

Environmental monitoring survey of oil and gas fields in Region II, 2000

Summary Report

Sammendragsrapport





Rapporttittel / Report title

**Environmental monitoring survey of oil and
gas fields in Region II, 2000**
Summary Report
Sammendragsrapport

Forfatter(e) / Author(s)
Mannvik, Hans-Petter
Pettersen, Anita
Lyngmo, Vegard
Mikkola, Frid
Lie Gabrielsen, Kjersti

Akvaplan-niva rapport nr / report no:
APN-411.1890

Dato / Date:
21/03/01

Antall sider / No. of pages
111

Distribusjon / Distribution
Begrenset/Restricted

Oppdragsgiver / Client
Statoil
Norsk Hydro
Elf Petroleum
Esso Norge

Oppdragsg. ref. / Client ref.
Karl Henrik Bryne
Sami Wakili
Ulf Einar Moltu
Ingvild Skare

Sammendrag / Summary

An environmental monitoring survey was carried out in Region II in the central North Sea. This report presents the results from the chemical and biological analyses performed on samples from a total of 230 stations at 15 fields and 9 regional stations in the area. The status of the conditions in the region is given at the end of the report.

Emneord:

Region II
Hydrokarboner
Tungmetaller
Makrofauna

Key words:

Region II
Hydrocarbons
Heavy metals
Macro fauna

Prosjektleder / Project manager

Hans-Petter Mannvik

Kvalitetskontroll / Quality control

Sabine Cochrane

Environmental monitoring survey of oil and gas fields in Region II, 2000: Summary Report

Miljøundersøkelser av olje og gassfelt i Region II, 2000: Sammendragsrapport

Table of contents / Innholdsfortegnelse

REGION II - SUMMARY REPORT.....	1
1 SUMMARY.....	1
2 INTRODUCTION.....	3
3 RESULTS.....	7
3.1 Regional and Reference stations.....	7
3.2 Frigg.....	10
3.3 Nordøst Frigg.....	13
3.4 Øst Frigg.....	14
3.5 Lille Frigg.....	16
3.6 Frøy.....	19
3.7 Ringhorne.....	22
3.8 Sigyn.....	25
3.9 Balder.....	27
3.10 Jotun.....	32
3.11 Odin.....	35
3.12 Varg.....	37
3.13 Heimdal.....	40
3.14 Glitne.....	42
3.15 Sleipner Vest.....	44
3.16 Sleipner Øst.....	46
4 STATUS REGION II.....	51
REGION II, 2000: SAMMENDRAGSRAPPORT.....	55
1 SAMMENDRAG.....	55
2 INNLEDNING.....	57
3 RESULTATER.....	61
3.1 Regionale og referansestasjoner.....	61
3.2 Frigg.....	63

3.3 Nordøst Frigg	66
3.4 Øst Frigg	67
3.5 Lille Frigg	69
3.6 Frøy	72
3.7 Ringhorne	75
3.8 Sigyn	78
3.9 Balder	79
3.10 Jotun	84
3.11 Odin	87
3.12 Varg	89
3.13 Heimdal	92
3.14 Glitne	94
3.15 Sleipner Vest	96
3.16 Sleipner Øst	98
4 STATUS REGION II	103

Region II - Summary Report

1 Summary

Statoil commissioned Akvaplan-niva AS to carry out the regional environmental survey of the Region II in the North Sea (contract agreement VMS135236). The fields included in the survey are Glitne, Sleipner Øst, Sleipner Vest (Statoil), Varg, Heimdal (Norsk Hydro) Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg, Frøy (Elf Petroleum) Ringhorne, Sigyn, Balder, Jotun, and Odin (Esso Norge). Samples from a total of 230 stations in the regional survey were collected. In addition samples from the Oseberg Øst field and cutting piles at Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg and Frøy were collected. Separate reports with these results will be produced.

There is a great variation in the sediment structure over the region. The sediments at Frigg, Nordøst Frigg, Sigyn, Odin, Varg and Sleipner Øst all have relatively low amounts of pelite (< 5 %) and TOM (< 1 %) while the highest values are found at Jotun (> 15 and 2 %, respectively). The average value of fine sand are, for most of the field, around 80 % or higher, with the exceptions of Nordøst Frigg and Varg where the average is 40 and 60 %, respectively.

Overall, there is a general trend of finer sediments the region in the present survey compared to the survey carried out in 1997.

Since the previous survey in 1997, the contents of THC are almost unchanged or reduced at fields with no drilling activity in recent years (Frigg, Nordøst Frigg, Heimdal, Odin, Øst Frigg, Frøy and Lille Frigg). At Frøy, olefins are about to disappear from the sediments, but traces are still present at the innermost stations. The changes in barium contents are more unsystematic at these fields. The content of barium, in sediments from Nordøst Frigg, Øst Frigg and Odin are almost unchanged or reduced compared to the 1997 results, while the amounts of barium have increased at Lille Frigg. There has been no drilling activity at Lille Frigg in recent years, but discharges of barite occurred during the permanent plugging of the wells immediately before the year 2000 survey. Increased barium contents are also found at the Frigg, Frøy and Heimdal fields, even though there has been no plan for discharges that can explain these increases in barium contents.

In the southern part of the region the highest concentrations of THC and barium are found at Varg and Sleipner Vest, where the general levels have increased since 1997 following acute discharges of both oil-based mud and barite in 1999 and 2000. At Sleipner Øst, generally elevated levels of THC are found at the innermost stations at Loke and SLA, while barium is contaminated at all except one station. Compared to the results in the 1997 survey, the THC level are unchanged or only slightly increased at most of the Sleipner Øst stations, while the contents of barium are unchanged or reduced. Exceptions are found north and west of Loke where both THC and barium have increased in addition to south of SLØ where both THC and barium have decreased. At Sleipner Øst, Petrofree ester was discharged in the time period from 1994 to 1996. The amount of Petrofree ester has decreased considerable since 1997, but traces are still present at the Loke stations. Because of reported discharges of olefins at Loke and SLA, sediments from the seabed around these locations were analysed for traces of olefins. As expected from discharge history, the sediments from Loke contained higher amount of olefins than the sediments from SLA.

The largest areas contaminated with THC and barium are found at Jotun in the central part of the region. At Jotun, the centre position has been changed approximately 400 m north to north west since the baseline survey in 1996 and direct comparison of THC and barium levels is not possible, but the amounts of THC and barium have increased in the area. At the Balder field, the average THC and barium contents are almost unchanged compared to the 1997 results. The area contaminated with THC has switched from south and south east of well templates A, B and C, to north west of well-templates A and D. The amount of olefins have decreased, but traces are still present at several stations. The area contaminated with barium has decreased around well-templates A and B and increased in the main-current direction from well-templates C and D. The total area contaminated with barium has increased at Balder. The increase might be explained by discharges of barite and water-based mud at Balder in 1998.

All three fields where baseline surveys were carried out (Glitne, Ringhorne and Sigyn) were unaffected by petroleum activities.

Through the evaluation of the results from the different analyses carried out on the data from each field, the fauna at each station is classified into groups according to disturbance levels. Eight of the fields (Ringhorne, Sigyn, Glitne, Jotun, Lille Frigg, Øst Frigg, Nordøst Frigg and Sleipner Øst) are found to have only undisturbed fauna (group A), four fields (Odin, Varg, Heimdal and Sleipner Vest) have undisturbed and slightly disturbed fauna (group B), while three fields (Frigg, Frøy and Balder) have undisturbed, slightly disturbed and disturbed fauna (group C).

The calculated minimum area of faunal disturbance and contaminated sediments in the present survey in Region II is shown in the table below. The total area contaminated with THC in Region II has increased from 4.15 km² in the previous survey to 5.27 km² in the present survey, while the total area contaminated synthetic base-oils has decreased from 15.67 km² in 1997 to 2.89 km² in year 2000. The total areas contaminated with barium can not compared because of the circumstances described above in the discussion of Sleipner Øst. The total area contaminated with other metals is unchanged since 1997. The total area of slightly disturbed fauna (group B) in Region II has decreased from 1.72 km² in the 1997 survey to 1.21 km² in the present survey while the area of disturbed fauna (group C) has increased from 0.18 km² in 1997 to 0.24 km² in 2000. This means that the total area of disturbed fauna has decreased while the intensity has increased during these years. But it should be mentioned that the group C fauna only is found at three of the fifteen fields and that the total area of disturbed fauna is relatively small.

Comparisons of single fields show that the area of faunal disturbance has decreased while the intensity has increased at the Frigg and Balder fields. At Varg and Sleipner Vest no faunal disturbance was detected in the previous survey, while slightly disturbed fauna is seen at these fields in the present survey. At Heimdal the area of faunal disturbance has increased while the intensity has decreased. At Øst Frigg, Lille Frigg and Sleipner Øst, where faunal disturbance was detected in 1997, the fauna is now found to be undisturbed. At Jotun and Nordøst Frigg the fauna was found to be undisturbed in both surveys.

Field	Faunal group B	Faunal group C	THC	Olefins/ ester	Ba	Other metals
Frigg	0.12	0.10	0.06	n.a.	0.08	0.36
Nordøst Frigg	0	0	0	n.a.	0	0
Øst Frigg	0	0	0.07	n.a.	0.18	0
Lille Frigg	0	0	0.15	n.a.	0.33	0.07
Frøy	0.29	0.07	0.07	0.29/n.a.	1.18	0.15
Ringhorne	0	0	0	n.a.	0	0
Sigyn	0	0	0	n.a.	0	0
Balder	0.37	0.07	0.54	1.13/n.a.	4.21	0.15
Glitne	0	0	0	n.a.	0	0
Jotun	0	0	1.77	n.a.	5.30	0.07
Odin	0.03	0	0.02	n.a.	0	0.03
Varg	0.15	0	1.33	n.a.	1.77	0.25
Heimdal	0.18	0	0.12	n.a.	0.43	0.29
Sleipner Vest	0.07	0	0.74	n.a.	3.14	0.74
Sleipner Øst	0	0	0.40	1.10/0.37	2.43	0
Total area 2000	1.21	0.24	5.27	2.89	17.87	2.11
Total area 1997	1.72	0.18	4.15	15.67	22.81	2.11

n.a. Not analysed.

2 Introduction

Statoil, Norsk Hydro, Elf Petroleum and Esso Norge commissioned Akvaplan-niva to carry out the regional monitoring survey in Region II in the North Sea (contract no. VMS135236).

The fields included in the survey were:

Statoil	Glitne, Sleipner Øst and Sleipner Vest
Norsk Hydro	Varg and Heimdal
Elf Petroleum	Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg and Frøy
Esso Norge	Ringhorne, Sigyn, Balder, Jotun and Odin

Region II is situated in the central part of the North Sea (Figure 1) and the depth varies from approximately 90 m in the south (Sigyn, Varg and Sleipner Øst area) to approximately 130 m in the central part of the region. The positions of the fields included in the survey are shown in Figure 2. The current directions differ somewhat in the region. In the Frigg area the residual current direction is in the south east direction, in the Balder area mainly in the south east and east direction and in the Varg area in north to north east direction.

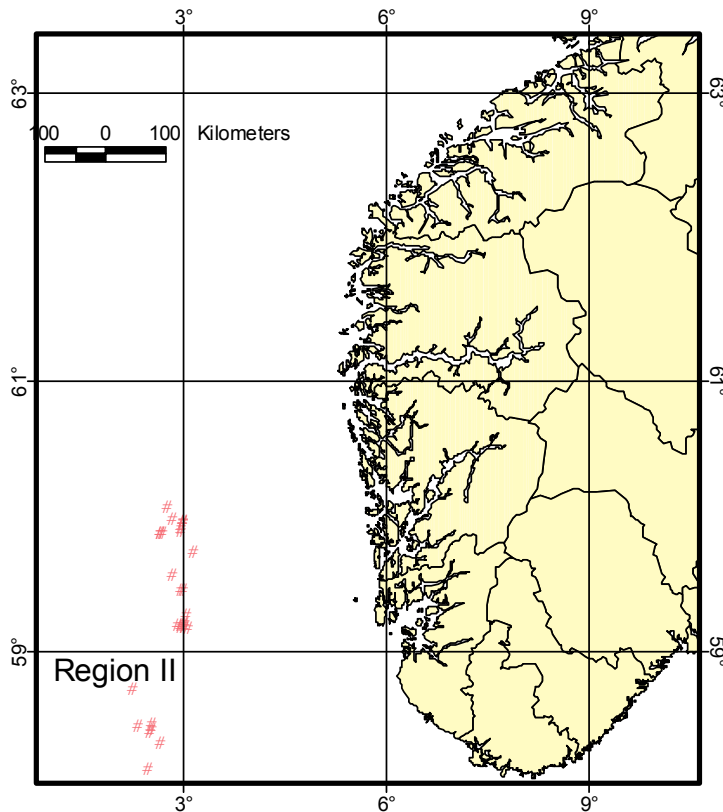


Figure 1: Location of Region II in the North Sea.

The survey was carried out by Akvaplan-niva AS in co-operation with the following laboratories:

- Unilab Analyse AS, Tromsø
- GeoGruppen AS, Tromsø
- NIVA, Oslo

Samples were collected from a total of 208 field stations and 9 regional and 13 reference stations in the region. In addition to the usual physical, chemical and biological analyses, samples were collected for analysis of synthetic drilling mud at some of the fields. Samples were also collected at the Oseberg

Øst field and cutting piles at the Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg and Frøy. Separate reports with the results from these will be produced.

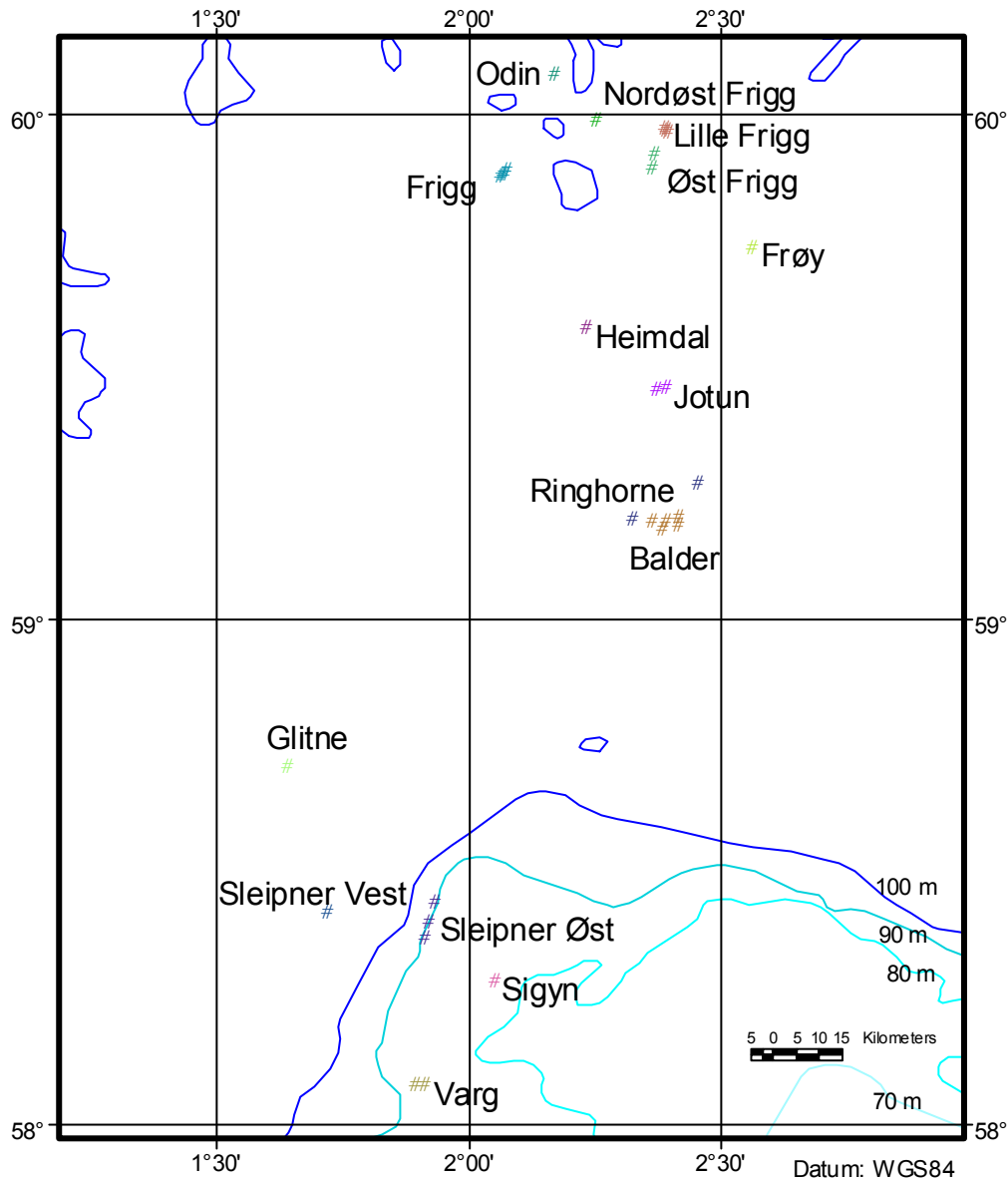


Figure 2: Positions of the fields included in the regional survey in Region II, 2000.

The sampling stations at each field are based on previously established stations. The selection of stations in the 2000 survey in Region II was based on drilling and discharge data from each field. In the present survey 3 - 4 stations were selected in the main current direction and 2 - 3 stations were selected along the other transects. Regional stations from 9 locations were selected on the basis of differences in depth and sedimentary conditions. Two of the regional stations are also used as reference stations at the Glitne and Sleipner Vest fields. Baseline surveys are carried out on the Ringhorne, Sigyn and Glitne fields.

The survey was conducted from the vessel "Seaway Invincible", chartered from Stolt Offshore. The fieldwork was carried out from 23.05 to 13.06. 2001. Positioning personnel and the captain and second officer of "Seaway Invincible" carried out positioning, based on the designated station locations. The station positions were localised by means of GPS (Global Positioning System) and the vessel was held in position by use of DP (Dynamic Positioning). The positioning personnel recorded

the positions each time the grab was lifted from the sea floor and deviation from the position at the sea surface was within ± 10 m.

Due to inaccurate echo sounder, the depths at the stations were not recorded.

Sampling was carried out with a 0.1 m² lead weighted, modified van Veen grab. The grab had hinged and lockable inspection flaps constructed of 0.5 mm mesh. The upper side of each flap was covered by an additional rubber flap allowing water to pass freely through the grab during lowering, yet closing the grab to prevent the sediment surface being disturbed by water currents during retrieval.

Positions for all stations in Region II are given in the field report in the Appendix.

The following analyses were carried out on the samples collected:

- grain size distribution
- organic material content
- hydrocarbon content
- content of synthetic base oils: olefin and ester
- metal content (additional results from digestion with hydrofluoric acid/aqua regia included at regional stations)
- faunal analyses

Undisturbed sediment in the North Sea is primarily olive-grey in colour, with a good penetration of oxygen into the sediment. The sediment is notably darker in colour in cases where contamination has led to a reduction in oxygen availability. This is due to the formation of sulphides in the absence of oxygen. Accumulation of oil in the sediment is also recognisable both visually and by smell.

The grain size distribution in the sediments varies from clay and fine mud to very coarse sandy sediments. Many benthic organisms are adapted to a particular range of sediment grain sizes such that a shift in this parameter may affect the faunal communities. In addition, grain size distribution is indicative of current conditions in the area; fine-grained sediments are found where the current is relatively slow, whilst strong currents result in coarser bottom sediments. The accumulation of material from industrial discharges may also affect the sediment grain size composition.

The amount of organic material in the sediment depends upon the deposition of plant and animal material from the water column above. Under normal conditions benthic fauna will break down deposited detritus, so that there is no net accumulation of organic material in the sediment. In certain areas, human activities result in an increase in the organic content of the sediment.

The background levels of total hydrocarbon content in sediments from different parts of the North Sea typically vary from 1 to 15 mg/kg dry sediment. Hydrocarbons are analysed using gas chromatography. Hydrocarbons due to the presence of mineral oil gives an easily recognisable gas chromatographic pattern. Traces of most pseudo-oils are also easily detected by this analysis method. In addition to the total amount of hydrocarbons analysed at all stations the amount of specific aliphatic and aromatic hydrocarbons were quantified at selected stations.

The natural levels of metals in sediments vary with sediment type and texture. The industrial activities at a field may result in elevated levels of various metals. Therefore, the samples were analysed for the presence of selected heavy metals such as mercury, cadmium, zinc, copper, chromium and lead. In addition to environmentally hazardous metals, the sediments are analysed for barium. Because barium sulphate is used to increase the density of drilling mud, barium is an important indicator of the spread of drilling cuttings on the sea floor.

Natural background levels of THC, aromatic hydrocarbons, decalins and metals will always be present in the sediments. Different natural background levels of chemical parameters reflect differences in sediment characteristics across a area. Based on the analyses results of sediment from stations assumed undisturbed of the industrial activities in a area, the background level of chemical parameters is calculated across the whole region, any sub-regions and for each field-specific reference station. By comparing the different background levels obtained, a selection of suitable background values for calculation of limits of significant contamination (LSC) can be performed. At each field, the criteria for using LSC to indicate contaminated sediment is based on the assumption that the

sediment at the reference area is representative for natural variation in the field-area. The final selection of background levels is described in the regional and reference stations chapter. Synthetic base oils as esters and olefins that are included in synthetic drilling muds, are not present in uncontaminated sediments. If these compounds are found in the sediments, the sediments are considered as contaminated.

The species composition of benthic faunal communities is influenced by many factors, including the sediment characteristics and eventual contamination effects. In undisturbed conditions, the number of species present (i.e. diversity) is relatively high and there is a relatively even distribution of the number of individuals present per species. Organic enrichment or other physical or chemical stress factors lead to a reduction in diversity, where some species decrease and others increase in species abundance. All animals collected in the samples were sorted from the remaining sediment, identified to species level, wherever possible, and the number of individuals of each species recorded.

The results from the statistical analyses give an indication as to whether the environmental conditions around the installations are affected by the petroleum activities. This is done by comparing the results of the individual stations within the field and with the regional/reference stations. For monitoring surveys, the results are compared with those obtained in previous investigations. Eventual correlations between the measured environmental variables and the faunal composition are analysed by means of canonical correspondence analyses (CCA).

Criteria for faunal impacts are based on a combination of multivariate analyses comprising cluster analysis and multidimensional scaling (MDS) and an evaluation of the faunal data (number of species and individuals, diversity indices, dominant taxa etc.) at each station. In this way the following four faunal groups are defined in this report:

Group A: Undisturbed fauna, generally with low dominance (no taxa present in very high numbers) and a wide range of taxa from a variety of taxonomic groups, including polychaetes, molluscs, echinoderms and crustacea, are present. Taxa indicating disturbed sediments are absent or occur in very low individual numbers.

Group B: Slightly disturbed fauna: generally with higher dominance, number of taxa and total abundance. Taxa indicating disturbed sediments, usually including polychaetes and molluscs, increase in individual numbers, but are not usually dominant.

Group C: Disturbed fauna: generally with high dominance and lower number of taxa. Taxa indicating disturbed sediments, usually including polychaetes and molluscs, occur among the dominant taxa, echinoderms rare.

Group D: Highly disturbed fauna: small deposit feeding worms totally predominate (usually polychaetes). Echinoderms absent and molluscs and crustaceans rare or absent. Low number of taxa, high total abundance.

Natural variation might occur within each group.

The most familiar taxa that occur in disturbed sediments in this region are the polychaetes *Capitella capitata*, *Chaetozone* sp., *Cirratulus* sp., *Opryotrocha* sp. and *Ditrupa arietina* and the molluscs *Thyasira sarsi* and *T. flexuosa*, while the echinoderm *Amphiura filiformis* decreases in abundance or disappears under such conditions.

The CCA analyses combine the environmental and biological parameters and the plots presented show the biological variance between the stations and those environmental parameters that explains the variance.

The estimated area of contaminated sediments and disturbed fauna is based on a calculation of the area of an asymmetric ellipse. The radius varies from field to field and between transects within each field. In calculation, the distance to contaminated/disturbed station is used. In cases with contamination/disturbance at one to three transects, 125 m was used at non contaminated/undisturbed transects.

More detailed information is given in the main report.

3 Results

3.1 Regional and Reference stations

Results from the analyses carried out on samples from the regional and reference stations in Region II are shown in Table 1 and Table 2.

The sediment structure varies greatly at the regional and reference stations in Region II. There are coarser sediments in the shallower, southern part of the region (Sleipner Øst-, Sigyn- and Varg area) where the depths are less than 90 m compared to that found in the central part of the region (Jotun, Heimdal and Balder area).

Compared with the results from the 1997 survey, there is a general trend of finer sediments in the region in the present survey. This is shown by an increase in the median and pelite values at most of the stations that are included. This is specially seen in the Balder – Heimdal area (including regional stations RII03 and RII10 and the reference stations at Balder, Jotun and Heimdal) where the TOM value as well has increased.

The results from the reference station at Odin need special attention as they differ greatly from those obtained in the previous surveys. The median value at this station has decreased from 3.53 in 1997 to 1.59 in 2000, while the amount of pelite and fine sand in the sediment comprise less than 10 % in the present survey compared to more than 95 % in the 1997 survey. The most possible explanation for this is that the positions, where samples were collected in the two surveys, are different resulting in a different type of sediments collected.

The Total hydrocarbon content (THC) at the regional and reference stations range from 2.2 mg/kg to 8.9 mg/kg dry sediment. The mean barium concentrations range from 8 to 215 mg/kg. The amounts of cadmium, mercury and copper range from levels below the detection limits to 0.035, 0.008 and 2.1 mg/kg respectively. For zinc, the average concentration is ten times higher at the stations with the highest contents (9.3 mg/kg) than at the station with the lowest content (0.9 mg/kg.) The amounts of chromium and lead ranges from 3.8 to 9.1 mg/kg and 3.1 to 6.7 mg/kg respectively. In general, the highest amounts of THC and metals are found at stations with high contents of pelite and TOM. These stations are located in the middle of the region. The lowest amounts of THC, metals pelite and TOM are found at stations in shallow area south in the region (RII06, VAR14R, SIG17R and SLE41R).

Compared with the results from the 1997 survey, the general picture of the background material of Region II is almost unchanged. The content of THC has decreased somewhat north to north east in the region, while the barium content has increased in the Frigg-Heimdal and Glitne areas.

Prior to the calculation of background levels and Limits of Significant Contamination (LSC), a multivariate analysis of the chemical data from all regional and reference stations was performed on the current year's data and on the data from both the present and previous regional survey(s). The results of these multivariate analyses clarified that the background material for the shallow area differed from the remaining of the region. To take in account naturally lower levels of THC and metals in sediments from the shallow Sleipner Øst, Varg and Sigyn area separate background levels are calculated for this area based on 2000 and 1997 results. Background levels for the remaining of the fields in Region II are calculated from the analyses results obtained at all regional and reference stations in the present and previous (1997) survey.

All regional and reference stations in Region II are classified as group A stations (undisturbed fauna) in the present survey. The number of individuals and taxa recorded are lowest in the shallower, southern part of the region and highest in the central and northern part. The regional station RII01 and RII06 together with the reference stations at Varg, Sigyn and Sleipner Øst have very low numbers of individuals and taxa while regional station RII02 and the reference station at Frøy have high numbers. Compared with the results from 1997, the numbers of individuals and taxa have decreased at most of the stations, with the exception of regional station RII02 and the reference stations at Frøy, Balder and Jotun. The diversity index H' and the ES100 have also decreased at most of the station between 1997 and 2000.

A great variation in species composition occurs among the stations. The polychaetes *Galathowenia oculata* and *Spiophanes bombyx* are the most dominant taxa occurring among the ten most dominant taxa at 18 of the 22 stations. The polychaete *Owenia fusiformis* is recorded with more than 1000 individuals at regional station RII02. At the same station the polychaete *Chaetozone* sp., known to increase in abundance in disturbed sediments, is registered with 50 individuals. However, all measured chemical parameters and the TOM have low values at this station, indicating that these results can not be related to the petroleum activity in the region.

The CCA show significant correlation between the faunal distribution and the amount of zinc, chromium and pelite in the sediments. However, the amount of zinc and chromium are low, and it is believed that the faunal distribution is related to natural variation in the sediment structure over the region.

Table 1: Chemical data for the regional and reference stations, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	UTM ED50, zone 31		THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
	N	E								
RII01	6688937	463281	3.1	0.023	<0.005	1.0	2.2	34	5.3	3.2
RII02	6651639	490795	2.5	0.012	0.003	0.9	1.7	51	3.8	3.1
RII03	6614517	490702	3.7	0.019	0.007	1.3	5.0	82	5.7	5.3
RII04	6577412	485867	3.5	0.011	<0.005	0.7	3.2	23	5.6	5.0
RII06	6429120	460684	2.4	0.007	0.006	<0.6	0.9	8	6.5	4.6
RII07	6457534	421831	5.5	0.017	0.005	1.1	7.0	90	9.0	6.6
RII08	6513198	422936	8.9	0.014	0.006	1.4	7.4	215	8.4	6.7
RII09	6568688	433551	6.8	0.022	0.007	1.3	5.6	111	7.1	4.8
RII10	6609362	443670	5.8	0.022	0.006	1.5	5.9	90	6.4	4.9
FRI10R	6627966	458362	4.5	0.015	0.004	1.0	5.4	67	4.4	3.7
NEF20R	6655173	466694	6.2	0.014	0.004	0.9	2.5	78	4.7	3.4
PSB13R	6630899	469290	6.0	0.013	0.004	1.4	2.6	60	4.1	3.6
LFR01R	6657599	465976	7.9	0.017	0.003	1.0	5.1	74	5.0	3.6
FRY18R	6627075	483795	5.3	0.035	0.005	1.6	5.3	80	5.9	4.9
RIN29R	6573496	465101	8.2	0.029	0.007	2.1	9.3	86	8.7	6.9
SIG17R	6455657	443211	2.9	0.004	<0.005	0.5	3.7	13	7.8	5.5
BAL27R	6567845	459203	6.0	0.026	0.007	1.9	8.9	123	8.2	6.5
JOT30R	6590203	452182	5.1	0.029	0.008	2.1	9.3	93	8.7	6.7
ODI14R	6663858	462980	2.2	0.015	0.005	0.9	3.6	51	5.7	4.8
VAR14R	6434317	433174	4.7	0.006	0.004	0.8	5.2	34	7.9	6.7
HEM22R	6614401	456429	8.5	0.026	0.007	2.0	7.7	131	6.7	6.0
SLE41R	6472715	441623	5.4	0.004	<0.005	1.0	4.3	18	9.1	6.3

Table 2: Biological data, TOM and pelite in %, for the Regional and reference stations, 2000.

St. no.	UTM ED50, zone 31 N E		No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
RII01	6688937	463281	377	69	4.5	0.74	35	1.11	3.2
RII02	6651639	490795	2994	123	3.4	0.50	21	0.94	9.1
RII03	6614517	490702	1523	127	4.7	0.67	37	1.60	9.7
RII04	6577412	485867	676	98	5.2	0.78	41	0.73	3.0
RII06	6429120	460684	245	54	4.6	0.80	34	0.63	1.9
RII07	6457534	421831	692	90	5.1	0.78	39	1.38	6.8
RII08	6513198	422936	647	96	5.0	0.76	38	1.92	11.5
RII09	6568688	433551	1221	118	5.2	0.76	38	1.78	8.4
RII10	6609362	443670	1200	128	5.4	0.77	40	1.96	12.4
FRI10R	6627966	458362	1591	126	4.9	0.71	35	1.18	6.3
NEF20R	6655173	466694	1221	68	4.0	0.66	25	0.99	5.6
PSB13R	6630899	469290	1457	118	4.9	0.72	34	0.97	6.5
LFR01R	6657599	465976	1523	119	4.9	0.71	35	1.08	5.5
FRY18R	6627075	483795	2289	149	5.4	0.74	40	1.50	9.3
RIN29R	6573496	465101	824	104	5.0	0.75	37	2.35	14.0
SIG17R	6455657	443211	266	59	4.6	0.77	35	0.68	2.3
BAL27R	6567845	459203	1073	118	5.4	0.78	41	2.38	14.7
JOT30R	6590203	452182	1219	116	5.2	0.76	39	2.57	19.3
ODI14R	6663858	462980	697	103	5.4	0.81	44	0.64	2.7
VAR14R	6434317	433174	236	53	4.6	0.80	34	0.93	2.7
HEM22R	6614401	456429	1032	119	5.6	0.81	44	2.02	14.4
SLE41R	6472715	441623	340	46	4.0	0.73	28	0.75	1.9

3.2 Frigg

Results from the analyses carried out on samples from the Frigg field are shown in Table 3 and Table 4.

The sediments at Frigg are classified as fine sand with a relatively low amount of pelite (1.5 – 2.5 %) and TOM (0.7 – 1.0 %). The changes in the sediment characteristics since the previous survey is largest at the field station FRI04 for the amount of pelite and TOM in the sediment. The value for both these parameters have increased since 1997, which indicate an increased input of fine material at the location. This station is situated at 250 m distance from TP1 in south west direction, while the main current direction in the area is to the south east. There is also recorded an increase in the amount of pelite at the reference station FRI10R in the same period, while the amount of TOM is similar. It is therefore uncertain if this increase in the pelite is caused by natural variation or by the petroleum activity in the area.

Contamination by hydrocarbons is found in sediments at one station, situated 200 m in the 350° direction relative to TCP2.

The hydrocarbon levels in sediments from the station mentioned above and at the one situated 330 m in the 194° direction relative to TCP2 are a little higher in 2000 than 1997. This is also the case for sediments from the station situated 200 m in the 350° direction relative to DP2. Chromatograms of sediment extracts from these stations indicate mineral oil. This is in accordance with the discharge history of the field. At the other field stations THC levels are comparable with those found in 1997. However, the average THC concentration in sediments at Frigg have increased from 6.6 mg/kg dry sediment to 7.5 mg/kg since 1997.

Barium concentrations above the limit of significant contamination are found in sediments at two stations, situated 200 m in the 170° and 350° directions relative to DP2. However, contamination by lead is found in sediments at all field stations. Contamination by copper and zinc are found in sediments at all field stations minus the one situated 330 m in the 70° direction relative to DP2. Cadmium contamination is found in sediments 330 m in the 194° direction relative to TCP2 and 200 m in the 249° direction relative to TP1. No chromium or mercury contamination is found in sediments at Frigg.

Sediment barium concentrations are higher in this survey than in 1997 at all stations except 200 m in the 70° and 350° directions relative to TCP2. At stations situated 200 m in the 170° and 350° directions relative to DP2 the sediment concentrations of barium have increased about four times, bringing the levels above the limit of significant contamination. The same pattern is seen for cadmium, copper, zinc and lead. Mercury levels are unchanged in sediments on station FRI05.

Like the Frøy and Heimdal fields, the field history at Frigg does not reveal any discharges that can explain the rise in metal concentrations since the last survey. The proportion of pelite in sediments at Frigg has increased with about 3% at the reference station, with a concomitant increase at the field stations. At the reference station minor increases in barium concentrations are measured, not explaining the general rise of barium concentrations in the field.

The number of individuals at the stations in this and the previous survey is relatively similar, while the number of taxa has decreased somewhat. This has resulted in a decrease in the diversity at all stations. Fauna disturbance is registered at three of the stations in the present survey. Station FRI01 is classified as faunal group B (slightly disturbed fauna), stations FRI03 and FRI04 are classified as faunal group C (disturbed fauna) while the rest of the stations at the field have undisturbed fauna. The stations FRI01, FRI03 and FRI04 are situated at 250 – 330 m from the TP1 and TCP2 installations. At these stations the polychaetes *Ditrupea arietina*, *Chaetozone* sp. and *Cirratulus incertus* are recorded with relatively high individual numbers, while the brittle star *Amphiura filiformis* is absent or recorded with a few individuals. The mentioned polychaetes are often abundant in organic enriched or disturbed sediments, while the brittle star decrease in individual numbers with increasing disturbance. The same stations are also separated from the other stations in the multivariate analyses and the CCA show significant correlations between the faunal distribution and the amount of cadmium and lead in

the sediment. At these stations also high levels of most of the heavy metals (i.e. cadmium, lead, copper and zinc) are recorded, while the amount of THC is similar to, or somewhat higher, than the LSC value in the present survey. The faunal disturbance can therefore be seen in connection with the contaminated sediments in the vicinity of the installations TP1 and TCP2.

Although minor signs of faunal disturbance could be seen at the stations in the vicinity of TP1 and TCP2 in the previous survey, it was concluded that the fauna at the field was relatively undisturbed. It is possible that at least stations FRI03 and FRI04 should have been classified as faunal group B (slightly disturbed fauna) due to the relatively high number of individuals of the polychaetes *Ditrupea arietina* and *Chaetozone* sp. However, these stations were not separated from the other field stations in the multivariate analyses in that survey, as is the case in the present survey. Anyhow, it can be concluded that the faunal disturbance has increased in intensity since 1997. In the same period the concentrations of some of the heavy metals have increased at the same stations. Discharges at the field have decreased in the recent years and no drilling has taken place. Accidental discharges occur at TCP2 in 1997 and 1998, but it is believed that this oil quickly dispersed into the water masses. On the other hand, the amount of pelite, TOM and most of the heavy metals have increased at station FRI04 and might explain the increased faunal disturbance.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Frigg field is shown in Table 5 and Figure 3.

Table 3: Chemical data for the stations at Frigg, 2000. Concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
FRI01	200	350	13.2	0.027	n.a.	12.0	133	124	8.0	31.0
FRI02	200	70	4.1	0.011	<0.005	4.8	39.8	64	5.0	11.6
FRI03	330	194	7.4	0.037	n.a.	12.5	122	102	9.0	28.1
FRI04	200	249	9.2	0.039	n.a.	10.0	102	135	8.1	23.2
FRI11	500	350	7.6	0.018	n.a.	6.5	47.4	110	6.6	17.7
FRI24	250	170	5.8	0.017	n.a.	5.9	36.5	272	5.9	15.1
FRI25	250	350	9.2	0.026	n.a.	9.9	74.8	311	6.9	23.1
FRI27	250	70	3.5	0.007	n.a.	1.5	8.7	106	4.0	7.6
FRI10R	14686	135.4	4.5	0.015	0.004	1.0	5.4	67	4.4	3.7

n.a. Not analysed.

Table 4: Biological data and amount (%) of TOM and pelite for the stations at Frigg, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
FRI01	200	350	1278	103	4.3	0.65	32	0.92	1.83
FRI02	200	70	1176	93	3.9	0.60	28	0.67	1.51
FRI03	330	194	1165	84	4.2	0.66	28	0.77	1.62
FRI04	200	249	2635	102	3.1	0.46	20	1.04	2.55
FRI11	500	350	1398	114	4.4	0.64	32	0.96	2.28
FRI24	250	170	1482	99	3.6	0.55	26	0.68	1.78
FRI25	250	350	863	93	4.8	0.73	35	0.76	1.71
FRI27	250	70	1704	99	3.7	0.56	25	0.72	1.90
FRI10R	14686	135.4	1598	128	4.9	0.71	35	1.18	6.32

Table 5: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Frigg field, 2000 and previous survey.

Frigg TP1/TCP2	N	NE	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	200	100	330	200	0.12	0.13
Group C	100	100	330	200	0.10	0.00
THC	200	100	165	100	0.06	0.00
Ba	0	0	0	0	0.00	0.08
Other metals	500	200	330	200	0.26	0.26
Frigg DP2	SE	SW	NE	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	0	0	0	0	0.00	0.00
Group C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	0	0	0	0	0.00	0.00
Ba	200	330	100	0	0.08	0.00
Other metals	200	330	200	0	0.10	0.10
Sum Frigg					Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B					0.12	0.13
Group C					0.10	0.00
THC					0.06	0.00
Ba					0.08	0.08
Other metals					0.36	0.36

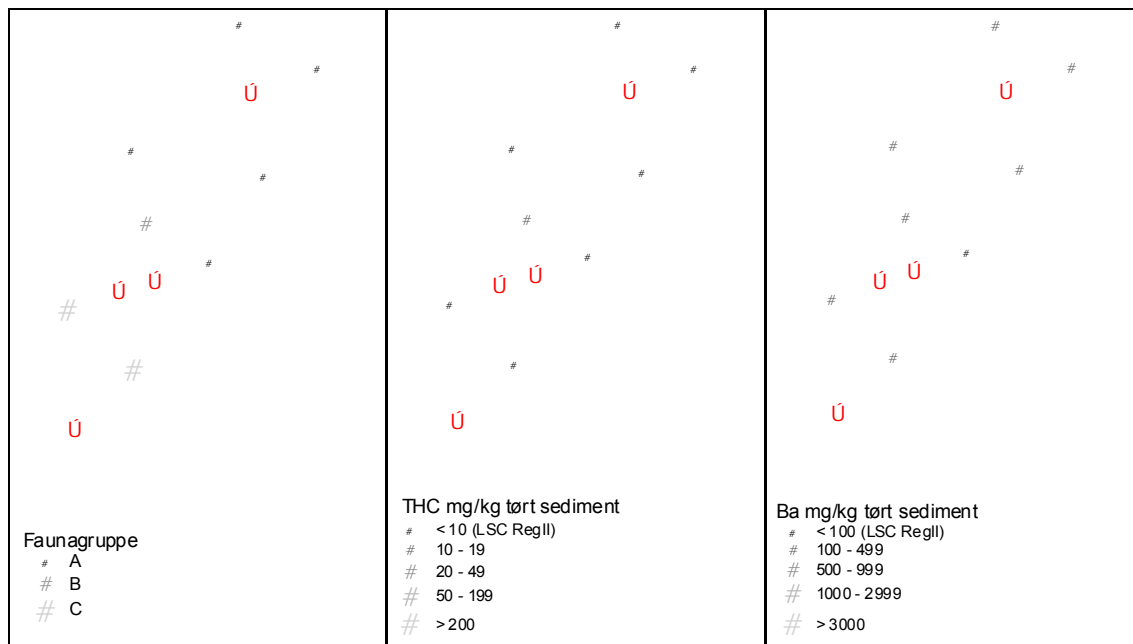


Figure 3: Distribution of faunal groups and amounts of THC and barium at the Frigg field, 2000.

