

Miljøundersøkelse i Region III, 2004

Sammendragsrapport

Summary report



Rapporttittel / Report title

Miljøundersøkelse i Region III, 2004Forfatter(e) / Author(s)
Mannvik, Hans-Petter
Pettersen, Anita
Oug, EivindAkvaPlan-niva rapport nr / report no:
APN-411.3095-2Dato / Date:
20.03.2005Antall sider / No. of pages
84Distribusjon / Distribution
Begrenset/RestrictedOppdragsgiver / Client
Norsk Hydro
StatoilOppdragsg. ref. / Client ref.
Bjørge Fredheim
Karl Henrik Bryne

Sammendrag / Summary

Det er utført en miljøundersøkelse i Region III i den nordlige delen av Nordsjøen. Denne sammendragsrapporten presenterer resultatene fra de kjemiske og biologiske analysene utført på prøver fra totalt 175 stasjoner på 13 felt og fire regionale stasjoner. En status av miljøforholdene i regionen er gitt på slutten av rapporten.


Emneord:

Region III
Hydrokarboner
Tungmetaller
Makrofauna

Key words:

Region III
Hydrocarbons
Heavy metals
Macro fauna

Prosjektleder / Project manager



Hans-Petter Mannvik

Kvalitetskontroll / Quality control

Rune Palerud
(generelt og biologi)Kjersti Lie Gabrielsen
(kjemi)




Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra den regionale miljøundersøkelsen i Region III i Nordsjøen. Etter innledningen og kapitlene som beskriver feltarbeidet og metodene som er brukt, er resultatene for de regionale og referansestasjonene presentert og diskutert. Etter dette følger presentasjon og diskusjon av resultatene fra hvert enkelt felt som er med i Region III. En status for miljøforholdene og trendene i region er gitt på slutten av rapporten.

I tillegg til denne hovedrapporten foreligger det sammendragsrapporter på norsk og engelsk. Alle rådata fra undersøkelsen er tilgjengelig i appendiks som ligger på vedlagte CD-ROM.

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS i samarbeid med følgende konsulenter:

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

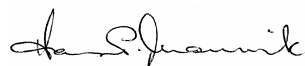
 NORSK AKKREDITERING TEST-079	Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking av marine sedimenter, analyser av makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger i hht Aktivitetsforskriften, akkrediteringsnr. TEST 079. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.
 NORSK AKKREDITERING TEST-061	Unilab Analyse AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for analyser av THC, NPD, 16EPA-PAH og TOM, akkrediteringsnr. TEST 061. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.
 NORSK AKKREDITERING TEST-009	NIVA er akkreditert av Norsk Akkreditering for analyser av tungmetaller, akkrediteringsnr. TEST 009. Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.

Arbeidet ble tildelt av Norsk Hydro (kontraktsnr. 5252546) på vegne av operatørene i regionen. Følgende felt inngår i denne regionale undersøkelsen:

Norsk Hydro Oseberg Feltsenter, Oseberg C, Oseberg Øst, Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, Brage, Troll B, Troll C, TOGI

Statoil Veslefrikk, Huldra

Tromsø 20. mars 2005
Akvaplan-niva AS



Hans-Petter Mannvik
Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

REGION III, 2004: SAMMENDRAGSRAPPORT	1
RESYMÉ	1
1 INNLEDNING	4
2 RESULTATER	9
2.1 Regionale og referansestasjoner	9
2.2 Veslefrikk	11
2.3 Huldra	14
2.4 Oseberg Sør	16
2.5 Oseberg C	18
2.6 Oseberg Feltsenter	21
2.7 Oseberg Øst	23
2.8 Oseberg G	26
2.9 Oseberg J	27
2.10 Brage	28
2.11 TOGI	31
2.12 Troll B	33
2.13 Troll C	35
2.14 Fram Vest	36
2.15 Status Region III	39
REGION III 2004 - SUMMARY REPORT	43
3 RÉSUMÉ	43
4 INTRODUCTION	46
5 RESULTS	51
5.1 Regional and Reference stations	51
5.2 Veslefrikk	53
5.3 Huldra	56
5.4 Oseberg Sør	58
5.5 Oseberg C	60
5.6 Oseberg Feltsenter	63
5.7 Oseberg Øst	65
5.8 Oseberg G	68
5.9 Oseberg J	69
5.10 Brage	71
5.11 TOGI	74
5.12 Troll B	76
5.13 Troll C	78
5.14 Fram Vest	79
5.15 Status Region III	82

Region III, 2004: Sammendragsrapport

Resymé

Norsk Hydro (kontraktsnr. 5252546) ga, på vegne av operatørene, Akvaplan-niva AS i oppdrag å utføre en regional miljøundersøkelse i Region III i Nordsjøen. Feltene som er med i undersøkelsen er Veslefrikk, Huldra, Oseberg Feltsenter, Oseberg C, Oseberg Øst, Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, Brage, Troll B, Troll C og TOGI. I tillegg er det samlet inn prøver fra fire regionale og åtte referansestasjoner. Feltarbeidet ble utført i perioden 22.05 - 05.06 2004 da det ble samlet inn prøver fra totalt 175 stasjoner i regionen. Undersøkelsene på Oseberg G og Oseberg J er grunnlagsundersøkelser.

Det er stor variasjon i sedimentsammensetningen over regionen. Feltene i den dype delen av regionen (Fram Vest, TOGI og Trollfeltene) har et mye høyere innhold av pelitt (> 89 %) og TOM (> 7 %) og lavere innhold av fin sand (< 10 %) enn feltene i den grunne delen. Det groveste sedimentet er registrert på Oseberg Sør og Huldra.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det registrert størst reduksjon i innhold av pelitt i sedimentet på stasjoner på Oseberg Øst og Brage, mens innhold av TOM har størst reduksjon på Veslefrikk.

Region III er delt inn i en dyp og en grunn underregion. Den dype underregionen omfatter TOGI, Troll B, Troll C og Fram Vest, mens den grunne underregionen omfatter de øvrige feltene. Sedimentene i den dype underregionen har et naturlig høyere innhold av THC og metaller enn sedimentene i den grunnere underregionen. Regional- og referansestasjonene er fremdeles upåvirket av boreaktiviteten i området.

De kjemiske analyseresultatene på hvert felt er vurdert opp mot spesifikke grenseverdier. Hvis innholdet av en kjemisk substans overskrider tilhørende grenseverdi, kan en som regel si at sedimentet er kontaminert med denne forbindelsen. Det totale areal for kontaminert sediment på enkeltfeltene og regionen som helhet er vist i tabellen nedenfor.

Med et unntak, samsvarer resultatene fra de kjemiske analysene med bore- og utslippsaktiviteten på feltene. Sedimentene på de to feltene der det er utført grunnlagsundersøkelser, Oseberg G og Oseberg J, er upåvirket av petroleumsaktiviteten i området.

I den grunne underregionen skiller sedimentet på Veslefrikk seg ut med de høyeste enkeltverdiene av THC (320 mg/kg), barium (5373 mg/kg) og øvrige metaller, og feltet har de største arealene med kontaminert sediment. På Oseberg Feltsenter og Oseberg C er det målt THC-verdier over 100 mg/kg tørt sediment. På de øvrige feltene i den grunne underregionen er samtlige THC-verdier under 50 mg/kg tørt sediment. På Oseberg Sør er det ikke målt bariumverdier over 500 mg/kg. De høyeste bariumkonsentrasjonene er over 2000 mg/kg på de øvrige feltene.

Innholdet av eter er analysert i sediment fra Oseberg Feltsenter og Oseberg C, mens sediment fra Brage er analysert for innhold av både eter og olefiner. Den inneste stasjonen sørøst av Oseberg C har det høyeste innholdet av eter (1189 mg/kg). På de øvrige stasjonene varierer innholdet fra verdier under kvantifiseringsgrensen til 10 mg/kg tørt sediment. På Oseberg Feltsenter har en feltstasjon kvantifiserbare mengder eter (0,11 mg/kg). På Brage er det påvist eter (0,1-2,2 mg/kg) i sedimentene på seks feltstasjoner. Sedimentene inneholder ikke lengre detekterbare mengder olefin.

I den dype underregionen skiller Fram Vest seg ut med de høyeste enkeltverdiene av THC (707 mg/kg) og barium (2797 mg/kg). På de øvrige feltene i den dype-underregionen er THC-innholdet på bakgrunnsnivå. På Troll B er ni av ti feltstasjoner kontaminert med barium, mens sedimentene på alle feltstasjonene på Troll C er kontaminert med barium. På TOGI, Troll B og Troll C er de høyest målte bariumverdiene over 1000 mg/kg.

Fem av feltene, Oseberg Sør, Troll B, Troll C, TOGI og Fram Vest, er ansett som ikke-kontaminert med hensyn på øvrige metaller.

Gjennom vurderingen av resultatene fra de forskjellige analysene som ble utført på data fra hvert felt ble faunaen på hver stasjon klassifisert i grupper ut fra nivå av faunaforstyrrelse. Det totale areal for forstyrret fauna på enkeltfeltene og regionen som helhet for denne og foregående undersøkelse er vist i tabellen nedenfor

Syv av feltene i regionen er vurdert å bare ha uforstyrret fauna på de undersøkte stasjonene. Dette er Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, TOGI, Troll B, Troll C og Fram Vest. På Oseberg Sør og Fram Vest ble det registrert sediment kontaminert med THC på noen stasjoner. Nivåene på Oseberg Sør er lave, mens de var høye på Fram Vest. Likevel har ikke faunaen reagert på disse.

På seks av feltene i regionen (Veslefrikk, Huldra, Oseberg C, Oseberg Feltsenter, Oseberg Øst og Brage) er det registrert lett eller tydelig forstyrrelse av faunaen som følge av petroleumsaktiviteten. På stasjonene med forstyrret fauna, domineres faunaen mer eller mindre av børstemark og muslinger som er typiske for kontaminert/organisk anrikt sediment.

På Veslefrikk har innholdet av THC gått kraftig ned i sedimentene mot sørøst. En mindre økning i THC mot nordvest har derimot ført til at arealet kontaminert med THC har økt fra 3,53 til 4,12 km². Innholdet av barium og øvrige metaller har gått ned i sedimentene. Areal kontaminert med barium er uforandret, mens areal kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 3,53 til 1,77 km². Areal for forstyrret fauna har minket siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 1000 m sørøst av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed minket fra 1,47 til 0,22 km² de tre siste årene.

På Huldra har innholdet av THC, barium og øvrige metaller gått ned. Areal kontaminert med THC og øvrige metaller har gått ned fra henholdsvis 0,10 og 1,47 km² til 0,07 km² for begge. Kontamineringen med barium har gått ned fra 1,18 til 0,59 km². Areal for lett forstyrret fauna er i denne undersøkelsen 0,07 km² og strekker seg ut til 250 m sørøst av sentrum. Faunaen var uforstyrret i foregående undersøkelse.

På Oseberg Sør har innholdet av THC gått ned og arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0,59 til 0,18 km². Innholdet av barium har gått ned i sedimentene mot nordøst, sørøst og sørvest. Økt innhold av barium i sedimentene mot nordvest har derimot resultert i at arealet kontaminert med barium har økt fra 0,39 km² til 0,44 km². Sedimentene anses fremdeles som ikke kontaminerte med hensyn på øvrige metaller.

På Oseberg C er det en generell økning i innhold av THC (+58 mg/kg), eter (+104 mg/kg) og metaller i sedimentene på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen. Denne økningen kan ikke forklares ut fra aktiviteten på feltet. På de øvrige feltstasjonene har innholdet av THC og eter gått ned, og arealene kontaminert med THC og eter er dermed redusert fra henholdsvis 0,49 til 0,18 km² og fra 7,10 km² til 2,21 km². Selv om innholdet av barium har gått ned i sedimentene på flere feltstasjoner, har økt innhold i sedimentene mot nordvest ført til at kontaminert areal har økt fra 0,88 til 1,18 km². Areal kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 0,29 til 0,12 km². Areal for forstyrret fauna er likt med foregående undersøkelse og strekker seg fremdeles ut til 1000 m sørøst av sentrum og 250 m på de andre transektene. Faunaforstyrrelsen på feltet er 0,49 km².

På Oseberg Feltsenter har innholdet av THC og eter gått ned i sedimentene. Areal kontaminert med THC har gått ned fra 1,34 til 0,33 km² og eter fra 0,2 til 0 km². Areal kontaminert med barium har økt fra 1,57 til 1,96 km² som et resultat av økt bariuminnhold i sedimentene mot nordøst. Innholdet av de øvrige metallene er stort sett uendret, men en liten økning på en feltstasjon har resultert i at arealet kontaminert med øvrige metaller har økt fra 0,23 til 0,33 km². Areal for forstyrret fauna har minket siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 750 m sørøst og 500 m sørvest av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed minket fra 1,23 til 0,43 km² de tre siste årene.

På Oseberg Øst har innholdet av THC og metaller gått ned i sedimentene. Areal kontaminert med THC har gått ned fra 0,74 til 0,61 km², barium fra 9,82 til 7,51 km² og øvrige metaller fra 0,37 til 0,15 km². Areal for forstyrret fauna har økt siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 4000 m sørøst og 2000 m nordøst av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed økt fra 4,71 til 6,88 km² de tre siste årene. Imidlertid må det også bemerkes at faunaen nå vurderes som uforstyrret på transektene mot SV og NV der det i foregående undersøkelse var lett faunaforstyrrelse ut til hhv. 1000 og 2000 m.

På Brage har innholdet av THC, olefiner, eter og barium gått ned i sedimentene. Areal kontaminert med THC har gått ned fra 0,66 til 0,33 km², olefiner fra 0,12 til 0 km², eter fra 3,93 til 0,88 km² og barium fra 4,91 til 0,88 km². Som et resultat av at metallinnhold har økt i sedimentene mot nordvest har arealet kontaminert med øvrige metaller gått opp fra 0,18 til 0,29 km². Arealet for forstyrret fauna har minnet siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 1000 m sørøst og 250 m nordøst og nordvest av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed minnet fra 1,77 til 0,37 km² de tre siste årene.

På TOGI er THC-innholdet fremdeles på bakgrunnsnivå. Nedgang i bariuminnhold i sedimentene på de ytterste stasjonene mot vest har ført til at utstrekningen av sediment kontaminert med barium har gått ned fra 2000 m til 500 m. I årets undersøkelse er kun den innerste stasjonen undersøkt på de øvrige aksene. Bariuminnholdet er stort sett uendret på disse stasjonene, og sedimentene er fremdeles kontaminert med barium.

Det totale arealet i Region III kontaminert med THC har gått ned fra 7,45 km² i foregående undersøkelse til 6,02 km² i årets undersøkelse. Totalarealet kontaminert med barium kan derimot ikke sammenlignes direkte ettersom stasjonsutvalget er endret for enkelte av feltene samtidig som sedimentets innhold av barium ikke alltid når bakgrunnsnivå selv på de ytterste stasjonene. Totalareal kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 6,07 km² til 2,73 km². Det totale arealet for lett forstyrret fauna (faunagruppe B) har minnet fra 9,67 km² i foregående undersøkelse til 8,46 km² i denne undersøkelsen, mens arealet for tydelig forstyrret fauna (faunagruppe C) har en liten økning fra 0,64 til 0,67 km².

Areal (km²) med kontaminert sediment og forstyrret fauna på feltene i Region III.

Felt	Faunagruppe B	Faunagruppe C	THC	Olefin/eter	Ba	Øvrige metaller
Veslefrikk	0,22	0,12	4,12	n.a. / n.a.	9,42	1,77
Huldra	0,07	0	0,07	n.a. / n.a.	0,59	0,07
Oseberg Sør	0	0	0,18	n.a. / n.a.	0,44	0
Oseberg C	0,49	0,12	0,18	n.a. / 2,21	1,18	0,12
Oseberg Feltsenter	0,43	0,09	0,33	n.a. / 0	1,96	0,33
Oseberg Øst	6,88	0,22	0,61	n.a. / n.a.	7,51	0,15
Oseberg G	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Oseberg J	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Brage	0,37	0,12	0,33	0 / 0,88	0,88	0,29
TOGI	0	0	0	n.a. / n.a.	0,29	0
Fram Vest	0	0	0,20	n.a. / n.a.	0,79	0
Totalt areal 2004	8,46	0,67	6,02	0 / 3,09	22,87	2,73
Totalt areal 2001 *	9,67	0,64	7,45	0,12 / 11,23	30,13	6,07

* Undersøkelse på Fram Vest i 2002.

1 Innledning

Norsk Hydro ga, på vegne av operatørene, Akvaplan-niva AS i oppdrag å utføre en regional miljøundersøkelse i Region III i Nordsjøen (kontraktnr. 5252546). Innsamlingsprogrammet for denne regionale miljøundersøkelsen var utarbeidet i hht. Vedlegg 1 til aktivitetsforskriften. Prøver ble samlet inn fra totalt 175 stasjoner i regionen.

Feltene som er med i undersøkelsen er:

Norsk Hydro	Oseberg Feltsenter, Oseberg C, Oseberg Øst, Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, Brage, Troll B, Troll C, TOGI, Fram Vest
Statoil	Veslefrikk, Huldra

Undersøkelsene på Oseberg G og Oseberg J er grunnlagsundersøkelser.

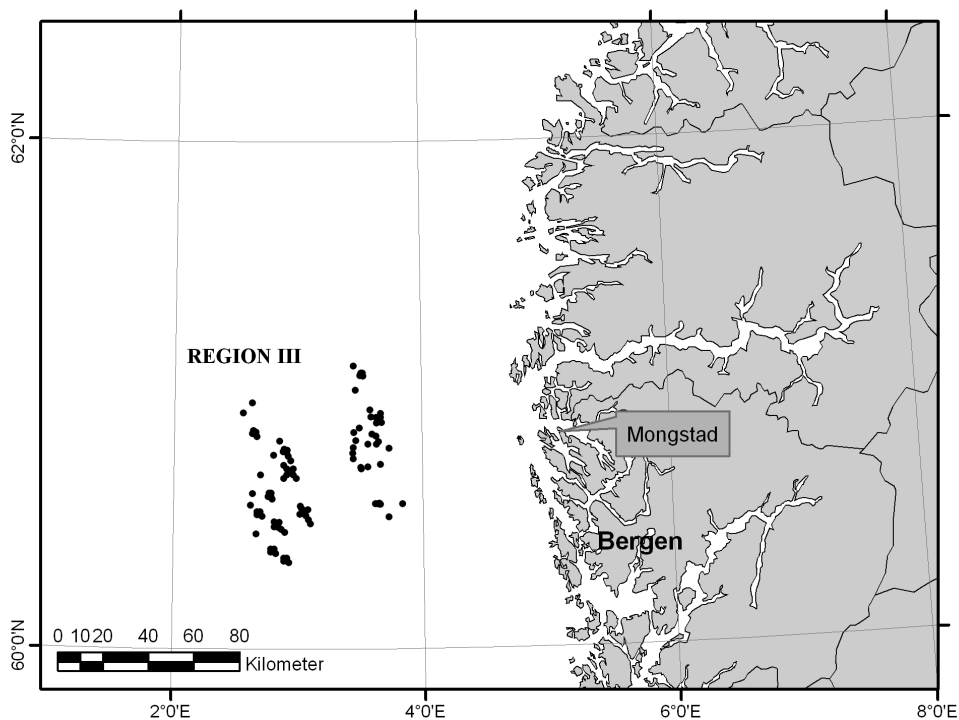
Undersøkelsen ble utført av Akvaplan-niva i samarbeid med følgende laboratorier:

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

I tillegg har MUST as utført analyser av CDI (Community Disturbance Index) og EDI (Environmental Disturbance Index) for alle felt i Region III. Resultatene er vist i hovedrapporten og appendiks.

Region III ligger i den nordlige delen av Nordsjøen og dypet varierer fra ca. 90 meter i vest (Osebergområdet) til 360 meter i øst (Trollområdet i Norskerenna). Hovedstrømretningen i regionen er mot sørøst. Bakgrunnsinformasjon for hvert felt i regionen er gitt i de respektive resultatkapitlene.

Et kart som viser lokaliseringen av Region III er vist i Figur 1, mens Figur 2 viser feltenes lokalisering i regionen.

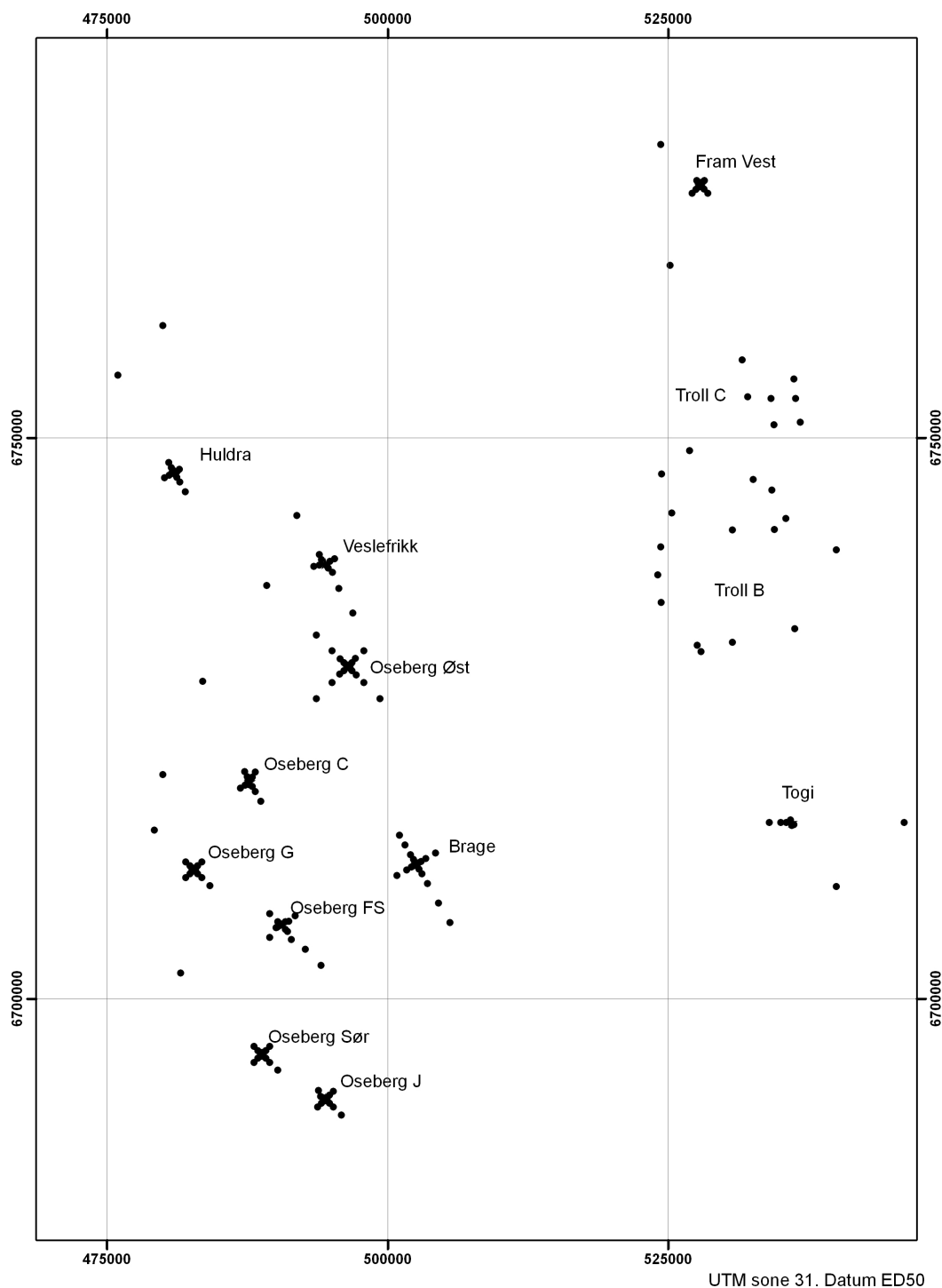


Figur 1: Lokalisering av Region III i Nordsjøen.

Petroleumsaktiviteten i regionen begynte i 1989 da produksjonen på Oseberg Feltsenter startet. Opplysninger om bore- og utslippsaktiviteten er gitt i resultatkapitlene for hvert enkelt felt.

Dette er den tredje regionale undersøkelsen som er utført i Region III. I tillegg til stasjonene på hvert felt er fire regionale og åtte referansestasjoner inkludert i undersøkelsen. På denne måten samles det inn data fra antatte upåvirkete lokaliteter som gir informasjon om den naturlige og geografiske variasjonen i regionen.

Innsamlingsprogrammet for Region III er vist i appendiks.



Figur 2: Feltenes lokalisering i Region III.

Utvalget av stasjoner på hvert felt i Region III er basert på data fra tidligere undersøkelser. Generelt er det samlet inn prøver på tre til fire stasjoner i hovedstrømretningen og to til tre stasjoner i de andre retningene. På Troll B og C er det samlet inn prøver på en til to stasjoner ved hver brønn. Lokaliseringen av de fire regionale stasjonene er gjort med tanke på informasjon om de naturlige geografiske og topografiske variasjonene av bunnforholdene i regionen.

Feltarbeidet ble utført ombord på "Island Frontier". Feltarbeid ble utført i tidsrommet 22.05 – 05.06 2004. Stasjonsposisjoner (grader og avstand fra sentrum og UTM koordinater) sammen med dyp og sedimentvolum (biologiske prøver) for hver stasjon på hvert felt er presentert i tabeller i de respektive resultatkapitler.

Posisjoneringen ble utført av posisjoneringspersonell og kaptein og styrmann ombord på fartøyet ut fra de gitte stasjonsplasseringene. Stasjonenes posisjoner ble lokalisert ved hjelp av GPS (Global Positioning System) og båten ble holdt i denne posisjonen ved hjelp av DP2 (dynamisk posisjonering). For å unngå at flere grabbskudd ble tatt på samme sted på sedimentoverflaten og prøvene dermed forkastet, ble båten forflyttet under innsamlingen på lokalitetene.

Med noen få unntak ble feltarbeidet gjennomført i hht. innsamlingsprogrammet. På Troll B og Troll C ble to planlagte stasjoner (TRB04-07 og TRC04-06) sløffet da borerigg lå på posisjonene. På Fram Vest ble tre planlagte stasjoner (Fram A1-11, Fram A2-03 og Fram A2-06) sløffet fordi toktet måtte avsluttes.

På Fram Vest, TOGI og Trollfeltene var det planlagt å bruke bokscorer til innsamlingen av prøver. Imidlertid var wiredimensjonen som var ombord på fartøyet ikke egnet til dette formålet. Samtidig viste det seg at grabben fungerte tilfredsstillende for prøvetaking i det bløte sedimentet.

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 III 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 strømharde 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 30 mg/kg tørt sediment. Hydrokarbonene analyseres ved hjelp av gass-

kromatografi. Hydrokarboner relatert til mineralolje vil gi et lett gjenkjennelig mønster i gasskromatogrammet. Spor av de fleste pseudooljene kan også lett påvises ved denne analysemetoden. I tillegg til å analysere totalt hydrokarboninnhold i sedimentene på alle stasjoner, blir mengden av spesifikke alifatiske og aromatiske hydrokarboner kvantifisert i sedimentene på utvalgte stasjoner.

Det naturlige metallinnholdet i sedimentet varierer med sedimenttype og struktur. Den industrielle aktiviteten på et felt kan gi forhøyede nivåer av forskjellige metaller. Sedimentprøvene analyseres derfor for utvalgte tungmetaller som kvikksølv, kadmium, sink, kobber, 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 sedimenter. 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 valget av bakgrunnsverdier er beskrevet i kapitlet som omhandler regionale- og referansestasjoner. Syntetiske borevæsker som estere, etere og olefiner, inkludert i syntetisk boreslam, er ikke naturlig tilstede i upåvirket sediment. Dersom disse forbindelsene finnes i sedimenter, anses sedimentene som kontaminerte.

For å se om det er relasjoner mellom sedimentenes innhold av hydrokarboner og metaller og for å se om enkelte stasjoner danner grupperinger, er det foretatt prinsipal komponentanalyse (PCA) på de kjemiske analyseresultatene til feltene i Region III. Kvikksølv og PAH er utelatt på grunn av at parametrene måles kun på utvalgte stasjoner. Sedimentparametre (kornfraksjoner og TOM) er inkludert som passive variable for å illustrere relasjoner til hydrokarboner og metaller.

I PCA-plot er variablene representert ved vektorer som peker i retning av økende verdier. Verdiene avtar i motsatt retning. Lange vektorer indikerer sterke gradienter. Vinkelen mellom vektorene angir tilnærmet korrelasjon mellom variable.

Artssammensetningen i et bunndyrsmiljø er avhengig av en 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 (clusteranalyser og MDS), korrelasjonsanalyser (CCA) og en vurdering av faunistiske data (ant. arter og individ, diversitetsindekser, dominante arter osv.) på hver stasjon. På denne måten er følgende fire fauna-grupper definert i denne rapporten:

Gruppe A: Uforstyrret fauna, vanligvis med lav dominans og en bred sammensetning av taxa fra forskjellige taksonomiske grupper, inklusiv børstemark, bløtdyr, pigghuder og krepsdyr. Taxa som erfaringsmessig opptrer i forstyrret sediment er fraværende eller forekommer i lavt individantall.

Gruppe B: Lett forstyrret fauna, vanligvis med noe høyere dominans, men med bred sammensetning av taxa fra forskjellige grupper. Faunasammensetningen er svakt, men påvisbart endret i forhold til

nærliggende og/eller sammenlignbare stasjoner med tilsvarende naturforhold Taxa som erfaringsmessig opptrer i forstyrret sediment, inklusiv børstemark og bløtdyr, øker i individtall, men er vanligvis ikke dominerende.

Gruppe C: Tydelig forstyrret fauna, generelt med høyere dominans og lavere antall taxa. Faunasammensetningen er tydelig endret. 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 og spesielt tolerante muslinger med symbiotiske bakterier. Pigghuder og krepsdyr er sjeldne eller mangler. Lavt antall taxa.

Naturlig variasjon kan forekomme for flere faunaparametere innen hver gruppe. Klassifiseringen bygger derfor på en totalvurdering av faunaen. Som eksempel kan enkelte arter på stasjoner med uforstyrret fauna opptre i høye individtall og dermed resultere i nedsatt diversitet. Dette gjelder bl.a. børstemarkene *Euchone* sp., *Myriochele oculata* og *Owenia fusiformis*. Disse har vist seg å variere mye både i tid og rom uavhengig av petroleumsaktiviteten i det aktuelle området.

De mest vanlige taxa som opptrer i økt individtall i kontaminert/organisk anrikt sediment er børstemarkene *Capitella capitata*, *Chaetozone* spp., *Cirratulus* spp., *Ophryotrocha* sp. og *Ditropa arietina* og muslingene *Thyasira sarsi*, *T. flexuosa* og *Lucinoma borealis*. Pigghuder, som f.eks. slangestjernen *Amphiura filiformis* reduseres i individtall eller blir borte under slike forhold.

CCA kombinerer miljøparametrene med faunasammensetningen og søker spesielt etter mønstre i faunasammensetningen som kan relateres til gradienter i parametrene. Analysen beregner også hvor mye av variansen i biologidataene som kan beskrives ved miljøparametrene enkeltvis eller samlet. Dette vil være mål på i hvilken grad parametrene representerer faktorer som har betydning for faunaen.

Beregnet areal for kontaminert sediment og forstyrret 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/forstyrret stasjon brukt. Der det bare ble påvist kontaminering eller forstyrret fauna på ett til tre transekt, ble 125 m brukt som radius på ikke-kontaminerte og/eller uforstyrret transekt.

Mer detaljerte opplysninger er gitt i hovedrapporten.

Laboratoriene er akkreditert av Norsk Akkreditering; Akvaplan-niva med TEST079, Unilab Analyse med TEST061 og NIVA med TEST009.

2 Resultater

2.1 Regionale og referansestasjoner

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra de regionale og referansestasjonene i Region III er vist i Tabell 1 til Tabell 5.

De regionale og referansestasjonene i Region III ligger på dyp mellom 93 m (referansestasjon OSS14R på Oseberg Sør) og 361 m (referansestasjon FramA2-07R på Fram Vest). Dette gir utslag i store forskjeller i sedimentsammensetningen på stasjonene. De høyeste pelitt- og TOM-verdiene er registrert i de dype områdene i regionen, mens det groveste sedimentet med lavest organisk innhold er registrert i de grunne områdene. Grovest sediment er det på Oseberg Sør og Huldra.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det, med få unntak, lite variasjon i sedimentet. På referansestasjonen på Oseberg Sør er det registrert forholdsvis stor økning i innholdet av fin sand.

Det er stor spennvidde mellom minimums- og maksimumskonsentrasjonene av hydrokarboner og metaller i Region III. Det generelle bildet er at innholdet av THC og metaller øker med økende stasjonsdyp og innhold av pelitt og TOM. Hydrokarbon- og metallkonsentrasjonene er generelt sett sammenlignbare med konsentrasjoner registrert i tidligere undersøkelser. Regional- og referansestasjonene er fremdeles upåvirket av bore- og utslippsaktiviteten i området.

PCA av bakgrunns materialet for de kjemiske analysene fra regional og referansestasjonene i årets og tidligere års undersøkelser klargjorde, som i tidligere undersøkelser, behovet for å dele Region III inn i en grunn og en dyp underregion. I den dype underregionen (Troll området øst i Region III) varierer de naturlige bakgrunnsverdiene av THC mellom 18 – 25 mg/kg tørt sediment og barium mellom 229 – 407 mg/kg tørt sediment. I den grunnere underregionen (Oseberg området vest i Region III) varierer de naturlige bakgrunnsverdiene av THC mellom 2 – 8 mg/kg tørt sediment og barium mellom 16 - 139 mg/kg tørt sediment.

De naturlige bakgrunnskonsentrasjonene av kjemiske substanser over den grunne Oseberg og den dype Troll underregionen er presentert i Tabell 2 og Tabell 3. De statistiske grensene for påvising av signifikant kontaminering av kjemiske substanser i sedimenter fra den grunne Oseberg underregionen (LSC₉₈₋₀₁ grunt RegIII) og den dype Troll underregionen (LSC₀₁ dyp RegIII og LSC₉₈₋₀₁ dyp RegIII) er presentert i Tabell 4.

Det er store forskjeller i antall individ og taxa på de regionale og referansestasjonene i Region III. Det høyeste individantall er registrert på referansestasjonen for Oseberg C og høyest antall taxa på referansestasjonene for Oseberg Øst og TOGI, mens laveste antall for begge disse er registrert på referansestasjonen for Oseberg Sør.

De store variasjonene i dybde- og sedimentforholdene i regionen gir seg også utslag i forskjeller i faunaen på stasjonene. Dette vises tydelig i de multivariate analysene der stasjonene fra den grunne og den dype delen av regionen blir skilt ut i to klart atskilte grupper. I den grunne delen domineres faunaen av børstemarkene *Galathowenia oculata* og *Owenia fusiformis*, slangestjernen *Amphiura filiformis* og muslingen *Mysella bidentata*, mens de stort sett er fraværende på stasjonene i den dype delen. Det motsatte er tilfelle med f. eks. børstemarken *Heteromastus filiformis* og muslingene *Thyasira eumyaria* og *T. ferruginea* som har høye individantall på de dype stasjonene, men er fraværende i den grunne delen. Korrelasjonsanalysen viser en klar sammenheng mellom faunafordelingen og naturlig variasjon i sedimentsammensetningen, noe som igjen også er korrelert med dyp.

Selv om de regionale og referansestasjonene i den dype delen av regionen dekker et stort geografisk område, er det meget stor likhet i faunasammensetningen på disse stasjonene. På stasjonene i den grunne delen er faunaen mer variert, noe som kan ses i sammenheng med sedimentets varierende innhold av fin til grov sand.

På enkelte av stasjonene er det registrert forholdsvis lave diversitetsindekser noe som skyldes overdominans av to børstemarkarter (*Galathowenia oculata* og *Owenia fusiformis*). Dette gjelder spesielt på stasjon OSC01R der diversitetsindeksen H' er 3,6. Det må imidlertid presiseres at disse stasjonene ikke er påvirket av petroleumsaktiviteten i området, men at den lave diversiteten her skyldes naturlig variasjon i faunasammensetningen i området.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det en generell tendens til reduksjon i antall individ, mens antall taxa og diversitet viser mindre endringer.

