

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

Veslemøy Eriksen, Stig Westerlund og Øyvind Tvedten

Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Volve i 2002

Rapport RF – 2003/084

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 Volve i 2002. Undersøkelsene er gjennomført på oppdrag fra Statoil ASA og er beskrevet i kontrakt no. 2002/00345.

Statoil ASA er operatør på Volve, og grunnlagsundersøkelsen er gjennomført sammen med grunnlagsundersøkelser på fire andre felt (Skirne, Byggve, Alfa Nord 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 – Rogalandforskning 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 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.....	6
2.3.1 Partikkelstørrelsesfordeling.....	6
2.3.2 Totalt organisk materiale (TOM)	7
2.3.3 Metaller.....	7
2.3.4 Hydrokarboner.....	8
2.3.5 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.....	30
4 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	38
5 REFERANSER.....	39
VEDLEGG.....	40

Sammendragsrapport

Innledning

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

Grunnlagsundersøkelsen av sedimentet på Volve 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*.

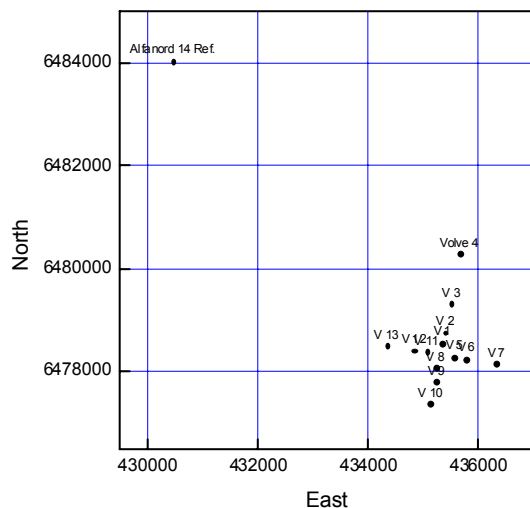
Volve ligger i den nordvestre delen av Sleipner Vest feltet, nord for Sleipner A plattformen. Volve er et oljefelt med Statoil ASA som operatør. Endelig utbyggingskonsept for Volve er ikke bestemt.

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

Feltarbeid, materiale og metode

Totalt ble det samlet inn prøver fra 14 stasjoner, 13 ordinære stasjoner og en referansestasjon. En 0,1 m² van Veen grabb ble brukt til å samle inn sedimentprøvene. 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 5 km nordvest for feltet. Stasjon ALF-14-ref var også referansestasjon for Alfa Nord. 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. Dybdeforholdene i området varierte fra 85 m – 90 m.



Figur 1. Oversikt over stasjonsplasseringer på Volve 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), polyaromatiske 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 Volve i 2002. Biologi = bunnfauna, kornst. = kornstørrelse (% pelitt), TOM = totalt organisk materiale, THC = total mengde hydrokarboner, PAH = polyaromatiske 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									
Vol 1	6478561	435341	250 m	10°	5	1	3	3			
Vol 2	6478768	435391	500 m	10°	5	1	3	3			
Vol 3	6479330	435495	1000 m	10°	5	1	3	3			
Vol 4	6480289	435652	2000 m	10°	5	1	3	3			
Vol 5	6478287	435562	250 m	100°	5	1	3	3			
Vol 6	6478252	435771	500 m	100°	5	1	3	3			
Vol 7	6478148	436320	1000 m	100°	5	1	3	3			
Vol 8	6478091	435215	250 m	190°	5	1	5	5	3	3	x
Vol 9	6477805	435229	500 m	190°	5	1	5	5	3	3	x
Vol 10	6477368	435118	1000 m	190°	5	1	3	3			
Vol 11	6478400	435061	250 m	280°	5	1	3	3			
Vol 12	6478412	434817	500 m	280°	5	1	3	3			
Vol 13	6478510	434336	1000 m	280°	5	1	3	3			
ALF-14-Ref	6484042	430458	5000 m	320°	10	1	3	7	5	5	x

Resultat og diskusjon

Sedimentet på stasjonene var ensartet og dominert av finkornet sand med varierende innslag av silt og leire. Det var ingen spesiell lukt av sedimentet og fargen var brungrønn. Prosentandel pelitt (silt og leire) i sedimentet varierte mellom 0,4 og 10,5 % (Tabell 2). På referansestasjonen var andel silt og leire 6,6 %. Totalt organisk materiale (TOM) varierte fra 1,4 til 1,7 % på de ordinære stasjonene. På referansestasjonen (ALF-14) var TOM 2,3 %.

Økt innhold av tungmetaller kan være en konsekvens av utslipp i forbindelse med 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 var lav i overflatesediment på de ordinære stasjonene på Volve. Konsentrasjonene av barium varierte fra 19 til 31 mg/kg. Resultatet fra den vertikale fordelingen av barium viste en økning fra overflaten (0-1 cm) og ned til 6 cm på Vol-8 og Vol-9. På referansestasjonen var konsentrasjonen av barium i overflatesediment 148 mg/kg, og mellomlaget (1-3 cm) hadde høyest konsentrasjon. De målte metallkonsentrasjonene (for Cd, Cr, Cu, Pb, Zn og Hg) i overflatesedimentet på Volve er ellers på nivå med det som er målt tidligere i området. Det er ikke observert merkbare forskjeller mellom stasjonene, men generelt var det høyere metallinnhold på referansestasjonen.

Tabell 2. Resultat fra analyse av partikkelstørrelse som % pelitt (silt + leire), totalt organisk materiale (TOM) og fauna (antall individ, antall taxa, jevnhet, forventet antall arter ES(100) og diversitet på Volve i 2002. Verdiene fra fauna analysene 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
Vol 1	2,3	1,6	69	224	0,90	47	5,48
Vol 2	7,7	1,5	66	250	0,86	41	5,19
Vol 3	2,5	1,5	55	198	0,89	41	5,13
Vol 4	3,8	1,5	75	253	0,88	47	5,49
Vol 5	1,9	1,6	65	222	0,87	43	5,23
Vol 6	2,6	1,5	62	234	0,86	40	5,13
Vol 7	1,9	1,4	61	199	0,87	43	5,19
Vol 8	6,5	1,5	62	201	0,87	43	5,18
Vol 9	3,5	1,5	68	279	0,87	42	5,27
Vol 10	3,8	1,6	61	227	0,88	42	5,23
Vol 11	10,5	1,6	58	207	0,87	41	5,07
Vol 12	0,4	1,6	63	214	0,89	43	5,29
Vol 13	3,7	1,7	58	236	0,89	41	5,20
ALF-14-Ref	6,6	2,3	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), polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og NPD (naftalen, fenantren og dibenzotiofen) på Volve 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)
Vol 1	23	7,9	0,009	1,15	5,27	7,32	2,8		
Vol 2	24	8,1	0,010	1,08	5,16	7,48	2,8		
Vol 3	19	7,7	0,009	0,95	5,31	7,05	3,7		
Vol 4	27	7,7	0,009	1,00	5,26	7,03	3,2		
Vol 5	22	7,8	0,012	1,03	5,54	7,22	2,6		
Vol 6	26	7,7	0,013	0,99	5,35	6,95	2,4		
Vol 7	31	7,8	0,010	0,98	5,37	6,85	2,5		
Vol 8	20	7,9	0,009	1,04	5,97	6,96	3,0	0,028	0,016
Vol 9	19	8,0	0,009	1,03	5,31	7,32	2,8	0,036	0,012
Vol 10	28	8,0	0,013	1,06	5,20	7,30	2,5		
Vol 11	19	8,1	0,013	1,03	5,62	7,37	2,2		
Vol 12	21	7,9	0,012	1,02	5,65	7,41	2,9		
Vol 13	28	8,2	0,016	1,17	5,89	7,96	3,2		
ALF-14-Ref	148	8,9	0,025	1,8	5,9	10,3	4,5	0,067	0,042

Gjennomsnittlig konsentrasjon for total mengde hydrokarboner (THC) varierte mellom 2,2 og 3,7 (Tabell 3). På referansestasjonen var gjennomsnitt konsentrasjon av THC 4,5 mg/kg. Resultatene fra hydrokarbonanalysene på Volve tilsvarer resultat fra tidligere undersøkelser. Analysene av PAH, NPD og dekaliner indikerer at det ikke er noen lokal kilde for kontaminering av hydrokarboner på Volve. Kromatogrammene viser at fingeravtrykkene av de ulike PAHene er av pyrogen opprinnelse og ikke fra olje som utvinnes i Nordsjøen.

Totalt ble det funnet 3829 individ (4330 inkludert juvenile slangestjerner) fordelt på 219 taxa på Volve. 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 40 og 47 på de ordinære stasjonene. 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. Det ble derimot funnet færre individ på Volve enn tidligere undersøkelser. Børstemarkene dominerer både i antall arter og antall individ, og utgjør ca 45 % av artene og 52 % av individene. Forholdet mellom faunagruppene stemmer med tidligere undersøkelser i området. Faunaen på Volve 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 ordinæres stasjonene med hensyn til faunasammensetning, dette er vist i de multivariate analysene. Det ble også funnet flere arter og individ på referansestasjonen.

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. Referansestasjonen (ALF-14-ref) skilte seg en del fra de andre stasjonene. På referansestasjonen ble det funnet litt høyere verdier for de analyserte metallene, dette gjelder særlig for barium og kobber.

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 Volve.

Siden det ble funnet en del varierende resultat på de ordinære stasjonene og referansestasjonen, anbefales det å finne en annen referansestasjon til Volve. Dette gjelder både for kjemiske og biologiske analyser.

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 Volve field in the North Sea. Due to the planned development of the Volve 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 Volve 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 Volve field is situated in the south part of the North Sea (Region II). Water depths in the survey area varied between 85 and 90 meters. At the reference station (ALF-14-ref) the depth was 105 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 0.1 m² van Veen grab was used for sediment sampling. 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 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). (A detailed field report in English is given in Appendix 1).

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

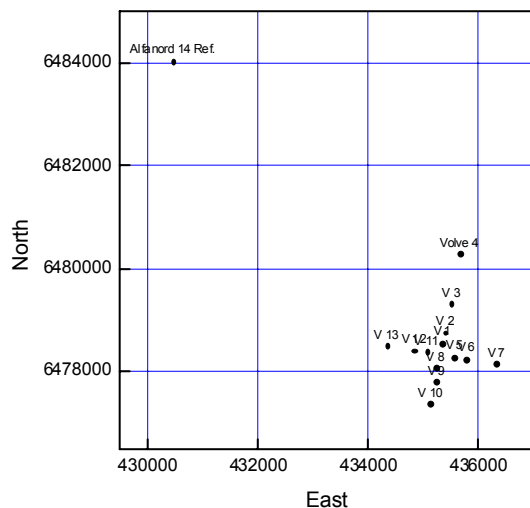


Figure 1. Sampling positions at Volve in 2002.

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 Volve):

- 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 Volve 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									
Vol 1	6478561	435341	250 m	10°	5	1	3	3			
Vol 2	6478768	435391	500 m	10°	5	1	3	3			
Vol 3	6479330	435495	1000 m	10°	5	1	3	3			
Vol 4	6480289	435652	2000 m	10°	5	1	3	3			
Vol 5	6478287	435562	250 m	100°	5	1	3	3			
Vol 6	6478252	435771	500 m	100°	5	1	3	3			
Vol 7	6478148	436320	1000 m	100°	5	1	3	3			
Vol 8	6478091	435215	250 m	190°	5	1	5	5	3	3	x
Vol 9	6477805	435229	500 m	190°	5	1	5	5	3	3	x
Vol 10	6477368	435118	1000 m	190°	5	1	3	3			
Vol 11	6478400	435061	250 m	280°	5	1	3	3			
Vol 12	6478412	434817	500 m	280°	5	1	3	3			
Vol 13	6478510	434336	1000 m	280°	5	1	3	3			
ALF-14-Ref	6484042	430458	5000 m	320°	10	1	3	7	5	5	x

Results & discussions

The sediment was generally homogenous and dominated by fine sand, with various content of pelite (silt and clay). Amount of pelite varied between 0.4 and 10.5 % 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 1.4 and 1.7 %. TOM at the reference station was 2.3 %.

Table 2. Data from analyses of particle size distribution as % pleitt (silt + clay), total organic material (TOM) and biological data (number of taxa, number of individuals, evenness, expected number of individuals ES(100) and diversity) from the Volve 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
Vol 1	2.3	1.6	69	224	0.90	47	5.48
Vol 2	7.7	1.5	66	250	0.86	41	5.19
Vol 3	2.5	1.5	55	198	0.89	41	5.13
Vol 4	3.8	1.5	75	253	0.88	47	5.49
Vol 5	1.9	1.6	65	222	0.87	43	5.23
Vol 6	2.6	1.5	62	234	0.86	40	5.13
Vol 7	1.9	1.4	61	199	0.87	43	5.19
Vol 8	6.5	1.5	62	201	0.87	43	5.18
Vol 9	3.5	1.5	68	279	0.87	42	5.27
Vol 10	3.8	1.6	61	227	0.88	42	5.23
Vol 11	10.5	1.6	58	207	0.87	41	5.07
Vol 12	0.4	1.6	63	214	0.89	43	5.29
Vol 13	3.7	1.7	58	236	0.89	41	5.20
ALF-14-Ref	6.6	2.3	129	930	0.87	51	6.09

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 low, varying from 19 to 31 mg/kg. At the reference station, the concentration of barium was analysed to be 148 mg/kg. Compared to other investigations, the concentrations of barium at Volve are at the same level for the ordinary stations, and some higher at the reference station. 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. Generally, values for metal concentrations were higher at the reference station.

