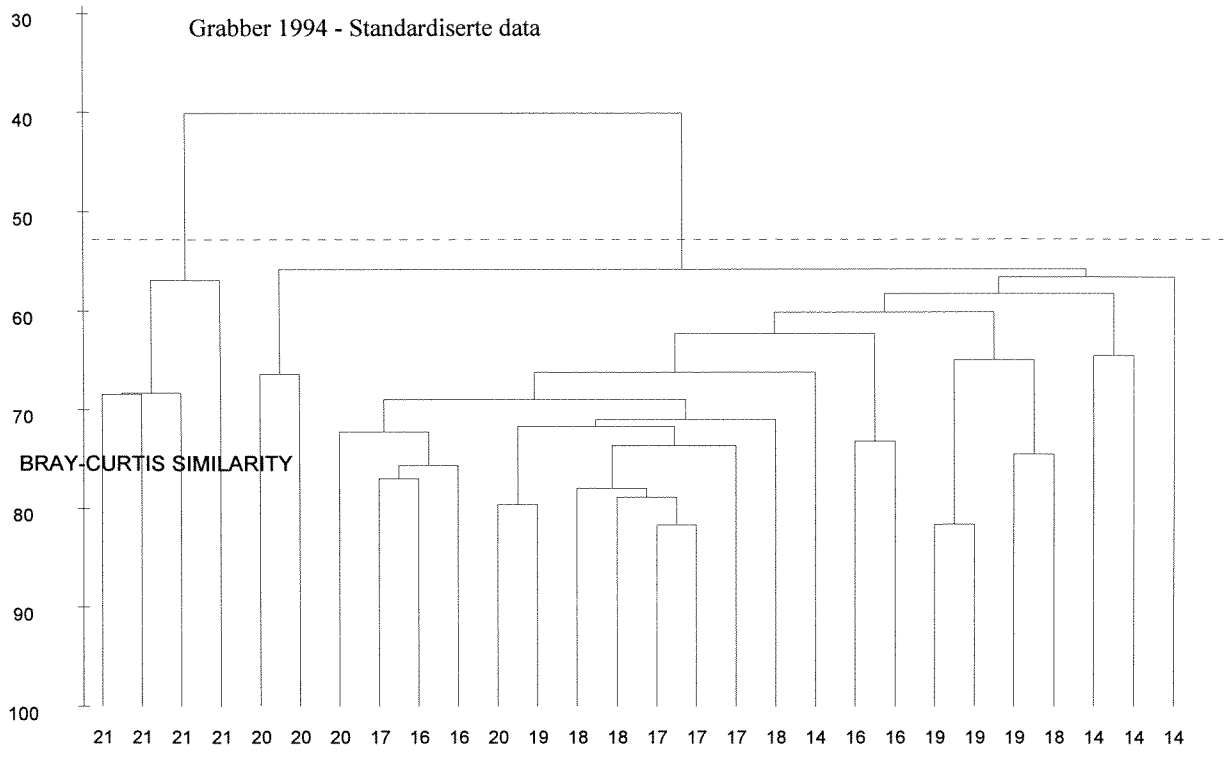
Vanlige arter både inne i Bøkfjorden og på stasjonen utenfor var børstemarkene *Lumbrineris* sp, *Euclymeninae* indet, *Maldane sarsi*, *Myriochele* sp og *Scoloplos armiger* og muslingene *Thyasira pygmaea*, *Thyasira cf. equalis* og *Yoldiella fraterna*. Børstemarkene *Laphania boeckii* og *Chaetozone setosa*, som var vanlige på stasjonene i Bøkfjorden, fantes nesten ikke på stasjonen utenfor. En av de vanligste muslingene i Bøkfjorden, *Yoldiella cf. lenticula*, var svært

fåtallig på stasjonen utenfor. En nokså vanlig musling i Bøkfjorden, *Dacrydium vitreum*, manglet helt på stasjonen utenfor. Noen arter som var blant de vanligste på stasjonen utenfor Bøkfjorden, var sjeldne på stasjonene i Bøkfjorden. Dette gjaldt spesielt børstemarkene *Tharyx* spp og *Asychis biceps*.

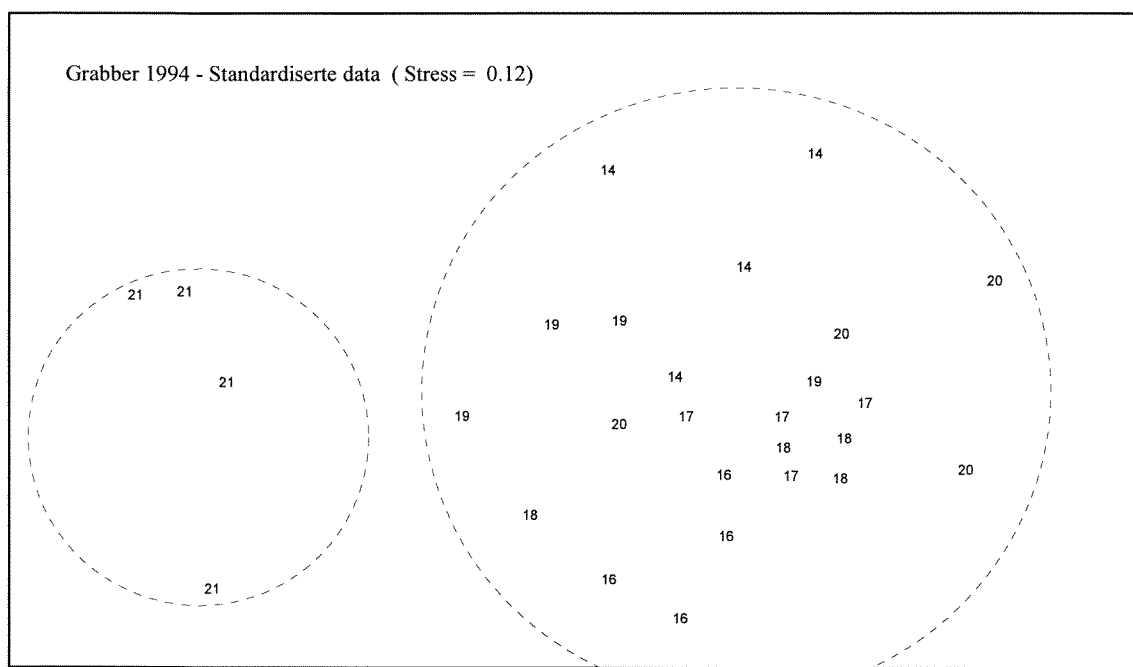
### *Likhetsanalyser*

Det er gjort en analyse av graden av likhet (Bray-Curtis similarity) i faunaen mellom prøvene. Dendrogrammet viser grupperinger av innbyrdes like prøver (Figur 16). Her representeres prøvene ved loddrette linjer som forbindes vannrett på et nivå som tilsvarer likhetsgraden. Prøvene forbindes i et hierarkisk mønster etter avtakende likhet. Grupperingen starter ved å finne de to prøvene som har størst likhet, og plassere disse nederst i dendrogrammet. Disse betraktes så som én prøve, og grupperingen fortsetter inntil alle prøver og grupper av prøver er forbundet. Skalaen på den loddrette akse angir grad av likhet. Hvis det settes krav til høy likhet (f.eks. 70%) for at en prøve skal få lov å tilhøre en gruppe, blir det mange små grupper. Et likhetskrav på under 55% tillot sammenslåing av prøvene til færre større grupper, nemlig to grupper (stiplet linje i Figur 16).

MDS-analysen (multidimensional scaling) søker å arrangere prøvene i et diagram slik at alle innbyrdes avstander best mulig samsvarer med graden av ulikhet mellom prøvene. MDS-diagrammet (Figur 17) viser graden av ulikhet mellom prøvene. Avstanden mellom prøvene i diagrammet er tilnærmet proporsjonal med ulikheten i faunaen. Gruppene fra clusteranalysen (Figur 16) er tegnet inn i diagrammet.



Figur 16. Dendrogram basert på likhetsindeksene for alle par av grabbprøver. Prøvene fordeler seg på to grupper ved 55% BRAY-CURTIS SIMILARITY (stiplet linje).



Figur 17. MDS-diagram av ulikheten mellom prøvene. De to gruppene fra dendrogrammet (Figur 14) er angitt.

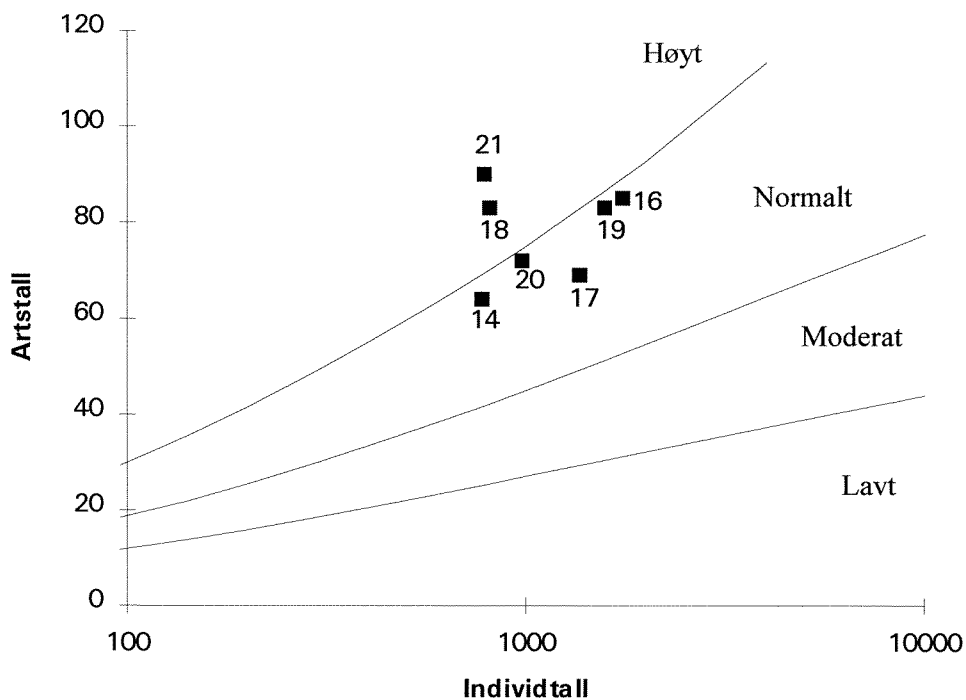
## Artsmangfold

Verdier for individtall, artstall og artsomangfold på hver stasjon er vist i Tabell 4.

Tabell 4. Individtall, artstall og artsomangfold på hver stasjon.

Stasjon	Individtall	Artstall	Artsomangfold (H)	Artsomangfold (ES100)
KS14	773	64	4.80	30.51
KS16	1738	85	4.55	27.21
KS17	1356	69	4.58	27.42
KS18	973	72	4.60	28.24
KS19	1564	83	4.59	28.29
KS20	807	83	4.77	30.51
KS21	783	90	4.65	30.62

Basert på verdiene for artsomangfold (H og  $ES_{n=100}$ ), kan tilstanden klassifiseres som *god* (klasse I) og forurensningsgraden som *liten* (grad 1) i følge kriterier i SFTs klassifiseringssystem for miljökvalitet i fjorder og kystfarvann (Rygg og Thélin 1993). I Figur 18 er artstall plottet mot individtall i en grafisk framstilling for klassifisering av artsomangfold (Rygg 1984). Også denne klassifiseringen indikerer god miljøtilstand.



