

MILJØUNDERSØKELSE

STATOIL/SHELL/HYDRO

MILJØOVERVÅKING REGION VI - HALTENBANKEN
2003

SAMMENDRAGSRAPPORT

RAPPORT NR. 2004-0316

REVISJON NR. 01

DET NORSKE VERITAS



SAMMENDRAGSRAPPORT

DET NORSKE VERITAS AS
DNV Consulting

Veritasveien 1
1322 Høvik
Norway
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
<http://www.dnv.com>
Org. No: NO945 748 931 MVA

Dato for første utgivelse: 2004-03-25	Prosjekt nr.: CONNO63502365
Godkjent av: Magne Tørhaug Regional Leader	Organisasjonsenhet: DNV Consulting
Oppdragsgiver: STATOIL ASA Stavanger	Oppdragsgiver ref.: Karl Henrik Bryne

Sammendrag:

Sammendragsrapporten oppsummerer resultater fra den regionale miljøundersøkelsen på Region VI – Haltenbanken 2003. Totalt inngår 10 felt og 8 regionale stasjoner i undersøkelsen.

Sediment er samlet inn fra 199 stasjoner fordelt på følgende felt: Norne, Åsgard, Njord, Draugen, Heidrun, Garn Vest, Garn Central, Mikkel, Kristin og Rogn Sør.

De viktigste undersøkelsesparametrene har vært:

- Makrofauna
- Kornstørrelsesfordeling/organisk innhold
- THC/NPD/PAH/dekaliner
- Metaller

Rapporten består av tre deler: Hovedrapport (DNV rapport nr. 2004-0218), Sammendragsrapport (norsk - DNV rapport 2004-0316)/(engelsk - DNV report no. 2004-0317) og Vedleggsrapport (DNV rapport 2004-0312).

Rapport nr.: 2004-0316	Emnegruppe: Marin overvåking	
Rapporttittel: Miljøovervåking Region VI - Haltenbanken 2003. Sammendragsrapport.		
Utført av: Nøland, S. A., Bakke, S. M., Gjøs, N., Orelid, F., Møskeland, T.		
Verifisert av: Tor Jensen		
Dato for denne revisjon: 2004-03-25	Rev. nr.: 01	Antall sider: 73

Indekseringstermer

Sediment
Bunnfauna
Hydrokarboner
Offshore

☒ Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, dvs. fri distribusjon innen DNV etter 3 år

☐ Strengt konfidensiell

☐ Fri distribusjon

***Innholdsfortegnelse******Side***

1	SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	5
2	INNLEDNING	9
3	FELTARBEID OG METODER.....	11
4	RESULTATER OG DISKUSJON	13
4.1	Regionale stasjoner	13
4.1.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	13
4.1.2	Biologi	15
4.2	Norne	17
4.2.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	17
4.2.2	Biologi	19
4.3	Åsgard	22
4.3.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	22
4.3.2	Biologi	24
4.4	Heidrun	27
4.4.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	27
4.4.2	Biologi	29
4.5	Draugen	31
4.5.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	31
4.5.2	Biologi	32
4.6	Garn Vest	34
4.6.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	34
4.6.2	Biologi	36
4.7	Garn Central	38
4.7.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	38
4.7.2	Biologi	39
4.8	Njord	40
4.8.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	40
4.8.2	Biologi	42
4.9	Mikkel	45
4.9.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	45
4.9.2	Biologi	47
4.10	Rogn Sør	50
4.10.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	50
4.10.2	Biologi	51
4.11	Kristin	53
4.11.1	Kornstørrelse og kjemiske analyser	53
4.11.2	Biologi	55

SAMMENDRAGSRAPPORT

5	SAMLET VURDERING OG KONKLUSJONER	57
5.1	Kjemiske analyser	57
5.1.1	Kornstørrelsefordeling	58
5.1.2	Totalt organisk materiale (TOM)	58
5.1.3	Hydrokarboner	58
5.1.4	Estere	59
5.1.5	Etere	59
5.1.6	Barium	60
5.1.7	Metaller	60
5.1.8	Grense for signifikant kontaminering	60
5.1.9	Forurensset/kontaminert areal	61
5.2	Påvirkning på bunndyrsfauna	65
5.3	Konklusjon – Region VI	69
6	ANBEFALINGER.....	70
7	REFERANSER.....	71



FORORD

Miljøundersøkelsen på Region VI i 2003 er utført i fellesskap av Det Norske Veritas og SINTEF Materialer og kjemi.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunnsamfunnet i Region VI.

Medarbeidere

Feltarbeid:

Tor Jensen (DNV, toktleder)
Sam-Arne Nøland (DNV, skiftleder)
Thomas Møskeland (DNV, skiftleder)
Tormod Hansen (DNV)
Knut Hjelmseth (DNV)
Liv Guri Faksness (SINTEF)
Andreas Parslow (SINTEF)

Analyser:

Kornstørrelsefordeling:

Oddveig M. Bakken, Liv Guri Faksness, Inger Steinsvik

Totalt organisk materiale:

Nina Gjøs

Metaller:

Håkon E. Larsen, Andreas Parslow, Karina Ødegård

Opparbeiding for organiske analyser:

Hilde Drangsholt, Nina Gjøs, Frøydis Oreld,
Ingerd Rustad, Grete Tveten

THC, ester, eter, olefiner:

Frøydis Oreld

NPD, PAH, dekaliner:

Hilde Drangsholt

Biologiske analyser:

Inger D. Saanum, Lindesnes Biolab (børstemark, varia)
Øystein Stokland, Marine Bunndyr (børstemark, varia)
Thomas Møskeland (krepsdyr)
Sam-Arne Nøland (pigghuder)
Per-Bie Wikander, Mollusca (bløtdyr)
Tormod Hansen (børstemark, varia)
Siri M. Bakke (børstemark, varia)
Helene Østbøll (ansvarlig for sortering)

Utarbeidelse av rapporten:

Sam-Arne Nøland (hovedrapportering)
Siri M. Bakke (bløtbunnsamfunn)
Nina Gjøs (kjemi)
Frøydis Oreld (kjemi)
Thomas Møskeland (databehandling, biologi)

Prosjektleder:



Sam-Arne Nøland

Verifikatør:

Tor Jensen



De kjemiske analysene er utført ved SINTEF Materialer og kjemi, avd Miljøteknologi og analyse. Bestemmelse av kornstørrelsefordeling er utført ved SINTEF Materialer og kjemi, avd Marin miljøteknologi.

	<p>Laboratoriene - SINTEF Materialer og kjemi, avd Miljøteknologi og analyse og avd Marin miljøteknologi - er begge akkreditert av Norsk Akkreditering for å utføre kjemiske analyser under akkrediteringsnummer Test 032 og Test 091. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.</p> <p>Akkrediteringen omfatter metoder for bestemmelse av totalmengde hydrokarboner (THC), naftalener, fenantrener og dibenzotiofener (NPD), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), metaller, totalt organisk materiale (TOM) og kornstørrelsefordelingen i sedimenter.</p>
	<p>De biologiske analysene er utført ved DNVs Biolaboratorium, DNV Consulting. Biolaboratoriet er akkreditert av Norsk Akkreditering for å utføre prøvetaking av marine sedimenter og analyser av bløtbunnsamfunn i henhold til Aktivitetsforskriften under akkreditering nr. TEST 083. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.</p>



1 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Denne sammendragsrapporten presenterer de viktigste resultatene fra miljøundersøkelsen i Region VI, Haltenbanken, 2003. Undersøkelsen er utført i fellesskap av Det Norske Veritas og SINTEF Materialer og kjemi.

Sammendragsrapporten presenterer resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt fra analyser av bløtbunnsamfunnet i Region VI.

Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med SINTEF i to perioder; fra fartøyet S/V *Geobay* i perioden 20. mai – 8. juni, og fra *Viking Poseidon* den 26 og 27. juni 2003.

Følgende parametre ble undersøkt:

Analyse	Parameter
Sedimentkarakterisering	
• Kornstørrelsefordeling	- Fordeling av silt og leire (< 63µm) og sand (> 63µm) - Kumulativ vekt% fordeling fra 63-2000µm - Median partikkel diameter (Md), standard avvik (SD), skjevhet (Sk) og kurtosis (K)
• Totalt organisk materiale	- % TOM i sedimentet
Kjemiske analyser	
• Hydrokarboner	- THC, sum C12-C35 olefiner inkludert - NPD, naftalener, fenantrener og dibenzotiofener sum og enkeltforbindelser - PAH, 16 EPA forbindelser sum og enkeltforbindelser - Dekaliner, sum av C5-C8 alkyldekaliner - Olefiner, forbindelser i området C14H28 til C16H32
• Estere	- Petrofree
• Etere	- Aquamul B II
• Metaller	- Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Al og Li oppslutning med salpetersyre og med flussyre /kongevann/ borsyre

**Miljøundersøkelsen 2003 på Region VI viser:**

- Sedimentene på Region VI er dels dominert av silt og leire og dels av veldig fin sand.
- Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er relativt høyt, fra 1,7 % til 8,1 %.
- De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med boringen på feltet.
- De regionale stasjonene og referansestasjonene er ikke påvirket av borekjemikalier - ingen forurensning eller forhøyede konsentrasjoner er funnet i disse sedimentene.
- Relativt høye THC nivåer (>50 mg/kg) er funnet på Åsgard M, Heidrun, Njord og Mikkell. På Norne, Åsgard N, S og X, Garn Vest og Rogn Sør er THC konsentrasjonene lavere, og forhøyede THC verdier er ikke funnet på Draugen, Garn Central og Kristin. Utbredelsen varierer, ut til 250m fra installasjonen på nye felt til 2000m på Njord. THC verdiene har økt på Heidrun, Mikkell og delvis på Njord. På Njord inneholder en stasjon fremdeles svært høye THC verdier på grunn av lekkasje av oljebasert slam fra *slipjoint* i 2000.
- Dekaliner er funnet i de sedimentene hvor boreslamsolje er påvist.
- Olefiner og estere fra borevæsker er ikke funnet i sedimentene på Heidrun.
- Etere fra borevæsken Aquamul B II er funnet i sedimentene på Heidrun, samme lave konsentrasjoner som i 2000. Resultatene tyder på en langsom nedbrytning.
- Spredning av borekaks og slam illustreres av bariumresultatene. Forhøyede bariumkonsentrasjoner er funnet ut til 500m på Rogn Sør, ut til 1000m på Garn Vest og ut til 2000m på de andre feltene. Bariumkonsentrasjonene er stort sett som tidligere, men de har avtatt på Draugen og økt på Norne, Heidrun, Garn Vest, Mikkell og delvis på Njord.
- Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og forhøyede verdier er bare funnet på noen stasjoner.
- Bunndyrsamfunnet i Regionen kan generelt betraktes som sunt og uforstyrret. Artssammensetning på Regional stasjon 1 og 3 skiller seg noe ut fra de øvrige. På disse stasjonene er det et relativt fint sediment sammenlignet med de øvrige. Trendanalysen viser at det ikke har skjedd vesentlige endringer i artssammensetningen i regionen i perioden 1997 til 2003.
- Følgende stasjoner betraktes som påvirket:
 - Stasjon Heidrun-6 (50°/550m) samt Heidrun-7 (45°/1000m) og Heidrun-12 (120°/550m) har en noe forstyrret fauna. Det ble funnet god korrelasjon mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Ba, Cd, Pb og THC.
 - Stasjon DR24B (300°/250m) på Draugenfeltet ble betegnet som påvirket i 2000, og analysene avdekket at dette fortsatt er tilfelle til tross for at nivåene av Ba og THC er redusert.
 - På Njord er faunaen på stasjon NJ-6 (157,5°/500m) og 13 (337,5°/250m) forstyrret. I tillegg indikerer analysene en lett forstyrrelse på stasjonene NJ-9 (247,5°/250m), 14 (337,5°/500m), NJ-1 (67,5°/250m), NJ-2 (67,5°/500m) og NJ-5 (157,5°/250m).



MILJØUNDERSØKELSE

- På flere av feltene og delvis i regionen generelt gir endringer i artssammensetning indikasjon på en økning i tilgang på organisk materiale.
- Resultatene fra denne undersøkelsen i 2003 er i overenstemmelse med undersøkelsen i 2000.

I tabellen på denne og neste side vises variasjonen av de ulike parametrene for hvert felt:

Regionale stasjoner	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2,6 - 4,7	Konsentrasjonen av hydrokarboner, barium og metaller er lav, og ingen forhøyede verdier er funnet.
Ba (mg/kg)	88 - 182	
Diversitet (H')	5,2 – 6,0	
Norne	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4,0 - 25,7	Forhøyede THC verdier ut til 500m (NW) og 1000m (SW).
Ba (mg/kg)	500 – 3000	Forhøyede Ba verdier ut til 2000m. Lavere THC verdiene enn i 2000, og Ba verdier på samme nivå.
Diversitet (H')	4,4 – 5,2	Generelt sunn og uforstyrret fauna, mulig lett organisk påvirkning på enkelte stasjoner.
Åsgard	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2,8 - 75,5	Forhøyede THC verdier ut til 500 - 1000m. Forhøyede Ba verdier ut til 500m på bunnrammene N, X og M og ut til 2000m på S. På S har THC verdiene avtatt, og Ba verdiene er som i 2000.
Ba (mg/kg)	441 - 2310	
Diversitet (H')	4,9 – 6,0	Generelt sunn og uforstyrret fauna, <u>mulig</u> lett organisk berikning i områdene rundt S og X.
Heidrun	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2,7 - 76,9	Forhøyede THC verdier ut til 1000m, høyere verdier enn i 2000. Olefiner og estere er ikke påvist. Etere fra Aquamul B II er funnet, samme verdier som i 2000. Forhøyede Ba verdier ut til 2000m, en økning siden 2000. 1500 tonn baritt er sluppet ut i perioden 2000-2002.
Ba (mg/kg)	182 - 8140	
Diversitet (H')	4,5 – 5,8	Forstyrrelse i faunaen spesielt på Hei-6 (50°/550m), men også på Hei-7 (45°/1000m) og Heidrun-12 (120°/550m).
Draugen	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2,6 - 5,1	Forhøyede THC verdier er ikke funnet, men bare <u>en</u> 250m stasjon er analysert. Forhøyede Ba verdier ut til 2000m, og en tendens til lavere verdier enn i 2000.
Ba (mg/kg)	125 - 2710	
Diversitet (H')	5,4 – 6,3	Generelt artsrik og uforstyrret fauna. DR24B (300°/250m) påvirket.



Garn Vest	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3,1 - 8,2	Lave, men forhøyede THC verdier ut til 250m. Forhøyede Ba verdier ut til 1000m. En liten økning av THC og Ba verdier siden grunnlagsundersøkelsen i 2000.
Ba (mg/kg)	191 – 1090	
Diversitet (H')	5,7 – 6,0	Generelt artsrik og uforstyrret fauna. Indikasjon på større tilgang på organisk materiale i 500-1000m.
Garn Central	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3,1 - 5,6	Grunnlagsundersøkelse. Forhøyede THC verdier er ikke funnet. Lave, men forhøyede Ba verdier på alle stasjoner ut til 2000m.
Ba (mg/kg)	400 – 702	
Diversitet (H')	5,6 – 6,0	Artsrik og uforstyrret fauna
Njord	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3,0 - 3660	Forhøyede THC verdier ut til 2000m. Fersk boreslamsolje på stasjon NJ6, 157,5°/500m. Forhøyede Ba verdier ut til 2000m. Noe økning og noe reduksjon både for THC og Ba siden 2000. Lekkasje fra <i>slipjoint</i> i 2000 gir fremdeles svært høy THC verdi. Baritt har vært sluppet ut i 2000, og også noe i 1. halvår 2003.
Ba (mg/kg)	109 – 6840	
Diversitet (H')	2,8 – 6,1	NJ-6 (157,5°/500m) og 13 (337,5°/250m) er forstyrret. Noe lettere forstyrrelse på NJ-9 (247,5°/250m), 14 (337,5°/500m), NJ-1 (67,5°/250m), NJ-2 (67,5°/500m) og NJ-5 (157,5°/250m).
Mikkel	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2,4 - 112	Forhøyede THC verdier ut til 500m. Forhøyede Ba verdier ut til 2000m. En økning av THC og Ba verdier siden grunnlagsundersøkelsen i 2001. Boringen startet i 2002, og 700 tonn baritt er sluppet ut. Høye Cu verdier er funnet på <u>en</u> stasjon.
Ba (mg/kg)	150 – 3260	
Diversitet (H')	5,4 – 5,9	Artsrik og uforstyrret fauna
Rogn Sør	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2,1 - 11,1	Litt forhøyede verdier på noen få stasjoner, THC til 250m og Ba til 500m. En liten økning siden grunnlagsundersøkelsen i 2001. Boringen startet i 2002, og baritt er ikke sluppet ut.
Ba (mg/kg)	99 - 314	
Diversitet (H')	5,6 – 6,1	Artsrik og uforstyrret fauna, muligens noe organisk berikning.
Kristin	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	1,6 - 6,9	Grunnlagsundersøkelse. Lave THC verdier, ingen forurensning. Lave, men forhøyede Ba verdier ut til 1000m.
Ba (mg/kg)	89 - 1370	
Diversitet (H')	5,3 – 6,1	Artsrik og uforstyrret fauna.



2 INNLEDNING

Denne rapporten presenterer resultatene fra den regionale undersøkelsen gjennomført på Haltenbanken i 2003. Hensikten med de regionale undersøkelsene er å studere miljøeffekter fra petroleumsaktiviteter over et større område enn de tidligere plattformspesifikke undersøkelsene. Regionale miljøundersøkelser på Haltenbanken ble første gang gjennomført i 1997.

Rapporten er inndelt i tre deler. I sammendragsrapporten (denne) er de viktigste resultatene presentert, og i hovedrapporten (DNV-rapport nr. 2004 -0218) blir resultatene kommentert og diskutert.

Vedleggsrapporten (DNV - rapport nr. 2004-0312) inneholder:

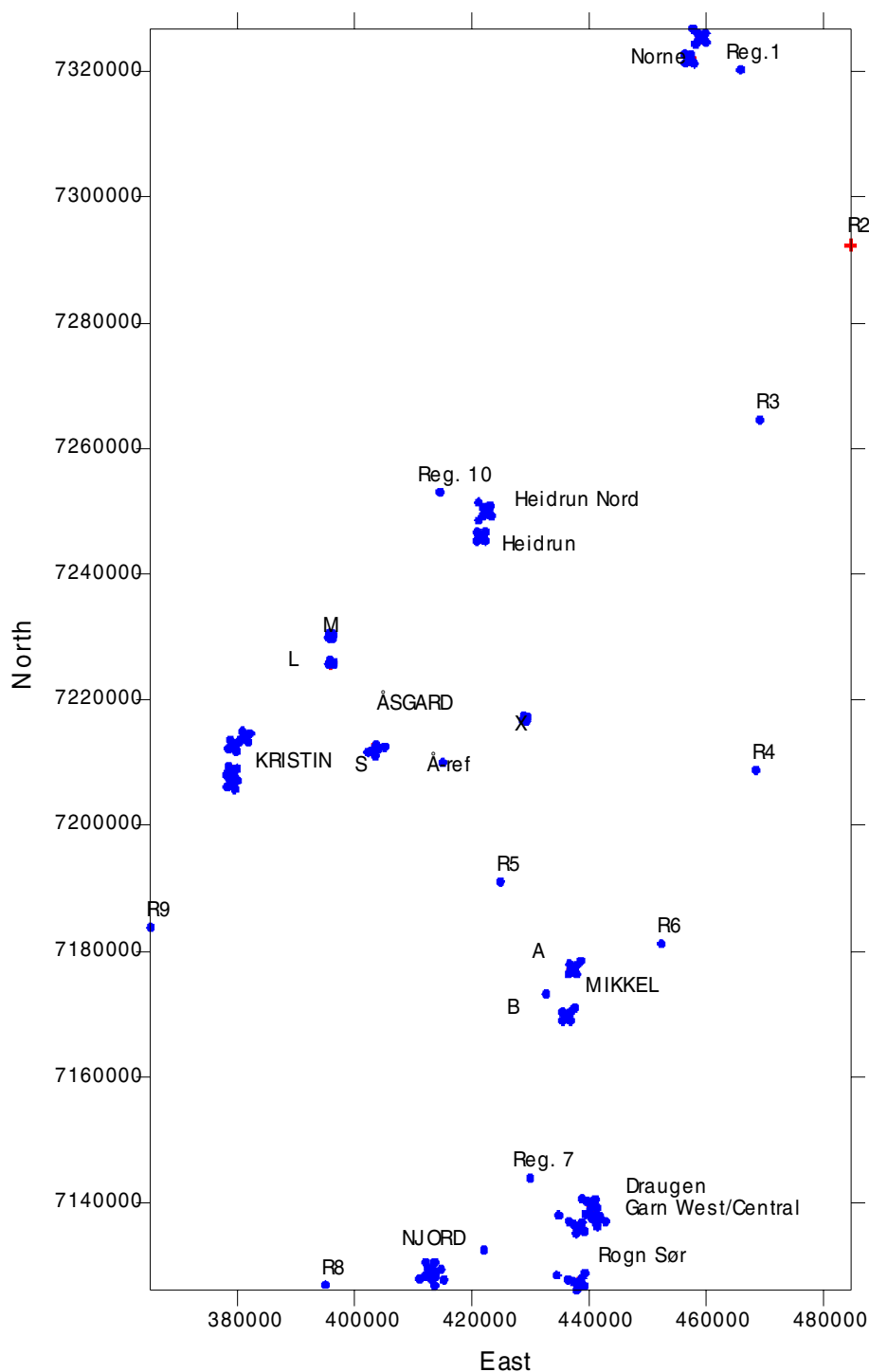
- Appendiks A – Toktrapport
- Appendiks B – Prøvingsrapport-prøvetaking/biologi
- Appendiks C – Kjemiresultater
- Appendiks E – Undersøkelsesprogrammet

Regionen innbefatter følgende felt:

Tabell 2.1. Felt og installasjoner inkludert i 2003 undersøkelsen.

Felt	Operatør
Norne	Statoil
Heidrun	Statoil
Åsgard	Statoil
Mikkel	Statoil
Kristin	Statoil
Draugen	Shell
Garn Central	Shell
Garn Vest	Shell
Rogn Sør	Shell
Njord	Hydro

Området som inngår i den regionale undersøkelsen er vist i figur 2.1.



Figur 2.1. Oversikt over prøvetakingsfelter på Haltenbanken 2003. Regionale stasjoner er merket fra R1-R10. Enkelte av referansestasjonene fungerer også som regionale stasjoner. R2 er utelatt fra programmet i 2003.



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 2.2. gir en oversikt over antall stasjoner for hvert felt med biologisk og kjemisk prøvetaking.

Tabell 2.2. Totalt antall stasjoner og analyser inkludert i den regionale miljøundersøkelsen på Haltenbanken 2003.

	Draugen	Garn Central	Garn Vest	Rogn Sør	Njord	Heidrun	Åsgard	Norne	Mikkel	Kristin	Reg.	Sum
Korn	11	13	13	14	22	19	22	20	21	39	5	199
TOM	11	13	13	14	22	19	22	20	21	39	5	199
Metaller	41	43	43	50	76	69	78	72	75	137	15	699
Hg	17	10	10	17	22	27	27	27	27	47	15	246
HF	3	-	-	-	-	3	-	3	-	-	15	24
THC	41	43	43	50	76	69	78	72	75	137	15	699
NPD	17	10	10	17	22+12	27+4	27	27	27+3	47	15	265
Olefin	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	33
Ester	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	18
Eter	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	33
Biologi	60	65	65	75	115	100	115	105	110	200	25	1035

3 FELTARBEID OG METODER

Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med SINTEF i to perioder; fra fartøyet S/V *Geobay* i perioden 20. mai – 8. juni, og fra *Viking Poseidon* den 26 og 27. juni 2003. Prøvetaking og analyser er utført i henhold til Aktivitetsforskriften (OD, SFT, Hi, 2001), Vedlegg 1; *Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel* - Teknisk Vedlegg 2; *Sedimentovervåking* samt interne DNV prosedyrer for slikt arbeid. Avvik fra forskriften er beskrevet i kapittel 3.4. Det er utarbeidet en egen toktrapport, se Appendiks A i Vedleggsrapporten (DNV-rapport 2004-0312). Toktrapporten inneholder en fullstendig oversikt over prøvetakingen, bl.a. stasjonskoordinater (UTM og grader/minutter), dyp, dato og klokkeslett for prøvetaking, volum av sedimenter til bløtbunnsanalyser, antall bomskudd, farge og enkelte kommentarer.



MILJØUNDERSØKELSE

Sedimentene er analysert i henhold til metoderuten nedenfor.

Analyse	Parameter
Sedimentkarakterisering	
• Kornstørrelsefordeling	- Fordeling av silt og leire (< 63µm) og sand (> 63µm) - Kumulativ vekt% fordeling fra 63-2000µm - Median partikkel diameter (Md), standard avvik (SD), skjevhet (Sk) og kurtosis (K)
• Totalt organisk materiale	- % TOM i sedimentet
Kjemiske analyser	
• Hydrokarboner	- THC, sum C12-C35 olefiner inkludert - NPD, naftalener, fenantrener og dibenzotiofener sum og enkeltforbindelser - PAH, 16 EPA forbindelser sum og enkeltforbindelser - Dekaliner, sum av C5-C8 alkyldekaliner - Olefiner, forbindelser i området C14H28 til C16H32
• Estere	- Petrofree
• Etere	- Aquamul B II
• Metaller	- Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Al og Li oppslutning med salpetersyre og med flussyre /kongevann/ borsyre



4 RESULTATER OG DISKUSJON

I sammendragsrapporten er kun de viktigste resultatene og konklusjoner presentert. Fullstendige resultater og diskusjon finnes i hovedrapporten (DNV, 2004, rapport nr. 2004-0218).

4.1 Regionale stasjoner

4.1.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Sedimentene på de regionale stasjonene består hovedsakelig av silt og leire, og innholdet varierer fra 57 % på Regional 9 til 92 % på Regional 1. Tilsvarende fordeling ble funnet i den forrige undersøkelsen i 2000.

Innholdet av totalt organisk materiale er relativt høyt og varierer fra 3,9 % på Regional 5 og Regional 7 til 6,3 % på Regional 1. Resultatene kan ikke direkte sammenlignes med tidligere år fordi dypere sedimentlag er analysert i 2003. Tendensen er litt lavere verdier i år.

Konsentrasjonene av hydrokarboner, barium og metaller er lave, og sedimentene er ikke forurensset.

THC innholdet i sedimentene varierer fra 2,6 mg/kg på Regional 6 til 4,7 mg/kg på Regional 8. Konsentrasjonen av barium varierer fra 88 mg/kg på Regional 6 til 182 mg/kg på Regional 10.

Tilleggsanalyser av metallene med bruk av flussyre/kongevann/borsyre er utført på sedimentene fra de regionale stasjonene. Ba konsentrasjonene er høyere enn med bruk av salpetersyre, og de varierer fra 375 mg/kg på Regional 6 til 504 mg/kg på Regional 8. Konsentrasjonene av tungmetaller er tilsvarende som ved oppslutning med salpetersyre.

En grense for signifikant kontaminering (LSC verdi) på Region VI er beregnet for de kjemiske parametrene med et konfidensnivå på 95 %. LSC verdiene gjelder hele regionen.

Tabell 4.1. Regionale stasjoner, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Silt og leire		TOM			THC			NPD			PAH		
	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1999	2003	2000	1997	2003	2000	1997
Regional 1, Norne ref	91,6	90,1	6,3	8,2	9,7	4,0	3,8	3,6	0,089	0,069	0,083	0,130	0,123	0,128
Regional 3	83,1	79,1	4,9	6,5	6,3	3,3	3,0	2,2	0,088	0,070	-	0,095	0,098	-
Regional 5	75,7	74,2	3,9	5,1	6,6	3,5	2,5	3,8	0,078	0,053	-	0,098	0,088	-
Regional 6	69,6	62,1	5,1	3,9	4,8	2,6	2,4	3,2	0,058	0,034	-	0,074	0,074	-
Regional 7, Draugen ref	66,9	55,9	3,9	5,1	3,9	4,6	4,1	2,6	0,076	0,074	0,043	0,125	0,101	0,090
Regional 8	83,5	83,1	5,3	6,1	6,6	4,7	5,9	4,8	0,103	0,078	-	0,149	0,078	-
Regional 9	57,3	59,9	4,3	5,6	4,9	4,0	5,2	2,9	0,077	0,064	-	0,116	0,064	-
Regional 10, Heidrun ref	59,4	60,2	4,3	5,1	5,3	3,4	1,9	1,1	0,065	0,062	0,061	0,095	0,081	0,144

:- ikke analysert Dekaliner er ikke påvist, deteksjonsgrensen er 50µg/kg



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.2. Regionale stasjoner, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Ba	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn
	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1997
Regional 1	147	191	130	0,10	0,10	35,9	36,0	12,3	10,3	14,1	0,06	0,03	20,3	21,4	26,2	64	65,8	65,6
Regional 3	164	162	107	0,11	0,09	28,8	28,7	10,5	8,3	8,4	0,04	0,02	19,4	17,7	12,8	53	51,4	45,3
Regional 5	121	84	150	0,12	0,06	24,7	23,9	9,2	6,7	8,5	0,03	0,01	18,5	12,8	18,3	44	39,3	47,3
Regional 6	88	87	91	0,05	0,05	20,4	20,7	6,8	5,4	6,6	0,03	0,02	14,7	14,3	13,7	35	35,2	37,3
Regional 7	125	116	113	0,06	0,04	22,2	22,7	7,9	6,7	7,7	0,05	0,02	17,6	15,2	17,1	38	37,7	39,0
Regional 8	129	154	129	0,06	0,07	24,7	24,8	9,8	8,6	9,2	0,03	0,02	20,4	20,9	19,2	45	45,6	48,8
Regional 9	119	123	97	0,07	0,07	23,5	24,5	8,8	8,7	7,4	0,04	0,02	20,1	20,5	17,2	41	42,8	41,0
Regional 10	182	123	112	0,09	0,08	20,7	20,8	8,1	7,3	7,2	0,06	0,02	17,7	15,8	21,2	37	41,0	41,1

Tabell 4.3. Regionale stasjoner, Metaller - oppslutning med flussyre/kongevann/borsyre (mg/kg tørt sed.)

