DNV CONSULTING

Miljøovervåking og grunnlagsundersøkelse i Region VI - Haltenbanken 2006

Hovedrapport

Rapport til STATOIL/HYDRO/SHELL/BP/TOTAL
Rapport no.: 2007-0025
Rev 1, 28 mars 2007



MANAGING RISK

Miljøovervåking og grunnlagsundersøkelse i Region VI - Haltenbanken 2006	DET NORSKE VERITAS AS Veritasveien 1 1322 Høvik Tel: +47 67 57 99 00 Fax: +47 67 57 99 11 Registrert i Norge NO 945 748 931 MVA
for	
STATOIL/HYDRO/SHELL/BP/TOTAL 4035 STAVANGER NORWAY	
Kontaktperson: Karl, Henrik Bryne	

Rapport nr.:	2007-0025	Emnegruppe:	Marin Overvåking
Indekseringstermer:	Sedimenter, offshore, hydrokarboner, bunnfauna		
Utarbeidet av:	*Navn og stilling* Sam Arne Nøland, Prosjektleder	*Signatur*	
	Siri Mordal Bakke		
	Tove Kristin D. Torstensen		
	Karina Ødegård		
	Karen Marie Brinchmann		
Verifisert av:	*Navn og stilling* Tor Jensen	*Signatur*	
Godkjent av:	*Navn og stilling* Geir M. Skeie	*Signatur*	
Utstedelsesdato:	28 mars 2007		
Prosjekt nr:	65216475		

** Vennligst bruk Prosjekt nr som referanse i all korrespondanse med DNV*

☑ Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet (forøvrig, fri distribusjon for internt bruk innen DNV etter 3 år)

☐ Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet

☐ Strengt konfidensiell

☐ Fri distribusjon

Alle opphavsrettigheter tilhører Det Norske Veritas AS. Det er ikke tillatt å reprodusere eller overføre denne publikasjonen eller deler av denne i noen form eller på noen måte, inkludert kopiering, nedtegning og opptak, uten at man på forhånd har fått skriftlig samtykke fra Det Norske Veritas AS.

contents

1.0 Resymé 1
2.0 Innledning 8
3.0 Materiale og Metoder 10
3.1 Feltarbeid 10
3.1.1 Prøvetakingsstrategi 11
3.1.2 Prøvetaking/Utstyr 12
3.1.3 Gjennomføring 13
3.1.4 Kvalitetssikring 13
3.2 Biologiske analyser 14
3.2.1 Makrobentos – en introduksjon 14
3.2.2 Sortering og artsbestemmelse 14
3.2.3 Statistiske metoder 16
3.2.4 Beregning av Naturlig Referanseverdi (NR) 16
3.2.5 Kvalitetssikring 20
3.3 Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering 20
3.3.1 Oversikt over analyseparametrene 20
3.3.2 Sedimentkarakterisering 21
3.3.3 Kjemiske analyser 23
3.3.4 Grenseverdier for signifikant kontaminering 27
3.3.5 Kvalitetssikring 28
3.4 Avvik fra Aktivitetsforskriften 29
4.0 Resultater og Diskusjon 30
4.1 Regionale stasjoner 30
4.1.1 Introduksjon 30
4.1.2 Sedimentkarakterisering 31
4.1.3 Kjemiske analyser 33
4.1.4 Grenseverdier for signifikant kontaminering 38
4.1.5 Biologiske analyser 43
4.1.6 Konklusjoner 51
4.2 Urd 52
4.2.1 Introduksjon 52
4.2.2 Sedimentkarakterisering 53
4.2.3 Kjemiske analyser 55
4.2.4 Biologiske analyser 60
4.2.5 Konklusjoner 69
4.3 Norne 71
4.3.1 Introduksjon 71
4.3.2 Sedimentkarakterisering 73
4.3.3 Kjemiske analyser 75
4.3.4 Biologiske analyser 80
4.3.5 Konklusjoner 91
4.4 Heidrun 92
4.4.1 Introduksjon 92
4.4.2 Sedimentkarakterisering 93
4.4.3 Kjemiske analyser 95

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

4.4.4 Biologiske analyser 101
4.4.5 Konklusjoner 110
4.5 Åsgård 111
4.5.1 Introduksjon 111
4.5.2 Sedimentkarakterisering 113
4.5.3 Kjemiske analyser 114
4.5.4 Biologiske analyser 119
4.5.5 Konklusjoner 126
4.6 Mikkel 128
4.6.1 Introduksjon 128
4.6.2 Sedimentkarakterisering 129
4.6.3 Kjemiske analyser 129
4.6.4 Biologiske analyser 132
4.6.5 Konklusjoner 134
4.7 Kristin 135
4.7.1 Introduksjon 135
4.7.2 Sedimentkarakterisering 137
4.7.3 Kjemiske analyser 139
4.7.4 Biologiske analyser 147
4.7.5 Konklusjoner 157
4.8 Njord 158
4.8.1 Introduksjon 158
4.8.2 Sedimentkarakterisering 159
4.8.3 Kjemiske analyser 161
4.8.4 Biologiske analyser 167
4.8.5 Konklusjoner 176
4.9 Garn C 177
4.9.1 Introduksjon 177
4.9.2 Sedimentkarakterisering 177
4.9.3 Kjemiske analyser 179
4.9.4 Biologiske analyser 183
4.9.5 Konklusjoner 190
4.10 Garn W 191
4.10.1 Introduksjon 191
4.10.2 Sedimentkarakterisering 191
4.10.3 Kjemiske analyser 193
4.10.4 Biologiske analyser 197
4.10.5 Konklusjoner 204
4.11 Draugen 205
4.11.1 Introduksjon 205
4.11.2 Sedimentkarakterisering 206
4.11.3 Kjemiske analyser 207
4.11.4 Biologiske analyser 212
4.11.5 Konklusjoner 219
4.12 Rogn Sør 220
4.12.1 Introduksjon 220
4.12.2 Sedimentkarakterisering 220
4.12.3 Kjemiske analyser 222
4.12.4 Biologiske analyser 227
4.12.5 Konklusjoner 233

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

4.13 Alve 234
4.13.1 Introduksjon 234
4.13.2 Sedimentkarakterisering 234
4.13.3 Kjemiske analyser 236
4.13.4 Biologiske analyser 241
4.13.5 Konklusjoner 244
4.14 Skarv 246
4.14.1 Introduksjon 246
4.14.2 Sedimentkarakterisering 248
4.14.3 Kjemiske analyser 250
4.14.4 Biologiske analyser 256
4.14.5 Konklusjoner 263
4.15 Hans 264
4.15.1 Introduksjon 264
4.15.2 Sedimentkarakterisering 264
4.15.3 Kjemiske analyser 266
4.15.4 Biologiske analyser 271
4.15.5 Konklusjoner 275
4.16 Tyrihans 276
4.16.1 Introduksjon 276
4.16.2 Sedimentkarakterisering 277
4.16.3 Kjemiske analyser 279
4.16.4 Biologiske analyser 285
4.16.5 Konklusjoner 291
4.17 PFAS 293

5.0 Regionale Trender og Konklusjoner 295
5.1 Sedimentkarakteristikk og kjemiske parametere 295
5.2 Bunnfauna 300
5.3 Konklusjon Region VI 306

6.0 Anbefalinger 307

7.0 Referanser 307

Forord

Miljøundersøkelsen på Region VI i 2006 er utført i fellesskap av Det Norske Veritas og MOLAB på oppdrag fra Statoil, Hydro, Shell, BP og Total. Arbeidet ble koordinert gjennom Statoil v/ Karl Henrik Bryne. Representanter for de øvrige selskapene har vært Bjørge Fredheim (Hydro), Elle Dorthe Jensås (Shell), Penny Nicolaysen (BP) og Ulf E. Moltu (Total).

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

Medarbeidere

Feltarbeid:	Sam-Arne Nøland (DNV, toktleder) Thomas Møskeland (DNV, skiftleder) Amund Ulfsnes (DNV, skiftleder) Øyvind Fjukmoen (DNV) Mikkel Petersen (DNV) Håkon Larsen (MOLAB) Tore Trulsen (MOLAB)
Analyser:	
Kornstørrelsefordeling:	Stein-Tore Bogen, Terje Kolberg, Eli Ellingsen
Totalt organisk materiale:	Gaute Botten, Håkon E. Larsen
Metaller:	Andreas Parslow, Karina E. Ødegård, Håkon E. Larsen
THC:	Mariam Bouzga, Gaute Botten, Frøydis Oreld, Tove Kristin Dokka Torstensen
Utvalgte hydrokarbon analyser:	Tove Kristin Dokka Torstensen
PCB Analyser:	Tove Kristin Dokka Torstensen
PFOS (*perfluorooctyl sulphonate):*	Urs Berger, Norsk Institutt for Luftforskning, Tromsø

De kjemiske analysene er utført hos Molab AS, avdeling i Oslo. Kornstørrelsesfordelingen er analysert hos Molab AS, avdeling Glomfjord.

