

RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

Veslemøy Eriksen, Øyvind Tvedten & Stig Westerlund

Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Alfa Nord 2002.

Rapport RF – 2003/085

Prosjektnummer:	7151663
Prosjektets tittel:	Troll – Sleipner grunnlagsundersøkelse 2002
Kvalitetssikrer:	Odd Ketil Andersen
Oppdragsgivere:	Statoil ASA
Gradering:	Konfidensiell

Forord

Denne rapporten beskriver resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Alfa Nord i 2002. Undersøkelsene er gjennomført på oppdrag fra Statoil ASA og er beskrevet i kontrakt no. 2002/00345.

Statoil ASA er operatør på Alfa Nord, men grunnlagsundersøkelsen er gjennomført sammen med grunnlagsundersøkelser på fire andre felt (Skirne, Byggve, Volve og Fram Vest) hvor Hydro, Statoil ASA og TotalFinaElf er operatører.

Alle rådata er inkludert i en CD-ROM.

Undersøkelsen har vært utført av RF – Rogalandsforskning med Eurofins AS som underleverandør for de organiske analysene.

Prosjektmedarbeidere

Feltarbeid:

Veslemøy Eriksen, Elin Horve, Hege M Svalheim, Øyvind Tvedten, Stig Westerlund, Endre Aas

Sortering av biologisk materiell:

Tom Alvestad, Sarah M Angell-Petersen, Øyvind Hansen, Ingunn W. Jolma, Tone E. Nilsen, Tom Sømme

Identifisering av biologiske prøver:

Veslemøy Eriksen, Øystein Stokland, Anne Helene S. Tandberg, Per Bie Wikander

Metallanalyser:

Stig Westerlund

Fysiske analyser:

Randi Mikalsen

Hydrokarbonanalyser (THC, PAH, NPD):

Einar Jordfald, Eva Kristin Løvseth (Eurofins AS)

Rapportering:

Veslemøy Eriksen, Øyvind Tvedten, Stig Westerlund

Takk til Statoil ASA v/Karl Henrik Bryne for oppdraget og godt samarbeid

Stavanger, 31. mars 2003

Veslemøy Eriksen, prosjektleder

Innhold

Sammendragsrapport	iv
Summary report	ix
1 INNLEDNING.....	1
2 MATERIALE & METODE.....	3
2.1 Innsamlingsområdet / stasjonsnettverk.....	3
2.2 Feltarbeid	4
2.3 Analyse av sedimentet.....	5
2.3.1 Partikkelstørrelsesfordeling.....	5
2.3.2 Totalt organisk materiale (TOM)	7
2.3.3 Metaller.....	7
2.3.4 Hydrokarboner.....	8
2.3.5 Grense for signifikant kontaminering (LSC).....	9
2.3.6 Bunndyrsanalyser	9
2.4 Kvalitetssikring.....	11
2.4.1 Prøvetaking.....	11
2.4.2 Analyser.....	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1 Fysiske karakterisering av sedimentet.....	13
3.1.1 Farge og lukt.....	13
3.1.2 Partikkelstørrelsesfordeling	13
3.1.3 Totalt organisk materiale (TOM)	14
3.2 Kjemiske karakterisering av sedimentet.....	15
3.2.1 Metaller.....	15
3.2.2 Hydrokarboner.....	18
3.3 Biologi	21
3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene	29
4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	37
5 REFERANSER.....	38
VEDLEGG.....	39

Sammendragsrapport

Innledning

RF – Rogalandsforskning ble i mai 2002 tildelt oppdraget med å gjennomføre grunnlagsundersøkelse på Alfa Nord av Statoil ASA. Det er Statoil ASA som er operatør på Alfa Nord, men undersøkelsen (feltarbeidet) ble gjennomført som en del av totalt fem grunnlagsundersøkelser. De andre feltene som er undersøkt er Fram Vest, Byggve, Skirne og Volve. Resultatene fra undersøkelsen vil være referanse for fremtidige sedimentundersøkelser på Alfa Nord.

Grunnlagsundersøkelsen av sedimentet på Alfa Nord har inkludert kjemiske og biologiske analyser. Prøvene ble samlet inn i mai 2002. Undersøkelsen er utført i henhold til arbeidsbeskrivelse fra operatørselskapene og *Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumssektoren (aktivitetsforskriften av 3. september 2001)*; *Vedlegg 1, Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel*.

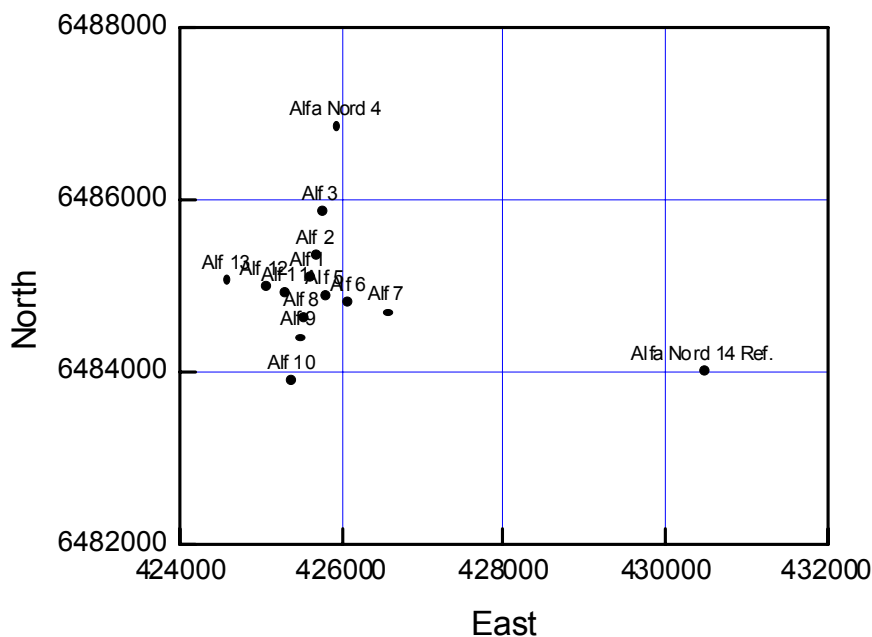
Alfa Nord ligger i den nordvestre enden av Sleipner Vest feltet (i Region II). Dybdeforholdene på de undersøkte stasjonene varierte mellom 105 og 115 m. Sedimentet bestod hovedsaklig av finkornet sand, med varierende innsalg av silt og leire.

Undersøkelsen har vært utført av RF – Rogalandsforskning med Eurofins AS som underleverandør for de organiske analysene. RF – Rogalandsforskning har vært prosjektansvarlig.

Feltarbeid, materiale og metode

Totalt ble det samlet inn prøver fra 14 stasjoner, 13 ordinære stasjoner og en referansestasjon. M/V “Stril Herkules” ble holdt manuelt i posisjon. Stasjonen og skipet ble vist på en monitor (DGPS signaler) slik at det var lettere å holde rett posisjon. De fleste prøvene ble tatt 10-20 m fra eksakt posisjon, sjelden over 40 m borte og ikke over 50 m.

De undersøkte stasjonene er plassert i et aksekors hvor aksene er plassert på langs og på tvers av den dominerende strømrretningen som var nordøst (Figur 1). Referansestasjonen (ALF-14-ref) er plassert 6 km sørøst for feltet. Stasjon ALF-14-ref var også referansestasjon for Volve feltet. Stasjonsnettet var gitt av oppdragsgiver før innsamlingen startet. Posisjoner (ut fra posisjoner fra skipets logg) på aksekorsretningene: 10° (nordlig), 100° (østlig), 190° (sørlig) og 280° (vestlig) for de undersøkte stasjonene er gitt i Tabell 1.



Figur 1. Oversikt over stasjonsplasseringer på Alfa Nord i 2002.

På de ordinære stasjonene ble det tatt tre replikate prøver fra overflatesediment (0-1 cm) til analyse av kjemiske prøver, en blandprøve til bestemmelse av partikkelstørrelse og fem replikate prøver til analyse av bunnfauna. På referansestasjonen ble det samlet inn fem replikate prøver til kjemiske analyser, en blandprøve til bestemmelse av partikkelstørrelse og ti replikate prøver til bunnfauna. I tillegg til i overflatesediment, ble det også tatt vertikale prøver av sedimentet (0-1 cm, 1-3 cm og 3-6 cm) på tre stasjoner.

Følgende analyser er utført på innsamlet materiale (Tabell 1 gir en oversikt over prøvetakingsomfang av de ulike analysene):

- partikkelstørrelsesfordeling
- totalt organisk materiale (TOM)
- metaller (barium, bly, kadmium, kopper, krom, kvikksølv og sink)
- hydrokarboner (total mengde hydrokarbon (THC), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), NPD og dekaliner)
- biologi (bentisk makrofauna)

Tabell 1. Oversikt over posisjoner, avstand og retning fra senter og prøveomfang for de undersøkte stasjonene på Alfa Nord i 2002. Biologi = bunnfauna, Kornst. = kornstørrelse (% pelitt), TOM = totalt organisk materiale, THC = total mengde hydrokarboner, PAH = polysykliske aromatiske hydrokarboner, Hg = kvikksølv og sjikt er stasjoner hvor det ble tatt vertikale profiler (1-3 og 3-6 cm) i sedimentet.

Stasjon	UTM sone 31		Avstand	Retning	Biologi	Kornst.	TOM	THC/ Metaller	PAH	Hg	Sjikt
	Nord	Øst									
ALF-1	6485117	425576	250 m	10°	5	1	3	5			
ALF-2	6485383	425663	500 m	10°	5	1	3	3			
ALF-3	6485896	425727	1000 m	10°	5	1	3	3			
ALF-4	6486884	425913	2000 m	10°	5	1	3	3			
ALF-5	6484903	425789	250 m	100°	5	1	3	3			
ALF-6	6484835	426061	500 m	100°	5	1	3	3			
ALF-7	6484710	426538	1000 m	100°	5	1	3	3			
ALF-8	6484645	425490	250 m	190°	5	1	3	3	3	3	x
ALF-9	6484417	425452	500 m	190°	5	1	3	3	3	3	x
ALF-10	6483912	425365	1000 m	190°	5	1	3	3			
ALF-11	6484953	425289	250 m	280°	5	1	3	3			
ALF-12	6485012	425035	500 m	280°	5	1	3	3			
ALF-13	6485083	424558	1000 m	280°	5	1	3	3			
ALF-14-Ref	6484042	430458	6000 m	100°	10	1	3	7	5	5	x

Resultat og diskusjon

Sedimentet på stasjonene var ensartet og dominert av finkornet sand og leire. Det var ingen spesiell lukt av sedimentet og fargen var brungrønn. Andel silt og leire (% pelitt) i sedimentet varierte mellom 11,6 og 20 % (Tabell 2). På referansestasjonen var andel silt og leire 6,6 %. Totalt organisk materiale (TOM) varierte fra 2,7 til 3,6 % på de ordinære stasjonene. På referansestasjonen (ALF-14) var TOM 2,3 %.

Økt innhold av tungmetaller kan være en konsekvens av utslipp fra oljeutvinning og det er gjort analyser av utvalgte metaller (Tabell 3). Barium er trolig den beste parameteren til å spore utslipp fra boreaktivitet siden bariumsulfat er en viktig bestanddel i borevæsker. Konsentrasjon av barium varierte fra 148 til 243 mg/kg i overflatesedimentet, og var generelt høyere enn i nærliggende områder. Resultatet fra den vertikale fordelingen av barium viser et ulikt bilde på ALF-8, ALF-9 og ALF-14-ref. Høy andel av silt og leire på Alfa Nord er den sannsynlige forklaringen til høye verdier av barium på Alfa Nord sammenlignet med tidligere undersøkelser i området. De målte metallkonsentrasjonene (for Cd, Cr, Cu, Pb, Zn og Hg) i overflatesedimentet på Alfa Nord er ellers på nivå med det som er målt tidligere i området. Det er ikke observert merkbare forskjeller mellom stasjonene, men generelt var det lavest metallinnhold på referansestasjonen.

Gjennomsnittlig konsentrasjon for total mengde hydrokarboner (THC) varierte mellom 5,0 og 8,1 (Tabell 3). På referansestasjonen var gjennomsnittskonsentrasjon av THC 4,5 mg/kg. Sammenlignet med resultatene fra tidligere undersøkelser ligger verdiene på de fleste stasjonene på Alfa Nord noe høyere. Analysene av PAH og NPD indikerer at det ikke er noen lokal kilde for kontaminering av hydrokarboner på Alfa Nord. Kromatogrammene viser at fingeravtrykket av de ulike PAHene er av pyrogen opprinnelse og ikke fra olje som utvinnes i Nordsjøen.

Tabell 2. Resultat fra analyse av partikkelstørrelse som % pelitt (leire + silt), totalt organisk materiale (TOM) og bunnfauna (antall taxa, antall individ, jevnhet, forventet antall arter ES(100) og diversitet) på Alfa Nord i 2002. Verdiene fra faunaanalysene baserer seg på fem replikate prøver unntatt på referansestasjonen ALF-14-ref hvor det ble tatt ti replikate prøver.

Stasjon	Pelitt (%)	TOM (%)	Antall taxa	Antall individ	Jevnhet	ES(100)	Diversitet
ALF-1	14,6	3,63	94	387	0,90	51	5,89
ALF-2	12,2	2,87	93	436	0,86	47	5,62
ALF-3	16,8	3,17	84	319	0,88	48	5,62
ALF-4	19,2	3,17	80	314	0,88	47	5,59
ALF-5	12,7	2,97	100	379	0,89	51	5,89
ALF-6	11,9	3,20	103	467	0,88	50	5,85
ALF-7	11,6	2,87	106	444	0,89	52	5,96
ALF-8	14,5	2,90	90	393	0,89	49	5,75
ALF-9	13,1	3,50	105	432	0,88	51	5,94
ALF-10	14,3	3,43	88	426	0,89	48	5,73
ALF-11	13,4	2,70	92	400	0,88	48	5,71
ALF-12	19,5	2,67	103	566	0,85	46	5,68
ALF-13	13,8	3,17	87	418	0,84	45	5,42
ALF-14-ref	6,6	2,27	129	930	0,87	51	6,09

Tabell 3. Resultat fra analyse metaller (Ba, Cr, Cd, Cu, Pb og Zn) og total mengde hydrokarboner (THC), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og NPD (naftalen, fenantren og dibenzotiofen) på Alfa Nord i 2002. Verdiene baserer seg på tre replikate prøver unntatt på referansestasjonen ALF-14-ref hvor det ble tatt fem replikate prøver.

Stasjon	Barium (Ba)	Krom (Cr)	Kadmium (Cd)	Kopper (Cu)	Bly (Pb)	Sink (Zn)	THC (mg/kg)	PAH (mg/kg)	NPD (mg/kg)
ALF-1	203	11,0	0,033	2,5	6,9	13,5	6,2		
ALF-2	160	9,5	0,023	4,0	5,5	12,0	7,9		
ALF-3	187	10,6	0,028	2,5	6,4	14,1	8,1		
ALF-4	204	10,9	0,027	2,7	6,7	13,8	6,4		
ALF-5	189	9,8	0,024	2,3	6,8	12,6	5,0		
ALF-6	174	8,6	0,027	2,0	6,1	11,6	6,8		
ALF-7	173	8,9	0,022	2,4	6,0	11,1	5,4		
ALF-8	216	10,3	0,027	2,4	7,0	13,6	7,7	0,128	0,043
ALF-9	167	9,4	0,031	2,3	6,1	11,5	7,5	0,128	0,053
ALF-10	243	10,3	0,035	2,8	8,3	14,3	8,1		
ALF-11	173	10,4	0,036	2,4	6,4	13,2	7,2		
ALF-12	159	9,2	0,057	3,5	6,1	11,8	7,3		
ALF-13	165	10,0	0,037	2,3	6,9	12,7	6,7		
ALF-14-ref	148	8,9	0,025	1,8	5,9	10,3	4,5	0,067	0,033

Totalt ble det funnet 6311 individ fordelt på 237 taxa på Alfa Nord. Resultatene fra fauna analysene er oppsummert i Tabell 2. Diversiteten var generelt høy på alle de undersøkte stasjonene. Forventet artsantall blant 100 individ (Hurlbert ES₁₀₀) var

mellom 45 og 52. Jevnhet er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Det ble beregnet høy jevnhet på alle stasjonene, dette betyr at det er få dominerende taxa blant faunamaterialet. Resultatene fra årets undersøkelse er omtrent tilsvarende biologi resultatene fra tidligere undersøkelser i Region II. Børstemarkene dominerer både i antall arter og antall individ, og utgjør ca 40 % av artene og 54 % av individene. Forholdet mellom faunagruppene stemmer med tidligere undersøkelser i området. Faunaen på Alfa Nord har mange likheter med faunen på Loke og REG2-06 i 1997 og 2000. Dominerende taxa på Alfa Nord er derimot noe ulik det som ble funnet på Loke og REG2-06. Referansestasjonen skiller seg noe ut fra de ordinære stasjonene med hensyn til faunasammensetning, dette er vist i de multivariate analysene.

Konklusjon

Det er ikke funnet resultat som tyder på at området er påvirket av lokal oljeforurensing. Det var ingen gradienter i resultatene, og heller ingen systematiske forskjeller med henblikk på stasjonsplassering og avstand til feltsenteret. Det ble funnet noe høyere verdier for enkelte av de målte parameterne, dette skyldes sannsynligvis den relativt høyere andelen av finpartikulært materiale i sedimentet på Alfa Nord i forhold til nærliggende områder. Referansestasjonen (ALF-14-ref) skilte seg en del fra de andre stasjonene. Trolig skyldes forskjeller mellom de ordinære stasjonene og referansestasjonen en effekt av avstand og dermed ulike miljøforhold (bakgrunnsverdier). Undersøkelsen danner et godt utgangspunkt som referanse for fremtidige sedimentundersøkelser på Alfa Nord.

Summary report

Introduction

RF – Rogaland Research was in May 2002 commissioned by Statoil ASA to carry out an environmental baseline study of the sea bed at the Alfa Nord field in the North Sea. Due to the planned development of the Alfa Nord field, the environmental conditions had to be investigated before development and operation in the area. Results from the baseline survey will be used as a reference for future environmental investigations at the Alfa Nord field.

The baseline survey included chemical and biological sampling. Sampling period was from 23rd to 28th May 2002. The sampling programme is mainly based upon the *Regulations relating to conduct of activities in the petroleum activities (the activities regulations of 3rd September 2001)*.

The Alfa Nord field is situated in the south part of the North Sea (Region II). Water depths in the survey area varied between 105 meters and 115 meters. The sediment texture was mainly fine sand, with varying content of silt and clay.