Stasjon	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Pb	Pb	Zn	Zn	Al	Al	Li	Li
	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000
Regional 1	425	483	0,10	0,13	61,1	64,6	13,4	18,1	26,6	25,1	77,2	76,0	56170	58510	45,0	42,0
Regional 3	441	433	0,12	0,12	51,4	53,7	13,0	17,2	15,6	22,0	66,0	61,1	48830	51550	37,4	33,8
Regional 5	419	366	0,11	0,12	48,2	46,9	11,7	10,7	24,9	17,7	57,2	47,2	47880	48390	30,9	26,2
Regional 6	375	359	0,08	0,11	42,1	45,0	9,2	9,3	18,2	20,9	46,6	43,3	44400	46410	23,7	21,6
Regional 7	447	411	0,10	0,09	44,1	50,1	10,9	11,2	25,3	21,5	46,8	47,7	45970	49340	23,9	23,0
Regional 8	504	507	0,10	0,11	47,2	50,3	12,4	12,8	29,3	24,9	57,9	55,8	50330	52870	30,0	28,7
Regional 9	439	423	0,12	0,11	45,8	49,4	11,2	12,4	27,4	27,7	52,5	51,2	45620	47820	26,2	25,9
Regional 10	479	405	0,11	0,10	39,0	41,9	11,2	11,4	25,0	22,1	42,3	45,6	43190	44740	26,1	24,9

**Tabell 4.4. LSC verdier Region VI 2003(mg/kg tørt sediment)
95% konfidensnivå, en-sidig t-test**

Parameter	LSC verdi	Parameter	LSC verdi
THC	5,3	Cr	33
NPD	0,101	Cu	12
PAH	0,143	Pb	25
Ba	198	Zn	60



4.1.2 Biologi

Bunndyrssamfunnet i området kan karakteriseres som artsrikt og sunt.

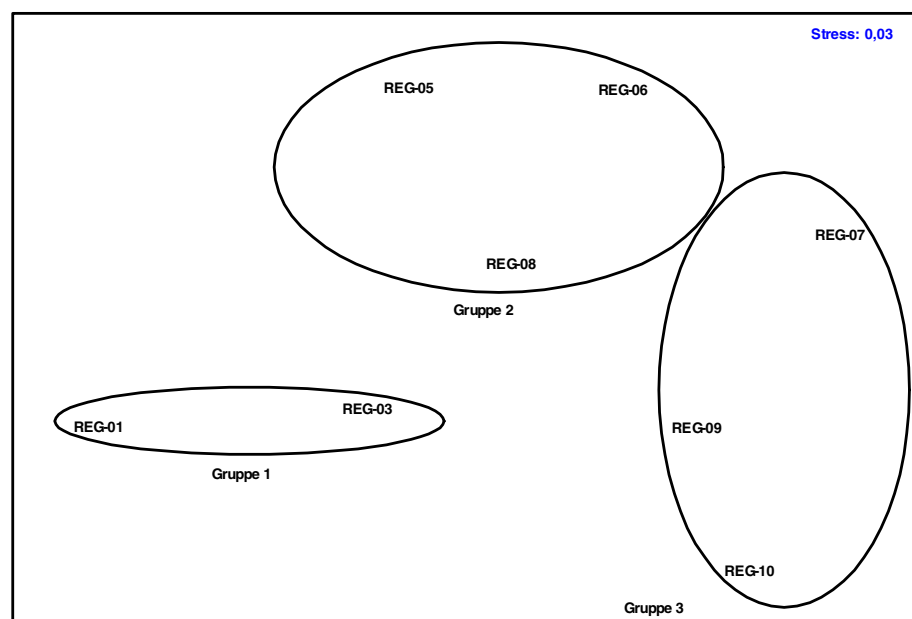
Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 5,2 (Reg-01) til 6,0 (Reg-09). Pielou's jevnhetsindeks var generelt høy og varierte fra 0,8 til 0,9.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.5.

Tabell 4.5. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per $0,5 m^2$, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Regionale stasjoner 2003.

Stasjonsnavn	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES100
REG-01 (Norne Ref.A)	388	78	625	5,2	0,8	38
REG-03	336	95	563	5,4	0,8	42
REG-05	263	86	338	5,6	0,9	47
REG-06	232	91	467	5,6	0,9	45
REG-07 (DR51Bref.A)	270	99	520	5,8	0,9	47
REG-08	335	89	497	5,7	0,9	46
REG-09	312	108	563	6,0	0,9	51
REG-10 (HEI-27ref.A)	332	109	590	5,8	0,9	48

MDS plottet fra likhetsanalysen på stasjonsnivå er vist i figur 4.1. Ved ca 60 % likhet deler stasjonene seg i 3 grupper. Inndelingen i gruppe 2 og 3 er lite avhengig av dyp og geografi.



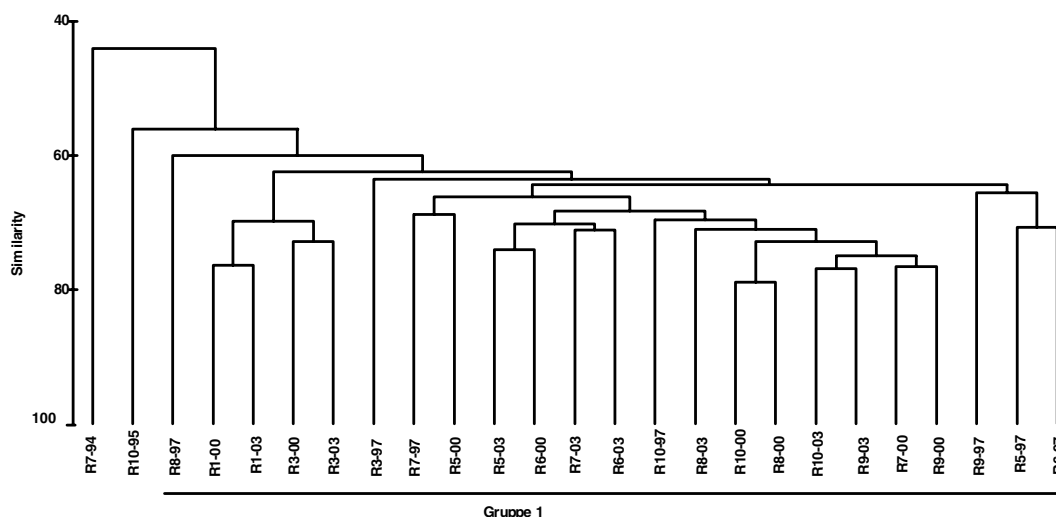
Figur 4.1. MDS-plott stasjonsnivå, Regionale stasjoner 2003.



Bioenvanalysen ga en høy korrelasjon (0,8) mellom fauna og en kombinasjon av faktorene dyp og kornstørrelse. Enkeltfaktoren som korrelerte best med fauna var silt og leire fraksjonen (0,6), deretter fulgte sand med en faktor på 0,5.

Alt i alt skiller spesielt stasjon Reg-01, men også stasjonen Reg-03 seg ut med en litt annerledes artssammensetning enn de øvrige. På disse stasjonene er det også et relativt fint sediment sammenlignet med de øvrige.

I figur 4.2. vises dendrogram for årene 1994 - 2003. Dendrogrammet viser at stasjonene prøvetatt i 1997, 2000 og 2003 inndeler seg i en hovedgruppe ved en likhet på ca 60 %. Den regionale stasjonen prøvetatt i 1994 skiller seg helt ut, mens den regionale stasjonen prøvetatt i 1995 skiller seg mindre ut fra de øvrige.



Figur 4.2. Likhetsanalyse, Regionale stasjoner 1994 – 2003.

Trendanalysen viser at det ikke har skjedd særlige endringer siden 1997 frem til 2003.



4.2 Norne

4.2.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Sedimentene på Norne består hovedsakelig av silt og leire, som varierer fra 73 % på stasjon NOSW-07, 225°/500m til 96 % på stasjon NONW-09, 225°/500m. Innholdet av grus er lavt på alle stasjoner, opp til 5 %. Resultatene er omtrent som i 2000, bortsett fra stasjon NONW-09, 225°/500m hvor innholdet av silt og leire har økt fra 61 % i 2000 til 96 % i 2003.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 4,7 % på stasjon NOSW-12, 315°/1000m til 8,1 % på stasjon NONW-02, 45°/500m og NONW-10, 225°/1000m. Resultatene kan ikke direkte sammenlignes med tidligere år fordi analysene er foretatt på forskjellige sedimentlag, 0-5cm i 2003 og 0-1cm tidligere. Det er en tendens til samme verdier på NW og litt lavere verdier på SW.

På NW bunnrammene varierer THC konsentrasjonene fra 4,4 mg/kg på NONW-06, 135°/500m og NONW-10, 225°/1000m til 25,7 mg/kg på NONW-12, 315°/250m. Verdiene er betydelig lavere enn i 2000. Den største forskjellen er funnet på stasjon NONW-09, 225°/500m hvor THC konsentrasjonen har avtatt fra 297 mg/kg i 2000 til 17,1 mg/kg i 2003. 1-3 cm laget på stasjon NONW-12 inneholder også litt forhøyde THC verdier. Forhøyde verdier er funnet ut til 500m i 225° retningen og spor av forhøyde THC verdier er funnet ut til 500m i 45° og 315° retningene. I 135° retningen er det ikke funnet forhøyde THC verdier på den innerste stasjonen ved 500m.

På SW bunnrammene varierer THC konsentrasjonene fra 4,0 mg/kg på referansestasjon NOSW-ref. til 18,5 mg/kg på stasjon NOSW-10, 315°/250m. Verdiene har enten avtatt eller de er på samme nivå som i 2000. I 2000 var THC konsentrasjonen 235 mg/kg på stasjon NOSW-10. Forhøyde THC konsen-trasjoner er funnet ut til 500m i 135° og 315° retningene, ut til 700m i 20° retningen og ut til 1000 m i 225° retningen. Imidlertid er THC konsentrasjonen på disse stasjonene lave, under 10 mg/kg.

Som tidligere er konsentrasjonene av NPD og PAH lave på Norne. Imidlertid har verdiene økt på stasjon NOSW-10, 315°/250m hvor forhøyde konsentrasjoner er funnet. Høye konsentrasjoner av dekaliner er tidligere funnet på Norne. Innholdet av dekaliner har avtatt siden 2000, men verdiene er fremdeles høye, med 2,15 mg/kg på stasjon NONW-12, 315°/250m. Denne stasjonen har også de høyeste THC konsentrasjonene.

Forhøyde Ba konsentrasjoner er funnet i sedimentene ut til 2000m på begge installasjonene, og verdiene er omtrent som i den forrige undersøkelsen på de fleste stasjonene. På NW bunnrammene varierer Ba konsentrasjonene fra 500 mg/kg på NONW-07, 135°/1000m til 2440 mg/kg på stasjon NONW-12, 315°/250m. En økning er funnet på stasjon NONW-09, 225°/500m, fra 1060 mg/kg i 2000 til 2350 mg/kg i 2003. På stasjon NONW-12, 315°/250m har Ba konsentrasjonen avtatt i det øverste 0-1 cm laget, men økt i 1-3cm og 3-6cm lagene.

På SW bunnrammene varierer Ba konsentrasjonene fra 147 mg/kg på referansestasjonen NOSW-ref. til 3000 mg/kg på stasjon NOSW-10, 315°/250m. På stasjon NOSW-10 er det funnet en nedgang i det øverste laget, fra 5900 mg/kg i 2000 til 3000 mg/kg i 2003. Imidlertid har konsentrasjonen økt i 3-6 cm laget, fra 335 mg/kg i 2000 til 1010 mg/kg i 2003.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave. Litt forhøyde verdier av Zn og Cr er funnet på alle stasjonene, og av Cu på noen stasjoner. Verdier > LSC ble også funnet på noen stasjoner i 2000.



MILJØUNDERSØKELSE

De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med utslippshistorien. Siden forrige regionale undersøkelse har det ikke vært utslipp av oljeholdig borevæske på Norne. Det har tidligere vært sluppet ut store mengder baritt, og utslippene har avtatt de siste årene med 362 tonn i 2000, 78 tonn i 2001 og 122 tonn i 2002.

Tabell 4.6. Norne, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Silt og leire		TOM			THC			NPD			PAH			Dekaliner		
	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1999	2003	2000	1997	2003	2000	1997	2003	2000	1997
Norne NW																	
NONW-02 45°/ 500m	94,3	92,5	8,1	6,7	-	7,6	14,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-03 45°/1000m	90,2	88,9	7,8	8,0	-	4,6	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-06 135°/ 500m	87,5	78,8	5,8	7,1	-	4,4	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-07 135°/1000m	89,1	88,1	7,0	7,7	-	5,2	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-09 225°/ 500m	96,1	61,2	8,0	5,1	-	17,1	297	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-10 225°/1000m	94,9	91,4	8,1	7,8	-	4,4	9,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-11 225°/1500m	90,1	93,0	7,7	8,1	-	7,1	12,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-12 315°/ 250m	82,6	93,9	6,8	7,8	-	25,7	98,7	-	0,076	0,168	-	0,087	0,207	-	2,15	4,53	-
NONW-13 315°/ 500m	88,9	85,0	6,7	7,3	-	7,3	84,4	-	0,081	0,083	-	0,110	0,089	-	nd	5,48	-
NONW-14 315°/1000m	89,1	91,4	7,3	6,9	-	5,2	22,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NONW-15 315°/2000m	90,4	78,8	7,3	6,4	-	5,0	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Norne SW																	
NOSW-01 20°/ 700m	74,3	82,4	6,1	7,0	7,1	8,8	33,6	32,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOSW-03 135°/ 500m	77,7	65,0	6,2	5,9	7,9	8,2	9,5	42,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOSW-04 135°/1000m	87,2	91,3	7,4	7,4	7,7	4,5	5,1	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOSW-07 225°/ 500m	73,3	73,4	4,8	6,1	7,5	9,5	10,9	9,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOSW-08 225°/1000m	77,4	86,5	5,4	7,7	8,1	6,2	6,6	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOSW-10 315°/ 250m	73,9	66,8	5,4	6,7	6,9	18,5	235	84,8	1,390	0,827	0,139	0,657	0,152	0,111	0,60	14,2	17,6
NOSW-11 315°/ 500m	92,1	86,1	7,3	7,8	7,4	8,8	202	44,4	0,188	0,114	-	0,140	0,096	-	0,15	21,1	-
NOSW-12 315°/1000m	84,2	80,6	4,7	6,4	6,8	5,3	5,7	8,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOSW-ref	91,6	90,1	6,3	8,2	9,7	4,0	3,8	3,6	0,089	0,069	0,083	0,130	0,123	0,128	nd	nd	nd

-: ikke analysert nd: ikke påvist



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.7. *Norne, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment)*

Stasjon	Ba	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn
	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1997
Norne NW																		
NONW-02 45°/ 500m	885	570	-	0,10	0,06	43,6	36,5	12,4	10,9	-	-	-	22,1	22,0	-	83	71,6	-
NONW-03 45°/1000m	518	327	-	0,10	0,05	41,4	37,4	12,2	10,6	-	-	-	21,5	20,9	-	79	68,9	-
NONW-06 135°/ 500m	814	726	-	0,09	0,05	41,3	33,9	11,6	10,4	-	-	-	19,8	19,9	-	81	63,9	-
NONW-07 135°/1000m	500	556	-	0,09	0,06	40,4	35,6	11,2	10,5	-	-	-	19,7	21,5	-	75	66,7	-
NONW-09 225°/ 500m	2350	1060	-	0,09	0,07	43,3	29,8	13,1	9,0	-	-	-	21,8	16,6	-	82	56,8	-
NONW-10 225°/1000m	715	1290	-	0,08	0,09	43,6	35,9	11,9	11,0	-	-	-	21,0	21,3	-	82	68,7	-
NONW-11 225°/1500m	1390	1770	-	0,09	0,10	39,5	36,7	12,6	11,5	-	-	-	21,4	21,4	-	76	69,2	-
NONW-12 315°/ 250m	2440	3420	-	0,08	0,10	41,1	38,5	13,6	13,2	-	0,05	0,03	18,6	20,5	-	99	75,7	-
NONW-13 315°/ 500m	1370	1240	-	0,09	0,09	41,5	35,3	11,6	10,4	-	0,06	-	18,1	20,0	-	76	65,0	-
NONW-14 315°/1000m	818	852	-	0,10	0,10	41,8	37,6	11,7	10,6	-	-	-	20,7	21,9	-	78	69,7	-
NONW-15 315°/2000m	763	786	-	0,11	0,09	41,8	31,0	11,6	9,1	-	-	0,03	21,6	18,5	-	78	63,1	-
Norne SW																		
NOSW-01 20°/ 700m	939	1010	874	0,08	0,07	34,4	32,9	8,9	10,0	12,3	-	-	14,9	20,8	24,0	72	77,2	60,7
NOSW-03 135°/ 500m	996	1920	1090	0,09	0,07	38,4	29,9	10,1	9,3	17,5	-	-	19,5	18,8	22,5	69	57,3	57,4
NOSW-04 135°/1000m	661	732	293	0,09	0,08	39,9	36,5	11,1	10,9	12,4	-	-	19,7	21,5	21,4	74	69,4	58,3
NOSW-07 225°/ 500m	2750	2990	925	0,09	0,07	35,3	30,6	11,0	10,8	12,0	-	-	18,5	19,5	22,2	66	60,3	59,4
NOSW-08 225°/1000m	1010	1520	308	0,08	0,07	35,5	33,5	9,8	10,4	20,2	-	-	16,3	19,9	21,4	67	65,0	65,0
NOSW-10 315°/ 250m	3000	5900	2990	0,08	0,09	34,9	31,3	12,8	12,4	28,5	0,06	0,03	17,9	22,3	27,3	68	64,2	55,2
NOSW-11 315°/ 500m	2200	1610	841	0,09	0,06	38,5	34,4	11,4	10,5	12,6	0,06	-	21,0	19,8	22,9	78	67,6	59,4
NOSW-12 315°/1000m	987	950	260	0,08	0,06	36,9	32,4	10,4	9,5	11,9	-	-	19,2	17,3	20,5	71	67,3	57,2
NOSW-ref	147	191	130	0,10	0,10	35,9	36,0	12,3	10,3	14,1	0,06	0,03	20,3	21,4	26,2	64	65,8	65,6

-: ikke analysert

4.2.2 Biologi

Artssamfunnet på Nornefeltet må generelt betraktes som sunt og uforstyrret. Imidlertid var faunaen på Norne litt forskjellig fra faunaen på noenlunde sammenlignbare regionale stasjoner. Forskjellen må i hovedsak kunne tilskrives et finere sediment og et større dyp på Norne (som vil virke inn på faunasammensetningen) sammenlignet med de regionale stasjoner.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 4,4 (NONW-12) til 5,1 (NONW-3, 6, og 15) på NONW. Pielou's jevnhetsindeks var generelt høy på NONW og varierte fra 0,7 til 0,8, med laveste verdi på stasjonene NONW-12.

På NOSW varierte diversitetsindeksen (H') fra 4,6 (NOSW-10) til 5,2 (NOSW-3). Pielou's jevnhetsindeks var høy og varierte fra 0,7 til 0,8 med laveste verdi på NOSW-1 og 10.

De undersøkte indeksene tyder på at bunndyrssamfunnet i området generelt er artsrikt og sunt.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.8



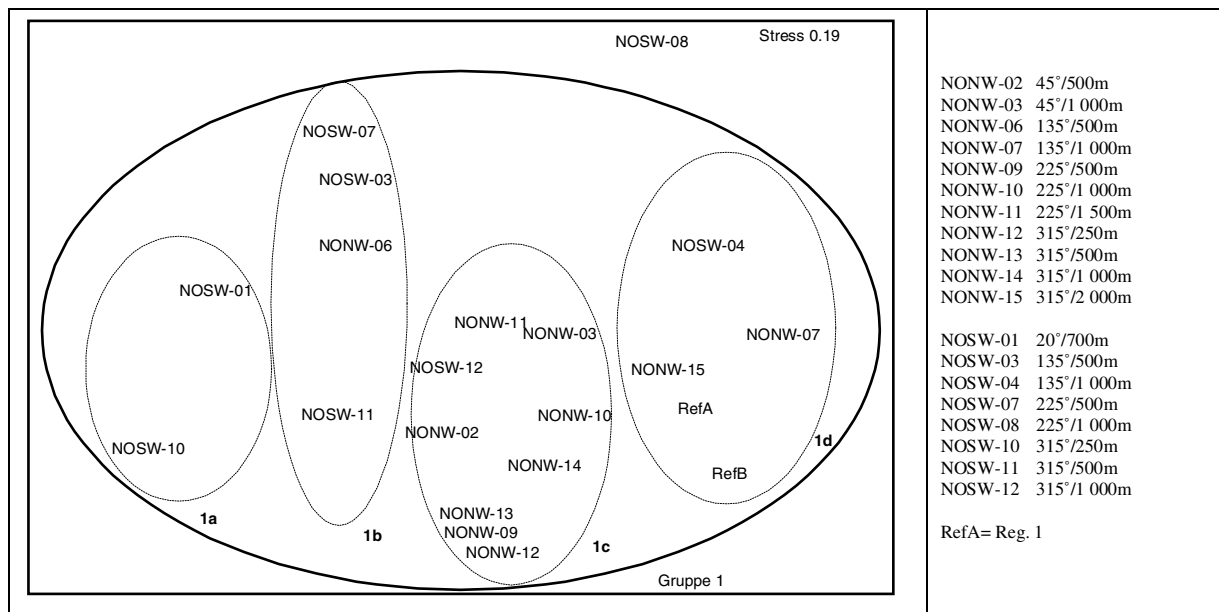
MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.8. Dyp, antall arter (*S*) og antall individer (*N*) per 0,5 m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (*H'*), Pielous jevnhetsindeks (*J*) og *ES*₁₀₀, Norne 2003.

Stasjon	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
NONW-02	45	500	376	85	876	4,8	0,7	36
NONW-03	45	1 000	380	88	870	5,1	0,8	37
NONW-06	135	500	382	87	791	5,1	0,8	37
NONW-07	135	1 000	382	68	483	5,0	0,8	37
NONW-09	225	500	378	85	913	4,7	0,8	35
NONW-10	225	1 000	377	79	716	4,9	0,7	36
NONW-11	225	1 500	374	87	827	4,8	0,8	36
NONW-12	315	250	378	72	820	4,4	0,8	30
NONW-13	315	500	376	83	951	4,7	0,8	34
NONW-14	315	1 000	376	82	761	4,8	0,8	35
NONW-15	315	2 000	373	75	598	5,1	0,8	38
NOSW-01	20	700	372	95	949	4,8	0,8	36
NOSW-03	135	500	375	95	770	5,2	0,8	39
NOSW-04	135	1 000	375	82	634	5,1	0,8	38
NOSW-07	225	500	372	97	839	5,1	0,7	38
NOSW-08	225	1 000	372	72	570	4,7	0,8	34
NOSW-10	315	250	372	82	793	4,6	0,8	34
NOSW-11	315	500	374	89	849	4,9	0,7	36
NOSW-12	315	1 000	372	78	776	4,7	0,7	35
RefA (Reg. 1)			388	78	625	5,2	0,8	38
RefB			388	76	652	5,0	0,8	35

MDS plottet fra likhetsanalysen på stasjonsnivå er vist i figur 4.3. Faunaen var relativ lik på hele feltet og ved ca. 70 % likhet er det kun en stasjon, NOSW-8, som skiller seg ut fra hovedgruppen (gruppe 1). En inndeling ved 70 - 75 % likhet skiller de øvrige stasjonene i 4 undergrupper.

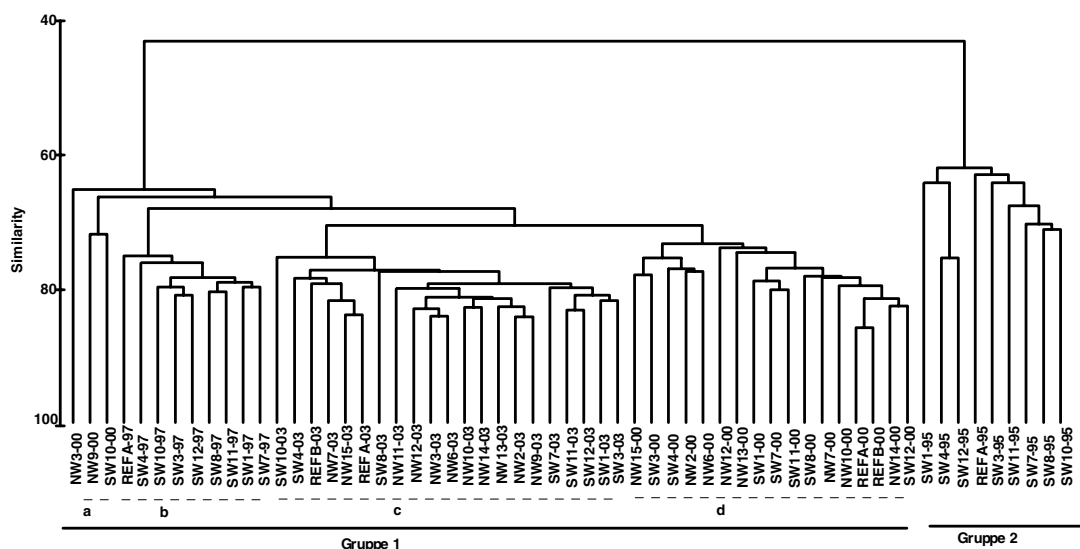
Arts sammensetning og likhetsanalyser indikerer en mulig organisk påvirkning på NOSW stasjonene nærmest feltsentrum i 20° og 315° retning; NOSW-1 (20°/700m) og 10 (315°/250m). Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom miljøfaktorer og fauna.



Figur 4.3. MDS-plott stasjonsnivå, Norne 2003.

I figur 4.4. vises dendrogram for årene 1995, 1997, 2000 og 2003. Det er kun NOSW stasjonene som er prøvetatt alle år. 1995 stasjonene skiller seg ut i egen gruppe 2. Gruppe 1 som inneholder de øvrige stasjoner kan videre inndeles i 4 undergrupper etter år.

Trendanalysen viser en generell individøkning innenfor de fleste familier. Det var spesielt en økning av indikatorarter frem til 2003 som bidro mest til forskjellen mellom årene. Dette kan indikere en økt tilførsel av organisk materiale til området. Det ble imidlertid ikke funnet noen sammenheng mellom fauna og de undersøkte miljøvariablene på Nornefeltet.



Figur 4.4. Likhetsanalyse, Norne 1995-2003.



4.3 Åsgard

4.3.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

På Åsgard er installasjonene N, S, X og M undersøkt, og bortsett fra grunnlagsundersøkelsen i 1996 er bare sedimentene på installasjon S analysert tidligere.

Sedimentene på installasjonene N og M på Åsgard er dominert av veldig fin sand, mens sedimentet på Åsgard S og Åsgard X er dominert av silt og leire. Variasjonen av silt og leire på hele feltet går fra 33 % på stasjon N03, 240°/500m til 85 % på stasjon S02, 160°/500m. Det er stor variasjon i andel grus, fra ingenting på flere stasjoner til 13 % på stasjon N01, 60°/500m. Variasjonen er tilsvarende som i den forrige undersøkelsen i 2000.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 2,3 % på stasjon N03, 240°/500m til 6,7 % på stasjon S09, 75°/2000m. Mengden av totalt organisk materiale er lavest på N bunnrammen (middelerdi 2,8 % ved 500m) og høyest på S bunnrammen (middelerdi 5,4 % ved 500m). Resultatene på S er tilsvarende som i 2000.

På installasjon N varierer THC konsentrasjonene fra 2,8 mg/kg på stasjon N04, 330°/500m til 14,9 mg/kg på stasjon N03, 240°/500m. Bare en av de fire stasjonene har forhøyde THC verdier.

På installasjon S varierer THC konsentrasjonene fra 3,4 mg/kg på stasjon S07, 250°/1000m til 40,2 mg/kg på stasjon S01, 75°/500m. Konsentrasjonene har avtatt siden 2000, og på stasjon S01 er det en betydelig reduksjon fra 1210 mg/kg i 2000 til 40,2 mg/kg i 2003. Bare stasjon S01 har forhøyde THC verdier.

På installasjon X er THC konsentrasjonene lave, og de varierer fra 3,7 mg/kg på stasjon X03, 225°/500m til 9,8 mg/kg på stasjon X01, 45°/500m. Bare stasjon X01 har litt forhøyde THC verdier.

På installasjon M varierer THC konsentrasjonene fra 3,0 mg/kg på stasjon M04, 325°/500m til 75,5 mg/kg på stasjon M01, 60°/500m. I tillegg til stasjon M01 er det funnet litt forhøyde THC konsentrasjoner på stasjon M03, 240°/500m (7,0 mg/kg).

Forhøyde THC verdier er funnet ut til 500m i en av retningene på installasjonene N (240°), S (75°) og X (45°), og ut til 500m i to av retningene på installasjon M (60° og 240°).

Konsentrasjonene av NPD og PAH er lave. Litt forhøyde verdier er bare funnet i to enkeltprøver. Derimot er det høye konsentrasjoner av dekaliner på stasjon M01, 60°/500m, og dekaliner er også funnet på stasjon X01, 45°/500m. Det er god overenstemmelse mellom resultatene for dekaliner og for THC.

Forhøyde Ba verdier er funnet i sedimentene på alle stasjonene bortsett fra referansestasjonen. Dette betyr ut til 2000m på bunnramme S og ut til 500m på bunnrammene N, X og M. Ba konsentrasjonene er forholdsvis like på hele området, selv om de laveste verdiene er funnet på bunnramme X. Ba konsentrasjonene varierer fra 180 mg/kg til 2310 mg/kg.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave på alle fire bunnrammene. Verdier litt over grensen for signifikant kontaminering er bare funnet på en stasjon for Cu og to stasjoner for Zn.

De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med utslippshistorien. Siden forrige regionale undersøkelse har det ikke vært utslipp av oljeholdig borevæske på Åsgard.