Figur 18. Plott av artstall mot individtall og klassifisering av artsomangfold på stasjonene.

## Diskusjon

Verdiene for individtall, artstall og artsmangfold var høye og svært like fra prøve til prøve. Verdiene tydet på en naturlig og normal bløtbunnsfauna på alle de undersøkte stasjonene. Også artssammensetningen tydet på liten eller ingen forurensningspåvirkning. Det var ingen dominans av forurensningstypiske arter på noen av stasjonene. Likhetsanalysene viste to hovedgrupper. Prøvene fra stasjonen utenfor Bøkfjorden viste en fauna som var noe forskjellig fra prøvene inne i Bøkfjorden. Alle prøvene fra de enkelte stasjonene i Bøkfjorden var svært like hverandre. Det var ingen gradient innover langs Bøkfjorden. Sedimentundersøkelsene viste en økende gradient i påvirkningen med gruveavgang fra KS20 og innover til KS16. Dersom gruveavgangen hadde hatt noen virkning på bløtbunnsfaunaen utenfor Reinøy, ville dette ha vist seg som en gradient i forverret faunatilstand fra KS20 og innover til KS16. En slik gradient ble ikke påvist. Forskjellen mellom faunaen på stasjonene i selve Bøkfjorden og faunaen på stasjonen utenfor Bøkfjorden gjenspeiler sannsynligvis den naturgitte forskjellen mellom den Bøkfjord-typiske faunaen og den ytre Varangerfjord-typiske faunaen.

## 5. Framtidsutsikter

Utslipp av gruveavgang til Bøkfjorden har pågått siden begynnelsen av 1970-årene. Før den tid ble avgangen ledet ut i Langfjorden, som etter hvert ble nærmest fylt opp med avgang. Utslippene av avgang var tidligere (før 1986) ca. 3.5 mill tonn pr. år, men har i de senere årene vært ca. 2 mill tonn. Dette er meget store mengder og mesteparten av avgangsmaterialet ligger lagret på bunnen innenfor Reinøy eller innenfor en avstand av 7-8 km fra utslippet. Noe avgang transporteres også lenger utover i Bøkfjorden, men svært små mengder antas å nå selve Varangerfjorden.

Gruveavgangen består av ca 50% finmateriale. Det groveste materialet avsettes nærmest utslippet, mens partikler i silt og leire-fraksjonen kan transporteres langt selv om det forventes å skje en del utfнокking i sjøvann.

Gruveavgangen har et innhold av jern som er høyere enn i normale fjordsedimenter, mens tungmetallinnholdet er meget lavt. Konsentrasjonene av bly er betydelig lavere enn i uforurensede sedimenter og kan nærmest brukes som en tracer for å påvise områder hvor avgang avsettes. Et annet karakteristisk trekk er avgangens ekstremt lave innhold av organisk materiale som forårsaker at sedimenter påvirket av avgang har et uvanlig lavt innhold av organisk materiale. Dette kan forårsake reduksjon i bunnfaunaens artsmangfold i de deler av fjorden som er sterkest influert av avgang (Skei og Rygg, 1989).

Allerede f.o.m. siste halvår i 1996 vil kapasiteten i produksjonsanleggene i Kirkenes være tilpasset en gruveproduksjon i Bjørnevatn på 1 mill. tonn malm pr. år. Fra andre halvår 1996 vil derfor mengden av avgang som slippes ut være redusert til 550.000 tonn pr. år. Spørsmålet som da melder seg er om hvordan miljøforholdene vil endre seg når belastningen reduseres og kanskje på ett tidspunkt opphører. Ettersom utslippet av gruveavgang ikke medfører et miljøgiftproblem er belastningen i hovedsak av fysisk art (nedslamming). Når utslippet opphører vil bunnsedimentene gradvis overdekkes av naturlige sedimenter med et naturlig innhold av organisk materiale. Som følge av dette forventes bunnfaunaen på sikt å vende tilbake til det

normale. Det bør imidlertid påpekes at i det utslippsnære området vil bunnforholdene kunne være fysisk ustabile i lengre tid med risiko for utrasninger og spredning av avgang langs bunnen. Det forventes derfor at det kan gå en tiårs-periode før forholdene normaliserer seg etter at utslippet opphører. Den naturlige sedimentasjonen i samløpet Korsfjorden-Bøkfjorden ble målt til ca 2 mm/år. Dette er en normal sedimentasjonsrate i norske fjorder. Hvis vi tar utgangspunkt i en normal avsetningsmengde på 2 kg/m<sup>2</sup>/år tørt sediment som et gjennomsnitt for de indre deler av Bøkfjorden, innebærer det at på det totale arealet som regnes for å være påvirket av gruveavgang (26 km<sup>2</sup>, Skei og Rygg, 1989) avsettes det årlig 52.000 tonn med naturlig sediment. Mesteparten av gruveavgangen avsettes innenfor Tømmerneset og sannsynligvis innenfor et areal på ca. 5 km<sup>2</sup>. Her vil det årlig avsettes 10.000 tonn naturlig sediment, mens tilførselen av gruveavgang er 2.000.000 tonn eller 200 ganger så stor som den naturlige sedimentasjonen. Dette gjør at bunnsedimentene i det innerste området totalt er dominert av gruveavgang. Med en normal sedimenttilvekst på 2 mm/år vil det ta 50 år før at den forurensede bunnen blir dekket med et 10 cm lag med naturlig sediment. Det er sansynlig det tidsperspektivet vi snakker om når det gjelder en fullstendig restaurering av Bøkfjorden etter at utslippene av avgang opphører. Men allerede fra neste år vil avgangutslippet bli sterkt redusert slik at forbedringen i fjorden vil skje gradvis.

## 6. Referenser

- Clarke K R, 1991. Lecture Notes for a Training Workshop on Multivariate Analysis of Benthic Community Data. University of Oslo 25-27 October 1991.
- Clifford H T, Stephenson W, 1975. An Introduction to Numerical Classification. Academic Press, 229 pp.
- Hurlbert S N, 1971. The non-concept of species diversity. Ecology 53, 577-586.
- Rygg B, 1984. Bløtbunnfaunaundersøkelser - et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. 29 s. (NIVA l.nr. F.481)
- Rygg B, Thélin I, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. SFT-veiledning nr. 93:05, 16 s.
- Shannon C E, Weaver W, 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Skei, J., 1990. Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark. 2. Partikler i vannmassen 1989. 53.s. (NIVA O-87170, l.nr. 2343)
- Skei J, Rygg B, 1989. Miljøundersøkelser i fjordsystemet utenfor Kirkenes i Finnmark. 1. Bløtbunnfauna og sedimenter. 80 s. (NIVA O-87170, l.nr. 2213)



## **VEDLEGG**

Vedleggstabell 1. Mengde partikulært materiale (TSM) i vannprøver fra Bøkfjorden, 1994

<b>Stasjon</b>	<b>Dyp (m)</b>	<b>TSM (mg/l)</b>
K1	30	4.226
K1	30	4.409
K2	30	2.405
K3	34	1.944
K4	20	0.624
K4	34	1.93
K5	34	0.419
K6	38	0.653
K7	9	1.926
K7	36	1.295

Vedleggstabell 2. Vanninnhold i sedimenter (corer og grabb), Bøkfjorden 1994 (det tas forbehold om kornfordelingsdata pga. metodiske problemer)

Stasjon	Dyp cm.	%vanninnh	% < 63 µm
KS 5	0-2	-	88.1
KS 6	0-1	19.56	86.2
KS 6	1-2	20.44	89.7
KS 6	2-3	19.09	82.8
KS 6	3-4	19.57	65.6
KS 9	0-1	29.25	60.7
KS 9	1-2	32.32	62.4
KS 9	2-3	30.94	61.0
KS 9	3-4	25.43	57.4
KS 9 Pb210	0-1	30.15	
KS 9 Pb210	1-2	30.19	
KS 9 Pb210	2-3	27.18	
KS 9 Pb210	3-4	28.58	
KS 9 Pb210	4-5	28.15	
KS 9 Pb210	5-6	28.07	
KS 9 Pb210	6-7	27.39	
KS 9 Pb210	7-8	26.53	
KS 9 Pb210	8-9	25.06	
KS 9 Pb210	9-10	24.59	
KS 9 Pb210	10-11	30.88	
KS 10	0-1	18.85	51.7
KS 10	1-2	18.62	27.4
KS 10	2-3	20.05	21.6
KS 10	3-4	19.71	15.9
KS 10	4-5	18.98	17.9
KS 13	0-1	68.46	14.7
KS 13	1-2	65.28	15.8
KS 13	2-3	61.03	18.2
KS 13	3-4	59.24	34.2
KS 13	4-5	59.34	35.3
KS 13	5-6	59.88	35.9
KS 13	6-7	59.02	26.0
KS 13	7-8	57.52	26.7
KS 13	8-9	55.02	21.2
KS 13	9-10	53.31	25.6

Stasjon	Dyp cm.	%vanninnh	% < 63 µm
KS 13Pb210	0-1	64.56	
KS 13Pb210	1-2	60.61	
KS 13Pb210	2-3	56.57	
KS 13Pb210	3-4	55.40	
KS 13Pb210	4-5	54.60	
KS 13Pb210	5-6	50.60	
KS 13Pb210	6-7	50.24	
KS 13Pb210	7-8	50.26	
KS 13Pb210	8-9	49.14	
KS 13Pb210	9-10	49.30	
KS 13Pb210	10-11	48.24	
KS 13Pb210	11-12	46.12	
KS 13Pb210	12-13	44.33	
KS 13Pb210	13-14	43.76	
KS 13Pb210	14-15	44.58	
KS 13Pb210	15-16	44.88	
KS 14	0-1	62.00	16.0
KS 14	1-2	59.50	12.8
KS 14	2-3	56.79	9.8
KS 14	3-4	55.00	21.7
KS 14	4-5	54.27	12.7
KS 14	5-6	53.65	15.8
KS 14	6-7	53.48	13.0
KS 14	7-8	52.32	14.8
KS14 grabb	I	58.56	
KS14 grabb	II	61.07	6.5
KS14 grabb	III	62.52	6.7
KS14 grabb	IV	65.89	9.1
KS 15 b	0-2 grabb	29.75	76.1
KS 15 b	0-1	30.48	73.4
KS 15 b	1-2	28.85	73.2
KS 16	0-1	27.80	64.5
KS 16	1-2	31.64	64.7
KS 16	2-3	29.33	74.8
KS 16	3-4	29.02	69.5
KS 16	4-5	28.25	74.1
KS 16 grabb	I	36.47	
KS 16 grabb	II	36.41	59.5
KS 16 grabb	III	37.47	52.6
KS 16 grabb	IV	32.74	59.9

