



MILJØUNDERSØKELSE

REGION III

1998

SAMMENDRAGSRAPPORT

SUMMARY REPORT



<i>Rapporttittel / Report title</i>	
<p>MILJØUNDERSØKELSE REGION III 1998</p>	
<i>Forfatter(e) / Author(s)</i> Mannvik, Hans-Petter Pearson, Tom Lie Gabrielsen, Kjersti Hansen, Linda Palerud, Rune	<i>Akvaplan-niva rapport nr / report no:</i> 411.98.1362-3
	<i>Dato / Date:</i> 19.04.99
	<i>Antall sider / No. of pages</i> 30 + 30
	<i>Distribusjon / Distribution</i> Åpen / Open
<i>Oppdragsgiver / Client</i> Norsk Hydro Statoil	<i>Oppdragsg. ref. / Client ref.</i> Beck, Hans Jacob Bryne, Karl Henrik
<i>Emneord:</i> Region III Hydrokarboner Tungmetaller Makrofauna	<i>Key words:</i> Region III Hydrocarbons Heavy metals Macro fauna

Prosjektleder / Project manager

Kvalitetskontroll / Quality control

Mannvik, Hans-Petter

Mikkola, Frid

Sammendrag

Norsk Hydro og Statoil ga Akvaplan-niva AS i oppdrag å utføre en regional miljøundersøkelse i Region III i Nordsjøen (kontraktnr. NH10611552). Feltene som er med i undersøkelsen er Troll A, Troll B, Troll C, TOGI, Oseberg Sør, Oseberg C, Oseberg Feltsenter, Brage og Veslefrikk. I tillegg er det samlet inn prøver fra ti regionale stasjoner. Feltarbeidet ble utført i perioden 02.05 - 18.05 1998 da det ble samlet inn prøver fra totalt 126 stasjoner i regionen.

Resultatene som fremkom av de fysiske, kjemiske og biologiske analysene av prøver fra de regionale stasjonene og referansestasjonene på det enkelte felt viste at regionen kunne deles inn i tre underregioner.

De biologiske analysene viste at faunaen i Region III kunne skilles i tre hovedtyper av faunasamfunn med Brage, Veslefrikk og Osebergfeltene sammen med regional stasjon 1, 2, 3 og 7 i en gruppe, regional stasjon 4, 9 og 10 i en gruppe og TOGI og Trollfeltene sammen med regional stasjon 5, 6 og 8 i en gruppe. Førstnevnte gruppe inkluderte stasjoner som ligger oppe på plataet (100 – 200 m dyp), den andre stasjoner som ligger i skråningen til Norskerenna (250 – 300 m dyp) og den siste med stasjoner som ligger nede i Norskerenna (300 – 350 m dyp). De kjemiske analysene støttet opp om denne inndelingen i underregioner, med presisering av at de fleste bakgrunnsverdiene på Veslefrikk lå midt mellom verdiene for de regionale stasjonene i skråningen og de regionale stasjonene oppe på plataet.

Faunaen på TOGI og Trollfeltene ble vurdert å være upåvirket av petroleumsaktiviteten i denne delen av regionen. Med unntak av barium, ble det ikke funnet konsentrasjoner av de kjemiske parametrene som var signifikant over bakgrunnsnivået for den dype delen av regionen.

På enkelte stasjoner på Oseberg Sør var det tegn til fysisk forstyrrelse av sedimentet som hadde resultert i en endring i faunaen fra 1997 til 1998. Innhold av hydrokarboner og metaller lå på bakgrunnsnivå over hele feltet. Det var ikke tegn til faunapåvirkning som følge av utslipp.

På Oseberg Feltsenter, Oseberg C, Brage og Veslefrikk ble det funnet til dels høye konsentrasjoner av hydrokarboner/pseudooljer og tungmetaller i sedimentet samtidig som det ble registrert lett til tydelig påvirket fauna i nærheten av installasjonene og særlig langs transektet i hovedstrømretningen (SØ-retning). P.g.a. forskjellige stasjonsutvalg i denne og foregående undersøkelse på de enkelte felt er det vanskelig å gi en nøyaktig vurdering i utviklingen av forholdene, men på enkelte av feltene er det tegn til forbedringer i faunaen. På feltene har innhold av de fleste kjemiske parametrene økt på de nærmeste stasjonene i hovedstrømsretningen. På de øvrige sammenfallende stasjonene ligger konsentrasjonene på nivå med tidligere undersøkelser.

Miljøundersøkelse Region III 1998

Rapport til Norsk Hydro og Statoil

Kontraktnr. NH10611552
(Norsk Hydro)

Prosjektleder:

Hans-Petter Mannvik, Akvaplan-niva AS

Forfattere:

Hans-Petter Mannvik, Akvaplan-niva AS

Tom Pearson, Akvaplan-niva AS

Kjersti Lie Gabrielsen, Unilab Analyse AS

Linda Hansen, Unilab Analyse AS

Rune Palerud, Akvaplan-niva AS

Tromsø, 19. april 1999

Akvaplan-niva AS/Unilab Analyse AS
9296 Tromsø, Norge

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra miljøundersøkelsen på Region III i Nordsjøen.

Akvaplan-niva AS ble engasjert av Norsk Hydro og Statoil. Kontrakt NH10611552 ble underskrevet av begge parter 11.06.98. Feltarbeidet i Region III ble gjennomført i perioden 02.05 - 18.05. 1998.

Undersøkelsen ble gjennomført i samarbeid med følgende underkonsulenter:

Unilab Analyse AS, Tromsø, Norge
GeoGruppen AS, Tromsø, Norge
SEAS Ltd., Oban, Skotland
NIVA, Oslo, Norge
SERO Norsk Analyse Center

Tromsø 19. april 1999
Akvaplan-niva AS

Hans-Petter Mannvik
Prosjektleder

Jos Kögeler
Ass. direktør

Prosjektmedarbeidere

Følgende personer deltok i feltarbeid, laboratorieanalyser og rapportering:

Feltarbeid

G. Bahr, Akvaplan-niva AS, A. Gunneriussen, Akvaplan-niva AS, T. Henriksen, Akvaplan-niva AS, A.M. Hjelseth, Akvaplan-niva AS, H.-P. Mannvik, Akvaplan-niva AS, F. Mikkola, Akvaplan-niva AS, T. Sandanger, Unilab Analyse AS, H. Stenhaug, Unilab Analyse AS.

Sortering biologisk materiale

E. Halfredsson, Akvaplan-niva AS, A.M Hjelseth, Akvaplan-niva AS, K. Lagesen, Akvaplan-niva AS, R. Larsen, Akvaplan-niva AS, C. Løkke, Akvaplan-niva AS F. Mikkola, Akvaplan-niva AS, J.H. Thorarinson, Akvaplan-niva AS, T. Velvin, Akvaplan-niva AS.

Identifikasjon biologisk materiale

S. Cochrane, Akvaplan-niva AS, A. Coates, SEAS Ltd., J. Duncan, SEAS Ltd., R. Evans, Akvaplan-niva AS, B. Gulliksen, Akvaplan-niva AS, H.-P. Mannvik, Akvaplan-niva AS, R. Palerud, Akvaplan-niva AS, A. Sikorski, Akvaplan-niva AS, R. Velvin, Akvaplan-niva AS, A. Warèn, Riksmuseet, Stockholm, O. Israelsson, Riksmuseet, Stockholm.

Organiske analyser

M. Lund, Unilab Analyse AS, L. Steinnes, Unilab Analyse AS, E.Stene, Unilab Analyse AS, H. Stenhaug, Unilab Analyse AS.

Metal analysis

Arne Godal, NIVA.

Fysiske analyser

I. Bottolfsen, GeoGruppen AS, K.R. Fredriksen, GeoGruppen AS.

Statistiske analyser (biologi)

L. Ringstad Olsen, Akvaplan-niva AS.

Statistiske analyser (kjemi)

L. Hansen, Unilab Analyse AS, E. Jørgensen, Unilab Analyse AS, K. Lie Gabrielsen, Unilab Analyse AS, L. Steinnes, Unilab Analyse AS.

Rapportering sediment

H.-P. Mannvik, Akvaplan-niva AS.

Rapportering kjemi

E. Jørgensen, Unilab Analyse AS.

Rapportering biologi

H.-P. Mannvik, Akvaplan-niva AS, T. Pearson, Akvaplan-niva AS.

Appendiks (CD-ROM)

R. Palerud, Akvaplan-niva AS.

Sekretærtjenester

M. Stefanussen, Akvaplan-niva AS, A.H. Åsli, Akvaplan-niva AS.

Vi vil også takke skipper og mannskap på "Geograph".

Norsk sammendragsrapport

Innholdsfortegnelse

1. SAMMENDRAG	2
2. INNLEDNING	4
3. RESULTATER, DISKUSJON OG KONKLUSJONER	8
3.1 Region III.....	8
3.2 Regionale- og referansestasjoner.....	10
3.3 Oseberg Sør.....	12
3.4 Oseberg Feltsenter.....	13
3.5 Oseberg C.....	15
3.6 Brage.....	18
3.7 Veslefrikk.....	20
3.8 TOGI.....	23
3.9 Troll A.....	25
3.10 Troll B.....	27
3.11 Troll C.....	28

1. Sammendrag

Norsk Hydro og Statoil ga Akvaplan-niva AS i oppdrag å utføre en regional miljøundersøkelse i Region III i Nordsjøen (kontraktnr. NH10611552). Feltene som er med i undersøkelsen er Troll A, Troll B, Troll C, TOGI, Oseberg Sør, Oseberg C, Oseberg Feltsenter, Brage og Veslefrikk. I tillegg er det samlet inn prøver fra ti regionale stasjoner. Feltarbeidet ble utført i perioden 02.05 - 18.05 1998 da det ble samlet inn prøver fra totalt 126 stasjoner i regionen.

Resultatene som fremkom av de fysiske, kjemiske og biologiske analysene av prøver fra de regionale stasjonene og referansestasjonene på det enkelte felt viste at regionen kunne deles inn i tre underregioner.

De biologiske analysene viste at faunaen i Region III kunne skilles i tre hovedtyper av faunasamfunn med Brage, Veslefrikk og Osebergfeltene sammen med regional stasjon 1, 2, 3 og 7 i en gruppe, regional stasjon 4, 9 og 10 i en gruppe og TOGI og Trollfeltene sammen med regional stasjon 5, 6 og 8 i en gruppe. Førstnevnte gruppe inkluderte stasjoner som ligger oppe på plataået (100 – 200 m dyp), den andre stasjoner som ligger i skråningen til Norskerenna (250 – 300 m dyp) og den siste med stasjoner som ligger nede i Norskerenna (300 – 350 m dyp). De kjemiske analysene støttet opp om denne inndelingen i underregioner, med presisering av at de fleste bakgrunnsverdiene på Veslefrikk lå midt mellom verdiene for de regionale stasjonene i skråningen og de regionale stasjonene oppe på plataået.

Faunaen på TOGI og Trollfeltene ble vurdert å være upåvirket av petroleumsaktiviteten i denne delen av regionen. Med unntak av barium, ble det ikke funnet konsentrasjoner av de kjemiske parametrene som var signifikant over bakgrunnsnivået for den dype delen av regionen.

På enkelte stasjoner på Oseberg Sør var det tegn til fysisk forstyrrelse av sedimentet som hadde resultert i en endring i faunaen fra 1997 til 1998. Innhold av hydrokarboner og metaller lå på bakgrunnsnivå over hele feltet. Det var ikke tegn til faunapåvirkning som følge av utslipp.

På Oseberg Feltsenter, Oseberg C, Brage og Veslefrikk ble det funnet til dels høye konsentrasjoner av hydrokarboner/pseudo-oljer og tungmetaller i sedimentet samtidig som det ble registrert lett til tydelig påvirket fauna i nærheten av installasjonene og særlig langs transektet i hovedstrømretningen (SØ-retning). P.g.a. forskjellige stasjonsutvalg i denne og foregående undersøkelse på de enkelte felt er det vanskelig å gi en nøyaktig vurdering i utviklingen av forholdene, men på enkelte av feltene er det tegn til forbedringer i faunaen. På feltene har innhold av de fleste kjemiske parametrene økt på de nærmeste stasjonene i hovedstrømsretningen. På de øvrige sammenfallende stasjonene ligger konsentrasjonene på nivå med tidligere undersøkelser.

Utstrekningen på de enkelte transektene og areal faunapåvirkning og kjemisk kontaminering for feltene er vist i tabeller nedenfor.

Faunagruppe B

Faunagruppe C

Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²	Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Veslefrikk	1500	125	125	125	0,32	Veslefrikk	750	125	125	125	0,17
Oseberg C	1500	375	375	375	1,10	Oseberg C	750	125	125	125	0,17
Oseberg FS	625	425	125	125	0,32	Oseberg FS	400	125	125	125	0,10
Brage	3000	375	375	375	1,99	Brage	375	125	125	125	0,10
Sum					3,73	Sum					0,54

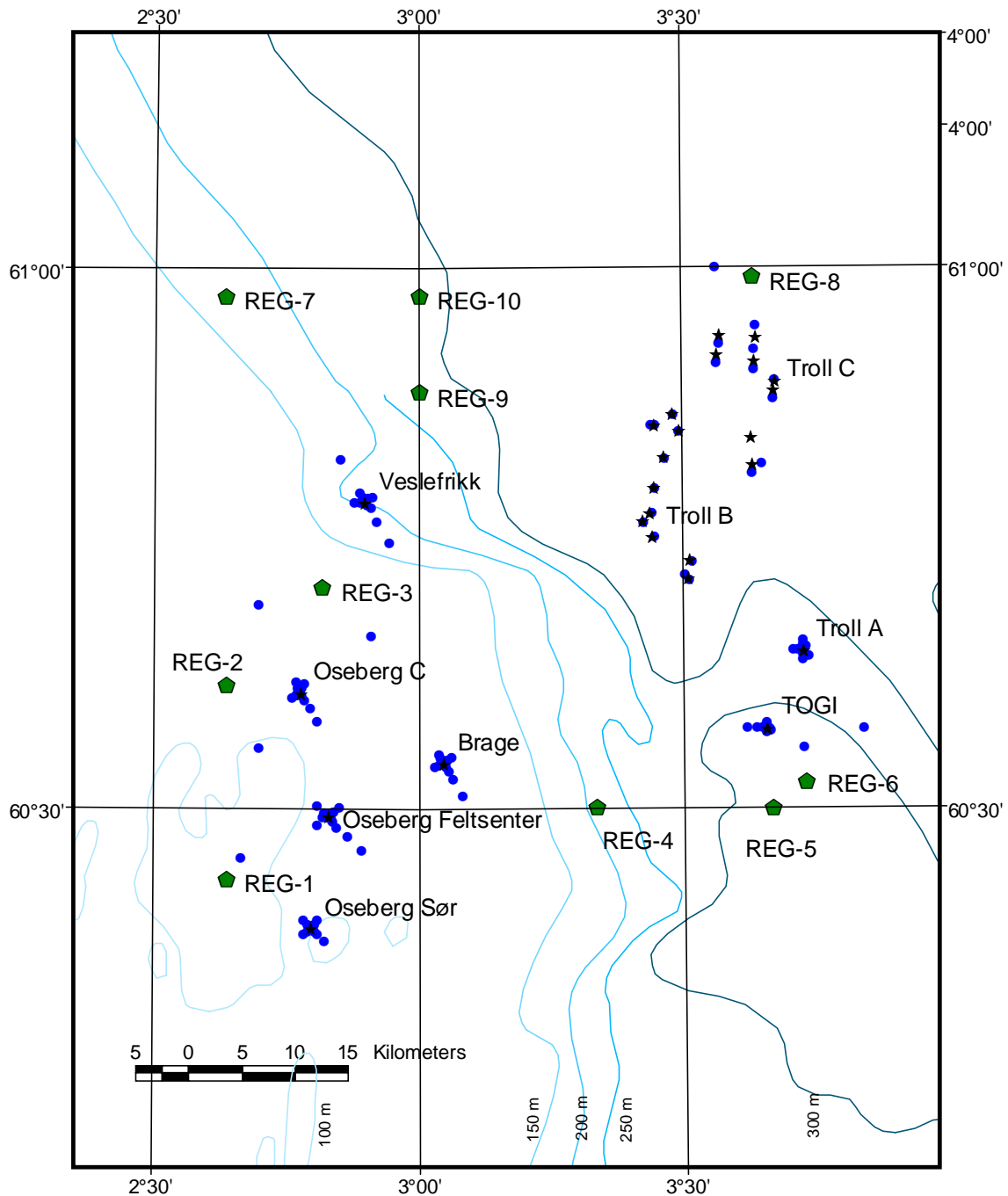
THC

Barium

Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²	Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Veslefrikk	3750	750	750	750	5,30	Veslefrikk	7500	1500	1500	1500	21,21
Oseberg C	3000	750	750	750	4,42	Oseberg C	3000	750	1500	1500	7,95
Oseberg FS	2250	750	250	750	2,95	Oseberg FS	7500	2250	750	1000	21,06
Brage	5000	750	375	2000	11,56	Brage	5000	375	750	750	5,08
Sum					24,22	Troll A	1500	1500	1500	750	5,30
						TOGI	750	3000	750	750	4,42
						Sum					65,02

2. Innledning

Norsk Hydro og Statoil ga Akvaplan-niva AS i oppdrag å utføre en regional miljøundersøkelse i Region III i Nordsjøen (kontraktnr. NH10611552). Feltene som er med i undersøkelsen er Troll A, Troll B, Troll C, TOGI, Oseberg Sør, Oseberg C, Oseberg Feltsenter, Brage og Veslefrikk. I tillegg er det samlet inn prøver fra ti regionale stasjoner. Feltarbeidet ble utført i perioden 02.05 - 18.05 1998 da det ble samlet inn prøver fra totalt 126 stasjoner i regionen. Plasseringen av feltene og de regionale stasjonene i Region III i 1998 er vist i Figur 1.



Figur 1: Lokaliseringen av feltene og de regionale stasjonene i Region III.

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

- Unilab Analyse AS, Tromsø
- GeoGruppen AS, Tromsø,
- NIVA, Oslo
- SEAS Ltd., Oban, Skottland

Det ble samlet inn prøver fra totalt 126 utvalgte stasjoner i regionen. I tillegg til de ordinære fysiske, kjemiske og biologiske analysene, ble det analysert prøver for å kvantifisere innhold av esterbasert baseolje i sedimentet på Brage. Disse data ble brukt til å definere og tolke mønstre og sammenhenger mellom de ulike kjemiske og biologiske faktorene som ble målt. I tillegg ble variasjoner av faktorene over tid og utstrekning beskrevet. I denne miljøundersøkelsen inngikk også prøver fra regionale- og referansestasjoner for å kunne sammenligne eventuell påvirkning med naturlige bakgrunnsnivåer i regionen.

Innsamlingsstasjonene på hvert felt er basert på tidligere etablerte stasjoner. Utvelgelsen av stasjonene i 1998-undersøkelsen i Region III er basert på historiske data for hvert felt. Generelt ble 3 - 4 stasjoner i hovedstrømsretningen og 2 - 3 stasjoner i de andre retningene valgt til å inngå i denne undersøkelsen. Regionale stasjoner fra 10 lokaliteter ble valgt ut fra forskjeller i dyp og topografi mellom områder og mulig påvirkning fra nærliggende områder.

Følgende analyser ble utført på prøver samlet inn fra stasjonene:

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

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

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

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

Bakgrunnsnivåene for totalt hydrokarboninnhold i sedimentprøver fra Region III i Nordsjøen varierer mellom 1 og 13 mg/kg tørt sediment. Hydrokarbonene analyseres ved hjelp av gasskromatografi. Ved hjelp av denne teknikken kan en avgjøre i hvilken grad forhøyede hydrokarbon-nivåer skyldes tilstedeværelse av olje i sedimentet, ettersom oljerelaterte hydrokarboner gir et lett gjenkjennelig mønster i gasskromatogrammet. Spor av de fleste pseudo-oljene kan også lett påvises ved denne analysemetoden. I tillegg til å analysere totalt hydrokarbon på alle stasjoner, ble innholdet av spesifikke alifatiske og aromatiske hydrokarboner kvantifisert på utvalgte stasjoner.

Det naturlige metallinnhold i sedimentet varierer med sedimenttype og struktur. Den industrielle aktiviteten på feltene kan gi forhøyede nivåer av forskjellige metaller. Prøvene ble derfor analysert for utvalgte tungmetaller som kvikksølv, kadmium, sink, kopper 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.

Med utgangspunkt i analyse av uforstyrret sediment fra et referanseområde, beregnes for hver kjemisk parameter en grenseverdi for signifikant kontaminering (LSC). Kriteriet for at LSC skal kunne brukes for å angi kontaminert sediment, er at sedimentet på referanseområdet er representativt for uforstyrret sediment på det enkelte felt. Ved vurdering av forurensningsstatus på feltene i Region III, tas det hensyn til grenser for signifikant kontaminering beregnet utfra en feltspesifikk referansestasjon samt grenseverdier basert på en samlet vurdering av resultater fra nærliggende regionale stasjoner og referansestasjoner.

Artssammensetningen i et bunndyrsmiljø er avhengig av lang rekke faktorer, deriblant sedimentets beskaffenhet og eventuell påvirkning av forurensning. Under gunstige forhold er artsmangfoldet (diversiteten) forholdsvis høy med mange arter og forholdsvis jevn fordeling av antall individer mellom artene. Ugunstige forhold som 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 petroleumaktivitetene. 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 korrespondanseanalyser (CA) og kanonisk korrespondanseanalyser (CCA).

Kriterier for effekter på faunaen er basert på en kombinasjon av multivariate analyser (clusteranalyser og MDS) og en vurdering av faunistiske data (ant. arter og individ, diversitetsindekser, dominante arter) på hver stasjon. På denne måten er følgende fire faunagrupper definert i denne rapporten:

Gruppe A: Upåvirket faunasamfunn med lav dominans (ingen arter tilstede i meget høyt antall) og en bred sammensetning av arter fra forskjellige taksonomiske grupper, inklusiv bløtdyr, pigghuder og krepsdyr. Moderat artsantall og individtetthet, høy biomasse.

Gruppe B: Lett påvirket faunasamfunn, økt antall av små børstemark (Polychaeta) og bløtdyr (Mollusca), færre pigghuder (Echinodermata). Høyere artsantall og individtetthet, lavere biomasse.

Gruppe C: Tydelig påvirket faunasamfunn, domineres av små detritusspisende børstemark sammen med noen få små skjellarter og små detritusspisende krepsdyr, pigghuder sjeldne. Moderat artsantall, høy individtetthet og biomasse.

Gruppe D: Sterkt påvirket faunasamfunn, totalt dominert av små detritusspisende mark (Oligochaeta, Polychaeta, Nematoda). Pigghuder mangler, bløtdyr og krepsdyr sjeldne eller mangler. Lavt artsantall og biomasse, høy individtetthet.

Naturlig variasjon innen hver gruppe kan forekomme.

Beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er basert på areal av en usymmetrisk elipse. Radius varierer fra felt til felt og mellom transektene innen hvert felt. Ved beregningene er middellavstand mellom kontaminert/påvirket og ikke-kontaminert/upåvirket stasjon brukt. Der det bare

ble påvist kontaminering eller påvirkning på ett til tre transekt ble 125 m brukt som radius på ikke-kontaminerte og/eller upåvirkete transekt.

Feltarbeidet ble utført ombord i "GEOGRAPH" innleid fra Geoconsult, Bergen. Feltarbeidet ble utført mellom 02.05. og 18.05. 1998. Posisjoneringen ble utført av posisjoneringspersonell og kaptein og styrmann ombord på "GEOGRAPH" 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). Posisjonene ble registrert hvert minutt og avvik fra posisjonen på havoverflaten var innenfor ± 2 m. For å unngå at flere grabbskudd ble tatt på samme sted på sedimentoverflaten og prøvene dermed forkastet, ble båten forflyttet med 2 m mellom hvert skudd.

Innsamlingen ble gjort med en 0.1 m² van Veen grabb. Vekten på grabben kan reguleres ved hjelp av blylodd. Grabben har hengslete 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. Dypet varierer fra omtrent 100 meter i vest (Osebergområdet) til 350 meter i øst (Trollområdet i Norskerenna). Hovedstrømretningen i regionen er mot sørøst.

Mer detaljerte opplysninger er gitt i hovedrapporten.