3.3 Nordøst Frigg

Results from the analyses carried out on samples from the Nordøst Frigg field are shown in Table 6 and Table 7.

The sediments at Nordøst Frigg are classified as fine sand with relatively low amount of pelite (2.0 – 2.3 %) and TOM (0.6 – 0.8 %). The changes in the sediment characteristics since the previous survey is largest at the reference station NEF20R (increase in the amount of pelite from 3.3 to 5.6 %) and field station NEF06 (decrease in the amount of fine sand from 62.4 to 35.9 %). On the regional basis there is a general trend of finer sediments. The amount of TOM in the sediment at the field stations is between 0.5 and 1.0 % and is relatively similar to that found in the previous survey.

In 2000 no contamination of sediments at Nordøst Frigg is found. According to field history the field was closed down in 1993. From 1992 to 1997 there were slight increases in sediment hydrocarbon and metal concentrations at Nordøst Frigg. From 1997 to 2000 we find minor decreases in hydrocarbon levels expressed as total hydrocarbons, aromatics and decalins. The average total hydrocarbon concentration has gone down from 4.8 mg/kg dry sediment to 3,5 mg/kg. Among the selected metals minor increases in sediment concentrations of barium and lead are found, while the levels of the other are unchanged or lower.

The number of individuals and taxa are relatively similar in the present and previous survey, with the exception of the reference station NEF20R where the number of taxa is almost half of earlier record (128 to 68). It is no registered any faunal disturbance at the surveyed stations from Nordøst Frigg in 2000. The differences in the faunal composition between the field stations and the regional and reference stations, which are seen in the multivariate analyses, is believed to be a result of the differences found in the sediment structure at the stations. The sediment is coarser at the field stations and this also results in differences in the amount of TOM in the sediment, which are highest at the regional and reference stations. All measured chemical parameters, including the THC and heavy metals, are low at the field stations. None of the known indicator species, which are abundant in disturbed sediments, occur in high numbers at the field.

The fauna was also found to be undisturbed in the previous survey so that the environmental conditions are unchanged at the field in this second survey after removal of the installation.

Table 6: Chemical data for the stations at Nordøst Frigg, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
NEF05	250	150	2.6	0.004	<0.005	0.6	0.9	20	6.1	3.7
NEF06	250	330	3.2	0.006	n.a.	0.8	1.7	31	6.2	3.6
NEF22	250	285	3.2	0.009	n.a.	0.5	2.1	38	5.4	3.3
NEF23	250	105	4.8	0.007	n.a.	0.6	0.9	24	5.4	3.2
NEF20R	10000	60	6.2	0.014	0.004	0.9	2.5	78	4.7	3.4

n.a. Not analysed

Table 7: Biological data, TOM and pelite in % for the stations at Nordøst Frigg, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
NEF05	250	150	639	87	5.0	0.78	38	0.64	2.12
NEF06	250	330	573	86	4.7	0.73	35	0.70	2.27
NEF22	250	285	493	89	5.1	0.79	41	0.63	2.07
NEF23	250	105	637	98	5.0	0.76	38	0.77	2.23
NEF20R	10000	60	1221	68	4.0	0.66	25	0.99	5.64

3.4 Øst Frigg

Results from the analyses carried out on samples from the Øst Frigg field are shown in Table 8 and n.a. Not analysed
Table 9.

The sediments at Øst Frigg are classified as fine sand with a relatively moderate amount of pelite (3.6 – 5.6 %) and TOM (0.9 – 1.3 %). There is a general trend for finer sediments in the area, also at the reference station, as the amount of pelite has increased while the amount of finer sand is more or less similar in the present and previous survey. On the other hand, the amount of TOM has decreased somewhat at most of the stations. It is believed that this is a result of natural variation in the sediments.

In 2000 sediments at the station situated 250 m in the 240° direction relative to PSA have THC levels just above the limit of significant contamination. Borderline values are found at the stations situated 250 m in the 330° direction relative to PSA and 250 m in the 330° and 150° directions relative to PSB. Minor increases in THC values are found in sediments at these stations when comparing to the 1997 survey. However, sediments from the other field stations generally reveal lower THC concentrations in 2000 than in 1997. In addition to the total hydrocarbons, sediment concentrations of NPD's, 3-6 ring aromatics and decalins at the two stations examined are lower in this survey than in 1997. In sum, the average sediment THC level at Øst Frigg has gone down from 10 mg/kg in 1997 to 8.8 mg/kg in 2000. Hydrocarbon levels must on this background be characterised as lower at Øst Frigg in 2000 than they were in 1997.

Elevated levels of barium are found at the stations situated 250 m in the 240° direction relative to PSA and 250 m in the 60° and 150° directions relative to PSB. No contamination by the other selected metals are found.

Concentrations of selected metals in sediments at Øst Frigg have decreased since 1997. The average sediment barium level at Øst Frigg was measured to 177 mg/kg dry sediment in 1997, while an average of 123 mg/kg is measured in 2000. The declining tendency is found for zinc and cadmium too, while lead and copper show minor increases. It must be emphasised that no metals except barium have values above the limit of significant contamination.

The number of individuals has decreased at all stations since 1997 and is relatively similar over the whole field. With the exception of station PSA09 the number of taxa as well has decreased. The most dominant taxa at the stations are typical for undisturbed sediments and all stations are classified as faunal group A (undisturbed fauna). Station PSA09 (situated 500 m south east of PSA) was separated from the other stations in the multivariate analyses, but the dominant taxa at this station do not show greater differences compared with the other stations. The concentrations of THC and heavy metals are low at all stations. The differences in faunal composition are therefore believed to be a result of natural variation over the area in the present survey, and do not represent any clear gradients associated with the petroleum activity.

In the 1997 survey, it was concluded that field station PSA08 (situated 250 m south east of PSA) was slightly disturbed (classified as faunal group B) due to the relatively high abundance of the polychaetes *Pseudopolydora paucibranchiata* and *Capitella capitata* at that station. These two species do not occur in high numbers at any of the stations in the present survey. The results indicate that the environmental conditions at the field have improved during the last three years, most likely due to the low activity at the field since 1997.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at the Øst Frigg field is shown in Table 10 and Figure 4.

Table 8: Chemical data for the stations at Øst Frigg, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

Station-	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
PSA06	500	330	7.3	0.010	n.a.	1.0	1.7	71	4.3	3.8
PSA07	250	330	11.4	0.012	n.a.	1.3	2.3	118	4.7	3.6
PSA08	250	150	7.4	0.011	<0.005	1.2	2.4	84	5.0	3.5
PSA09	500	150	7.5	0.010	n.a.	1.0	2.1	45	5.1	3.6
PSA19	250	60	6.3	0.014	n.a.	1.1	2.2	98	4.7	3.5
PSA20	250	240	12.3	0.017	n.a.	1.1	2.1	226	4.3	3.6
PSB06	350	330	10.3	0.015	n.a.	1.1	2.7	78	4.4	3.5
PSB07	250	150	10.3	0.016	<0.005	1.1	2.6	190	4.4	3.8
PSB08	500	150	6.9	0.016	n.a.	1.1	2.2	89	4.4	3.4
PSB16	250	60	6.7	0.018	n.a.	1.2	2.6	230	4.5	3.7
PSB17	250	240	7.0	0.016	n.a.	1.3	2.4	119	4.5	3.5
PSB13R	10000	150	6.0	0.013	0.004	1.4	2.6	60	4.1	3.6

n.a. Not analysed

Table 9: Biological data and amount (%) of TOM and pelite for the stations at Øst Frigg, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
PSA06	500	330	805	100	4.9	0.73	36	0.99	3.96
PSA07	250	330	1129	116	5.1	0.74	37	1.07	4.75
PSA08	250	150	1080	106	4.8	0.71	35	0.96	5.57
PSA09	500	150	1090	154	5.9	0.81	49	1.00	3.59
PSA19	250	60	812	91	4.8	0.73	34	0.94	4.11
PSA20	250	240	1561	121	4.7	0.68	34	0.96	5.17
PSB06	350	330	1177	102	4.7	0.70	32	1.04	5.23
PSB07	250	150	1226	111	5.0	0.74	35	1.04	5.10
PSB08	500	150	812	74	4.4	0.71	29	0.91	4.66
PSB16	250	60	1206	105	4.6	0.69	32	1.25	4.65
PSB17	250	240	1081	91	4.5	0.69	30	0.97	4.64
PSB13R	10000	150	1459	121	4.9	0.72	34	0.97	6.47

Table 10: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments at the Øst Frigg field, 2000 and previous survey

Øst Frigg PSA	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	125	125	250	125	0.07	0.00
Ba	125	125	250	125	0.07	0.22
Øst Frigg PSB	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	0	0	0	0	0.00	0.11
Ba	250	250	125	125	0.11	0.11
Sum Øst Frigg					Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC					0.07	0.11
Ba					0.18	0.33

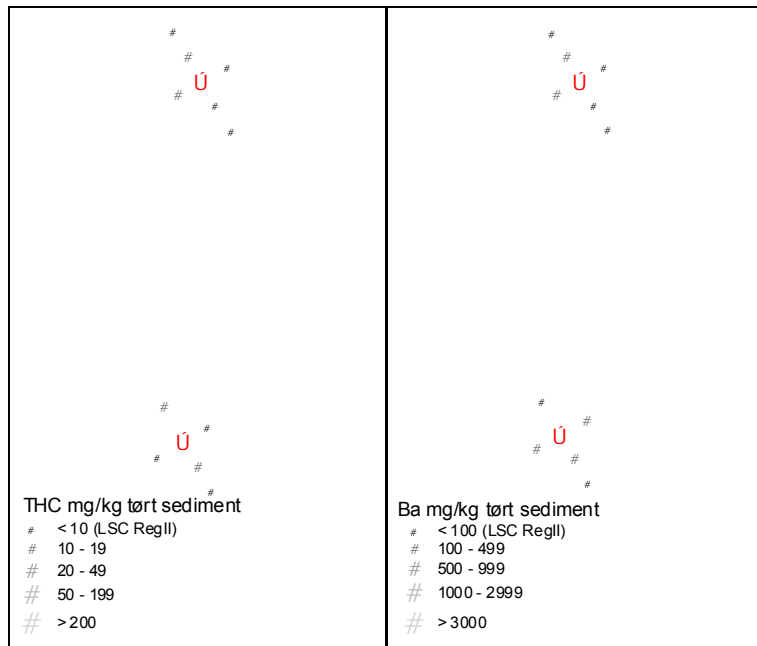


Figure 4: Distribution of the amounts of THC and barium at the Øst Frigg field, 2000.

3.5 Lille Frigg

Results from the analyses carried out on samples from the Lille Frigg field are shown in Table 11 and Table 12.

The sediments at Lille Frigg are classified as fine sand with relatively moderate amounts of pelite (4.4 – 8.7 %) and TOM (0.9 – 1.6 %). The amount of pelite has increased at all stations since 1997 and is largest at station LFR12 (situated 250 m north west of C1) and the reference station LFR1R. The amount of fine sand and TOM is nevertheless relatively similar between the two surveys. The recorded changes are believed to be a result of natural variation as they occur at both the reference and the field stations.

At Lille Frigg contamination with hydrocarbons are found in sediments at two stations situated 250 m in the 60° directions relative to C1 and C2. Borderline values are found 500 m in the 60° direction relative to C1. Gas chromatograms of sediment extracts from Lille Frigg do not reveal mineral oil profiles. Vertical core samples reveal increasing hydrocarbon levels with depth in position 250 m at 150° relative to C1.

The hydrocarbon levels are a little higher in sediments at Lille Frigg in 2000 than they were in 1997. The increase has taken place in sediments at stations located 250 m in the 60° direction relative to the installations.

Barium levels above LSC are found in sediments at all stations in the field. Sediments at the station situated 250m in the 60° direction relative to C1 also are contaminated by the other selected metals. Contamination by lead is found 250m at 150° relative to installation C1 and 250m at 60° relative to installation C2.

Compared to the 1997 results increases in barium concentrations are found at the innermost stations in the 60° direction relative to the three installations C1, C2 and C3. The most pronounced increase in barium levels are found near the C1 installation. Here the level has increased from 597 mg/kg dry sediment to 3942 mg/kg dry sediment. Cadmium, copper, zinc and lead are all following this increasing trend, the highest values found at 250m in the 60° direction relative to C1. At the other stations the levels of the selected metals are at level or a little lower than in the 1997 survey.

The discharge history at Lille Frigg states an acute spill of 0,5 tons hydraulic oil, 13 tons of cementing chemicals and 140 tons of barite in 2000, immediately before the 2000 survey. These discharges may explain the rises in hydrocarbons and selected metals of the field.

The number of individuals and taxa has decreased at all stations since 1997. Station LFR18 has the largest decrease of the number of individuals with a reduction from 3748 to 1458. The main reason for this is the reduced abundance of the polychaetes *Owenia fusiformis*, *Galathowenia oculata* and *Myriochele danielsseni*. Even though relatively high levels of barium and other heavy metals are recorded, faunal disturbance is not registered at any stations in the present survey. There is a uniform distribution of the fauna in the surveyed area.

In 1997 stations LFR04, LFR12 and LFR18 were classified as group B stations (slightly disturbed fauna) due to the relatively high abundance of the polychaete *Pseudopolydora paucibranchiata*. This species is recorded with relatively low individual numbers in the present survey. The results show that the faunal conditions have improved at the field in the recent years.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at the Lille Frigg field is shown in Table 13 and Figure 5.

Table 11: Chemical data for the stations at Lille Frigg, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
LFR03	500	150	5.3	0.017	n.a.	1.0	3.8	330	4.3	4.4
LFR04	250	150	7.2	0.021	0.005	2.0	6.8	727	5.1	7.9
LFR11	250	240	7.0	0.013	n.a.	1.0	4.3	391	4.2	5.6
LFR12	250	60	15.1	0.042	n.a.	3.3	12.9	3942	8.9	11.8
LFR13	500	60	10.4	0.018	n.a.	1.3	4.9	695	4.9	5.3
LFR17	500	240	7.5	0.016	n.a.	1.0	3.9	192	4.5	4.2
LFR18	250	240	7.2	0.018	n.a.	1.3	5.9	530	4.5	5.5
LFR19	250	60	11.2	0.023	n.a.	1.5	7.0	1005	5.1	7.4
LFR24	250	60	7.7	0.019	n.a.	1.1	5.3	435	5.2	4.6
LFR1R	10150	0	7.9	0.017	0.003	1.0	5.1	74	5.0	3.6

n.a. Not analysed

Table 12: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Lille Frigg, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
LFR03	500	150	1062	99	4.5	0.68	32	0.95	5.1
LFR04	250	150	1473	107	4.3	0.63	29	1.12	6.0
LFR11	250	240	1384	101	4.5	0.67	30	0.96	4.4
LFR12	250	60	1717	138	4.9	0.70	37	1.63	8.7
LFR13	500	60	2310	112	3.9	0.57	26	1.18	6.6
LFR17	500	240	1071	98	4.8	0.73	34	1.01	4.5
LFR18	250	240	1458	102	4.4	0.66	30	1.02	6.1
LFR19	250	60	2337	114	4.3	0.62	29	1.26	7.0
LFR24	250	60	2024	111	4.1	0.60	27	1.11	5.5
LFR1R	10150	0	1523	119	4.9	0.71	35	1.08	5.5

Table 13: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments The Lille Frigg field, 2000 and previous survey.

Lille Frigg C1	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	250	125	125	125	0.07	0.00
Ba	250	250	125	125	0.11	0.15
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.00
Lille Frigg C2	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	250	125	125	125	0.07	0.00
Ba	250	125	500	125	0.15	0.10
Other metals	250	125	125	125	0.07	0.00
Lille Frigg C3	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	0	0	0	0	0.00	0.00
Ba	250	125	125	125	0.07	0.07
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.00
Sum Lille Frigg					Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC					0.15	0.00
Ba					0.33	0.32
Other metals					0.07	0.00

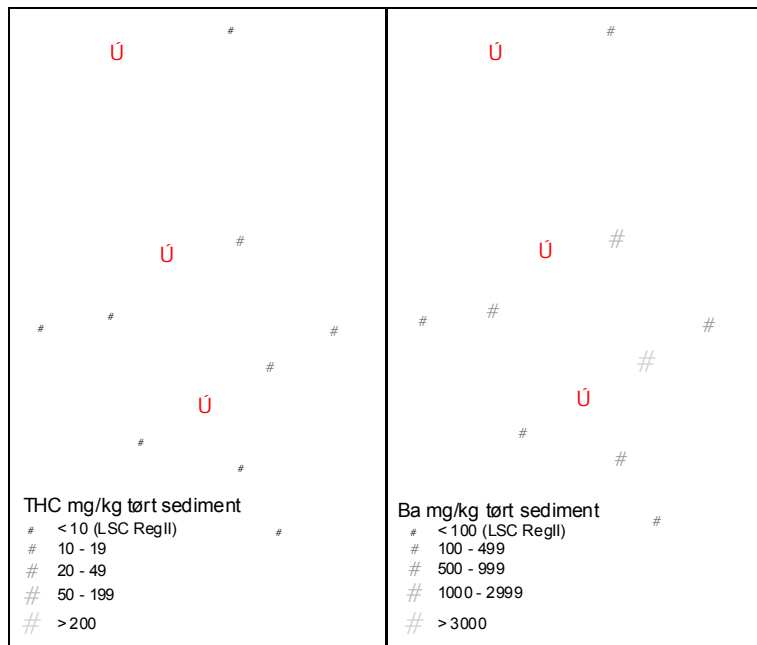


Figure 5: Distribution of the amounts of THC and barium at the Lille Frigg field, 2000.

3.6 Frøy

Results from the analyses carried out on samples from the Frøy field are shown in Table 14 and Table 15.

The sediments at Frøy are classified as silt and fine sand with a relatively high amount of pelite (6.0 – 12.5 %). The pelite content has increased at most of the stations since 1997 while the TOM has increased at two stations 250 m south east and south west of the centre.

Hydrocarbon levels are lower in sediments at Frøy in 2000 than 1997. The field history includes acute spills of 1.9 ton oil since 1997. However, both total hydrocarbon and olefin levels have fallen at virtually all field stations. Sediments from the station situated 250 m in the 150° direction relative to the field centre contains hydrocarbons just above limit of significant contamination in 2000. In 1997 sediments out to 500 m on the 60°-axis and 250 m in the other directions were contaminated by hydrocarbons. Vertical core samples support these findings with increasing hydrocarbon concentrations with depth.

Metal concentrations do not reveal the same declining tendency from 1997 to 2000 as do the hydrocarbons. Increased barium concentrations are found in sediments at Frøy. At the station situated 250 m in the 150° direction the barium concentration has increased from 1048 mg/kg dry sediment to 1951 mg/kg. The highest barium concentrations were nevertheless found in the 1-3 cm layers and not in the top layer of vertical core samples. Cadmium and lead also reveal slight increases. Copper and zinc seem to be at level with the 1997 survey. In 2000 copper levels just above the limit of significant contamination in sediments at three stations are found. Chromium was not measured in 1997. Sediment levels of mercury are relatively unchanged.

The field history gives no explanation for the increase in barium levels at the field. The tendency of increased barium concentrations in sediments, with no supporting field history, is also found in the adjacent fields Frigg and Heimdal. The discrepancies of the results between 2000 and 1997 are too large to be explained only by laboratory errors, especially considering that the same laboratory performed the analyses on both occasions. The proportion of pelite in sediments at Frøy has increased by about 3% at the reference station, with a concomitant increase at the field stations. However, at the reference station minor increases in zinc and lead levels are found, with the other selected metals being unchanged.

The number of individuals has its largest decrease at station FRY04 and FRY13, while the number of taxa has a slight decrease at all stations. On the basis of the results from the uni- and multivariate analyses the stations at Frøy field are classified into three stations groups. Station FRY05 is placed in group C (disturbed fauna), stations FRY04, FRY12, FRY13 and FRY14 are placed in group B (slightly disturbed fauna) while the rest of the stations are placed in group A (undisturbed fauna). The stations in group B and C are separated from the other field stations in the multivariate analyses, and they have relatively high abundance of the polychaetes *Capitella capitata*, *Chaetozone* sp. and *Ditrupa arietina* and the bivalve *Thyasira flexuosa* in some combinations. These taxa are known to increase in abundance in disturbed sediments.

The CCA show correlation between the faunal distribution and the amount of barium and olefins in the sediments. However, the olefin and THC levels are low at the stations, while the amount of barium is relatively high. The stations in group B and C are situated at 250 m distance on all transects and 500 m south west of the centre.

Compared to the previous survey in 1997, the intensity of faunal disturbance has decreased while the area is more or less similar.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Frøy field is shown in Table 16 and Figure 6.

Table 14: Chemical data for the stations at Frøy, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Olefins	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
FRY02	1000	150	8.4	<0.1	0.022	0.005	1.6	4.6	616	5.4	5.3
FRY03	500	150	6.6	0.3	0.015	n.a.	1.3	3.8	450	4.7	4.6
FRY04	250	150	10.6	2.4	0.025	0.005	2.4	6.4	1951	6.2	5.9
FRY05	250	330	9.4	2.9	0.028	n.a.	1.9	5.6	1678	5.7	5.1
FRY06	500	330	6.0	<0.1	0.016	n.a.	1.2	3.5	333	4.4	4.1
FRY12	500	240	7.5	<0.1	0.019	n.a.	1.5	4.1	392	5.0	4.8
FRY13	250	240	6.9	1.7	0.022	n.a.	2.3	6.4	1426	6.0	5.6
FRY14	250	60	7.6	0.3	0.025	n.a.	2.1	6.5	1455	6.1	5.7
FRY15	500	60	9.0	<0.1	0.021	n.a.	1.4	4.4	395	5.4	4.8
FRY18R	10000	60	5.3	<0.1	0.035	0.005	1.6	5.3	80	5.9	4.9

Table 15: Biological data, TOM and pelite in % for the stations at Frøy, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
FRY02	1000	150	1789	126	4.8	0.69	35	1.33	9.8
FRY03	500	150	1214	127	5.5	0.79	43	1.32	8.1
FRY04	250	150	1526	125	5.1	0.73	37	1.69	11.6
FRY05	250	330	2537	138	4.6	0.65	33	1.48	11.4
FRY06	500	330	1195	119	5.3	0.77	40	1.06	6.1
FRY12	500	240	1850	144	5.1	0.72	38	1.28	6.2
FRY13	250	240	1551	130	5.2	0.74	39	1.75	12.4
FRY14	250	60	1521	141	5.5	0.77	42	1.58	11.9
FRY15	500	60	1402	133	5.5	0.78	42	1.42	10.0
FRY18R	10000	60	2289	149	5.4	0.74	40	1.50	9.3

Table 16: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Frøy field, 2000 and previous survey.

Frøy	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	250	250	500	250	0.29	0.29
Group C	125	125	125	250	0.07	0.10
THC	125	250	125	125	0.07	0.29
Olefiner	250	500	250	250	0.29	0.44
Ba	500	1000	500	500	1.18	1.18
Other metals	250	250	250	125	0.15	0.00

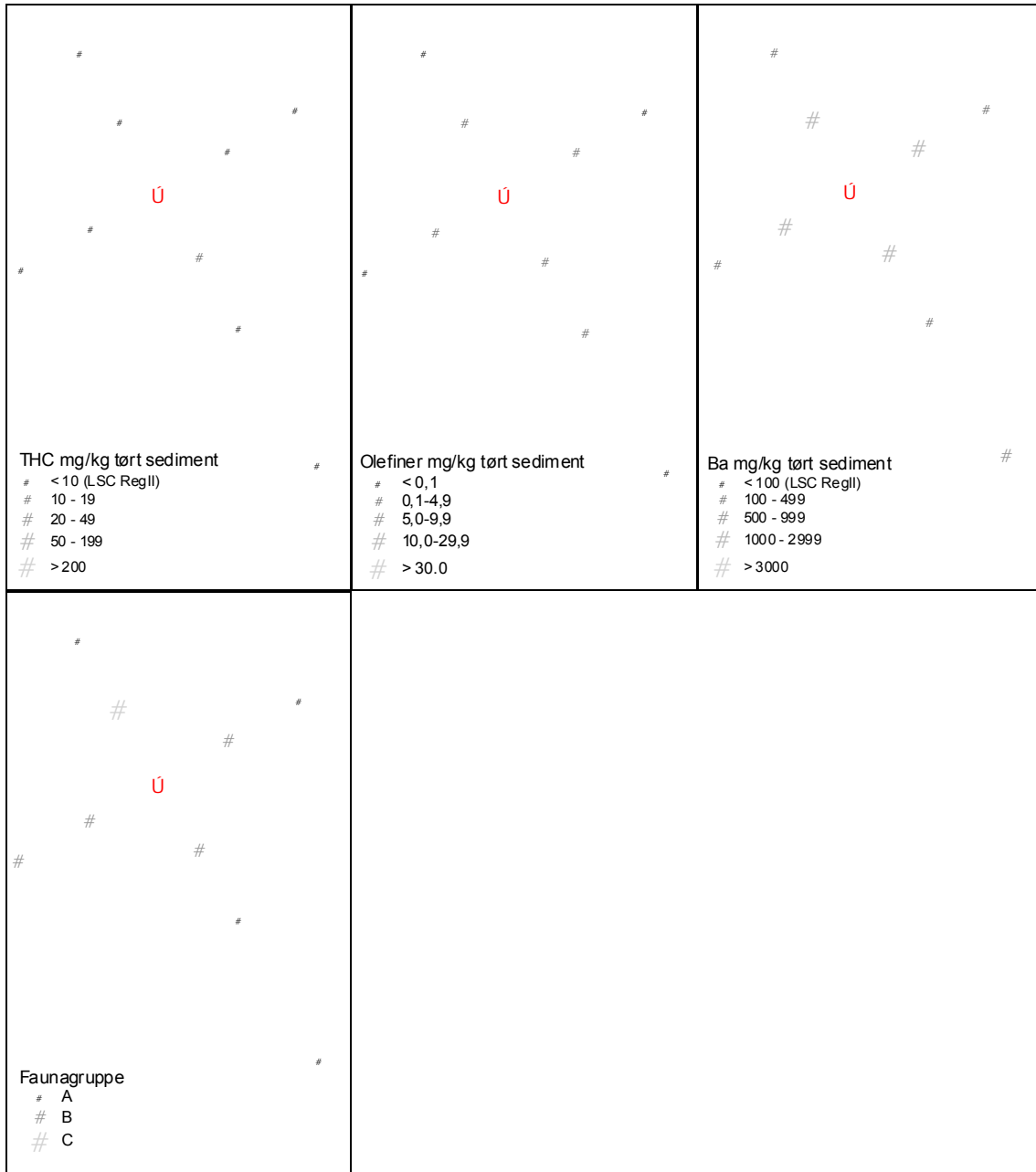


Figure 6: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC, olefin and barium in the sediments at the Frøy field, 2000.

3.7 Ringhorne

The present survey is a baseline survey at Ringhorne.

Results from the analyses carried out on samples from the Ringhorne field are shown in Table 17 and Table 18.

The sediment at the Ringhorne field is classified as fine sand with relatively high amount of pelite (9 – 14 %) and TOM (1.5 – 2.5 %). The sediment is similar to that found at the neighbouring Balder field.

The sediments around the sub sea installation contain slightly more THC (8-14 mg/kg) than the sediments around the well head platform (5-11 mg/kg). Naturally higher levels of THC (11-14 mg/kg) seems to be found along the sub sea 315°-axis. The average THC content across the Ringhorne field (9.4 ± 2.9 mg/kg) is comparable to the content found across the Glitne field (8.6 ± 1.7 mg/kg), which is located south west of Ringhorne, and to the content in uncontaminated sediments at the Balder field. Ringhorne is regarded as uncontaminated with THC, aromatic hydrocarbons and decalins.

The selected metals are very evenly distributed over the Ringhorne field. The sediments around the sub sea installation contain generally slightly more cadmium, zinc and barium than those collected nearby the well head. The sediments are regarded as uncontaminated with metals. The amounts of metals found in sediments across Ringhorne are comparable to the concentrations found in sediments from uncontaminated stations at the neighbouring Balder field. Sediments from the Ringhorne field contain 40-50% more cadmium and copper and only half as much barium as sediments from Glitne.

A relatively high variation in the number of taxa and individuals are registered at the stations. However, the faunal composition at the field is relatively similar to that found in undisturbed sediments at the neighbouring fields (i.e. Balder). On the basis of the results from the uni- and multivariate analyses all stations at Ringhorne field are classified as group A stations (undisturbed fauna). The multivariate analyses indicate a uniform distribution of the fauna, although separations of the stations around the sub sea installation and well head template occur. This is believed to be a result of geographical variation in the area.

The CCA shows significant correlation between the faunal distribution and the sediment structure and amount of THC and some heavy metals (Cu, Ba, Cr and Pb). Some of these correlations, however, are weak. The correlation with the chemical parameters, which have concentrations similar to or below their calculated LSC values, are believed to be a result of natural variations in the sediment structure over the field. The most dominant taxa at the field are known to be relatively abundant in undisturbed sediments.

It is therefore concluded that the petroleum activity at the field so far has had no negative effects on the fauna.

Table 17: Chemical data for the stations at Ringhorne, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
RIN01	2000	45	7.1	0.022	n.a.	1.6	7.1	71	6.9	6.2
RIN02	1000	45	6.2	0.020	n.a.	1.6	7.0	65	6.9	6.5
RIN03	500	45	10.0	0.023	n.a.	1.8	7.7	93	7.4	6.8
RIN04	250	45	7.7	0.021	n.a.	1.8	7.0	70	7.0	6.4
RIN05	250	135	6.3	0.033	0.007	2.0	8.0	81	8.0	6.4
RIN06	500	135	10.4	0.022	n.a.	1.9	7.9	84	7.6	7.0
RIN07	1000	135	11.0	0.024	n.a.	2.1	8.5	95	8.0	7.2
RIN08	2000	135	8.0	0.020	0.005	2.0	7.7	79	7.0	6.8
RIN09	2000	225	7.7	0.023	n.a.	1.7	7.2	80	7.4	6.2
RIN10	1000	225	4.8	0.021	n.a.	1.7	7.1	71	7.4	5.5
RIN11	500	225	6.4	0.020	n.a.	2.3	7.9	86	7.7	5.9
RIN12	250	225	8.7	0.022	n.a.	2.0	7.8	81	7.6	5.8
RIN13	250	315	8.8	0.020	n.a.	1.6	7.0	72	7.0	5.8
RIN14	500	315	8.9	0.023	n.a.	2.4	8.8	89	8.0	6.7
RIN15	1000	315	7.8	0.021	n.a.	1.9	7.3	76	7.4	5.5
RIN16	2000	315	9.7	0.024	n.a.	2.3	8.8	92	8.3	6.3
RIN17	2000	225	10.8	0.020	n.a.	1.9	7.1	92	7.2	6.1
RIN18	1000	225	11.2	0.028	n.a.	1.8	7.2	81	7.4	5.3
RIN19	500	225	8.2	0.032	n.a.	1.9	7.9	72	7.8	5.3
RIN20	250	225	9.6	0.029	n.a.	2.1	8.4	114	8.0	6.5
RIN21	250	315	11.0	0.032	n.a.	2.4	9.9	107	8.6	6.6
RIN22	500	315	14.3	0.031	n.a.	2.1	8.3	100	7.9	6.3
RIN23	1000	315	12.2	0.027	n.a.	2.0	8.6	107	8.3	6.3
RIN24	2000	315	12.5	0.022	n.a.	1.9	7.9	96	7.8	5.9
RIN25	250	135	11.2	0.027	0.007	2.1	8.9	136	8.5	6.3
RIN26	500	135	11.7	0.024	n.a.	1.7	7.1	123	7.3	5.6
RIN27	1000	135	10.9	0.025	n.a.	1.9	8.5	131	8.1	6.0
RIN28	2000	135	11.3	0.028	0.007	2.1	8.7	114	8.4	6.3
RIN30	250	45	10.1	0.025	n.a.	2.1	9.2	116	8.5	6.4
RIN31	500	45	9.7	0.024	n.a.	1.8	7.5	85	7.5	5.7
RIN32	1000	45	9.3	0.029	n.a.	2.1	9.1	122	8.5	6.8
RIN33	2000	45	7.8	0.031	n.a.	2.3	9.8	142	9.1	6.9
RIN29R	5000	315	8.2	0.029	0.007	2.1	9.3	86	8.7	6.9

Table 18: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Ringhorne, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
RIN01	2000	45	1016	108	4.7	0.69	35	1.96	12.18
RIN02	1000	45	845	93	4.6	0.71	33	1.90	11.17
RIN03	500	45	1013	111	4.8	0.71	35	1.89	12.03
RIN04	250	45	1030	101	4.5	0.68	34	1.63	10.83
RIN05	250	135	772	110	4.9	0.72	37	2.05	13.30
RIN06	500	135	685	101	4.8	0.72	36	2.23	12.72
RIN07	1000	135	914	107	5.1	0.76	39	2.33	12.19
RIN08	2000	135	812	97	4.8	0.72	36	1.65	10.89
RIN09	2000	225	685	85	4.4	0.69	33	1.91	12.14
RIN10	1000	225	548	90	5.1	0.79	39	1.73	11.21
RIN11	500	225	431	73	4.9	0.79	37	2.25	11.54
RIN12	250	225	471	86	5.1	0.80	40	2.22	12.38
RIN13	250	315	643	86	4.6	0.71	33	1.79	11.37
RIN14	500	315	635	94	4.9	0.75	36	2.19	11.26
RIN15	1000	315	557	80	4.9	0.77	36	1.95	12.14
RIN16	2000	315	578	99	5.3	0.80	41	2.26	13.95
RIN17	2000	225	966	105	4.7	0.71	35	1.77	10.01
RIN18	1000	225	855	109	5.2	0.77	38	1.95	9.74
RIN19	500	225	827	117	5.4	0.78	41	1.85	11.57
RIN20	250	225	749	101	5.3	0.79	39	2.19	11.34
RIN21	250	315	893	114	5.4	0.79	41	2.19	13.23
RIN22	500	315	1087	121	5.3	0.76	40	2.00	12.11
RIN23	1000	315	993	119	5.3	0.77	40	1.89	11.29
RIN24	2000	315	1122	123	5.4	0.78	41	1.96	11.54
RIN25	250	135	805	115	5.4	0.79	41	2.15	11.93
RIN26	500	135	790	106	5.2	0.78	39	2.00	13.02
RIN27	1000	135	936	116	5.5	0.80	43	2.16	12.14
RIN28	2000	135	717	97	5.1	0.78	37	2.32	12.27
RIN30	250	45	830	97	5.0	0.76	36	2.13	12.56
RIN31	500	45	813	102	5.2	0.78	38	2.07	11.95
RIN32	1000	45	1002	114	5.3	0.78	41	2.60	11.99
RIN33	2000	45	1098	113	5.4	0.79	41	2.48	13.09
RIN29R	5000	315	824	104	5.0	0.75	37	2.35	14.00

3.8 Sigyn

The present survey is a baseline survey at Sigyn.

Results from the analyses carried out on samples from the Sigyn field are shown in Table 19 and Table 20.

The sediments at Sigyn are classified as fine sand and the sediment conditions are relatively uniform over the field with pelite values between 1.7 and 2.2 % and fine sand between 85 and 92 %. These values are similar to those recorded at the neighbouring Varg and Sleipner Øst fields.

The Sigyn field is located in shallow area south in Region II. Low total hydrocarbon contents (2-6 mg/kg) are found in sediments from Sigyn. The average amounts of THC across Sigyn are at the same level as those found in uncontaminated sediments from the neighbouring Sleipner Øst and Varg fields. The content of cadmium, copper, zinc and barium range from values below to values barely above the corresponding background levels across the shallow sub-region, while the contents of chromium and lead are slightly higher than the corresponding background levels. The Sigyn field is regarded as uncontaminated with hydrocarbons and selected metals.

The number of taxa and individuals are relatively low at all stations, but are at the same level as those recorded at the neighbouring fields. The analyses show that the field has a uniform distributed and undisturbed fauna. The minor differences that are detected are believed to be a result of natural variation over the area and do not indicate field-related disturbance.

Table 19: Chemical data for the stations at Sigyn, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
SIG01	2000	10	3.5	0.006	<0.005	0.4	4.0	16	9.7	6.2
SIG02	1000	10	3.6	0.005	n.a.	<0.6	3.9	11	9.9	6.3
SIG03	500	10	2.3	0.007	n.a.	0.4	3.9	11	9.8	6.5
SIG04	250	10	3.9	0.005	<0.005	<0.6	4.0	11	9.8	6.3
SIG05	250	100	3.4	0.005	n.a.	<0.6	4.1	9	10.0	6.1
SIG06	500	100	5.4	0.007	n.a.	<0.6	3.9	11	9.7	6.0
SIG07	1000	100	4.7	0.005	n.a.	<0.6	3.8	17	9.4	5.9
SIG08	2000	100	5.2	<0.005	n.a.	<0.6	3.6	12	9.0	5.9
SIG09	2000	280	6.1	0.004	n.a.	0.4	3.8	11	8.7	5.8
SIG10	1000	280	3.9	0.005	n.a.	0.4	3.9	12	9.3	6.1
SIG11	500	280	5.7	0.003	n.a.	0.5	4.1	10	9.6	6.3
SIG12	250	280	1.6	0.004	n.a.	0.5	4.0	11	9.9	6.3
SIG13	250	190	2.1	<0.005	n.a.	0.4	3.8	11	10.0	6.4
SIG14	500	190	3.3	<0.005	n.a.	<0.6	3.7	13	9.5	5.9
SIG15	1000	190	2.7	<0.005	n.a.	0.4	3.9	10	9.3	6.0
SIG16	2000	190	4.1	<0.005	n.a.	0.5	3.6	23	8.6	5.8
SIG17R	5000	190	2.9	0.004	<0.005	0.48	3.7	13	7.8	5.5

Table 20: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Sigyn, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
SIG01	2000	10	288	53	4.5	0.78	31	0.65	1.76
SIG02	1000	10	326	55	4.7	0.80	32	0.67	1.84
SIG03	500	10	338	53	4.4	0.77	29	0.64	1.94
SIG04	250	10	353	51	4.5	0.79	30	0.65	2.06
SIG05	250	100	318	54	4.7	0.81	32	0.68	1.90
SIG06	500	100	356	56	4.5	0.78	31	0.70	1.83
SIG07	1000	100	386	59	4.7	0.79	32	0.70	1.74
SIG08	2000	100	414	65	4.8	0.79	34	0.73	1.91
SIG09	2000	280	287	52	4.4	0.77	31	0.68	2.20
SIG10	1000	280	275	46	4.4	0.80	29	0.68	1.89
SIG11	500	280	219	37	4.2	0.80	27	0.68	1.72
SIG12	250	280	320	54	4.4	0.76	30	0.68	1.82
SIG13	250	190	317	64	4.6	0.77	34	0.65	1.77
SIG14	500	190	302	51	4.5	0.79	30	0.67	1.77
SIG15	1000	190	320	57	4.8	0.82	35	0.67	1.87
SIG16	2000	190	382	58	4.6	0.79	31	0.73	2.04
SIG17R	5000	190	266	59	4.7	0.77	35	0.68	2.27

3.9 Balder

Results from the analyses carried out on samples from the Balder field are shown in Table 21 and Table 22.

The sediment at the Balder field is classified as fine sand with relatively high amount of pelite (6.9 – 14.1 %) and TOM (1.7 – 2.7 %). The sediment structure is similar to that found on the neighbouring Ringhorne field. The TOM value has decreased remarkably from the previous survey at stations BAL03, BAL04, BAL33 and BAL42, situated in the vicinity of template D and A. On the other hand the TOM has increased at the reference station.

The highest concentrations of THC (24 ± 10 mg/kg), olefins (32 ± 14 mg/kg) and barium (1794 ± 814 mg/kg) are found in sediments from BAL09. Hydrocarbons, olefins and metals are contaminated at least down to 6 cm depth at this station.

The general picture of the Balder field is that the 250-500 m stations are contaminated with THC and olefins. The only exceptions are found for olefins in the main-current direction from well templates C and D, where traces of olefins are found out to 2000 and 1000 m respectively. The A270°- and B198°-axes are uncontaminated with THC and olefins. All stations located around well templates C and D are regarded as contaminated with barium. From well template B, the area contaminated with barium extends out to the outermost station in the main-current direction and out to 250 m on the B198°-axis. From well template A, stations contaminated with barium are found out to 500 m on the A180°-axis.

By comparing this year's THC values with the 1997 results the THC content at the well templates A, B, C and D axes are almost unchanged or reduced. The only exceptions are found at the two innermost stations on the D315°-axis where the THC content has increased somewhat. Compared to the 1997 olefin results, the contents of olefins have decreased at all stations. The largest reductions in olefin content (365-465 mg/kg) are seen at the stations with the highest content of olefins in 1997. The barium content has increased at the innermost stations on the B135°-, D135°- and D54°-axes and the two innermost stations on the C135°-axis. At the remaining stations the amount of barium is unchanged or reduced.

A relatively high variation in the number of individuals and taxa are registered at the stations. However, the faunal compositions in undisturbed sediments at the field are relatively similar to that found at the neighbouring Ringhorne field. The stations at Balder are classified into three different faunal groups: station BAL37 is placed in group C (disturbed fauna), stations BAL03, BAL09, BAL28, BAL33 and BAL42 are placed in group B (slightly disturbed fauna) while the remaining stations are placed in group A (undisturbed fauna).

The stations in group B and C have relatively high abundance of the polychaete *Chaetozone* sp. and the bivalves *Thyasira sarsi* and *T. flexuosa* in some combinations. These taxa are known to be abundant in disturbed or organic enriched sediments. At station BAL37, *Chaetozone* sp. and *T. sarsi* are the two most dominant taxa and this station was separated from all other field stations in the multivariate analyses. The stations placed in group B has lower abundance of the taxa mentioned, but were separated from the remaining field stations in the multivariate analyses. In the cluster analysis, station BAL10 was grouped together with these stations, but the lack of the indicator taxa, and low levels of the measured chemical parameters, indicates that that station has undisturbed fauna. All group B and C stations are situated at 250 m distance from their respective centre and have relatively high levels of THC, olefins and barium, indicating that the faunal disturbance can be related to the petroleum activity at the templates.