Stasjon	Dyp cm	%Vanninnh	% < 63 $\mu$ m
KS17	0-1	44.69	50.3
KS 17	1-2	40.04	54.5
KS 17	2-3	37.02	55.4
KS 17	3-4	33.85	68.5
KS 17	4-5	29.98	79
KS 17	5-6	38.04	47.3
KS 17	6-7	48.91	19.5
KS 17	7-8	49.60	24.5
KS 17	8-9	50.52	24.5
KS 17	9-10	51.87	18.3
KS 17	10-11	51.00	14.3
KS 17	11-12	49.80	9.3
KS 17	12-13	49.23	8.8
KS 17	13-14	52.48	5.2
KS 17	14-15	52.11	7
KS 17 grabb I		46.13	-
KS 17 grabb II		43.52	46.8
KS 17 grabb III		45.77	41
KS 17 grabb IV		41.78	41.2
KS 18 grabb I		49.72	-
KS 18 grabb II		50.05	33.4
KS 18 grabb III		47.30	39.2
KS 18 grabb IV		54.02	35.5
KS 19	0-1	56.30	30.1
KS 19	1-2	49.89	25.9
KS 19	2-3	49.60	28.3
KS 19	3-4	50.23	47.9
KS 19	4-5	46.61	42.6
KS 19	5-6	46.74	35.4
KS 19	6-7	46.64	35.6
KS 19	7-8	48.18	28.9
KS 19	8-9	46.36	30.2
KS 19	9-10	44.52	31.2
KS 19 grabb I		59.45	-
KS 19 grabb II		59.67	21.1
KS 19 grabb III		63.07	12.7
KS 19 grabb IV		57.29	17.7
KS 20	0-1	41.81	58.3
KS 20	1-2	33.59	62.7
KS 20	2-3	41.04	38.1

Stasjon	Dyp cm.	%vanninnh	% < 63 $\mu\text{m}$
KS 20	3-4	41.27	31.3
KS 20	4-5	39.05	47.3
KS 20	5-6	38.57	46.2
KS 20	6-7	39.56	37.5
KS 20	7-8	38.88	32.6
KS 20	8-9	45.26	29.4
KS 20	9-10	45.19	28.9
KS 20 grabb I		56.86	
KS 20 grabb II		52.76	31.8
KS 20 grabb III		53.73	50.4
KS 20 grabb IV		55.59	38.6
KS 21	0-1	60.93	25.2
KS 21	1-2	51.95	23.2
KS 21	2-3	53.51	22.9
KS 21	3-4	53.05	30.4
KS 21	4-5	50.53	27.7
KS 21	5-6	47.92	31.1
KS 21	6-7	47.26	27.6
KS 21 grabb I		70.68	
KS 21 grabb II		70.79	21.8
KS 21 grabb III		66.00	23.3
KS 21 grabb IV		56.78	16.9

Vedleggstabell 3. Glødetap og metaller i sedimenter fra Bøkfjorden, 1994 (T= totaloppslutning , HNO3 = oppslutning med salpetersyre)

Stasjon	Sediment dyp (cm)	Gl.tap g/kg	Fe/T mg/g	Fe/HNO3 mg/g	Li/T µg/g	Li/HNO3 µg/g	Ni/T µg/g	Ni/HNO3 µg/g	Pb/T µg/g	Pb/HNO3 µg/g
KS 5	0-2	16.3	49.4	18.1	11.5	9.1	17.9	9.1	2.6	1.0
KS 6	0-1	14.6	56.6	22.8	11.0	8.3	16.1	9.4	2.6	1.0
KS 6	1-2	15.4	50.2	19.7	10.0	8.4	15.6	8.7	2.6	1.2
KS 6	2-3	14.4	56.4	19.4	10.0	7.8	15.3	9.3	2.5	1.0
KS 6	3-4	8.6	63.2	23.9	8.5	6.5	14.6	7.9	2.1	1.2
KS 9	0-1	48.9	47.0	24.4	22.5	18.8	40.4	20.1	21.3	13.0
KS 9	1-2	44.0	42.6	22.0	22.0	18.5	33.6	19.5	21.6	14.9
KS 9	2-3	37.8	42.4	21.1	24.0	19.5	45.8	20.1	20.8	11.3
KS 9	3-4	35.0	44.6		43.0		43.3		18.2	
KS 10	0-1	8.8	74.4		6.5		11.2		2.1	
KS 10	1-2	4.9	95.2		5.0		9.0		1.9	
KS 10	2-3	4.7	85.2		5.0		8.1		2.1	
KS 10	3-4	6.0	73.2		7.0		8.1		1.5	
KS 10	4-5	7.1	81.6		6.5		9.0		1.5	
KS 13	0-1	76.9	57.0		35.5		47.2		29.0	
KS 13	1-2	75.8	59.6		38.0		52.8		29.1	
KS 13	2-3	76.3	57.8		39.5		57.0		28.8	
KS 13	3-4	74.6	58.0		39.0		55.7		28.9	
KS 13	4-5	73.1	58.4		40.0		54.4		29.9	
KS 13	5-6	73.4	57.4		41.0		55.0		29.9	
KS 13	6-7	74.7	56.8		42.5		55.0		30.2	
KS 13	7-8	76.5	53.4		43.0		60.2		28.5	
KS 13	8-9	77.9	54.8		44.0		58.6		27.7	
KS 13	9-10	78.2	56.4		45.0		56.7		27.7	
KS 14	0-1	73.0	57.6		36.5		53.5		24.2	
KS 14	1-2	68.6	58.2		37.0		54.2		23.3	
KS 14	2-3	66.9	55.6		36.5		50.8		27.1	
KS 14	3-4	68.4	55.2		37.5		50.8		26.2	
KS15B	0-1	19.4	65.4		13.5		22.1		4.1	
KS15B	1-2	19.2	62.6		13.5		20.1		3.8	
KS15B	0-2	16.7	64.0		13.0		21.5		3.9	
grabb										
KS 16	0-1	14.4	70.0		10.5		17.2		4.3	
KS 16	1-2	22.8	66.2		15.0		23.8		5.1	
KS 16	2-3	23.2	66.4		15.0		20.7		4.7	
KS 16	3-4	21.4	64.6		14.0		18.4		4.7	
KS 16	4-5	23.1	68.0		14.0		16.9		5.0	
KS 17	0-1	29.9	67.2		18.0		23.4		8.4	
KS 17	1-2	32.5	71.2		18.5		23.0		9.3	
KS 17	2-3	29.5	79.6		15.5		19.9		9.4	
KS 17	3-4	29.8	80.0		16.5		23.6		10.8	

Stasjon	Sediment dyp (cm)	Gl.tap g/kg	Fe/T mg/g	Fe/HNO3 mg/g	Li/T µg/g	Li/HNO3 µg/g	Ni/T µg/g	Ni/HNO3 µg/g	Pb/T µg/g	Pb/HNO3 µg/g
KS 17	4-5	22.9	79.8		13.5		21.0		7.3	
KS 17	5-6	33.6	83.2		17.5		28.8		12.5	
KS 17	6-7	55.1	68.2		30.0		43.1		23.0	
KS 17	7-8	69.2	54.8		37.5		50.0		26.4	
KS 17	8-9	67.5	58.4		37.0		49.5		24.5	
KS 17	9-10	76.5	55.4		41.5		54.4		25.3	
KS 19	0-1	57.8	56.4		27.0		36.6		20.0	
KS 19	1-2	57.4	58.8		30.5		43.0		19.4	
KS 19	2-3	59.7	54.6		33.0		46.7		20.4	
KS 19	3-4	62.6	48.4		34.0		47.7		20.4	
KS 20	0-1	37.3	61.8		20.0		29.9		11.0	
KS 20	1-2	30.9	64.6		19.0		27.0		10.0	
KS 20	2-3	39.7	63.8		23.0		32.5		15.3	
KS 20	3-4	45.4	62.0		25.5		38.5		17.8	
KS 20	4-5	46.5	58.6		26.5		38.5		19.5	
KS 21	0-1	68.8	42.2		34.5		43.1		24.1	
KS 21	1-2	67.5	40.4		33.0		42.0		23.7	
KS 21	2-3	63.2	41.6		35.0		42.2		21.7	
KS 21	3-4	67.6	41.0		37.5		43.1		22.1	
KS 21	4-5	67.9	43.0		38.0		43.7		19.6	



Vedleggstabell 4. Arter og deres individtall på de enkelte stasjonene.

GRUPPE	ART	KS14	KS16	KS17	KS18	KS19	KS20	KS21
ANTHOZOA	Edwardsiidae indet		5			8	2	7
PLATYHELMINTHES	Turbellaria indet	1						
NEMERTINEA	Nemertinea indet	5	24	13	17	26	11	17
POLYCHAETA	Aglaophamus malmgreni Theel 1879	16	13	14	16	26	20	34
	Amage auricula Malmgren 1865		4	3	1	1		2
	Ampharetidae indet	1	1	2		1	1	1
	Amphicteis gunneri (M.Sars 1835)							1
	Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)	1	1					1
	Apistobranthus tullbergi (Theel 1879)		2		2			
	Aricidea sp	3	6	4	2	3	1	7
	Artacama proboscidea Malmgren 1865						2	
	Asychis biceps (M.Sars 1861)	2	1	1	2	16	15	68
	Brada sp							1
	Capitella sp			1		2	3	1
	Capitellidae indet					1	1	
	Caulleriella sp	2	2	11	10	4	12	15
	Chaetozone setosa Malmgren 1867	56	77	96	76	72	180	1
	Chone cf. duneri Malmgren 1867							9
	Chone duneri Malmgren 1867					1		
	Chone sp	2	8	4	2		1	5
	Cirratulidae indet							1
	Cossura longocirrata Webster & Benedict	1	12	38	11	6	10	2
	Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	4					2	1
	Eteone sp		12	7	2	4	1	
	Euchone sp	1		3		1	3	7
	Euclymene sp	9						
	Euclymeninae indet	68	148	173	122	164	112	42
	Exogone sp			1	5			1
	Glyphanostomum pallescens (Theel 1879)	1	1		1			
	Harmothoe sp	2	4	5	1	3	3	
	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	9	4	14	10	14	12	8
	Laonice cirrata (M.Sars 1851)		15	9	6	7	8	4
	Laphania boeckii Malmgren 1866	35	179	243	169	236	172	4
	Lumbriclymeninae indet		1		1	6	1	
	Lumbrineris sp	79	259	178	139	148	133	47
	Lysippe labiata Malmgren 1866	4	3	6	4	1	2	
	Macrochaeta sp				2		1	1
	Maldane sarsi Malmgren 1865	41	51	63	58	216	46	283
	Maldanidae indet	1	1	1		2	2	3
	Mediomastus fragilis Rasmussen 1973						1	
	Mediomastus sp							1
	Melinna cristata (M.Sars 1851)	2			2	3	3	6
	Melythasides laubieri Desbruyeres 1978	24	16	18	24	15	8	23
	Myriochele oculata Zaks 1922	47	205	82	95	61	45	57