3. Resultater, diskusjon og konklusjoner

3.1 Region III

På de 126 stasjonene som var med i undersøkelsen i Region III i 1998 ble det totalt registrert 129373 individ og 661 taxa (eksklusiv juvenile) som ble brukt i de statistiske analysene.

Det er stor variasjon i dybdeforholdene i Region III fra Osebergfeltene i vest (100 - 120 m) til Trollfeltene i øst (300 - 350 m). Sedimentet i størstedelen av Osebergområdet er dominert av fin sand med forholdsvis lavt innhold av pelitt (1 - 3 %) og totalt organisk materiale (0,5 - 1 %). Sedimentet på Oseberg Sør er grovere med medium til fin sand som dominerende kornfraksjon. I Trollområdet er sedimentet mye finere og domineres av pelitt (90 - 95 %) og har et høyt organisk innhold (TOM > 10 %). Veslefrikk ligger mellom disse to områdene på omtrent 175 m dyp. Også her domineres sedimentet av fin sand, men har forholdsvis høyt innhold av pelitt (5 - 10 %) og organisk materiale (TOM = 1 - 2 %). Regional stasjon 4, 9 og 10 ligger på 250 - 300 m dyp i skråningen til Norskerenna. Sedimentet skiller seg fra områdene i vest og øst med et innhold av pelitt mellom 15 - 25 % og organisk materiale fra 2 - 2,5 %.

Resultatene fra de fysiske, kjemiske og biologiske analysene av sediment fra de ti regionale stasjonene og de åtte referansestasjonene viste at Region III kunne deles inn i tre underregioner; Region III-a bestående av Brage og Osebergfeltene og de regionale stasjonene 1, 2, 3 og 7, Region III-b av regional stasjon 4, 9 og 10 og Region III-c av TOGI og Trollfeltene og de regionale stasjonene 5, 6 og 8. Sedimentet på Veslefrikk hadde konsentrasjoner av de kjemiske parametrene som ikke var direkte sammenlignbare med de øvrige stasjonene, men utfra de biologiske analysene ble feltet tatt med i Region III-a.

I tillegg til forskjell i bakgrunnsnivå for de analyserte parametrene, har feltene i regionen forskjellig utslippshistorie. De eldste feltene inkluderer Veslefrikk og de fleste av feltene i Oseberg-området. Med unntak av Oseberg Sør, startet produksjonen på feltene opp på slutten av åttitallet/begynnelsen av nittitallet. På de eldste feltene har det vært sluppet ut forskjellige typer borevæsker. Etter at det ble forbudt å slippe ut oljebasert slam, har det på flere av feltene vært benyttet pseudo-oljebaserte borevæsker. På feltene i Troll-området har det ikke vært utslipp av borevæsker basert på mineralolje/pseudo-olje.

På Osebergfeltene i den grunne delen av regionen, var bakgrunnsverdiene av tungmetaller lave i forhold til feltene i den dypere delen av regionen. Veslefrikk hadde bakgrunnskonsentrasjoner av tungmetaller som var noe høyere enn på plataet, men som lå vesentlig lavere enn i Trollområdet. På Veslefrikk og de regionale stasjonene i skråningen ble de høyeste bakgrunnsverdiene av hydrokarboner og barium funnet.

Veslefrikk, Brage, Oseberg C og Oseberg Feltsenter skilte seg ut fra de øvrige feltene i regionen med sediment som var tydelig kontaminert med hensyn på de kjemiske parametrene. Som forventet var de nærmeste stasjonene i hovedstrømsretningen mest påvirket. Innhold av pseudo-oljer som eter og olefiner bidrar til de forhøyede verdiene av totalt hydrokarboninnhold på Brage, Oseberg C og Oseberg Feltsenter. På Brage ble sedimentet analysert for innhold av den esterbaserte basevæskan Ancogreen B. Ester ble ikke detektert i sedimentet. Sedimentet på Oseberg Sør viste ingen tegn på påvirkning fra petroleumsvirksomhet. Stasjonene som ble undersøkt på feltene i Troll-området var heller ikke forurenset av hydrokarboner eller tungmetaller. Forhøyede nivå av barium kunne ses på alle feltene med unntak av Troll C.

For å se på sammenhengen mellom den biologiske variasjonen og de målte miljøparametrene i regionen ble det utført to korrelasjonsanalyser (kanonisk korrespondanseanalyser). I den første

analysen ble samtlige 126 stasjoner i regionen inkludert. På førsteaksen ble stasjonene i den dypere delen av regionen (TOGI og Trollfeltene sammen med regional stasjon 5, 6 og 8) skilt fra stasjonene i den grunnere delen av regionen og var sterkt positivt korrelert med stasjonsdyp og innhold av pelitt i sedimentet og negativt korrelert med innhold av fin sand. Denne aksen representerte en gradient av naturlig variasjon i dyp og sedimentsammensetning i regionen. Den andre aksen var sterkt positivt korrelert med mengden av THC og barium i sedimentet og negativt korrelert med stasjonenes avstand til feltsentrum. De fleste stasjonene på den positive enden av andreaksen hadde lett til tydelig påvirket fauna mens stasjoner på den negative enden hadde upåvirket fauna. Denne aksen viste en gradient av faunapåvirkning som kunne kobles til petroleumsaktiviteten på de respektive feltene.

Den andre korrelasjonsanalysen inkluderte stasjoner fra den grunnere delen av regionen (Brage, Veslefrikk og Osebergfeltene sammen med regional stasjon 1, 2, 3 og 7). Førsteaksen i denne analysen viste en gradient fra stasjoner med tydelig påvirket fauna på den positive enden til stasjoner med upåvirket fauna på den negative enden og var positivt korrelert med mengden av TOM, THC, barium, kvikksølv og kadmium i sedimentet.

På bakgrunn av de forskjellige statistiske analysene som ble utført på data fra enkeltfeltene og for regionen som helhet ble stasjonene delt inn i følgende faunagrupper i hht. definisjonen gitt i innledningen:

Gruppe C (tydelig påvirket fauna)	Oseberg C stasjon 7 og 8 Oseberg Feltsenter stasjon 8 Brage stasjon 7 Veslefrikk stasjon 4 og 5
Gruppe B (lett påvirket fauna)	Oseberg C stasjon 6, 9, 16 og 17 Oseberg Feltsenter stasjon 7 og 9 Brage stasjon 6, 8, 9, 10, 16 og 17 Veslefrikk stasjon 3
Gruppe A (upåvirket fauna)	De resterende stasjoner i Region III

Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er vist i Tabell 1, Tabell 2 og Tabell 3. 0,54 km² av området i Region III har tydelig påvirket fauna (gruppe C) mens 3,73 km² har lett påvirket fauna (gruppe B).

Tabell 1: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for lett og tydelig påvirket fauna i Region III, 1998.

Faunagruppe B						Faunagruppe C					
Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²	Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Veslefrikk	1500	125	125	125	0,32	Veslefrikk	750	125	125	125	0,17
Oseberg C	1500	375	375	375	1,10	Oseberg C	750	125	125	125	0,17
Oseberg FS	625	425	125	125	0,32	Oseberg FS	400	125	125	125	0,10
Brage	3000	375	375	375	1,99	Brage	375	125	125	125	0,10
Sum					3,73	Sum					0,54

Tabell 2: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment i Region III, 1998.

THC						Barium					
Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²	Felt	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Veslefrikk	3750	750	750	750	5,30	Veslefrikk	7500	1500	1500	1500	21,21
Oseberg C	3000	750	750	750	4,42	Oseberg C	3000	750	1500	1500	7,95
Oseberg FS	2250	750	250	750	2,95	Oseberg FS	7500	2250	750	1000	21,06
Brage	5000	750	375	2000	11,56	Brage	5000	375	750	750	5,08
Sum					24,22	Troll A	1500	1500	1500	750	5,30
						TOGI	750	3000	750	750	4,42
						Sum					65,02

Tabell 3: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment i Region III, 1998.

Øvrige metaller

Oljefelt	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Veslefrikk	3750	750	750	750	5.30
Oseberg C	1500	375	375	375	1.10
Oseberg FS	1125	750	125	625	1.35
Brage	1500	125	125	375	0.64
Sum					8.39

3.2 Regionale- og referansestasjoner

Resultatene fra de kjemiske analysene viser at Region III kan deles inn i tre underregioner. De regionale stasjonene 1, 2, 3 og 7 ligger i den grunne delen av området og utgjør, sammen med referansestasjonene på Oseberg-feltene og Brage, en gruppering av verdier som skilte seg ut med generelt lave konsentrasjoner av alle metallene. Hydrokarbonverdiene varierte noe mer. Totalt hydrokarboninnhold (THC) på de regionale stasjonene og referansestasjonene i det grunne området varierte fra under 2 til over 8 mg/kg tørt sediment.

I den dypere delen av regionen ligger de regionale stasjonene 5, 6 og 8 sammen med Troll-feltene og TOGI. I dette området ble de høyeste konsentrasjonene for alle metallene, med unntak av barium, funnet. THC-verdiene i dette området av regionen varierte mellom 1 og 5 mg/kg.

Kadmium, kopper og sink fra de regionale stasjonene 4, 9 og 10 skilte seg ut fra de øvrige regionale stasjonene med verdier som var lavere enn konsentrasjonene funnet i det dype området, men høyere enn konsentrasjonene funnet i det grunne området. Stasjonene ligger i skråningen som skiller Troll-feltene og Oseberg-feltene. De høyeste bakgrunnsnivåene av THC ble funnet i skråningen med et snitt på de regionale stasjonene på over 10 mg/kg. Høye verdier av barium ble også detektert på de samme stasjonene.

Faunaen på referansestasjonene og de regionale stasjonene er upåvirket av petroleumsaktiviteten i Region III (alle plassert i gruppe A i hht. definisjonen gitt i innledningen) og gir dermed en indikasjon om den naturlige variasjonen i faunasammensetningen i regionen. Det er store forskjeller i faunaen på stasjonene i de tre underregionene. Samtlige stasjoner i skråningen og nede i Norskerenna har høy diversitet ($H' > 5$) mens enkelte stasjoner oppe på plataet har en forholdsvis lav diversitet ($H' < 4$). Det siste skyldes den store individtettheten hos børstemarkene *Owenia fusiformis* og *Myriochele oculata* på disse stasjonene.

De regionale stasjonene i skråningen har høyest arts- og individantall. På disse stasjonene ble det registrert 1400 – 1700 individ og i underkant av 140 arter. På stasjonene nede i Norskerenna ble det

registrert 400 – 700 individ og 70 – 90 arter pr. stasjon. På stasjonene i det grunne området i regionen var variasjonen større og registrert individantall var mellom 300 og 1300 og artsantall mellom 50 og 100 pr. stasjon. Dette ansees for å være et resultat av naturlig variasjon i dyp og sedimentsammensetning i området.

Korrelasjonsanalysene (CCA) viste signifikant korrelasjon mellom faunafordelingen og mengden av pelitt, THC og kvikksølv i sedimentet. P.g.a. høy interkorrelasjon mellom dyp og de målte miljøparametrene ble dyp utelatt i analysen. Førsteaksen var mest korrelert med forskjeller i kornstørrelsesfordelingen i regionen mens andreaksen, med størst korrelasjon til de forholdsvis lave men varierende THC-verdiene, muligens representerer en gradient av sedimentering fra de overliggende vannmassene.

Resultatene for utvalgte parametre på de regionale stasjonene er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Resultater for utvalgte parametre i sediment fra regionale stasjoner, Region III 1998. Konsentrasjoner av kjemiske parametre oppgitt som mg/kg tørt sediment.

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% pelitt	1,6	3,3	2,1	23,6	95,7	96,8	3,3	99,0	13,1	23,8
% fin sand	68,9	94,5	87,5	75,3	3,0	2,2	87,5	0,6	83,5	69,3
% TOM	0,48	1,04	1,00	2,17	10,5	10,1	0,99	11,1	2,34	2,28
THC	2,0	8,8	4,3	13,6	2,9	1,5	7,2	4,6	12,6	8,9
Kvikksølv	0,009	0,004	<0,005	0,008	0,029	0,031	<0,005	0,035	0,005	0,007
Kadmium	<0,005	0,005	0,006	0,027	0,096	0,094	0,017	0,113	0,028	0,034
Bly	2,8	2,6	4,0	5,5	35,1	34,5	4,0	45,3	4,6	5,5
Sink	2,1	4,2	3,9	11,5	66,0	66,0	4,5	80,5	9,6	12,9
Kopper	0,5	0,6	0,7	2,0	13,1	12,3	0,7	15,3	1,8	2,4
Barium	19	30	44	462	293	307	92	328	449	263
Ant. taxa	66	88	95	138	83	79	89	80	139	139
Ant. ind.	357	541	454	1590	528	436	534	676	1704	1404
Diversitet (H')	4,9	4,9	5,3	5,5	5,3	5,4	5,6	5,4	5,7	5,2

Med den naturlige variasjonen som de kjemiske parametrene viser over Region III, er det hensiktsmessig å bruke inndeling i underregioner når man skal sammenligne resultater fra de enkelte feltene mot et bakgrunnsnivå. I Tabell 5 er grense for signifikant påvirkning (LSC) for underregionene beregnet utfra målinger på de regionale stasjonene sammen med målingene på de nærliggende feltspesifikke referansestasjonene. Ved vurdering av miljøstatus på enkeltfelt, blir LSC-verdiene for den tilhørende underregionen benyttet sammen med LSC-verdiene for den feltspesifikke referansen.

Tabell 5: Beregnede grenser for signifikant kontaminering (LSC) for underregionene i Region III 1998 (mg/kg tørt sediment).

	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba
LSC-grunt a)	6,4	0,005	0,009	3,5	3,9	0,8	50
LSC-skråning b)	13,3	0,007	0,032	5,5	12,1	2,3	445
LSC-dypt c)	3,7	0,039	0,105	43,1	79,1	15,3	354

a) LSC-grunt: Reg 1, Reg 2, Reg 3, Reg 7, Oseberg C, Oseberg FS, Oseberg S, Brage

b) LSC-skråning: Reg 4, Reg 9, Reg 10, Veslefrikk

c) LSC-dypt: Reg 5, Reg 6, Reg 8, Troll A, Troll C, TOGI

3.3 Oseberg Sør

Oseberg Sør ligger i blokk 30/9 på omtrent 100 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av medium til fin sand.

Innhold av hydrokarboner i sedimentet på Oseberg Sør var gjennomgående lave, og ingen verdier lå signifikant over bakgrunnsverdien for den grunne delen av Region III. Høyest innhold av THC (5,0 mg/kg) ble observert på stasjon 3 (45°/1000 m) som også hadde forhøyet innhold av fin sand i sedimentet. I likhet med hydrokarboninnhold, viste konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentet at feltet er uforstyrret.

Sedimentinnholdet av de ulike kjemiske parametrene lå på nivå med det som ble rapportert i grunnlagsundersøkelsen i 1997. I grunnlagsundersøkelsen ble høyeste konsentrasjoner av THC og barium observert på stasjon 13 (315°/1000 m) som også hadde et høyt innhold av fin sand i sedimentet. I årets undersøkelse er verdiene gått ned for de samme parametrene, og stasjonen skiller seg ikke ut fra de andre feltstasjonene.

De forskjellige statistiske analysene som ble utført på data fra Oseberg Sør viste ingen tegn til at faunaen var påvirket av petroleumsaktiviteten på feltet og stasjonene er derfor plassert i gruppe A i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Med unntak av stasjon 3 ble det registrert forholdsvis få individ og taxa på Oseberg Sør i denne undersøkelsen. Stasjon 3 skilte seg også fra de andre feltstasjonene i korrelasjons- og de multivariate analysene. Korrelasjonsanalysen (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene fin sand, THC, barium, kadmiem, kopper og bly. Førsteaksen hadde størst negativ korrelasjon med mengden av fin sand og THC i sedimentet. Imidlertid er verdiene for de petroleumsrelaterte parametrene som er målt lave og det er ingen tegn til effekter på faunaen som kan tilbakeføres til bore- eller utslippsaktivitet på feltet. Det er stor forskjell i sammensetningen av de mest dominante artene på stasjon 3 i forhold til de andre stasjonene, noe som kan sees i sammenheng med forskjeller i sedimentstrukturen.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Oseberg Sør, 1998, er vist i Tabell 6 og Tabell 7.

Tabell 6: Biologidata for stasjonene på Oseberg Sør, 1998.

St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Unciola planipes</i> ⁽²⁾	<i>Echinocyamus pusillus</i> ⁽³⁾
1	45°/250	254	67	5,1	0	1	50	12
2	45°/500	113	36	4,6	3	0	11	14
3	45°/1000	584	86	4,8	148	45	11	2
4	135°/250	261	57	5,1	2	4	16	20
5	135°/500	138	41	4,6	0	0	7	3
6	135°/1000	216	49	4,6	0	0	40	11
7	135°/2000	220	60	4,9	0	0	39	3
8	225°/250	220	67	5,2	0	0	17	23
9	225°/500	225	53	4,7	3	2	48	20
10	225°/1000	243	51	4,7	4	1	44	23
11	315°/250	288	64	5,1	0	1	54	22
12	315°/500	231	50	4,9	0	3	20	16
13	315°/1000	252	58	5,0	1	2	27	32
Ref.14	315°/10260	293	52	4,7	0	10	23	6

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Amphipode ⁽³⁾ Sjøpinnsvin

Tabell 7: Sedimentdata for stasjonene på Oseberg Sør, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 14	315°/10260 m	1,4	<0,005	0,004	1,9	2,2	0,4	14	0,44	1,33
1	45°/250 m	1,8	0,003	0,008	2,6	4,1	<0,6	14	0,54	0,31
2	45°/500 m	1,7	<0,005	0,009	2,5	4,5	0,7	26	0,39	0,43
3	45°/1000 m	5,0	<0,005	0,007	2,6	3,6	<0,6	18	0,63	0,45
4	135°/250 m	2,1	<0,005	0,010	2,7	2,8	<0,6	16	0,51	1,19
5	135°/500 m	2,7	0,004	0,008	2,9	4,2	<0,6	38	0,58	1,46
6	135°/1000 m	2,5	<0,005	0,004	3,4	5,2	<0,6	63	0,64	1,56
7	135°/2000 m	2,6	<0,005	0,004	3,2	4,6	<0,6	27	1,18	0,92
8	225°/250 m	1,9	0,004	<0,005	2,5	3,1	<0,6	12	2,20	1,34
9	225°/500 m	0,7	<0,005	0,006	2,9	4,3	<0,6	14	0,44	1,54
10	225°/1000 m	1,4	<0,005	0,006	2,4	3,4	<0,6	11	0,46	1,11
11	315°/250 m	1,9	<0,005	0,007	2,5	5,5	0,8	16	0,60	1,34
12	315°/500 m	2,2	<0,005	0,006	2,8	4,0	<0,6	23	0,62	1,40
13	315°/1000 m	1,2	0,019	0,008	2,7	4,1	0,7	19	0,52	1,45

Antall individ og taxa er betraktelig redusert siden basisundersøkelsen i 1997. Den største reduksjonen ble registrert på stasjon 13 der det også ble observert en nedgang i innhold av pelitt og fin sand i sedimentet. Dette indikerer at lokaliteten har vært utsatt for stor fysisk forstyrrelse som har resultert i en grovere sedimentsammensetning og dermed en endring i faunaen.

3.4 Oseberg Feltsenter

Oseberg Feltsenter ligger i blokk 30/9 på omtrent 110 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av fin sand.

Det er sluppet ut eterbasert borevæske på feltet. Eter ble kvantifisert i sedimentet sammen med de øvrige hydrokarbonene som THC. THC konsentrasjoner signifikant over bakgrunnsnivået, ble funnet ut til 1500 m i hovedstrømsretningen. Mot vest/sørvest ble forhøyede verdier funnet ut til 350/500 m. Mot nordøst ble THC-konsentrasjon like over beregnet grense for signifikant påvirkning funnet på 750 m. Høyeste THC-konsentrasjon var på ca. 600 mg/kg (300 m nedstrøms). Gasskromatogrammene av sedimentekstraktene viste at forhøyet innhold av hydrokarboner i hovedsak skyldes delvis nedbrutt mineralolje. Noe eter kunne også ses på den nærmeste stasjonen.

I 1997 ble 4 stasjoner i hovedstrømsretningen analysert for kjemiske parametre. Forhøyet innhold av THC ble da funnet ut til 3000 m. Sammenlignet med 1997-undersøkelsen lå årets THC konsentrasjoner på stasjon 9, 10 og 11 på omtrent samme nivå. På stasjon 12 hadde konsentrasjonen gått ned og området som er påvirket av THC har dermed gått noe tilbake i hovedstrømsretningen.

Området som viste forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller strakte seg ut til 750 m i hovedstrømsretningen, ut til 500 m mot nordøst og ut til 350/500 m mot vest/sørvest. Dette utgjør noe mindre areal enn for THC. Bariumkonsentrasjoner som nærmer seg bakgrunnsnivå ble funnet på de ytterste stasjonene på transektene. Sammenlignet med resultatene fra 1997-undersøkelsen har innholdet av de fleste tungmetallene økt på stasjon 9 (135°/500 m) og delvis også på stasjon 10 (135°/750 m). Som for THC, har innholdet av enkelte av metallene gått ned på stasjon 12 (135°/3000 m). Bariumkonsentrasjonene er med unntak av nedgang på stasjon 12, sammenfallende med resultatene fra 1997.

De forskjellige statistiske analysene som ble utført på data fra Oseberg Feltsenter viste at stasjonene kunne deles i tre kategorier av faunapåvirkning i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Stasjon 8 (147°/300 m) ble plassert i gruppe C (tydelig påvirket fauna), stasjon 7 (260°/350 m) og 9 (135°/500 m) ble plassert i gruppe B (lett påvirket fauna) mens de resterende stasjonene hadde upåvirket fauna (gruppe A). Utbredelsen av disse gruppene på feltet er vist i Figur 2. Stasjoner i

gruppe C hadde høyest innhold av tungmetaller og THC i sedimentet mens de i gruppe A hadde lavest innhold. Korrelasjonsanalysen (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene dyp, fin sand, kadmium og sink. Førsteaksen var positivt korrelert med innhold av kadmium og sink i sedimentet og andreaksen var positivt korrelert med stasjonsdyp. Fordelingen av stasjonene langs førsteaksen viste en gradient av faunapåvirkning som kunne sees i sammenheng med petroleumsaktiviteten på feltet.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Oseberg Feltsenter, 1998, er vist i Tabell 8 og Tabell 9.

Tabell 8: Biologidata for stasjonene på Oseberg Feltsenter, 1998.