Ingen av de regionale og referansestasjonene i Region III har sediment eller fauna som er påvirket av petroleumsaktiviteten i området.

Tabell 1: Kjemiske data for de regionale og referansestasjonene i Region III, 2004. Alle konsentrasjonene er gitt i mg/kg tørt sediment (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	UTM ED50, zone 31		THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
	N	Ø								
OSS14R	6720000	480000	2,0	25	<0,005	2,7	0,6	<0,005	2,0	3,3
OSG17R	6720000	480000	4,7	16	0,007	5,2	1,2	<0,005	2,7	4,4
RIII02	6710000	540000	7,6	24,6	0,011	5,4	1,2	0,003	2,8	4,9
OSC01R	6760000	480000	4,8	37	0,008	5,1	1,1	0,003	3,0	4,2
HUL16R	6740000	540000	3,3	84	0,021	4,7	1,2	<0,005	4,0	5,5
OSE14R	6743062	491945	4,2	87	0,016	5,0	1,5	0,004	4,7	5,8
VFR12R	6755589	475996	7,2	117	0,013	5,0	1,6	0,004	3,6	6,1
RIII07	6702295	481555	6,4	139	0,018	4,8	1,3	0,004	4,5	5,4
RIII06	6728317	483529	17,7	229	0,088	37,9	15,9	0,033	32,7	65,3
TOG11R	6736845	489240	28,8	283	0,083	37,4	16,1	0,030	34,7	68,5
RIII08B	6715026	479212	20,9	407	0,100	39,5	17,1	0,043	37,8	69,4
TRC99R	6715706	546039	24,1	351	0,091	40,2	19,0	0,033	45,3	79,6
Fram A2-07R	6765368	525186	24,8	364	0,097	41,8	19,3	0,040	46,3	80,8

Tabell 2: Generelle bakgrunnsnivåer av hydrokarboner (snitt ± sd.) over den grunne og dype underregionen av Region III, 2004. Alle verdier er gitt i mg/kg tørt sediment.

	THC	NPD'er	16 EPA	Dekaliner
Bakgrunn _{98-04 aruntReall}	5,5 ± 2,4	0,010 ± 0,005	0,019 ± 0,009	0,023 ± 0,010
Bakgrunn _{98-04 dyptReall}	24,0 ± 4,4	0,265 ± 0,068	0,532 ± 0,130	0,037 ± 0,034

Tabell 3: Generelle bakgrunnsnivåer av utvalgte metaller (snitt ± sd.) over den grunne og dype underregionen av Region III, 2004. Alle verdier er gitt i mg/kg tørt sediment.

	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Bakgrunn _{98-04 aruntReall}	71 ± 58	0,015 ± 0,008	4,8 ± 1,0	1,0 ± 0,4	0,004 ± 0,003	3,6 ± 1,1	4,4 ± 1,3
Bakgrunn _{98-04 dyptReall}	327 ± 56	0,097 ± 0,014	37,5 ± 2,7	16,0 ± 2,0	0,039 ± 0,007	39,3 ± 5,2	70,2 ± 8,8

Tabell 4: Beregnet grenser for signifikant kontaminering (LSC) for kjemiske parametere i sedimenter i den grunne og dype underregionen av Region III, 2004. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	THC	NPD'er	16 EPA	Dekaliner	Ba	Cd	Cr*	Cu	Hg	Pb	Zn
LSC _{98-04 aruntReall}	10,0	0,020	0,035	<0,050	177	0,028	6,7	1,8	0,010	5,5	6,9
LSC _{98-04 dyptReall}	33,0	0,404	0,798	0,106	436	0,125	43,0	19,9	0,053	49,4	87,4

Tabell 5: Biologiske data og mengde pelitt og TOM (%) på de regionale og referansestasjonene i Region III, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	UTM ED50, zone 31 N Ø		Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSS14R	6720000	480000	221	49	4,6	0,82	33	0,5	1,4
OSG17R	6720000	480000	474	65	4,7	0,78	33	1,1	2,6
RIII02a	6710000	540000	372	57	4,4	0,75	30	1,0	3,5
RIII02b	"	"	365	55	4,6	0,79	31	-	-
OSC01R	6760000	480000	1197	99	3,6	0,54	26	0,8	1,7
HUL16R	6740000	540000	482	94	5,2	0,79	41	0,8	1,7
OSE14R	6743062	491945	658	105	5,0	0,74	40	1,1	4,5
VFR12R	6755589	475996	308	71	5,2	0,85	41	1,4	4,2
RIII07	6702295	481555	414	95	5,5	0,83	46	1,2	3,0
RIII06	6728317	483529	650	96	5,5	0,84	43	9,6	96,8
TOG11R	6736845	489240	678	103	5,7	0,85	45	10,1	96,2
RIII08B	6715026	479212	485	82	5,4	0,86	43	9,4	98,2
TRC99Ra	6715706	546039	462	81	5,4	0,85	41	11,2	98,4
TRC99Rb	"	"	777	92	5,6	0,86	44	-	-
Fram A2-07R	6765368	525186	802	91	5,4	0,82	40	11,2	99,1

2.2 Veslefrikk

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

Veslefrikk er lokalisert i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 168 og 177 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt og fin sand med innhold av pelitt fra 6,1 til 26,9 % og TOM mellom 1,3 og 3,0 %. Generelt har sedimentet på feltstasjonene høyere innhold av pelitt og TOM enn referansestasjonen. Stasjon VFR05 (250 m SØ) har høyest nivå for begge disse parametrene. Sammenlignet med foregående undersøkelse i 2001 har innholdet av pelitt minket på de fleste stasjonene, mens nedgangen for TOM er mest merkbar på stasjon VFR05 (fra 5,0 til 3,0 %).

Også i årets undersøkelse har sedimentene på de innerste stasjonene i hovedstrømsretningen (VFR04 og VFR05) de høyeste innholdene av THC (319 – 181 mg/kg) og barium (5373 – 3713 mg/kg). PCA bekrefter at VFR04 og VFR05 har tydelig høyere innhold av THC og metaller sammenlignet med resten av feltet. Sedimentene er kontaminert med THC ut til 2500 m stasjonen i hovedstrømsretningen mot sørøst, ut til 1000 m nordøst og nordvest og ut til 500 m sørvest av installasjonen. Gasskromatogrammene av sedimentekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje. Samtlige feltstasjoner anses som kontaminert med barium. Øvrige metaller er kontaminert i sedimentene ut til 1000 m sørøst og nordøst og ut til 500 m sørvest og nordvest.

Sammenlignet med 2001 resultatene har THC innholdet gått kraftig ned i sedimentene i hovedstrømsretningen og THC innholdet på den nest ytterste stasjonen overskrider så vidt LSC-verdien. En økning i THC-innhold nordvest av installasjonen har derimot ført til at sedimentene er kontaminert med THC ut til den ytterste stasjonen i årtens undersøkelse og arealet kontaminert med THC har som en følge økt fra 3,53 til 4,12 km².

Bariuminnholdet har gått ned i sedimentene, men arealet kontaminert med barium er uforandret (9,42 km²). Lavere innhold av øvrige metaller i sedimentene i hovedstrømsretningen har resultert i at arealet kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 3,53 til 1,77 km². I henhold til utslippshistorien for Veslefrikk er det rapportert akuttutslipp av olje samt utslipp av baritt siden foregående undersøkelse ble utført.

Det er stor variasjon i antall individ og taxa og i diversitet over feltet. Stasjonene VFR04 og VFR05 (500 og 250 m SØ av sentrum) har høyest antall individ og lavest diversitet, mens det ellers over feltet, med få unntak, er forholdsvis likt. Sammenlignet med foregående undersøkelse er det markert nedgang i antall individ og en liten økning i diversiteten på de to nevnte stasjonene.

Faunaen er vurdert å være tydelig forstyrret (faunagruppe C) på stasjon VFR04 og VFR05, lett forstyrret (faunagruppe B) på VFR03, mens de resterende stasjonene har uforstyrret fauna. Spesielt de to førstnevnte stasjonene skilles ut i de multivariate analysene og korrelasjonsanalysen viser en sammenheng mellom faunafordelingen og mengden av THC i sedimentet. THC er også høyt korrelert med mengden av metaller i sedimentet.

På stasjonene VFR04 og VFR05 er børstemarkene *Chaetozone* sp. og *Cirratulus cirratus* og muslingene *Thyasira sarsi* og *T. flexuosa* blant de mest dominante taxa. Disse er kjent for å øke i individantall ved økende kontaminering/organisk anrikning i sedimentet. På de samme stasjonene mangler børstemarkene *Owenia fusiformis* og *Galathowenia oculata*, som begge derimot er blant de mest dominante taxa på de uforstyrrede stasjoner.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det minking i intensitet og areal av forstyrret fauna. Arealet med lett forstyrret fauna er redusert fra 1,47 til 0,22 km², mens arealet av tydelig forstyrret fauna er lik i de to undersøkelsene.

Ustrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna er vist i Tabell 8 og Figur 3

Tabell 6: Kjemiske data for Veslefrikk, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
VFR01	150°	5000	7,4	452	0,019	6,4	1,9	na	4,1	8,8
VFR02	150°	2500	11,4	747	0,022	6,3	2,1	na	4,7	9,3
VFR03	140°	1000	27,9	1663	0,052	9,0	5,7	na	7,7	19,7
VFR04	140°	500	181	3713	0,140	9,7	23,6	0,023	20,7	62,9
VFR05	140°	250	319	5373	0,399	21,8	71,3	0,092	60,1	185
VFR06	60°	500	15,5	1387	0,029	6,6	3,2	na	5,7	12,3
VFR07	60°	1000	12,8	557	0,030	6,3	2,5	na	4,8	9,6
VFR08	260°	1000	8,2	226	0,016	4,9	1,8	na	3,7	7,1
VFR09	260°	500	18,8	906	0,022	6,3	2,5	na	5,0	9,8
VFR10	330°	500	39,9	1193	0,020	6,2	3,5	na	5,9	11,7
VFR11	330°	1000	23,8	402	0,023	6,2	2,5	na	4,9	9,2
VFR12R	330°	5000	7,2	117	0,013	5,0	1,6	0,004	3,6	6,1

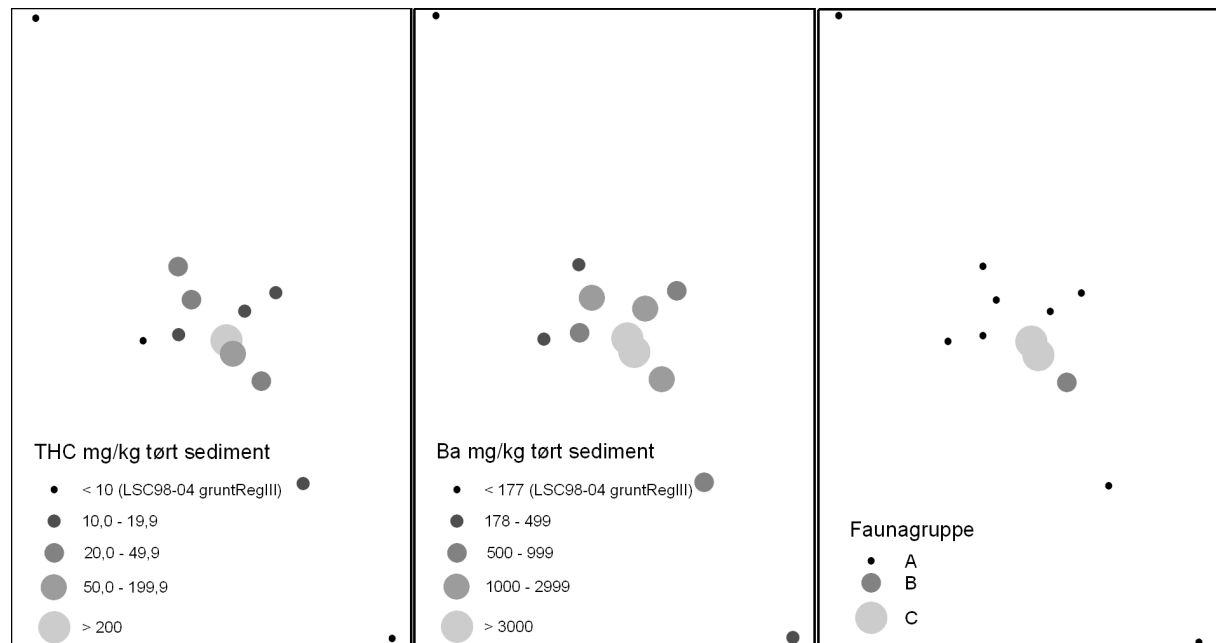
n.a. Ikke analysert.

Tabell 7: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Veslefrikk, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
VFR01	150°	5000	1261	117	4,4	0,64	33	1,5	24,0
VFR02	150°	2500	893	126	5,7	0,82	45	1,7	15,5
VFR03	140°	1000	2092	114	4,3	0,63	31	2,6	20,6
VFR04	140°	500	2991	86	2,2	0,35	18	2,6	19,0
VFR05	140°	250	2933	65	2,3	0,37	13	3,0	26,9
VFR06	60°	500	1289	117	5,3	0,77	39	1,7	14,8
VFR07	60°	1000	981	115	5,2	0,76	41	1,6	11,1
VFR08	260°	1000	401	74	5,1	0,82	39	1,3	6,1
VFR09	260°	500	1504	125	5,1	0,73	38	2,0	9,5
VFR10	330°	500	880	111	5,5	0,81	42	1,6	9,1
VFR11	330°	1000	945	120	5,5	0,80	42	1,6	8,5
VFR12R	330°	5000	336	73	5,2	0,84	40	1,4	4,2

Tabell 8: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna på Veslefrikk, 2004 og foregående undersøkelse.

Veslefrikk	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Gruppe B	125	1000	125	125	0,22	1,47
Gruppe C	125	500	125	125	0,12	0,12
THC	1000	2500	500	1000	4,12	3,53
Ba	1000	5000	1000	1000	9,42	9,42
Andre metaller	1000	1000	500	500	1,77	3,53



Figur 3: Fordeling av faunagrupeer og kontaminert sediment på Veslefrikk, 2004.

2.3 Huldra

Resultatene av analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Huldra er vist i Tabell 9 og Tabell 10.

Huldra ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 120 og 123 m. Sedimentet i området er klassifisert som fin og medium sand med innhold av pelitt mellom 2,0 og 5,4 % og TOM mellom 0,74 og 1,14 %. Det er stor variasjon i sedimentsammensetningen over feltet, mens innholdet av TOM er forholdsvis likt. Med unntak av pelitt ligger verdiene for referansestasjonen innenfor de observerte variasjonene på feltstasjonene.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det en generell tendens til økning i innholdet av pelitt og fin sand i sedimentet. Spesielt økningen av pelitt på HUL05 og HUL09 er merkbart.

Også i årets undersøkelse har sedimentene på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen sørøst av installasjonen (HUL01) det høyeste innholdet av THC (12,4 mg/kg) og barium (2483 mg/kg). PCA bekrefter at HUL01 har tydelig forhøyde verdier for alle kjemiske variable sammenlignet med resten av stasjonene. Sedimentene på stasjoner ut til 1000 m sørøst, 500 m nordvest og 250 m nordøst og sørvest er kontaminert med barium, mens THC og øvrige metaller er kontaminert i sedimentene ut til 250 m stasjonen sørøst av installasjonen. Gasskromatogrammene av sedimentekstraktene fra HUL01 har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje.

Sammenlignet med 2001 resultatene har innholdet av THC og metaller gått ned i sedimentene på Huldra. I årets undersøkelse er det kun den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen som har forhøyet innhold av THC og øvrige metaller og arealet kontaminert med THC og øvrige metaller har som en følge gått ned fra henholdsvis 0,10 og 1,47 km² til 0,07 km² for begge. Redusert innhold av barium har ført til at arealet kontaminert med barium har gått ned fra 1,18 til 0,59 km². I henhold til utslippshistorien for Huldra er det ikke sluppet ut olje og baritt etter 2001.

Det er forholdsvis stor variasjon i antall individ (237 – 564) og taxa (67 - 104) over feltet, mens diversiteten er forholdsvis høy og lik. Stasjonene som mangler mollusker skiller seg ikke spesielt ut. Sammenlignet med foregående undersøkelse er det en generell tendens til nedgang i antall individ på alle stasjonene, mens antall taxa og diversiteten varierer.

Stasjon HUL01 skiller seg klart fra de andre feltstasjonene i de multivariate analysene. På denne stasjonen er børstemarkene *Capitella capitata* og *Chaetozone* sp. blant de mest dominante taxa. Begge disse er kjent for å øke i individantall ved økende kontaminering/organisk anrikning av sedimentet. Korrelasjonsanalysen viser en sammenheng mellom faunafordelingen og mengden av barium i sedimentet. Barium er også høyt korrelert med mengden av THC og enkelte andre metaller. Det må imidlertid bemerkes at mengden av THC er forholdsvis lav i denne undersøkelsen i motsetning til i undersøkelsen i 2001 (hhv. 12,4 og 305 mg/kg). Faunaen var ikke påvirket i foregående undersøkelse. Det ser dermed ut til at faunaen har hatt en ”forsinket” reaksjon på tidligere utslipp.

Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna er vist i Tabell 11 og Figur 4.

Tabell 9: Kjemiske data for Huldra, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
HUL01	150°	250	12,4	2483	0,028	7,5	6,7	0,016	9,2	13,8
HUL02	150°	500	3,7	398	0,016	5,1	1,6	0,004	4,0	5,7
HUL03	150°	1000	3,4	650	0,027	5,3	1,9	na	4,7	6,9
HUL04	150°	2000	4,4	164	0,020	4,5	1,7	na	4,0	6,9
HUL05	240°	250	2,5	397	0,021	5,1	1,6	na	4,2	6,8
HUL06	240°	500	2,5	109	0,022	5,7	1,4	na	4,4	6,4
HUL07	240°	1000	2,9	67	0,021	5,6	2,0	na	4,2	6,3
HUL09	60°	250	2,8	372	0,018	4,5	1,3	na	4,4	5,6
HUL10	60°	500	2,6	75	0,013	4,1	1,0	na	3,2	5,0
HUL13	330°	250	4,1	267	0,017	4,5	1,6	na	4,2	5,9
HUL14	330°	500	3,3	434	0,020	5,5	1,6	na	4,6	6,2
HUL15	330°	1000	2,5	133	0,019	5,3	1,1	na	3,9	5,4
HUL16R	330°	10000	3,3	84	0,021	4,7	1,2	<0,005	4,0	5,5

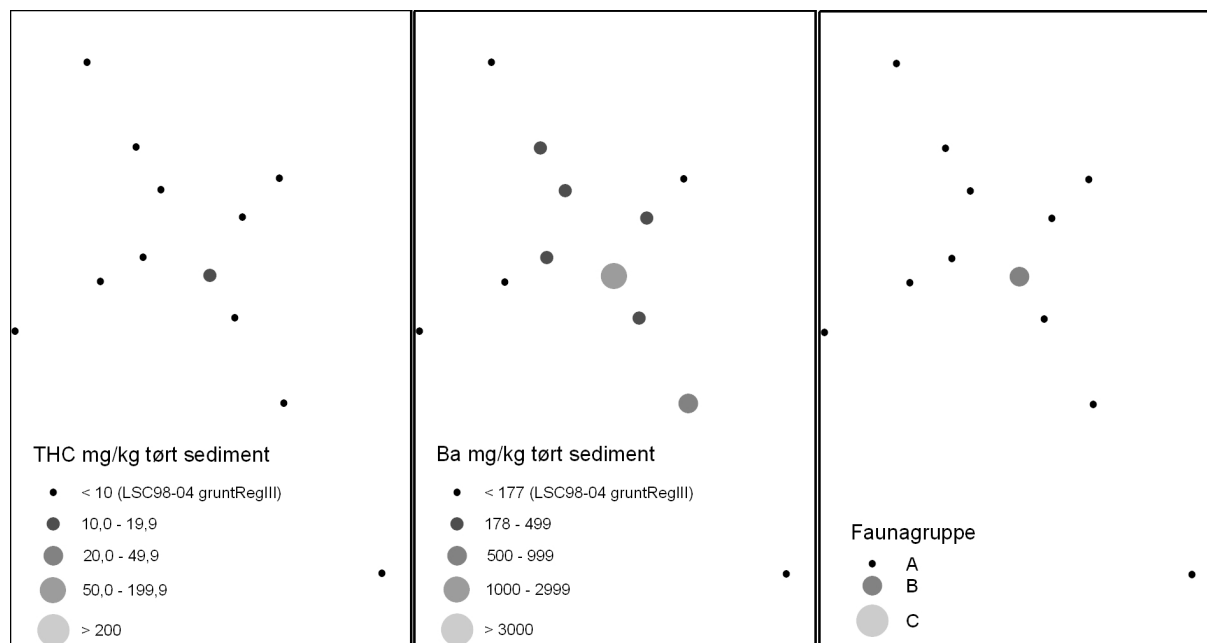
n.a. Ikke analysert.

Tabell 10: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Huldra, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
HUL01	150°	250	295	77	5,4	0,87	46	1,06	3,2
HUL02	150°	500	362	87	5,4	0,84	45	0,92	3,4
HUL03	150°	1000	502	103	5,4	0,81	45	0,93	3,4
HUL04	150°	2000	367	104	5,4	0,81	48	0,95	2,2
HUL05	240°	250	420	98	5,7	0,86	47	0,82	4,2
HUL06	240°	500	564	94	5,3	0,81	42	0,98	2,4
HUL07	240°	1000	453	94	5,4	0,83	45	1,14	2,3
HUL09	60°	250	288	74	5,1	0,83	42	0,74	5,4
HUL10	60°	500	369	82	5,2	0,82	44	0,74	2,3
HUL13	330°	250	237	67	5,1	0,84	41	0,90	2,0
HUL14	330°	500	326	68	4,8	0,80	37	0,88	2,8
HUL15	330°	1000	395	89	5,2	0,81	41	0,83	2,1
HUL16R	330°	10000	482	94	5,2	0,79	41	0,83	1,7

Tabell 11: Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna for Huldra, 2004 og foregående undersøkelse.

Huldra	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Gruppe B	125	250	125	125	0,07	0
THC	125	250	125	125	0,07	0,10
Ba	250	1000	250	500	0,59	1,18
Andre metaller	125	250	125	125	0,07	1,47



Figur 4: Fordeling faunagrupper og kontaminert sediment på Huldra, 2004.

2.4 Oseberg Sør

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Oseberg Sør er vist i Tabell 12 og Tabell 13.

Oseberg Sør ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 93 og 98 m. Sedimentet i området er klassifisert som fin og medium sand med lavt innhold av pelitt (1,0 – 1,3 %) og TOM (0,4 – 0,7 %). Det er store forskjeller i sedimentsammensetningen mellom stasjonene, mens innholdet av organisk materiale er likt. Sedimentet på Oseberg Sør er grovere enn det som er registrert på de andre Osebergfeltene.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det markert nedgang i mengden av fin sand på stasjon OSS03, mens det på referansestasjonen er registrert en økning av samme parameter.

Sedimentene på den innerste stasjonen nordvest av installasjonen (OSS11) har det høyeste innholdet av THC (47,6 mg/kg). Sedimentene på den innerste stasjonen sørvest av installasjonen (OSS08) har det høyeste innholdet av barium (447 mg/kg). Sedimentene er kontaminert med THC ut til 500 m sørvest og 250 m nordvest av installasjonen. Gasskromatogram av sedimentekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje. Barium er kontaminert i sedimentene ut til 500 m sørvest og nordvest og ut til 250 m nordøst og sørøst av installasjonen. PCA bekrefter at disse områdene har høyere innhold av THC og barium enn resten av feltet.

Sammenlignet med 2001 resultatene har innholdet av THC gått tydelig ned i sedimentene nordøst og sørøst, mens innholdet har økt på de innerste stasjonene sørvest og nordvest. Nedgang i THC-innhold i sedimentene nordøst og sørøst av sentrum har resultert i at arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0,59 til 0,18 km².

Innholdet av barium har gått ned i sedimentene nordøst, sørøst og sørvest av installasjonen. Økt innhold av barium i sedimentene mot nordvest har derimot resultert i at arealet kontaminert med barium har økt fra 0,39 km² i 2001 til 0,44 km² i årets undersøkelse. Sedimentene anses fremdeles som ikke kontaminerte med hensyn på øvrige metaller. I henhold til utslippshistorien for Oseberg Sør er det rapportert akuttutslipp av olje samt utslipp av baritt siden foregående undersøkelse ble utført.

Det er store variasjoner i antall individ (119 – 499) og taxa (35 – 85) over feltet. Sammenlignet med foregående undersøkelse er det en generell tendens til nedgang i antall individ og taxa og den mest markerte nedgangen i individantallet ses på stasjon OSS03.

Faunaen er vurdert å være upåvirket av aktiviteten på feltet. De multivariate analysene viser forskjeller i faunaen mellom stasjoner på feltet, og korrelasjonsanalysen viser sammenheng mellom faunafordelingen og stasjonsdyp og mengden av fin sand og barium i sedimentet. Faunaforskjellene mellom stasjonene anses som et resultat av naturlig variasjon i sedimentet.

Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment er vist i Tabell 14 og Figur 5.

Tabell 12: Kjemiske data for Oseberg Sør, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSS01	45°	250	3,1	226	<0,005	3,0	0,9	na	2,7	4,6
OSS02	45°	500	3,5	57	0,0033	3,2	1,0	na	2,3	4,3
OSS03	45°	1000	1,2	34	<0,005	3,5	0,8	na	2,0	3,6
OSS04	135°	250	2,7	240	0,004	3,2	0,9	<0,005	3,1	4,2
OSS05	135°	500	3,6	93	0,008	3,4	1,1	<0,005	3,1	4,5
OSS06	135°	1000	2,8	36	0,004	3,1	1,1	na	2,7	4,4
OSS07	135°	2000	2,7	21	<0,005	3,1	0,8	na	3,1	5,0
OSS08	225°	250	23,1	447	<0,005	3,1	1,4	na	3,1	4,7
OSS09	225°	500	6,0	414	0,003	3,3	1,1	na	3,4	4,6
OSS10	225°	1000	1,9	116	0,005	3,3	1,0	na	3,0	4,4
OSS11	315°	250	47,6	387	<0,005	3,2	1,3	na	2,9	5,3
OSS12	315°	500	2,4	307	<0,005	2,7	0,9	na	3,1	4,2
OSS13	315°	1000	2,2	38	0,005	3,3	1,1	na	3,0	4,9
OSS14R	315°	10260	2,0	25	<0,005	2,7	0,6	<0,005	2,0	3,3

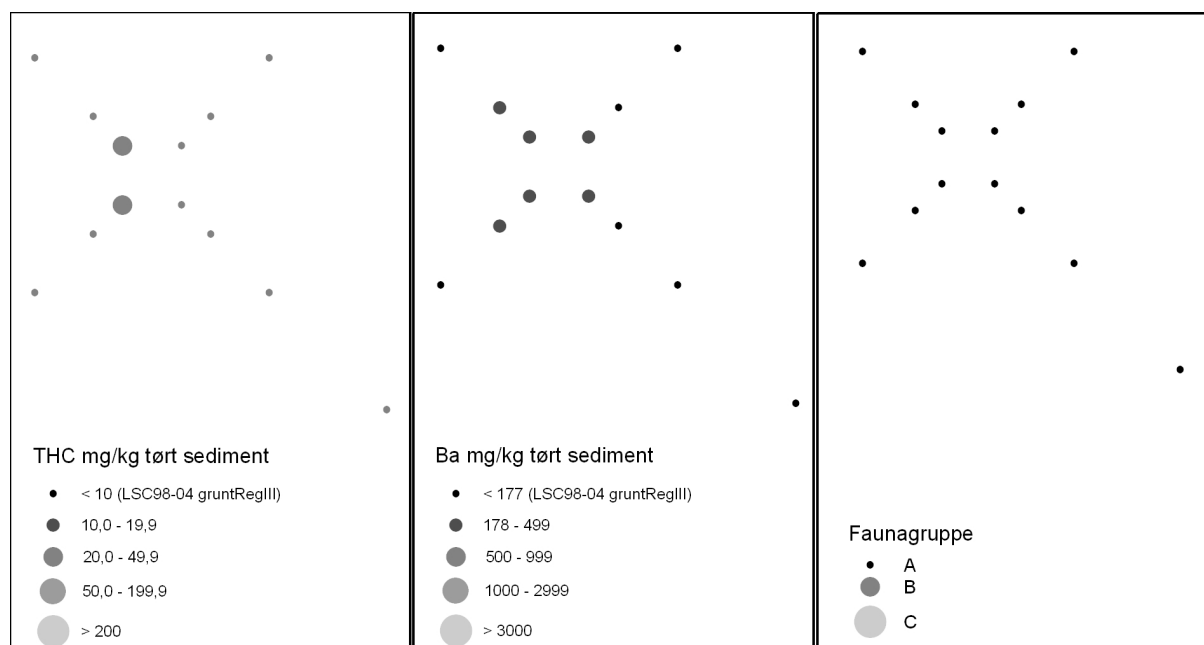
n.a. Ikke analysert.

Tabell 13: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Oseberg Sør, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant, ind,	Ant, taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
OSS01	45°	250	177	57	5,1	0,88	42	0,5	1,1
OSS02	45°	500	190	51	5,0	0,89	38	0,4	1,2
OSS03	45°	1000	499	82	5,2	0,82	39	0,5	1,2
OSS04	135°	250	167	51	5,1	0,89	41	0,5	1,3
OSS05	135°	500	176	46	4,8	0,88	36	0,5	1,0
OSS06	135°	1000	411	85	5,4	0,84	42	0,6	1,3
OSS07	135°	2000	339	69	5,2	0,85	41	0,4	1,1
OSS08	225°	250	119	35	4,3	0,84	33	0,7	1,2
OSS09	225°	500	132	52	5,2	0,91	45	0,6	1,3
OSS10	225°	1000	311	59	4,8	0,81	35	0,7	1,0
OSS11	315°	250	126	39	4,4	0,84	34	0,7	1,3
OSS12	315°	500	221	55	5,0	0,86	37	0,5	1,2
OSS13	315°	1000	259	59	4,9	0,84	38	0,6	1,3
OSS14R	315°	10260	221	49	4,6	0,82	33	0,5	1,4

Tabell 14: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment på Oseberg Sør, 2004 og foregående undersøkelse.

Oseberg Sør	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
THC	125	125	500	250	0,18	0,59
Ba	250	250	500	500	0,44	0,39



Figur 5: Fordeling av kontaminert sediment på Oseberg Sør, 2004.

2.5 Oseberg C

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Oseberg C er vist i Tabell 15 og Tabell 16.

Oseberg C er lokalisert i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 102 og 117 m. Sedimentet i området er klassifisert som fin sand med innhold av pelitt mellom 1,7 og 4,5 % og TOM mellom 0,61 og 1,06 %. Med få unntak er sedimentsammensetningen på stasjonene forholdsvis likt. Stasjon OSC07 (250 m SØ) har høyest innhold av pelitt, mens sedimentet er grovest på referansestasjonen.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er resultatene forholdsvis like, med unntak av TOM som har økt på stasjon OSC14 (1000 m NØ).

Også i årets undersøkelse har sedimentene på OSC07 det høyeste innholdet av THC (149 mg/kg), eter (1189 mg/kg) og barium (4900 mg/kg). Sedimentene på stasjoner ut til 500 m sørøst er kontaminert med THC, mens det er spor av eterbasert borevæske på den innerste stasjonen nordvest og sørvest av sentrum og ut til de ytterste stasjonene sørøst og nordøst av sentrum. Gass-kromatogrammene av sedimentekstraktene fra stasjoner kontaminert med både THC og eter har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje i tillegg til Aquamul BII. Sedimentene er kontaminert med barium ut til 1000 m sørøst og nordvest, 500 m nordøst og 250 m sørvest av sentrum. Øvrige metaller er kontaminert i sedimentene i samme utstrekning som THC. PCA bekrefter at disse områdene har høyere innhold av THC, barium og øvrige metaller enn resten av feltet.

Sammenlignet med 2001 resultatene er det en generell økning i innhold av THC, eter og metaller på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen. På de øvrige feltstasjonene har innholdet av THC og eter gått ned, og arealene kontaminert med THC og eter har som en følge gått ned fra henholdsvis 0,49

til 0,18 km² og fra 7,10 km² til 2,21 km². Selv om innholdet av barium har gått ned i sedimentene på flere feltstasjoner, har økt innhold av barium i sedimentene nordvest av installasjonen ført til at arealet kontaminert med barium har økt fra 0,88 til 1,18 km². Som et resultat av at sedimentene sørvest, nordvest og nordøst ikke lenge anses som kontaminerte med øvrige metaller har arealet kontaminert med øvrige metaller gått ned fra 0,29 til 0,12 km². I henhold til utslippshistorien for Oseberg C er det rapportert akuttutslipp av olje, oljebasert slam og baritt etter 2001. Aquamul B2 er ikke rapportert sluppet ut siden 1996-undersøkelsen ble utført

Det er stor variasjon i antall individ (176 – 1655) og taxa (28 – 99) over feltet med færrest individ og taxa registrert på OSC07 (250 m SØ). Diversiteten er forholdsvis lav på alle stasjonene ($H' < 4,4$). Sammenlignet med foregående undersøkelse er det en generell tendens til nedgang i antall individ og til dels taxa på stasjonene, mens diversiteten stort sett har økt.

Faunaen er vurdert å være tydelig forstyrret ut til 500 m SØ fra sentrum og lett forstyrret ut til 1000 m SØ og 250 m i de andre retningene. På disse stasjonene er faunaen mer eller mindre dominert av muslinger og børstemark som er kjent for å øke i individantall ved økende organisk anrikning/kontaminering av sediment, mens taxa som er dominante på stasjoner med uforstyrret fauna opptrer i redusert individantall eller er fraværende. Korrelasjonsanalysen viser en sammenheng mellom faunafordelingen på feltet og mengden av barium i sedimentet. Også de andre metallene og THC er registrert med forhøyede verdier på disse stasjonene.

Intensiteten og arealet med faunaforstyrrelse er lik det som er registrert i de siste miljøundersøkelsene på feltet.

Ustrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment er vist i Tabell 17 og Figur 6.

Tabell 15: Kjemiske data for Oseberg C, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Eter	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSC04	335°	1000	4,7	<0,1	216	0,006	5,47	1,10	na	3,83	4,0
OSC05	335°	500	4,5	<0,1	261	0,005	5,27	1,33	na	4,40	5,0
OSC06	335°	250	10,5	2,1	667	0,008	5,83	2,07	na	5,20	6,8
OSC07	180°	250	149	1189	4900	0,075	7,77	7,07	0,008	20,0	21,3
OSC08	150°	500	33,3	2,3	2230	0,013	5,97	2,17	0,005	5,70	7,1
OSC09	150°	1000	7,5	1,5	745	0,007	5,40	1,47	na	5,60	5,1
OSC10	150°	2000	4,5	0,1	126	0,003	5,03	1,04	na	4,00	3,8
OSC14	30°	1000	4,9	0,4	53	0,011	5,30	1,05	na	3,60	3,9
OSC15	30°	500	4,5	<0,1	225	0,014	5,30	1,33	na	4,67	4,3
OSC16	30°	250	7,7	1,5	910	0,010	5,57	1,90	na	6,57	5,7
OSC17	235°	250	9,0	10,2	650	0,010	6,20	2,00	na	5,07	6,3
OSC18	235°	500	4,1	<0,1	97	0,007	5,33	1,19	na	3,50	4,2
OSC19	235°	1000	4,1	<0,1	41	0,007	5,67	0,99	na	3,40	4,0
OSC01R	235°	9901	4,8	<0,1	37	0,008	5,10	1,08	0,003	3,00	4,2

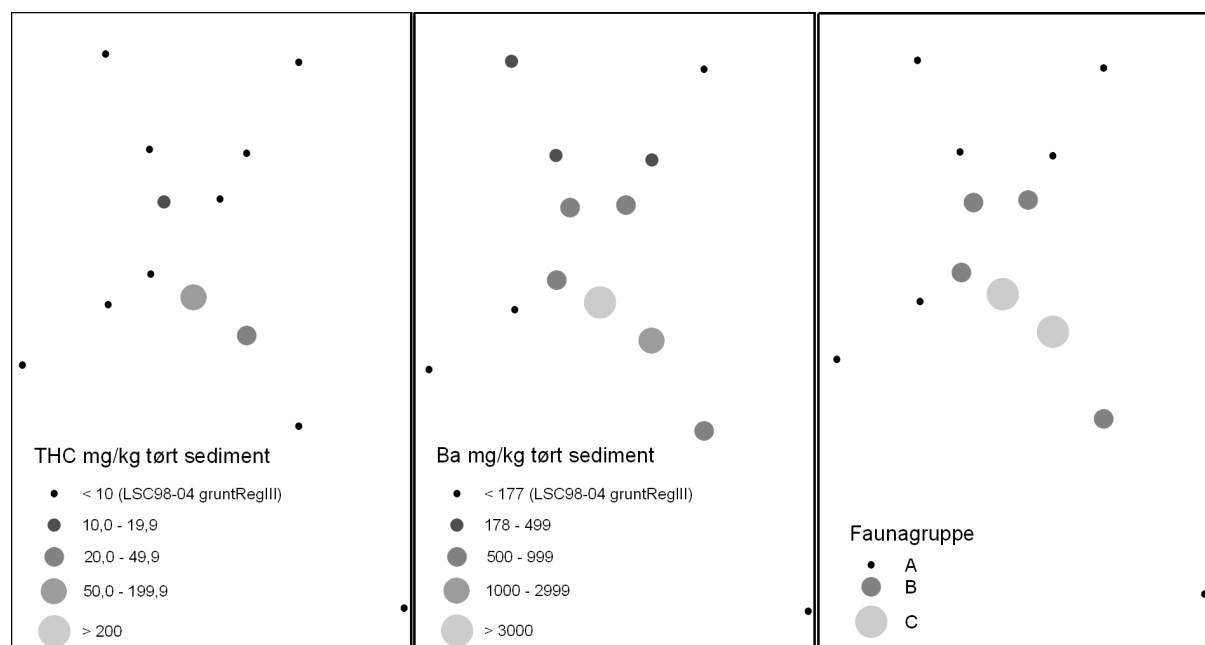
n.a. Ikke analysert.