RF – Rogaland Research has carried out the survey, with Eurofins AS as a sub-contractor for the hydrocarbon analyses.

Field work, material and methods

In total, 14 stations and were sampled from 13 ordinary sites and one reference site. (A detailed field report in English is given in Appendix 1). M/V *Stril Herkules* was supplied with bow and stern thrusters, an Azimuth thruster (rotating 360°) and propulsion for sailing (approximately 15 knots). Together with a DGPS and a monitor which pointed the vessel and stations, the vessel was kept in position manually. Most samples were taken within 10-20 m out of exact position, but not more than 50 m and rarely above 40 m from centre (navigation log for each sample are available).

Sampling stations were placed in two transects, one across and one along the main current which is north east (Figure 1). Positions of sampling stations were decided by the contractors before project start. Actual sampling positions are given in Table 1.

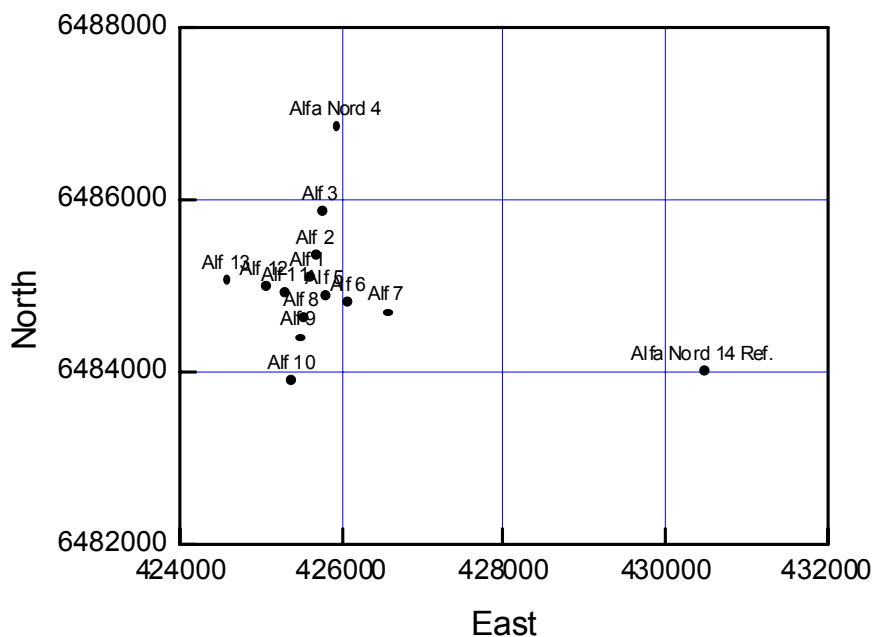


Figure 1. Sampling positions at Alfa Nord in 2002.

For chemical and physical samples, three replicate grab samples were collected and analysed at the ordinary stations, and five replicates at the reference station. All samples were taken from the surface sediment (0-1 cm). In addition, the vertical distribution (0-1, 1-3 and 3-6 cm) of hydrocarbons and metals were analysed from selected stations. For biological samples, five replicates were analysed at the ordinary stations, and ten replicates at the reference station. All analyses were carried out using standard methods and guidelines.

The following analyses have been carried out (Table 1 summarises the sampling program at Alfa Nord):

- grain size distribution
- total organic material (TOM)
- metals (barium, lead, cadmium, copper, chromium, mercury and zinc)
- hydrocarbons (THC, PAH:s, NPD:s and decalines)
- soft bottom fauna

Table 1. Positions, distance and direction from field centre and sampling program for the stations at Alfa Nord in 2002. Fauna = soft bottom macro fauna, grain size = particle size distribution (% pelite), TOM = total organic matter, THC = total hydrocarbon, Hg = mercury, sections is vertical profiles (1-3 and 3-6 cm) of the sediment

Station	UTM zone 31		Distance	Direction	Fauna	Grain size	TOM	THC/ Metals	PAH	Hg	Sections
	North	East									
ALF-1	6485117	425576	250 m	10°	5	1	3	3			
ALF-2	6485383	425663	500 m	10°	5	1	3	3			
ALF-3	6485896	425727	1000 m	10°	5	1	3	3			
ALF-4	6486884	425913	2000 m	10°	5	1	3	3			
ALF-5	6484903	425789	250 m	100°	5	1	3	3			
ALF-6	6484835	426061	500 m	100°	5	1	3	3			
ALF-7	6484710	426538	1000 m	100°	5	1	5	5			
ALF-8	6484645	425490	250 m	190°	5	1	5	5	3	3	x
ALF-9	6484417	425452	500 m	190°	5	1	3	3	3	3	x
ALF-10	6483912	425365	1000 m	190°	5	1	3	3			
ALF-11	6484953	425289	250 m	280°	5	1	3	3			
ALF-12	6485012	425035	500 m	280°	5	1	3	3			
ALF-13	6485083	424558	1000 m	280°	5	1	3	3			
ALF-14-Ref	6484042	430458	6000 m	100°	10	1	3	7	5	5	x

Results & discussions

The sediment was generally homogenous and dominated by fine sand, silt and clay. Amount of pelitt (silt and clay) varied between 11.6 and 20 % at the ordinary stations (Table 2). At the reference station, amount of silt and clay was 6.6 %. Total organic content (TOM) was in general low, and varied between 2.3 and 3.6 %.

Petroleum activity may result in elevated levels of various metals, therefore selected metals were analysed (Table 3). Barium is probably the best metal in tracing petroleum activity, due to the use of barium sulphate in drilling fluids. Generally, the concentrations of barium in the surface sediment were high at all stations, varying from 148 to 243 mg/kg. Compared to other investigations, the concentrations of barium at Alfa Nord are higher. Concentrations of the other metals (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn and Hg) were in general low, and comparable to results from other investigations in the area.

Hydrocarbons were analysed using gas chromatography. The sediment was in general characterised by low content of hydrocarbons (Table 3). The average THC concentration varied between 4.5 and 8.1 across the survey area. The analyses of PHAs and NPDs indicate no local source for contamination of hydrocarbons. Measured THC concentrations at Alfa Nord are slightly higher compared to results from the region in 1997 and 2000.

Table 2. Data from analyses of particle size distribution as % pelitt (silt + clay), total organic material (TOM) and biological data (number of taxa, number of individuals, evenness, expected number of taxa and diversity) from the Alfa Nord field in 2002. (Fauna analyses are based on five samples at the ordinary stations and ten samples at the reference station).

Station	Pelite (%)	TOM (%)	Number of taxa	Number of individuals	Evenness	ES(100)	Diversity
ALF-1	14.6	3.63	94	387	0.90	51	5.89
ALF-2	12.2	2.87	93	436	0.86	47	5.62
ALF-3	16.8	3.17	84	319	0.88	48	5.62
ALF-4	19.2	3.17	80	314	0.88	47	5.59
ALF-5	12.7	2.97	100	379	0.89	51	5.89
ALF-6	11.9	3.20	103	467	0.88	50	5.85
ALF-7	11.6	2.87	106	444	0.89	52	5.96
ALF-8	14.5	2.90	90	393	0.89	49	5.75
ALF-9	13.1	3.50	105	432	0.88	51	5.94
ALF-10	14.3	3.43	88	426	0.89	48	5.73
ALF-11	13.4	2.70	92	400	0.88	48	5.71
ALF-12	19.5	2.67	103	566	0.85	46	5.68
ALF-13	13.8	3.17	87	418	0.84	45	5.42
ALF-14-ref	6.6	2.27	129	930	0.87	51	6.09

Table 3. Data from analyses of metals (Ba, Cr, Cd, Cu, Pb og Zn), total hydrocarbons (THC), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and NPD (naphthalene, fenantren and dibenzotiofen)) at Alfa Nord in 2002. (The values are based on three replicate samples at the ordinary stations and five replicate samples at the reference station).

Station	Barium (Ba)	Chrom (Cr)	Cadmium (Cd)	Copper (Cu)	Lead (Pb)	Zinc (Zn)	THC (mg/kg)	PAH (mg/kg)	NPD (mg/kg)
ALF-1	203	11.0	0.033	2.5	6.9	13.5	6.2		
ALF-2	160	9.5	0.023	4.0	5.5	12.0	7.9		
ALF-3	187	10.6	0.028	2.5	6.4	14.1	8.1		
ALF-4	204	10.9	0.027	2.7	6.7	13.8	6.4		
ALF-5	189	9.8	0.024	2.3	6.8	12.6	5.0		
ALF-6	174	8.6	0.027	2.0	6.1	11.6	6.8		
ALF-7	173	8.9	0.022	2.4	6.0	11.1	5.4		
ALF-8	216	10.3	0.027	2.4	7.0	13.6	7.7	0.128	0.043
ALF-9	167	9.4	0.031	2.3	6.1	11.5	7.5	0.128	0.053
ALF-10	243	10.3	0.035	2.8	8.3	14.3	8.1		
ALF-11	173	10.4	0.036	2.4	6.4	13.2	7.2		
ALF-12	159	9.2	0.057	3.5	6.1	11.8	7.3		
ALF-13	165	10.0	0.037	2.3	6.9	12.7	6.7		
ALF-14-ref	148	8.9	0.025	1.8	5.9	10.3	4.5	0.067	0.033

In total, 6311 individuals were collected and identified to 237 taxa at the Alfa Nord field. Table 2 summarises the result of the various fauna calculations. Number of

individuals at the ordinary stations varied between 314 and 566, while number of taxa varied between 80 and 106 at the ordinary stations. Diversity (Shannon-Wiener) was high at all stations and varied between 5.42 and 6.09. Evenness was also high at all stations. Expected numbers of individuals (Hurlbert ES100) was calculated to be between 45 and 52. The polychaetes dominated the fauna numerically, contributing 40 % to the number of taxa and 54 % to the number of individuals. Distribution of the main fauna groups (polychaetes, molluscs, crustaceans, echinoderms and varia) is similar compared to earlier investigations in the area. Fauna at the reference station differ from the ordinary stations, this is seen in the multivariate analyses.

Conclusions

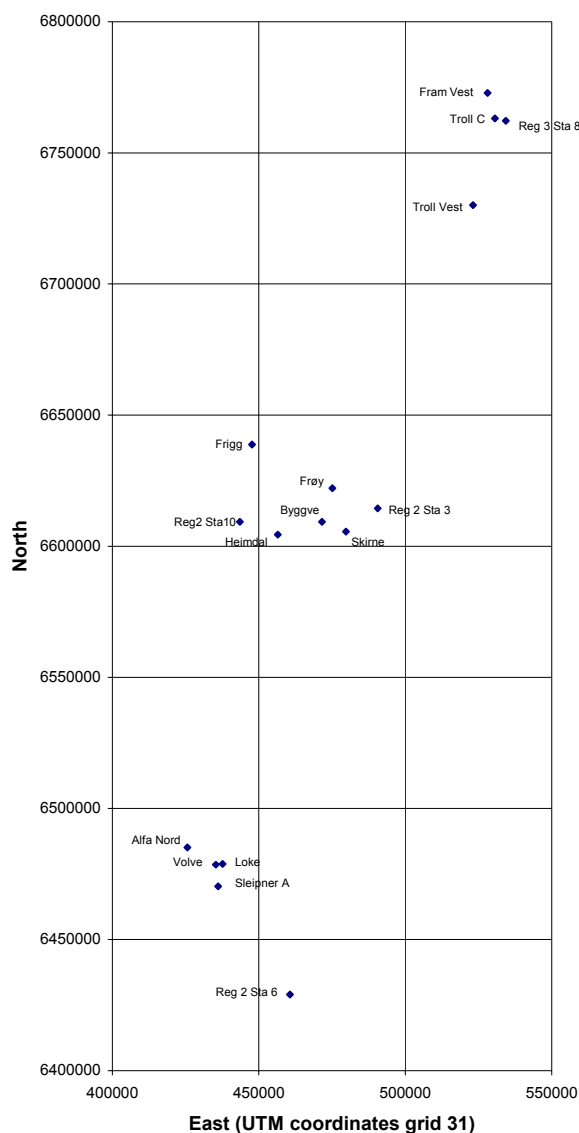
There is no indication that the area is influenced of contamination. No gradients were detected in the results, meaning a systematic differences due to distance from the field centre.

The natural levels of metals and hydrocarbons vary with sediment and texture. The high content of silt and clay in the sediment at Alfa Nord compared to other fields in the region is probably the explanation of higher hydrocarbon and metal level in this area compared to other stations in the area.

The survey is a good basis for later monitoring surveys in the area to investigate the possible effects of exploration at Alfa Nord.

1 Innledning

Alfa Nord ligger i den nordvestre enden av Sleipner Vest feltet (Region II) ca 18 km nord vest for Sleipner A plattformen (Figur 1-1). Statoil ASA er operatør for Alfa Nord. Alfa Nord planlegges utbygd med et undervannsproduksjonssystem med fire produserende brønner fra en fire slots bunnramme. Bunnstrømmen vil gå til Sleipner T plattformen (SLT) for prosessering.

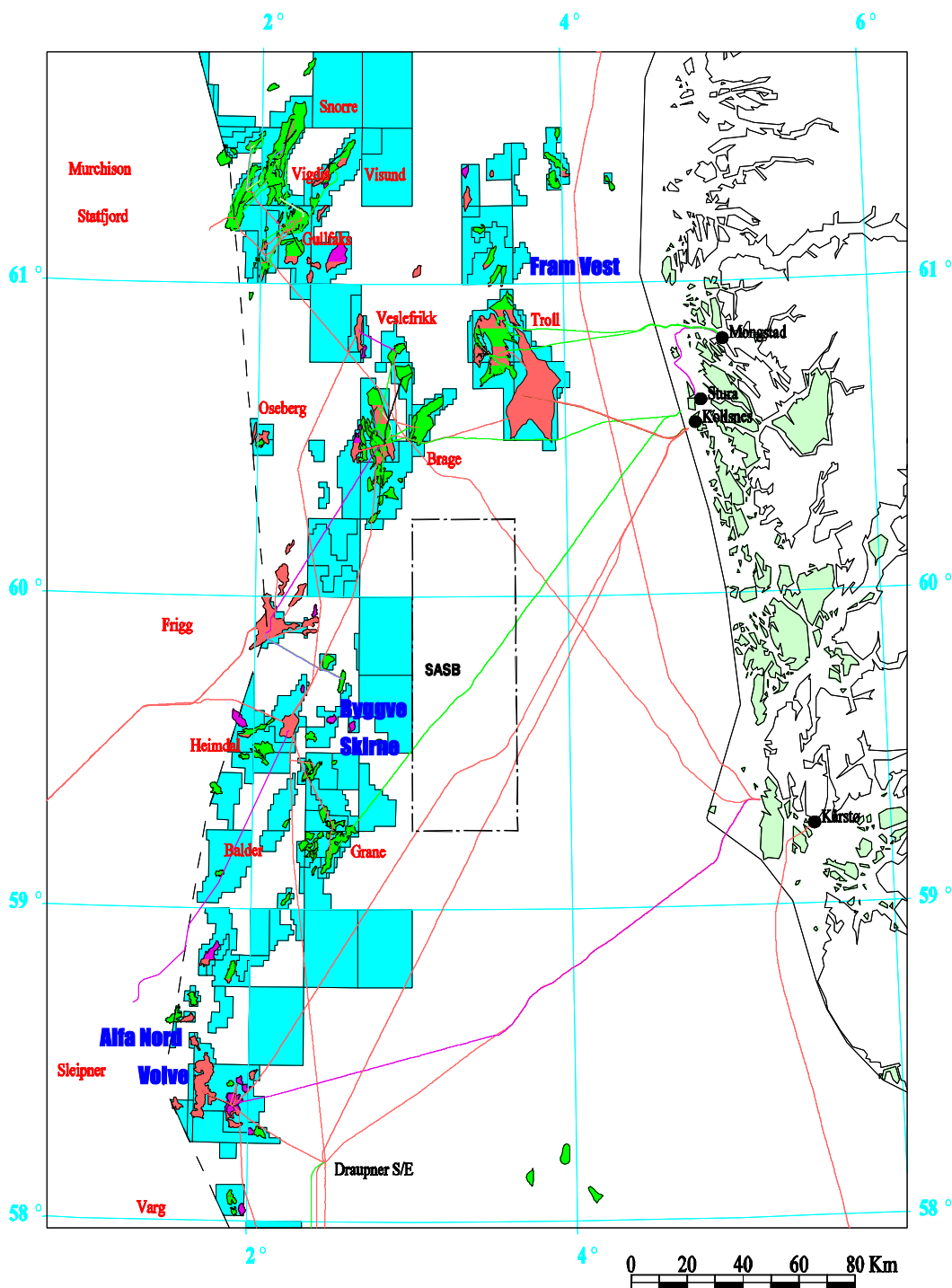


Figur 1-1. Plassering av Alfa Nord i forhold til nærliggende felt. Regionale stasjoner og felt hvor det ble utført grunnlagsundersøkelser i 2002 er også inkludert i kartet.

I forbindelse med planlagt utvikling av Alfa Nord er det gjennomført en grunnlagsundersøkelse av sedimentet i området. Undersøkelsen har inkludert fysiske,

kjemiske og biologiske analyser. Prøvene ble samlet inn i perioden 23.-28. mai 2002. Undersøkelsen er utført i henhold til *Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumssektoren (aktivitetsforskriften av 3. september 2001); Vedlegg 1, Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel.*

Grunnlagsundersøkelsen ved Alfa Nord ble utført samtidig med grunnlagsundersøkelser på feltene Fram Vest, Skirne, Byggve og Volve. Det er utarbeidet en felles feltjournal for alle feltene (Vedlegg 1).



Figur 1-2. Oversiktskart over prøvetakingsområdet.