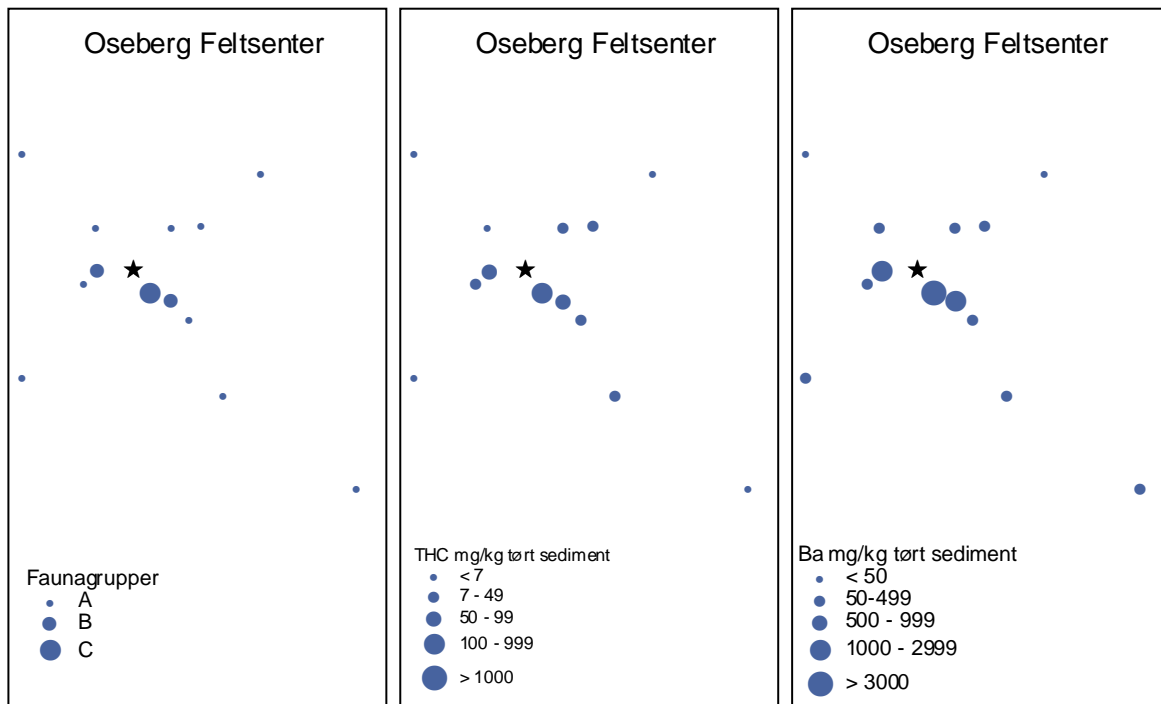
St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira flexuosa</i> ⁽²⁾	<i>Ditrupe arietina</i> ⁽¹⁾
Ref 1	315°/10000	705	84	4,6	179	87	28	10	0
4	315°/1500	394	71	5,3	4	23	0	0	8
6	315°/500	528	89	5,3	30	68	8	3	3
7	260°/350	1229	89	4,1	190	86	260	258	2
8	147°/300	1712	56	2,5	1	0	686	552	0
9	135°/500	774	75	3,6	47	4	320	123	5
10	135°/750	787	72	4,4	142	33	51	37	134
11	145°/1500	1566	98	3,4	697	297	14	97	6
12	135°/3000	2887	98	2,7	1076	1189	17	8	0
13	135°/5000	1966	97	2,8	857	605	9	2	0
15	55°/1500	1778	90	3,0	856	378	6	4	0
16	60°/750	1020	91	3,8	380	213	25	6	14
17	45°/500	480	71	4,6	23	50	93	3	2
19	250°/500	1274	97	4,0	318	340	60	15	4
21	225°/1500	2200	88	2,6	933	834	10	17	0

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

Tabell 9: Sedimentdata for stasjonene på Oseberg Feltsenter, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 1	315°/10000 m	5,4	0,017	0,005	3,3	2,5	1,0	24	0,85	2,25
4	315°/1500 m	1,9	0,008	<0,005	3,2	3,3	0,7	30	0,36	1,47
6	315°/500 m	4,2	0,011	<0,005	3,3	4,4	1,2	104	0,47	1,44
7	260°/350 m	58,3	0,015	0,007	7,5	8,9	3,0	1084	0,84	2,33
8	147°/300 m	637	0,019	0,046	19,8	40,9	14,2	3341	1,08	6,38
9	135°/500 m	50,3	0,020	0,009	7,0	10,7	4,0	1186	0,67	2,35
10	135°/750 m	12,7	0,006	<0,005	4,3	8,0	1,5	370	0,66	1,54
11	145°/1500 m	10,0	0,008	0,004	4,3	4,7	1,2	311	0,70	1,91
12	135°/3000 m	6,3	<0,005	0,004	3,2	2,6	1,0	71	0,76	1,93
13	135°/5000 m	6,8	0,005	0,005	3,3	4,2	1,6	74	0,73	1,88
15	55°/1500 m	5,4	<0,005	0,006	3,2	2,8	0,9	45	0,71	1,56
16	60°/750 m	7,0	0,017	0,003	3,3	3,7	1,0	150	0,60	1,76
17	45°/500 m	8,5	0,019	0,008	3,1	5,5	1,0	225	0,47	1,98
19	250°/500 m	11,8	<0,005	0,009	4,6	6,1	2,0	321	0,76	1,46
21	225°/1500 m	6,5	0,005	0,008	3,1	3,4	1,3	83	0,90	2,26

I 1996 ble det samlet inn prøver for analyse av fauna i sedimentet på stasjoner ut til 1500 m på hovedtransektet. Med unntak av referansestasjonen, der antall individ har minnet siden 1996, har antallet økt på stasjonene som var med i begge undersøkelsene. Antall arter er likt eller har økt på de samme stasjonene. Faunaforholdene ser ut til å ha bedret seg fra 1996 til 1998. Påvirkning er nå registrert ut til og med 500 m mot sør og 350 m mot vest. Stasjon 8 var plassert på 300 m avstand på hovedtransektet i 1998 mot 350 m i 1996.



Figur 2: Utbredelse av faunagrupper og mengde THC og Ba i sedimentet på Oseberg Feltcenter 1998.

Ustrekningen langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er vist i Tabell 10. 0,10 km² av området rundt Oseberg Feltcenter har tydelig påvirket fauna (gruppe C) mens 0,32 km² har lett påvirket fauna (gruppe B).

Tabell 10: Ustrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna, Oseberg Feltcenter 1998.

Oseberg Feltcenter	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Faunagruppe B	625	425	125	125	0,32
Faunagruppe C	400	125	125	125	0,10
THC	2250	750	250	750	2,95
Ba	7500	2250	750	1000	21,06
Øvrige metaller	1125	750	125	625	1,35

3.5 Oseberg C

Oseberg C ligger i blokk 30/6 på omtrent 110 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av fin sand.

Det er sluppet ut eterbasert borevæske på feltet. Eter ble kvantifisert i sedimentet sammen med de øvrige hydrokarbonene som THC. THC konsentrasjoner signifikant over bakgrunnsnivået, ble funnet ut til 2000 m i hovedstrømsretningen. Langs de øvrige transektene ble forhøyet innhold av THC funnet ut til 500 m. På stasjon 7 (150°/250 m) og 8 (180°/500 m) bidro delvis nedbrutt mineralolje til en vesentlig del av THC. På de øvrige stasjonene skyldtes forhøyet THC nivå i hovedsak innhold av eter i sedimentet.

Innhold av aromatiske hydrokarboner og dekaliner ble undersøkt på noen få stasjoner. I motsetning til innhold av THC, viste sedimentet på 2000 m-stasjonen i strømretningen ikke forhøye verdier av aromater og dekaliner i forhold til referansestasjonen.

Med unntak av to av de ytterste stasjonene, hadde hele feltet bariumkonsentrasjoner som lå over bakgrunnsnivået for det grunne området av regionen. Forhøyede verdier av de øvrige metallene begrenset seg i hovedsak til 500-1000 m-stasjonene nedstrøms og til 250 m- stasjonene i de øvrige retningene. For alle de kjemiske parametrene kunne det ses gradienter inn mot feltet sentrum.

Forrige undersøkelse med standard kjemiske parametre ble utført i 1995. Bare stasjonene i hovedstrømsretningen overlapper med årets undersøkelse. Ettersom eter i årets undersøkelse kvantifiseres sammen med de øvrige hydrokarbonene som THC, er det vanskelig å sammenligne tallene med 1995-resultatene selv om deler av eter-innholdet også i 1995 bidro ved beregning av THC. I 1995 ble THC-innhold signifikant høyere enn bakgrunnsnivået funnet ut til 1500 m i hovedstrømsretningen. De øvrige stasjonene var ikke forstyrret. I forhold til en spesifikk eter- og biologisk undersøkelsen som ble gjennomført i 1996, har innhold av eter i sedimentet minnet betydelig. Innhold av aromater og dekaliner ble undersøkt på et fåtall stasjoner. På 250 m-stasjonen i hovedstrømsretningen har gjennomsnittskonsentrasjonene av de utvalgte spesifikke hydrokarbonene avtatt siden 1995.

Sammenlignet med 1995-undersøkelsen ble det i år observert en markert økning i innhold av alle tungmetallene på stasjon 7 og 8.

De forskjellige statistiske analysene som er utført på data fra Oseberg C viste at stasjonene kunne deles i tre kategorier av faunapåvirkning i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Stasjon 7 (150°/250 m) og 8 (180°/500 m) ble plassert i gruppe C (tydelig påvirket fauna), stasjon 6, 9, 16 og 17 (30°, 235° og 325°/250 m og 150°/1000 m) ble plassert i gruppe B (lett påvirket fauna) mens de resterende stasjonene hadde upåvirket fauna (gruppe A). Utbredelsen av disse gruppene på feltet er vist i Figur 3. Stasjoner i gruppe C hadde høyest innhold av pelitt, TOM, tungmetaller og THC i sedimentet mens de i gruppe A hadde lavest innhold. Korrelasjonsanalysen (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene dyp, avstand, fin sand, TOM og THC. Førsteaksen var negativt korrelert med stasjonsdyp og avstand til sentrum og positivt korrelert med innhold av TOM og THC i sedimentet. Fordelingen av stasjonene langs førsteaksen viste en gradient av faunapåvirkning som kunne sees i sammenheng med petroleumsaktiviteten på feltet.

Et utvalg av biologisk- og sedimentresultater for stasjonene på Oseberg C, 1998, er vist i Tabell 11 og Tabell 12.

Tabell 11: Biologidata for stasjonene på Oseberg C, 1998.

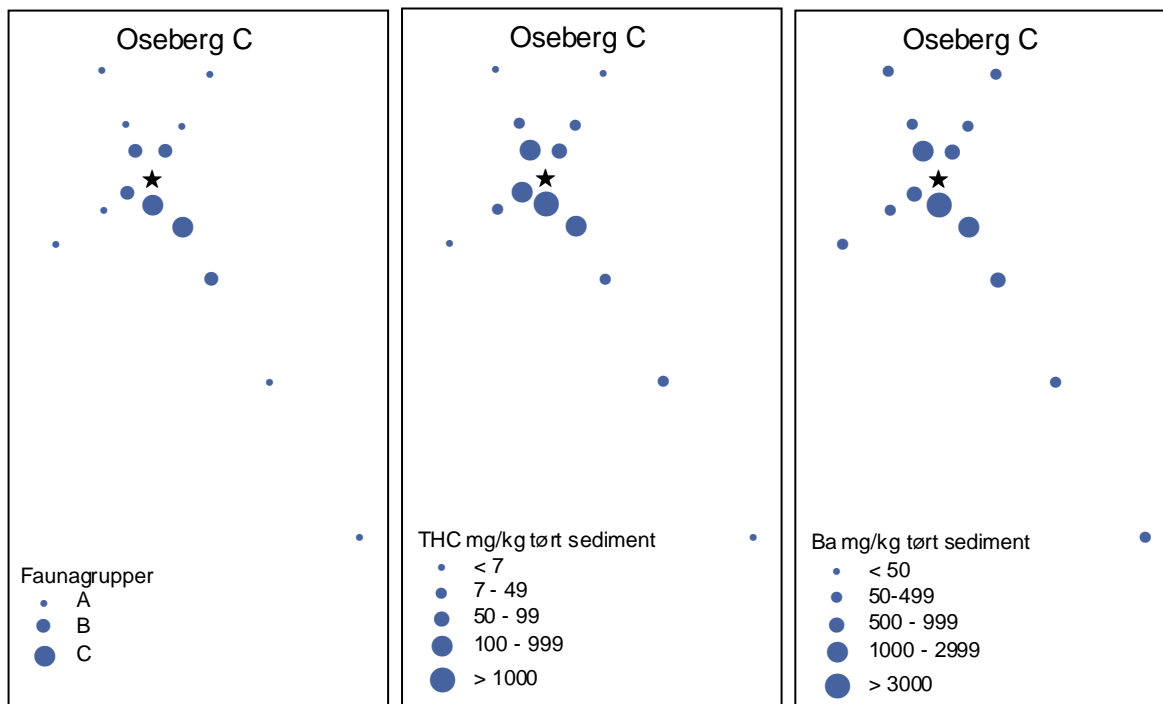
St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira flexuosa</i> ⁽²⁾	<i>Cirralulus cirratus</i> ⁽¹⁾
Ref.1	335°/9901	1246	101	3,6	494	318	1	0	0
4	335°/1000	3366	98	2,4	2035	548	14	3	0
5	335°/500	1088	98	4,4	286	178	93	61	7
6	325°/250	1156	76	3,8	2	0	327	277	19
7	180°/250	4271	63	2,3	1	0	2307	1084	28
8	150°/500	3166	75	2,5	1	0	2057	207	119
9	150°/1000	887	91	4,6	5	5	170	114	13
10	150°/2000	1279	87	3,6	291	485	4	2	0
11	150°/3520	1615	101	3,5	539	487	8	1	0
14	30°/1000	1146	98	3,5	513	214	10	1	1
15	30°/500	803	87	4,3	259	97	27	16	1
16	30°/250	1073	87	3,9	1	4	157	260	16
17	235°/250	2145	87	3,2	13	3	612	364	15
18	235°/500	3930	107	2,6	2149	844	69	25	8
19	235°/1000	3744	108	2,5	2005	983	6	3	0

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

I 1996 ble det registrert faunapåvirkning ut til 1500 m på hovedtransektet (150°). I 1998-undersøkelsen ble det samlet inn prøver fra 1000 m (stasjon 9) og 2000 m (stasjon 10) på samme transekt og faunapåvirkning ble påvist ut til 1000 m. Hvor stort område som er påvirket mellom disse stasjonene vites ikke. Videre ble det ikke samlet inn prøver fra stasjoner på de andre transektene i 1996, mens resultatene fra 1998 viser at alle stasjoner på 250 m har fauna som er påvirket av petroleumsaktiviteten.

Tabell 12: Sedimentdata for stasjonene på Oseberg C, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 1	335°/9901 m	6,5	<0,005	0,006	3,4	4,0	<0,6	28	0,79	1,98
4	335°/1000 m	6,8	0,006	0,006	4,3	4,5	0,5	356	0,79	1,78
5	335°/500 m	24,7	0,004	0,007	4,9	4,4	1,3	369	0,74	0,90
6	325°/250 m	205	0,006	0,009	6,5	5,8	1,9	1162	0,87	2,30
7	180°/250 m	2100	0,013	0,031	24,4	17,9	7,0	3930	1,37	13,00
8	150°/500 m	316	0,010	0,018	11,8	17,6	5,0	2838	1,18	6,06
9	150°/1000 m	41,0	<0,005	0,008	7,2	4,7	1,3	949	0,85	2,11
10	150°/2000 m	9,9	<0,005	0,004	4,4	3,1	0,5	193	0,63	1,68
11	150°/3520 m	4,2	0,003	0,003	3,7	3,2	0,5	87	0,81	1,67
14	30°/1000 m	5,1	0,027	0,003	3,9	3,1	1,0	106	0,78	1,80
15	30°/500 m	15,0	0,005	<0,005	4,7	4,5	0,9	366	0,73	1,69
16	30°/250 m	80,1	0,005	0,013	7,7	13,3	5,0	806	0,82	2,45
17	235°/250 m	236	<0,005	0,004	6,1	6,2	1,6	966	0,82	2,39
18	235°/500 m	19,4	0,015	0,003	4,7	4,8	1,3	239	0,87	1,95
19	235°/1000 m	2,8	0,012	0,003	3,5	3,3	0,7	59	0,79	1,70



Figur 3: Utbredelse av faunagrupper og mengde THC og Ba i sedimentet på Oseberg C 1998.

Utstrekningen langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er vist i Tabell 13. 0,17 km² av området rundt Oseberg C har tydelig påvirket fauna (gruppe C) mens 1,10 km² har lett påvirket fauna (gruppe B).

Tabell 13: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna, Oseberg C 1998.

Oseberg C	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Faunagruppe B	1500	375	375	375	1,10
Faunagruppe C	750	125	125	125	0,17
THC	3000	750	750	750	4,42
Ba	3000	750	1500	1500	7,95
Øvrige metaller	1500	375	375	375	1,10

3.6 Brage

Brage ligger i blokk 31/4 på omtrent 140 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av fin sand.

Årets undersøkelse viste at THC-verdier, signifikant over bakgrunnsverdien for feltet, ble funnet på alle stasjoner med unntak av stasjon 5 (330°/500 m) og stasjon 19 (240°/1000 m). Innhold av eter og olefiner kvantifiseres sammen med THC. På stasjonene med forhøyede THC-verdier var det i all hovedsak pseudo-oljer som bidro til de høye konsentrasjonene, men mindre mengder av delvis nedbrutt mineralolje kunne også ses i flere av sedimentekstraktene. Høyest innhold av THC/pseudo-oljer, 1848 mg/kg tørt sediment, ble funnet på stasjon 7 (150°/250 m). Dersom årets THC-verdier sammenlignes med innhold av eter i 1996, har innhold av syntetiske basevæsker i sedimentet gått ned.

Innhold av aromater og dekaliner ble undersøkt i sedimentet på noen få utvalgte stasjoner. 250 m-stasjonen i hovedstrømsretningen var tydelig kontaminert med aromater og dekaliner. Konsentrasjonene lå flere ganger høyere enn i 1995, men det bør nevnes at det i 1995 ble funnet relativt lite THC på denne stasjonen i forhold til stasjonene lengre ut på samme transekt.

Analysene av tungmetaller viste at sedimentet var kontaminert ut til 1000 m nedstrøms og på 250 m stasjonen mot nordøst. Bakgrunnsnivå av barium ble funnet på de ytterste stasjonene på alle transektene med unntak av hovedstrømsretningen som hadde forhøyede bariumnivå ut til ytterste stasjon på 4000 m. Sammenlignet med resultatene fra den komplette kjemiske undersøkelsen i 1995, har innholdet av tungmetaller økt på stasjon 7 og 8 (150°/250-500 m). Konsentrasjonene i sedimentet på de øvrige stasjonene i hovedstrømsretningen er uforandret i forhold til forrige undersøkelse.

Sediment fra referansestasjonen og to stasjoner på feltet ble separat opparbeidet for analyse av estere fra Ancogreen B. Ester ble ikke detektert i sedimentene. Konsentrasjonen av Anco Green B har dermed gått betydelig ned sammenlignet med 1996-undersøkelsen da konsentrasjoner opp mot 3000 mg/kg ble funnet i sedimentet på stasjon 7.

De forskjellige statistiske analysene som er utført på data fra Brage viste at stasjonene kunne deles i tre kategorier av faunapåvirkning i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Stasjon 7 (150°/250 m) ble plassert i gruppe C (tydelig påvirket fauna), stasjon 6, 8, 9, 10 16 og 17 (250 m 60°, 240° og 330° og 500, 1000 og 2000 m 150°) ble plassert i gruppe B (lett påvirket fauna) mens de resterende stasjonene hadde upåvirket fauna (gruppe A). Utbredelsen av disse gruppene på feltet er vist i Figur 4. Stasjoner i gruppe C hadde høyest innhold av tungmetaller og THC i sedimentet mens de i gruppe A hadde lavest innhold. Korrelasjonsanalysen (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene dyp, avstand, pelitt, fin sand, TOM og barium. Førsteaksen var positivt korrelert med avstand til sentrum og negativt korrelert med mengden av barium og TOM i sedimentet. Stasjoner med påvirket fauna hadde negative verdier på denne akse mens upåvirkete feltstasjoner og referanse- og regionale stasjoner hadde positive verdier.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Brage, 1998, er vist i Tabell 14 og Tabell 15.

Tabell 14: Biologidata for stasjonene på Brage, 1998.

St. nr	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Capitella capitata</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira sarsi</i> ⁽²⁾
Ref 1	330°/15000	957	84	3,7	429	134	2	0	0
4	330°/1000	1186	86	3,7	379	257	12	0	0
5	330°/500	225	51	4,3	15	33	6	0	0
6	330°/250	980	73	3,7	166	202	20	1	292
7	150°/250	1273	52	2,6	2	3	81	53	731
8	150°/500	436	54	4,0	7	104	94	1	38
9	150°/1000	770	57	3,2	26	341	64	0	131
10	150°/2000	1386	88	3,8	222	314	65	1	180
11	150°/4000	736	83	4,2	155	203	11	0	0
14	60°/1000	771	79	3,7	266	202	4	0	0
15	60°/500	482	68	4,1	29	178	14	0	0
16	60°/250	1193	73	2,9	35	130	51	0	683
17	240°/250	1125	73	3,6	154	239	37	0	376
18	240°/500	487	60	3,6	22	114	8	0	0
19	240°/1000	559	84	4,4	141	76	2	0	0

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

Tabell 15: Sedimentdata for stasjonene på Brage, 1998.

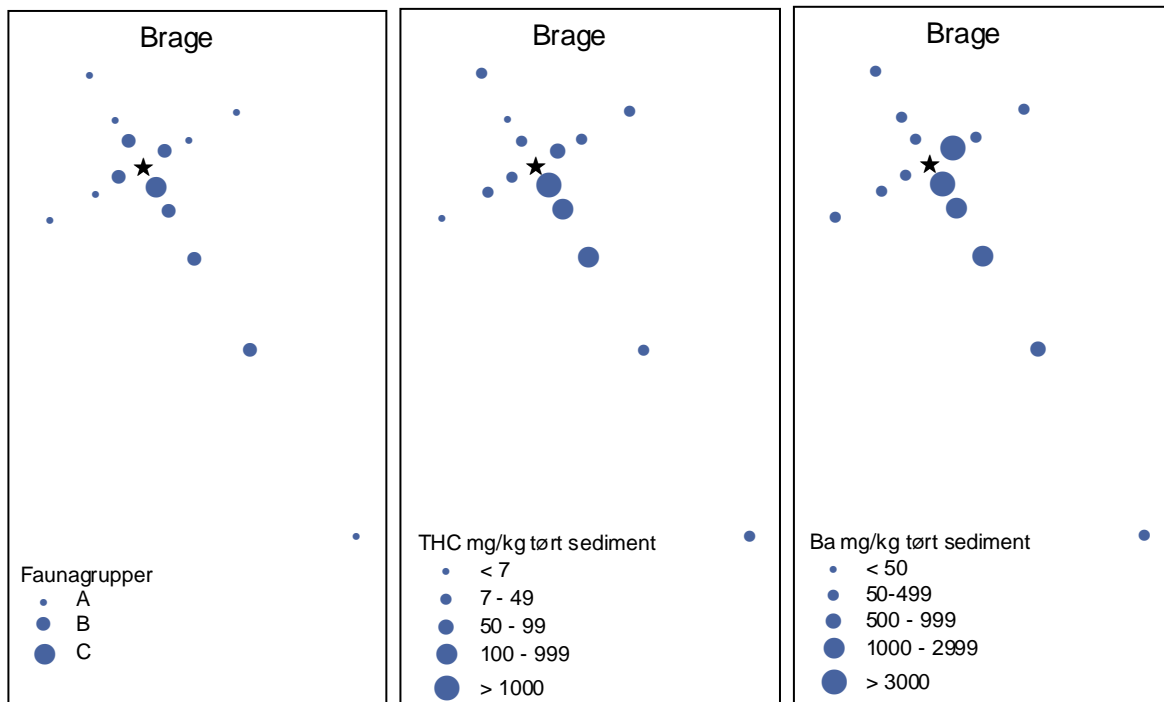
Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 1	330°/15000m	5,4	<0.005	0.006	3.3	4.0	0.8	51	0,89	1,87
4	330°/1000 m	36,1	<0.005	0.006	3.6	4.0	0.8	80	0,91	2,55
5	330°/500 m	6,4	<0.005	0.015	3.0	4.8	0.9	120	0,93	23,67
6	330°/250 m	13,4	<0.005	0.007	3.6	4.9	1.0	418	0,94	1,71
7	150°/250 m	1848	0.027	0.077	30.8	26.3	11.9	4362	1,48	9,13
8	150°/500 m	264	0.009	0.045	11.0	17.0	5.9	2736	1,63	13,33
9	150°/1000 m	168	0.005	0.014	5.7	5.8	1.9	2297	0,78	11,61
10	150°/2000 m	24,7	0.004	0.009	5.0	4.9	1.0	876	0,84	15,54
11	150°/4000 m	9,8	0.007	0.009	4.4	4.7	0.6	197	0,85	4,28
14	60°/1000 m	8,8	0.011	0.006	3.5	3.9	<0.6	61	0,75	3,10
15	60°/500 m	13,7	<0.005	0.007	3.3	3.7	0.5	261	0,68	2,67
16	60°/250 m	72,6	0.003	0.012	7.8	5.5	2.0	3308	0,99	4,49
17	240°/250 m	20,4	<0.005	0.007	3.7	3.5	0.5	480	0,75	2,06
18	240°/500 m	8,7	0.013	0.007	2.8	3.6	0.6	71	0,73	10,46
19	240°/1000 m	6,6	0.003	0.010	3.1	3.3	0.8	65	0,92	10,21

Utstrekningen langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er vist i Tabell 16. 0,10 km² av området rundt Brage har tydelig påvirket fauna (gruppe C) mens 1,99 km² har lett påvirket fauna (gruppe B).