Biologiske analyser:	Siri Mordal Bakke (børstemark, varia) Øystein Stokland, Marine Bunndyr (børstemark, varia) Thomas Møskeland (krepsdyr) Amund Ulfsnes (pigghuder, bløtdyr) Per-Bie Wikander, Molltax (bløtdyr) Øyvind Fjukmoen (børstemark, varia) Mikkel Petersen (børstemark, varia)

Sortering er utført på DNVs Biolaboratorium på Høvik. Karen Marie Brinchmann og Mikkel Petersen har vært ansvarlig for sortering av biologiske prøver.

Univariate analyser:	Thomas Møskeland, Siri M. Bakke
Multivariate analyser:	Siri Mordal Bakke

Utarbeidelse av rapport:
Kjemi: Tove Kristin D. Torstensen, Karina Ødegård, Håkon Larsen
Biologi: Siri Mordal Bakke, Karen Marie Brinchmann, Sam-Arne Nøland
Hovedrapport: Sam-Arne Nøland
Verifikasjon: Tor Jensen

Prosjektleder: Sam-Arne Nøland

NORWEGIAN ACCREDITATION No. TEST 032	Molab AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for å utføre kjemiske analyser under akkrediteringsnummer Test 032. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025. Akkrediteringen inkluderer metoder for bestemmelse av totalt innhold av hydrokarboner (THC), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), utvalgte hydrokarboner (NPD), metaller og totalt organisk materiale (TOM).
NORSK AKKREDITERING TEST 083	De biologiske analysene er utført ved DNVs Bioloboratorium, DNV Consulting. Biolaboratoriet er akkreditert av Norsk Akkreditering for å utføre prøvetaking av marine sedimenter og analyser av bløtbunnssamfunn i henhold til Aktivitetsforskriften under akkreditering nr. TEST 083. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

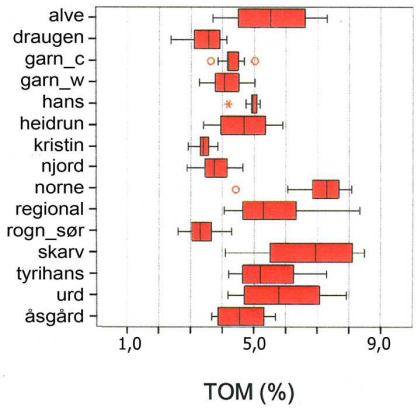
1.0 Resymé

Rapporten presenterer de viktigste resultatene fra miljøundersøkelsen i Region VI, Haltenbanken, 2006. Undersøkelsen er utført i fellesskap av Det Norske Veritas og MOLAB.

Miljøundersøkelsen 2006 på Region VI viser:

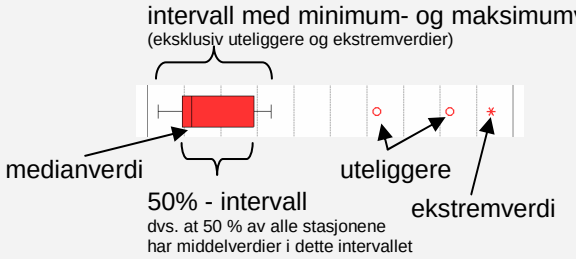
- Sedimentene i regionen består for det meste av silt og leire og veldig fin sand
- Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er relativt høyt, fra 2,4 % til 8,5 %
- Innholdet av THC ligger generelt mellom 4 og 20 mg/kg
    - 8 av 15 felt har ingen stasjoner med THC-nivå større enn 10 mg/kg. Disse feltene er Alve, Draugen, Garn Central, Hans og Rogn Sør.
    - Feltene Heidrun, Kristin, Njord, Norne og Åsgård er de 5 mest kontaminerte feltene i forhold til THC. På Kristin, Njord, Norne og Åsgård er THC-kontamineringen av samme type som boreslamsolje. På Kristin er det i tillegg påvist mulige spor av borevæsken XP-07.
    - Konsentrasjonene av de utvalgte hydrokarbonene NPD og PAH er lave i hele regionen, mens det er stor variasjon i konsentrasjonene av C_5-C_8 alkyldekaliner. Det er god korrelasjon mellom resultatene for dekaliner og for THC.
    - På REG6, -9 og -10 er THC-konsentrasjonen høyere enn det den har vært ved tidligere undersøkelser
    - Areal kontaminert med hydrokarboner har økt siden forrige undersøkelse
- Bariuminnholdet er generelt for Region VI i intervallet 100 til 7000 mg/kg.
    - Kun feltene Hans og Rogn Sør har nivåer som kan sammenlignes med de regionale stasjonene. For de resterende 12 feltene er det funnet nivåer som tilsvarer kontaminering med baritt.
    - For 7 felter er det funnet nivåer over 1000 mg/kg barium på minst én stasjon – Draugen, Heidrun, Kristin, Njord, Norne, Skarv og Åsgård
    - På Kristin har det vært en markert økning i Ba-konsentasjonen på flere stasjoner, inkludert referansestasjonen
    - På Urd har det stort sett vært en økning i Ba-konsentrasjonen på alle stasjoner sammenlignet med resultatene fra 2004
    - Mange av Ba-verdiene fra grunnlagsundersøkelsen på Tyrihans ligger over LSC-verdien
- Etere fra borevæsken Aquamul B II er funnet i sedimentene på Heidrun, i samme konsentrasjonsområde som i 2003. Resultatene viser en langsom nedbrytning
- Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og forhøyede verdier er bare funnet på noen stasjoner
- Bunndyrsamfunnet i regionen kan generelt betraktes som sunt og uforstyrret. Påvirket bunnfauna er påvist på Njord, Heidrun og Kristin.
- Beregnet areal av påvirket bunnfauna er i samme størrelsesorden som i 2003.
- Resultatene viser ingen trend for variasjoner i innhold av hydrokarboner, barium eller organisk materiale i perioden 1997 – 2006
- PFAS-konsentrasjonene fra Haltenbanken ligger omtrent på samme nivå som det som ble målt i et SFT-screeningprosjekt i 2004, d.v.s. at nivåene ikke er spesielt forhøyet sammenlignet med prøver fra diffus forurenset bakgrunnsområde. Ingen av forbindelsene fra Heidrun, Draugen, Norne eller Njord er markert høyere enn referanseverdiene fra Skarv og Hans.

Kornstørrelse og totalt organisk materiale (TOM)

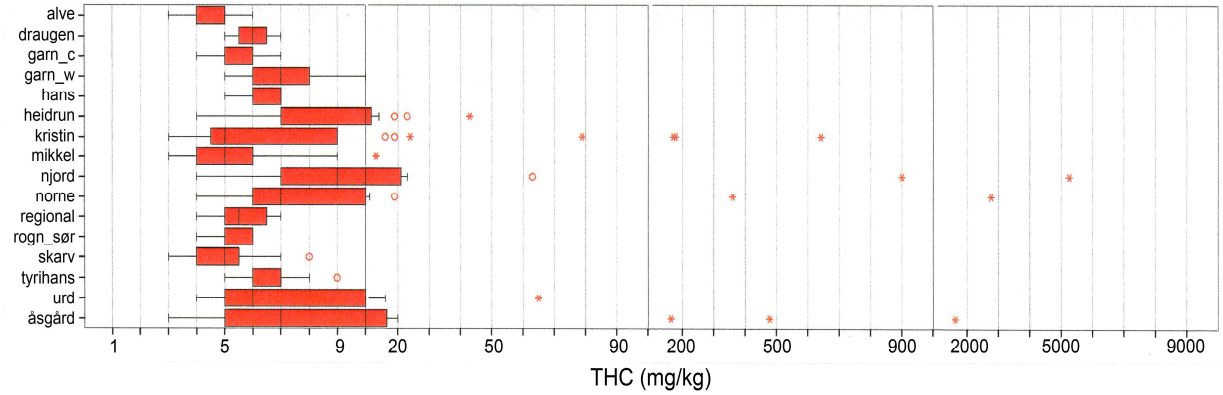


Sedimentene er dominert av silt og leire og dels av veldig fin sand. TOM ligger generelt mellom 3 og 8 % for hele regionen.

Slik leses boxplottene

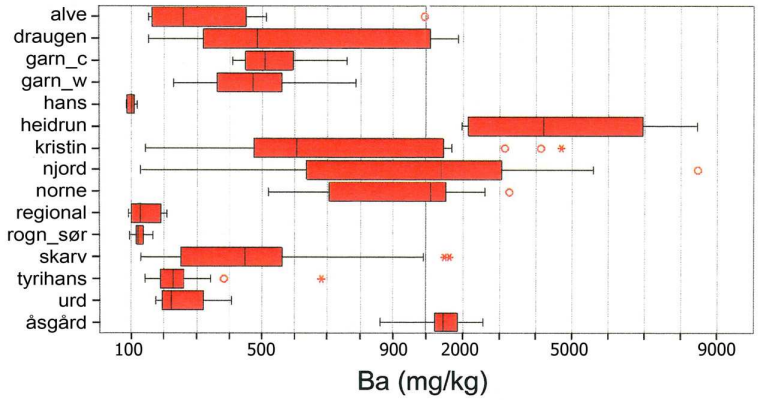


Totalmengde Hydrokarboner (THC)



Innholdet av THC ligger generelt mellom 4 og 20 mg/kg. 8 av 15 felt har ingen stasjoner med THC-nivå større enn 10 mg/kg. Av disse er 5 felt sammenlignbare med de regionale stasjonene, ved at maksimalt THC-nivå er mindre enn eller lik 7 mg/kg. Disse feltene er: Alve, Draugen, Garn Central, Hans og Rogn Sør. På totalt 14 stasjoner i regionen er det målt middelverdier for THC over 30 mg/kg. På 10 av disse er nivået større enn 100 mg/kg og på 3 stasjoner mer enn 1000 mg/kg. Feltene Heidrun, Kristin, Njord, Norne og Åsgård er de 5 mest kontaminerte feltene i forhold til THC. På Kristin, Njord, Norne og Åsgård er THC-kontamineringen av samme type som boreslamsolje. Bemerk at x-aksen kun er lineær i intervallene 0-10, 10-100, 100-1000 og 1000-10000 mg/kg.