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 2.2 and 3.7 across the survey area. The analyses of PHAs and NPDs indicate no local source for contamination of hydrocarbons. Measured THC concentrations at Volve are at the same level as results from the region in 1997 and 2000.

Table 3. Data from analyses of metals (Ba, Cr, Cd, Cu, Pb og Zn), total hydrocarbons (THC), polyaromatic hydrocarbons (PAH) and NPD (naphthalene, fenantren and dibenzotiofen)) at Volve 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)
Vol 1	23	7.9	0.009	1.15	5.27	7.32	2.8		
Vol 2	24	8.1	0.010	1.08	5.16	7.48	2.8		
Vol 3	19	7.7	0.009	0.95	5.31	7.05	3.7		
Vol 4	27	7.7	0.009	1.00	5.26	7.03	3.2		
Vol 5	22	7.8	0.012	1.03	5.54	7.22	2.6		
Vol 6	26	7.7	0.013	0.99	5.35	6.95	2.4		
Vol 7	31	7.8	0.010	0.98	5.37	6.85	2.5		
Vol 8	20	7.9	0.009	1.04	5.97	6.96	3.0	0.028	0.016
Vol 9	19	8.0	0.009	1.03	5.31	7.32	2.8	0.036	0.012
Vol 10	28	8.0	0.013	1.06	5.20	7.30	2.5		
Vol 11	19	8.1	0.013	1.03	5.62	7.37	2.2		
Vol 12	21	7.9	0.012	1.02	5.65	7.41	2.9		
Vol 13	28	8.2	0.016	1.17	5.89	7.96	3.2		
ALF-14-Ref	148	8.9	0.025	1.8	5.9	10.3	4.5	0.067	0.042

In total, 3829 individuals (4330 inclusive juvenile brittle-stars) were collected and identified to 219 taxa at the Volve field. Table 2 summarises the result of the various fauna calculations. Number of individuals at the ordinary stations varied between 198 and 279, while number of taxa varied between 55 and 75 at the ordinary stations. Diversity (Shannon-Wiener) was high at all stations and varied between 5.07 and 5.09. Evenness was also high at all stations. Expected numbers of individuals (Hurlbert ES100) was calculated to be between 41 and 57. 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. At the reference station (ALF-14-ref), number of individuals and taxa were higher compared to the other stations. The multivariate methods also classified ALF-14-ref to be very different from the ordinary stations.

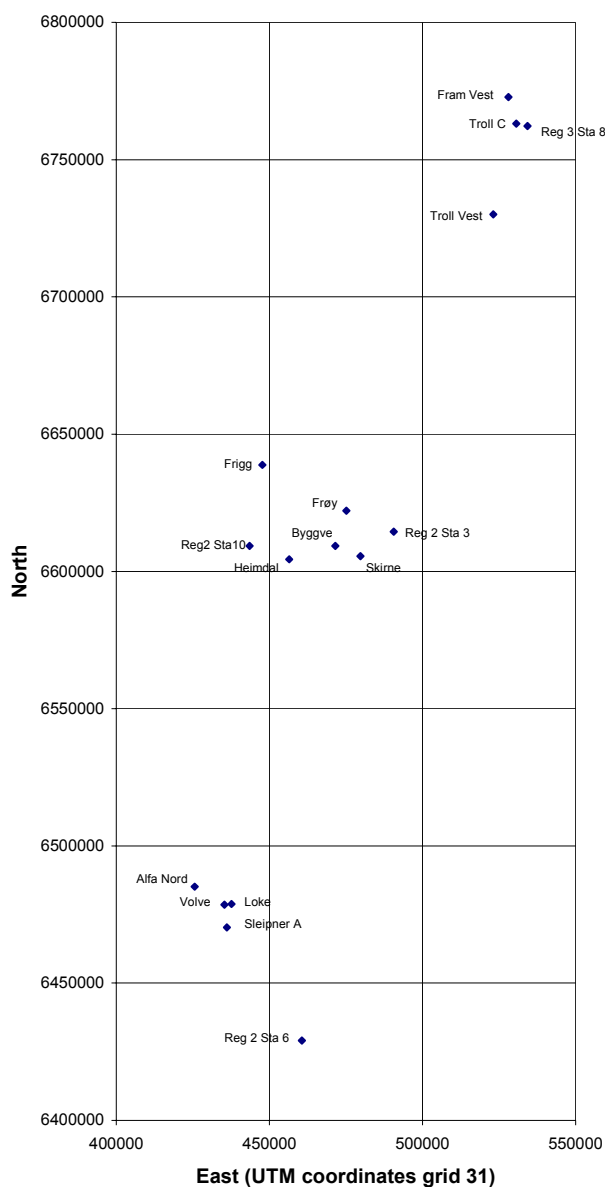
Conclusions

There is no indication that the area is influenced of contamination. No gradients were detected in the results, meaning no systematic differences due to distance from the field centre. The reference station was different from the ordinary stations, and it is recommended to search for a new reference stations for future investigations.

The survey is a good basis for later monitoring surveys in the area to investigate the possible effects petroleum activities at Volve.

1 Innledning

Volve ligger i den nordvestre delen av Sleipner Vest feltet, nord for Sleipner A plattformen (Figur 1-1). Volve er et oljefelt med Statoil ASA som operatør. Endelig utbyggingskonsept for Volve er ikke bestemt.

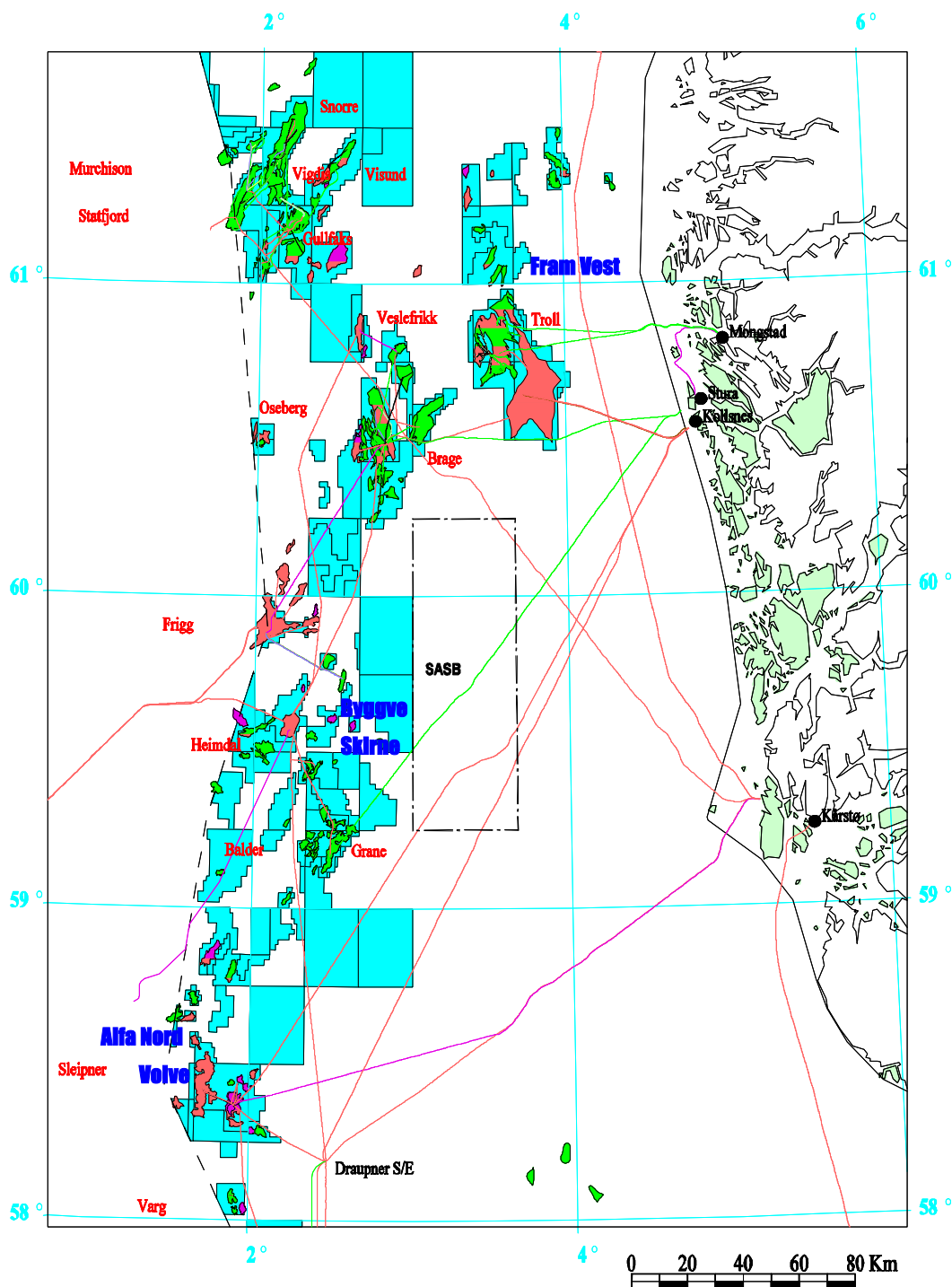


Figur 1-1. Plassering av Volve i forhold til nærliggende felt. Regionale stasjoner og felt hvor det ble utført grunnlagsundersøkelser i 2002 er også inkludert i kartet.

I forbindelse med planlagt utvikling av Volve 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 Volve ble utført samtidig med grunnlagsundersøkelser på feltene Fram Vest, Skirne, Byggve og Alfa Nord. Det er utarbeidet en felles feltjournal for alle feltene (Vedlegg I).



Figur 1-2. Oversikts kart over prøvetaksområdet.

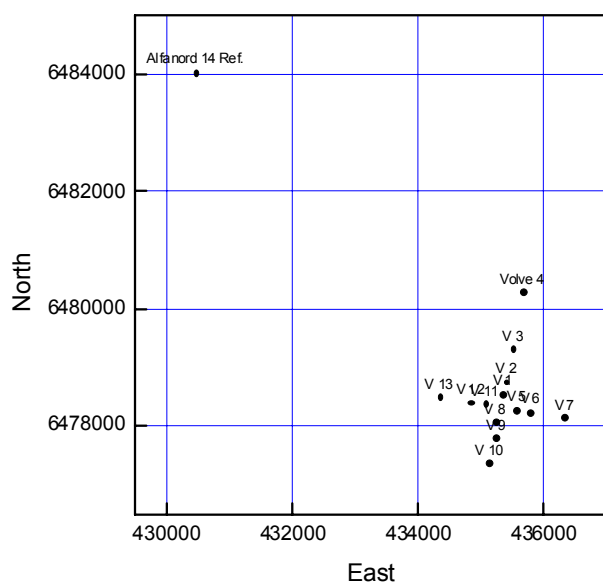
2 Materiale & metode

2.1 Innsamlingsområdet / stasjonsnettverk

De undersøkte stasjonene på Volve er plassert i et aksekors hvor aksene er plassert på langs og på tvers av den dominerende strømretningen som er i nordlig retning (Figur 2-1). Referansestasjonen (ALF-14-ref) er plassert ca 5 km nordvest for feltet (fra senter). Stasjon ALF-14-ref er også referansestasjon for Alfa Nord 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 Volve bestod hovedsaklig av finkornet sand, med varierende innslag av leire og silt. Dybdeforholdene på de ordinære stasjonene varierte mellom 85 og 90 m (Tabell 2-1). På referansestasjonen var dypet 105 m.

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 Volve. 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 Volve. I tillegg er dataene sammenlignet med resultat fra siste undersøkelse i region II (Mannvik m.fl. 2001).



Figur 2-1. Oversikt over stasjonsplasseringer på Volve i 2002.

Tabell 2-1. Stasjonsdyp, posisjoner, avstand og retning for de undersøkte stasjonene på Volve i 2002.

Stasjon	Stasjonsdyp	Avstand	Retning	UTM sone 31	
				Nord	Øst
Volve senter				6478500	435010
Vol 1	88 m	250 m	10°	6478561	435341
Vol 2	88 m	500 m	10°	6478768	435391
Vol 3	88 m	1000 m	10°	6479330	435495
Vol 4	90 m	2000 m	10°	6480289	435652
Vol 5	89 m	250 m	100°	6478287	435562
Vol 6	87 m	500 m	100°	6478252	435771
Vol 7	85 m	1000 m	100°	6478148	436320
Vol 8	88 m	250 m	190°	6478091	435215
Vol 9	87 m	500 m	190°	6477805	435229
Vol 10	87 m	1000 m	190°	6477368	435118
Vol 11	90 m	250 m	280°	6478400	435061
Vol 12	90 m	500 m	280°	6478412	434817
Vol 13	85 m	1000 m	280°	6478510	434336
ALF-14-Ref	105 m	5000 m	320°	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 grunnlagsundersøkelsene. Det ble totalt samlet inn sedimentprøver på 13 stasjoner i tillegg til referansestasjonen. 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 I.