Tabell 16: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Oseberg C, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
OSC04	335°	1000	1151	99	3,5	0,53	25	0,72	1,8
OSC05	335°	500	934	94	4,0	0,61	28	0,71	1,8
OSC06	335°	250	562	64	4,2	0,70	27	0,83	2,0
OSC07	180°	250	176	28	4,0	0,83	22	0,89	4,5
OSC08	150°	500	517	49	3,8	0,68	23	0,75	2,4
OSC09	150°	1000	560	64	4,4	0,73	28	0,70	2,1
OSC10	150°	2000	1086	66	3,4	0,57	23	0,68	1,8
OSC14	30°	1000	696	74	4,2	0,67	29	1,06	1,9
OSC15	30°	500	969	79	3,8	0,60	25	0,61	1,9
OSC16	30°	250	668	64	4,3	0,72	27	0,72	1,9
OSC17	235°	250	530	65	4,3	0,72	29	0,66	1,7
OSC18	235°	500	1655	81	3,1	0,49	20	0,63	2,0
OSC19	235°	1000	1380	78	3,1	0,49	21	0,82	1,9
OSC01R	235°	9901	1197	99	3,6	0,54	26	0,79	1,7

Tabell 17: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment på Oseberg C, 2004 og foregående undersøkelse.

Oseberg C	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Gruppe B	250	1000	250	250	0,49	0,49
Gruppe C	125	500	125	125	0,12	0,12
THC	250	500	125	125	0,18	0,49
Eter	1000	2000	250	250	2,21	7,10
Ba	500	1000	250	1000	1,18	0,88
Andre metaller	125	500	125	125	0,12	0,29



Figur 6: Fordeling av faunagrupeer og kontaminert sediment på Oseberg C, 2004.

2.6 Oseberg Feltsenter

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Oseberg Feltsenter er vist i Tabell 18 og Tabell 19.

Oseberg Feltsenter ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 100 og 108 m. Sedimentet i området er klassifisert som fin sand med innhold av pelitt mellom 1,3 og 2,8 % og TOM mellom 0,41 og 0,87 %. Det er forholdsvis stor variasjon i sedimentsammensetningen og innhold av TOM mellom stasjonene. Stasjon OSF04 og OSF17 har det groveste sedimentet, mens OSF11, sammen med regional stasjon RIII02, har det fineste.

Sammenlignet med foregående undersøkelse har mengden av pelitt i sedimentet økt på en del stasjoner, mens endringene er forholdsvis små for de andre parametrene.

Også i årets undersøkelse har sedimentene på den innerste stasjonen sørvest av installasjonen (OSF07) det høyeste innholdet av THC (122 mg/kg) og barium (2493 mg/kg). Sedimentene på stasjoner ut til 750 m sørøst og ut til 350 m sørvest av installasjonen er kontaminert med THC. Gasskromatogram av sedimentekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje. Det er påvist spor av eter (0,11 mg/kg) i overflatesediment på kun en feltstasjon (OSF10). Barium er kontaminert i sedimentene på stasjoner ut til 1500 m SØ, ut til 750 m nordvest og ut til 500 m stasjonene nordøst og sørvest av installasjonen. PCA bekrefter at disse områdene har høyere innhold av THC og barium enn resten av feltet.

Sammenlignet med foregående undersøkelse har innholdet av THC og eter gått ned i sedimentene på stasjonene vurdert som kontaminert med disse i 2001. Nedgang i THC-innhold i sedimentene har resultert i at arealet kontaminert med THC har gått ned fra 1,34 til 0,33 km². Areal kontaminert med eter har gått ned fra 0,2 til 0 km². De samme stasjonene som ble vurdert som kontaminert med barium i foregående undersøkelse anses som kontaminerte med barium også i årets undersøkelse. I tillegg har økt bariuminnhold i sedimentene på OSF16 resultert i at sedimentene er kontaminert med barium ut 750 m stasjonen nordøst av installasjonen i årets undersøkelse. Som et resultat har arealet kontaminert med barium økt fra 1,57 til 1,96 km². Innholdet av de øvrige metallene er stort sett uendret, men en liten økning på en feltstasjon har resultert i at arealet kontaminert med øvrige metaller har økt fra 0,23 til 0,33 km². I henhold til utslippshistorien for Oseberg Feltsenter er det rapportert utslipp av oljebasert borevæske og slam, samt utslipp av baritt siden foregående undersøkelse ble utført.

Det er stor variasjon i antall individ (382 – 1952), taxa (46 – 88) og diversitet (H' 2,6 – 5,2) over feltet. Sammenlignet med foregående undersøkelse er det en generell tendens til nedgang i antall individ med størst reduksjon på OSF12, OSF15 og OSF21. Antall taxa og diversitet er mer likt mellom de to undersøkelsene. På OSF07 er antall individ lik, mens antall taxa, og dermed også diversiteten, har økt.

Faunaen er vurdert å være tydelig forstyrret ut til 350 m SV fra sentrum og lett forstyrret ut til 750 m SØ og 500 m SV. På disse stasjonene er faunaen mer eller mindre dominert av muslinger og børstemark som er kjent for å øke i individantall ved økende organisk anrikning/kontaminering av sedimentet, mens taxa som er dominante på stasjoner med uforstyrret fauna opptre i redusert individantall eller er fraværende. Korrelasjonsanalysen viser en sammenheng mellom faunafordelingen på feltet og mengden av kopper i sedimentet. Også de andre metallene og THC er registrert med forhøyede verdier på disse stasjonene.

Arealet med tydelig og lett forstyrret fauna har minnet siden foregående undersøkelse. Stasjon OSF08 (350 m SØ) hadde tydelig forstyrret fauna i foregående undersøkelse, men er utelatt i denne undersøkelsen pga beliggenheten nær rørledning. Dette kan være en av grunnene til at arealet med tydelig forstyrret fauna har minnet. Muligens er også OSF06 og OSF17 lett påvirket, men de har et litt grovere sediment som kan ha betydning for artssammensetningen.

Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna er vist i Tabell 20 og Figur 7.

Tabell 18: Kjemiske data for Oseberg Feltsenter, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Eter	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSF04	315°	1500	2,2	<0,1	18	<0,005	4,7	0,8	na	3,0	4,1
OSF06	315°	500	4,2	<0,1	260	<0,005	4,9	1,5	na	3,3	6,5
OSF07	260°	350	122	<0,1	2493	0,015	6,5	3,2	na	5,3	10,1
OSF09	135°	500	18,5	<0,1	1190	0,013	5,4	3,2	0,002	5,4	17,0
OSF10	135°	750	13,4	0,11	673	0,006	4,8	1,9	na	3,9	8,0
OSF11	145°	1500	7,9	<0,1	330	0,005	5,0	1,8	na	3,4	5,5
OSF12	135°	3000	4,8	<0,1	53	<0,005	4,1	1,2	na	3,0	3,6
OSF13	135°	5000	3,6	<0,1	60	<0,005	4,2	0,9	na	3,2	3,7
OSF15	55°	1500	2,9	<0,1	45	0,004	4,6	1,1	na	3,0	3,6
OSF16	60°	750	4,1	<0,1	222	0,006	5,2	1,6	na	3,5	5,5
OSF17	45°	500	3,9	<0,1	264	<0,005	3,9	1,8	na	3,1	5,5
OSF19	250°	500	9,7	<0,1	462	0,005	5,6	2,2	na	4,4	6,2
OSF21	225°	1500	4,8	<0,1	96	0,007	6,0	1,6	na	3,3	4,9
RIII02	322	17000	7,6	<0,1	25	0,011	5,4	1,2	0,003	2,8	4,9

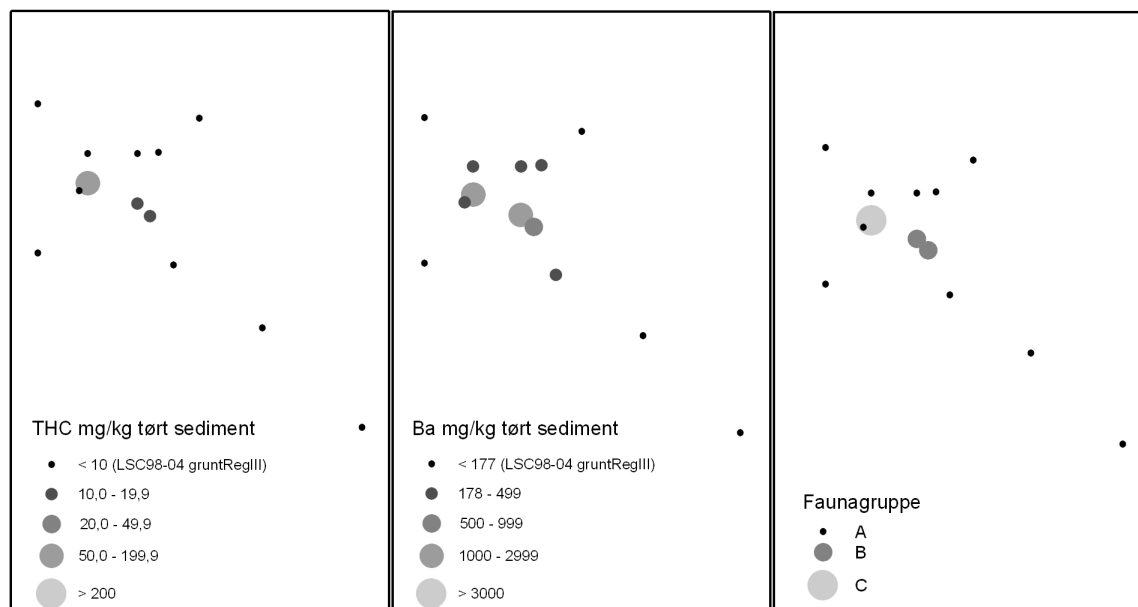
n.a. Ikke analysert.

Tabell 19: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Oseberg Feltsenter, 2004 (inimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
OSF04	315°	1500	412	79	5,2	0,82	40	0,43	1,4
OSF06	315°	500	569	74	4,6	0,74	31	0,55	1,7
OSF07	260°	350	580	46	3,4	0,61	21	0,87	2,3
OSF09	135°	500	629	57	4,0	0,68	24	0,66	2,8
OSF10	135°	750	720	66	4,1	0,69	26	0,71	2,3
OSF11	145°	1500	1499	88	3,4	0,53	22	0,82	2,5
OSF12	135°	3000	1952	82	2,6	0,41	16	0,73	2,3
OSF13	135°	5000	1163	83	3,1	0,49	21	0,68	1,8
OSF15	55°	1500	1241	83	3,2	0,50	22	0,62	1,8
OSF16	60°	750	905	70	3,7	0,60	24	0,71	2,3
OSF17	45°	500	382	72	4,8	0,78	36	0,41	1,3
OSF19	250°	500	1068	73	3,5	0,57	22	0,75	2,0
OSF21	225°	1500	1549	79	3,1	0,49	19	0,85	2,6
RIII02a	322°	17000	372	57	4,4	0,75	30	1,0	3,5
RIII02b	"	"	365	55	4,6	0,79	31	-	-

Tabell 20: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment på Oseberg Feltsenter, 2004 og foregående undersøkelse.

Oseberg Feltsenter	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Gruppe B	125	750	500	125	0,43	1,23
Gruppe C	125	125	350	125	0,09	0,16
THC	125	750	350	125	0,33	1,34
Ba	750	1500	500	500	1,96	1,57
Andre metaller	125	750	350	125	0,33	0,23



Figur 7: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Oseberg Feltsenter, 2004.

2.7 Oseberg Øst

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

Oseberg Øst ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 132 og 158 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt og fin sand med innhold av pelitt mellom 2,5 og 27,9 % og TOM mellom 0,9 og 1,8 %. Det er forholdsvis stor variasjon i sedimentsammensetningen og organisk innhold over feltet.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det på enkelte stasjoner forholdsvis store endringer i sedimentsammensetningen (spesielt OSE05 og OSE16), mens innholdet av organisk materiale har økt mest på OSE02, OSE06 og OSE07.

Sedimentene på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen sørøst av installasjonen (OSE04) har det høyeste innholdet av THC (49,3 mg/kg) og barium (2833 mg/kg). Sedimentene er kontaminert med THC på stasjoner ut til 1000 m sørøst, ut til 500 m nordøst og ut til 250 m nordvest av installasjonen. Gasskromatogram av sedimentekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje. Sedimentene sørvest av installasjonen har THC-innhold på bakgrunnsnivå. Barium er kontaminert i sedimentene ut til 4000 m stasjonen sørøst, ut til 2000 m stasjonen nordøst og ut til 500 m stasjonen nordvest av installasjonen. Sedimentene sørvest av installasjonen er ikke kontaminerte med barium. PCA bekrefter at disse områdene har høyere innhold av THC og metaller enn resten av feltet.

Sammenlignet med 2001 resultatene har innholdet av THC gått tydelig ned i sedimentene i hovedstrømsretningen noe som har resultert i at arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0,74 til 0,61 km². Også innholdet av barium og øvrige metaller har gått ned i sedimentene på Oseberg Øst. Som et resultat har arealet kontaminert med barium gått ned fra 9,82 til 7,51 km² og arealet kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 0,37 til 0,15 km². I henhold til utslippshistorien for Oseberg Øst har det ikke vært aktivitet på feltet etter 2002.

Det er stor variasjon i antall individ (393 – 2495), taxa (66 – 123) og diversitet (H' 2,9 – 5,4) over feltet. Sammenlignet med foregående undersøkelse er det forholdsvis store endringer på flere av

stasjonene. Stasjon OSE06 har stor økning i antall individ samtidig som antall taxa er redusert, noe som har ført til en merkbar nedgang i diversiteten.

Faunaen er vurdert å være tydelig forstyrret ut til 1000 m SØ fra sentrum og lett forstyrret ut til 4000 m SØ og 2000 m NØ. På disse stasjonene er faunaen mer eller mindre dominert av muslinger og børstemark som er kjent for å øke i individantall ved økende organisk anrikning/kontaminering av sedimentet, mens taxa som er dominante på stasjoner med uforstyrret fauna opptrer i redusert individantall eller er fraværende. Korrelasjonsanalysen viser en sammenheng mellom faunafordelingen på feltet og mengden av krom i sedimentet. Også de andre metallene og THC er registrert med forhøyede verdier på disse stasjonene.

Arealet med tydelig og lett forstyrret fauna har økt siden foregående undersøkelse selv om arealet med kontaminert sediment har minket noe. Det er imidlertid ofte observert en forsinket reaksjon i faunaen ved forbedringer av sedimentforholdet. Imidlertid må det også bemerkes at faunaen nå vurderes som uforstyrret på transektene mot SV og NV der det i foregående undersøkelse var lett faunaforstyrrelse ut til hhv. 1000 og 2000 m.

Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment og forstyrret fauna er vist i Tabell 23 og Figur 8.

Tabell 21: Kjemiske data for Oseberg Øst, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSE01	45°	250	10,9	681	0,018	5,5	2,5	na	5,2	9,4
OSE02	45°	500	13,0	497	0,027	6,2	2,4	na	4,9	9,6
OSE03	45°	1000	10,3	268	0,025	6,4	2,2	na	3,9	9,5
OSE04	135°	250	49,3	2833	0,026	6,6	3,7	0,007	7,6	13,7
OSE05	135°	500	41,6	1510	0,033	7,5	2,9	0,011	4,5	11,1
OSE06	135°	1000	14,0	1098	0,022	6,3	2,4	na	4,8	9,7
OSE07	135°	2000	8,7	410	0,018	6,1	2,2	na	4,0	9,2
OSE09	225°	500	8,3	169	0,014	4,8	1,8	na	3,8	6,6
OSE10	225°	1000	7,5	106	0,017	5,2	1,9	na	3,9	6,6
OSE11	315°	250	10,8	846	0,011	4,8	2,0	na	5,7	8,8
OSE12	315°	500	7,1	507	0,011	4,9	2,1	na	4,8	7,5
OSE13	315°	1000	7,5	140	0,012	4,9	1,8	na	3,6	6,7
OSE15	45°	2000	9,8	303	0,017	6,3	2,3	na	3,8	9,8
OSE16	135°	4000	8,8	265	0,009	5,3	1,7	na	3,8	7,7
OSE17	225°	2000	6,4	71	0,005	4,1	1,4	na	3,4	5,1
OSE18	315°	2000	9,1	91	0,010	4,5	1,5	na	3,5	5,9
OSE21	225°	4000	4,7	40	0,005	3,9	1,0	na	3,2	4,5
OSE22	315°	4000	6,5	76	0,008	4,5	1,5	na	3,6	5,6
OSE14R	315°	10260	4,2	87	0,016	5,0	1,5	0,004	4,7	5,8

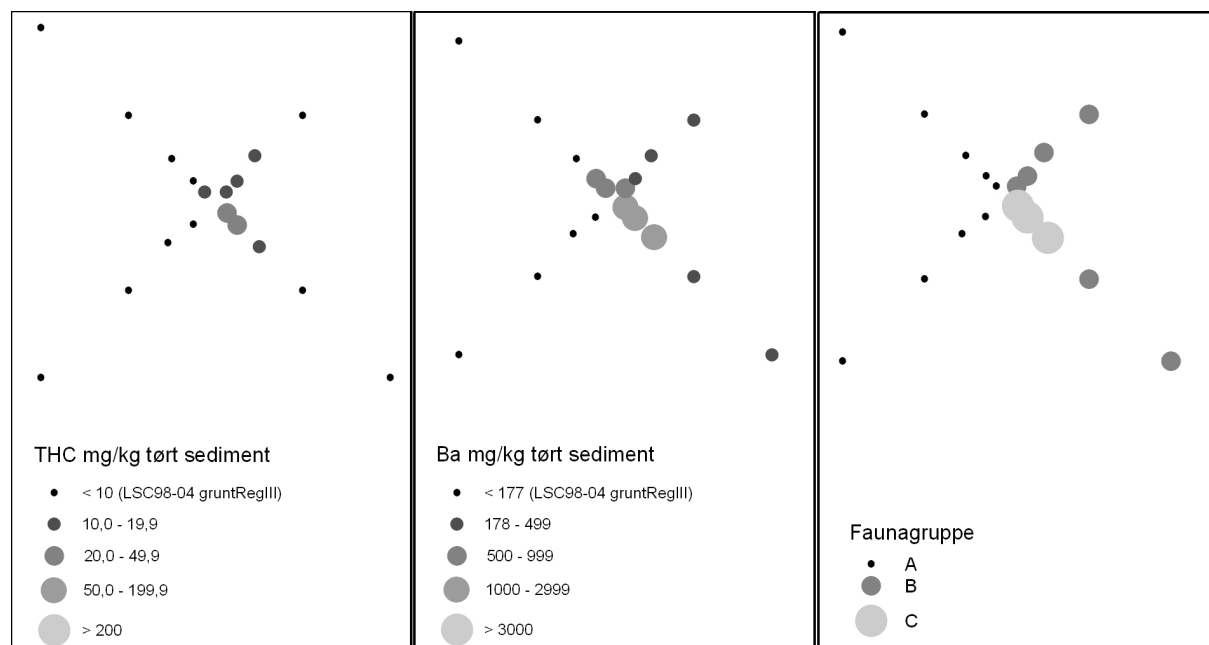
n.a. Ikke analysert.

Tabell 22: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Oseberg Øst, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
OSE01	45°	250	1421	108	4,9	0,72	35	1,4	8,5
OSE02	45°	500	1262	123	5,1	0,73	40	1,8	9,5
OSE03	45°	1000	1086	121	5,4	0,78	42	1,5	10,6
OSE04	135°	250	1005	94	4,6	0,70	33	1,6	11,6
OSE05	135°	500	1743	93	3,7	0,56	26	1,6	20,9
OSE06	135°	1000	2495	115	2,9	0,42	23	1,7	13,9
OSE07	135°	2000	918	106	4,3	0,64	35	1,6	27,9
OSE09	225°	500	993	91	4,2	0,64	29	1,2	5,1
OSE10	225°	1000	514	79	4,7	0,75	35	1,1	4,1
OSE11	315°	250	1097	99	4,3	0,65	29	1,4	6,5
OSE12	315°	500	1057	74	3,7	0,60	25	1,1	6,0
OSE13	315°	1000	772	92	4,3	0,65	31	1,2	4,7
OSE15	45°	2000	1050	95	4,2	0,63	32	1,4	20,7
OSE16	135°	4000	1062	123	5,1	0,74	39	1,2	8,5
OSE17	225°	2000	646	75	3,7	0,59	28	1,0	3,0
OSE18	315°	2000	677	103	5,0	0,74	38	1,1	4,4
OSE21	225°	4000	393	87	4,9	0,76	41	0,9	2,5
OSE22	315°	4000	512	66	4,0	0,67	30	1,2	3,5
OSE14R	315°	10260	658	105	5,0	0,74	40	1,1	4,5

Tabell 23: Avstand langs transektene og beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment på Oseberg Øst, 2004 og foregående undersøkelse.

Oseberg Øst	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Gruppe B	2000	4000	125	125	6,88	4,71
Gruppe C	125	1000	125	125	0,22	0,12
THC	500	1000	125	250	0,61	0,74
Ba	2000	4000	125	500	7,51	9,82
Andre metaller	125	500	125	250	0,15	0,37



Figur 8: Fordeling av faunagrupper og kontaminert sediment på Oseberg Øst, 2004.

2.8 Oseberg G

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

Oseberg G ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 103 og 107 m. Sedimentet i området er klassifisert som fin sand med innhold av pelitt mellom 1,7 og 4,2 % og TOM 0,8 og 1,1 %. Sedimentforholdene varierer litt over feltet med det groveste sedimentet funnet på OSG08 og det fineste på OSG03. Det er lite variasjon i innholdet av organisk materiale.

Sedimentsammensetningen er litt finere enn det som er registrert på nabofeltene Oseberg C og Oseberg Feltcenter.

Sedimentene på Oseberg G har konsentrasjoner av THC (3-6 mg/kg), barium (16 – 43 mg/kg) og øvrige metaller som er sammenlignbare med de naturlige bakgrunnsverdiene over den grunne underregionen. Dette gjelder også NPD'er og 16EPA-PAH. Sedimentene inneholder ikke kvantifiserbare mengder dekaliner. Det er funnet spor av mineralolje i sedimentene på den ytterste stasjonen 2000 m sørøst (OSG08) av sentrum uten at dette kan tilskrives utslipp fra installasjonen.

Sammenlignes feltet under ett med rene stasjoner på nabofeltene Oseberg C og Oseberg Feltcenter, ligger sedimentkonsentrasjonene av de kjemiske parametrene innenfor de naturlige variasjonene i området.

Det er en del variasjon i antall individ (253 – 514) og taxa (47 – 78) over feltet. Antall individ og taxa er noe lavere på Oseberg G enn på nabofeltene Oseberg Feltcenter og Oseberg C.

Faunaen er vurdert å være uforstyrret av petroleumsaktiviteten i området på alle stasjonene. Korrelasjonsanalysen viser at forskjellene i faunasammensetningen mellom stasjonene skyldes naturlig variasjon i sedimentstrukturen.

Tabell 24: Kjemiske data for Oseberg G, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSG01	45°	250	3,8	20	0,010	4,9	1,1	na	3,0	4,3
OSG02	45°	500	4,9	21	0,011	5,4	1,1	na	3,0	4,7
OSG03	45°	1000	5,1	32	0,012	5,8	1,3	na	2,0	5,3
OSG05	135°	250	4,5	43	0,017	5,4	1,1	<0,005	3,4	5,2
OSG06	135°	500	3,7	23	0,008	5,1	1,0	<0,005	3,1	5,2
OSG07	135°	1000	3,2	19	0,010	5,5	1,4	na	3,0	5,9
OSG08	135°	2000	6,3	42	0,009	5,1	1,1	na	2,7	6,0
OSG09	225°	250	4,5	16	0,010	5,0	1,1	na	3,0	6,2
OSG10	225°	500	4,5	18	0,009	4,8	1,1	na	2,0	6,4
OSG11	225°	1000	4,9	18	0,009	5,7	1,1	na	2,3	6,9
OSG13	315°	250	5,6	21	0,014	5,5	1,1	na	2,7	7,1
OSG14	315°	500	5,0	26	0,005	5,5	1,2	na	2,3	7,1
OSG15	315°	1000	4,5	23	0,019	5,8	1,4	na	2,4	5,0
OSG17R	315°	5000	4,7	16	0,007	5,2	1,2	<0,005	2,7	4,4

n.a. Ikke analysert.

Tabell 25: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Oseberg G, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
OSG01	45°	250	305	53	4,5	0,78	31	0,8	2,6
OSG02	45°	500	303	47	4,5	0,81	29	0,9	2,5
OSG03	45°	1000	347	55	4,7	0,82	32	0,9	4,2
OSG05	135°	250	393	63	4,6	0,77	33	0,8	2,6
OSG06	135°	500	412	62	4,4	0,75	29	0,8	2,5
OSG07	135°	1000	383	49	4,2	0,75	27	0,9	2,7
OSG08	135°	2000	403	78	5,2	0,83	40	0,8	1,7
OSG09	225°	250	253	49	4,5	0,80	33	0,8	2,5
OSG10	225°	500	444	72	4,7	0,76	33	0,9	2,4
OSG11	225°	1000	383	57	4,4	0,75	30	1,0	2,5
OSG13	315°	250	447	70	4,6	0,76	32	1,0	2,6
OSG14	315°	500	514	65	4,6	0,76	29	1,1	2,4
OSG15	315°	1000	468	65	4,6	0,76	31	0,9	3,5
OSG17R	315°	5000	474	65	4,7	0,78	33	1,1	2,6

2.9 Oseberg J

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Oseberg J er vist i Tabell 26 og Tabell 27.

Oseberg J ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 96 og 103 m. Sedimentet i området er klassifisert som fin sand med innhold av pelitt mellom 1,3 og 2,2 % og TOM mellom 0,6 og 0,9 %. Mengden av fin og medium sand varierer noe over feltet, for øvrig er sedimentkarakterene forholdsvis like på stasjonene. Den valgte referansestasjonen OSS14R skiller seg klart ut i innhold av fin og medium sand og egner seg derfor dårlig som referansestasjon for Oseberg J.

Generelt er sedimentet på det nærmeste nabofeltet Oseberg Sør mye grovere enn på Oseberg J, mens det på Oseberg Feltsenter er litt grovere.

Sedimentene på Oseberg J har konsentrasjoner av THC (3-6 mg/kg), barium (18–31 mg/kg) og øvrige metaller som er sammenlignbare med de naturlige bakgrunnsverdiene i den grunne underregionen. Innholdet av NPD'er og 16EPA-PAH er lavt sammenlignet med det generelle bakgrunnsnivået av disse forbindelsene over den grunne underregionen. Sedimentene inneholder ikke kvantifiserbare mengder dekaliner.

Sammenlignes feltet under ett med rene stasjoner på nabofeltene Oseberg C og Oseberg Feltsenter, faller sedimentkonsentrasjonene av de kjemiske parametrene innenfor de naturlige variasjonene i området.

Det er forholdsvis stor variasjon i antall individ (840 – 1500) over feltet, mens forskjellene er noe mindre i antall taxa (73 – 93). Diversiteten er forholdsvis lav på feltstasjonene (H' 2,9 – 4,0). Den valgte referansestasjonen skiller seg klart ut i antall individ (221) og taxa (49).

Generelt er antall individ og taxa mye høyere og diversiteten mye lavere på Oseberg J enn på nærmeste nabofelt Oseberg Sør.

Faunaen er vurdert å være uforstyrret av petroleumsaktiviteten på alle stasjonene. Korrelasjonsanalysen indikerer at de små forskjellene i faunasammensetningen mellom stasjonene skyldes naturlig variasjon i sedimentstrukturen.

Referansestasjon OSS14R, som ble valgt som feltets referansestasjon, egner seg ikke som dette verken med tanke på sediment- eller faunasammensetning. I følge clusteranalysen er det referansestasjonen

for Oseberg C som har størst faunalikhet med Oseberg J, men den store geografiske avstanden er i så måte ikke ideell.

Tabell 26: Kjemiske data for Oseberg J, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSJ01	45°	250	3,7	30	0,006	4,7	0,84	na	3,0	3,5
OSJ02	45°	500	3,9	28	0,005	4,8	0,96	na	2,7	3,6
OSJ03	45°	1000	3,1	30	0,008	4,9	1,0	na	2,3	3,8
OSJ05	135°	250	3,3	19	0,005	4,5	0,98	<0,005	2,3	3,4
OSJ06	135°	500	3,9	31	0,010	4,9	0,9	<0,005	2,3	3,7
OSJ07	135°	1000	4,0	27	0,006	5,4	0,98	na	3,0	3,9
OSJ08	135°	2000	5,2	26	0,013	5,4	0,9	na	2,3	4,1
OSJ09	225°	250	4,1	18	0,009	4,4	0,79	na	3,0	3,5
OSJ10	225°	500	5,8	21	0,005	4,4	0,91	na	2,0	3,4
OSJ11	225°	1000	5,8	28	0,006	4,3	0,87	na	2,7	3,3
OSJ13	315°	250	3,8	29	0,008	4,5	0,95	na	3,0	3,6
OSJ14	315°	500	4,2	22	0,009	4,4	0,97	na	3,0	3,6
OSJ15	315°	1000	4,0	20	0,006	4,5	0,83	na	2,9	3,3
OSS14R			2,0	25	<0,005	2,7	0,6	<0,005	2,0	0,2

n.a. Ikke analysert.

Tabell 27: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Oseberg J, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
OSJ01	45°	250	1332	88	3,3	0,51	23	0,8	1,9
OSJ02	45°	500	1160	82	3,3	0,51	22	0,8	1,8
OSJ03	45°	1000	871	76	3,5	0,56	24	0,8	1,3
OSJ05	135°	250	1068	73	2,9	0,47	21	0,6	1,8
OSJ06	135°	500	1086	77	3,5	0,56	24	0,8	2,0
OSJ07	135°	1000	1035	80	3,5	0,56	24	0,8	2,2
OSJ08	135°	2000	1095	85	3,5	0,55	24	0,9	2,0
OSJ09	225°	250	1198	89	3,3	0,51	25	0,7	1,7
OSJ10	225°	500	1114	81	3,4	0,54	24	0,7	1,8
OSJ11	225°	1000	840	93	4,0	0,61	29	0,7	1,9
OSJ13	315°	250	1272	74	3,0	0,48	21	0,7	2,0
OSJ14	315°	500	992	84	3,1	0,49	23	0,8	1,9
OSJ15	315°	1000	1500	77	3,1	0,49	20	0,7	1,9
OSS14R			221	49	4,6	0,82	33	0,5	1,4

2.10 Brage

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Brage er vist i Tabell 28 og Tabell 29.

Brage ligger i den grunne delen av regionen med stasjonsdyp mellom 125 og 145 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt og fin sand med innhold av pelitt mellom 2,4 og 37,8 % og TOM mellom 0,7 og 1,1 %. Det er stor variasjon i sedimentsammensetningen over feltet med finest sediment på stasjon BRA05, BRA08 og BRA23.

Sammenlignet med foregående undersøkelse har BRA08 størst reduksjon i innhold av pelitt, mens størst økning er registrert på BRA11 og BRA19. Mengden av TOM viser merkbar reduksjon på BRA08 og BRA14, mens det på de fleste andre stasjoner er forholdsvis små endringer.

Også i årets undersøkelse har sedimentene på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen sørøst av installasjonen (BRA08) det høyeste innholdet av THC (32 mg/kg), eter (2,2 mg/kg) og barium (2660 mg/kg). Det er ikke påvist olefiner i sedimentene på Brage. Sedimentene på stasjoner ut til 1000 m sørøst og ut til 250 m nordøst er kontaminert med THC. Sedimentene er kontaminerte med barium og har spor av eterbasert borevæske ut til 2000 m stasjonen sørøst og ut til 250 m stasjonene på de øvrige aksene. Sedimentene på stasjoner ut til 500 m sørøst og nordvest og ut til 250 m nordøst av installasjonen er kontaminert med øvrige metaller. PCA bekrefter at disse områdene har høyere innhold av THC og metaller enn resten av feltet

Sammenlignet med 2001 resultatene har innholdet av THC, olefiner og eter gått ned i sedimentene. Arealene med sediment kontaminert med THC og eter har som en følge gått ned fra henholdsvis 0,66 til 0,33 km² og fra 3,93 til 0,88 km², mens olefiner har forsvunnet fra sedimentene.

Innholdet av barium har gått ned i sedimentene på flere feltstasjoner og arealet kontaminert med barium har som følge gått ned fra 4,91 til 0,88 km². Som et resultat av at metallinnholdet har økt i sedimentene nordvest av sentrum har arealet kontaminert med øvrige metaller gått opp fra 0,18 til 0,29 km². I henhold til utslippshistorien for Brage er det rapportert utslipp av baritt siden foregående undersøkelse ble utført. Det er ikke sluppet ut eter og olefinbaserte borevæsker etter at 2001-undersøkelsen ble utført.

Det er stor variasjon i antall individ (662 – 2070), taxa (71 – 105) og diversiteten (H' 2,6 – 4,7) over feltet. Sammenlignet med foregående undersøkelse har antall individ økt på flere av stasjonene, mens diversiteten er redusert.

Faunaen er vurdert som tydelig forstyrret ut til 500 m SØ og lettforstyrret ut til 1000 m SØ og 250 m NØ og NV av sentrum. På disse stasjonene er taxa, som øker i individantall ved økende organisk anrikning/ kontaminering av sedimentet, blant de meste dominante taxa, mens taxa som er dominante i upåvirket sediment opptrer i redusert individantall eller er fraværende. Korrelasjonsanalysen viser en sammenheng mellom faunafordelingen og mengden av barium og krom i sedimentet. Videre korrelere THC og de fleste andre metallene med barium og krom.

Arealet med forstyrret fauna har minket siden foregående undersøkelse og følger dermed trenden av minkende kontaminering av sedimentet.

Ustrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for forstyrret fauna og kontaminert sediment er vist i Tabell 30 og Figur 9.