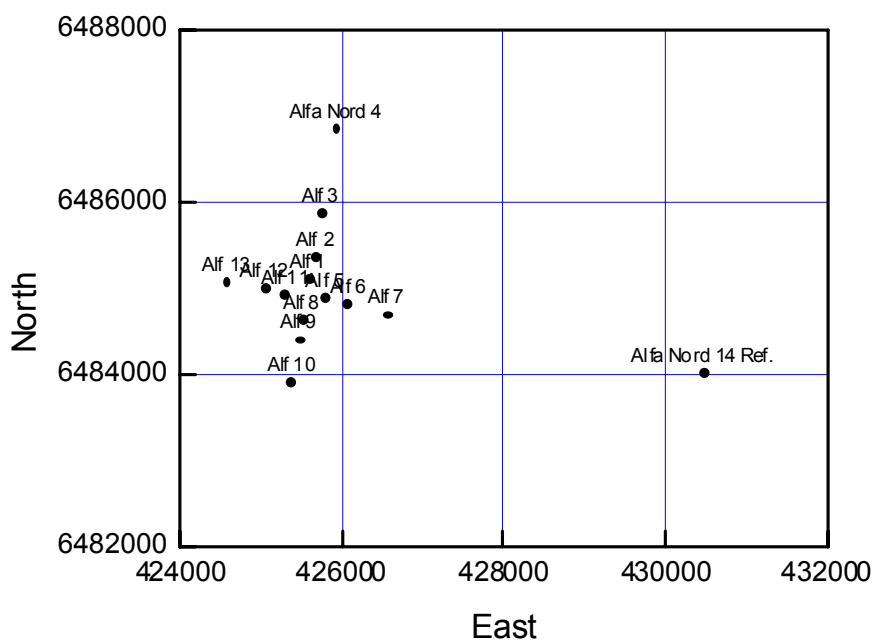
2 Materiale & metode

2.1 Innsamlingsområdet / stasjonsnettverk

De undersøkte stasjonene på Alfa Nord er plassert i et aksekors hvor aksene er plassert på langs og på tvers av den dominerende strømretningen som er i nordøstlig retning (Figur 2-1). Referansestasjonen (ALF-14-ref) er plassert ca 6 km sørøst for feltet (fra senter). Stasjon ALF-14-ref er også referansestasjon for Volve feltet (Eriksen m. fl. 2003). Stasjonsnettet var gitt av oppdragsgiver før innsamlingen startet. Posisjoner (ut fra posisjoner fra skipets logg) på aksekorsretningene: 10° (nordlig), 100° (østlig), 190° (sørlig) og 280° (vestlig) for de undersøkte stasjonene er gitt i Tabell 2-1.

Sedimentet på Alfa Nord bestod hovedsaklig av finkornet sand, med varierende innslag av leire og silt. Dybdeforholdene på de undersøkte stasjonene varierte mellom 105 og 115 m (Tabell 2-1).

For å sammenligne resultatene fra grunnlagsundersøkelsen med tidligere resultat fra Sleipner området, ble en regional stasjon (REG2-06) og en stasjon fra Loke feltet (LOKE-02) valgt ut. Disse to stasjonene har tilsvarende dybde og sedimentforhold som de undersøkte stasjonene på Alfa Nord. Stasjonene regnes også som upåvirket, uten kontaminering. Resultatene fra undersøkelsen på REG2-06 og LOKE-02 i 1997 er fremstilt i figurer sammen med resultatene fra Alfa Nord. I tillegg er dataene sammenlignet med resultat fra siste undersøkelse i region II (Mannvik m.fl. 2001).



Figur 2-1. Oversikt over stasjonsplasseringer på Alfa Nord i 2002.

Tabell 2-1. Stasjonsdyp, Posisjoner, avstand og retning for de undersøkte stasjonene på Alfa Nord i 2002.

Stasjon	Stasjonsdyp	Avstand	Retning	UTM sone 31	
				Nord	Øst
Alfa Nord senter				6484925	425470
ALF-1	110 m	250 m	10°	6485117	425576
ALF-2	112 m	500 m	10°	6485383	425663
ALF-3	110 m	1000 m	10°	6485896	425727
ALF-4	109 m	2000 m	10°	6486884	425913
ALF-5	110 m	250 m	100°	6484903	425789
ALF-6	110 m	500 m	100°	6484835	426061
ALF-7	115 m	1000 m	100°	6484710	426538
ALF-8	110 m	250 m	190°	6484645	425490
ALF-9	108 m	500 m	190°	6484417	425452
ALF-10	108 m	1000 m	190°	6483912	425365
ALF-11	110 m	250 m	280°	6484953	425289
ALF-12	112 m	500 m	280°	6485012	425035
ALF-13	110 m	1000 m	280°	6485083	424558
ALF-14-Ref	105 m	5000 m	100°	6484042	430458

2.2 Feltarbeid

Innsamling av prøver ble foretatt fra M/S Stril Herkules i perioden 23.-28. mai 2002. Skipet var leid inn av operatørene til gjennomføring av feltarbeid for grunnlagsundersøkelsen. Det ble totalt samlet inn sedimentprøver på 14 stasjoner inkludert referansestasjonen på Alfa Nord. Det ble ført toktjournal for prøvetakingen, hvor alle relevante opplysninger ble registrert (Vedlegg 1).

M/V “Stril Herkules” ble holdt manuelt i posisjon. Stasjonen og skipet ble vist på en monitor (DGPS signaler) slik at det var lettere å holde rett posisjon. De fleste prøvene ble tatt 10-20 m fra eksakt posisjon, sjelden over 40 m borte og ikke over 50 m. For detaljer angående metoder og utstyr i forbindelse med prøveinnsamlingen henvises det til feltrapporten i Vedlegg 1.

Prøvetaking ble utført i henhold til Norsk Standard (NS 9420, NS 9422 og NS 9423) og vedlegg 1 i *Aktivitetsforskriften*. Sedimentprøvene ble samlet inn med en 0,1 m² van Veen grabb, og det ble tatt fem replikate hugg pr. stasjon til bunndyrsanalyser og tre replikate hugg til kjemiske analyser. Til analyse av partikkelstørrelsesfordeling ble det tatt en blandprøve av tre grabbprøver. På referansestasjonen ALF-14-ref ble det samlet inn 10 replikate hugg til bunndyrsanalyser og 5 replikate hugg til kjemiske analyser. Prøvene til bunndyrsanalysene ble sikret gjennom sikter med hulldiameter på 5 og 1 mm, slik at prøvene er kvantitative for bentisk infauna > 0,1 mm. Prøvene ble fiksert med 4 % formalin og nøytralisert med boraks. Tabell 2-2 gir en oversikt over prøvetakingsstasjoner og analyser som ble foretatt på hver stasjon.

Prøver til metall-, hydrokarbon-, og glødetapsanalyser ble tatt fra en luke øverst på grabben, og representer 0-1 cm av sedimentet. Til partikkelstørrelsesfordeling ble det tatt prøve fra 0-5 cm i sedimentet. Alle prøvene ble oppbevart i frossen tilstand frem til analyse. I tillegg ble det tatt seksjonerte prøver fra tre stasjoner (ALF-8, ALF-9 og

ALF-14 (referansestasjon)) for å undersøke dybdefordeling av metaller og THC i sedimentet (Tabell 2-2). De seksjonerte prøvene ble tatt fra 0-1 cm, 1-3 cm og 3-6 cm dybde i sedimentet. ALF-8 og ALF-9 ligger motstrøms fra senter på Alfa Nord. Ut fra aktivitetsforskriften skal det tas seksjonerte prøver nedstrøms feltcenteret og det skal legges en stasjon lenger borte nedstrøms fra senteret enn på de andre aksene. Stasjonene hvor det ble tatt seksjonerte prøver var bestemt av oppdragsgiver på forhånd.

Tabell 2-2. Oversikt over prøveomfang på Alfa Nord i 2002. Stasjonsnavn er angitt med antall meter og retning (grader) stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Stasjon	Biologi	Kornst.	TOM	THC	Metaller	PAH	Hg	Kommentar
ALF-1-250m-10°	5	1	3	3	3			
ALF-2-500m-10°	5	1	3	3	3			
ALF-3-1000m-10°	5	1	3	3	3			
ALF-4-2000m-10°	5	1	3	3	3			
ALF-5-250-100°	5	1	3	3	3			
ALF-6-500m-100°	5	1	3	3	3			
ALF-7-1000m-100°	5	1	3	3	3			
ALF-8-250m-190°	5	1	3	5	5	3	3	Seksjonering
ALF-9-500m-190°	5	1	3	5	5	3	3	Seksjonering
ALF-10-1000m-190°	5	1	3	3	3			
ALF-11-250m-280°	5	1	3	3	3			
ALF-12-500m-280°	5	1	3	3	3			
ALF-13-1000m-280°	5	1	3	3	3			
ALF-14-ref	10	1	3	7	7	5	5	Seksjonering
Totalt	75	14	42	50	50	11	11	

Under feltarbeidet ble sedimentet beskrevet med hensyn til farge og lukt. Fargen ble sammenlignet med fargekart i Munsell Soil Colour Chart System. Sedimentfargen ble gjengitt med koder i følge fargekartet. I tillegg til beskrivelse av farge og lukt ble også tilstedeværelse av større dyr notert og prøvevolum (se Vedlegg 1 for detaljerte beskrivelser).

2.3 Analyse av sedimentet

2.3.1 Partikkelstørrelsesfordeling

Analysene av kornfordeling ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode basert på Buchanan (1984) (ikke akkreditert). Sedimentet ble tørket over natten ved 105 °C. 20-30 g prøve ble veid inn til analyse. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våtsikting (0,063 mm). Den grove fraksjonen (> 63 µm = 0,063 mm) ble analysert ved tørrsikting etter at prøven var tørket over natten ved 105 °C. Det tørre sedimentet ble deretter overført til en sikteserie med åpninger fra 4 til 0,063 mm (Tabell 2-3). Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 gram. Andel partikler (vekten) som var mindre enn 0,063 mm ble bestemt ved å trekke

summen av vekten til de andre partikkelstørrelsene ($> 0,063$ mm) fra utgangsvekten til prøven.

Tabell 2-3. Klassifisering av sediment. Siktstørrelser for analyse av grovfraksjon i sedimentet er markert med #. ϕ (phi-verdiene) fremkommer ved å ta $-\log_2$ av størrelsen i mm.

Navn	Størrelse (mm)	Størrelse (ϕ)
Grus	4	-2
Sand	2#	-1
	1#	0
	0.5#	1
	0.25#	2
	0.125#	3
Silt	0.063#	4
	0.031	5
	0.015	6
	0.008	7
	0.004	8
Leire	< 0.004	9

Beregning av geologiindeks er basert på et beregningsprogram utviklet av Tucker (1988). Indeksene som beregnes er sorting (standardavvik), skevness og kurtosis. Sorting viser antall størrelsesfraksjoner som finnes i sedimentet. Det best sorterte sedimentet består av bare en partikkelstørrelse. Skevness angir normalfordelingen av partiklene. Positive skevness verdier indikerer at man har flere små enn store partikler, negative verdier indikerer flere større partikler. Kurtosis angir forholdet mellom den beregnede fordelingskurven sammenlignet med normalfordelingen. Tabell 2-4 gir en oversikt over parametre som er beregnet med tilhørende forklaring. I tillegg ble median partikkeldiameter (Φ) av sedimentet beregnet. Φ er midtpunktet på den kumulative kornfordelingskurven.

Siden det bare er utført sikteanalyser for sedimentet er det vanskelig å sammenligne de beregnede indeksene med tidligere data hvor pelitt (leire + silt) andelen er høy. Denne fraksjonen er ikke tildelt noen partikkelstørrelse i beregningene.

Tabell 2-4. Oversikt over beregnede parametre med forklaring til beregning av geologiindeks.

Parameter	Indeks	Forklaring	Indeks	Forklaring
Standardavvik (Sorting)	<0,35	Svært godt sortert	>4	Ekstremt dårlig sortert
Skevness	+0,3 til +1,0 Φ	Meget skjev finkornet	-0,3 til -1,0 Φ	Meget skjevt grovkornet
Kurtosis	<0,67	Meget platykuritisk	>3	Ekstremt leptokuritisk

2.3.2 Totalt organisk materiale (TOM)

Prøvene for analyse av totalt organisk materiale (TOM) ble først tørket ved 50 °C til konstant vekt. Deretter ble prøvene knust og homogenisert i en agarmorter og siktet gjennom en 0,5 mm nylon sikt. Dette ble gjort for å fjerne grovere materiale og i tillegg oppnå bedre homogenitet i prøvene. Mengde TOM ble analysert som glødetap (vekt-reduksjon), etter gløding ved 550 °C i minimum 2 timer (NS 4764). Analysen ble utført av RF – Miljølab.

2.3.3 Metaller

Prøvene til metallanalysene ble oppsluttet i henhold til Norsk Standard 4770. Sedimentprøvene ble tørket ved 50 °C til konstant vekt. Prøvene ble deretter knust og homogenisert i en agarmorter og siktet gjennom en 0,5 mm nylon sikt. Videre analyser ble utført av fraksjonen av partikler mindre enn 0,5 mm.

Metallene ble ekstrahert ved at 0,5 gram av fraksjonen ble tilsatt 5 ml 7 M salpetersyre (Merck Suprapure grad). Prøvene ble deretter overført til en autoklav med konstant temperatur på 120 °C i 30 minutter. Etter avkjøling ble prøvene fortynnet med destillert vann til 25 ml. Hver tiende prøve som ble oppsluttet var en replikat prøve, dette ble gjort for å vurdere presisjon og homogenitet i prøvene. I tillegg ble blanker og referansemateriell oppsluttet for kontroll og validering av metoden. Oppslutningen var lik for alle analyserte prøver.

Sedimentet ble analysert for følgende metaller i henhold til aktivitetsforskriften: barium (Ba), krom (Cr), kadmium (Cd), kobber (Cu), sink (Zn), bly (Pb), og kvikksølv (Hg). I tillegg ble nikkel (Ni) og Arsen (As) analysert. Metallene ble, med unntak av kvikksølv, analysert i en ICP-MS med indium som intern standard. Det ble brukt en VG-PQ2+ICP-MS med en Meinard forstøver og et "spay chamber" av kvarts nedkjølt til 5 °C. I overgangen mellom plasma og massespektrometer ble det brukt en 1 mm standard sampling cone og en 0,8 mm standard skimmer cone, begge av nikkel. For å optimalisere analysen ble prosedyren "Peak-Jump" brukt, denne måler to ulike masser (vekt) av hvert resultat for å forsikre at det ikke er interferens. Ved vurdering av resultatene velges den vekten som gav best presisjon. For kvikksølv ble det benyttet kalddamp-atomabsorpsjon (CV-AAS) med et automatisk injeksjonssystem (FIMS) fra Perkin-Elmer. Ved kvantifisering av resultatene fra både ICP-MS og FIMS ble det brukt en standardkurve som ble laget i samme matrisen som de oppsluttede prøvene.

Deteksjonsgrenser for metaller som ble analysert er vist i Tabell 2-5. Analysen ble utført av RF – Miljølab.

Tabell 2-5. Deteksjonsgrenser for de ulike metallene som ble analysert ved Alfa Nord i 2002. Deteksjonsgrensene er beregnet fra resultat av ti blank prøver.

Metall	Deteksjonsgrense (mg/kg)
Cr	0,06
Ni	0,02
Cu	0,04
Zn	0,4
As	0,006
Cd	0,001
Ba	2
Pb	0,01
Hg	0,001

2.3.4 Hydrokarboner

2.3.4.1 Totale hydrokarboner (THC)

Prøven forsåpes først i metanolisk KOH, deretter filtreres prøven, og filtratet ekstraheres med diklormetan (Anon 1982). Den polare fraksjonen fjernes ved kolonnekromatografi. Etter inndamping analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med flamme-ionisasjonsdetektor (GC/FID). Baseoljen HDF 200 ble brukt som ekstern standard ved evalueringen av resultatene.

2.3.4.2 Andre organiske komponenter

Prøven forsåpes først i metanolisk KOH, deretter filtreres prøven, og filtratet ekstraheres med diklormetan (Anon 1982). Den polare fraksjonen fjernes ved kolonnekromatografi. Etter inndamping analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med massespektrometrisk detektor (GC/MS-SIM). Fire deutererte PAH:er ble brukt som intern standard.

Tabell 2-6 viser en oversikt over deteksjonsgrenser for de organiske analysene. Det henvises til Vedlegg 4 for mer utfyllende beskrivelser av metoder for analyse av organiske komponenter. Alle de organiske analysene er utført ved Eurofins AS (tidligere Miljøkjemi AS).

Tabell 2-6. Deteksjonsgrenser for de organiske komponentene. NB! Deteksjonsgrensene gjelder for hver enkel komponent (PAH og NPD); dvs at usikkerheten ved sum PAHer (EPAs liste av 16 forbindelser) vil den totale usikkerheten være +/- 0,032 mg/kg.

Komponent	Deteksjonsgrense (mg/kg)	Kommentar
THC	2	Basert på tørrvekt av sediment
PAH	0,002	Basert på våtvekt av sediment
NPD	0,002	Basert på våtvekt av sediment
Dekaliner	0,005	Basert på våtvekt av sediment

2.3.5 Grense for signifikant kontaminering (LSC)

Siden dette er en grunnlagsundersøkelse er ikke LSC beregnet (jmf. Aktivitetsforskriften av 3. september 2001).

2.3.6 Bunndyrsanalyser

Bunndyrsanalysene ble utført i henhold til NS 9423. Bunndyrsfaunaen er hovedsaklig lite mobil, og kan ofte gi et bilde på miljøtilstanden i et område. Antall arter, antall individ og faunatype er avhengig av sedimenttype og eventuell kontaminering.

I laboratoriet ble innholdet i prøveboksene overført til sikter (< 1 mm). I sikten ble prøvene skylt med ferskvann for å fjerne restene av formalin. Sortering ble foretatt under lupe, og dyrene ble gruppert etter fylum og lagret i etanol. Dyrene ble identifisert til lavest mulige taxa. Resultatet fra identifiseringen presenteres som en artsliste.

Det ble gjennomført flere statistiske analyser (univariate og multivariate) på resultatene fra bunndyrsidentifiseringen. Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm

Dette medfører at grupper som rundmark samt kolonidannende arter som hydrozoer, bryozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Krepsdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analysene. Juvenile individ er inkludert i analysene, men dersom juvenile var blant de ti mest dominerende organismene ble også de statistiske analysene utført uten juvenile individ.

Resultatene fra bunndyrsanalysene er presentert ved bruk av følgende metoder:

- Fullstendig artsliste
- Antall arter og individer pr grabbprøve og totalt pr stasjon
- Kumulativt antall arter pr grabbprøve på referansestasjon

- Tabell over de ti mest dominerende taxa pr stasjon
- Shannon diversitetsindeks på \log_2 basis (Shannon & Weaver 1949)
- Jevnhet som Pielous "J" (Pielou 1966)
- Forventet antall arter per 100 individ (Hurlberts indeks ES_{100})
- Cluster-analyse basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957)
- MDS ordinasjon

2.3.6.1 Statistiske metoder

(1) Univariate metoder

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{max}$. Forholdet mellom observert (H') og maksimal diversitet (H_{max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

hvor $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer, N = totalt antall individer i prøven, S = totalt antall arter i prøven, og N_i = antall individer av art i .

Formelen beregner et forventet antall arter en vil finne i en prøve ut fra et visst antall tilfeldig valgte individer (normalt 100 individ, $ES_{n=100}$).

(2) Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene. BIO-ENV ble brukt for å finne korrelasjoner mellom fauna data og miljødata.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER v5.0 (Clarke & Gorley 2001). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritets indeks (Bray & Curtis 1957). Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra klusteranalysen, eller som to dimensjonale plott fra MDS analysen.