## GRUPPE

## ART

KS14 KS16 KS17 KS18 KS19 KS20 KS21

Myriochele sp		1	3	57	5	1	39
Nephtys ciliata (O.F.Mueller 1776)		8	6	6	2	3	
Nephtys cirrosa Ehlers 1868				2			
Nephtys paradoxa Malm 1874	1				2		
Nicomache sp		1	1	1	2		25
Nicomachinae indet				3	1	2	2
Notomastus latericeus Sars 1851	3		2		6	1	4
Notomastus sp						4	
Ophelina acuminata Oersted 1843						1	1
Ophelina sp		1					
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841		25			1		15
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	1			2	8	8	1
Paraonis gracilis (Tauber 1879)	3	3	1	2	11	7	1
Paraonis lyra (Southern 1914)	3	3	2	3	8	6	
Parathelepus sp		1		1			
Pectinaria hyperborea (Malmgren 1865)					2		
Pherusa sp			1			1	
Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)					2		
Phyllodoce sp	1						2
Phyllodocidae indet		1					
Polycirrinae indet			1				
Polycirrus arcticus Sars 1865	16	36	35	13			
Polycirrus cf. arcticus Sars 1865						1	
Polycirrus sp							2
Polydora caulleryi Mesnil 1897	1	9	5		1	2	1
Polydora cf. caulleryi Mesnil 1897		4					
Polydora sp		12		3	2	1	2
Prionospio cirrifera Wiren 1883	2	44	38	17	7	15	4
Proclea malmgreni	26	19	95	27	8	21	2
Rhodine gracilior Tauber 1879		1			5	14	
Sabellidae indet		1	2	2	1		3
Sabellides borealis M.Sars 1856							2
Scalibregma inflatum Rathke 1843		1				5	1
Scalibregma sp			1				
Scalibregmidae indet				2		1	1
Schistomeringos sp		1	1				
Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	44	79	57	36	32	82	31
Sosanopsis wireni Hessle 1917	2	1			1		1
Sphaerodoridium sp			1				
Spio sp				1			
Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856	2	1			1	2	17
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	16	67	8	19	38	27	148
Syllidae indet					1		
Terebellidae indet	4			3	3	8	
Terebellides stroemi M.Sars 1835	12	2	12	6	10	15	5
Tharyx sp	1	1	3		7	2	107
Typosyllis cornuta (Rathke 1843)				1			6

GRUPPE	ART	KS14	KS16	KS17	KS18	KS19	KS20	KS21
OLIGOCHAETA	Oligochaeta indet	1	4				1	
PROSOBRANCHIA	Bela sp					1	1	1
	Lepeta caeca (Mueller)							2
	Natica clausa Broderip & Sowerby		1	1	1			
	Prosobranchia indet		1					
	Skenea peterseni (Friele)	1						
OPISTOBRANCHIA	Cylichna alba (Brown)					2		
	Cylichna occulta (Mighels & Adams)					2		
	Philine cf. quadrata (S.Wood)		1	1		1	1	
	Philine sp					1	1	
	Scaphander punctostriatus (Migh.&Adams)				1			
	Tectibranchia indet		1					
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet	13	5	8	7	52	27	2
BIVALVIA	Astarte elliptica Brown 1827							5
	Batharca glacialis (Gray)						2	
	Batharca pectunculoides (Scacchi 1836)			3	3		1	1
	Cerastoderma elegantulum (Moeller)		3		1			
	Cuspidaria obesa (Loven 1846)	1		1	4	1	9	4
	Dacrydium vitreum (Holboell)	10	50	43	27	12	34	
	Hiatella arctica (Linne 1767)						1	
	Macoma calcarea (Gmelin 1790)		2				1	
	Nuculana minuta (Mueller 1776)		1	1				
	Nuculana pernula (Mueller 1776)					1		
	Nuculoma cf. tenuis (Montagu)	5	32	5	5	1	1	
	Similipecten similis (Laskey)	2	6	3	2	4	6	
	Thyasira cf. equalis (Verrill & Bush)	27	151	56	39	47	53	38
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)	52	314	131	223	198	123	190
	Yoldiella cf. fraterna Verrill & Bush		64					
	Yoldiella cf. intermedia (M.Sars)	17						
	Yoldiella cf. lenticula (Mueller 1842)		252	141	133	57	78	8
	Yoldiella cf. lucida (Loven 1846)	4	4					
	Yoldiella fraterna Verrill & Bush	51	89	92	112	132	90	75
	Yoldiella lenticula (Mueller 1842)	3						
	Yoldiella lucida (Loven 1846)		23	21	19	26	3	16
	Yoldiella sp	1						
SCAPHOPODA	Siphonodentalium lobatum (G.B.Sowerby II)	1	1	4	2	1		3
OSTRACODA	Philomedes globosus Lilljeborg							1
CUMACEA	Campylaspis costata Sars 1865			1				
	Cumacea indet		1					
	Diastylidae indet		1					
	Diastylis scorpioides (Lepechin)		4		2	1		2
	Eudorella emarginata Kroeyer	6	15	13	15	12	22	
	Leptostylis villosa G.O.Sars		1					
TANAIDACEA	Tanaidacea indet							3
ISOPODA	Gnathia elongata (Kroeyer)							1
	Ilyarachna denticulata G.O.Sars							8

GRUPPE	ART	KS14	KS16	KS17	KS18	KS19	KS20	KS21
AMPHIPODA	<i>Ampelisca eschrichti</i> Kroeyer		1					
	<i>Arrhis phyllonx</i> (M.Sars)		1	2	1	1		
	<i>Haploops tubicola</i> Liljeborg							7
	<i>Idunella aequicornis</i> G.O.Sars							5
	<i>Ischyrocerus megacheir</i> (Boeck)							1
	<i>Monoculodes packardi</i> Boeck		2	3	1		4	2
	<i>Neohela monstrosa</i> (Boeck)							1
	<i>Paroediceros propinquus</i> Sars							1
	<i>Syrrhoë crenulata</i> Goes							1
	<i>Unciola leucopis</i> (Kroeyer)							1
SIPUNCULIDA	<i>Golfingia</i> cf. <i>margaritacea</i> (Sars)					1		
	<i>Golfingia</i> sp	15	5	19	33	72	36	43
	<i>Phascolion strombi</i> (Montagu 1804)				2	6	5	4
	Sipunculida indet					3	6	
BRACHIOPODA	<i>Terebratulina</i> sp							2
ASTEROIDEA	Asteroidea indet	3						
	<i>Ctenodiscus crispatus</i> (Bruz.)	2	3	6	9	7	5	8
CRINOIDEA	Crinoidea indet		1					
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet	2				1	3	5
	<i>Ophiura</i> sp		16	14	30	38	5	11
HOLOTHUROIDEA	<i>Labidoplax buski</i> (McIntosh)			1	1	3	4	3
VARIA	Vermiformis indet	1	3	5	4	4	2	7

Vedleggstabell II. Artstall (S), individtall (N) og artsmangfold (H og ES<sub>100</sub>) i de enkelte grabbprøver.

<b>Stasjon</b>	<b>Grabb</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>H</b>	<b>ES<sub>100</sub></b>
KS14	G1	30	63	4.44	
KS14	G2	24	101	4.21	23.94
KS14	G3	35	288	4.19	24.16
KS14	G4	46	321	4.73	30.93
KS16	G1	47	486	4.26	24.87
KS16	G2	43	666	4.20	23.81
KS16	G3	47	525	4.19	23.97
KS16	G4	57	760	4.42	25.90
KS17	G1	46	446	4.39	26.68
KS17	G2	40	417	4.19	24.37
KS17	G3	55	502	4.45	27.47
KS17	G4	47	475	4.57	28.49
KS18	G1	36	267	4.32	26.20
KS18	G2	42	209	4.44	29.61
KS18	G3	55	768	4.26	25.78
KS18	G4	41	420	4.23	25.22
KS19	G1	49	539	4.10	25.17
KS19	G2	47	425	4.42	27.01
KS19	G3	56	434	4.59	30.49
KS19	G4	48	505	4.32	26.60
KS20	G1	46	312	4.42	29.69
KS20	G2	46	342	4.43	28.66
KS20	G3	57	619	4.57	28.55
KS20	G4	46	296	4.30	29.39
KS21	G1	46	331	4.35	28.45
KS21	G2	44	398	4.00	24.78
KS21	G3	54	495	4.30	27.33
KS21	G4	55	322	4.73	33.49

Vedleggstabell III. Toktprotokoll fra prøvetakingen med grabb.

Tukt Kirkenes 20.6-22.6.94			
Dato	Stasjon	Vanndyp	Grabb nr.
21.6.94	KS14		GPS. N 69.47.78 E 30.02.74
		197 m.	I Full grabb. 1-2mm. tynt brunlig topplag. Gråbrun siltig leire, noe hardere på bunn
		197 m.	II Full grabb. 1-2mm. tynt brunlig topplag. Gråbrun siltig leire, noe hardere på bunn
		195 m.	III Full grabb. 1-2mm. tynt brunlig topplag. Gråbrun siltig leire, noe hardere på bunn
		197 m.	IV Full grabb. 1-2mm. tynt brunlig topplag. Gråbrun siltig leire, noe hardere på bunn
21.6.94	KS16		GPS. N 69.48.27 E 30.06.21
		224 m.	I Full grabb, ca. 1-2 mm. brunlig topplag Lysgrå leire, mye gruveavgang iblandet
		224 m.	II Full grabb. Som den første
		224 m.	III 3/4 full grabb. Samme sedimenttypen
		222 m.	IV 3/4 full grabb. Samme sedimenttypen
21.6.94	KS17		GPS. N 69.48.97 E30.08.30
		226 m.	I 1/2 full grabb. ca. 1mm. brunt topplag, så lys gråbrun leire, noe hardere på bunn
		224 m.	II 1/2 full grabb. ca. 1mm. brunt topplag, så lys gråbrun leire, noe hardere på bunn
		224 m.	III 1/2 full grabb. ca. 1mm. brunt topplag, så lys gråbrun leire, noe hardere på bunn
		226 m.	IV 1/2 full grabb. ca. 1mm. brunt topplag, så lys gråbrun leire, noe hardere på bunn

Tokt Kirkenes 20.6-22.6.94			
Dato	Stasjon	Vanndyp	Grabb nr.
21.6.94	KS18		GPS. N 69.49.68 E 30.07.74
		245 m.	I 1/2 full grabb. Gråbrun løs siltig leire, noe hard leire i bunn
		235 m.	II 1/2 full grabb. Gråbrun løs siltig leire, noe hard leire i bunn
		234 m.	III 3/4 full grabb. Ellers som de to første
		235 m.	IV 1/2 full grabb. Gråbrun løs siltig leire, noe hard leire i bunn
21.6.94	KS19		GPS: N 69.50.87 E 30.06.24
		260 m.	I Full grabb 3 cm. olivenfarget løs siltig leire, resten hard leire, noe stein.
		262 m.	II Full grabb Som den første
		262 m.	III Full grabb Som de to første
		264 m.	IV Full grabb Som de tre første
21.6.94	KS20		GPS. N 69.51.85 E 30.07.65
		263 m.	I Full grabb. 2-3 cm. løs siltig leire, olivenfarget Resten hard leire
		268 m.	II Full grabb. Som den første
		267 m.	III Full grabb Som de to første
		267 m.	IV Full grabb Noe stein i prøven, ellers som de tre første
21.6.94	KS21		GPS. N 69.54.71 E 30.09.74
		370 m.	I Full grabb. Nydelig 2 mm. brunlig overflate Olivenfarget løs siltig leire, hard leire i bunn av grabben
		380 m.	II Full grabb. Samme type materiale som nr. I
		360 m.	III Full gabb Som de to første
		320 m.	IV 3/4 full grabb Her var det noe stein, ellers samme type sediment som de første.

Vedlegg 5. Utvalgte kornfordelingsanalyser utført med sedigraf ved a.s. Sydvarangers laboratorier.



## PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /22  
SAMPLE ID: fap 2. ks 6 0/1 cm agn.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 87 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 10:42:38 05/09/95  
REPRT 11:05:18 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:07:03  
SAM DENS: 2.8683 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7438 cp  
RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 70.00  $\mu$ m  
ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu$ m

REYNOLDS NUMBER: 0.63  
FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 23.10  $\mu$ m MODAL DIAMETER: 29.34  $\mu$ m

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
46.92	90.0
23.10	50.0
9.83	20.0
4.92	10.0

PARTIKKELFORDELING

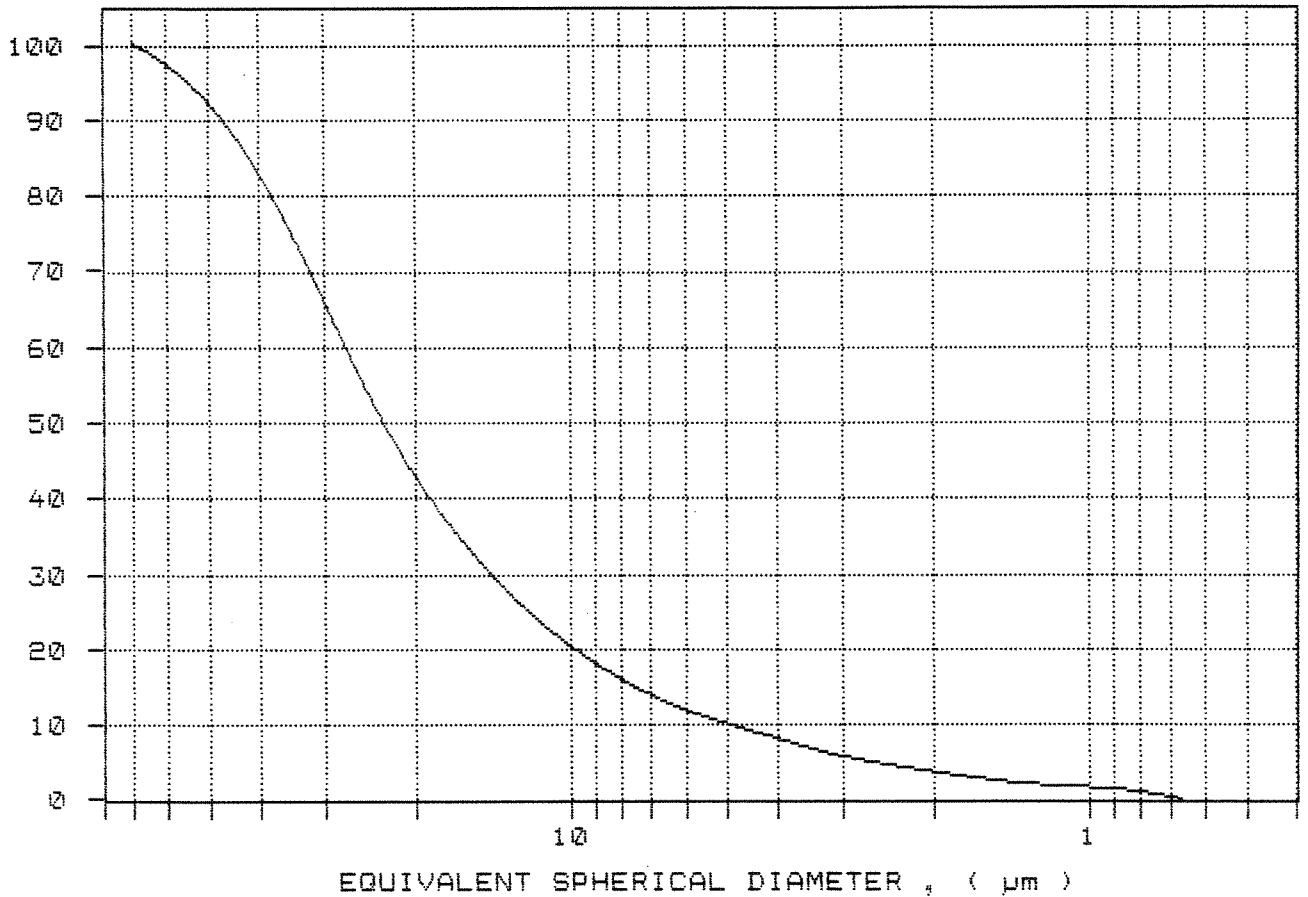
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /22  
 SAMPLE ID: fap 2. ks 6 0/1 cm agn.  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
 OPERATOR: Are G Nilsen  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 87 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 10:42:38 05/09/95  
 REPRT 11:05:18 05/11/95  
 TOT RUN TIME 0:07:03  
 SAM DENS: 2.8683 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7438 cp  
 RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /23 UNIT NUMBER: 1  
SAMPLE ID: fap 1 ks 5. 0/2 cm agn. START 11:05:29 05/09/95  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER REPRT 09:34:56 05/11/95  
OPERATOR: Are G Nilsen TOT RUN TIME 0:04:28  
SAMPLE TYPE: NIVAsed SAM DENS: 2.8476 g/cc  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C LIQ VISC: 0.7437 cp  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 84 kilocounts/sec RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 70.00  $\mu\text{m}$  REYNOLDS NUMBER: 0.62  
ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu\text{m}$  FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 18.72  $\mu\text{m}$  MODAL DIAMETER: 26.11  $\mu\text{m}$

DIAMETER ( $\mu\text{m}$ )	CUMULATIVE MASS FINER (%)
39.83	90.0
18.72	50.0
7.55	20.0
3.89	10.0

PARTIKKELFORDELING

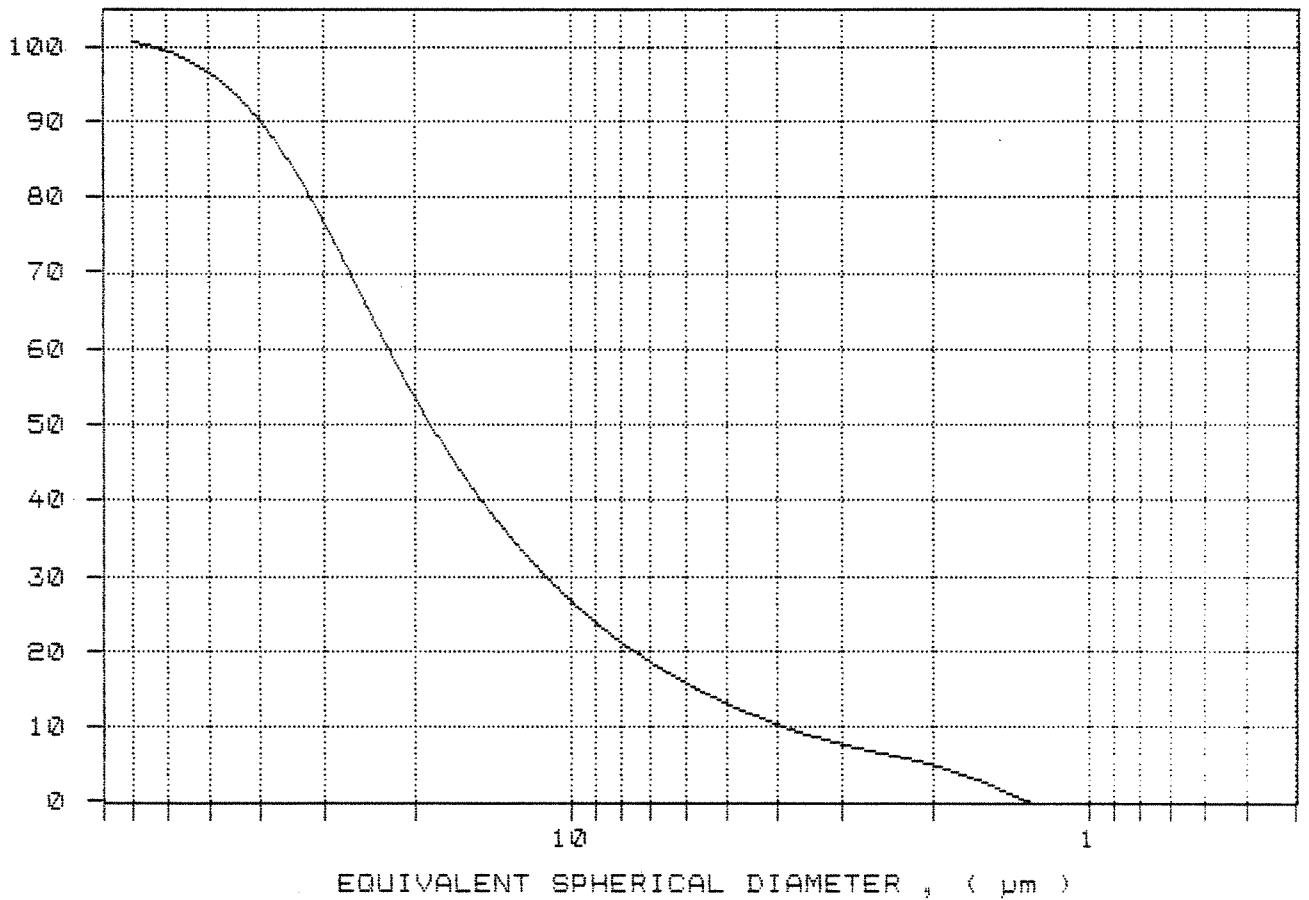
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /23  
SAMPLE ID: fap 1 ks 5. 0/2 cm agn.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 84 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 11:05:29 05/09/95  
REPRT 09:34:56 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:04:28  
SAM DENS: 2.8476 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7437 cp  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



## PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /26  
SAMPLE ID: fap 6. ks 9 0/1 cm agn  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 92 kilocounts/sec  
UNIT NUMBER: 1  
START 12:41:17 05/09/95  
REPR 11:16:14 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:19:26  
SAM DENS: 2.8060 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7437 cp  
RUN TYPE: High Speed  
STARTING DIAMETER: 70.00  $\mu\text{m}$   
ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu\text{m}$   
REYNOLDS NUMBER: 0.61  
FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 17.65  $\mu\text{m}$  MODAL DIAMETER: 29.92  $\mu\text{m}$

DIAMETER ( $\mu\text{m}$ )	CUMULATIVE	
	MASS FINER	(%)
42.96	90.0	
17.65	50.0	
5.84	20.0	
2.64	10.0	