Baritt – barium (Ba)

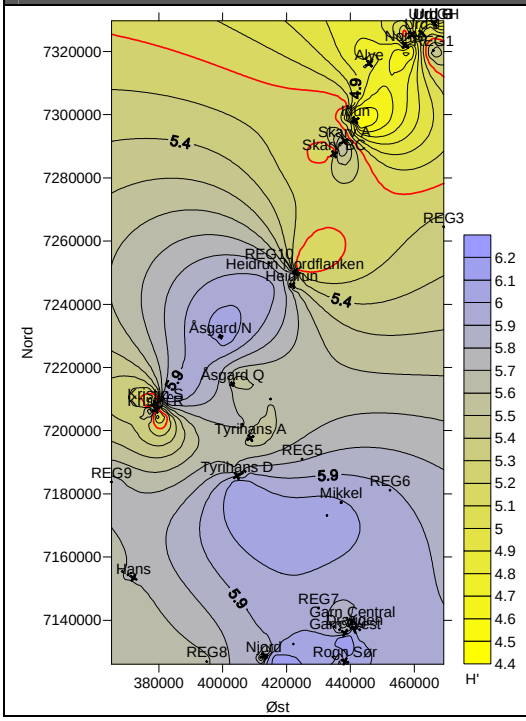


Målt mengde ekstraherbart barium er genelt for Region VI i intervallet 100 til 7000 mg/kg. Kun feltene Hans og Rogn Sør har nivåer som kan sammenlignes med de regionale stasjonene. For de resterende 12 feltene der barium er målt, er det funnet nivåer som tilsvarer kontaminering med baritt. For 7 felter er det funnet nivåer over 1000 mg/kg ekstraherbart barium på minst én stasjon – Draugen, Heidrun, Kristin, Njord, Norne, Skarv og Åsgård.

Bemerk at x-aksen kun er lineær i intervallene 0-1000 og 1000-10000 mg/kg.

Oversikt over innhold av Ba, THC, totalt organisk materiale samt diversitetsindeksen H' i Region VI 2006.

Biologi



Totalt ble det funnet 155810 individer i bunnfaunaen. De nordligste og dypeste feltene (Urd, Norne og Alve) har et noe lavere individ- og artsantall og diversitet enn de øvrige feltene. Både lavere diversitet og høyere innhold av organisk materiale er en naturlig følge av et finere sediment.

På Heidrun, Njord og Kristin er det påvist påvirket bunnfauna på enkelte stasjoner

Alt i alt viser analysene ingen fremtredende trend i bunnfaunaen på Haltenbanken.

De viktigste parametrene og variasjonene for hvert felt:

Regionale stasjoner	**Variasjon**	**Beskrivelse av feltet**
THC (mg/kg)	4 – 7	Konsentrasjonen av hydrokarboner, barium og metaller er lav.
Ba (mg/kg)	91 – 209	Bunnfaunaen på referansestasjonene og de regionale stasjonene er uforstyrret.
Diversitet (H')	5,3 – 6,0	
Diversitet (ES_{100})	40 – 51	

Urd	**Variasjon**	**Beskrivelse av feltet**
THC (mg/kg)	4 – 65	Totalt viser 8 av stasjonene THC-nivåer over LSC. Nivåene er generelt avtagende ut fra bunnrammen, og størst i retning 315° og 45° (for bunnramme GH). På stasjon J03 (og GH05) er det funnet spor av boreslamsolje (HDF 200).
Ba (mg/kg)	175 – 407	
Diversitet (H')	4,6 – 5,2	
Diversitet (ES_{100})	34 – 42	De fleste av stasjonene i begge bunnrammene har Ba-verdier over LSC. For stasjon GH05 (315°/500m) er Ba nivået signif ikant høyere enn i 2004.
		Faunaen på Urd er divers og karakteriseres som uforstyrret.

Forts.

Norne	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 - 2870	Totalt viser 14 av 18 stasjoner THC-nivåer over LSC. Høyeste konsentrasjon er på 2780 mg/kg (315°250m). Sett fra senter (gjelder alle rammer) er nivået høyest i retning 315° ved 250 m og 500 m. Generelt blir konsentrasjonen lavere med avstanden fra senter. Kontamineringen ved ramme B, C og D kan spores til boreslamsolje (HDF 200). Sammenlignet med tidligere år har det vært en markert økning i THC-innholdet på SW10 (305°290m) og NW12 (315°250m). På de andre stasjonene er THC-innh oldet på samme nivå, eller lavere, enn tidligere undersøkelser.
Ba (mg/kg)	520 - 3270	
Diversitet (H')	4,4 – 5,6	
Diversitet (ES_{100})	32 – 43	
		Alle målte stasjoner er kontaminert med baritt og konsentrasjonen er synkende med avstand fra senter. Det er ingen markerte forskjeller i Ba-nivåene i årets undersøkelse sammenlignet med tidligere års undersøkelser.
		Generelt er diversiteten høy på Norne og faunasamfunnet betraktes som uforstyrret.

Heidrun	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 - 43	16 av 19 stasjoner har forhøyede THC nivåer, og 7 av disse har over 10 mg/kg, alle 7 er innenfor 1000 m fra Heidrun senter. Påvist THC består hovedsakelig av andre hydrokarboner enn boreslamsolje (HDF 200).
Ba (mg/kg)	1980 - 8460	
Diversitet (H')	4,4 – 5,8	
Diversitet (ES_{100})	29 – 48	12 av 12 stasjoner er funnet kontaminert med baritt.
		Heidrun er generelt mer kontaminert enn Heidrun Nord. Det er ingen signifikant endringer fra 2003 til 2006.
		Stasjon H6 og til en viss grad H12, begge 550m fra feltsenter, betraktes som noe påvirket.

Åsgard	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3 - 1690	Totalt er THC-nivåene over LSC for 10 av 16 stasjoner. Konsentrasjonen er høyest på M1 (60°500m), Q1 (60° 500m) og Q3 (240°500m) med henholdsvis 165, 1630 og 480 mg/ kg. THC av samme type som boreslamolje.
Ba (mg/kg)	70 - 3030	
Diversitet (H')	5,5 – 6,1	
Diversitet (ES_{100})	43 – 55	Alle stasjoner undersøkt mhp Ba har konsentrasjoner høyere enn LSC.
		Bunnfaunaen rundt N karakteriseres som sunn og upåvirket. Bunnfaunaen på Q1 er muligens lett påvirket.

Mikkel	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3 - 13	THC-kontamineringen viser spor av boreslamsolje rundt ramme A i dypere lag. MIA01 og MIB02 hadde i 2003 THC-verdier over 50 mg/kg, disse har i årets undersøkelse fått redusert THC-verdiene til under 15 mg/kg i toppsjiktet, MIA01 (94°267m) v iser de samme nivåene som for 2003 nedover i sjiktene.
Ba (mg/kg)	135	
Diversitet (H')	6,1	
Diversitet (ES_{100})	52	
		Barium ble kun målt på referansestasjonen. Referansestasjonen viser liten endring for samtlige parameter i årene 2001, 2003 og 2006.
		Kun referansestasjonen ble undersøkt for biologiske parametere. Analysene viser en naturlig fauna typisk for et uforstyrret område.

Forts.

Kristin	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3 - 642	Totalt har 13 av 37 stasjoner THC nivåer over LSC. På 250 m-stasjonene er økningen i THC svært markant, THC-nivåer > 60 mg/kg THC. I 2006 har flere av kromatogrammene profiler tilsvarende HDF 200 og XP-07.
Ba (mg/kg)	143 - 4700	
Diversitet (H')	3,8 – 6,1	
Diversitet (ES_{100})	31 – 52	Det er funnet forhøyede Ba-verdier på de fleste stasjonene ved ramme R og S. Ba-innholdet på Kristin ref (60 °3000 m) er om lag 10 ganger høyere enn de regionale stasjonene og også 10 ganger høyere enn i 2003. Sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003 er det påvist en økning i innhold av THC og Ba på de fleste stasjonene i 2006.
		Bunnfaunaen på stasjon R3 betraktes som påvirket. Også på R4 og S3 er det antydet en mulig forstyrrelse.