MILJØUNDERSØKELSE

Det er boret en til fem brønner på hver av de fire bunnrammene som er undersøkt, og mindre akuttutslipp av oljebasert slam har forekommet. Baritt har vært sluppet ut, men mindre mengder i 2002 enn tidligere år.

Tabell 4.9. Åsgard, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Silt og leire		TOM			THC			NPD		PAH		Dekaliner	
	2003	2000	2003	2000	1999	2003	2000	1999	2003	2000	2003	2000	2003	2000
Installasjon N														
N01 60°/ 500 m	34,5	-	2,4	-	-	4,3	-	-	0,059	-	0,067	-	nd	-
N02 150°/ 500 m	42,9	-	3,0	-	-	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-
N03 240°/ 500 m	32,5	-	2,3	-	-	14,9	-	-	-	-	-	-	-	-
N04 330°/ 500 m	45,5	-	3,5	-	-	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Installasjon S														
S01 75°/ 500 m	55,9	59,4	4,4	4,7	5,8	40,2	1210	17,4	-	-	-	-	-	-
S02 160°/ 500 m	84,7	73,9	6,3	5,6	-	3,8	4,3	2,9	-	-	-	-	-	-
S03 250°/ 500 m	55,9	63,7	4,6	4,7	-	4,5	8,7	<0,7	-	-	-	-	-	-
S04 30°/ 500 m	78,2	75,1	6,1	5,8	-	6,0	13,5	<0,7	0,096	0,085	0,113	0,129	nd	nd
S05 75°/1000 m	69,4	65,1	5,8	5,3	-	5,7	10,8	0,6	-	-	-	-	-	-
S06 160°/1000 m	65,8	53,7	4,9	4,1	-	3,8	2,8	<0,7	-	-	-	-	-	-
S07 250°/1000 m	70,0	60,0	5,1	4,7	-	3,4	4,8	2,0	-	-	-	-	-	-
S08 30°/1000 m	79,4	81,6	6,3	6,6	-	4,3	8,3	2,4	-	-	-	-	-	-
S09 75°/2000 m	83,5	84,6	6,7	7,0	-	5,0	5,9	1,1	-	-	-	-	-	-
Installasjon X														
X01 45°/ 500 m	67,5	-	4,0	-	-	9,8	-	-	0,488	-	0,162	-	0,19	-
X02 90°/ 500 m	74,0	-	3,9	-	-	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-
X03 225°/ 500 m	84,4	-	5,8	-	-	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-
X04 315°/ 500 m	62,8	-	4,6	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Installasjon M														
M01 60°/500 m	37,8	-	3,0	-	-	75,5	-	-	0,086	-	0,082	-	5,70	-
M02 145°/ 500 m	46,1	-	3,4	-	-	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-
M03 240°/ 500 m	41,3	-	3,2	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-
M04 325°/ 500 m	38,2	-	3,4	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Åsgard Ref.	83,0	85,7	6,1	6,0	6,4	4,3	4,9	2,2	0,071	0,058	0,101	0,110	nd	nd

:- ikke analysert nd: ikke påvist



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.10. Åsgard, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Ba	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn
	2003	2000	1999	2003	2000	2003	2000	2003	2000	1999	2003	2000	2003	2000	1999	2003	2000	1999
Installasjon N																		
N01 60°/ 500 m	2150	-	-	0,08	-	23,5	-	7,7	-	-	0,07	-	18,0	-	-	42	-	-
N02 150°/ 500 m	1390	-	-	0,08	-	21,4	-	6,4	-	-	-	-	17,7	-	-	38	-	-
N03 240°/ 500 m	1960	-	-	0,08	-	22,6	-	7,0	-	-	-	-	16,8	-	-	40	-	-
N04 330°/ 500 m	1170	-	-	0,07	-	19,1	-	5,8	-	-	-	-	14,6	-	-	36	-	-
Installasjon S																		
S01 75°/ 500 m	2310	2810	1830	0,08	0,07	29,6	22,9	9,9	8,6	8,8	-	-	17,8	18,3	20,8	53	40,4	45,3
S02 160°/ 500 m	836	945	-	0,08	0,07	32,1	24,8	12,2	8,7	-	-	-	21,4	16,8	-	62	44,5	-
S03 250°/ 500 m	1780	2910	-	0,07	0,06	28,1	21,8	9,3	7,9	-	-	-	17,5	16,8	-	51	40,6	-
S04 30°/ 500 m	1540	2400	-	0,08	0,07	30,0	25,9	9,3	9,4	-	0,05	0,02	19,3	19,8	-	56	54,7	-
S05 75°/1000 m	2310	2750	-	0,09	0,08	29,6	24,7	9,9	9,4	-	-	-	23,2	21,6	-	56	56,6	-
S06 160°/1000 m	1090	1090	-	0,08	0,06	26,8	21,0	8,3	7,9	-	-	-	19,7	15,3	-	51	42,8	-
S07 250°/1000 m	565	1370	-	0,07	0,06	26,8	22,4	7,5	8,0	-	-	-	14,9	17,5	-	48	41,2	-
S08 30°/1000 m	2040	1580	-	0,09	0,08	32,3	28,1	11,5	9,9	-	-	-	21,7	18,8	-	61	59,0	-
S09 75°/2000 m	1310	1380	-	0,09	0,09	32,5	28,4	10,1	10,0	-	-	-	21,9	21,7	-	59	52,9	-
Installasjon X																		
X01 45°/ 500 m	1460	-	-	0,07	-	26,4	-	8,1	-	-	0,03	-	18,1	-	-	48	-	-
X02 90°/ 500 m	694	-	-	0,08	-	26,1	-	8,0	-	-	-	-	17,5	-	-	52	-	-
X03 225°/ 500 m	441	-	-	0,08	-	28,5	-	9,1	-	-	-	-	18,1	-	-	54	-	-
X04 315°/ 500 m	765	-	-	0,08	-	25,8	-	8,7	-	-	-	-	17,9	-	-	51	-	-
Installasjon M																		
M01 60°/500 m	2210	-	-	0,08	-	20,0	-	6,8	-	-	0,03	-	17,2	-	-	38	-	-
M02 145°/ 500 m	1570	-	-	0,08	-	22,1	-	7,0	-	-	-	-	19,2	-	-	40	-	-
M03 240°/ 500 m	1310	-	-	0,07	-	17,8	-	5,0	-	-	-	-	15,1	-	-	30	-	-
M04 325°/ 500 m	1530	-	-	0,08	-	20,6	-	5,0	-	-	-	-	18,8	-	-	36	-	-
Åsgard Ref.	180	225	236	0,08	0,08	25,7	27,9	6,8	9,5	8,2	0,03	0,02	18,5	19,8	21,7	47	50,1	44,4

-: ikke analysert

4.3.2 Biologi

Generelt kan faunaen på Åsgard karakteriseres som sunn og uforstyrret. De regionale stasjonene skilte seg ikke ut fra Åsgard stasjonene.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 4,9 (ÅS-X02) til 6,0 (ÅS-M01, 02, 04 og ÅS-N01). Pielou's jevnhetsindeks var relativ høy (0,8 og 0,9) på alle stasjoner.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.11



MILJØUNDERSØKELSE

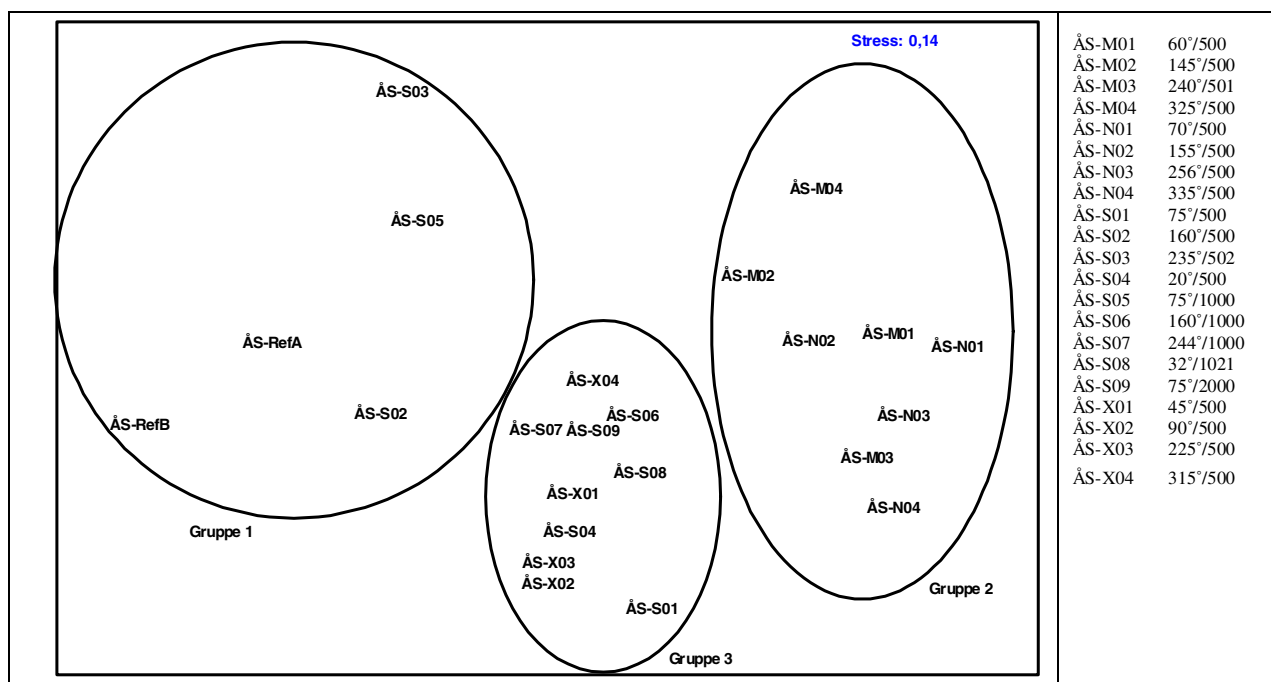
Tabell 4.11. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per 0,5 m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES₁₀₀, Åsgard 2003.

Stasjon	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
ÅS-M01	60	500	376	129	746	6,0	0,8	51
ÅS-M02	145	500	276	112	588	6,0	0,9	52
ÅS-M03	240	501	278	127	828	5,9	0,8	48
ÅS-M04	325	500	270	123	652	6,0	0,9	50
ÅS-N01	70	500	272	121	744	6,0	0,9	51
ÅS-N02	155	500	268	119	724	5,8	0,8	48
ÅS-N03	256	500	277	130	910	5,8	0,8	49
ÅS-N04	335	500	278	138	1042	5,8	0,8	46
ÅS-RefA			295	72	349	5,4	0,9	44
ÅS-RefB			295	71	288	5,1	0,8	42
ÅS-S01	75	500	298	106	837	5,3	0,8	41
ÅS-S02	160	500	304	78	388	5,6	0,9	46
ÅS-S03	235	502	300	85	372	5,6	0,9	46
ÅS-S04	20	500	305	90	702	5,4	0,8	41
ÅS-S05	75	1000	302	79	385	5,4	0,9	43
ÅS-S06	160	1000	297	102	661	5,6	0,8	45
ÅS-S07	244	1000	301	95	546	5,6	0,9	45
ÅS-S08	32	1021	303	104	610	5,7	0,8	46
ÅS-S09	75	2000	300	95	626	5,5	0,8	43
ÅS-X01	45	500	299	96	761	5,3	0,8	42
ÅS-X02	90	500	301	88	580	4,9	0,8	41
ÅS-X03	225	500	301	86	531	5,2	0,8	40
ÅS-X04	315	500	292	95	667	5,6	0,8	44

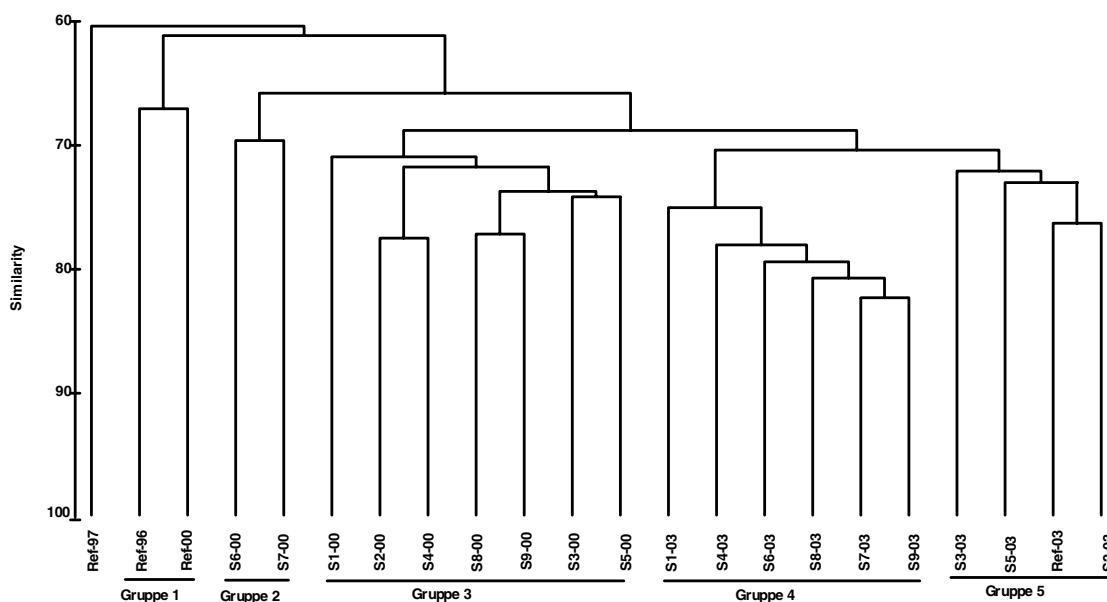
MDS plottet fra likhetsanalysen på stasjonsnivå er vist i figur 4.5. Ved en likhet på ca 65 % deler stasjonene seg i 3 grupper. Resultatene kan indikere en økt tilførsel av organisk materiale til området rundt bunnrammene S og X.

Bioenvanalysen ga en korrelasjon på 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Ba, Cr, kornstørrelse, silt og leirefraksjon og sand. Beste enkeltfaktor var kornstørrelse (0,6). Korrelasjonen antyder en viss sammenheng.

I figur 4.6. vises dendrogram for årene 1996, 1997, 2000 og 2003. Dendrogrammet viser en inndeling i 5 hovedgrupper ved ca 60 % likhet.



Figur 4.5. MDS-plott stasjonsnivå, Åsgard 2003



Figur 4.6. Dendrogram Åsgard, 1996 – 2003.

Analysen over år indikerer en økt tilførsel av organisk materiale til området med et økende antall individer i området.



4.4 Heidrun

4.4.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Sedimentene på Heidrun består hovedsakelig av silt og leire som varierer fra 51 % på stasjon HN-6, 225°/1000m til 86 % på stasjon HN-1, 35°/500m. Innholdet av grus er lavt, og høyeste grusinnhold er 2,7 %. Resultatene er tilsvarende som i undersøkelsen i 2000.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 3,3 % på stasjon HN-9, 315°/1000m til 6,5 % på stasjon HN-1, 35°/500m. Resultatene er stort sett som i 2000, men på noen stasjoner er innholdet noe redusert.

THC konsentrasjonene varierer fra 2,7 mg/kg på stasjon HEI-16, 315°/1000m til 76,9 mg/kg på stasjon HEI-06, 50°/550m. Det er funnet en økning i THC konsentrasjonene på flere stasjoner ved 500m. Forhøyde THC konsentrasjoner er funnet på de fleste stasjonene på hovedfeltet, og dette vil si ut til 550m i 225° og 305°/315° retningene og ut til 1000m i 45°/50° og 120°/135° retningene. Stasjoner lenger ut enn 1000m er ikke undersøkt. På bunnrammene lenger nord er det bare funnet litt forhøyde THC konsentrasjoner på to stasjoner ved 500m, stasjon HN-1, 35°/500m og stasjon HN-5, 225°/500m. Her er stasjoner ut til 2000m også analysert. Det er sannsynlig at noe av det forhøyde THC nivået stammer fra boreslamsolje, men at hoveddelen av THC forurensningen skyldes andre utslipp. Tilsvarende oljeprofiler ble funnet i undersøkelsen i 2000.

Olefiner er ikke påvist i sedimentene, en ytterligere reduksjon siden 2000 hvor lave konsentrasjoner ble funnet på en stasjon. Borevæsken Petrofree, er ikke funnet i sedimentene. Petrofree ble heller ikke påvist i 2000.

Borevæsken Aquamul B II er funnet på alle stasjonene på hovedfeltet (TLP). Middelverdiene varierer fra 0,3 mg/kg på stasjon HEI-16, 315°/1000m til 65,4 mg/kg på stasjon HEI-06, 50°/550m. På stasjon HEI-12, 120°/550m er det funnet en nedgang, fra 271 mg/kg i 1997, 119 mg/kg i 2000 til 17,9 mg/kg i 2003. Det er funnet en svært ujevn fordeling i sedimentene med tildels ganske høye konsentrasjoner. I 3-6cm laget på stasjon HEI-15, 305°/550m er det funnet overraskende høye verdier (125 mg/kg). Generelt er konklusjonen status quo, og resultatene bekrefter den langsomme nedbrytningen av borevæsken Aquamul B II.

Konsentrasjonene av NPD og PAH er lave. Litt forhøyde verdier er funnet på to stasjoner, stasjon HEI-06 og HEI-15. Dekaliner er funnet på stasjon HEI-06, som også har de høyeste THC konsentrasjonene. En prøve er analysert på stasjon HEI-03, 225°/500m, og det er funnet dekaliner og alkylerte NPD forbindelser. Dette bekrefter at både hydrokarboner fra boreslamsolje og fra andre oljeforbindelser er tilstede.

Ba konsentrasjonene på Heidrun er høye, og verdiene varierer fra 182 mg/kg på referansestasjonen til 8140 mg/kg på HEI-06, 50°/550m. Forhøyde Ba nivåer er funnet på alle stasjonene bortsett fra referansestasjonen, og dette vil si ut til 1000m og 2000m. På bunnrammene er det en økning siden forrige undersøkelse på alle 500m stasjonene. Ellers på feltet er det en liten økning eller tilsvarende nivåer som tidligere.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave. På tre stasjoner er det funnet litt forhøyde konsentrasjoner av Cu og Pb, og på en stasjon er det funnet forhøyde verdier av Hg, 0,30 mg/kg.

De kjemiske resultatene er stor sett i overensstemmelse med utslippshistorien. Det har ikke vært utslipp av oljeholdig borevæske på Heidrun siden forrige undersøkelse i 2000.



MILJØUNDERSØKELSE

Hoveddelen av de forhøyde THC konsentrasjonene som er funnet, skyldes andre typer "olje" enn boreslamsolje. I perioden 2000-2002 har over 15000 tonn baritt blitt sluppet ut, 11 brønner er boret på bunnrammene og 1 brønn i TLP området.

Tabell 4.12. Heidrun, silt & leire og TOM (%), THC, Aquamul B II, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment)

Stasjon		Silt og leire		TOM			THC			Aquamul B II			NPD		PAH		Dekaliner	
		2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1999	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	2003	2000
HEI-02	225°/1000 m	76,0	75,8	4,5	4,7	-	7,1	2,9	-	0,8	0,7	-	-	-	-	-	-	-
HEI-03	225°/ 550 m	76,1	76,8	4,0	4,6	-	36,1	4,5	-	1,8	1,3	-	1,060	-	0,136	-	2,35	-
HEI-06	50°/ 550 m	74,5	72,1	3,4	3,3	6,0	76,9	38,4	28,8	65,4	2,0	216	0,601	0,243	0,182	0,077	0,78	0,48
HEI-07	45°/1000 m	79,1	77,6	5,5	5,1	5,8	9,2	6,1	5,0	0,4	0,5	1,9	-	-	-	-	-	-
HEI-11	135°/1000 m	75,4	75,4	5,3	4,2	6,4	9,1	5,3	3,2	2,8	0,9	5,0	-	-	-	-	-	-
HEI-12	120°/ 550 m	72,6	73,6	4,6	5,1	6,6	37,0	13,6	26,0	17,9	119	271	-	-	-	-	-	-
HEI-15	305°/ 550 m	74,9	78,5	4,4	5,6	6,1	12,5	11,1	10,6	3,8	1,4	222	0,202	0,077	0,136	0,068	nd	nd
HEI-16	315°/1000 m	53,9	59,1	4,1	4,7	6,1	2,7	3,8	1,7	0,27	<0,15	0,3	-	-	-	-	-	-
HN-1	35°/500m	86,3	87,8	6,5	6,1	-	15,0	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-2	30°/1000m	85,7	88,3	6,1	6,3	-	3,4	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-3	135°/500m	69,6	77,3	4,2	5,6	-	6,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-4	135°/1000m	74,0	76,1	5,5	5,7	-	3,9	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-5	225°/500m	67,2	67,0	5,0	5,3	-	8,3	6,2	-	-	-	-	0,078	-	0,106	0,106	nd	nd
HN-6	225°/1000m	51,1	56,2	4,1	5,4	-	3,3	5,3	-	-	-	-	0,055	-	0,075	-	-	-
HN-7	255°/2000m	80,9	70,2	5,6	5,4	-	5,1	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-8	315°/500m	66,7	66,8	3,5	4,6	-	4,7	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-9	315°/1000m	60,2	51,7	3,3	4,3	-	2,8	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HN-10	315°/2000m	83,2	88,7	5,3	6,7	-	3,7	1,4	1,2	-	-	-	0,082	0,093	0,118	0,118	nd	nd
HEI-27	315°/10000m	59,4	60,2	4,3	5,1	5,3	3,4	1,9	1,1	<0,15	<0,15	<0,15	0,065	0,062	0,095	0,081	nd	nd
ref																		

Tabell 4.13. Heidrun, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment).

Stasjon		Ba	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn
		2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1997
HEI-02	225°/1000 m	3520	1900	-	0,08	0,06	24,6	22,1	7,5	7,9	-	-	-	18,5	16,8	-	50	42,7	-
HEI-03	225°/ 550 m	4780	4070	-	0,07	0,06	26,8	21,4	10,7	8,5	-	-	-	19,0	15,7	-	55	43,8	-
HEI-06	50°/ 550 m	8140	7060	7270	0,08	0,07	27,9	21,5	35,1	34,0	29,9	-	-	66,1	46,0	50,3	58	54,1	68,0
HEI-07	45°/1000 m	7140	6260	5120	0,07	0,05	27,9	22,3	15,5	10,0	22,5	-	-	30,4	20,1	25,0	55	43,6	59,8
HEI-11	135°/1000 m	4750	3740	3820	0,07	0,05	25,6	22,2	10,0	8,3	9,2	-	-	21,1	17,2	23,8	50	41,1	41,2
HEI-12	120°/ 550 m	6280	7590	7800	0,07	0,04	25,9	21,9	16,1	11,7	15,3	-	-	32,9	28,5	45,6	60	48,6	53,5
HEI-15	305°/ 550 m	4920	5330	5240	0,06	0,04	25,4	24,3	10,0	9,7	10,6	0,07	0,02	20,0	17,5	18,4	48	44,5	41,8
HEI-16	315°/1000 m	3630	3720	3270	0,06	0,05	20,9	21,5	6,7	8,2	11,1	-	-	13,2	16,0	21,4	36	38,0	47,2
HN-1	35°/500m	2530	1380	-	0,10	0,10	31,1	28,7	11,1	10,8	-	-	-	18,9	20,2	-	60	53,4	-
HN-2	30°/1000m	1100	1160	-	0,08	0,09	30,1	27,0	8,9	9,7	-	-	-	15,9	19,3	-	62	50,5	-
HN-3	135°/500m	2710	1930	-	0,08	0,08	30,1	23,4	11,1	8,7	-	-	-	16,0	18,0	-	54	44,4	-
HN-4	135°/1000m	2250	1960	-	0,09	0,06	25,2	23,5	8,7	8,1	-	-	-	16,6	17,7	-	49	42,6	-
HN-5	225°/500m	2330	853	-	0,09	0,07	25,0	20,9	8,6	7,3	-	0,30	-	19,5	13,5	-	48	38,1	-
HN-6	225°/1000m	2030	1450	-	0,09	0,08	23,9	20,9	8,3	7,6	-	0,08	-	17,9	17,0	-	44	38,7	-
HN-7	255°/2000m	1920	1460	-	0,11	0,08	28,5	22,9	8,9	8,1	-	-	-	20,1	16,5	-	52	42,3	-
HN-8	315°/500m	2080	923	-	0,08	0,07	25,5	21,8	7,7	7,3	-	-	0,02	16,4	13,6	-	45	38,5	-
HN-9	315°/1000m	1050	601	-	0,10	0,08	26,4	25,8	8,0	8,2	-	-	-	19,1	17,4	-	51	44,0	-
HN-10	315°/2000m	786	428	-	0,09	0,08	27,7	27,5	8,5	9,2	-	0,08	0,02	19,4	19,6	-	53	49,9	-
HEI-27	315°/10000m ref	182	123	112	0,09	0,08	20,7	20,8	8,1	7,3	7,2	0,06	0,02	17,7	15,8	21,2	37	41,0	41,1

:- ikke analysert nd: ikke påvist



4.4.2 Biologi

Generelt ble det funnet et relativt artsrikt og sunt samfunn i Heidrunområdet. Heidrun skilte seg ikke ut fra sammenlignbare regionale stasjoner.

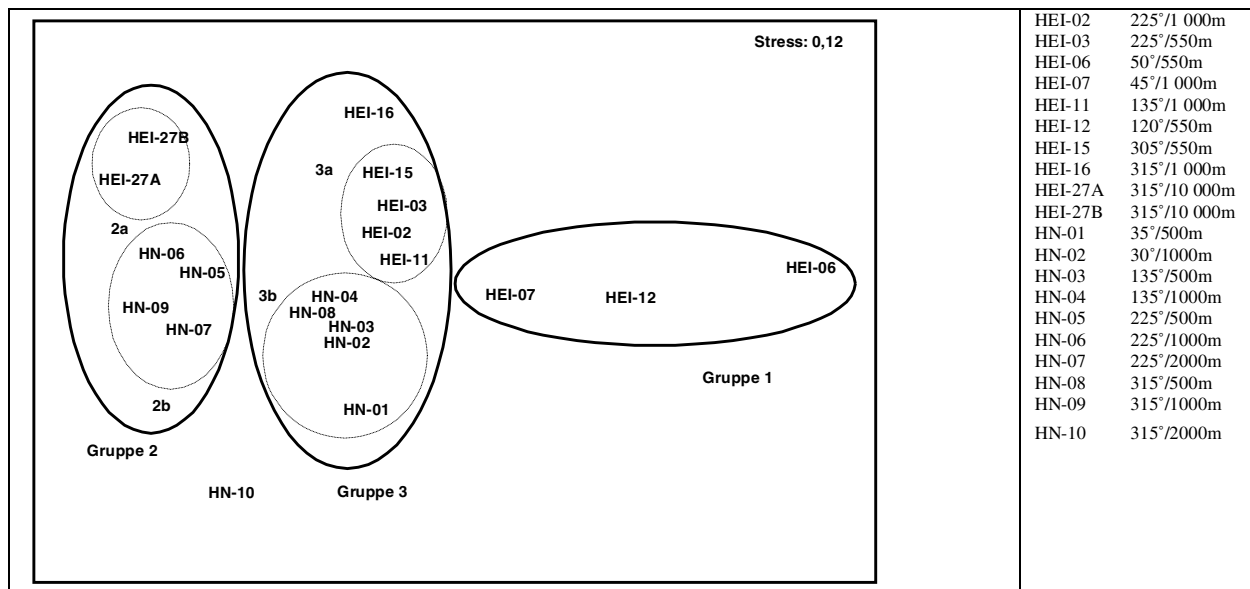
Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 4,5 (HEI-06) til 5,8 (HEI-27A og 27B, HN-05, 06 og 09). Pielou's jevnhetsindeks var generelt høy og varierte fra 0,7 til 0,9 med laveste verdi på stasjonene HEI-06 og 12.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.14.

MDS plottet, figur 4.7, fra likhetsanalysen viser generelt et relativt artsrikt og sunt samfunn i Heidrunområdet. Imidlertid indikerer analysene en forstyrrelse i faunaen spesielt på stasjon Heidrun-6 ($50^\circ/550\text{m}$), men også stasjon Heidrun-7 ($45^\circ/1000\text{m}$) og Heidrun-12 ($120^\circ/550\text{m}$) har en noe forstyrret fauna.

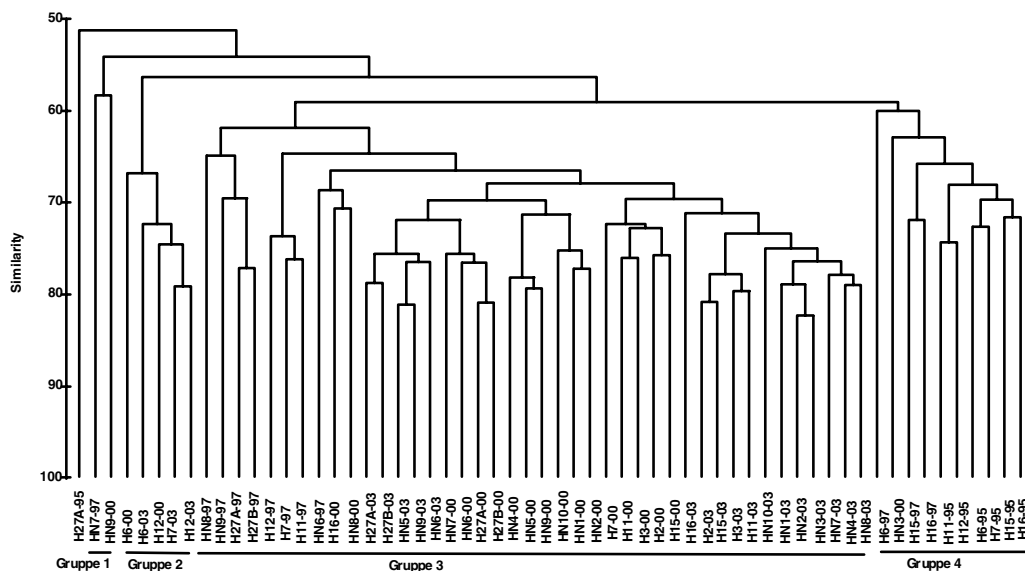
Tabell 4.14. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per $0,5\text{ m}^2$, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Heidrun 2003.