In 1997 the classification of group B stations was based on relatively high abundance of the polychaete *Capitelle capitata*. This indicator species is not recorded at any of the stations included in the present survey. On the other hand the indicator species recorded at disturbed stations in 2000 were absent or had very low individual numbers at the stations in 1997.

Compared with the previous survey the area of disturbed fauna has decreased around Template A, has decreased in area but increased in intensity around Template B, is similar around Template C and has increased in area around Template D.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at the Balder field is shown in Table 23 and Figure 7.

Table 21: Chemical data for the stations at Balder, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

Station-	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Olefin	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
BAL03	250	54	11.4	1.4	0.021	n.a.	2.2	8.9	749	8.4	6.9
BAL04	500	54	9.5	<0.1	0.023	n.a.	2.1	9.6	340	8.9	7.4
BAL05	1000	54	7.0	<0.1	0.027	n.a.	1.9	8.8	190	8.4	6.5
BAL09	250	135	23.6	32.3	0.029	0.008	2.7	9.0	1794	8.5	6.6
BAL10	500	135	9.1	0.6	0.031	n.a.	2.1	9.1	600	8.4	6.6
BAL11	1000	135	9.1	0.2	0.019	n.a.	1.7	7.9	246	7.6	6.6
BAL12	2000	135	8.9	0.2	0.019	0.007	1.5	7.2	170	7.2	6.2
BAL16	250	198	9.4	<0.1	0.023	n.a.	1.6	7.7	232	7.8	6.0
BAL17	500	198	8.1	<0.1	0.029	n.a.	1.7	8.4	147	7.9	5.9
BAL18	1000	198	7.2	<0.1	0.026	n.a.	1.7	8.2	119	7.8	6.0
BAL22	250	270	6.5	<0.1	0.024	n.a.	1.5	7.1	118	7.3	5.2
BAL23	500	270	8.9	<0.1	0.026	n.a.	1.9	8.0	122	7.7	5.9
BAL24	1000	270	8.1	<0.1	0.029	n.a.	2.4	7.9	96	7.0	5.7
BAL28	250	135	9.8	2.8	0.029	0.009	2.3	9.6	1495	8.0	6.5
BAL29	500	135	9.3	1.0	0.029	n.a.	2.0	9.0	415	7.9	7.0
BAL30	1000	135	8.9	0.5	0.024	n.a.	1.9	8.5	243	7.7	6.9
BAL31	2000	135	12.7	<0.1	0.021	0.007	1.7	8.6	209	7.7	7.3
BAL33	250	315	15.5	1.1	0.022	n.a.	2.2	8.7	600	7.7	6.7
BAL34	500	315	15.5	<0.1	0.025	n.a.	2.0	10.8	230	8.4	7.0
BAL35	1000	315	6.0	<0.1	0.021	n.a.	1.8	8.3	170	7.3	6.3
BAL37	250	135	15.2	12.6	0.025	n.a.	2.4	8.0	1959	7.8	6.8
BAL38	500	135	7.3	0.4	0.031	n.a.	1.7	7.8	432	7.5	6.7
BAL39	1000	135	6.5	<0.1	0.025	n.a.	1.9	8.7	268	7.9	7.3
BAL42	250	180	19.1	7.2	0.026	n.a.	1.9	8.3	426	7.9	6.7
BAL43	500	180	6.2	<0.1	0.030	n.a.	1.9	9.2	196	8.2	6.7
BAL44	1000	180	8.1	<0.1	0.026	n.a.	1.7	7.9	131	7.5	6.2
BAL46	500	315	12.3	0.2	0.025	n.a.	1.5	7.2	130	7.0	5.8
BAL47	1000	315	13.5	<0.1	0.030	n.a.	1.8	8.5	142	7.9	6.4
BAL27R	10000	315	6.0	<0.1	0.026	0.007	1.9	8.9	123	8.2	6.5

Table 22: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Balder, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
BAL03	250	54	1321	121	5.1	0.74	37	2.17	12.60
BAL04	500	54	696	107	5.5	0.81	44	2.67	13.52
BAL05	1000	54	896	107	5.1	0.75	38	2.31	14.08
BAL09	250	135	1541	123	4.9	0.71	35	2.44	13.96
BAL10	500	135	925	120	5.3	0.76	40	2.46	12.65
BAL11	1000	135	1558	118	4.5	0.66	32	2.11	11.53
BAL12	2000	135	1125	114	4.8	0.70	35	1.88	13.49
BAL16	250	198	1054	119	5.1	0.73	36	1.82	11.15
BAL17	500	198	922	114	5.3	0.77	40	2.35	12.71
BAL18	1000	198	1296	128	5.1	0.74	37	1.93	9.91
BAL22	250	270	918	106	5.1	0.76	38	1.91	13.40
BAL23	500	270	1028	115	5.1	0.75	38	2.25	13.70
BAL24	1000	270	991	125	5.2	0.75	40	1.88	12.99
BAL28	250	135	1265	103	4.7	0.71	31	2.10	8.42
BAL29	500	135	837	105	5.2	0.78	40	2.44	12.22
BAL30	1000	135	1258	124	5.1	0.73	38	2.13	12.32
BAL31	2000	135	1181	112	5.1	0.75	37	2.08	12.59
BAL33	250	315	1277	118	4.8	0.70	34	2.10	11.86
BAL34	500	315	1309	117	4.9	0.71	37	2.32	12.65
BAL35	1000	315	1325	104	4.3	0.64	30	1.73	13.06
BAL37	250	135	1310	87	4.0	0.62	25	1.72	10.78
BAL38	500	135	967	113	5.1	0.74	37	2.00	10.74
BAL39	1000	135	880	100	5.0	0.76	37	2.21	6.86
BAL42	250	180	1087	101	4.6	0.69	33	1.94	12.33
BAL43	500	180	935	111	5.3	0.78	40	2.11	13.17
BAL44	1000	180	795	103	5.1	0.76	38	2.00	12.19
BAL46	500	315	1188	123	5.0	0.72	37	1.96	12.67
BAL47	1000	315	1171	114	5.2	0.76	39	2.21	14.02
BAL27R	10000	315	1073	118	5.4	0.78	41	2.38	14.70

Table 23: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments the Balder field, 2000 and previous survey.

Template A	S	W	NW		Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	250	125	125	125	0.07	0.22
Group C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	250	125	1000	125	0.25	0.29
Olefins	250	125	500	125	0.15	2.50
Ba	500	125	125	125	0.12	0.49
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.15
Template B	SE	SW			Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	250	125	125	125	0.07	0.11
Group C	250	125	125	125	0.07	0.00
THC	250	125	125	125	0.07	0.55
Olefins	500	125	125	125	0.12	6.88
Ba	1000	250	125	125	0.33	0.55
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.07
Template C	SE				Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	250	125	125	125	0.07	0.07
Group C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	250	125	125	125	0.07	0.12
Olefins	2000	125	125	125	0.42	0.42
Ba	2000	125	125	125	0.42	0.12
Other metals	250	125	125	125	0.07	0.00
Template D	NE	SE	NW		Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	250	250	250	125	0.15	0.07
Group C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	250	125	500	125	0.15	0.12
Olefins	250	1000	250	125	0.44	4.17
Ba	1000	2000	1000	125	3.34	1.77
Other metals	125	250	125	125	0.07	0.15
Sum Balder					Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B					0.37	0.48
Group C					0.07	0.00
THC					0.54	1.09
Olefins					1.13	13.98
Ba					4.21	2.93
Other metals					0.15	0.37

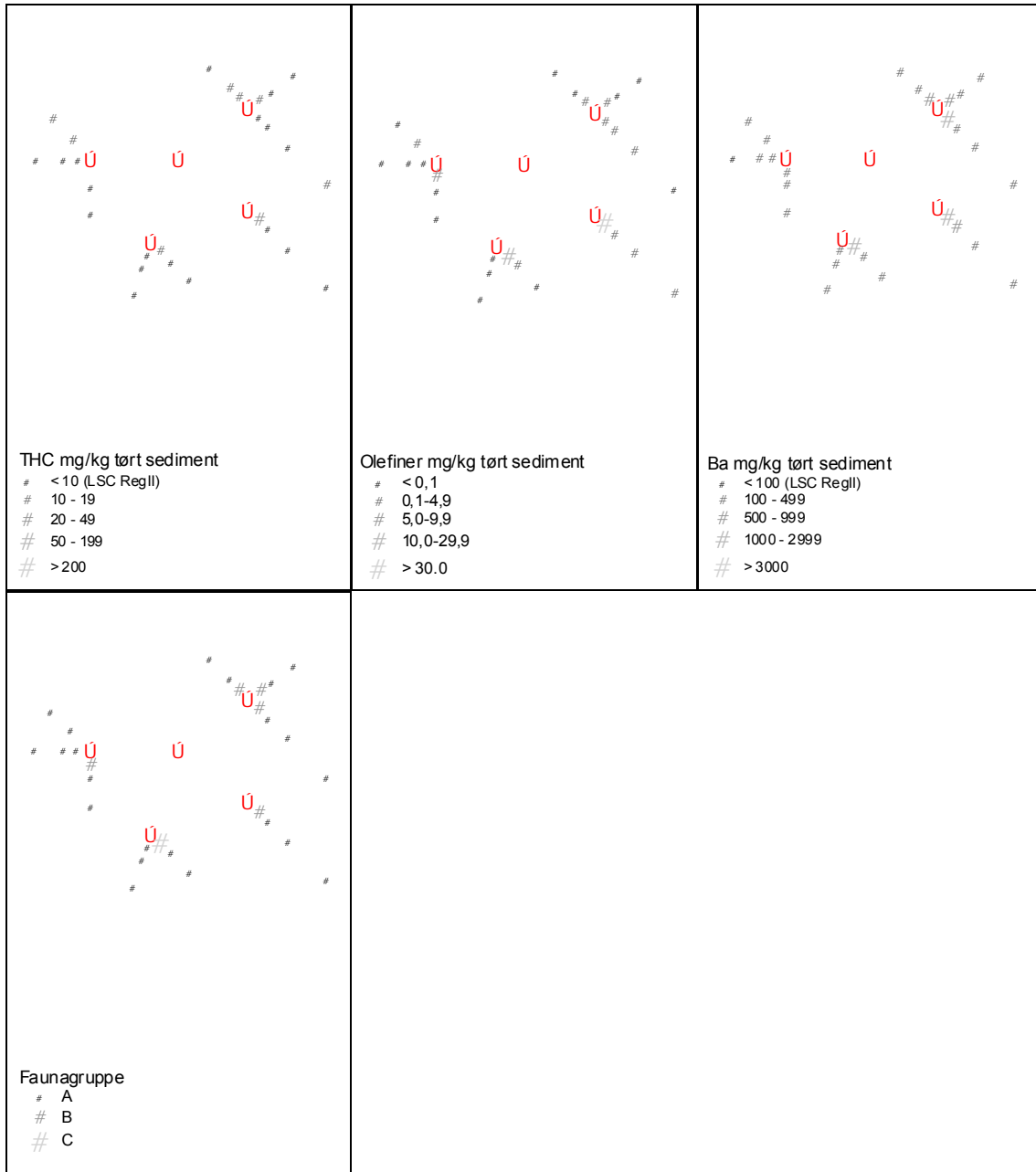


Figure 7: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC, olefin and barium at the Balder field, 2000.

3.10 Jotun

Results from the analyses carried out on samples from the Jotun field are shown in Table 24 and Table 25.

The sediment at the field is classified as silt with a relatively high amount of pelite (17.6 – 21.6 %) and TOM (2.1 – 2.9 %). The pelite and TOM values are somewhat higher than those found at the neighbouring Heimdal and Ringhorne fields. The TOM values are somewhat higher than those found in the baseline survey in 1996.

In 2000 contamination with hydrocarbons is found in sediments at all stations situated 250 m from the field centre, extending to 500 m at 315° and 2000 m at 225°. In 1996 no hydrocarbon contamination was found in sediments at Jotun. Mineral oil profiles are seen in chromatograms of sediment extracts from the contaminated stations in 2000. The field history includes discharges of 25.1 tons oil in produced water in addition to a minor accidental discharge of oil-based mud. This may explain the mineral oil profiles found in chromatograms.

In the baseline survey only two stations in the periphery of the field centre revealed elevated sediment levels of barium. In 2000 only three stations have sediments with barium levels below limit of significant contamination. Relatively high values are found in sediments at all stations situated 250 m from the field centre, with the highest average concentration, 1976 mg/kg, found in the 315° direction. The area of elevated barium levels extends to 1000 m at 135°, 1000 m at 315°, 500 m at 225° and 500 m at 22.5°. Distribution patterns for the other selected metals seem to follow barium, though none of the concentrations exceed LSC. Most sediment concentrations of cadmium, copper and zinc are in the grey zone between the field-specific and regional LSC. Since 1999 ten wells have been drilled at Jotun. Spills of 3394 tons of cuttings, including 1684 tons of barite and 14913 tons of water-based drilling mud, have been discharged in the field. This likely explains the increases in sediment concentrations of selected metals.

There is a relatively high variation in the number of individuals (535 – 1017) and taxa (88 – 122) at the field stations, but the multivariate analyses indicate a uniform distribution of the fauna over the field. Some of the stations (JOT01, JOT04, JOT05 and JOT12) have slightly higher abundance of some taxa, which are known to be abundant in disturbed sediments, than the other stations. At the same stations, elevated levels of THC and heavy metals are found. However, all stations are dominated by taxa that occur in undisturbed sediments, and are therefore considered as undisturbed.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at the Jotun field is shown in Table 26 and Figure 8.

Table 24: Chemical data for the stations at Jotun, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
JOT01	2000	22.5	8.3	0.026	n.a.	2.1	8.8	153	7.7	6.3
JOT02	1000	22.5	9.3	0.041	n.a.	2.6	11.4	240	9.7	6.9
JOT03	500	22.5	8.4	0.042	n.a.	2.3	9.7	412	8.7	6.5
JOT04	250	22.5	12.7	0.030	n.a.	2.4	9.6	1019	8.6	6.5
JOT05	250	135	15.6	0.030	0.009	2.3	9.0	1350	8.1	6.0
JOT06	500	135	8.8	0.027	n.a.	2.3	9.4	373	8.6	6.5
JOT07	1000	135	6.5	0.028	n.a.	2.2	9.8	395	8.7	6.8
JOT08	2000	135	6.8	0.040	0.010	2.3	10.3	172	8.4	6.6
JOT09	2000	315	7.3	0.035	n.a.	1.8	8.1	126	8.0	5.5
JOT10	1000	315	7.0	0.030	n.a.	2.5	10.5	380	9.0	7.3
JOT11	500	315	21.8	0.032	n.a.	2.4	10.1	427	8.9	7.0
JOT12	250	315	25.3	0.030	n.a.	2.9	11.3	1976	8.8	7.5
JOT13	250	225	29.7	0.033	n.a.	2.4	9.9	680	8.6	6.9
JOT14	500	225	15.5	0.033	n.a.	2.3	10.3	352	9.2	7.2
JOT15	1000	225	11.4	0.043	n.a.	2.4	10.3	118	9.4	7.1
JOT16	2000	225	13.5	0.030	n.a.	2.3	10.2	159	9.1	6.8
JOT30R	11330	267.3	5.1	0.029	0.008	2.1	9.3	93	8.7	6.7

Table 25: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Jotun, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
JOT01	2000	22.5	1017	122	5.3	0.76	41	2.55	17.57
JOT02	1000	22.5	660	98	5.4	0.82	43	2.74	21.39
JOT03	500	22.5	702	90	4.9	0.75	37	2.57	20.44
JOT04	250	22.5	618	91	4.9	0.75	39	2.45	20.70
JOT05	250	135	595	88	5.2	0.80	40	2.31	19.27
JOT06	500	135	535	92	5.3	0.81	41	2.34	18.67
JOT07	1000	135	595	89	5.0	0.77	38	2.53	20.45
JOT08	2000	135	650	99	5.3	0.80	40	2.45	19.05
JOT09	2000	315	848	109	5.5	0.82	44	2.12	19.51
JOT10	1000	315	940	103	5.3	0.80	40	2.91	19.78
JOT11	500	315	620	95	5.2	0.79	39	2.35	20.10
JOT12	250	315	843	95	5.2	0.78	38	2.19	20.26
JOT13	250	225	750	105	5.5	0.82	43	2.44	19.96
JOT14	500	225	557	95	5.1	0.78	40	2.57	21.10
JOT15	1000	225	719	94	5.3	0.80	40	2.64	21.55
JOT16	2000	225	831	106	5.5	0.81	42	2.67	19.72
JOT30R	11330	267.3	1221	117	5.2	0.76	39	2.57	19.29

Table 26: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments at the Jotun field, 2000 and previous survey.

Jotun	N/NE	E/SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1996)
THC	250	500	2000	500	1.77	0
Ba	2000	2000	1000	250	5.30	0
Other metals	125	125	125	250	0.07	0

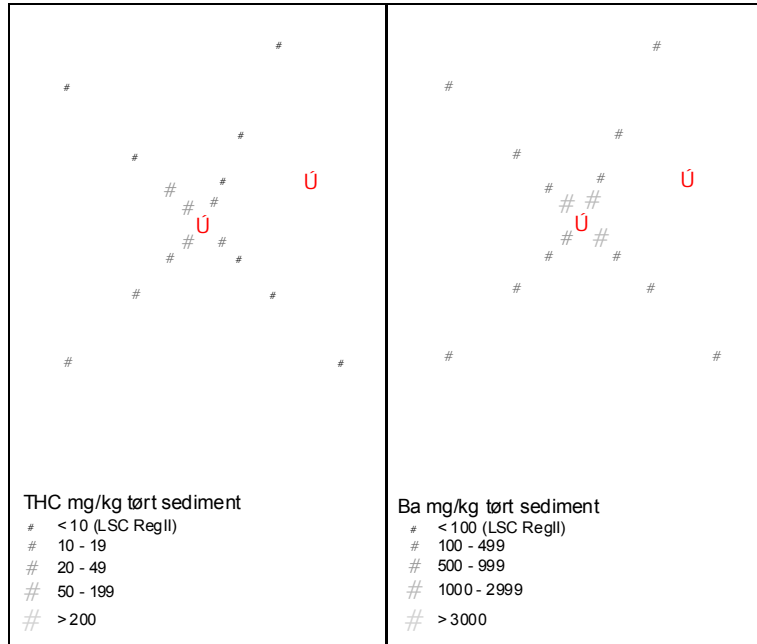


Figure 8: Distribution of the amounts of THC and barium in the sediments at the Jotun field, 2000.

3.11 Odin

Results from the analyses carried out on samples from the Odin field are shown in Table 27 and Table 28.

The sediments at the Odin field is classified as fine sand with a relatively small amount of pelite (2.0 – 3.1 %) and TOM (0.7 – 0.9 %). The pelite content has increased at field station ODI02, while the TOM value has decreased at the field station ODI05 since 1997. The large differences registered at the reference station in the present and previous survey is believed to be a result of sampling at different positions in the two surveys. Apparently the position used in the present survey is wrong.

In the 2000 survey sediments at stations situated 100 m in the 160°, 250° and 340° directions are contaminated by hydrocarbons, as they were in 1997. The maximum value is measured at the station situated 100 m at 160°, with 17.5 mg/kg dry sediment. In direction 250° a decrease has occurred, with a concomitant increase in the 160° direction.

In sum the sediment concentrations of hydrocarbons in the Odin field are unchanged since the last survey. No discharge has taken place since 1997. By removing the platform in 1997 it was expected that sediment disturbance and release of old oil might be mixed into the upper layers of the sediments. No indications of such a release of oil are seen in 2000. At the innermost stations there may have been some stirring of the sediments, but chromatograms do not show clear profiles of degraded oil.

No barium values above limit of significant contamination are found in surface sediments at Odin in 2000. Barium levels have gone down since 1997 and so have cadmium levels. Copper is contaminating sediments at all 100 m stations and seems relatively unchanged regarding total levels. Lead and zinc concentrations are also relatively unchanged and follow the THC distribution pattern. Mercury levels are unchanged.

The number of individuals is relatively uniform over the field stations. A decrease in the number of individuals has occurred since 1997 with the largest decrease recorded at station ODI05, ODI06 and ODI07.

Stations ODI01, ODI03, ODI05 and ODI07 are classified as group B stations (slightly disturbed fauna) while the other field stations are placed in group A (undisturbed fauna). The stations in group B are situated at 100 m distance from the field centre. These four stations have relatively high abundance of the polychaetes *Ditrupa arietina* and *Chaetozone* sp. (including *C. setosa*) and the bivalves *Thyasira flexuosa* and *Lucinoma borealis*. At least three of these taxa are known to increase in abundance in disturbed sediments. In the multivariate analyses the same stations were separated from the other field stations.

In 1997, station ODI05 was placed in faunal group C (disturbed fauna) due to the high occurrence of the polychaete *Capitella capitata* (520 individuals). In the present survey only one individual is recorded at the Odin stations. This indicates that the intensity of faunal disturbance at the field has been reduced, as a result of the close down and removing of the platform.

During the removal of the platform before and after the survey in 1997, physical disturbance of the sediments occurred. This might have had effects on the fauna in the previous survey.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Odin field is shown in Table 29 and Figure 9.

Table 27: Chemical data for the stations at Odin, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
ODI01	100	70	7.3	0.013	n.a.	2.4	6.0	27	5.0	5.5
ODI02	500	70	2.9	0.013	n.a.	0.9	0.7	27	4.7	2.7
ODI03	100	340	11.7	0.018	n.a.	3.2	27.5	35	5.2	8.9
ODI04	500	340	5.5	0.010	n.a.	1.1	2.2	44	4.8	3.2
ODI05	100	250	12.4	0.018	n.a.	3.4	25.4	31	5.9	8.9
ODI06	500	250	4.0	0.012	n.a.	0.9	1.7	49	4.4	3.1
ODI07	100	160	17.5	0.018	0.004	3.9	21.7	28	5.8	9.0
ODI08	500	160	4.3	0.008	n.a.	0.8	<1.0	22	4.1	2.6
ODI12	1000	160	4.7	0.007	<0.005	0.7	<1.0	19	4.1	3.2
ODI14R	10000	70	2.2	0.015	0.005	0.9	3.6	51	5.7	4.8

Table 28: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Odin, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
ODI01	100	70	568	84	5.0	0.78	36	0.82	1.99
ODI02	500	70	710	104	5.1	0.75	38	0.76	3.09
ODI03	100	340	694	112	5.7	0.83	45	0.88	2.14
ODI04	500	340	771	87	4.7	0.73	34	0.78	2.59
ODI05	100	250	705	95	4.9	0.74	36	0.86	2.18
ODI06	500	250	641	94	5.1	0.78	38	0.68	2.41
ODI07	100	160	704	102	5.1	0.77	39	0.92	2.17
ODI08	500	160	650	90	4.8	0.74	36	0.72	2.31
ODI12	1000	160	658	81	4.8	0.75	36	0.69	2.94
ODI14R	10000	70	696	103	5.4	0.81	44	0.64	2.66

Table 29: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Odin field, 2000 and previous survey.

Odin	NE	SE	SW	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	100	100	100	100	0.03	0.02
Group C	0	0	0	0	0	0.01
THC	50	100	100	100	0.02	0.02
Ba	0	0	0	0	0	0.01
Other metals	50	100	100	100	0.02	0.02

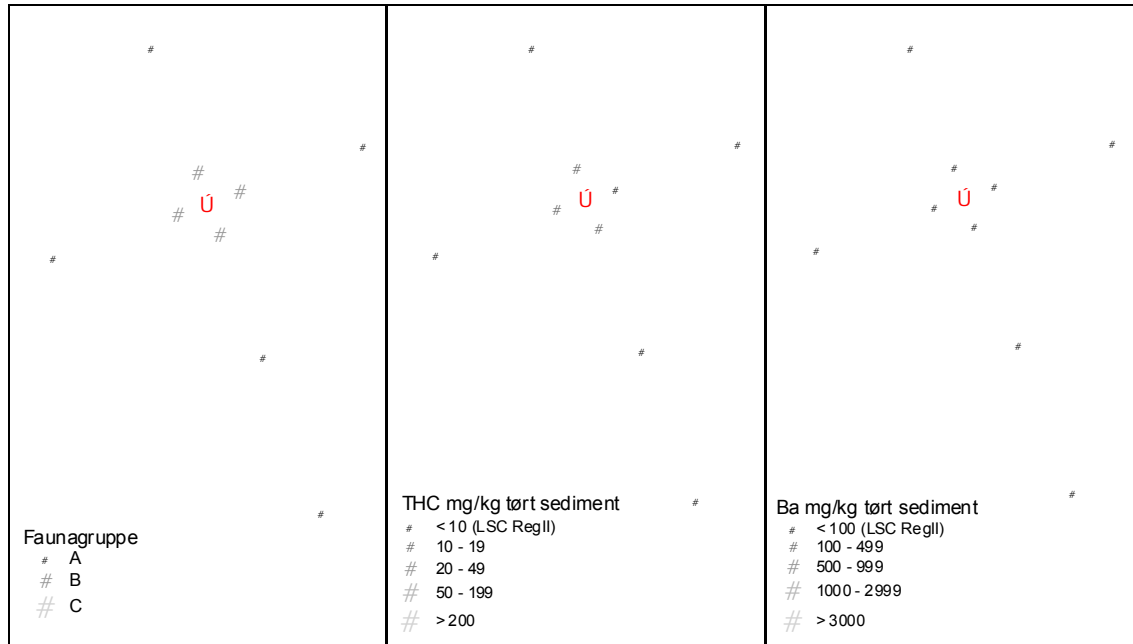


Figure 9: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at the Odin field, 2000.

3.12 Varg

Results from the analyses carried out on samples from the Varg field are shown in Table 30 and Table 31.

The sediment at the Varg field is classified as fine sand with a relatively low amount of pelite (1.3 – 2.7 %) and TOM (0.6 – 0.9 %). The amount of pelite has increased at all stations, including the reference station, at Varg, while the TOM has increased most at stations VAR03 and VAR09, but the TOM levels are below 1 %.

The Varg field is located in shallow area south in Region II. As for the previous survey, the highest concentrations of THC (412 mg/kg) and barium (1671 mg/kg) are found at the innermost station in the main current direction from Varg (20°-axis). The area significantly contaminated with THC and barium reaches out to 1000 m on the 20°- and 290°-axes, while THC is contaminated out to 500 m and barium out to 1000 m on the 200°-axis. The gas chromatogram of sediment extracts from stations contaminated with THC show the presence of mineral oil. According to data on recent drilling, oil-based mud was possible discharged in 1999.

Compared to the 1997 results the THC levels have increased at the innermost stations on the 20°, 200°- 290°- axes and at the outermost station on the 290°-axis. At the remaining stations the THC contents are almost unchanged or reduced. The barium content has increased over the whole Varg field. According to data on discharges, both barite and water-based drilling mud were discharged in 1999.

Since 1997 the area contaminated with THC is unchanged on the 20°- and 200°-axes, while the contaminated area has increased from 500 m to at least 1000 m along the 290°-axis. None of the stations on the 110°-axis are contaminated with THC in the present survey. The area contaminated with barium has increased from 250 m on the 20°- and 200°-axes to at least 1000 m on the 20°, 200°- and 290°-axes.

The number of taxa and individuals are low at all stations at Varg, but at similar levels as the neighbouring Sigyn and Sleipner Øst. The number of both individuals and taxa has decreased at most of the stations since 1997 and, especially at station VAR10, this has resulted in a decrease of the diversity index.

The multivariate analyses separated stations VAR09, VAR10 and VAR11 from the other field stations. At these stations polychaete *Spiophanes kroyeri* and the brittle star *Amphiura filiformis*, which is relatively abundant in undisturbed sediments, is absent or occur in very low numbers. At the same stations the polychaetes *Chaetozone setosa* and *Capitella capitata* and the nemertin group Nemertini indet., known to be relatively abundant in disturbed sediments, are recorded in relatively high numbers. These stations are therefore classified as group B stations (slightly disturbed fauna). Also at VAR03 *S. kroyeri* and *A. filiformis* occur in low numbers, which might indicate some faunal disturbance. But at that station *C. setosa* and *C. capitata* did not occur in high numbers. This station was also grouped together with the main group of field stations in the multivariate analyses and is therefore classified as group A station (undisturbed fauna).

The stations in group B, which are situated at 250 m south west and 250 – 500 m north east of the centre, have high amounts of THC and barium in the sediments. The faunal disturbance can, therefore, be related to the petroleum activity at the field.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Varg field is shown in Table 32 and Figure 10.

Table 30: Chemical data for the stations at Varg, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
VAR01	1000	290	12.4	0.003	n.a.	0.4	3.1	65	6.6	6.6
VAR02	500	290	3.9	0.004	n.a.	0.7	3.7	63	8.3	6.5
VAR03	250	290	14.4	0.004	n.a.	0.8	4.6	217	8.8	7.7
VAR04	500	110	5.1	0.003	n.a.	0.6	3.9	57	7.9	5.7
VAR05	1000	110	2.5	0.004	n.a.	0.7	4.7	24	9.2	8.1
VAR07	2000	20	2.8	0.003	<0.005	0.6	4.3	39	8.9	7.5
VAR08	1000	20	8.0	0.007	n.a.	0.8	5.9	106	9.9	10.5
VAR09	500	20	51.2	0.006	n.a.	1.2	6.2	473	9.7	9.7
VAR10	250	20	412	0.012	0.006	1.6	8.2	1671	9.5	8.9
VAR11	250	200	184	0.012	n.a.	1.3	8.0	1266	9.9	10.6
VAR12	500	200	8.5	0.003	n.a.	0.8	4.7	241	8.9	8.0
VAR13	1000	200	4.1	0.007	n.a.	0.8	4.8	83	8.4	7.1
VAR14R	4000	200	4.7	0.006	0.004	0.8	5.2	34	7.9	6.7

Table 31: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Varg, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
VAR01	1000	290	373	86	5.7	0.88	46	0.71	1.41
VAR02	500	290	268	56	4.8	0.82	36	0.78	1.80
VAR03	250	290	196	58	5.0	0.85	40	0.94	2.68
VAR04	500	110	246	57	4.9	0.83	36	0.66	1.62
VAR05	1000	110	332	63	4.6	0.78	35	0.64	1.34
VAR07	2000	20	318	59	4.9	0.83	37	0.65	1.51
VAR08	1000	20	250	68	5.3	0.88	43	0.64	1.54
VAR09	500	20	201	54	4.8	0.84	38	0.82	1.81
VAR10	250	20	202	41	3.4	0.63	26	0.88	2.24
VAR11	250	200	165	45	4.4	0.81	35	0.91	1.83
VAR12	500	200	230	56	4.9	0.85	36	0.79	1.78
VAR13	1000	200	333	55	4.6	0.79	32	0.80	2.04
VAR14R	4000	200	236	53	4.6	0.80	34	0.93	2.70

Table 32: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Varg field, 2000 and previous survey.

Varg	N	E	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	500	125	250	125	0.15	0.00
THC	1000	125	500	1000	1.33	1.18
Ba	1000	125	1000	1000	1.77	0.10
Other metals	1000	125	250	125	0.25	0.00

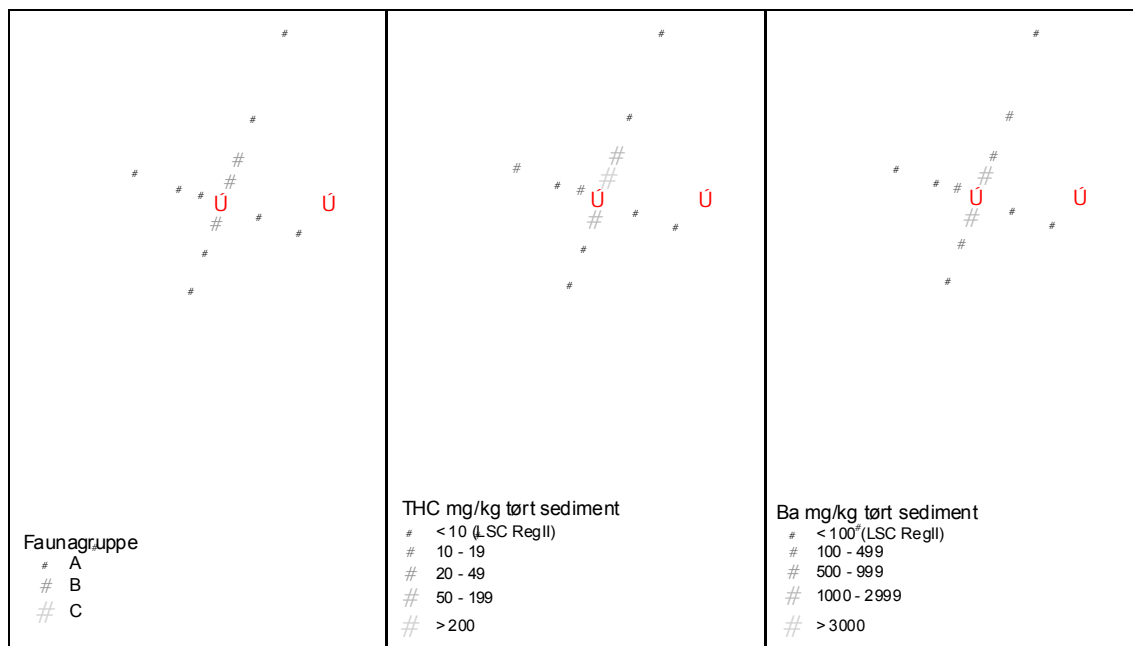


Figure 10: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at the Varg field, 2000.

3.13 Heimdal

Results from the analyses carried out on samples from the Heimdal field are shown in Table 33 and Table 34.

The sediments at the Heimdal field are classified as fine sand and silt with a relatively high amount of pelite in the sediment (8 – 14 %). The pelite content has its largest increase since 1997 at field station HEM03 and HEM18 and at the reference station HEM22R. It is also registered a relatively high increase in the TOM at field station HEM18 (from 1.3 to 1.9 %) since the previous survey.

In this survey sediments out to 500 m in the 180° direction have elevated levels of total hydrocarbons. The highest concentration of total hydrocarbons in the field was found in sediments from the station situated 500 m at 180° with 12.9 mg/kg dry sediment. In addition to the position mentioned above contamination were found out to 500 m at 180°, 250 m at 324° and 300 m at 150° in 1997. In 2000 borderline values are found in sediments from these stations. Gas Chromatograms of sediment extracts from Heimdal do not reveal mineral oil profiles. This is in accordance with field history which includes an acute spill of 0.06 m³ oil in 1999. This is the only discharge in the Heimdal field the last four years. In sum the hydrocarbon levels are lower in sediments at Heimdal in this survey than they were in 1997.

Elevated levels of barium are found at the stations situated 300 m at 100°, 250 m at 315° and out to 500 m at 180°, with 60- to 185% increases in sediment concentrations compared to the situation in 1997. Contamination and increased levels of zinc, lead and copper are also found in sediments from these stations minus the one situated 300 m in the 100° direction. Cadmium is increasing and contaminates sediments 250m at 180° and 300 m at 315°. Mercury levels are unchanged. Minor increases in sediment metal concentrations with depth are found.

Like the Frigg and Frøy fields, history at Heimdal does not reveal any discharges that can explain the rise in sediment metal concentration since 1997. At Heimdal, like the fields mentioned above, higher proportions of pelite are found in sediments in 2000 than in 1997. However, the increases are not dramatic and metal levels at the reference station are relatively unaffected.

The number of individuals and taxa has decreased at most of the stations since the previous surveys. On the basis of the results from the uni- and multivariate analyses the stations at Heimdal field are classified into two faunal groups. Stations HEM04, HEM18 and HEM19 are placed in group B (slightly disturbed fauna) while the remaining field stations are placed in group A (undisturbed fauna). The stations in group B have relatively high abundance of the polychaete *Chaetozone* sp and the bivalve *Thyasira flexuosa*, both known to increase in individual numbers in disturbed sediments.

In the previous survey in 1997, station HEM03 was classified as group C station (disturbed fauna) due to a relative high abundance of the polychaete *Capitella capitata*. This species is scarcely registered at the field in the present survey. The intensity in faunal disturbance, therefore, has decreased since 1997.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Heimdal field is shown in Table 35 and Figure 11.

Table 33: Chemical data for the stations at Heimdal, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
HEM01	1000	130	10.3	0.014	0.005	1.2	4.8	119	4.7	4.9
HEM02	500	115	6.8	0.018	n.a.	2.4	8.9	135	5.3	6.0
HEM03	300	100	7.7	0.026	0.005	2.1	8.1	492	5.9	6.1
HEM04	250	315	10.8	0.039	n.a.	6.1	47.2	889	7.2	14.4
HEM14	250	60	9.7	0.029	n.a.	3.8	17.9	921	6.7	8.9
HEM15	500	60	8.1	0.021	n.a.	1.6	7.9	151	4.9	5.6
HEM18	300	180	11.8	0.060	n.a.	10.3	57.4	1398	9.3	16.5
HEM19	500	180	12.9	0.030	n.a.	4.4	19.4	713	7.0	9.7
HEM22R	10000	360	8.5	0.026	0.007	2.0	7.7	131	6.7	6.0

Table 34: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Heimdal, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
HEM01	1000	130	1607	121	4.3	0.61	32	1.36	9.4
HEM02	500	115	1145	115	4.5	0.65	33	1.31	7.9
HEM03	300	100	1529	126	4.8	0.69	36	1.67	12.2
HEM04	250	315	1398	129	5.3	0.75	40	1.71	10.7
HEM14	250	60	1435	108	4.8	0.70	34	1.63	10.6
HEM15	500	60	854	87	4.3	0.66	32	1.36	8.6
HEM18	300	180	1371	126	5.5	0.79	42	1.90	14.3
HEM19	500	180	715	105	5.1	0.76	39	1.49	10.6
HEM22R	10000	360	1032	119	5.6	0.81	44	2.02	14.4

Table 35: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Heimdal field, 2000 and previous survey.

Heimdal	NE	SE	S	NW	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	125	125	500	250	0.18	0.11
Group C	0	0	0	0	0	0.07
THC	125	125	500	125	0.12	0.25
Ba	500	300	500	250	0.43	0.25
Other metals	500	125	500	250	0.29	0.25

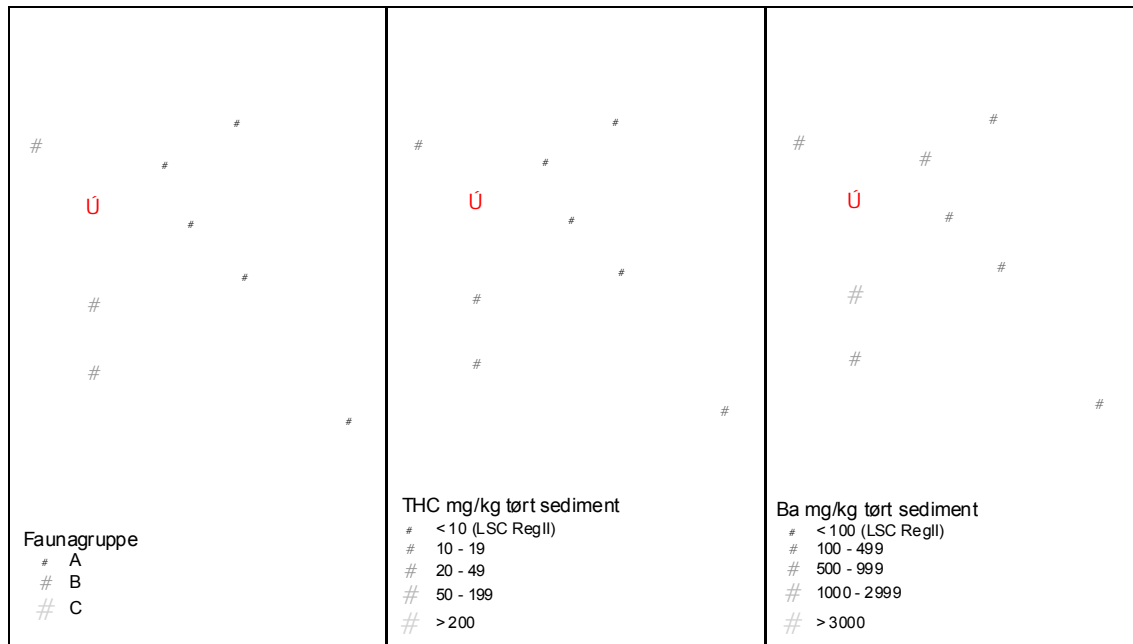


Figure 11: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at the Heimdal field, 2000.

3.14 Glitne

The present survey is a baseline survey at Glitne.

Results from the analyses carried out on samples from the Glitne field are shown in Table 36 and Table 37.

The sediments at Glitne are classified as fine sand with relatively high amounts of pelite (7.8 – 13.1 %) and TOM (1.3 – 2.1 %). These levels are comparable to that found at the fields situated north east (i.e. Ringhorne) and south (Sleipner Vest) of Glitne. At the reference station, which is the regional station RII08, the pelite and TOM levels are within the variation found at the field station.

The THC and metals are very evenly distributed over the Glitne field. The concentrations of THC, cadmium, copper and chromium vary from values below to values barely above the corresponding background levels across the region. The levels of lead and zinc are slightly higher than the corresponding background levels found at most of the fields in Region II, but the levels don't exceed the amounts found at the field-specific reference station. The sediments at the Glitne field are regarded as uncontaminated with THC and metals.

The average THC and metal contents across the Glitne field are comparable to the amounts found in uncontaminated sediments at the Sleipner Vest field, south of Glitne. The only exception is barium, of which the average amount across Glitne (215 mg/kg) is more than twice the concentration (90 mg/kg) found at the Sleipner Vest reference station. The Ringhorne field is located north east of the Glitne field. The average THC content across the Glitne field is comparable to the amounts found across Ringhorne, but the sediments from Glitne contain more than twice as much barium and 40-50 % less cadmium and copper than the sediments from the Ringhorne field. The concentrations of the remaining of the selected metals are only slightly above the corresponding concentrations found across Ringhorne.

There is a great variation in the number of individuals (448 – 1508) and taxa (89 – 132) between the stations at the field. However, the biological analyses indicate a uniform distribution of undisturbed fauna at the Glitne field. The correlations between the amount of cadmium and barium in the sediments and the faunal distribution are believed to be a result of natural variation in the sediment structure over the field. All measured chemical parameters are low and only taxa, which are abundant

in undisturbed sediments, are recorded among the dominant taxa. It is concluded that the fauna is undisturbed at all stations at the field.

Table 36: Chemical data for the stations at Glitne, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
GLI01	250	10	8.6	0.014	0.006	1.1	7.7	185	7.9	6.9
GLI02	500	10	9.6	0.016	n.a.	1.3	8.3	206	8.3	7.2
GLI03	1000	10	6.9	0.013	n.a.	0.9	6.6	144	7.3	6.2
GLI04	2000	10	10.0	0.016	0.006	1.3	7.9	183	8.0	6.8
GLI05	250	100	6.8	0.017	n.a.	1.6	8.7	220	8.4	7.3
GLI06	500	100	8.6	0.020	n.a.	1.5	9.8	226	9.1	7.9
GLI07	1000	100	8.7	0.020	n.a.	1.6	10.0	238	9.0	7.6
GLI08	2000	100	8.4	0.020	n.a.	1.5	9.5	228	8.8	7.5
GLI09	250	280	9.6	0.016	n.a.	1.1	7.5	187	7.9	6.8
GLI10	500	280	9.1	0.021	n.a.	1.6	9.8	253	9.3	8.2
GLI11	1000	280	9.9	0.019	n.a.	1.2	8.4	244	8.3	7.3
GLI12	2000	280	7.0	0.016	n.a.	1.1	8.0	189	8.5	6.9
GLI13	250	190	9.7	0.018	n.a.	1.3	8.8	235	8.7	7.4
GLI14	500	190	7.6	0.022	n.a.	1.7	11.0	272	9.6	8.2
GLI15	1000	190	9.2	0.019	n.a.	1.3	8.7	215	8.4	7.3
GLI16	2000	190	7.5	0.020	n.a.	1.5	9.4	219	8.6	7.4
RII08	5261	19	8.9	0.014	0.006	1.4	7.4	215	8.4	6.7

Table 37: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Glitne, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
GLI01	250	10	1045	120	4.8	0.70	37	1.41	9.2
GLI02	500	10	448	96	5.5	0.84	45	1.60	11.2
GLI03	1000	10	638	113	5.5	0.80	43	1.30	7.8
GLI04	2000	10	538	105	5.5	0.81	43	1.59	9.9
GLI05	250	100	1164	107	4.5	0.67	36	1.55	12.0
GLI06	500	100	985	111	4.9	0.72	38	1.81	12.1
GLI07	1000	100	1010	117	5.2	0.76	41	1.85	12.7
GLI08	2000	100	631	89	4.9	0.76	38	1.99	13.2
GLI09	250	280	1302	111	4.9	0.72	37	1.56	8.1
GLI10	500	280	1484	116	4.6	0.68	35	1.86	11.7
GLI11	1000	280	1227	112	4.6	0.67	35	1.61	9.9
GLI12	2000	280	951	124	5.7	0.81	45	1.50	8.7
GLI13	250	190	982	104	5.0	0.75	37	1.54	13.1
GLI14	500	190	1040	118	5.1	0.75	39	1.74	12.3
GLI15	1000	190	1010	124	5.2	0.75	40	1.81	11.8
GLI16	2000	190	1508	132	4.9	0.69	38	2.08	12.3
RII08	5261	19	647	96	5.0	0.76	38	1.92	11.45

3.15 Sleipner Vest

Results from the analyses carried out on samples from the Sleipner Vest field are shown in Table 38 and Table 39.

The sediments at Sleipner Vest are classified as fine sand with a relatively high amount of pelite (11 - 25 %) and TOM (1.9 – 4.5 %). There is a general trend of increase in the amount of pelite and TOM at the stations at Sleipner Vest since the previous survey in 1997. At station SLV01 the level of both parameters has increased remarkably, the pelite from 10 to 25 % and the TOM from 2 to 4.5 %. This station is situated 250 m north of the field centre and it is believed that the increase is a result of discharges from the installation.

The highest concentrations of THC (80-180 mg/kg) and barium (1593-3232 mg/kg) are found in the main current direction from the installation (10°-axis). The area significantly contaminated with THC extends out to 1000 m on the 10°-axis and out to 500 m on the 190°- and 280°-axes. The profile of mineral oil is visible in the gas chromatograms of hydrocarbon extracts from contaminated stations. According to data on recent drilling, oil based mud was accidentally discharged during the first quarter of 2000. The whole area investigated is significantly contaminated with barium. The remaining of the selected metals are contaminated out to 1000 m at the 10°-axis and out to 500 m on the 190°- and 280°-axes. In 1997, the same stations as this year were regarded as significant contaminated with THC while the whole field was deemed contaminated with barium, cadmium and zinc.

Compared to the 1997 results the THC levels have increased at all stations in the main current direction and at the innermost station on the 280°-axis. At the remaining stations the THC content is almost unchanged since 1997. The barium content has increased over the whole Sleipner Vest field. The only exceptions are found at the outermost station in the main current direction and at the outermost station on the 100°-axis, where the contents have decreased since 1997. Increased amount of cadmium, lead and copper are found at the two innermost stations in the main current direction, while the content of zinc has clearly decreased over the whole field.

Both the numbers of taxa and individuals has decreased remarkably at all stations on Sleipner Vest since 1997. Among the dominant taxa, the polychaetes *Galathowenia oculata* and *Paramphinome jeffreysii*, has decreased from several hundred individuals per stations to less than 100 individuals. Also other dominant taxa are recorded with lower individual number in the present survey.

The multivariate analyses indicates that, with the exception of SLV01, the fauna has a relatively uniform distribution over the field in the present survey. Station SLV01 was separated from the other stations in the cluster, MDS and CCA analyses. At this station, taxa that are relatively abundant in disturbed sediments (i.e. the polychaete *Chaetozone setosa* and the bivalve *Thyasira sarsi*), dominate while taxa that are typically reduced in individual number in disturbed sediments (i.e. the brittle star *Amphiura filiformis* and the polychaete *Spiophanes kroyeri*), occur in very low numbers. This station is, therefore, classified as a group B station (slightly disturbed fauna) while the rest of the stations are classified as group A stations (undisturbed fauna). At the same time relatively high levels of THC and highest levels of all heavy metals in the sediments are registered at station SLV01.

In the previous survey in 1997 the fauna was found to be undisturbed at all stations. Therefore it is concluded that the faunal disturbance seen at station SLV01 in the present survey, is related to the petroleum activity at the field installation in the last three years.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Sleipner Vest field is shown in Table 40 and Figure 12.

Table 38: Chemical data for the stations at Sleipner Vest, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
SLV01	250	10	75.5	0.095	0.019	14.7	39.2	3232	16.5	15.2
SLV02	500	10	180	0.034	n.a.	2.8	13.4	3009	9.3	8.7
SLV03	1000	10	102	0.026	0.006	1.9	9.9	1593	9.3	7.8
SLV07	500	100	10.7	0.025	n.a.	1.6	8.4	733	8.5	6.7
SLV08	1000	100	7.5	0.026	n.a.	1.5	8.7	251	8.8	6.8
SLV11	500	190	11.3	0.029	n.a.	2.1	10.2	2208	9.0	7.6
SLV12	1000	190	10.8	0.026	n.a.	1.8	8.8	676	9.2	7.1
SLV16	500	280	52.7	0.031	n.a.	1.8	9.7	1607	9.5	7.3
SLV17	1000	280	7.6	0.027	n.a.	2.0	10.7	624	9.8	7.6
RII07	18000	190	5.5	0.017	0.005	1.1	7.0	90	9.0	6.6

Table 39: Biological data, TOM and pelite in % for the stations at Sleipner Vest, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
SLV01	250	10	1173	72	3.9	0.64	23	4.52	24.6
SLV02	500	10	764	97	5.5	0.83	43	2.41	12.1
SLV03	1000	10	653	94	5.6	0.85	44	2.13	12.3
SLV07	500	100	411	95	5.6	0.86	48	1.91	11.3
SLV08	1000	100	489	95	5.2	0.79	44	2.13	11.1
SLV11	500	190	423	84	5.5	0.86	44	2.15	11.1
SLV12	1000	190	580	107	5.6	0.83	45	2.41	12.4
SLV16	500	280	327	78	5.4	0.85	44	2.26	12.9
SLV17	1000	280	624	113	5.8	0.86	50	2.51	12.8
RII07	18000	190	692	90	5.1	0.78	39	1.26	6.8

Table 40: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Sleipner Vest field, 2000 and previous survey.

Sleipner Vest	N	E	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	250	125	125	125	0.07	0.00
THC	1000	125	500	500	0.74	0.88
Ba	1000	1000	1000	1000	3.14	3.14
Other metals	1000	125	500	500	0.74	3.14

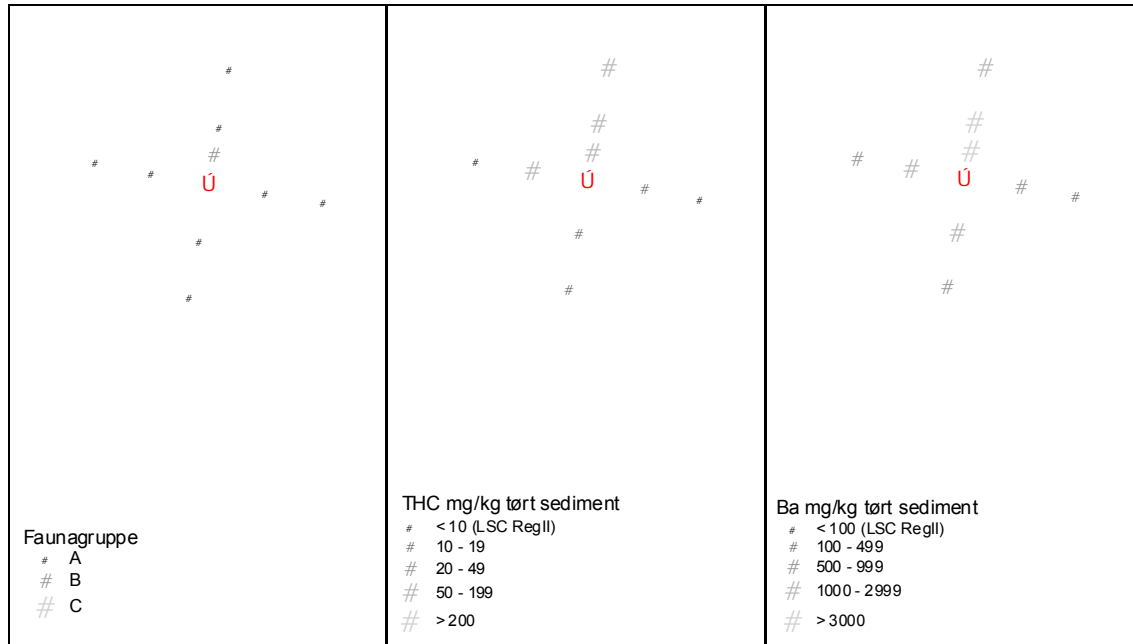


Figure 12: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at the Sleipner Vest field, 2000.

3.16 Sleipner Øst

Results from the analyses carried out on samples from the Sleipner Øst field are shown in Table 41 and Table 42.

The sediments at the Sleipner Øst field is classified as fine sand with relatively low amounts of pelite (1.7 – 3.2 %) and TOM (0.7 – 0.9 %). The pelite content has increased at all Loke and most of the SLE stations. A large decrease of the TOM is registered at SLE24.

Sleipner Øst is located in shallow area south in Region II. This year the highest amounts of THC (26 mg/kg), olefins (41 mg/kg) and barium (1735 mg/kg) are found at LOK04. Hydrocarbons and barium are contaminated down to 6 cm depth at this station, while olefins are contaminated down to 3 cm.

The general picture of Loke is that THC, olefins and barium are contaminated out to 500 m on the 10°- and 100°-axes, while olefins and barium are contaminated out to 250 m on the 190° and 280°-axes. At Loke, traces of Petrofree ester are found at the 250 m stations, in addition to the 500 m station on the 100°-axis. At SLA THC is contaminated at the innermost stations at the 10°, 190°- and 280°-axes, while olefins and barium are contaminated out to 500 m on the 190°- and 280°-axes and out to 1000 m on the 10°-axis. In addition, elevated levels of barium are found out to 1000 m on the SLA 100°-axis and at all stations on the SLE 10°, 100°- and 190°-axes. In 1997, LOK05 and SLE24 were regarded as contaminated with THC, while all the stations investigated were deemed contaminated with barium.

Compared to the results in the 1997 survey, the THC level at most of the Sleipner Øst stations are unchanged or only slightly increased, while the contents of barium are unchanged or reduced. The only exceptions are found for LOK03, LOK04, LOK08 and SLA37 where the contents of both THC and barium have increased and for SLE24 where the contents of THC and barium have decreased, since 1997. The content of Petrofree in sediments has clearly decreased since 1997, but trace of Petrofree is still present at the Loke-stations.

The area contaminated with THC is still reaching out to 250 m on the Loke 100°-axis, while the contaminated area has reached the 500 m stations on the Loke and SLA 10°-axes and the 250 m stations on the SLA 190°- and 280°-axes. The 250 m station on the SLE 190°-axis is regarded as

uncontaminated with THC in the present survey. The whole Sleipner Øst, with the exception of SLE21 and SLA27, are still contaminated with barium.

The number of taxa and individuals are relatively low at the stations, but at comparable levels as that recorded on the neighbouring Sigyn and Varg fields. The number of individuals has decreased at most of the stations since 1997, the largest decrease found at SLE24, SLA33 and SLA37. The number of taxa as well has decreased at most of the stations, the largest decrease is seen at SLE24. On the basis of the results from the uni- and multivariate analyses the stations at the Sleipner Øst field are classified as group A stations (undisturbed fauna,). Taxa, which are known to be abundant in disturbed sediments (i.e. the polychaetes *Chaetozone* sp. and *Ditrupa arietina*) are present at all field stations, but not in large numbers. The filter feeding tunicate *Eugyra arenosa* occur in relatively high individual numbers at the Loke stations, but it is not known if this is a result of faunal disturbance. They were present at the stations in the previous survey in 1997, but then at similar abundance as seen at the SLA and SLE stations.

In 1997, five stations were classified as group B stations, partly due to relatively high abundance of *Chaetozone setosa* at those stations. The faunal disturbance seems to have decreased at the field.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at the Sleipner Øst field is shown in Table 43 and Figure 13.

Table 41: Chemical data for the stations at Sleipner Øst, 2000. THC and metal concentrations given in mg/kg.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	THC	Olefin	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
LOK03	500	10	8.9	6.1	0.004	n.a.	0.9	4.0	422	7.0	6.3
LOK04	250	10	26.0	40.9	0.008	<0.005	2.1	5.9	1735	7.8	7.0
LOK05	250	100	11.4	21.9	0.003	n.a.	1.1	4.5	666	7.5	6.5
LOK06	500	100	5.8	0.7	<0.005	n.a.	0.7	4.4	184	7.3	5.7
LOK08	250	280	7.3	2.1	0.003	n.a.	1.1	5.8	415	7.2	6.5
LOK11	250	190	7.9	<0.1	<0.005	n.a.	0.7	4.6	594	6.4	5.5
SLE16	500	10	5.0	n.a.	0.010	n.a.	0.9	4.8	63	8.2	5.8
SLE17	250	10	3.9	n.a.	0.004	<0.005	0.7	4.5	79	7.8	5.6
SLE18	250	100	3.7	n.a.	0.003	n.a.	0.8	4.4	92	7.9	5.9
SLE21	250	280	4.0	n.a.	0.003	n.a.	0.7	4.5	43	8.0	5.5
SLE24	250	190	3.8	n.a.	0.004	n.a.	0.9	4.9	103	8.0	5.9
SLA27	2000	10	4.0	<0.1	<0.005	n.a.	0.4	4.4	40	8.2	5.8
SLA28	1000	10	5.1	1.3	<0.005	<0.005	0.4	4.3	98	7.7	5.0
SLA29	500	10	10.1	4.1	0.005	<0.005	0.9	6.8	408	8.4	5.7
SLA30	500	90	4.8	<0.1	0.004	n.a.	0.5	4.9	90	8.3	5.5
SLA31	1000	100	4.0	<0.1	0.005	n.a.	0.5	5.0	50	9.1	5.8
SLA33	250	190	12.8	6.4	0.008	n.a.	1.3	12.6	435	8.3	6.7
SLA34	500	190	5.9	0.9	<0.005	n.a.	0.5	4.8	179	8.0	5.2
SLA37	250	280	16.9	5.8	0.003	n.a.	0.7	5.9	802	8.2	5.6
SLA38	500	280	6.1	0.5	0.004	n.a.	0.7	6.8	74	8.2	5.7
SLE41R	5000	100	5.4	<0.1	0.004	<0.005	1.0	4.3	18	9.1	6.3

Table 42: Biological data, TOM and pelite in % for the stations at Sleipner Øst, 2000.

St. no.	Distance (m)	Direction (degr.)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
LOK03	500	10	411	59	3.6	0.61	27	0.83	2.71
LOK04	250	10	307	45	3.5	0.64	25	0.91	3.20
LOK05	250	100	512	52	3.5	0.61	25	0.80	2.80
LOK06	500	100	453	67	4.7	0.77	34	0.78	2.70
LOK08	250	280	593	71	4.2	0.68	31	0.84	2.79
LOK11	250	190	530	69	4.0	0.65	29	0.83	2.83
SLE16	500	10	265	62	4.8	0.80	37	0.84	2.49
SLE17	250	10	355	54	4.5	0.78	32	0.78	2.41
SLE18	250	100	320	66	4.9	0.80	38	0.75	2.35
SLE21	250	280	347	62	4.8	0.81	36	0.92	2.42
SLE24	250	190	414	63	4.6	0.77	34	0.77	2.76
SLA27	2000	10	264	51	4.7	0.82	34	0.75	2.02
SLA28	1000	10	275	56	4.7	0.81	34	0.65	1.73
SLA29	500	10	422	62	4.8	0.80	34	0.74	2.00
SLA30	500	90	320	58	4.9	0.84	36	0.71	1.93
SLA31	1000	100	245	53	4.8	0.83	36	0.72	2.19
SLA33	250	190	271	55	5.0	0.86	37	0.77	1.86
SLA34	500	190	396	68	5.0	0.82	37	0.70	1.85
SLA37	250	280	287	61	5.1	0.86	38	0.72	1.74
SLA38	500	280	364	66	5.1	0.84	37	0.75	1.95
SLE41R	5000	100	340	46	4.0	0.73	28	0.75	1.88

Table 43: Distance along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Sleipner Øst field, 2000 and previous survey.

Loke	N	E	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	0	0	0	0	0.00	0.07
THC	500	250	125	125	0.18	0.07
Ester	250	500	250	250	0.29	0.44
Olefin	500	500	125	250	0.37	0.00
Ba	500	500	250	250	0.44	1.23
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.07
SLA	N	E	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	0	0	0	0	0.00	0.29
THC	500	125	250	250	0.22	0.00
Ester	125	125	250	125	0.07	0.79
Olefin	1000	125	500	500	0.74	0.00
Ba	1000	1000	500	500	1.77	12.57
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.00
SLE	N	E	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B	0	0	0	0	0.00	0.07
THC	0	0	0	0	0.00	0.07
Ba	500	250	250	125	0.22	0.29
Other metals	0	0	0	0	0.00	0.07
Sum Sleipner Øst					Km ² (2000)	Km ² (1997)
Group B					0.00	0.44
THC					0.40	0.15
Ester					0.37	1.23
Olefin					1.10	0.00
Ba					2.43	14.09
Other metals					0.00	0.15

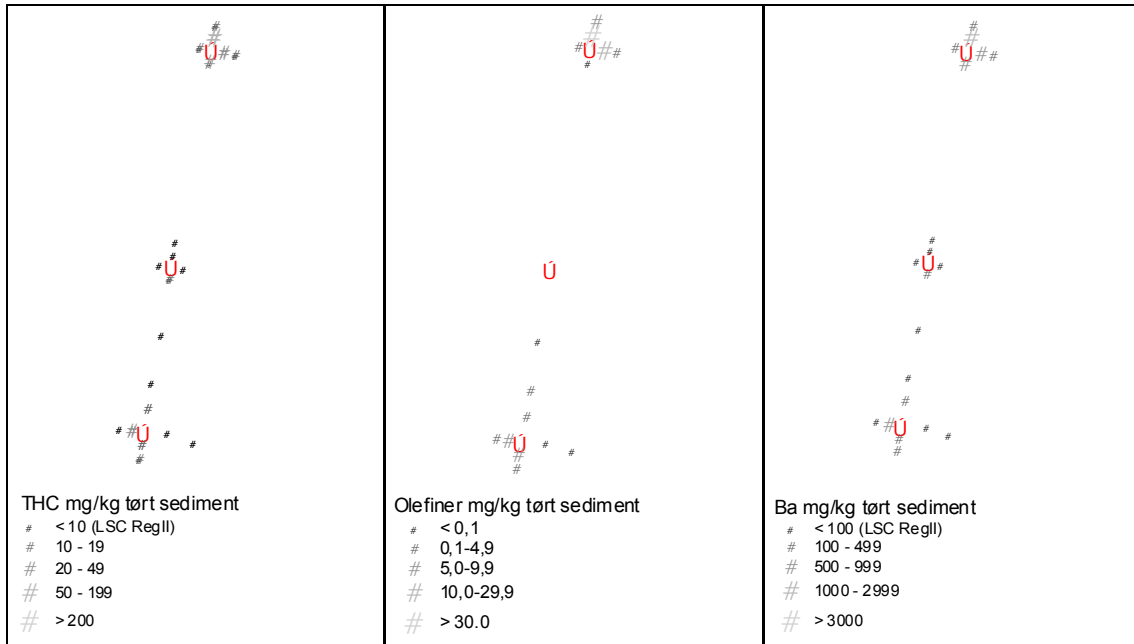


Figure 13: Distribution of the amounts of THC, olefin and barium at the Sleipner Øst field, 2000.

4 Status Region II

There is a great variation in the sediment structure over the region. The sediments at Frigg, Nordøst Frigg, Sigyn, Odin, Varg and Sleipner Øst all have relatively low amounts of pelite (< 5 %) and TOM (< 1 %) while the highest values are found at Jotun (< 15 and 2 %, respectively). The average value of fine sand are, for most of the field, around 80 % or higher, with the exceptions of Nordøst Frigg and Varg where the average is 40 and 60 %, respectively.

The relatively wide range and low average values of the pelite and TOM content at Sleipner Vest is caused by one station (station SLV01 located 250 m north of the centre) having high values compared to the other field stations. At this station the amount of pelite and TOM has increased remarkably since 1997, indicating input to the sediment through discharges from the platform.

Overall, there is a general trend of finer sediments the region in the present survey compared to the survey carried out in 1997.

Region II is divided in a shallow sub-region which includes the Sleipner Øst, Varg and Sigyn fields. Sediments from the shallow sub-region south in the region, have naturally lower contents of THC and metals than sediments from the remaining parts of the region.

Through the evaluation of the results from the chemical analyses carried out on the sediments sampled in the present survey, the minimum area contaminated with THC, synthetic drilling fluids, barium and other metals calculated for each field in the region (Table 44). Four of the fields are found to be uncontaminated in regard to THC and selected metals. These are the three fields where baseline surveys are carried out in the present survey (Ringhorne, Sigyn and Glitne) together with Nordøst Frigg, where production ceased in 1993. Nordøst Frigg was regarded as uncontaminated with the same compounds also in the previous survey in 1997.

At Odin, three of the innermost stations are deemed contaminated with THC and other metals in the present survey, which they also were in 1997. In the present survey the Odin field is regarded as uncontaminated with barium. In 1997, barium was found to be contaminated at one of the four 100 m stations. Drilling at Odin ended 18 years and the platform was removed partially in 1994 and 1997.

At Heimdal, the area contaminated with THC in the present survey is halve the area found contaminated in 1997. In addition, the THC levels have decreased at all stations. The minimum area contaminated with barium is almost unchanged since 1997. However the barium contents have increased at all stations, even though there have been no reports of discharges that can explain these increases. There has been no drilling activity at Heimdal since the previous survey.

The THC level at one of the innermost station at Frigg has increased with 3 mg/kg dry sediment since 1997 and the THC level has just exceeded the LSC in the present survey. However the result is increased minimum area contaminated with THC since 1997. Accidental discharges of oil are reported in the time period 1997 to 1999. Gass chromatograms from the innermost station at DP2 show the characteristic profile of mineral-oil, however the sediments from this station were deemed uncontaminated with THC. The areas contaminated with metals are unchanged since the previous survey was carried out, but the content of barium have increased with approximately 220 mg/kg at the innermost stations at DP2, even though there have been no reports of discharges that can explain these increases. There has been no drilling activity at Frigg since the previous survey.

Compared to the 1997 results, the THC content in sediments from Frøy are unchanged or reduced and the minimum area contaminated with THC has decreased from 0.29 km² (1997) to 0.07 km² (2000). At Frøy, olefins have almost disappeared from the sediments, but traces are still present at the innermost stations. Barium is contaminated at the same stations as in 1997, but the amount of barium has increased with 700-900 mg/kg at the innermost stations, even though there have been no reports of discharges that can explain these increases. The amount of barium is almost unchanged at the remaining stations. In the present survey, the contents of the other metals are slightly above the calculated limit of significant contamination at three of the innermost stations, but compared to 1997 results the changes are only minor. There has been no drilling activity at Frøy since the previous survey.

There has neither been drilled at Øst Frigg since the survey in 1997, but accidental discharges of barite occurred during the permanent plugging of the wells in 1999. The minimum areas contaminated with THC and barium are almost halved since 1997. The average amounts of THC and barium have decreased across the field, however the THC and barium levels have increased 5 mg/kg and 100 mg/kg respectively at two of the innermost stations.

At Lille Frigg, the content of THC and barium have increased at the innermost stations north east of C1, C2 and C3. There has been no drilling activity at Lille Frigg since the previous survey, but the increases might be explained by the accidentally discharges of 0.5 tonnes hydraulic oil and 140 tonnes barite during the permanent plugging of the wells immediately before the year 2000 survey. The minimum areas contaminated with THC and metals have also increased somewhat since 1997.

The largest areas contaminated with THC (1.77 km²) and barium (5.30 km²) are in the present survey found at Jotun. At Jotun, the centre position has been moved approximately 400 m north to north west since the baseline survey in 1996. Direct comparison of THC and barium levels is not possible, but generally the amounts of THC and barium have increased in the area. There has been drilled 10 wells at Jotun during the time period 1999 to 2000 and discharges of barite and oil-based mud are reported in this period. Gas chromatograms from stations contaminated with THC show the characteristic profile of mineral-oil.

At Balder, the minimum area contaminated with THC almost halved since the 1997 survey was carried out. The maximum concentration of THC has decreased from 37 to 24 mg/kg, while the average content of THC across Balder is unchanged compared to the 1997 results. The amounts of olefins have decreased, sediments, but the general picture of Balder is that the 250-500 m stations still contain olefins. The area contaminated with barium has increased from 2.93 km² (1997) to 4.21 km² (2000). The amount of barium has also increased in the sediments from the innermost in the main current direction from well templates B, C and D. According to the data on discharges, barite was discharged at Balder in 1998.

There has been drilled 10 wells at Varg during the time period 1997 to 1999 and discharges of barite and oil-based mud are reported in this period. The minimum areas contaminated with THC and metals have increased since the 1997 survey was carried out. The amounts of THC and barium have increased in sediments from several stations and the gas chromatograms of sediment extracts from stations contaminated with THC in the present survey show the characteristic profile of mineral-oil.

At Sleipner Vest, the area contaminated with THC has decreased since 1997. The innermost station east of the installation is regarded as uncontaminated with THC in the present survey. There has been drilled 10 wells at Sleipner Vest during the time period 1997 to 2000 and discharges of barite and oil-based mud are reported in this period. The content of THC has increased in the main current direction (north to north east) of the installation while the content of barium has increased in the sediments from most stations. The gas chromatograms of sediment extracts from stations contaminated with THC in the present survey show the characteristic profile of mineral-oil.

At Sleipner Øst, the area contaminated with THC has increased since the previous survey in 1997. . . Accidentally discharges of olefin based mud occurred at Loke and SLA in the time period from 1997 to 2000, while diesel condensate was released at SLA the same time period. As expected from the discharge history, the sediments from Loke contains higher amounts of olefins than the sediments from SLA. The Sleipner Øst stations regarded as contaminated with barium in the present survey were also deemed contaminated in 1997. The minimum areas contaminated with barium in year 2000 (2.43 km²) and year 1997 (14.1 km²) can not be compared, because the number of stations included in the two surveys are different and because the levels of contaminants do not always reach background values even at the outermost stations. In the 1997 survey, elevated levels of barium were generally found out to 1000 and 2000 m at the Loke and SLA axes, while only stations out to 500 and 1000 m at most of these axes are included in the present survey.

Through the evaluation of the results from the different analyses carried out on the data from each field, the fauna at each station is classified into groups according to disturbance levels. Eight of the fields in the region are found to have only undisturbed fauna (group A) at the surveyed stations. These

are the three fields where baseline surveys are carried out in the present survey (Ringhorne, Sigyn and Glitne) together with the Jotun, Lille Frigg, Øst Frigg, Nordøst Frigg and Sleipner Øst fields.

Undisturbed and slightly disturbed fauna (group B) are found at four of the fields. At Odin, the 100 m stations at all transects are classified as having slightly disturbed fauna, at Varg the fauna is slightly disturbed out to 500 m north east and 250 m south west, at Heimdal out to 500 m south and 250 m north west and at Sleipner Vest out to 250 m north of the centre.

At the remaining three fields, three categories of faunal groups are detected; undisturbed, slightly disturbed and disturbed fauna (group C). At the Frigg field, the fauna are disturbed out to 330 m south east and 250 m south west of the TP1 installation and slightly disturbed out to 200 m north of the TP2 installation. At the Frøy field the fauna is disturbed out to 250 m north west and slightly disturbed out to 500 m south west and 250 south east and north east from the field centre. At Balder, the fauna is disturbed at the station 250 m south east of Template B and slightly disturbed at the stations 250 m south of Template A and C and at all three stations 250 m from Template D. The largest area of faunal disturbance are found at this field in the present survey.

The calculated minimum area of faunal disturbance and contaminated sediments in the present survey in Region II is shown in Table 44. The total area contaminated with THC in Region II has increased from 4.15 km² in the previous survey to 5.27 km² in the present survey, while the total area contaminated synthetic base-oils has decreased from 15.67 km² in 1997 to 2.89 km² in year 2000. The total areas contaminated with barium can not compared because of the circumstances described above in the discussion of Sleipner Øst. The total area contaminated with other metals is unchanged since 1997. The total area of slightly disturbed fauna (group B) in Region II has decreased from 1.72 km² in the 1997 survey to 1.21 km² in the present survey while the area of disturbed fauna (group C) has increased from 0.18 km² in 1997 to 0.24 km² in 2000. This means that the total area of disturbed fauna has decreased while the intensity has increased during these years. But it should be mentioned that the group C fauna only is found at three of the fifteen fields and that the total area of disturbed fauna is relatively small.

Comparisons of single fields show that the area of faunal disturbance has decreased while the intensity has increased at the Frigg and Balder fields. At Varg and Sleipner Vest no faunal disturbance was detected in the previous survey, while slightly disturbed fauna is seen at these fields in the present survey. At Heimdal the area of faunal disturbance has increased while the intensity has decreased. At Øst Frigg, Lille Frigg and Sleipner Øst, where faunal disturbance was detected in 1997, the fauna is now found to be undisturbed. At Jotun and Nordøst Frigg the fauna was found to be undisturbed in both surveys.

Table 44: Calculated minimum area (km²) of disturbed fauna and contaminated sediments in Region II, 2000.

Field	Faunal group B	Faunal group C	THC	Olefines/ ester	Ba	Other metals
Frigg	0.12	0.10	0.06	n.a.	0.08	0.36
Nordøst Frigg	0	0	0	n.a.	0	0
Øst Frigg	0	0	0.07	n.a.	0.18	0
Lille Frigg	0	0	0.15	n.a.	0.59	0.07
Frøy	0.29	0.07	0.07	0.29/n.a.	1.18	0.15
Ringhorne	0	0	0	n.a.	0	0
Sigyn	0	0	0	n.a.	0	0
Balder	0.37	0.07	0.54	1.13/n.a.	4.21	0.15
Glitne	0	0	0	n.a.	0	0
Jotun	0	0	1.77	n.a.	5.30	0.07
Odin	0.03	0	0.02	n.a.	0	0.02
Varg	0.15	0	1.33	n.a.	1.77	0.25
Heimdal	0.18	0	0.12	n.a.	0.43	0.29
Sleipner Vest	0.07	0	0.74	n.a.	3.14	0.74
Sleipner Øst	0	0	0.40	1.10/0.37	2.43	0
Total area 2000	1.21	0.24	5.27	2.89	17.87	2.11
Total area 1997	1.72	0.18	4.15	15.67	22.81	2.11

n.a. = not analysed.

Region II, 2000: Sammendragsrapport

1 Sammendrag

Statoil ga Akvaplan-niva i oppdrag å utførte den regionale miljøundersøkelsen i Region II i Nordsjøen i 2000 (kontraktnr. VMS135236). Feltene som inngikk i undersøkelsen Glitne, Sleipner Øst, Sleipner Vest (Statoil), Varg, Heimdal (Norsk Hydro), Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg, Frøy (Elf Petroleum), Ringhorne, Sigyn, Balder, Jotun, og Odin (Esso Norge). Totalt ble det tatt prøver fra 230 stasjoner i den regionale undersøkelsen. I tillegg ble det samlet inn prøver fra Oseberg Øst og kaksdeponier på Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg og Frøy. Resultatene fra disse undersøkelsene presenteres i egne rapporter.

Det er en stor variasjon i sedimentstrukturen i regionen. Sedimentet på Frigg, Nordøst Frigg, Sigyn, Odin, Varg og Sleipner Øst har relativt lavt innhold av pelitt (< 5 %) og TOM (< 1 %), mens de høyeste verdiene er funnet på Jotun (> 15 og 2 % hhv.). Gjennomsnittsverdien for innholdet av fin sand er, for de fleste felt, rundt 80 % eller høyere, med unntak av Nordøst Frigg og Varg som har ett gjennomsnitt på hhv. 40 og 60 %.

Det er en generell trend mot finere sediment i regionen i denne undersøkelsen sammenlignet med undersøkelsen utført i 1997.

Siden foregående undersøkelse i 1997, er innholdet av THC stort sett uforandret eller redusert på felt uten boreaktivitet de siste årene (Frigg, Nordøst Frigg, Heimdal, Odin, Øst Frigg, Frøy og Lille Frigg). På Frøy er olefiner i ferd med å forsvinne fra sedimentene, men det er fremdeles spor av olefiner på de innerste stasjonene. Endringer i barium innhold er mer usystematisk på disse feltene. Sammenligner en årets barium konsentrasjoner med verdiene fra 1997, ser en at innholdet av barium over Nordøst Frigg, Øst Frigg and Odin er tilnærmet uforandret eller redusert, mens mengden barium har økt på Lille Frigg. Økt bariuminnhold i sedimenter fra Lille Frigg kan forklares ved et rapportert utslipp av baritt under arbeidet med permanent plugging av brønnene rett før undersøkelsen i år 2000. Innholdet av barium har også økt på Frigg, Frøy og Heimdal feltene uten at det er rapport om utslipp av barium som kan forklare denne økningen.

I den sørlige delen av regionen finner en de høyeste THC og barium verdiene på Varg og Sleipner Vest, der det generelle nivået har økt siden 1997 som en følge av akuttutslipp av oljebasert slam og baritt i 1999 og 2000. På Sleipner Øst finner en generelt sett forhøyede nivåer av THC på de innerste stasjonene på Loke og SLA. Barium er kontaminert på alle stasjoner på Sleipner Øst med unntak av en. På de fleste stasjonene er THC innholdet uendret eller litt høyere enn i 1997, mens innholdet av barium er uforandret eller redusert. Unntak finner en nord og vest av Loke der både THC og barium har økt samt sør av SLØ der THC og barium er redusert. Petrofee ester ble sluppet ut på Sleipner Øst i perioden 1997 til 1996. Mengden av ester har gått kraftig ned siden 1997, men spor av ester finnes fremdeles rundt Loke. På grunn av rapportert utslipp av olefiner på Loke og SLA ble sedimenter fra havbunnen rundt disse sentra analysert for olefiner. Som forventet ut fra utslippshistorien, inneholdt sedimenter fra Loke mer olefiner enn sedimenter fra SLA.

De største arealene kontaminert med THC og barium finner en i årets undersøkelse på Jotun i den midtre delen av regionen. Sentrumsposisjonen på Jotun er flyttet tilnærmet 400 m nord til nordvest siden basisundersøkelsen i 1996 og direkte sammenligning og THC og barium nivåer er derfor ikke mulig, men mengden av THC og barium har økt i området. På Balder er det gjennomsnittlige THC og barium innholdet over feltet stort sett uforandret fra 1997. Området kontaminert med THC har avtatt og flyttet seg fra sør og sørøst av brønntemplat A, B og C, til nordvest av brønntemplat A og D. Innholdet av olefiner er gått ned, men spor av olefiner finnes fremdeles på mange stasjoner. Området kontaminert med barium har avtatt rundt brønntemplat A og B og økt i hovedstrømsretningen fra brønntemplat C og D. Areal kontaminert med barium har totalt sett økt på Balder. Økningen kan forklares ved utslipp av baritt og vannbasert boreslam i 1998.

På alle tre feltene der det ble utført en basisundersøkelse (Glitne, Ringhorne og Sigyn) ble det ikke påvist noen effekter fra petroleumsaktivitetene.

Ved evaluering av resultatene fra de forskjellige analysene som er utført på data fra hvert felt, er faunaen klassifisert i grupper i med tanke på nivå av forstyrrelse. Åtte av feltene i regionen (Ringhorne, Sigyn, Glitne, Jotun, Lille Frigg, Øst Frigg, Nordøst Frigg og Sleipner Øst) er vurdert å bare ha uforstyrret fauna (gruppe A), fire av feltene (Odin, Varg, Heimdal og Sleipner Vest) har uforstyrret og lett forstyrret fauna (gruppe B), mens tre felt (Frigg, Frøy og Balder) har uforstyrret, lett forstyrret og forstyrret fauna (gruppe C).

Beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment er vist i tabellen nedenfor. Totalarealet kontaminert med THC i Region II har økt fra 4.15 km² i 1997 undersøkelsen til 5.27 km² i årets undersøkelse, mens totalarealet kontaminert med syntetiske borevæsker har avtatt fra 15.67 km² i 1997 til 2.89 km² i år. Totalarealene kontaminert med barium kan ikke sammenlignes på grunn av omstendighetene beskrevet ovenfor i diskusjonen av Sleipner Øst. Totalarealet kontaminert med de andre metaller er derimot uendret fra 1997. Det totale areal av lett forstyrret fauna (gruppe B) i regionen har gått ned fra 1.72 km² i undersøkelsen i 1997 til 1.21 km² i denne undersøkelsen, mens areal av forstyrret fauna har økt fra 0.18 km² i 1992 til 0.24 km² i 2000. Dette betyr at det totale areal av forstyrret fauna har minket, mens intensiteten har økt i løpet av disse årene. Men det må nevnes at gruppe C fauna bare er registrert på tre av femten felt og at det totale areal av forstyrret fauna er forholdsvis lite.

Sammenligningen på enkeltfelt viser at faunaforstyrrelsen har minket i areal men økt i intensitet på Frigg og Balder. På Varg og Sleipner Vest ble det ikke registrert faunaforstyrrelse i foregående undersøkelse, mens det er registrert lett forstyrret fauna på feltene i denne undersøkelsen. På Heimdal har faunaforstyrrelsen økt i areal mens intensiteten har minket. På Øst Frigg, Lille Frigg og Sleipner Øst ble det registrert faunaforstyrrelse i 1997, men der er nå faunaen uforstyrret. På Jotun og Nordøst Frigg var faunaen uforstyrret i begge undersøkelsene.

Felt	Fauna-gruppe B	Fauna-gruppe C	THC	Olefin/ester	Ba	Andre metaller
Frigg	0.12	0.10	0.06	i.a.	0.08	0.36
Nordøst Frigg	0	0	0	i.a.	0	0
Øst Frigg	0	0	0.07	i.a.	0.18	0
Lille Frigg	0	0	0.15	i.a.	0.59	0.07
Frøy	0.29	0.07	0.07	0.29/i.a.	1.18	0.15
Ringhorne	0	0	0	i.a.	0	0
Sigyn	0	0	0	i.a.	0	0
Balder	0.37	0.07	0.54	1.13/i.a.	4.21	0.15
Glitne	0	0	0	i.a.	0	0
Jotun	0	0	1.77	i.a.	5.30	0.07
Odin	0.03	0	0.02	i.a.	0	0.02
Varg	0.15	0	1.33	i.a.	1.77	0.25
Heimdal	0.18	0	0.12	i.a.	0.43	0.29
Sleipner Vest	0.07	0	0.74	i.a.	3.14	0.74
Sleipner Øst	0	0	0.40	1.10/0.37	2.43	0
Totalt areal 2000	1.21	0.24	5.27	2.89	17.87	2.11
Totalt areal 1997	1.72	0.18	4.15	15.67	22.81	2.11

i.a. =Ikke analysert.