Njord	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 - 5250	17 av 19 stasjoner har THC nivåer over LSC, og nivåene er synkende med avstand fra feltsenter, de høyeste konsentrasjonene er innenfor 250 m i sørvestlig og nordvestlig retning. Generelt er nivåene over 10 mg/kg innenfor 500 m. Kromatogrammene har en profil tilsvarende boreslamolje (HDF 200). I perioden 2000-2003 ble det obsevert THC-verdier over 100 mg/kg på stasjonene 1, 2, 19, 5, og 14, disse stasjonene viser en avtakende trend.
Ba (mg/kg)	128 - 8480	
Diversitet (H')	3,7 – 6,0	
Diversitet (ES_{100})	24 – 52	
		13 av 14 stasjoner har Ba-nivåer over LSC, og størst Ba-konsentrasjon er funnet i sørvestlig og nordvestlig retning. Sammenlignet med tidligere år ser Ba-nivået ut til å ha økt på tre av stasjonene, mens en av stasjonene viser en nedgang.
		Stasjon 2 og 6 skiller seg ut som svært arts- og individfattig, uten at dette kan relateres direkte til nivåene av de undersøkte parametrene.
		Stasjonene 1, 9 og 13 betraktes som påvirket av feltaktivitetene.

Garn C	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 - 7	Naturlige bakgrunnsnivåer av THC og ingen spor av boreslamsolje.
Ba (mg/kg)	409 - 759	
Diversitet (H')	5,8 – 6,2	Alle stasjoner har bariumnivåer over LSC. Bariumnivåene viser en synkende trend fra midten av feltsenter, med størst konsentrasjon i sørvestlig retning. Forhøyede Ba-nivåer også i 2003.
Diversitet (ES_{100})	48 – 55	
		Faunaen på Garn Central er kompleks og uforstyrret og skiller seg som i grunnlagsundersøkelsen i liten grad fra nærliggende regionale stasjoner.

Garn W	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	5 - 10	THC-nivåer på eller over LSC. Innenfor 1000 m er nivået avtagende fra feltsenter. Kromatogrammene viser ingen tydelige spor av boreslamsolje.
Ba (mg/kg)	228 - 785	
Diversitet (H')	5,8 – 6,2	Det er påvist forhøyede nivåer av barium på alle stasjoner. Nivåene er i hovedtrekk avtagende ut fra feltsenter, med høyest nivå i retning 210°. Ingen endring i THC- eller Ba-nivå sammenlignet med 2003, men økning fra 2000.
Diversitet (ES_{100})	47 – 55	
		Faunaen på Garn West i 2006 er kompleks og uforstyrret, men skiller seg noe fra nærliggende regionale stasjoner.

forts.

Draugen	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 - 7	THC-nivåer moderat over eller lik LSC. Ikke påvist spor av boreslamsolje. Noe høyere THC nivåer enn ved grunnlagsundersøkelsen i 2003.
Ba (mg/kg)	152 - 1860	10 av 11 stasjoner har bariumnivåer over LSC, og Ba-konsentrasjonen viser en synkende trend fra feltsenter, med høyest nivåer i nordvestlig retning. Uendret Ba nivå siden 2003, unntatt stasjon 24B og 23B som viser synkende trend siden 1997/2000.
Diversitet (H')	5,6 – 6,2	
Diversitet (ES_{100})	46 – 54	Faunaen på Draugen er kompleks og uforstyrret og skiller seg i liten grad fra nærliggende regionale stasjoner.

Rogn Sør	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 - 6	Totalt 6 av 13 stasjoner har THC-nivåer moderat over LSC. THC-analysene viser ingen spor av annet enn naturlig bakgrunn.
Ba (mg/kg)	94 - 166	Ingen stasjoner har bariumnivåer over LSC. Stasjon 1 (30⁒250m) har et svært høyt standardavvik, hvilket kan være en indikator på mulig forurensning. Målingene i 2006 tilsvarer i hovedsak målingene gjort i 2001.
Diversitet (H')	5,8 – 6,1	
Diversitet (ES_{100})	48 - 54	Faunaen på Rogn Sør er kompleks og uforstyrret, men skiller seg noe fra nærliggende regionale stasjoner.

Alve	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3 - 6	Normale bakgrunnsnivåer av THC.
Ba (mg/kg)	152 - 997	7 av 10 stasjoner har Ba-konsentrasjon over LSC.
Diversitet (H')	4,7 – 5,5	Faunaen på Alve er kompleks og uforstyrret.
Diversitet (ES_{100})	37 – 45	

Skarv	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	3 - 8	6 av 24 stasjoner viser THC-verdier over LSC og 5 av disse er på Idun rammen. Det er ingen spor av boreslamsolje, kun naturlig bakgrunn.
Ba (mg/kg)	129 - 1620	Det er påvist Ba-konsentrasjoner over LSC på de aller fleste stasjoner. Størst konsentrasjon er funnet på stasjon Idun-1 (60⁒500m) med om lag 750 mg/kg Ba.
Diversitet (H')	4,2 – 5,7	
Diversitet (ES_{100})	31 – 45	Faunasamfunnet på Skarv kan beskrives som uforstyrret, og ulikhetene i faunsammensetningen skyldes forskjeller i sedimentet på feltet.

Hans	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	5 - 7	THC-nivåene er moderat over eller lik LSC, og det er ikke påvist spor av boreslamsolje.
Ba (mg/kg)	83 - 117	Barium er ikke påvist i nivåer over LSC på noen av stasjonene.
Diversitet (H')	5,6 – 5,9	
Diversitet (ES_{100})	44 – 49	Faunasamfunnet på Hans har høy diversitet og har en kompleks og uforstyrret fauna.

Forts.

Tyrihans	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	5 - 9	De fleste av stasjonene har THC-verdier moderat over LSC, men kun naturlig bakgrunn er påvist.
Ba (mg/kg)	142 - 682	De fleste av stasjonene har Ba-verdier over LSC.
Diversitet (H')	5,5 – 6,1	Bunnfaunaen på de to undersøkte rammene A og D er uforstyrret.
Diversitet (ES_{100})	42 – 51	

2.0 Innledning

Rapporten presenterer resultatene fra regional sedimentovervåking og grunnlagsundersøkelser i Region VI – Haltenbanken 2006. Hensikten med de regionale undersøkelsene er å studere miljøeffekter fra petroleumsaktiviteter på hvert felt og over et større område. Regional sedimentovervåking på Haltenbanken ble første gang gjennomført i 1997.

Til sammen er 15 felt, fra Rogn Sør i sør til Urd i nord, undersøkt. Plasseringen av de ulike feltene er vist i Figur 3.1-1.



Felt	Operatør
Norne	Statoil
Åsgard	Statoil
Heidrun	Statoil
Draugen	Shell
Garn West	Shell
Garn Central	Shell
Rogn Sør	Shell
Njord	Hydro
Mikkel	Statoil
Kristin	Statoil
Urd (Stær og Svale)	Statoil
Skarv*	BP
Hans*	Total
Tyrihans*	Statoil
Alve*	Statoil

*: Grunnlagsundersøkelse

Figur 3.1-1. *Oversiktskart Region VI – Haltenbanken 2006.*

Rapporteringen er delt i tre deler. I sammendragsrapporten er de viktigste resultatene presentert, og i hovedrapporten (denne) er resultatene kommentert og diskutert.

Vedleggsrapporten (vedlagte CD) inneholder:

Appendiks A – Toktrapport

Appendiks B – Prøvingsrapport (biologi)

Appendiks C – Analyserapport (kjemi)

Appendiks D – Statistisk analysemetodikk

Appendiks E – Undersøkelsesprogram

I hovedrapporten presenteres først resultater fra regionen, basert på regionale stasjoner og referansestasjoner. Deretter presenteres hvert enkelt felt, dvs. de installasjonsspesifikke undersøkelsene. Til slutt er det gitt en helhetlig samlet vurdering av regionen.

Kort beskrivelse av regionen

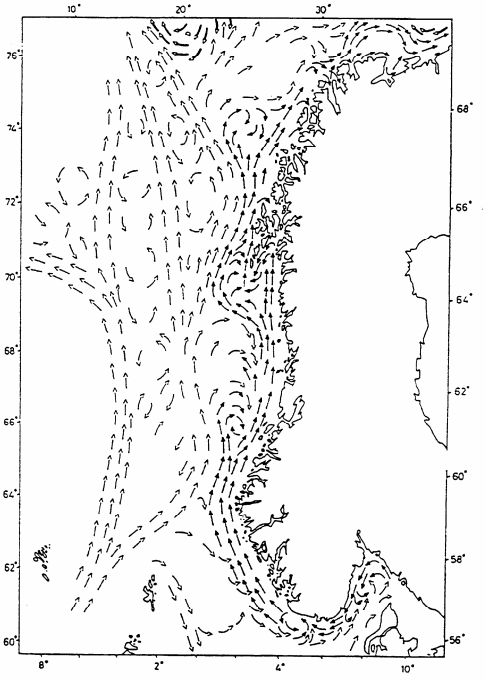
Haltenbanken ligger vest for Helgelandskysten og strekker seg fra 64º til 66º N. Dybdeforholdene varierer fra 220m ved Mikkel til nær 400m i de nordligste områdene ved Urd og Norne. Sedimentet i området består i hovedsak av silt og leire. Haltenbanken har vært utsatt for isskuring og bunnen har derfor plogfurer, og det er i enkelte områder funnet store forekomster av grus og større steiner.

Regionen ligger i utkanten av et stort korallrev som strekker seg fra Frøyabanken og nordøst mot Haltenbanken.