Tabell 16: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna, Brage 1998.

Brage	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Faunagruppe B	3000	375	375	375	1,99
Faunagruppe C	375	125	125	125	0,10
THC	5000	750	375	2000	11,56
Ba	5000	375	750	750	5,08
Øvrige metaller	1500	125	125	375	0,64

Det har vært en markert nedgang i antall individ på stasjon 7 (150°/250 m) siden 1996. Forholdene på stasjonen har bedret seg siden 1996 fra sterkt påvirket fauna (gruppe D) til tydelig påvirket fauna (gruppe C) i 1998. Faunaen er lett påvirket (gruppe B) ut til og med 2000 m på hovedtransektet (150°) og 250 m på de tre andre transektene. Disse stasjonene ble ikke undersøkt i 1996.



Figur 4: Utbredelse av faunagrupper og mengde THC og Ba i sedimentet på Brage 1998.

3.7 Veslefrikk

Veslefrikk ligger i blokk 31/3 på 170 – 180 m dyp. Sedimentet består hovedsakelig av fin sand.

Konsentrasjoner av THC og aromatiske hydrokarboner signifikant høyere enn referansestasjonen ble funnet ut til 2500 m i hovedstrømsretningen mot sørøst. Langs de øvrige transektene kunne forhøyede THC-verdier ses ut til 500 m. På de mest forurensede stasjonene kunne man se innhold av delvis nedbrutt mineralolje i sedimentekstraktene. Ut til 2500 m i hovedstrømsretningen kunne det i sedimentekstraktene også ses rester av den olefinbaserte basevæsken Ultidrill.

Stasjon 5 (140°/250 m) hadde høyest innhold av THC (521 mg/kg). På denne stasjonen viste analyse av vertikal fordeling av hydrokarboner at de dypere lag av sedimentet hadde høyere innhold av olje. Dette er som forventet ut fra tidligere felthistorikk da THC-verdier over 6000 mg/kg ble rapportert på stasjonen.

For sink, kopper og barium var konsentrasjonen på alle feltstasjonene signifikant høyere enn på referansestasjonen til Veslefrikk. Bly og kadmium viste forhøyede verdier ut til henholdsvis 2500 m og 5000 m i hovedstømsretningen og ut til 500 m langs de øvrige transektene. Sedimentet på Veslefrikk skiller seg noe ut fra de regionale stasjonene i skråningen. Legges bakgrunnsnivået fra de regionale stasjonene i skråningen til grunn for vurdering av signifikant påvirkning, strekker området for påvirket sediment seg ut til 1000 m i hovedstrømsretningen og ut til 500 m langs de øvrige transektene.

Fra 1994- til 1995-undersøkelsen ble det rapportert en markert nedgang i innhold av tungmetaller samt THC og aromatiske hydrokarboner på de nærmeste stasjonene i hovedstrømsretningen. I 1995 var metallkonsentrasjonene på de aktuelle stasjonene tilnærmet på bakgrunnsnivå, og maksimum THC konsentrasjon var på 100 mg/kg. Sammenlignet med 1995-resultatene har innhold av tungmetaller i årets undersøkelse økt opptil flere titalls ganger på de nærmeste stasjonene i hovedstrømsretningen. Sammenlignet med 1994-resultatene har derimot konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentet i hovedsak gått ned på stasjon 5 (140°/250 m) som er den mest kontaminerte stasjonen. På stasjon 4 (140°/500 m) er det også registrert nedgang for noen parametre. På stasjon 3 (140°/1000 m) er verdiene på nivå med 1994-undersøkelsen.

Også årets hydrokarbonverdier (THC, aromater og dekaliner) ligger mer på nivå med det som ble funnet i 1994, og årets verdier passer godt inn med tidligere årstrender fra 1994 og 1992. (Resultater fra tidligere år er presentert i vedleggsdel til hovedrapporten).

De forskjellige statistiske analysene som er utført på data fra Veslefrikk viste at stasjonene kunne deles i tre kategorier av faunapåvirkning i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Stasjon 4 og 5 (140°/250 - 500 m) ble plassert i gruppe C (tydelig påvirket fauna), stasjon 3 (140°/1000 m) ble plassert i gruppe B (lett påvirket fauna) mens de resterende stasjonene hadde upåvirket fauna (gruppe A). Utbredelsen av disse gruppene på feltet er vist i Figur 4. Stasjoner i gruppe C hadde høyest innhold av TOM, tungmetaller og THC i sedimentet mens de i gruppe A hadde lavest innhold. Korrelasjonsanalysen (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene avstand, pelitt, fin sand, barium, kadmium og kvikksølv. Førsteaksen var positivt korrelert med avstand til sentrum og negativt korrelert med mengden av kvikksølv og kadmium i sedimentet. THC hadde høy interkorrelasjon med kvikksølv noe som indikerte at også denne parameteren var en viktig faktor med tanke på faunautbredelsen på feltet. Stasjoner med påvirket fauna hadde negative eller lave positive verdier på denne akse mens upåvirkete feltstasjoner og referanse- og regionale stasjoner hadde høyere positive verdier.

Totalt antall individ har minket markert på stasjon 4 og 5 siden 1993-undersøkelsen. I 1993-undersøkelsen var faunaen påvirket ut til og med 1000 m på 150°- (hovedstrømsretningen) og 240°- transektet og 500 m på de to andre transektene. I 1998 er situasjonen den samme i hovedstrømsretningen mens faunaen nå er upåvirket på 500 m-stasjonene på de andre transektene (stasjoner på 250 m ikke undersøkt i 1998). Det ser dermed ut til at miljøforholdene generelt har blitt bedre i løpet av de siste fem årene.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Veslefrikk, 1998, er vist i Tabell 17 og Tabell 18.

Tabell 17: Biologidata for stasjonene på Veslefrikk, 1998.

St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Capitella capitata</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira sarsi</i> ⁽²⁾
1	150°/5000	1438	141	5,5	106	85	1	0	0
2	150°/2500	1777	148	5,7	97	74	17	0	0
3	140°/1000	3478	144	4,7	19	32	853	0	180
4	140°/500	5424	100	2,7	0	0	3141	38	890
5	140°/250	5097	64	2,6	1	0	2222	1204	704
6	60°/500	1422	140	5,6	32	26	20	0	0
7	60°/1000	1209	136	5,8	32	19	5	0	0
8	260°/1000	1945	113	3,6	834	278	6	0	0
9	260°/500	1446	133	5,2	246	120	20	0	0
10	330°/500	1422	129	5,3	278	113	19	0	0
11	330°/1000	1791	107	4,0	603	243	2	0	0
Ref 12	330°/5000	1096	93	4,3	361	143	8	0	0

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

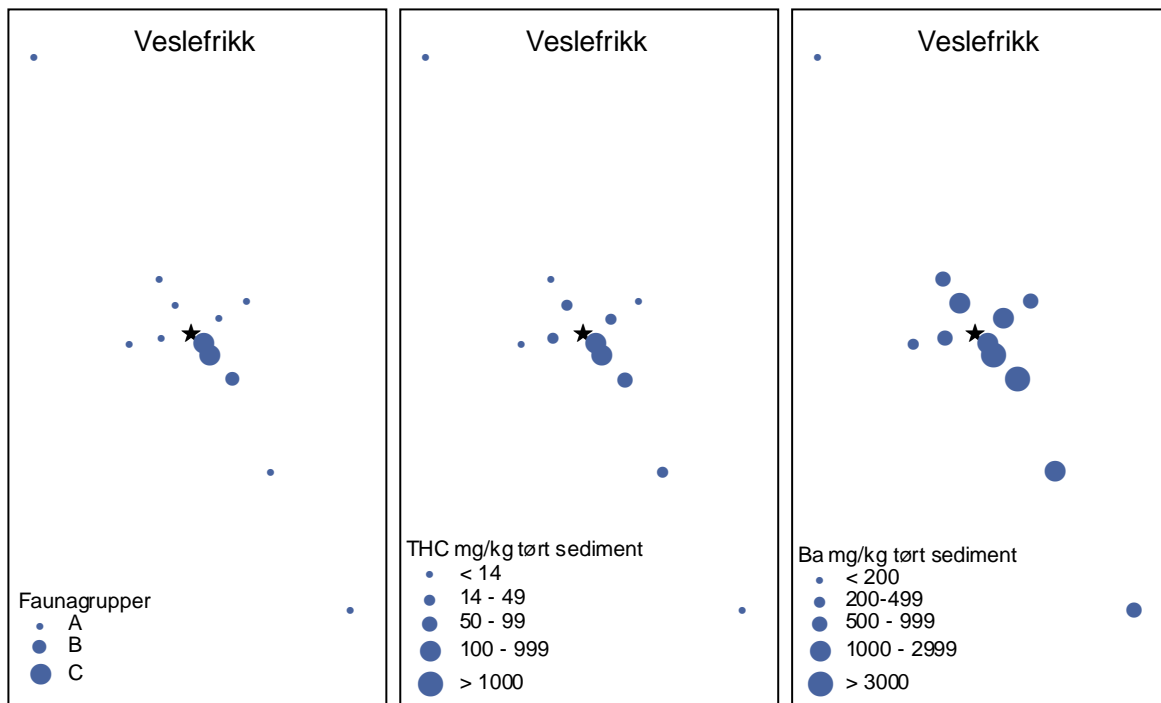
Tabell 18: Sedimentdata for stasjonene på Veslefrikk, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 12	330°/5000 m	10,4	0,006	0,021	4,0	6,4	1,0	146	1,27	2,95
1	150°/5000 m	12,9	0,007	0,030	4,1	9,2	1,7	516	1,81	14,69
2	150°/2500 m	22,0	0,006	0,027	6,3	11,0	2,0	1043	2,18	10,03
3	140°/1000 m	78,0	0,015	0,038	19,1	24,9	6,1	3284	2,70	6,58
4	140°/500 m	149	0,049	0,088	37,5	85,2	23,2	3799	3,34	13,25
5	140°/250 m	521	0,048	0,289	78,6	151	60,8	2785	3,70	9,34
6	60°/500 m	32,6	0,009	0,031	11,7	13,5	2,4	2112	2,39	10,93
7	60°/1000 m	7,7	0,006	0,026	5,4	9,7	1,3	758	2,00	8,30
8	260°/1000 m	8,4	0,006	0,019	4,4	7,3	1,4	369	1,29	3,41
9	260°/500 m	14,6	0,010	0,038	4,9	10,0	1,9	689	1,67	4,52
10	330°/500 m	26,8	0,010	0,027	6,7	13,9	3,5	1476	1,75	5,44
11	330°/1000 m	10,6	0,006	0,023	4,7	7,7	1,3	608	1,44	4,31

Utstrekningen langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna er vist i Tabell 19. 0,17 km² av området rundt Veslefrikk har tydelig påvirket fauna (gruppe C) mens 0,32 km² har lett påvirket fauna (gruppe B).

Tabell 19: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment og påvirket fauna, Veslefrikk 1998.

Veslefrikk	SØ	SV	NV	NØ	km ²
Faunagruppe B	1500	125	125	125	0,32
Faunagruppe C	750	125	125	125	0,17
THC	3750	750	750	750	5,30
Ba	7500	1500	1500	1500	21,21
Øvrige metaller	3750	750	750	750	5,30



Figur 5: Utbredelse av faunagruyper og mengde THC og Ba i sedimentet på Veslefrikk 1998.

3.8 TOGI

TOGI (Troll-Oseberg gassinjeksjon) ligger i blokk 31/2 på omtrent 305 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av pelitt med et høyt innhold av organisk materiale.

Analysene av sediment fra TOGI feltet viste at området var relativt homogent med hensyn på innhold av hydrokarboner. Stasjon 1 (0°/250 m) var den eneste stasjonen som hadde et THC nivå som lå like over beregnet grense for signifikant kontaminering. Sammenlignet med undersøkelsen i 1996 hadde alle stasjonene vesentlig lavere THC verdier denne gang. Dette forklares ut i fra metodiske forskjeller i prøvetaking og analyse. Forskjellen i THC nivå mellom undersøkelsene i 1996 og 1998 skyldtes ikke en naturlig variasjon i sedimentet fra år til år.

Innhold av aromatiske hydrokarboner og dekaliner ble undersøkt på utvalgte stasjoner på feltet og lå på nivå med konsentrasjonene funnet på referansen. På de samme stasjonene viste den vertikale fordelingen av hydrokarboner i sedimentet nivå som lå innenfor den naturlige variasjonen i området.

Ingen stasjoner på feltet var signifikant kontaminert med bly, sink eller kopper. Sedimentet på stasjon 6 (180°/500 m) hadde innhold av kadmium som lå like over bakgrunnsnivået for den dype delen av regionen. Ved analyse av metallene ble det ikke observert noen signifikant endring av bly konsentrasjoner sammenlignet med undersøkelsen i 1996. Innholdet av kobber, sink og kadmium hadde økt på noen av stasjonene uten at det kunne observeres noen klare gradienter inn mot feltsentrum. Alle stasjonene på feltet hadde bariumkonsentrasjoner som lå signifikant over bakgrunnsverdiene for feltreferansen og den dype delen av regionen. Sammenlignet med 1996 hadde nivåene av barium økt på stasjonene som lå 250-500 meter fra installasjonen i nord, vest og sørlig retning.

De forskjellige statistiske analysene som ble utført på data fra TOGI viste at faunaen på alle stasjonene var upåvirket av petroleumaktiviteten på feltet og er derfor plassert i gruppe A i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Faunaen var jevnt fordelt over området med stor likhet mellom stasjonene og høy diversitet. Børstemarken *Chaetozone setosa*, kjent som indikatorart for organisk anrikete lokaliteter, forekommer naturlig i et forholdsvis høyt individantall på stasjonene i denne delen av regionen. Korrelasjonsanalysene (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene stasjonsdyp og innhold av pelitt i sedimentet. Selv om det ble registrert forholdsvis høye verdier av barium på enkelte stasjoner, noe som tyder på tilførsel av boreslam til sedimentet, ver det ingen indikasjoner på effekter på faunaen i området.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på TOGI, 1998, er vist i Tabell 20 og Tabell 21.

Tabell 20: Biologidata for stasjonene på TOGI, 1998.

St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Heteromastus filiformis</i> ⁽¹⁾
1	0°/250	781	105	5,5	71	90	35	39
2	0°/500	464	76	4,9	64	4	105	1
3	135°/250	639	84	5,3	63	71	42	11
4	135°/500	562	74	5,2	57	39	57	28
5	180°/250	734	90	5,3	62	71	59	33
6	180°/500	487	69	5,1	34	34	81	12
7	270°/500	643	98	5,4	52	51	62	35
8	270°/1000	573	84	5,3	46	62	36	34
9	270°/2000	696	93	5,3	75	58	32	36
10	335°/250	638	95	5,5	61	61	38	11
Ref.11	90°/10000	568	72	5,2	51	54	20	21

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

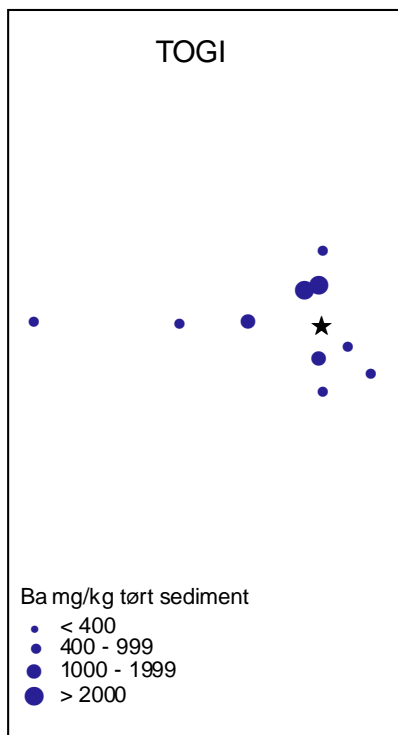
Tabell 21: Sedimentdata for stasjonene på TOGI, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 11	90°/10000m	1,8	0,042	0,083	37,1	74,6	14,3	231	10,42	97,5
1	0°/250 m	5,1	0,035	0,086	37,7	73,1	14,8	2005	10,62	95,6
2	0°/500 m	2,8	0,033	0,080	29,9	67,1	12,4	655	10,90	92,3
3	135°/250 m	2,6	0,030	0,085	28,9	62,1	13,0	648	10,80	94,8
4	135°/500 m	3,2	0,057	0,071	37,1	68,0	13,1	519	11,34	95,3
5	180°/250 m	2,8	0,038	0,087	39,0	73,6	14,8	1897	10,43	93,5
6	180°/500 m	3,7	0,034	0,112	30,7	65,3	13,0	703	9,26	94,6
7	270°/500 m	1,0	0,029	0,097	33,1	64,0	13,6	1153	9,58	95,3
8	270°/1000 m	3,2	0,033	0,108	34,9	70,3	13,2	564	10,55	95,5
9	270°/2000 m	2,8	0,032	0,100	33,0	64,3	12,7	425	10,17	95,2
10	335°/250 m	3,1	0,042	0,097	41,8	75,3	14,9	2233	10,04	96,1

Utstrekningen langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment er vist i Tabell 22. Det ble ikke påvist THC kontaminering eller påvirket fauna i området. Fordelingen av barium i sedimentet er også vist i Figur 6.

Tabell 22: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment, TOGI 1998.

TOGI	S	V	N	Ø	km ²
Ba	750	3000	750	750	4,42



Figur 6: Fordeling av Ba i sedimentet på TOGI, 1998.

Det har vært en merkbar økning i antall individ og arter på samtlige stasjoner på TOGI siden 1996. Hva som er årsak til denne endringen er usikkert, men ettersom det ikke er registrert noen form for påvirkning av faunaen på feltet antas det å skyldes enten naturlig variasjon eller forskjeller i metodikk som er brukt i de to undersøkelsene.

3.9 Troll A

Troll A ligger i blokk 31/2 på omtrent 305 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av pelitt med et høyt innhold av organisk materiale.

De kjemiske analysene av sediment fra Troll A feltet viste at området var relativt homogent med hensyn på innhold av hydrokarboner i sedimentet. Stasjon 2 (270°/500 m) var den eneste stasjonen med et gjennomsnittlig THC innhold som lå signifikant over bakgrunnsnivået for den dype delen av Region III. Sammenlignet med undersøkelsen i 1996 hadde alle stasjonene vesentlig lavere THC verdier i år. Dette forklares ut fra metodiske forskjeller i prøvetaking og analyse. Forskjellen i THC nivå mellom undersøkelsene 1996 og 1998 skyldes ikke en naturlig variasjon i sedimentet fra år til år.

Innhold av aromatiske hydrokarboner og dekaliner ble undersøkt på utvalgte stasjoner på feltet og lå på nivå med konsentrasjonene funnet på referansen. På de samme stasjonene viste den vertikale fordelingen av hydrokarboner i sedimentet nivå som lå innenfor den naturlige variasjonen i området.

Ingen av stasjonene hadde innhold av tungmetallene kadmium, bly og sink som lå signifikant høyere enn bakgrunnsnivået for den dype delen av Region III. Noen få stasjoner hadde konsentrasjoner av kopper og kvikksølv som lå like over bakgrunnsverdiene. Ved analyse av metaller ble det på feltstasjonene observert en generell økning i innhold av sink og kobber samtidig som innholdet av bly hadde økt på halvparten av stasjonene sammenlignet med undersøkelsen i 1996. Kobberinnholdet hadde også økt noe på referansestasjonen. Alle stasjonene på feltet var kontaminert med barium og gradienter langs transektene mot feltsentrum ble observert. Sammenlignet med undersøkelsen i 1996 hadde innhold av barium økt på alle stasjonene.

De forskjellige statistiske analysene som ble utført på data fra Troll A viste at faunaen på alle stasjonene var upåvirket av petroleumsaktiviteten på feltet og er derfor plassert i gruppe A i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Faunaen var jevnt fordelt over området med stor likhet mellom stasjonene og høy diversitet. Børstemarken *Chaetozone setosa*, kjent som indikatorart for organisk anrikete lokaliteter, forekommer naturlig i et forholdsvis høyt individantall på stasjonene i denne delen av regionen. Korrelasjonsanalysene (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene stasjonsdyp og innhold av pelitt i sedimentet. Selv om det ble registrert forholdsvis høye verdier av barium på enkelte stasjoner, noe som tyder på tilførsel av boreslam til sedimentet, ver det ingen indikasjoner på effekter på faunaen i området.

Det ble registrert en markert nedgang i antall individ og taxa pr. stasjon fra 1994 til 1996 etterfulgt av en økning igjen til 1998, men også i 1998 var antallet lavere enn i 1994. Hva som er årsak til denne endringen er usikkert, men ettersom det ikke er registrert noen form for påvirkning av faunaen på feltet antas det å skyldes enten naturlig variasjon eller forskjeller i metodikk som er brukt i undersøkelsene.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Troll A, 1998, er vist i Tabell 23 og Tabell 24.

Tabell 23: Biologidata for stasjonene på Troll A, 1998.

St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Paradiopatra quadricuspis</i> ⁽¹⁾
1	270°/1000	515	91	5,6	39	29	25	20
2	270°/500	498	97	5,6	34	32	21	32
3	270°/250	567	95	5,5	53	32	37	46
4	360°/250	601	97	5,4	19	57	34	58
5	360°/500	580	90	5,6	47	64	29	28
6	360°/1000	530	92	5,5	35	34	48	42
7	45°/500	537	94	5,5	19	38	19	26
8	140°/800	492	96	5,6	30	33	31	28
9	180°/250	465	94	5,6	32	31	20	40
10	180°/500	630	88	5,2	82	78	24	46
11	180°/1000	595	86	5,5	61	45	24	34
12	180°/10000	599	87	5,5	47	43	24	31

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

Tabell 24: Sedimentdata for stasjonene på Troll A, 1998.

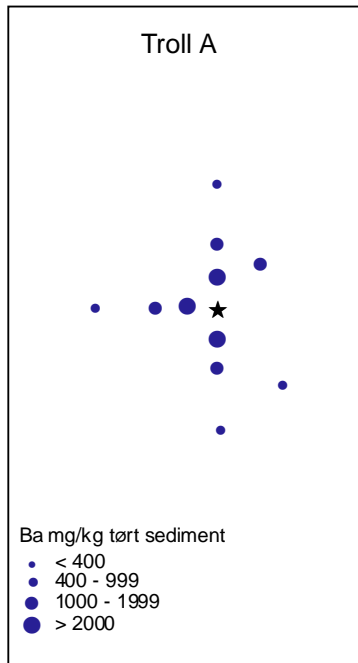
Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 12	180°/10000m	1,2	0,031	0,085	36,0	72,2	14,2	337	11,17	97,24
1	270°/1000 m	2,3	0,032	0,087	32,3	67,7	12,8	615	8,70	91,82
2	270°/500 m	8,0	0,032	0,080	36,5	69,4	13,4	1064	10,17	93,18
3	270°/250 m	3,6	0,034	0,087	39,5	73,3	16,9	3335	9,22	92,84
4	360°/250 m	1,7	0,045	0,071	32,2	63,3	15,3	3612	9,46	92,22
5	360°/500 m	2,1	0,034	0,103	38,1	67,3	13,1	1430	10,04	93,35
6	360°/1000 m	2,8	0,042	0,101	36,5	65,2	13,0	863	11,88	90,84
7	45°/500 m	3,4	0,032	0,096	36,2	66,9	13,4	1679	11,51	92,76
8	140°/800 m	2,7	0,030	0,098	33,7	63,5	12,9	818	11,75	92,08
9	180°/250 m	3,4	0,032	0,093	36,8	64,1	14,9	3026	11,10	93,23
10	180°/500 m	1,2	0,043	0,092	36,6	69,9	14,6	1373	11,47	87,60
11	180°/1000 m	0,7	0,026	0,087	30,4	62,2	12,8	526	11,16	90,07

Utstrekningen langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment er vist i Tabell 25. Mengden av barium i sedimentet er også vist i Figur 7. Det ble ikke påvist THC kontaminering eller påvirket fauna i området.

Tabell 25: Utstrekning langs transektene og beregnet areal for kontaminert sediment, Troll A 1998.

Troll A	S	V	N	Ø	km ²
Ba	1500	1500	1500	750	5,30

Det ble registrert en markert nedgang i antall individ og taxa pr. stasjon fra 1994 til 1996 etterfulgt av en økning igjen til 1998, men også i 1998 var antallet lavere enn i 1994. Hva som er årsak til denne endringen er usikkert, men ettersom det ikke er registrert noen form for påvirkning av faunaen på feltet antas det å skyldes enten naturlig variasjon eller forskjeller i metodikk som er brukt i undersøkelsene.



Figur 7: Mengde barium i sedimentet på Troll A.

3.10 Troll B

Troll B ligger i blokk 31/2 på 320 – 340 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av pelitt med et høyt innhold av organisk materiale.

De kjemiske analysene av sediment fra Troll B feltet viste at området var relativt homogent med hensyn på innhold av hydrokarboner i sedimentet. Referansestasjonen til Troll C benyttes som feltspesifikk referansestasjon også for Troll B. Ingen av stasjonene hadde THC verdier som lå signifikant over denne referansen. THC innholdet på 6 av stasjonene lå derimot like over bakgrunnsnivået beregnet for den dype delen av Region III. Sammenlignet med forrige undersøkelse i 1995, kunne det observeres en nedgang i THC på stasjon 35 (230°/300 m) og 47 (325°/450 m) som tidligere hadde skilt seg ut med forhøyet THC innhold. På de øvrige stasjonene lå konsentrasjonene på nivå med tidligere rapporterte verdier.

Innholdet av aromatiske hydrokarboner på utvalgte stasjoner var sammenlignbare med bakgrunnsnivået, mens innholdet av dekaliner var noe forhøyet på stasjon 21 (120°/250 m). Som forventet utfra felthistorikk, var det en jevn vertikal fordeling med lavt innhold av hydrokarboner i sedimentet.

Innholdet av tungmetaller på referansestasjonen til Troll C var generelt høyere enn på de nærliggende regionale stasjoner og referansestasjoner. Ingen av feltstasjonene på Troll B hadde konsentrasjoner av tungmetaller som var signifikant høyere enn den gjeldende referansestasjonen eller bakgrunnsverdiene beregnet for den dype delen av regionen. Alle stasjonene var signifikant kontaminert med barium med verdier over 1000 mg/kg på 4 av stasjonene. Det ble observert en markant økning i barium innholdet på stasjonene 35 (230°/300 m), 43 (140°/250 m), 44 (140°/250 m) og 47 (325°/450 m), forøvrig var det små endringer i forhold til undersøkelsen i 1995.

De forskjellige statistiske analysene som ble utført på de faunistiske data fra Troll B viste at faunaen på alle stasjonene var upåvirket av petroleumsaktiviteten på feltet og er derfor plassert i gruppe A i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Faunaen var jevnt fordelt over området med stor

likhet mellom stasjonene og høy diversitet. Børstemarken *Chaetozone setosa*, kjent som indikatorart for organisk anrikete lokaliteter, forekommer naturlig i et forholdsvis høyt individantall på stasjonene i denne delen av regionen. Korrelasjonsanalysene (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene stasjonsdyp og innhold av pelitt og kadmium i sedimentet. Det gjøres imidlertid oppmerksom på at kadmiumverdiene er lave på alle stasjonene. Selv om det ble registrert forholdsvis høye verdier av barium på enkelte stasjoner, noe som tyder på tilførsel av boreslam til sedimentet, var det ingen indikasjoner på effekter på faunaen i området.

Det ble registrert en liten nedgang i antall individ og taxa fra 1995 til 1998.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Troll B, 1998, er vist i Tabell 26 og Tabell 27.

Tabell 26: Biologidata for stasjonene på Troll B, 1998.

St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Paradiopatra quadricuspis</i> ⁽¹⁾
4	163°/250	484	87	5,2	34	23	83	18
7	130°/300	734	87	5,4	43	59	36	53
21	120°/250	764	106	5,5	50	61	26	45
26	150°/250	651	100	5,6	32	58	43	50
32	163°/250	658	88	5,4	42	69	37	65
33	120°/250	566	94	5,6	38	35	18	57
35	230°/300	693	94	5,5	25	49	38	40
41	163°/250	659	94	5,5	21	56	32	53
43	140°/250	565	91	5,6	20	30	27	49
44	140°/250	700	96	5,5	54	57	19	55
47	325°/450	606	81	5,2	13	61	20	38
50	130°/450	620	102	5,7	48	45	25	33
Ref.		547	74	5,2	16	51	30	29

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

Tabell 27: Sedimentdata for stasjonene på Troll B, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
4	163°/250 m	1,9	0,021	0,089	21,6	48,3	11,1	730	9,37	88,24
7	130°/300 m	3,9	0,027	0,095	29,3	55,3	12,1	1007	9,88	89,47
21	120°/250 m	3,9	0,028	0,098	32,3	59,4	12,6	1552	9,15	92,25
26	150°/250 m	2,9	0,030	0,096	32,0	57,8	12,8	948	9,24	93,24
32	163°/250 m	2,5	0,036	0,097	35,8	62,1	12,6	511	10,06	94,42
33	120°/250 m	2,9	0,036	0,100	38,0	69,6	14,4	795	10,18	96,56
35	230°/300 m	3,5	0,035	0,088	33,5	65,4	14,7	802	10,41	96,38
41	163°/250 m	1,6	0,037	0,098	39,2	70,9	14,6	544	10,69	97,56
43	140°/250 m	4,1	0,039	0,085	34,4	69,3	15,9	827	9,02	96,35
44	140°/250 m	4,3	0,028	0,087	29,7	60,8	18,4	2420	8,29	90,98
47	325°/450 m	4,2	0,029	0,077	25,4	52,1	12,3	2106	8,93	88,42
50	130°/450 m	5,4	0,031	0,080	24,6	53,2	10,7	794	5,87	84,20

3.11 Troll C

Troll C ligger i blokk 31/2 på 340 – 350 m dyp. Sedimentet i området består hovedsakelig av pelitt med et høyt innhold av organisk materiale.

De kjemiske analysene av sediment fra Troll C feltet viste at området var relativt homogent med hensyn på innhold av hydrokarboner i sediment. Fire stasjoner hadde et gjennomsnittlig THC innhold som lå signifikant over bakgrunnsverdien på referansestasjonen. Sedimentekstraktet fra en replikat

sedimentprøve på stasjon 8 (180°/1000 m) viste alkan-topper som er karakteristisk for mineralolje. Det er knyttet tildels store standard avvik til gjennomsnittsverdiene av THC. Sammenlignet med undersøkelsen i 1997 var det, med unntak av stasjon 8, ingen vesentlig endring i THC innhold på stasjonene på Troll C.

En av de undersøkte stasjonene hadde innhold av aromater og dekaliner i sedimentet som lå noe over bakgrunnsnivået. Den vertikale fordelingen av hydrokarboner i sedimentet lå på nivå som var innenfor den naturlige variasjonen i området.

Innhold av metaller i sedimentet lå på bakgrunnsnivå over hele feltet. Ingen stasjoner var signifikant kontaminert med hensyn på de utvalgte metallene. I motsetning til de øvrige Troll-feltene var også barium svært uniformt fordelt over feltet. Selv om noen stasjoner hadde bariumkonsentrasjoner som lå over beregnet grense for signifikant kontaminering, var høyeste gjennomsnittskonsentrasjon bare litt over 400 mg/kg.

De forskjellige statistiske analysene som ble utført på de faunistiske data fra Troll C viste at faunaen på alle stasjonene var upåvirket av petroleumsaktiviteten på feltet og er derfor plassert i gruppe A i hht. definisjonene som er gitt i introduksjonskapitlet. Faunaen var jevnt fordelt over området med stor likhet mellom stasjonene og høy diversitet. Børstemarken *Chaetozone setosa*, kjent som indikatorart for organisk anrikete lokaliteter, forekommer naturlig i et forholdsvis høyt individantall på stasjonene i denne delen av regionen. Korrelasjonsanalysene (CCA) viste en sammenheng mellom faunautbredelsen og parametrene stasjonsdyp og innhold av kadmium i sedimentet. Det gjøres imidlertid oppmerksom på at kadmiumverdiene var lave på alle stasjonene. Det ble ikke påvist kontaminering av sedimentet eller påvirket fauna i området.

Det er stor likhet i antall individ og taxa mellom de to undersøkelsene som er utført på Troll C i 1997 og 1998.

Et utvalg av biologi- og sedimentresultater for stasjonene på Troll C, 1998, er vist i Tabell 28 og Tabell 29.

Tabell 28: Biologidata for stasjonene på Troll C, 1998.

St. nr.	Grader/ avstand	Ant. ind.	Ant. taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Paradiopatra quadricuspis</i> ⁽¹⁾
1	180°/1000	725	94	5,4	34	41	46	50
3	180°/1000	547	74	5,2	23	40	58	44
7	0°/1000	571	77	5,3	13	26	46	27
8	180°/1000	563	77	5,3	23	23	54	37
9	0°/1000	745	88	5,4	24	21	68	30
19	180°/1000	699	84	5,4	33	41	42	49
20	90°/1000	649	85	5,3	45	32	53	37
21	90°/1000	616	83	5,3	33	28	58	26
24	180°/1000	513	71	5,3	21	37	42	23
Ref 1	331,8°/16939	547	74	5,2	16	30	51	29

⁽¹⁾ Børstemark ⁽²⁾ Musling

Tabell 29: Sedimentdata for stasjonene på Troll C, 1998.

Stasjon	Posisjon	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 1	331,8°/16939m	4,6	0,045	0,110	46,5	83,7	16,4	346	12,40	98,34
1	180°/1000 m	7,6	0,031	0,108	42,8	80,8	15,3	469	12,52	95,43
3	180°/1000 m	7,7	0,033	0,097	44,9	80,3	16,0	377	10,28	98,99
7	0°/1000 m	9,7	0,032	0,102	45,9	86,3	17,0	379	11,07	97,13
8	180°/1000 m	15,8	0,062	0,091	44,1	79,9	16,2	368	12,09	99,24
9	0°/1000 m	4,8	0,038	0,095	48,3	86,0	17,5	396	12,70	99,18
19	180°/1000 m	4,9	0,033	0,086	38,4	74,5	14,3	421	10,70	96,89
20	90°/1000 m	4,2	0,036	0,094	40,9	75,6	15,5	404	11,00	98,23
21	180°/1000 m	5,5	0,036	0,099	46,4	80,8	15,4	327	13,71	99,17
24	90°/1000 m	3,8	0,034	0,101	42,7	82,8	15,9	364	10,62	97,97

English Summary Report

Table of contents

1. SUMMARY.....	2
2. INTRODUCTION.....	4
3. RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSIONS	8
3.1 Region III.....	8
3.2 Regional and reference stations	10
3.3 Oseberg Sør	12
3.4 Oseberg Feltsenter	13
3.5 Oseberg C	15
3.6 Brage.....	18
3.7 Veslefrikk	21
3.8 TOGI.....	23
3.9 Troll A	25
3.10 Troll B	28
3.11 Troll C	29

1. Summary

Norsk Hydro and Statoil commissioned Akvaplan-niva AS to carry out a regional environmental survey in Region III in the North Sea (Contract Agreement no. NH10611552). The fields included in the survey were Troll A, Troll B, Troll C, TOGI, Oseberg Sør, Oseberg C, Oseberg Feltcenter, Brage and Veslefrikk. In addition, samples were collected at ten regional stations during field work carried out from May 2 – 18, 1998. Samples from a total of 126 stations were collected in the region.

The results of the physical, chemical and biological analyses of the sediments from the regional and reference stations in Region III, indicated that Region III could be divided into three sub-regions.

The biological analyses indicated that the benthic fauna in could be grouped in three main communities, with Brage, Veslefrikk and the Oseberg fields together with regional stations 1, 2, 3 and 7 in one group, regional stations 4, 9 and 10 in one group and TOGI and the Troll fields together with regional stations 5, 6 and 8 in one group. The first group includes stations located at the plateau (100 – 200 m depth), the second group covers stations located in the slope to the Norwegian Trench (250 – 300 m depth) and the latter stations are located in the Norwegian Trench (300 – 350 m depth). The chemical analyses supported the division into sub regions but it is emphasised that most of the background levels at Veslefrikk were between the values registered at the regional stations at the slope and those at the plateau.

The fauna at TOGI and the Troll fields were found to be undisturbed by the petroleum activity in this part of the region. With the exception of barium, none of the chemical parameters had concentrations significantly above the background levels for the deeper part of the region.

There were indications of physical disturbance at some of the stations at Oseberg Sør that resulted in a change in the fauna between 1997 and 1998. The amounts of hydrocarbons and metals were at background levels over the field as a whole. There were no indications of faunal effects caused by discharges.

At Oseberg Feltcenter, Oseberg C, Brage and Veslefrikk, relatively high levels of hydrocarbons/pseudo oils and heavy metals were found in the sediment. Also the fauna was found to be slightly to moderately disturbed close to the installations, especially along the main transects (SE direction). Due to differences in the selection of stations between this and previous surveys at some of the fields, it is difficult to give an evaluation of the temporal development of the conditions, but at some of the fields there are indications of improved conditions in the fauna. The levels of most of the chemical parameters have increased at the stations close to the installations in the main current direction. At the other stations, the concentrations are at the same level as in previous surveys.

The area of faunal effects and chemical contamination and their distribution along the transects at the different fields are given in the tables below.

Faunal group B

Faunal group C

Field	SE	SW	NW	NE	km ²	Field	SE	SW	NW	NE	km ²
Veslefrikk	1500	125	125	125	0.32	Veslefrikk	750	125	125	125	0.17
Oseberg C	1500	375	375	375	1.10	Oseberg C	750	125	125	125	0.17
Oseberg FS	625	425	125	125	0.32	Oseberg FS	400	125	125	125	0.10
Brage	3000	375	375	375	1.99	Brage	375	125	125	125	0.10
Sum					3.73	Sum					0.54

THC

Barium

Field	SE	SW	NW	NE	km ²	Field	SE	SW	NW	NE	km ²
Veslefrikk	3750	750	750	750	5.30	Veslefrikk	7500	1500	1500	1500	21.21
Oseberg C	3000	750	750	750	4.42	Oseberg C	3000	750	1500	1500	7.95
Oseberg FS	2250	750	250	750	2.95	Oseberg FS	7500	2250	750	1000	21.06
Brage	5000	750	375	2000	11.56	Brage	5000	375	750	750	5.08
Sum					24.22	Troll A	1500	1500	1500	750	5.30
						TOGI	750	3000	750	750	4.42
						Sum					65.02

2. Introduction

Norsk Hydro and Statoil commissioned Akvaplan-niva AS (Contract Agreement no. NH10611552) to carry out a regional environmental survey in Region III in the North Sea. The fields included in the survey were Troll A, Troll B, Troll C, TOGI, Oseberg Sør, Oseberg C, Oseberg Feltsenter, Brage and Veslefrikk. In addition, samples were collected at ten regional stations during field work carried out from May 2 – 18, 1998. Samples from a total of 126 stations were collected in the region. The locations of the fields and the regional stations in Region III in 1998 are shown in Figure 1.

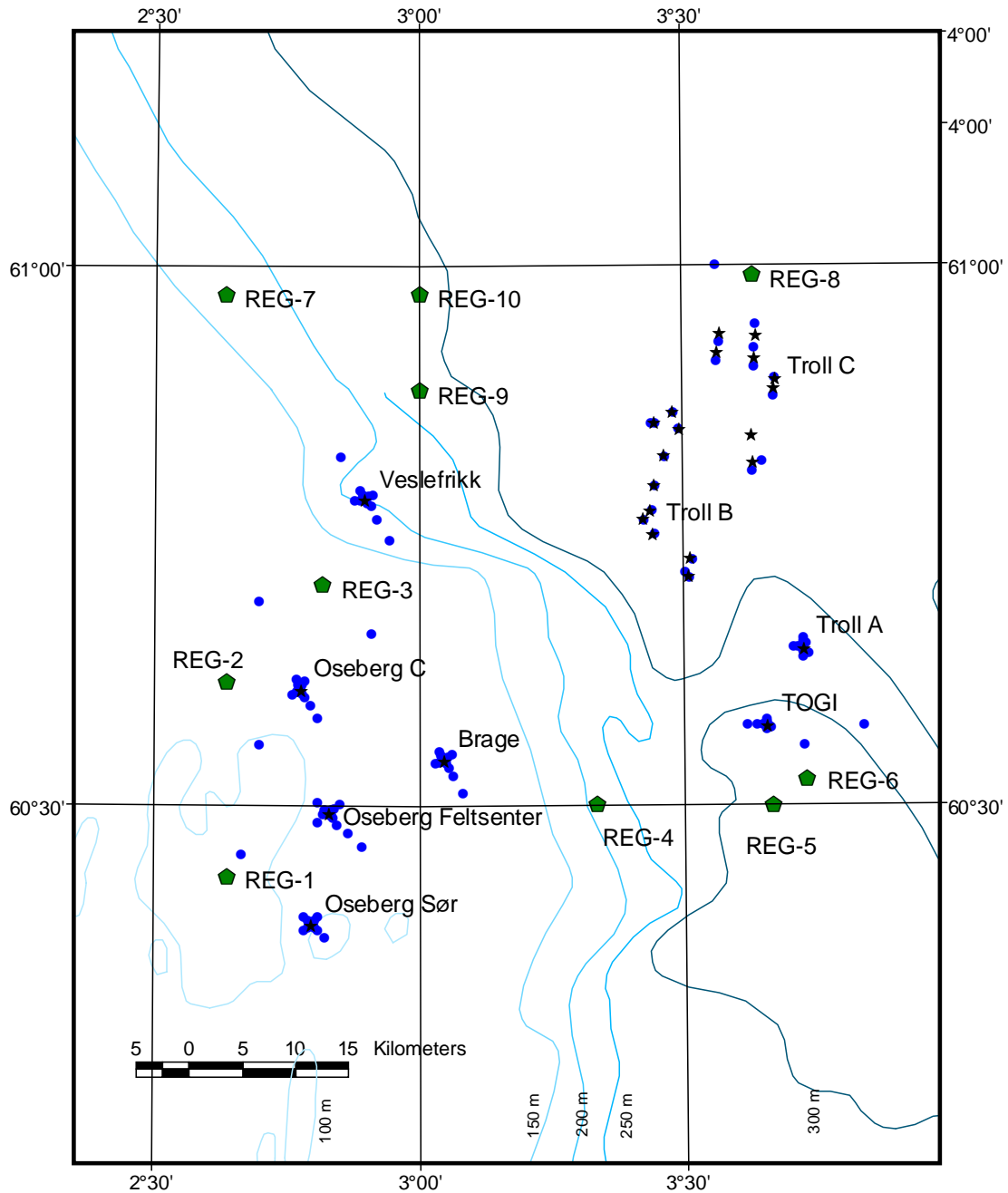


Figure 1: Locations of the fields and Regional stations in Region III, 1998.

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
- SEAS Ltd., Oban, Scotland

Samples were collected from a total of 126 designated sampling stations in the region. In addition to the usual physical, chemical and biological analyses, samples were analysed in order to quantify traces of ester at Brage. The information obtained was used to define and interpret any discernible patterns in the data gathered including description of temporal and spatial changes of the various parameters. Samples taken from regional/reference stations were also included in order to compare any effects of the drilling activities with background conditions in the region.

The sampling stations at each field are based on previously established stations. The selection of stations in the 1998 survey in Region III was based on historical data from each field. In the present survey 3 - 4 stations were selected in the main current direction and 2 - 3 stations were selected in the other directions. Regional stations from 10 locations were selected based on differences in depth and topography and possible influences from adjacent areas.

The following analyses were carried out on the samples collected:

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

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

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

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

The background levels of total hydrocarbon content in sediments from Region III in the North Sea typically vary from 1 to 13 mg/kg. Hydrocarbons are analysed using gas chromatographic techniques. This allows an assessment to be made of the extent to which elevated levels of hydrocarbons are due to the presence of oil, as this type of hydrocarbon gives an easily recognisable gas chromatographic pattern. Traces of most pseudo-oils also are easily detected by the methods used. In addition to the total amount of hydrocarbons analysed at all stations, the content of specific aliphatic and aromatic hydrocarbons is quantified at selected locations.

The natural levels of metals in sediments varies with sediment type and texture. The industrial activity at the fields may result in elevated levels of various metals. The samples were analysed for the presence of heavy metals such as mercury, cadmium, zinc, copper and lead. In addition, because barium sulphate is used to increase the density of drilling mud, the content of barium in the sediment is an important indicator of the spread of drilling cuttings on the sea floor.

Based on analyses of undisturbed sediment from a reference area, the level of significant contamination (LSC) is calculated for each chemical parameter. The criteria for using LSC to indicate contaminated sediment, is based on the assumption that the sediment at the reference area is representative for undisturbed sediment at the individual fields. To assess the status of contamination at the fields in Region III, two LSC criteria are used. The first LSC is based on the field specific reference station and the second is the level calculated from all the regional stations and the other reference stations close to the field.

The species composition of faunal communities is influenced by many factors, amongst which the character of the sediment and the presence of contamination play a vital role. In undisturbed conditions, the number of species present (i.e. diversity) is high and there is a relatively even distribution of the number of individuals present per species amongst the population. More disturbed conditions resulting from organic enrichment or other physical or chemical stress factors lead to a reduction in diversity, where some species decrease and others increase in abundance. All animals collected in the samples were sorted from the remaining sediment, identified to species level wherever possible and the number of individuals of each species recorded.

The results from the statistical analyses give an indication as to whether the environmental conditions around the installations are affected by the petroleum extraction activities. This is done by means of a comparison of the individual stations both within the field and with the regional/reference station. In the case of monitoring surveys, the results are compared with those obtained in previous investigations. Correlations between the measured environmental variables and the faunal composition were analysed by means of correspondence analysis (CA) and canonical correspondence analysis (CCA).

Criteria for faunal impacts are based on a combination of multivariate analyses such as cluster analysis and Multidimensional scaling (MDS), and evaluation of the numerical faunistic data (number of species and individuals, diversity indices, dominant species etc.) at each station. From these analyses the following four faunal groups have been defined:

Group A: Undisturbed faunal communities, with low dominance (no species present in very high numbers) and a wide range of species from a variety of taxonomic groups, including molluscs, echinoderms and crustaceans. Moderate species numbers and total abundance, high biomass.

Group B: Slightly disturbed communities, increased numbers of smaller polychaetes and molluscs, fewer echinoderms. Higher species numbers and abundance, lower biomass.

Group C: Moderately disturbed communities, small deposit feeding polychaetes predominate together with a few small bivalve molluscs and small deposit feeding crustaceans, echinoderms rare. High species numbers, abundance and biomass.

Group D: Highly disturbed communities, small deposit feeding worms totally predominate (polychaetes, oligochaetes, nematodes). Echinoderms absent and molluscs and crustaceans rare or absent. Low species numbers and biomass, high total abundance.

Natural geographical variation in the faunal communities might occur within each group.

The estimated area of contaminated sediment 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 case of contamination or disturbance at one to three transects, 50 m was used at the uncontaminated and/or undisturbed transect. Only distance to the contaminated/disturbed station was used so that the estimated area is a minimum calculation.

The survey was conducted from "GEOGRAPH", a vessel chartered from Geoconsult, Bergen. The fieldwork was carried out from May 2 – 18, 1998. Positioning was carried out by positioning personnel and the captain and second officer of "GEOGRAPH". The positions of the stations were localised by use of GPS (Global Positioning System) and the vessel was held in this position by use of DP2 (Dynamic Positioning). The positions were registered every minute and the deviations from the positions at the sea surface were within ± 2 m. To avoid sampling on the same spot at the sediment surface, the vessel was moved 2 m between each grab shot.

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

Geographical positions for all stations in Region III are given in the field report in the Appendix. The depth varies from approximately 100 m in the west (Oseberg area) to 350 m in the east (Troll area in the Norwegian Trench). The main current direction is in the SE direction in the region.

More detailed information is given in the main report.

3. Results, discussion and conclusions

3.1 Region III

At the 126 stations included in the survey in Region III in 1998, a total of 129373 individuals and 661 taxa (exclusive juveniles) were registered and used in the statistical analysis.

There is great variation in the depth in Region III from 100 – 200 m at the Oseberg fields in the west to 300 – 350 m at the Troll fields in the east. The sediment in most of the Oseberg area is dominated by fine sand with a low amount of pelite (1 – 3 %) and total organic material (0.5 – 1 %). The sediment at Oseberg Sør is coarser, with medium to fine sand as the dominating grain size fraction. In the Troll area, the sediment is much finer and is dominated by pelite (90 – 95 %) and having a high amount of organic material (TOM > 10 %). Veslefrikk lies between these two areas at a depth of around 175 m. The sediment in this area is dominated by fine sand, but has a comparatively high amount of pelite (5 – 10 %) and organic material (1 – 2 %). Regional stations 4, 9 and 10 lie at 250 – 300 m depths. The sediment differs from that found to the west and east with a pelite content between 15 and 25 % and total organic material of 2 – 2.5 %.

The results from the physical, chemical and biological analyses of sediments from the ten regional and eight reference stations showed that Region III could be divided into three sub regions; Region III-a comprising Brage, Veslefrikk and the Oseberg fields and the regional stations 1, 2, 3 and 7, Region III-b comprising regional stations 4, 9 and 10 and Region III-c comprising TOGI, the Troll fields and the regional stations 5, 6 and 8. The sediment at Veslefrikk had chemical concentrations not directly comparable to the other stations, but was included in the Region III-a based on the results from the biological analyses.

In addition to the different background levels for the analysed parameters, the fields in the region have a discharge history that differs from one installation to another. In general, the oldest fields are Veslefrikk and the fields located in the Oseberg area. With the exception of Oseberg Sør, the production at these fields was initiated between the late 1980's and early 1990's. At the oldest fields, several types of drilling muds have been discharged. Pseudo-oil-based muds have been discharged at several of the fields after the prohibition of discharging oil-based mud. However, drilling mud based on mineral oil/pseudo-oils has not been discharged at the fields in the Troll-area.

The background values of heavy metals at the Oseberg-fields were low compared to the fields in the deeper part of the region. Veslefrikk had background concentrations for most of the heavy metals that were somewhat higher than at the plateau, but the levels were considerably lower than in sediments from the Troll-area. The highest concentrations of hydrocarbons and barium were found at Veslefrikk and at the regional stations located in the slope.

Veslefrikk, Brage, Oseberg C and Oseberg Feltcenter had sediment that was clearly contaminated with regard to chemical parameters compared to the other fields in the region. As expected, the stations closest to the installation in the main current direction were the most disturbed. Pseudo-oils such as olefins and ether contribute to the elevated levels of total hydrocarbon content at Brage, Oseberg C and Oseberg Feltcenter. Sediment from Brage was analysed for traces of the ester-based basefluid Anco Green B. Ester was not detected in the sediment samples. The sediment from Oseberg Sør did not show any signs of disturbance from the petroleum activity. The stations that were monitored at the fields in the Troll-area were polluted neither with hydrocarbons nor heavy metals. Elevated levels of barium were seen at all fields except at Troll C.

Two canonical correspondence analyses (CCA) were carried out to examine correlations between the biological variation and the measured environmental parameters in the region. In the first analysis, all

126 stations in the region were included. On the first axis, the stations in the deeper part of the region (TOGI and the Troll fields together with Regional stations 5, 6 and 8) were separated from the stations in the shallower part of the region, and were strongly positively correlated with station depth and contents of pelite in the sediment and negatively correlated with content of fine sand. This axis represented a gradient of natural variation in depth and sediment structure in the region. The second axis was strongly correlated with the level of THC and barium in the sediment, and negatively correlated with the station distance to the field centre. Most of the stations at the positive side of the second axis had a slightly to moderately disturbed fauna, while stations on the negative side of the axis had undisturbed fauna. This second axis showed a gradient of faunal disturbance that could be related to the petroleum activity at the respective fields.

The second CCA included stations from the shallower part of the region (Brage, Veslefrikk and the Oseberg- fields together with the regional stations 1, 2, 3 and 7). The first axis in this analysis showed a gradient from stations with disturbed fauna on the positive end to undisturbed fauna on the negative end of the axis and was positively correlated with the level of TOM, THC, barium, mercury and cadmium in the sediment.

On the basis of the different statistical analysis carried out on data from each field and from the region in total, the stations were divided in the following faunal groups according to the definition given in the introduction;

Group C (moderately disturbed fauna)	Oseberg C stations 7 and 8 Oseberg Field Centre station 8 Brage station 7 Veslefrikk station 4 and 5
Group B (Slightly disturbed fauna)	Oseberg C stations 6, 9, 16 and 17 Oseberg Field Centre stations 7 and 9 Brage stations 6, 8, 9, 10, 16 and 17 Veslefrikk station 3
Group A (undisturbed fauna)	The remaining stations in Region III

The distance along the transects and the estimated area for contaminated sediment and disturbed fauna are shown in Table 1, Table 2 and Table 3. 0.54 km² of the area in Region III had disturbed fauna (group C) while 3.73 km² had slightly disturbed fauna (group B).

Table 1: Distance along the transects and estimated area for slightly (Group B) and moderately disturbed (Group C) fauna in Region III, 1998.

Faunal group B						Faunal group C					
Field	SE	SW	NW	NE	km ²	Field	SE	SW	NW	NE	km ²
Veslefrikk	1500	125	125	125	0.32	Veslefrikk	750	125	125	125	0.17
Oseberg C	1500	375	375	375	1.10	Oseberg C	750	125	125	125	0.17
Oseberg FS	625	425	125	125	0.32	Oseberg FS	400	125	125	125	0.10
Brage	3000	375	375	375	1.99	Brage	375	125	125	125	0.10
Sum					3.73	Sum					0.54

Table 2: Distance along the transects and estimated area of contaminated sediment in Region III, 1998.

THC						Barium					
Field	SE	SW	NW	NE	km ²	Field	SE	SW	NW	NE	km ²
Veslefrikk	3750	750	750	750	5.30	Veslefrikk	7500	1500	1500	1500	21.21
Oseberg C	3000	750	750	750	4.42	Oseberg C	3000	750	1500	1500	7.95
Oseberg FS	2250	750	250	750	2.95	Oseberg FS	7500	2250	750	1000	21.06
Brage	5000	750	375	2000	11.56	Brage	5000	375	750	750	5.08
Sum					24.22	Troll A	1500	1500	1500	750	5.30
						TOGI	750	3000	750	750	4.42
						Sum					65.02

Table 3: Distance along the transects and estimated area of contaminated sediment in Region III, 1998.

Other metals

Field	SE	SW	NW	NE	km ²
Veslefrikk	3750	750	750	750	5.30
Oseberg C	1500	375	375	375	1.10
Oseberg FS	1125	750	125	625	1.35
Brage	1500	125	125	375	0.64
Sum					8.39

3.2 Regional and reference stations

The results obtained by the chemical analyses indicate that Region III can be sub-divided into three regions. Regional stations 1, 2, 3, and 7 are situated in the shallow part of the area. Measurements from this shallow area, together with the reference stations in the Oseberg and Brage fields, show a set of values with generally low concentrations of the various metals. There was a greater range in concentrations of hydrocarbons. Total hydrocarbon content (THC) at the regional and reference stations in the shallow area varied from less than 2 mg/kg to more than 8 mg/kg dry sediment.

Regional stations 5, 6 and 8 together with the Troll-fields and TOGI are situated in the deeper parts of the region. In this area, the highest concentrations for all the metals except barium were found. The THC-values in this area varied between 1 and 5 mg/kg dry sediment.

Concentrations of cadmium, copper and zinc from regional stations 4, 9 and 10 were lower than the concentrations of the same metals found in the deeper area, though they were distinguishably higher than the concentrations of the same metals in the shallow area. These stations are situated at the slope that separates the Troll- and Oseberg fields. The highest THC background levels were found in sediments from the slope, with an average at the regional stations of more than 10 mg/kg. High values of barium were also detected at the same stations.

The fauna at the reference and regional stations was found to be undisturbed by the petroleum activity in Region III (all placed in faunal Group A, according to the definition given in the introduction), and thereby give an indication on the natural variation in the faunal composition in the region. There are large differences in the fauna in the three sub-regions. All stations at the slope and in the Norwegian Trench have high diversity ($H' > 5$) while some stations on the plateau have considerably lower diversity ($H' < 4$). This is a result of the high densities of the polychaete *Owenia fusiformis* and *Myriochele oculata* at these latter stations.

The regional stations at the slope have the highest number of species and greatest individual abundance. At these stations, 1400-1700 individuals and almost 140 species were registered at each

station. At the stations in the Norwegian Trench, 400-700 individuals and 70-90 species were registered at each station. In the shallower area in the region, the stations had greater variations with 300 - 1300 individuals and 50 - 100 species registered at each station. This is considered to be a result of natural variation in depth and sediment composition in the area.

The correlation analysis (CCA) showed significant correlation between the distribution of fauna and level of pelite, THC and mercury in the sediment. Because of a high inter-correlation with depth and the measured parameters, depth was omitted from the analysis. The first axis was correlated with differences in grain size distribution in the region while the second axis showed the greatest correlation to the low but variable THC-values. This probably represents a gradient of sedimentation from the overlying water masses.

The results for selected parameters at the regional stations are shown in Table 4.

Table 4 : Results for selected parameters in the sediment from the regional stations, Region III 1998. Concentrations of chemical parameters are given as mg/kg dry sediment.

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% pelite	1.6	3.3	2.1	23.6	95.7	96.8	3.3	99.0	13.1	23.8
% fine sand	68.9	94.5	87.5	75.3	3.0	2.2	87.5	0.6	83.5	69.3
% TOM	0.48	1.04	1.00	2.17	10.5	10.1	0.99	11.1	2.34	2.28
THC	2.0	8.8	4.3	13.6	2.9	1.5	7.2	4.6	12.6	8.9
Mercury	0.009	0.004	<0.005	0.008	0.029	0.031	<0.005	0.035	0.005	0.007
Cadmium	<0.005	0.005	0.006	0.027	0.096	0.094	0.017	0.113	0.028	0.034
Lead	2.8	2.6	4.0	5.5	35.1	34.5	4.0	45.3	4.6	5.5
Zinc	2.1	4.2	3.9	11.5	66.0	66.0	4.5	80.5	9.6	12.9
Copper	0.5	0.6	0.7	2.0	13.1	12.3	0.7	15.3	1.8	2.4
Barium	19	30	44	462	293	307	92	328	449	263
No. taxa	66	88	95	138	83	79	89	80	139	139
No. ind.	357	541	454	1590	528	436	534	676	1704	1404
Diversity (H')	4.9	4.9	5.3	5.5	5.3	5.4	5.6	5.4	5.7	5.2

Given the natural variation of the chemical parameters in Region III, the area was divided into sub-regions when comparing results from the individual stations towards a background level (Table 5). The limit of significant contamination (LSC) in the sub-regions is calculated from measurements at the regional stations together with measurements at nearby field-specific reference stations. LSC-values from both the sub-region and the field specific reference station are considered when evaluating the environmental status at a single field.

Table 5: Estimated Limits of Significant Contamination (LSC) for the sub-regions in Region III 1998 (mg/kg dry sediment).

	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba
LSC-shallow area a)	6.4	0.005	0.009	3.5	3.9	0.8	50
LSC-slope b)	13.3	0.007	0.032	5.5	12.1	2.3	445
LSC-deep area c)	3.7	0.039	0.105	43.1	79.1	15.3	354

a) LSC-shallow area: Reg 1, Reg 2, Reg 3, Reg 7, Oseberg C, Oseberg FS, Oseberg S, Brage

b) LSC-slope: Reg 4, Reg 9, Reg 10, Veslefrikk

c) LSC-deep area: Reg 5, Reg 6, Reg 8, Troll A, Troll C, TOGI

3.3 Oseberg Sør

Oseberg Sør is situated in block 30/9 at depth of approximately 100 m. The sediments in the area consist primarily of medium to fine sand.

The content of hydrocarbons in sediments from Oseberg Sør were generally low, with no values significantly higher than the background level for the shallow part of Region III. The highest content of THC (5.0 mg/kg) was observed at station 3 (45°/1000 m). At the same station, the sediments also had elevated content of fine sand. As for the THC-levels, the concentration of heavy metals in the sediments also indicated that the field is undisturbed.

The concentration of the various chemical parameters in the sediments was similar to those reported in the baseline survey of 1997. The highest concentrations of THC and barium in the baseline survey were observed at station 13 (315°/1000 m). The sediment at this station also had a high content of fine sand. In the present survey, the values for the same parameters have decreased, and the station is not distinguishably different from the other field stations.

The various statistical analyses carried out on data from Oseberg Sør showed no signs of effects on the fauna due to the petroleum activity at the field, and the stations are therefore placed in Group A, according to the standards defined in the introduction. With the exception of station 3, few individuals and taxa were registered at Oseberg Sør in the present survey. Station 3 was also different from the other stations in the correlation- and multivariate analyses. The correlation analysis (CCA) showed a correlation between the faunal distribution and the parameters fine sand, THC, barium, cadmium, copper and lead. The first axis had the highest negative correlation with the amount of fine sand and THC in the sediment. However, the values for the petroleum-related parameters were low and there were no signs of effects on the fauna which could be traced to drilling or discharge activities at the field. There were great differences in the composition of the most dominant species at station 3 compared to the other stations, which can be attributed to differences in sediment structure.

A range of biological and sediment results for the stations at Oseberg Sør, 1998 is shown in Table 6 and Table 7.

Table 6: Biological data for the stations at Oseberg Sør, 1998.

St. no	Degrees/ distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Unciola planipes</i> ⁽²⁾	<i>Echinocyamus pusillus</i> ⁽³⁾
1	45°/250	254	67	5.1	0	1	50	12
2	45°/500	113	36	4.6	3	0	11	14
3	45°/1000	584	86	4.8	148	45	11	2
4	135°/250	261	57	5.1	2	4	16	20
5	135°/500	138	41	4.6	0	0	7	3
6	135°/1000	216	49	4.6	0	0	40	11
7	135°/2000	220	60	4.9	0	0	39	3
8	225°/250	220	67	5.2	0	0	17	23
9	225°/500	225	53	4.7	3	2	48	20
10	225°/1000	243	51	4.7	4	1	44	23
11	315°/250	288	64	5.1	0	1	54	22
12	315°/500	231	50	4.9	0	3	20	16
13	315°/1000	252	58	5.0	1	2	27	32
Ref.14	315°/10260	293	52	4.7	0	10	23	6

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Amphipoda ⁽³⁾ Sea urchin

Table 7: Sediment data for the stations at Oseberg Sør, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelite
Ref 14	315°/10260 m	1.4	<0.005	0.004	1.9	2.2	0.4	14	0.44	1.33
1	45°/250 m	1.8	0.003	0.008	2.6	4.1	<0.6	14	0.54	0.31
2	45°/500 m	1.7	<0.005	0.009	2.5	4.5	0.7	26	0.39	0.43
3	45°/1000 m	5.0	<0.005	0.007	2.6	3.6	<0.6	18	0.63	0.45
4	135°/250 m	2.1	<0.005	0.010	2.7	2.8	<0.6	16	0.51	1.19
5	135°/500 m	2.7	0.004	0.008	2.9	4.2	<0.6	38	0.58	1.46
6	135°/1000 m	2.5	<0.005	0.004	3.4	5.2	<0.6	63	0.64	1.56
7	135°/2000 m	2.6	<0.005	0.004	3.2	4.6	<0.6	27	1.18	0.92
8	225°/250 m	1.9	0.004	<0.005	2.5	3.1	<0.6	12	2.20	1.34
9	225°/500 m	0.7	<0.005	0.006	2.9	4.3	<0.6	14	0.44	1.54
10	225°/1000 m	1.4	<0.005	0.006	2.4	3.4	<0.6	11	0.46	1.11
11	315°/250 m	1.9	<0.005	0.007	2.5	5.5	0.8	16	0.60	1.34
12	315°/500 m	2.2	<0.005	0.006	2.8	4.0	<0.6	23	0.62	1.40
13	315°/1000 m	1.2	0.019	0.008	2.7	4.1	0.7	19	0.52	1.45

The number of individuals and taxa is considerably lower than the baseline survey in 1997. The greatest reduction was registered at station 13, where there was also registered a decline in the content of pelite and fine sand in the sediment. This indicates that the station has been exposed to great physical disturbance which has led to a coarser sediment structure and a concomitant change in the fauna.

3.4 Oseberg Feltcenter

Oseberg Feltcenter is situated in block 30/9 at a depth of about 110 m. The sediment in the area consists mainly of fine sand.

Ether-based drilling fluid has been discharged at the field. Ether, together with the other hydrocarbons, was quantified as THC. THC concentrations significantly above the background level were found up to 1500 m from the installation in the main current direction. In the West/Southwest direction, elevated levels were found up to 350/500 m. In the north-eastern direction, THC-concentrations just above the calculated LSC were found at 750 m. The highest THC-concentration measured was about 600 mg/kg (300 m downstream). The gas chromatograms of the sediment extracts revealed that elevated contents of hydrocarbons were caused mainly by mineral oil that was partly broken down. Some ether could also be traced at the closest station.

In 1997, 4 stations in the main current direction were analysed for chemical parameters. Elevated THC contents were then found as far as 3000 m from the centre. The THC-concentrations at stations 9, 10 and 11 were comparable to the levels found in the 1997 survey. At station 12, the concentration had decreased, and thereby diminishing the area influenced by THC in the main current direction.

The area with elevated heavy metals concentrations extended out to about 750 m in the main current direction, 500 m towards Northeast and 350/500 m in West/Southwest direction. This represents a slightly smaller area compared to the area of elevated THC-concentrations. Near background levels of barium were found at the outermost stations of the transects. Compared to the results from the 1997 survey, the content of most heavy metals have increased at station 9 (135°/500 m) some increase is also seen at station 10 (135°/750 m). Similarly to THC, the content of some of the metals have decreased at station 12 (135°/3000). The concentrations of barium are comparable to the results from 1997 with the exception of a lower concentration at station 12.

On the basis of the various statistical analyses carried out on the data from Oseberg Feltcenter, three station groups were defined, according to the definitions in the introduction chapter. Station 8

(147°/300m) was placed in Group C (moderately disturbed fauna), station 7 (260°/350m) and station 9 (135°/500m) were placed in Group B (slightly disturbed fauna), while the rest of the field stations had undisturbed fauna (Group A). The distribution of these groups at the field is shown in Figure 2. Stations in Group C had the highest levels of heavy metals and THC in the sediment, while those in Group A had the lowest content. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters depth, fine sand, cadmium and zinc. The first axis was positively correlated with levels of cadmium and zinc in the sediment and the second axis was positively correlated with station depth. The distribution of stations along the first axis showed a gradient in relation to the petroleum activity in the area.

A range of biological- and sediment results for the stations at Oseberg Feltcenter, 1998 is shown in Table 8 and Table 9.

Table 8: Biological data for the stations at Oseberg Feltcenter, 1998.

St. no	Degrees/distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira flexuosa</i> ⁽²⁾	<i>Ditrupea arietina</i> ⁽¹⁾
Ref 1	315°/10000	705	84	4.6	179	87	28	10	0
4	315°/1500	394	71	5.3	4	23	0	0	8
6	315°/500	528	89	5.3	30	68	8	3	3
7	260°/350	1229	89	4.1	190	86	260	258	2
8	147°/300	1712	56	2.5	1	0	686	552	0
9	135°/500	774	75	3.6	47	4	320	123	5
10	135°/750	787	72	4.4	142	33	51	37	134
11	145°/1500	1566	98	3.4	697	297	14	97	6
12	135°/3000	2887	98	2.7	1076	1189	17	8	0
13	135°/5000	1966	97	2.8	857	605	9	2	0
15	55°/1500	1778	90	3.0	856	378	6	4	0
16	60°/750	1020	91	3.8	380	213	25	6	14
17	45°/500	480	71	4.6	23	50	93	3	2
19	250°/500	1274	97	4.0	318	340	60	15	4
21	225°/1500	2200	88	2.6	933	834	10	17	0

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 9: Sediment data for the stations at Oseberg Feltcenter, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelite
Ref 1	315°/10000 m	5.4	0.017	0.005	3.3	2.5	1.0	24	0.85	2.25
4	315°/1500 m	1.9	0.008	<0.005	3.2	3.3	0.7	30	0.36	1.47
6	315°/500 m	4.2	0.011	<0.005	3.3	4.4	1.2	104	0.47	1.44
7	260°/350 m	58.3	0.015	0.007	7.5	8.9	3.0	1084	0.84	2.33
8	147°/300 m	637	0.019	0.046	19.8	40.9	14.2	3341	1.08	6.38
9	135°/500 m	50.3	0.020	0.009	7.0	10.7	4.0	1186	0.67	2.35
10	135°/750 m	12.7	0.006	<0.005	4.3	8.0	1.5	370	0.66	1.54
11	145°/1500 m	10.0	0.008	0.004	4.3	4.7	1.2	311	0.70	1.91
12	135°/3000 m	6.3	<0.005	0.004	3.2	2.6	1.0	71	0.76	1.93
13	135°/5000 m	6.8	0.005	0.005	3.3	4.2	1.6	74	0.73	1.88
15	55°/1500 m	5.4	<0.005	0.006	3.2	2.8	0.9	45	0.71	1.56
16	60°/750 m	7.0	0.017	0.003	3.3	3.7	1.0	150	0.60	1.76
17	45°/500 m	8.5	0.019	0.008	3.1	5.5	1.0	225	0.47	1.98
19	250°/500 m	11.8	<0.005	0.009	4.6	6.1	2.0	321	0.76	1.46
21	225°/1500 m	6.5	0.005	0.008	3.1	3.4	1.3	83	0.90	2.26

In the 1996 survey, samples for sediment fauna analysis were collected at stations up to a distance of 1500 meters on the main transect. With the exception of the reference station where the number of individuals has decreased since 1996, the number of individuals has increased at the stations included in both surveys. The number of species is equal to or greater than those recorded in 1996. From 1996

to 1998 the condition within the fauna seems to have improved. Effects are now registered out to 500 meters to the south and 350 meters to the west. Station 8 was placed at 300 meters distance on the main transect in 1998 and 350 meters in 1996.

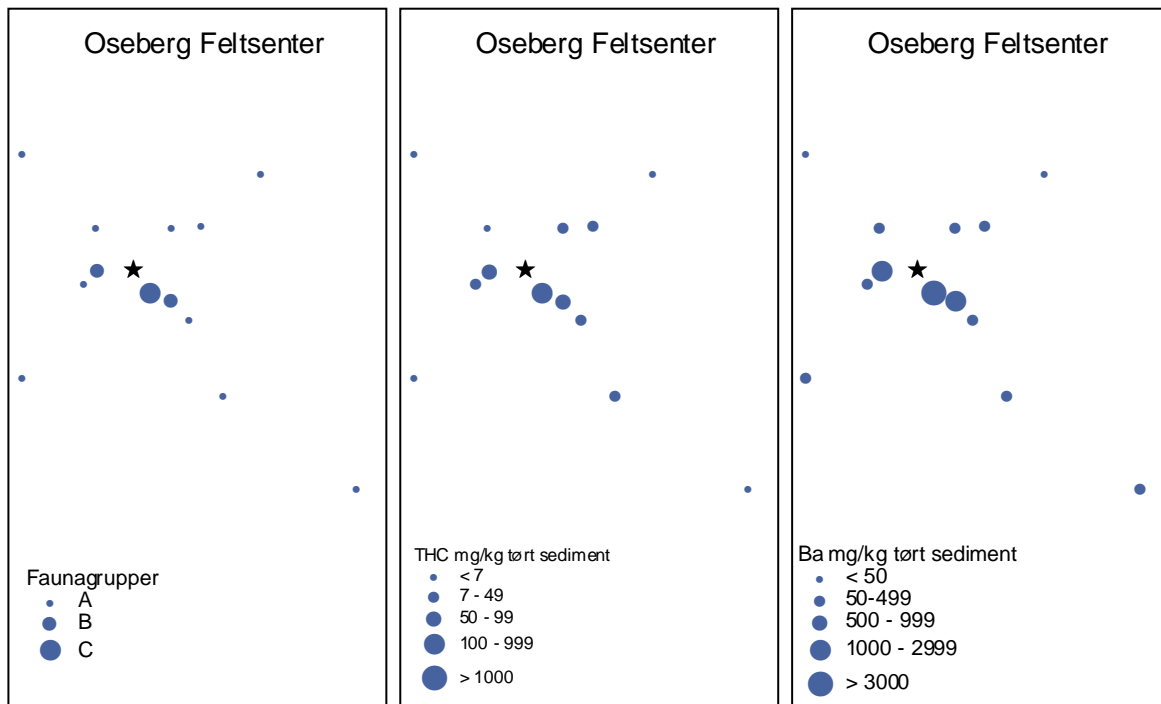


Figure 2: Distribution of faunal groups and amount of THC and Ba in the sediment at Oseberg Feltsenter 1998.