PARTIKKELFORDELING

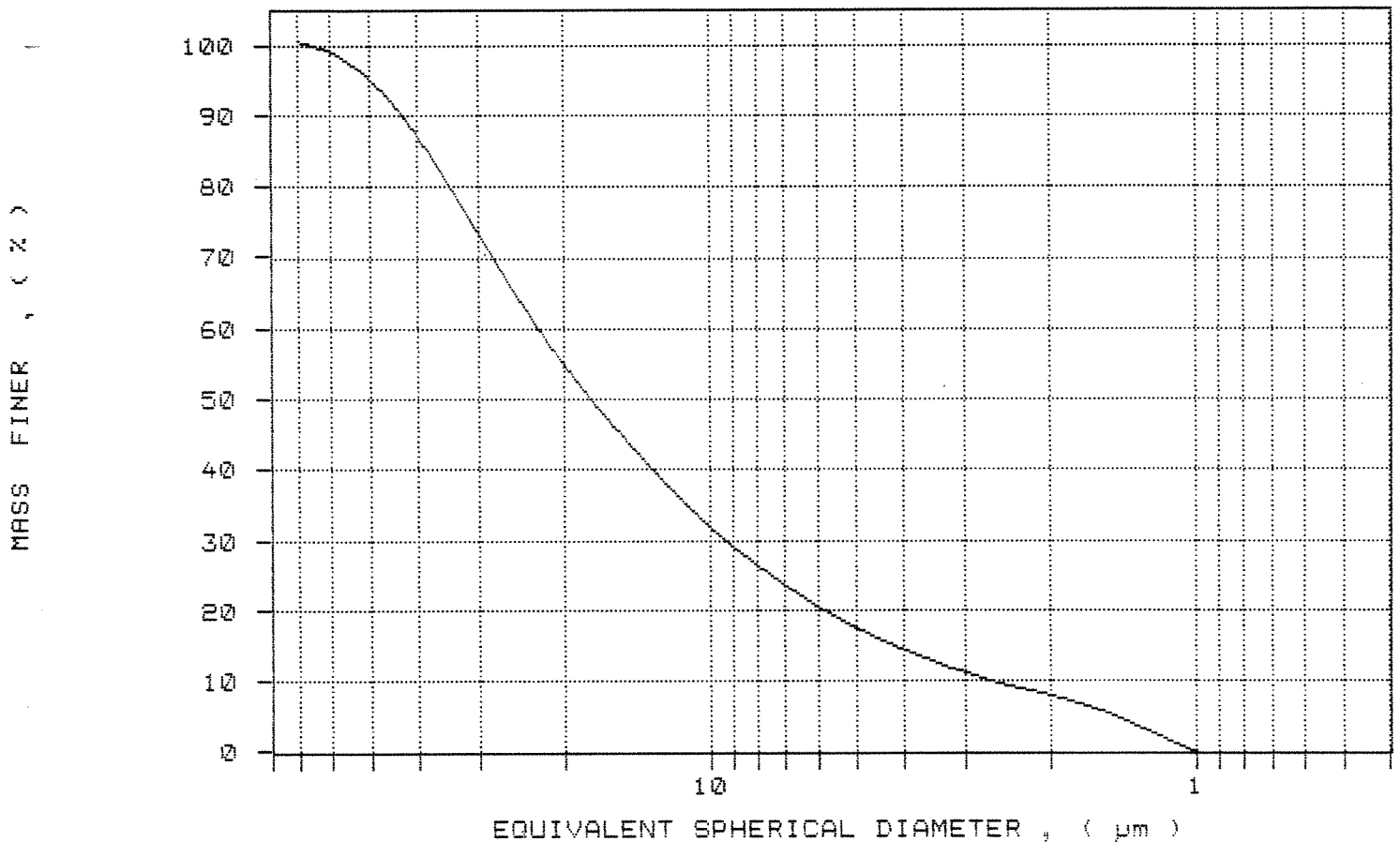
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /26  
SAMPLE ID: fap 6. ks 9 0/1 cm agn  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilser  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 92 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 12:41:17 05/09/95  
REPRT 11:16:14 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:19:26  
SAM DENS: 2.8060 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7437 cP  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



## PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /28 UNIT NUMBER: 1  
 SAMPLE ID: fap 10 ks 10 0/1 cm 2.gangs kjoerin START 13:43:59 05/09/95  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER REPRT 11:54:16 05/11/95  
 OPERATOR: Are G Nilsen TOT RUN TIME 0:03:41  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed SAM DENS: 2.9725 g/cc  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C LIQ VISC: 0.7436 cp  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 81 kilocounts/sec RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 70.00  $\mu$ m REYNOLDS NUMBER: 0.66  
 ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu$ m FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 39.37  $\mu$ m MODAL DIAMETER: 46.91  $\mu$ m

- DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE	
	MASS	FINER
	(%)	(%)
63.88	90.0	
39.37	50.0	
23.34	20.0	
13.51	10.0	

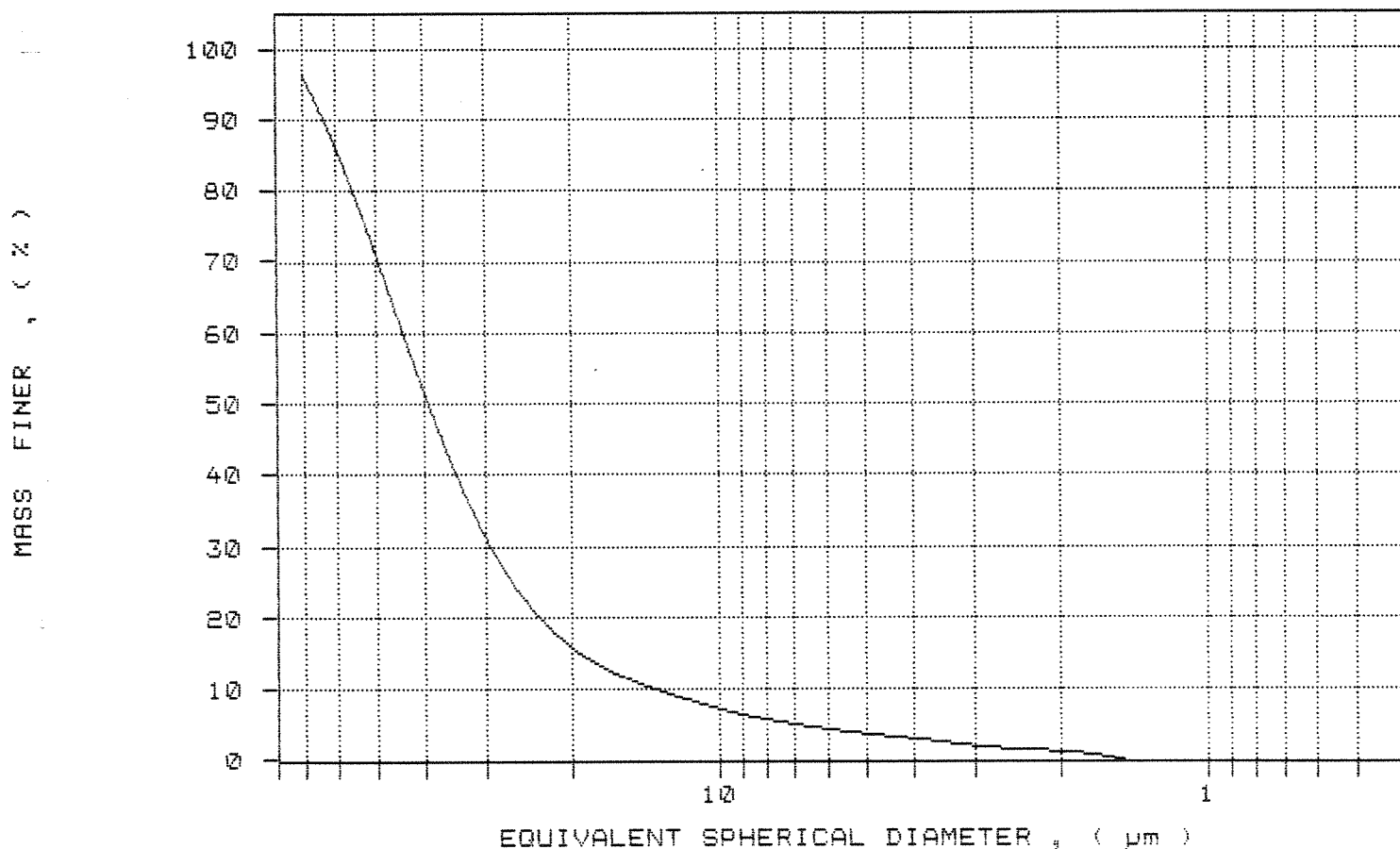
PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /28	UNIT NUMBER: 1
SAMPLE ID: fap 10 ks 10 0/1 cm 2.gangs kjoerin	START 13:43:59 05/09/95
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER	REPRT 11:54:16 05/11/95
OPERATOR: Are G Nilsen	TOT RUN TIME 0:03:41
SAMPLE TYPE: NIVAsed	SAM DENS: 2.9725 g/cc
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon	LIQ DENS: 0.9946 g/cc
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C	LIQ VISC: 0.7436 cp
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 81 kilocounts/sec	RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER





PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /31  
 SAMPLE ID: fap 29. ks 15b. 0-1 cm. agn.  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
 OPERATOR: Are G Nilsen  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 11:18:33 05/10/95  
 REPRT 12:04:13 05/11/95  
 TOT RUN TIME 0:03:39  
 SAM DENS: 2.8514 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7436 cp  
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00  $\mu$ m  
 ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu$ m

REYNOLDS NUMBER: 0.45  
 FULL SCALE MASS %: 100

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 22.90  $\mu$ m

MODAL DIAMETER: 29.65  $\mu$ m

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
44.61	90.0
22.90	50.0
9.25	20.0
4.16	10.0

PARTIKKELFØRDELING

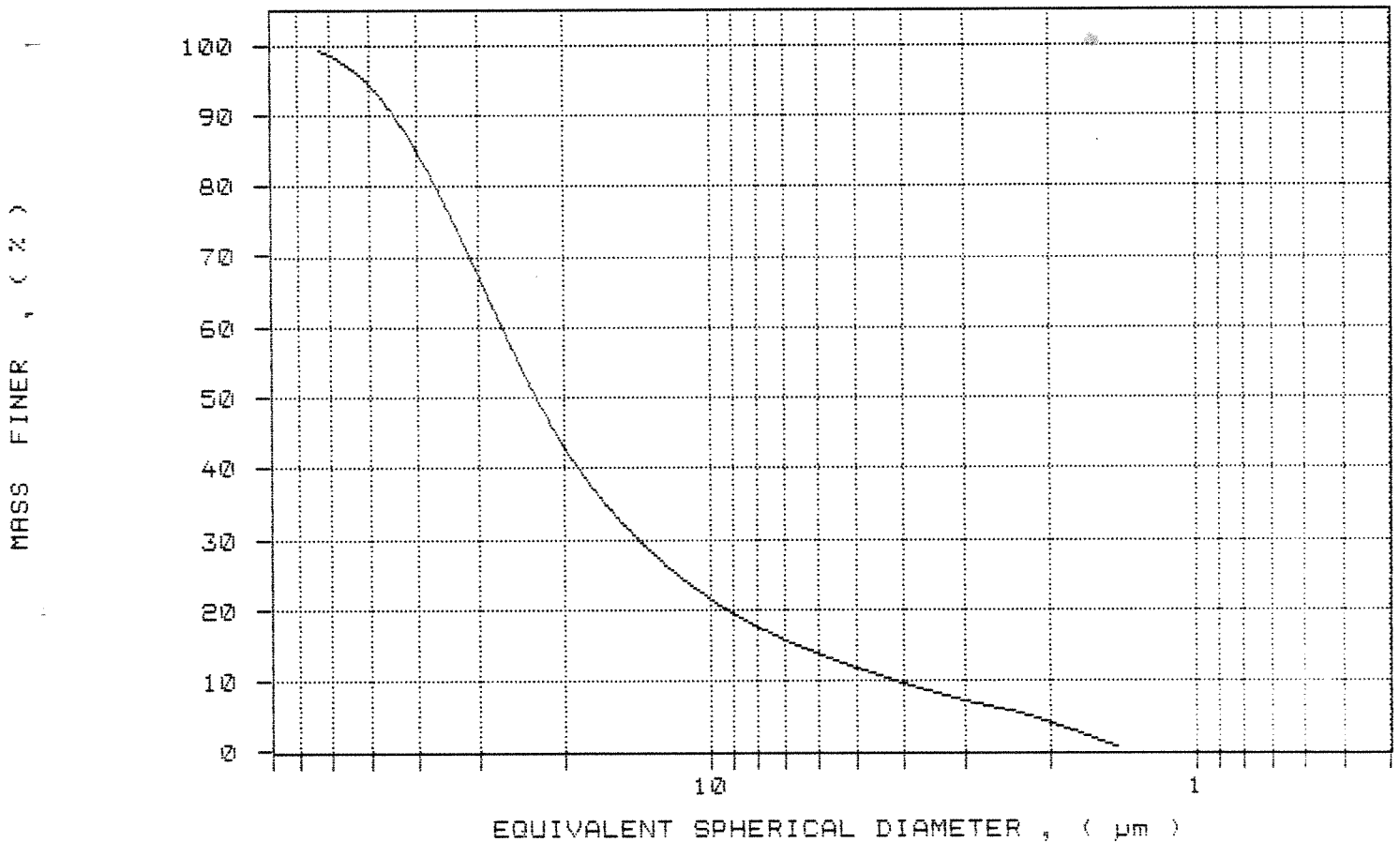
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /31  
SAMPLE ID: fap 29. ks 15b. 0-1 cm. agn.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 11:18:33 05/10/95  
REPRT 12:04:13 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:03:39  
SAM DENS: 2.8514 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7436 cP  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



## PARTIKKELFORDDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /30	UNIT NUMBER: 1
SAMPLE ID: fap 32. ks 16. 0-1 cm. agn.	START 10:59:13 05/10/95
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER	REPRT 12:34:32 05/11/95
OPERATOR: Are G Nilsen	TOT RUN TIME 0:03:12
SAMPLE TYPE: NIVAsed	SAM DENS: 2.8877 g/cc
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon	LIQ DENS: 0.9946 g/cc
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C	LIQ VISC: 0.7436 cp
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 90 kilocounts/sec	RUN TYPE: High Speed
STARTING DIAMETER: 70.00 $\mu$ m	REYNOLDS NUMBER: 0.64
ENDING DIAMETER: 0.18 $\mu$ m	FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 31.14 $\mu$ m	MODAL DIAMETER: 35.59 $\mu$ m
--------------------------------	-------------------------------

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
51.47	90.0
31.14	50.0
18.09	20.0
9.57	10.0

FARTIKKELFORDELING

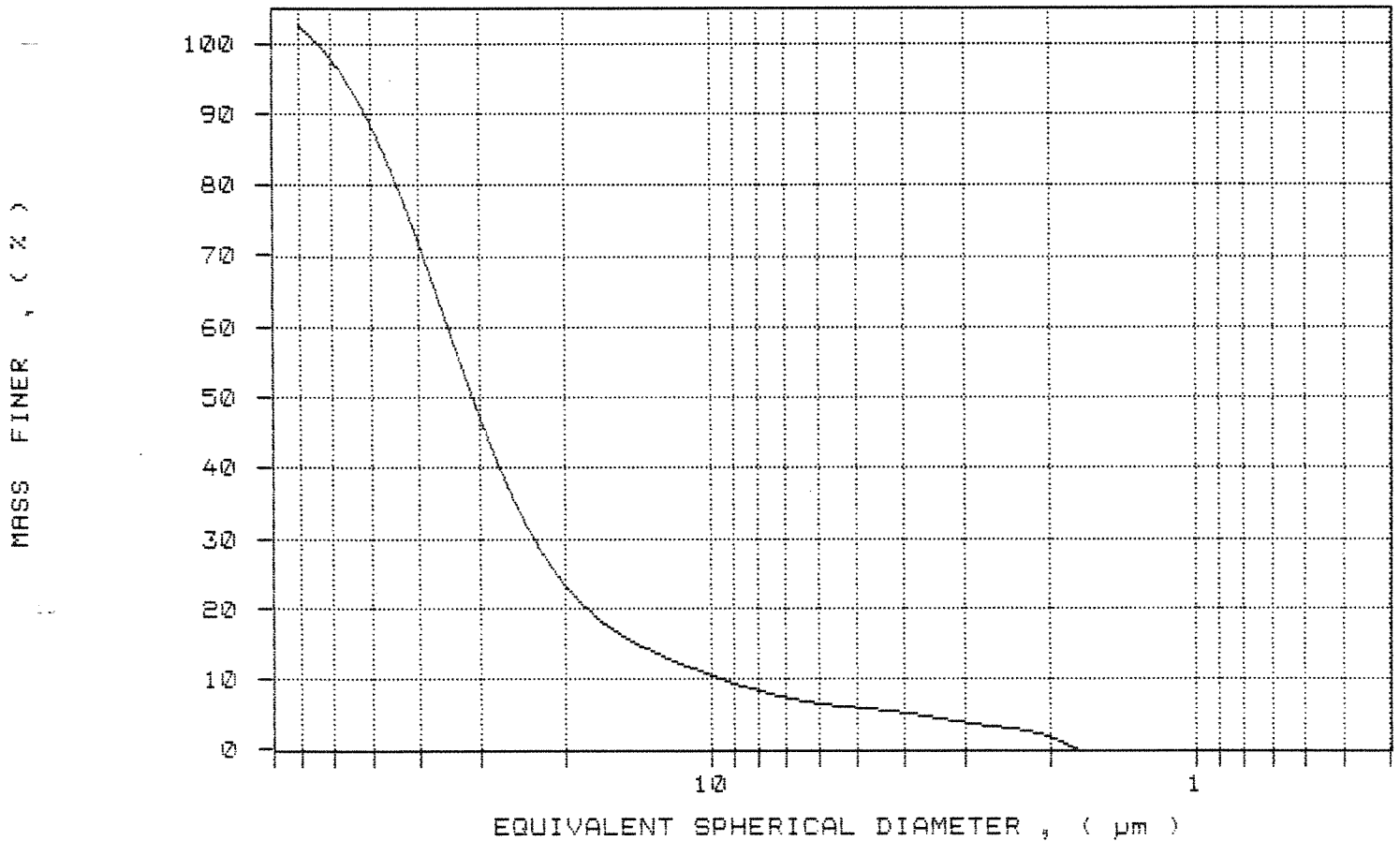
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /30  
SAMPLE ID: fap 32. ks 16. 0-1 cm. agn.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilzen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 136/ 90 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 10:59:13 05/10/95  
REPRT 12:34:32 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:03:12  
SAM DENS: 2.8877 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7436 cp  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



## PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /40  
 SAMPLE ID: fap 37. ks 17. 0-1 cm.  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
 OPERATOR: Are G Nilsen  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 07:36:15 05/12/95  
 REPRT 07:47:04 05/12/95  
 TOT RUN TIME 0:10:35  
 SAM DENS: 2.8500 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7439 cp  
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00  $\mu$ m  
 ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu$ m

REYNOLDS NUMBER: 0.45  
 FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 13.88  $\mu$ m

MODAL DIAMETER: 23.80  $\mu$ m

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
34.89	90.0
13.88	50.0
3.85	20.0
1.49	10.0

PARTIKKELFØRDELING

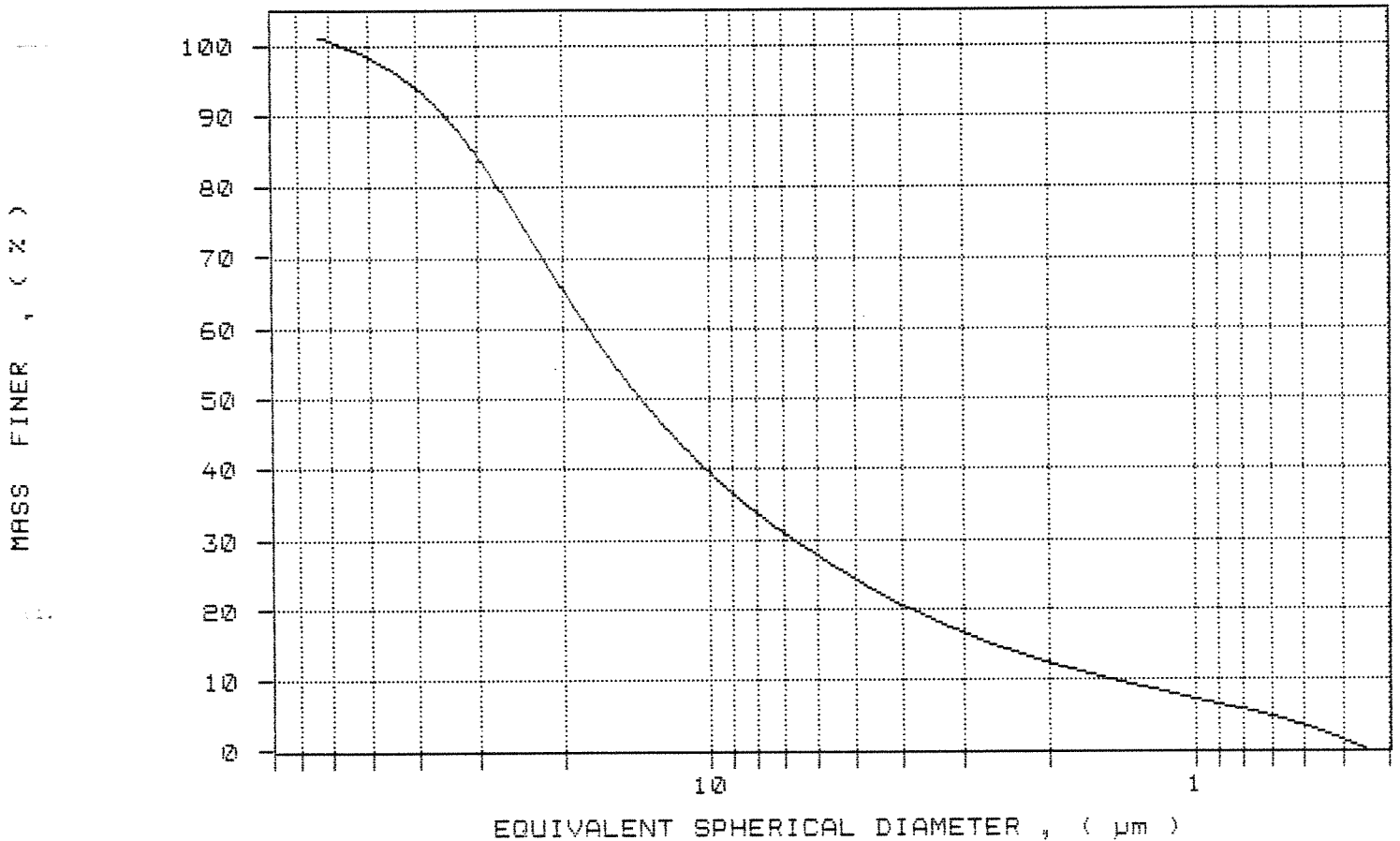
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /40  
SAMPLE ID: fap 37. ks 17. 0-1 cm.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 07:36:15 05/12/95  
REPRT 07:47:04 05/12/95  
TOT RUN TIME 0:10:35  
SAM DENS: 2.8500 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7439 cp  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /41  
 SAMPLE ID: ks 19.2. 21.06.94.  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
 OPERATOR: Are G Nilsen  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 90 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 08:08:23 05/12/95  
 REPRT 08:21:47 05/12/95  
 TOT RUN TIME 0:13:11  
 SAM DENS: 2.8500 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7437 cp  
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00  $\mu$ m  
 ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu$ m