Stasjonsnavn	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
HEI-02	225	1 000	348	84	564	5,4	0,8	42
HEI-03	225	550	347	82	619	5,1	0,8	38
HEI-06	50	550	350	102	1754	4,5	0,7	29
HEI-07	45	1 000	357	103	1129	5,2	0,8	39
HEI-11	135	1 000	344	103	710	5,3	0,8	41
HEI-12	120	550	343	122	1632	5,1	0,7	36
HEI-15	305	550	352	84	517	5,1	0,8	38
HEI-16	315	1 000	354	85	502	5,4	0,8	43
HEI-27A	315	10 000	332	109	590	5,8	0,9	48
HEI-27B	315	10 000	332	107	559	5,8	0,9	49
HN-01	35	500	365	90	665	5,0	0,8	39
HN-02	30	1000	362	95	567	5,3	0,8	42
HN-03	135	500	355	98	747	5,2	0,8	41
HN-04	135	1000	353	89	512	5,6	0,9	45
HN-05	225	500	358	112	633	5,8	0,9	50
HN-06	225	1000	345	95	514	5,8	0,9	47
HN-07	225	2000	334	93	447	5,6	0,9	46
HN-08	315	500	379	94	513	5,5	0,8	45
HN-09	315	1000	375	109	599	5,8	0,9	49
HN-10	315	2000	390	95	409	5,4	0,8	46



Figur 4.7. MDS-plott stasjonsnivå, Heidrun 2003.

I figur 4.8. vises dendrogram for årene 1995, 1997, 2000 og 2003.



Figur 4.8. Dendrogram Heidrun, 1995-2003.

En trendanalyse over år viser en inndeling i 4 hovedgrupper relativt uavhengig av år ved ca. 55 % likhet. Antall arter og individer har steget på de fleste stasjoner siden undersøkelsen i 2000, men diversiteten er relativt uforandret i samme periode. Endringene ansees å være beskjedne, og kan være naturlige og tilfeldige.



4.5 Draugen

4.5.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Sedimentene på Draugen varierer fra silt og leire til fin sand. Silt og leire fraksjonen varierer fra 36 % på stasjon 24A, 325°/900m til 70 % på stasjon 28A, 45°/1500m. Silt og leire fraksjonen har økt på noen stasjoner og avtatt på andre. Alle stasjoner inneholder grus, og 13 % grus er funnet på stasjonene 24A, 325°/900m og 26B, 162°/500m. Det er tildels store forskjeller siden 2000, en økning på noen stasjoner og en reduksjon på andre. Som i 2000 er hele feltet klassifisert som veldig fin sand.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 2,7 % på stasjon 24A, 325°/900m til 4,9 % på stasjon 27B, 162°/1000m. Verdiene er stort sett som i 2000.

THC konsentrasjonene varierer fra 2,6 mg/kg på stasjon 24A, 325°/900m til 5,1 mg/kg på tre av stasjonene. Ingen forhøyde THC konsentrasjoner er funnet. På stasjon 24B, 300°/250m som hadde forhøyde verdier i 2000, er THC innholdet redusert fra 20,3 mg/kg til 4,9 mg/kg.

Som i tidligere undersøkelser er konsentrasjonene av NPD, PAH og dekaliner lave, og forhøyde verdier er ikke funnet på noen stasjoner. Dette betyr at innholdet av dekaliner på stasjon 24B er redusert siden 2000, tilsvarende som for THC.

Ba konsentrasjonene varierer fra 125 mg/kg på referansestasjonen 51B til 2710 mg/kg på stasjon 24B, 300°/250m. Det er en tendens til litt lavere Ba konsentrasjoner på flere stasjoner. På stasjon 24B, 300°/250m, er det funnet en nedgang fra 5460 mg/kg i 2000 til 2710 mg/kg i 2003. Lagprøvene ved 1-3 cm og 3-6 cm inneholder også lavere Ba konsentrasjoner enn i 2000. Alle stasjoner har forhøyde Ba verdier bortsett fra referansestasjonen 51B. Forhøyde Ba verdier er funnet i sedimentene ut til 2000m.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og forhøyde verdier er ikke påvist.

De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med utslippshistorien. Det har ikke vært utslipp av oljeholdig borevæske på Draugen siden den forrige undersøkelsen i 2000. Barytt ble sluppet ut i 1. halvår 2003, men ikke i 2002. Det er sannsynlig at utslippet i 2003 ikke vil gjenfinnes i sedimentene utover på feltet før i senere undersøkelser.

Tabell 4.15. Draugen, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Silt og leire		TOM			THC			NPD			PAH			Dekaliner		
	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1999	2003	2000	1997	2003	2000	1997	2003	2000	1997
21B 300°/2000 m	59,4	57,4	4,0	3,8	-	3,8	2,8	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22B 300°/1000 m	53,4	52,7	3,8	4,2	3,2	3,4	3,9	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24A 325°/ 900 m	35,8	52,1	2,7	3,2	3,4	2,6	4,0	3,4	0,053	-	-	0,074	-	-	nd	-	-
24B 300°/ 250 m	37,1	37,3	2,9	2,0	3,2	5,1	20,3	5,3	0,058	0,144	0,054	0,058	0,058	0,059	nd	0,217	nd
26B 162°/ 500 m	42,9	43,8	3,5	2,7	3,6	2,7	2,7	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27A 45°/ 750 m	45,5	48,9	3,3	3,9	3,3	5,1	3,2	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27B 162°/1000 m	68,7	48,7	4,9	4,3	3,6	4,8	3,6	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28A 45°/1500 m	69,8	77,1	4,5	5,8	2,8	4,7	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30B 325°/ 500 m	62,0	45,4	3,8	3,3	3,4	4,0	3,7	5,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31B 35°/1000 m	53,0	54,0	3,0	3,4	2,9	5,1	4,5	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51B Ref.	66,9	56,0	4,3	3,9	3,9	4,6	4,1	2,6	0,076	0,074	0,043	0,125	0,101	0,090	nd	nd	nd

-: ikke analysert nd: ikke påvist



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.16. Draugen, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Ba	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn
	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1997
21B 300°/2000 m	771	816	802	0,07	0,05	23,8	26,1	7,5	7,4	8,3	-	0,03	17,9	17,1	17,8	44	42,6	32,6
22B 300°/1000 m	762	1240	1170	0,06	0,05	23,1	22,0	7,4	6,4	8,4	-	-	15,8	16,4	18,0	42	38,5	34,4
24A 325°/ 900 m	542	920	734	0,07	0,05	22,8	23,9	7,1	9,1	6,5	0,05	-	15,4	17,0	14,8	41	38,9	31,6
24B 300°/ 250 m	2710	5460	3230	0,04	0,05	17,1	20,5	6,5	7,8	7,3	0,03	0,01	10,3	12,9	15,2	35	52,4	36,3
26B 162°/ 500 m	311	457	565	0,05	0,06	23,4	22,0	6,8	5,7	8,4	-	-	12,0	14,3	19,1	40	54,3	40,8
27A 45°/ 750 m	299	337	256	0,06	0,06	23,7	27,5	7,0	7,4	7,6	-	-	14,3	18,3	17,9	42	44,3	38,2
27B 162°/1000 m	425	402	495	0,07	0,06	28,4	25,1	8,8	6,9	25,6	-	-	22,1	16,9	22,5	52	40,8	58,7
28A 45°/1500 m	222	199	156	0,07	0,06	27,9	29,6	8,8	8,5	9,0	-	-	21,2	20,0	18,6	51	49,1	45,1
30B 325°/ 500 m	924	1180	1120	0,06	0,05	25,5	24,1	8,2	6,3	8,4	-	-	17,4	15,5	20,4	47	39,8	44,4
31B 35°/1000 m	698	473	497	0,07	0,05	28,1	26,3	8,4	6,9	7,4	-	-	18,4	16,8	17,3	55	42,4	38,0
51B Ref.	125	116	113	0,06	0,04	22,2	22,7	7,9	6,7	7,7	0,05	0,02	17,6	15,2	17,1	38	37,7	39,0

-: ikke analysert

4.5.2 Biologi

Faunaen på Draugen må betraktes som svært divers og sunn. Faunaen på feltet skiller seg noe fra sammenlignbare regionale stasjoner, men det er likevel 60 % likhet mellom gruppene. Ulikheten antas å skyldes lokale forhold.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 5,4 (DR24B) til 6,3 (DR24A). Diversitetsindeksene indikerer et svært artsrikt og sunt bunndyrssamfunn i området.

Arts sammensetningen tyder på et relativt grovt sediment, med bl.a. pigghuder blant de ti dominante på flere av stasjonene.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.17.

Tabell 4.17. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per $0,5 m^2$, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Draugen 2003. Eksklusive juvenile decapoder.

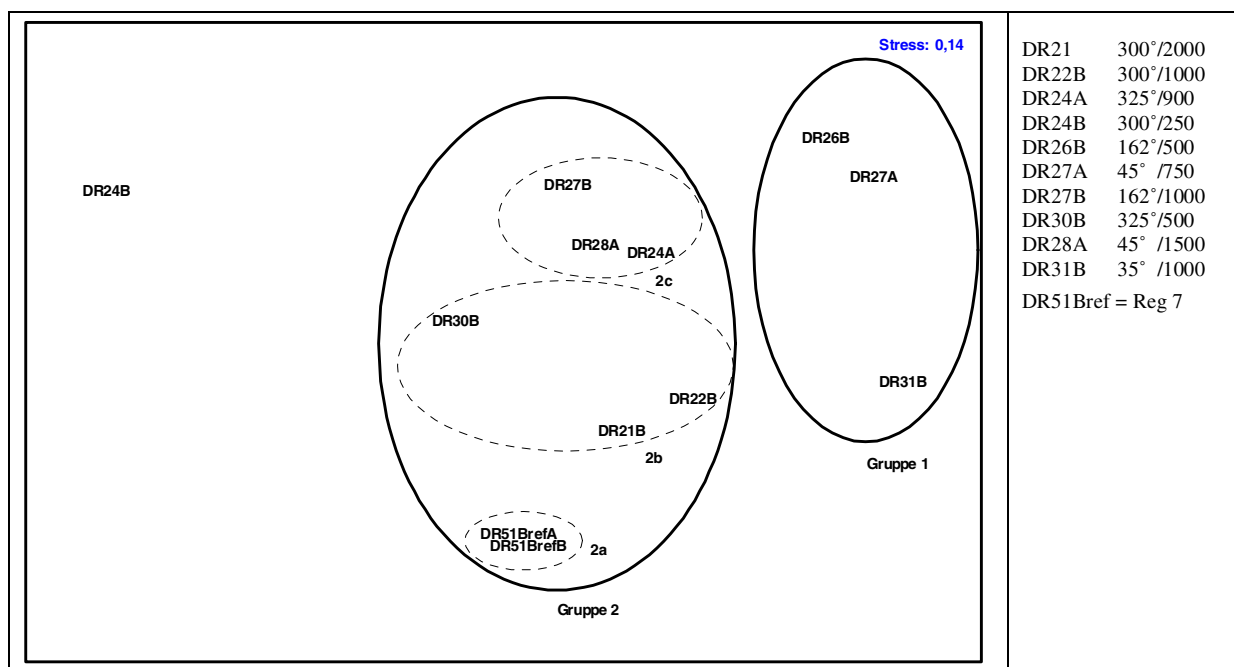
Stasjon	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
DR21B	300	2 000	250	92	500	5,7	0,9	45
DR22B	300	1 000	245	111	427	5,9	0,9	51
DR24A	325	900	242	128	514	6,3	0,9	57
DR24B	300	250	253	143	1371	5,4	0,8	43
DR26B	162	500	256	106	542	6,0	0,9	51
DR27A	45	750	251	107	479	6,1	0,9	53
DR27B	162	1 000	264	109	559	5,9	0,9	51
DR28A	45	1 500	248	114	624	6,0	0,9	51
DR30B	325	500	250	113	783	5,6	0,8	44
DR31B	35	1 000	241	104	381	6,0	0,9	53
DR51BrefA (Reg 7)			270	99	520	5,8	0,9	47
DR51BrefB			270	93	503	5,7	0,9	47



I figur 4.9. vises MDS plottet fra likhetsanalysen. Likhetsanalysene viser at

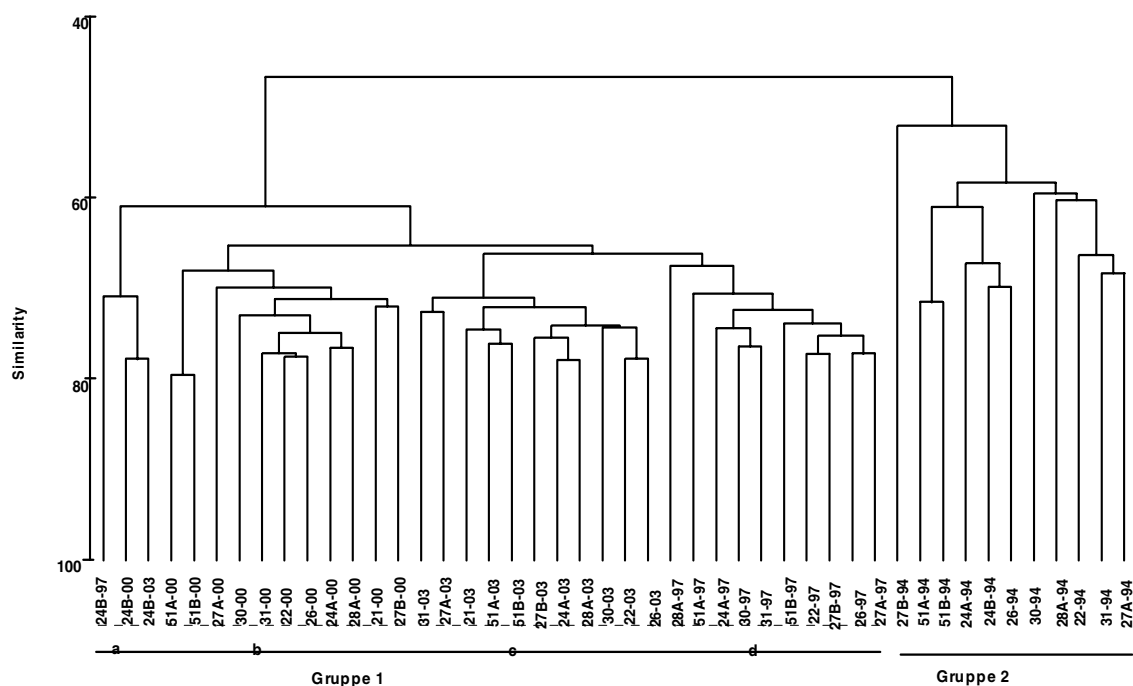
- Stasjon DR24B skiller seg noe ut ved at indikatorarten *C. setosa* dominerer i forholdsvis stor grad. Denne stasjonen har også det høyeste innholdet av barium i sedimentet samt en relativ stor sandfraksjon. Bioenvanalysen ga en korrelasjonskoeffisient på 0,6 mellom fauna og barium på feltet, noe som antyder en viss sammenheng.
- Indekser og artsammensetning tyder på en sunn og frisk bunnfauna på de øvrige undersøkte stasjonene.

Stasjon DR24B ble også betegnet som påvirket i 2000. Siden da er nivået av Ba og THC betydelig redusert.



Figur 4.9. MDS-plott stasjonsnivå, Draugen 2003.

I figur 4.10. vises dendrogram for årene 1994, 1997, 2000 og 2003. Dendrogrammet viser en inndeling i 2 hovedgrupper. Gruppe 1 inneholder stasjoner prøvetatt i 1997, 2000 og 2003 som videre kan inndeles i undergrupper etter år. Stasjon DR24B i 1997, 2000 og 2003 inndeles seg i egen undergruppe.



Figur 4.10. Dendrogram Draugen, 1994-2003.

Forskjellen mellom årene ligger på 34-35 %. Stasjonene prøvetatt i 1997 skiller seg mye fra de to øvrige årene pga. et høyt antall individer innenfor familien Capitellidae (det ble funnet et relativt høyt antall av indikatorarten *Capitella capitata* på stasjon 28A i 1997). Bortsett fra dette skyldes forskjellene i stor grad variasjoner innenfor børstemarkfamiliene *Amphinomidae*, *Ampharetidae*, *Sabellidae*, *Cirratulidae* og *Tricobranchidae* hvor antallet går opp og ned mellom årene, uten noe mønster. Dette må man anta skyldes naturlige variasjoner mellom år.

4.6 Garn Vest

4.6.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Sedimentene på Garn Vest varierer fra silt og leire til fin sand. Silt og leire fraksjonen varierer fra 32 % på stasjon GV13, 300°/2000m til 70 % på stasjon GV7, 210°/250m. Alle stasjoner bortsett fra GV7 inneholder grus, og det er en økning siden 2000. Mest grus er funnet på stasjon GV13, 300°/2000m med 23 %. Som i grunnlagsundersøkelsen i 2000 er hele feltet klassifisert som veldig fin sand

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 2,4 % på stasjon GV12, 300°/1000m til 4,5 % på stasjon GV10, 300°/250m. Sammenlignet med 2000 (0-1cm laget) er innholdet av totalt organisk materiale lavere på flere stasjoner i 2003 (0-5 cm laget).

THC konsentrasjonene er lave på hele feltet, og de varierer fra 3,1 mg/kg på stasjon GV13, 300°/2000m og på stasjon GV14, 300°/4000m til 8,2 mg/kg på stasjon GV4, 120°/250m. Det er funnet en liten økning siden grunnlagsundersøkelsen i 2000.



MILJØUNDERSØKELSE

Selv om verdier over LSC verdien er funnet på alle 250m stasjonene og to av 500m stasjonene, er det bare 250m stasjonen i 120° retningen, stasjon GV4, som har litt forhøyde THC konsentrasjoner.

Nivåene av NPD og PAH er lave og dekaliner er ikke påvist.

Ba konsentrasjonene varierer fra 191 mg/kg på stasjon GV13, 300°/2000m til 1090 mg/kg på stasjon GV4, 120°/250m. En liten økning er funnet på noen av de innerste stasjonene. Litt forhøyde Ba konsentrasjoner er funnet ut til 1000m i tre retninger.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og bare noen få forhøyde verdier er funnet.

De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med utslippshistorien. Det har vært boret to brønner på Garn Vest i 2001. Ca. 1 m³ av baseoljen EDC 95-11 og 100 tonn baritt har blitt sluppet ut i 2001.

Tabell 4.18. Garn Vest, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment)

Stasjon		Silt og leire		TOM		THC		NPD		PAH		Dekaliner	
		2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000
GV1	30°/ 250 m	51,8	44,07	3,1	3,5	6,3	2,2	-	-	-	-	-	-
GV2	30°/ 500 m	56,5	58,62	3,6	4,5	4,9	2,3	-	-	-	-	-	-
GV3	30°/1000 m	49,6	56,59	3,3	5,0	4,8	3,3	-	-	-	-	-	-
GV4	120°/ 250 m	65,7	62,36	4,2	4,7	8,2	3,2	-	-	-	-	-	-
GV5	120°/ 500 m	46,6	62,15	3,0	4,5	4,8	3,2	-	-	-	-	-	-
GV7	210°/ 250 m	70,2	66,33	4,4	4,7	6,8	2,2	-	-	-	-	-	-
GV8	210°/ 500 m	61,3	63,36	3,8	4,4	6,1	2,0	-	-	-	-	-	-
GV9	210°/1000 m	51,5	52,14	3,6	3,5	4,4	2,9	-	-	-	-	-	-
GV10	300°/ 250 m	63,1	58,54	4,5	4,1	7,5	3,7	0,128	0,078	0,316	0,142	nd	nd
GV11	300°/ 500 m	62,6	58,30	3,6	5,1	7,0	3,1	-	-	-	-	-	-
GV12	300°/1000 m	41,6	46,18	2,4	3,8	4,9	2,2	-	-	-	-	-	-
GV13	300°/2000 m	31,7	49,18	3,1	3,6	3,1	2,1	0,050	0,052	0,099	0,090	nd	nd
GV14	300°/4000 m	50,4	52,96	3,3	4,7	3,1	3,7	-	-	-	-	-	-

-: ikke analysert nd: ikke påvist

Tabell 4.19. Garn Vest, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment)

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
		2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000
GV1	30°/ 250 m	787	404	0,07	0,05	31,8	28,8	7,3	5,7	-	-	20,0	15,5	54	39,7
GV2	30°/ 500 m	531	495	0,07	0,05	28,1	26,2	7,4	6,6	-	-	18,0	17,6	48	41,5
GV3	30°/1000 m	684	781	0,07	0,05	26,1	26,7	6,5	7,4	-	-	17,8	19,6	48	44,1
GV4	120°/ 250 m	1090	436	0,07	0,05	33,7	25,7	9,2	6,9	-	-	19,9	17,0	64	41,2
GV5	120°/ 500 m	595	407	0,07	0,05	30,1	25,7	7,7	6,8	-	-	18,3	16,2	50	40,5
GV7	210°/ 250 m	1070	415	0,07	0,07	40,5	27,8	11,7	7,6	-	-	16,0	19,9	87	45,1
GV8	210°/ 500 m	790	326	0,07	0,05	36,4	27,4	10,7	7,6	-	-	19,2	19,2	70	45,0
GV9	210°/1000 m	376	346	0,06	0,05	29,1	28,4	6,5	7,4	-	-	18,8	17,3	49	42,6
GV10	300°/ 250 m	623	423	0,08	0,06	30,7	25,3	8,0	7,7	0,05	0,02	20,9	17,8	53	43,5
GV11	300°/ 500 m	512	491	0,08	0,07	32,1	26,9	8,2	8,2	-	-	20,8	20,3	52	48,6
GV12	300°/1000 m	388	331	0,07	0,05	31,2	26,1	6,4	6,6	-	-	18,4	17,0	47	41,0
GV13	300°/2000 m	191	243	0,04	0,04	29,2	24,1	5,7	6,3	0,04	0,01	16,7	15,6	42	38,3
GV14	300°/4000 m	205	298	0,04	0,05	24,3	21,9	5,8	6,8	-	-	15,9	17,8	39	39,0

-: ikke analysert



4.6.2 Biologi

Bløtbunnssamfunnet på Garn Vest er generelt sunt og artsrikt, med høye diversitetsindekser. Generelt er det en forholdsvis stor faunalikhet (60 %) mellom Garn Vest stasjonene og de regionale stasjonene.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') var høy på hele feltet og varierte fra 5,7 (GW-08 og 11) til 6,0 (GW-03 og 12). Pielou's jevnhetsindeks var også høy på alle stasjoner (0,8 og 0,9).

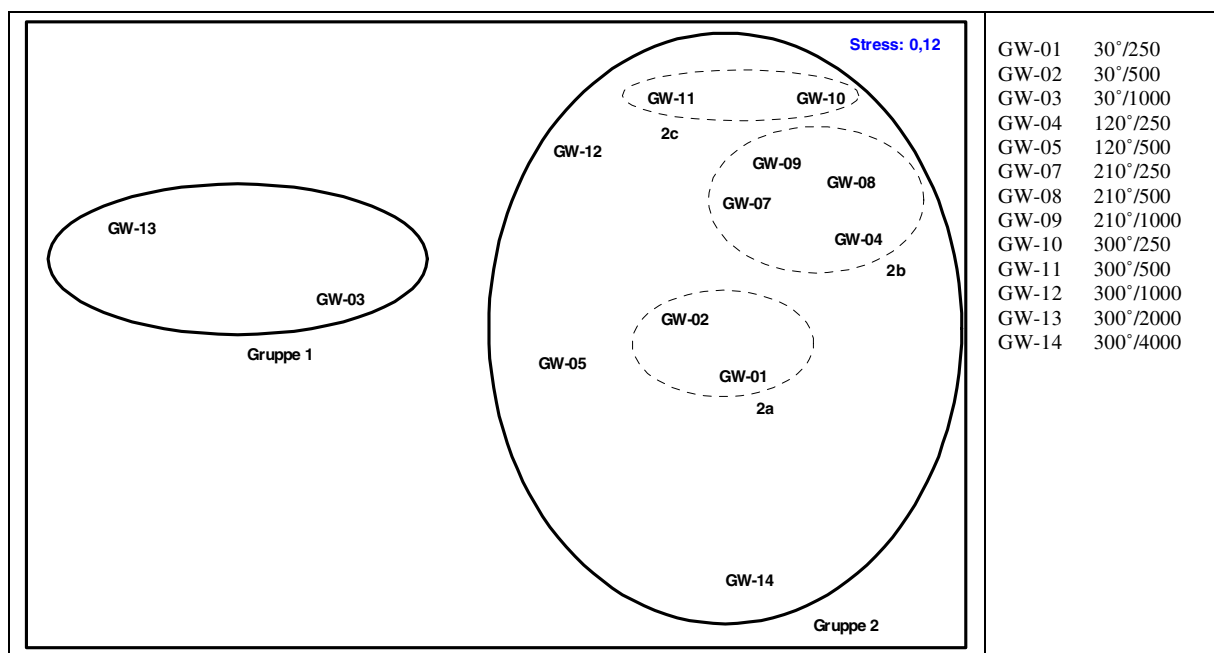
Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.20.

Tabell 4.20. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per $0,5 m^2$, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielou's jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Garn Vest 2003.

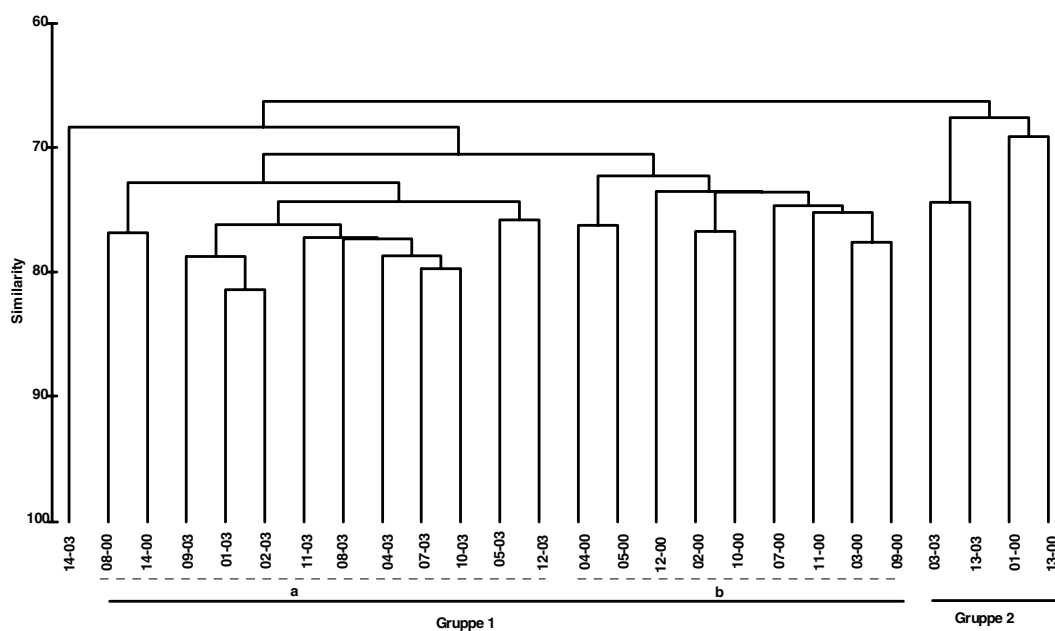
Stasjonsnavn	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
GW-01	30	250	260	97	452	5,8	0,9	48
GW-02	30	500	260	92	432	5,8	0,9	48
GW-03	30	1000	260	105	422	6,0	0,9	53
GW-04	120	250	268	115	672	5,9	0,9	51
GW-05	120	500	270	98	395	5,8	0,9	50
GW-07	210	250	270	106	509	5,9	0,9	50
GW-08	210	500	270	99	470	5,7	0,9	47
GW-09	210	1000	268	101	502	5,9	0,9	50
GW-10	300	250	277	107	641	5,8	0,9	47
GW-11	300	500	258	107	554	5,7	0,8	47
GW-12	300	1000	266	112	533	6,0	0,9	51
GW-13	300	2000	260	98	338	5,9	0,9	53
GW-14	300	4000	265	88	357	5,8	0,9	50

Resultatene fra likhetsanalysene, se MDS plott i figur 4.11, viser i all hovedsak et sunt og artsrikt samfunn.

Bioenvanalysen ga en korrelasjon på 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Cd og kornstørrelse. Beste enkeltfaktor var kadmium og THC. Korrelasjonen antyder en viss sammenheng.



Figur 4.11. MDS-plott stasjonsnivå, Garn Vest 2003.



Figur 4.12. Dendrogram, Garn Vest 2000-2003.

En trendanalyse over år viser et mønster, med en økning i antall av sterke indikatorarter som *C. setosa* og *P. kefersteini* i tillegg til en økning i antallet av mer sensitive filtrererere fra 2001 til 2003. Antallet av *C. setosa* og *P. kefersteini* på de enkelte stasjoner er ikke spesielt stort, men dette sammen med en generell individøkning kan tyde på en økt tilførsel av organisk materiale til området.



4.7 Garn Central

4.7.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Undersøkelsen på Garn Central er en grunnlagsundersøkelse. Innholdet av silt og leire varierer fra 43 % på stasjon GC11, 300°/500m til 74 % på stasjon GC10, 300°/250m. Det er grus i sedimentene på alle stasjonene. Mest grus er funnet på stasjon GC13, 300°/2000m med 34 %.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 3,1 % på stasjon GC5, 120°/500m til 4,9 % på stasjon GC10, 300°/250m.

THC konsentrasjonene er lave på hele feltet, og de varierer fra 3,1 mg/kg på stasjonene GC3, 30°/1000m og GC7, 210°/250m til 5,6 mg/kg på stasjon GC13, 300°/2000m. Forhøyde verdier er ikke funnet.

Nivåene av NPD og PAH er lave og dekaliner er ikke påvist.

Ba konsentrasjonene varierer fra 400 mg/kg på stasjon GC1, 30°/250m til 702 mg/kg på stasjon GC9, 210°/1000m. Forhøyde verdier er funnet på alle stasjonene, men konsentrasjonene er lave sammenlignet med de eldre feltene på regionen.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og forhøyde verdier er ikke funnet.