The distance along the transect and estimated area for faunal effects and contaminated sediment are shown in Table 10. 0.10 km² of the area at Oseberg Feltsenter has moderately disturbed fauna (Group C) while 0.32 km² has a slightly disturbed fauna (Group B).

Table 10: The distance along the transects and estimated area of contaminated sediment at Oseberg Feltsenter, 1998

Oseberg Feltsenter	SE	SW	NW	NE	km ²
Faunal group B	625	425	125	125	0.32
Faunal group C	400	125	125	125	0.10
THC	2250	750	250	750	2.95
Ba	7500	2250	750	1000	21.06
Other metals	1125	750	125	625	1.35

3.5 Oseberg C

Oseberg C is situated in block 30/6 at approximately 110 m depth. The sediment in the area consists mainly of fine sand.

Ether based drilling fluid has been discharged at the field. Ether, together with other hydrocarbons, was quantified as THC. THC concentrations significantly above the background level were found up to 2000 m from the centre in the main current direction. Along the other transects, elevated levels of THC were found up to 500 m from the centre. At stations 7 (150°/250 m) and 8 (180°/ 500 m), partly degraded mineral oil contributed the main bulk of the THC. At the other stations, elevated levels of THC were mainly caused by content of ether in the sediment.

Contents of aromatic hydrocarbons and decalins were examined at some stations. In contrast to the THC content, sediments at the 2000 m station in the main current direction did not reveal elevated levels of aromatics and decalins compared to the reference station.

Except for two of the outermost stations, the whole field had elevated concentrations of barium compared to the background level for the shallow area of the region. Elevated levels of the other metals were mainly limited to the 500 and 1000 m stations downstream and to the 250 m stations in the other directions. Increasing gradients towards the field centre were seen for all the chemical parameters.

The last survey measuring standard chemical parameters was performed in 1995. Only the stations in the main current direction overlap with stations included in the 1998 survey. As ether is quantified together with the other hydrocarbons as THC in the present survey, it is difficult to compare the 1995 results with those from 1998 even though parts of the ether content also contributed to the calculation of THC in 1995. In 1995, THC contents significantly greater than the background level were found up to 1500 m in the main current direction. The other stations were not disturbed. Compared to the specific ether- and biological survey performed in 1996, the content of ether in the sediments has decreased considerably. Contents of aromatics and decalins were examined at a few stations. At the 250 m station in the main current direction, the mean concentrations of the selected specific hydrocarbons have decreased compared to 1995.

There was a marked increase in the content of all the heavy metals at stations 7 and 8 in the present survey compared with the 1995 results.

On the basis of the various statistical analyses carried out on the data from Oseberg C, three station groups were defined according to the definitions in the introduction. Station 7 (150°/250m) and station 8 (180°/500m) were placed in Group C (moderately disturbed fauna), station 6, 9, 16, 17 (30°, 235° and 325°/250m and 150°/1000m) were placed in Group B (slightly disturbed fauna) while the rest of the field stations had undisturbed fauna (Group A). The distribution of these groups in the field is shown in Figure 3. Stations in Group C had the highest levels of pelitt, TOM, heavy metals and THC, while those in Group A had the lowest content. The CCA analysis showed a correlation between faunal distribution and the parameters depth, distance, fine sand, TOM and THC. First axis was negatively correlated with station depth and distance to the centre and positively correlated with TOM and THC in the sediment. The distribution of stations along the first axis showed a gradient of faunal disturbance which could be seen in relation to the petroleum activity in the area.

A range of biological- and sediment results for the stations at Oseberg C, 1998 are shown in Table 11 and Table 12.

In 1996, samples for sediment fauna analysis were collected at stations as far as 1500 meters along the main transect (150°). In the 1998 survey, samples were collected from 1000 meters (station 9) and 2000 meters (station 10) along the same transect. Influence on fauna was shown as far out as 1000 meters. How much of this area between these two that is contaminated is not known. Further, samples were not collected at the other stations in 1996, while the results from 1998 shows that all the stations at 250 m are disturbed by the petroleum activity.

Table 11: Biological data for the stations at Oseberg C, 1998.

St. no	Degrees/distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira flexuosa</i> ⁽²⁾	<i>Cirralulus cirratus</i> ⁽¹⁾
Ref.1	335°/9901	1246	101	3.6	494	318	1	0	0
4	335°/1000	3366	98	2.4	2035	548	14	3	0
5	335°/500	1088	98	4.4	286	178	93	61	7
6	325°/250	1156	76	3.8	2	0	327	277	19
7	180°/250	4271	63	2.3	1	0	2307	1084	28
8	150°/500	3166	75	2.5	1	0	2057	207	119
9	150°/1000	887	91	4.6	5	5	170	114	13
10	150°/2000	1279	87	3.6	291	485	4	2	0
11	150°/3520	1615	101	3.5	539	487	8	1	0
14	30°/1000	1146	98	3.5	513	214	10	1	1
15	30°/500	803	87	4.3	259	97	27	16	1
16	30°/250	1073	87	3.9	1	4	157	260	16
17	235°/250	2145	87	3.2	13	3	612	364	15
18	235°/500	3930	107	2.6	2149	844	69	25	8
19	235°/1000	3744	108	2.5	2005	983	6	3	0

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 12: Sediment data for the stations at Oseberg C, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelite
Ref 1	335°/9901 m	6.5	<0.005	0.006	3.4	4.0	<0.6	28	0.79	1.98
4	335°/1000 m	6.8	0.006	0.006	4.3	4.5	0.5	356	0.79	1.78
5	335°/500 m	24.7	0.004	0.007	4.9	4.4	1.3	369	0.74	0.90
6	325°/250 m	205	0.006	0.009	6.5	5.8	1.9	1162	0.87	2.30
7	180°/250 m	2100	0.013	0.031	24.4	17.9	7.0	3930	1.37	13.00
8	150°/500 m	316	0.010	0.018	11.8	17.6	5.0	2838	1.18	6.06
9	150°/1000 m	41.0	<0.005	0.008	7.2	4.7	1.3	949	0.85	2.11
10	150°/2000 m	9.9	<0.005	0.004	4.4	3.1	0.5	193	0.63	1.68
11	150°/3520 m	4.2	0.003	0.003	3.7	3.2	0.5	87	0.81	1.67
14	30°/1000 m	5.1	0.027	0.003	3.9	3.1	1.0	106	0.78	1.80
15	30°/500 m	15.0	0.005	<0.005	4.7	4.5	0.9	366	0.73	1.69
16	30°/250 m	80.1	0.005	0.013	7.7	13.3	5.0	806	0.82	2.45
17	235°/250 m	236	<0.005	0.004	6.1	6.2	1.6	966	0.82	2.39
18	235°/500 m	19.4	0.015	0.003	4.7	4.8	1.3	239	0.87	1.95
19	235°/1000 m	2.8	0.012	0.003	3.5	3.3	0.7	59	0.79	1.70

The distance along the transect and estimated area for faunal effects and contaminated sediment are shown in Table 13. 0.17 km² of the area at Oseberg C has moderately disturbed fauna (Group C) while 1.10 km² has slightly disturbed fauna (Group B).

Table 13: The distance along the transects and estimated area for contaminated sediment at Oseberg C, 1998.

Oseberg C	SE	SW	NW	NE	km ²
Faunal group B	1500	375	375	375	1.10
Faunal group C	750	125	125	125	0.17
THC	3000	750	750	750	4.42
Ba	3000	750	1500	1500	7.95
Other metals	1500	375	375	375	1.10

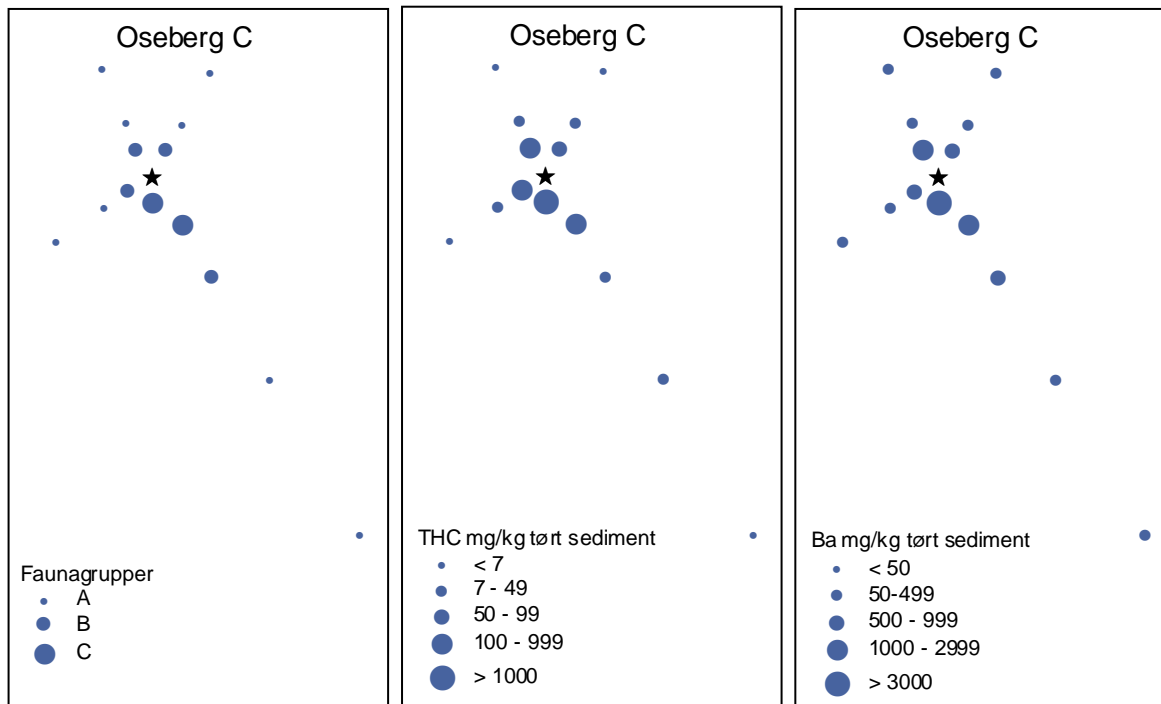


Figure 3: Distribution of faunal groups and amount of THC and Ba in the sediment at Oseberg C 1998.

3.6 Brage

Brage is situated in block 31/4 at approximately 140 m depth. The sediment in the area consists mainly of fine sand.

THC values significantly above field background-values were found at all stations except at stations 5 (330°/500 m) and 19 (240°/1000 m). Ether and olefins are quantified as part of THC. At stations with elevated THC-values, pseudo-oils were the main contributor to the high concentrations, though smaller amounts of partly degraded mineral oils could be detected in several of the sediment extracts. Station 7 (150°/250 m) revealed the highest concentrations of THC/pseudo-oils with 1848 mg/kg dry sediment. Comparison of the 1998 THC-values with the 1996 ether values indicates that the content of synthetic base fluids in the sediments has decreased.

Contents of aromatics and decalins were examined in the sediment from a few selected stations. The station situated 250 m in the main current direction was clearly contaminated by aromatics and decalins as concentrations several times higher than the 1995 survey were measured. On the other hand, a relatively small amount of THC was registered at this station in 1995 compared to the stations further out along the same transect.

The analyses of the heavy metals revealed that the sediment was contaminated out to 1000 m downstream and at the 250 m station towards the Northeast. Background levels of barium were found at the outermost stations of all transects except in the main current direction where elevated levels of barium were found out to the outermost station at 4000 m. Compared with the complete chemical survey from 1995, the contents of heavy metals have increased at stations 7 and 8 (150°/250-500 m). Concentrations of heavy metals in sediments from the other stations seem to be unchanged compared to the 1995 survey.

Sediment samples from the reference station and two other stations at the field were separately extracted before analysis for traces of the ester Ancogreen B. The ester was not detected in the

sediments. The concentration of Ancogreen B has thus decreased considerably compared to the 1996 survey when concentrations close to 3000 mg/kg were found in sediment at station 7.

The various statistical analyses carried out on the data from Brage suggest that the stations surveyed fall into three categories of faunal effects, according to the definitions in the introduction chapter. Station 7 (150°/250m) was placed in Group C (moderately disturbed fauna), stations 6, 8, 9, 10, 16 and 17 (250 m 60°, 240° and 330°; and 500, 1000 and 2000 m 150°) were placed in Group B (slightly disturbed fauna) while the rest of the field stations had undisturbed fauna (Group A). The distribution of these groups in the field is shown in Figure 4. Stations in Group C had the highest levels of heavy metals and THC in the sediment while those in Group A had the lowest content. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters depth, distance, pelite, fine sand, TOM and barium. First axis was positively correlated with distance to centre, and negatively correlated with the levels of barium and TOM in the sediment. Stations with disturbed fauna had negatively values on this axis while undisturbed stations and reference- and regional stations had positive values.

There has been a significant decrease in the number of species at station 7 (150°/250 m) since 1996. The situation at the station has become better since 1996, from highly disturbed (Group D) to moderately disturbed fauna (Group C) in 1998. The fauna is slightly disturbed (Group B) as far out as 2000 m along the main transect (150°) and 250m along the other transects. These stations were not surveyed in 1996.

A range of biological and sediment results for the stations at Brage, 1998 are shown in Table 14 and Table 15.

Table 14: Biological data for the stations at Brage, 1998.

St. no	Degrees/distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Capitella capitata</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira sarsi</i> ⁽²⁾
Ref 1	330°/15000	957	84	3.7	429	134	2	0	0
4	330°/1000	1186	86	3.7	379	257	12	0	0
5	330°/500	225	51	4.3	15	33	6	0	0
6	330°/250	980	73	3.7	166	202	20	1	292
7	150°/250	1273	52	2.6	2	3	81	53	731
8	150°/500	436	54	4.0	7	104	94	1	38
9	150°/1000	770	57	3.2	26	341	64	0	131
10	150°/2000	1386	88	3.8	222	314	65	1	180
11	150°/4000	736	83	4.2	155	203	11	0	0
14	60°/1000	771	79	3.7	266	202	4	0	0
15	60°/500	482	68	4.1	29	178	14	0	0
16	60°/250	1193	73	2.9	35	130	51	0	683
17	240°/250	1125	73	3.6	154	239	37	0	376
18	240°/500	487	60	3.6	22	114	8	0	0
19	240°/1000	559	84	4.4	141	76	2	0	0

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 15: Sediment data for the stations at Brage, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 1	330°/15000m	5.4	<0.005	0.006	3.3	4.0	0.8	51	0.89	1.87
4	330°/1000 m	36.1	<0.005	0.006	3.6	4.0	0.8	80	0.91	2.55
5	330°/500 m	6.4	<0.005	0.015	3.0	4.8	0.9	120	0.93	23.67
6	330°/250 m	13.4	<0.005	0.007	3.6	4.9	1.0	418	0.94	1.71
7	150°/250 m	1848	0.027	0.077	30.8	26.3	11.9	4362	1.48	9.13
8	150°/500 m	264	0.009	0.045	11.0	17.0	5.9	2736	1.63	13.33
9	150°/1000 m	168	0.005	0.014	5.7	5.8	1.9	2297	0.78	11.61
10	150°/2000 m	24.7	0.004	0.009	5.0	4.9	1.0	876	0.84	15.54
11	150°/4000 m	9.8	0.007	0.009	4.4	4.7	0.6	197	0.85	4.28
14	60°/1000 m	8.8	0.011	0.006	3.5	3.9	<0.6	61	0.75	3.10
15	60°/500 m	13.7	<0.005	0.007	3.3	3.7	0.5	261	0.68	2.67
16	60°/250 m	72.6	0.003	0.012	7.8	5.5	2.0	3308	0.99	4.49
17	240°/250 m	20.4	<0.005	0.007	3.7	3.5	0.5	480	0.75	2.06
18	240°/500 m	8.7	0.013	0.007	2.8	3.6	0.6	71	0.73	10.46
19	240°/1000 m	6.6	0.003	0.010	3.1	3.3	0.8	65	0.92	10.21

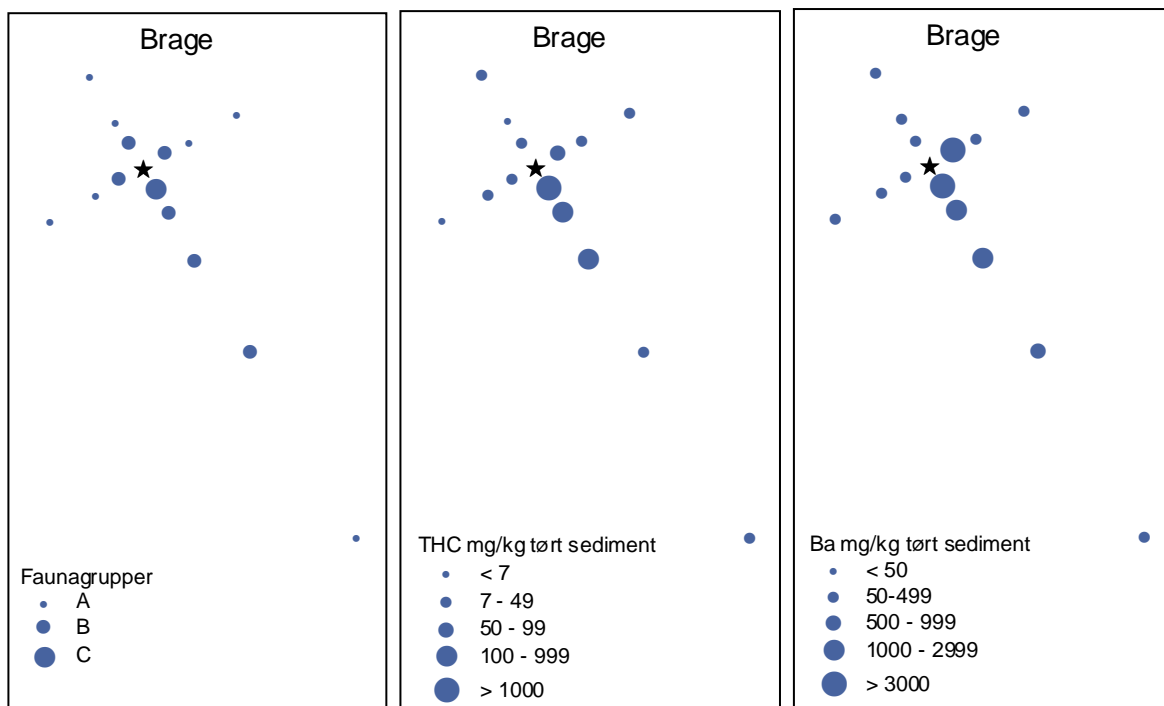


Figure 4: Distribution of faunal groups and amount of THC and Ba in the sediment at Brage 1998.

The distance along the transect and estimated area for faunal effects and contaminated sediment are shown in Table 16. 0.10 km² of the area at Brage has moderately disturbed fauna (Group C) while 1.99 km² has slightly disturbed fauna (Group B).

Table 16: Distribution along the transects and estimated area for contaminated sediment at Brage, 1998.

Brage	SE	SW	NW	NE	km ²
Faunal group B	3000	375	375	375	1.99
Faunal group C	375	125	125	125	0.10
THC	5000	750	375	2000	11.56
Ba	5000	375	750	750	5.08
Other metals	1500	125	125	375	0.64

3.7 Veslefrikk

Veslefrikk is situated in block 31/3 at 170 - 180 m depth. The sediment consists mainly of fine sand.

Concentrations of THC and aromatic hydrocarbons significantly above the reference station were found to a distance of 2500 m in the main current direction towards Southeast. Along the other transects, elevated levels of THC were measured as far as 500 m from the centre. At the most contaminated stations, traces of partly degraded mineral oil were found in the sediment extracts. Traces of the olefin-based basefluid Ultidrill were seen in the sediment extracts up to 2500 m in the main current direction.

The highest content of THC (521 mg/kg) was found at station 5 (140°/250 m). The vertical distribution of hydrocarbons in the sediment from station 5 revealed that the deeper sediment layers contained higher concentrations of oil. This is consistent with previous field history when THC values above 6000 mg/kg were reported at this station.

All field stations had significantly higher concentrations of zinc, copper and barium than the Veslefrikk reference station. Elevated levels of lead and cadmium were found up to 2500 m and 5000 m, in the main current direction and up to 500 m along the other transects. The sediment at Veslefrikk is somewhat different from those at the regional stations at the slope. If the background level from the regional stations at the slope is used to assess the area of significant contamination, the area of contaminated sediment extends out to 1000 m in the main current direction and out to 500 m along the other transects.

A marked decrease in the content of heavy metals and THC/aromatic hydrocarbons was measured at the closest stations in the main current direction between the 1995 and 1996 survey. In 1995, the metal concentrations at these locations were close to the background level and the maximum THC concentration measured was 100 mg/kg dry sediment. Compared to the 1995 survey, the levels of heavy metals in the present survey have increased tenfold at the closest stations in the main current direction. Compared to the 1994 results, conversely, concentrations have decreased at the most contaminated station, station 5 (140°/250 m). At station 4 (140°/500 m), there was also a decrease in the levels of some of the parameters. The sediment concentrations at station 3 (140°/1000 m) are comparable to the 1994 results.

The levels of hydrocarbons (THC, aromatics and decalins) in the present survey are similar to the values reported in 1994 and conform to the trends from 1994 and 1992. (Results from previous years are presented in the appendix accompanying the main report).

The various statistical analyses carried out on the data from Veslefrikk suggest that the stations surveyed fall into three categories of faunal groups according to the definitions in the introduction. Stations 4 and 5 (140° /250 – 500 m) were placed in Group C (moderately disturbed fauna), station 3 (140° /1000 m) was placed in Group B (slightly disturbed fauna) while the rest of the field stations had undisturbed fauna (Group A). The distribution of these groups at the field is shown in Figure 5. Stations in Group C had the highest levels of TOM, heavy metals and THC in the sediment, while those in Group A had the lowest content. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters distance, pelite, fine sand, barium, cadmium and mercury. First axis was positively correlated with distance to centre, and negatively correlated to the levels of mercury and cadmium in the sediment. THC had a high inter-correlation with mercury, indicating that this parameter also was an important factor on faunal distribution on the field. Stations with disturbed fauna had negative or slightly positive values on this axis while undisturbed stations and reference and regional stations had higher positive values.

The total number of individuals showed a marked decrease at stations 4 and 5 compared to the 1993 survey. In the 1993 survey, the fauna was disturbed up to 1000 m on 150° (main transect) and 240° transect and to 500 m along the other transects. In 1998, there was no change in this pattern on the main transect while, the fauna was undisturbed on the other transects (stations at 250 m was not surveyed in 1998). It seems that the environmental situation has generally improved over the last five years.

A range of biological and sediment results for the stations at Veslefrikk, 1998 are shown in Table 17 and Table 18.

Table 17: Biological data for the stations at Veslefrikk, 1998.