Tabell 28: Kjemiske data for Brage, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Eter	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
BRA03	330°	2000	3,0	<0,1	58	0,004	4,3	1,5	na	3,9	5,0
BRA04	330°	1000	3,5	<0,1	50	<0,005	4,1	1,5	na	4,1	4,7
BRA05	330°	500	2,6	<0,1	90	0,015	5,2	2,4	na	3,3	7,2
BRA06	330°	250	5,3	0,1	208	0,004	4,5	1,4	na	3,8	5,5
BRA08	150°	500	32,2	2,2	2660	0,017	7,5	3,7	0,008	5,7	11,2
BRA09	150°	1000	27,0	0,4	1133	0,011	4,4	1,9	na	4,8	5,5
BRA10	150°	2000	6,5	0,1	412	0,009	4,2	1,5	na	5,0	5,4
BRA11	150°	4000	3,0	<0,1	159	0,012	4,2	1,5	na	4,5	5,4
BRA14	60°	1000	2,4	<0,1	52	0,005	4,2	1,4	na	3,7	5,1
BRA15	60°	500	4,3	<0,1	81	0,006	4,1	1,4	na	3,1	5,0
BRA16	60°	250	11,8	0,2	1277	0,006	4,3	2,3	na	6,9	6,7
BRA17	240°	250	4,6	0,3	372	<0,005	4,2	1,4	na	4,0	5,2
BRA18	240°	500	2,6	<0,1	68	0,004	3,9	1,3	na	3,0	4,4
BRA19	240°	1000	2,6	<0,1	54	0,008	4,6	1,6	na	3,4	5,2
BRA20	60°	2000	2,3	<0,1	78	0,007	4,7	1,7	na	4,1	6,0
BRA21	240°	2000	3,2	<0,1	33	0,005	4,6	1,6	na	3,5	5,2
BRA22	330°	3000	2,3	<0,1	35	0,007	4,3	1,1	na	5,5	5,1
BRA23	150°	6000	3,0	<0,1	212	0,011	4,5	1,2	na	4,3	5,8

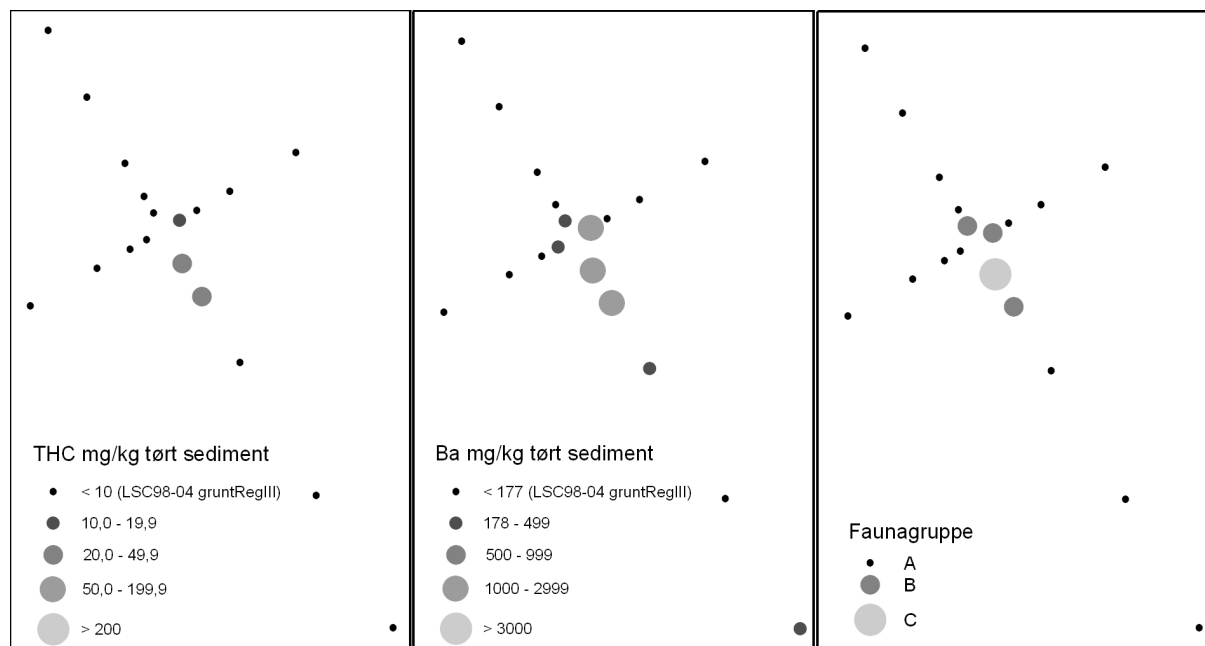
n.a. Ikke analysert.

Tabell 29: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Brage, 2004.

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
BRA03	330°	2000	1950	103	3,3	0,49	20	0,77	3,7
BRA04	330°	1000	2070	91	3,3	0,50	19	0,76	2,6
BRA05	330°	500	1190	88	3,7	0,57	25	1,10	27,8
BRA06	330°	250	1054	73	3,5	0,57	24	0,74	2,6
BRA08	150°	500	1208	71	3,8	0,62	24	1,13	37,8
BRA09	150°	1000	1876	81	2,6	0,41	18	0,81	12,2
BRA10	150°	2000	1393	93	3,7	0,56	25	0,72	5,5
BRA11	150°	4000	841	103	4,3	0,64	32	0,87	19,3
BRA14	60°	1000	1276	83	3,1	0,48	21	0,80	5,2
BRA15	60°	500	1617	83	2,6	0,41	16	0,00	9,0
BRA16	60°	250	1163	71	3,6	0,58	23	0,84	4,0
BRA17	240°	250	1434	76	3,1	0,50	21	0,87	7,8
BRA18	240°	500	1345	79	3,0	0,47	20	0,70	2,5
BRA19	240°	1000	976	88	4,1	0,63	28	0,92	22,9
BRA20	60°	2000	662	89	4,7	0,73	36	0,89	4,9
BRA21	240°	2000	818	105	4,4	0,66	33	0,91	3,0
BRA22	330°	3000	888	89	3,6	0,55	27	0,79	2,4
BRA23	150°	6000	758	85	4,3	0,67	31	0,76	27,4

Tabell 30: Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for bariumkontaminert sediment for Brage 2004 og foregående undersøkelse.

Brage	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Gruppe B	250	1000	125	250	0,37	1,77
Gruppe C	125	500	125	125	0,12	0,12
THC	250	1000	125	125	0,33	0,66
Olefiner	0	0	0	0	0,00	0,12
Eter	250	2000	250	250	0,88	3,93
Ba	250	2000	250	250	0,88	4,91
Andre metaller	250	500	125	500	0,29	0,18



Figur 9: Utbredelse av faunagrupeer og kontaminert sediment på Brage, 2004.

2.11 TOGI

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på TOGI er vist i Tabell 31 og Tabell 32.

TOGI ligger i den dype delen av regionen med stasjonsdyp mellom 298 og 301 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt med innhold av pelitt mellom 94,8 og 96,3 % og TOM mellom 9,0 og 10,6 %. Det er liten variasjon mellom stasjonene i sedimentsammensetningen.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det forholdsvis små endringer i sedimentkarakterene. På stasjon TOG09 er det en liten reduksjon i mengden av fin sand, mens det på stasjon TOG08 er registrert en økning i mengde av fin sand og TOM.

Hydrokarbonene er forholdsvis jevnt fordelt i sedimentene på TOGI. Det generelle THC-nivået ligger på 15 - 26 mg/kg tørt sediment. Konsentrasjonene av utvalgte hydrokarboner er sammenlignbare med de naturlige bakgrunnsnivåene i området. Sedimentene på de innerste stasjonene sørøst og sør av installasjonen (TOG03 og TOG05) har de høyeste innholdene av barium (1330 mg/kg). Sedimentene er kontaminert med barium ut til 500 m vest og ut til 250 m på de øvrige aksene. PCA bekrefter at dette området har høyere innhold barium enn resten av feltet.

Som i foregående undersøkelse er THC-innholdet også i årets undersøkelse på bakgrunnsnivå. Nedgang i innhold av barium i sedimentene på de ytterste stasjonene mot vest har ført til at utstrekningen

av sediment kontaminert med barium har gått ned fra 2000 m i 2001-undersøkelsen til 500 m i årets undersøkelse. I årets undersøkelse er kun den innerste stasjonen undersøkt på de øvrige aksene. Bariuminnholdet er stort sett uendret på disse stasjonene, og sedimentene er fremdeles kontaminert med barium. I henhold til utslippshistorien for TOGI har det ikke vært boreaktivitet eller utslipp i løpet av de siste ni årene.

Antall individ (567 – 922) og taxa (99 – 117) varierer noe mellom stasjonene, mens diversiteten er høy ($H' > 5,4$). Sammenlignet med foregående undersøkelse er det til dels stor nedgang i antall individ på enkelte stasjoner, mens andre har hatt en økning. Antall taxa og diversiteten er forholdsvis lik i de to undersøkelsene.

Faunaen på TOGI er vurdert å ikke være påvirket av petroleumsaktiviteten på feltet. Som det fremgår av de multivariate analysene er det stor likhet i faunasammensetningen mellom stasjonene. De små forskjellene som finnes skyldes naturlig variasjon. Dette er det samme som det ble konkludert med i foregående undersøkelse på feltet.

Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment er vist i Tabell 33 og Figur 10.

Tabell 31: Kjemiske data for TOGI, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
TOG03	135°	250	20,9	1327	0,090	33,8	15,3	na	34,5	63,5
TOG05	180°	250	21,8	1330	0,095	33,5	15,9	na	31,1	62,7
TOG07	270°	500	22,0	750	0,095	33,7	14,8	0,033	31,4	62,4
TOG08	270°	1000	15,1	383	0,093	33,2	14,1	0,030	28,0	60,1
TOG09	270°	2000	24,7	437	0,083	32,2	14,2	na	31,0	60,2
TOG10	335°	250	26,1	851	0,088	35,7	16,2	na	33,8	66,0
TOG11R	90°	10000	28,8	283	0,083	37,4	16,1	0,030	34,7	68,5

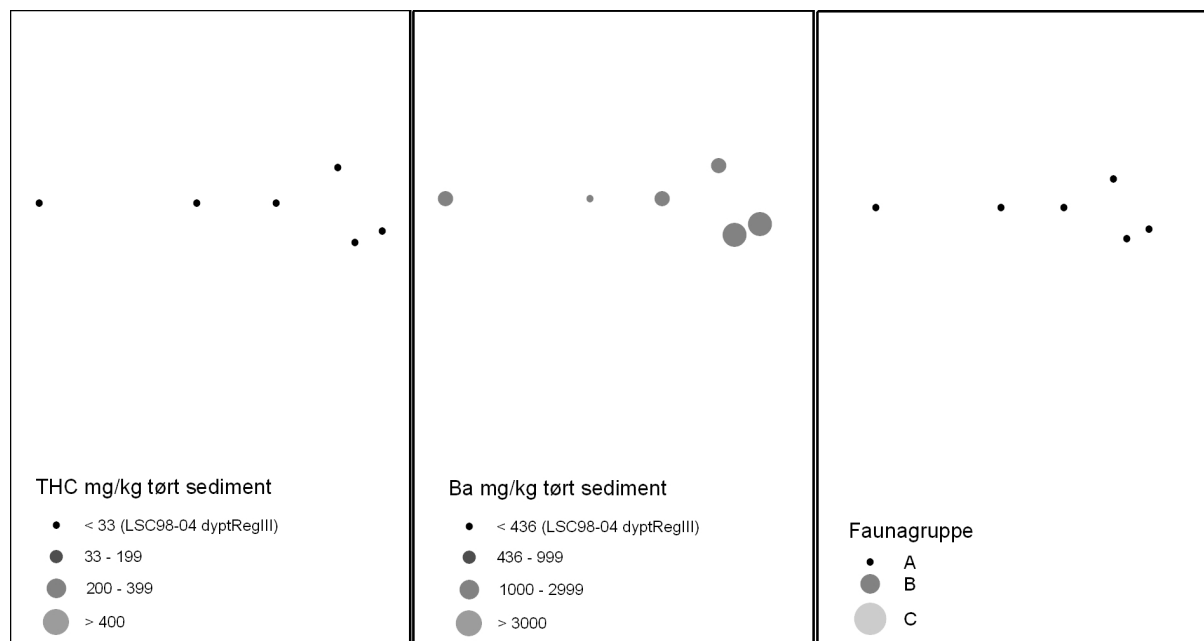
n.a. Ikke analysert.

Tabell 32: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på TOGI, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
TOG03	135°	250	659	99	5,4	0,81	41	9,5	96,3
TOG05	180°	250	670	101	5,5	0,82	42	9,4	95,5
TOG07	270°	500	671	108	5,7	0,84	46	9,9	95,4
TOG08	270°	1000	567	102	5,6	0,84	45	10,6	95,0
TOG09	270°	2000	840	115	5,6	0,82	44	9,6	94,8
TOG10	335°	250	922	117	5,5	0,80	42	9,0	95,5
TOG11R	90°	10000	678	103	5,7	0,85	45	10,1	96,2

Tabell 33: Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for bariumkontaminert sediment på TOGI 2004 og foregående undersøkelse.

TOGI	N	SØ	S	V	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Ba	250	250	250	500	0,29	1,96



Figur 10: Utbredelse av Ba i sedimentet på TOGI, 2004.

2.12 Troll B

Resultatene fra analysene som er utført på prøver fra stasjonene på Troll B er vist i Tabell 34 og Tabell 35.

Troll B ligger i den dype delen av regionen med stasjonsdyp mellom 312 og 334 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt med innhold av pelitt mellom 89,1 og 96,3 % og TOM mellom 7,6 og 10,0 %. Sedimentforholdene varierer litt mellom stasjonene, men er forholdsvis likt det som ellers er registrert i Trollområdet.

Hydrokarbonene er forholdsvis jevnt fordelt i sedimentene på Troll B. Det generelle THC-nivået ligger på 20 – 32 mg/kg tørt sediment. Konsentrasjonene av utvalgte hydrokarboner er sammenlignbare med de naturlige bakgrunnsnivåene i området. Sedimentekstraktene inneholder ingen profiler som viser oljerelaterte hydrokarboner. Sedimentene på TRB04-10 har det høyeste innholdet av barium (2160 mg/kg). Sedimentene på alle feltstasjoner, med unntak av TRB04-12, er kontaminert med barium. PCA bekrefter at TRB04-12 har lavere innhold barium enn resten av feltet. I henhold til utslippshistorien for Troll B er det rapportert to akuttutslipp av olje samt utslipp av baritt siden foregående undersøkelse.

Antall individ (646 – 957) og taxa (99 – 119) varierer litt mellom stasjonene, mens diversiteten er høy ($H' > 5,5$). Dette er likt det som ellers er registrert i Trollområdet.

De biologiske analysene indikerer en jevn fordeling av uforstyrret fauna over feltet. De små forskjellene i faunasammensetningen som fremkommer i de multivariate og korrelasjonsanalysene anses å være et resultat av naturlig variasjon over området. Dette er det samme som det ble konkludert med i foregående undersøkelse på feltet.

Pga. overlapp mellom stasjonene på Troll B og Troll C bør disse feltene behandles samlet i neste undersøkelse.

Utbredelsen av mengde barium i sediment er vist i Figur 11.

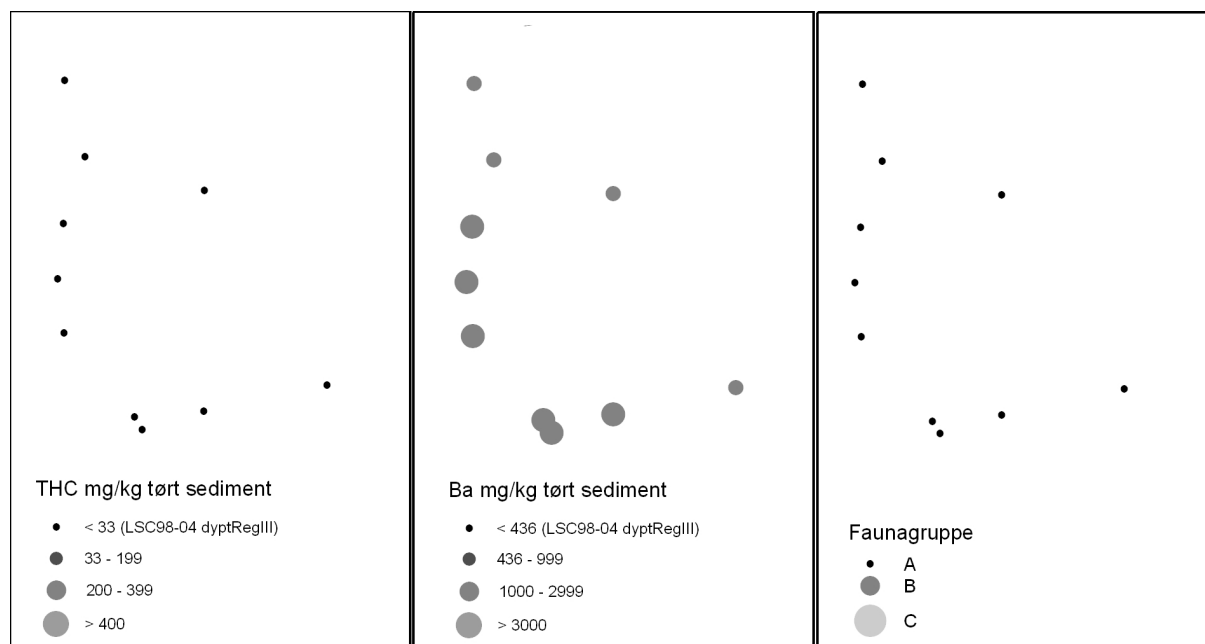
Tabell 34: Kjemiske data for Troll B, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
TRB04-01	31,6	947	0,111	35,1	16,0	na	33,3	68,8
TRB04-02	26,1	542	0,104	32,6	14,7	na	31,5	61,5
TRB04-03	24,6	570	0,102	34,5	14,9	na	29,9	62,2
TRB04-05	27,2	1028	0,104	32,2	15,9	na	28,0	59,3
TRB04-06	25,1	1077	0,107	26,4	14,9	na	29,0	58,9
TRB04-08	21,8	1079	0,096	26,6	15,2	0,029	26,3	55,1
TRB04-09	25,4	1075	0,089	24,9	14,1	na	26,3	64,1
TRB04-10	26,8	2160	0,093	29,8	19,4	na	28,7	58,1
TRB04-11	26,3	1193	0,095	28,1	14,6	na	29,3	56,8
TRB04-12	19,7	439	0,081	25,2	14,9	0,021	27,0	54,5
TRC99R	24,1	351	0,091	40,2	19,0	0,033	45,3	79,6

n.a. Ikke analysert.

Tabell 35: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Troll B, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
TRB04-01	677	112	5,7	0,83	46	9,7	96,3
TRB04-02	660	102	5,7	0,86	46	8,6	92,1
TRB04-03	649	103	5,5	0,83	43	10,0	95,3
TRB04-05	667	99	5,6	0,84	43	8,5	93,1
TRB04-06	881	106	5,5	0,82	42	8,7	92,9
TRB04-08	807	114	5,6	0,82	44	8,9	90,7
TRB04-09	646	106	5,7	0,85	47	7,6	89,3
TRB04-10	957	119	5,5	0,80	42	8,1	89,1
TRB04-11	696	101	5,5	0,82	42	9,1	92,4
TRB04-12	743	105	5,7	0,85	45	8,3	90,8
TRC99Ra	462	81	5,4	0,85	41	9,4	98,2
TRC99Rb	777	92	5,6	0,86	44	-	-



Figur 11: Utbredelse av mengde Ba i sedimentet på Troll B, 2004.

2.13 Troll C

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

Troll C ligger i den dype delen av regionen med stasjonsdyp mellom 328 og 350 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt med innhold av pelitt mellom 97,3 og 99,1 % og TOM mellom 9,2 og 11,4 %. Det er lite variasjon i sedimentforholdene over feltet og forholdene er lik det som ble registrert på felles stasjoner i foregående undersøkelse.

Hydrokarbonene er forholdsvis jevnt fordelt i sedimentene på Troll C. Det generelle THC-nivået ligger på 19–32 mg/kg tørt sediment. Konsentrasjonene av utvalgte hydrokarboner er sammenlignbare med de naturlige bakgrunnsnivåene i området. Sedimentene på TRC04-01 har det høyeste innholdet av barium (1489 mg/kg). Alle feltstasjonene er kontaminert med barium.

Som i foregående undersøkelse er THC-innholdet også i årets undersøkelse på bakgrunnsnivå. Bariuminnholdet har økt på TRC04-10 og er stort sett uendret på TRC04-12 og TRC04-13. Innholdet av de øvrige metallene er fremdeles sammenlignbare med bakgrunnsnivåene i den dype underregionen. I henhold til utslippshistorien for Troll C er det rapportert akuttutslipp av olje samt utslipp av baritt siden foregående undersøkelse.

Det er forholdsvis stor variasjon i antall individ (508 – 961) og taxa (91 – 117) over feltet, mens diversiteten er høy på alle stasjonene ($H' > 5,4$). Sammenlignet med resultatene fra foregående undersøkelse på de felles stasjonene, har antall individ og taxa økt merkbart på stasjon TRC04-10, mens diversiteten har økt litt på enkelte stasjoner.

De biologiske analysene indikerer en jevn fordeling av uforstyrret fauna over feltet. De små forskjellene i faunasammensetningen som fremkommer i de multivariate og korrelasjonsanalysene anses å være et resultat av naturlig variasjon over området. Dette er det samme som det ble konkludert med i foregående undersøkelse på feltet.

Pga. overlapp mellom stasjonene på Troll B og Troll C bør disse feltene behandles samlet i neste undersøkelse.

Utbredelsen av mengde barium i sedimentet på Troll C er vist i Figur 12.

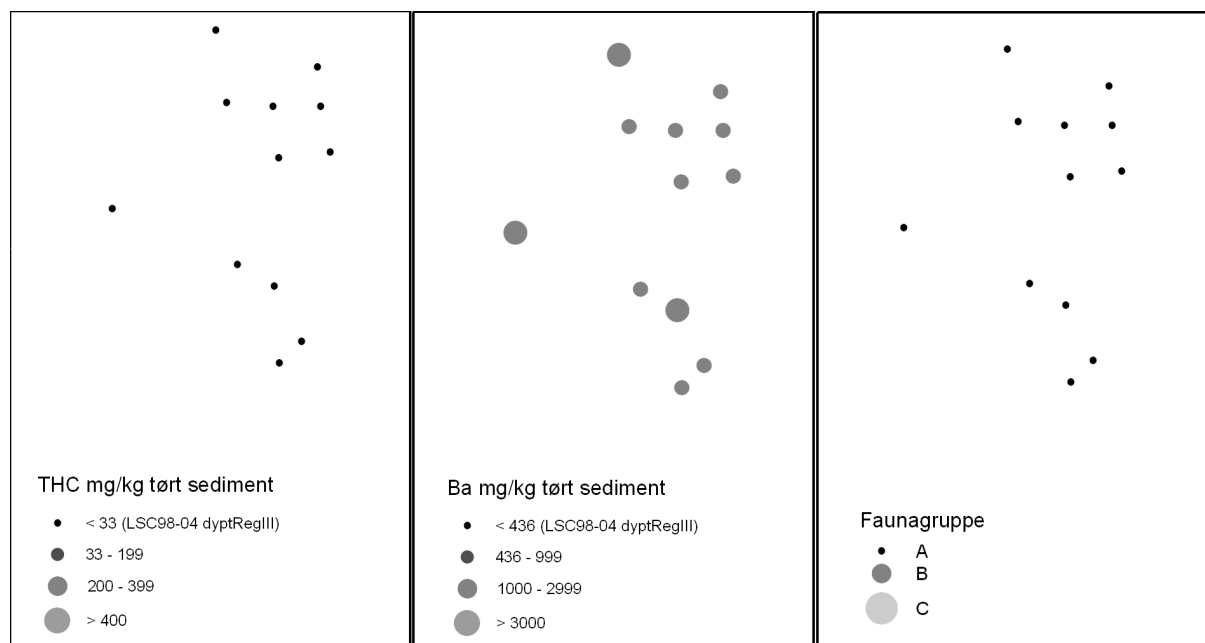
Tabell 36: Kjemiske data for Troll C, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
TRC04-01	26,1	1489	0,073	37,3	18,7	na	38,2	74,1
TRC04-02	26,3	677	0,084	37,6	17,9	na	40,5	75,2
TRC04-03	31,4	525	0,080	36,5	17,3	na	36,4	72,6
TRC04-04	31,3	911	0,083	37,5	19,9	na	40,2	75,9
TRC04-05	27,2	530	0,083	38,3	17,8	na	42,4	76,8
TRC04-07	30,9	552	0,079	37,4	17,6	na	40,6	74,6
TRC04-08	24,6	869	0,076	37,7	18,0	na	39,7	73,9
TRC04-09	32,4	1350	0,088	38,7	17,6	na	39,1	71,9
TRC04-10	29,9	883	0,080	37,3	17,2	0,031	39,4	74,4
TRC04-11	21,7	1287	0,084	37,6	19,8	na	36,2	75,3
TRC04-12	18,7	560	0,090	38,5	17,6	0,036	40,3	77,0
TRC04-13	19,6	587	0,094	35,7	17,2	na	38,1	70,8
TRC99R	24,1	351	0,091	40,2	19,0	0,033	45,3	79,6

n.a. Ikke analysert.

Tabell 37: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Troll C, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
TRC04-01	508	94	5,6	0,86	46	9,7	98,6
TRC04-02	961	91	5,4	0,83	41	11,4	98,3
TRC04-03	735	97	5,7	0,86	46	9,6	98,3
TRC04-04	608	106	5,6	0,84	44	10,8	97,2
TRC04-05	805	99	5,6	0,85	44	10,4	99,1
TRC04-07	709	103	5,7	0,85	45	10,8	98,6
TRC04-08	629	94	5,7	0,87	46	10,6	99,0
TRC04-09	698	97	5,5	0,83	42	9,2	97,7
TRC04-10	888	117	5,6	0,82	44	10,0	97,7
TRC04-11	703	109	5,6	0,83	45	9,2	97,3
TRC04-12	689	112	5,8	0,85	48	10,8	98,1
TRC04-13	582	92	5,5	0,85	44	10,4	96,6
TRC99Ra	462	81	5,4	0,85	41	11,2	98,4
TRC99Rb	777	92	5,6	0,86	44		



Figur 12: Utbredelse av mengde barium i sedimentet på Troll C, 2004.

2.14 Fram Vest

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

Fram Vest ligger i den dype delen av regionen med stasjonsdyp mellom 355 og 361 m. Sedimentet i området er klassifisert som silt med innhold av pelitt mellom 94,5 og 99,4 % og TOM mellom 7,5 og 11,7 %. Med unntak av stasjon FramA2-04 er sedimentforholdene like over hele feltet. Nevnte stasjon har høyere innhold av fin sand enn de andre stasjonene.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er andelen av fin sand høyere på alle stasjonene og innholdet av TOM lavere på de fleste stasjonene.

Sedimentene på den innerste stasjonen sørøst av templat FTEMP A1 har det høyeste innholdet av THC (707 mg/kg) og barium (2797 mg/kg). Sedimentene på 250 m stasjonene er kontaminert med THC. Gasskromatogram av sedimentekstraktene fra stasjoner kontaminert med THC har en profil som viser tilstedeværelse av mineralolje. Sedimentene er kontaminert med barium ut til 500 m langs de fire aksene.

I grunnlagsundersøkelsen på Fram Vest i 2002 ble det funnet forhøyet innhold av barium på noen stasjoner. Innholdet av barium avtok med økende dyp i sedimentet i de seksjonerte prøvene, noe som tydet på en viss tilførsel til det undersøkte området. Sammenlignet med foregående undersøkelse har innholdet av THC økt tydelig i sedimentene på 250 m stasjonene. Innholdet av barium har økt på de fleste feltstasjonene. For de øvrige metallene er sedimentinnholdet stort sett uendret og på bakgrunnsnivå. I henhold til utslippshistorien for Fram Vest er det rapportert utslipp av oljebasert borevæske og baritt siden grunnlagsundersøkelsen i 2002.

Antall individ(588 – 1057) og taxa (79 – 110) varierer noe over feltet mens diversiteten er høy ($H' > 5,2$). Sammenlignet med foregående undersøkelse har antall individ og taxa økt på alle stasjoner, noe som også har resultert i en liten økning i diversiteten.

De biologiske analysene indikerer en jevn fordeling av fauna over feltet der clusteranalysen viser mindre enn 30 % faunamessig ulikhet mellom stasjonene, noe som ligger innenfor ulikheten som vises på replikatnivå (se appendiks). Korrelasjonsanalysen viser imidlertid en tendens til faunaendringer over feltet koblet til kjemiske variable, men korrelasjonen er meget svak slik at det ennå ikke kan konkluderes med at faunaen er påvirket av petroleumsaktiviteten på feltet. Det har ved flere anledninger vist seg at faunaen kan ha en forsinket reaksjon på kontaminering av sedimentet. Det er derfor grunn til å være oppmerksom på eventuelle faunaforstyrrelser ved neste undersøkelse.

For to av stasjonene (A2-01 og A1-08) som skilles ut i de multivariate og korrelasjonsanalysene ble en prøve med mollusker fra hver stasjon knust under transport. Det er usikkert om de manglende molluskene har innvirket på dette resultatet.

Ustrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment er vist i Tabell 40 og Figur 13.

Tabell 38: Kjemiske data for Fram Vest, 2004. Konsentrasjoner i mg/kg. (Minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Fram A2-01	45°	250	662	2253	0,077	42,9	19,8	na	47,7	83,2
Fram A2-02	45°	500	24,5	1025	0,091	40,1	22,8	na	42,8	85,4
Fram A2-04	315°	250	111	1697	0,096	40,9	19,0	na	42,4	79,3
Fram A2-05	315°	500	32,1	745	0,108	41,9	19,4	na	44,9	82,7
Fram A1-08	135°	250	707	2797	0,080	36,6	17,7	0,030	30,7	75,5
Fram A1-09	135°	500	26,4	910	0,081	40,7	22,7	0,034	41,6	79,2
Fram A1-10	135°	1000	17,6	377	0,095	34,9	16,8	na	24,6	72,3
Fram A1-12	225°	250	35,3	708	0,104	41,1	18,7	na	41,5	78,9
Fram A1-13	225°	500	31,8	848	0,110	42,1	19,5	na	45,2	84,4
Fram A1-14	225°	1000	23,6	415	0,106	42,2	19,3	na	46,6	82,6
Fram A2-07R	315°	5000	24,8	364	0,097	41,8	19,3	0,040	46,3	80,8

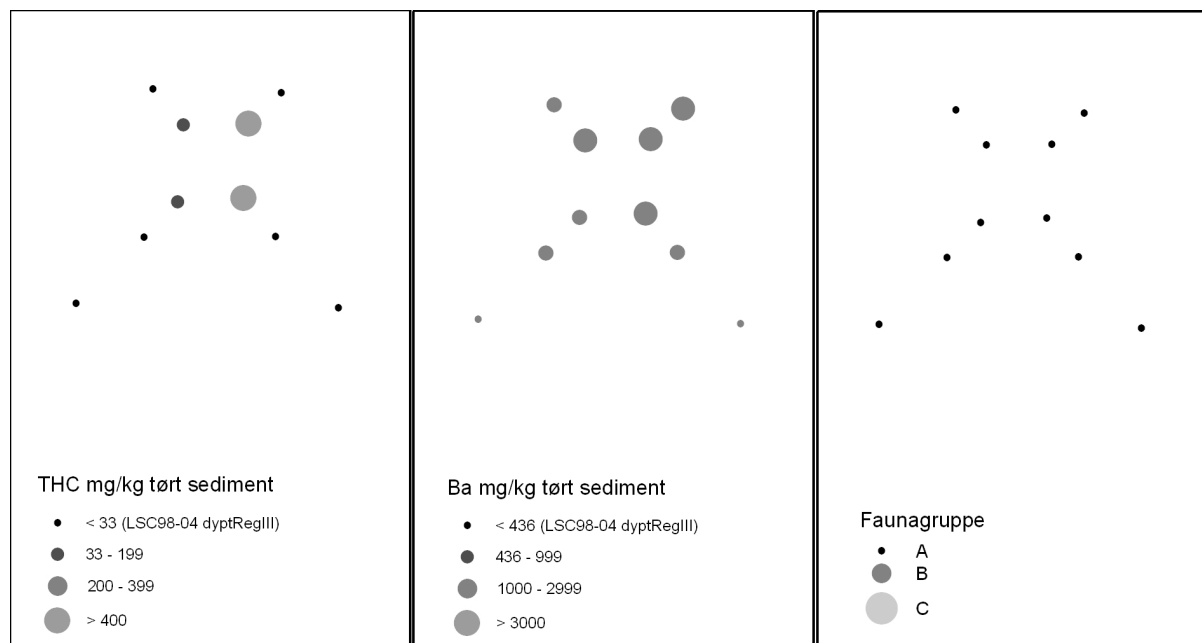
n.a. Ikke analysert.

Tabell 39: Biologiske data og mengde (%) pelitt og TOM for stasjonene på Fram Vest, 2004 (minimum- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet).

St. nr.	Retning (grader)	Avstand (m)	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelitt
Fram A2-01	45°	250	588	79	5,2	0,83	40	10,8	97,6
Fram A2-02	45°	500	1057	97	5,4	0,82	41	10,8	98,3
Fram A2-04	315°	250	783	93	5,4	0,83	41	11,1	94,5
Fram A2-05	315°	500	904	104	5,5	0,82	42	11,0	98,8
Fram A1-08	135°	250	590	84	5,3	0,82	40	10,7	98,8
Fram A1-09	135°	500	777	88	5,5	0,85	42	8,9	99,1
Fram A1-10	135°	1000	976	94	5,4	0,83	41	7,5	99,1
Fram A1-12	225°	250	783	100	5,6	0,84	43	10,7	98,6
Fram A1-13	225°	500	979	110	5,7	0,83	44	11,7	98,0
Fram A1-14	225°	1000	835	92	5,3	0,82	39	11,2	99,4
Fram A2-07R	315°	5000	802	91	5,4	0,82	40	11,2	99,1

Tabell 40: Utstrekning langs transektene og beregnet minimumsareal for kontaminert sediment for Fram Vest 2004 og foregående undersøkelse.

Fram Vest	NØ	SØ	SV	NV	Km ² (2004)	Km ² (2001)
THC	250	250	250	250	0,20	0
Ba	500	500	500	500	0,79	0



Figur 13: Utbredelse av mengde THC og Ba i sedimentet på Fram Vest, 2004.

2.15 Status Region III

Det er stor variasjon i sedimentsammensetningen over regionen. Feltene i den dype delen av regionen (Fram Vest, TOGI og Trollfeltene) har ett mye høyere innhold av pelitt (> 89 %) og TOM (> 7 %) og lavere innhold av fin sand (< 10 %) enn feltene i den grunne delen. Det groveste sedimentet er registrert på Oseberg Sør og Huldra.

Sammenlignet med foregående undersøkelse er det registrert størst reduksjon i innhold av pelitt i sedimentet på stasjoner på Oseberg Øst og Brage, mens innhold av TOM har størst reduksjon på Veslefrikk.

Region III er delt inn i en dyp og en grunn underregion. Den dype underregionen omfatter TOGI, Troll B, Troll C og Fram Vest, mens den grunne underregionen omfatter de øvrige feltene. Sedimentene i den dype underregionen har et naturlig høyere innhold av THC og metaller enn sedimentene i den grunnere underregionen. Regional- og referansestasjonene er fremdeles upåvirket av boreaktiviteten i området.

De kjemiske analyseresultatene på hvert felt er vurdert opp mot spesifikke grenseverdier. Hvis innholdet av en kjemisk substans overskrider tilhørende grenseverdi, kan en som regel si at sedimentet er kontaminert med denne forbindelsen. Det totale arealet for kontaminert sediment på enkeltfeltene og regionen som helhet er vist i Tabell 41.

Med et unntak, samsvarer resultatene fra de kjemiske analysene med bore- og utslippsaktiviteten på feltene. Sedimentene på de to feltene der det er utført grunnlagsundersøkelser, Oseberg G og Oseberg J, er upåvirket av petroleumsaktiviteten i området.

I den grunne underregionen skiller sedimentet på Veslefrikk seg ut med de høyeste enkeltverdiene av THC (320 mg/kg), barium (5373 mg/kg) og øvrige metaller, og feltet har de største arealene med kontaminert sediment. På Oseberg Feltsenter og Oseberg C er det målt THC-verdier over 100 mg/kg tørt sediment. På de øvrige feltene i den grunne underregionen er samtlige THC-verdier under 50 mg/kg tørt sediment. På Oseberg Sør er det ikke målt bariumverdier over 500 mg/kg. De høyeste bariumkonsentrasjonene er over 2000 mg/kg på de øvrige feltene.