Fremherskende strømretning

Det klassiske bildet på Haltenbanken er en antisyklon (mot klokken) som dannes rundt Haltenbanken. Strømretningen ved de ulike installasjonene influeres av den norske kyststrøm og det generelle strømmønsteret ved Haltenbanken, se Figur 3.1-2.

Strømmen i dette området er hovedsakelig todelt, der strømmen i de øvre 100m går i nordøstlig og sørøstlig retning, og vann under 100m går i vestlig nordveslig retning. Gjennomsnittlig strømhastighet varierer, men er typisk 7 – 11 cm/s. Hovedstrømmen i området går i nordøstlig retning.



Figur 3.1-2. *Den norske kyststrøm.*

3.0 Materiale og Metoder

3.1 Feltarbeid

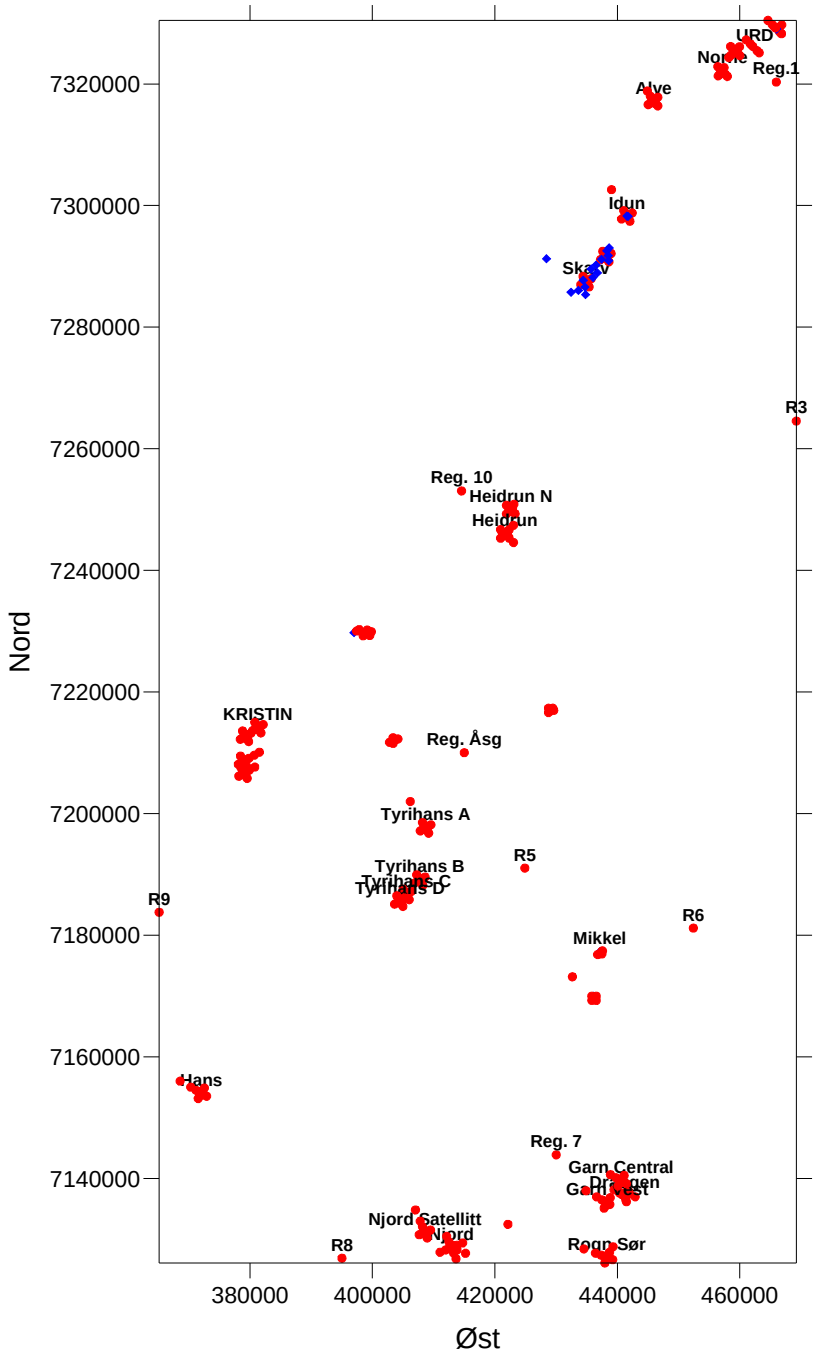
Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med MOLAB fra fartøyet "Geograph". Toktet som helhet foregikk i perioden 31. mai til 29. juni, fordelt på tre ulike områder:

- 31. mai – 4. juni: Resterende stasjoner i Region II – 62 stasjoner
- 5 – 28. juni: Region VI – 272 stasjoner
- 29: juni: Grunnlagsundersøkelse på Oseberg Delta (i Region III) – 9 stasjoner

Prøvetaking og analyser er utført i henhold til *Aktivitetsforskriften* (Ptil, SFT, SHdiri, 2005), *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 (DNV rapp. 2006-1202), se Appendiks A i Vedleggsrapporten. 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.

Innsamlingen i Region II er rapportert separat (DNV rapp. nr. 2006-1203), og ikke omtalt i foreliggende rapport. Feltarbeidet på Oseberg Delta er inkludert i toktrapporten fra Region VI, og vil i tillegg inngå i en egen rapport fra denne undersøkelsen.

Det ble samlet inn prøver fra total 272 stasjoner fra Region VI. Figur 3.1-1 viser plasseringen av installasjonene i regionen, samt de regionale stasjonene.



Figur 3.1-1. *Undersøkelsesområdet Haltenbanken 2006. De regionale stasjonene er merket med stasjonsnummer.*

3.1.1 Prøvetakingsstrategi

Prøvetakingen er utført i henhold til Program for Region VI – 2006, rev.02, datert 27. mars 2006 (inkludert i vedleggsrapport). Med unntak av Alve, Skarv, Tyrihans og Hans er alle felt undersøkt tidligere. Imidlertid har det blitt foretatt justeringer med hensyn på plasseringen av stasjoner på enkelte felt fordi en del bunnrammer har blitt flyttet i forhold til tidligere oppgitt posisjon. I enkelte tilfeller var de opprinnelige stasjoner plassert for nærme undervanns-rørledninger, eller innenfor sikkerhetssonen på 500m.

Tabell 3.1-1 gir en oversikt over undersøkelsesprogrammet for Region VI. Endringer i forhold til programmet for Region VI er omtalt under hvert enkelt felt.

Tabell 3.1-1. *Totalt antall stasjoner og analyser inkludert i program for regional miljøundersøkelse på Haltenbanken 2006. Referansestasjonene på Norne, Heidrun og Draugen er også regionale stasjoner (inkludert i respektive felt).*

Felt	Stasjoner	Kornstr./TOM	Metaller	Kvikksølv	THC	NPD/PAH	Eter	Biologi
Regionale	5	5	15	15	15	15		25
Norne	19	19	57	15	65	15		95
Åsgard	17	9	29	11	57	11		45
Heidrun	20	13	39	9	64	9	24	65
Draugen	12	12	36	9	40	9		60
Garn V	13	13	39	6	43	6		65
Garn C	13	13	39	6	43	6		65
Rogn Sør	14	12	36	9	46	9		60
Njord[1]	20	15	45	12	66	12		75
Mikkel	10	1	3	3	38	3		5
Krisitin	39	21	71	23	133	23		105
Urd	13	11	37	10	43	10		55
Tyrihans	28	28	96	30	96	30		100[2]
Alve	10	10	34	10	34	10		50
Hans	14	14	46	10	46	10		70
Skarv	25	25	87	30	87	30		125
Totalt	272	222	712	211	921	211	24	1110

3.1.2 Prøvetaking/Utstyr

Fartøyet var utstyrt med DP (Dynamisk Posisjonering), dvs. at navigasjonssystemet er oppkoblet mot fartøyets manøvringssystem. Dette betyr svært nøyaktig posisjonering, og at båten kunne holdes i nøyaktig samme posisjon. Avviket i posisjoneringen var bedre enn ±1m. Detaljer om fartøyet finnes i toktrapporten (Appendiks A).

I tillegg til fartøyenes DP system var det montert opp et separat navigasjonssystem (GPS fra Garmin og kartplotterprogram fra Nobeltec). Systemet gjør det greit å sjekke ut hvor fartøyet til enhver tid befinner seg, samt at alle posisjoner blir lagret hvert 10 min.

I henhold til Aktivitetsforskriften skal prøvetakingen skje innenfor en radius av 50m rundt en stasjon. I de tilfellene det var nødvendig å gå utenfor denne avstanden ble stasjonen regnet som en ny stasjon, dvs. at stasjonsnavnet har fått endelsen -06 og ny retning/avstand og posisjon er oppgitt.

På Haltenbanken dominerer leire i bunnsedimentene. I enkelte områder er det innslag av grus og stein. Leire krever en relativ lett grabb, mens prøvetaking av grus/stein krever en tyngre grabb. På enkelte områder med mye grus i leira ble en del grabbskudd forkastet fordi stein i "grabbkjeften" førte til at deler av prøven rant ut. I slike områder hjalp det å flytte fartøyet innenfor 50m sonen. Appendiks A i toktrapporten inneholder opplysninger om evt. forflytninger der dette var hensiktsmessig.

[1] Redusert i forhold til program fordi stasjon NJ18 ikke ble prøvetatt pga. konflikt med undervannsinstallasjon.
[2] Redusert i forhold til program fordi innsamling av biologiprøver ble utelatt på en av de tre bunnrammene (Tyrihans B).

Prøvetakingen som ble utført er standard for denne type undersøkelser og følgende utstyr ble benyttet:

- van Veen grabber (prøveareal 0,1m^2),offshore type
- mottaksbord i rustfritt stål
- vaskebord
- sikter (5 mm og 1,0 mm runde hull)
- vinsj/aggregat

For kjemiske analyser ble 0-1cm av det øverste sedimentlag hentet fra tre forskjellige grabber på hver lokalitet. I tillegg ble det på utvalgte stasjoner tatt seksjonerte prøver (1-3 og 3-6cm).

For fauna-analysene ble det tatt fem replikate prøver (grabber) fra hver lokalitet. De biologiske prøvene ble tilsatt formalinløsning (bufret med hexamin) med fargestoff (Bengal rosa). Prøvene ble oppbevart i plastspann, og lagret i finérkasser. Sedimentprøver til kjemiske analyser ble oppbevart i rilsanposer eller i plastbegere. Tre dypfrysere ble benyttet for lagring av kjemiske prøver.

3.1.3 Gjennomføring

Feltarbeidet ble stort sett gjennomført i henhold til programmet. Enkelte justeringer i forhold til programmet var imidlertid nødvendig. Disse er omtalt under hvert felt. Detaljer er gitt i toktrapporten (vedlagt CD).

3.1.4 Kvalitetssikring

Prøvetaking ble utført i henhold til akkrediterte prosedyrer beskrevet i *Håndbok for Biolaboratoriets Kvalitetssystem; Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser*. Det ble spesielt lagt vekt på at sedimentoverflaten i prøven var uforstyrret og at vasking/sikting av faunaprøvene ble utført skånsomt. For sedimenttypen på Haltenbanken er dette spesielt viktig for det lysebrune, relativt løse topplaget som ligger på over det mer kompakte laget med leire og sandholdig leire. Alle prøvene ble dobbeltmerket og pakket i solide kasser for å unngå skade på prøveemballasjen.

3.2 Biologiske analyser

3.2.1 Makrobentos – en introduksjon

Bunnfauna er dyr som lever på og i sediment (her sand, silt eller leire) og inkluderer følgende taksonomiske dyregrupper: børstemark (Polychaeta), krepsdyr (Crustacea), bløtdyr (Mollusca), pigghuder (Echinodermata) og Varia (samlegruppe for øvrige grupper). Kun dyr større enn 1 mm (makrobenthos) ble tatt med i undersøkelsen.

Metodene som er benyttet er i overensstemmelse med *Aktivitetsforskriften, Vedlegg 1, Teknisk Vedlegg 2* (Ptil, SFT, SHdir 2005) og prosedyrene er beskrevet i DNVs Biolaboratoriets kvalitetssystem: "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser".

Et flytdiagram som viser de forskjellige trinn i opparbeidelsen av makrofauna er vist i Figur 3.2-1.

Sammensetningen av bunndyrsamfunn gir informasjon om effekt av utslipp rundt oljeinstallasjoner. Grunnen til at bunndyr foretrekkes i denne typen undersøkelse er at de fleste artene er relativt stasjonære (de kan ikke flykte fra utslipp), noe som gjør at forandringer i artssammensetning og tetthet relativt lett kan påvises. De forekommer også i relativt høyt antall, noe som er gunstig ved statistisk behandling.

Sammensetningen av faunaen kan relateres til naturlig variasjon av miljøparametre som dyp og sediment-type, samtidig som den kan relateres til forurensningsparametre som f.eks. metall- og hydrokarboninnhold i sedimentet. Bunnfauna nær olje- og gassinstallasjoner påvirkes av en rekke faktorer som kan spores tilbake til installasjonenes utslipp (borekaks, borevæske, olje og andre kjemikalier) samt fysiske forstyrrelser. Med utslipp menes både planlagte og ikke planlagte utslipp.

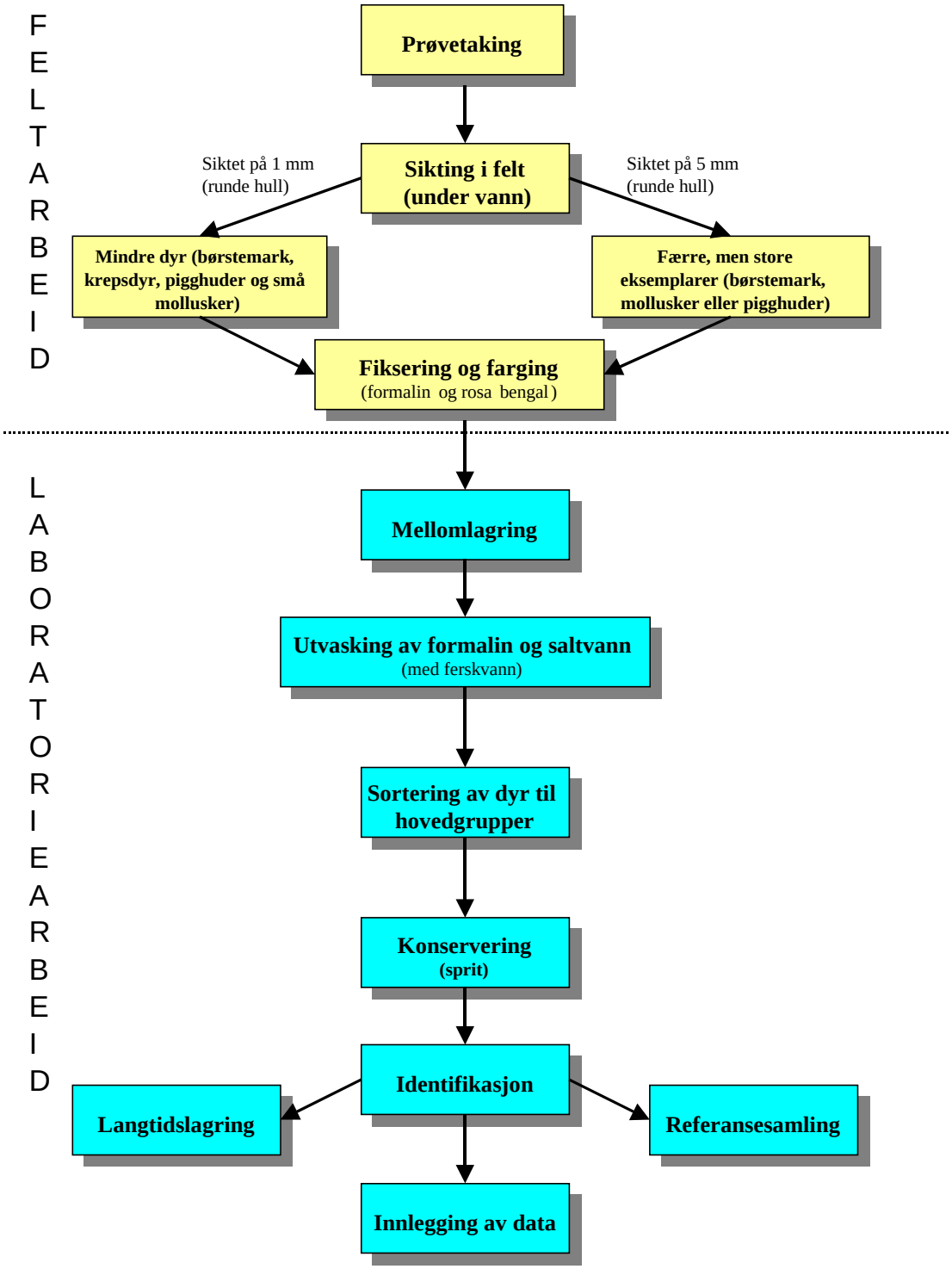
3.2.2 Sortering og artsbestemmelse

I felt ble prøvene vasket og siktet på 1mm sikter. På laboratoriet ble prøvene vasket i 1mm sikter for å fjerne formalin og rester av sedimentet. Sikteresten ble overført til en bakk. Deretter ble individene plukket ut for hånd under lupe.

Dyrene ble delt inn i taksonomiske hovedgrupper og oppbevart i 70 % sprit før artsbestemmelse.

Med unntak av dyregruppene som er nevnt under, ble alle individer bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå (fortrinnsvis til artsnivå). P.g.a. at flere taksonomer har vært involvert i artsbestemmelsen av børstemarker, er noen arter slått sammen til slektsnivå. I henhold til retningslinjene ble Nematoda, Foraminafera og kolonidannende dyr (f.eks. Porifera og Bryozoa) kun registrert som tilstedeværende eller fraværende og ingen av dem er tatt med i analysene. Noen grupper (f.eks. Platyhelminthes, Nemertini, Tunicata, Tanaidacea) ble kvantifisert, men ikke bestemt videre til art.

Små individer som ikke lot seg artsbestemme fordi karaktertegn manglet, ble registrert som juvenile. Det er utarbeidet en egen referansesamling for undersøkelsen.



Figur 3.2-1. *Flytdiagram fra prøvetaking til innlegging av artsdata i programvare.*

3.2.3 Statistiske metoder

Følgende matematiske og statistiske metoder er brukt som verktøy til å tolke resultatene:

- Antall arter pr. arealenhet.
- Antall individer pr. art.
- Shannon-Wieners diversitetsindeks, H` (Shannon & Weaver 1963).
- Sanders rarefaction metode (Sanders 1968).
- Jevnhetsindeks kalkulert ved hjelp av Pielous evenness, J`(Pielou 1966).
- Fordeling av geometriske klasser (Gray & Mirza 1979, Gray & Pearson 1982).
- Forventet antall arter i per 100 individer (ES_{100}).
- Nevnte metoder/analyser er beregnet ut fra artslister vedlagt i Appendiks B. Det er i tillegg utført ulike multivariate analyseteknikker (se nedenfor). I tilfeller der ulike felt er analysert sammen er artslistene "harmonisert" for å minimere uønskede utslag av at flere artsbestemmere har vært involvert. Ved trendanalyser over flere år er analysene utført på familienivå for å redusere feilmarginene (ulike år, artsbestemmere og konsulenter). Feltspesifikke stasjoner inkl. referansestasjoner er i utgangspunktet analysert sammen med samtlige regionale stasjoner. I rapporten er kun relevante regionale stasjoner for hvert enkelt felt vist.
- Faunalikhet mellom stasjonene ved hjelp av Bray-Curtis likhets indeks $\underline{\delta_{jk}}$ (Bray & Curtis 1957). Likhetsmatrisen ble benyttet i multivariate analyser for å se på gradienter og grupperinger stasjonene i mellom. Metodene som ble brukt var hierarkisk grupperingsteknikk som grupperer stasjoner etter gjennomsnittlig likhet (hierarchical agglomerative classification) (Lance & Williams 1967), og ordinasjon med "non-metric Multi-Dimensjonal Scaling (MDS), (Kruskal and Wish 1978).
- Klassifikasjon, MDS- og PCA-ordinasjon samt BIOENV og SIMPER ble gjennomført med programpakken PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research).
- Redundancy analyses (RDA) er en kanonisk analyse spesielt egnet for økologiske analyser. Funksjonene er basert på Legendre & Legendre's (1998) algoritme. Analysen kobler artsdata mot miljøvariable og resultatet vises i et plott. Miljøparametre som har for høy samvariasjon må imidlertid fjernes fra datasettet før analyse.
- Tabell over de 10 tallmessig dominerende arter ved hver stasjon.

Både de statistiske metodene og de multivariate analysene er nærmere beskrevet i Appendiks E (se vedlagt CD).

Rådata er lagret i OLFs miljøovervåkingsdatabase (MOD) og finnes i appendiksene på den vedlagte CD.

3.2.4 Beregning av Naturlig Referanseverdi (NR)

Generelt

Utgangspunktet er univariate data fra grunnlagsundersøkelsen for det aktuelle felt samt data fra nærliggende regionale- og/eller referansestasjoner alle år. Disse stasjonene er plassert i antatt upåvirket områder og parametrene anses å avspeile den naturlige tilstand i området. Forandringer i miljøet vil ha effekt på diversiteten, derfor velges først og fremst de univariate

parametrene diversitetsindeksene H' og ES_{100}, jevnhetsindeksen J, antall arter (S) og individer samt støtteparametere som gjennomsnittlig kornstørrelse (MD) og skjevhetsindeksen for MD. Diversitetsindeksene er enhetlige parametre, relativt uavhengig av mindre endringer i artssammensetningen som forekommer over år. Diversitetsparametre gir et mål på mangfoldet i området, er relativt robuste og brukes til å integrere et samfunns kompleksitet ned til et enkelt mål som kan brukes til å overvåke forandringer.

Det utføres en PCA analyse på de univariate dataene (ikke transformert) for å fjerne eventuelle stasjoner som vil være utliggere, dvs. at en stasjon skiller seg betydelig fra flertallet av stasjonene. Korrelasjonsmatrise er brukt da enhetene for de ulike parametrene ligger på forskjellig skala. Dataene blir dividert på standardavviket for gjeldende variabel. Dermed får man noe som er tilnærmet standard normalfordelt, derav navnet "normalisering". I praksis får man data der alle variable varierer innenfor samme område, typisk fra –3 til 3.

Med utgangspunkt i PCA analysen vil alle stasjoner som ikke er typiske utliggere danne grunnlaget for et mål på den naturlige miljøtilstanden på et felt. Det beregnes videre et gjennomsnitt av de univariate verdiene med standardavvik som vil være et mål på den naturlige tilstanden i området. Dette brukes som utgangspunkt for å tolke å vurdere tilstandsutviklingen ved senere undersøkelser.

I det etterfølgende er det for hvert felt vist hvilke data som ligger til grunn for beregningen av NR. Under feltet Urd er det også inkludert PCA-analyser som eksempel.

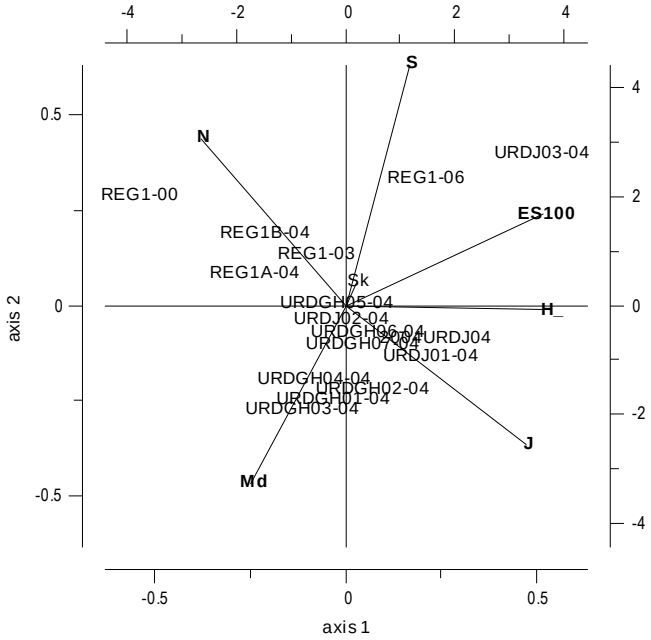
Tabell 3.2-1. *Datagrunnlag for beregning av NR (naturlig referanse) på de ulike feltene, Region VI 2006.*

Felt	Datagrunnlag
Draugen	Grunnlagsundersøkelse Draugen i 1994 og REG7 (=ref Draugen) fra 1997, 2000, 2003 og 2006
Garn Central	Grunnlagsundersøkelse GC i 2003 og REG7 2003 og 2006.
Garn West	Grunnlagsundersøkelsen GW i 2000 og REG7 2000, 2003 og 2006.
Heidrun Nord	Grunnlagsundersøkelse Heidrun Nord 1994 og REG3 2000, 2003 og 2006.
Heidrun	Grunnlagsundersøkelse 1988 (NIVA)
Kristin	Grunnlagsundersøkelse 2003 og referansestasjonen i 2006.
Mikkel	Ikke laget NR, kun en biostasjon i 2006 undersøkelsen.
Njord	Grunnlagsundersøkelse 1996, REG7 i 2000 og 2003 og REG8 i 2000, 2003 og 2006.
Norne*	Ref stasjon fra 1995, REG1 (=REF) fra 1997, 2000, 2003 og 2006.
Rogn Sør	Grunnlagsundersøkelse 2001 og REG7 i 2003 og 2006.
Urd	Grunnlagsundersøkelse 2004 og REG1 i 2003, 2004 og 2006.
Åsgard	Grunnlagsundersøkelse 1996 og REG5, REG9 og REG10 i 1997, 2000, 2003 og 2006.
Skarv	Grunnlag i 2006 – ikke laget NR
Tyrihans	Grunnlag i 2006 – ikke laget NR
Hans	Grunnlag i 2006 – ikke laget NR
Alve	Grunnlag i 2006 – ikke laget NR

*: Grunnlagsundersøkelsen i 1995 egner seg dårlig for utregning av NR pga. lave verdier. NR er derfor basert på kun referansestasjonen i 1995 samt REG1 (=Norne Ref.) i 1997, 2000, 2003 og 2006.

Eksempel Urd

Data fra grunnlagsundersøkelsen i 2004 og fra nærliggende regional stasjon i 2000, 2003, 2004 og 2006 er brukt som grunnlag for å finne de naturlige bakgrunnsverdier i området diversitetsindekser (H', ES100 og J) samt antall arter og individer. Figur 3.2-2 viser plott fra PCA-analysene av utvalgte parametre for de aktuelle stasjonene. I den første analysen er støtteparametre som kornstørrelse (gjennomsnittlig kornstørrelse samt skjevhet) tatt med, da sedimentets sammensetning har betydning for diversiteten (artsmangfoldet) i området.



Figur 3.2-2 PCA-analyse med antall arter (S), diversitetsindeksene H' og ES_{100}, jevnhet (J) og kornstørrelsesfaktorene gjennomsnittlig kornstørrelse (MD) og skjevhet (Sk) som variable faktorer.