Garn Central feltet ligger nord for Draugen. De høyeste Ba konsentrasjonene er funnet på den stasjonen som ligger nærmest Draugen. Det er ikke usannsynlig at de forhøyde Ba konsentrasjonene som er funnet på Garn Central, kan skyldes boringen som er foretatt på Draugen.

Tabell 4.21. Garn Central, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og metaller (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Silt og leire	TOM	THC	NPD	PAH	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003
GC1 30°/ 250 m	62,7	3,9	3,4	-	-	400	0,07	24,7	7,4	-	19,3	50
GC2 30°/ 500 m	70,1	4,3	4,3	-	-	408	0,07	24,4	7,1	-	18,4	48
GC3 30°/1000 m	56,3	3,4	3,1	-	-	418	0,08	24,9	6,6	-	19,4	47
GC4 120°/ 250 m	61,2	4,0	3,9	-	-	414	0,07	25,2	6,3	-	17,7	42
GC5 120°/ 500 m	45,5	3,1	3,4	-	-	438	0,07	25,5	6,2	-	16,9	43
GC6 120°/1000 m	50,8	3,6	3,3	-	-	492	0,06	23,8	6,4	-	17,2	41
GC7 210°/ 250 m	56,5	3,7	3,1	-	-	478	0,07	24,1	6,4	-	19,0	43
GC8 210°/ 500 m	57,8	3,6	3,6	-	-	567	0,07	25,0	7,0	-	18,8	44
GC9 210°/1000 m	54,5	3,6	4,3	-	-	702	0,06	20,7	5,9	-	15,2	37
GC10 300°/ 250 m	74,2	4,9	4,7	0,095	0,149	499	0,07	26,0	7,7	0,05	20,4	48
GC11 300°/ 500 m	42,6	3,6	3,8	0,062	0,119	453	0,07	26,3	7,1	0,05	19,4	49
GC12 300°/1000 m	66,0	4,3	4,3	-	-	521	0,07	24,4	7,1	-	19,0	44
GC13 300°/2000 m	43,5	4,3	5,6	-	-	426	0,07	26,8	7,8	-	21,3	49

:- ikke analysert nd: ikke påvist Dekaliner er ikke påvist



4.7.2 Biologi

De biologiske analysene viser et sunt og artsrikt bunndyrsammfunn i området, som ikke skiller seg nevneverdig fra de regionale stasjoner.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 5,6 (GC-02) til 6,0 (GC-06). Pielou's jevnhetsindeks var høy (0,9) på alle stasjoner.

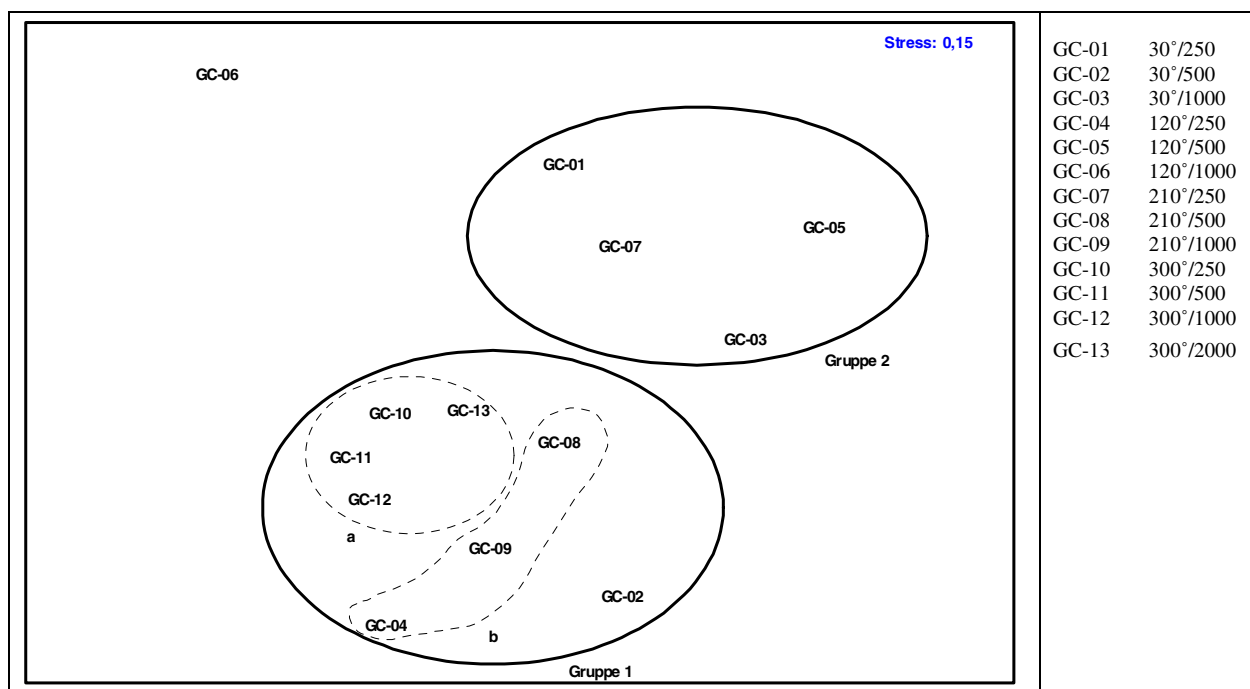
Indeksene viser at bunndyrsamfunnet i området er svært artsrikt og sunt. Artssammensetningen er typisk for et relativt grovt sediment.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.22.

Tabell 4.22. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per $0,5 m^2$, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Garn Central 2003.

Stasjon	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
GC-01	30	250	249	91	329	5,8	0,9	50
GC-02	30	500	250	82	301	5,6	0,9	48
GC-03	30	1000	242	84	282	5,8	0,9	50
GC-04	120	250	249	98	550	5,8	0,9	48
GC-05	120	500	248	82	289	5,8	0,9	51
GC-06	120	1000	246	104	384	6,0	0,9	53
GC-07	210	250	247	83	320	5,7	0,9	48
GC-08	210	500	245	94	415	5,8	0,9	49
GC-09	210	1000	246	99	509	5,9	0,9	50
GC-10	300	250	250	89	409	5,7	0,9	47
GC-11	300	500	241	100	541	5,8	0,9	48
GC-12	300	1000	251	95	524	5,7	0,9	46
GC-13	300	2000	241	91	390	5,8	0,9	50

Likhetsanalysene, se MDS plott i figur 4.13, viser en upåvirket fauna i hele området, artssammensetningen kan imidlertid indikere en noe større tilgang på organisk materiale i gruppe 1. Forskjellene er imidlertid små og kan være naturlige og tilfeldige. Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom fauna og miljøfaktorer.



Figur 4.13. MDS-plott stasjonsnivå, Garn Central 2003

4.8 Njord

4.8.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

På Njord er det analysert prøver fra 21 stasjoner ut til 2000m i 6 retninger fra plattformen. Referansestasjonen ligger ved 10 000m.

Sedimentene på Njord består av en blanding av silt og leire og veldig fin sand. Innholdet av silt og leire varierer fra 42 % på referansestasjonen NJ17, 67,5°/10000m til 75 % på stasjon NJ6, 157,5°/500m. De fleste stasjonene inneholder noe grus, opp til 8 %. Resultatene er stort sett som i 2000.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 2,8 % på stasjon NJ2, 67,5°/500m til 4,4 % på stasjon NJ11, 247,5°/1000m. Verdiene er tilsvarende som i 2000.

THC konsentrasjonene varierer fra 3,0 mg/kg på referansestasjonen NJ17, 67,5°/10000m til 3660 mg/kg på stasjon NJ13, 337,5°/250m. THC verdiene er stort sett på samme nivå eller de har avtatt siden undersøkelsen i 2000. Unntaket er de to innerste stasjonene i 67,5° retningen hvor det er funnet en økning. Forhøyde THC konsentrasjoner er ikke funnet i lagprøver ved 1-3cm og 3-6cm, en nedgang på stasjon NJ5, 157,5°/250m siden 2000.

Stasjon NJ6, 157,5°/500m skiller seg ut med en "ferskere boreslamsolje" enn de andre stasjonene. Stasjonen innenfor, NJ5 ved 250m, har ikke samme oljeprofil, men viser en mer vanlig nedbrutt "boreslamsolje". Dette ble også funnet på stasjon NJ6 i undersøkelsene i 2000 og i 2001. Resultatene tyder på at det har vært et akutt utslipp i nærheten av NJ6.

THC konsentrasjone på 1000m og 2000m stasjonene er fremdeles lave. Imidlertid er det bare på tre av 2000m stasjonene hvor vi ikke ser boreslamsolje i kromatogrammene.



MILJØUNDERSØKELSE

Konsentrasjonene av NPD og PAH er lave som i tidligere undersøkelser. Derimot er det funnet høye konsentrasjoner av dekaliner på de fleste stasjonene, opp til 265 mg/kg på stasjon NJ13, 337,5°/250m. Det er god overensstemmelse mellom resultatene for dekaliner og for THC. Konsentrasjonen av dekaliner har også økt på stasjonene NJ1, 67,5°/250m og NJ2, 67,5°/500m

Ba konsentrasjonene varierer fra 109 mg/kg på referansestasjonen NJ17, 67,5°/10000m til 6840 mg/kg på stasjon NJ1, 67,5°/250m. Forhøyde Ba nivåer er funnet på de fleste stasjonene. Det er tildels høye verdier helt ut til 1000m fra plattformen. Ved 2000m begynner konsentrasjonene å avta, men det er bare i 112° retningen at forhøyde verdier ikke er funnet. Sammenlignet med undersøkelsen i 2000 er det funnet en økning i 67,5° retningen og en nedgang i 157,5° retningen.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave. Imidlertid er det funnet litt forhøyde verdier både av Cu, Pb og Zn på stasjon NJ13, 337,5°/250m.

De kjemiske resultatene synes å være i overensstemmelse med boreaktivitetene. Oljebasert borevæske har vært brukt på Njord i 1. halvår 2003 ved sidestegsboring, og det har vært et akuttutslipp av oljebasert slam, 94 m³, i februar 2003. Lekkasje fra *slipjoint* i 2000 førte til svært høye THC konsentrasjoner i sedimentene, og det vil ta lang tid før denne oljen er nedbrutt. Store mengder baritt har vært sluppet ut i 2000 og noe mindre i 1. halvår 2003.

Tabell 4.23. Njord, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon		Silt og leire		TOM			THC			NPD		PAH		Dekaliner	
		2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1999	2003	2000	2003	2000	2003	2000
NJ1	67.5°/ 250 m	68,4	74,6	3,7	12,9	-	878	515	266	*	0,095	0,089	0,027	46,9	10,8
NJ2	67.5°/ 500 m	67,3	60,4	2,8	3,5	-	260	30,9	61,3	*	0,069	0,068	0,045	15,3	5,13
NJ3	67.5°/1000 m	61,4	55,8	3,1	4,0	5,0	6,3	-	6,4	-	-	-	-	-	-
NJ4	67.5°/2000 m	58,7	56,4	3,4	3,9	-	7,7	-	5,9	-	-	-	-	-	-
NJ5	157.5°/ 250 m	65,2	54,9	3,3	4,4	-	36,7	690	397	0,069	0,056	0,089	0,162	2,30	42,5
NJ6	157.5°/ 500 m	74,9	73,0	3,3	4,0	-	16,8	59,9	43,8	0,100	0,071	0,049	0,071	1,06	3,13
NJ7	157.5°/1000 m	56,3	57,0	3,0	3,8	4,5	8,2	7,0	7,8	-	-	-	-	-	-
NJ8	157.5°/2000 m	59,5	67,9	3,5	3,9	4,7	7,2	-	6,1	-	-	-	-	-	-
NJ9	247.5°/ 250 m	68,4	62,6	3,8	4,5	-	94,5	294	131	-	-	-	-	-	-
NJ10	247.5°/ 500 m	60,6	55,0	3,5	4,4	-	39,5	37,6	29,3	-	-	-	-	-	-
NJ11	247.5°/1000 m	68,6	72,8	4,4	4,5	-	8,9	-	10,0	-	-	-	-	-	-
NJ12	247.5°/2000 m	72,5	69,7	3,9	4,9	5,4	6,1	-	6,1	-	-	-	-	-	-
NJ13	337.5°/ 250 m	65,5	63,5	4,1	3,9	-	3660	5580	5900	*	*	0,102	*	265	454
NJ14	337.5°/ 500 m	66,5	65,9	4,1	4,7	-	61,9	210	125	0,092	0,093	0,127	0,112	3,39	9,94
NJ15	337.5°/1000 m	65,1	49,4	4,2	4,0	4,7	11,1	-	15,9	-	-	-	-	-	-
NJ16	337.5°/2000 m	54,3	58,1	3,1	4,1	4,7	6,4	-	6,2	-	-	-	-	-	-
NJ19	112°/ 500 m	58,6	-	3,6	-	-	485	-	-	0,133	-	0,114	-	33,9	-
NJ20	112°/1000 m	53,4	-	3,6	-	-	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-
NJ21	112°/2000 m	63,0	-	4,0	-	-	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-
NJ24	22.5°/1000 m	62,9	-	3,6	-	-	11,1	-	-	-	-	-	-	-	-
NJ25	22.5°/2000 m	58,5	-	4,1	-	-	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-
NJ17	67.5°/10000 m	42,4	46,5	3,2	3,7	4,0	3,0	3,6	3,4	0,054	0,035	0,105	0,093	nd	nd

-: ikke analysert nd: ikke påvist *: ikke bestemt på grunn av interferens med andre forbindelser, bl. a. dekaliner



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.24. Njord, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment).

Stasjon		Ba	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Pb	Zn	Zn	Zn
		2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	2003	2000	1997	2003	2000	1997
NJ1	67.5°/ 250 m	6840	2530	-	0,05	0,08	23,4	24,3	10,3	20,5	-	-	-	14,2	14,2	-	42	66,0	-
NJ2	67.5°/ 500 m	1970	1710	-	0,04	0,05	25,9	23,7	7,4	7,5	-	-	-	11,5	8,8	-	46	37,2	-
NJ3	67.5°/1000 m	1060	514	316	0,06	0,05	22,1	22,3	7,3	7,1	8,1	-	-	17,9	16,9	24,8	42	39,4	39,2
NJ4	67.5°/2000 m	392	229	-	0,06	0,08	22,4	20,6	6,9	6,7	-	-	-	17,3	16,3	-	41	36,4	-
NJ5	157.5°/ 250 m	824	4200	-	0,05	0,07	25,5	24,2	7,8	9,7	-	0,04	0,02	14,9	19,6	-	44	47,5	-
NJ6	157.5°/ 500 m	161	1050	-	0,07	0,03	31,5	25,6	9,0	8,6	-	0,03	-	10,3	10,1	-	52	39,2	-
NJ7	157.5°/1000 m	496	565	225	0,05	0,05	23,5	21,7	7,2	6,5	8,3	-	-	16,6	15,1	24,3	43	37,0	39,3
NJ8	157.5°/2000 m	239	260	141	0,05	0,05	23,8	23,9	6,9	7,2	6,9	-	0,02	16,0	17,0	21,9	42	40,5	35,7
NJ9	247.5°/ 250 m	2940	3900	-	0,04	0,04	23,2	22,8	9,0	9,5	-	-	-	18,3	19,3	-	55	56,4	-
NJ10	247.5°/ 500 m	2580	1440	-	0,04	0,04	25,9	23,6	9,3	7,6	-	-	-	15,8	16,3	-	47	40,2	-
NJ11	247.5°/1000 m	837	435	-	0,05	0,04	23,5	23,3	7,5	7,3	-	-	-	17,6	18,7	-	45	40,7	-
NJ12	247.5°/2000 m	306	251	241	0,04	0,05	23,0	22,2	6,7	6,8	14,9	-	-	17,2	16,5	23,4	43	38,6	43,6
NJ13	337.5°/ 250 m	5640	7470	-	0,12	0,08	33,0	19,6	39,6	43,1	-	-	-	32,4	27,8	-	149	114	-
NJ14	337.5°/ 500 m	5450	5510	-	0,04	0,04	23,4	20,9	10,1	11,2	-	-	-	20,4	19,7	-	53	47,8	-
NJ15	337.5°/1000 m	1760	1960	321	0,04	0,04	22,5	20,9	7,8	8,4	8,3	-	-	18,0	16,8	21,3	51	43,1	35,8
NJ16	337.5°/2000 m	438	433	248	0,04	0,04	24,4	18,7	7,1	6,7	9,5	-	-	16,7	15,4	22,6	45	36,1	40,9
NJ19	112°/ 500 m	2000	-	-	0,04	-	20,8	-	9,4	-	-	0,04	-	16,0	-	-	43	-	-
NJ20	112°/1000 m	1160	-	-	0,05	-	21,8	-	7,5	-	-	-	-	17,9	-	-	41	-	-
NJ21	112°/2000 m	153	-	-	0,04	-	19,3	-	5,4	-	-	-	-	13,8	-	-	35	-	-
NJ24	22.5°/1000 m	1280	-	-	0,05	-	21,6	-	7,1	-	-	-	-	16,1	-	-	41	-	-
NJ25	22.5°/2000 m	282	-	-	0,04	-	22,1	-	6,7	-	-	-	-	17,4	-	-	41	-	-
NJ17	67.5°/10000 m	109	151	113	0,05	0,03	18,9	20,2	4,1	6,1	7,7	0,02	0,02	16,6	15,4	19,7	35	34,5	34,1

-: ikke analysert

4.8.2 Biologi

Faunaen på Njord kan generelt betraktes som uforstyrret og sunn og den skiller seg ikke fra faunaen på sammenlignbare regionale stasjoner. Imidlertid viser analyser og artssammensetning at faunaen på stasjon NJ-6 (157,5°/500m) og 13 (337,5°/250m) er forstyrret. I tillegg indikerer analysene en lett forstyrrelse i faunaen på stasjonene NJ-9 (247,5°/250m) og 14 (337,5°/500m) samt på stasjon NJ-1 (67,5°/250m), NJ-2 (67,5°/500m) og NJ-5 (157,5°/250m).

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') var under 4 på stasjon NJ-13 (337,5°/250 m) og NJ-6 (157,5°/500 m). På de øvrige stasjonene varierte H' fra 4,6 til 6,1. Pielous jevnhetsindeks var høy på de fleste stasjoner, og varierte fra 0,5 til 0,9, med laveste verdi på stasjon NJ-13 (337,5°/250 m).

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.25.

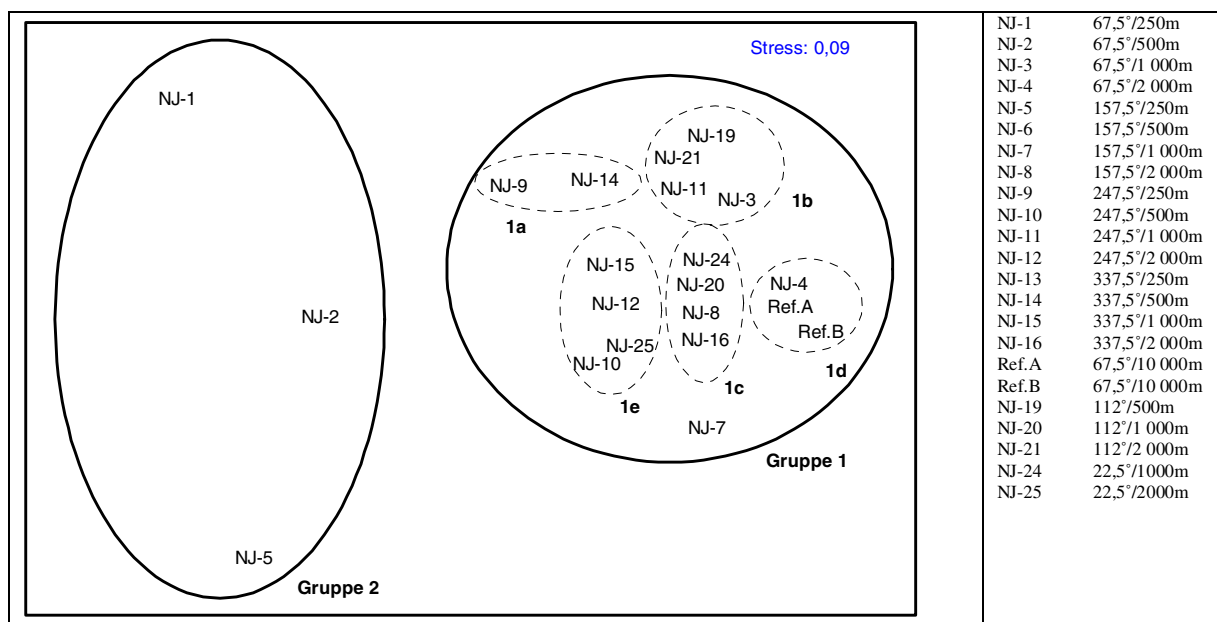


MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.25. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per 0,5 m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES₁₀₀, Njord 2003.

Stasjon	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
NJ-1	67,5	250	332	57	270	4,6	0,8	35
NJ-2	67,5	500	334	69	233	5,2	0,8	44
NJ-3	67,5	1 000	332	130	705	6,0	0,8	50
NJ-4	67,5	2 000	332	115	467	6,1	0,9	54
NJ-5	157,5	250	325	48	139	5,0	0,9	41
NJ-6	157,5	500	331	18	48	3,2	0,9	18
NJ-7	157,5	1 000	327	104	341	6,0	0,9	55
NJ-8	157,5	2 000	328	95	433	5,7	0,9	48
NJ-9	247,5	250	336	77	511	5,0	0,8	37
NJ-10	247,5	500	335	84	350	5,4	0,8	44
NJ-11	247,5	1 000	335	115	748	5,5	0,8	43
NJ-12	247,5	2 000	338	88	382	5,8	0,9	49
NJ-13	337,5	250	331	41	1077	2,8	0,5	15
NJ-14	337,5	500	334	95	823	5,0	0,8	36
NJ-15	337,5	1 000	332	92	489	5,5	0,8	45
NJ-16	337,5	2 000	333	104	421	5,8	0,9	50
Ref.A	67,5	10 000	312	98	488	5,8	0,9	48
Ref.B	67,5	10 000	312	109	439	6,0	0,9	53
NJ-19	112	500	336	122	1058	5,3	0,8	41
NJ-20	112	1 000	337	108	609	5,8	0,9	47
NJ-21	112	2 000	331	100	669	5,7	0,9	46
NJ-24	22,5	1000	334	110	507	5,9	0,9	49
NJ-25	22,5	2000	332	91	339	5,8	0,9	51

MDS plottet fra likhetsanalysen på stasjonsnivå er vist i figur 4.14. Stasjon NJ-6 og NJ-13 skilte seg markert fra alle andre stasjoner. De øvrige stasjonene deler seg i 2 hovedgrupper ved ca. 45 % likhet, hvorav den ene (gruppe 2) består av NJ 1, 2 og 5.



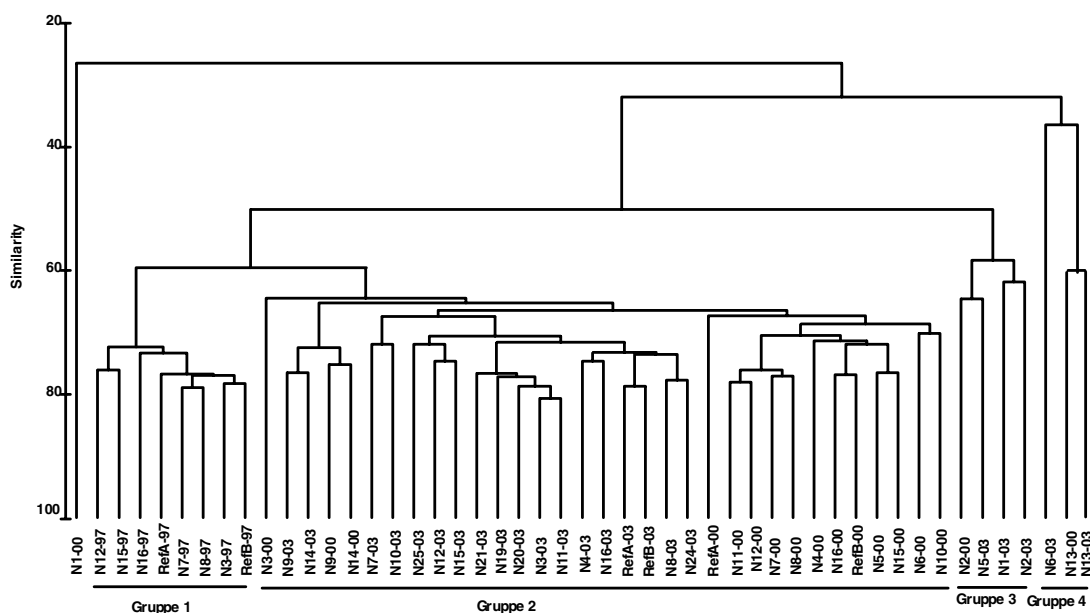
Figur 4.14. MDS-plott stasjonsnivå uten NJ-6 og 13, Njord 2003.

Likhetsanalysen indikerer at

- Faunaen på stasjon NJ-6 (157,5°/500m) og 13 (337,5°/250m) er forstyrret.
- En lett forstyrrelse i faunaen på stasjonene i undergruppe 1a; NJ-9 og 14 (247,5°/250m og 337,5°/500m) samt på stasjon NJ-1 (67,5°/250m), NJ-2 (67,5°/500m) og NJ-5 (157,5°/250m).
- Faunaen på de øvrige stasjoner kan betegnes som uforstyrret.

Det ble funnet en god korrelasjon (0,7) mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Cr, Pb og THC. Enkeltfaktoren som korrelerer best (0,6) er Pb.

I figur 4.15 vises dendrogram for årene 1996, 2000 og 2003. Stasjonene inndeler seg i 4 grupper ved en likhet på ca 30 %. Gruppe 1 inneholder 1996 stasjonene, mens gruppe 2 inneholder de fleste Njordstasjonene fra 2000 og 2003 som inndeler seg ved en likhet på ca 70 %. Analysen viser også at stasjon 6 i årets undersøkelse inndeler seg i samme gruppe som den påvirkede stasjon 13 begge år. Dette kan tyde på en økt forstyrrelse i faunaen på stasjon 6 sammenlignet med tidligere.



Figur 4.15. Dendrogram Njord, 1996 -2003.

4.9 Mikkell

4.9.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Det er stor variasjon i sedimentene på Mikkell, fra silt og leire til grov sand. Sedimentet er noe finere på bunnramme B enn på bunnramme A. På bunnramme A varierer innholdet av silt og leire fra 20 % på stasjon MIKA, 07 225°/500m til 64 % på stasjon MIKA 10, 330°/1000m. På bunnramme B varierer innholdet av silt og leire fra 32 % på stasjon MIKB 10, 315°/1000m til 61 % på stasjon MIKB 06, 135°/1000m. Grus er funnet på alle stasjonene, opp til 29 %. Det er noen forandringer siden grunnlagsundersøkelsen i 2001, men middelverdiene er de samme.

Innholdet av totalt organisk materiale er forholdsvis likt på begge bunnrammene. På bunnramme A varierer konsentrasjonen fra 1,7 % på stasjon MIKA 07, 225°/500m til 3,6 % på stasjon MIKA 06, 135°/1000m og stasjon MIKA 10, 330°/1000m. På bunnramme B varierer konsentrasjonen fra 2,4 % på stasjon MIKB 01, 45°/250m til 4,1 % på stasjon MIKB 06, 135°/1000m. Høyest innhold med 5,0 % er funnet på referansestasjonen MIKB 11A, 315°/5000m.

THC konsentrasjonene har økt på noen av de innerste stasjonene ved 250m og 500m siden grunnlagsundersøkelsen i 2001. På bunnramme A varierer konsentrasjonene fra 2,4 mg/kg på stasjon MIKA-04, 45°/2000m til 112 mg/kg på stasjon MIKA-01, 45°/250m. Forhøyde THC konsentrasjoner som skyldes boreslamsolje er funnet ut til 500m i 45° retningen.

I tillegg er forhøyde THC konsentrasjoner funnet på 500m stasjonene i 225° og 330° retningene, men dette er hydrokarboner med høyere kp. enn boreslamsoljen HDF 200.

På bunnramme B varierer THC konsentrasjonene fra 3,1 mg/kg på stasjon MIKB-02 45°/500m til 52,7 mg/kg på stasjon MIKB-05, 135°/500m. Forhøyde THC konsentrasjoner er bare funnet på stasjon MIKB-05.



MILJØUNDERSØKELSE

NPD og PAH konsentrasjonene er lave, og ingen verdier vurderes som forhøyet. Dekaliner er funnet på fire av stasjonene, opp til 7,89 mg/kg på stasjon MIKA-01, 45°/250m, som også har de høyeste THC verdiene. Påvisning av dekaliner bekrefter THC resultatene og at det finnes bore-slamsolje i sedimentene.

Ba konsentrasjonene har økt på flere stasjoner ut til 1000m, og forhøyde verdier er funnet på alle stasjonene bortsett fra referansestasjonen. På bunnramme A varierer Ba konsentrasjonene fra 223 mg/kg på stasjon MIKA-04, 45°/2000m til 2710 mg/kg på stasjon MIKA-07, 225°/500m. Det er funnet en økning ut til 500m i 45° retningen, 225° retningen og i 330° retningen. På bunnramme B varierer Ba konsentrasjonene fra 150 mg/kg på referansestasjonen MIKB-11A, 315°/5000m til 3260 mg/kg på stasjon MIKB-05, 135°/500m. Ba verdiene har økt på 500m stasjonen i 135° retningen og på 1000m stasjonen i 225° retningen, men ikke i 45° retningen.

Konsentrasjonene av tungmetallene er lave, men på en stasjon, stasjon MIKA-07, 225°/500m er det funnet høye Cu verdier.

De kjemiske resultatene er stort sett i overensstemmelse med utslippshistorien. Boringen på Mikkell startet i 2002, og det er boret 2 brønner på bunnramme A og 1 brønn på bunnramme B med vannbasert boreslam. Imidlertid tyder resultatene på at oljebasert borevæske også har vært brukt. 700 tonn baritt ble sluppet ut i 2002.

Tabell 4.26. Mikkell, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Silt og leire		TOM		THC		NPD		PAH		Dekaliner	
	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001
Bunnramme A												
MIKA 01 45°/ 250m	43,1	45,3	3,3	3,9	112	3,0	0,051	0,050	0,085	0,090	7,89	-
MIKA 02 45°/ 500m	36,6	39,0	3,1	3,4	6,4	2,3	0,037	-	0,066	-	0,20	-
MIKA 03 45°/1000m	40,2	38,2	2,9	3,6	2,8	2,3	-	-	-	-	-	-
MIKA 04 45°/2000m	33,8	33,6	2,9	3,5	2,4	2,5	-	-	-	-	-	-
MIKA 05 135°/ 500m	42,2	46,3	3,3	3,9	3,7	2,8	-	-	-	-	-	-
MIKA 06 135°/1000m	45,2	49,1	3,6	4,3	3,2	3,2	-	-	-	-	-	-
MIKA 07 225°/ 500m	20,3	38,2	1,7	2,1	7,4	1,9	-	-	-	-	-	-
MIKA 08 225°/1000m	41,0	39,0	2,6	3,2	3,0	2,6	-	-	-	-	-	-
MIKA 09 330°/ 500m	42,8	46,8	2,8	3,4	6,5	2,4	-	-	-	-	-	-
MIKA 10 330°/1000m	63,9	58,8	3,6	4,7	3,7	3,5	-	-	-	-	-	-
Bunnramme B												
MIKB 01 45°/ 250m	46,8	52,2	2,4	4,4	3,6	3,6	0,047	0,055	0,069	0,101	nd	-
MIKB 02 45°/ 500m	50,2	54,3	3,1	4,3	3,1	4,1	0,055	-	0,080	-	nd	-
MIKB 03 45°/1000m	47,9	52,2	3,0	4,2	3,6	3,5	-	-	-	-	-	-
MIKB 04 45°/2000m	49,3	57,7	2,5	4,4	3,5	3,4	-	-	-	-	-	-
MIKB 05 135°/ 500m	44,8	61,9	3,7	4,4	52,7	5,0	0,147	-	0,096	-	4,86	-
MIKB 06 135°/1000m	61,4	49,7	4,1	4,6	4,1	3,7	-	-	-	-	-	-
MIKB 07 225°/ 500m	49,3	72,7	3,5	3,1	3,5	2,9	-	-	-	-	-	-
MIKB 08 225°/1000m	46,1	54,3	2,8	3,8	3,5	3,3	-	-	-	-	-	-
MIKB 09 315°/ 500m	46,7	44,8	3,6	3,7	4,8	2,5	-	-	-	-	-	-
MIKB 10 315°/1000m	32,0	48,7	2,9	4,0	3,8	2,5	-	-	-	-	-	-
MIKB 11A 315°/5000m	53,5	45,6	5,0	4,7	4,2	3,3	0,061	0,060	0,123	0,122	nd	nd

:- ikke analysert nd: ikke påvist



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.27. Mikkell, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Ba 2003	Ba 2001	Cd 2003	Cd 2001	Cr 2003	Cr 2001	Cu 2003	Cu 2001	Hg 2003	Hg 2001	Pb 2003	Pb 2001	Zn 2003	Zn 2001
Bunnamme A														
MIKA 01 45°/ 250m	1010	188	0,07	0,06	18,7	17,4	6,4	6,6	0,07	0,03	15,9	15,7	35	32
MIKA 02 45°/ 500m	516	203	0,07	0,06	19,0	17,7	6,1	6,7	0,05	-	16,5	15,9	35	32
MIKA 03 45°/1000m	292	210	0,06	0,05	18,0	17,4	5,3	6,7	-	-	15,7	15,1	33	31
MIKA 04 45°/2000m	223	204	0,06	0,06	17,4	18,5	5,2	7,0	-	0,03	15,2	16,3	32	33
MIKA 05 135°/ 500m	423	339	0,08	0,06	18,3	19,9	6,4	9,4	-	-	17,7	17,3	37	36
MIKA 06 135°/1000m	525	354	0,07	0,05	18,3	19,5	6,9	7,9	-	-	17,0	16,7	36	35
MIKA 07 225°/ 500m	2710	1840	0,06	0,06	22,1	24,5	*154	10,6	-	-	22,8	18,6	51	44
MIKA 08 225°/1000m	407	177	0,07	0,05	19,6	17,7	6,0	6,6	-	-	17,0	14,9	38	31
MIKA 09 330°/ 500m	1450	1080	0,06	0,05	20,9	17,8	5,9	7,0	-	-	14,0	15,8	36	33
MIKA 10 330°/1000m	230	169	0,07	0,05	23,6	19,5	6,6	7,8	-	-	16,8	15,8	43	36
Bunnamme B														
MIKB 01 45°/ 250m	788	539	0,06	0,04	24,8	20,0	7,0	7,9	0,05	0,03	14,2	18,9	43	37
MIKB 02 45°/ 500m	686	526	0,06	0,05	23,2	19,2	6,4	8,0	0,05	-	17,2	18,1	41	37
MIKB 03 45°/1000m	436	269	0,06	0,04	21,4	20,1	6,0	7,9	-	-	16,9	18,2	39	38
MIKB 04 45°/2000m	345	216	0,07	0,04	22,8	19,5	7,2	7,7	-	0,03	20,0	18,3	44	37
MIKB 05 135°/ 500m	3260	720	0,09	0,05	23,2	27,8	7,7	11,2	-	-	19,5	22,3	42	47
MIKB 06 135°/1000m	461	342	0,07	0,05	24,3	21,2	7,6	8,5	-	-	21,5	19,8	46	41
MIKB 07 225°/ 500m	402	379	0,05	0,06	20,0	31,7	5,8	12,3	-	-	14,8	16,4	36	47
MIKB 08 225°/1000m	1060	670	0,07	0,06	21,7	20,7	6,9	8,6	-	-	19,1	20,2	40	40
MIKB 09 315°/ 500m	515	215	0,08	0,05	23,0	19,9	7,0	7,6	-	-	18,3	17,3	43	36
MIKB 10 315°/1000m	348	172	0,07	0,05	20,7	20,3	5,7	7,5	-	-	16,3	16,4	37	36
MIKB 11A 315°/5000m	150	134	0,08	0,05	23,6	22,6	6,7	9,1	0,03	0,03	24,3	21,6	47	43

-: ikke analysert

4.9.2 Biologi

Diversitetsindeksene indikerer et svært artsrikt og sunt bunndyrssamfunn i området. Faunaen på Mikkell skiller seg ikke mye fra faunaen på sammenlignbare regionale stasjoner.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 5,4 (MIKA-10 og MIKB-11B) til 5,9 (MIKB-10). Pielous jevnhetsindeks var relativ høy (0,8 og 0,9) på alle stasjoner.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.28.



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.28. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per 0,5 m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES₁₀₀, Mikkell 2003.

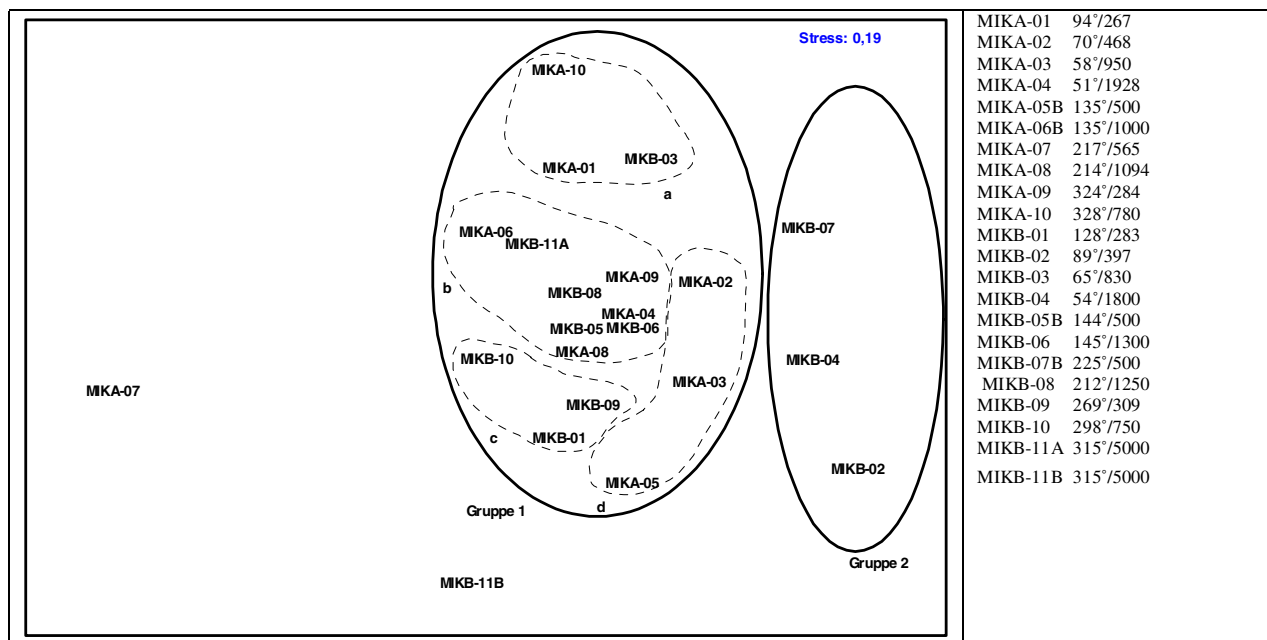
Stasjonsnavn	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
MIKA-01	94	267	226	113	826	5,5	0,8	43
MIKA-02	70	468	226	98	568	5,6	0,8	45
MIKA-03	58	950	222	100	487	5,7	0,9	47
MIKA-04	51	1928	219	96	589	5,6	0,8	44
MIKA-05B	135	500	223	95	474	5,5	0,8	45
MIKA-06B	135	1000	226	116	777	5,7	0,8	45
MIKA-07	217	565	221	103	616	5,3	0,8	41
MIKA-08	214	1094	220	109	580	5,7	0,8	46
MIKA-09	324	284	230	101	561	5,7	0,9	45
MIKA-10	328	780	235	102	975	5,4	0,8	41
MIKB-01	128	283	227	100	508	5,7	0,9	47
MIKB-02	89	397	227	90	389	5,6	0,9	46
MIKB-03	65	830	227	122	764	5,8	0,8	47
MIKB-04	54	1800	231	93	458	5,7	0,9	47
MIKB-05B	144	500	222	96	594	5,5	0,8	43
MIKB-06	145	1300	220	94	557	5,5	0,8	44
MIKB-07B	225	500	225	91	484	5,7	0,9	46
MIKB-08	212	1250	227	104	652	5,7	0,8	46
MIKB-09	269	309	228	103	516	5,8	0,9	49
MIKB-10	298	750	225	116	630	5,9	0,9	50
MIKB-11A	315	5000	220	117	801	5,7	0,8	45
MIKB-11B	315	5000	220	85	457	5,4	0,8	43

MDS plottet på stasjonsnivå er vist i figur 4.16. Ved en likhet på ca. 65 % deler de fleste stasjonene seg i 2 grupper, stasjon MIKA-07 (217°/565m) og den ene halvdel av referansestasjonen MIKB-11B (315°/5000m) skilte seg ut.

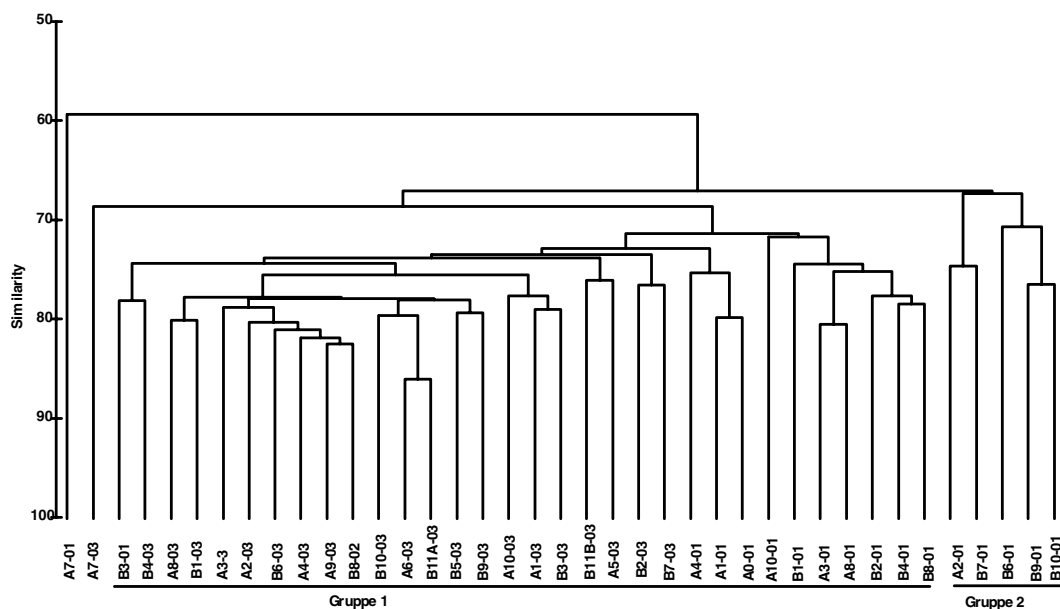
Likhetsanalysene kan indikere en liten begynnende forstyrrelse i faunaen, men diversitetsindeksene er høye og forskjellene kan være naturlige og tilfeldige eller skyldes forskjeller i sedimentstrukturen

En bioenvanalyse ga en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Cu og grus. Beste enkeltfaktor var grus (0,5). Dette er ingen god korrelasjon, men kan antyde en viss sammenheng.

I figur 4.17 vises dendrogram for årene 2001 og 2003. Dendrogrammet viser en inndeling i 2 hovedgrupper ved ca 70 %, uavhengig av år. Det har vært en økning i antall individer på enkelte stasjoner siden 2001.



Figur 4.16. MDS-plott stasjonsnivå, Mikkel 2003.



Figur 4.17. Dendrogram Mikkel for årene 2001 og 2003.



4.10 Rogn Sør

4.10.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Sedimentene på Rogn Sør består av veldig fin sand til fin sand. Innholdet av silt og leire varierer fra 33,4 % på stasjon ROGNS-08, 200°/250m til 60,4 % på stasjon ROGNS-04, 30°/2000m. Grus er funnet på alle stasjonene bortsett fra en, opp til 23 %. Det er bare små forskjeller fra grunnlagsundersøkelsen i 2001.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 2,3 % på referansestasjonen ROGNS-15, 290°/4000m til 4,0 % på stasjon ROGNS-10, 200°/1000m. Verdiene er tilsvarende som i 2001.

THC konsentrasjonene er lave og varierer fra 2,1 mg/kg på referansestasjonen ROGNS 15A, 290°/4000m til 11,1 mg/kg på stasjon ROGNS 11, 290°/250m. Litt forhøyde verdier er bare funnet på en stasjon ved 250m i 290° retningen, en økning siden 2001.

Konsentrasjonene av NPD og PAH er lave, og forhøyde verdier er ikke påvist. Dekaliner er heller ikke funnet.

Ba konsentrasjonene er lave og varierer fra 99 mg/kg på stasjon ROGNS 04, 30°/2000m til 314 mg/kg på stasjon ROGNS 11, 290°/250m. Litt forhøyde verdier er funnet på tre stasjoner, en økning siden 2001. Disse er stasjon ROGNS 08, 200°/250m, stasjon ROGNS 11, 290°/250m og stasjon ROGNS 12, 290°/500m.

Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og bare noen få forhøyde verdier er funnet.

De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med utslippshistorien. Boringen på Rogn Sør startet i 2002 med boring av 2 brønner med vannbasert boreslam. 1 m³ av baseoljen EDC 95-11 er blitt sluppet ut. Baritt er ikke sluppet ut.

Tabell 4.29. Rogn Sør, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og dekaliner (mg/kg tørt sediment)

Stasjon		Silt og leire		TOM		THC		NPD		PAH		Dekaliner	
		2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001
ROGNS-01	30°/ 250m	41,8	44,0	2,9	4,2	3,5	3,9	0,016	0,050	0,039	0,124	nd	nd
ROGNS-02	30°/ 500m	54,1	51,6	3,0	3,9	4,7	3,7	0,039	-	0,065	-	-	-
ROGNS-03	30°/1000m	51,1	52,3	3,1	4,1	3,6	4,3	-	-	-	-	-	-
ROGNS-04	30°/2000m	60,4	59,8	3,7	4,2	3,1	4,6	-	-	-	-	-	-
ROGNS-06	110°/ 500m	51,5	47,6	3,7	3,3	4,1	4,2	-	-	-	-	-	-
ROGNS-07	110°/1000m	44,3	52,1	3,5	4,4	3,1	5,2	-	-	-	-	-	-
ROGNS-08	200°/ 250m	33,4	36,8	3,4	3,7	3,6	3,7	-	-	-	-	-	-
ROGNS-09	200°/ 500m	38,2	41,1	3,3	3,7	3,6	3,8	-	-	-	-	-	-
ROGNS-10	200°/1000m	50,6	35,5	4,0	4,3	3,5	3,9	-	-	-	-	-	-
ROGNS-11	290°/ 250m	43,4	39,9	3,7	3,7	11,1	3,5	-	-	-	-	-	-
ROGNS-12	290°/ 500m	49,2	44,9	3,7	3,4	3,4	3,3	-	-	-	-	-	-
ROGNS-13	290°/1000m	42,9	45,4	3,4	3,6	2,6	3,7	-	-	-	-	-	-
ROGNS-14	290°/2000m	42,2	46,6	2,6	3,4	2,3	2,9	-	-	-	-	-	-
ROGNS-15A	290°/4000m	35,1	30,2	2,3	3,3	2,1	3,6	3,5	3,9	0,095	0,122	nd	nd

-: ikke analysert nd: ikke påvist



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.30. Rogn Sør, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Ba	Ba	Cd	Cd	Cr	Cr	Cu	Cu	Hg	Hg	Pb	Pb	Zn	Zn
	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001
ROGNS-01 30°/ 250m	127	89	0,07	0,05	36,7	27,4	7,2	7,5	0,02	0,02	7,0	16,3	86	40
ROGNS-02 30°/ 500m	143	123	0,07	0,05	33,5	22,6	7,8	7,3	0,03	-	11,2	15,1	81	36
ROGNS-03 30°/1000m	124	151	0,05	0,05	28,6	21,7	5,9	7,5	-	-	13,0	15,3	43	36
ROGNS-04 30°/2000m	99	147	0,04	0,05	26,5	23,8	5,8	8,3	-	0,02	13,0	15,7	42	41
ROGNS-06 110°/ 500m	174	118	0,07	0,05	31,3	24,9	5,8	7,9	-	-	17,6	16,4	47	39
ROGNS-07 110°/1000m	124	155	0,06	0,05	28,5	27,6	5,5	8,4	-	-	16,1	18,5	43	43
ROGNS-08 200°/ 250m	206	127	0,06	0,05	25,0	24,3	5,1	7,1	-	-	15,7	15,7	38	37
ROGNS-09 200°/ 500m	158	129	0,06	0,06	29,1	27,3	6,2	8,6	-	-	19,7	18,4	47	43
ROGNS-10 200°/1000m	106	111	0,06	0,05	30,7	35,7	6,7	8,0	-	-	17,8	19,7	49	48
ROGNS-11 290°/ 250m	314	144	0,06	0,05	33,6	31,2	5,5	8,2	-	-	18,6	18,2	50	43
ROGNS-12 290°/ 500m	221	136	0,06	0,05	27,3	26,5	6,6	8,0	-	-	16,4	16,6	45	40
ROGNS-13 290°/1000m	147	155	0,05	0,05	25,8	24,7	5,5	7,5	-	-	16,4	15,3	41	37
ROGNS-14 290°/2000m	103	107	0,05	0,04	21,7	21,1	5,1	6,8	-	-	13,7	13,6	36	33
ROGNS-15A 290°/4000m	109	100	0,04	0,04	18,6	20,4	4,0	6,7	0,02	0,02	15,2	14,4	31	32

-: ikke analysert

4.10.2 Biologi

Faunaen på Rogn Sør må betegnes som svært artsrik og uforstyrret. De regionale stasjonene skiller seg ikke noe ut i forhold til Rogn Sør stasjonene

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 5,6 (ROGNS-03 og 04 i retning 30°/1000–2000m og ROGNS-11 (290°/250m) til 6,1 (ROGNS-15A, 290°/4000m). Pielou's jevnhetsindeks var høy (0,9) på alle stasjoner.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.31.

Tabell 4.31. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per 0,5 m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Rogn Sør 2003.

Stasjonsnavn	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
ROGNS-01	30	250	290	100	498	5,8	0,9	49
ROGNS-02	30	550	290	114	635	6,0	0,9	51
ROGNS-03	30	1000	290	71	202	5,6	0,9	49
ROGNS-04	30	2000	290	81	327	5,6	0,9	47
ROGNS-06	110	500	295	118	740	5,9	0,9	49
ROGNS-07	110	1000	289	110	528	6,0	0,9	51
ROGNS-08	200	250	289	93	383	5,9	0,9	51
ROGNS-09	200	500	294	98	419	5,8	0,9	50
ROGNS-10	200	1000	299	94	428	5,8	0,9	49
ROGNS-11	290	250	290	86	435	5,6	0,9	45
ROGNS-12	290	500	292	100	387	5,9	0,9	52
ROGNS-13	290	1000	293	102	475	5,9	0,9	51
ROGNS-14	290	2000	297	100	416	5,9	0,9	51
ROGNS-15A	290	4000	310	110	399	6,1	0,9	55
ROGNS-15B	290	4000	310	97	340	6,0	0,9	54

*: Ny posisjon

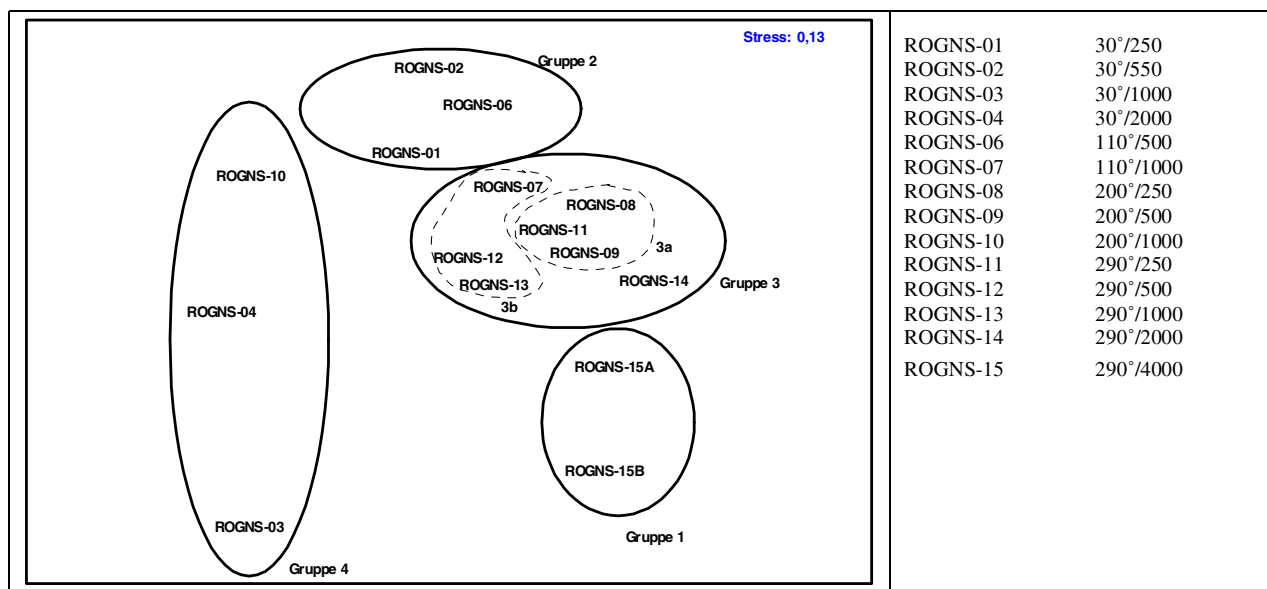


MILJØUNDERSØKELSE

MDS plottet fra likhetsanalysen på stasjonsnivå er vist i figur 4.18. Stasjonene inndeler seg i 4 hovedgrupper ved ca. 60 % likhet. Gruppe 3 er videre delt i 2 undergrupper ved en likhet på ca 70 %. Stasjon ROGNS-03 i gruppe 4 skiller seg også noe ut.

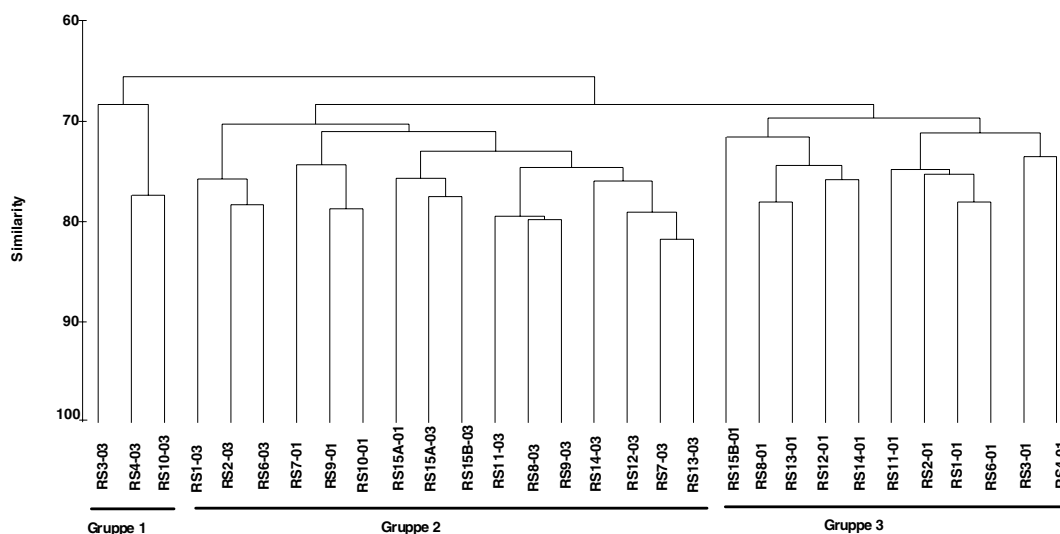
Analysene kan indikere en noe større tilgang på organisk materiale på stasjonene i 250 – 550m avstand fra feltsentrum. I tillegg grupperer stasjon ROGNS-7 og 14, som er lokalisert henholdsvis 110°/1000m og 290°/2000m i avstand fra feltsentrum, seg sammen med disse stasjonene. Imidlertid er diversitetsindeksene svært høye og faunaen må karakteriseres som uforstyrret.

Bioenvanalysen ga en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og kornstørrelse, noe som antyder en viss sammenheng.



Figur 4.18. MDS-plott stasjonsnivå, Rogn Sør 2003.

I figur 4.19 vises dendrogram for 2001 og 2003. Analysen viser at det er en stor likhet mellom stasjonene prøvetatt i år 2001 og 2003 (ca 70 %). Det er hovedsakelig et noe større antall individer i gruppe 2 (2003) innenfor familien Ampharetidae (hovedsakelig *A. macroglossus*) som bidrar til forskjellen. Det er svært liten forskjell innenfor andre familier mellom årene. *A. macroglossus* er en filtrerer og er relativt sensitiv. Forskjellen mellom årene antas å være naturlig og tilfeldig.



Figur 4.19. Dendrogram, Rogn Sør, 2001 og 2003.

4.11 Kristin

4.11.1 Kornstørrelse og kjemiske analyser

Undersøkelsen på Kristin er en grunnlagsundersøkelse med 39 stasjoner fordelt på fire bunnrammer. Sedimentene består av veldig fin sand. Innholdet av silt og leire varierer fra 38 % på stasjon KR7, 240°/500m til 52 % på stasjon KN7, 240°/1000m. Det er funnet grus på de fleste stasjonene, opp til 6 % på stasjon KR7.

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er svært likt på hele feltet, og konsentrasjonene varierer fra 2,3 % til 3,6 %.

THC konsentrasjonene er lave på hele feltet, og dette er de laveste THC konsentrasjonene på Region VI. Litt forhøyde verdier er imidlertid funnet på en stasjon, stasjon KP9, 330°/1000m med 6,9 mg/kg og hydrokarboner av samme type som boreslamsoljen. På feltet ellers varierer THC konsentrasjonene fra 1,6 mg/kg på stasjon KN1, 150°/500m til 2,9 mg/kg på stasjon KS5, 60°/1000m.

Konsentrasjonene av NPD og PAH er lave, og forhøyde verdier er ikke funnet. Dekaliner er ikke funnet.

Ba konsentrasjonene er lave på hele feltet bortsett fra en stasjon, KS10, 330°/1000m med 1370 mg/kg. Ba konsentrasjonene varierer fra 89 mg/kg til 1370 mg/kg. Litt forhøyde Ba verdier er funnet på 9 stasjoner ut til 1000m fra bunnrammene, to på bunnramme P, to på bunnramme R og fem på bunnramme S. Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og forhøyde verdier er ikke funnet.