Innholdet av eter er bestemt i sediment fra Oseberg Feltsenter og Oseberg C, mens sediment fra Brage er analysert for innhold av både eter og olefiner. Den inneste stasjonen sørøst av Oseberg C har det høyeste innholdet av eter (1189 mg/kg). På de øvrige stasjonene varierer innholdet fra verdier under kvantifiseringsgrensen til 10 mg/kg tørt sediment. På Oseberg Feltsenter har en feltstasjon kvantifiserbare mengder eter (0,11 mg/kg). På Brage er det påvist eter (0,1-2,2 mg/kg) i sedimentene på seks feltstasjoner. Sedimentene inneholder ikke lengre detekterbare mengder olefin.

I den dype underregionen skiller Fram Vest seg ut med de høyeste enkeltverdiene av THC (707 mg/kg) og barium (2797 mg/kg). På de øvrige feltene i den dype-underregionen er THC-innholdet på bakgrunnsnivå. På Troll B er ni av ti feltstasjoner kontaminert med barium, mens sedimentene på alle feltstasjonene på Troll C er kontaminert med barium. På TOGI, Troll B og Troll C er de høyest målte bariumverdiene over 1000 mg/kg.

Fem av feltene, Oseberg Sør, Troll B, Troll C, TOGI og Fram Vest, er ansett som ikke-kontaminert med hensyn på øvrige metaller.

Gjennom vurderingen av resultatene fra de forskjellige analysene som ble utført på data fra hvert felt ble faunaen på hver stasjon klassifisert i grupper ut fra nivå av faunaforstyrrelse. Det totale arealet for forstyrret fauna på enkeltfeltene og regionen som helhet for denne og foregående undersøkelse er vist i Tabell 41.

Syv av feltene i regionen er vurdert å bare ha uforstyrret fauna på de undersøkte stasjonene. Dette er Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, TOGI, Troll B, Troll C og Fram Vest. På Oseberg Sør og Fram Vest ble det registrert sediment kontaminert med THC på noen stasjoner. Nivåene på Oseberg Sør er lave, mens de var høye på Fram Vest. Likevel har ikke faunaen reagert på disse.

På seks av feltene i regionen (Veslefrikk, Huldra, Oseberg C, Oseberg Feltsenter, Oseberg Øst og Brage) er det registrert lett eller tydelig forstyrrelse av faunaen som følge av petroleumsaktiviteten. På stasjonene med forstyrret fauna, domineres faunaen mer eller mindre av børstemark og muslinger som er typiske for kontaminert/organisk anriket sediment.

På Veslefrikk har innholdet av THC gått kraftig ned i sedimentene mot sørøst. En mindre økning i THC mot nordvest har derimot ført til at arealet kontaminert med THC har økt fra 3,53 til 4,12 km². Innholdet av barium og med øvrige metaller har gått ned i sedimentene. Areal kontaminert med barium er uforandret, mens areal kontaminert øvrige metaller har gått ned fra 3,53 til 1,77 km². Arealet for forstyrret fauna har minnet siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 1000 m sørøst av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed minnet fra 1,47 til 0,22 km² de tre siste årene.

På Huldra har innholdet av THC, barium og øvrige metaller gått ned. Areal kontaminert med THC og øvrige metaller har gått ned fra henholdsvis 0,10 og 1,47 km² til 0,07 km². Kontamineringen med barium har gått ned fra 1,18 til 0,59 km². Arealet for lett forstyrret fauna er i denne undersøkelsen 0,07 km² og strekker seg ut til 250 m sørøst av sentrum. Faunaen var uforstyrret i foregående undersøkelse.

På Oseberg Sør har innholdet av THC gått ned og arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0,59 til 0,18 km². Innholdet av barium har gått ned i sedimentene mot nordøst, sørøst og sørvest. Økt innhold av barium i sedimentene mot nordvest har derimot resultert i at arealet kontaminert med barium har økt fra 0,39 km² til 0,44 km². Sedimentene anses fremdeles som ikke kontaminerte med hensyn på øvrige metaller.

På Oseberg C er det en generell økning i innhold av THC (+58 mg/kg), eter (+104 mg/kg) og metaller i sedimentene på den innerste stasjonen i hovedstrømsretningen. Denne økningen kan ikke forklares ut fra aktiviteten på feltet. På de øvrige feltstasjonene har innholdet av THC og eter gått ned, og arealene kontaminert med THC og eter er dermed redusert fra henholdsvis 0,49 til 0,18 km² og fra 7,10 km² til 2,21 km². Selv om innholdet av barium har gått ned i sedimentene på flere feltstasjoner, har økt innhold i sedimentene mot nordvest ført til at kontaminert areal har økt fra 0,88 til 1,18 km². Arealet kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 0,29 til 0,12 km². Arealet for forstyrret fauna er likt med foregående undersøkelse og strekker seg fremdeles ut til 1000 m sørøst av sentrum og 250 m på de andre transektene. Faunaforstyrrelsen på feltet er 0,49 km².

På Oseberg Feltsenter har innholdet av THC og eter gått ned i sedimentene. Arealet kontaminert med THC har gått ned fra 1,34 til 0,33 km² og eter fra 0,2 til 0 km². Arealet kontaminert med barium har økt fra 1,57 til 1,96 km² som et resultat av økt bariuminnhold i sedimentene mot nordøst. Innholdet av de øvrige metallene er stort sett uendret, men en liten økning på en feltstasjon har resultert i at arealet kontaminert med øvrige metaller har økt fra 0,23 til 0,33 km². Arealet for forstyrret fauna har minnet siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 750 m sørøst og 500 m sørvest av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed minnet fra 1,23 til 0,43 km² de tre siste årene.

På Oseberg Øst har innholdet av THC og metaller gått ned i sedimentene. Arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0,74 til 0,61 km², barium fra 9,82 til 7,51 km² og øvrige metaller fra 0,37 til 0,15 km². Arealet for forstyrret fauna har økt siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 4000 m sørøst og 2000 m nordøst av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed økt fra 4,71 til 6,88 km² de tre siste årene. Imidlertid må det også bemerkes at faunaen nå vurderes som uforstyrret på transektene mot SV og NV der det i foregående undersøkelse var lett faunaforstyrrelse ut til hhv. 1000 og 2000 m.

På Brage har innholdet av THC, olefiner, eter og barium gått ned i sedimentene. Arealet kontaminert med THC har gått ned fra 0,66 til 0,33 km², olefiner fra 0,12 til 0 km², eter fra 3,93 til 0,88 km² og barium fra 4,91 til 0,88 km². Som et resultat av at metallinnhold har økt i sedimentene mot nordvest har arealet kontaminert med øvrige metaller gått opp fra 0,18 til 0,29 km². Arealet for forstyrret fauna har minnet siden foregående undersøkelse og strekker seg nå ut til 1000 m sørøst og 250 m nordøst og nordvest av sentrum. Faunaforstyrrelsen på feltet har dermed minnet fra 1,77 til 0,37 km² de tre siste årene.

På TOGI er THC-innholdet fremdeles på bakgrunnsnivå. Nedgang i bariuminnhold i sedimentene på de ytterste stasjonene mot vest har ført til at utstrekningen av sediment kontaminert med barium har

gått ned fra 2000 m til 500 m. I årets undersøkelse er kun den innerste stasjonen undersøkt på de øvrige aksene. Bariuminnholdet er stort sett uendret på disse stasjonene, og sedimentene er fremdeles kontaminert med barium.

Det totale arealet i Region III kontaminert med THC har gått ned fra 7,45 km² i foregående undersøkelse til 6,02 km² i årets undersøkelse. Totalarealet kontaminert med barium kan derimot ikke sammenlignes direkte ettersom stasjonsutvalget er endret for enkelte av feltene samtidig som sedimentets innhold av barium ikke alltid når bakgrunnsnivå selv på de ytterste stasjonene. Totalareal kontaminert med øvrige metaller har gått ned fra 6,07 km² til 2,73 km². Det totale arealet for lett forstyrret fauna (faunagruppe B) har minket fra 9,67 km² i foregående undersøkelse til 8,46 km² i denne undersøkelsen, mens arealet for tydelig forstyrret fauna (faunagruppe C) har en liten økning fra 0,64 til 0,67 km².

Tabell 41: Kalkulert minimumsareal (km²) for forstyrret fauna og kontaminert sediment i Region III, 2004 og foregående undersøkelse.

Felt	Faunagruppe B	Faunagruppe C	THC	Olefin/eter	Ba	Øvrige metaller
Veslefrikk	0,22	0,12	4,12	n.a. / n.a.	9,42	1,77
Huldra	0,07	0	0,07	n.a. / n.a.	0,59	0,07
Oseberg Sør	0	0	0,18	n.a. / n.a.	0,44	0
Oseberg C	0,49	0,12	0,18	n.a. / 2,21	1,18	0,12
Oseberg Feltsenter	0,43	0,09	0,33	n.a. / 0	1,96	0,33
Oseberg Øst	6,88	0,22	0,61	n.a. / n.a.	7,51	0,15
Oseberg G	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Oseberg J	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Brage	0,37	0,12	0,33	0 / 0,88	0,88	0,29
TOGI	0	0	0	n.a. / n.a.	0,29	0
Fram Vest	0	0	0,20	n.a. / n.a.	0,79	0
Totalt areal 2004	8,46	0,67	6,02	0 / 3,09	22,87	2,73
Totalt areal 2001 *	9,67	0,64	7,45	0,12 / 11,23	30,13	6,07

- Undersøkelse på Fram Vest i 2002.

Region III 2004 - Summary Report

3 Résumé

Norsk Hydro commissioned, on behalf of the operators in the region, Akvaplan-niva AS to carry out the regional environmental survey of the Region III in the North Sea (contract agreement 5252546). The fields included in the survey are Troll B, Troll C, TOGI, Oseberg Sør, Oseberg Øst, Oseberg C, Oseberg Feltcenter, Oseberg G, Oseberg J, Brage, Huldra, Veslefrikk and Fram Vest. In addition, samples from four regional and eight reference stations were collected. The fieldwork, comprising a total of 175 stations from the region, was carried out from 22.05 – 05.06 2004. The surveys at Oseberg G and Oseberg J are baseline surveys.

There is great variability in sediment structure over the region. The sediments from stations located in the deeper part of the region (Fram Vest, TOGI and the Troll fields) have a much higher content of pelite (> 89 %) and TOM (> 7 %), and lower content of fine sand (< 10 %) than sediments from stations situated at shallower depths. The coarsest grained sediments were registered at Oseberg Sør and Huldra.

Compared with the previous survey the greatest reduction in the pelite content in the sediment is found at stations at Brage and Oseberg Sør, while the TOM content has greatest reduction at Veslefrikk.

Region III is divided in a deep and a shallow sub-region. The deep sub-region includes Troll B, Troll C, TOGI and Fram Vest, while the shallow sub-region encompasses the remaining of the fields. The sediments in the deep sub-region have naturally higher concentrations of THC and metals than the sediments in the shallow sub-region. The regional- and reference stations are still unaffected of the drilling and discharge activity in the area.

The results of the chemical analyses on each field are compared with specific limit values. If the concentration of a chemical substance exceeds the limit value, the sediments are usually regarded as contaminated with this compound. The total area with contaminated sediment for each field is shown in the table below.

With one exception, the chemical results are in accordance with the reported data on drilling and discharge activities at the fields. The sediments at the fields where baseline surveys are performed, Oseberg G and Oseberg J, are unaffected of the drilling and discharge activity in the area.

In the shallow sub-region, the sediment at Veslefrikk has the highest concentrations of THC (320 mg/kg), barium (5373 mg/kg) and other metals. This field has the largest areas with contaminated sediments. At Oseberg Feltcenter and Oseberg C the highest measured THC values are above 100 mg/kg dry sediment. At the remaining fields in the shallow sub-region all THC values are below 50 mg/kg dry sediment. At Oseberg Sør there are only measured barium values below 500 mg/kg. The highest barium concentrations are above 2000 mg/kg at the remaining fields.

The content of ether is analysed in sediments from Oseberg Feltcenter and Oseberg C, at Brage both ether and olefins are analysed. The innermost station southeast of Oseberg C has the highest concentration of ether (1189 mg/kg). At the remaining stations, the concentrations range from values below the quantification limit to 10 mg/kg dry sediment. At Oseberg Feltcenter ether is found only at one station (0.11 mg/kg). At Brage ether (0.1-2.2 mg/kg) is found at six stations. The sediments do not contain detectable amounts of olefins.

In the deep sub-region, Fram Vest sticks out with the highest concentrations of THC (707 mg/kg) and barium (2797 mg/kg). At the remaining fields, the THC concentrations are at the background level. At Troll B, nine of ten stations are contaminated with barium, while all stations at Troll C are contaminated with barium. At TOGI, Troll B and Troll C the highest measured barium values are above 1000 mg/kg.

Five of the fields, Oseberg Sør, Troll B, Troll C, TOGI and Fram Vest, are regarded as uncontaminated with respect to other metals than barium.

Based on the evaluation of the results from the different analyses carried out on data from each field, the fauna at each station was classified into groups according to disturbance levels. The total area of disturbed fauna for each field is shown in the table below.

Seven of the fields in the region are considered to have undisturbed fauna at all stations. The fields are Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, TOGI, Troll B, Troll C and Fram Vest. At Oseberg Sør and Fram Vest sediments contaminated with THC are registered at some stations. The levels are low at Oseberg Sør, while they are high at Fram Vest. Still the fauna has not reacted to the contamination.

At six of the fields (Veslefrikk, Huldra, Oseberg C, Oseberg Feltcenter, Oseberg Øst and Brage) slightly or distinctly disturbed fauna is registered as a consequence of the petroleum activity. At the stations with disturbed fauna, the fauna is more or less dominated by polychaetes and bivalves that are typical for contaminated/organic enriched sediments.

At Veslefrikk the content of THC has decreased in the sediments against south east. A small increase in THC against northwest has resulted in an increase of the area contaminated with THC from 3.53 to 4.12 km². The concentrations of barium and other metals have decreased. The area contaminated with barium is unchanged, while the area contaminated with other metals has decreased from 3.53 to 1.77 km². The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and reaches now until 1000 m southeast from the centre. The faunal disturbance has thereby decreased the last three years from 1.47 to 0.22 km².

At Huldra the concentrations of THC, barium and other metals has decreased. The area contaminated with THC and other metals has decreased from respectively 0.10 and 1.47 km² to 0.07 km². The area contaminated with barium has decreased from 1.18 to 0.59 km². The area of slightly disturbed fauna in the present survey is 0.07 km² and reaches until 250 m southeast of the centre. The fauna was undisturbed in the previous survey.

At Oseberg Sør the concentrations of THC has decreased and the area contaminated with THC has therefore decreased from 0.59 to 0.18 km². The concentrations of barium has decreased in sediments north east, south east and south west, Increased content of barium in sediments against north west has on the other hand resulted in an increase of the area contaminated with barium from 0.39 km² to 0.44 km². The sediments are still regarded as uncontaminated with respect to the other metals.

At Oseberg C there is a general increase in concentrations of THC (+58 mg/kg), ether (+104 mg/kg) and metals in the sediments at the innermost station in the main current direction. The increase cannot be explained from the activity on the field. At the remaining station the concentrations of THC and ether has decreased, and the areas contaminated with THC and ether has decreased from respectively 0.49 to 0.18 km² and from 7.10 km² to 2.21 km². Even though the content of barium has decreased at several stations, increased concentration in the sediments against northwest has resulted in an increase of the area contaminated with barium from 0.88 to 1.18 km². The area contaminated with other metals has decreased from 0.29 to 0.12 km². The area of disturbed fauna is similar to that in the previous survey and still reaches until 1000 m southeast of the centre and 250 m at the other transects. The faunal disturbance at the field is still 0.49 km².

At Oseberg Feltcenter the concentrations of THC and ether has decreased in the sediments. The area contaminated with THC has decreased from 1.34 to 0.33 km² and ether from 0.2 to 0 km². The area contaminated with barium has increased from 1.57 to 1.96 km² as a result of increased barium content in sediments against north east. The contents of the other metals are almost unchanged, but an increase at one field station has resulted in an increase of the area from 0.23 to 0.33 km². The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and reaches now until 750 m southeast and 500 m southwest of the centre. The faunal disturbance has thereby decreased the three last years from 1.23 to 0.43 km².

At Oseberg Øst the content of THC and metals has decreased in the sediments. The area contaminated with THC has decreased from 0.74 to 0.61 km², barium from 9.82 to 7.51 km² and other metals from 0.37 to 0.15 km². The area of disturbed fauna has increased since the previous survey and reaches now until 4000 m southeast and 2000 m northeast of the centre. The faunal disturbance has thereby increased from 4.71 to 6.88 km² the last three years. It should, however, also be mentioned that the

fauna is now considered as undisturbed at the transects SW and NW of the centre where slightly disturbed fauna occurred out 1000 and 2000 m, respectively.

At Brage the content of THC, olefins, ether and barium has decreased in the sediments. The area contaminated with THC has decreased from 0.66 to 0.33 km², olefins from 0.12 to 0 km², ether from 3.93 to 0.88 km² and barium from 4.91 to 0.88 km². As a result of increased content of metals in sediments against northwest the area contaminated with other metals has increased from 0.18 to 0.29 km². The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and reaches now until 1000 m southeast and 250 m northeast and northwest of the centre. The faunal disturbance has thereby decreased from 1.77 to 0.37 km² the three last years.

At Fram Vest the content of THC and barium has increased in the sediments. The amount of other metals is almost unchanged and still at background levels. In the baseline survey in 2002 elevated levels of barium was found at some stations.

At TOGI the concentrations of THC are still at the background level. Decreased content of barium in the sediments at the outermost stations against west has resulted in a decrease of the extension of sediment contaminated with barium from 2000 m to 500 m. In the present survey only the innermost station at the remaining transects are investigated. At these stations the barium content are almost unchanged, and the sediments are still regarded as contaminated with barium.

The total area in Region III contaminated with THC has decreased from 7.45 km² in the previous survey to 6.02 km² in the present survey. The total area contaminated with barium cannot be directly compared since the number of stations is changed at some stations and because the level of barium does not always reach background level even at the outermost stations. The total area contaminated with other metals has decreased from 6.07 km² to 2.73 km².

The total area of slightly disturbed fauna (faunal group B) in Region III has decreased from 9.67 km² in the previous survey to 8.46 km² in the present survey, while the area of distinctly disturbed fauna (faunal group C) has a minor increase from 0.64 to 0.67 km².

Area (km²) of contaminated sediment and disturbed fauna in Region III.

Field	Faunal group	Faunal group	THC	Olefins/ether	Ba	Other metals
Veslefrikk	0.22	0.12	4.12	n.a. / n.a.	9.42	1.77
Huldra	0.07	0	0.07	n.a. / n.a.	0.59	0.07
Oseberg Sør	0	0	0.18	n.a. / n.a.	0.44	0
Oseberg C	0.49	0.12	0.18	n.a. / 2.21	1.18	0.12
Oseberg Feltcenter	0.43	0.09	0.33	n.a. / 0	1.96	0.33
Oseberg Øst	6.88	0.22	0.61	n.a. / n.a.	7.51	0.15
Oseberg G	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Oseberg J	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Brage	0.37	0.12	0.33	0 / 0.88	0.88	0.29
TOGI	0	0	0	n.a. / n.a.	0.29	0
Fram Vest	0	0	0.20	n.a. / n.a.	0.79	0
Total area 2004	8.46	0.67	6.02	0 / 3.09	22.87	2.73
Total area 2001	9.67	0.64	7.45	0.12 / 11.23	30.13	6.07

n.a. = not analysed.

4 Introduction

Norsk Hydro, on behalf of the operators, commissioned Akvaplan-niva to carry out the regional monitoring survey in Region III in the North Sea (contract number 5252546). The field program was carried out in accordance with “Vedlegg 1 til Aktivitetsforskriften”. Samples were collected from a total of 175 stations within the region.

The fields included in the survey were:

Norsk Hydro	Oseberg Feltsenter, Oseberg C, Oseberg Øst, Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, Brage, Troll B, Troll C, TOGI, Fram Vest
Statoil	Veslefrikk, Huldra

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

In addition MUST as has carried out analyses of the CDI (Community Disturbance Index) and EDI (Environmental Disturbance Index) for all fields in Region III. The results are shown in the main report and appendix.

Region III is situated in the northern part of the North Sea (Figure 1) and the depth varies from approximately 90 m in the west (Oseberg area) to approximately 360 m in the eastern part of the region (Troll area in the North Sea Trench). The main current direction in the region is south-easterly. Background information for each field is given in the respective results chapters. The positions of the fields included in the survey are shown in Figure 2.

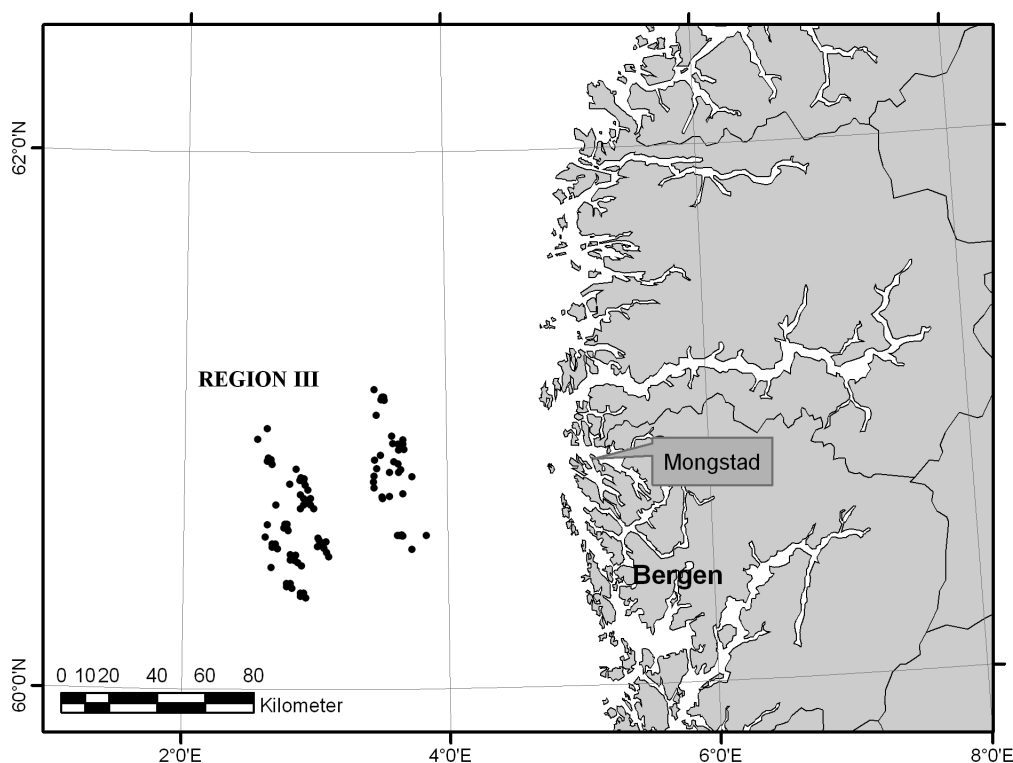


Figure 1: Location of Region III in the North Sea.

Petroleum activity in the region commenced in 1989 at Oseberg Feltcenter. Information on drilling and discharge activities for the individual fields is given in the respective results chapters.

The present survey is the third regional monitoring survey carried out at Region III. In addition to the stations located in each field, nine reference stations and four regional stations were included in the survey. This approach allows for collection of data from areas undisturbed by petroleum activities, in turn providing information on the natural and geographical variability within the region.

The sampling program for Region III is included in the appendix.

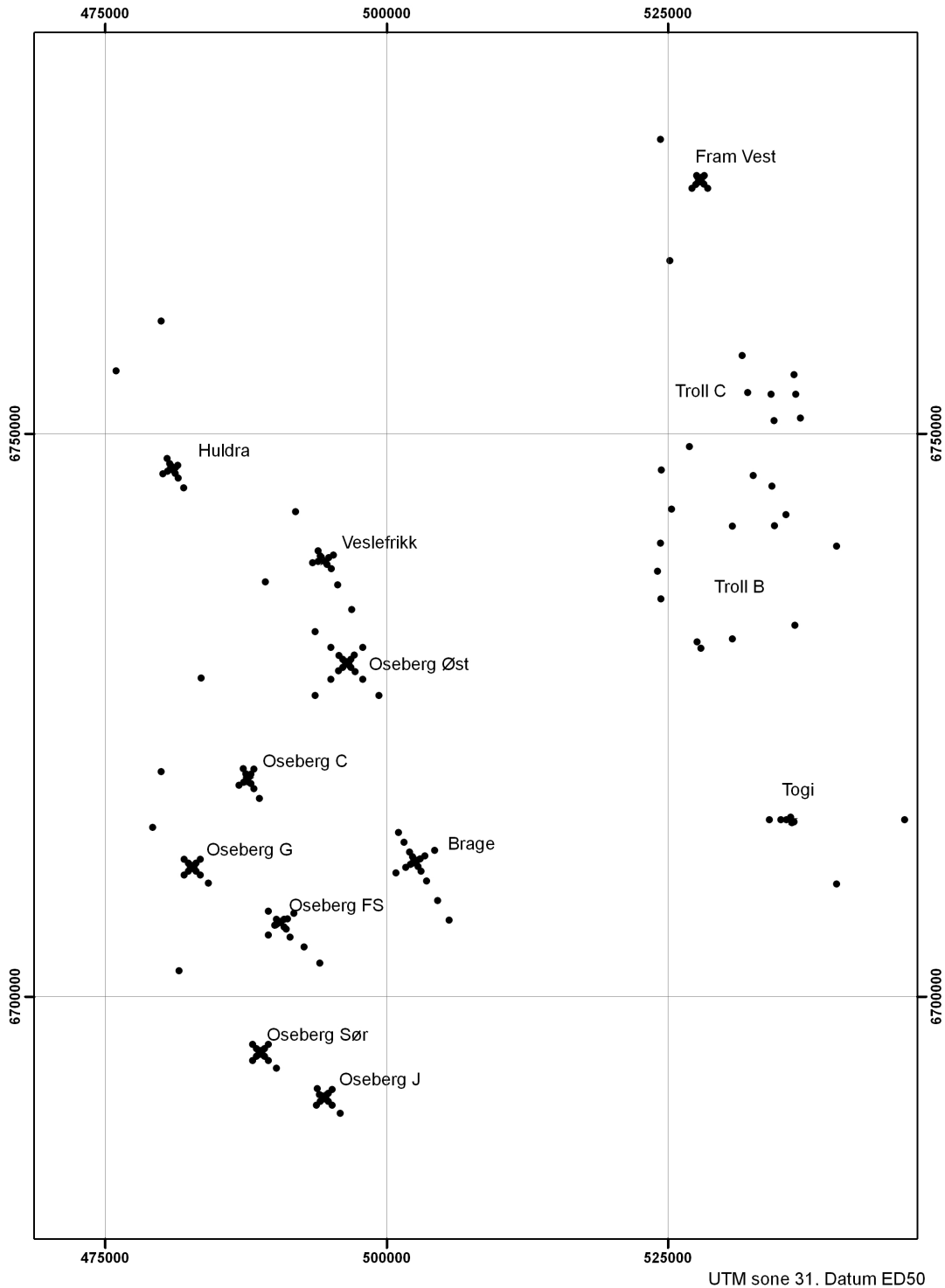


Figure 2: Positions of the fields included in the regional survey in Region III, 2004.

The selection of sampling stations at each field within Region III is based on data from previous investigations. In the present survey, three or four stations were located in the main current direction and two to three stations were located along the other transects. At Troll B and Troll C, one or two stations per well were collected. The locations of the four regional stations were selected to provide information on natural and geographical variability of the sediment conditions in the region.

The field survey was carried out aboard the vessel "Island Frontier". The fieldwork was conducted from 22.05 – 05.06. 2004. Data on station location (latitude/longitude, distance from centre, and UTM co-ordinates) along with information on depth and sediment volume (for biological samples) per individual station within each field are presented in tables in the respective result chapters for each field.

Station positioning was carried out by positioning personnel, the captain and crew aboard the vessels from given station co-ordinates. The station positions were identified by means of GPS (Global Positioning System) and the vessel was held in position by use of DP2 (Dynamic Positioning). To avoid grab casts at the exact same sediment location, the vessel was moved during sampling at the locations.

With a few exceptions, the survey was conducted in accordance with the sampling program. At Troll B and Troll C one station at each field was cut out due to conflict with a drilling rig. At Fram Vest three stations (Fram A1-11, Fram A2-03 and Fram A2-06) were cut out because the field work had to end.

At the Fram Vest, TOGI and the Troll fields the planning included the use of a box corer to collect samples. However, the dimension of the wire to be used on board the vessel was unsuitable. At the same time the collection of the samples using the grab showed to function satisfactorily in the soft sediment.

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 during retrieval to prevent the sediment surface being disturbed by water currents.

Positions for all stations in Region III 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 good penetration of oxygen into the sediment. The sediment is notably darker in colour in locations 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 sand. Many benthic organisms are adapted to a particular range of sediment grain sizes thus a shift in this parameter may affect faunal communities. Grain size distribution is also indicative of current conditions in the area; fine-grained sediments are found where currents are 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 and bacteria will break

down deposited organic 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 - 30 mg/kg dry sediment. Hydrocarbons are analysed using gas chromatography. Input of mineral oil from petroleum activity to the sediment, 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. Industrial activities at a field may result in elevated levels of various metals. Therefore, 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 an area. Based on the analytical results of sediment at stations presumed to be undisturbed by industrial activities, the background levels for chemical parameters are calculated across the whole region, any sub-regions and for each field-specific reference station. By comparing the different background levels, a selection of suitable background values can be used for calculation of limits of significant contamination (LSC). At each field, the criteria for using LSC to indicate contaminated sediment are based on the assumption that the sediment at the reference area is representative of 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, ethers 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.

To see whether relations exists between sediments concentrations of hydrocarbons and metals and to reveal whether certain stations separate out, Principal Component Analyses (PCA) are performed on the chemical results at the fields in Region III. Mercury and PAH are omitted because of measurements only at selected stations. Sediment parameters (grain fractions and TOM) are included as passive variables to illustrate relations to hydrocarbons and metals..

In plots from PCA, the variables are represented by vectors pointing in the direction of increasing values. Values are decreasing in the opposite direction. Long vectors indicate strong gradients. The angle between two vectors approximates the correlation between the variables.

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. richness) 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 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 from the individual stations within the field and with the regional/reference stations. In 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 identifying faunal impacts are based on a combination of multivariate analyses (cluster analysis and MDS), correlation analyses (CCA) and an evaluation of the faunal data (number of taxa 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, usually with low dominance and containing a wide range of taxa from different taxonomic groups, including polychaetes, molluscs, echinoderms and crustacean. Taxa that characteristically appear in disturbed sediments are absent or occur in very low numbers.

Group B: Slightly disturbed fauna, generally with somewhat higher dominance, but still containing a wide range of taxa from different taxonomic groups. The faunal composition is slightly, but noticeably, changed in relation to adjacent and/or comparable stations with equivalent environmental conditions. Taxa that characteristically appear in disturbed sediments, including polychaetes and molluscs, show an increase in numbers, but are not usually dominant.

Group C: Distinctly disturbed fauna, generally with higher dominance and lower number of taxa. The faunal composition is distinctly changed. Taxa indicative of disturbed sediments, including polychaetes and molluscs, occur among the dominant taxa, and echinoderms are rare.

Group D: Highly disturbed fauna, totally dominated by small detritus-feeding polychaetes and particularly tolerant bivalves with symbiotic bacteria. Echinoderms and crustaceans are rare or absent. Low number of taxa.

Natural variation can affect several of the faunal parameters within each group. The classification is therefore based on a holistic interpretation of the fauna. For example, at stations with undisturbed fauna, certain taxa can be present in high numbers, resulting in a lowered diversity. Amongst others, this applies to the polychaetes *Euchone* sp., *Myriochele oculata* and *Owenia fusiformis*. The distribution of these taxa has shown great variations, both in time and space, independent of the petroleum activities in the area.

The most usual taxa that appear in increase abundances in contaminated/organically enriched sediments are the polychaetes *Capitella capitata*, *Chaetozone* sp., *Ophryotrocha* sp. and *Ditrupea arietina* as well as the molluscs *Thyasira sarsi*, *T. flexuosa* and *Lucinoma borealis*. Echinoderms, such as the ophiuroid *Amphiura filiformis*, decrease in abundance or disappear under such conditions.

CCA combines the environmental parameters with the faunal composition and in particular seeks to identify patterns in the faunal composition that can be related to gradients in those parameters. The analyses also calculate how much of the variance in the biological data can be described by the individual or collective environmental parameters. This gives a measure of the extent to which those parameters represent factors that influence the fauna.

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 the 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.

The laboratories are accredited by Norsk Akkreditering; Akvaplan-niva with number TEST 079, Unilab Analyse with number TEST 061 and NIVA with number TEST 009.

5 Results

5.1 Regional and Reference stations

Results from the analyses carried out on samples from the regional and reference stations in Region III are shown in Table 1 and Table 5.

The regional and reference stations in Region III are located at depths between 93 m (reference station OSS14R at Oseberg Sør) and 361 m (reference station FramA2-07R at Fram Vest). This results in large differences in the sediment composition at the stations. The highest values of pelite and TOM are registered in the deeper part of the region, while the coarsest sediments with lowest organic content are registered in the shallower part. The coarsest sediment is found at Oseberg Sør and Huldra.

Compared with the previous survey there are, with a few exceptions, little variation in the sediments. At the reference station at Oseberg Sør a relatively large increase in the amount of fine sand is registered.

There are large differences between the maximum and minimum concentrations of hydrocarbons and metals in Region III. The general picture is increasing concentrations of THC and metals with increasing station depth and content of pelite and TOM. Generally, hydrocarbon and metal concentrations are comparable to concentrations detected in previous surveys. The regional- and reference stations are still unaffected of the drilling and discharge activity in the area.

PCA of the chemical data from the regional and reference stations in the present and previous surveys highlighted, as in previous surveys, the necessity of dividing Region III into a deep and a shallow sub-region. In the deep sub-region (Troll area east in Region III) the natural background values of THC range between 18 – 25 mg/kg dry sediment and barium between 229 – 407 mg/kg dry sediment. In the shallower sub-region (Oseberg area west in Region III) the natural background values of THC range between 2 – 8 mg/kg dry sediment and barium between 16 – 139 mg/kg dry sediment.

The natural background levels of chemical constituents over the shallow and the deep sub-region are presented in Table 2 and Table 3. The statistical limits with respect to detection of significant contamination of chemical constituents in sediments are presented in Table 4.

There are large differences in the number of individuals and taxa at the regional and reference stations in Region III. The highest number of individuals is found at the reference station at Oseberg C and the highest number of taxa at the reference station at Oseberg Øst and TOGI, while the lowest number for both these parameters are registered at the reference station at Oseberg Sør.

The large variations in the depth and sediment conditions in the region also results in differences in the fauna at the stations. This is clearly shown in the multivariate analyses where the stations from the shallower and deeper part clearly are divided into separate groups. In the shallower part the fauna is dominated by the polychaetes *Galathowenia oculata* and *Owenia fusiformis*, the ophiuroid *Amphiura filiformis* and the bivalve *Mysella bidentata*, while they are more or less absent at the stations in the deeper part. The opposite is seen with the polychaete *Heteromastus filiformis* and the bivalves *Thyasira eumyaria* and *T. ferruginea* which have densities at the deeper stations but are absent in the shallower part. The correlation analyses show a clear relation between the faunal distribution and natural variation in the sediment composition, which also is correlated with depth.

Even though the regional and reference stations in the deeper part cover a large geographical area, the similarity in the faunal composition at these stations is very high. At the stations in the shallower part the fauna is more varied, which can be seen in relation with the varying content of fine to coarse sand.

At some of the stations a relatively low diversity index is registered which is due to the super dominance by two polychaetes (*Galathowenia oculata* and *Owenia fusiformis*). This is especially seen at station OSC01R where the diversity index H' is 3.6. It must, however, be stressed that these stations are not influenced by the petroleum activity in the area, but that the low diversity is a result of natural variation in faunal composition in the area.