REYNOLDS NUMBER: 0.45  
 FULL SCALE MASS %: 100

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 10.85  $\mu$ m MODAL DIAMETER: 20.06  $\mu$ m

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
34.48	90.0
10.85	50.0
3.01	20.0
1.10	10.0

PARTIKKELFORDDELING

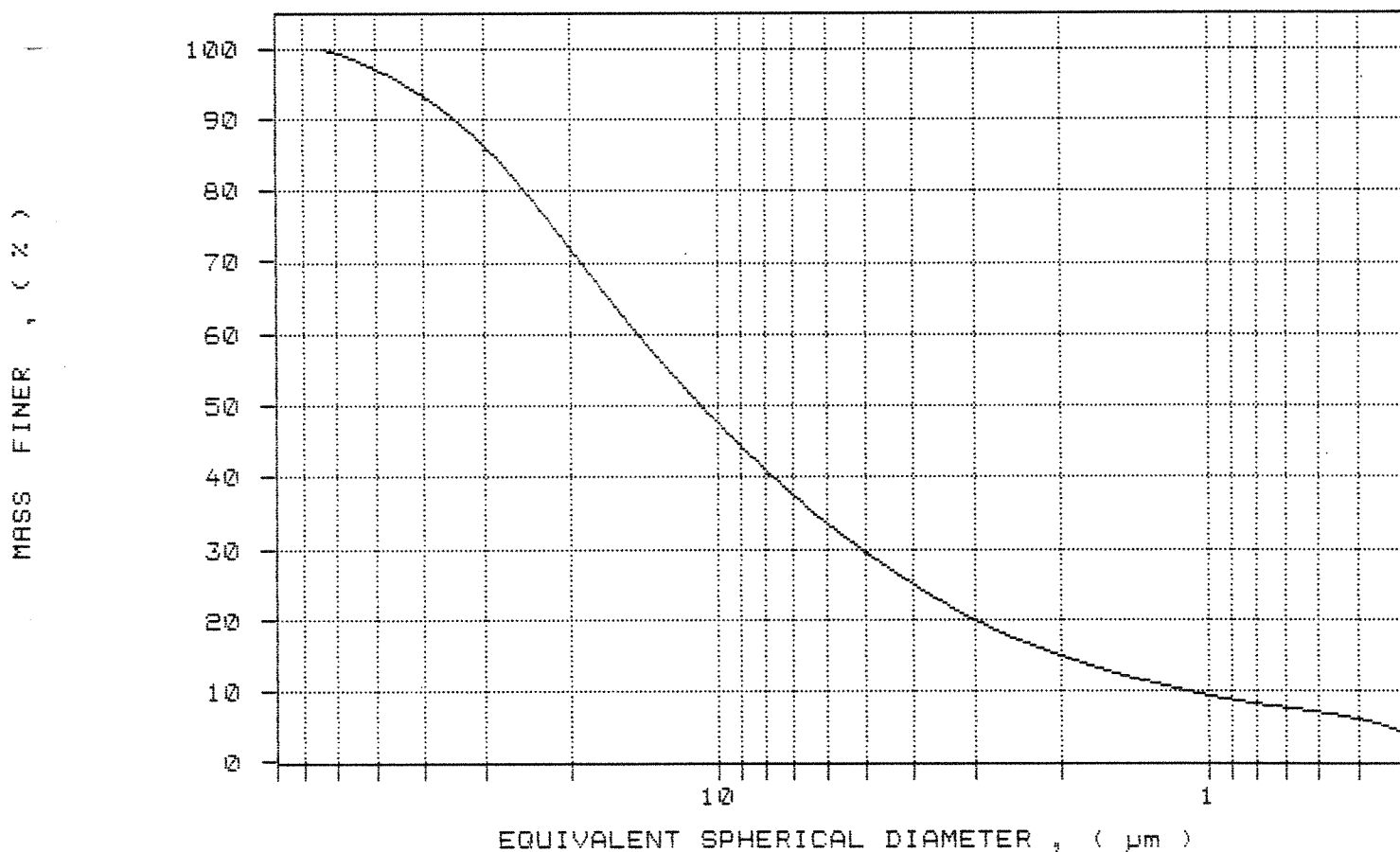
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /41  
SAMPLE ID: ks 19.2. 21.06.94.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 90 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 08:08:23 05/12/95  
REPRT 08:21:47 05/12/95  
TOT RUN TIME 0:13:11  
SAM DENS: 2.8500 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7437 cp  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER





## PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /39	UNIT NUMBER: 1
SAMPLE ID: fap 51. ks 20. 0-1 cm.	START 14:16:59 05/11/95
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER	REPRT 14:30:24 05/11/95
OPERATOR: Are G Nilsen	TOT RUN TIME 0:13:12
SAMPLE TYPE: NIVAsed	SAM DENS: 2.8500 g/cc
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon	LIQ DENS: 0.9946 g/cc
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C	LIQ VISC: 0.7435 cp
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 87 kilocounts/sec	RUN TYPE: High Speed
STARTING DIAMETER: 63.00 $\mu$ m	REYNOLDS NUMBER: 0.45
ENDING DIAMETER: 0.18 $\mu$ m	FULL SCALE MASS %: 100

## MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 9.23 $\mu$ m	MODAL DIAMETER: 14.66 $\mu$ m
-------------------------------	-------------------------------

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
25.87	90.0
9.23	50.0
2.63	20.0
0.97	10.0

PARTIKKELFORDELING

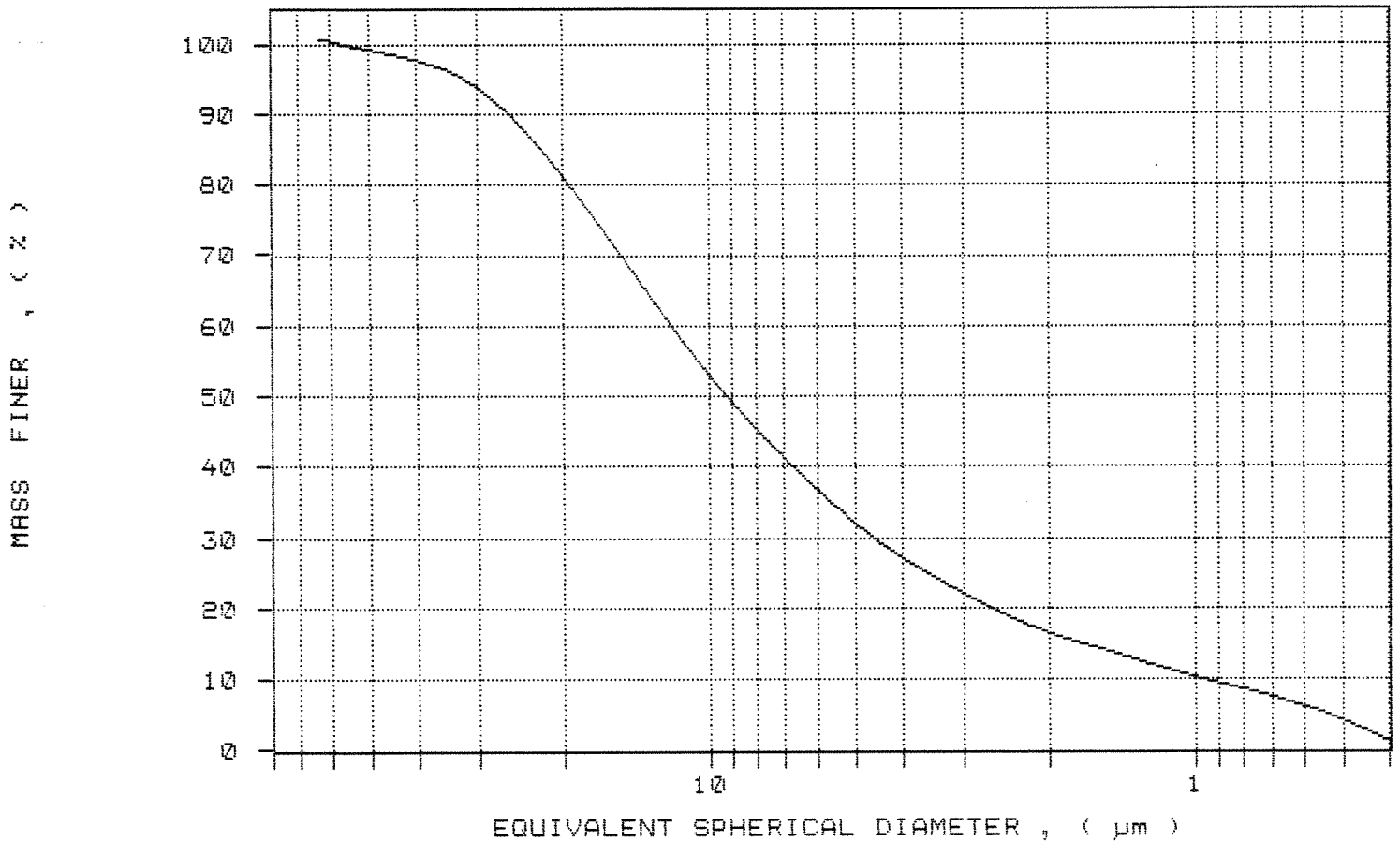
SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /39  
SAMPLE ID: fap 51. ks 20. 0-1 cm.  
SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
OPERATOR: Are G Nilsen  
SAMPLE TYPE: NIVAsed  
LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 87 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
START 14:16:59 05/11/95  
REPT 14:30:24 05/11/95  
TOT RUN TIME 0:13:12  
SAM DENS: 2.8500 g/cc  
LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
LIQ VISC: 0.7435 cp  
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /24  
 SAMPLE ID: k<sub>s</sub> 21 2. agn  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
 OPERATOR: Are G Nilsen  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 96 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 11:30:51 05/09/95  
 REPT 13:37:35 05/11/95  
 TOT RUN TIME 0:24:52  
 SAM DENS: 2.8500 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7437 cp  
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00  $\mu$ m  
 ENDING DIAMETER: 0.18  $\mu$ m

REYNOLDS NUMBER: 0.45  
 FULL SCALE MASS %: 100

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: 12.16  $\mu$ m                      MODAL DIAMETER: 23.78  $\mu$ m

DIAMETER ( $\mu$ m)	CUMULATIVE MASS FINER (%)
37.39	90.0
12.16	50.0
3.41	20.0
1.23	10.0

PARTIKKELFORDELING

SediGraph 5100 V3.05

PAGE 2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: RPIGM /24  
 SAMPLE ID: ks 21 2. agn  
 SUBMITTER: A/S SYDVARANGER  
 OPERATOR: Are G Nilsen  
 SAMPLE TYPE: NIVAsed  
 LIQUID TYPE: 0.05 % calgon  
 ANALYSIS TEMP: 33.6 deg C  
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 96 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1  
 START 11:30:51 05/09/95  
 REPT 13:37:35 05/11/95  
 TOT RUN TIME 0:24:52  
 SAM DENS: 2.8500 g/cc  
 LIQ DENS: 0.9946 g/cc  
 LIQ VISC: 0.7437 cp  
 RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER