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 replikat 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 siktet 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 (Vol-8, Vol-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. Vol-8 og Vol-9 ligger motstrøms fra senter på Volve. 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 Volve 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
Vol-1-250m10°	5	1	3	3	3			
Vol-2-500m-10°	5	1	3	3	3			
Vol-3-1000m-10°	5	1	3	3	3			
Vol-4-2000m-10°	5	1	3	3	3			
Vol-5-250m-100°	5	1	3	3	3			
Vol-6-500m-100°	5	1	3	3	3			
Vol-7-1000m-100°	5	1	3	3	3			
Vol-8-250m-190°	5	1	3	5	5	3	3	Seksjonering
Vol-9-500m-190°	5	1	3	5	5	3	3	Seksjonering
Vol-10-1000m-190°	5	1	3	3	3			
Vol-11-250m-280°	5	1	3	3	3			
Vol-12-500m-280°	5	1	3	3	3			
Vol-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 volum av hver enkelt prøve (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. Ved sikting av prøvene fra Volve passerte 98-100 % av partiklene gjennom sikten. I sikteprosessen kan sedimentet trekke til seg inntil 1 % vann, derfor ble prøvene igjen tørket ved 105 °C før gløding.

Mengde TOM ble analysert som glødetap (vektreduksjon), 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. Ved sikting av prøvene fra Volve passerte 98-100 % av partiklene gjennom sikten. 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 Superapure 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 oppluttede 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 Volve 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 bunn sedimentet
- 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) Univarierte 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 faunadata 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 petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel. Det er ført feltjournal og detaljerte sjekklister 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 Totalt organisk materiale (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 standardsediment (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

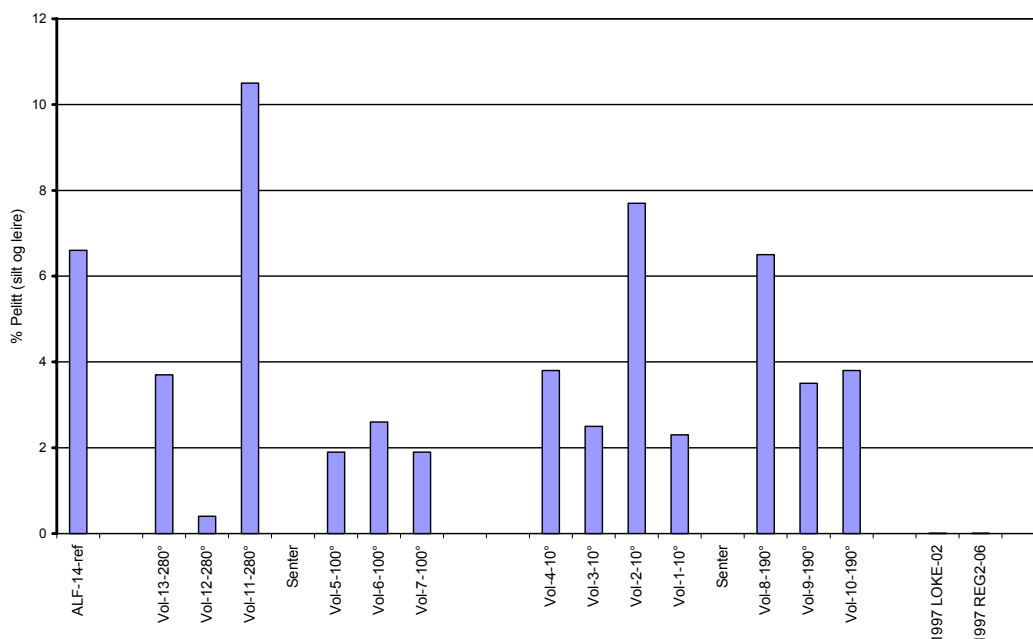
Sedimentet på stasjonene var ensartet, og domineres av finkornet sand med varierende innslag av leire. Det var ingen spesiell lukt av sedimentet, og fargen var brungrønn (Munsell 5Y 3/2, 5Y 4/2 og 5Y 4/3). Detaljerte beskrivelser av sedimentet på hver stasjon og hugg er gitt i Vedlegg 1.

3.1.2 Partikkelstørrelsesfordeling

Andel silt og leire (% pelitt) i sedimentet varierte mellom 0,4 % på Vol-12 og 10,5 % på Vol-11 (Figur 3-1 og Tabell 3-1). På referansestasjonen var andel silt og leire 6,6 %. Andel pelitt på Volve var høyere sammenlignet med resultat fra Loke og REG2-06 i 1997. Resultatene ligger derimot på samme nivå som de regionale stasjonene i 2001. 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 som (% pelitt (silt + leire), % sand og % grus) og totalt organisk materiale (TOM) på Volve 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.

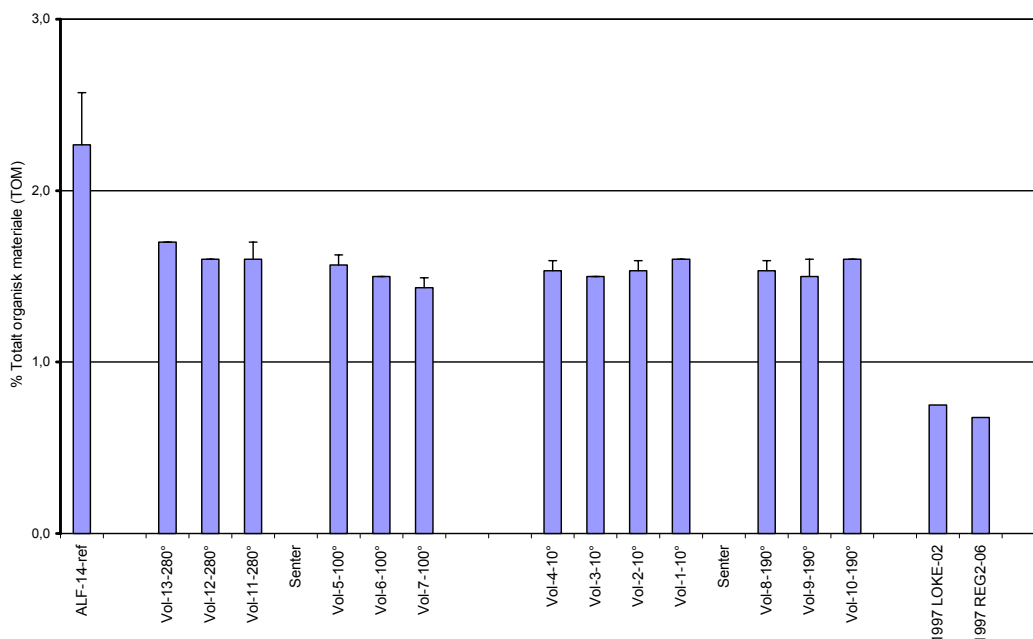
Stasjon	Pelitt (%)	Sand (%)	Grus (%)	TOM (%)	TOM SD
Vol-1-250m10°	2,3	97,7	0,0	1,6	0,00
Vol-2-500m-10°	7,7	92,3	0,0	1,5	0,06
Vol-3-1000m-10°	2,5	97,5	0,0	1,5	0,00
Vol-4-2000m-10°	3,8	96,1	0,0	1,5	0,06
Vol-5-250m-100°	1,9	98,1	0,0	1,6	0,06
Vol-6-500m-100°	2,6	97,4	0,0	1,5	0,00
Vol-7-1000m-100°	1,9	98,1	0,0	1,4	0,06
Vol-8-250m-190°	6,5	93,5	0,0	1,5	0,06
Vol-9-500m-190°	3,5	96,5	0,0	1,5	0,10
Vol-10-1000m-190°	3,8	96,2	0,0	1,6	-
Vol-11-250m-280°	10,5	88,8	0,6	1,6	0,10
Vol-12-500m-280°	0,4	99,6	0,0	1,6	0,00
Vol-13-1000m-280°	3,7	96,3	0,0	1,7	0,00
ALF-14-ref	6,6	93,38	0,0	2,3	0,31



Figur 3-1. % pelitt (silt + leire) i overflatesediment på Volve i 2002. Søylene 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.

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 1,4 % til 1,7 % på de ordinære stasjonene. På referansestasjonen (ALF-14) var TOM 2,3 %. Det var liten variasjon i TOM mellom stasjonene. Totalt organisk materiale på Volve var generelt lavt, men verdiene ligger noe høyere sammenlignet med resultatene på stasjon LOKE-02 og REG2-06 i 1997.



Figur 3-2. Totalt organisk materiale, målt som % glødetap, i overflatesediment ved Volve 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.

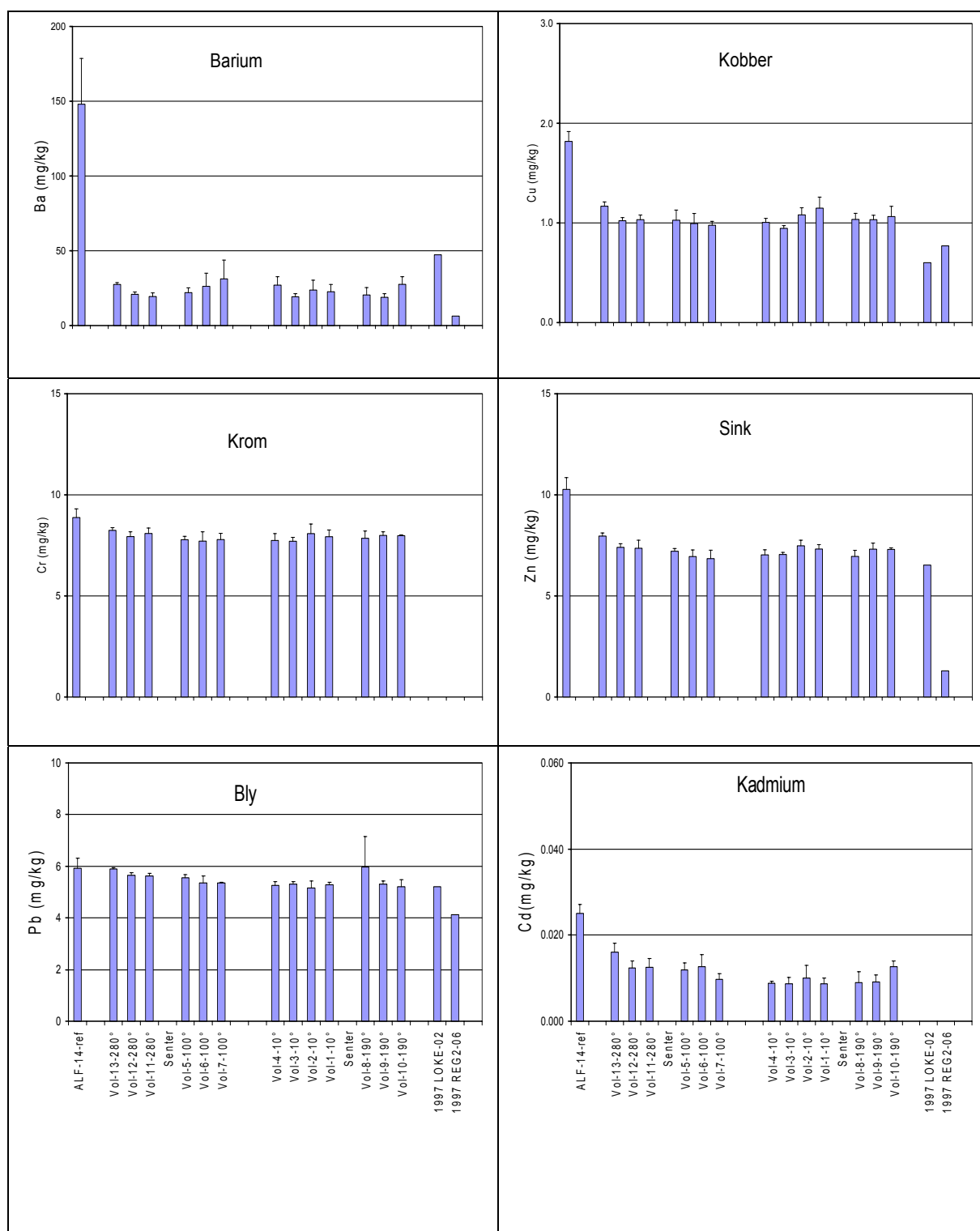
3.2 Kjemiske karakterisering av sedimentet

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, Tabell 3-2 og Vedlegg 3). 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 lav i overflatesedimentet på de ordinære stasjonene på Volve. Innhold av barium varierte fra 19 mg/kg på Vol-9 til 31 mg/kg på Vol-7. På referansestasjonen var konsentrasjonen av barium en del høyere (148 mg/kg). Verdiene som ble målt på de ordinære stasjonene ligger på samme nivå som resultatene fra REG2-06 og LOKE02 i 1997.

I tillegg til analyse av overflatesediment, ble den vertikale profilen av metaller analysert på stasjonene Vol-8, Vol-9 og ALF-14-ref. Resultatet fra den vertikale fordelingen av barium viser en økning fra overflaten og ned til 6 cm på Vol-8 og Vol-9 (Figur 3-4). 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.