Compared with the previous survey there is a general tendency of reduced number of individuals while the number of taxa and the diversity show minor changes.

None of the regional or reference stations in Region III contain sediments or fauna that are influenced by the petroleum activity in the region.

Table 1: Chemical data for the regional and reference stations, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	UTM ED50, zone 31		THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
	N	E								
OSS14R	6720000	480000	2.0	25	<0.005	2.7	0.6	<0.005	2.0	3.3
OSG17R	6720000	480000	4.7	16	0.007	5.2	1.2	<0.005	2.7	4.4
RIII02	6710000	540000	7.6	24.6	0.011	5.4	1.2	0.003	2.8	4.9
OSC01R	6760000	480000	4.8	37	0.008	5.1	1.1	0.003	3.0	4.2
HUL16R	6740000	540000	3.3	84	0.021	4.7	1.2	<0.005	4.0	5.5
OSE14R	6743062	491945	4.2	87	0.016	5.0	1.5	0.004	4.7	5.8
VFR12R	6755589	475996	7.2	117	0.013	5.0	1.6	0.004	3.6	6.1
RIII07	6702295	481555	6.4	139	0.018	4.8	1.3	0.004	4.5	5.4
RIII06	6728317	483529	17.7	229	0.088	37.9	15.9	0.033	32.7	65.3
TOG11R	6736845	489240	28.8	283	0.083	37.4	16.1	0.030	34.7	68.5
RIII08B	6715026	479212	20.9	407	0.100	39.5	17.1	0.043	37.8	69.4
TRC99R	6715706	546039	24.1	351	0.091	40.2	19.0	0.033	45.3	79.6
Fram A2-07R	6765368	525186	24.8	364	0.097	41.8	19.3	0.040	46.3	80.8

Table 2: General background levels of hydrocarbons (mean \pm st. dev.) in the shallow and the deep sub-regions of Region III, 2004. All values in mg/kg dry sediment.

	THC	NPD	16 EPA	dekalins
Background _{98-04 shallowRegIII}	5.5 \pm 2.4	0.010 \pm 0.005	0.019 \pm 0.009	0.023 \pm 0.010
Backgroun _{98-04 deepRegIII}	24.0 \pm 4.4	0.265 \pm 0.068	0.532 \pm 0.130	0.037 \pm 0.034

Table 3: General background levels of metals (mean \pm st. dev.) over the shallow and the deep sub-region of Region III, 2004. All values in mg/kg dry sediment.

	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Backgr _{98-04 shallowRegIII}	71 \pm 58	0.015 \pm 0.008	4.8 \pm 1.0	1.0 \pm 0.4	0.004 \pm 0.003	3.6 \pm 1.1	4.4 \pm 1.3
Backgr _{98-04 deepRegIII}	327 \pm 56	0.097 \pm 0.014	37.5 \pm 2.7	16.0 \pm 2.0	0.039 \pm 0.007	39.3 \pm 5.2	70.2 \pm 8.8

Table 4: Calculated Limits of Significant Contamination (LSC) of chemical substances in sediments in the shallow and the deep sub-region of Region III, 2004. All values in mg/kg dry sediment.

	THC	NPD'er	16 EPA	Dekaliner	Ba	Cd	Cr*	Cu	Hg	Pb	Zn
LSC _{98-04 shallowRegIII}	10.0	0.020	0.035	<0.050	177	0.028	6.7	1.8	0.010	5.5	6.9
LSC _{98-04 deepRegII}	33.0	0.404	0.798	0.106	436	0.125	43.0	19.9	0.053	49.4	87.4

Table 5: Biological parameters, TOM and pelite (%) for the regional and reference stations, 2004.

St. no.	UTM ED50, zone 31 N E		No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSS14R	6720000	480000	221	49	4.6	0.82	33	0.5	1.4
OSG17R	6720000	480000	474	65	4.7	0.78	33	1.1	2.6
RIII02a	6710000	540000	372	57	4.4	0.75	30	1.0	3.5
RIII02b	"	"	365	55	4.6	0.79	31	-	-
OSC01R	6760000	480000	1197	99	3.6	0.54	26	0.8	1.7
HUL16R	6740000	540000	482	94	5.2	0.79	41	0.8	1.7
OSE14R	6743062	491945	658	105	5.0	0.74	40	1.1	4.5
VFR12R	6755589	475996	308	71	5.2	0.85	41	1.4	4.2
RIII07	6702295	481555	414	95	5.5	0.83	46	1.2	3.0
RIII06	6728317	483529	650	96	5.5	0.84	43	9.6	96.8
TOG11R	6736845	489240	678	103	5.7	0.85	45	10.1	96.2
RIII08B	6715026	479212	485	82	5.4	0.86	43	9.4	98.2
TRC99Ra	6715706	546039	462	81	5.4	0.85	41	11.2	98.4
TRC99Rb	"	"	777	92	5.6	0.86	44	-	-
Fram A2-07R	6765368	525186	802	91	5.4	0.82	40	11.2	99.1

5.2 Veslefrikk

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

Veslefrikk is situated in the shallower part of the region with station depths between 168 and 177 m. The sediment in the area is classified as silt and fine sand with an amount of pelite from 6.1 to 26.9 % and TOM between 1.3 and 3.0 %. Generally the sediments at the field stations have higher amount of pelite and TOM than the reference station. Station VFR05 (250 m SE) has highest levels for both of these parameters. Compared with the previous survey in 2001 the amount of pelite has decreased at most of the stations, while the decrease of TOM is most remarkable at station VFR05 (from 5.0 to 3.0 %).

As in the previous survey, the sediment at the innermost stations in the main current direction (VFR04 and VFR05) has the highest content of THC (319 and 181 mg/kg) and barium (5373 and 3713 mg/kg). PCA confirm that there was a significant higher THC and metal content at VFR04 and VFR05 compared with the rest of the field. Sediments contaminated with THC are found until 2500 m on the main transect (southeast), until 1000 m north east and north west and to 500 m south west of the installation. Mineral oil is found in the sediments regarded as contaminated with THC. All stations are regarded as contaminated with barium. Sediment contaminated with other metals than barium are found until 1000 m south east and north east and until 500 m south west and north west of the installation.

Compared with the 2001 survey, the total amount of THC in sediments has decreased considerably in the main current direction. The THC content at the 2500 m station (VFR02) is barely above the LSC value. An increase in THC content in sediments north east of the installation has lead to contamination of THC until the outermost station in the present survey. The area contaminated with THC has as a result increased from 3.53 to 4.12 km².

The content of barium has decreased in the sediments, but the area contaminated with barium is unchanged (9.42 km²). The content of other metals has decreased in the main current direction, and the contaminated area has thus decreased from 3.53 to 1.77 km². According to drilling and discharge history at Veslefrikk, there has been reported oil spills and discharge of barite since the previous survey.

There is a great variation in the number of individuals and taxa over the field. Stations VFR04 and VFR05 (500 and 250 m SE of the centre) have the highest number of individuals and lowest diversity, while it is, with a few exceptions, more or less similar over the rest of the field. Compared with the previous survey there is a remarkably decrease in the number of individuals and a little increase in the number of taxa at the stations mentioned.

The fauna is considered to be distinctly disturbed (faunal group C) at stations VFR04 and VFR05, slightly disturbed (faunal group B) at VFR03, while the rest of the stations have undisturbed fauna. Especially stations VFR04 and VFR05 are separated out in the multivariate analyses and the correlation analysis shows a relation between the faunal distribution and the amount of THC in the sediment. THC is also highly correlated with the amount of metals in the sediments.

At the stations VFR04 and VFR05 the polychaetes *Chaetozone* sp. and *Cirratulus cirratus* and the bivalves *Thyasira sarsi* and *T. flexuosa* are among the most dominant taxa. These are known to increase in number of individuals with increasing contamination/organic enrichment of the sediments. At the same stations the polychaetes *Owenia fusiformis* and *Galathowenia oculata* are absent, both of which are among the most dominant taxa at undisturbed stations.

Compared with the previous survey a decrease in the intensity and area of disturbed fauna has occurred. The area with slightly disturbed fauna has decreased from 1.47 to 0.22 km², while the area of distinctly disturbed fauna is similar in the two surveys.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at Veslefrikk are shown in Table 8 and Figure 3.

Table 6: Chemical data for the stations at Veslefrikk, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
VFR01	150°	5000	7.4	452	0.019	6.4	1.9	na	4.1	8.8
VFR02	150°	2500	11.4	747	0.022	6.3	2.1	na	4.7	9.3
VFR03	140°	1000	27.9	1663	0.052	9.0	5.7	na	7.7	19.7
VFR04	140°	500	181	3713	0.140	9.7	23.6	0.023	20.7	62.9
VFR05	140°	250	319	5373	0.399	21.8	71.3	0.092	60.1	185
VFR06	60°	500	15.5	1387	0.029	6.6	3.2	na	5.7	12.3
VFR07	60°	1000	12.8	557	0.030	6.3	2.5	na	4.8	9.6
VFR08	260°	1000	8.2	226	0.016	4.9	1.8	na	3.7	7.1
VFR09	260°	500	18.8	906	0.022	6.3	2.5	na	5.0	9.8
VFR10	330°	500	39.9	1193	0.020	6.2	3.5	na	5.9	11.7
VFR11	330°	1000	23.8	402	0.023	6.2	2.5	na	4.9	9.2
VFR12R	330°	5000	7.2	117	0.013	5.0	1.6	0.004	3.6	6.1

n.a. Not analysed.

Table 7: Biological data and amount (%) of TOM and pelite for stations at Veslefrikk, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
VFR01	150°	5000	1261	117	4.4	0.64	33	1.5	24.0
VFR02	150°	2500	893	126	5.7	0.82	45	1.7	15.5
VFR03	140°	1000	2092	114	4.3	0.63	31	2.6	20.6
VFR04	140°	500	2991	86	2.2	0.35	18	2.6	19.0
VFR05	140°	250	2933	65	2.3	0.37	13	3.0	26.9
VFR06	60°	500	1289	117	5.3	0.77	39	1.7	14.8
VFR07	60°	1000	981	115	5.2	0.76	41	1.6	11.1
VFR08	260°	1000	401	74	5.1	0.82	39	1.3	6.1
VFR09	260°	500	1504	125	5.1	0.73	38	2.0	9.5
VFR10	330°	500	880	111	5.5	0.81	42	1.6	9.1
VFR11	330°	1000	945	120	5.5	0.80	42	1.6	8.5
VFR12R	330°	5000	336	73	5.2	0.84	40	1.4	4.2

Table 8: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Veslefrikk, 2004 and previous survey.

Veslefrikk	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Group B	125	1000	125	125	0.22	1.47
Group C	125	500	125	125	0.12	0.12
THC	1000	2500	500	1000	4.12	3.53
Ba	1000	5000	1000	1000	9.42	9.42
Other metals	1000	1000	500	500	1.77	3.53

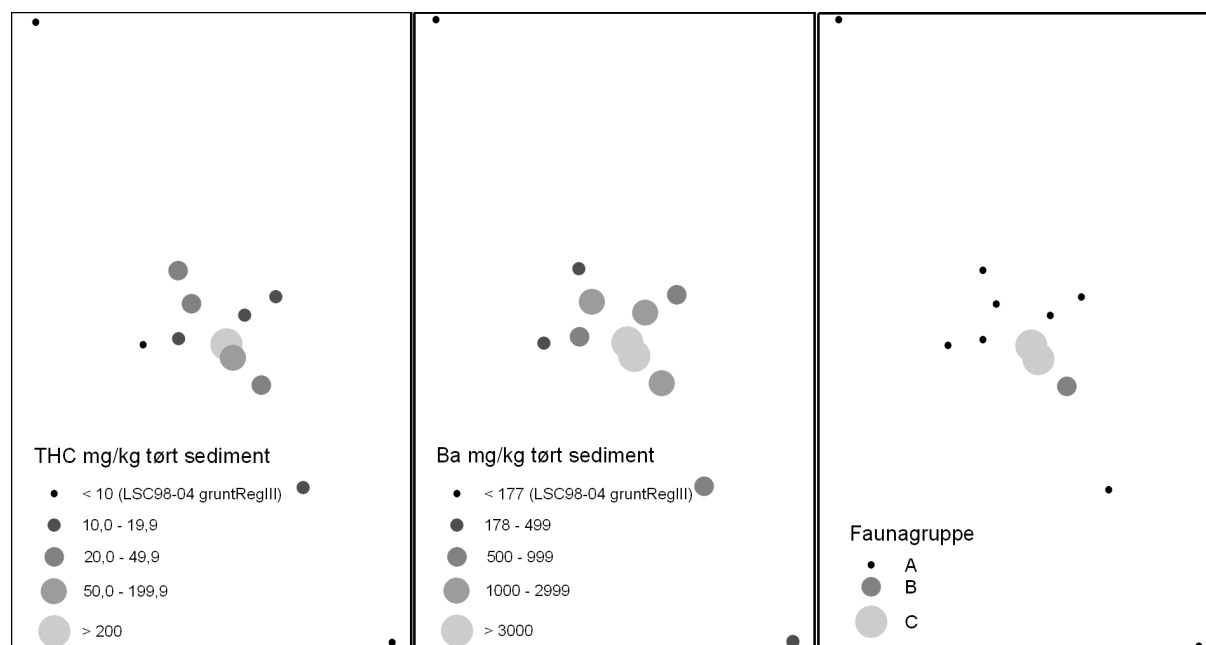


Figure 3: Distribution of faunal groups and amounts of THC and barium at Veslefrikk, 2004.

5.3 Huldra

Results from the analyses carried out on samples from the Huldra field are shown in Table 9 and Table 10.

Huldra is situated in the shallower part of the region with station depths between 120 and 123 m. The sediment in the area is classified as fine and medium sand with an amount of pelite between 2.0 and 5.4 % and TOM between 0.74 and 1.14 %. There is a great variation in the sediment composition over the field, while the amount of TOM is relatively similar. With the exception of pelite, the levels at the reference station are within the observed variation at the field stations. Compared with the previous survey there is a general tendency of increase in the amount of pelite and fine sand in the sediment. Especially the increase of pelite at HUL05 and HUL09 is remarkably.

As in the previous survey, the sediments at the innermost station in the main current direction (HUL01) has the highest content of THC (12.4 mg/kg) and barium (2483 mg/kg). PCA confirm that HUL01 has significant higher values for all chemical parameters compared with the other field stations. Sediments on stations until 1000 m southeast, 500 m northwest and 250 m northeast and south west of the installation are contaminated with barium. THC and other metals contaminate the sediment until the 250 m station southeast of the installation. Mineral oil is found in the sediments regarded as contaminated with THC.

Compared with the 2001 results, the content of THC and metals has decreased on the stations evaluated as contaminated. In this years survey, only the innermost station at the main transect has elevated content of THC and other metals. The area contaminated with THC and other metals has thereby decreased from 0.10 and 1.47 km², respectively, to 0.07 km² for both. As a result of a lower content of barium, the area contaminated with barium has decreased from 1.18 to 0.59 km². According to the discharge history at Huldra there has been no discharges of oil or barite after 2001.

There is a relatively large variation in the number of individuals (237 – 564) and taxa (67 – 104) over the field, while the diversity is relatively high and similar between the stations. Compared with the previous survey, there is a general tendency of decrease in the number of individuals at all stations, while the number of taxa and the diversity is varying.

The station HUL01 separates from the other field stations in the multivariate analyses. At this station the polychaetes *Capitella capitata* and *Chaetozone* sp. are among the most dominant taxa. Both taxa are known to increase in number of individuals with increasing contamination/organic enrichment of the sediments. The correlation analysis shows a relation between the faunal distribution and the amount of barium in the sediment. Barium is also highly correlated with the amount of THC and some of the other metals. It should be noted, however, that the amount of THC is relatively low in the present survey in contrast to the survey in 2001. The fauna was considered undisturbed in the previous survey. It might seem as if the fauna has had a delayed reaction to the previous discharges.

The calculated minimum area and spatial extent of disturbed fauna and contaminated sediments at the Huldra field are shown in Table 11 and Figure 4.

Table 9: Chemical data for the stations at Huldra, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
HUL01	150°	250	12.4	2483	0.028	7.5	6.7	0.016	9.2	13.8
HUL02	150°	500	3.7	398	0.016	5.1	1.6	0.004	4.0	5.7
HUL03	150°	1000	3.4	650	0.027	5.3	1.9	na	4.7	6.9
HUL04	150°	2000	4.4	164	0.020	4.5	1.7	na	4.0	6.9
HUL05	240°	250	2.5	397	0.021	5.1	1.6	na	4.2	6.8
HUL06	240°	500	2.5	109	0.022	5.7	1.4	na	4.4	6.4
HUL07	240°	1000	2.9	67	0.021	5.6	2.0	na	4.2	6.3
HUL09	60°	250	2.8	372	0.018	4.5	1.3	na	4.4	5.6
HUL10	60°	500	2.6	75	0.013	4.1	1.0	na	3.2	5.0
HUL13	330°	250	4.1	267	0.017	4.5	1.6	na	4.2	5.9
HUL14	330°	500	3.3	434	0.020	5.5	1.6	na	4.6	6.2
HUL15	330°	1000	2.5	133	0.019	5.3	1.1	na	3.9	5.4
HUL16R	330°	10000	3.3	84	0.021	4.7	1.2	<0.005	4.0	5.5

n.a. Not analysed

Table 10: Biological data and amount (%) of TOM and pelite for the stations at Huldra, 2004 (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
HUL01	150°	250	295	77	5.4	0.87	46	1.06	3.2
HUL02	150°	500	362	87	5.4	0.84	45	0.92	3.4
HUL03	150°	1000	502	103	5.4	0.81	45	0.93	3.4
HUL04	150°	2000	367	104	5.4	0.81	48	0.95	2.2
HUL05	240°	250	420	98	5.7	0.86	47	0.82	4.2
HUL06	240°	500	564	94	5.3	0.81	42	0.98	2.4
HUL07	240°	1000	453	94	5.4	0.83	45	1.14	2.3
HUL09	60°	250	288	74	5.1	0.83	42	0.74	5.4
HUL10	60°	500	369	82	5.2	0.82	44	0.74	2.3
HUL13	330°	250	237	67	5.1	0.84	41	0.90	2.0
HUL14	330°	500	326	68	4.8	0.80	37	0.88	2.8
HUL15	330°	1000	395	89	5.2	0.81	41	0.83	2.1
HUL16R	330°	10000	482	94	5.2	0.79	41	0.83	1.7

Table 11: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at the Huldra, 2004 and previous survey.

Huldra	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Group B	125	250	125	125	0.07	0
THC	125	250	125	125	0.07	0.10
Ba	250	1000	250	500	0.59	1.18
Other metals	125	250	125	125	0.07	1.47

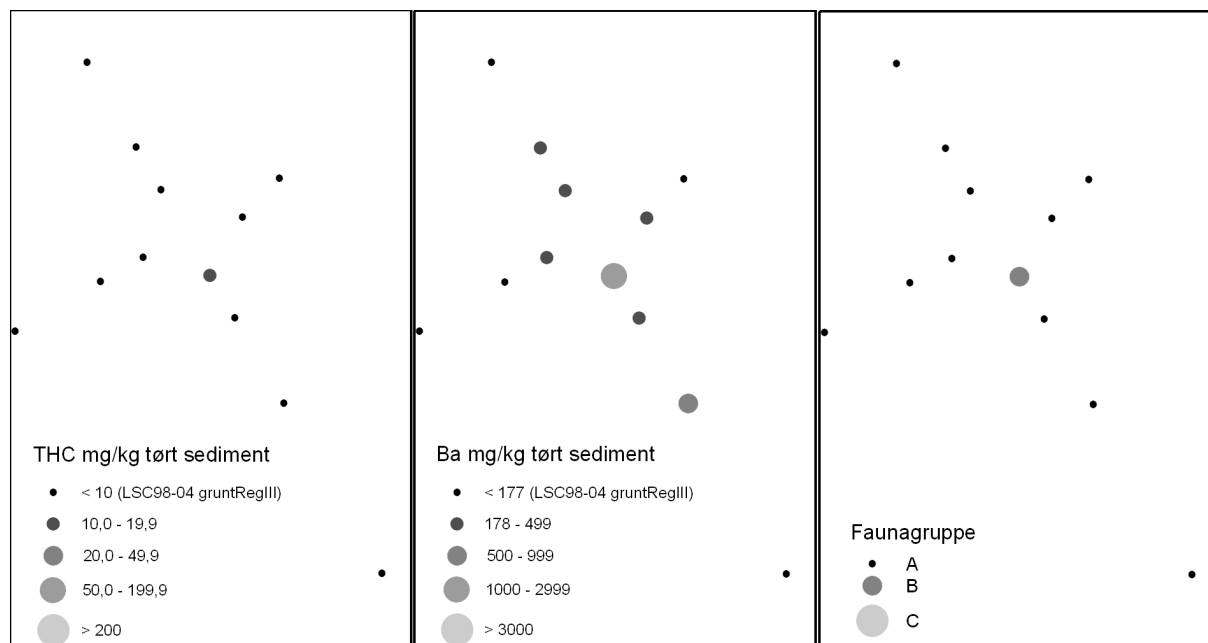


Figure 4: Distribution of faunal groups and amounts of THC and barium at Huldra, 2004.

5.4 Oseberg Sør

Results from the analyses carried out on samples from the Oseberg Sør field are shown in Table 12 and Table 13.

Oseberg Sør is situated in the shallower part of the region with station depths between 93 and 98 m. The sediment in the area is classified as fine and medium sand with low levels of pelite (1.0 – 1.3 %) and TOM (0.4 – 0.7 %). There are large differences in the sediment compositions between the stations, while the amount of organic material is similar. The sediment at Oseberg Sør is coarser than that registered at the other Oseberg fields. Compared with the previous survey a remarkably decrease in the amount of fine sand is registered at station OSS03, while an increase in the amount of the same parameter is registered at the reference station.

The innermost station northwest of the installation (OSS11) has the highest content of THC (47.6 mg/kg). The innermost station southwest of the installation (OSS08) has the highest content of barium (447 mg/kg). Sediments are contaminated with THC until 500 m southwest and until 250 m northwest of the installation. Mineral oil is found in the sediments regarded as contaminated with THC. Sediments are contaminated with barium until 500 m southwest and northwest and until 250 m northeast and southeast of the installation. PCA confirm that these areas have a higher THC and barium content compared with the rest of the field.

Compared with the 2001 results, the THC content has decreased considerably in sediments northeast and southeast, while the THC content has increased on the innermost stations south-west and north-west of the installation. As a result of the decreased THC content in the sediments northeast and southeast of the installation, the area contaminated with THC has decreased from 0.59 to 0.18 km².

There are large variations in the number of individuals (119 – 499) and taxa (35 – 85) over the field. Compared with the previous survey there is a general tendency of decrease in the number of individuals and taxa and the most remarkable decrease is seen at station OSS03.

The fauna is considered as undisturbed by the activity at the field. The multivariate analyses show differences in the fauna between the field stations and the correlation analysis shows relation between the fauna distribution and the amount of fine sand and barium in the sediment. The faunal differences between the stations are considered to be a result of natural variation in the sediment.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at Oseberg Sør are shown in Table 14 and Figure 5.

Table 12: Chemical data for the stations at Oseberg Sør, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSS01	45°	250	3.1	226	<0.005	3.0	0.9	na	2.7	4.6
OSS02	45°	500	3.5	57	0.0033	3.2	1.0	na	2.3	4.3
OSS03	45°	1000	1.2	34	<0.005	3.5	0.8	na	2.0	3.6
OSS04	135°	250	2.7	240	0.004	3.2	0.9	<0.005	3.1	4.2
OSS05	135°	500	3.6	93	0.008	3.4	1.1	<0.005	3.1	4.5
OSS06	135°	1000	2.8	36	0.004	3.1	1.1	na	2.7	4.4
OSS07	135°	2000	2.7	21	<0.005	3.1	0.8	na	3.1	5.0
OSS08	225°	250	23.1	447	<0.005	3.1	1.4	na	3.1	4.7
OSS09	225°	500	6.0	414	0.003	3.3	1.1	na	3.4	4.6
OSS10	225°	1000	1.9	116	0.005	3.3	1.0	na	3.0	4.4
OSS11	315°	250	47.6	387	<0.005	3.2	1.3	na	2.9	5.3
OSS12	315°	500	2.4	307	<0.005	2.7	0.9	na	3.1	4.2
OSS13	315°	1000	2.2	38	0.005	3.3	1.1	na	3.0	4.9
OSS14R	315°	10260	2.0	25	<0.005	2.7	0.6	<0.005	2.0	3.3

n.a. Not analysed

Table 13: Biological data and amount (%) of TOM and pelite for the stations at Oseberg Sør, 2004 (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSS01	45°	250	177	57	5.1	0.88	42	0.5	1.1
OSS02	45°	500	190	51	5.0	0.89	38	0.4	1.2
OSS03	45°	1000	499	82	5.2	0.82	39	0.5	1.2
OSS04	135°	250	167	51	5.1	0.89	41	0.5	1.3
OSS05	135°	500	176	46	4.8	0.88	36	0.5	1.0
OSS06	135°	1000	411	85	5.4	0.84	42	0.6	1.3
OSS07	135°	2000	339	69	5.2	0.85	41	0.4	1.1
OSS08	225°	250	119	35	4.3	0.84	33	0.7	1.2
OSS09	225°	500	132	52	5.2	0.91	45	0.6	1.3
OSS10	225°	1000	311	59	4.8	0.81	35	0.7	1.0
OSS11	315°	250	126	39	4.4	0.84	34	0.7	1.3
OSS12	315°	500	221	55	5.0	0.86	37	0.5	1.2
OSS13	315°	1000	259	59	4.9	0.84	38	0.6	1.3
OSS14R	315°	10260	221	49	4.6	0.82	33	0.5	1.4

Table 14: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments at Oseberg Sør, 2004 and previous survey

Oseberg Sør	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
THC	125	125	500	250	0.18	0.59
Ba	250	250	500	500	0.44	0.39

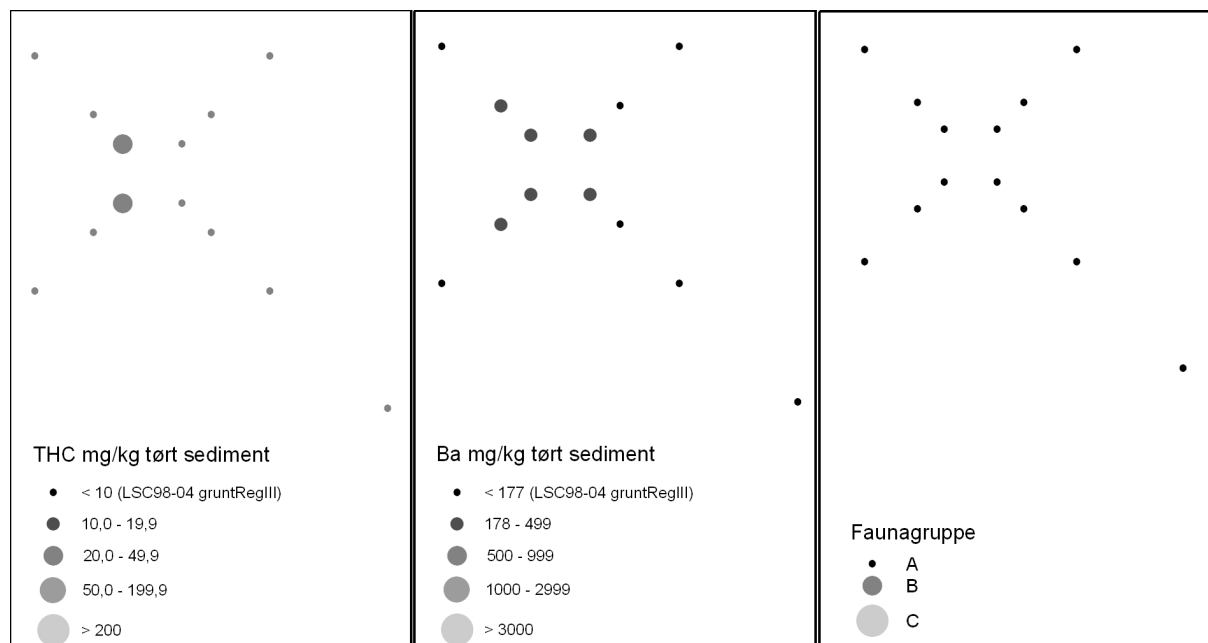


Figure 5: Distribution of the amounts of THC and barium at Oseberg Sør, 2004.

5.5 Oseberg C

Results from the analyses carried out on samples from the Oseberg C field are shown in Table 15 and Table 16.

Oseberg C is situated in the shallower part of the region with station depths between 102 and 117 m. The sediment in the area is classified as fine sand with an amount of pelite between 1.7 and 4.5 % and TOM between 0.61 and 1.06 %. The sediment composition is, with a few exceptions, relatively similar between the stations. Station OSC07 (250 m SE) has the highest amount of pelite, while the sediment is coarsest at the reference station.

Compared with the previous survey the results are relatively similar with the exception of an increase in the amount of TOM at station OSC14 (1000 m NE).

As in the previous survey, the sediment at OSC07 has the highest content of THC (149 mg/kg), ether (1189 mg/kg) and barium (4900 mg/kg). Sediments on stations until 500 m southeast are contaminated with THC. Traces of ether based drilling fluid are found at the innermost station northwest and south west and until the outermost station south east and north east of the installation. The gas-chromatographic profile of the sediment extracts from stations contaminated with both THC and ether, shows the presence of mineral oil and Aquamul B2. Sediments are contaminated with barium until 1000 m southeast and northwest, 500 m northeast and 250 m southwest of the installation. The area contaminated of other metals is similar to the area contaminated with THC. PCA confirm that these areas have a higher content of THC and metals compared with the rest of the field.

Compared with the 2001 results, there is a general increase in THC (+58 mg/kg), ether (+104 mg/kg) and metals at the innermost station in the main current direction. This increase cannot be explained out from the activity at the field. On the other field stations, the THC and ether content has decreased. As a result the area contaminated with THC and ether has decreased from 0.49 to 0.18 km² and from 7.10 km² to 2.21 km². Even though the barium content has decreased on several field stations, increased barium content in the sediments towards northwest has lead to an increase in the area contaminated with barium from 0.88 to 1.18 km². Since the sediments southwest, northwest and northeast no longer are regarded as contaminated with other metals, the area contaminated with other metals has decreased from 0.29 to 0.12 km². According to drilling and discharges history at Oseberg C, acute discharges of

oil, oil based mud and barite has occurred after 2001. There have been no reports on Aquamul B2 discharges since the 1996 survey.

There is a large variation in the number of individuals (176 – 1655) and taxa (28 – 99) over the field with fewest individuals and taxa registered at station OSC07 (250 m SE). The diversity is relatively low at all stations ($H' < 4.4$). Compared with the previous survey there is a general tendency of decrease in the number of individuals and, for some part, taxa at the stations, while the diversity for the main part has increased.

The fauna is considered to be distinctly disturbed until 500 m SE of the centre and slightly disturbed until 1000 m SE and 250 m in the other directions. At these stations the fauna is more or less dominated by bivalves and polychaetes that are known to increase in number with increasing contamination/organic enrichment of the sediment, while taxa that are dominant at stations with undisturbed fauna occur in reduced individual number or are absent. The correlation analysis shows a relation between the faunal distribution at the field and the amount of barium in the sediment. Also other metals and THC are registered with elevated levels at these stations.

The intensity and area of faunal disturbance is similar to that registered during the previous surveys at the field.

The calculated minimum area and spatial extent of disturbed fauna and contaminated sediments at Oseberg C are shown in Table 17 and Figure 6.

Table 15: Chemical data for the stations at Oseberg C, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ether	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSC04	335°	1000	4.7	<0.1	216	0.006	5.47	1.10	na	3.83	4.0
OSC05	335°	500	4.5	<0.1	261	0.005	5.27	1.33	na	4.40	5.0
OSC06	335°	250	10.5	2.1	667	0.008	5.83	2.07	na	5.20	6.8
OSC07	180°	250	149	1189	4900	0.075	7.77	7.07	0.008	20.0	21.3
OSC08	150°	500	33.3	2.3	2230	0.013	5.97	2.17	0.005	5.70	7.1
OSC09	150°	1000	7.5	1.5	745	0.007	5.40	1.47	na	5.60	5.1
OSC10	150°	2000	4.5	0.1	126	0.003	5.03	1.04	na	4.00	3.8
OSC14	30°	1000	4.9	0.4	53	0.011	5.30	1.05	na	3.60	3.9
OSC15	30°	500	4.5	<0.1	225	0.014	5.30	1.33	na	4.67	4.3
OSC16	30°	250	7.7	1.5	910	0.010	5.57	1.90	na	6.57	5.7
OSC17	235°	250	9.0	10.2	650	0.010	6.20	2.00	na	5.07	6.3
OSC18	235°	500	4.1	<0.1	97	0.007	5.33	1.19	na	3.50	4.2
OSC19	235°	1000	4.1	<0.1	41	0.007	5.67	0.99	na	3.40	4.0
OSC01R	235°	9901	4.8	<0.1	37	0.008	5.10	1.08	0.003	3.00	4.2

n.a. Not analysed

Table 16: Biological data, TOM and pelite in %, for the stations at Oseberg C, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSC04	335°	1000	1151	99	3.5	0.53	25	0.72	1.8
OSC05	335°	500	934	94	4.0	0.61	28	0.71	1.8
OSC06	335°	250	562	64	4.2	0.70	27	0.83	2.0
OSC07	180°	250	176	28	4.0	0.83	22	0.89	4.5
OSC08	150°	500	517	49	3.8	0.68	23	0.75	2.4
OSC09	150°	1000	560	64	4.4	0.73	28	0.70	2.1
OSC10	150°	2000	1086	66	3.4	0.57	23	0.68	1.8
OSC14	30°	1000	696	74	4.2	0.67	29	1.06	1.9
OSC15	30°	500	969	79	3.8	0.60	25	0.61	1.9
OSC16	30°	250	668	64	4.3	0.72	27	0.72	1.9
OSC17	235°	250	530	65	4.3	0.72	29	0.66	1.7
OSC18	235°	500	1655	81	3.1	0.49	20	0.63	2.0
OSC19	235°	1000	1380	78	3.1	0.49	21	0.82	1.9
OSC01R	235°	9901	1197	99	3.6	0.54	26	0.79	1.7

Table 17: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of disturbed fauna and contaminated sediments at Oseberg C, 2004 and previous survey.

Oseberg C	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Group B	250	1000	250	250	0.49	0.49
Group C	125	500	125	125	0.12	0.12
THC	250	500	125	125	0.18	0.49
Ether	1000	2000	250	250	2.21	7.10
Ba	500	1000	250	1000	1.18	0.88
Other metals	125	500	125	125	0.12	0.29

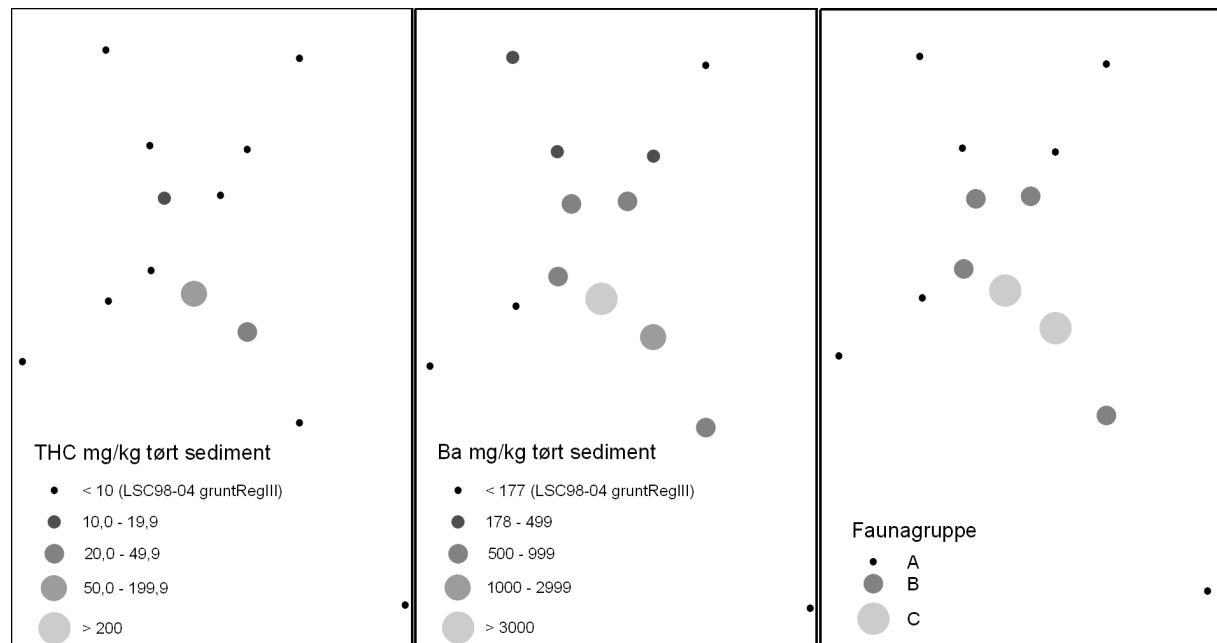


Figure 6: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium at Oseberg C, 2004.