Stress-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale plottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress* -faktoren:

Stress < 0.05 – gir en meget god gjengiving

Stress < 0.10 – gir en god gjengiving

Stress < 0.20 – krever varsom tolkning

Stress > 0.20 – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0.35-0.40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

BIO-ENV er også utført ved bruk av PRIMER og er beskrevet av Clarke & Ainsworth (1993). BIO-ENV er basert på rank korrelasjoner mellom MDS ordinasjon av fauna data og PCA ordinasjon av miljøvariabler. Spearmans rank koeffisient (ρ_w) ble brukt til å kalkulere korrelasjoner mellom de to ordinasjonene. ρ_w varierer mellom -1 og +1, og vil være høyest når det er en sterk sammenheng mellom bunnfauna og miljøvariabler.

2.4 Kvalitetssikring

Prøvetaking, kjemiske og biologiske analyser er utført akkreditert, i henhold til ISO-17025 og vedlegg 1 i Aktivitetsforeskriften: Krav til miljøovervåking av petroleums-virkksomheten på norsk kontinentalsokkel. Det er ført feltjournal og detaljerte sjekklistene på laboratoriet for å sikre sporbarhet til hver enkel prøve.

2.4.1 Prøvetaking

Under prøvetaking ble hver prøve kontrollert og prøver med utilfredsstillende kvalitet ble forkastet. Kjemiske og biologiske prøver ble dobbeltmerket for å sikre identitet av prøvene.

2.4.2 Analyser

2.4.2.1 TOM

Ved glødetap brukes jord som kontrollprøve. Resultatet fra kontrollprøvene gav tilfredsstillende resultat, men siden sedimentet fra området domineres av sand er kontrollprøvene mindre relevante.

2.4.2.2 Metaller

Kvalitetssikringen omfattet alle faser av analysen inkludert oppslutning av referansemateriale, oppslutning av blanker og oppslutning av replikate prøver. Som referansemateriale ble det valgt MESS. Resultatene fra referansematerialet gav resultater som er normale i henhold til Norsk Standard. Vedlegg 3 viser oppsummeringen fra kvalitetskontrollen.

2.4.2.3 Hydrokarboner

Ved analyse av hydrokarboner brukes et standard sediment (ikke tørket) både som kontroll og for å bestemme deteksjonsgrense. Dette betyr at de oppgitte deteksjonsgrenser er basert på våtvekt mens resultatene er gitt i tørrvekt.

2.4.2.4 Bunndyr

For å sikre at sorteringen av biologiske prøver ble utført tilfredsstillende ble ca 10 % av de biologiske prøvene kontrollsorert (i henhold til RFs interne metode). Dersom det under kontrollsorering blir funnet mer enn 5 % av dyrene i prøvene, vil alle prøvene sortert av personen re-sorteres. Dette innebærer at dersom ikke 95 % av dyrene er sortert ut, sorteres prøvene på nytt.

Personell ved RF som identifiserer bunndyr og innleide identifiserer har referansesamlinger som brukes som kvalitetssikring i forbindelse med identifisering av bunnprøver. Rapportene fra bunnfaunaanalysene ble kontrollert av en kvalitetsansvarlig.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Fysiske karakterisering av sedimentet

3.1.1 Farge og lukt

Sedimentet på stasjonene var ensartet, og domineres av finkornet sand, silt og leire. Det var ingen spesiell lukt av sedimentet, og fargen var brungrønn (Munsell 5Y 3/2 og 5Y 4/2). På Stasjon ALF-4 ble det observert en tynn oljefilm i vannfasen over sedimentet. Detaljerte beskrivelser av sedimentet på hver stasjon og hugg er gitt i Vedlegg 1.

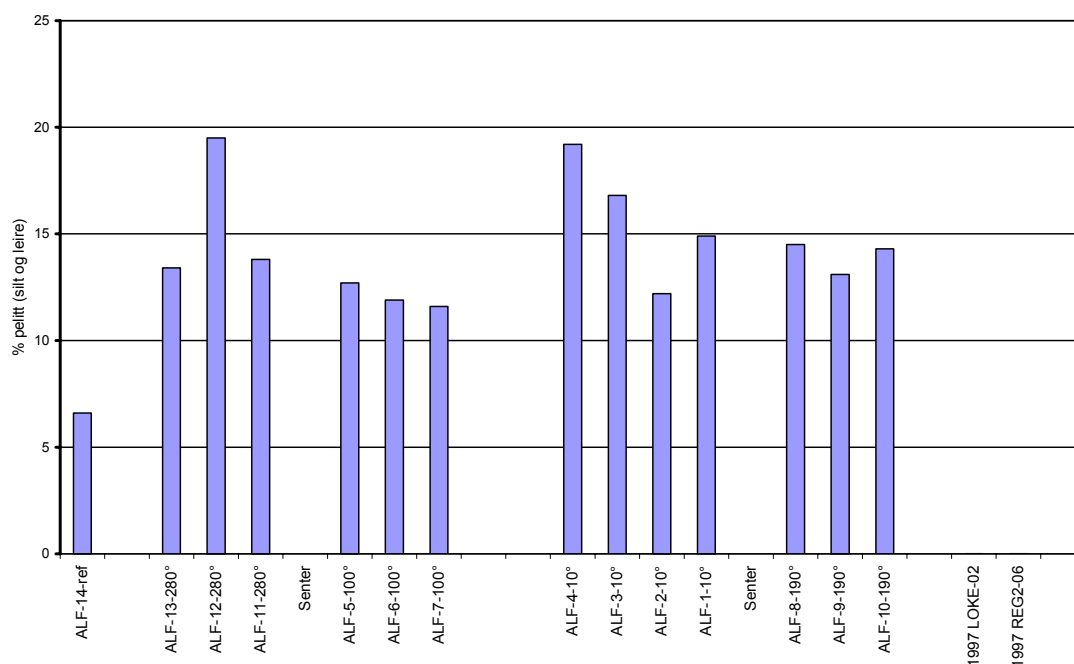
3.1.2 Partikkelstørrelsesfordeling

Andel silt og leire (% pelitt) i sedimentet varierte mellom 11,6 % på ALF-7 og 20 % på ALF-12 (Figur 3-1 og Tabell 3-1). På referansestasjonen var andel silt og leire 6,6 %. Eventuelt ulike strømførhold kan være årsak til lavere innhold av silt og leire på ALF-14-ref. Resultat fra partikkelstørrelsesfordeling på Loke og REG2-06 i 1997 har ikke vært tilgjengelig, men sammenlignet med resultatene fra REG2-06 i 2000 er andel silt og leire høyere på Alfa Nord.

Økende andel av silt og leire i sedimentet gir ofte høyere konsentrasjon av metaller og hydrokarboner. Partikkelstørrelse er også med på å bestemme faunasammensetningen i sedimentet. Alle resultat fra partikkelstørrelsesanalysen er gitt i Vedlegg 2.

Tabell 3-1. Resultat fra partikkelstørrelsesanalysene (% pelitt (silt + leire), % sand og % grus) og totalt organisk materiale (TOM) på Alfa Nord i 2002. Verdiene for partikkelstørrelse er resultat fra en blandprøve fra de tre første huggene på hver stasjon. For TOM er det gitt middelerverdi fra tre replikat på hver stasjon, variasjonen er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonsnavn er angitt med antall meter og retning (grader) stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

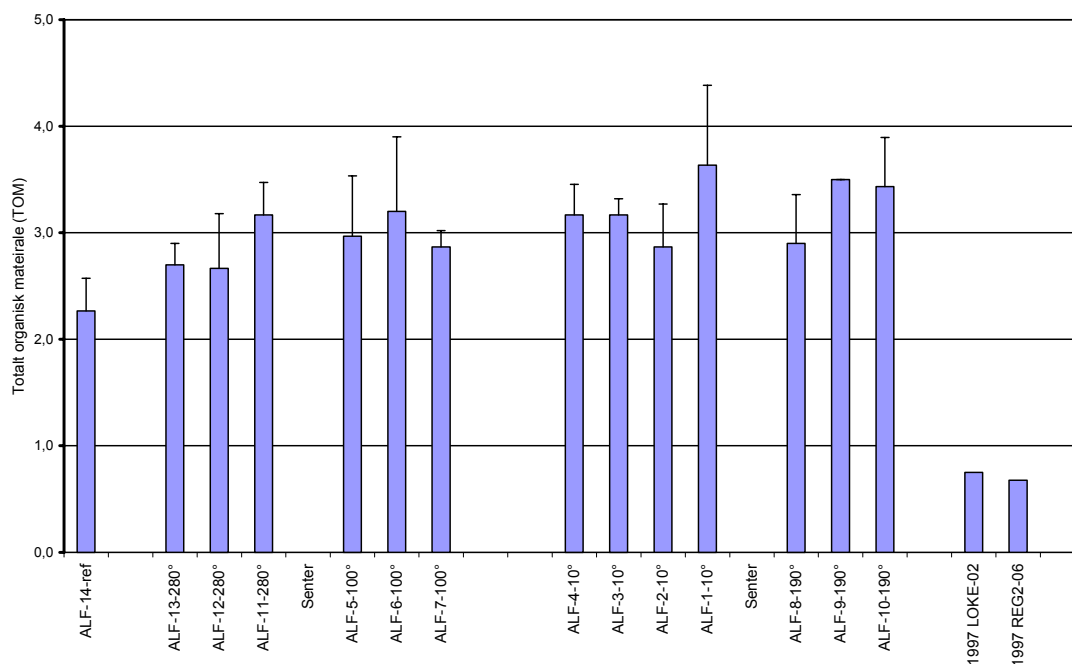
Stasjon	Pelitt (%)	Sand (%)	Grus (%)	TOM (%)	TOM SD
ALF-1-250m-10°	14,6	85,1	0	3,63	0,751
ALF-2-500m-10°	12,2	87,3	0,5	2,87	0,404
ALF-3-1000m-10°	16,8	83,23	0	3,17	0,153
ALF-4-2000m-10°	19,2	80,8	0	3,17	0,289
ALF-5-250m-100°	12,7	87,34	0	2,97	0,569
ALF-6-500m-100°	11,9	88,11	0	3,20	0,700
ALF-7-1000m-100°	11,6	88,42	0	2,87	0,153
ALF-8-250m-190°	14,5	85,5	0	2,90	0,458
ALF-9-500m-190°	13,1	86,87	0	3,50	
ALF-10-1000m-190°	14,3	85,72	0	3,43	0,462
ALF-11-250m-280°	13,4	86,61	0	2,70	0,200
ALF-12-500m-280°	19,5	80,45	0	2,67	0,513
ALF-13-1000m-280°	13,8	86,15	0	3,17	0,306
ALF-14-ref	6,6	93,38	0	2,27	0,306



Figur 3-1. Prosentandel pelitt (silt og leire) i overflatesediment på Alfa Nord i 2002. Søylenes representerer resultat fra en blandprøve fra de tre første huggene på hver stasjon. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset), gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon. (NB! Mangler data fra 1997)

3.1.3 Totalt organisk materiale (TOM)

Totalt organisk materiale (TOM) er vist i Figur 3-2 og Tabell 3-1. TOM i sedimentprøvene varierte fra 2,7 % til 3,6 % på de ordinære stasjonene. På referansestasjonen (ALF-14) var TOM 2,3 %. Det var liten variasjon i TOM mellom stasjonene. Totalt organisk materiale på Alfa Nord er høyere sammenlignet med resultatene på stasjon LOKE-02 og REG2-06 i 1997, dette gjelder også for referansestasjonen. Verdiene er derimot på samme nivå som på Sleipner Vest i 2000 (Mannvik m. fl. 2001).

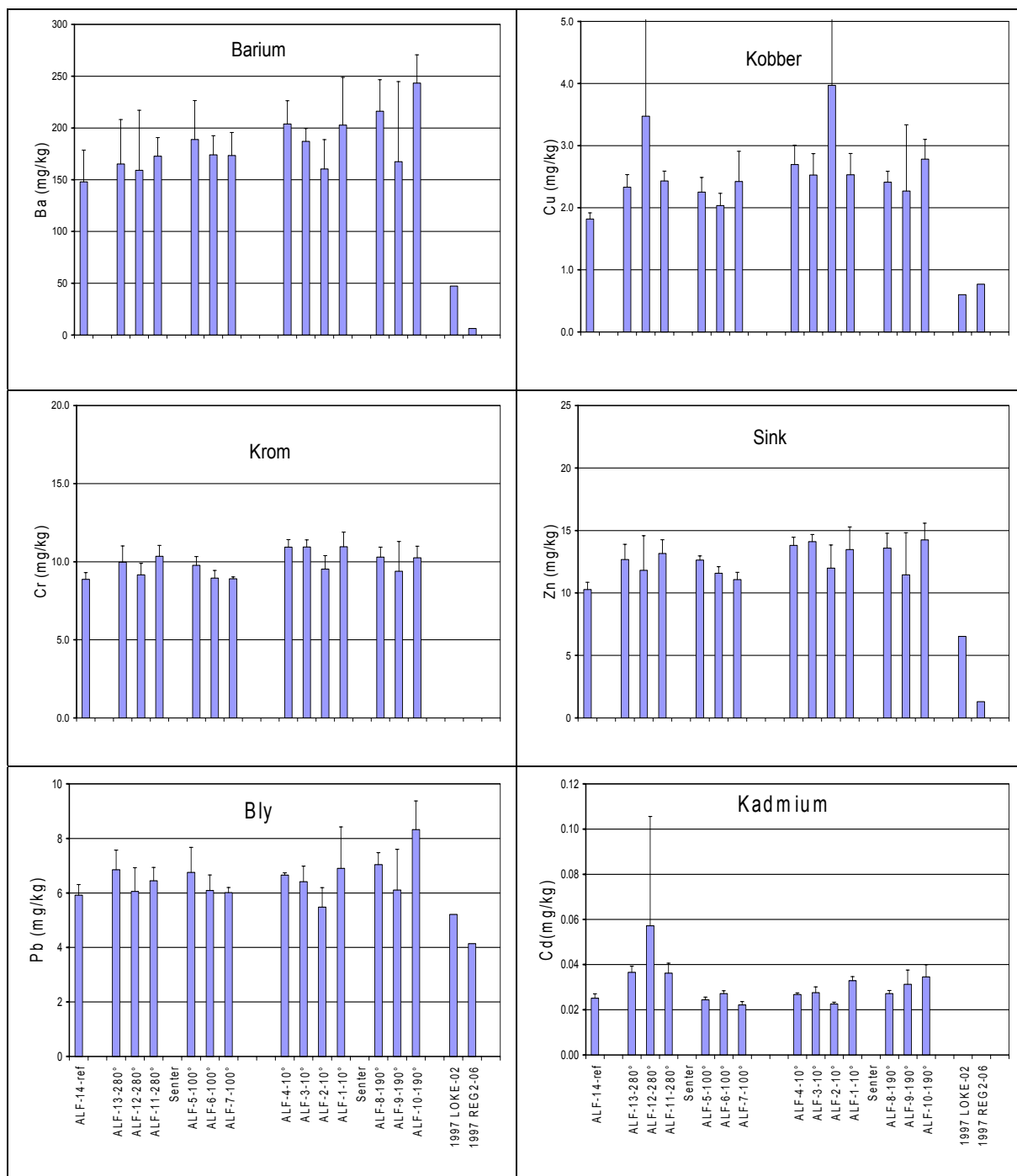


Figur 3-2. Totalt organisk materiale, målt som % glødetap, i overflatesediment ved Alfa Nord i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdiene fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen ALF-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekoret). Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

3.2 Kjemiske karakterisering av sedimentet

3.2.1 Metaller

Økt innhold av tungmetaller kan være en konsekvens av oljeutvinning og det er gjort analyser av utvalgte metaller (Figur 3-3 og Tabell 3-2). Barium er trolig den beste parameteren til å spore utslipp fra boreaktivitet siden bariumsulfat er en viktig bestanddel i borevæsker og metallet nedbrytes ikke. Konsentrasjon av barium var generelt høyt i overflatesediment og varierte fra 148 mg/kg på ALF-14-ref til 243 mg/kg på ALF-10. Verdiene ligger en del over resultatene fra REG2-06 og LOKE02 i 1997. Nivået ligger også høyere enn på regionale og referansestasjoner i Region II i 2000 hvor det ble målt et typisk innhold på under 100 mg/kg (Mannvik m.fl. 2001). Under kapittel 3.1.2 ble det beskrevet at sedimentet på Alfa Nord inneholder en høy andel silt og leire sammenlignet med andre stasjoner i området. Dette kan forklare det høye innholdet av barium på Alfa Nord sammenlignet med andre felt og regionale stasjoner. Høyt innhold av silt og leire tyder på at det er mindre erosjon (svakere bunnstrøm) på Alfa Nord.