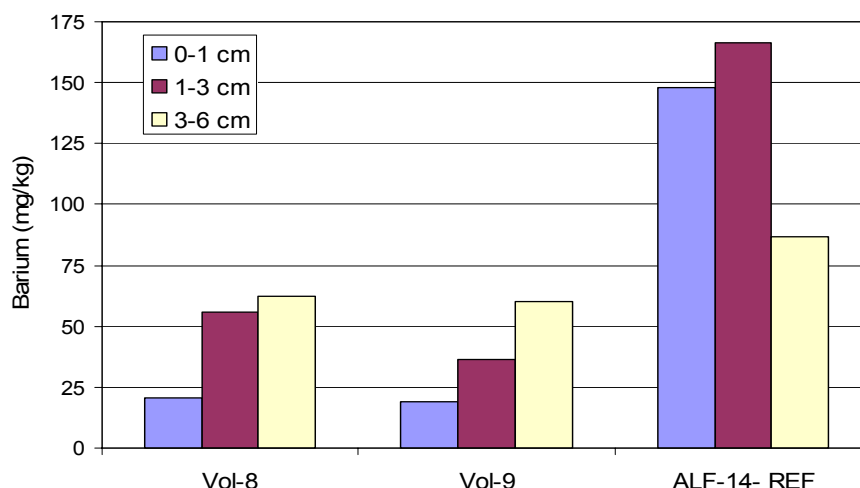
De andre metallene hadde en jevn fordeling og det var ingen trend i dataene slik at enkelte stasjoner pekte seg ut. De målte metallkonsentrasjonene (for Cd, Cr, Cu, Pb og Zn) i overflatesedimentet på Volve er ellers på nivå med det som er målt tidligere i området. Det er ikke observert merkbare forskjeller mellom stasjonene, men generelt var det høyest metallinnhold på referansestasjonen. Kvikksølvinnholdet ble bare målt i overflatesediment på Vol-8, Vol-9 og ALF-14-ref, og sedimentet hadde meget lavt (0,001-0,002 mg/kg) innhold av kvikksølv.



Figur 3-3. Resultater fra analyse av metaller ved Volve 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 tørrt sediment) i overflatesediment (0-1 cm) på Volve 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
Vol-1-250m-10°	23	4,8	7,9	0,34	0,009	0,001	1,15	0,11	5,27	0,11	7,32	0,22		
Vol-2-500m-10°	24	6,6	8,1	0,47	0,010	0,003	1,08	0,07	5,16	0,27	7,48	0,27		
Vol-3-1000m-10°	19	2,1	7,7	0,19	0,009	0,001	0,95	0,03	5,31	0,09	7,05	0,10		
Vol-4-2000m-10°	27	5,6	7,7	0,34	0,009	0,000	1,00	0,04	5,26	0,16	7,03	0,25		
Vol-5-250m-100°	22	3,2	7,8	0,17	0,012	0,002	1,03	0,10	5,54	0,13	7,22	0,13		
Vol-6-500m-100°	26	8,8	7,7	0,46	0,013	0,003	0,99	0,10	5,35	0,27	6,95	0,33		
Vol-7-1000m-100°	31	12,6	7,8	0,32	0,010	0,001	0,98	0,04	5,37	0,02	6,85	0,42		
Vol-8-250m-190°	20	4,9	7,9	0,36	0,009	0,003	1,04	0,06	5,97	1,18	6,96	0,30	0,001	0,0003
Vol-9-500m-190°	19	2,4	8,0	0,18	0,009	0,002	1,03	0,04	5,31	0,13	7,32	0,30	0,001	0,0002
Vol-10-1000m-190°	28	5,2	8,0	0,04	0,013	0,001	1,06	0,10	5,20	0,27	7,30	0,08		
Vol-11-250m-280°	19	2,4	8,1	0,27	0,013	0,002	1,03	0,05	5,62	0,11	7,37	0,39		
Vol-12-500m-280°	21	1,6	7,9	0,24	0,012	0,002	1,02	0,03	5,65	0,10	7,41	0,17		
Vol-13-1000m-280°	28	1,2	8,2	0,13	0,016	0,002	1,17	0,04	5,89	0,07	7,96	0,16		
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



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

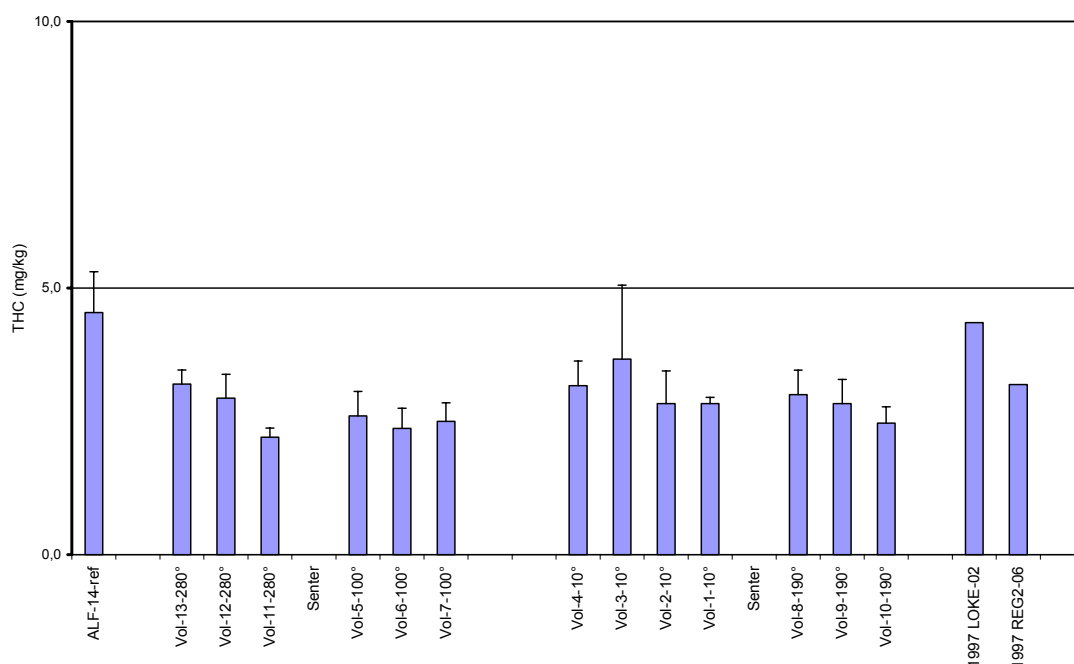
3.2.2 Hydrokarboner

Gjennomsnittlig konsentrasjon for total mengde hydrokarboner (THC) varierte mellom 2,2 mg/kg (Vol-11) og 3,7 mg/kg (Vol-3) (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 Volve på samme nivå eller noe lavere.

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 Volve 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
Vol-1-250m10°	2,8	0,12						
Vol-2-500m-10°	2,8	0,61						
Vol-3-1000m-10°	3,7	1,39						
Vol-4-2000m-10°	3,2	0,46						
Vol-5-250m-100°	2,6	0,46						
Vol-6-500m-100°	2,4	0,38						
Vol-7-1000m-100°	2,5	0,35						
Vol-8-250m-190°	3,0	0,46	0,028	0,003	0,016	0,007	<0,005*	
Vol-9-500m-190°	2,8	0,45	0,036	0,014	0,012	0,007	<0,005*	
Vol-10-1000m-190°	2,5	0,31						
Vol-11-250m-280°	2,2	0,17						
Vol-12-500m-280°	2,9	0,45						
Vol-13-1000m-280°	3,2	0,26						
ALF-14-ref	4,5	0,77	0,067	0,022	0,042	0,020	<0,005*	

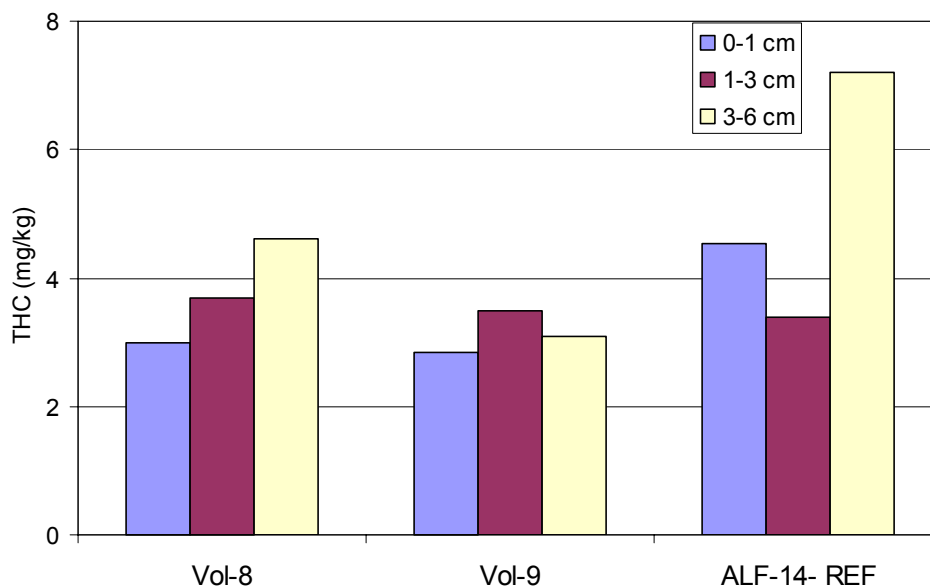
*Mindre enn deteksjonsgrensen på 0,005 mg/kg



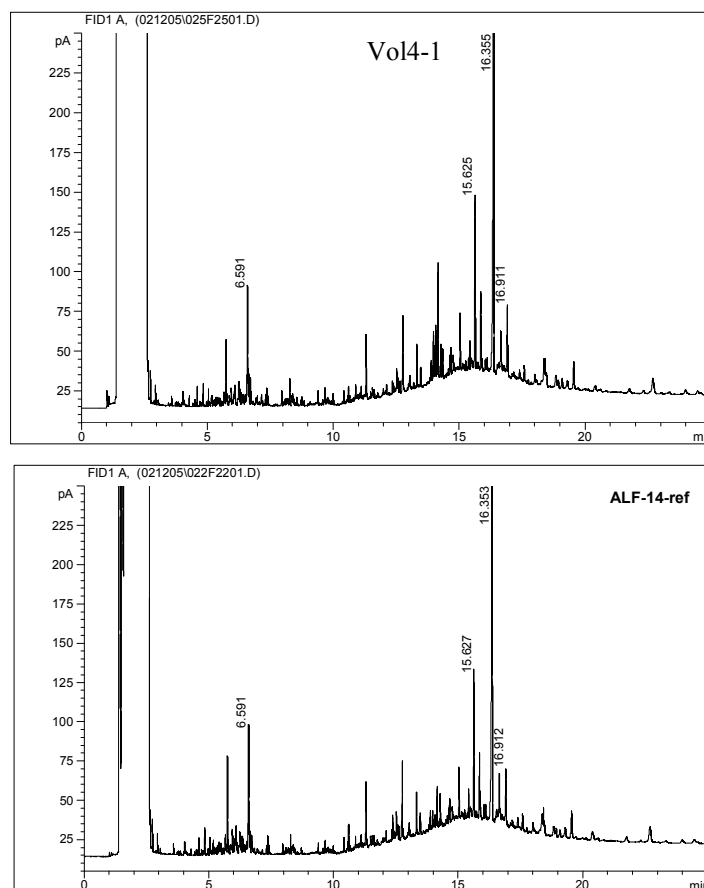
Figur 3-5. Resultater fra analyse av totalt hydrokarbon (THC) ved Volve i 2002. De enkelte søylene representerer middelerverdier fra tre replikat på hver stasjon (5 replikat på referansestasjonen ALF-14-ref). Variasjonen mellom replikatene er uttrykt med standard avvik (SD). Stasjonenes rekkefølge i 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 (Vol-8, Vol-9 og ALF-14-ref). Stasjon Vol-8 og Vol-9 ligger henholdsvis 250 og 500 meter motstrøms fra senterposisjonen. Resultatene viser en økning i THC konsentrasjon fra overflaten og dypere ned i sedimentet på Vol-8. På Vol-9 ble høyeste konsentrasjon målt i 1-3 cm sjiktet (Figur 3-6). På referansestasjonen viser 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 og 3-6 cm laget på ALF-14-ref ligger litt høyere sammenlignet med de ordinære stasjonene, den målte konsentrasjonen i 1-3 cm laget ligger omtrent på samme nivå.

Overflatesedimentet (0-1 cm) på Vol-8, Vol-9 og ALF-14-ref ble også analysert for NPD og PAH. PAH verdiene er generelt lave og varierer fra 0,028 mg/kg på Vol-8 til 0,067 mg/kg på ALF-14-ref. Konsentrasjon av NPD varierer fra 0,007 mg/kg på Vol-9 til 0,042 mg/kg på referansestasjonen. 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 Volve. OLFs database for miljøinformasjon i Nordsjøen inneholder lite informasjon om PAHer i sedimentene. Dette kan skyldes en kombinasjon av få målinger og generelt ikke gode nok deteksjonsgrenser i forhold til bakgrunnsnivået.