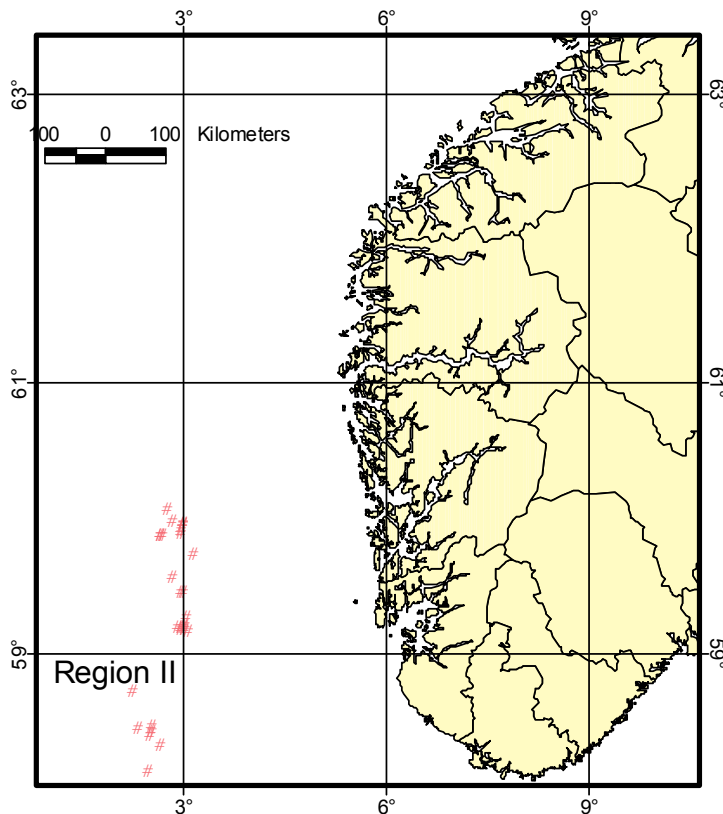
2 Innledning

Statoil, Norsk Hydro, Elf Petroleum og Esso Norge ga Akvaplan-niva i oppdrag å utføre en regional miljøundersøkelse i Region II i Nordsjøen (kontraktnr. VMS135236).

Feltene som er med i undersøkelsen er:

Statoil	Glitne, Sleipner Øst and Sleipner Vest
Norsk Hydro	Varg and Heimdal
Elf Petroleum	Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg and Frøy
Esso Norge	Ringhorne, Sigyn, Balder, Jotun and Odin

Region II ligger i den sentrale delen av Nordsjøen (Figur 1) og dypet varierer fra ca 90 m i sør (Sigyn, Varg og Sleipner Øst) til ca 130 m i den sentrale delen av regionen. Lokaliseringen av feltene som inngår i undersøkelsen er vist i Figur 2. Strømretningene er varierende i regionen. I Friggområdet er hovedstrømretningen mot sørøst, i Balderområdet mot sørøst og øst og i Vargområdet mot nord til nordøst.



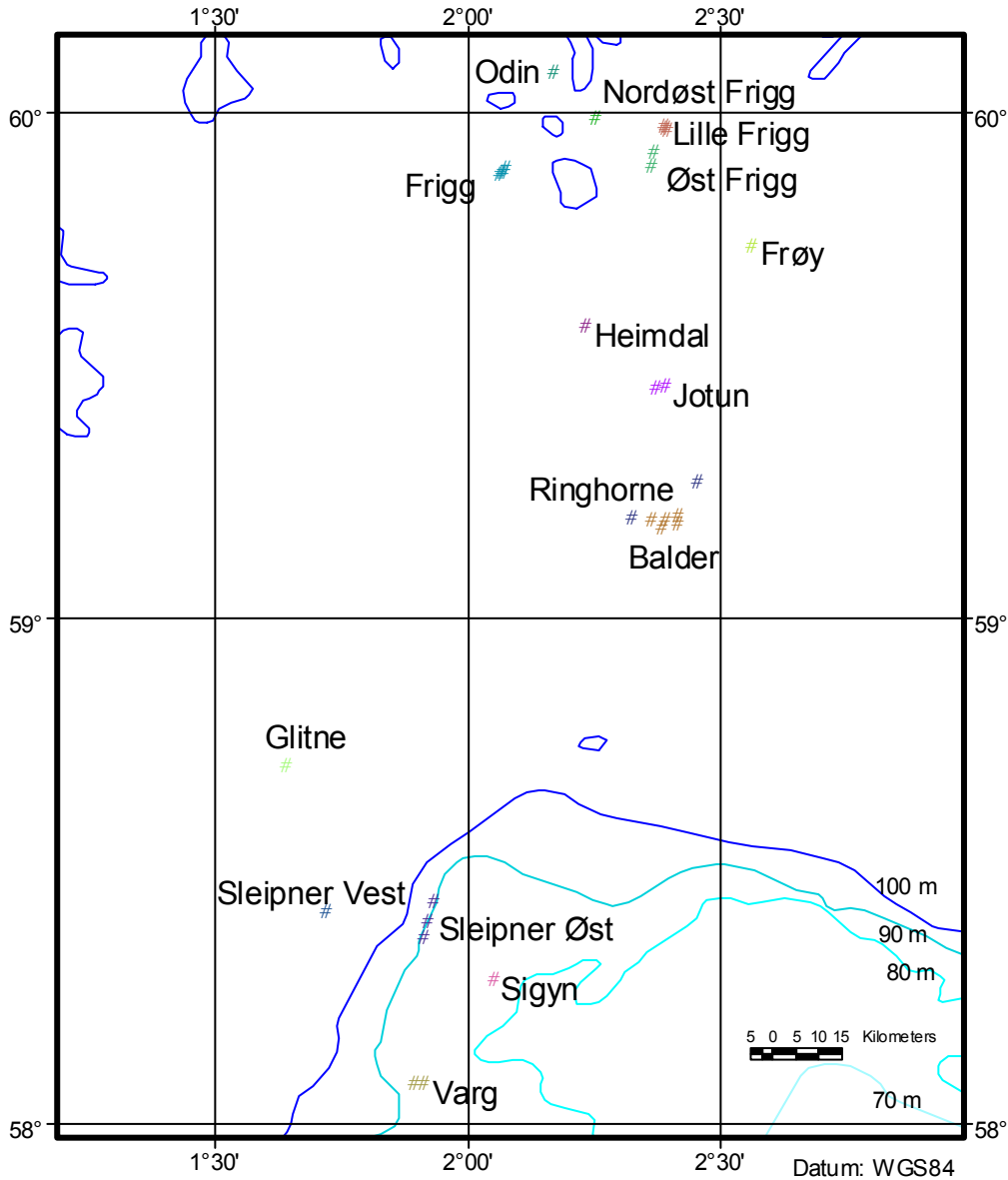
Figur 1: Lokalisering av Region II i Nordsjøen.

Undersøkelsen ble utført av Akvaplan-niva AS i samarbeid med følgende institusjoner:

- Unilab Analyse AS, Tromsø
- GeoGruppen AS, Tromsø
- NIVA, Oslo

Det ble samlet inn prøver fra i alt 208 feltstasjoner og 9 regionale og 13 referansestasjoner i regionen. I tillegg til de ordinære fysiske, kjemiske og biologiske analysene ble det samlet inn prøver for analyse av syntetiske borevæsker på enkelte felt. Prøver ble også samlet inn på Oseberg Øst og fra

kaksdeponier på Frigg, Nordøst Frigg, Øst Frigg, Lille Frigg and Frøy. Det vil bli laget egne rapporter med resultatene fra disse innsamlingene.



Figur 2: Lokaliseringen av feltene som inngår i miljøundersøkelsen i Region II 2000.

Innsamlingsstasjonene på hvert enkelt felt er basert på tidligere etablerte stasjoner. Utvalget av stasjonene i undersøkelsen i 2000 i Region II er basert på resultatene fra foregående undersøkelse og bore- og utslippsdata for hvert felt. I denne undersøkelsen ble prøver fra 3 – 4 stasjoner i hovedstrømsretningen og 2 – 3 stasjoner på de andre transektene samlet inn. Regionale stasjoner på ni lokaliteter ble valgt på bakgrunn av varierende dyp og sedimentforhold. To av de regionale stasjonene er også brukt som referansestasjoner for Glitne og Sleipner Vest. Grunnlagsundersøkelser ble utført på Ringhorne-, Sigyn- og Glitnefeltene.

Feltarbeidet ble utført ombord i "Seaway Invincible" innleid fra Stolt Offshore. Feltarbeidet ble utført mellom 23.05 to 13.06. 2001. Posisjoneringen ble utført av posisjoneringsspersonell og kaptein og styrmann ombord på "Seaway Invincible" ut fra de gitte stasjonsplasseringene. Stasjonenes posisjoner ble lokalisert ved hjelp av GPS (Global Positioning System) og båten ble holdt i denne posisjonen ved

hjelpe av DP (dynamisk posisjonering). Posisjonene ble registrert av posisjoneringspersonellet hver gang grabben ble løftet fra havbunnen og avvik fra posisjonen på havoverflaten var innenfor ± 10 m.

På grunn av unøyaktighet med ekkoloddet ble ikke stasjonsdypene registrert.

Innsamlingen ble gjort med en 0.1 m² modifisert van Veen grabb, der vekten kan reguleres ved hjelp av blylodd. Grabben har hengslete og låsbare inspeksjonsluker trukket med 0,5 mm netting. Oversiden av lukene er dekket med gummilapper som lar vannet passere fritt gjennom grabben under nedsenkning og som tetter lukene under oppheisingen slik at sedimentet ikke forstyrres av vannstrømmer.

Geografiske posisjoner for alle stasjonene i Region II er gitt i feltrapporten i appendiks.

Følgende analyser ble utført på prøver samlet inn fra stasjonene:

- kornstørrelsesfordeling
- innhold av organisk materiale
- hydrokarboninnhold
- innhold av syntetisk oljebasert borevæske
- metallinnhold (tilleggsanalyser på regionale stasjoner basert på oppslutning med flussyre/kongevann)
- faunaanalyser

Upåvirket bunnsediment i Nordsjøen er i hovedsak olivengrått med god utskiftning av oksygen ned i sedimentet. Ved kontaminering som fører til reduksjon i oksygentilgangen blir sedimentet mørkere i farge. Dette skyldes dannelse av sulfider ved fravær av oksygen. Større ansamlinger av olje i sedimentet merkes også både visuelt og ved lukt.

Kornstørrelsen i sedimentet kan variere fra leire og fint mudder til meget grovt sandig sediment. Mange bunnlevende dyr er tilpasset et spesielt sjikt av kornstørrelse slik at en endring i denne parameteren kan påvirke faunasamfunnet. Videre vil analysen si noe om strømforholdene; fint sediment tyder på rolige strømforhold mens grovt sediment finnes i mer strømhårde områder. Tilførsel av slam fra industrielle utslipp kan påvirke kornstørrelsessammensetningen.

Mengden av organisk materiale i bunnsedimentet er avhengig av nedfall fra plante- og dyreproduksjonen i vannmassene over. Ved naturlig tilførsel vil dyrelivet på bunnen omsette dette slik at det ikke blir opphopning av organiske materiale i miljøet. I enkelte områder vil også menneskelig aktivitet påvirke det organiske innholdet i sedimentet ved økt tilførsel.

Bakgrunnsnivåene for totalt hydrokarboninnhold i sedimentprøver fra ulike områder i Nordsjøen varierer gjerne mellom 1 og 15 mg/kg tørt sediment. Hydrokarbonene analyseres ved hjelp av gasskromatografi. Hydrokarboner relatert til mineralolje vil gi et lett gjenkjennelig mønster i gasskromatogrammet. Spor av de fleste pseudo-oljene kan også lett påvises ved denne analysemetoden. I tillegg til å analysere totalt hydrokarbon innhold på alle stasjoner, blir mengden av spesifikke alifatiske og aromatiske hydrokarboner kvantifisert på utvalgte stasjoner.

Det naturlige metallinnhold i sedimentet varierer med sedimenttype og struktur. Den industrielle aktiviteten på et felt kan gi forhøyede nivåer av forskjellige metaller. Prøvene analyseres derfor for utvalgte tungmetaller som kvikksølv, kadmium, sink, kopper, krom og bly. I tillegg til miljøskadelige tungmetaller, analyseres sedimentet for innhold av barium. Barium er en viktig indikator på spredningen av borekaks på havbunnen ettersom bariumsulfat benyttes til å øke tettheten av boreslam.

Naturlige bakgrunnsnivåer av THC, aromatiske hydrokarboner, dekaliner og metaller vil alltid være tilstede i sedimentet. Forskjellige bakgrunnsnivåer av kjemiske parametre reflekterer forskjeller i sedimentkarakteristikk over et område. Basert på resultater fra analyser av sediment fra stasjoner antatt upåvirket av den industrielle aktiviteten i området, beregnes bakgrunnsnivåene av de kjemiske parametrene over hele regionen, over eventuelle underregioner og for hver feltspesifikk referansestasjon. Ved å sammenligne de forskjellige resultatene som oppnås, kan det foretas et valg av egnede bakgrunnsverdier til beregning av grenser for signifikant kontaminering (LSC). Kriteriet for at LSC skal kunne brukes for å angi kontaminert sediment er at sedimentet på referanseområdet er

representativt for naturlig variasjon på feltområdet. Det endelige valg av bakgrunnsverdier er beskrevet i kapitlet som omhandler regionale og referansestasjoner. Syntetiske borevæsker som estere og olefiner, inkludert i syntetisk boreslam, er ikke naturlig tilstede i upåvirket sediment. Dersom disse forbindelsene finnes i sedimenter, anses sedimentene som kontaminerte.

Artssammensetningen i et bunndyrsmiljø er avhengig av lang rekke faktorer, deriblant sedimentets beskaffenhet og eventuell påvirkning av kontaminering. Under upåvirkede forhold er artsmangfoldet (diversiteten) forholdsvis høy med mange arter og forholdsvis jevn fordeling av antall individer mellom artene. Organisk belastning eller andre fysiske/kjemiske stressfaktorer fører til redusert artsmangfold ved at noen arter minker i individantall, mens andre arter øker i individantall. Alle dyr sorteres ut av hver prøve og artsbestemmes og individantallet for hver art registreres.

Resultatene fra de statistiske analysene skal kunne gi svar på om miljøet rundt installasjonene er påvirket av petroleumsaktivitetene. Dette gjøres ved å sammenligne resultatene på de enkelte stasjonene mot hverandre og mot de regionale- og referansestasjonen. Ved overvåkningsundersøkelser sammenlignes resultatene mot tidligere undersøkelser. Eventuelle sammenhenger mellom de målte miljøvariablene og faunasammensetningen blir analysert ved hjelp av kanonisk korrespondanse-analyser (CCA).

Kriterier for effekter på faunaen er basert på en kombinasjon av multivariate analyser så som cluster-analyser og 'multi-dimensional scaling' (MDS) og en vurdering av faunistiske data (antall arter og individ, diversitetsindekser, dominante arter osv.) på hver stasjon. På denne måten er følgende fire faunagrupper definert i denne rapporten:

Gruppe A: Uforstyrret fauna, vanligvis med lav dominans (ingen taxa tilstede i meget høyt antall) og en bred sammensetning av taxa fra forskjellige taksonomiske grupper, inklusiv børstemark, bløtdyr, pigghuder og krepsdyr. Taxa som indikerer forstyrret sediment er fraværende eller forekommer i lavt individantall.

Gruppe B: Lett forstyrret fauna, vanligvis med noe høyere dominans, antall taxa og totalt individtetthet. Taxa som indikerer forstyrret sediment, inklusiv børstemark og bløtdyr, øker i individantall, men er vanligvis ikke dominerende.

Gruppe C: Tydelig forstyrret fauna, generelt med høyere dominans og lavere antall taxa. Taxa som indikerer forstyrret sediment, inklusiv børstemark og bløtdyr, er vanligvis blant de dominerende, pigghuder sjeldne.

Gruppe D: Sterkt forstyrret fauna, totalt dominert av små detritusspisende børstemark. Pigghuder mangler, bløtdyr og krepsdyr sjeldne eller mangler. Lavt antall taxa, høy individtetthet.

Naturlig variasjon kan forekomme innen hver gruppe.

De mest vanlige taxa som opptrer i forstyrret sediment er børstemarkene *Capitella capitata*, *Cheatozone* sp., *Cirratulus* sp., *Opryotrocha* sp. og *Ditrupea arietina* og muslingene *Thyasira sarsi* og *T. flexuosa*, mens slangestjernen *Amphiura filiformis* reduseres i individantall eller blir borte under slike forhold.

CCA kombinerer miljøparametrene med de biologiske parametrene og plottene som lages viser den biologiske variansen mellom stasjonene og de miljøparametrene som forklarer denne variansen.

Beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er basert på areal av en usymmetrisk elipse. Radius varierer fra felt til felt og mellom transektene innen hvert felt. Ved beregningene er avstand til kontaminert/påvirket stasjon brukt. Der det bare ble påvist kontaminering eller påvirkning på ett til tre transekt ble 125 m brukt som radius på ikke-kontaminerte og/eller upåvirkete transekt.

Mer detaljerte opplysninger er gitt i hovedrapporten.

3 Resultater

3.1 Regionale og referansestasjoner

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra de regionale og referansestasjonene i Region II er vist i Tabell 1 og Tabell 2.

Det er stor variasjon i sedimentstrukturen på de regionale og referansestasjonene i Region II. Det er grovere sediment i de grunnere, sørlige delene av regionen (Sleipner Øst-, Sigyn- og Vargområdet) der det er mindre enn 90 m dypt sammenlignet med det som er registrert i de sentrale delene av regionen (Jotun-, Heimdal- og Balderområdet).

Sammenlignet med resultatene fra 1997-undersøkelsen er det en generell tendens til finere sediment i regionen. Dette vises med en økning i median- og pelittverdiene på de fleste stasjonene som er med i undersøkelsen. Dette sees spesielt i Balder – Heimdalområdet (inkludert regional stasjonene RII03 og RII10 og referansestasjonene på Balder, Jotun og Heimdal) der også TOM-verdien har økt.

Resultatene fra referansestasjonen på Odin trenger ekstra oppmerksomhet ettersom de er svært forskjellig fra det som ble registrert i foregående undersøkelse. Medianverdien for denne stasjonen har gått ned fra 3.53 i 1997 til 1.59 i 2000, mens mengden av pelitt og fin sand til sammen utgjør mindre enn 10 % i denne undersøkelsen sammenlignet med mer enn 95 % i 1997 undersøkelsen. Den mest sannsynlige forklaringen på dette er at prøvene i de to undersøkelsene er samlet inn på forskjellige lokaliteter noe som har resultert i at forskjellige sedimenttyper er samlet inn.

Det totalt hydrokarbon innholdet (THC) i sedimenter fra regionale og referansestasjoner varierte fra 2.2 til 8.9 mg/kg tørt sediment. På de samme stasjonene varierte bariumpkonsentrasjonene fra 8 til 215 mg/kg tørt sediment. Innholdet av kadmium, kvikksølv og kopper varierer fra verdier under deteksjonsgrensene til 0.035, 0.008 og 2.1 mg/kg respektivt. For sink er konsentrasjonen ti ganger høyere på stasjonen med det høyeste innholdet (9.3 mg/kg) enn på stasjonen med det laveste innholdet (0.9 mg/kg). Innholdet av krom varierer fra 3.8 til 9.1 mg/kg og blyverdiene fra 3.1 til 6.7 mg/kg. Generelt sett finner en de høyeste konsentrasjonene av THC og metaller på stasjonene i den sentrale delen av regionen, mens de laveste verdiene forekommer i de grunnere, sørlige deler av regionen (Sleipner Øst-, Varg-, Sigynområdet).

Sammenlignet med resultatene fra 1997 undersøkelsen, er det generelle bildet av regionen stort sett uforandret. Innholdet av THC har avtatt noe på regionale stasjoner nord til nordøst i regionen samt på referansestasjonen til Balder, mens bariuminholdet har økt på regionale og referansestasjoner i Frigg-Heimdal og Glitne områdene

Forut for beregning av bakgrunnsnivåer og grenser for signifikant kontaminering (LSC) er det foretatt multivariate analyser på de kjemiske data fra alle regionale og referansestasjoner på årets og på årets of tidligere års data. Resultatene fra disse analysene viste at bakgrunnsstoffet for grunt område (RII06, VAR14R, SIG17R og SLE41R) skiller seg fra resten av regionen. For å ta hensyn til et naturlig lavere innhold av THC og metaller i sedimenter fra det grunne Sleipner Øst, Varg og Sigyn området er det beregnet separate bakgrunnsverdier for dette området basert på 2000 og 1997 data. Bakgrunnsverdiene av THC og metaller for de resterende felt i Region II er beregnet ut fra analyseresultatene oppnådd på samtlige regionale og referansestasjoner i årets og foregående (1997) undersøkelse.

Alle regionale og referansestasjoner er klassifisert som gruppe A stasjoner (uforstyrret fauna) i denne undersøkelsen. Antall individ og taxa som er registrert er lavere i den grunnere, sørlige delen av regionen og høyest i den sentrale og nordlige delen. Regional stasjon RII01 og RII06 sammen med referansestasjonene på Sleipner Øst, Sigyn og Varg har meget lavt antall individ og taxa mens regional stasjon RII02 og referansestasjonen på Frøy har meget høyt antall. Sammenlignet med resultatene fra 1997 har antall individ og taxa gått ned på de fleste stasjonene, med unntak av regional stasjon RII02 og referansestasjonene på Frøy, Balder og Jotun. Diversitetsindeksene H' og ES₁₀₀ har også minket på de fleste stasjonene siden 1997.

Det er en stor variasjon i faunasammensetningen på stasjonene. Børstemarkene *Galathowenia oculata* og *Spiophanes bombyx* er de mest dominante taxa og opptrer blant de ti mest dominante taxa på 18 av de 22 stasjonene.

Børstemarken *Owenia fusiformis* er registrert med mer enn 1000 individ på regional stasjon RII02. På den samme stasjonen er børstemarken *Chaetozone* sp., som er kjent for å øke i individtall i forstyrret sediment, registrert med 50 individ. Imidlertid har de målte kjemiske parametrene og TOM lave verdier på denne stasjonen, noe som indikerer at disse resultatene ikke kan sees i sammenheng med petroleumsaktiviteten i regionen.

CCA viste signifikant korrelasjon mellom faunafordelingen og mengden av sink, krom og pelitt i sedimentet. Imidlertid er nivåene av sink og krom i sedimentet lavt og det antas at forskjellen i faunasammensetningen er relatert til naturlig variasjon i sedimentstrukturen i regionen.

Tabell 1: Kjemiske data for de regionale og referansestasjonene i Region II, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	UTM ED50, sone 31		THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
	N	Ø								
RII01	6688937	463281	3.1	0.023	<0.005	1.0	2.2	34	5.3	3.2
RII02	6651639	490795	2.5	0.012	0.003	0.9	1.7	51	3.8	3.1
RII03	6614517	490702	3.7	0.019	0.007	1.3	5.0	82	5.7	5.3
RII04	6577412	485867	3.5	0.011	<0.005	0.7	3.2	23	5.6	5.0
RII06	6429120	460684	2.4	0.007	0.006	<0.6	0.9	8	6.5	4.6
RII07	6457534	421831	5.5	0.017	0.005	1.1	7.0	90	9.0	6.6
RII08	6513198	422936	8.9	0.014	0.006	1.4	7.4	215	8.4	6.7
RII09	6568688	433551	6.8	0.022	0.007	1.3	5.6	111	7.1	4.8
RII10	6609362	443670	5.8	0.022	0.006	1.5	5.9	90	6.4	4.9
FRI10R	6627966	458362	4.5	0.015	0.004	1.0	5.4	67	4.4	3.7
NEF20R	6655173	466694	6.2	0.014	0.004	0.9	2.5	78	4.7	3.4
PSB13R	6630899	469290	6.0	0.013	0.004	1.4	2.6	60	4.1	3.6
LFR01R	6657599	465976	7.9	0.017	0.003	1.0	5.1	74	5.0	3.6
FRY18R	6627075	483795	5.3	0.035	0.005	1.6	5.3	80	5.9	4.9
RIN29R	6573496	465101	8.2	0.029	0.007	2.1	9.3	86	8.7	6.9
SIG17R	6455657	443211	2.9	0.004	<0.005	0.5	3.7	13	7.8	5.5
BAL27R	6567845	459203	6.0	0.026	0.007	1.9	8.9	123	8.2	6.5
JOT30R	6590203	452182	5.1	0.029	0.008	2.1	9.3	93	8.7	6.7
ODI14R	6663858	462980	2.2	0.015	0.005	0.9	3.6	51	5.7	4.8
VAR14R	6434317	433174	4.7	0.006	0.004	0.8	5.2	34	7.9	6.7
HEM22R	6614401	456429	8.5	0.026	0.007	2.0	7.7	131	6.7	6.0
SLE41R	6472715	441623	5.4	0.004	<0.005	1.0	4.3	18	9.1	6.3

Tabell 2: Biologiske data og mengde pelitt og TOM (%) på de regionale og referansestasjonene i Region II, 2000.

St. nr.	UTM ED50, sone 31		Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
	N	Ø							
RII01	6688937	463281	377	69	4.5	0.74	35	1.11	3.2
RII02	6651639	490795	2994	123	3.4	0.50	21	0.94	9.1
RII03	6614517	490702	1523	127	4.7	0.67	37	1.60	9.7
RII04	6577412	485867	676	98	5.2	0.78	41	0.73	3.0
RII06	6429120	460684	245	54	4.6	0.80	34	0.63	1.9
RII07	6457534	421831	692	90	5.1	0.78	39	1.38	6.8
RII08	6513198	422936	647	96	5.0	0.76	38	1.92	11.5
RII09	6568688	433551	1221	118	5.2	0.76	38	1.78	8.4
RII10	6609362	443670	1200	128	5.4	0.77	40	1.96	12.4
FRI10R	6627966	458362	1591	126	4.9	0.71	35	1.18	6.3
NEF20R	6655173	466694	1221	68	4.0	0.66	25	0.99	5.6
PSB13R	6630899	469290	1457	118	4.9	0.72	34	0.97	6.5
LFR01R	6657599	465976	1523	119	4.9	0.71	35	1.08	5.5
FRY18R	6627075	483795	2289	149	5.4	0.74	40	1.50	9.3
RIN29R	6573496	465101	824	104	5.0	0.75	37	2.35	14.0
SIG17R	6455657	443211	266	59	4.6	0.77	35	0.68	2.3
BAL27R	6567845	459203	1073	118	5.4	0.78	41	2.38	14.7
JOT30R	6590203	452182	1219	116	5.2	0.76	39	2.57	19.3
ODI14R	6663858	462980	697	103	5.4	0.81	44	0.64	2.7
VAR14R	6434317	433174	236	53	4.6	0.80	34	0.93	2.7
HEM22R	6614401	456429	1032	119	5.6	0.81	44	2.02	14.4
SLE41R	6472715	441623	340	46	4.0	0.73	28	0.75	1.9

3.2 Frigg

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Frigg er vist i Tabell 3 og Tabell 4.

Sedimentet på Frigg er klassifisert som fin sand med forholdsvis lavt innhold av pelitt (1.5 – 2.5 %) og TOM (0.7 – 1.0 %). Endringer i sedimentkarakterene siden foregående undersøkelse er størst på feltstasjon FRI04 når det gjelder innholdet av TOM og pelitt i sedimentet. verdiene for begge disse parametrene har økt siden 1997, noe som indikerer økt tilførsel av finstoff på lokaliteten. Denne stasjonen er lokalisert 250 m fra TP1 i sørvestlig retning, mens hovedstrømretningen i området er mot sørøst. Det er også registrert en økning i mengden av pelitt på referansestasjon FRI10R i samme periode, mens mengden av TOM er på samme nivå. Det er derfor usikkert om denne økningen skyldes naturlig variasjon eller petroleumsaktiviteten i området.

Hydrokarbonnivåer like over grensen for signifikant kontaminering ble funnet i sedimenter fra stasjonen som ligger 200 m i 350° retning relativt til TCP2. Hydrokarbonnivåene i sedimenter fra denne stasjonen og fra stasjonen som ligger 330 m i 194° retning i forhold til TCP2 er litt høyere i 2000 enn de var i 1997. Det samme forholdet gjør seg gjeldende for sedimenter fra stasjonen som ligger 200 m i 350° retning i forhold til DP2. Kromatogram av sedimentekstrakt fra disse stasjonene indikerer mineralolje. Dette er i overensstemmelse med feltets utslippshistorie som inkluderer 94.5 tonn olje i produsert vann og 45.7 tonn akuttutslipp siden 1997. De andre stasjonene i feltet har sedimenter med hydrokarbonnivåer sammenlignbare med nivåene som ble funnet i 1997. Imidlertid

registreres det at gjennomsnittlig THC-konsentrasjon i sedimenter på Frigg-feltet har økt fra 6.6 mg/kg tørt sediment i 1997 til 7.5 mg/kg i 2000.

Forhøyede bariumkonsentrasjoner er funnet i sedimenter fra to stasjoner, posisjonert 200 m i henholdsvis 170° og 350° retning i forhold til DP2. Imidlertid finner man blyverdier over grensen for signifikant kontaminering i sedimentene på alle feltstasjonene i Friggfeltet. Det samme er tilfelle for kobber og sink, med unntak av sedimenter fra stasjonen som ligger 330 m i 70° retning relativt til DP2. Forhøyede kadmium-verdier finnes i sedimenter fra stasjonene som ligger 330m/194° relativt til TCP2 og 200m/249° relativt til TP1. Ingen kontaminering med kvikksølv eller krom er funnet i sedimenter på Frigg i 2000. Det er høyere barium-konsentrasjoner i sedimentene på de fleste feltstasjonene i 2000 enn det var i 1997. Stasjonene som er posisjonert 200 m i 70° og 350° retning relativt til TCP2 er unntakene her. På de stasjonene som ligger 200 m i 170° og 350° retning relativt til DP2 har bariumkonsentrasjonene økt omtrent fire ganger og resultert i konsentrasjoner over grensen for signifikant kontaminering. Denne trenden registreres også for kadmium, kopper, sink og bly.

På Frigg-feltet, som på Frøy og Heimdal-feltene, er det ingen utslipp som forklarer økningene i metallkonsentrasjoner som har funnet siden forrige undersøkelse. På referansestasjonen finner man at andelen av pelitt i sedimentet har økt med 3%, med en tilsvarende økning i feltstasjonenes sedimenter. Økning av bariumkonsentrasjonene i referansestasjonens sedimenter er imidlertid så liten at denne ikke bidrar til å forklare den generelle økningen av bariumnivåene i Friggfeltet.

Antall individ på stasjonene i denne og foregående undersøkelse er forholdsvis lik, mens antall taxa har gått noe ned. Dette har ført til en nedgang i diversiteten på alle stasjonene.

Faunaforstyrrelse er registrert på tre stasjoner i denne undersøkelsen. Stasjon FRI01 er klassifisert som gruppe B stasjon (lett forstyrret fauna), stasjon FRI03 og FRI04 er klassifisert som gruppe C stasjoner (forstyrret fauna), mens de resterende stasjonene på feltet har uforstyrret fauna. Stasjonene FRI01, FRI03 og FRI04 er lokalisert 250 – 330 m fra installasjonene TP1 og TCP2. På disse stasjonene er det registrert forholdsvis høyt individantall av børstemarkene *Ditrupa arietina*, *Chaetozone* sp. og *Cirratulus incertus*, mens slangestjernen *Amphiura filiformis* er fraværende eller registrert med få individ. De nevnte børstemarkene er ofte tallrike i organisk anrikt eller forstyrret sediment, mens slangestjernen minker i individantall med økende forstyrrelse. De samme stasjonene er også adskilt fra de andre stasjonene i de multivariate analysene og CCA viser signifikant korrelasjon mellom faunafordelingen og mengden av kadmium og bly i sedimentet. Det er også registrert høye verdier av andre tungmetaller (f. eks. kopper og sink) på disse stasjonene, mens mengden av THC verdien er lik eller litt høyere enn LSC verdien i undersøkelse. Faunaforstyrrelsen kan derfor sees i sammenheng med forurenset sediment i nærheten av TP1 og TCP2 installasjonene.

Selv om enkelte tegn til faunaforstyrrelse kunne sees på de nærmeste stasjonene rundt TP1 og TCP2 i foregående undersøkelse, ble det konkludert med at faunaen på feltet var forholdsvis uforstyrret. Det er mulig at i alle fall stasjon FRI03 og FRI04 skulle ha blitt plassert i faunagruppe B (lett forstyrret fauna) på grunn av den forholdsvis høye tettheten av børstemarkene *Ditrupa arietina* og *Chaetozone* sp. Imidlertid ble ikke de aktuelle stasjonene skilt fra de andre feltstasjonene i de multivariate analysene den gang slik de gjør i denne undersøkelsen. Uansett kan det konkluderes med at faunaforstyrrelsen på Frigg har økt i omfang og intensitet siden 1997. I samme periode har også konsentrasjonene av enkelte tungmetaller økt på de samme stasjonene. Utslipp på feltet har avtatt i de senere år og det har ikke vært utført boring. I 1997 og 1998 forekom det uhellutslipp, men det antas at denne oljen rakst ble blandet inn i vannmassene. På den andre siden har mengden av pelitt, TOM og de fleste tungmetallene økt på stasjon FRI04 og kan forklare den økte faunaforstyrrelsen.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Frigg er vist i Tabell 5 og Figur 3.

Tabell 3: Kjemiske data for Frigg, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
FRI01	200	350	13.2	0.027	i.a.	12.0	133	124	8.0	31.0
FRI02	200	70	4.1	0.011	<0.005	4.8	39.8	64	5.0	11.6
FRI03	330	194	7.4	0.037	i.a.	12.5	122	102	9.0	28.1
FRI04	200	249	9.2	0.039	i.a.	10.0	102	135	8.1	23.2
FRI11	500	350	7.6	0.018	i.a.	6.5	47.4	110	6.6	17.7
FRI24	250	170	5.8	0.017	i.a.	5.9	36.5	272	5.9	15.1
FRI25	250	350	9.2	0.026	i.a.	9.9	74.8	311	6.9	23.1
FRI27	250	70	3.5	0.007	i.a.	1.5	8.7	106	4.0	7.6
FRI10R	14686	135.4	4.5	0.015	0.004	1.0	5.4	67	4.4	3.7

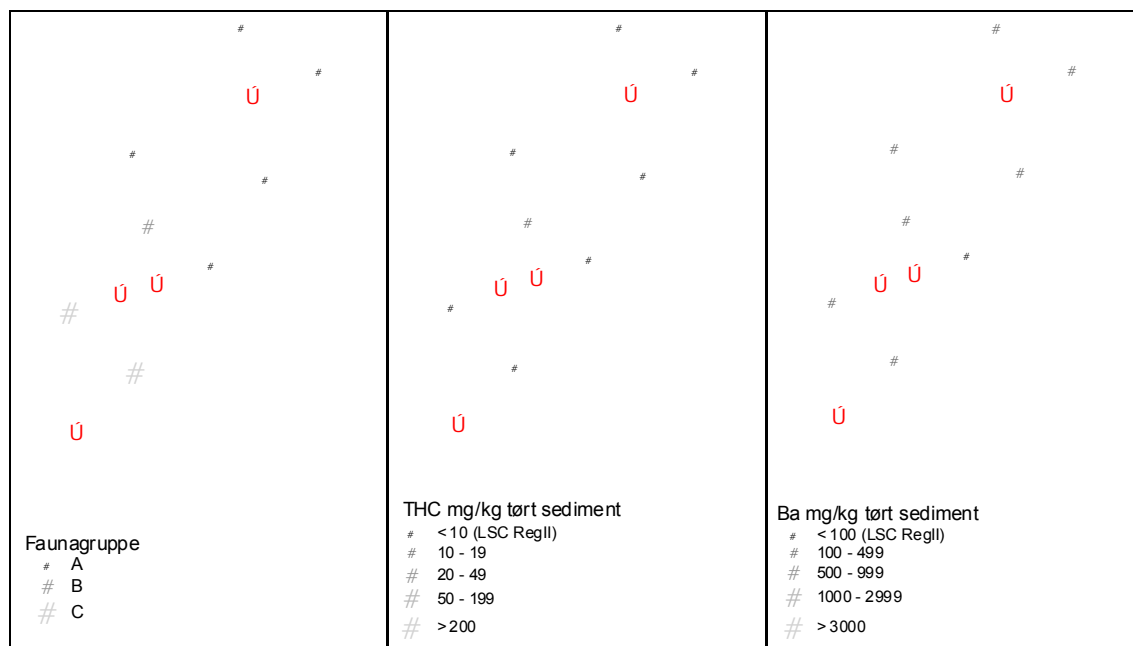
i.a. Ikke analysert.

Tabell 4: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Frigg, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
FRI01	200	350	1278	103	4.3	0.65	32	0.92	1.83
FRI02	200	70	1176	93	3.9	0.60	28	0.67	1.51
FRI03	330	194	1165	84	4.2	0.66	28	0.77	1.62
FRI04	200	249	2635	102	3.1	0.46	20	1.04	2.55
FRI11	500	350	1398	114	4.4	0.64	32	0.96	2.28
FRI24	250	170	1482	99	3.6	0.55	26	0.68	1.78
FRI25	250	350	863	93	4.8	0.73	35	0.76	1.71
FRI27	250	70	1704	99	3.7	0.56	25	0.72	1.90
FRI10R	14686	135.4	1598	128	4.9	0.71	35	1.18	6.32

Tabell 5: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Frigg, 2000 og foregående undersøkelse.

Frigg TP1/TCP2	N	NØ	S	V	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	200	100	330	200	0.12	0.13
Gruppe C	100	100	330	200	0.10	0.00
THC	200	100	165	100	0.06	0.00
Ba	0	0	0	0	0.00	0.08
Andre metaller	500	200	330	200	0.26	0.26
Frigg DP2	SØ	SV	NØ	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	0	0	0	0	0.00	0.00
Gruppe C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	0	0	0	0	0.00	0.00
Ba	200	330	100	0	0.08	0.00
Andre metaller	200	330	200	0	0.10	0.10
Sum Frigg					Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B					0.12	0.13
Gruppe C					0.10	0.00
THC					0.06	0.00
Ba					0.08	0.08
Andre metaller					0.36	0.36



Figur 3: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Frigg, 2000.

3.3 Nordøst Frigg

Resultatene av analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Nordøst Frigg er vist i Tabell 6 og Tabell 7.

Sedimentet på Nordøst Frigg er klassifisert som fin sand med forholdsvis lave mengder av pelitt (2.0 – 2.3 %) og TOM (0.6 – 0.8 %). Endringen sedimentkarakterene siden forrige undersøkelse er størst på referansestasjon NEF20R (økning av pelitt fra 3.3 til 5.6 %) og feltstasjon NEF06 (nedgang av fin sand fra 62.4 til 35.9 %). Det er usikkert hva som er årsaken til denne endringen. Innholdet av TOM i sedimentet på feltstasjonene ligger mellom 0.5 og 1.0 % og er forholdsvis likt med foregående undersøkelse.

På Nordøst Frigg er ikke sedimentene kontaminert med hydrokarboner eller utvalgte metaller i 2000. Ifølge felthistorien ble feltet stengt i 1993. Fra 1992 til 1997 ble det funnet små økninger i innholdet av utvalgte metaller og hydrokarboner i sedimenter fra feltet. Fra 1997 til 2000 er det en liten nedgang i sedimentenes hydrokarboninnhold uttrykt som totale hydrokarboner, aromatiske forbindelser og dekaliner. Gjennomsnittlig nivå av totale hydrokarboner har gått ned fra 4.8 mg/kg tørt sediment til 3.5 mg/kg. Blant de utvalgte metallene finner vi små økninger i barium- og blykonsentrasjonene, uforandret og lavere konsentrasjoner av de andre metallene

Antall individ og taxa på hver stasjon er forholdsvis lik i denne og foregående undersøkelse, med unntak av referansestasjon NEF20R der antall taxa nesten er halvert (128 til 68). Det er ikke registrert faunaforstyrrelser på de undersøkte stasjonene på Nordøst Frigg i 2000. Forskjellene som sees i faunasammensetningene mellom feltstasjonene og de regionale og referansestasjonene, som fremkommer i de multivariate analysene, antas å være et resultat av forskjeller i sedimentstrukturen på stasjonene. Sedimentet er grovere på feltstasjonene og dette gir også forskjeller i mengden av TOM i sedimentet, som er høyest på de regionale og referansestasjonene. Alle målte kjemiske parametre, inkludert THC og tungmetaller, er lave på feltstasjonene. Ingen av de kjente indikatorartene, som er tallrike i forstyrret sediment, opptrer i stort antall på feltet.

Faunaen ble også funnet å være uforstyrret i foregående undersøkelse slik at miljøforholdene dermed er uendret på feltet i denne andre undersøkelsen etter at installasjonen ble fjernet.

Tabell 6: Kjemiske data for Nordøst Frigg, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
NEF05	250	150	2.6	0.004	<0.005	0.6	0.9	20	6.1	3.7
NEF06	250	330	3.2	0.006	i.a.	0.8	1.7	31	6.2	3.6
NEF22	250	285	3.2	0.009	i.a.	0.5	2.1	38	5.4	3.3
NEF23	250	105	4.8	0.007	i.a.	0.6	0.9	24	5.4	3.2
NEF20R	10000	60	6.2	0.014	0.004	0.9	2.5	78	4.7	3.4

i.a. Ikke analysert.

Tabell 7: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Nordøst Frigg, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
NEF05	250	150	639	87	5.0	0.78	38	0.64	2.12
NEF06	250	330	573	86	4.7	0.73	35	0.70	2.27
NEF22	250	285	493	89	5.1	0.79	41	0.63	2.07
NEF23	250	105	637	98	5.0	0.76	38	0.77	2.23
NEF20R	10000	60	1221	68	4.0	0.66	25	0.99	5.64

3.4 Øst Frigg

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Øst Frigg er vist i Tabell 8 og Tabell 9.

Sedimentet på Øst Frigg er klassifisert som fin sand med forholdsvis moderate mengder av pelitt (3.6 – 5.6 %) og TOM (0.9 – 1.3 %). Det er en generell trend til finere sediment på stasjonene ved at innholdet av pelitt har økt mens mengden av fin sand er forholdsvis lik i denne og foregående undersøkelse. Derimot har mengden av TOM gått noe ned på de fleste stasjonene. Det antas at dette skyldes naturlig variasjon i sedimentet.