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.32. Kristin, silt & leire og TOM (%), THC, NPD, PAH og metaller (mg/kg tørt sediment)

Stasjon	Silt og leire 2003	TOM 2003	THC 2003	NPD 2003	PAH 2003	Ba 2003	Cd 2003	Cr 2003	Cu 2003	Hg 2003	Pb 2003	Zn 2003
Bunnsramme N												
Kristin KN1 150°/ 500m	47,7	2,7	1,6	-	-	145	0,05	16,4	4,3	-	13,4	29
Kristin KN2 150°/1000m	48,4	3,0	1,9	-	-	146	0,06	17,0	4,6	-	13,6	31
Kristin KN3 60°/ 250m	49,9	3,3	2,0	0,040	0,071	135	0,05	18,8	5,4	0,03	13,8	34
Kristin KN4 60°/ 500m	51,8	3,5	2,0	0,035	0,054	108	0,05	17,4	4,7	0,03	12,3	31
Kristin KN5 60°/1000m	49,4	3,3	2,5	-	-	127	0,05	17,5	4,6	-	12,9	31
Kristin KN6 240°/ 500m	50,8	3,0	2,1	-	-	132	0,05	17,4	4,6	-	13,1	30
Kristin KN7 240°/1000m	52,2	3,4	2,3	-	-	115	0,05	18,4	4,8	-	14,5	32
Kristin KN8 330°/ 500m	51,5	3,1	1,8	-	-	132	0,05	17,5	4,4	-	11,8	30
Kristin KN9 330°/1000m	52,5	3,4	1,9	-	-	144	0,06	19,1	5,2	-	15,3	34
Kristin KN10 330°/5000m ref	44,1	2,8	1,8	0,035	0,069	117	0,04	14,6	3,4	0,02	12,2	26
Bunnsramme P												
Kristin KP1 150°/ 500m	49,9	2,8	2,0	-	-	132	0,06	18,2	5,2	-	13,0	30
Kristin KP2 150°/1000m	46,8	2,8	1,7	-	-	134	0,06	18,6	5,0	-	13,0	31
Kristin KP3 60°/ 250m	49,7	3,0	2,3	0,043	0,064	259	0,06	19,0	5,2	0,04	14,4	32
Kristin KP4 60°/ 500m	47,8	3,2	2,2	0,041	0,064	137	0,06	19,2	5,1	0,03	12,1	32
Kristin KP5 60°/1000m	49,1	3,1	2,3	-	-	152	0,06	18,6	4,8	-	13,2	31
Kristin KP6 240°/ 500m	48,6	3,3	2,2	-	-	177	0,05	18,7	5,2	-	12,2	30
Kristin KP7 240°/1000m	51,5	3,6	2,6	-	-	178	0,06	20,4	5,7	-	14,7	35
Kristin KP8 330°/ 500m	47,9	3,3	1,9	-	-	170	0,06	17,9	4,2	-	11,8	30
Kristin KP9 330°/1000m	47,1	3,2	6,9	-	-	978	0,06	19,0	5,1	-	13,8	32
Bunnsramme R												
Kristin KR1 150°/ 500m	45,5	3,3	2,4	-	-	170	0,06	17,1	5,0	-	12,8	30
Kristin KR2 150°/1000m	41,1	3,1	2,3	-	-	250	0,05	16,5	4,6	-	10,5	29
Kristin KR3 60°/ 250m	47,9	3,4	2,7	0,043	0,067	196	0,07	18,7	5,7	0,04	16,3	34
Kristin KR4 60°/ 500m	44,3	2,3	1,9	0,047	0,066	141	0,06	16,3	4,4	0,03	13,1	29
Kristin KR5 60°/1000m	44,9	2,4	2,2	-	-	181	0,06	16,5	4,9	-	13,1	29
Kristin KR6 60°/2000m	41,3	2,8	2,6	-	-	245	0,06	16,6	5,0	-	14,0	30
Kristin KR7 240°/ 500m	38,0	2,6	1,8	-	-	125	0,05	16,1	4,4	-	12,5	27
Kristin KR8 240°/1000m	41,9	2,6	2,0	-	-	169	0,05	16,1	4,3	-	11,8	26
Kristin KR9 330°/ 500m	42,5	2,8	1,9	-	-	127	0,06	17,9	4,0	-	13,6	28
Kristin KR10 330°/1000m	46,1	3,2	2,6	-	-	101	0,06	17,4	4,3	-	12,5	28
Bunnsramme S												
Kristin KS1 150°/ 500m	45,3	3,0	2,0	-	-	136	0,05	15,9	4,2	-	11,2	24
Kristin KS2 150°/1000m	49,4	3,2	2,1	-	-	89	0,05	17,7	3,8	-	12,2	27
Kristin KS3 60°/ 250m	47,2	3,1	2,6	0,048	0,075	265	0,06	18,8	3,5	0,05	14,6	32
Kristin KS4 60°/ 500m	45,7	3,1	2,4	0,040	0,069	129	0,05	17,2	3,0	0,04	11,5	27
Kristin KS5 60°/1000m	47,4	3,2	2,9	-	-	191	0,05	17,9	3,4	-	14,3	30
Kristin KS6 60°/2000m	44,6	2,8	1,9	-	-	120	0,04	16,8	3,6	-	11,4	27
Kristin KS7 240°/ 500m	43,8	3,1	2,3	-	-	237	0,05	17,9	5,1	-	11,5	29
Kristin KS8 240°/1000m	43,9	3,3	2,7	-	-	237	0,06	19,2	6,0	-	13,3	33
Kristin KS9 330°/ 500m	44,5	3,2	2,3	-	-	306	0,05	18,1	4,6	-	12,2	30
Kristin KS10 330°/1000m	49,9	3,1	2,4	-	-	1370	0,05	18,3	4,9	-	13,0	32

-: ikke analysert nd: ikke påvist Dekaliner er ikke påvist



4.11.2 Biologi

Diversitetsindeksene indikerer et svært artsrikt og sunt bunndyrsamfunn i området.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') varierte fra 5,3 (KR-01) til 6,1 (KSRefB). Pielou's jevnhetsindeks var generelt høy og varierte fra 0,8 til 0,9.

Diverse fauna parametre er vist i tabell 4.33

Likhetsanalysene, se MDS plott i figur 4.20, delte stasjonene inn i 2 hovedgrupper ved 65 - 70 % likhet. De fleste stasjoner tilhører gruppe 1 ved en likhet på ca. 70%. En bioenvanalyse ga en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene dyp, kadmiom, organisk materiale og kornstørrelse. Beste enkeltfaktor var dyp (0,5). Korrelasjonen kan antyde en viss sammenheng.

Feltet analysert sammen med sammenlignbare regionale stasjoner viser imidlertid en større forekomst av indikatorarter i faunaen på Kristin sammenlignet med de regionale.

Tabell 4.33. Dyp, antall arter (S) og antall individer (N) per $0,5 m^2$, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og ES_{100} , Kristin 2003.

Stasjonsnavn	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
KN-01	150	500	364	109	677	5,8	0,9	47
KN-02	150	1000	360	105	733	5,7	0,8	46
KN-03	60	250	370	108	681	5,7	0,8	45
KN-04	60	500	367	100	641	5,7	0,9	47
KN-05	60	1000	362	104	629	5,8	0,9	48
KN-06	240	500	372	100	604	5,7	0,8	46
KN-07	240	1000	378	112	1082	5,5	0,8	43
KN-08	330	500	370	107	800	5,6	0,8	44
KN-09	330	1000	372	89	661	5,4	0,8	41
KP-01	150	500	374	119	1018	5,5	0,8	43
KP-02	150	1000	369	103	671	5,7	0,8	46
KP-03	60	250	378	109	936	5,5	0,8	43
KP-04	60	500	375	98	710	5,4	0,8	42
KP-05	60	1000	370	102	588	5,7	0,9	47
KP-06	240	500	381	97	540	5,7	0,9	46
KP-07	240	1000	381	106	762	5,5	0,8	44
KP-08	330	500	378	99	774	5,6	0,8	44
KP-09	330	1000	380	113	824	5,6	0,8	44
KR-01	150	500	354	113	691	5,3	0,8	44
KR-02	150	1000	349	106	693	5,4	0,8	45
KR-03	60	250	357	105	607	5,7	0,8	46
KR-04	60	500	357	95	568	5,4	0,8	43
KR-05	60	1000	350	121	755	5,8	0,8	47
KR-06	60	2000	347	108	621	5,8	0,9	49
KR-07	240	500	357	106	570	5,8	0,9	49

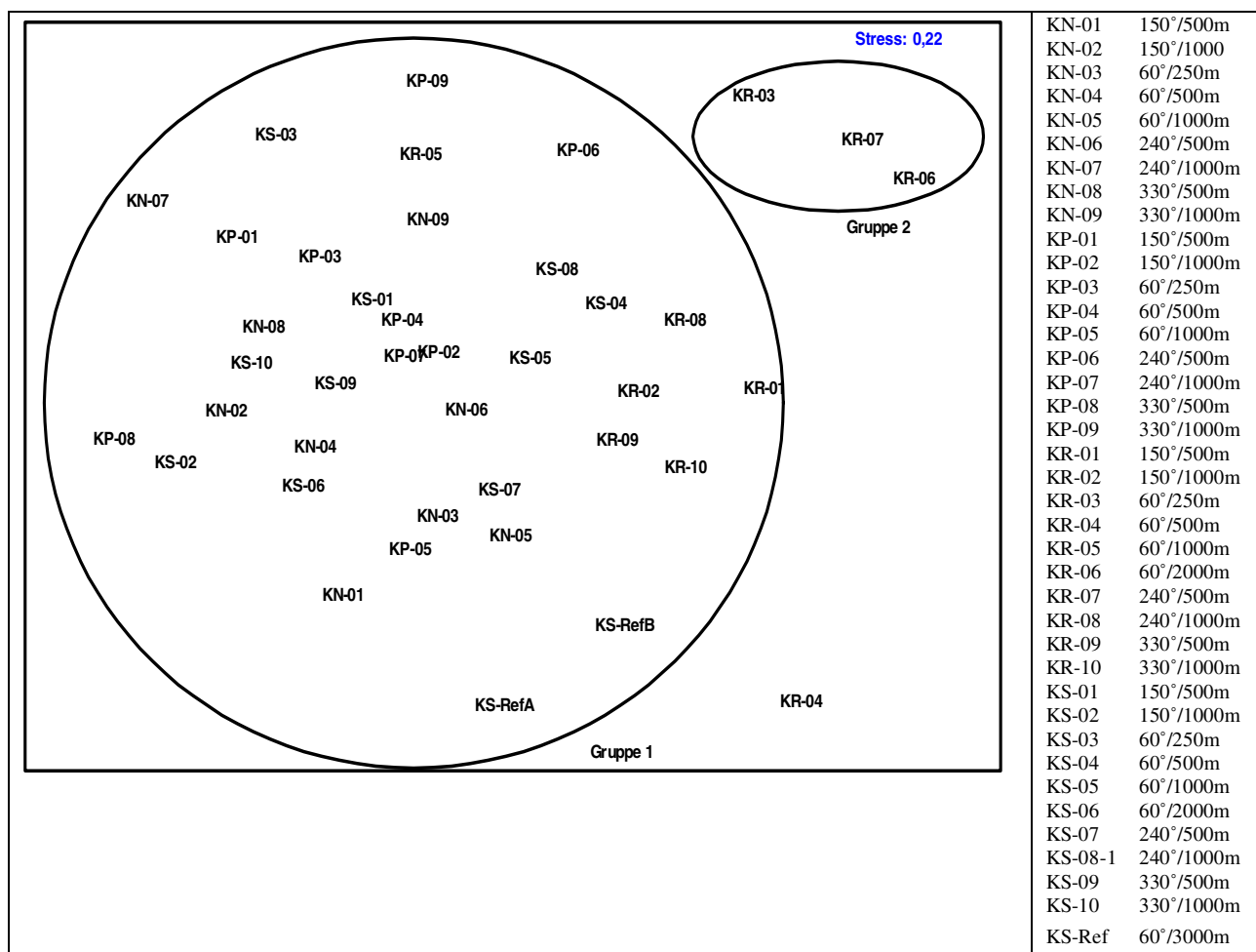
forts.



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 4.33 forts.

Stasjonsnavn	Retning	Avstand (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
KR-08	240	1000	360	117	628	5,8	0,8	49
KR-09	330	500	361	117	761	5,8	0,8	48
KR-10	330	1000	363	97	613	5,8	0,9	47
KS-01	150	500	362	117	919	5,6	0,8	45
KS-02	150	1000	362	103	883	5,6	0,8	43
KS-03	60	250	365	130	1110	5,7	0,8	46
KS-04	60	500	367	112	758	5,4	0,8	43
KS-05	60	1000	363	103	844	5,5	0,8	43
KS-06	60	2000	359	97	753	5,6	0,8	44
KS-07	240	500	371	103	627	5,8	0,9	48
KS-08-1	240	1000	370	112	815	5,7	0,8	45
KS-09	330	500	369	108	777	5,6	0,8	44
KS-10	330	1000	370	98	846	5,4	0,8	42
KS-RefA	60	3000	353	119	814	5,9	0,9	50
KS-RefB	60	3000	353	123	631	6,1	0,9	53



Figur 4.20. MDS-plott stasjonsnivå, Kristin. 2003.



5 SAMLET VURDERING OG KONKLUSJONER

5.1 Kjemiske analyser

En oversikt over karakteriseringen og de kjemiske analysene av sedimentene på Region VI er gitt i samletabellen nedenfor.

Samletabell Region VI 2003

Parameter	Regionale st. (8 st.)	Norne (20 st.)	Åsgard (22 st.)	Heidrun (19 st.)	Draugen (11 st.)	Garn Vest (13 st.)
Silt og leire %	57 - 92	73 - 96	33 - 85	51 - 86	36 - 70	32 - 70
TOM %	3,9 - 6,3	4,7 - 8,1	2,3 - 6,7	3,3 - 6,5	2,7 - 4,9	2,4 - 4,5
THC mg/kg	2,6 - 4,7	4,0 - 25,7	2,8 - 75,5	2,7 - 76,9	2,6 - 5,1	3,1 - 8,2
Olefin mg/kg	na	na	na	nd	na	na
Ester mg/kg	na	na	na	nd	na	na
Eter mg/kg	na	na	na	0,3 - 65	na	na
NPD µg/kg	58 - 103	76 - 1390	59 - 488	55 - 601	53 - 76	50 - 128
PAH µg/kg	74 - 149	87 - 657	67 - 162	75 - 182	58 - 125	99 - 316
Dekalin mg/kg	nd	nd - 2,15	nd - 5,7	nd - 0,78	nd	nd
Ba mg/kg	88 - 182	147 - 3000	180 - 2310	182 - 8140	125 - 2710	191 - 1090
Cr mg/kg	20 - 36	34 - 44	18 - 33	21 - 31	17 - 28	24 - 41
Cu mg/kg	7 - 12	9 - 14	5 - 12	7 - 35	7 - 9	6 - 12
Pb mg/kg	15 - 20	15 - 22	15 - 23	13 - 66	10 - 22	16 - 21
Zn mg/kg	35 - 64	64 - 99	30 - 62	36 - 62	35 - 55	39 - 87
Cd mg/kg	0,05 - 0,12	0,08 - 0,10	0,07 - 0,09	0,06 - 0,11	0,04 - 0,07	0,04 - 0,08
Hg mg/kg	0,03 - 0,06	0,05 - 0,06	0,03 - 0,07	0,06 - 0,30	0,03 - 0,05	0,04 - 0,05

na: ikke analysert nd: ikke påvist

kvantifiseringsgrenser: olefiner 0,5-1,0 mg/kg, estere: 0,5-1,0 mg/kg, etere: 0,15 mg/kg, dekaliner 0,05 mg/kg

NPD, PAH, dekaliner og Hg er ikke analysert på alle stasjonene

Samletabell Region VI 2003 forts.

Parameter	Garn Central (13 st.)	Njord (22 st.)	Mikkel (21 st.)	Rogn Sør (14 st.)	Kristin (39 st.)
Silt og leire %	43 - 74	42 - 75	20 - 64	33 - 60	38 - 52
TOM %	3,1 - 4,9	2,8 - 4,4	1,7 - 4,1	2,3 - 4,0	2,3 - 3,6
THC mg/kg	3,1 - 5,6	3,0 - 3660	2,4 - 112	2,1 - 11,1	1,6 - 6,9
Olefin mg/kg	na	na	na	na	na
Ester mg/kg	na	na	na	na	na
Eter mg/kg	na	na	na	na	na
NPD µg/kg	62 - 95	54 - 133	37 - 147	16 - 40	35 - 48
PAH µg/kg	119 - 149	68 - 127	66 - 132	39 - 95	54 - 75
Dekalin mg/kg	nd	nd - 265	nd - 7,89	nd	nd
Ba mg/kg	400 - 702	109 - 6840	150 - 3260	99 - 314	89 - 1370
Cr mg/kg	21 - 27	19 - 33	17 - 25	19 - 37	15 - 20
Cu mg/kg	6 - 8	4 - 40	5 - 154	4 - 8	3 - 6
Pb mg/kg	15 - 21	10 - 32	14 - 24	7 - 20	11 - 16
Zn mg/kg	37 - 50	35 - 149	32 - 51	31 - 86	24 - 35
Cd mg/kg	0,06 - 0,08	0,03 - 0,12	0,05 - 0,09	0,04 - 0,07	0,04 - 0,07
Hg mg/kg	0,05	0,02 - 0,04	0,03 - 0,07	0,02 - 0,03	0,02 - 0,05

na: ikke analysert nd: ikke påvist

kvantifiseringsgrense dekaliner: 0,05 mg/kg

NPD, PAH, dekaliner og Hg er ikke analysert på alle stasjonene



5.1.1 Kornstørrelsefordeling

Sedimentene på Region VI er dels dominert av silt og leire og dels av veldig fin sand. Mikkell skiller seg noe ut med stor variasjon, fra silt og leire til grov sand.

På de regionale stasjonene varierer innholdet av silt og leire, fra 57 % på Regional 9 (lengst vest i Region VI) til 92 % på Regional 1 (helt nord i Region VI ved Norne). Det laveste gjennomsnittlige innholdet er funnet midt i regionen på Åsgard N med 39 %, og det høyeste innholdet er funnet på Norne med 90 % på Norne NW og 80 % på Norne SW. De øvrige feltene har et gjennomsnittlig innhold av silt og leire fra 41 % til 73 %. De fleste stasjonene inneholder noe grus.

På de fleste feltene er resultatene fra årets undersøkelse på Region VI tilsvarende som i den forrige regionale undersøkelsen i 2000. Noen forandringer er imidlertid observert. På Norne er det en betydelig økning i innholdet av silt og leire på en av 250m stasjonene, fra 61 % til 96 %. På Draugen er det tildels store forskjeller, en økning på noen stasjoner og en reduksjon på andre.

5.1.2 Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er relativt høyt. Variasjonen på regionen er i overensstemmelse med kornstørrelsen. Det laveste innholdet med 1,7 % er funnet på Mikkell, en av 500m stasjonene på bunnramme A. Det høyeste innholdet med 8,1 % er funnet på Norne, på en stasjon ved 500m og en stasjon ved 1000m på bunnramme NW. Resultatene er tilsvarende som i den forrige regionale undersøkelsen i 2000.

5.1.3 Hydrokarboner

Innholdet av hydrokarboner fra boreslamsolje eller basevæskene, vil være avhengig av det som er sluppet ut under boringen, og derfor variere fra felt til felt.

På de regionale stasjonene og på referansestasjonene er THC konsentrasjonene lave, og de varierer fra 2,6 mg/kg til 4,7 mg/kg. Det er ingen økning siden den forrige undersøkelsen i 2000.

To grunnlagsundersøkelser er gjennomført i 2003, på Garn Central i Draugenområdet og på Kristin som ligger vest for Åsgard. Som ventet er THC konsentrasjonene i sedimentene lave, og THC verdiene på Garn Central varierer fra 3,1 mg/kg til 5,6 mg/kg og på Kristin fra 1,6 mg/kg til 6,9 mg/kg.

Også på Draugen, Garn Vest, Rogn Sør og Åsgard bunnrammer N og X er THC konsentrasjonene lave. På Draugen varierer THC verdiene fra 2,6 mg/kg til 5,1 mg/kg, en nedgang siden 2000, og forhøyde verdier er ikke funnet. På Garn Vest og på Rogn Sør er det funnet en liten økning siden grunnlagsundersøkelsene, og på begge feltene er det bare en 250m stasjon med litt forhøyde verdier, henholdsvis 8,2 mg/kg og 11,1 mg/kg. På Åsgard N og X er det også en stasjon på hver bunnramme med litt forhøyde THC verdier, henholdsvis 14,9 mg/kg og 9,8 mg/kg.

THC konsentrasjonene er noe høyere på Norne og på Åsgard bunnramme S, men alle verdiene er under 50 mg/kg. Konsentrasjonene har avtatt siden 2000, og de høyeste verdiene er 18,5 mg/kg på Norne SW, 25,7 mg/kg på Norne NW og 40,2 mg/kg på Åsgard bunnramme S.

MILJØUNDERSØKELSE

På Åsgard bunnramme M, Heidrun og Mikkell bunnramme A og B ligger de høyeste THC konsentrasjonene mellom 52 mg/kg og 112 mg/kg. Bunnramme M på Åsgard har ikke vært undersøkt tidligere, og forhøyde THC konsentrasjoner er funnet på to av de fire 500m stasjonene som er analysert. På Heidrun er det funnet en økning på flere stasjoner ved 500m, og de fleste stasjonene på hovedfeltet har forhøyde konsentrasjoner, det vil si ut til 1000m. På Heidrun er det sannsynlig at noe av det forhøyde THC nivået stammer fra boreslamsolje, men at hoveddelen av THC forurensningen skyldes andre utslipp. På Mikkell har THC verdiene økt siden grunnlagsundersøkelsen i 2001, men det er bare to stasjoner med THC konsentrasjoner over 10 mg/kg, en ved 250m (bunnramme A) og en ved 500m (bunnramme B).

Høye THC konsentrasjoner er funnet på Njord, opp til 3660 mg/kg. Det svært høye THC nivået på over 3000 mg/kg skyldes lekkasje av oljebasert slam fra *slipjoint* i 2000, og det vil ta lang tid før denne oljen er nedbrutt. THC verdiene har økt på de to innerste stasjonene i 67,5° retningen siden 2000, ellers er nivået stort sett det samme eller det har avtatt. Stasjon NJ6, 157,5°/500m skiller seg ut med en "ferskere boreslamsolje" enn de andre stasjonene. Stasjonen innenfor, NJ5, 157,5°/250m, har ikke samme oljeprofil, men viser en mer vanlig nedbrutt "boreslamsolje". Resultatene tyder på at det har vært et akutt utslipp i nærheten av NJ6. Boreslamsolje er funnet ut til 2000m.

En vertikal transport av hydrokarboner nedover i sedimentlagene er observert. Konsentrasjonene er lavere enn i det øverste 0-1 cm laget.

Konsentrasjonene av de utvalgte hydrokarbonene NPD og PAH er lave på hele Region VI, mens det er stor variasjon i konsentrasjonene av C₅ - C₈ alkyldekaliner. Dekaliner er ikke påvist på de regionale stasjonene, Draugen, Garn Vest, Garn Central, Rogn Sør og Kristin. På Norne, Åsgard, Heidrun og Mikkell er det funnet dekaliner på mg nivå, mens på Njord er det opp til 265 mg/kg. Det er god korrelasjon mellom resultatene for dekaliner og for THC. Når dekaliner påvises, tyder dette på at boreslamsolje finnes i sedimentene, fordi baseoljene HDF 200 og EDC 95-11 inneholder noen % av C₅ - C₈ alkyldekaliner.

THC resultatene er stort sett i overensstemmelse med utslippshistorien på alle feltene.

5.1.4 Estere

Estere fra borevæsken Petrofree er bare analysert på Heidrun. Petrofree er ikke funnet i sedimentene, og estere ble heller ikke påvist i 2000.

5.1.5 Etere

Etere fra borevæsken Aquamul B II er bare analysert på Heidrun i TLP området. Aquamul B II er funnet på alle stasjonene, opp til 65 mg/kg på en av 550m stasjonene. På en annen 550m stasjon er det funnet en jevn nedgang; fra 271 mg/kg i 1997, 119 mg/kg i 2000 til 17,9 mg/kg i 2003. Generelt er konklusjonen status quo, og resultatene bekrefter den langsomme nedbrytningen av borevæsken Aquamul B II.



5.1.6 Barium

Ba er funnet i sedimentene fordi baritt blir brukt under boring både med vannbasert boreslam, oljebasert boreslam eller pseudo-oljebasert boreslam. Det vil derfor være høyere konsentrasjoner av barium og et større spredningsområde enn for THC.

Ba konsentrasjonene varierer fra bakgrunnsnivåer til 8100 mg/kg, tilsvarende som i den forrige regionale undersøkelsen i 2000.

Som for THC er det funnet en vertikal transport av Ba nedover i sedimentlaget, lavere nivåer enn i det øverste 0-1 cm laget.

På de regionale stasjonene og på referansestasjonene er Ba konsentrasjonene lave, og de varierer fra 88 mg/kg til 182 mg/kg.

Forhøyde Ba konsentrasjoner er funnet på de fleste stasjonene på de eldre feltene. Dette betyr ut til 1000m på Garn Vest og ut til 2000m på de andre feltene. På Rogn Sør er det bare tre stasjoner med forhøyde Ba verdier, ut til 500m. På Kristin som er en grunnlagsundersøkelse, er det funnet forhøyde Ba konsentrasjoner på 9 av 39 stasjoner, også her ut til 2000m.

Ba nivået er stort sett som tidligere. Imidlertid har Ba konsentrasjonen avtatt noe på Draugen og økt noe på Norne, Heidrun, Garn Vest, Mikkell og delvis på Njord.

5.1.7 Metaller

Stort sett er det funnet lave konsentrasjoner av tungmetaller i sedimentene. Vi vil anta at de verdiene som er funnet, i hovedsak tilsvarende det naturlige nivået på Region VI. Bare noen få forhøyde verdier er funnet for Cr, Cu, Pb og Zn. Cr varierer fra 15 - 44 mg/kg, Cu varierer fra 3 - 40 mg/kg, Pb varierer fra 7 - 66 mg/kg og Zn varierer fra 24 - 149 mg/kg. I tillegg er det funnet høye Cu verdier, 154 mg/kg, på en av 500m stasjonene på Mikkell bunnramme A.

Både Cd og Hg er funnet på alle feltene, 0,04 til 0,11 mg/kg for Cd, og 0,01 til 0,07 mg/kg for Hg. Nivåene er lave og tilsvarende som i 2000. I tillegg er det funnet en høy Hg konsentrasjon, 0,30 mg/kg på en av 500m stasjonene på Heidrun.

5.1.8 Grense for signifikant kontaminering

For innholdet av THC, NPD, PAH, Ba, Cr, Cu, Pb og Zn i sedimentene er det beregnet en grense for signifikant kontaminering, en LSC verdi (limit of significant contamination). Konsentrasjoner høyere enn denne grensen anses som forhøyede konsentrasjoner, det vil si en forurensning i sedimentene.

LSC verdiene er beregnet med bruk av en ensidig t-test ved et konfidensnivå på 95 % og data fra de regionale stasjonene og referansestasjonene i perioden 1996 - 2003. For THC og Ba inngår 155 enkeltmålinger i beregningene.

LSC verdiene for årets undersøkelse i 2003 er gitt i tabell 5.2 LSC verdiene gjelder hele regionen, og er gitt i mg/kg tørt sediment.



MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 5.2. LSC verdier (grense for signifikant kontaminering), Region VI 2003.

Parameter	LSC 2003 mg/kg 95 % konfidensnivå
THC	5,3
Ba	198
Cr	33
Cu	12
Pb	25
Zn	60
NPD	0,101
PAH	0,143

5.1.9 Forurensset/kontaminert areal

Ved vurdering av hvilke stasjoner som har forhøyede THC verdier og dermed er forurensset av hydrokarboner, brukes både tallverdien for THC innholdet og gasskromatogrammet som viser hydrokarbonprofilen. Spesielt ser vi på retensjonsområdet for boreslamsoljen HDF 200, og om det foreligger ekstra topper (bulk) i forhold til prøvene fra referansestasjonen.

Ut fra stasjoner med forhøyede verdier, fastsettes utstrekningen av det forurensede området. I de tilfeller hvor vi ikke har nok data til å bestemme hvor langt ut THC forurensningen går, må vi bruke skjønn og gjøre et anslag.

I tabell 5.3 er det satt opp en oversikt for hvert felt, som gir grunnlaget for en arealberegning.

Tabell 5.3. THC forurensning på Region VI i 2003.