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



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

Kromatogram fra et av replikatene på Vol-4 (2,9 mg/kg THC) 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. Resultatene viser at det hovedsakelig er delvis nedbrutte hydrokarboner som finnes i sedimentet. 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). Juvenile slangestjerner dominerte på stasjonene, og disse er tatt bort fra de videre beregningene. 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-14a) og data fra de fem neste replikatene (ALF-14b) (dette gjelder for figurene og Tabell 3-5). rådata fra biologianalysene er gitt i Vedlegg 5.

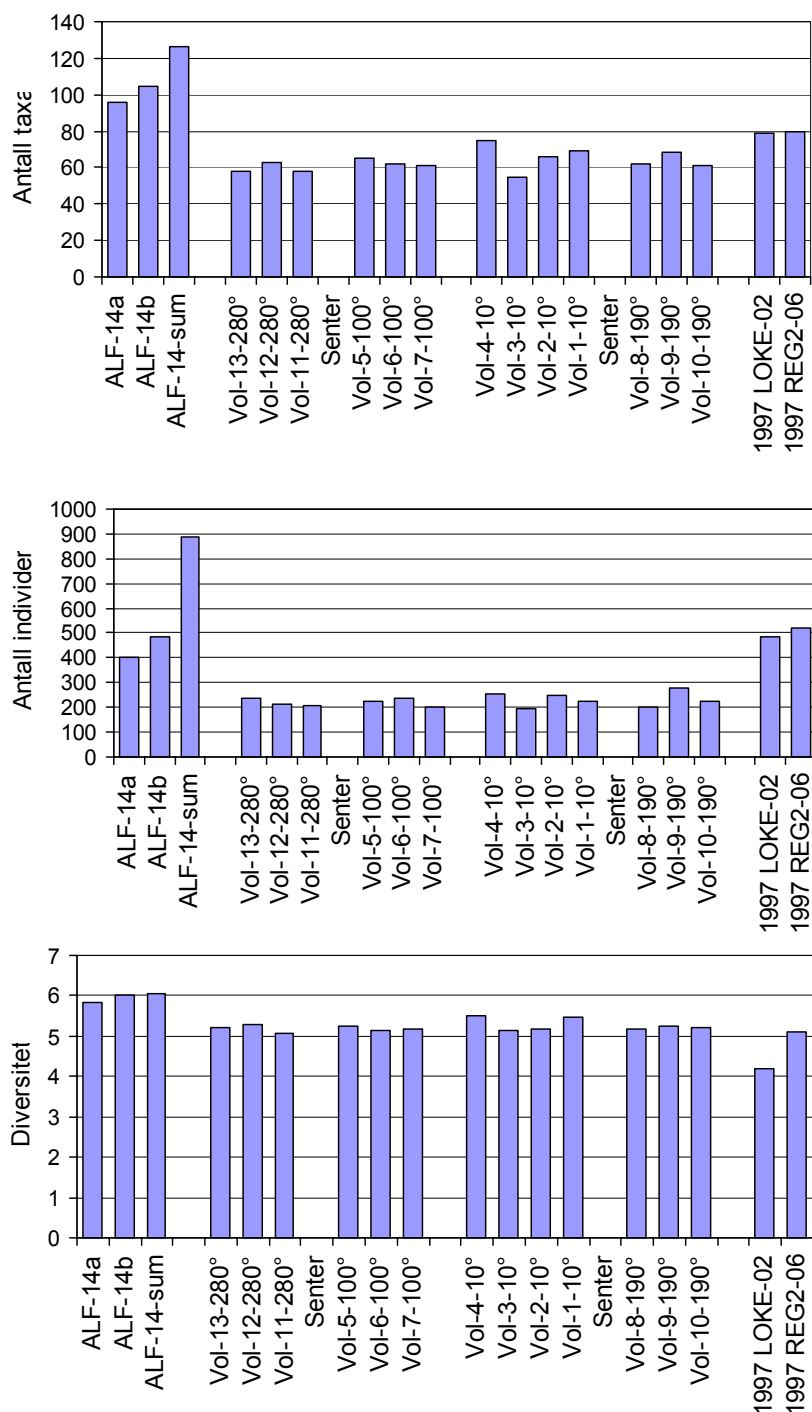
Totalt ble det funnet 3829 individ (4330 inkludert juvenile slangestjerner) fordelt på 219 taxa på Volve. Oversikt over antall individ, antall taxa, diversitet og jevnhet er gitt i Tabell 3-4 og Figur 3-8 (se Vedlegg V for fullstendig artsliste). Antall individ på de ordinære stasjonene varierte fra 198 (Vol-3) til 279 (Vol-9), antall taxa varierte fra 55 (Vol-3) til 75 (Vol-4). Antall taxa og antall individ var høyere på referansestasjonen sammenlignet med de ordinære stasjonene.

Diversiteten var generelt høy på alle de undersøkte stasjonene, og varierte mellom 5,07 (Vol-11) og 5,49 (Vol-4). På referansestasjonen var diversiteten 6,09 basert på ti replikate prøver. Forventet artsantall blant 100 individ (Hurlbert ES_{100}) var mellom 40 og 47. 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 (0,86-0,90), dette betyr at det er få dominerende taxa blant faunamaterialet.

Det ble funnet tilsvarende antall taxa på Volve sammenlignet med resultatene fra REG2-06, LOKE-02 i 1997 og de regionale stasjonene i 2000 (Mannvik m.fl. 2001). Antall individ er derimot betraktelig lavere på Volve.

Tabell 3-4. Antall individ, antall taxa, jevnhet, forventet artsantall blant 100 individ (Hurlbert ES₁₀₀) og Shannon-Wieners diversitetsindeks for hver stasjon på Volve i 2002. Verdiene baserer seg på fem replikate prøver (0,5 m²) unntatt på referansestasjonen ALF-14-ref hvor det ble tatt ti replikate prøver (1,0 m²). Analysene er utført uten juvenile slangestjerner. Stasjonsnavn er angitt med antall meter og retning (grader) stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

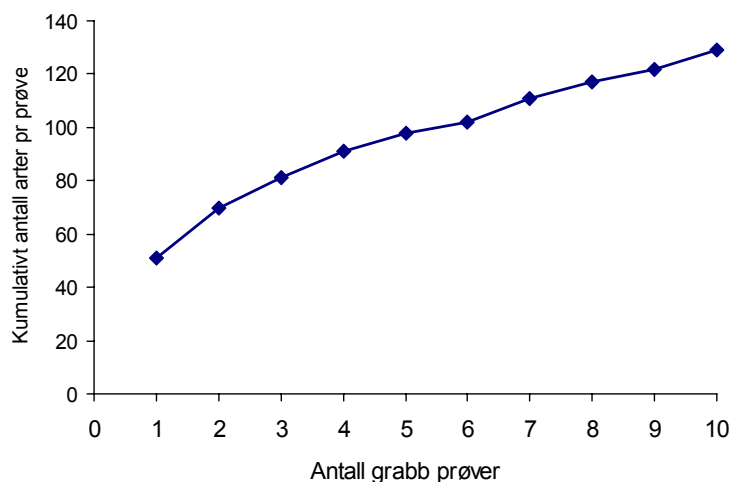
Stasjon	Antall taxa	Antall individ	Jevnhet	ES(100)	Diversitet
Vol-1-250m10°	69	224	0,90	47	5,48
Vol-2-500m-10°	66	250	0,86	41	5,19
Vol-3-1000m-10°	55	198	0,89	41	5,13
Vol-4-2000m-10°	75	253	0,88	47	5,49
Vol-5-250m-100°	65	222	0,87	43	5,23
Vol-6-500m-100°	62	234	0,86	40	5,13
Vol-7-1000m-100°	61	199	0,87	43	5,19
Vol-8-250m-190°	62	201	0,87	43	5,18
Vol-9-500m-190°	68	279	0,87	42	5,27
Vol-10-1000m-190°	61	227	0,88	42	5,23
Vol-11-250m-280°	58	207	0,87	41	5,07
Vol-12-500m-280°	63	214	0,89	43	5,29
Vol-13-1000m-280°	58	236	0,89	41	5,20
ALF-14-ref	129	930	0,87	51	6,09
Sum	219	3829			
Gjennomsnitt	68	274	0,88	43	5,30
SD	18	178	0,01	3,2	0,25



Figur 3-8. Antall arter, antall individ og diversitet (Shannon-Wiener) på de undersøkte stasjonene på Volve 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-14a er data for de fem første replikatene og ALF-14b for de fem siste replikatene. Alle figurene er presentert uten juvenile slangestjerner. Stasjonenes rekkefølge i figuren gjenspeiler stasjonsnettet (aksekors). Gradene angir retning stasjonene er plassert i forhold til senterets posisjon.

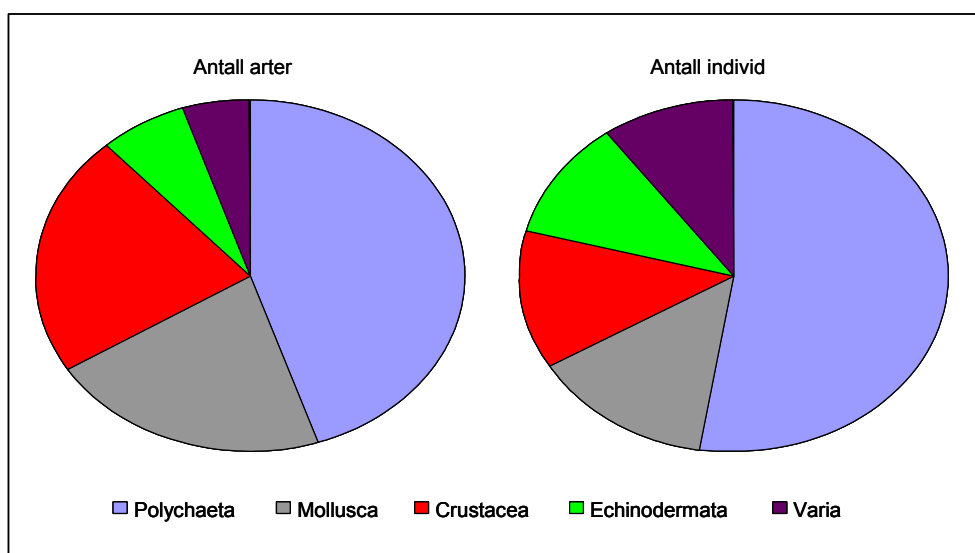
På referansestasjonen ble det funnet 930 individ fordelt på 129 taxa. Det ble samlet inn ti replikate prøver på referansestasjonen sammenlignet med de ordinære stasjonene hvor det samlet inn fem replikate prøver. Et bilde om hvor godt faunen er beskrevet i forhold til antall replikate hugg er gitt i 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 Volve.



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

Børstemarkene dominerer både i antall arter og antall individ på Volve (Figur 3-10). Denne gruppen utgjør ca 45 % av artene og 52 % av individene på Volve. Krepsdyrene utgjør ca 22 % av artene og 13 % 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 (krepserdyr), echinodermata (pigghuder) og varia (ascidiacea, cnidaria, nemerteia, platyhelminthes, oligochaeta, sipuncula) på Volve i 2002.

Slangestjernen *Amphiura chiajei* var mest tallrik på Volve, denne ble funnet på alle stasjonene. Andre dominerende taxa var børstemarkene *Cirratulus cirratus*, *Myriochele oculata*, *Scoloplos armiger*, *Paramphinome jeffreysii*, *Nephtys paradoxa* og *Goniada maculata* som var representert på alle stasjonene (Tabell 3-5). Kommadyret *Eudorella sp* var dominerende blant krepsdyrene, og ble funnet på alle stasjonene med unntak av referansestasjonen. Bivalven (skjell) *Phaxas pellucidus* var dominerende blant molluskene og ble funnet på alle stasjoner unntatt på Vol-6. Faunaen på Volve har mange likhetstrekk med faunen på Loke og REG2-06 i 1997 og 2000. Slangestjerner, *P. jeffreysii*, *S. armiger*, *G. maculata* og *Eudorella* var også blant de dominerende artene på Loke og REG2-06.

Tabell 3-5. Ti mest dominerende taxa for hver stasjon på Volve 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.