Sedimenter fra stasjonen som er posisjonert 250 m i 240° retning relativt til PSA har i årets undersøkelse konsentrasjoner av totale hydrokarboner like over grensen for signifikant kontaminering. Grenseverdier er funnet i sedimenter fra stasjonene 250m/330° relativt til PSA, i tillegg til 250 m/150° og 330° relativt til PSB. Små økninger i sedimentenes hydrokarboninnhold registreres på disse stasjonene når man sammenligner med 1997-undersøkelsen. Det er imidlertid nedgang i hydrokarbon-nivåene i sedimentene på de andre feltstasjonene fra 1997 til 2000. Innholdet av aromater og dekaliner er også lavere i 2000 enn i 1997 i sedimenter fra de to undersøkte lokalitetene. Totalt har det gjennomsnittlige hydrokarboninnholdet på Øst Frigg gått ned fra 10 mg/kg tørt sediment i 1997 til 8.5 mg/kg i 2000. Hydrokarbon-nivået på Øst Frigg må på denne bakgrunn karakteriseres som lavere i 2000 enn i 1997.

Sedimentene fra tre stasjoner, 250m/240° relativt til PSA og 250 m/60° og 150° relativt til PSB, har forhøyede nivå av barium. Det er ikke funnet kontaminering med de øvrige metallene.

Konsentrasjonene av utvalgte metaller har gått ned i sedimenter på Øst Frigg siden 1997. Gjennomsnittskonsentrasjonen av barium i feltet var 177 mg/kg tørt sediment i 1997. I 2000 er gjennomsnittskonsentrasjonen 123 mg/kg. Sink og kadmium viser også nedgang i konsentrasjoner, mens det for bly og kopper registreres små økninger. Det må understrekes at barium er det eneste av metallene som har sedimentkonsentrasjoner over grensen for signifikant kontaminering.

Antall individ har gått ned på samtlige stasjoner siden 1997 og er nå forholdsvis likt over hele feltet. Med unntak av stasjon PSA09 har også antall taxa blitt redusert. De mest dominante taxa på stasjonene er typisk for sediment som ikke er påvirket og samtlige stasjoner er derfor klassifisert som faunagruppe A (uforstyrret fauna). Stasjon PSA09 (lokalisert 500 m fra PSA i sørvestlig retning) ble

skilt fra de andre stasjonene i de multivariate analysene, men de dominante taxa på denne stasjonen var ikke særlig forskjellig fra de andre stasjonene. Konsentrasjonene av THC og tungmetallene var jevnt over lave på alle stasjonene. Faunaforskjellen på stasjon PSA09 antas derfor å skyldes naturlig variasjon over området.

I 1997-undersøkelsen ble det konkludert med at faunaen på stasjon PSA08 var lett forstyrret (klassifisert som faunagruppe B) på grunn av den forholdsvis høye individtettheten av børstemarkene *Pseudopolydora paucibranchiata* og *Capitelle capitata* på denne stasjonen. Disse to artene opptrer ikke med høyt individantall på noen av stasjonene i denne undersøkelsen. Resultatene tyder dermed på at miljøforholdene på feltet har blitt bedre de siste tre årene, noe som kan sees i sammenheng med at feltet ble stengt ned i 1997.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment på Øst Frigg er vist i Tabell 10 og Figur 4.

Tabell 8: Kjemiske data for Øst Frigg, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
PSA06	500	330	7.3	0.010	i.a.	1.0	1.7	71	4.3	3.8
PSA07	250	330	11.4	0.012	i.a.	1.3	2.3	118	4.7	3.6
PSA08	250	150	7.4	0.011	<0.005	1.2	2.4	84	5.0	3.5
PSA09	500	150	7.5	0.010	i.a.	1.0	2.1	45	5.1	3.6
PSA19	250	60	6.3	0.014	i.a.	1.1	2.2	98	4.7	3.5
PSA20	250	240	12.3	0.017	i.a.	1.1	2.1	226	4.3	3.6
PSB06	350	330	10.3	0.015	i.a.	1.1	2.7	78	4.4	3.5
PSB07	250	150	10.3	0.016	<0.005	1.1	2.6	190	4.4	3.8
PSB08	500	150	6.9	0.016	i.a.	1.1	2.2	89	4.4	3.4
PSB16	250	60	6.7	0.018	i.a.	1.2	2.6	230	4.5	3.7
PSB17	250	240	7.0	0.016	i.a.	1.3	2.4	119	4.5	3.5
PSB13R	10000	150	6.0	0.013	0.004	1.4	2.6	60	4.1	3.6

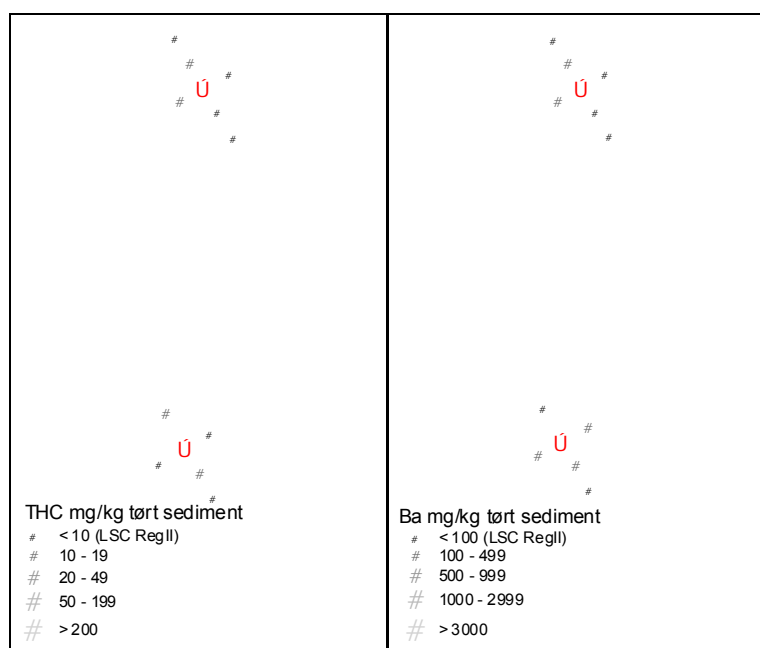
i.a. Ikke analysert.

Tabell 9: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Øst Frigg, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
PSA06	500	330	805	100	4.9	0.73	36	0.99	3.96
PSA07	250	330	1129	116	5.1	0.74	37	1.07	4.75
PSA08	250	150	1080	106	4.8	0.71	35	0.96	5.57
PSA09	500	150	1090	154	5.9	0.81	49	1.00	3.59
PSA19	250	60	812	91	4.8	0.73	34	0.94	4.11
PSA20	250	240	1561	121	4.7	0.68	34	0.96	5.17
PSB06	350	330	1177	102	4.7	0.70	32	1.04	5.23
PSB07	250	150	1226	111	5.0	0.74	35	1.04	5.10
PSB08	500	150	812	74	4.4	0.71	29	0.91	4.66
PSB16	250	60	1206	105	4.6	0.69	32	1.25	4.65
PSB17	250	240	1081	91	4.5	0.69	30	0.97	4.64
PSB13R	10000	150	1459	121	4.9	0.72	34	0.97	6.47

Tabell 10: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment på Øst Frigg, 2000 og foregående undersøkelse.

Øst Frigg PSA	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	125	125	250	125	0.07	0.00
Ba	125	125	250	125	0.07	0.22
Øst Frigg PSB	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	0	0	0	0	0.00	0.11
Ba	250	250	125	125	0.11	0.11
Sum Øst Frigg					Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC					0.07	0.11
Ba					0.18	0.33



Figur 4: Fordeling av kontaminert sediment på Øst Frigg, 2000.

3.5 Lille Frigg

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Lille Frigg er vist i Tabell 11 og Tabell 12.

Sedimentet på Lille Frigg er klassifisert som fin sand med forholdsvis moderate mengder av pelitt (4.4 – 8.7 %) and TOM (0.9 – 1.6 %). Innholdet av pelitt har økt på samtlige stasjoner siden 1997 og økningen er størst på stasjon LFR12 (lokalisert 250 m nordvest av C1) og referansestasjon LFR1R. Innholdet av fin sand og TOM er derimot forholdsvis likt i de to undersøkelsene. De endringene som er registrert antas å være et resultat av naturlig variasjon ettersom de er like store på referansestasjonen som på feltstasjonene.

Sedimentene på to stasjoner, 250 m i 60° retning relativt til installasjonene C1 og C2, har konsentrasjoner av totalt hydrokarbon som er over grensen for signifikant kontaminering. Grenseverdier er funnet i sedimentene fra stasjonen som ligger 500 m i 60° retning relativt til C1. Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra disse stasjonene indikerer ikke mineraloljeprofiler.

Seksjonerte sedimentprøver viser økende hydrokarbonkonsentrasjoner nedover i sedimentet på stasjonen som ligger 250 m i 150° retning i forhold til C1. Hydrokarbonnivået er litt høyere i sedimenter på Lille Frigg i 2000 enn de var i 1997. Økningen har funnet sted i sedimentene på stasjoner som ligger 250 meter i 60° retning i forhold til de tre installasjonene C1, C2 og C3.

Bariumkonsentrasjoner over gjeldende grense for signifikant kontaminering er funnet i sedimenter fra alle de undersøkte stasjonene i feltet. Sedimentet fra stasjonen som ligger 250 m i 60° retning relativt til C1 er også kontaminert med de andre utvalgte metallene. I tillegg finnes forhøyede nivå av bly i sedimentene på to stasjoner, 250 m/150° relativt til C1 og 250 m/60° relativt til C2. Økning av bariumkonsentrasjonene i sedimenter på stasjonene som ligger 250 m i 60° retning relativt til installasjonene C1, C2, og C3 har funnet sted siden undersøkelsen i 1997. Den mest uttalte økningen har funnet sted nær C1 installasjonen, hvor bariumkonsentrasjonen har økt fra 597 mg/kg tørt sediment til 3942 mg/kg. Kadmium, kopper, sink og bly faller inn i samme mønster med de høyeste konsentrasjonene 250 m i 60° retning i forhold til C1. På de øvrige stasjonene i feltet er sedimentnivåene av de utvalgte metallene de samme, eller noe lavere enn i 1997.

Utslippshistorien på Lille Frigg inkluderer utslipp av 0,5 tonn hydraulikkolje, 13 tonn sementeringskjemikalier og 140 tonn barytt før undersøkelsen i 2000. Disse utslippene kan forklare økningen i hydrokarboner og metaller i sedimenter på Lille Frigg.

Antall individ og taxa er redusert på de fleste stasjonene siden 1997. Størst nedgang i antall individ er registrert på stasjon LFR18 der antallet har gått ned fra 3748 til 1458. Hovedårsaken til dette er nedgangen i individtettheten hos børstemarkene *Owenia fusiformis*, *Galathowenia oculata* og *Myriochele danielsseni*. Selv om det er registrert forholdsvis høye verdier av barium og enkelte andre tungmetaller, ble det ikke registrert faunaforstyrrelser på noen av stasjonene i denne undersøkelsen. Resultatene viser en jevn fordeling av faunaen i det undersøkte området.

I 1997 ble stasjon LFR04, LFR18 og LFR19 klassifisert som faunagruppe B (lett forstyrret fauna) på grunnlag av det relativt høye individantallet hos børstemarken *Pseudopolydora paucibranchiata*. Denne arten er registrert med få individ i denne undersøkelsen. Resultatene viser at faunaforholdene på feltet har forbedret seg i de siste årene.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment på Lille Frigg er vist i Tabell 13 og Figur 5.

Tabell 11: Kjemiske data for Lille Frigg, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
LFR03	500	150	5.3	0.017	i.a.	1.0	3.8	330	4.3	4.4
LFR04	250	150	7.2	0.021	0.005	2.0	6.8	727	5.1	7.9
LFR11	250	240	7.0	0.013	i.a.	1.0	4.3	391	4.2	5.6
LFR12	250	60	15.1	0.042	i.a.	3.3	12.9	3942	8.9	11.8
LFR13	500	60	10.4	0.018	i.a.	1.3	4.9	695	4.9	5.3
LFR17	500	240	7.5	0.016	i.a.	1.0	3.9	192	4.5	4.2
LFR18	250	240	7.2	0.018	i.a.	1.3	5.9	530	4.5	5.5
LFR19	250	60	11.2	0.023	i.a.	1.5	7.0	1005	5.1	7.4
LFR24	250	60	7.7	0.019	i.a.	1.1	5.3	435	5.2	4.6
LFR1R	10150	0	7.9	0.017	0.003	1.0	5.1	74	5.0	3.6

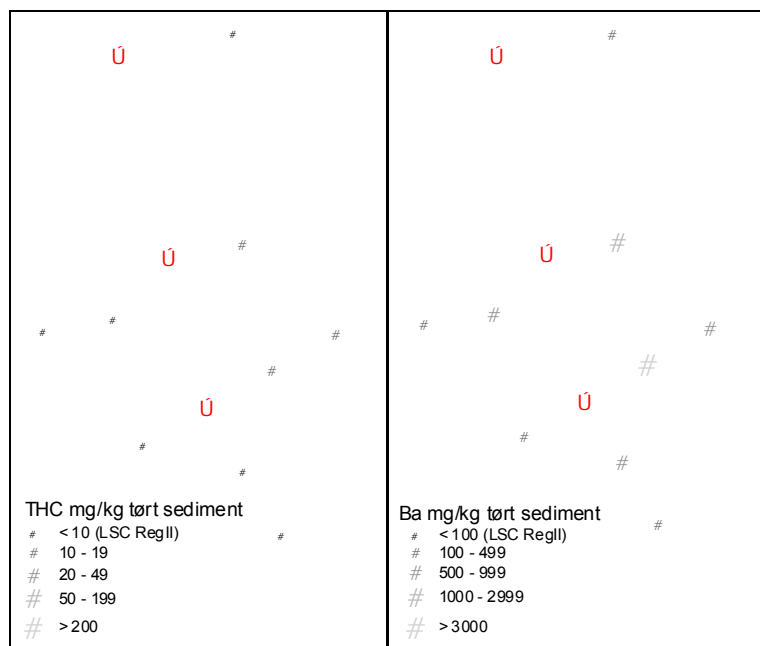
i.a. Ikke analysert.

Tabell 12: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Lille Frigg, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
LFR03	500	150	1062	99	4.5	0.68	32	0.95	5.1
LFR04	250	150	1473	107	4.3	0.63	29	1.12	6.0
LFR11	250	240	1384	101	4.5	0.67	30	0.96	4.4
LFR12	250	60	1717	138	4.9	0.70	37	1.63	8.7
LFR13	500	60	2310	112	3.9	0.57	26	1.18	6.6
LFR17	500	240	1071	98	4.8	0.73	34	1.01	4.5
LFR18	250	240	1458	102	4.4	0.66	30	1.02	6.1
LFR19	250	60	2337	114	4.3	0.62	29	1.26	7.0
LFR24	250	60	2024	111	4.1	0.60	27	1.11	5.5
LFR1R	10150	0	1523	119	4.9	0.71	35	1.08	5.5

Tabell 13: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment på Lille Frigg, 2000 og foregående undersøkelse.

Lille Frigg C1	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	250	125	125	125	0.07	0.00
Ba	250	250	125	125	0.11	0.15
Andre metaller	0	0	0	0	0.00	0.00
Lille Frigg C2	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	250	125	125	125	0.07	0.00
Ba	250	125	500	125	0.15	0.10
Andre metaller	250	125	125	125	0.07	0.00
Lille Frigg C3	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC	0	0	0	0	0.00	0.00
Ba	250	125	125	125	0.07	0.07
Andre metaller	0	0	0	0	0.00	0.00
Sum Lille Frigg					Km ² (2000)	Km ² (1997)
THC					0.15	0.00
Ba					0.33	0.32
Andre metaller					0.07	0.00



Figur 5: Fordeling av kontaminert sediment på Lille Frigg, 2000.

3.6 Frøy

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Frøy er vist i Tabell 14 og Tabell 15.

Sedimentet på feltet er karakterisert som silt og fin sand med ett forholdsvis høyt innhold av pelitt (6.0 – 12.5 %). Pelittinnholdet har økt på de fleste stasjonene siden 1997 mens innholdet av TOM har økt på to stasjoner 250 m sørøst og sørvest av sentrum.

Hydrokarbonkonsentrasjonene er lavere i sedimentene på Frøy i 2000 enn de var i 1997. Utslippshistorien inkluderer akuttutslipp på 1,9 tonn olje siden 1997. Imidlertid har konsentrasjonene av totale hydrokarboner og olefiner gått ned i sedimentene på så og si alle feltstasjonene. Sedimentet fra stasjonen som ligger 250 m i 150° retning relativt til feltsenteret har som den eneste stasjonen hydrokarbonkonsentrasjoner like over grensen for signifikant kontaminering. I 1997 var sedimentene ut til 500 m langs 60° transektet og 250 m i de andre retningene kontaminert med hydrokarboner. Seksjonerte sedimentprøver viser en økning i hydrokarbonkonsentrasjoner dypere i sedimentet.

Konsentrasjonene av metaller i sedimenter på Frøy viser ikke samme nedadgående tendens som hydrokarbonene fra 1997 til 2000. Økte bariumkonsentrasjoner er funnet. Sedimentene fra stasjonen som ligger 250 m i 150° retning relativt til feltsenteret viser en gjennomsnittlig økning i bariumkonsentrasjonen fra 1048 mg/kg tørt sediment til 1951 mg/kg. Allikevel er de høyeste bariumkonsentrasjonene registrert i 1-3 cm sjiktene av seksjonerte sedimentprøver. Kadmium og blynivåene øker også litt fra 1997 til 2000. Kopper og sinknivåene synes relativt uforandret. Koppere nivåer like over grensen for signifikant kontaminering er forøvrig funnet i sedimentene på tre stasjoner i 2000. Kvikksølvnivåene er relativt uendret.

Utslippshistorien gir ingen forklaring på økte bariumnivåer i feltet. Tendensen til økte bariumkonsentrasjoner uten en forklarende utslippshistorie vises også på Frigg og Heimdalfeltene. Forskjellen i resultater mellom 1997 og 2000-undersøkelsene er for store til å forklares ved forskjeller i prøveopparbeiding og analyser, spesielt på bakgrunn av at arbeidet er utført ved samme laboratorium ved begge anledninger. Andelen av pelitt har økt med omtrent 3% i sedimentet på referansestasjonen, med en noenlunde tilsvarende økning på feltstasjonene. Imidlertid ser man kun små økninger i sink og blynivåene på referansestasjonen. De øvrige utvalgte metallene har sedimentkonsentrasjoner sammenlignbare med 1997-undersøkelsens.

Den største nedgangen i antall individ har skjedd på stasjon FRY04 og FRY13, mens antall taxa har en liten nedgang på alle stasjonene. På bakgrunn av resultatene fra de uni- og multivariate analysene er stasjonene på Frøy klassifisert i tre faunagrupper. Stasjon FRY05 er klassifisert som gruppe C stasjon (forstyrret fauna), stasjon FRY04, FRY12, FRY13 og FRY14 er klassifisert som gruppe B stasjoner (lett forstyrret fauna), mens de resterende stasjonene er klassifisert som gruppe A stasjoner (uforstyrret fauna). Stasjonene i gruppe B og C er adskilt fra de andre stasjonene i de multivariate analysene og de har en forholdsvis høy individtetthet av børstemarkene *Capitella capitata*, *Chaetozone* sp. og *Ditrupea arietina* og muslingen *Thyasira flexuosa* i en eller annen kombinasjon. Disse taxa er kjent for å øke i individantall i forstyrret sediment.

CCA viser korrelasjon mellom faunafordelingen og mengden av barium og olefin i sedimentet. Imidlertid er nivåene av THC og olefin lave, mens nivåene av barium er forholdsvis høye. Stasjonene i gruppe B og C er lokalisert på 250 m på alle transektene og 500 m sørvest av sentrum.

Sammenlignet med foregående undersøkelse i 1997 har intensiteten i faunaforstyrrelsen minket mens areal er mer eller mindre likt.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Frøy er vist i Tabell 16 og Figur 6.

Tabell 14: Kjemiske data for Frøy, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Olefin	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
FRY02	1000	150	8.4	<0.1	0.022	0.005	1.6	4.6	616	5.4	5.3
FRY03	500	150	6.6	0.3	0.015	i.a.	1.3	3.8	450	4.7	4.6
FRY04	250	150	10.6	2.4	0.025	0.005	2.4	6.4	1951	6.2	5.9
FRY05	250	330	9.4	2.9	0.028	i.a.	1.9	5.6	1678	5.7	5.1
FRY06	500	330	6.0	<0.1	0.016	i.a.	1.2	3.5	333	4.4	4.1
FRY12	500	240	7.5	<0.1	0.019	i.a.	1.5	4.1	392	5.0	4.8
FRY13	250	240	6.9	1.7	0.022	i.a.	2.3	6.4	1426	6.0	5.6
FRY14	250	60	7.6	0.3	0.025	i.a.	2.1	6.5	1455	6.1	5.7
FRY15	500	60	9.0	<0.1	0.021	i.a.	1.4	4.4	395	5.4	4.8
FRY18R	10000	60	5.3	<0.1	0.035	0.005	1.6	5.3	80	5.9	4.9

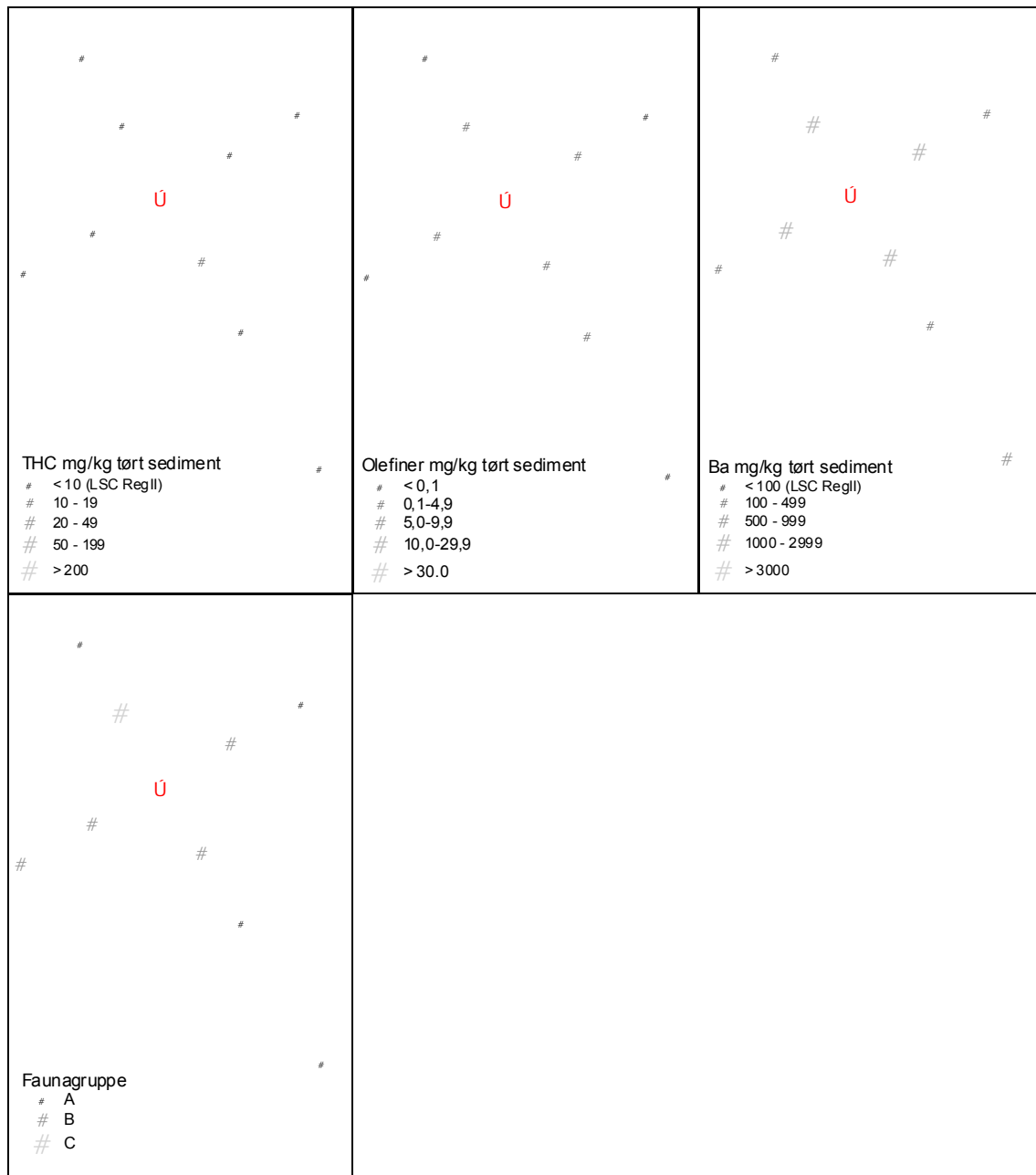
i.a. Ikke analysert.

Tabell 15: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Frøy, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
FRY02	1000	150	1789	126	4.8	0.69	35	1.33	9.8
FRY03	500	150	1214	127	5.5	0.79	43	1.32	8.1
FRY04	250	150	1526	125	5.1	0.73	37	1.69	11.6
FRY05	250	330	2537	138	4.6	0.65	33	1.48	11.4
FRY06	500	330	1195	119	5.3	0.77	40	1.06	6.1
FRY12	500	240	1850	144	5.1	0.72	38	1.28	6.2
FRY13	250	240	1551	130	5.2	0.74	39	1.75	12.4
FRY14	250	60	1521	141	5.5	0.77	42	1.58	11.9
FRY15	500	60	1402	133	5.5	0.78	42	1.42	10.0
FRY18R	10000	60	2289	149	5.4	0.74	40	1.50	9.3

Tabell 16: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment på Frøy, 2000 og foregående undersøkelse.

Frøy	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	250	250	500	250	0.29	0.29
Gruppe C	125	125	125	250	0.07	0.10
THC	125	250	125	125	0.07	0.29
Olefiner	250	500	250	250	0.29	0.44
Ba	500	1000	500	500	1.18	1.18
Andre metaller	250	250	250	125	0.15	0.00



Figur 6: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Frøy, 2000.

3.7 Ringhorne

Denne undersøkelsen er en grunnlagsundersøkelse på Ringhorne. Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Ringhorne er vist i Tabell 17 og Tabell 18.

Sedimentet på Ringhorne er klassifisert som fin sand med forholdsvis høyt innhold av pelitt (9 – 14 %) og TOM (1.5 – 2.5 %). Sedimentet er likt det som er registrert på nabofeltet Balder.

Sedimenter rundt undervanns-installasjonen inneholder noe mer THC (8-14 mg/kg) enn sedimentene rundt brønnhode-plattformen (5-11 mg/kg). Naturlig høyere nivå av THC (11-14 mg/kg) finnes langs 315°-aksen fra undervanns-installasjonen. Det gjennomsnittlige THC innholdet over Ringhorne feltet (9.4 ± 2.9 mg/kg) er sammenlignbart med det gjennomsnittlige THC innhold over Glitne feltet (8.6 ± 1.7 mg/kg), som ligger sørvest av Ringhorne, og med innholdet i ukontaminert sediment på Balder. Ringhorne anses som ukontaminert med hensyn på THC, aromatiske hydrokarboner og dekaliner.

Utvalgte metaller var jevnt fordelt over Ringhorne. Sedimentene rundt undervanns-installasjonen inneholder generelt sett litt mer kadmium, sink og barium enn sedimentene rundt brønnhode-plattformen. Sedimentene anses som ukontaminert med hensyn på metaller. Metallinnholdet i sedimenter fra Ringhorne er sammenlignbar med metallinnholdet i ukontaminert sediment fra nabofeltet Balder. Sedimenter fra Ringhorne inneholder 40-50% mer kadmium og kopper og bare halvparten så mye barium som sedimenter fra Glitne.

Det er registrert et forholdsvis høyt antall individ og taxa på stasjonene. Imidlertid er faunasammensetningen forholdsvis lik den som er registrert uforstyrret sediment på nabofeltene (f. eks. Balder). På bakgrunn av resultatene fra de uni- og multivariate analysene er alle stasjonene på Ringhorne klassifisert som gruppe A stasjoner (uforstyrret fauna). De multivariate analysene indikerer en uniform utbredelse av faunaen selv om stasjonene rundt undervannsinstallasjonen og brønnhodetemplatet blir adskilt. Dette antas å være et resultat av naturlig variasjon i området.

CCA viste signifikant korrelasjon mellom faunafordelingen og sedimentstruktur og mengder av THC og enkelte tungmetaller (Cu, Ba, Cr og Pb) i sedimentet. Enkelte av disse korrelasjonene er imidlertid svake. Korrelasjonen med de kjemiske parametrene, som har konsentrasjoner lik eller lavere enn de beregnede LSC-verdiene, antas å være et resultat av naturlige variasjoner i sedimentstrukturen på feltet. De mest dominante taxa på feltet er kjent for å være forholdsvis tallrike i uforstyrret sediment.

Tabell 17: Kjemiske data for Ringhorne, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
RIN01	2000	45	7.1	0.022	i.a.	1.6	7.1	71	6.9	6.2
RIN02	1000	45	6.2	0.020	i.a.	1.6	7.0	65	6.9	6.5
RIN03	500	45	10.0	0.023	i.a.	1.8	7.7	93	7.4	6.8
RIN04	250	45	7.7	0.021	i.a.	1.8	7.0	70	7.0	6.4
RIN05	250	135	6.3	0.033	0.007	2.0	8.0	81	8.0	6.4
RIN06	500	135	10.4	0.022	i.a.	1.9	7.9	84	7.6	7.0
RIN07	1000	135	11.0	0.024	i.a.	2.1	8.5	95	8.0	7.2
RIN08	2000	135	8.0	0.020	0.005	2.0	7.7	79	7.0	6.8
RIN09	2000	225	7.7	0.023	i.a.	1.7	7.2	80	7.4	6.2
RIN10	1000	225	4.8	0.021	i.a.	1.7	7.1	71	7.4	5.5
RIN11	500	225	6.4	0.020	i.a.	2.3	7.9	86	7.7	5.9
RIN12	250	225	8.7	0.022	i.a.	2.0	7.8	81	7.6	5.8
RIN13	250	315	8.8	0.020	i.a.	1.6	7.0	72	7.0	5.8
RIN14	500	315	8.9	0.023	i.a.	2.4	8.8	89	8.0	6.7
RIN15	1000	315	7.8	0.021	i.a.	1.9	7.3	76	7.4	5.5
RIN16	2000	315	9.7	0.024	i.a.	2.3	8.8	92	8.3	6.3
RIN17	2000	225	10.8	0.020	i.a.	1.9	7.1	92	7.2	6.1
RIN18	1000	225	11.2	0.028	i.a.	1.8	7.2	81	7.4	5.3
RIN19	500	225	8.2	0.032	i.a.	1.9	7.9	72	7.8	5.3
RIN20	250	225	9.6	0.029	i.a.	2.1	8.4	114	8.0	6.5
RIN21	250	315	11.0	0.032	i.a.	2.4	9.9	107	8.6	6.6
RIN22	500	315	14.3	0.031	i.a.	2.1	8.3	100	7.9	6.3
RIN23	1000	315	12.2	0.027	i.a.	2.0	8.6	107	8.3	6.3
RIN24	2000	315	12.5	0.022	i.a.	1.9	7.9	96	7.8	5.9
RIN25	250	135	11.2	0.027	0.007	2.1	8.9	136	8.5	6.3
RIN26	500	135	11.7	0.024	i.a.	1.7	7.1	123	7.3	5.6
RIN27	1000	135	10.9	0.025	i.a.	1.9	8.5	131	8.1	6.0
RIN28	2000	135	11.3	0.028	0.007	2.1	8.7	114	8.4	6.3
RIN30	250	45	10.1	0.025	i.a.	2.1	9.2	116	8.5	6.4
RIN31	500	45	9.7	0.024	i.a.	1.8	7.5	85	7.5	5.7
RIN32	1000	45	9.3	0.029	i.a.	2.1	9.1	122	8.5	6.8
RIN33	2000	45	7.8	0.031	i.a.	2.3	9.8	142	9.1	6.9
RIN29R	5000	315	8.2	0.029	0.007	2.1	9.3	86	8.7	6.9

i.a. Ikke analysert.

Tabell 18: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Ringhorne, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
RIN01	2000	45	1016	108	4.7	0.69	35	1.96	12.18
RIN02	1000	45	845	93	4.6	0.71	33	1.90	11.17
RIN03	500	45	1013	111	4.8	0.71	35	1.89	12.03
RIN04	250	45	1030	101	4.5	0.68	34	1.63	10.83
RIN05	250	135	772	110	4.9	0.72	37	2.05	13.30
RIN06	500	135	685	101	4.8	0.72	36	2.23	12.72
RIN07	1000	135	914	107	5.1	0.76	39	2.33	12.19
RIN08	2000	135	812	97	4.8	0.72	36	1.65	10.89
RIN09	2000	225	685	85	4.4	0.69	33	1.91	12.14
RIN10	1000	225	548	90	5.1	0.79	39	1.73	11.21
RIN11	500	225	431	73	4.9	0.79	37	2.25	11.54
RIN12	250	225	471	86	5.1	0.80	40	2.22	12.38
RIN13	250	315	643	86	4.6	0.71	33	1.79	11.37
RIN14	500	315	635	94	4.9	0.75	36	2.19	11.26
RIN15	1000	315	557	80	4.9	0.77	36	1.95	12.14
RIN16	2000	315	578	99	5.3	0.80	41	2.26	13.95
RIN17	2000	225	966	105	4.7	0.71	35	1.77	10.01
RIN18	1000	225	855	109	5.2	0.77	38	1.95	9.74
RIN19	500	225	827	117	5.4	0.78	41	1.85	11.57
RIN20	250	225	749	101	5.3	0.79	39	2.19	11.34
RIN21	250	315	893	114	5.4	0.79	41	2.19	13.23
RIN22	500	315	1087	121	5.3	0.76	40	2.00	12.11
RIN23	1000	315	993	119	5.3	0.77	40	1.89	11.29
RIN24	2000	315	1122	123	5.4	0.78	41	1.96	11.54
RIN25	250	135	805	115	5.4	0.79	41	2.15	11.93
RIN26	500	135	790	106	5.2	0.78	39	2.00	13.02
RIN27	1000	135	936	116	5.5	0.80	43	2.16	12.14
RIN28	2000	135	717	97	5.1	0.78	37	2.32	12.27
RIN30	250	45	830	97	5.0	0.76	36	2.13	12.56
RIN31	500	45	813	102	5.2	0.78	38	2.07	11.95
RIN32	1000	45	1002	114	5.3	0.78	41	2.60	11.99
RIN33	2000	45	1098	113	5.4	0.79	41	2.48	13.09
RIN29R	5000	315	824	104	5.0	0.75	37	2.35	14.00

3.8 Sigyn

Denne undersøkelsen er en grunnlagsundersøkelse på Sigyn. Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Sigyn er vist i Tabell 19 og Tabell 20.

Sedimentet på Sigyn er klassifisert som fin sand og sedimentforholdene er forholdsvis uniform på feltet med pelittverdier mellom 1.7 og 2.2 % og fin sand mellom 85 og 92 %. Disse verdiene er likt det som er registrert på nabofeltene Varg og Sleipner Øst.

Sigynfeltet er lokalisert i det grunne området sør i Region II. Sedimenter fra Sigyn har lavt innhold av THC (2-6 mg/kg). Det gjennomsnittlige THC innholdet over Sigyn er sammenlignbart med nivåene funnet i ukontaminert sediment på nabofeltene Sleipner Øst og Varg. Innholdet av kadmium, kopper, sink og barium rangerer fra verdier under til verdier rett over de korresponderende bakgrunnsnivåene over der grunne underregionen, mens innholdet av krom og bly er noe høyere enn de korresponderende bakgrunnsnivåene beregnet for den grunne underregionen. Sigynfeltet anses som ukontaminert med hensyn på hydrokarboner og metaller.

Antall individ og taxa er forholdsvis lavt på alle stasjonene, men er lik det som er registrert på nabofeltene. De biologiske analysene viser en uniform fordeling av en uforstyrret fauna på feltet. De små forskjellene som vises antas å være et resultat av naturlig variasjon og ikke knyttet til petroleumaktiviteten i området.

Tabell 19: Kjemiske data for Sigyn, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
SIG01	2000	10	3.5	0.006	<0.005	0.4	4.0	16	9.7	6.2
SIG02	1000	10	3.6	0.005	i.a.	<0.6	3.9	11	9.9	6.3
SIG03	500	10	2.3	0.007	i.a.	0.4	3.9	11	9.8	6.5
SIG04	250	10	3.9	0.005	<0.005	<0.6	4.0	11	9.8	6.3
SIG05	250	100	3.4	0.005	i.a.	<0.6	4.1	9	10.0	6.1
SIG06	500	100	5.4	0.007	i.a.	<0.6	3.9	11	9.7	6.0
SIG07	1000	100	4.7	0.005	i.a.	<0.6	3.8	17	9.4	5.9
SIG08	2000	100	5.2	<0.005	i.a.	<0.6	3.6	12	9.0	5.9
SIG09	2000	280	6.1	0.004	i.a.	0.4	3.8	11	8.7	5.8
SIG10	1000	280	3.9	0.005	i.a.	0.4	3.9	12	9.3	6.1
SIG11	500	280	5.7	0.003	i.a.	0.5	4.1	10	9.6	6.3
SIG12	250	280	1.6	0.004	i.a.	0.5	4.0	11	9.9	6.3
SIG13	250	190	2.1	<0.005	i.a.	0.4	3.8	11	10.0	6.4
SIG14	500	190	3.3	<0.005	i.a.	<0.6	3.7	13	9.5	5.9
SIG15	1000	190	2.7	<0.005	i.a.	0.4	3.9	10	9.3	6.0
SIG16	2000	190	4.1	<0.005	i.a.	0.5	3.6	23	8.6	5.8
SIG17R	5000	190	2.9	0.004	<0.005	0.48	3.7	13	7.8	5.5

i.a. Ikke analysert.

Tabell 20: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Sigyn, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
SIG01	2000	10	288	53	4.5	0.78	31	0.65	1.76
SIG02	1000	10	326	55	4.7	0.80	32	0.67	1.84
SIG03	500	10	338	53	4.4	0.77	29	0.64	1.94
SIG04	250	10	353	51	4.5	0.79	30	0.65	2.06
SIG05	250	100	318	54	4.7	0.81	32	0.68	1.90
SIG06	500	100	356	56	4.5	0.78	31	0.70	1.83
SIG07	1000	100	386	59	4.7	0.79	32	0.70	1.74
SIG08	2000	100	414	65	4.8	0.79	34	0.73	1.91
SIG09	2000	280	287	52	4.4	0.77	31	0.68	2.20
SIG10	1000	280	275	46	4.4	0.80	29	0.68	1.89
SIG11	500	280	219	37	4.2	0.80	27	0.68	1.72
SIG12	250	280	320	54	4.4	0.76	30	0.68	1.82
SIG13	250	190	317	64	4.6	0.77	34	0.65	1.77
SIG14	500	190	302	51	4.5	0.79	30	0.67	1.77
SIG15	1000	190	320	57	4.8	0.82	35	0.67	1.87
SIG16	2000	190	382	58	4.6	0.79	31	0.73	2.04
SIG17R	5000	190	266	59	4.7	0.77	35	0.68	2.27

3.9 Balder

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Balder er vist i Tabell 21 og Tabell 22.

Sedimentet på Balder er klassifisert som fin sand med forholdsvis høyt innhold av pelitt (6.9 – 12.1 %) og TOM (1.7 – 2.7 %). Sedimentstrukturen er lik den som er registrert på nabofeltet Ringhorne. Innholdet av TOM sunket merkbart fra foregående undersøkelse på stasjon BAL03, BAL04, BAL33 og BAL42 som er lokalisert i nærheten av templat D og A. På den andre siden har mengden av TOM økt på referansestasjonen.

De høyeste konsentrasjonene av THC (24 ± 10 mg/kg), olefiner (32 ± 14 mg/kg) og barium (1794 ± 814 mg/kg) finner en i sedimenter fra BAL09. Hydrokarboner, olefiner og metaller er kontaminert minst ned til 6 cm dyp på denne stasjonen.

Det generelle bildet av Balder er at 250-500 m stasjonene er kontaminert med THC og olefiner. De eneste unntakene finner en for olefiner i hovedstrømsretningen fra brønntemplat C og D, der spor av olefiner finnes ut til 2000 og 1000 m respektivt. A270°- og B198°-aksene er ukontaminerte med hensyn på THC og olefiner. Alle stasjonene plassert rundt brønntemplatene C og D anses som kontaminert med barium. Fra brønntemplat B strekker arealet kontaminert med barium seg til den ytterste stasjonen i hovedstrømsretningen og ut til 250 m på B198°-aksen. Fra templat A, ble stasjoner kontaminert med barium funnet ut til 500 m på 180°-aksen.

Ved å sammenligne årets THC verdier med verdiene fra 1997 ser en at THC innholdet på brønntemplat A, B, C og D aksene er stort sett uforandret eller redusert. De eneste unntakene finner en på de to innerste stasjonene på D315°-aksen der THC innholdet har økt litt. Sammenlignet med olefinresultatene fra 1997, har innholdet av olefiner gått nede på samtlige stasjoner. De største reduksjonene i olefininnhold ($365-465$ mg/kg) ses på stasjonene som hadde høyest innhold av olefiner i 1997. Bariuminnholdet har økt på de innerste stasjonene på B135°, D135°- og D54°-aksene

og på de to innerste stasjonene på C135°-aksen. På de resterende stasjonene er innholdet av barium uforandret eller redusert

Det er registrert et forholdsvis høyt antall individ og taxa på stasjonene. Imidlertid er faunasammensetningen i uforstyrret sediment på feltet forholdsvis likt det som er registrert på nabofeltet Ringhorne. Stasjonene på Balder er klassifisert i tre faunagrupper med stasjon BAL37 plassert i gruppe C (forstyrret fauna), stasjon BAL03, BAL09, BAL28, BAL33 og BAL42 i gruppe B (lett forstyrret fauna mens de resterende stasjonene er plassert i gruppe A (uforstyrret sediment).