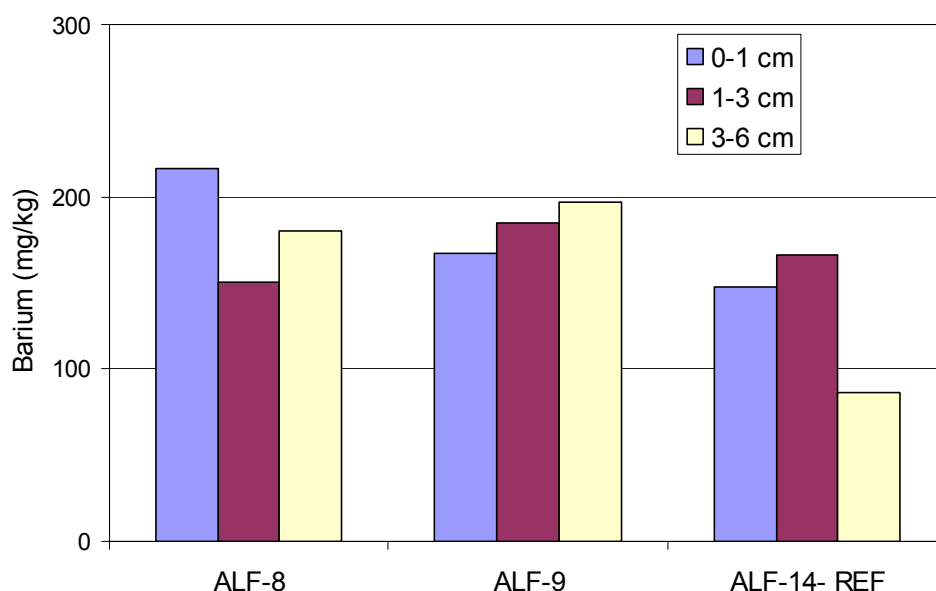
Figur 3-3. Resultater fra analyse av metaller ved Alfa Nord i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdiene fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen ALF-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset). Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Tabell 3-2. Gjennomsnittsverdier av metaller (mg/kg tørt sediment) i overflatesediment (0-1 cm) på Alfa Nord i 2002. Verdiene representerer gjennomsnitt fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen ALF-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonsnavn er angitt med antall meter og retning (grader) stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Stasjon	Barium (Ba)		Krom (Cr)		Kadmium (Cd)		Kopper (Cu)		Bly (Pb)		Sink (Zn)		Kvikksølv (Hg)	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
ALF-1-250m-10°	203	46,1	11,0	0,94	0,033	0,002	2,5	0,34	6,9	1,52	13,5	1,81		
ALF-2-500m-10°	160	28,4	9,5	0,86	0,023	0,001	4,0	2,28	5,5	0,71	12,0	1,86		
ALF-3-1000m-10°	187	12,4	10,6	0,45	0,028	0,003	2,5	0,34	6,4	0,58	14,1	0,57		
ALF-4-2000m-10°	204	22,4	10,9	0,48	0,027	0,001	2,7	0,31	6,7	0,09	13,8	0,65		
ALF-5-250-100°	189	37,5	9,8	0,56	0,024	0,001	2,3	0,24	6,8	0,91	12,6	0,33		
ALF-6-500m-100°	174	18,5	8,6	0,49	0,027	0,001	2,0	0,20	6,1	0,57	11,6	0,53		
ALF-7-1000m-100°	173	22,3	8,9	0,12	0,022	0,001	2,4	0,49	6,0	0,19	11,1	0,59		
ALF-8-250m-190°	216	30,5	10,3	0,64	0,027	0,001	2,4	0,18	7,0	0,44	13,6	1,20	0,003	0,001
ALF-9-500m-190°	167	77,4	9,4	1,91	0,031	0,006	2,3	1,07	6,1	1,50	11,5	3,38	0,003	0,0004
ALF-10-1000m-190°	243	27,3	10,3	0,75	0,035	0,005	2,8	0,32	8,3	1,05	14,3	1,33		
ALF-11-250m-280°	173	17,9	10,4	0,69	0,036	0,004	2,4	0,16	6,4	0,49	13,2	1,10		
ALF-12-500m-280°	159	58,0	9,2	0,75	0,057	0,048	3,5	2,81	6,1	0,87	11,8	2,77		
ALF-13-1000m-280°	165	43,0	10,0	1,04	0,037	0,003	2,3	0,20	6,9	0,72	12,7	1,22		
ALF-14-ref	148	30,6	8,9	0,43	0,025	0,002	1,8	0,10	5,9	0,39	10,3	0,58	0,002	0,0003

I tillegg til analyse av overflatesediment, ble den vertikale profilen av metaller analysert på stasjonene ALF-8, ALF-9 og ALF-14-ref. Resultatet fra den vertikale fordelingen av barium viser et ulikt bilde på de tre stasjonene (Figur 3-4). På Stasjon ALF-8 reduseres innholdet fra overflaten og ned til 1-3 cm laget, deretter er det en liten økning i 3-6 cm laget. På ALF-9 er det en økning nedover i sedimentet. På referansestasjonen ble de høyeste verdiene funnet i 1-3 cm laget. For flere resultat fra vertikale profiler av metaller henvises det til Vedlegg 3.

De andre metallene hadde en jevn fordeling og det var ingen trend i dataene slik at enkelte stasjoner pekte seg ut. De målte metallkonsentrasjonene (for Cd, Cr, Cu, Pb og Zn) i overflatesedimentet på Alfa Nord er ellers på nivå med det som er målt tidligere i området. Det er ikke observert merkbare forskjeller mellom stasjonene, men generelt var det lavest metallinnhold på referansestasjonen. Kvikksølvinnholdet ble bare målt i overflatesediment på ALF-8, ALF-9 og ALF-14-ref, og sedimentet hadde meget lavt (0,002-0,003 mg/kg) innhold av kvikksølv.



Figur 3-4. Konsentrasjon av barium (Ba) fra seksjonerte sedimentkjerner på Alfa Nord. De enkelte søylene representerer verdier (mg/kg tørt sediment) fra en prøve pr. seksjon.

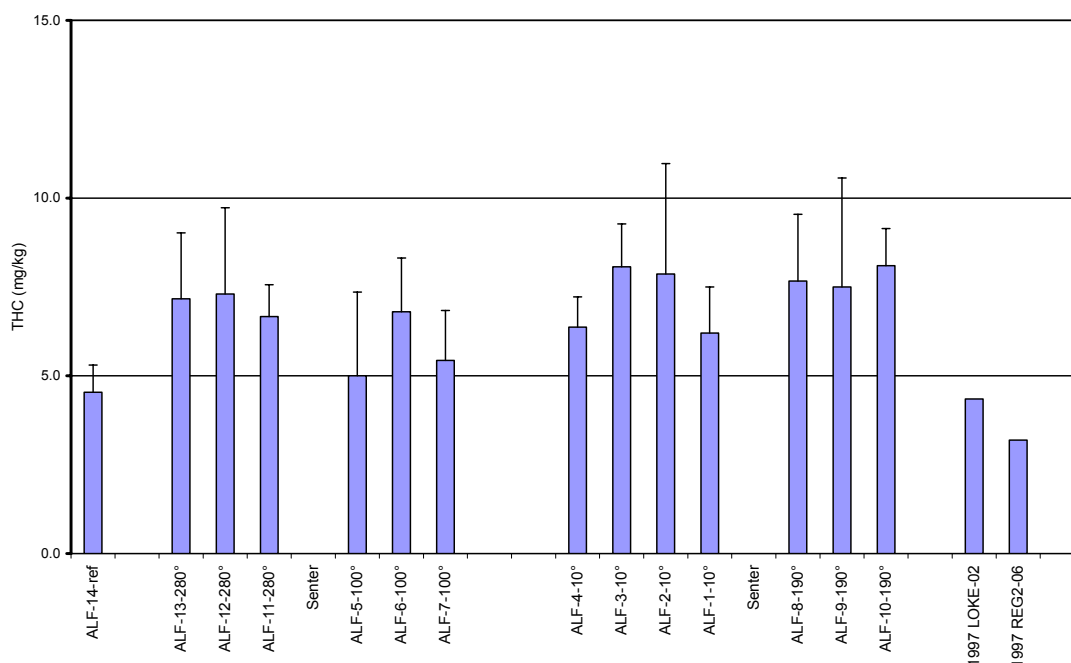
3.2.2 Hydrokarboner

Gjennomsnittlig konsentrasjon for total mengde hydrokarboner (THC) varierte mellom 5,0 mg/kg (ALF-5) og 8,1 mg/kg (ALF-10) (Figur 3-5 og Tabell 3-3). På referansestasjonen var gjennomsnittskonsentrasjon av THC 4,5 mg/kg. Sammenlignet med resultatene fra LOKE-02 og REG2-06 i 1997 ligger verdiene for de fleste stasjonene på Alfa Nord noe høyere. Dette er som forventet med bakgrunn i høyere pelitt innhold på Alfa Nord.

Tabell 3-3. Konsentrasjon (mg/kg tørrstoff) av total mengde hydrokarboner (THC), sum PAH, sum NPD og sum dekaliner i overflatesediment (0-1 cm) på Alfa Nord i 2002. Sum PAH inkluderer EPA's "list of 16 compounds". Sum NPD inkluderer naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres C1-C3 alkylhomologer. Verdiene representerer gjennomsnitt fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen ALF-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonsnavn er angitt med antall meter og retning (grader) stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Stasjon	THC (mg/kg)		Sum PAH (mg/kg)		SUM NPD (mg/kg)		Sum dekaliner (mg/kg)	
	snitt	STD	snitt	STD	snitt	STD	snitt	STD
ALF-1-250m-10°	6,20	1,30						
ALF-2-500m-10°	7,87	3,10						
ALF-3-1000m-10°	8,07	1,21						
ALF-4-2000m-10°	6,37	0,85						
ALF-5-250m-100°	5,00	2,35						
ALF-6-500m-100°	6,80	1,51						
ALF-7-1000m-100°	5,43	1,40						
ALF-8-250m-190°	7,67	1,88	0,128	0,030	0,070	0,023	<0,005*	
ALF-9-500m-190°	7,50	3,06	0,128	0,063	0,087	0,031	<0,005*	
ALF-10-1000m-190°	8,10	1,04						
ALF-11-250m-280°	7,17	1,86						
ALF-12-500m-280°	7,30	2,43						
ALF-13-1000m-280°	6,67	0,90						
ALF-14-ref	4,54	0,77	0,067	0,022	0,042	0,020	<0,005*	

* Mindre enn deteksjonsgrensen på 0,005 mg/kg

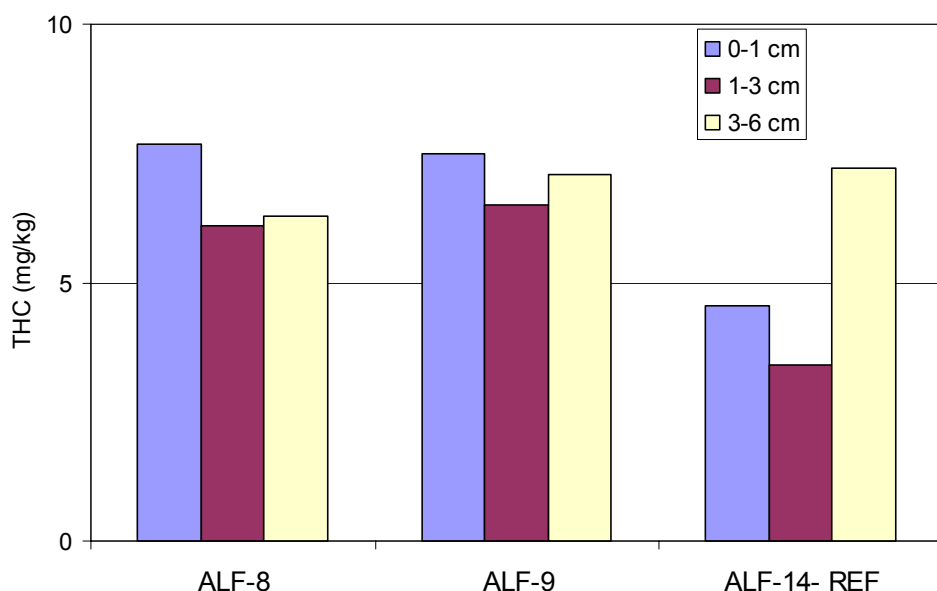


Figur 3-5. Resultater fra analyse av totalt hydrokarbon (THC) ved Alfa Nord i 2002. De enkelte søylene representerer middelverdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen ALF-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekorset). Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

I tillegg til overflatesediment, ble det analysert for vertikalfordeling av THC i sedimentet på tre stasjoner (ALF-8, ALF-9 og ALF-14-ref). Stasjon ALF-8 og ALF-9

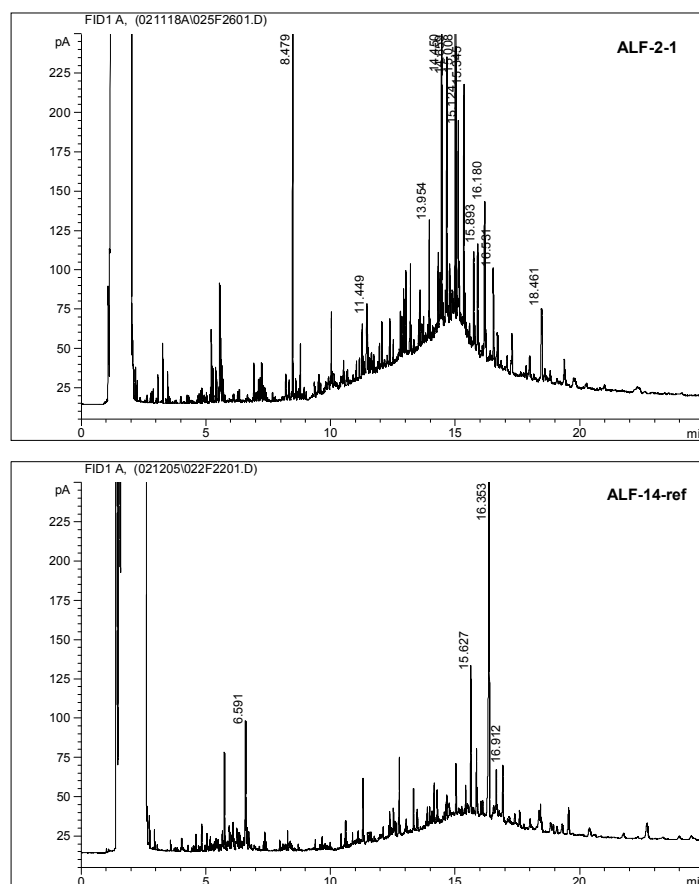
ligger henholdsvis 250 og 500 meter motstrøms fra senterposisjonen. Resultatene viser en svak reduksjon i THC konsentrasjon fra overflaten og dypere ned i sedimentet på ALF-8 og ALF-9 (Figur 3-6). På referansestasjonen er den vertikale profilen et annet bilde, en reduksjon i THC konsentrasjon fra overflaten og ned til 3 cm, deretter en økning i konsentrasjon i 3-6 cm laget. THC konsentrasjonene i overflatesedimentet på ALF-14-ref ligger lavere sammenlignet med de ordinære stasjonene, den målte konsentrasjonen i 3-6 cm laget ligger derimot omtrent på tilsvarende nivå som på de ordinære stasjonene.

Overflatesedimentet (0-1 cm) på ALF-8, ALF-9 og ALF-14-ref ble også analysert for NPD, PAH og dekaliner. PAH verdiene er generelt lave og varierer fra 0,128 mg/kg på til 0,067 mg/kg. Konsentrasjon av NPD varierer fra 0,043 mg/kg til 0,033 mg/kg. Det var ikke noen signifikant forskjell mellom referansestasjonen og ALF-8 og ALF-9. PAHene domineres av typer som dannes ved forbrenning (pyrogene) og ikke av naftalener. Ved utslipp fra petroleumsvirksomhet forventes PAHene og domineres av naftalener. Det er ikke funnet resultat fra tidligere PAH analyser for sammenligning av resultat fra Alfa Nord.



Figur 3-6. Konsentrasjon av THC fra seksjonerte sedimentkjerner på Alfa Nord og i 2002. De enkelte søylene representerer verdier (mg/kg tørr stoff) fra en prøve pr. seksjon.

Kromatogram fra prøven med høyest THC innhold (11 mg/kg på ALF-2 replikat 1) er vist sammen med et kromatogram fra referansestasjonen hvor THC konsentrasjonen var 3,3 mg/kg i Figur 3-7. De to kromatogrammene er også representative for de andre stasjonene. Det økte THC innholdet på ALF-2 ikke skyldes innslag av forbindelser relatert til petroleumsvirksomhet (basert på resultat fra analyse av PAH, NPD og dekaliner). Et mer finkornet sediment (høyere andel av silt og leire) på de ordinære stasjonene er sannsynligvis årsak til høyere konsentrasjoner av THC.



Figur 3-7. Kromatogram fra hydrokarbonanalysene av overflatesediment (0-1 cm) på Stasjon ALF-2 og ALF-14-ref på Alfa Nord i 2002.

Detaljerte analyserapporter fra hydrokarbonanalysene er gitt i Vedlegg 4, her er også kromatogrammene fra alle analysene vist.

3.3 Biologi

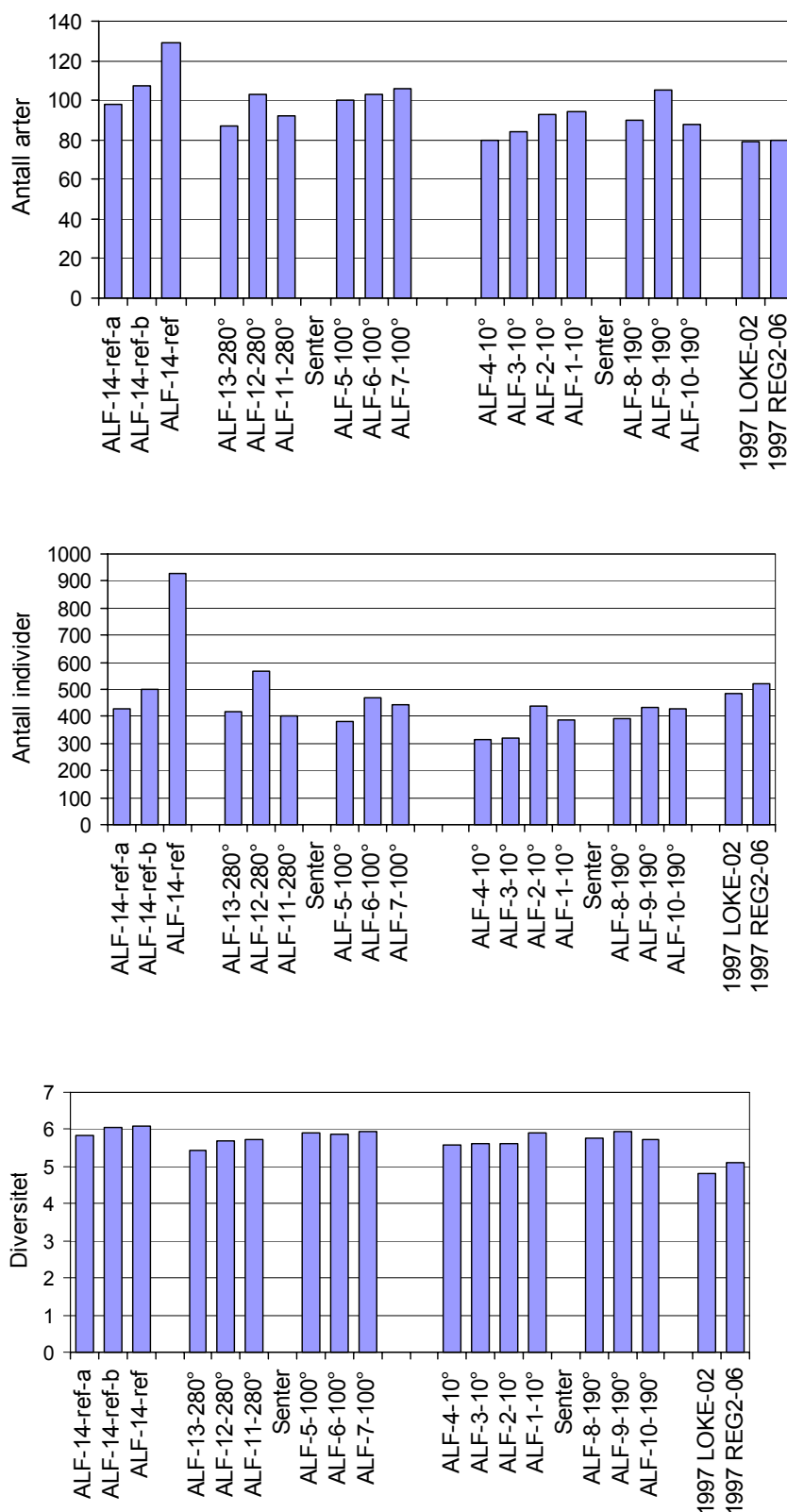
Det ble samlet inn bunnfauna på totalt 13 stasjoner i tillegg til referansestasjonen (ALF-14-ref). Totalt ble det funnet 6311 individ fordelt på 237 taxa på Alfa Nord. Da de ble samlet inn ti replikate prøver på referansestasjonen og fem replikate prøver på de ordinære stasjonene, presenteres resultatene fra referansestasjonen totalt for stasjonen (ALF-14-ref), data fra de fem første replikatene (ALF-14-ref-a) og data fra de fem neste replikatene (ALF-14-ref-b) (dette gjelder for figurene). Oversikt over antall individ, antall taxa, diversitet og jevnhet er gitt i Tabell 3-4 og Figur 3-8 (se Vedlegg 5 for fullstendig artsliste). Alle analysene er utført inkludert juvenile individ. Antall individ på de ordinære stasjonene varierte fra 314 (ALF-4) til 566 (ALF-12), antall taxa varierte fra 80 (ALF-4) til 106 (ALF-7). Alle rådata fra biologianalysene er gitt i Vedlegg 5.