St. no	Degrees/ distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Myriochele oculata</i> ⁽¹⁾	<i>Owenia fusiformis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Capitella capitata</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira sarsi</i> ⁽²⁾
1	150°/5000	1438	141	5.5	106	85	1	0	0
2	150°/2500	1777	148	5.7	97	74	17	0	0
3	140°/1000	3478	144	4.7	19	32	853	0	180
4	140°/500	5424	100	2.7	0	0	3141	38	890
5	140°/250	5097	64	2.6	1	0	2222	1204	704
6	60°/500	1422	140	5.6	32	26	20	0	0
7	60°/1000	1209	136	5.8	32	19	5	0	0
8	260°/1000	1945	113	3.6	834	278	6	0	0
9	260°/500	1446	133	5.2	246	120	20	0	0
10	330°/500	1422	129	5.3	278	113	19	0	0
11	330°/1000	1791	107	4.0	603	243	2	0	0
Ref 12	330°/5000	1096	93	4.3	361	143	8	0	0

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 18: Sediment data for the stations at Veslefrikk, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 12	330°/5000 m	10.4	0.006	0.021	4.0	6.4	1.0	146	1.27	2.95
1	150°/5000 m	12.9	0.007	0.030	4.1	9.2	1.7	516	1.81	14.69
2	150°/2500 m	22.0	0.006	0.027	6.3	11.0	2.0	1043	2.18	10.03
3	140°/1000 m	78.0	0.015	0.038	19.1	24.9	6.1	3284	2.70	6.58
4	140°/500 m	149	0.049	0.088	37.5	85.2	23.2	3799	3.34	13.25
5	140°/250 m	521	0.048	0.289	78.6	151	60.8	2785	3.70	9.34
6	60°/500 m	32.6	0.009	0.031	11.7	13.5	2.4	2112	2.39	10.93
7	60°/1000 m	7.7	0.006	0.026	5.4	9.7	1.3	758	2.00	8.30
8	260°/1000 m	8.4	0.006	0.019	4.4	7.3	1.4	369	1.29	3.41
9	260°/500 m	14.6	0.010	0.038	4.9	10.0	1.9	689	1.67	4.52
10	330°/500 m	26.8	0.010	0.027	6.7	13.9	3.5	1476	1.75	5.44
11	330°/1000 m	10.6	0.006	0.023	4.7	7.7	1.3	608	1.44	4.31

The distance along the transect and estimated area for faunal effects and contaminated sediment are shown in Table 19. 0.17 km² of the area at Veslefrikk has moderately disturbed fauna (Group C) while 0.32 km² has slightly disturbed fauna (Group B).

Table 19: Distance along the transects and estimated area for contaminated sediment at Veslefrikk 1998.

Veslefrikk	SE	SW	NW	NE	km ²
Faunal group B	1500	125	125	125	0.32
Faunal group C	750	125	125	125	0.17
THC	3750	750	750	750	5.30
Ba	7500	1500	1500	1500	21.21
Other metals	3750	750	750	750	5.30

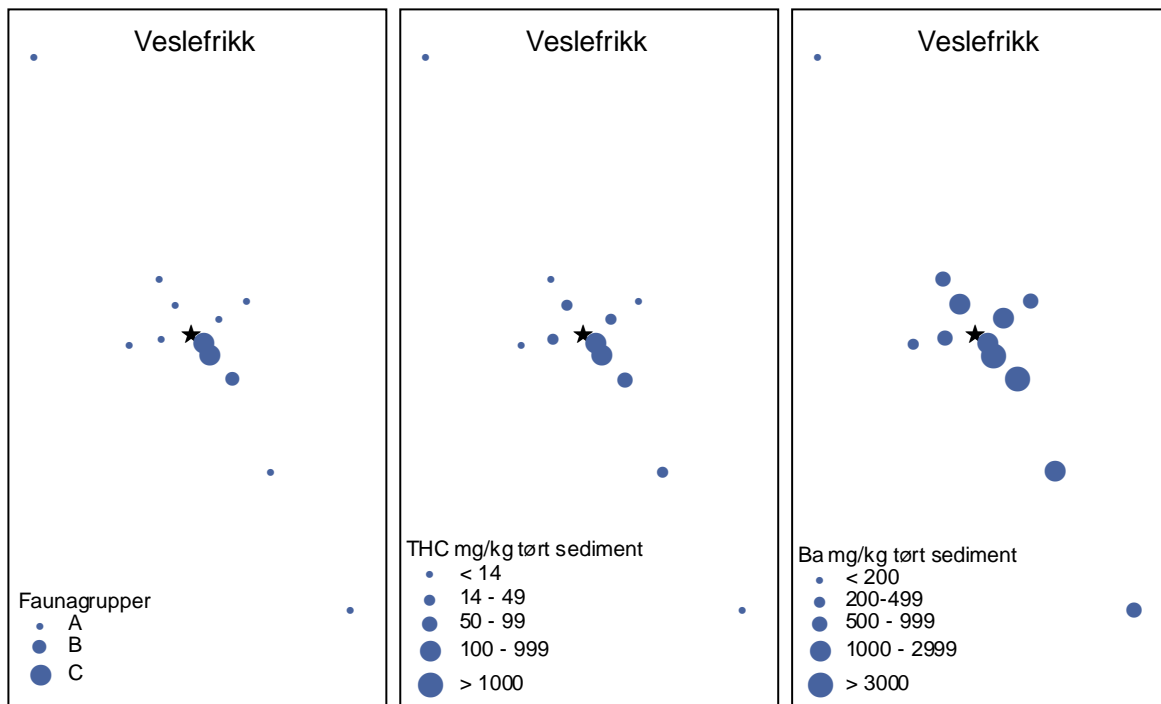


Figure 5: Distribution of faunal groups and amount of THC and Barium in the sediment at Veslefrikk 1998.

3.8 TOGI

TOGI (Troll-Oseberg gas injection) is situated in block 31/2 at approximately 305 m depth. The sediment in the area consists mainly of pelite with a high organic matter content.

Analysis of the sediments from the TOGI field revealed that the area was relatively homogenous with respect to hydrocarbon levels in the sediment. Station 1 (0°/250 m) had a THC level just above the calculated LSC. All the stations showed considerably lower THC concentration in 1998 compared to the 1996 survey. The observed differences are not due to natural year to year variations in the sediments, but rather are explained by methodological differences in sampling and analysis.

The content of aromatic hydrocarbons and decalins were examined at selected stations at the field and showed concentrations similar to those found at the reference station. At the same stations, the vertical distribution of hydrocarbons in the sediments was comparable to natural variations in the area.

None of the stations at the TOGI field were significantly contaminated with the heavy metals lead, zink or copper. Station 6 (180°/500 m) had a cadmium level just above the background level for the deep area of the region. The analysis showed no significant change in the content of lead compared with the 1996 survey. Concentrations of copper, zink and cadmium were slightly increased at some

stations, but with no observable gradients towards the field centre. All stations at TOGI contained barium concentrations that were significant higher than the background values for the field reference station and the deep part of the region. Compared to the 1996 results, the concentration of barium was higher at the stations situated 250 to 500 m from the installation the in Northern, Western and Southern directions.

The various statistical analyses carried out on the data from TOGI suggested that the fauna at all stations was undisturbed by the petroleum activity and is thereby placed in Group A according to the definitions in the introduction.

The fauna was evenly distributed within the area, with great similarity between the stations and high diversity. The polychaete *Chaetozone setosa*, known as an indicator species of organically enriched areas, occurred in relatively high numbers at the stations in the deeper part of the region. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters station depth and content of pelite in the sediment. Even though relatively high levels of barium were measured at some stations, indicating contributions of drilling mud to the sediment, there were no indications of detrimental effects to the fauna in the area.

A range of biological and sediment results for the stations at TOGI, 1998 are shown in Table 20 and Table 21.

Table 20: Biological data for the stations at TOGI, 1998.

St. no	Degrees/ distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Heteromastus filiformis</i> ⁽¹⁾
1	0°/250	781	105	5.5	71	90	35	39
2	0°/500	464	76	4.9	64	4	105	1
3	135°/250	639	84	5.3	63	71	42	11
4	135°/500	562	74	5.2	57	39	57	28
5	180°/250	734	90	5.3	62	71	59	33
6	180°/500	487	69	5.1	34	34	81	12
7	270°/500	643	98	5.4	52	51	62	35
8	270°/1000	573	84	5.3	46	62	36	34
9	270°/2000	696	93	5.3	75	58	32	36
10	335°/250	638	95	5.5	61	61	38	11
Ref.11	90°/10000	568	72	5.2	51	54	20	21

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 21: Sediment data for the stations at TOGI, 1998

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 11	90°/10000m	1.8	0.042	0.083	37.1	74.6	14.3	231	10.42	97.5
1	0°/250 m	5.1	0.035	0.086	37.7	73.1	14.8	2005	10.62	95.6
2	0°/500 m	2.8	0.033	0.080	29.9	67.1	12.4	655	10.90	92.3
3	135°/250 m	2.6	0.030	0.085	28.9	62.1	13.0	648	10.80	94.8
4	135°/500 m	3.2	0.057	0.071	37.1	68.0	13.1	519	11.34	95.3
5	180°/250 m	2.8	0.038	0.087	39.0	73.6	14.8	1897	10.43	93.5
6	180°/500 m	3.7	0.034	0.112	30.7	65.3	13.0	703	9.26	94.6
7	270°/500 m	1.0	0.029	0.097	33.1	64.0	13.6	1153	9.58	95.3
8	270°/1000 m	3.2	0.033	0.108	34.9	70.3	13.2	564	10.55	95.5
9	270°/2000 m	2.8	0.032	0.100	33.0	64.3	12.7	425	10.17	95.2
10	335°/250 m	3.1	0.042	0.097	41.8	75.3	14.9	2233	10.04	96.1

The distance along the transects and estimated area for contaminated sediment are shown in Table 22. There were no signs of THC contamination or disturbed fauna in the area. The distribution of barium in the area is also shown in Figure 6.

Table 22: Distance along the transects and estimated area for contaminated sediment at TOGI 1998.

TOGI	S	w	N	E	km ²
Ba	750	3000	750	750	4,42

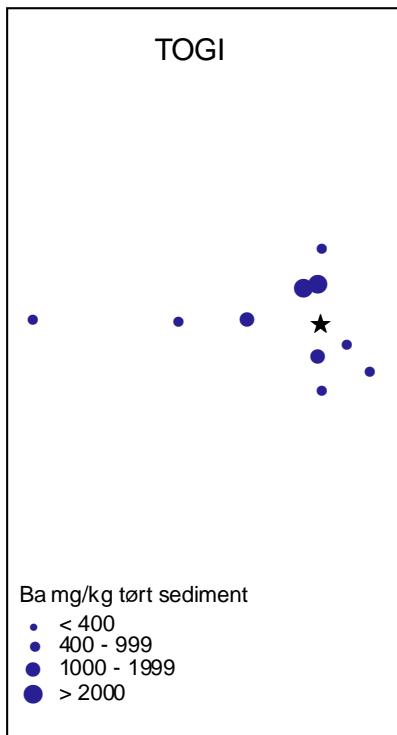


Figure 6 : Distribution of Ba in the sediment at TOGI, 1998.

There has been a marked increase in the number of individuals and species at all stations at TOGI since 1996. The reason for this is uncertain but, as there is no indication of faunal effects in the area, it is concluded to be a result of natural variation or differences in the methods used in the two surveys.

3.9 Troll A

Troll A is situated in block 31/2 at approximately 305 m depth. The sediment in the area consists mainly of pelite with a high content of organic matter.

The chemical analysis carried out on sediment from the Troll A field revealed that the area was relatively homogenous with respect to content of hydrocarbons in the sediment. The only station with an average THC level significantly exceeding the background level of the deep part of Region III was station 2 (270°/500m). All the stations showed considerably lower THC concentrations in 1998 compared to the 1996 survey. The observed differences are not due to natural year to year variations in the sediments, but rather are explained by methodological differences in sampling and analysis.

The content of aromatic hydrocarbons and decalins examined from selected stations at the field, were at levels comparable with the concentration found at the reference station. The vertical distribution in the sediment revealed hydrocarbon concentrations within the natural variation of the area.

The levels of cadmium, lead and zink on Troll A stations were not significantly higher than the background level for the deep part of Region III. A few stations had copper and mercury concentrations just above the background level. Compared with the 1996 result, there was a general increase in zink and copper at field stations, while lead concentrations increased at half of the stations. Also the amount of copper was elevated at the reference station. The levels of barium had increased at all stations compared to the 1996 results and the concentration of barium showed an increasing trend toward the field centre.

The various statistical analyses carried out on the data from Troll A suggested that the fauna at all stations were undisturbed by the petroleum activity and thereby were placed in Group A according to the definitions in the introduction.

The fauna was evenly distributed within the area, with great similarity between the stations and high diversity. The polychaete *Chaetozone setosa*, known as an indicator species of organically enriched areas, occurred in relatively high numbers at the stations in the deeper part of the region. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters station depth and content of pelite in the sediment. Even though relatively high levels of barium were measured at some stations, indicating contributions of drilling mud to the sediment, there were no indications of detrimental effects to the fauna in the area.

There was a marked decrease in numbers of individuals and taxa at each station from 1994 to 1996 followed by an increase again between 1996 and 1998. The number of individuals was still lower in 1998 than 1994. The reason for this is uncertain but, as there is no indication of faunal effects in the area, it is believed to be a result of natural variation and/or differences in the methods used in the two surveys.

A range of biological and sediment results for the stations at Troll A, 1998 are shown in Table 23 and Table 24.

Table 23: Biological data for the stations at Troll A, 1998.

St. no	Degrees/ distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Paradiopatra quadricuspis</i> ⁽¹⁾
1	270°/1000	515	91	5.6	39	29	25	20
2	270°/500	498	97	5.6	34	32	21	32
3	270°/250	567	95	5.5	53	32	37	46
4	360°/250	601	97	5.4	19	57	34	58
5	360°/500	580	90	5.6	47	64	29	28
6	360°/1000	530	92	5.5	35	34	48	42
7	45°/500	537	94	5.5	19	38	19	26
8	140°/800	492	96	5.6	30	33	31	28
9	180°/250	465	94	5.6	32	31	20	40
10	180°/500	630	88	5.2	82	78	24	46
11	180°/1000	595	86	5.5	61	45	24	34
Ref 12	180°/10000	599	87	5.5	47	43	24	31

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 24: Sediment data for the stations at Troll A, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 12	180°/1000m	1.2	0.031	0.085	36.0	72.2	14.2	337	11.17	97.24
1	270°/1000 m	2.3	0.032	0.087	32.3	67.7	12.8	615	8.70	91.82
2	270°/500 m	8.0	0.032	0.080	36.5	69.4	13.4	1064	10.17	93.18
3	270°/250 m	3.6	0.034	0.087	39.5	73.3	16.9	3335	9.22	92.84
4	360°/250 m	1.7	0.045	0.071	32.2	63.3	15.3	3612	9.46	92.22
5	360°/500 m	2.1	0.034	0.103	38.1	67.3	13.1	1430	10.04	93.35
6	360°/1000 m	2.8	0.042	0.101	36.5	65.2	13.0	863	11.88	90.84
7	45°/500 m	3.4	0.032	0.096	36.2	66.9	13.4	1679	11.51	92.76
8	140°/800 m	2.7	0.030	0.098	33.7	63.5	12.9	818	11.75	92.08
9	180°/250 m	3.4	0.032	0.093	36.8	64.1	14.9	3026	11.10	93.23
10	180°/500 m	1.2	0.043	0.092	36.6	69.9	14.6	1373	11.47	87.60
11	180°/1000 m	0.7	0.026	0.087	30.4	62.2	12.8	526	11.16	90.07

The distance along the transects and the estimated area of contaminated sediment are shown in Table 25. The amount of barium in the area is also shown in Figure 7. There were no signs of THC contamination or disturbed fauna in the area.

Table 25: Distance along the transects and estimated area of contaminated sediment at Troll A, 1998.

Troll A	S	W	N	E	km ²
Ba	1500	1500	1500	750	5.30

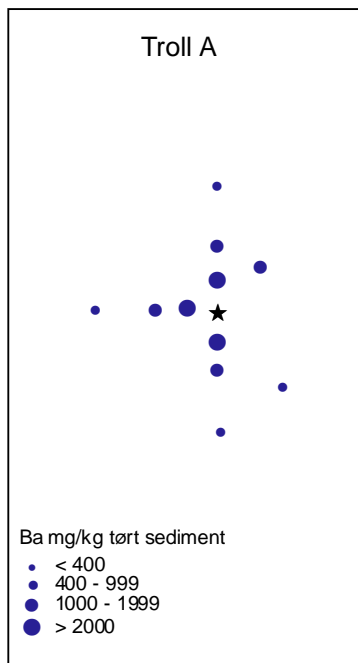


Figure 7: Distribution of Ba in the sediment at Troll A, 1998.

3.10 Troll B

Troll B is situated in block 31/2 at 320 - 340 m depth. The sediment in the area consists mainly of pelite with a high organic matter content.

The chemical analyses carried out on sediments from the Troll B field revealed that the area was relatively homogenous with respect to the content of hydrocarbons in the sediment. The reference station for Troll C is also used as a field specific reference station for Troll B. No station revealed THC values significantly above the reference station. The THC content at six of the stations were significantly higher than the background level calculated for the deep part of the Region III. There was a decline in THC levels at stations 35 (230°/300m) and 47 (325°/450 m) compared with the 1995 results. In 1995, these stations had exhibited distinctively high values of THC. At the other stations, the THC concentrations were similar to previously reported values.

The content of aromatic hydrocarbons and decalins were examined from selected stations at the field. The aromatic hydrocarbon concentrations were at levels comparable with the concentration at the reference station, while the concentration of decalins in the sediment was elevated at station 21 (120°/250 m). As expected from the field history, there was an even distribution and low levels of hydrocarbons in the sediment.

At the Troll C reference station, the levels of heavy metals in the sediment were generally higher than the neighbouring regional stations and other reference stations. The heavy metal level at the Troll C reference station was generally higher than the neighbouring regional stations and reference stations. None of the field stations at Troll B had concentrations of heavy metals in the sediments that were significantly above the actual reference station or the background level calculated for the deep part of the region. All stations were significantly contaminated with barium, with values above 1000 mg/kg at four of the stations. Compared with the 1995 results, there was a pronounced increase of barium concentration at stations 35 (230°/300 m), 43 (140°/250 m), 44 (140°/250 m) and 47 (325°/450 m), while for the other stations only minor changes occurred.

The various statistical analyses carried out on the data from Troll B suggested that the fauna at all stations was undisturbed by the petroleum activity and were therefore placed in Group A according to the definitions in the introduction.

The fauna was evenly distributed within the area, with great similarity between the stations and high diversity. The polychaete *Chaetozone setosa*, known as an indicator species of organically enriched areas, occurred in relatively high numbers at the stations in the deeper part of the region. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters station depth and content of pelite and cadmium in the sediment. However, the levels of cadmium is very low at all stations. Even though relatively high levels of barium were measured at some stations, indicating contribution of drilling mud to the sediment, there were no indications of detrimental effects to the fauna in the area.

A small decrease in the number of individuals and taxa was registered from 1995 to 1998.

A range of biological and sediment results for the stations at Troll B, 1998 are shown in Table 26 and Table 27.

Table 26: Biological data for the stations at Troll B, 1998.

St. no	Degrees/distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Paradiopatra quadricuspis</i> ⁽¹⁾
4	163°/250	484	87	5.2	34	23	83	18
7	130°/300	734	87	5.4	43	59	36	53
21	120°/250	764	106	5.5	50	61	26	45
26	150°/250	651	100	5.6	32	58	43	50
32	163°/250	658	88	5.4	42	69	37	65
33	120°/250	566	94	5.6	38	35	18	57
35	230°/300	693	94	5.5	25	49	38	40
41	163°/250	659	94	5.5	21	56	32	53
43	140°/250	565	91	5.6	20	30	27	49
44	140°/250	700	96	5.5	54	57	19	55
47	325°/450	606	81	5.2	13	61	20	38
50	130°/450	620	102	5.7	48	45	25	33
Ref.		547	74	5.2	16	51	30	29

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 27: Sediment data for the stations at Troll B, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
4	163°/250 m	1.9	0.021	0.089	21.6	48.3	11.1	730	9.37	88.24
7	130°/300 m	3.9	0.027	0.095	29.3	55.3	12.1	1007	9.88	89.47
21	120°/250 m	3.9	0.028	0.098	32.3	59.4	12.6	1552	9.15	92.25
26	150°/250 m	2.9	0.030	0.096	32.0	57.8	12.8	948	9.24	93.24
32	163°/250 m	2.5	0.036	0.097	35.8	62.1	12.6	511	10.06	94.42
33	120°/250 m	2.9	0.036	0.100	38.0	69.6	14.4	795	10.18	96.56
35	230°/300 m	3.5	0.035	0.088	33.5	65.4	14.7	802	10.41	96.38
41	163°/250 m	1.6	0.037	0.098	39.2	70.9	14.6	544	10.69	97.56
43	140°/250 m	4.1	0.039	0.085	34.4	69.3	15.9	827	9.02	96.35
44	140°/250 m	4.3	0.028	0.087	29.7	60.8	18.4	2420	8.29	90.98
47	325°/450 m	4.2	0.029	0.077	25.4	52.1	12.3	2106	8.93	88.42
50	130°/450 m	5.4	0.031	0.080	24.6	53.2	10.7	794	5.87	84.20

3.11 Troll C

Troll C is situated in block 31/2 at 340 - 350 m depth. The sediment in the area consists mainly of pelite with a high organic matter content.

The chemical analyses carried out on sediments from Troll C field revealed that the area was relatively homogenous with respect to contents of hydrocarbons in the sediment. The average THC values at four of the stations were significantly higher than the background level at the reference station. The sediment extract on one of the replicates at station 8 (180°/1000 m) had alkane peaks that are characteristic for mineral oil. Average values of the THC measurements contain a high standard deviation. Compared to the previous survey in 1997, there was no significant change in THC concentrations in the sediments except for station 8.

The levels of aromatic compounds and decalins at Troll C was elevated at one of the station compared to the background level. The vertical distribution of hydrocarbons in the sediment was within the levels of natural variation in the area.

The Troll C field had heavy metal concentrations comparable with background levels. No stations were significantly contaminated with respect to the chosen metals. Contrary to the other Troll fields, barium concentrations at Troll C also revealed a uniform distribution. Even though some stations

revealed barium concentrations over the calculated LSC, the highest average barium concentration measured was just above 400 mg/kg.

The various statistical analyses carried out on the data from Troll C suggested that the fauna at all stations was undisturbed by the petroleum activity and were therefore placed in Group A, according to the definitions in the introduction.

The fauna was evenly distributed within the area, with great similarity between the stations and high diversity. The polychaete *Chaetozone setosa*, known as an indicator species of organically enriched areas, occurred in relatively high individual numbers at the stations in this part of the region. The CCA analysis showed a correlation between fauna distribution and the parameters station depth and content of cadmium in the sediment. However, the levels of cadmium is very low at all stations. There is no evidence of sediment contamination or influenced fauna in the area.

The numbers of individuals and taxa registered in the two surveys carried out at Troll C in 1997 and 1998 are very similar.

A range of biological and sediment results for the stations at Troll C, 1998 are shown in Table 28 and Table 29.

Table 28: Biological data for the stations at Troll C, 1998.

St. no	Degrees/distance	No of ind.	No of taxa	H'	<i>Clymenura borealis</i> ⁽¹⁾	<i>Chaetozone setosa</i> ⁽¹⁾	<i>Thyasira ferruginea</i> ⁽²⁾	<i>Paradiopatra quadricuspis</i> ⁽¹⁾
1	180°/1000	725	94	5.4	34	41	46	50
3	180°/1000	547	74	5.2	23	40	58	44
7	0°/1000	571	77	5.3	13	26	46	27
8	180°/1000	563	77	5.3	23	23	54	37
9	0°/1000	745	88	5.4	24	21	68	30
19	180°/1000	699	84	5.4	33	41	42	49
20	90°/1000	649	85	5.3	45	32	53	37
21	90°/1000	616	83	5.3	33	28	58	26
24	180°/1000	513	71	5.3	21	37	42	23
Ref 1	331,8°/16939	547	74	5.2	16	30	51	29

⁽¹⁾ Polychaeta ⁽²⁾ Mollusc

Table 29: Sediment data for the stations at Troll C, 1998.

Station	Position	THC	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ba	TOM	Pelitt
Ref 1	331.8°/16939m	4.6	0.045	0.110	46.5	83.7	16.4	346	12.40	98.34
1	180°/1000 m	7.6	0.031	0.108	42.8	80.8	15.3	469	12.52	95.43
3	180°/1000 m	7.7	0.033	0.097	44.9	80.3	16.0	377	10.28	98.99
7	0°/1000 m	9.7	0.032	0.102	45.9	86.3	17.0	379	11.07	97.13
8	180°/1000 m	15.8	0.062	0.091	44.1	79.9	16.2	368	12.09	99.24
9	0°/1000 m	4.8	0.038	0.095	48.3	86.0	17.5	396	12.70	99.18
19	180°/1000 m	4.9	0.033	0.086	38.4	74.5	14.3	421	10.70	96.89
20	90°/1000 m	4.2	0.036	0.094	40.9	75.6	15.5	404	11.00	98.23
21	180°/1000 m	5.5	0.036	0.099	46.4	80.8	15.4	327	13.71	99.17
24	90°/1000 m	3.8	0.034	0.101	42.7	82.8	15.9	364	10.62	97.97