5.6 Oseberg Feltcenter

Results from the analyses carried out on samples from the Oseberg Feltcenter field are shown in Table 18 and Table 19.

Oseberg Feltcenter is situated in the shallower part of the region with station depths between 100 and 108 m. The sediment in the area is classified as fine sand with an amount of pelite between 1.3 and 2.8 % and TOM between 0.41 and 0.87 %. There is a relatively large variation in the sediment composition and the amount of TOM between the stations. Station OSF04 and OSF17 has the coarsest sediment, while OSF11, together with regional station RIII02, has the finest sediment.

Compared with the previous survey the amount of pelite has increased at some of the stations, while the changes are relatively small for the other parameters.

As in the previous survey, the sediments at the innermost station southeast of the installation (OSF07) have the highest content of THC (122 mg/kg) and barium (2493 mg/kg). Sediments on stations until 750 m southeast and until 350 m southwest of the installation are contaminated with THC. Mineral oil is found in the sediments regarded as contaminated with THC. Only one station (OSF10), contains traces of ether (0.11 mg/kg) in the top layer. The sediments is contaminated with barium until 1500 m southeast, until 750 m northwest, and until 500 m northeast and south west of the installation. PCA confirm that these areas have a higher content of THC and barium compared with the rest of the field.

Compared with the previous survey, the THC content has decreased on stations regarded as contaminated with THC in 2001. As a result, the area contaminated with THC has decreased from 1.34 to 0.33 km². The area contaminated with ether has decreased from 0.2 to 0 km². The stations considered contaminated with barium in the 2001 survey, are still regarded as contaminated with barium. In addition, increased barium content in sediments at OSF16 has resulted in contamination until 750 m northeast of the installation. As a result the area contaminated with barium has increased from 1.57 to 1.96 km². The content of other metals are almost unchanged, but, as a result of a small increase at one field station, the contaminated area has increased from 0.23 to 0.33 km². According to drilling and discharges history at Oseberg Feltcenter oil spills and discharges of mud and barite has been reported since the previous survey.

There is a large variation in the number of individuals (382 – 1952) and taxa (46 – 88) and diversity (H' 2.6 – 5.2) over the field. Compared with the previous survey there is a general tendency of decrease in the number of individuals with the largest reduction at OSF12, OSF15 and OSF21. The number of taxa and diversity is more similar between the two surveys. At OSF07 the number of individuals is similar, while the number of taxa, and thereby the diversity, has increased.

The fauna is considered to be distinctly disturbed until 350 m SW of the centre and slightly disturbed until 750 m SE and 500 m SW. At these stations the fauna is more or less dominated by bivalves and polychaetes that are known to increase in number of individuals with increasing organic enrichment/contamination of the sediments, while taxa that are dominant at stations with undisturbed fauna occur in reduced number of individuals or are absent. The correlation analysis shows a relation between the faunal distribution at the field and the amount of copper in the sediment. Also the other metals and THC are registered with elevated values at these stations.

The area with distinctly and slightly disturbed fauna has decreased since the previous survey. Station OSF08 (350 m SE) had distinctly disturbed fauna in the previous survey, but is not included in the present survey because of its location close to a pipeline. This might be the reason why the area of distinctly disturbed fauna has decreased. There is a possibility that stations OSF06 and OSF17 are slightly disturbed, but they have slightly coarser sediment that might have influence on the faunal composition.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at Oseberg Feltcenter are shown in Table 20 and Figure 7.

Table 18: Chemical data for the stations at Oseberg Feltcenter, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ether	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSF04	315°	1500	2.2	<0.1	18	<0.005	4.7	0.8	na	3.0	4.1
OSF06	315°	500	4.2	<0.1	260	<0.005	4.9	1.5	na	3.3	6.5
OSF07	260°	350	122	<0.1	2493	0.015	6.5	3.2	na	5.3	10.1
OSF09	135°	500	18.5	<0.1	1190	0.013	5.4	3.2	0.002	5.4	17.0
OSF10	135°	750	13.4	0.11	673	0.006	4.8	1.9	na	3.9	8.0
OSF11	145°	1500	7.9	<0.1	330	0.005	5.0	1.8	na	3.4	5.5
OSF12	135°	3000	4.8	<0.1	53	<0.005	4.1	1.2	na	3.0	3.6
OSF13	135°	5000	3.6	<0.1	60	<0.005	4.2	0.9	na	3.2	3.7
OSF15	55°	1500	2.9	<0.1	45	0.004	4.6	1.1	na	3.0	3.6
OSF16	60°	750	4.1	<0.1	222	0.006	5.2	1.6	na	3.5	5.5
OSF17	45°	500	3.9	<0.1	264	<0.005	3.9	1.8	na	3.1	5.5
OSF19	250°	500	9.7	<0.1	462	0.005	5.6	2.2	na	4.4	6.2
OSF21	225°	1500	4.8	<0.1	96	0.007	6.0	1.6	na	3.3	4.9
RIII02	322	17000	7.6	<0.1	25	0.011	5.4	1.2	0.003	2.8	4.9

n.a. Not analysed

Table 19: Biological data, TOM and pelite in % for the stations at Oseberg Feltcenter, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSF04	315°	1500	412	79	5.2	0.82	40	0.43	1.4
OSF06	315°	500	569	74	4.6	0.74	31	0.55	1.7
OSF07	260°	350	580	46	3.4	0.61	21	0.87	2.3
OSF09	135°	500	629	57	4.0	0.68	24	0.66	2.8
OSF10	135°	750	720	66	4.1	0.69	26	0.71	2.3
OSF11	145°	1500	1499	88	3.4	0.53	22	0.82	2.5
OSF12	135°	3000	1952	82	2.6	0.41	16	0.73	2.3
OSF13	135°	5000	1163	83	3.1	0.49	21	0.68	1.8
OSF15	55°	1500	1241	83	3.2	0.50	22	0.62	1.8
OSF16	60°	750	905	70	3.7	0.60	24	0.71	2.3
OSF17	45°	500	382	72	4.8	0.78	36	0.41	1.3
OSF19	250°	500	1068	73	3.5	0.57	22	0.75	2.0
OSF21	225°	1500	1549	79	3.1	0.49	19	0.85	2.6
RIII02a	322°	17000	372	57	4.4	0.75	30	1.0	3.5
RIII02b	"	"	365	55	4.6	0.79	31	-	-

Table 20: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at Oseberg Feltcenter, 2004 and previous survey.

Oseberg Feltcenter	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Group B	125	750	500	125	0.43	1.23
Group C	125	125	350	125	0.09	0.16
THC	125	750	350	125	0.33	1.34
Ba	750	1500	500	500	1.96	1.57
Other metals	125	750	350	125	0.33	0.23

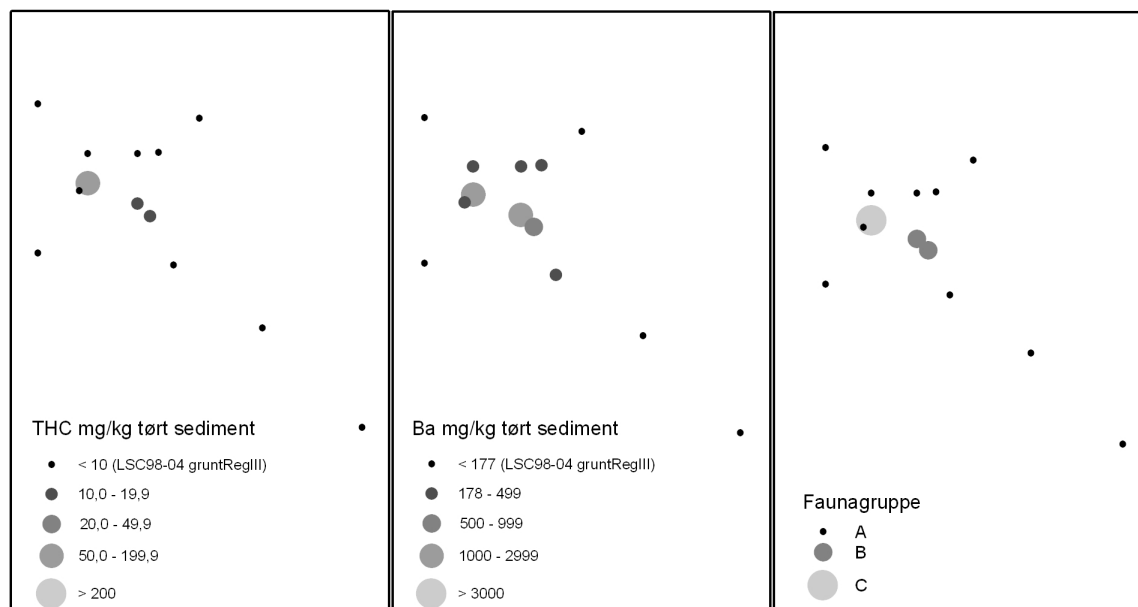


Figure 7: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at Oseberg Feltcenter, 2004.

5.7 Oseberg Øst

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

Oseberg Øst is situated in the shallower part of the region with station depths between 132 and 158 m. The sediment in the area is classified as silt and fine sand with an amount of pelite between 2.5 and 27.9 % and TOM between 0.9 and 1.8 %. There is a relatively large variation in the sediment composition and the amount of organic material over the field.

Compared with the previous survey there are, at some of the stations, relatively large changes in the sediment composition (especially OSE05 and OSE16), while the amount of organic material has increased mostly at OSE02, OSE06 and OSE07.

The highest content of THC (49.3 mg/kg) and barium (2833 mg/kg) is found at the innermost station in the main current direction. The sediment is contaminated with THC on stations until 1000 m southeast, 500 m northeast and until 250 m northwest of the installation. Mineral oil is found in the sediments regarded as contaminated with THC. The THC content in the sediments southeast of the installation is comparable with the natural background level in the area. The sediment is contaminated with barium until 4000 m southeast, until 2000 m northeast and until 500 m northwest of the installation. PCA confirm that these areas have a higher content of THC and other metals compared with the rest of the field.

Compared with the results from 2001, there has been a significant decrease in THC content in the main current direction. As a result, the area contaminated with THC has decreased from 0.37 to 0.15 km². The content of barium and other metals has also decreased, and the area contaminated with barium and other metal has decreased from respectively 9.82 to 7.51 km² and 0.37 to 0.16 km². According to discharge history for Oseberg Øst, there has been no activity on the field after 2002.

There is a large variation in the number of individuals (393 – 2495), taxa (66 – 123) and diversity (H' 2.9 – 5.4) over the field. Compared with the previous survey there are relatively large changes at many of the stations. Station OSE06 has a large increase in the number of individuals and at the same time a decrease in the number of taxa which has resulted in a remarkably decrease in the diversity.

The fauna is considered as distinctly disturbed until 1000 m SE of the centre and slightly disturbed until 4000 m SE and 2000 m NE. At these stations the fauna is more or less dominated by bivalves and polychaetes that are known to increase in number of individuals with increasing organic enrichment/contamination of the sediments, while taxa that are dominant at stations with undisturbed fauna, occur in reduced number of individuals or are absent. The correlation analysis shows a relation between the faunal distribution at the field and the amount of chromium in the sediment. Also the other metals and THC are registered with elevated values at these stations.

The area with distinctly and slightly disturbed fauna has increased since the previous survey even though the area with contaminated sediments has decreased somewhat. It has, however, often been observed a delay in the faunal reaction when the sediment condition has improved. It must, however, also be mentioned that the fauna now is considered as undisturbed at the SW and NW transects, where the fauna was considered as slightly disturbed until 1000 and 2000 m, respectively, in the previous survey.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at Oseberg Øst are shown in Table 23 and Figure 8.

Table 21: Chemical data for the stations at Oseberg Øst, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSE01	45°	250	10.9	681	0.018	5.5	2.5	na	5.2	9.4
OSE02	45°	500	13.0	497	0.027	6.2	2.4	na	4.9	9.6
OSE03	45°	1000	10.3	268	0.025	6.4	2.2	na	3.9	9.5
OSE04	135°	250	49.3	2833	0.026	6.6	3.7	0.007	7.6	13.7
OSE05	135°	500	41.6	1510	0.033	7.5	2.9	0.011	4.5	11.1
OSE06	135°	1000	14.0	1098	0.022	6.3	2.4	na	4.8	9.7
OSE07	135°	2000	8.7	410	0.018	6.1	2.2	na	4.0	9.2
OSE09	225°	500	8.3	169	0.014	4.8	1.8	na	3.8	6.6
OSE10	225°	1000	7.5	106	0.017	5.2	1.9	na	3.9	6.6
OSE11	315°	250	10.8	846	0.011	4.8	2.0	na	5.7	8.8
OSE12	315°	500	7.1	507	0.011	4.9	2.1	na	4.8	7.5
OSE13	315°	1000	7.5	140	0.012	4.9	1.8	na	3.6	6.7
OSE15	45°	2000	9.8	303	0.017	6.3	2.3	na	3.8	9.8
OSE16	135°	4000	8.8	265	0.009	5.3	1.7	na	3.8	7.7
OSE17	225°	2000	6.4	71	0.005	4.1	1.4	na	3.4	5.1
OSE18	315°	2000	9.1	91	0.010	4.5	1.5	na	3.5	5.9
OSE21	225°	4000	4.7	40	0.005	3.9	1.0	na	3.2	4.5
OSE22	315°	4000	6.5	76	0.008	4.5	1.5	na	3.6	5.6
OSE14R	315°	10260	4.2	87	0.016	5.0	1.5	0.004	4.7	5.8

n.a. Not analysed

Table 22: Biological data, TOM and pelite (%), for the stations at Oseberg Øst, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSE01	45°	250	1421	108	4.9	0.72	35	1.4	8.5
OSE02	45°	500	1262	123	5.1	0.73	40	1.8	9.5
OSE03	45°	1000	1086	121	5.4	0.78	42	1.5	10.6
OSE04	135°	250	1005	94	4.6	0.70	33	1.6	11.6
OSE05	135°	500	1743	93	3.7	0.56	26	1.6	20.9
OSE06	135°	1000	2495	115	2.9	0.42	23	1.7	13.9
OSE07	135°	2000	918	106	4.3	0.64	35	1.6	27.9
OSE09	225°	500	993	91	4.2	0.64	29	1.2	5.1
OSE10	225°	1000	514	79	4.7	0.75	35	1.1	4.1
OSE11	315°	250	1097	99	4.3	0.65	29	1.4	6.5
OSE12	315°	500	1057	74	3.7	0.60	25	1.1	6.0
OSE13	315°	1000	772	92	4.3	0.65	31	1.2	4.7
OSE15	45°	2000	1050	95	4.2	0.63	32	1.4	20.7
OSE16	135°	4000	1062	123	5.1	0.74	39	1.2	8.5
OSE17	225°	2000	646	75	3.7	0.59	28	1.0	3.0
OSE18	315°	2000	677	103	5.0	0.74	38	1.1	4.4
OSE21	225°	4000	393	87	4.9	0.76	41	0.9	2.5
OSE22	315°	4000	512	66	4.0	0.67	30	1.2	3.5
OSE14R	315°	10260	658	105	5.0	0.74	40	1.1	4.5

Table 23: Distance along the transects (m) and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at Oseberg Øst, 2004 and previous survey.

Oseberg Øst	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Group B	2000	4000	125	125	6.88	4.71
Group C	125	1000	125	125	0.22	0.12
THC	500	1000	125	250	0.61	0.74
Ba	2000	4000	125	500	7.51	9.82
Other metals	125	500	125	250	0.15	0.37

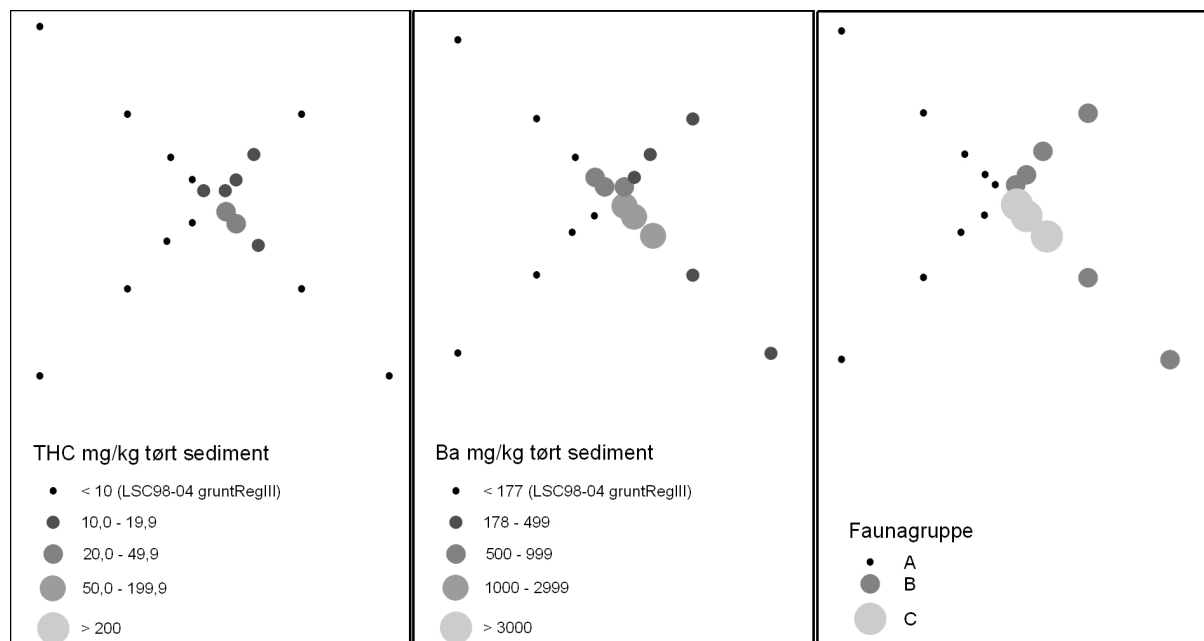


Figure 8: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at Oseberg Øst, 2004.

5.8 Oseberg G

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

Oseberg G is situated in the shallower part of the region with station depths between 103 and 107 m. The sediment in the area is classified as fine sand with an amount of pelite between 1.7 and 4.2 % and TOM between 0.8 and 1.1 %. The sediment conditions vary somewhat over the field with the coarsest found at OSG08 and the finest at OSG03. There is little variation in the amount of TOM. The sediment composition is somewhat finer than that registered at the neighbouring fields Oseberg C and Oseberg Feltseier.

Sediments from Oseberg G have concentrations of THC (3-6 mg/kg), barium (16 – 43 mg/kg) and other metals that are comparable with the natural background values over the shallow sub-region. Quantifiable amounts of decalins are not found. The concentrations of NPDs and 16EPA-PAH are comparable with the natural background values over the shallow sub-region. Traces of mineral oil are found in the sediment at the outermost station 2000 m south east (OSG08) of the installation. This finding cannot be attributed to discharges from the installation.

By comparing the analytical data from Oseberg G with data on clean stations on the neighbouring fields Oseberg C and Oseberg Feltseier, the sediment concentrations of chemical parameters are within the natural variation in the area.

There are some variations in the number of individuals (253 – 514) and taxa (47 – 78) over the field. The number of individuals and taxa are somewhat lower at Oseberg G than at the neighbouring fields Oseberg C and Oseberg Feltseier.

The fauna is considered as undisturbed at all stations by the petroleum activity in the area. The correlation analysis shows that the variation in the faunal composition between the stations is caused by natural variation in the sediment structure.

Table 24: Chemical data for the stations at Oseberg G, 2004 THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSG01	45°	250	3.8	20	0.010	4.9	1.1	na	3.0	4.3
OSG02	45°	500	4.9	21	0.011	5.4	1.1	na	3.0	4.7
OSG03	45°	1000	5.1	32	0.012	5.8	1.3	na	2.0	5.3
OSG05	135°	250	4.5	43	0.017	5.4	1.1	<0.005	3.4	5.2
OSG06	135°	500	3.7	23	0.008	5.1	1.0	<0.005	3.1	5.2
OSG07	135°	1000	3.2	19	0.010	5.5	1.4	na	3.0	5.9
OSG08	135°	2000	6.3	42	0.009	5.1	1.1	na	2.7	6.0
OSG09	225°	250	4.5	16	0.010	5.0	1.1	na	3.0	6.2
OSG10	225°	500	4.5	18	0.009	4.8	1.1	na	2.0	6.4
OSG11	225°	1000	4.9	18	0.009	5.7	1.1	na	2.3	6.9
OSG13	315°	250	5.6	21	0.014	5.5	1.1	na	2.7	7.1
OSG14	315°	500	5.0	26	0.005	5.5	1.2	na	2.3	7.1
OSG15	315°	1000	4.5	23	0.019	5.8	1.4	na	2.4	5.0
OSG17R	315°	5000	4.7	16	0.007	5.2	1.2	<0.005	2.7	4.4

n.a. Not analysed

Table 25: Biological data, TOM and pelite (%), for the stations at Oseberg G, 2004 (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSG01	45°	250	305	53	4.5	0.78	31	0.8	2.6
OSG02	45°	500	303	47	4.5	0.81	29	0.9	2.5
OSG03	45°	1000	347	55	4.7	0.82	32	0.9	4.2
OSG05	135°	250	393	63	4.6	0.77	33	0.8	2.6
OSG06	135°	500	412	62	4.4	0.75	29	0.8	2.5
OSG07	135°	1000	383	49	4.2	0.75	27	0.9	2.7
OSG08	135°	2000	403	78	5.2	0.83	40	0.8	1.7
OSG09	225°	250	253	49	4.5	0.80	33	0.8	2.5
OSG10	225°	500	444	72	4.7	0.76	33	0.9	2.4
OSG11	225°	1000	383	57	4.4	0.75	30	1.0	2.5
OSG13	315°	250	447	70	4.6	0.76	32	1.0	2.6
OSG14	315°	500	514	65	4.6	0.76	29	1.1	2.4
OSG15	315°	1000	468	65	4.6	0.76	31	0.9	3.5
OSG17R	315°	5000	474	65	4.7	0.78	33	1.1	2.6

5.9 Oseberg J

Results from the analyses carried out on samples from the Oseberg J field are shown in Table 26 and Table 27.

Oseberg J is situated in the shallower part of the region with station depths between 96 and 103 m. The sediment in the area is classified as fine sand with an amount of pelite between 1.3 and 2.2 % and TOM between 0.6 and 0.9 %. The amount of fine and medium sand differs somewhat over the field, otherwise the sediment characteristics are relatively similar at the stations. The chosen reference station OSS14R differs clearly from the field stations in the amount of fine and medium sand and is, therefore, not suitable as a reference station for Oseberg J.

Generally the sediment at the closest neighbouring field Oseberg Sør is much coarser than that at Oseberg J, while that at Oseberg Feltcenter is a little coarser.

Sediments from Oseberg J have concentrations of THC (3-6 mg/kg), barium (18–31 mg/kg) and other metals that are comparable with the natural background values over the shallow sub-region. Quantifiable amounts of decalins are not found, The concentrations of NPDs and 16EPA-PAH are comparable with the natural background values over the shallow sub-region.

By comparing the analytical data from Oseberg J with data on clean stations on the neighbouring fields Oseberg C and Oseberg Feltsester, the sediment concentrations of chemical parameters are within the natural variation in the area.

There is a relatively large variation in the number of individuals (840 – 1500) over the field, while the difference is somewhat smaller in the number of taxa (73 – 93). The diversity is relatively low at the field stations (H' 2.9 – 4.0). The chosen reference station differs clearly from the field stations in the number of individual (221) and taxa (49).

Generally, the numbers of individuals and taxa are much higher and the diversity much lower at Oseberg J than that found at the closest neighbouring field Oseberg Sør.

The fauna is considered as undisturbed at all stations by the petroleum activity in the area. The correlation analysis indicates that the small differences in the faunal composition between the stations are caused by natural variation in the sediment structure.

The reference station OSS14R, which were chosen as the reference station for the field, is not suitable as such in view of neither the sediment- nor the faunal composition. According to the cluster analysis, the reference station at Oseberg C has highest faunal similarity with Oseberg J, but the geographical distance between the locations is not suitable.

Table 26: Chemical data for the stations at Oseberg J, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
OSJ01	45°	250	3.7	30	0.006	4.7	0.84	na	3.0	3.5
OSJ02	45°	500	3.9	28	0.005	4.8	0.96	na	2.7	3.6
OSJ03	45°	1000	3.1	30	0.008	4.9	1.0	na	2.3	3.8
OSJ05	135°	250	3.3	19	0.005	4.5	0.98	<0.005	2.3	3.4
OSJ06	135°	500	3.9	31	0.010	4.9	0.9	<0.005	2.3	3.7
OSJ07	135°	1000	4.0	27	0.006	5.4	0.98	na	3.0	3.9
OSJ08	135°	2000	5.2	26	0.013	5.4	0.9	na	2.3	4.1
OSJ09	225°	250	4.1	18	0.009	4.4	0.79	na	3.0	3.5
OSJ10	225°	500	5.8	21	0.005	4.4	0.91	na	2.0	3.4
OSJ11	225°	1000	5.8	28	0.006	4.3	0.87	na	2.7	3.3
OSJ13	315°	250	3.8	29	0.008	4.5	0.95	na	3.0	3.6
OSJ14	315°	500	4.2	22	0.009	4.4	0.97	na	3.0	3.6
OSJ15	315°	1000	4.0	20	0.006	4.5	0.83	na	2.9	3.3
OSS14R			2.0	25	<0.005	2.7	0.6	<0.005	2.0	0.2

n.a. Not analysed

Table 27: Biological data, TOM and pelite (%), for the stations at Oseberg J, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
OSJ01	45°	250	1332	88	3.3	0.51	23	0.8	1.9
OSJ02	45°	500	1160	82	3.3	0.51	22	0.8	1.8
OSJ03	45°	1000	871	76	3.5	0.56	24	0.8	1.3
OSJ05	135°	250	1068	73	2.9	0.47	21	0.6	1.8
OSJ06	135°	500	1086	77	3.5	0.56	24	0.8	2.0
OSJ07	135°	1000	1035	80	3.5	0.56	24	0.8	2.2
OSJ08	135°	2000	1095	85	3.5	0.55	24	0.9	2.0
OSJ09	225°	250	1198	89	3.3	0.51	25	0.7	1.7
OSJ10	225°	500	1114	81	3.4	0.54	24	0.7	1.8
OSJ11	225°	1000	840	93	4.0	0.61	29	0.7	1.9
OSJ13	315°	250	1272	74	3.0	0.48	21	0.7	2.0
OSJ14	315°	500	992	84	3.1	0.49	23	0.8	1.9
OSJ15	315°	1000	1500	77	3.1	0.49	20	0.7	1.9
OSS14R			221	49	4.6	0.82	33	0.5	1.4

5.10 Brage

Results from the analyses carried out on samples from the Brage field are shown in Table 28 and Table 29.

Brage is situated in the shallower part of the region with station depths between 125 and 145 m. The sediment in the area is classified as silt and fine sand with an amount of pelite between 2.4 and 37.8 % and TOM between 0.7 and 1.1 %. There is a large variation in the sediment composition over the field with the finest sediment at station BRS05, BRA08 and BRA23.

Compared with the previous survey BRA08 has the largest decrease in the amount of pelite, while largest increase is registered at BRA11 and BRA19. The amount of TOM shows remarkable decrease at station BRA08 and BRA14, while relatively small changes have occurred at most of the other stations.

Also in the present survey, the sediment at the innermost station in the main current direction (BRA08) has the highest content of THC (32 mg/kg), ether (2.2 mg/kg) and barium (2660 mg/kg). Olefins are not detected in sediments at Brage. Sediments at stations until 1000 m southeast and until 250 m northeast are contaminated with THC. The sediments are contaminated with barium and have traces of ether based drilling fluid until the 2000 m station southeast and until the 250 m stations on the other axes. Sediments at stations until 500 m southeast and northwest and 250 m northeast of the installation are contaminated with other metals than barium. PCA confirm that these areas have a higher THC and metal content than the rest of the field.

Compared with the 2001 results, the content of THC, olefins and ether has decreased. The area contaminated with THC and ether has therefore decreased from respectively 0.66 to 0.33 km² and from 3.93 to 0.88 km², while olefins have disappeared from the sediments.

The content of barium has decreased at several stations and the area contaminated with barium has thereby decreased from 4.91 to 0.88 km². As a result of increased content of other metals north west of the centre, the area contaminated with other metals has increased from 0.18 to 0.29 km². According to the history of drilling and discharges at Brage discharges of barite has been reported since the previous survey. There have been no reports on discharges of ether or olefins since the 2001 survey.

There is a large variation in the number of individuals (662 – 2070), taxa (71 – 105) and diversity (H' 2.6 – 4.7) over the field. Compared with the previous survey, the number of individuals has increased at many of the stations, while the diversity has decreased.

The fauna is considered as distinctly disturbed until 500 m SE and slightly disturbed until 1000 m SE and 250 m NE and NW of the centre. At these stations taxa that increase in number of individuals with increasing organic enrichment/contamination of the sediment are among the most dominant taxa, while taxa that dominate in uncontaminated sediment, occur in reduced number of individuals or are absent. The correlation analysis shows a relation between the faunal distribution and the amount of barium and chromium in the sediment. Furthermore, THC and most of the other metals correlate with barium and chromium.

The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and thereby follows the trend of decreasing contamination of the sediment.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments and disturbed fauna at Brage are shown in Table 30 and Figure 9.

Table 28: Chemical data for the stations at Brage, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ether	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
BRA03	330°	2000	3.0	<0.1	58	0.004	4.3	1.5	na	3.9	5.0
BRA04	330°	1000	3.5	<0.1	50	<0.005	4.1	1.5	na	4.1	4.7
BRA05	330°	500	2.6	<0.1	90	0.015	5.2	2.4	na	3.3	7.2
BRA06	330°	250	5.3	0.1	208	0.004	4.5	1.4	na	3.8	5.5
BRA08	150°	500	32.2	2.2	2660	0.017	7.5	3.7	0.008	5.7	11.2
BRA09	150°	1000	27.0	0.4	1133	0.011	4.4	1.9	na	4.8	5.5
BRA10	150°	2000	6.5	0.1	412	0.009	4.2	1.5	na	5.0	5.4
BRA11	150°	4000	3.0	<0.1	159	0.012	4.2	1.5	na	4.5	5.4
BRA14	60°	1000	2.4	<0.1	52	0.005	4.2	1.4	na	3.7	5.1
BRA15	60°	500	4.3	<0.1	81	0.006	4.1	1.4	na	3.1	5.0
BRA16	60°	250	11.8	0.2	1277	0.006	4.3	2.3	na	6.9	6.7
BRA17	240°	250	4.6	0.3	372	<0.005	4.2	1.4	na	4.0	5.2
BRA18	240°	500	2.6	<0.1	68	0.004	3.9	1.3	na	3.0	4.4
BRA19	240°	1000	2.6	<0.1	54	0.008	4.6	1.6	na	3.4	5.2
BRA20	60°	2000	2.3	<0.1	78	0.007	4.7	1.7	na	4.1	6.0
BRA21	240°	2000	3.2	<0.1	33	0.005	4.6	1.6	na	3.5	5.2
BRA22	330°	3000	2.3	<0.1	35	0.007	4.3	1.1	na	5.5	5.1
BRA23	150°	6000	3.0	<0.1	212	0.011	4.5	1.2	na	4.3	5.8

n.a. Not analysed

Table 29: Biological data, TOM and pelite (%), for the stations at Brage, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
BRA03	330°	2000	1950	103	3.3	0.49	20	0.77	3.7
BRA04	330°	1000	2070	91	3.3	0.50	19	0.76	2.6
BRA05	330°	500	1190	88	3.7	0.57	25	1.10	27.8
BRA06	330°	250	1054	73	3.5	0.57	24	0.74	2.6
BRA08	150°	500	1208	71	3.8	0.62	24	1.13	37.8
BRA09	150°	1000	1876	81	2.6	0.41	18	0.81	12.2
BRA10	150°	2000	1393	93	3.7	0.56	25	0.72	5.5
BRA11	150°	4000	841	103	4.3	0.64	32	0.87	19.3
BRA14	60°	1000	1276	83	3.1	0.48	21	0.80	5.2
BRA15	60°	500	1617	83	2.6	0.41	16	0.00	9.0
BRA16	60°	250	1163	71	3.6	0.58	23	0.84	4.0
BRA17	240°	250	1434	76	3.1	0.50	21	0.87	7.8
BRA18	240°	500	1345	79	3.0	0.47	20	0.70	2.5
BRA19	240°	1000	976	88	4.1	0.63	28	0.92	22.9
BRA20	60°	2000	662	89	4.7	0.73	36	0.89	4.9
BRA21	240°	2000	818	105	4.4	0.66	33	0.91	3.0
BRA22	330°	3000	888	89	3.6	0.55	27	0.79	2.4
BRA23	150°	6000	758	85	4.3	0.67	31	0.76	27.4

Table 30: Distance along the transects (m) and calculated minimum area of contaminated sediments and disturbed fauna at Brage, 2004 and previous survey.

Brage	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Group B	250	1000	125	250	0.37	1.77
Group C	125	500	125	125	0.12	0.12
THC	250	1000	125	125	0.33	0.66
Olefines	0	0	0	0	0.00	0.12
Ether	250	2000	250	250	0.88	3.93
Ba	250	2000	250	250	0.88	4.91
Other metals	250	500	125	500	0.29	0.18

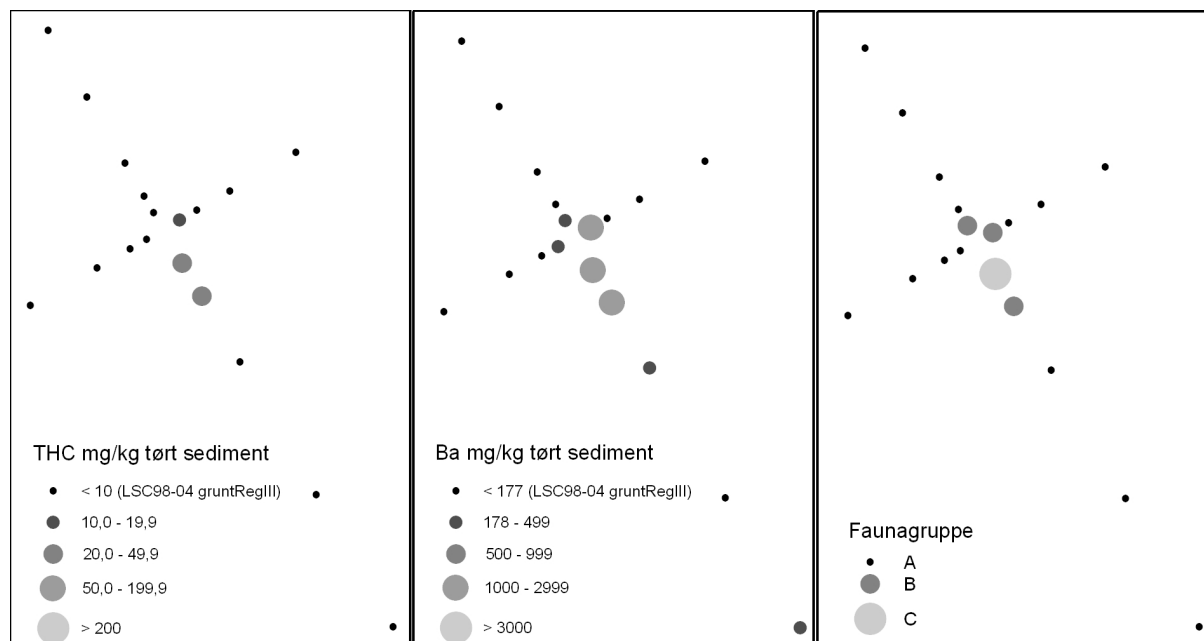


Figure 9: Distribution of disturbed fauna and the amounts of THC and barium in the sediments at Brage, 2004.