Tabell 3-4. Antall individ, antall taxa, jevnhet, forventet artsantall blant 100 individ (Hurlbert ES₁₀₀) og Shannon-Wieners diversitetsindeks for hver stasjon på Alfa Nord i 2002. Verdiene baserer seg på fem replikate prøver unntatt på referansestasjonen ALF-14-ref hvor det ble tatt ti replikate prøver. Stasjonsnavn er angitt med antall meter og retning (grader) stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

Stasjon	Antall taxa	Antall individ	Jevnhet	ES(100)	Diversitet
ALF-1-250m-10°	94	387	0,90	51	5,89
ALF-2-500m-10°	93	436	0,86	47	5,62
ALF-3-1000m-10°	84	319	0,88	48	5,62
ALF-4-2000m-10°	80	314	0,88	47	5,59
ALF-5-250m-100°	100	379	0,89	51	5,89
ALF-6-500m-100°	103	467	0,88	50	5,85
ALF-7-1000m-100°	106	444	0,89	52	5,96
ALF-8-250m-190°	90	393	0,89	49	5,75
ALF-9-500m-190°	105	432	0,88	51	5,94
ALF-10-1000m-190°	88	426	0,89	48	5,73
ALF-11-250m-280°	92	400	0,88	48	5,71
ALF-12-500m-280°	103	566	0,85	46	5,68
ALF-13-1000m-280°	87	418	0,84	45	5,42
ALF-14-ref	129	930	0,87	51	6,09
Sum	237	6311			
Gjennomsnitt	97	451	0,88	48,8	5,8
SD	12	151	0,02	2,3	0,2

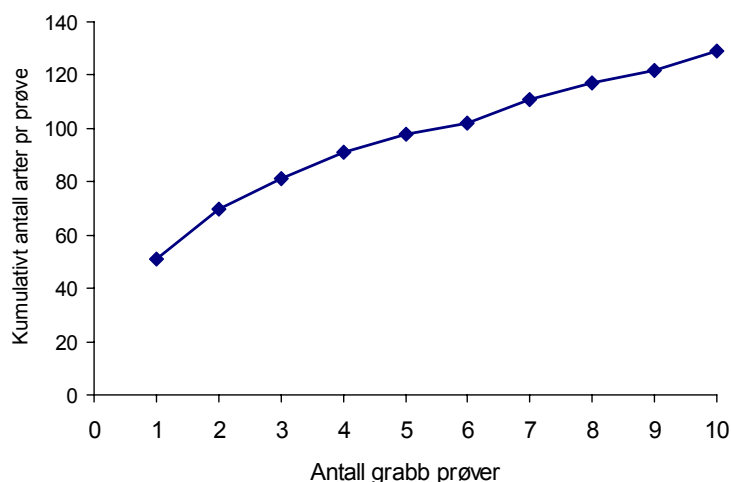
Diversiteten var generelt høy på alle de undersøkte stasjonene, og varierte mellom 5,42 (ALF-13) til 5,96 (ALF-7). På referansestasjonen var diversiteten 6,09 basert på ti replikate prøver. Forventet artsantall blant 100 individ (Hurlbert ES₁₀₀) var mellom 45 (ALF-13) og 52 (ALF-7). Hurlberts indeks på referansestasjonen var 51. Jevnhet er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Det ble beregnet høy jevnhet på alle stasjonene (0,84-0,90), dette betyr at det er få dominerende taxa blant fauna materialet.

Resultatene fra årets undersøkelse er omtrent tilsvarende biologi resultatene fra REG2-06 og LOKE-02 i 1997. Sammenlignet med resultatene fra de regionale stasjonene i 2000, ble det funnet tilsvarende antall taxa pr. stasjon, men færre individ på Alfa Nord (Mannvik m.fl. 2001).



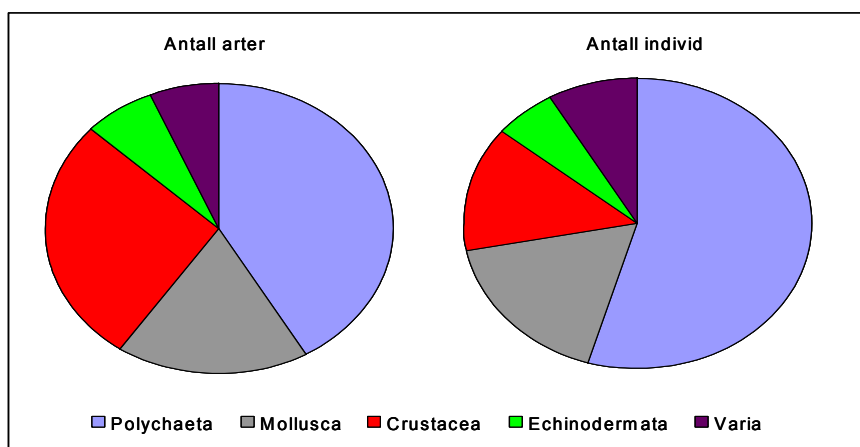
Figur 3-8. Antall arter, antall individ og diversitet (Shannon-Wiener) på de undersøkte stasjonene på Alfa Nord i 2002. De enkelte søylene representerer verdier fra fem replikate prøver på hver stasjon. For referansestasjonen ALF-14-ref ble det tatt prøver fra ti replikate prøver, hvor ALF-14-ref-a er data for de fem første replikatene og ALF-14-ref-b for de fem siste replikatene. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnett (aksekors). Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

På referansestasjonen ble det funnet 930 individ fordelt på 129 taxa. Det ble samlet inn ti replikate prøver på referansestasjonen sammenlignet med de ordinære stasjonene hvor det samlet inn fem replikate prøver. Et bilde om hvor godt faunen er beskrevet i forhold til antall replikate hugg er gitt i Figur 3-9. Etter fem replikat på referansestasjonen er 76 % av antall taxa identifisert. Selv om ikke alle taxa er beskrevet etter fem prøver, antas allikevel resultatet fra fem prøver å gi et representativt og korrekt inntrykk av faunaen på Alfa Nord.



Figur 3-9. Kumulativt antall taxa pr. grabbprøve på referansestasjonene ALF-14.

Børstemarkene dominerer både i antall arter og antall individ på Alfa Nord (Figur 3-10). Denne gruppen utgjør ca 40 % av artene og 54 % av individene på Alfa Nord. Krepsdyrene utgjør ca 27 % av artene og 14 % av antall individ. Forholdet mellom faunagruppene stemmer med tidligere undersøkelser i området.



Figur 3-10. Fordeling av taxa og individ i faunagruppene polychaeta (børstemark), mollusca (muslinger/snegler), crustacea (krepsdyr), echinodermata (pigghuder) og varia (ascidiacea, cnidaria, nemertea, platyhelminthes, oligochaeta, sipuncula) på Alfa Nord i 2002.

Børstemarken *Terebellides stroemi* var mest tallrik på Alfa Nord, denne ble funnet på alle stasjonene (Tabell 3-5). Andre dominerende børstemarker var *Ampharte spp*, *Myriochele oculata*, *Nephtys spp* og *Paramphinome jeffreysii*. Andre dominerende taxa var molluskene *Thyasira ferruginea*, *Abra nitida* og *Phaxas pellucidus*, krepsdyret *Harpinia antennaria* og juvenile slangestjerner (Ophiuroidea indet.). Alle taxa nevnt ovenfor, med unntak av *P. jeffreysii*, ble funnet på alle stasjonene. Faunaen på Alfa Nord har mange likheter med faunen på Loke og REG2-06 i 1997 og 2000, men de dominerende taxa på Alfa Nord er noe forskjellig. Slangestjerner og *P. jeffreysii* var derimot blant de dominerende artene på Loke og REG2-06.

Tabell 3-5. Ti mest dominerende taxa for hver stasjon på Alfa Nord i 2002. Verdiene baserer seg på fem replikate prøver (0,5 m²). På referansestasjonen ALF-14-ref ble det tatt prøver fra ti replikate prøver, hvor ALF-14a er data for de fem første replikatene og ALF-14b for de fem siste replikatene.

ALF-1			ALF-2		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
<i>Terebellides stroemi</i>	28	7,2	<i>Terebellides stroemi</i>	50	11,5
<i>Nemertea</i> indet	22	5,7	<i>Myriochele oculata</i>	31	7,1
<i>Myriochele oculata</i>	21	5,4	<i>Nephtys spp</i>	21	4,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	15	3,9	<i>Nemertea</i> indet	19	4,4
<i>Nephtys spp</i>	13	3,4	<i>Thyasira equalis</i>	17	3,9
<i>Ampharete sp</i>	12	3,1	<i>Ampharete sp</i>	16	3,7
<i>Thyasira croulinensis</i>	11	2,8	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	16	3,7
<i>Thyasira ferruginea</i>	11	2,8	<i>Thyasira croulinensis</i>	15	3,4
<i>Ophiuroidea</i> indet. juv.	9	2,3	<i>Phaxas pellucidus</i>	13	3
<i>Phaxas pellucidus</i>	8	2,1	<i>Harpinia antennaria</i>	13	3

ALF-3			ALF-4		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
<i>Myriochele oculata</i>	36	11,3	<i>Terebellides stroemi</i>	28	8,9
<i>Terebellides stroemi</i>	22	6,9	<i>Thyasira ferruginea</i>	19	6,1
<i>Nephtys spp</i>	17	5,3	<i>Myriochele oculata</i>	19	6,1
<i>Thyasira ferruginea</i>	13	4,1	<i>Nemertea</i> indet	16	5,1
<i>Nephtys paradoxa</i>	12	3,8	<i>Abra nitida</i>	14	4,5
<i>Abra nitida</i>	11	3,4	<i>Nephtys spp</i>	14	4,5
<i>Thyasira croulinensis</i>	10	3,1	<i>Phaxas pellucidus</i>	11	3,5
<i>Cerianthus lloydii</i>	9	2,8	<i>Nephtys paradoxa</i>	10	3,2
<i>Nemertea</i> indet	8	2,5	<i>Lumbrineris latreilli</i>	8	2,5
<i>Phaxas pellucidus</i>	8	2,5	<i>Thyasira equalis</i>	8	2,5

ALF-5			ALF-6		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	24	6,3	<i>Terebellides stroemi</i>	41	8,8
<i>Nemertea</i> indet	21	5,5	<i>Ampharete sp</i>	20	4,3
<i>Terebellides stroemi</i>	18	4,7	<i>Thyasira croulinensis</i>	19	4,1
<i>Myriochele oculata</i>	18	4,7	<i>Nemertea</i> indet	18	3,9
<i>Harpinia antennaria</i>	17	4,5	<i>Nephtys spp</i>	18	3,9
<i>Nephtys spp</i>	16	4,2	<i>Abra nitida</i>	18	3,9
<i>Thyasira equalis</i>	15	4	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	17	3,6
<i>Ampharete sp</i>	13	3,4	<i>Phaxas pellucidus</i>	17	3,6
<i>Phaxas pellucidus</i>	9	2,4	<i>Thyasira ferruginea</i>	17	3,6
<i>Thyasira croulinensis</i>	9	2,4	<i>Ophiuroidea</i> indet. juv.	15	3,2

Tabell 3-5 fortsetter

ALF-7

Taxa	Antall (N)	% av N
Paramphinome jeffreysii	32	7,2
Ophiuroidea indet. juv.	24	5,4
Nemertea indet	21	4,7
Ampharete sp	17	3,8
Terebellides stroemi	16	3,6
Abra nitida	15	3,4
Myriochele oculata	14	3,2
Harpinia antennaria	13	2,9
Amphiura chiajei	13	2,9
Nephtys cf. ciliata	12	2,7

ALF-9

Taxa	Antall (N)	% av N
Terebellides stroemi	30	6,9
Nemertea indet	21	4,9
Ampharete sp	18	4,2
Myriochele oculata	18	4,2
Ophiuroidea indet. juv.	17	3,9
Phaxas pellucidus	17	3,9
Nephtys spp	15	3,5
Harpinia antennaria	15	3,5
Thyasira equalis	14	3,2
Abra nitida	13	3

ALF-11

Taxa	Antall (N)	% av N
Terebellides stroemi	35	8,8
Nephtys spp	24	6
Nemertea indet	18	4,5
Ampharete sp	16	4
Thyasira ferruginea	16	4
Sabellides octocirrata	16	4
Paramphinome jeffreysii	15	3,8
Lumbrineris latreilli	13	3,3
Paradoneis lyra	13	3,3
Myriochele oculata	12	3

ALF-13

Taxa	Antall (N)	% av N
Terebellides stroemi	62	14,8
Myriochele oculata	44	10,5
Nemertea indet	22	5,3
Abra nitida	15	3,6
Lumbrineris latreilli	14	3,3
Thyasira ferruginea	12	2,9
Nephtys spp	11	2,6
Ampharete sp	9	2,2
Thyasira croulinensis	9	2,2
Scolecoplepis foliosa	9	2,2

ALF-8

Taxa	Antall (N)	% av N
Terebellides stroemi	29	7,4
Ampharete sp	27	6,9
Ophiuroidea indet. juv.	19	4,8
Abra nitida	19	4,8
Myriochele oculata	14	3,6
Thyasira croulinensis	14	3,6
Nephtys spp	13	3,3
Nemertea indet	12	3,1
Phaxas pellucidus	12	3,1
Eudorella sp.	12	3,1

ALF-10

Taxa	Antall (N)	% av N
Terebellides stroemi	29	6,8
Myriochele oculata	23	5,4
Sabellides octocirrata	23	5,4
Nemertea indet	21	4,9
Nephtys spp	17	4
Harpinia antennaria	17	4
Ampharete sp	15	3,5
Abra nitida	12	2,8
Paramphinome jeffreysii	12	2,8
Sabellidae indet	12	2,8

ALF-12

Taxa	Antall (N)	% av N
Terebellides stroemi	61	10,8
Myriochele oculata	34	6
Nemertea indet	33	5,8
Ampharete sp	28	4,9
Harpinia antennaria	22	3,9
Paramphinome jeffreysii	20	3,5
Thyasira ferruginea	16	2,8
Phaxas pellucidus	16	2,8
Thyasira croulinensis	15	2,7
Ampelisca typica	14	2,5

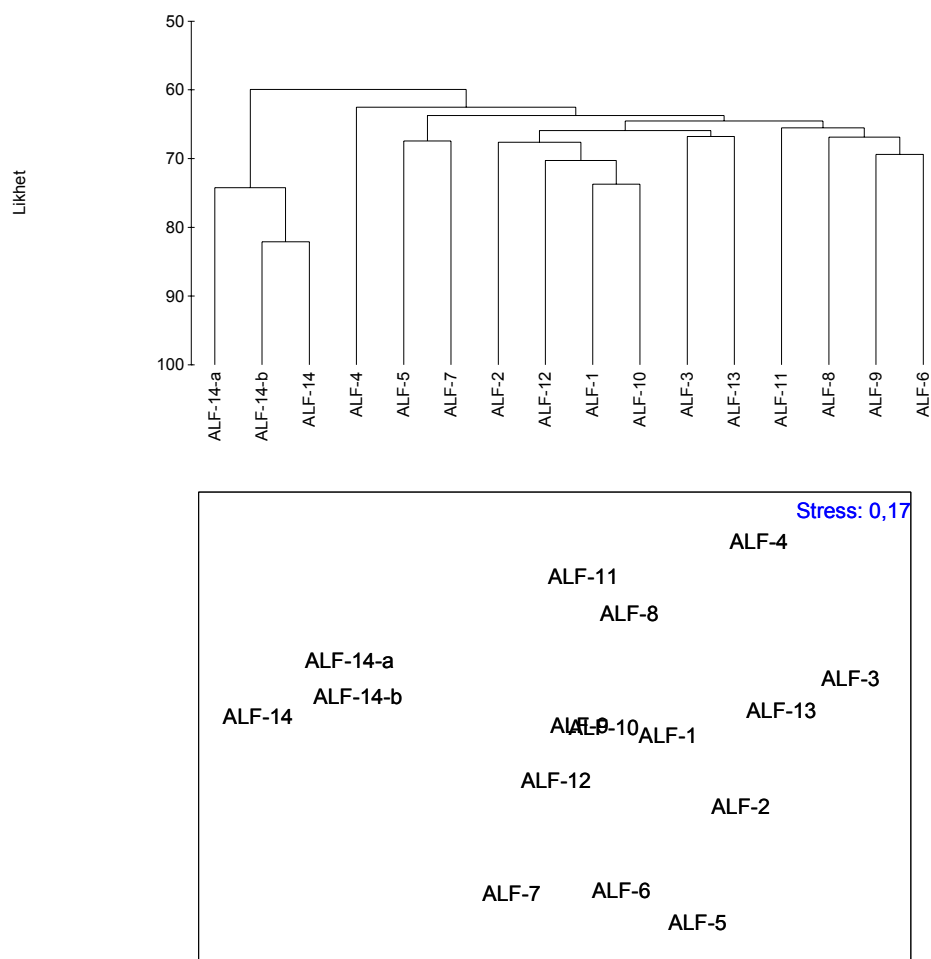
Alf-14-ref

Taxa	Antall (N)	% av N
Nemertea indet.	47	5,1
Terebellides stroemi	46	5
Myriochele oculata	43	4,7
Paramphinome jeffreysii	41	4,4
Oligochaeta indet	41	4,4
Ophiuroidea indet. juv.	39	4,2
Eudorella sp.	26	2,8
Goniada maculata	26	2,8
Ampharete sp	25	2,7
Amphiura chiajei	22	2,4

Tabell 3-5 fortsetter

Alf-14-ref-a			Alf-14-ref-b		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Nemertea indet.	27	6,4	Terebellides stroemi	27	5,4
Ophiuroidea indet. juv.	25	5,9	Paramphinome jeffreysii	24	4,8
Myriochele oculata	24	5,6	Nemertea indet.	20	4
Oligochaeta indet	21	4,9	Oligochaeta indet	20	4
Terebellides stroemi	19	4,5	Myriochele oculata	19	3,8
Paramphinome jeffreysii	17	4	Eudorella sp.	16	3,2
Goniada maculata	14	3,3	Amphiura chiajei	15	3
Ampharete sp	14	3,3	Ophiuroidea indet. juv.	14	2,8
Thyasira ferruginea	11	2,6	Phaxas pellucidus	13	2,6
Eudorella sp.	10	2,4	Goniada maculata	12	2,4

Alfa Nord 2002



Figur 3-11. Resultat fra Cluster og MDS analysene. Resultatene er vist som sum av fem replikate prøver på hver stasjon. For referansestasjonen ALF-14-ref ble det tatt prøver fra ti replikate prøver, hvor ALF-14-ref-a er antall arter for de fem første replikatene og ALF-14-ref-b for de fem siste replikatene.