Vol-1			Vol-2		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Ophiuroidea indet. juv.	34	13,2	Ophiuroidea indet. juv.	39	13,5
Amphiura chiajei	28	10,9	Amphiura chiajei	30	10,4
Cirratulus filiformis	10	3,9	Cirratulus filiformis	27	9,3
Paramphinome jeffreysii	9	3,5	Paramphinome jeffreysii	13	4,5
Scoloplos armiger	9	3,5	Sthenelais limicola	12	4,2
Nephtys paradoxa	9	3,5	Cerianthus lloydii	12	4,2
Goniada maculata	9	3,5	Nemertea indet.	9	3,1
Myriochele oculata	8	3,1	Scoloplos armiger	8	2,8
Nudibranchia indet	7	2,7	Chaetozone setosa	8	2,8
Sthenelais limicola	6	2,3	Harpinia antennaria	8	2,8
Vol-3			Vol-4		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Ophiuroidea indet. juv.	45	18,5	Ophiuroidea indet. juv.	30	10,6
Amphiura chiajei	23	9,5	Amphiura chiajei	29	10,2
Myriochele oculata	16	6,6	Harpinia serrata	17	6
Cirratulus filiformis	11	4,5	Scoloplos armiger	13	4,6
Nephtys paradoxa	11	4,5	Myriochele oculata	11	3,9
Phaxas pellucidus	10	4,1	Cirratulus filiformis	10	3,5
Scoloplos armiger	9	3,7	Nemertea indet.	10	3,5
Sthenelais limicola	9	3,7	Paramphinome jeffreysii	10	3,5
Nemertea indet.	7	2,9	Cerianthus lloydii	9	3,2
Montacuta substriata	6	2,5	Phaxas pellucidus	9	3,2

Tabell 3-5. Fortsetter

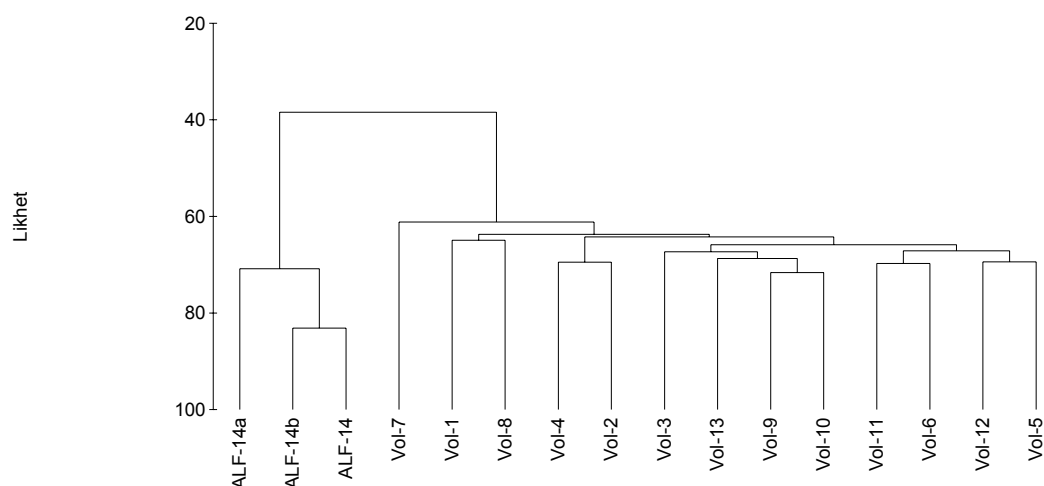
Vol-5			Vol-6		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Amphiura chiajei	31	12,4	Ophiuroidea indet. juv.	26	10
Ophiuroidea indet. juv.	29	11,6	Cirratulus filiformis	25	9,6
Harpinia antennaria	13	5,2	Eudorella sp.	21	8,1
Scoloplos armiger	11	4,4	Amphiura chiajei	18	6,9
Sthenelais limicola	11	4,4	Paramphinome jeffreysii	11	4,2
Paramphinome jeffreysii	11	4,4	Cerianthus lloydii	11	4,2
Cirratulus filiformis	10	4	Harpinia antennaria	10	3,8
Nephtys paradoxa	10	4	Scoloplos armiger	9	3,5
Nemertea indet.	9	3,6	Nephtys paradoxa	9	3,5
Goniada maculata	6	2,4	Goniada maculata	9	3,5
Vol-7			Vol-8		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Ophiuroidea indet. juv.	40	16,7	Ophiuroidea indet. juv.	32	13,7
Amphiura chiajei	23	9,6	Cirratulus filiformis	32	13,7
Scoloplos armiger	18	7,5	Amphiura chiajei	15	6,4
Cerianthus lloydii	16	6,7	Sthenelais limicola	10	4,3
Cirratulus filiformis	10	4,2	Scoloplos armiger	9	3,9
Nemertea indet.	10	4,2	Myriochele oculata	8	3,4
Sthenelais limicola	9	3,8	Nephtys paradoxa	7	3
Goniada maculata	8	3,3	Nemertea indet.	7	3
Nephtys paradoxa	5	2,1	Phaxas pellucidus	6	2,6
Myriochele oculata	5	2,1	Scolecopsis foliosa	6	2,6
Vol-9			Vol-10		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Ophiuroidea indet. juv.	66	19,1	Ophiuroidea indet. juv.	45	16,5
Amphiura chiajei	30	8,7	Amphiura chiajei	19	7
Cirratulus filiformis	23	6,7	Cirratulus filiformis	19	7
Myriochele oculata	22	6,4	Nemertea indet.	14	5,1
Scoloplos armiger	16	4,6	Myriochele oculata	13	4,8
Nephtys paradoxa	12	3,5	Eudorella sp.	13	4,8
Nemertea indet.	11	3,2	Paramphinome jeffreysii	11	4
Paramphinome jeffreysii	11	3,2	Nephtys paradoxa	9	3,3
Chaetozone setosa	10	2,9	Sthenelais limicola	9	3,3
Virgularia mirabilis	8	2,3	Goniada maculata	8	2,9
Vol-11			Vol-12		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Ophiuroidea indet. juv.	33	13,8	Amphiura chiajei	20	8,7
Amphiura chiajei	31	12,9	Ophiuroidea indet. juv.	17	7,4
Myriochele oculata	13	5,4	Cirratulus filiformis	16	6,9
Scoloplos armiger	13	5,4	Sthenelais limicola	13	5,6
Cirratulus filiformis	11	4,6	Myriochele oculata	12	5,2
Goniada maculata	11	4,6	Scoloplos armiger	12	5,2
Chaetozone setosa	10	4,2	Harpinia antennaria	10	4,3
Nephtys paradoxa	9	3,8	Virgularia mirabilis	7	3
Cerianthus lloydii	7	2,9	Abra prismatica	7	3
Sthenelais limicola	6	2,5	Paramphinome jeffreysii	6	2,6

Tabell 3-5. Fortsetter

Vol-13			Alf-14-ref		
Taxa	Antall (N)	% av N	Taxa	Antall (N)	% av N
Ophiuroidea indet. juv.	26	9,9	Nemertea indet.	47	5,1
Amphiura chiajei	23	8,8	Terebellides stroemi	46	5
Myriochele oculata	16	6,1	Myriochele oculata	43	4,7
Paramphinome jeffreysii	15	5,7	Paramphinome jeffreysii	41	4,4
Scoloplos armiger	15	5,7	Oligochaeta indet	41	4,4
Cirratulus filiformis	11	4,2	Ophiuroidea indet. juv.	39	4,2
Sthenelais limicola	10	3,8	Eudorella sp.	26	2,8
Goniada maculata	10	3,8	Goniada maculata	26	2,8
Mysella bidentata	10	3,8	Ampharete sp	25	2,7
Nephtys paradoxa	9	3,4	Amphiura chiajei	22	2,4
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

Resultatet fra Cluster-analysen viser at referansestasjonen skiller seg ut fra de andre undersøkte stasjonene på Volve (Figur 3-11). Siden ALF-14-ref skilte seg veldig fra de ordinære stasjonene, er stasjonen utelatt fra MDS analysen. Stress i MDS analysen var 0,19 og resultatet krever en varsom tolkning. Blant de ordinære stasjonene er det ikke observert systematiske forskjeller mellom stasjonene eller plassering i forhold til senterposisjonen. Siden dette er en grunnlagsundersøkelse er resultatet fra de multivariate analysene som forventet.

Volve 2002



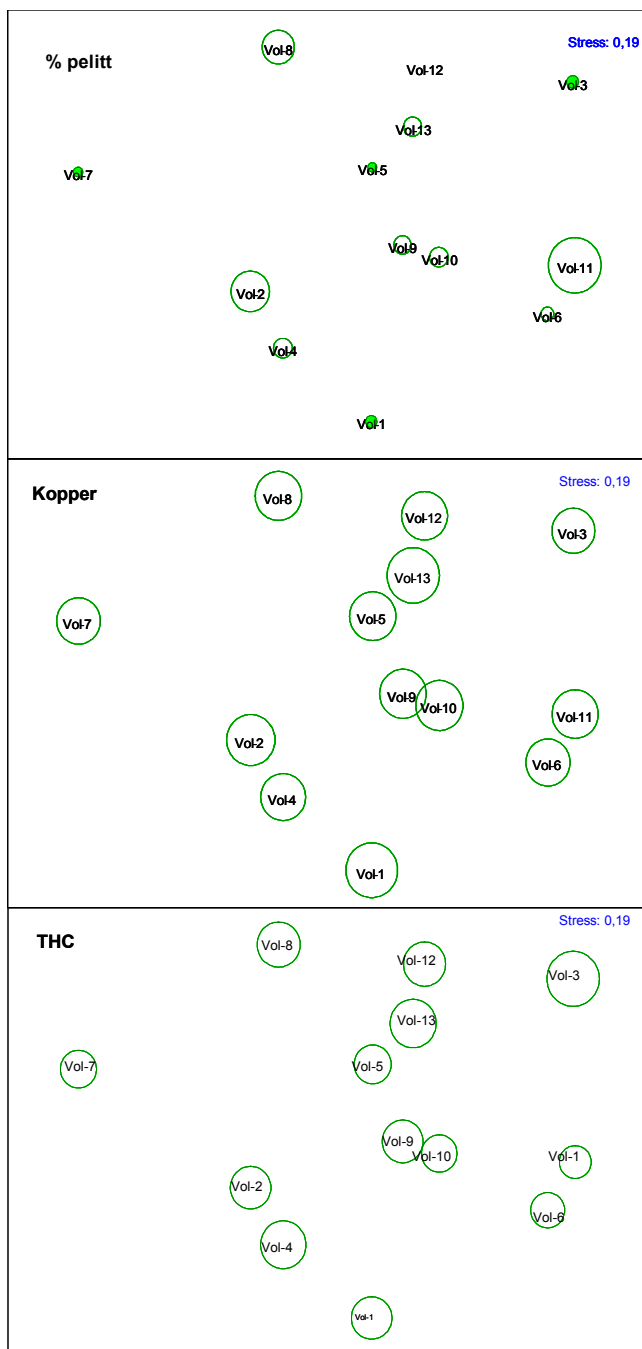
Figur 3-11. Resultat fra Cluster og MDS analysene. Resultatene er vist som sum av fem replikate prøver på hver stasjon. For referansestasjonen ALF-14-ref ble det tatt prøver fra ti replikate prøver, hvor ALF-14-ref-a er antall arter for de fem første replikatene og ALF-14-ref-b for de fem siste replikatene.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

Sammenheng mellom miljøvariabler og fauna er analysert ved bruk av BIO-ENV fra Primer (Tabell 3-6). Høyeste korrelasjon mellom en enkel miljøvariabel og faunadata ble funnet for THC ($\rho_w=0,134$). Høyeste korrelasjon i BIO-ENV ble beregnet for en kombinasjon av TOM, Barium, Kopper, Bly og THC ($\rho_w=0,346$).

Tabell 3-6. 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)
THC	0,134
Kopper (Cu)	0,132
Barium (Ba)	0,108
Sink (Zn)	0,103
TOM (%)	0,079
Bly (Pb)	0,036
Kadmium (Cd)	-0,028
Pelitt (%)	-0,041
Krom (Cr)	-0,085

I Figur 3-12 er miljøvariablene % pelitt, kopper 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 faunadata og de utvalgte miljøvariablene.



Figur 3-12. Relative verdier av % pelitt, kopper og THC plottet sammen med resultatet fra MDS analysen. Resultatene er vist som sum av tre replikate prøver for % pelitt, kopper og THC. Dataene presenteres uten juvenile slagestjerner. Resultat fra referansestasjonen er ikke inkludert i analysene.