5.11 TOGI

Results from the analyses carried out on samples from the TOGI field are shown in Table 31 and Table 32.

TOGI is situated in the deeper part of the region with station depths between 298 and 301 m. The sediment in the area is classified as silt with an amount of pelite between 94.8 and 96.3 % and TOM between 9.0 and 10.6 %. There is little variation in the sediment composition between the stations.

Compared with the previous survey, there are relatively small changes in the sediment characteristics. At station TOG09 a small reduction in the amount of fine sand has occurred, while at station TOG08 an increase in the amount of fine sand and TOM is registered.

Hydrocarbons are quite evenly distributed across the field. The general THC level varies between 15 - 26 mg/kg dry sediment. The concentrations of selected hydrocarbons are comparable with the natural background level in the area. The sediments at the innermost stations southeast and south of the installations (TOG03 and TOG05) have the highest contents of barium (1330 mg/kg). The sediments are contaminated with barium until 500 m west and 250 m on the other axes. PCA verifies that this area has higher amount of barium than the rest of the field.

As in the previous survey, the THC content is at background level. The decrease in the content of barium at the outermost stations towards west, and as a result, the extension of sediment contaminated with barium has decreased from 2000 m in 2001-survey to 500 m in the present survey. In the present survey only the innermost stations at the remaining transects are investigated. At these stations the barium content are almost unchanged, and the sediments are still regarded as contaminated with barium. According to the field history at TOGI there has been no drilling or discharge activity during the last nine years.

The number of individuals (567 – 922) and taxa (99 – 117) vary somewhat between the stations, while the diversity is high ($H' > 5.4$). Compared with the previous survey there is a relatively large decrease in the number of individuals at some of the stations, while other have had an increase. The number of taxa and the diversity is relatively comparable in the two surveys.

The fauna is considered as undisturbed by the petroleum activity at the field. As revealed in the multivariate analyses, there is a great similarity in faunal composition between the stations. The small

differences found are caused by natural variation. This is the same conclusion as in the previous survey.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at TOGI are shown in Table 33 and Figure 10.

Table 31: Chemical data for the stations at TOGI, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
TOG03	135°	250	20.9	1327	0.090	33.8	15.3	na	34.5	63.5
TOG05	180°	250	21.8	1330	0.095	33.5	15.9	na	31.1	62.7
TOG07	270°	500	22.0	750	0.095	33.7	14.8	0.033	31.4	62.4
TOG08	270°	1000	15.1	383	0.093	33.2	14.1	0.030	28.0	60.1
TOG09	270°	2000	24.7	437	0.083	32.2	14.2	na	31.0	60.2
TOG10	335°	250	26.1	851	0.088	35.7	16.2	na	33.8	66.0
TOG11R	90°	10000	28.8	283	0.083	37.4	16.1	0.030	34.7	68.5

n.a. Not analysed

Table 32: Biological data, TOM and pelite (%), for the stations at TOGI, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
TOG03	135°	250	659	99	5.4	0.81	41	9.5	96.3
TOG05	180°	250	670	101	5.5	0.82	42	9.4	95.5
TOG07	270°	500	671	108	5.7	0.84	46	9.9	95.4
TOG08	270°	1000	567	102	5.6	0.84	45	10.6	95.0
TOG09	270°	2000	840	115	5.6	0.82	44	9.6	94.8
TOG10	335°	250	922	117	5.5	0.80	42	9.0	95.5
TOG11R	90°	10000	678	103	5.7	0.85	45	10.1	96.2

Table 33: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments at TOGI, 2004 and previous survey.

TOGI	N	SE	S	W	Km ² (2004)	Km ² (2001)
Ba	250	250	250	500	0.29	1.96

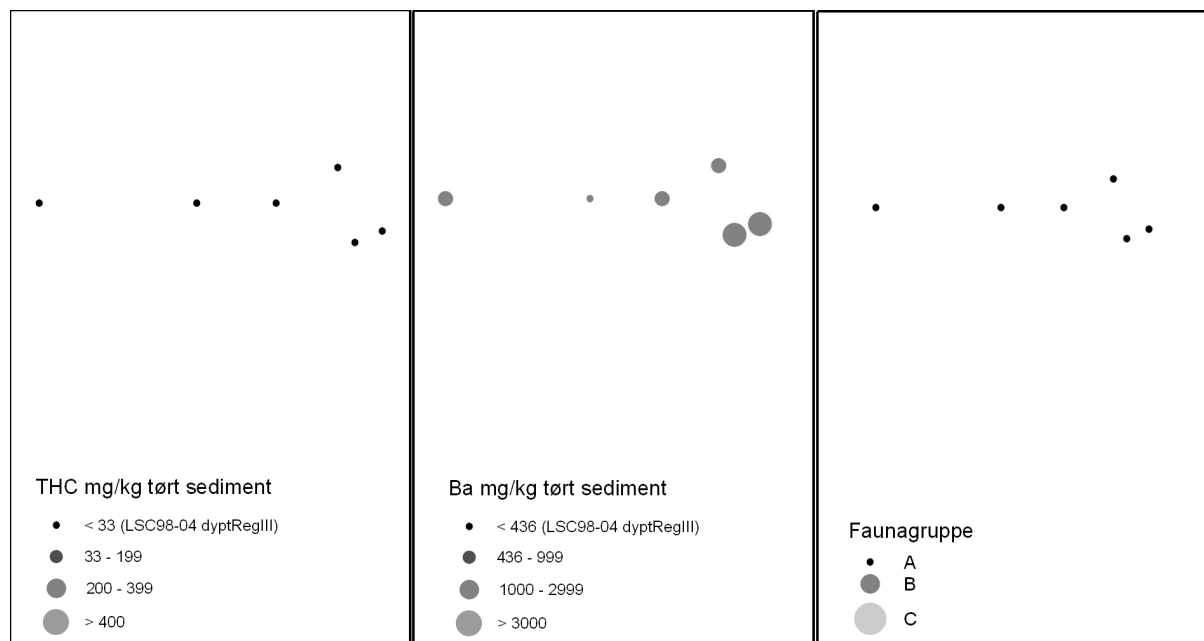


Figure 10: Distribution of the amounts of barium in the sediments at TOGI, 2004.

5.12 Troll B

Results from the analyses carried out on samples from the Troll B field are shown in Table 34 and Table 35.

Troll B is situated in the deeper part of the region with station depths between 312 and 334 m. The sediment in the area is classified as silt with an amount of pelite between 89.1 and 96.3 % and TOM between 7.6 and 10.0 %. The sediment conditions vary somewhat between the stations, but are relatively similar to those found elsewhere in the Troll area.

Hydrocarbons are quite evenly distributed across the field. The general THC level varies between 20 – 32 mg/kg dry sediment. The concentrations of selected hydrocarbons are comparable with the natural background level in the area. The sediments at TRB04-10 have the highest content of barium (2160 mg/kg). The sediments at all stations, with the exception of TRB04-12, are contaminated with barium. PCA verifies that TRB04-12 has lower content of barium than the other stations at the field. According to the field history at Troll B, two acute spills of oil and discharges of barite since the previous survey have been reported.

The number of individuals (646 – 957) and taxa (99 – 119) vary somewhat between the stations, while the diversity is high ($H' > 5.5$). This is similar to that registered elsewhere in the Troll area.

The biological analyses indicate an even distribution of undisturbed fauna over the field. The small differences in the faunal composition revealed in the multivariate and correlation analyses are believed to be a result of natural variation. This is the same conclusion as in the previous survey at the field.

Due to the location of the stations at Troll B and Troll C these fields should be treated as one field in the next survey.

The spatial extent of contaminated sediments at Troll B is shown in Figure 11.

Table 34: Chemical data for the stations at Troll B, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
TRB04-01	31.6	947	0.111	35.1	16.0	na	33.3	68.8
TRB04-02	26.1	542	0.104	32.6	14.7	na	31.5	61.5
TRB04-03	24.6	570	0.102	34.5	14.9	na	29.9	62.2
TRB04-05	27.2	1028	0.104	32.2	15.9	na	28.0	59.3
TRB04-06	25.1	1077	0.107	26.4	14.9	na	29.0	58.9
TRB04-08	21.8	1079	0.096	26.6	15.2	0.029	26.3	55.1
TRB04-09	25.4	1075	0.089	24.9	14.1	na	26.3	64.1
TRB04-10	26.8	2160	0.093	29.8	19.4	na	28.7	58.1
TRB04-11	26.3	1193	0.095	28.1	14.6	na	29.3	56.8
TRB04-12	19.7	439	0.081	25.2	14.9	0.021	27.0	54.5
TRC99R	24.1	351	0.091	40.2	19.0	0.033	45.3	79.6

n.a. Not analysed

Table 35: Biological data, TOM and pelite in (%), for the stations at Troll B, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
TRB04-01	677	112	5.7	0.83	46	9.7	96.3
TRB04-02	660	102	5.7	0.86	46	8.6	92.1
TRB04-03	649	103	5.5	0.83	43	10.0	95.3
TRB04-05	667	99	5.6	0.84	43	8.5	93.1
TRB04-06	881	106	5.5	0.82	42	8.7	92.9
TRB04-08	807	114	5.6	0.82	44	8.9	90.7
TRB04-09	646	106	5.7	0.85	47	7.6	89.3
TRB04-10	957	119	5.5	0.80	42	8.1	89.1
TRB04-11	696	101	5.5	0.82	42	9.1	92.4
TRB04-12	743	105	5.7	0.85	45	8.3	90.8
TRC99Ra	462	81	5.4	0.85	41	9.4	98.2
TRC99Rb	777	92	5.6	0.86	44	-	-

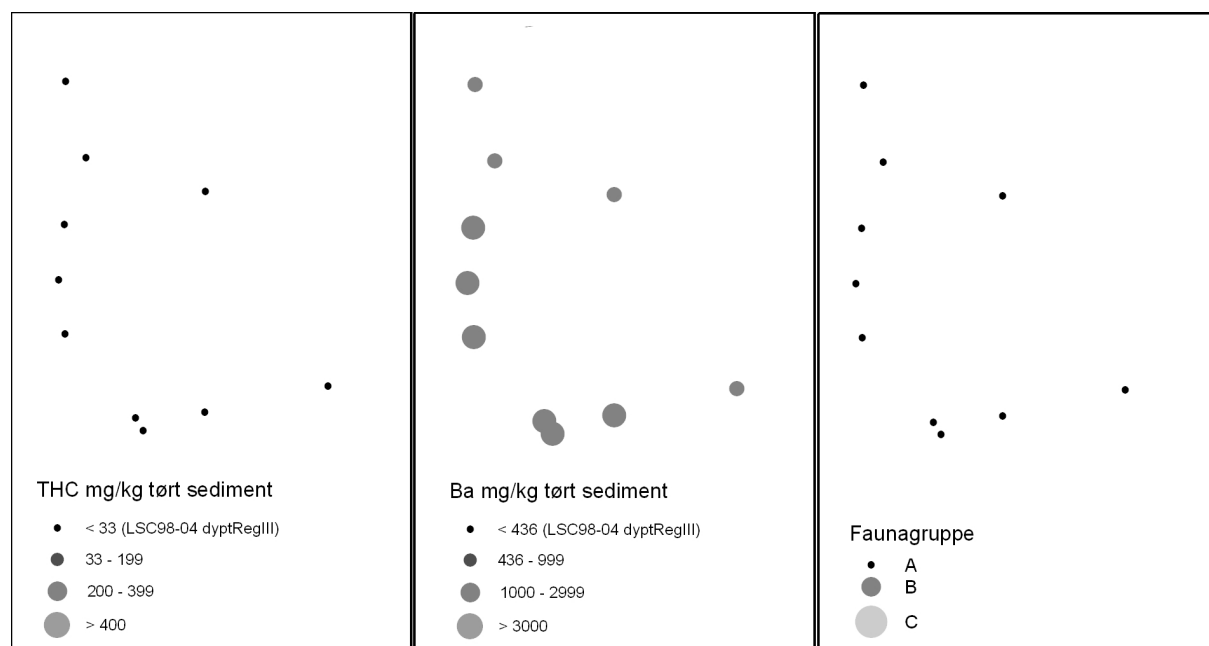


Figure 11: Distribution of the amounts of barium in the sediments at Troll B, 2004.

5.13 Troll C

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

Troll C is situated in the deeper part of the region with station depths between 328 and 350 m. The sediment in the area is classified as silt with amount of pelite between 97.3 and 99.1 % and TOM between 9.2 and 11.4 %. There is little variation in the sediment conditions over the field and the conditions are similar to that registered at the stations surveyed in both surveys.

Hydrocarbons are quite evenly distributed across the field. The general THC level varies between 19–32 mg/kg dry sediment. The concentrations of selected hydrocarbons are comparable with the natural background level in the area. The sediments at TRC04-01 have the highest content of barium (1489 mg/kg). The sediments at all stations are contaminated with barium.

As in the previous survey, the THC content is at background level. The content of barium has increased at TRC04-10 and is almost unchanged at TRC04-12 and TRC04-13. The contents of other metals are still comparable with the background levels in the deep sub-region. According to the field history at Troll C, acute spills of oil and discharges of barite since the previous survey have been reported.

There is a relatively large variation in the number of individuals (508 – 961) and taxa (91 – 117) over the field, while the diversity is high at all stations ($H' > 5.4$). Compared with the results from the stations included in the present and previous survey, the number of individuals and taxa has increased remarkably at station TRC04-10, while the diversity has increased somewhat at some stations.

The biological analyses indicate an even distribution of undisturbed fauna over the field. The small differences in the faunal composition revealed in the multivariate and correlation analyses are believed to be a result of natural variation over the area. This is the same conclusion as in the previous survey at the field.

Due to the location of the stations at Troll C and Troll B these fields should be treated as one field in the next survey.

The spatial extent of contaminated sediments at Troll C is shown in Figure 12.

Table 36: Chemical data for the stations at Troll C, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
TRC04-01	26.1	1489	0.073	37.3	18.7	na	38.2	74.1
TRC04-02	26.3	677	0.084	37.6	17.9	na	40.5	75.2
TRC04-03	31.4	525	0.080	36.5	17.3	na	36.4	72.6
TRC04-04	31.3	911	0.083	37.5	19.9	na	40.2	75.9
TRC04-05	27.2	530	0.083	38.3	17.8	na	42.4	76.8
TRC04-07	30.9	552	0.079	37.4	17.6	na	40.6	74.6
TRC04-08	24.6	869	0.076	37.7	18.0	na	39.7	73.9
TRC04-09	32.4	1350	0.088	38.7	17.6	na	39.1	71.9
TRC04-10	29.9	883	0.080	37.3	17.2	0.031	39.4	74.4
TRC04-11	21.7	1287	0.084	37.6	19.8	na	36.2	75.3
TRC04-12	18.7	560	0.090	38.5	17.6	0.036	40.3	77.0
TRC04-13	19.6	587	0.094	35.7	17.2	na	38.1	70.8
TRC99R	24.1	351	0.091	40.2	19.0	0.033	45.3	79.6

n.a. Not analysed

Table 37: Biological data, TOM and pelite in (%), for the stations at Troll C, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
TRC04-01	508	94	5.6	0.86	46	9.7	98.6
TRC04-02	961	91	5.4	0.83	41	11.4	98.3
TRC04-03	735	97	5.7	0.86	46	9.6	98.3
TRC04-04	608	106	5.6	0.84	44	10.8	97.2
TRC04-05	805	99	5.6	0.85	44	10.4	99.1
TRC04-07	709	103	5.7	0.85	45	10.8	98.6
TRC04-08	629	94	5.7	0.87	46	10.6	99.0
TRC04-09	698	97	5.5	0.83	42	9.2	97.7
TRC04-10	888	117	5.6	0.82	44	10.0	97.7
TRC04-11	703	109	5.6	0.83	45	9.2	97.3
TRC04-12	689	112	5.8	0.85	48	10.8	98.1
TRC04-13	582	92	5.5	0.85	44	10.4	96.6
TRC99Ra	462	81	5.4	0.85	41	11.2	98.4
TRC99Rb	777	92	5.6	0.86	44		

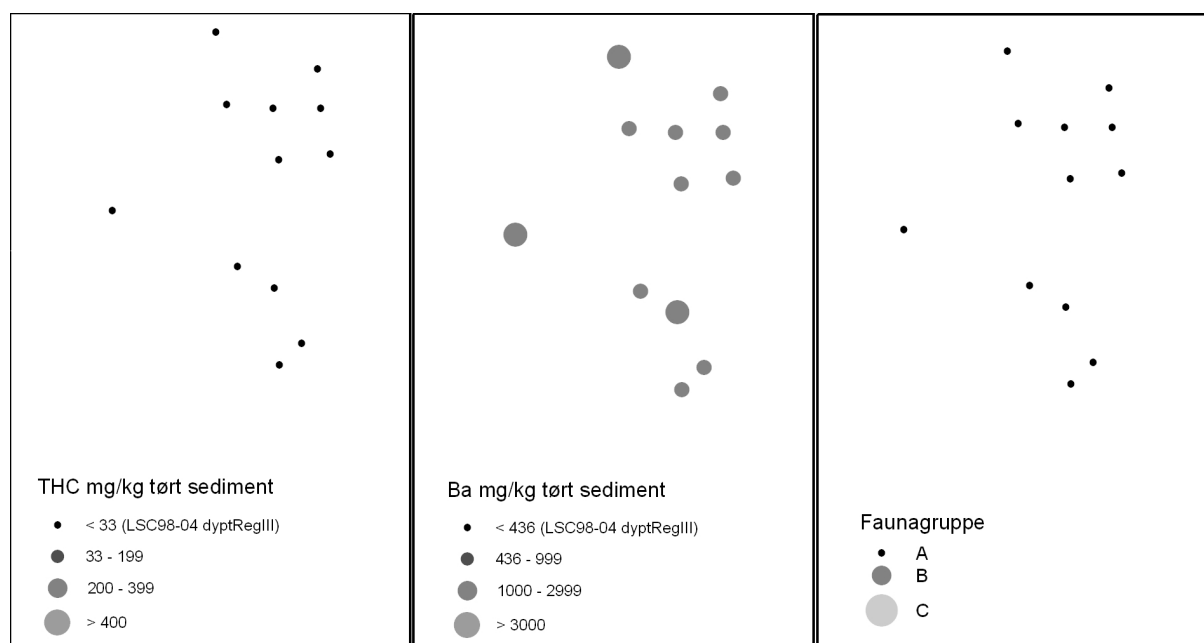


Figure 12: Distribution of the amounts of barium in the sediments at Troll C, 2004.

5.14 Fram Vest

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

Fram Vest is situated in the deeper part of the region with station depths between 355 and 361 m. The sediment in the area is classified as silt with an amount of pelite between 94.5 and 99.4 % and TOM between 7.5 and 11.7 %. With the exception of station FramA2-04 the sediment conditions are similar over the field. At the station mentioned the amount of fine sand is higher than at the other stations.

Compared with the previous survey the amount of fine sand is higher at all stations and the amount of TOM is lower at most of the stations.

The sediments at the innermost station southeast of template FTEMP A1 have the highest concentrations of THC (707 mg/kg) and barium (2797 mg/kg). The sediments at the 250 m stations are contaminated with THC. The gas chromatograms of sediment extracts from stations contaminated with THC contain a profile indicating the presence mineral oil. The sediments are contaminated with barium until 500 m on the four axes.

In the baseline survey at Fram Vest in 2002, elevated levels of barium was found at some stations. The content of barium decreased with increasing sediment depth, indicating a certain input of barium to the investigated area. Compared with the previous survey, the content of THC has increased clearly in the sediments at the 250 m stations. The concentrations of barium have increased in the sediments at most stations. The amount of other metals are almost unchanged and at the background level. According to the field history at Fram Vest it is reported discharges of oil based drilling fluid and barite since the baseline survey in 2002.

The number of individuals (588 – 1057) and taxa (79 – 110) vary somewhat over the field, while the diversity is high ($H' > 5.2$). Compared with the previous survey the number of individuals and taxa has increased at all stations, which also has resulted in a small increase in the diversity.

The biological analyses indicate an even distribution of the fauna over the field where the cluster analysis shows less than 30 % faunal dissimilarity between the stations, which is within the dissimilarity shown at the replicate level (see appendix). However, the correlation analysis shows a tendency of faunal changes over the field related to the chemical variables, but the correlation is very weak and it cannot yet be concluded that the fauna is influenced by the petroleum activity at the field. In many occasions the fauna has shown a delay in the reaction to contamination of the sediment. It is therefore important to be aware of eventual faunal reactions in the next survey.

For two of the stations (A2-01 and A1-08) that were separated from the other stations in the multivariate and correlation analyses, one sample of molluscs from each station was destroyed during transport. It is uncertain if the lack of molluscs had consequences for this result.

The calculated minimum area and spatial extent of contaminated sediments at the Fram Vest field are shown in Table 40 and Figure 13.

Table 38: Chemical data for the stations at Fram Vest, 2004. THC and metal values in mg/kg dry sediment (minimum- and maximum values in bold.)

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	THC	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Fram A2-01	45°	250	662	2253	0.077	42.9	19.8	na	47.7	83.2
Fram A2-02	45°	500	24.5	1025	0.091	40.1	22.8	na	42.8	85.4
Fram A2-04	315°	250	111	1697	0.096	40.9	19.0	na	42.4	79.3
Fram A2-05	315°	500	32.1	745	0.108	41.9	19.4	na	44.9	82.7
Fram A1-08	135°	250	707	2797	0.080	36.6	17.7	0.030	30.7	75.5
Fram A1-09	135°	500	26.4	910	0.081	40.7	22.7	0.034	41.6	79.2
Fram A1-10	135°	1000	17.6	377	0.095	34.9	16.8	na	24.6	72.3
Fram A1-12	225°	250	35.3	708	0.104	41.1	18.7	na	41.5	78.9
Fram A1-13	225°	500	31.8	848	0.110	42.1	19.5	na	45.2	84.4
Fram A1-14	225°	1000	23.6	415	0.106	42.2	19.3	na	46.6	82.6
Fram A2-07R	315°	5000	24.8	364	0.097	41.8	19.3	0.040	46.3	80.8

n.a. Not analysed

Table 39: Biological data, TOM and pelite in (%), for the stations at Fram Vest, 2004 (minimum- and maximum values in bold.).

St. no.	Direction (degr.)	Distance (m)	No. ind.	No. taxa	H'	J	ES ₁₀₀	TOM	Pelite
Fram A2-01	45°	250	588	79	5.2	0.83	40	10.8	97.6
Fram A2-02	45°	500	1057	97	5.4	0.82	41	10.8	98.3
Fram A2-04	315°	250	783	93	5.4	0.83	41	11.1	94.5
Fram A2-05	315°	500	904	104	5.5	0.82	42	11.0	98.8
Fram A1-08	135°	250	590	84	5.3	0.82	40	10.7	98.8
Fram A1-09	135°	500	777	88	5.5	0.85	42	8.9	99.1
Fram A1-10	135°	1000	976	94	5.4	0.83	41	7.5	99.1
Fram A1-12	225°	250	783	100	5.6	0.84	43	10.7	98.6
Fram A1-13	225°	500	979	110	5.7	0.83	44	11.7	98.0
Fram A1-14	225°	1000	835	92	5.3	0.82	39	11.2	99.4
Fram A2-07R	315°	5000	802	91	5.4	0.82	40	11.2	99.1

Table 40: Distance (m) along the transects and calculated minimum area of contaminated sediments at Fram Vest, 2004 and previous survey.

Fram Vest	NE	SE	SW	NW	Km ² (2004)	Km ² (2001)
THC	250	250	250	250	0.20	0
Ba	500	500	500	500	0.79	0

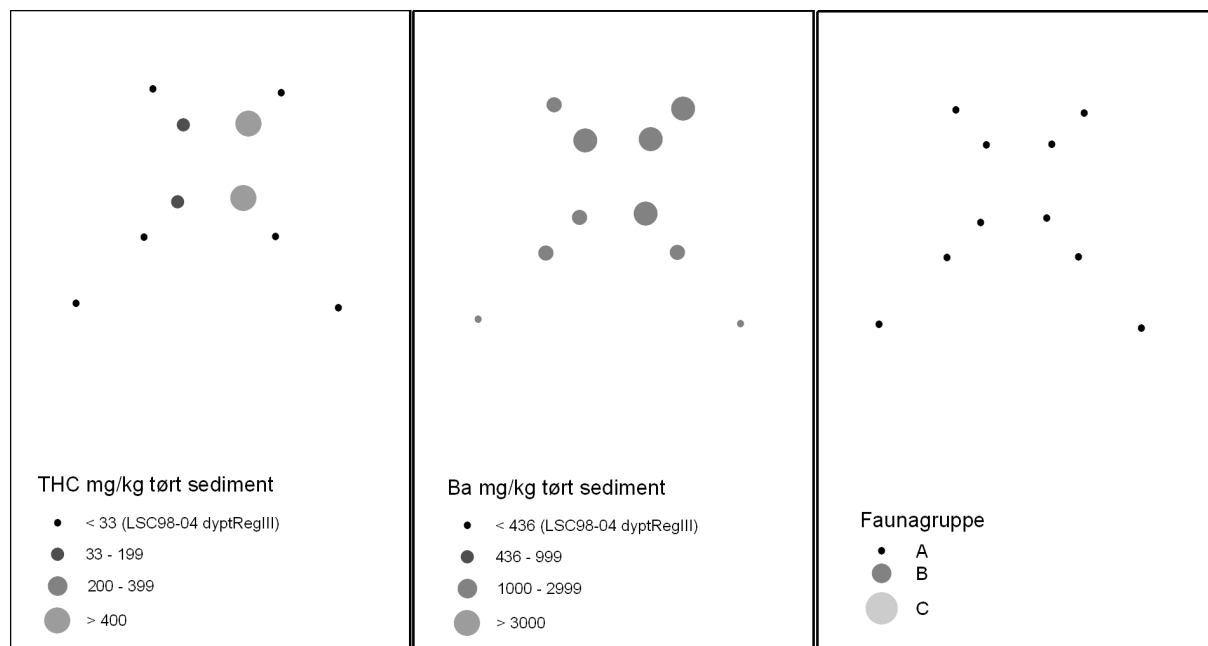


Figure 13: Distribution of the amounts of THC and barium in the sediments at Fram Vest, 2004.

5.15 Status Region III

There is great variability in sediment structure over the region. The sediments from stations located in the deeper part of the region (Fram Vest, TOGI and the Troll fields) have a much higher content of pelite ($> 89\%$) and TOM ($> 7\%$), and lower content of fine sand ($< 10\%$) than sediments from stations situated at shallower depths. The coarsest grained sediments were registered at Oseberg Sør and Huldra.

Compared with the previous survey the greatest reduction in the pelite content in the sediment is found at stations at Brage and Oseberg Sør, while the TOM content has greatest reduction at Veslefrikk.

Region III is divided in a deep and a shallow sub-region. The deep sub-region includes Troll B, Troll C, TOGI and Fram Vest, while the shallow sub-region encompasses the remaining of the fields. The sediments in the deep sub-region have naturally higher concentrations of THC and metals than the sediments in the shallow sub-region. The regional- and reference stations are still unaffected of the drilling and discharge activity in the area.

The results of the chemical analyses on each field are compared with specific limit values. If the concentration of a chemical substance exceeds the limit value, the sediments are usually regarded as contaminated with this compound. The total area with contaminated sediment for each field is shown in the table below.

With one exception, the chemical results are in accordance with the reported data on drilling and discharge activities at the fields. The sediments at the fields where baseline surveys are performed, Oseberg G and Oseberg J, are unaffected of the drilling and discharge activity in the area.

In the shallow sub-region, the sediment at Veslefrikk has the highest concentrations of THC (320 mg/kg), barium (5373 mg/kg) and other metals. This field has the largest areas with contaminated sediments. At Oseberg Feltseater and Oseberg C the highest measured THC values are above 100 mg/kg dry sediment. At the remaining fields in the shallow sub-region all THC values are below 50 mg/kg dry sediment. At Oseberg Sør there are only measured barium values below 500 mg/kg. The highest barium concentrations are above 2000 mg/kg at the remaining fields.

The content of ether is analysed in sediments from Oseberg Feltseater and Oseberg C, at Brage both ether and olefins are analysed. The innermost station southeast of Oseberg C has the highest concentration of ether (1189 mg/kg). At the remaining stations, the concentrations range from values below the quantification limit to 10 mg/kg dry sediment. At Oseberg Feltseater ether is found only at one station (0.11 mg/kg). At Brage ether (0.1-2.2 mg/kg) is found at six stations. The sediments do not contain detectable amounts of olefins.

In the deep sub-region, Fram Vest sticks out with the highest concentrations of THC (707 mg/kg) and barium (2797 mg/kg). At the remaining fields, the THC concentrations are at the background level. At Troll B, nine of ten stations are contaminated with barium, while all stations at Troll C are contaminated with barium. At TOGI, Troll B and Troll C the highest measured barium values are above 1000 mg/kg.

Five of the fields, Oseberg Sør, Troll B, Troll C, TOGI and Fram Vest, are regarded as uncontaminated with respect to other metals than barium.

Based on the evaluation of the results from the different analyses carried out on data from each field, the fauna at each station was classified into groups according to disturbance levels. The total area of disturbed fauna for each field is shown in the table below.

Seven of the fields in the region are considered to have undisturbed fauna at all stations. The fields are Oseberg Sør, Oseberg G, Oseberg J, TOGI, Troll B, Troll C and Fram Vest. At Oseberg Sør and Fram Vest sediments contaminated with THC are registered at some stations. The levels are low at Oseberg Sør, while they are high at Fram Vest. Still the fauna has not reacted to the contamination.

At six of the fields (Veslefrikk, Huldra, Oseberg C, Oseberg Feltseater, Oseberg Øst and Brage) slightly or distinctly disturbed fauna is registered as a consequence of the petroleum activity. At the

stations with disturbed fauna, the fauna is more or less dominated by polychaetes and bivalves that are typical for contaminated/organic enriched sediments.

At Veslefrikk the content of THC has decreased in the sediments against south east. A small increase in THC against northwest has resulted in an increase of the area contaminated with THC from 3.53 to 4.12 km². The concentrations of barium and other metals have decreased. The area contaminated with barium is unchanged, while the area contaminated with other metals has decreased from 3.53 to 1.77 km². The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and reaches now until 1000 m southeast from the centre. The faunal disturbance has thereby decreased the last three years from 1.47 to 0.22 km².

At Huldra the concentrations of THC, barium and other metals has decreased. The area contaminated with THC and other metals has decreased from respectively 0.10 and 1.47 km² to 0.07 km². The area contaminated with barium has decreased from 1.18 to 0.59 km². The area of slightly disturbed fauna in the present survey is 0.07 km² and reaches until 250 m southeast of the centre. The fauna was undisturbed in the previous survey.

At Oseberg Sør the concentrations of THC has decreased and the area contaminated with THC has therefore decreased from 0.59 to 0.18 km². The concentrations of barium has decreased in sediments north east, south east and south west, Increased content of barium in sediments against north west has on the other hand resulted in an increase of the area contaminated with barium from 0.39 km² to 0.44 km². The sediments are still regarded as uncontaminated with respect to the other metals.

At Oseberg C there is a general increase in concentrations of THC (+58 mg/kg), ether (+104 mg/kg) and metals in the sediments at the innermost station in the main current direction. The increase cannot be explained from the activity on the field. At the remaining station the concentrations of THC and ether has decreased, and the areas contaminated with THC and ether has decreased from respectively 0.49 to 0.18 km² and from 7.10 km² to 2.21 km². Even though the content of barium has decreased at several stations, increased concentration in the sediments against northwest has resulted in an increase of the area contaminated with barium from 0.88 to 1.18 km². The area contaminated with other metals has decreased from 0.29 to 0.12 km². The area of disturbed fauna is similar to that in the previous survey and still reaches until 1000 m southeast of the centre and 250 m at the other transects. The faunal disturbance at the field is still 0.49 km².

At Oseberg Feltsenter the concentrations of THC and ether has decreased in the sediments. The area contaminated with THC has decreased from 1.34 to 0.33 km² and ether from 0.2 to 0 km². The area contaminated with barium has increased from 1.57 to 1.96 km² as a result of increased barium content in sediments against north east. The contents of the other metals are almost unchanged, but an increase at one field station has resulted in an increase of the area from 0.23 to 0.33 km². The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and reaches now until 750 m southeast and 500 m southwest of the centre. The faunal disturbance has thereby decreased the three last years from 1.23 to 0.43 km².

At Oseberg Øst the content of THC and metals has decreased in the sediments. The area contaminated with THC has decreased from 0.74 to 0.61 km², barium from 9.82 to 7.51 km² and other metals from 0.37 to 0.15 km². The area of disturbed fauna has increased since the previous survey and reaches now until 4000 m southeast and 2000 m northeast of the centre. The faunal disturbance has thereby increased from 4.71 to 6.88 km² the last three years. It should, however, also be mentioned that the fauna is now considered as undisturbed at the transects SW and NW of the centre where slightly disturbed fauna occurred out 1000 and 2000 m, respectively.

At Brage the content of THC, olefins, ether and barium has decreased in the sediments. The area contaminated with THC has decreased from 0.66 to 0.33 km², olefins from 0.12 to 0 km², ether from 3.93 to 0.88 km² and barium from 4.91 to 0.88 km². As a result of increased content of metals in sediments against northwest the area contaminated with other metals has increased from 0.18 to 0.29 km². The area of disturbed fauna has decreased since the previous survey and reaches now until 1000 m southeast and 250 m northeast and northwest of the centre. The faunal disturbance has thereby decreased from 1.77 to 0.37 km² the three last years.

At Fram Vest the content of THC and barium has increased in the sediments. The amount of other metals is almost unchanged and still at background levels. In the baseline survey in 2002 elevated levels of barium was found at some stations.

At TOGI the concentrations of THC are still at the background level. Decreased content of barium in the sediments at the outermost stations against west has resulted in a decrease of the extension of sediment contaminated with barium from 2000 m to 500 m. In the present survey only the innermost station at the remaining transects are investigated. At these stations the barium content are almost unchanged, and the sediments are still regarded as contaminated with barium.

The total area in Region III contaminated with THC has decreased from 7.45 km² in the previous survey to 6.02 km² in the present survey. The total area contaminated with barium cannot be directly compared since the number of stations is changed at some stations and because the level of barium does not always reach background level even at the outermost stations. The total area contaminated with other metals has decreased from 6.07 km² to 2.73 km².

The total area of slightly disturbed fauna (faunal group B) in Region III has decreased from 9.67 km² in the previous survey to 8.46 km² in the present survey, while the area of distinctly disturbed fauna (faunal group C) has a minor increase from 0.64 to 0.67 km².

Table 41: Calculated minimum area of contaminated sediments (m) and disturbed fauna in Region III, based on previous and 2004 survey data.

Field	Faunal group	Faunal group	THC	Olefins/ether	Ba	Other metals
Veslefrikk	0.22	0.12	4.12	n.a. / n.a.	9.42	1.77
Huldra	0.07	0	0.07	n.a. / n.a.	0.59	0.07
Oseberg Sør	0	0	0.18	n.a. / n.a.	0.44	0
Oseberg C	0.49	0.12	0.18	n.a. / 2.21	1.18	0.12
Oseberg Feltcenter	0.43	0.09	0.33	n.a. / 0	1.96	0.33
Oseberg Øst	6.88	0.22	0.61	n.a. / n.a.	7.51	0.15
Oseberg G	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Oseberg J	0	0	0	n.a. / n.a.	0	0
Brage	0.37	0.12	0.33	0 / 0.88	0.88	0.29
TOGI	0	0	0	n.a. / n.a.	0.29	0
Fram Vest	0	0	0.20	n.a. / n.a.	0.79	0
Total area 2004	8.46	0.67	6.02	0 / 3.09	22.87	2.73
Total area 2001	9.67	0.64	7.45	0.12 / 11.23	30.13	6.07

n.a. = not analysed.