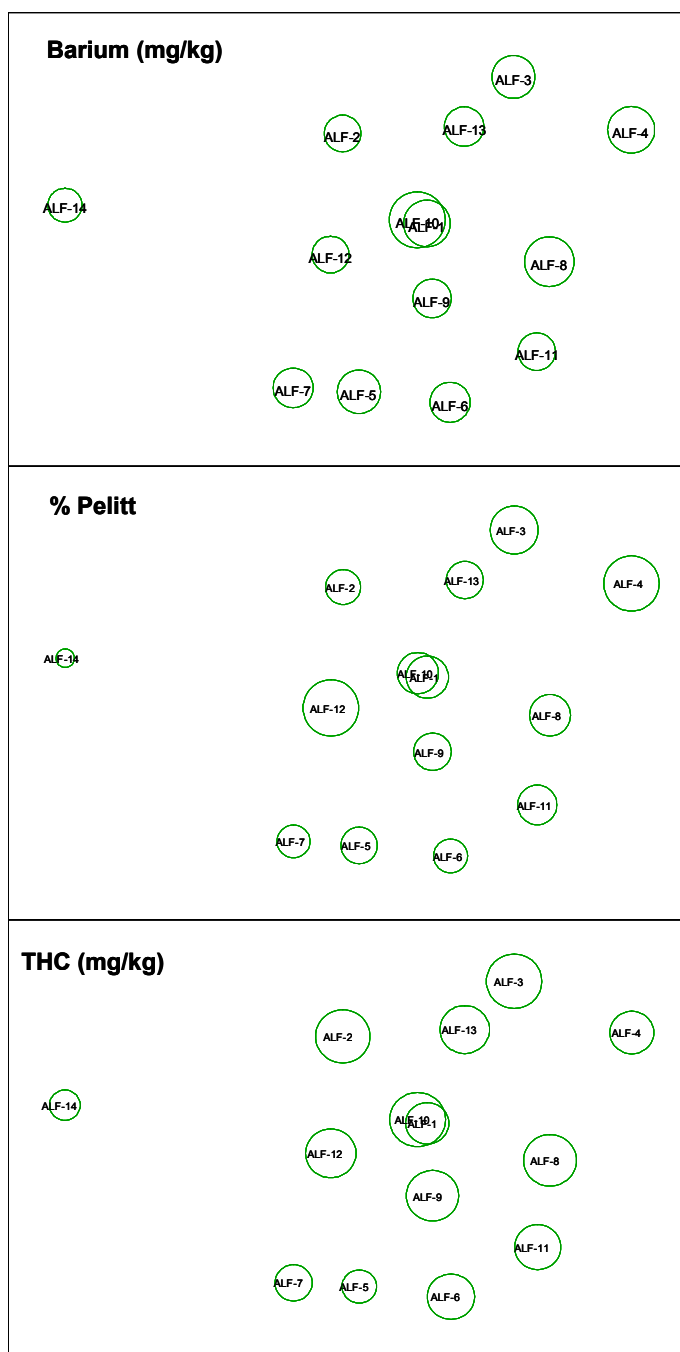
Resultatet fra MDS og Cluster analysen viser at referansestasjonen skiller seg ut fra de andre undersøkte stasjonene på Alfa Nord (Figur 3-11). Stress fra MDS analysen var 0,17, og krever en varsom tolkning. Blant de ordinære stasjonene er det ikke observert systematiske forskjeller mellom stasjonene eller plassering i forhold til senterposisjonen. Siden ALF-14-ref skiller seg ut fra de andre stasjonene og kan forstyrre analysen, ble det gjort en MDS analyse uten referansestasjonen. Resultatet var tilsvarende som vist i Figur 3-11. Siden dette er en grunnlagsundersøkelse er resultatet fra de multivariate analysene som forventet.

Sammenheng mellom miljøvariabler og fauna er analysert ved bruk av BIO-ENV fra Primer (Tabell 3-5). Høyeste korrelasjon mellom en enkel miljøvariabel og faunadata ble funnet for % pelitt ($\rho_w=0,472$). Høyeste korrelasjon i BIO-ENV ble beregnet for en kombinasjon av % pelitt, krom og THC ($\rho_w=0,541$).

I Figur 3-12 er miljøvariablene % pelitt, barium og THC lagt inn i MDS plottet fra fauna analysen. Miljøvariablene er plottet med relative verdier. Resultatene tyder ikke på at det er gradienter mellom fauna data og de utvalgte miljøvariablene.

Tabell 3-5. Korrelasjons koeffisienter (ρ_w) fra BIO-ENV analysen. Korrelasjonene er kun gitt for enkel variabler og ikke for kombinasjoner av variabler.

Variabel	Korrelasjon (ρ_w)
Pelitt (%)	0,472
THC	0,363
Sink (Zn)	0,324
Krom (Cr)	0,289
Kopper (Cu)	0,182
TOM (%)	-0,019
Barium (Ba)	-0,096
Kadmium (Cd)	-0,154
Bly (Pb)	-0,167



Figur 3-12. Relative verdier av barium, % pelitt og THC plottet sammen med resultatet fra MDS analysen. Resultatene er vist som sum av tre replikate prøver på de ordinære stasjonene (fem replikate prøver på referansestasjonen) for barium, % pelitt, og THC. For referansestasjonen ALF-14-ref ble det tatt prøver fra ti replikate prøver.

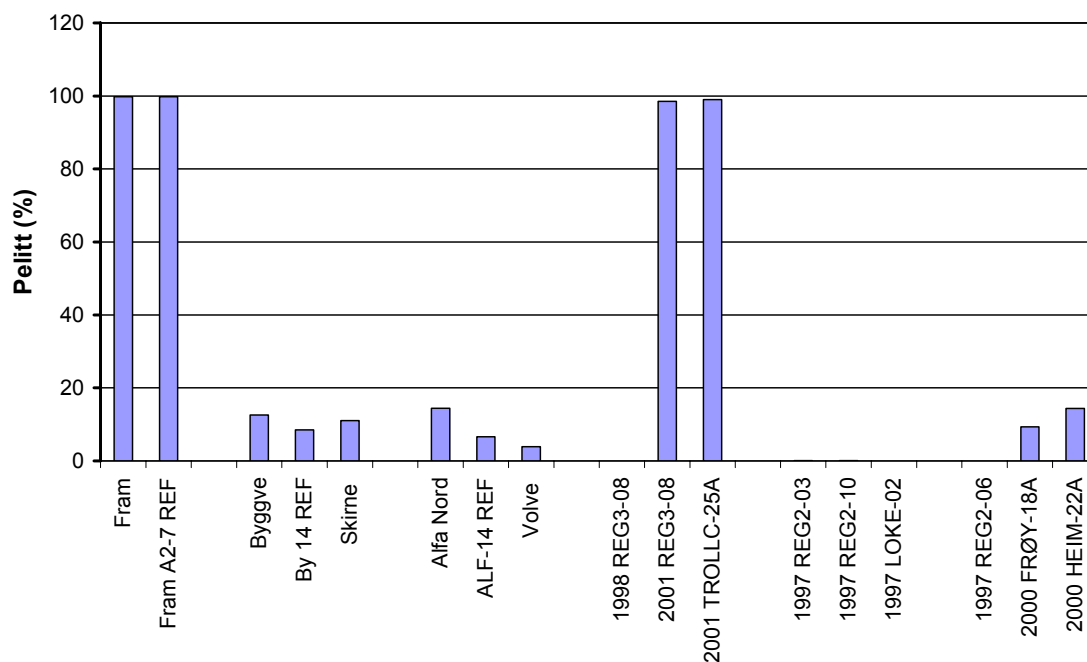
3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene

Nedenfor er det kort satt opp figurer (Figur 3-13 til 3-28) som viser forskjeller og likheter mellom de fem grunnlagsundersøkelsene som RF utførte på samme tokt i 2002, samt noen tidligere resultater fra Region II og III. I nord (Fram Vest) var det ca 370 m dypt og bløt silt- og leire holdig bunn. På de andre feltene var det fra ca 80-120 m dypt og bunnen bestod av finkornet sand. Det kommer tydelig fram at sedimentets

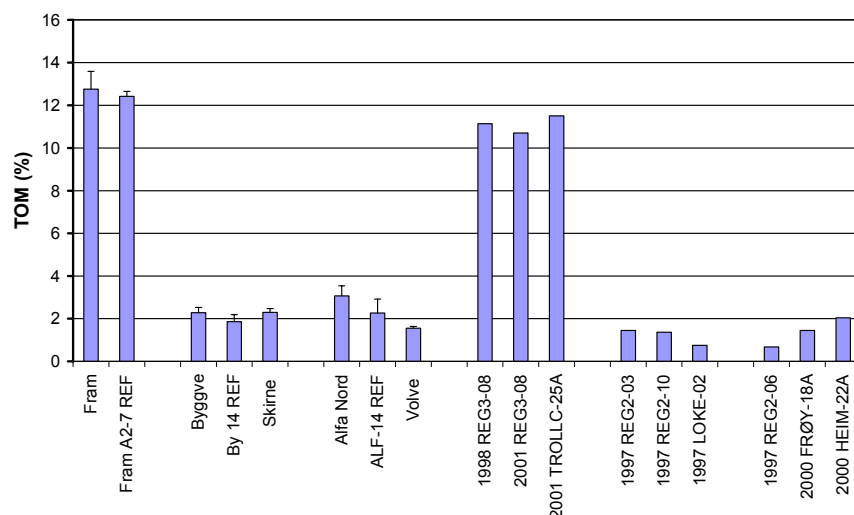
beskaffenhet (partikkelstørrelse) har stor betydning for (samvarierer med) de andre målingene. Stasjonene med høyest leire og siltinnhold har høyests innhold av de kjemiske parametrene. Figurene viser også at nivået av de miljøskadelige stoffene er lave med enkelte unntak, og på nivå med det som eller er funnet av upåvirkede stasjoner i Region II og III. Det er mange likhetstrekk mellom Alfa Nord og resultatene fra Volve, Skirne og Byggve.

Vi har også inkludert noen resultater fra analyse av nikkel og arsen. De er tatt med for å vise at analyseresultatene finnes, og kan dermed brukes som referanse til andre undersøkelser. Generelt er disse to metallene ikke rapportert i fra tilsvarende undersøkelser. PAH, NPD og kvikksølv er analysert på tre stasjoner pr felt, inkludert referansestasjonen.

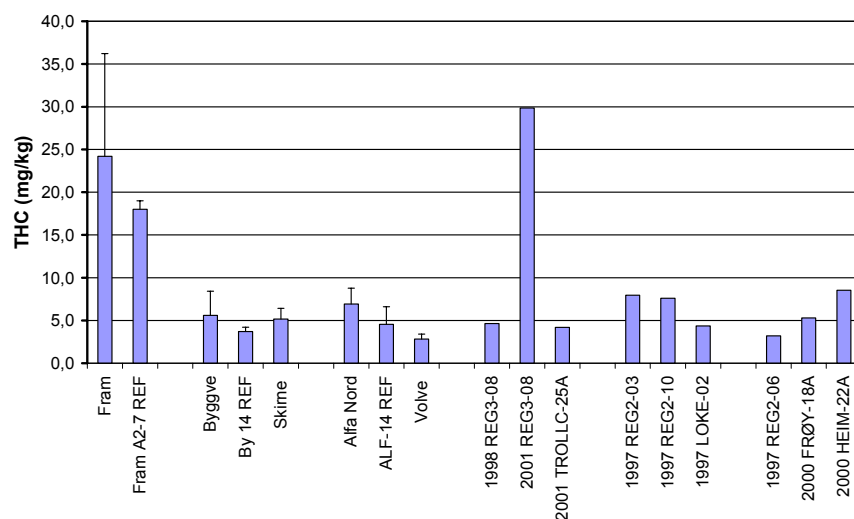
Antall individer og arter pr stasjon varierer en del mellom undersøkelsene og de ulike felt. Det var flest arter og individer i Skirne og Byggve området, og færrest på Volve. Den beregnede diversiteten var imidlertid nokså jevn mellom de ulike områdene.



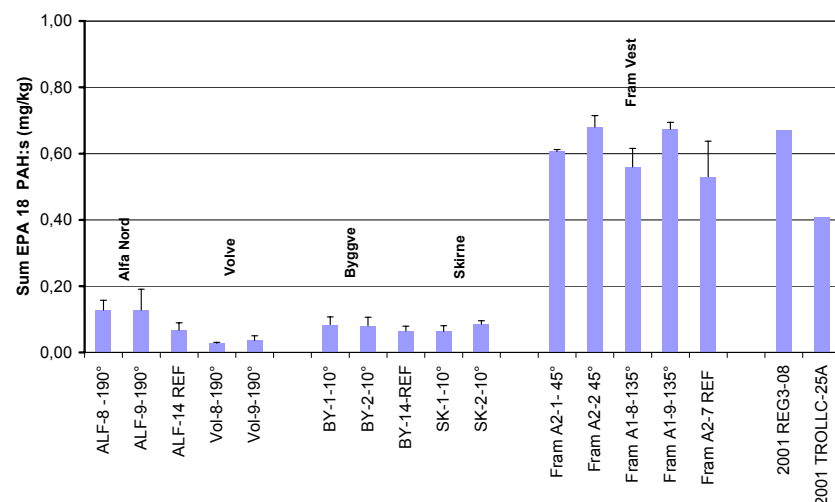
Figur 3-13. Gjennomsnittinnholdet av pelitt (leire+silt) pr felt på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Data fra 1997 mangler.



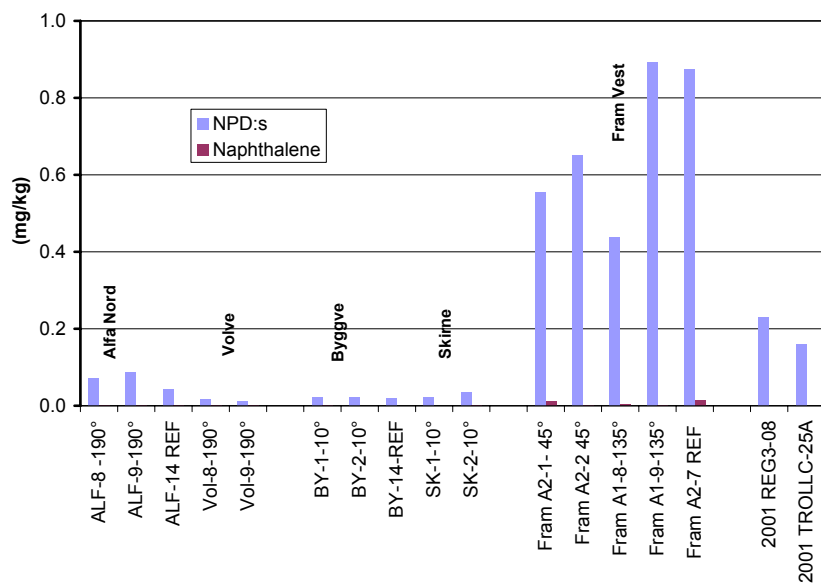
Figur 3-14. Gjennomsnittinnholdet av organisk materiale pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



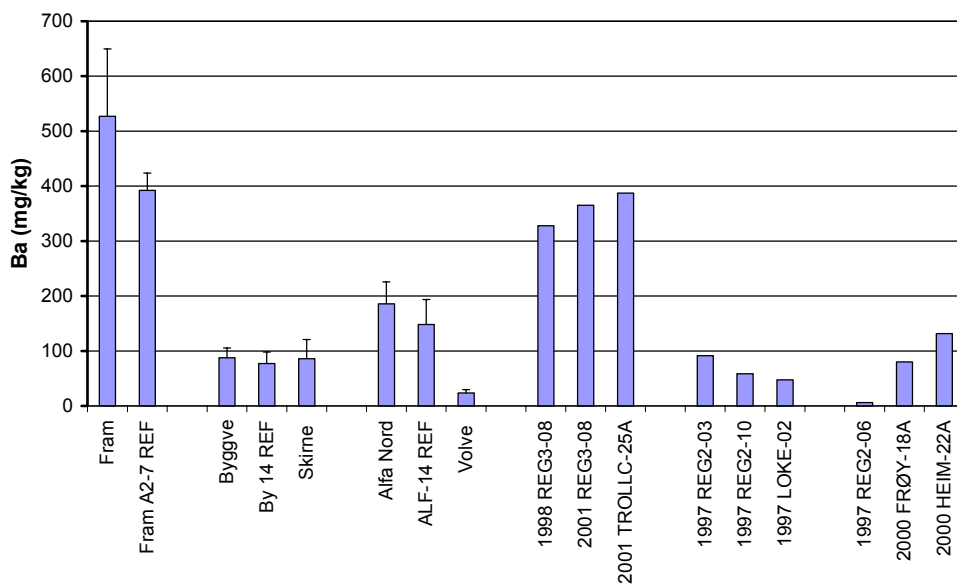
Figur 3-15. Gjennomsnittinnholdet av THC pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