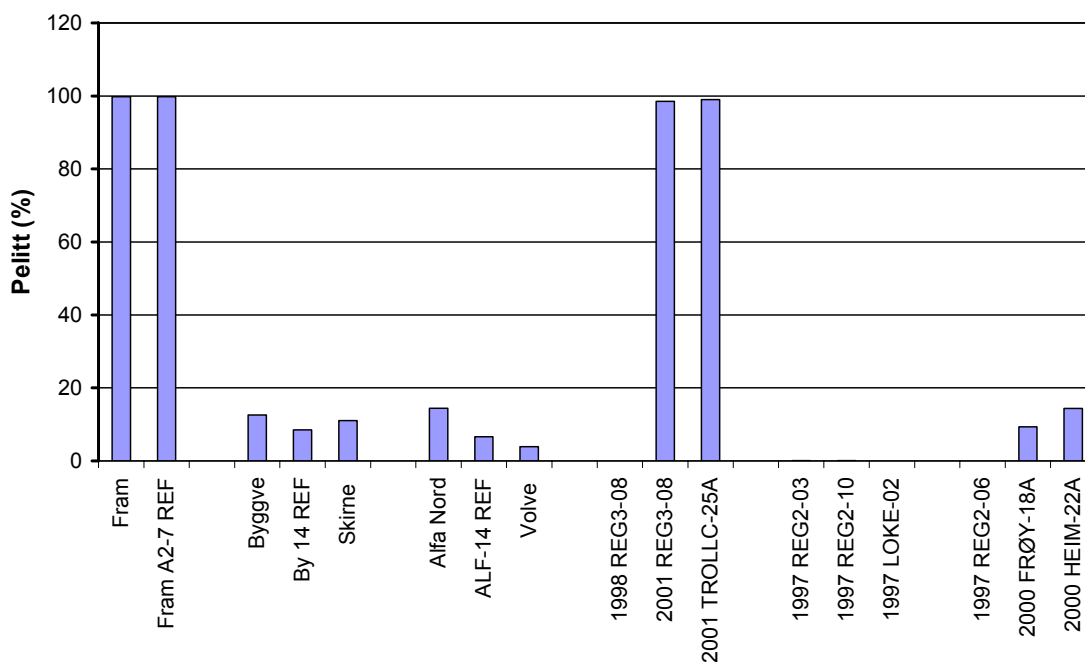
3.4 Sammenligning med de andre grunnlagsundersøkelsene

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

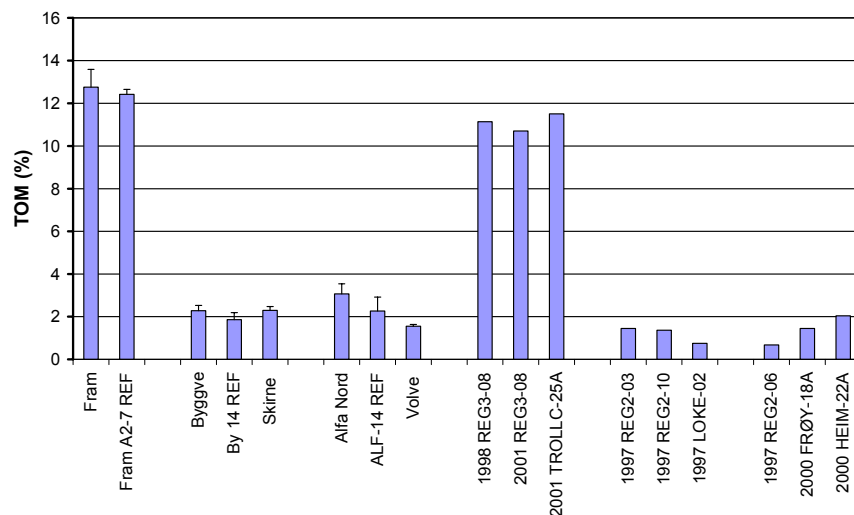
målingene. Stasjonene med høyest leire og siltinnhold har høyests innhold av de kjemiske parametrene. Figurene viser også at nivået av de miljøskadelige stoffene er lave med enkelte unntak, og på nivå med det som eller er funnet av upåvirkede stasjoner i Region II og III. Det er mange likhetstrekk mellom Volve og resultatene fra Alf Nord, 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.

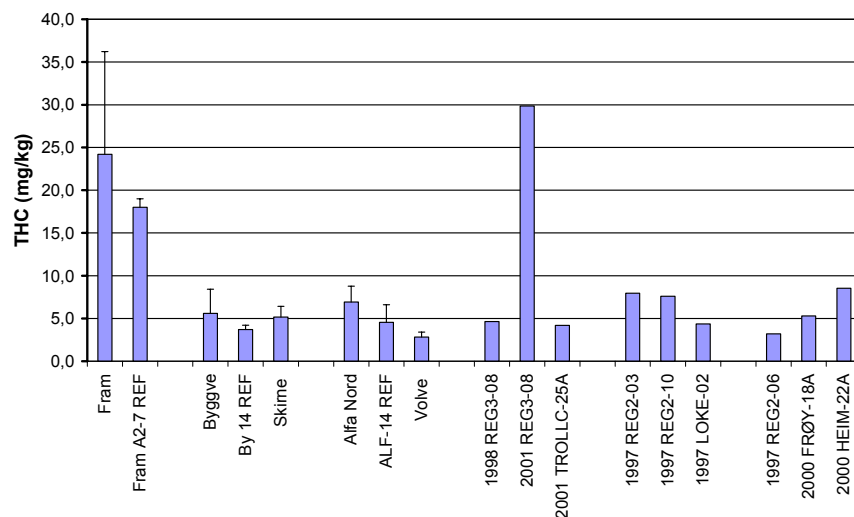
Antall individer og arter pr stasjon varierer en del mellom undersøkelsene og de ulike felt. Det var flest arter og individer i Skirne og Byggve området, og færrest på Volve. Den beregnede diversiteten var imidlertid nokså jevn mellom de ulike områdene.



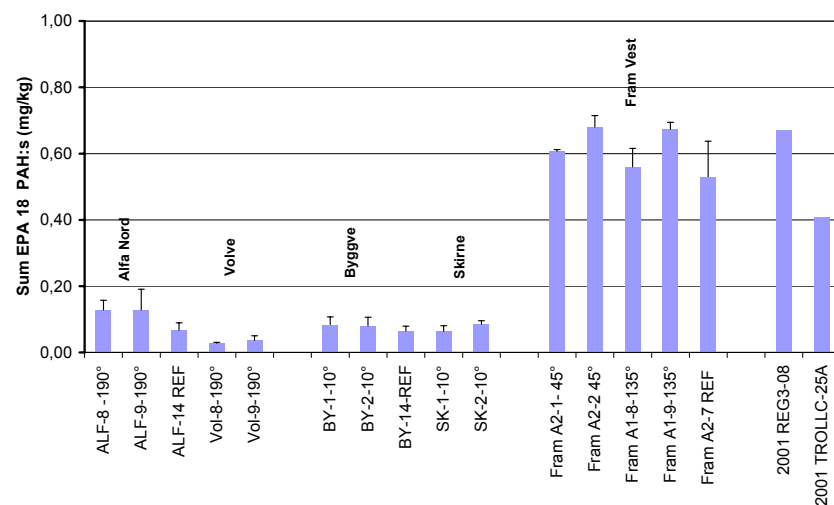
Figur 3-13. Gjennomsnittinnholdet av pelitt (leire+silt) pr felt på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Data fra 1997 mangler.



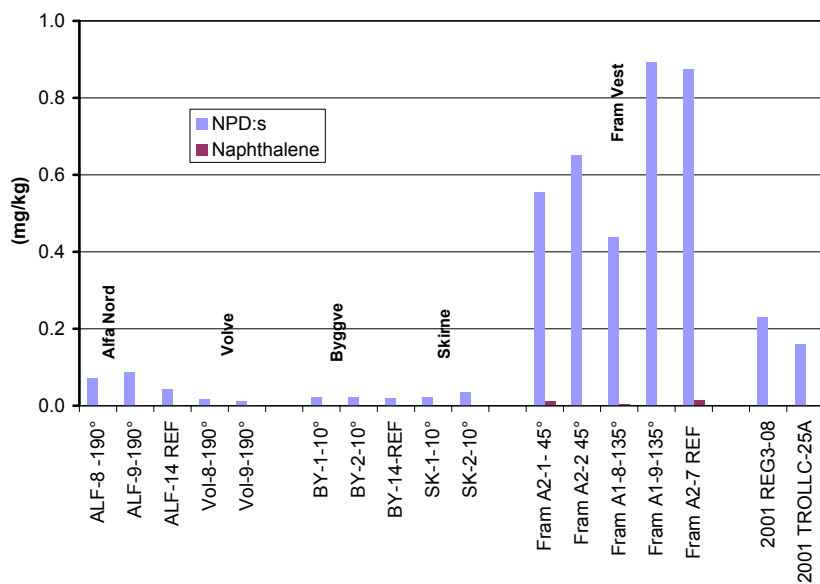
Figur 3-14. Gjennomsnittinnholdet av organisk materiale pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



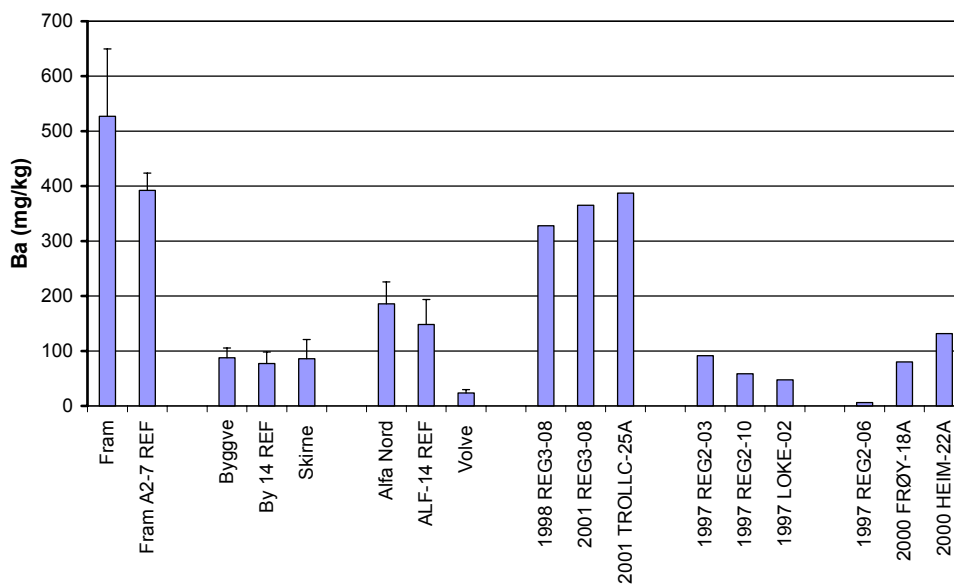
Figur 3-15. Gjennomsnittinnholdet av THC pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



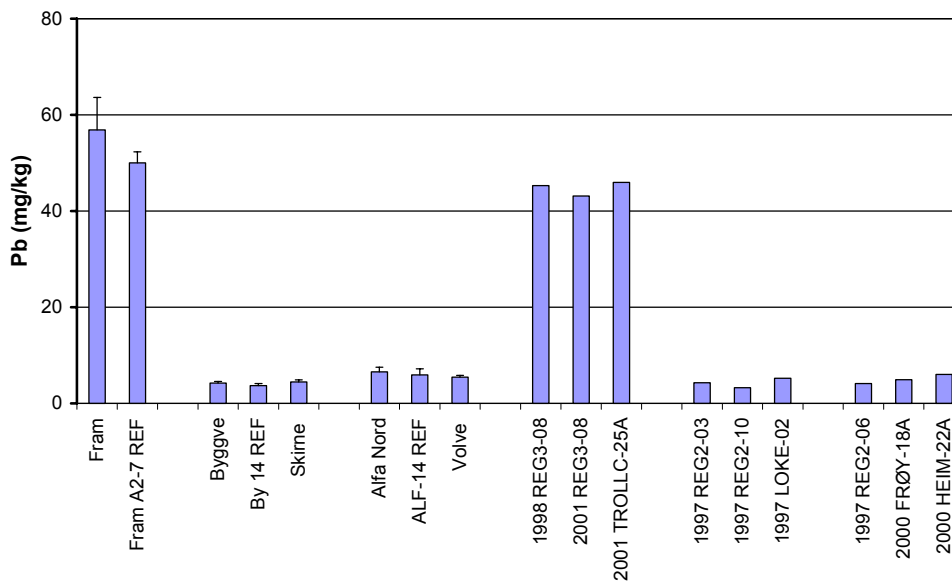
Figur 3-16. Gjennomsnittinnholdet av PAH pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



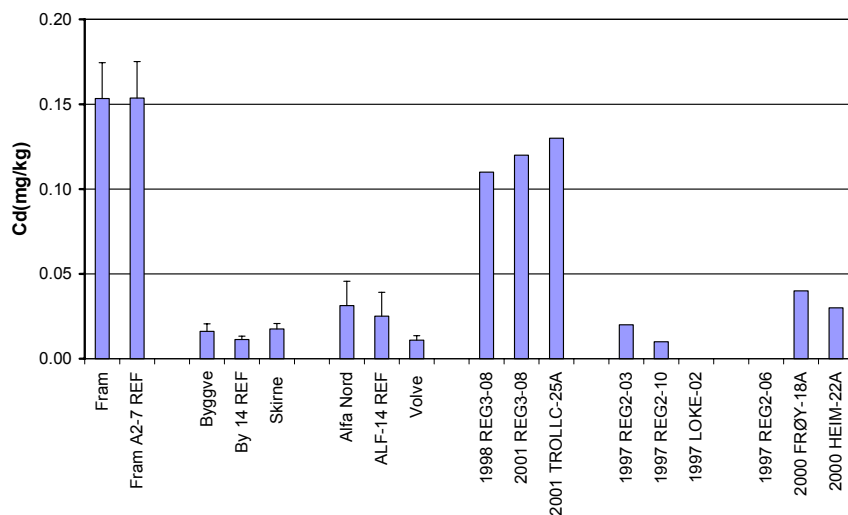
Figur 3-17. Gjennomsnittinnholdet av NPD og naftalen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