Felt	Retning	Avstand	Kommentarer og THC konsentrasjoner i mg/kg
Norne NW	135°	< 500m	250m stasjonen er ikke analysert.
	45° og 315°	250 - 500m	Kun spor av THC på 500m stasjonen, sannsynlig grense mellom 250m og 500m.
Norne SW	225°	litt > 500m	17,1 ved 500m; ikke THC ved 1000m
	135° og 315°	500m	8,2 og 8,8 ved 500m; ikke THC ved 1000m.
	20°	700m	8,8 ved 700m, ikke stasjoner lenger ut.
	225°	1000m	6,2 ved 1000m - tydelig THC bulk i en grabb; ikke stasjoner lenger ut.
Åsgard N	60°, 150°, 330°	< 500m	Bare 500m stasjonene er analysert på N.
	240°	litt > 500m	14,9 ved 500m
Åsgard S	30°, 160°, 250°	< 500m	250m stasjonen er ikke analysert.
	75°	500m - 1000m	40,2 ved 500m; ikke THC ved 1000m.
Åsgard X	90°, 225°, 315°	< 500m	Bare 500m stasjonene er analysert på X.
	45°	500m	9,8 ved 500m
Åsgard M	145°, 325°	< 500m	Bare 500m stasjonene er analysert på M.
	60°	> 500m	75,5 ved 500m
	240°	500m	7,0 ved 500m
Heidrun	225°	550m - 1000m	36,1 ved 550m; ikke THC ved 1000m
TLP	305°/315°	litt > 550m	12,5 ved 550m; ikke THC ved 1000m
	45°/50° og	1000m	9,2 og 9,1 ved 1000m; ikke stasjoner lenger ut.
	120°/135°		
Bunnrammer	135° og 315°	< 500m	250m stasjonen er ikke analysert.
	30°/35°	litt > 500m	15,0 ved 500m; ikke THC ved 1000m
	225°	500m	8,3 ved 500m; ikke THC ved 1000m



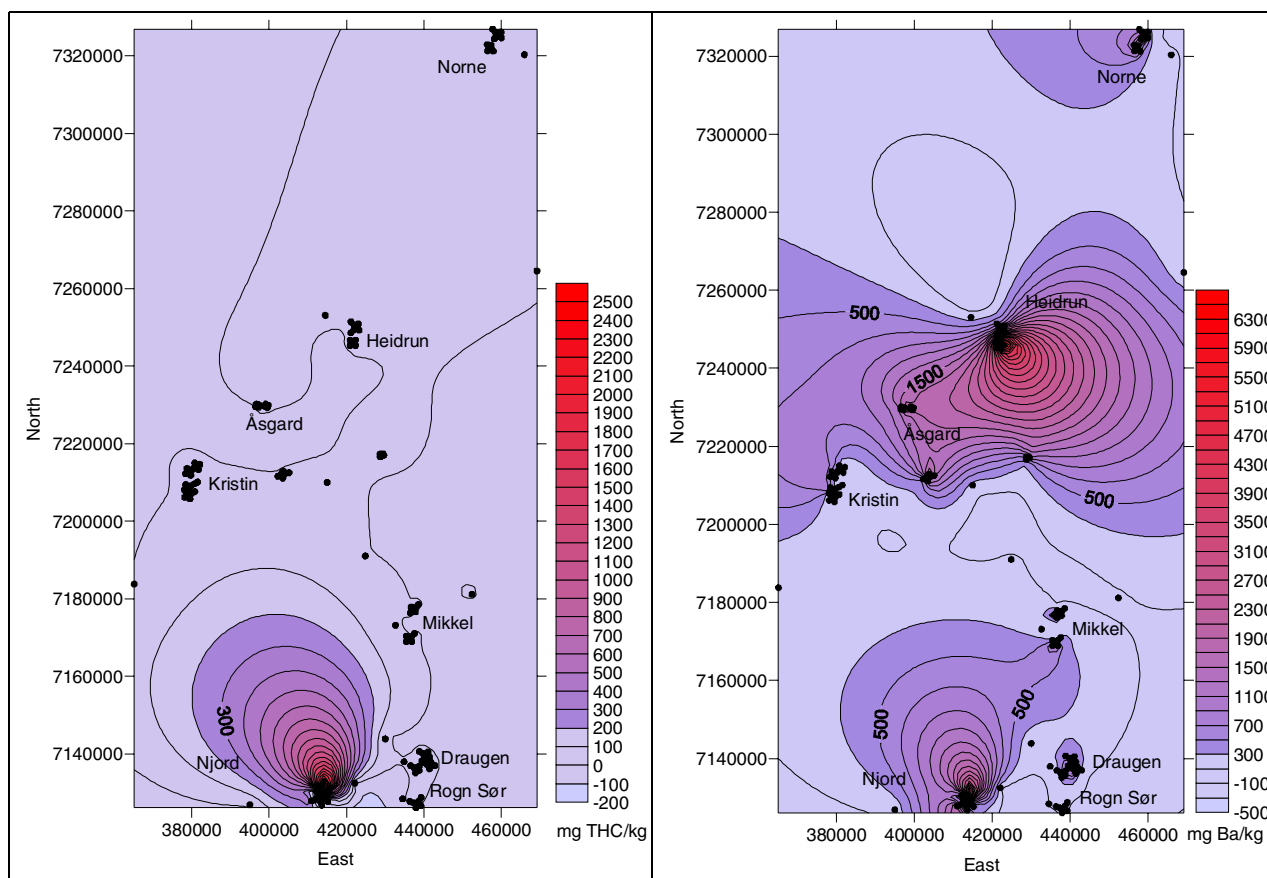
MILJØUNDERSØKELSE

Tabell 5.3. forts.

Draugen	300°	< 250m	Grensen er vanskelig å anslå fordi det bare er <u>en</u> 250m stasjon (300°).
	162° og 325°	< 500m	
	45°	< 750m	
Garn Vest	30° og 210°	0 - 250m	Kun spor av THC på 250m stasjonen, 6,3 og 6,8 8,2 ved 250m; ikke THC ved 500m
	120°	250m	
Garn Central	30°, 120°, 210°	< 250m	Ingen stasjoner har forhøyde THC verdier. Feltet er ikke forurensset med THC
	og 300°		
Njord	22,5° og 247,5°	1000m	11,1 og 8,9 ved 1000m; ikke THC ved 2000m 28,0 ved 1000m; ikke THC ved 2000m 7,7; 7,2; 6,4 ved 2000m 2000m er ytterste stasjon i alle 6 retninger
	112°	1000m - 2000m	
	67,5°, 157,5° og	2000m	
	337,5°		
Mikkel A	135°	< 500m	250m stasjonen er ikke analysert. 6,4 ved 500m; ikke THC ved 1000m 7,4 og 6,5 ved 500m; ikke boreslamsolje, høyere kp.; ikke THC ved 1000m
	45°	500m	
	225° og 330°	500m	
Mikkel B	45°	< 250m	Tydelig boreslamsolje i 3-6cm laget ved 250m, 9,3 mg/kg, men ikke noe i 0-1cm og 1-3cm - stasjonen anses ikke som forurensset. 250m stasjonen er ikke analysert. 52,7 ved 500m; ikke THC ved 1000m
	225° og 315°	< 500m	
	135°	500m - 1000m	
Rogn Sør	30° og 200°	< 250m	250m stasjonen er ikke analysert 11,1 ved 250m; ikke THC ved 500m
	110°	< 500m	
	290°	250m	
Kristin N, P, R og S	60°, 150°, 240°	< 250m	Forhøyet verdi med boreslamsolje er funnet på <u>en</u> stasjon, KP9 330°/1000m (6,9 mg/kg); ikke forhøyet innenfor. Feltet er ikke forurensset med THC
	og 330°		

Det er beregnet et areal kontaminert med THC (dvs. høyere enn LSC verdi på 5,3 mg/kg) tilsvarende mer enn 25 km². For enkelte felt er den ytterste stasjonen i en akse kontaminert iht. LSC verdien, noe som gjør det vanskelig å beregne eksakt areal som er kontaminert. Er 500m stasjonen kontaminert og ikke 1000m stasjonen, er arealet beregnet ut i fra middelavstanden på 750m. Arealberegningene er basert på utregningen vist i tabell 5.4, som viser avstanden ut fra fire akser hvor en finner forhøyde konsentrasjoner (> LSC verdiene).

I figur 5.1. er et isolinjeplot tegnet for THC og Ba- konsentrasjoner for alle stasjonene.



Figur 5.1. Isolinjeplot for konsentrasjonen av THC til venstre og Ba til høyre. Fordi det kun er lokalt forhøyede konsentrasjoner av THC (og enkelte steder høye konsentrasjoner) blir oppløsningen i plottet vanskelig å illustrere. Totalt er kontaminert areal med THC beregnet til over 25 km². Barium spres over et større område, og totalt areal med en konsentrasjon over 198 mg/kg er beregnet til over 100 km².

**Tabell 5.4.** Beregningsgrunnlag for kontaminert areal med THC, Region VI Haltenbanken 2003.

Installasjon	Akse 1 (m)	Akse 2 (m)	Akse 3 (m)	Akse 4 (m)	Radius	Areal (km ²) > 5,3 mg THC/kg	Andel
Njord	2000	2000	2000	2000	2,000	12,57	50 %
Heidrun	1000	1000	1500	550	1,013	3,22	13 %
Heidr. N	750	750	750	375	0,656	1,35	5 %
Norne W	750	250	1500	750	0,813	2,07	8 %
Norne S	700	750	1000	1000	0,863	2,34	9 %
Rogn S	250	250	250	378	0,282	0,25	1 %
Mikkel A	750	500	750	500	0,6250	1,23	5 %
Mikkel B	400	1000	500	300	0,5500	0,95	4 %
Åsgard-N	500	500	750	500	0,5625	0,99	4 %
Åsgard-S	1000	500	500		0,6667	1,40	6 %
Åsgard-X	500	500	500	500	0,5000	0,79	3 %
Åsgard-M	500	500	500	500	0,5000	0,79	3 %
Draugen	750	500	250		0,5000	0,79	3 %
Garn V	375	375	750	750	0,5625	0,99	4 %
Garn C	250	250	250	250	0,2500	0,20	1 %
Kristin N	250	250	250	250	0,2500	0,20	1 %
Kristin P	250	250	250	250	0,2500	0,20	1 %
Kristin R	250	250	250	250	0,2500	0,20	1 %
Kristin S	250	250	250	250	0,2500	0,20	1 %
						24,97	

Areal beregnet ut fra LSC verdien på 5,3 mg THC/kg tilsvarer 25 km², som er noe mer enn i undersøkelsen i 2000, hvor arealet ble beregnet til 20 km². I 2000 var LSC verdien 6,0 mg THC/kg.

Barium brukes som en indikator for utslipp, og alle stasjoner rundt installasjonene anses å være kontaminert. Arealet er større enn det som er beregnet her fordi de ytterste stasjonene har høyere konsentrasjoner enn LSC verdien på 196 mg Ba/kg. Minimum 100 km² er kontaminert med Ba. I 2000 var arealet minimum 68 km² beregnet ut i fra en LSC verdi på 220 mg/kg. Dette betyr at arealet har økt noe siden 2000.

I tabell 5.5 er det gitt en oversikt over utregningen av kontaminert areal av barium.

**Tabell 5.5. Beregningsgrunnlag for kontaminert areal med Ba, Region VI Haltenbanken 2003.**

Stasjoner	Akse 1 (m)	Akse 2 (m)	Akse 3 (m)	Akse 4 (m)	Radius	Areal (km ²) > 198 mg Ba/kg	Andel
Njord	2000	2000	2000	2000	2,000	12,57	12 %
Heidrun	2000	2000	2000	2000	2,000	12,57	12 %
Heidr. N	2000	2000	2000	2000	2,000	12,57	12 %
Norne W	2000	2000	2000	2000	2,000	12,57	12 %
Norne S	2000	2000	2000	2000	2,000	12,57	12 %
Rogn S	250	250	325	250	0,269	0,23	0 %
Mikkel A	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Mikkel B	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Åsgard-N	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Åsgard-S	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Åsgard-X	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Åsgard-M	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Draugen	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Garn V	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Garn C	2000	2000	2000	2000	2,0000	12,57	12 %
Kristin N	250	250	250	250	0,2500	0,20	0 %
Kristin P	325	250	250	1000	0,4563	0,65	1 %
Kristin R	375	1000	500	500	0,5938	1,11	1 %
Kristin S	375	1000	1000	1000	0,8438	2,24	2 %
						100,76	

5.2 Påvirkning på bunndyrsfauna

Dendrogrammet i figur 5.3 viser at en del av stasjonene på Njord skiller seg mest fra de øvrige stasjonene i regionen. Noen stasjoner på Heidrun samt en stasjon på Draugen skiller seg også ut fra de øvrige stasjonene i regionen. De øvrige stasjoner i regionen inndeler seg ved ca. 55 % likhet. Stasjonene inndelte seg i stor grad etter felt, og de mest homogene feltene var Norne, Kristin, Mikkel og Draugen.

Beregningen av hvor stort areal som er påvirket er gjennomført som følger:

Det er utarbeidet en indeks basert på gjennomsnittsverdiene for referansestasjoner og regionale stasjoner minus 2 x standardavvik (fanger opp stasjoner som er lite/moderat belastet). Deretter er dette sammenholdt med de multivariate analysene. Er det ikke påvist påvirkning av faunaen på den innerste stasjonen er "areal påvirket" likevel satt lik innerste stasjon (i de fleste tilfeller 500m, men på noen felt 250m). Dette betyr at utregningene må tolkes som mindre enn det oppgitte arealet. Er det påvist en påvirkning på 500m, men ikke på 1000m er arealet bergnet ut i fra en midlere avstand på 750m.

Gjennomsnittlig diversitetsindeks for regionale stasjoner og referansestasjoner var 5,7. Grenseverdien blir da 5,2 ved å trekke fra 2 x standardavvik. Ut fra dette er 6 av 22 stasjoner påvirket på Njord, 5 av 19 på Heidrun og 1 stasjon på Åsgard. Norne avviker en del når det gjelder bunntype slik at en ikke kan bruke samme referanseverdi her.



MILJØUNDERSØKELSE

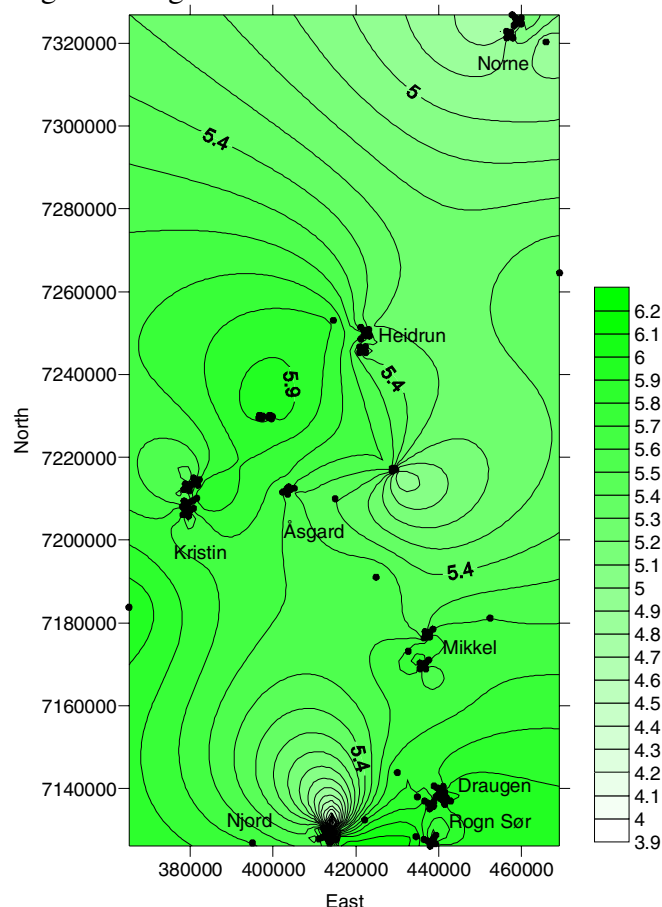
Ved å legge til grunn de multivariate analysene får en noe færre stasjoner som er påvirket (5 på Njord, 3 på Heidrun, 1 på Draugen). Beregnet areal blir likevel likevel tilnærmet likt. I tabell 5.6. er utregningen vist. Areal påvirket er mindre enn 10 km² for hele regionen.

Tabell 5.6. Beregning av areal påvirket. a) basert på diversitet, b) basert på multivariate metoder).

A) Felt	Akse 1 (m)	Akse 2 (m)	Akse 3 (m)	Akse 4 (m)	Radius	Areal (diversitet)
Njord	325	750	325	750	0,538	0,91
Heidrun	750	750	750	750	0,750	1,77
Heidr. N	750	500	500	500	0,563	0,99
Norne W	250	250	250	250	0,250	0,20
Norne S	1000	500	500	325	0,581	1,06
Rogn S	250	250	250	250	0,250	0,20
Mikkel A	250	250	250	250	0,2500	0,20
Mikkel B	250	250	250	250	0,2500	0,20
Åsgard-N	500	500	500	500	0,5000	0,79
Åsgard-S	500	500	500	500	0,5000	0,79
Åsgard-X	500	500	500	500	0,5000	0,79
Åsgard-M	500	500	500	500	0,5000	0,79
Draugen	250	250	250	250	0,2500	0,20
Garn V	250	250	250	250	0,2500	0,20
Garn C	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin N	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin P	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin R	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin S	250	250	250	250	0,2500	0,20
TOTALT						10,0 km2
B) Felt	Akse 1 (m)	Akse 2 (m)	Akse 3 (m)	Akse 4 (m)	Radius	Areal (multivariate)
Njord	750	750	325	750	0,644	1,30
Heidrun	2000	750	750	550	1,013	3,22
Heidr. N	500	500	500	500	0,500	0,79
Norne W	250	250	250	250	0,250	0,20
Norne S	1000	500	500	325	0,581	1,06
Rogn S	250	250	250	250	0,250	0,20
Mikkel A	250	250	250	250	0,2500	0,20
Mikkel B	250	250	250	250	0,2500	0,20
Åsgard-N	500	500	500	500	0,5000	0,79
Åsgard-S	500	500	500	500	0,5000	0,79
Åsgard-X	500	500	500	500	0,5000	0,79
Åsgard-M	500	500	500	500	0,5000	0,79
Draugen	250	250	250	250	0,2500	0,20
Garn V	250	250	250	250	0,2500	0,20
Garn C	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin N	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin P	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin R	250	250	250	250	0,2500	0,20
Kristin S	250	250	250	250	0,2500	0,20
TOTALT						11,7 km2



Plottet i figur 5.2 viser at det er høy diversitet i hele regionen. Området som er svakt påvirket begrenser seg til under 10 km².

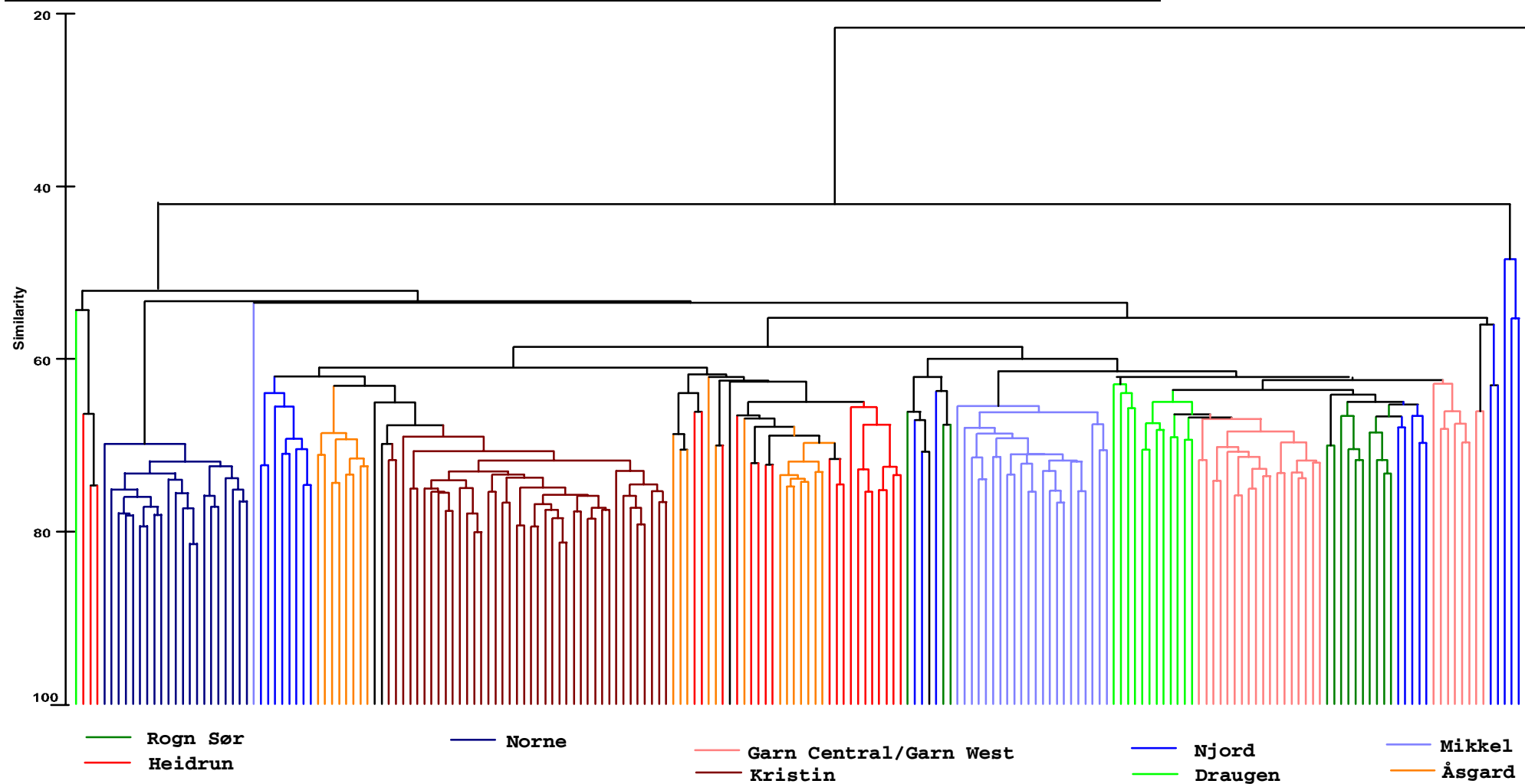


Figur 5.2. Isolinjeplot av diversitet i regionen.

På flere av feltene i regionen indikerte analyser og artssammensetning en økt tilgang på organisk materiale både mellom områder og over år som i flere tilfeller ikke kan relateres til virksomheten i området. Generelt viser resultatene en økning i spesielt individantall siden siste undersøkelse. Dette kan være tilfeldige endringer både i tid og rom, men kan også skyldes en generell økt tilførsel av organisk materiale til regionen.



MILJØUNDERSØKELSE



Figur 5.3. Dendrogram for alle stasjone i Region VI – Haltenbanken 2003.



5.3 Konklusjon – Region VI

Miljøundersøkelsen 2003 på Region VI har gitt disse resultatene:

- Sedimentene på Region VI er dels dominert av silt og leire og dels av veldig fin sand.
- Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er relativt høyt, fra 1,7 % til 8,1 %.
- De kjemiske resultatene er i overensstemmelse med boringen i regionen.
- De regionale stasjonene og referansestasjonene er ikke påvirket av borekjemikalier - ingen forurensning eller forhøyede konsentrasjoner er funnet i disse sedimentene.
- Relativt høye THC nivåer (>50 mg/kg) er funnet på Åsgard M, Heidrun, Njord og Mikkell. På Norne, Åsgard N, S og X, Garn Vest og Rogn Sør er THC konsentrasjonene lavere, og forhøyede THC verdier er ikke funnet på Draugen, Garn Central og Kristin. Utbredelsen varierer, ut til 250m fra installasjonen på nye felt til 2000m på Njord. THC verdiene har økt på Heidrun, Mikkell og delvis på Njord. På Njord inneholder en stasjon fremdeles svært høye THC verdier på grunn av lekkasje av oljebasert slam fra *slipjoint* i 2000.
- Dekaliner er funnet i de sedimentene hvor boreslamsolje er påvist.
- Olefiner og estere fra borevæsker er ikke funnet i sedimentene på Heidrun.
- Etere fra borevæsken Aquamul B II er funnet i sedimentene på Heidrun, samme lave konsentrasjoner som i 2000. Resultatene tyder på en langsom nedbrytning.
- Spredning av borekaks og slam illustreres av barium resultatene. Forhøyde Ba konsentrasjoner er funnet ut til 500m på Rogn Sør, ut til 1000m på Garn Vest og ut til 2000m på de andre feltene. Ba konsentrasjonene er stort sett som tidligere, men de har avtatt på Draugen og økt på Norne, Heidrun, Garn Vest, Mikkell og delvis på Njord.
- Konsentrasjonen av tungmetaller er lav, og forhøyede verdier er bare funnet på noen stasjoner.
- Bunndyrsamfunnet i Regionen kan generelt betraktes som sunt og uforstyrret. Artssammensetning på Regional stasjon 1 og 3 skiller seg noe ut fra de øvrige. På disse stasjonene er det et relativt fint sediment sammenlignet med de øvrige. Trendanalysen viser at det ikke har skjedd vesentlige endringer i artssammensetningen i regionen i perioden 1997 til 2003.



- Følgende stasjoner betraktes som påvirket:
 - Stasjon Heidrun-6 (50°/550m) samt Heidrun-7 (45°/1000m) og Heidrun-12 (120°/550m) har en noe forstyrret fauna. Det ble funnet god korrelasjon mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Ba, Cd, Pb og THC.
 - Stasjon DR24B (300°/250m) på Draugenfeltet ble betegnet som påvirket i 2000, og analysene avdekket at dette fortsatt er tilfelle til tross for at nivåene av Ba og THC er redusert.
 - På Njord er faunaen på stasjon NJ-6 (157,5°/500m) og 13 (337,5°/250m) forstyrret. I tillegg indikerer analysene en lett forstyrrelse på stasjonene NJ-9 (247,5°/250m), 14 (337,5°/500m), NJ-1 (67,5°/250m), NJ-2 (67,5°/500m) og NJ-5 (157,5°/250m).
- På flere av feltene og delvis i regionen generelt gir endringer i artssammensetning indikasjon på en økning i tilgang på organisk materiale.
- Resultatene fra denne undersøkelsen i 2003 er i overensstemmelse med undersøkelsen i 2000.

6 ANBEFALINGER

Stasjonsvalg

For de fleste feltene bør det vurderes å ta med nye stasjoner, spesielt nær installasjonene (250m). På region VI er det felt hvor flere av 500m stasjonene ikke har forhøyde THC verdier, og dermed kan beregningen av det kontaminerte området bli svært usikker.

Fastsettelse av LSC verdier (grense for signifikant kontaminering)

På Region VI er det foretatt regionale undersøkelser i 1997, 2000 og i 2003. Dette betyr at det nå foreligger mange måleverdier for de forskjellige parametrene. Både for THC og for Ba er det 155 måleverdier som er brukt ved beregningen av LSC verdier i 2003.

Det bør vurderes om det nå foreligger tilstrekkelige data til å fastsette "endelige" LSC verdier for de kjemiske parametrene på Region VI.

Samtidig bør det vurderes om et konfidensnivå på 99 % bør brukes istedenfor 95 %, for å få realistiske LSC verdier. LSC verdien må ikke være lavere enn det naturlige bakgrunnsnivået på regionen.



7 REFERANSER

OD, SFT, Statens helsetilsyn 2001. Aktivitetsforskriften - Forskrifter om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten. Vedlegg 1; *Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel.*

Aschan M.M. & Skullerud A.M. 1990: Effects of changes in sewage pollution on softbottom macrofauna communities in the inner Oslofjord, Norway. *Sarsia* 75: 169-190

Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957: An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.

DNV 1995. Heidrun Environmental Survey 1995. DNV-report no. 95-3716.

DNV, 1998: Miljøundersøkelse Haltenbanken - Region IV 1997. DNV rapport nr. 2001-376.

Gray, J.S. & F.B. Mirza 1979: A possible method for the detection of pollution –induced change in benthic communities. *Mar. Poll. Bull.* 10: 142-146.

Gray, J.S. & Pearson, T.H. 1982: Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 9: 111-119.

Hayward, P.J. & Ryland, J.S., 1990: The marine fauna of the British isles and North West Europe; Vol.1+2.

Holthe, T. 1986: Polychaeta – Terebellomorpha. *Marine Invertebrates of Scandinavia* number 7. Norwegian University Press.

IKU 1992. Environmental Baseline Monitoring Survey of Draugen 1992. Report no. 22.2103.00/02/92.

Kirkegaard, J.B. 1996: Havbørsteorme. II. Sedentaria. *Danmarks fauna. Dansk naturhistorisk forening.* Bd. 86.

Lance, G. N. & W.T. Williams, 1967: A general theory of classificatory sorting strategies. II. Clustering systems. *-Computer Jour.* 10: 271-277.

NIVA 1989. Baseline Environmental Survey of the Heidrun field. NIVA-rapport 0-8813. Rapport nr. APN411.994.1

NIVA 1993. Environmental Survey of the Heidrun field 1993. Report no. O-93081, NIVA, IKU og NAC.



Pearson, T.H. & Rosenberg, R., 1978: Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Vol. 16: 229-311.

Picard, J. 1965: Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la region Marseillaise.

Pielou, E.C., 1969: An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York.

RF, 1995. Draugen seabed Monitoring Survey 1994, Report RF-95/012.

RF, 1996. Grunnlagsundersøkelse på Nornefeltet 1995. Rapport RF-96/070.

Rygg, B. 1995: Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. NIVA.

Sanders, H.L. 1968: Marine benthic diversity: A comparative study. *Am. Nat.*, Vol. 102: 243-282.

SFT 97:03, 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

SFT 99:01, 1999. Miljøovervåkning av petroleumsvirksomheten på Norsk sokkel.

Shannon, C.E. & W.W. Weaver 1963: The mathematical theory of communities. University of Illinois Press. Urbana, Illinois. 117 s.

Kornstørrelsefordeling

Buchanan, J.B. (1984), Sediment analysis. In "Methods for the study of marine benthos". Editors: Holme, N.A., and A.D. McIntyre. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 41-65.

Faksness, L.G. (1998). Miljøundersøkelser Vøring og Barentshavet 1998: Kornstørrelsefordeling SINTEF rapport STF66 F98151.

Kornstørrelsesdata fra 1997 er tatt fra rapport:

- Miljøundersøkelse Haltenbanken Region VI 1997, Det Norske Veritas og SINTEF, rapport nr. 98-3106, april 1998.

***Kjemiske analyser***

Statens forurensningstilsyn, retningslinjer 99:01. Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk sokkel.

Kjemiske data fra tidligere undersøkelser er tatt fra rapportene:

- Miljøundersøkelse Haltenbanken Region VI 1997, Det Norske Veritas og SINTEF, rapport nr. 98-3106, april 1998.
- Overvåkingsundersøkelse Åsgard 1999. Akvaplan-NIVA, rapport nr. APN-411.99.1744.

Kjemiske analyser

Statens forurensningstilsyn, "Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel; vedlegg 1 til aktivitetsforskriften" (tidligere retningslinjer 99:01).

Kjemiske data fra tidligere undersøkelser er tatt fra rapportene:

- Miljøundersøkelse Haltenbanken Region VI 1997, Det Norske Veritas og SINTEF, rapport nr. 98-3106, april 1998.
- Miljøundersøkelse 2000, Haltenbanken Region VI, Det Norske Veritas og SINTEF, rapport nr. 2001-0376, mars 2001.
- Analyse av Totalmengde hydrokarboner på Njord, SINTEF prøvingsrapport datert 2001-12-13, oppdrag nr. 664220.01.
- Grunnlagsundersøkelse Mikkell A og B 2001, Det Norske Veritas og SINTEF, rapport nr. 2002-0027, mars 2002
- Grunnlagsundersøkelse Rogn Sør 2001, Det Norske Veritas og SINTEF, rapport nr. 2002-0027, mars 2002

Kornstørrelsefordeling

Buchanan, J.B. (1984), Sediment analysis. In "Methods for the study of marine benthos". Editors: Holme, N.A., and A.D. McIntyre. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 41-65.

Faksness, L.G. (1998). Miljøundersøkelser Vøring og Barentshavet 1998: Kornstørrelsefordeling SINTEF rapport STF66 F98151.

Kornstørrelsesdata fra tidligere undersøkelser er tatt fra de samme rapportene som de kjemiske dataene.