Stasjonene i gruppe B og C har forholdsvis høy individtetthet av børstemarken *Chaetozone* sp. og muslingene *Thyasira sarsi* og *T. flexuosa* i en eller annen kombinasjon. Disse taxa er kjent for å være tallrike i organisk anrikt eller forstyrret sediment. På stasjon BAL37 er *Chaetozone* sp. og *T. sarsi* de to mest dominante taxa og denne stasjonen ble adskilt fra de andre feltstasjonene i de multivariate analysene. Stasjonene som er plassert i gruppe B har lavere individtetthet av de nevnte taxa, men ble adskilt fra de resterende feltstasjonene i de multivariate analysene. Disse analysene grupperte også stasjon BAL10 sammen med gruppe B-stasjoner, men manglende indikatorarter og lave nivåer av de målte kjemiske parametrene indikerer at stasjonen har uforstyrret fauna. Alle gruppe B og C stasjoner er lokalisert på 250 m avstand fra deres respektive sentrum og har forholdsvis høye nivåer av THC, olefin og barium, noe som indikerer at faunaforstyrrelsen kan sees i sammenheng med petroleumsaktiviteten på feltet.

Klassifiseringen av gruppe B stasjoner i 1997 var basert på en forholdsvis høy individtetthet av børstemarken *Capitella capitata*. Denne indikatorarten er ikke registrert på noen av stasjonene i denne undersøkelsen. På den andre siden var indikatorartene, som ble registrert i forstyrret sediment i 2000, fraværende eller hadde lav individtetthet i 1997.

Sammenlignet med foregående undersøkelse har arealet med forstyrret fauna ved templat A minket, har minket i areal men økt i intensitet ved templat B, er likt ved templat C mens det har økt ved templat D.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Balder er vist i Tabell 23 og Figur 7.

Tabell 21: Kjemiske data for Balder, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Olefin	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
BAL03	250	54	11.4	1.4	0.021	i.a.	2.2	8.9	749	8.4	6.9
BAL04	500	54	9.5	<0.1	0.023	i.a.	2.1	9.6	340	8.9	7.4
BAL05	1000	54	7.0	<0.1	0.027	i.a.	1.9	8.8	190	8.4	6.5
BAL09	250	135	23.6	32.3	0.029	0.008	2.7	9.0	1794	8.5	6.6
BAL10	500	135	9.1	0.6	0.031	i.a.	2.1	9.1	600	8.4	6.6
BAL11	1000	135	9.1	0.2	0.019	i.a.	1.7	7.9	246	7.6	6.6
BAL12	2000	135	8.9	0.2	0.019	0.007	1.5	7.2	170	7.2	6.2
BAL16	250	198	9.4	<0.1	0.023	i.a.	1.6	7.7	232	7.8	6.0
BAL17	500	198	8.1	<0.1	0.029	i.a.	1.7	8.4	147	7.9	5.9
BAL18	1000	198	7.2	<0.1	0.026	i.a.	1.7	8.2	119	7.8	6.0
BAL22	250	270	6.5	<0.1	0.024	i.a.	1.5	7.1	118	7.3	5.2
BAL23	500	270	8.9	<0.1	0.026	i.a.	1.9	8.0	122	7.7	5.9
BAL24	1000	270	8.1	<0.1	0.029	i.a.	2.4	7.9	96	7.0	5.7
BAL28	250	135	9.8	2.8	0.029	0.009	2.3	9.6	1495	8.0	6.5
BAL29	500	135	9.3	1.0	0.029	i.a.	2.0	9.0	415	7.9	7.0
BAL30	1000	135	8.9	0.5	0.024	i.a.	1.9	8.5	243	7.7	6.9
BAL31	2000	135	12.7	<0.1	0.021	0.007	1.7	8.6	209	7.7	7.3
BAL33	250	315	15.5	1.1	0.022	i.a.	2.2	8.7	600	7.7	6.7
BAL34	500	315	15.5	<0.1	0.025	i.a.	2.0	10.8	230	8.4	7.0
BAL35	1000	315	6.0	<0.1	0.021	i.a.	1.8	8.3	170	7.3	6.3
BAL37	250	135	15.2	12.6	0.025	i.a.	2.4	8.0	1959	7.8	6.8
BAL38	500	135	7.3	0.4	0.031	i.a.	1.7	7.8	432	7.5	6.7
BAL39	1000	135	6.5	<0.1	0.025	i.a.	1.9	8.7	268	7.9	7.3
BAL42	250	180	19.1	7.2	0.026	i.a.	1.9	8.3	426	7.9	6.7
BAL43	500	180	6.2	<0.1	0.030	i.a.	1.9	9.2	196	8.2	6.7
BAL44	1000	180	8.1	<0.1	0.026	i.a.	1.7	7.9	131	7.5	6.2
BAL46	500	315	12.3	0.2	0.025	i.a.	1.5	7.2	130	7.0	5.8
BAL47	1000	315	13.5	<0.1	0.030	i.a.	1.8	8.5	142	7.9	6.4
BAL27R	10000	315	6.0	<0.1	0.026	0.007	1.9	8.9	123	8.2	6.5

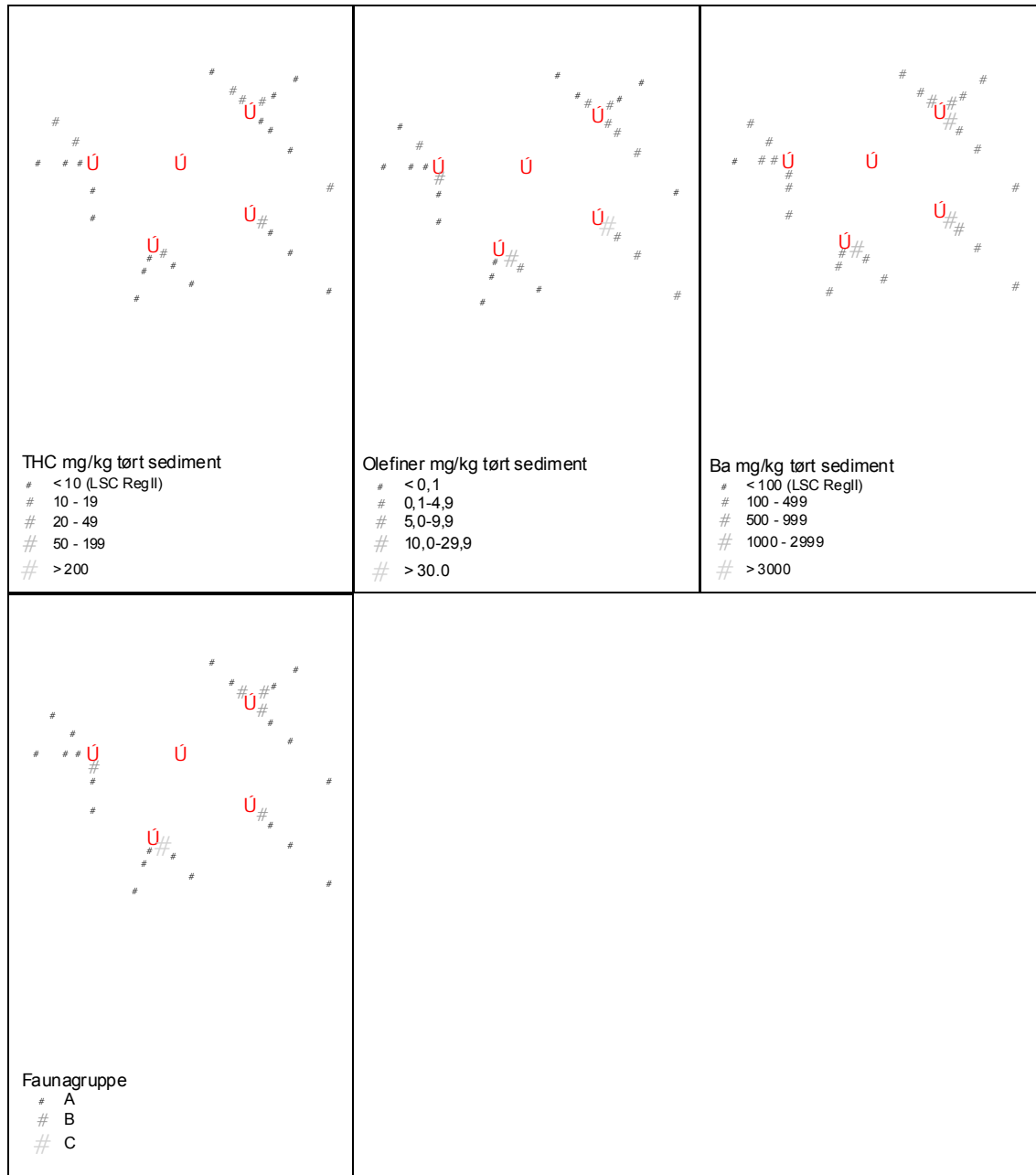
i.a. Ikke analysert.

Tabell 22: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Balder, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
BAL03	250	54	1321	121	5.1	0.74	37	2.17	12.60
BAL04	500	54	696	107	5.5	0.81	44	2.67	13.52
BAL05	1000	54	896	107	5.1	0.75	38	2.31	14.08
BAL09	250	135	1541	123	4.9	0.71	35	2.44	13.96
BAL10	500	135	925	120	5.3	0.76	40	2.46	12.65
BAL11	1000	135	1558	118	4.5	0.66	32	2.11	11.53
BAL12	2000	135	1125	114	4.8	0.70	35	1.88	13.49
BAL16	250	198	1054	119	5.1	0.73	36	1.82	11.15
BAL17	500	198	922	114	5.3	0.77	40	2.35	12.71
BAL18	1000	198	1296	128	5.1	0.74	37	1.93	9.91
BAL22	250	270	918	106	5.1	0.76	38	1.91	13.40
BAL23	500	270	1028	115	5.1	0.75	38	2.25	13.70
BAL24	1000	270	991	125	5.2	0.75	40	1.88	12.99
BAL28	250	135	1265	103	4.7	0.71	31	2.10	8.42
BAL29	500	135	837	105	5.2	0.78	40	2.44	12.22
BAL30	1000	135	1258	124	5.1	0.73	38	2.13	12.32
BAL31	2000	135	1181	112	5.1	0.75	37	2.08	12.59
BAL33	250	315	1277	118	4.8	0.70	34	2.10	11.86
BAL34	500	315	1309	117	4.9	0.71	37	2.32	12.65
BAL35	1000	315	1325	104	4.3	0.64	30	1.73	13.06
BAL37	250	135	1310	87	4.0	0.62	25	1.72	10.78
BAL38	500	135	967	113	5.1	0.74	37	2.00	10.74
BAL39	1000	135	880	100	5.0	0.76	37	2.21	6.86
BAL42	250	180	1087	101	4.6	0.69	33	1.94	12.33
BAL43	500	180	935	111	5.3	0.78	40	2.11	13.17
BAL44	1000	180	795	103	5.1	0.76	38	2.00	12.19
BAL46	500	315	1188	123	5.0	0.72	37	1.96	12.67
BAL47	1000	315	1171	114	5.2	0.76	39	2.21	14.02
BAL27R	10000	315	1073	118	5.4	0.78	41	2.38	14.70

Tabell 23: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Balder, 2000 og foregående undersøkelse.

Templat A	S	V	NV		Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	250	125	125	125	0.07	0.22
Gruppe C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	250	125	1000	125	0.25	0.29
Olefiner	250	125	500	125	0.15	2.50
Ba	500	125	125	125	0.12	0.49
Andre metaller	0	0	0	0	0.00	0.15
Templat B	SØ	SV			Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	250	125	125	125	0.07	0.11
Gruppe C	250	125	125	125	0.07	0.00
THC	250	125	125	125	0.07	0.55
Olefiner	500	125	125	125	0.12	6.88
Ba	1000	250	125	125	0.33	0.55
Andre metaller	0	0	0	0	0.00	0.07
Templat C	SØ				Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	250	125	125	125	0.07	0.07
Gruppe C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	250	125	125	125	0.07	0.12
Olefiner	2000	125	125	125	0.42	0.42
Ba	2000	125	125	125	0.42	0.12
Andre metaller	250	125	125	125	0.07	0.00
Templat D	NØ	SØ	NV		Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	250	250	250	125	0.15	0.07
Gruppe C	0	0	0	0	0.00	0.00
THC	250	125	500	125	0.15	0.12
Olefiner	250	1000	250	125	0.44	4.17
Ba	1000	2000	1000	125	3.34	1.77
Andre metaller	125	250	125	125	0.07	0.15
Sum Balder					Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B					0.37	0.48
Gruppe C					0.07	0.00
THC					0.54	1.09
Olefiner					1.13	13.98
Ba					4.21	2.93
Andre metaller					0.15	0.37



Figur 7: Fordeling av faunagrupeer og kontaminert sediment og på Balder, 2000.

3.10 Jotun

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Jotun er vist i Tabell 24 og Tabell 25.

Sedimentet på feltet er klassifisert som silt med et forholdsvis høyt innhold av pelitt (17.6 – 21.6 %) og TOM (2.1 – 2.9 %). Pelitt- og TOM-verdiene er noe høyere enn det som er registrert på nabofeltene Heimdal og Ringhorne. Innholdet av TOM har økt noe sammenlignet med det som ble registrert i grunnlagsundersøkelsen i 1996.

I 2000 har sedimentene fra alle 250 m stasjonene, i tillegg til stasjonene som ligger 500 m i 315° retningen og 2000 m i 225° retningen forhøyede hydrokarbonnivå. I 1996 hadde ingen av feltstasjonene kontaminerte sedimenter. I 2000 viser gasskromatogram av sedimentekstrakt fra disse

stasjonene mineraloljeprofiler. Felthistorien inkluderer utslipp av 25.1 tonn olje i produsert vann, i tillegg til et mindre akuttutslipp av oljebasert slam i 2000. Disse utslippene kan forklare mineraloljeprofilene som er funnet i gasskromatogrammene.

I basisundersøkelsen i 1996 fant man kun to stasjoner perifert i forhold til feltcenteret med sedimenter som inneholdt forhøyede bariumnivåer. I 2000 er det kun tre stasjoner som har sedimentkonsentrasjoner av barium under grensen for signifikant kontaminering. Relativt høye verdier er funnet i sedimentene på alle 250 m stasjonene, med den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien, 1978 mg/kg tørt sediment, i 315° retningen. Området med forhøyede bariumpkonsentrasjoner strekker seg ut til 1000 m i retningene 135° og 315°, i tillegg til 500 m i retningene 22,5° og 225°. Selv om de andre utvalgte metallene ikke har verdier over grensen for signifikant kontaminering, synes distribusjonsmønsteret å følge bariumpkonsentrasjonene. De fleste konsentrasjonene av kadmium, kopper og sink ligger i gråsonen mellom de feltspesifikke og regionspesifikke grensene for signifikant kontaminering. Siden 1999 har ti brønner blitt boret i Jotunfeltet. Utslipp av 3394 tonn kaks inkludert 1684 tonn barytt i tillegg til 14913 tonn vannbasert boreslam har funnet sted. Disse utslippene kan relateres til økte metallkonsentrasjoner i feltet.

Det er en forholdsvis stor variasjon i antall individ (535 – 1017) og taxa (88 – 122) på feltstasjonene, men de multivariate analysene indikerer en uniform fordeling av faunaen over feltet. Noen av stasjonene (JOT01, JOT04, JOT05 og JOT12) har noe høyere individtetthet av enkelte taxa, som er kjent for å være tallrike i forstyrret sediment, enn de andre stasjonene. På de samme stasjonene er det registrert forhøyede verdier av THC og tungmetaller. Imidlertid er faunaen på alle stasjonene dominert av taxa som opptrer i uforstyrret sediment og er derfor ansett som uforstyrret.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment på Jotun er vist i Tabell 26 og Figur 8.

Tabell 24: Kjemiske data for Jotun, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
JOT01	2000	22.5	8.3	0.026	i.a.	2.1	8.8	153	7.7	6.3
JOT02	1000	22.5	9.3	0.041	i.a.	2.6	11.4	240	9.7	6.9
JOT03	500	22.5	8.4	0.042	i.a.	2.3	9.7	412	8.7	6.5
JOT04	250	22.5	12.7	0.030	i.a.	2.4	9.6	1019	8.6	6.5
JOT05	250	135	15.6	0.030	0.009	2.3	9.0	1350	8.1	6.0
JOT06	500	135	8.8	0.027	i.a.	2.3	9.4	373	8.6	6.5
JOT07	1000	135	6.5	0.028	i.a.	2.2	9.8	395	8.7	6.8
JOT08	2000	135	6.8	0.040	0.010	2.3	10.3	172	8.4	6.6
JOT09	2000	315	7.3	0.035	i.a.	1.8	8.1	126	8.0	5.5
JOT10	1000	315	7.0	0.030	i.a.	2.5	10.5	380	9.0	7.3
JOT11	500	315	21.8	0.032	i.a.	2.4	10.1	427	8.9	7.0
JOT12	250	315	25.3	0.030	i.a.	2.9	11.3	1976	8.8	7.5
JOT13	250	225	29.7	0.033	i.a.	2.4	9.9	680	8.6	6.9
JOT14	500	225	15.5	0.033	i.a.	2.3	10.3	352	9.2	7.2
JOT15	1000	225	11.4	0.043	i.a.	2.4	10.3	118	9.4	7.1
JOT16	2000	225	13.5	0.030	i.a.	2.3	10.2	159	9.1	6.8
JOT30R	11330	267.3	5.1	0.029	0.008	2.1	9.3	93	8.7	6.7

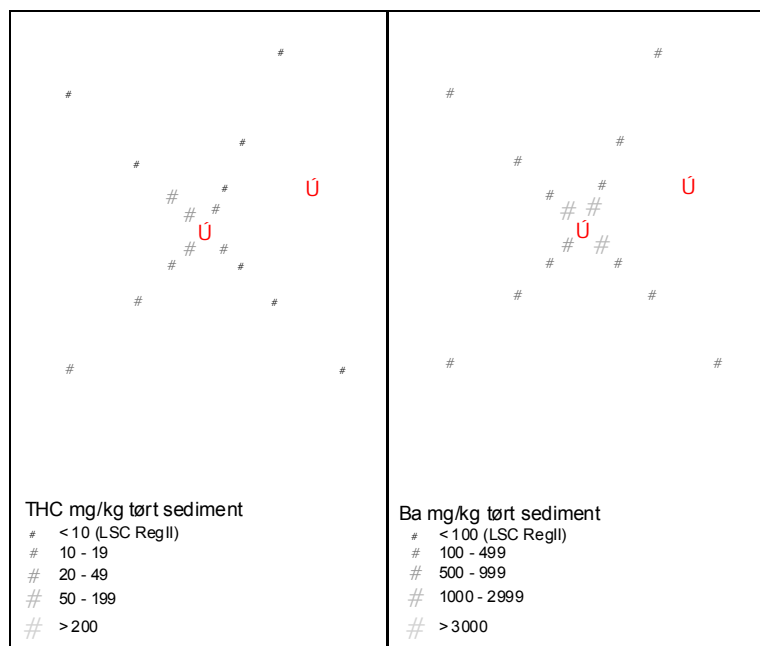
i.a. Ikke analysert.

Tabell 25: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Jotun, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
JOT01	2000	22.5	1017	122	5.3	0.76	41	2.55	17.57
JOT02	1000	22.5	660	98	5.4	0.82	43	2.74	21.39
JOT03	500	22.5	702	90	4.9	0.75	37	2.57	20.44
JOT04	250	22.5	618	91	4.9	0.75	39	2.45	20.70
JOT05	250	135	595	88	5.2	0.80	40	2.31	19.27
JOT06	500	135	535	92	5.3	0.81	41	2.34	18.67
JOT07	1000	135	595	89	5.0	0.77	38	2.53	20.45
JOT08	2000	135	650	99	5.3	0.80	40	2.45	19.05
JOT09	2000	315	848	109	5.5	0.82	44	2.12	19.51
JOT10	1000	315	940	103	5.3	0.80	40	2.91	19.78
JOT11	500	315	620	95	5.2	0.79	39	2.35	20.10
JOT12	250	315	843	95	5.2	0.78	38	2.19	20.26
JOT13	250	225	750	105	5.5	0.82	43	2.44	19.96
JOT14	500	225	557	95	5.1	0.78	40	2.57	21.10
JOT15	1000	225	719	94	5.3	0.80	40	2.64	21.55
JOT16	2000	225	831	106	5.5	0.81	42	2.67	19.72
JOT30R	11330	267.3	1221	117	5.2	0.76	39	2.57	19.29

Tabell 26: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment på Jotun, 2000 og foregående undersøkelse.

Jotun	N/NØ	E/SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1996)
THC	250	500	2000	500	1.77	0
Ba	2000	2000	1000	250	5.30	0
Andre metaller	125	125	125	250	0.07	0



Figur 8: Fordeling av kontaminert sediment på Jotun, 2000.

3.11 Odin

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Odin er vist i Tabell 27 og Tabell 28.

Sedimentet på Odin er klassifisert som fin sand med et forholdsvis lavt innhold av pelitt (2.0 – 3.1 %) og TOM (0.7 – 0.9 %). Pelittinnholdet har økt på stasjon ODI02, mens innholdet av TOM har gått ned på stasjon ODI05 siden 1997. De store forskjellene som er registrert på referansestasjonen i denne og foregående undersøkelse antas å være et resultat av innsamling på forskjellige posisjoner på de to toktene. Posisjonen som ble brukt i denne undersøkelsen er tydeligvis feil.

I 2000 er sedimenter fra stasjonene som ligger 100 m i retningene 160°, 250° og 340° kontaminert med hydrokarboner som de også var i 1997. Den høyeste gjennomsnittlige verdien av totale hydrokarboner i feltet er funnet i sedimentene fra stasjonen som ligger 100 m i 160° retning med 17.5 mg/kg tørt sediment. I forhold til 1997-undersøkelsen måles en viss nedgang i 250° retningen, med en tilsvarende økning i 160° retningen. Generelt er totalnivået av hydrokarboner i sedimenter på Odin uendret siden forrige undersøkelse. Ingen utslipp har funnet sted siden 1997. Ifølge innsamlingsprogrammet var det forventet omrøring av sedimentet og frigjøring av gammel olje ved fjerning av plattformen i 1997. Det er ikke funnet indikasjoner på at dette har skjedd. Kromatogrammer av sedimentekstrakt fra feltet er ikke entydige oljeprofiler.

Ingen bariumverdier over grensen for signifikant kontaminering er funnet i sedimentene på Odin i 2000. Bariumkonsentrasjonene har gått ned siden 1997 og det har kadmiumkonsentrasjonene også. Kopper oppviser verdier over grensen for signifikant kontaminering i sedimentene på alle stasjoner som ligger 100 m fra plattformen og konsentrasjonene synes relativt uendret siden forrige undersøkelse. Relativt uendret er også nivåene av bly, sink og kvikksølv.

Antall individ er forholdsvis likt over feltet. En nedgang i individtallet har skjedd siden 1997 med den største reduksjonen registrert på stasjon ODI05, ODI06 og ODI07.

Stasjon ODI01, ODI03, ODI05 og ODI07 er klassifisert som gruppe B stasjoner (lett forstyrret fauna) mens de resterende stasjonene er plassert i gruppe A (uforstyrret fauna). Stasjonene i gruppe B er lokalisert på 100 m avstand fra feltsentrum. Disse fire stasjonene har forholdsvis høy individtetthet av børstemarkene *Ditrupa arietina* og *Chaetozone* sp. og muslingene *Thyasira flexuosa* og *Lucinoma*

borealis. Tre av disse er kjent for å øke i individtall i forstyrret sediment. I de multivariate analysene er de samme stasjonene adskilt fra de andre feltstasjonene.

I 1997 ble stasjon ODI05 plassert i gruppe C (forstyrret fauna) på grunn av den høye individtettheten til børstemarken *Capitella capitata* (520 individ). I denne undersøkelsen er det kun registrert ett individ på hele feltet. Dette indikerer at intensiteten av faunaforstyrrelsen på feltet er redusert som ett resultat av nedstengningen av feltet og fjerningen av plattformen.

Under fjerningen av plattformen i 1997 oppstod fysisk forstyrrelse av sedimentet. Dette kan ha hatt effekt på faunaen i foregående undersøkelse.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Odin er vist i Tabell 29 og Figur 9.

Tabell 27: Kjemiske data for Odin, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
ODI01	100	70	7.3	0.013	i.a.	2.4	6.0	27	5.0	5.5
ODI02	500	70	2.9	0.013	i.a.	0.9	0.7	27	4.7	2.7
ODI03	100	340	11.7	0.018	i.a.	3.2	27.5	35	5.2	8.9
ODI04	500	340	5.5	0.010	i.a.	1.1	2.2	44	4.8	3.2
ODI05	100	250	12.4	0.018	i.a.	3.4	25.4	31	5.9	8.9
ODI06	500	250	4.0	0.012	i.a.	0.9	1.7	49	4.4	3.1
ODI07	100	160	17.5	0.018	0.004	3.9	21.7	28	5.8	9.0
ODI08	500	160	4.3	0.008	i.a.	0.8	<1.0	22	4.1	2.6
ODI12	1000	160	4.7	0.007	<0.005	0.7	<1.0	19	4.1	3.2
ODI14R	10000	70	2.2	0.015	0.005	0.9	3.6	51	5.7	4.8

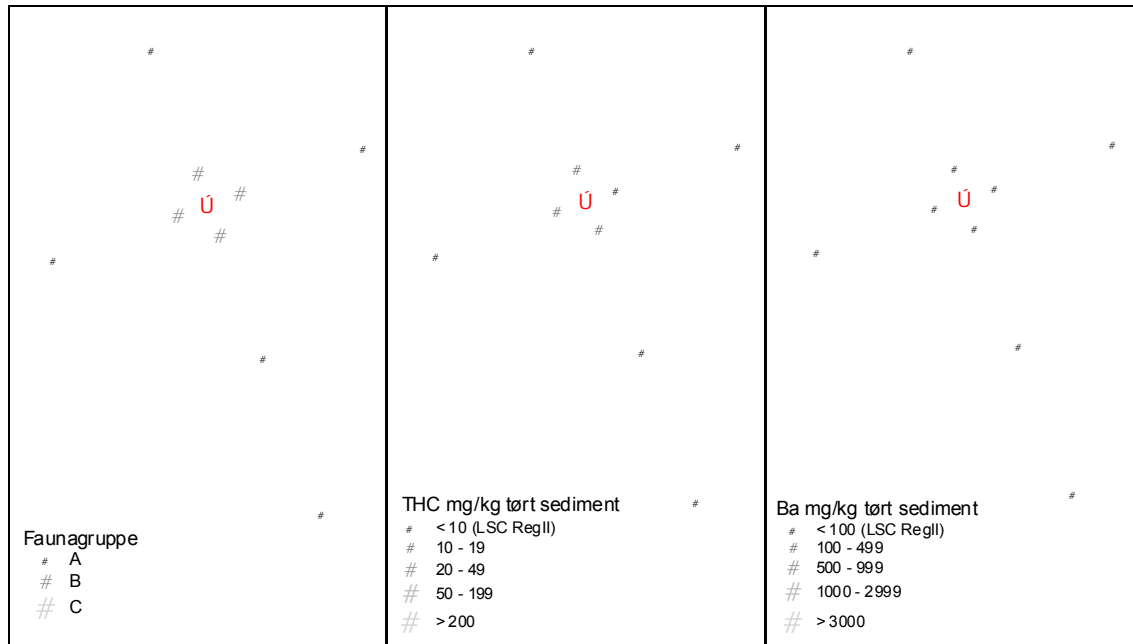
i.a. Ikke analysert.

Tabell 28: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Odin, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
ODI01	100	70	568	84	5.0	0.78	36	0.82	1.99
ODI02	500	70	710	104	5.1	0.75	38	0.76	3.09
ODI03	100	340	694	112	5.7	0.83	45	0.88	2.14
ODI04	500	340	771	87	4.7	0.73	34	0.78	2.59
ODI05	100	250	705	95	4.9	0.74	36	0.86	2.18
ODI06	500	250	641	94	5.1	0.78	38	0.68	2.41
ODI07	100	160	704	102	5.1	0.77	39	0.92	2.17
ODI08	500	160	650	90	4.8	0.74	36	0.72	2.31
ODI12	1000	160	658	81	4.8	0.75	36	0.69	2.94
ODI14R	10000	70	696	103	5.4	0.81	44	0.64	2.66

Tabell 29: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Odin, 2000 og foregående undersøkelse.

Odin	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	100	100	100	100	0.03	0.02
Gruppe C	0	0	0	0	0	0.01
THC	50	100	100	100	0.02	0.02
Ba	0	0	0	0	0	0.01
Andre metaller	50	100	100	100	0.02	0.02



Figur 9: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Odin, 2000.

3.12 Varg

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Varg er vist i Tabell 30 og Tabell 31.

Sedimentet på Varg er klassifisert som fin sand med forholdsvis lave mengder av pelitt (1.3 – 2.7 %) og TOM (0.6 – 0.9 %). Innholdet av pelitt i sedimentet har økt på alle stasjonene, inklusiv referansestasjonen, på Varg siden 1997. Innholdet av TOM har økt mest på stasjon VAR03 og VAR09, men TOM-nivåene er lavere enn 1 %.

Vargfeltet er lokalisert i det grunne området sør i Region II. Som i foregående undersøkelse, ble også i år de høyeste konsentrasjonene av THC (412 mg/kg) og barium (1671 mg/kg) funnet på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen fra Varg (20°-axis). Området signifikant kontaminert med THC og barium når ut til 1000 m på 20°- og 290°-aksene, mens THC er kontaminert ut til 500 m og barium ut til 1000 m på 200°-aksen. Gasskromatogram av sedimentekstarkter fra stasjoner kontaminert med THC viser tilstedeværelse av mineralolje. I henhold til utslippshistorien ble oljebasert borevæske muligens sluppet ut i 1999.

Sammenlignet med 1997 undersøkelsen har THC nivåene økt på de innerste stasjonene på 20°, 200°-290°- aksene og på den ytterste stasjonen på 290°-aksen. På de resterende aksene er THC innholdet stort sett uforandret eller redusert. Bariuminnholdet har økt over hele Vargfeltet. I henhold til data på utslipp, ble både baritt og vannbasert borevæske sluppet ut i 1999.

Området kontaminert med THC er uforandret langs 20°- og 200°-aksene, mens det kontaminerte området har økt fra 500 til 1000 m langs 290°-aksen. Ingen av stasjonene på 110°-aksen funnet kontaminert med THC i årets undersøkelse. Arealet kontaminert med barium har økt fra 250 m langs 20°- og 200°-aksene til minst 1000 m langs 20°, 200°- og 290°-aksene.

Antall individ og taxa er lav på alle stasjonene på Varg, men er på samme størrelse som på nabofeltene Sigyn og Sleipner Øst. Både antall individ og taxa har gått ned siden undersøkelsen i 1997 og, spesielt på stasjon VAR10, har dette resultert i en nedgang i diversitetsindeksen.

De multivariate analysene skilte stasjon VAR09, VAR10 og VAR11 fra de andre stasjonene. På disse tre stasjonene er børstemarken *Spiophanes krøyeri* og slangestjernen *Amphiura filiformis*, som er forholdsvis individrik i uforstyrret sediment, fraværende eller opptrer i lavt individantall. På de samme stasjonene er børstemarkene *Chaetozone setosa* og *Capitella capitata* og båndmarkgruppen Nemertini indet., som er kjent for å være forholdsvis tallrik i forstyrret sediment, registrert i forholdsvis høyt individantall. Disse stasjonene er derfor klassifisert som gruppe B stasjoner (lett forstyrret fauna). Også på stasjon VAR03 opptrer *S. krøyeri* og *A. filiformis* i lavt individantall, noe som kan indikere lett faunaforstyrrelse. Men på denne stasjonen er ikke *C. setosa* og *C. capitata* tallrik. Stasjonen er også gruppert sammen med de fleste feltstasjonene i de multivariate analysene og er derfor klassifisert som gruppe A stasjon (uforstyrret fauna).

Stasjonene i gruppe B, som er lokalisert 250 m sørvest og 250 – 500 m nordøst for feltsentrum, har høyt nivå av THC og barium i sedimentet. Faunaforstyrrelsen kan derfor sees i sammenheng med petroleumsaktiviteten på feltet.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Varg er vist i Tabell 32 og Figur 10.

Tabell 30: Kjemiske data for Varg, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
VAR01	1000	290	12.4	0.003	i.a.	0.4	3.1	65	6.6	6.6
VAR02	500	290	3.9	0.004	i.a.	0.7	3.7	63	8.3	6.5
VAR03	250	290	14.4	0.004	i.a.	0.8	4.6	217	8.8	7.7
VAR04	500	110	5.1	0.003	i.a.	0.6	3.9	57	7.9	5.7
VAR05	1000	110	2.5	0.004	i.a.	0.7	4.7	24	9.2	8.1
VAR07	2000	20	2.8	0.003	<0.005	0.6	4.3	39	8.9	7.5
VAR08	1000	20	8.0	0.007	i.a.	0.8	5.9	106	9.9	10.5
VAR09	500	20	51.2	0.006	i.a.	1.2	6.2	473	9.7	9.7
VAR10	250	20	412	0.012	0.006	1.6	8.2	1671	9.5	8.9
VAR11	250	200	184	0.012	i.a.	1.3	8.0	1266	9.9	10.6
VAR12	500	200	8.5	0.003	i.a.	0.8	4.7	241	8.9	8.0
VAR13	1000	200	4.1	0.007	i.a.	0.8	4.8	83	8.4	7.1
VAR14R	4000	200	4.7	0.006	0.004	0.8	5.2	34	7.9	6.7

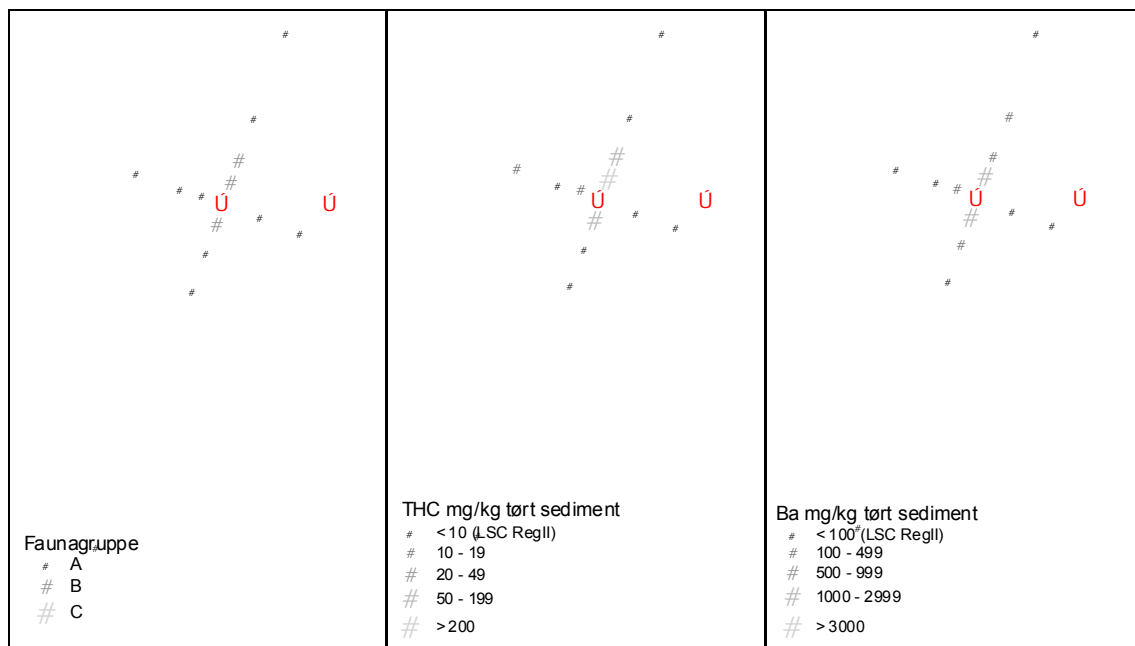
i.a. Ikke analysert.

Tabell 31: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Varg, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
VAR01	1000	290	373	86	5.7	0.88	46	0.71	1.41
VAR02	500	290	268	56	4.8	0.82	36	0.78	1.80
VAR03	250	290	196	58	5.0	0.85	40	0.94	2.68
VAR04	500	110	246	57	4.9	0.83	36	0.66	1.62
VAR05	1000	110	332	63	4.6	0.78	35	0.64	1.34
VAR07	2000	20	318	59	4.9	0.83	37	0.65	1.51
VAR08	1000	20	250	68	5.3	0.88	43	0.64	1.54
VAR09	500	20	201	54	4.8	0.84	38	0.82	1.81
VAR10	250	20	202	41	3.4	0.63	26	0.88	2.24
VAR11	250	200	165	45	4.4	0.81	35	0.91	1.83
VAR12	500	200	230	56	4.9	0.85	36	0.79	1.78
VAR13	1000	200	333	55	4.6	0.79	32	0.80	2.04
VAR14R	4000	200	236	53	4.6	0.80	34	0.93	2.70

Tabell 32: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Varg, 2000 og foregående undersøkelse.

Varg	N	Ø	S	V	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	500	125	250	125	0.15	0.00
THC	1000	125	500	1000	1.33	1.18
Ba	1000	125	1000	1000	1.77	0.10
Andre metaller	1000	125	250	125	0.25	0.00



Figur 10: Fordeling av faunagrupeer og kontaminert sediment på Varg, 2000.

3.13 Heimdal

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Heimdal er vist i Tabell 33 og Tabell 34.

Sedimentet på Heimdal er klassifisert som fin sand og silt med et forholdsvis høyt innhold av pelitt i sedimentet (8 – 14 %). Pelittinnholdet har økt mest på feltstasjon HEM03 og HEM18 og referansestasjon HEM22R siden 1997. Det er også registrert en forholdsvis høy økning av innholdet av TOM på stasjon HEM18 (fra 1.3 til 1.9 %) siden foregående undersøkelse.

Sedimentene ut til 500 m i 180° retning relativt til feltsentrum har litt forhøyede nivå av totale hydrokarboner i 2000. Den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonen av totale hydrokarboner i feltet er funnet i sedimenter fra stasjonen som ligger 500 m i 180° retning i forhold til feltsentrum. I 1997 ble det i tillegg til over nevnte posisjon funnet kontaminering av hydrokarboner i sedimentene ut til 250 m i 324° retning og 300 m i 150° retning. I 2000 er konsentrasjoner nær grensen for signifikant kontaminering funnet i disse posisjonene. Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra Heimdal viser ikke mineraloljeprofiler. Dette er i overensstemmelse med utslippshistorien på Heimdal, hvor et akuttutslipp på 0.06 m³ olje i 1999 er det eneste som har forekommet de siste fire år. Hydrokarbonnivåene er lavere i sedimenter på Heimdal-feltet i 2000 enn de var i 1997.

Forhøyede nivå av barium er funnet i sedimentene ut til 300 m i 100° retning, 250 m i 315° retning og 500 m i 180° retning. Sammenlignet med nivåene i 1997 har bariumkonsentrasjonene i sedimentene på disse stasjonene økt med 60 til 185%. Kontaminering og økte konsentrasjoner av sink, bly og kopper er også funnet i sedimenter fra disse stasjonene, unntatt den som ligger 300 m i 100°-retningen. Kadmiumnivåene har også økt og kontaminerer sedimentene på stasjonene som ligger 250 m i 315° retning og 300 m i 180° retning. Kvikksølvnivåene er uendret siden 1997. Metallkonsentrasjonene viser en svak økning nedover i sedimentlagene i seksjonerte sedimentprøver.

På Heimdalfeltet som på Frigg- og Frøyfeltene gir ikke utslippshistorien noen indikasjoner på økte metallkonsentrasjoner i sedimentene siden 1997. På Heimdal er det også en noe høyere andel av pelitt i sedimentet i 2000 enn i 1997. Imidlertid er det snakk om små økninger og bly er det eneste metallet som viser endring på referansestasjonen siden siste undersøkelse.

Antall individ og taxa har gått ned på de fleste stasjonene siden foregående undersøkelse. På grunnlag av resultatene fra de uni- og multivariate analysene er stasjonene på Heimdal klassifisert i to faunagrupper. Stasjon HEM04, HEM18 og HEM19 er klassifisert som gruppe B stasjoner (lett forstyrret fauna), mens de resterende stasjonene er klassifisert som gruppe A stasjoner (uforstyrret fauna). Stasjonene i gruppe B har forholdsvis høy individtetthet av børstemarken *Chaetozone* sp. og muslingen *Thyasira flexuosa*, begge kjent for å øke i antall i forstyrret sediment.

I foregående undersøkelse i 1997 ble stasjon HEM03 klassifisert som gruppe C stasjon (forstyrret fauna) på grunn av den forholdsvis høye individtettheten av børstemarken *Capitella capitata*. Denne arten er bare så vidt registrert på feltet i denne undersøkelsen. Intensiteten av faunaforstyrrelse har derfor minket siden 1997.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Heimdal er vist i Tabell 35 og Figur 11.