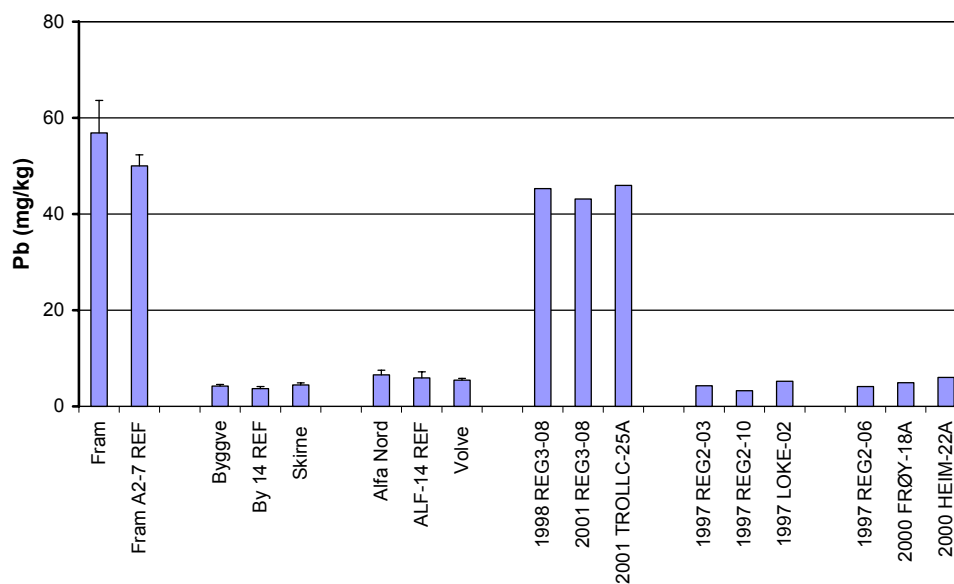
Figur 3-16. Gjennomsnittinnholdet av PAH pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



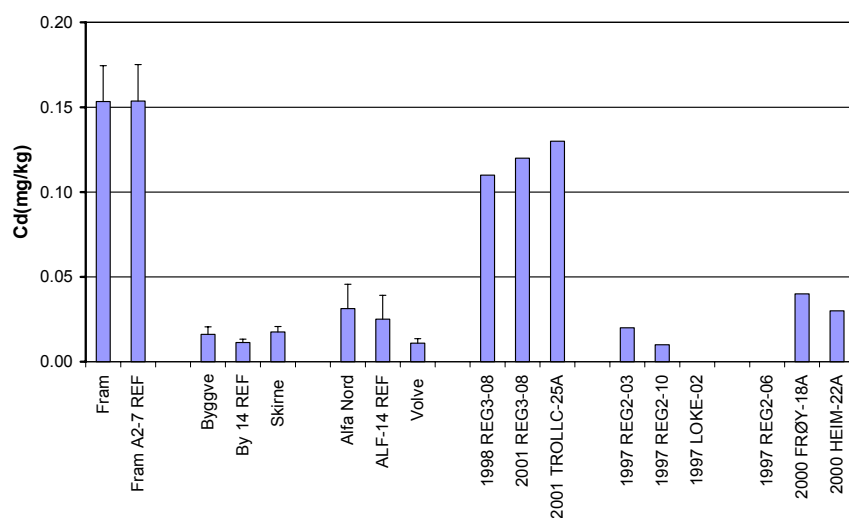
Figur 3-17. Gjennomsnittinnholdet av NPD og naftalen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



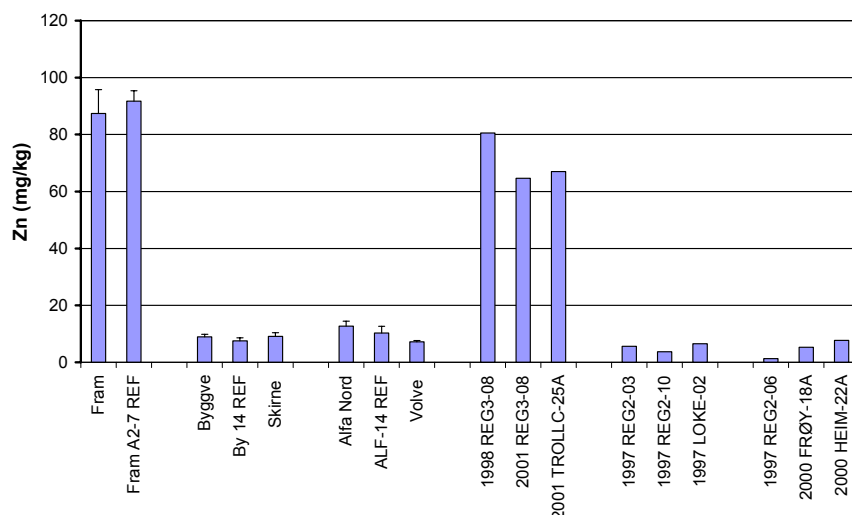
Figur 3-18. Gjennomsnittinnholdet av barium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



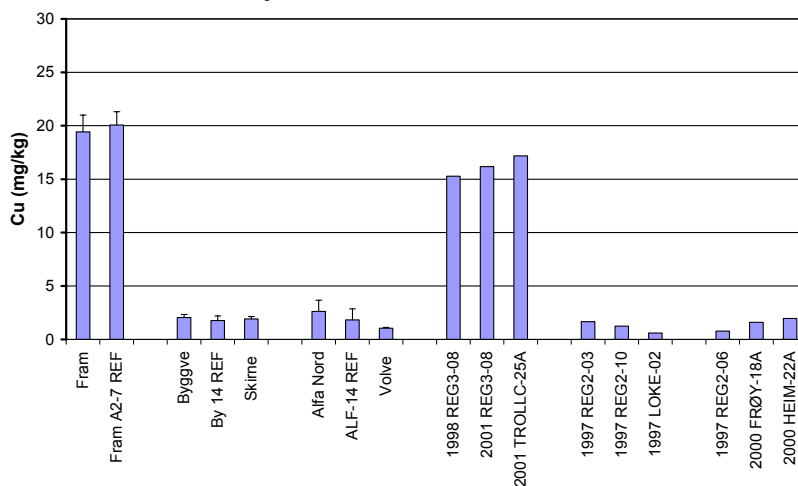
Figur 3-19. Gjennomsnittinnholdet av bly pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



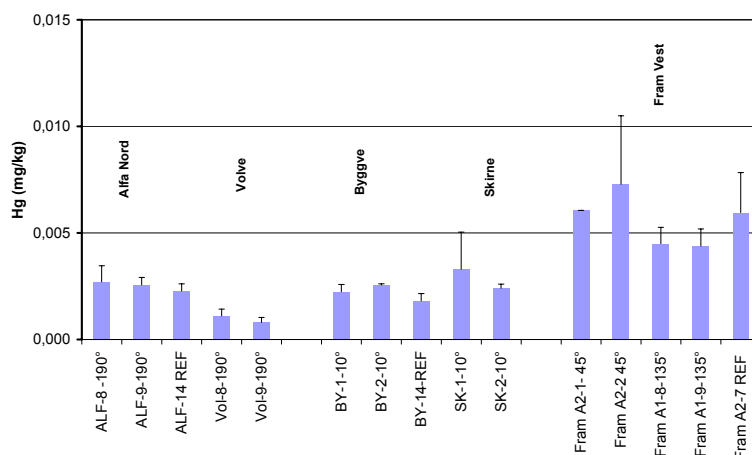
Figur 3-20. Gjennomsnittinnholdet av kadmium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



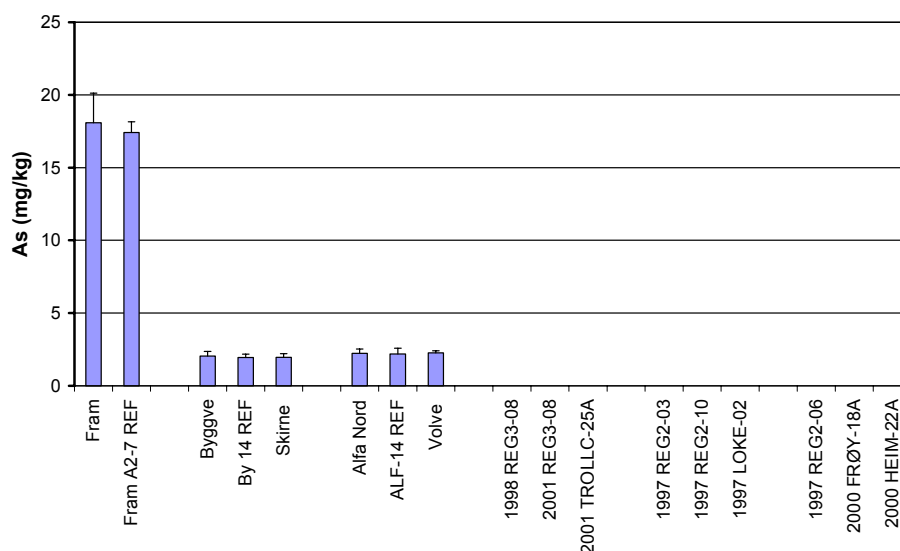
Figur 3-21. Gjennomsnittinnholdet av sink pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



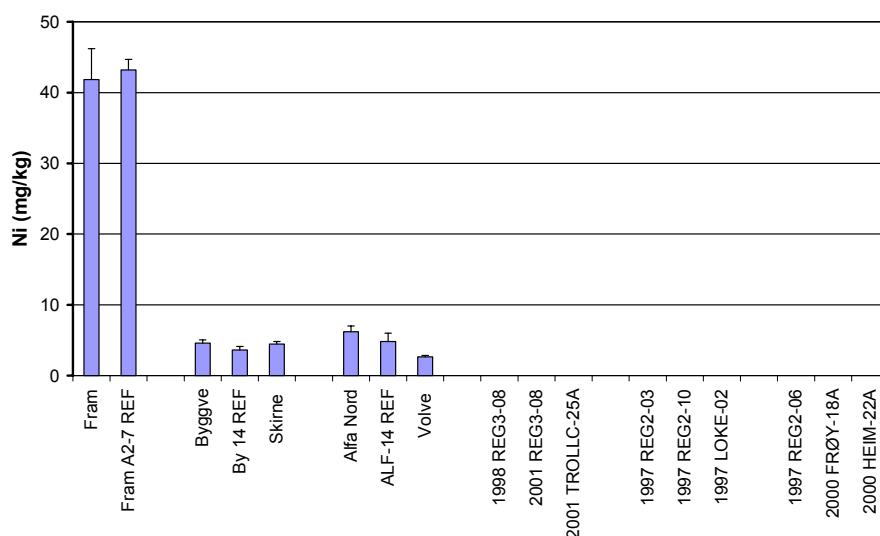
Figur 3-22. Gjennomsnittinnholdet av kobber pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



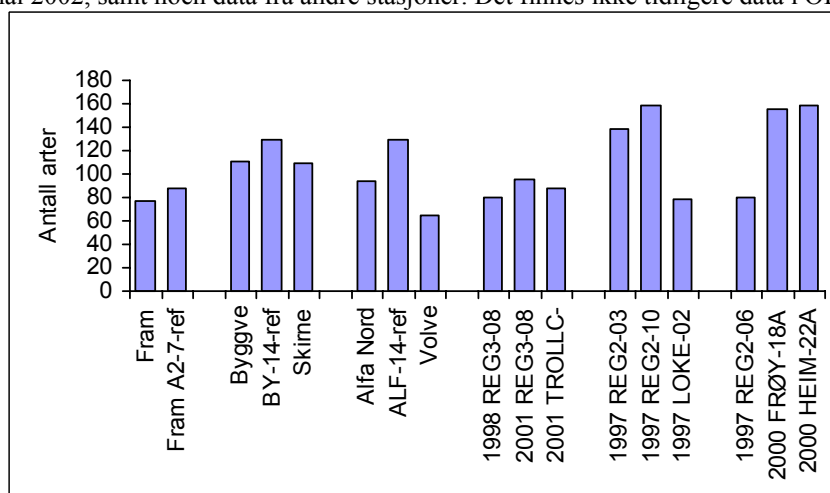
Figur 3-23. Gjennomsnittinnholdet av kvikksølv pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



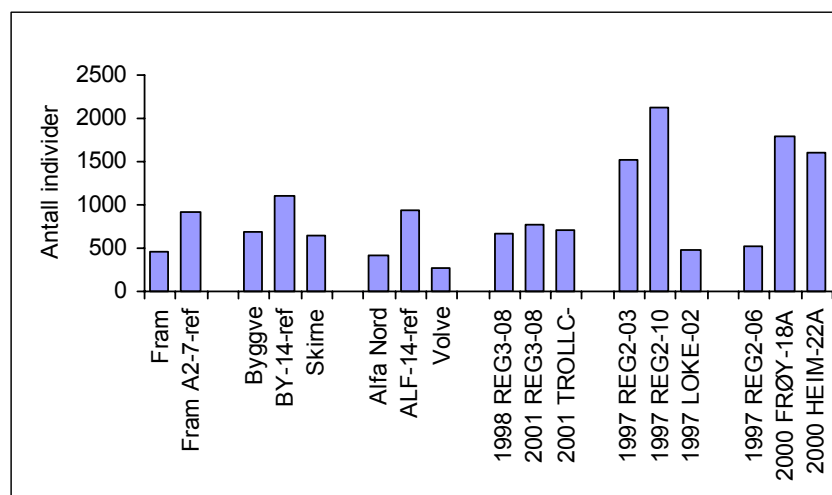
Figur 3-24. Gjennomsnittinnholdet av arsen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Det finnes ikke tidligere data i OLFs database.



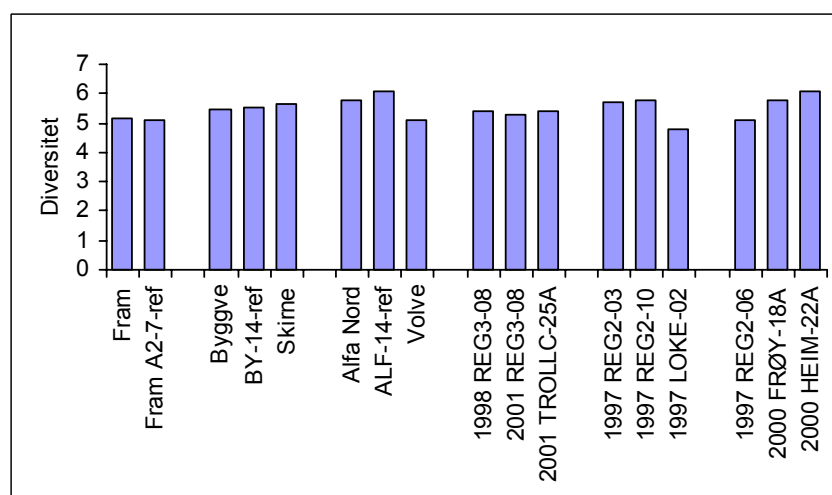
Figur 3-25. Gjennomsnittinnholdet av nikkel pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Det finnes ikke tidligere data i OLFs database.



Figur 3-26. Gjennomsnittinnholdet av antall arter pr feltspesifikkstasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Byggve og Skirne samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.



Figur 3-27. Gjennomsnittinnholdet av antall individer pr feltpesifikkstasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Byggve og Skirne samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002



Figur 3-28. Beregnet diversitet pr feltpesifikkstasjon og på referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner i regionen. Byggve og Skirne samt BY-14 er uten Echinoidea spp juv. Det er tatt ti prøver på referansestasjonene i 2002.

4 Oppsummering og konklusjon

Sedimentet var forholdsvis ensartet på de ordinære stasjoner, det var liten forskjell i organisk innhold og andel silt og leire. På de ordinære stasjonene ble det funnet betydelig høyere konsentrasjoner av barium sammenlignet med tidligere resultat fra området. For de andre metallene ble det funnet litt høyere eller tilsvarende verdier som stasjonene som ble brukt som sammenligningsgrunnlag. Dette gjelder også for de målte THC konsentrasjoner i sedimentet. Den relativt høye andelen av finpartikulært materiale i sedimentet på Alfa Nord er sannsynligvis årsak til noe høyere verdier for enkelte av de målte parametrene.

Resultater fra biologi analysene viser en naturlig bunnfauna for denne typen sediment. Det er ingen av de ordinære stasjonene som skiller seg ut basert på fauna data.

Det er ikke funnet resultat som tyder på at området er påvirket av oljeforurensing. Det var ingen gradienter i resultatene, og heller ingen systematiske forskjeller med henblikk på stasjonsplassering og avstand til feltsenteret.

Referansestasjonen (ALF-14-ref) skilte seg en del fra de andre stasjonene. Det ble funnet lavere innhold av silt, leire og organisk materiale. Konsentrasjoner av metaller og hydrokarboner var også generelt lavere enn på de andre stasjonene. Arts-sammensetningen var også noe forskjellig mellom referansestasjonene og de ordinære stasjonene. Trolig skyldes forskjeller mellom de ordinære stasjonene og referansestasjonen en effekt av avstand og dermed ulike miljøforhold (bakgrunnsverdier).

Undersøkelsen danner et godt utgangspunkt som referanse for fremtidige sedimentundersøkelser på Alfa Nord. Det var derimot vanskelig å finne et godt sammenligningsgrunnlag fra tidligere resultat i region II. Referansestasjonen som ble brukt i undersøkelsen var heller ikke optimal.

Anbefalinger

Det anbefales at det opprettes en ny referansestasjon for Alfa Nord for fremtidige miljøundersøkelser.

5 Referanser

Anon, 1982. Manual and Guides No. 11. *The determination of petroleum hydrocarbons in sediments*.

Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. - Pp 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications. 387 pp.

Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.

Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.

Clarke, K.R. & M. Ainsworth 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. – *Marine Ecology Progress Series* 92:205-519.

Clarke, K.R. & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.

Eriksen, V, S. Westerlund & Øyvind Tvedten. 2003. *Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Volve i 2002*. RF - Rogalandsforskning. Rapport RF-2003/084. 40 s.

Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. - *Ecology* 52:577-586.

Magurran, A. E. 1988. - *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London.

Mannvik, H.P, A. Pettersen, V. Lyngmo, F. Mikkola & K.L. Gabrielsen 2001. Environmental monitoring survey of oil and gas fields in Region II, 2000. Akvaplan-niva. Rapport APN-411.1890. 389 s.

NS 9420:1998. Retningslinjer for feltarbeid i forbindelse med miljøovervåking og -kartlegging. Norsk Standard 1998. 9 s.

NS 9422:1998. Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder. Norsk Standard 1998. 11 s.

NS 9423:1998 Retningslinjer for kvantitative analyser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø. Norsk Standard 1998. 16 s.

Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. - *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.

Shannon, C. E. & W. Weaver 1963. - *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.

Tucker, M. 1988. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications.

Vedlegg

Vedlegg 1 - Feltrapport

Vedlegg 2 - Resultat fra partikkelstørrelsesanalysene

Vedlegg 3 – Resultat fra metallanalysene

Vedlegg 4 – Resultat fra hydrokarbonanalysene

Vedlegg 5 – Resultat fra biologianalysene