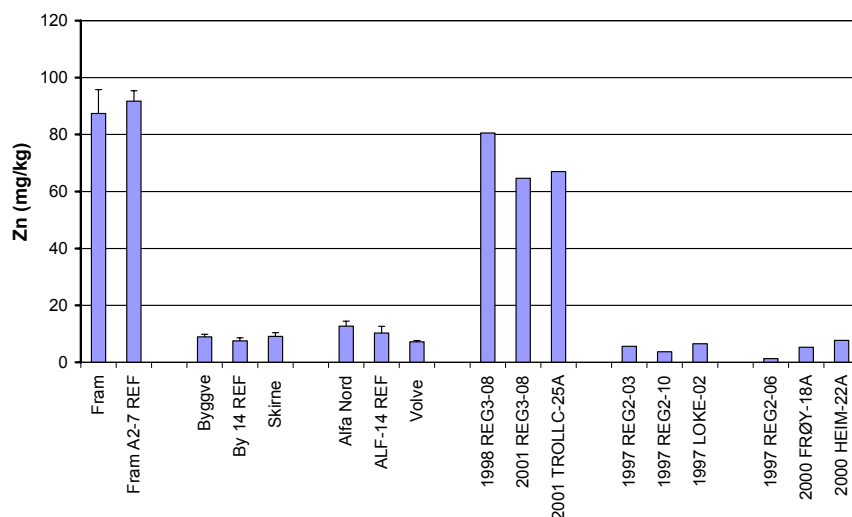
Figur 3-18. Gjennomsnittinnholdet av barium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



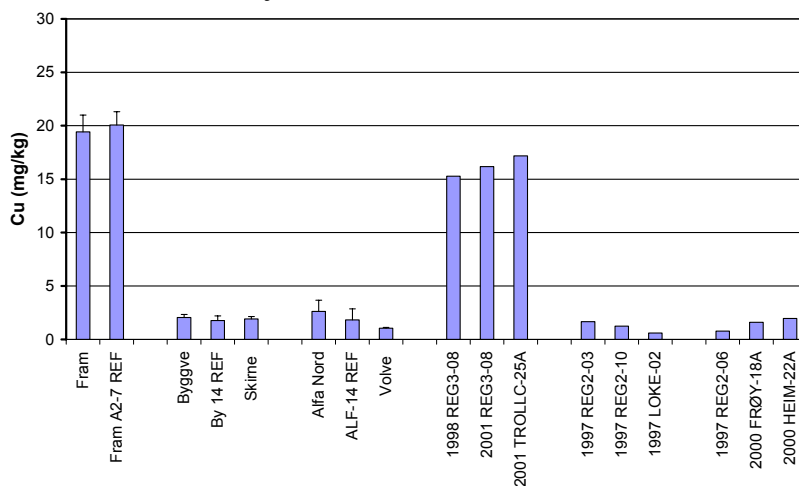
Figur 3-19. Gjennomsnittinnholdet av bly pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



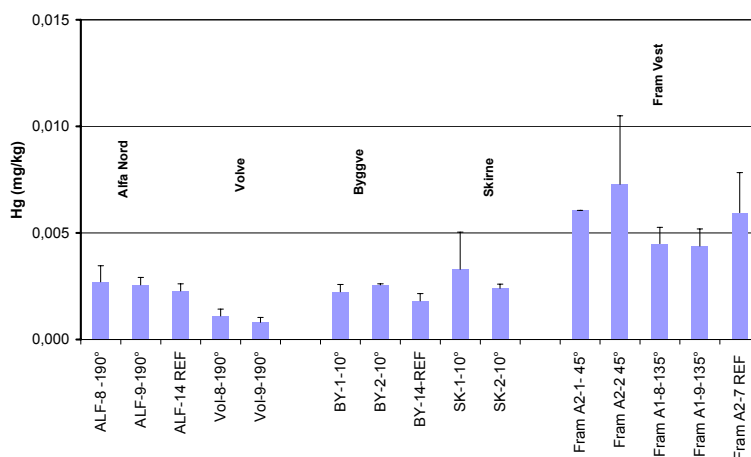
Figur 3-20. Gjennomsnittinnholdet av kadmium pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



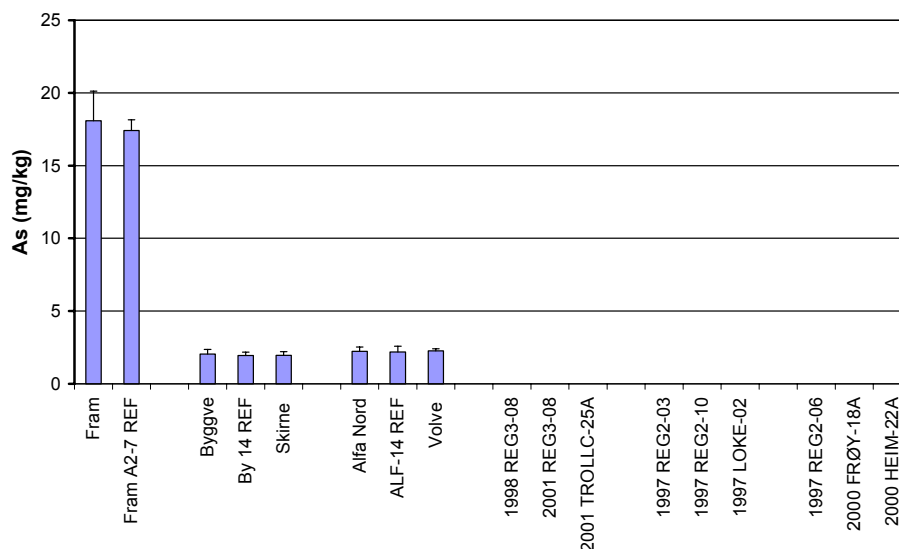
Figur 3-21. Gjennomsnittinnholdet av sink pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



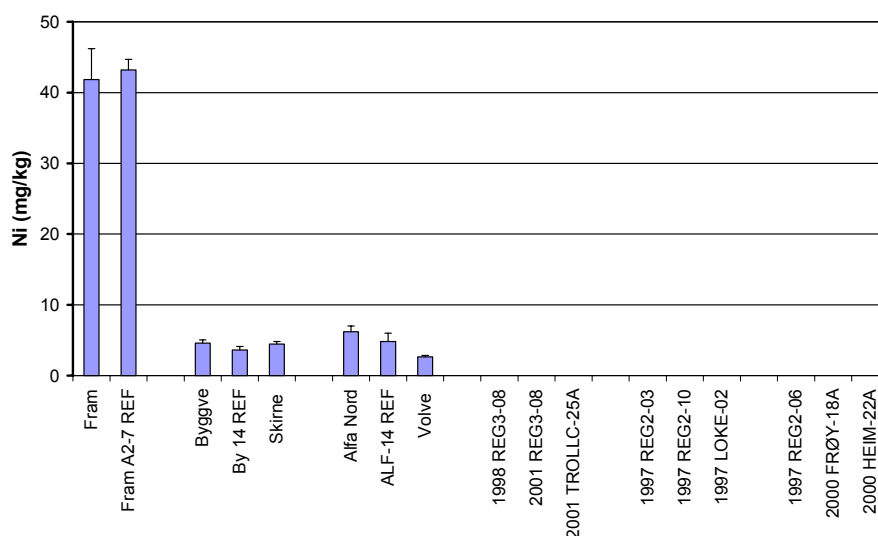
Figur 3-22. Gjennomsnittinnholdet av kobber pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



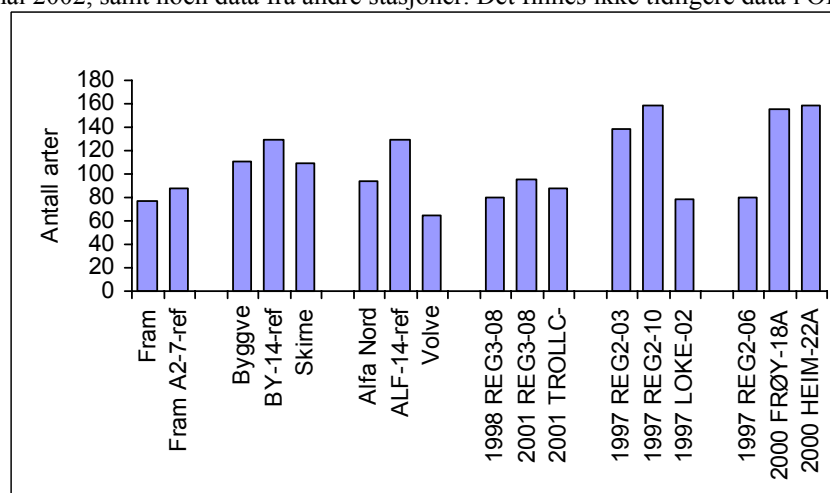
Figur 3-23. Gjennomsnittinnholdet av kvikksølv pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner.



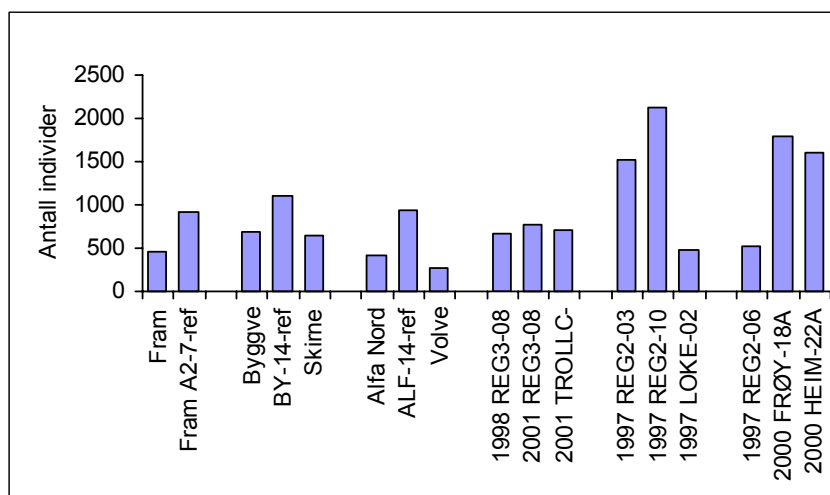
Figur 3-24. Gjennomsnittinnholdet av arsen pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Det finnes ikke tidligere data i OLFs database.



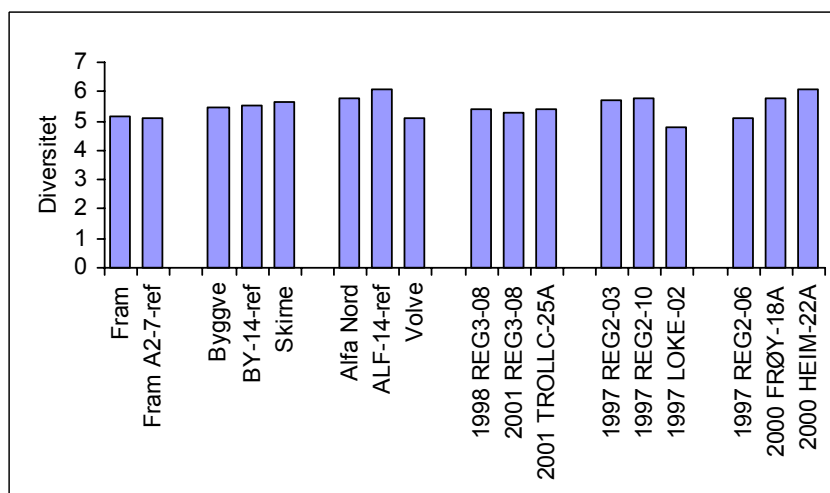
Figur 3-25. Gjennomsnittinnholdet av nikkel pr felt og referansestasjon på de fem grunnlagsundersøkelsene i mai 2002, samt noen data fra andre stasjoner. Det finnes ikke tidligere data i OLFs database.



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 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 3-28. Beregnet diversitet 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.

4 Oppsummering og konklusjon

Sedimentet var forholdsvis ensartet, med noe variasjon i pelittinnhold. Denne variasjonen gjenspeiles derimot ikke i de andre målte parametrene. Det var liten variasjon i organisk innhold. Konsentrasjoner av metaller i sedimentoverflaten (0-1 cm) var generelt lave på alle de ordinære stasjonene. Dette gjelder også for de målte THC konsentrasjonene i sedimentet. Det ble ikke funnet tegn på gradienter i det undersøkte området, og verdiene for metaller og hydrokarboner ligger på tilsvarende nivå som regionale stasjoner i området. På referansestasjonen ble det funnet litt høyere verdier for de analyserte metallene, dette gjelder særlig for barium og kopper.

Resultater fra biologianalysene viser en naturlig bunnfauna for denne typen sediment. Det ble funnet færre individ på de ordinære stasjonene sammenlignet med tidligere undersøkelser, men antall taxa var tilsvarende. Antall individ på referansestasjonen er på samme nivå som i tidligere undersøkelser. Artssammensetningen tyder ikke på at området er utsatt for kontaminering. Det er ingen av de ordinære stasjonene som skiller seg ut basert på faunadata.

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.

Undersøkelsen danner et godt utgangspunkt som referanse for fremtidige sedimentundersøkelser på Volve.

Anbefalinger

Siden det ble funnet en del varierende resultat på de ordinære stasjonene og referansestasjonen, anbefales det å finne en annen referansestasjon til Volve. Dette gjelder både for kjemiske og biologiske analyser.

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, Ø Tvedten & S. Westerlund 2003. *Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Alfa Nord i 2002*. RF - Rogalandsforskning. Rapport RF-2003/085. 39 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 pp.

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