Tabell 33: Kjemiske data for Heimdal, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
HEM01	1000	130	10.3	0.014	0.005	1.2	4.8	119	4.7	4.9
HEM02	500	115	6.8	0.018	i.a.	2.4	8.9	135	5.3	6.0
HEM03	300	100	7.7	0.026	0.005	2.1	8.1	492	5.9	6.1
HEM04	250	315	10.8	0.039	i.a.	6.1	47.2	889	7.2	14.4
HEM14	250	60	9.7	0.029	i.a.	3.8	17.9	921	6.7	8.9
HEM15	500	60	8.1	0.021	i.a.	1.6	7.9	151	4.9	5.6
HEM18	300	180	11.8	0.060	i.a.	10.3	57.4	1398	9.3	16.5
HEM19	500	180	12.9	0.030	i.a.	4.4	19.4	713	7.0	9.7
HEM22R	10000	360	8.5	0.026	0.007	2.0	7.7	131	6.7	6.0

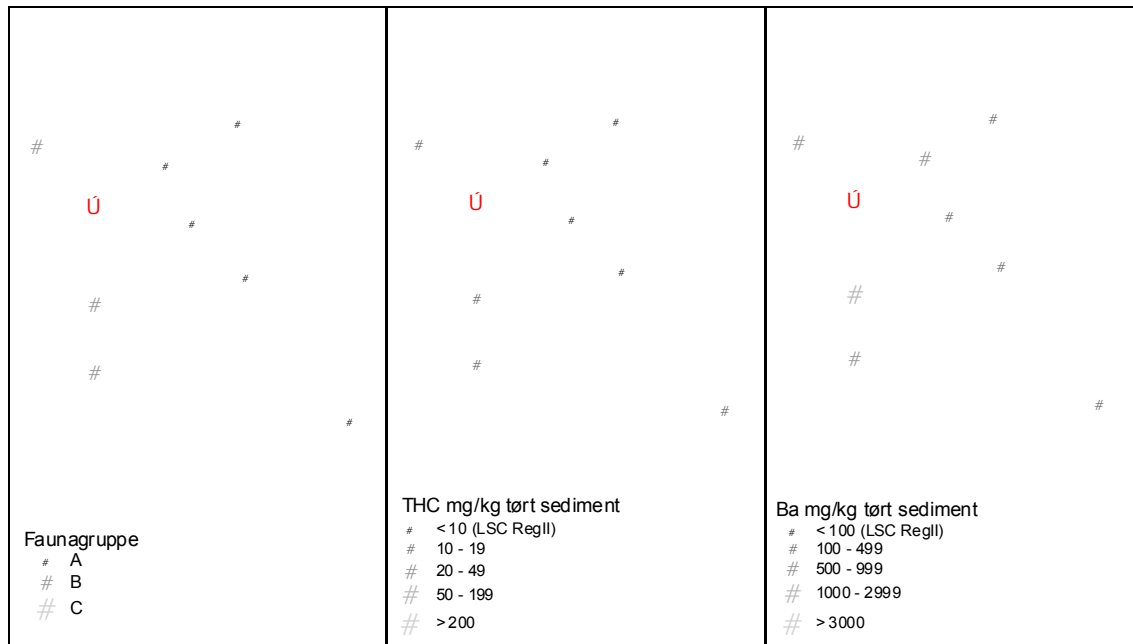
i.a. Ikke analysert.

Tabell 34: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Heimdal, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
HEM01	1000	130	1607	121	4.3	0.61	32	1.36	9.4
HEM02	500	115	1145	115	4.5	0.65	33	1.31	7.9
HEM03	300	100	1529	126	4.8	0.69	36	1.67	12.2
HEM04	250	315	1398	129	5.3	0.75	40	1.71	10.7
HEM14	250	60	1435	108	4.8	0.70	34	1.63	10.6
HEM15	500	60	854	87	4.3	0.66	32	1.36	8.6
HEM18	300	180	1371	126	5.5	0.79	42	1.90	14.3
HEM19	500	180	715	105	5.1	0.76	39	1.49	10.6
HEM22R	10000	360	1032	119	5.6	0.81	44	2.02	14.4

Tabell 35: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Heimdal, 2000 og foregående undersøkelse.

Heimdal	NØ	SØ	S	NV	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	125	125	500	250	0.18	0.11
Gruppe C	0	0	0	0	0	0.07
THC	125	125	500	125	0.12	0.25
Ba	500	300	500	250	0.43	0.25
Andre metaller	500	125	500	250	0.29	0.25



Figur 11: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Heimdal, 2000.

3.14 Glitne

Denne undersøkelsen er en grunnlagsundersøkelse på Glitne.

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Glitne er vist i Tabell 36 og Tabell 37.

Sedimentet på Glitne er klassifisert som fin sand med forholdsvis høyt innhold av pelitt (7.8 – 13.1 %) og TOM (1.3 – 2.1 %). Disse nivåene er sammenlignbare med det som er registrert på felt nordøst (f. eks. Ringhorne) og sør (Sleipner Vest) for Glitne. På referansestasjonen, som er regional stasjon RII08, er innholdet av pelitt og TOM innefor variasjonen som er sett på feltet.

THC og metaller er veldig jevnt fordelt over Glitne. Konsentrasjonene av THC, kadmium, kopper og krom varierer fra verdier under til verdier knapt over de korresponderende bakgrunnsnivåene over regionen. Nivåene av bly og sink er litt høyere enn de korresponderende bakgrunnsnivåene på de fleste felt i Region II, men nivåene overskrider ikke konsentrasjonene funnet på den feltspesifikke referansestasjonen. Sedimenter fra Glitnefeltet anses som ukontaminert med THC og metaller.

Det gjennomsnittlige THC og metallinnhold i sedimenter fra Glitne er sammenlignbar med mengdene funnet i ukontaminerte sedimenter fra Sleipner Vest, sør av Glitne. Det eneste unntaket er barium, der det gjennomsnittlige innholdet over Glitne (215 mg/kg) er mer enn to ganger høyere enn på konsentrasjonen funnet på referansestasjonen til Sleipner Vest (90 mg/kg). Ringhornefeltet er lokalisert nordøst av Glitne. Det gjennomsnittlige THC innholdet over Glitnefeltet er sammenlignbar med snittet over Ringhorne, men sedimenter fra Glitne inneholder mer enn dobbelt så mye barium og 40-50 % mindre kadmium og kopper enn sedimenter fra Ringhornefeltet. Konsentrasjonene av de resterende metallene er kun litt høyere enn de korresponderende konsentrasjoner funnet over Ringhornefeltet.

Det er en stor variasjon i antall individ (448 – 1508) og taxa (89 – 132) på stasjonene på feltet. Imidlertid viser de biologiske analysene en uniform fordeling av uforstyrret fauna på feltet. Korrelasjonen mellom faunafordelingen og mengden av kadmium og barium i sedimentet antas å være et resultat av naturlig variasjon i sedimentstrukturen over området. Alle verdiene av de målte kjemiske parametrene er lave og bare taxa, som er tallrik i uforstyrret sediment, er registrert blant de dominante taxa. Det er derfor konkludert med at faunaen på feltet er uforstyrret.

Tabell 36: Kjemiske data for Glitne, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
GLI01	250	10	8.6	0.014	0.006	1.1	7.7	185	7.9	6.9
GLI02	500	10	9.6	0.016	i.a.	1.3	8.3	206	8.3	7.2
GLI03	1000	10	6.9	0.013	i.a.	0.9	6.6	144	7.3	6.2
GLI04	2000	10	10.0	0.016	0.006	1.3	7.9	183	8.0	6.8
GLI05	250	100	6.8	0.017	i.a.	1.6	8.7	220	8.4	7.3
GLI06	500	100	8.6	0.020	i.a.	1.5	9.8	226	9.1	7.9
GLI07	1000	100	8.7	0.020	i.a.	1.6	10.0	238	9.0	7.6
GLI08	2000	100	8.4	0.020	i.a.	1.5	9.5	228	8.8	7.5
GLI09	250	280	9.6	0.016	i.a.	1.1	7.5	187	7.9	6.8
GLI10	500	280	9.1	0.021	i.a.	1.6	9.8	253	9.3	8.2
GLI11	1000	280	9.9	0.019	i.a.	1.2	8.4	244	8.3	7.3
GLI12	2000	280	7.0	0.016	i.a.	1.1	8.0	189	8.5	6.9
GLI13	250	190	9.7	0.018	i.a.	1.3	8.8	235	8.7	7.4
GLI14	500	190	7.6	0.022	i.a.	1.7	11.0	272	9.6	8.2
GLI15	1000	190	9.2	0.019	i.a.	1.3	8.7	215	8.4	7.3
GLI16	2000	190	7.5	0.020	i.a.	1.5	9.4	219	8.6	7.4
RII08	5261	19	8.9	0.014	0.006	1.4	7.4	215	8.4	6.7

i.a. Ikke analysert.

Tabell 37: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Glitne, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
GLI01	250	10	1045	120	4.8	0.70	37	1.41	9.2
GLI02	500	10	448	96	5.5	0.84	45	1.60	11.2
GLI03	1000	10	638	113	5.5	0.80	43	1.30	7.8
GLI04	2000	10	538	105	5.5	0.81	43	1.59	9.9
GLI05	250	100	1164	107	4.5	0.67	36	1.55	12.0
GLI06	500	100	985	111	4.9	0.72	38	1.81	12.1
GLI07	1000	100	1010	117	5.2	0.76	41	1.85	12.7
GLI08	2000	100	631	89	4.9	0.76	38	1.99	13.2
GLI09	250	280	1302	111	4.9	0.72	37	1.56	8.1
GLI10	500	280	1484	116	4.6	0.68	35	1.86	11.7
GLI11	1000	280	1227	112	4.6	0.67	35	1.61	9.9
GLI12	2000	280	951	124	5.7	0.81	45	1.50	8.7
GLI13	250	190	982	104	5.0	0.75	37	1.54	13.1
GLI14	500	190	1040	118	5.1	0.75	39	1.74	12.3
GLI15	1000	190	1010	124	5.2	0.75	40	1.81	11.8
GLI16	2000	190	1508	132	4.9	0.69	38	2.08	12.3
RII08	5261	19	647	96	5.0	0.76	38	1.92	11.45

3.15 Sleipner Vest

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Sleipner Vest er vist i Tabell 38 og Tabell 39.

Sedimentet på Sleipner Vest er klassifisert som fin sand med forholdsvis høye mengder av pelitt (11 - 25 %) og TOM (1.9 – 4.5 %). Det er en generell trend til økning i innholdet av pelitt og TOM siden foregående undersøkelse i 1997. På stasjon SLV01 har mengden av både pelitt og TOM økt betraktelig; innholdet av pelitt fra 10 til 25 % og TOM fra 2 til 4.5 %. Denne stasjonen er lokalisert 250 m nord av feltsentrum og det antas at økningen skyldes utslipp fra installasjonen.

De høyeste konsentrasjonene av THC (80-180 mg/kg) og barium (1593-3232 mg/kg) finner en i hovedstrømsretningen fra installasjonen (10°-aksen). Arealet signifikant kontaminert med THC rekker ut til 1000 m på 10°-aksen og ut til 500 m på 190°- og 280°-aksene. Mineraloljeprofil er synlig i gaskromatogram av hydrokarbonekstrakt fra kontaminerte stasjoner. I hennhold til utslippsdata, skjedde det et uhellsutslipp av oljebasert boreslam i løpet av første kvartal av år 2000. Hele det undersøkte området er signifikant kontaminert med barium. De resterende av de utvalgte metallene er kontaminert ut til 1000 m på 10°-aksen og ut til 500 m på 190°- og 280°-aksene. I 1997 var de samme stasjonene som i år ansett som signifikant kontaminert med THC mens hele feltet var ansett kontaminert med barium, kadmium og sink.

Sammenlignet med 1997 resultatene har THC innholdet økt på alle stasjoner i hovedstrømsretningen samt på den innerste stasjonen på 280°-aksen. På de resterende stasjonene er THC innholdene stort sett uforandret fra 1997. Bariuminnholdet har økt over hele Sleipner Vestfeltet. De eneste unntakene finner en på den ytterste stasjonen i hovedstrømsretningen og på den ytterste stasjonen på 100°-aksen, der innholdet har avtatt siden 1997. Innholdet av kadmium, bly og kopper har økt på det to innerste stasjonene i hovedstrømsretningen, mens innholdet av

Antall individ og taxa har gått ned på samtlige stasjoner, inklusiv referansestasjonen, siden foregående undersøkelse. Dette har resultert i en liten økning i diversiteten på de fleste stasjonene, med unntak av stasjon SLV01 der diversiteten har minket. Blant de dominante taxa i 1997 er det spesielt børstemarkene *Galathowenia oculata* og *Paramphinome jeffreysii*, som har minket fra flere hundre individ per stasjon til færre enn 100 individ.

De multivariate analysene indikerer at faunaen har, med unntak av stasjon SLV01, en forholdsvis uniform fordeling over feltet i denne undersøkelsen. Stasjon SLV01 ble adskilt fra de andre stasjonene i cluster, MDS og CCA analysene. På denne stasjonen er taxa, som er forholdsvis tallrik i forstyrret sediment (f. eks. børstemarken *Chaetozone* sp. og muslingen *Thyasira sarsi*), dominante, mens taxa, som reduseres i individantall i forstyrret sediment (f. eks. slangestjernen *Amphiura filiformis* og børstemarken *Spiophanes kröyeri*), opptrer i lavt individantall. Denne stasjonen er derfor klassifisert som gruppe B stasjon (lett forstyrret fauna), mens de resterende stasjonene er klassifisert som gruppe A stasjoner (uforstyrret fauna). Samtidig er det registrert høyt nivå av alle tungmetallene og forholdsvis høyt nivå av THC i sedimentet på stasjon SLV01.

I foregående undersøkelse i 1997 var faunaen uforstyrret på samtlige stasjoner. Det er derfor konkludert med at faunaforstyrrelsen som nå sees på stasjon SLV01 skyldes petroleumsaktiviteten på feltet i de siste tre årene.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Sleipner Vest er vist i Tabell 40 og Figur 12.

Tabell 38: Kjemiske data for Sleipner Vest, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
SLV01	250	10	75.5	0.095	0.019	14.7	39.2	3232	16.5	15.2
SLV02	500	10	180	0.034	i.a.	2.8	13.4	3009	9.3	8.7
SLV03	1000	10	102	0.026	0.006	1.9	9.9	1593	9.3	7.8
SLV07	500	100	10.7	0.025	i.a.	1.6	8.4	733	8.5	6.7
SLV08	1000	100	7.5	0.026	i.a.	1.5	8.7	251	8.8	6.8
SLV11	500	190	11.3	0.029	i.a.	2.1	10.2	2208	9.0	7.6
SLV12	1000	190	10.8	0.026	i.a.	1.8	8.8	676	9.2	7.1
SLV16	500	280	52.7	0.031	i.a.	1.8	9.7	1607	9.5	7.3
SLV17	1000	280	7.6	0.027	i.a.	2.0	10.7	624	9.8	7.6
RII07	18000	190	5.5	0.017	0.005	1.1	7.0	90	9.0	6.6

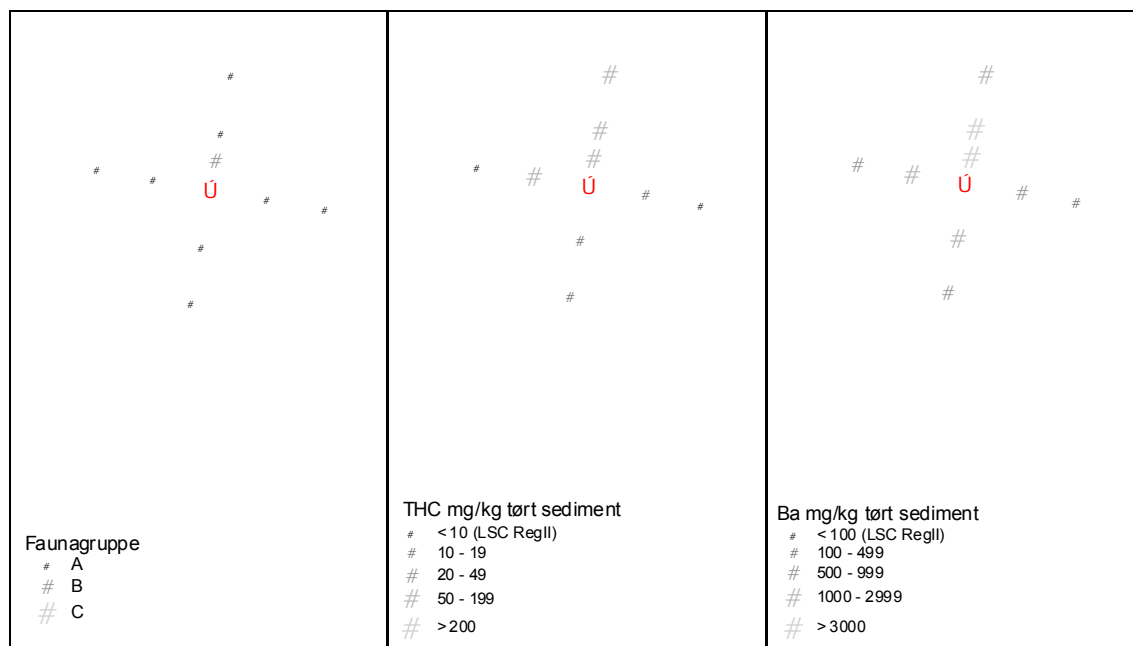
i.a. Ikke analysert.

Tabell 39: Biologisk data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Sleipner Vest, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
SLV01	250	10	1173	72	3.9	0.64	23	4.52	24.6
SLV02	500	10	764	97	5.5	0.83	43	2.41	12.1
SLV03	1000	10	653	94	5.6	0.85	44	2.13	12.3
SLV07	500	100	411	95	5.6	0.86	48	1.91	11.3
SLV08	1000	100	489	95	5.2	0.79	44	2.13	11.1
SLV11	500	190	423	84	5.5	0.86	44	2.15	11.1
SLV12	1000	190	580	107	5.6	0.83	45	2.41	12.4
SLV16	500	280	327	78	5.4	0.85	44	2.26	12.9
SLV17	1000	280	624	113	5.8	0.86	50	2.51	12.8
RII07	18000	190	692	90	5.1	0.78	39	1.26	6.8

Tabell 40: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Sleipner Vest, 2000 og foregående undersøkelse.

Sleipner Vest	N	Ø	S	V	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	250	125	125	125	0.07	0.00
THC	1000	125	500	500	0.74	0.88
Ba	1000	1000	1000	1000	3.14	3.14
Andre metaller	1000	125	500	500	0.74	3.14



Figur 12: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Sleipner Vest, 2000.

3.16 Sleipner Øst

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Sleipner Øst er vist i Tabell 41 og Tabell 42.

Sedimentet på Sleipner Øst er klassifisert som fin sand med forholdsvis lavt innhold av pelitt (1.7 – 3.2 %) og TOM (0.7 – 0.9 %) i sedimentet. Innholdet av pelitt har økt på alle Loke og de fleste SLE-stasjonene. På SLE24 har innholdet av TOM blitt mye lavere siden undersøkelsen i 1997.

Sleipner Øst er lokalisert i det grunne området sør i Region II. Dette året ble de høyeste konsentrasjonene av THC (26 mg/kg), olefiner (41 mg/kg) og barium (1735 mg/kg) funnet på LOK04. Hydrokarboner og barium er kontaminert ned til 6 cm dyp, mens olefiner er kontaminert ned til 3 cm.

Det generelle bildet av Loke er at THC, olefiner og barium er kontaminert ut til 500 m på 10°- og 100°-aksene, mens olefiner og barium er kontaminert ut til 250 m på 190° og 280°-aksene. På Loke finner en spor av Petrofree ester på 250 m stasjonene, samt på 500 m stasjonen på 100°-aksen. På SLA er de innerste stasjonene på 10°, 190°- og 280°-aksene kontaminert med THC, mens olefiner og barium er kontaminert ut til 500 m på 190°- og 280°-aksene og ut til 1000 m på 10°-aksen. I tillegg finner en forhøyede nivåer av barium ut til 1000 m på SLA 100°-aksen og på alle stasjonene på SLE 10°, 100°- og 190°-aksene. I 1997, ble LOK05 og SLE24 ansett som kontaminert med THC, mens alle stasjonene som ble undersøkt ble bedømt kontaminert med barium.

Sammenlignet med resultatene fra 1997 undersøkelsen er THC nivået på de fleste Sleipner Øst stasjonene uforandret eller kun svakt økt, mens innholdet av barium er uforandret eller redusert. De eneste unntakene finner en for LOK04, LOK08 og SLA37 der innholdet av både THC og barium har økt og for SLE24 der innholdet av THC og barium har gått ned siden 1997. Sedimentinnholdet av Petrofree ester har klart gått ned siden 1997, men spor av Petrofree finnes fremdeles på stasjonene rundt Loke.

Arealet kontaminert med THC når fremdeles ut til 250 m på Loke 100°-aksen, mens det kontaminerte området har nådd 500 m stasjonene på 10°-aksene til Loke og SLA og 250 m stasjonene på SLA 190°- og 280°- aksene. Stasjonen plassert 250 m ut på SLE 190°-aksen anses som ukontaminert med THC i

årets undersøkelse. Hele Sleipner Øst, med unntak av SLE21 and SLA27, er fremdeles kontaminert med barium.

Antall individ og taxa er forholdsvis lavt på alle stasjonene, men på samme nivå som på nabofeltene Sigyn og Varg. Antall individ har minket på de fleste stasjonene siden 1997 og den største reduksjonen er sett på stasjon SLE24, SLA33 og SLA37. Også antall taxa har minket på de fleste stasjonene med størst reduksjon på SLE24. På grunnlag av de uni- og multivariate analysene er alle stasjonene på Sleipner Øst klassifisert som gruppe A stasjoner (uforstyrret fauna). Taxa som er kjent for å være tallrike i forstyrret sediment (f. eks. børstemarkene *Chaetozone* sp. og *Ditrupea arietina*) er tilstede på alle stasjonene, men i lavt individantall. Det filterende kappedyret *Eugyra arenosa* opptrer i stort individantall på stasjonene på Loke, men det er ikke kjent om dette er et resultat av faunaforstyrrelse. Denne arten var tilstedeværende på stasjonene også i 1997, men da i tilsvarende individtetthet som det som sees på stasjonene på SLA og SLE.

I 1997 ble fem stasjoner på feltet klassifisert som gruppe B stasjoner (lett forstyrret fauna), delvis på grunn av forholdsvis høy individtetthet av børstemarken *Chaetozone setosa* på disse stasjonene. Faunaforstyrrelsen på feltet ser dermed ut til å ha minket.

Beregnet minimumsareal og utstrekning av kontaminert sediment og forstyrret fauna på Sleipner Øst er vist i Tabell 43 og Figur 13.

Tabell 41: Kjemiske data for Sleipner Øst, 2000. Konsentrasjoner i mg/kg.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	THC	Olefin	Cd	Hg	Cu	Zn	Ba	Cr	Pb
LOK03	500	10	8.9	6.1	0.004	i.a.	0.9	4.0	422	7.0	6.3
LOK04	250	10	26.0	40.9	0.008	<0.005	2.1	5.9	1735	7.8	7.0
LOK05	250	100	11.4	21.9	0.003	i.a.	1.1	4.5	666	7.5	6.5
LOK06	500	100	5.8	0.7	<0.005	i.a.	0.7	4.4	184	7.3	5.7
LOK08	250	280	7.3	2.1	0.003	i.a.	1.1	5.8	415	7.2	6.5
LOK11	250	190	7.9	<0.1	<0.005	i.a.	0.7	4.6	594	6.4	5.5
SLE16	500	10	5.0	i.a.	0.010	i.a.	0.9	4.8	63	8.2	5.8
SLE17	250	10	3.9	i.a.	0.004	<0.005	0.7	4.5	79	7.8	5.6
SLE18	250	100	3.7	i.a.	0.003	i.a.	0.8	4.4	92	7.9	5.9
SLE21	250	280	4.0	i.a.	0.003	i.a.	0.7	4.5	43	8.0	5.5
SLE24	250	190	3.8	i.a.	0.004	i.a.	0.9	4.9	103	8.0	5.9
SLA27	2000	10	4.0	<0.1	<0.005	i.a.	0.4	4.4	40	8.2	5.8
SLA28	1000	10	5.1	1.3	<0.005	<0.005	0.4	4.3	98	7.7	5.0
SLA29	500	10	10.1	4.1	0.005	<0.005	0.9	6.8	408	8.4	5.7
SLA30	500	90	4.8	<0.1	0.004	i.a.	0.5	4.9	90	8.3	5.5
SLA31	1000	100	4.0	<0.1	0.005	i.a.	0.5	5.0	50	9.1	5.8
SLA33	250	190	12.8	6.4	0.008	i.a.	1.3	12.6	435	8.3	6.7
SLA34	500	190	5.9	0.9	<0.005	i.a.	0.5	4.8	179	8.0	5.2
SLA37	250	280	16.9	5.8	0.003	i.a.	0.7	5.9	802	8.2	5.6
SLA38	500	280	6.1	0.5	0.004	i.a.	0.7	6.8	74	8.2	5.7
SLE41R	5000	100	5.4	<0.1	0.004	<0.005	1.0	4.3	18	9.1	6.3

i.a. Ikke analysert.

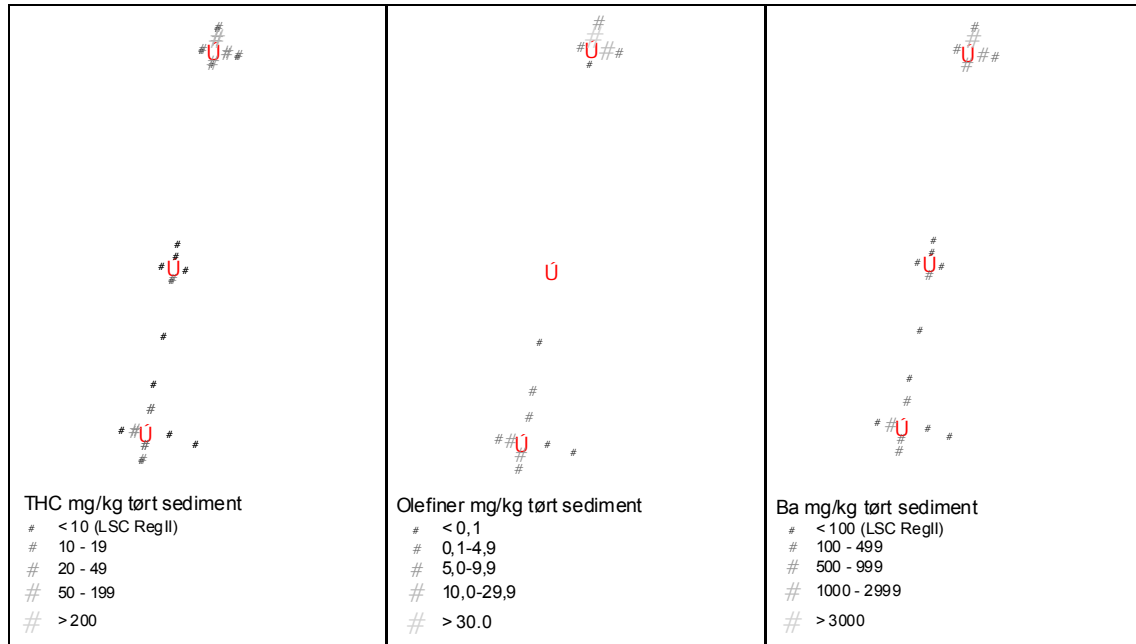
Tabell 42: Biologisk data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Sleipner Øst, 2000.

St. nr.	Avstand (m)	Retning (grader)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
LOK03	500	10	411	59	3.6	0.61	27	0.83	2.71
LOK04	250	10	307	45	3.5	0.64	25	0.91	3.20
LOK05	250	100	512	52	3.5	0.61	25	0.80	2.80
LOK06	500	100	453	67	4.7	0.77	34	0.78	2.70
LOK08	250	280	593	71	4.2	0.68	31	0.84	2.79
LOK11	250	190	530	69	4.0	0.65	29	0.83	2.83
SLE16	500	10	265	62	4.8	0.80	37	0.84	2.49
SLE17	250	10	355	54	4.5	0.78	32	0.78	2.41
SLE18	250	100	320	66	4.9	0.80	38	0.75	2.35
SLE21	250	280	347	62	4.8	0.81	36	0.92	2.42
SLE24	250	190	414	63	4.6	0.77	34	0.77	2.76
SLA27	2000	10	264	51	4.7	0.82	34	0.75	2.02
SLA28	1000	10	275	56	4.7	0.81	34	0.65	1.73
SLA29	500	10	422	62	4.8	0.80	34	0.74	2.00
SLA30	500	90	320	58	4.9	0.84	36	0.71	1.93
SLA31	1000	100	245	53	4.8	0.83	36	0.72	2.19
SLA33	250	190	271	55	5.0	0.86	37	0.77	1.86
SLA34	500	190	396	68	5.0	0.82	37	0.70	1.85
SLA37	250	280	287	61	5.1	0.86	38	0.72	1.74
SLA38	500	280	364	66	5.1	0.84	37	0.75	1.95
SLE41R	5000	100	340	46	4.0	0.73	28	0.75	1.88

Tabell 43: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Sleipner Øst, 2000 og foregående undersøkelse.

Loke	N	Ø	S	V	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	0	0	0	0	0.00	0.07
THC	500	250	125	125	0.18	0.07
Ester	250	500	250	250	0.29	0.44
Olefin	500	500	125	250	0.37	0.00
Ba	500	500	250	250	0.44	1.23
Andre	0	0	0	0	0.00	0.07
SLA	N	Ø	S	V	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	0	0	0	0	0.00	0.29
THC	500	125	250	250	0.22	0.00
Ester	125	125	250	125	0.07	0.79
Olefin	1000	125	500	500	0.74	0.00
Ba	1000	1000	500	500	1.77	12.57
Andre metaller	0	0	0	0	0.00	0.00
SLE	N	E	S	W	Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B	0	0	0	0	0.00	0.07
THC	0	0	0	0	0.00	0.07
Ba	500	250	250	125	0.22	0.29
Andre metaller	0	0	0	0	0.00	0.07
Sum Sleipner Øst					Km ² (2000)	Km ² (1997)
Gruppe B					0.00	0.44
THC					0.40	0.15
Ester					0.37	1.23
Olefin					1.10	0.00
Ba					2.43	14.09
Andre metaller					0.00	0.15

Miljøundersøkelser av olje og gassfelt i Region II, 2000
Sammendragsrapport



Figur 13: Fordeling av kontaminert sediment på Sleipner Øst, 2000.

4 Status Region II

Det er en stor variasjon i sedimentstrukturen i regionen. Sedimentet på Frigg, Sigyn, Odin, Varg og Sleipner Øst har forholdsvis lavt innhold av pelitt (< 5 %) og TOM (< 1 %), mens de høyeste verdiene er funnet på Jotun (hhv. > 15 og 2 %). Gjennomsnittsverdien for fin sand er, for de fleste felt, rundt 80 % eller høyere, med unntak av Nordøst Frigg og Varg der gjennomsnittet ligger på hhv. 40 og 60 %.

Den forholdsvis store variasjonen og lave gjennomsnittsverdien av pelitt på Sleipner Vest skyldes at en stasjon (stasjon SLV01 lokalisert 250 m nord av sentrum) har et høyt innhold sammenlignet med de andre feltstasjonene. På denne stasjonen har innholdet av pelitt og TOM økt betraktelig siden 1997, noe som indikerer tilførsel til sedimentet ved utslipp fra plattformen.

Det er en generell trend mot finere sediment i regionen i denne undersøkelsen sammenlignet med undersøkelsen utført i 1997.

Region II er delt inn i en grunn underregion som omfatter Sleipner Øst, Varg og Sigyn feltene. og Sedimenter fra underregionen, lokalisert sør i regionen, har et naturlig lavere innhold av THC og metaller enn sedimenter fra resten av regionen.

Ved evaluering av resultatene fra de kjemiske analysene av sedimenter samlet inn i årets undersøkelse er kontaminert minimumsområde av THC, syntetiske borevæsker, barium og andre metaller beregnet for hvert enkelt felt i regionen (Tabell 44). Fire av feltene er funnet ukontaminert med hensyn på THC og metaller. Disse er de tre feltene der det er utført grunnlagsundersøkelse (Ringhorne, Glitne og Sigyn) samt Nordøst Frigg der produksjonen opphørte i 1993. Nordøst Frigg var ukontaminert med hensyn på de samme parametrene også i 1997.

På Odin er tre av 100 m stasjonene ansett kontaminert med THC og andre metaller i årets undersøkelse, noe de også var i 1997. I årets undersøkelse er Odinfeltet ansett ukontaminert med hensyn på barium. I 1997 var barium kontaminert på en av 100 m stasjonene. På Odin opphørte boringen for 18 år siden og plattformen ble fjernet i 1994 og 1997.

På Heimdal er areal kontaminert med THC halvert samtidig med at THC innholdet er redusert på samtlige feltstasjoner siden 1997 undersøkelsen ble utført. Minimumsarealet kontaminert med barium er stort sett uendret siden 1997, selv om innholdet av barium har økt på samtlige stasjoner. Det er ikke rapportert om utslipp av baritt som kan forklare denne økningen. Det har ikke vært boret på Heimdal etter den foregående undersøkelsen i 1997.

På Frigg har THC nivået på en av de innerste stasjonene akkurat passert grensen for signifikant kontaminering. Selv om økningen i THC innhold er på kun 3 mg/kg tørt sediment er resultatet en liten økning i areal kontaminert med THC fra 1997. Det er rapportert om uhellutslipp av olje i perioden 1997 til 1999. Gasskromatogram fra en av de innerste stasjonene på DP2 viste mineraloljeprofil, uten at sedimentene fra denne stasjonen ble bedømt som kontaminerte. Arealet kontaminert med barium og andre metaller er uforandret fra den foregående undersøkelsen i 1997, mens innholdet av barium har økt med omtrent 220 mg/kg på to av de innerste stasjonene på DP2 uten at det er rapportert utslipp av baritt som kan forklare denne økningen. Det har ikke vært boret på Frigg etter foregående undersøkelse i 1997.

Sammenlignet med 1997 undersøkelsen er THC innholdet i sedimentene fra Frøystasjonene uendret eller redusert og arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0.29 km² (1997) til 0.07 km² (2000). Olefiner er i ferd med å forsvinne fra sedimentene, men rester er fremdeles tilstede på de innerste stasjonene. Barium er kontaminert på de samme stasjonene som i 1997, mens innholdet av barium har økt med 700-900 mg/kg på de innerste stasjonene uten at det er rapportert utslipp av baritt som kan forklare denne økningen. På de gjenstående stasjonene er bariuminnholdet stort sett uendret. Innholdet av de resterende metaller er rett over årets grense for signifikant kontaminering på tre av de innerste stasjonene, men sammenlignet med 1997 resultatene er endringene i konsentrasjonene kun ubetydelig. Det har ikke vært boret på Frøy etter foregående undersøkelse.

Det har heller ikke vært boret på Øst Frigg etter 1997, men uhellutslipp av baritt er rapportert under arbeidet med permanent tetting av brønnene i 1999. Arealet kontaminert med THC og barium er

nesten halvert fra 1997. THC og barium innholdene er totalt sett redusert over feltet, men THC og barium innholdene har økt med henholdsvis 5 mg/kg og 100 mg/kg på to av de innerste stasjonene.

På Lille Frigg, har konsentrasjonene av THC og barium økt på de innerste stasjonene nordøst av C1, C2 og C3 og arealet kontaminert med THC, barium og andre metaller er også økt noe fra 1997. Det har ikke vært boreaktivitet på Lille Frigg i de senere år, men 0.5 tonn hydraulikkolje og 140 tonn baritt ble sluppet ut under arbeidet med permanent tetting av brønnene rett før 2000 undersøkelsen.

De største arealene kontaminert med THC (1.77 km²) og barium (5.30 km²) finner en i årets undersøkelse på Jotun. På Jotun, er senterposisjonen flyttet omlag 400 m nord til nordvest siden grunnlagsundersøkelsen i 1996. Direkte sammenligning av THC og barium nivå er ikke mulig men mengden THC og barium har generelt sett økt i området. Det har vært boret 10 brønner på Jotun i løpet av 1999 og 2000 og utslipp av baritt og oljebasert boreslam er rapportert i løpet av disse årene. Gasskromatogram av sediment ekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC viste mineraloljeprofil.

På Balder er arealet kontaminert med THC halvert siden 1997 undersøkelsen ble utført. Maksimumskonsentrasjonen av THC har gått ned fra 37 til 24 mg/kg, mens det gjennomsnittlige THC innholdet over feltet er uforandret sammenlignet med 1997 resultatene. Mengden olefiner har gått ned fra 1997, men spor finnes fremdeles på 250 og 500 m stasjonene. Området kontaminert med barium har økt fra 2.93 km² (1997) til 4.21 km² (2000). Bariuminnholdet har også økt på de innerste stasjonene i hovedstrømsretninge fra templat B, C og D. I henhold til utslippsdata, ble baritt sluppet ut på Balder i 1998.

På Varg har det vært boret 10 brønner i perioden fra 1997 til 1999 og det er rapportert utslipp av baritt og oljebasert boreslam i løpet av disse årene. Minimumsarealene kontaminert med THC, barium og andre metaller har økt siden 1997 undersøkelsen ble utført. Innholdet av THC og barium har økt i sedimenter fra flere stasjoner og gasskromatogram av sediment ekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC i årets undersøkelse viste mineraloljeprofil.

På Sleipner Vest har areal kontaminert med THC gått litt ned siden 1997. Den innerste stasjonen øst av installasjonen er ansett som ikke-kontaminert med THC i årets undersøkelse. Det har vært boret 10 brønner på Sleipner Vest i perioden fra 1997 til 2000 og det er i denne perioden rapportert utslipp av baritt og oljeholdig borekaks. THC innholdet har økt i hovedstrømsretningen (nord til nordøst) fra plattformen mens bariuminnholdet har økt på de fleste stasjonene. Gasskromatogram av sediment ekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC viste mineraloljeprofil.

På Sleipner Øst, har området kontaminert med THC økt siden 1997 undersøkelsen ble utført. Det er rapportert om uhellutslipp av olefinbasert boreslam på Loke og SLA i perioden fra 1997 til 2000 samt diselkondensat på SLA i samme periode. Som forventet ut fra utslippshistorien, inneholder sedimenter fra Loke mer olefiner enn sedimenter fra SLA. Øst stasjoner ansett kontaminert med barium i årets undersøkelse var også ansett som kontaminert med barium i 1997 undersøkelsen. Minimumsarealene kontaminert med barium i år 2000 (2.43 km²) og år 1997 (14.1 km²) kan ikke sammenlignes direkte, da antall stasjoner inkludert i de to undersøkelsene er forskjellig og på grunn av at bakgrunnsnivået ikke alltid nås på de ytterste stasjonene. I 1997 undersøkelsen ble det generelt sett funnet forhøyede bariumnivå ut til 1000 og 2000 m på Loke og SLA aksene, mens kun 500 og 1000 m stasjonene på de fleste av disse aksene er inkludert i årets undersøkelse.

Ved evaluering av resultatene fra de forskjellige analysene som er utført på data fra hvert felt, er faunaen klassifisert i grupper i med tanke på nivå av forstyrrelse. Åtte av feltene i regionen er vurdert å bare ha uforstyrret fauna (gruppe A) på de undersøkte stasjonene. Disse er de tre feltene der det er utført grunnlagsundersøkelser i 2000 (Ringhorne, Sigyn og Glitne) sammen med Jotun, Lille Frigg, Øst Frigg, Nordøst Frigg og Sleipner Øst.

Uforstyrret og lett forstyrret fauna (gruppe B) ble registrert på fire av feltene. På Odin er 100 m stasjonene på alle transektene vurdert å ha lett forstyrret fauna, på Varg er faunaen lett forstyrret ut til 500 m nordøst og 250 m sørvest for sentrum, på Heimdal ut til 500 m sør og 250 m nordvest og på Sleipner Vest ut til 250 m nord for sentrum.

På de gjenstående tre feltene er det registrert tre kategorier av faunagrupper; uforstyrret, lett forstyrret og forstyrret (gruppe C). På Friggfeltet er faunaen forstyrret ut til 330 m sørøst og 250 m sørvest av TP1 installasjonen og lett forstyrret ut til 200 m nord for TCP2 installasjonen. På Frøy er faunaen forstyrret ut til 250 m nordvest og lett forstyrret ut til 500 m sørvest og 250 m sørøst og nord for feltsentrum. På Balder er faunaen forstyrret på stasjonen 250 m sørøst av templat B og lett forstyrret på stasjonene 250 m sør for templat A og C og på alle tre stasjonene på 250 m avstand fra templat D.

Beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment er vist i Tabell 44. Totalarealet kontaminert med THC i Region II har økt fra 4.15 km² i 1997 undersøkelsen til 5.27 km² i årets undersøkelse, mens totalarealet kontaminert med syntetiske borevæsker har avtatt fra 15.67 km² i 1997 til 2.89 km² i år. Total arealene kontaminert med barium kan ikke sammenlignes på grunn av omstendighetene beskrevet ovenfor i diskusjonen av Sleipner Øst. Totalarealet kontaminert med de andre metaller er derimot uendret fra 1997. Det totale areal av lett forstyrret fauna (gruppe B) i regionen har gått ned fra 1.72 km² i undersøkelsen i 1997 til 1.21 km² i denne undersøkelsen, mens areal av forstyrret fauna har økt fra 0.18 km² i 1992 til 0.24 km² i 2000.

Sammenligningen på enkeltfelt viser at faunaforstyrrelsen har minket i areal men økt i intensitet på Frigg og Balder. På Varg og Sleipner Vest ble det ikke registrert faunaforstyrrelse i foregående undersøkelse, mens det er registrert lett forstyrret fauna på feltene i denne undersøkelsen. På Heimdal har faunaforstyrrelsen økt i areal mens intensiteten har minket. På Øst Frigg, Lille Frigg og Sleipner Øst ble det registrert faunaforstyrrelse i 1997, men der er nå faunaen uforstyrret. På Jotun og Nordøst Frigg var faunaen uforstyrret i begge undersøkelsene.

Tabell 44: Beregnet minimumsareal (km²) for forstyrret fauna og kontaminert sediment i Region II, 2000.

Felt	Fauna-gruppe B	Fauna-gruppe C	THC	Olefin/ester	Ba	Andre metaller
Frigg	0.12	0.10	0.06	i.a.	0.08	0.36
Nordøst Frigg	0	0	0	i.a.	0	0
Øst Frigg	0	0	0.07	i.a.	0.18	0
Lille Frigg	0	0	0.15	i.a.	0.59	0.07
Frøy	0.29	0.07	0.07	0.29/i.a.	1.18	0.15
Ringhome	0	0	0	i.a.	0	0
Sigyn	0	0	0	i.a.	0	0
Balder	0.37	0.07	0.54	1.13/i.a.	4.21	0.15
Glitne	0	0	0	i.a.	0	0
Jotun	0	0	1.77	i.a.	5.30	0.07
Odin	0.03	0	0.02	i.a.	0	0.02
Varg	0.15	0	1.33	i.a.	1.77	0.25
Heimdal	0.18	0	0.12	i.a.	0.43	0.29
Sleipner Vest	0.07	0	0.74	i.a.	3.14	0.74
Sleipner Øst	0	0	0.40	1.10/0.37	2.43	0
Totalt areal 2000	1.21	0.24	5.27	2.89	17.87	2.11
Totalt areal 1997	1.72	0.18	4.15	15.67	22.81	2.11

i.a. =Ikke analysert.