De kalkulerte tall fra principal component analysen er vist under:
Numerisk resultat fra principal component analysis
Kolonne 1: akse
Kolonne 2: egenverdi
Kolonne 3: egenverdi som prosent
Kolonne 4: egenverdi som kumulativ prosent
Kolonne 5: "broken stick" verdi

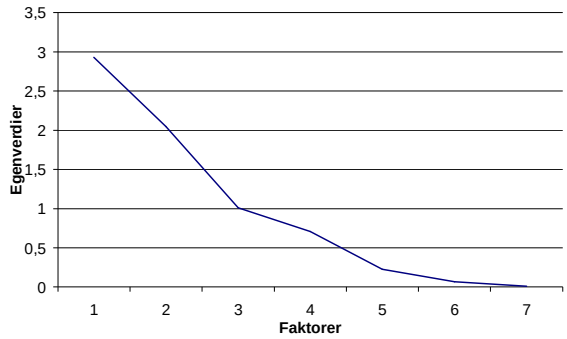
Kol 1	Kol 2	Kol 3	Kol 4	Kol 5
1	2.930	41.855	41.855	0.370
2	2.048	29.260	71.116	0.228
3	1.012	14.456	85.572	0.156
4	0.708	10.120	95.691	0.109
5	0.227	3.241	98.933	0.073
6	0.065	0.929	99.861	0.044
7	0.010	0.139	100.000	0.020

Total sum av egenverdier: 7.00

Når vi har et mål på hvor mye varianse hver faktor ekstraherer kan vi finne de variable som kan anses som signifikante. Til dette benyttes "Kaiser's criterion" (Kaiser,1960) og Cattel's scree test (Catell, 1966).

The Kaiser criterion. Bruker bare faktorer med egenverdier >1. Det betyr i hovedsak at med mindre en faktor ekstraherer like mye som den ekvivalente til en original variabel, droppes den.

The scree test. En grafisk metode hvor egenverdiene vist over plottes i et enkelt linjediagram. Der kurven tydelig begynner å svinge til høyre markeres siste signifikante faktor. Til høyre for dette punktet begynner egenverdiene til faktorene å bety lite.



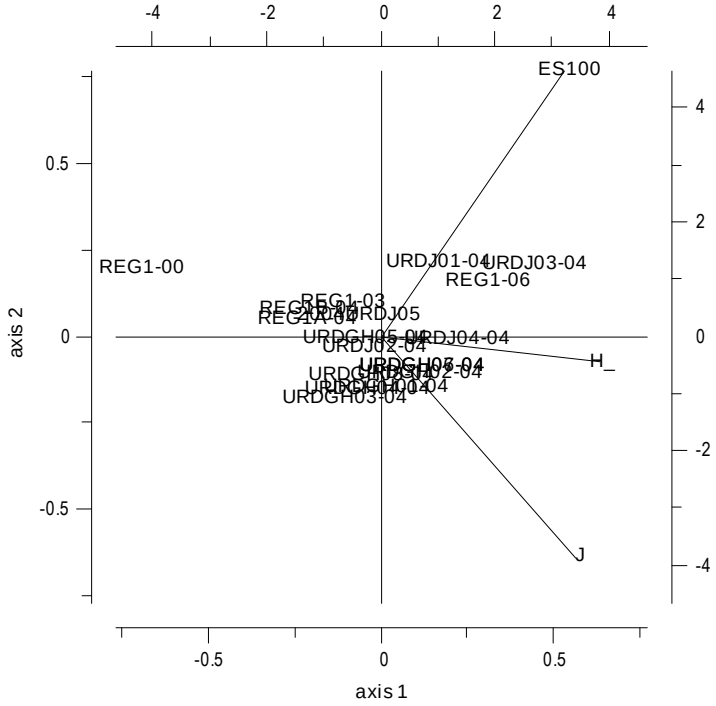
Figur 3.2-3. *Scree test, se tekst for forklaring.*

Kaiser criterion viser at t.o.m. faktor nr. 3 har egenverdi >1. I kurven (Figur 3.2-3, scree test) kan man markere et punkt ved faktor nr. 3. Dette betyr at følgende faktorer er å anse som signifikante:

- Diversitet, H' og ES_{100} samt jevnhet J

Disse faktorene forklarer også >86 % av variansen i denne første analysen.

Det utføres deretter en ny PCA-analyse med kun de signifikante parametrene.



Figur 3.2-4. *PCA-analyse H', ES_{100} og J.*

Alle stasjonene er plassert i antatt upåvirket område og parametrene anses å avspeile den naturlige tilstand i området. Begge plottene (Figur 3.2-3 og Figur 3.2-4) viser imidlertid at den regionale stasjonen i 2000 (2000REG601) er en utligger som skiller seg ut med relativt lav diversitet. Denne stasjonen fjernes derfor fra grunnlaget. Med utgangspunkt i PCA-analysen vil resten av stasjonene utgjøre grunnlaget for et mål på den naturlige miljøtilstanden på Urd.

Under er gjennomsnittet for de univariate parametrene inkl. standardavvik for grunnlags-undersøkelsen på Urd i 2004 og data fra nærliggende regionale stasjon i 2003, 2004 og 2006

gjengitt. Disse parametrene gir et mål på den naturlige tilstanden i området og vil bli benyttet for å tolke den biologiske tilstanden målt i 2006 på Urd.

	H'	ES_{100}	J
Gjennomsnitt	5,1	37,5	0,85
Standardavvik ±	0,2	3,7	0,05

3.2.5 Kvalitetssikring

Det er utarbeidet en egen kvalitetsplan for prosjektet. Kvalitetssikringen av resultater og rapport er basert på egensjekk og intern verifikasjon. Rapporten er også gjennomgått av oppdragsgiverne.

Prosedyrer inkl. rutiner for kvalitetskontroll i forbindelse med opparbeiding, artsbestemmelse og registrering av bløtbunnsprøver er gitt i håndboken *Biolaboratoriets Kvalitetssystem* (for metoden "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser").

I korte trekk ble følgende gjennomført:

I felt ble alle prøver dobbeltmerket og journalført. Prøvene ble fraktet i spesialkasser plassert i en stålcontainer. I laboratoriet ble all sortering loggført (hvem som sorterte når, tidsforbruk for hver prøve, antall glass til oppbevaring). Hver prøve ble kontrollert av en på forhånd godkjent kontrollør. Hver artsbestemmer utarbeidet en egen referansesamling som ved tvil ble sammenlignet med DNVs referansesamling.

Ved tvil i artsbestemmelsen er dette påpekt i artslisten. For å oppnå sporbarhet har hver artsbestemmer signert ut hvilke grabber og dyregrupper vedkommende har bestemt. Referansesamlingen er lagret hos DNV.

3.3 Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering

3.3.1 Oversikt over analyseparametrene

Analyse	**Parameter**
Sedimentkarakterisering	
Kornstørrelsefordeling:	- Fordeling av silt og leire (< 63µm) og sand (>63µm)
	- Kumulativ vekt% fordeling fra 63-2000µm
	- Median partikkeldiameter (Md), standard avvik (SD), skjevhet (Sk) og kurtosis (K)
Totalt organisk materiale:	- % TOM i sedimentet
Kjemiske analyser	
Hydrokarboner	- THC, sum C12-C35
	- NPD, naftalener, fenantrener og dibenzotiofener, sum og enkeltforbindelser
	- PAH, 16 EPA forbindelser, sum og enkeltforbindelser
	- Dekaliner, sum av C5-C8 alkyldekaliner
Etere	- Aquamul B II
Metaller	- Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

3.3.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsefordeling

Metoden for bestemmelse av kornstørrelsefordeling i sedimentprøver er beskrevet i Buchanan (1984). Metoden består av en hurtig, mekanisk separasjon av sandfraksjonen (> 63 µm) fra silt og leire. Denne sandfraksjonen tørkes og siktes gjennom et sett med graderte sikter.

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm laget på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 10 g ble veid ut til nærmeste 0,01 g før våtsikting på en 63 µm sikt. Fraksjonen som gikk igjennom denne sikten, ble overført til plastflasker. En egen prøve ble innveid, tørket og tørrvekten ble bestemt. Prosent silt og leire (< 63 µm) i tørr prøve ble så beregnet.

Den gjenværende sandfraksjonen (> 63 µm) ble tørket ved 105 °C, og siktet på nytt i tørr tilstand. En serie Wenthworth graderte sikter (Endecott Test Sieves, London) med mesh størrelser fra 2000 til 63 µm ble brukt. Prøven ble ristet på en Retsch KG testing sieve shaker i ti minutter. Vekten av hver fraksjon ble bestemt til nærmeste 0,01 g. En kumulativ vekt % fordeling ble beregnet, og beregningene ble videre brukt til å bestemme median partikkel diameter og avvik, skjevhet og kurtosis for partikkelstørrelsefordelingen. Fordi partikkelstørrelsefordelingen for fraksjonen < 63 µm ikke ble bestemt, ble ϕ-verdien for denne samlefraksjonen satt lik 8 (beskrevet i Faksness 1998). Verdiene for Mdϕ, SDϕ, Skϕ og Kϕ må derfor betraktes som ekstrapolerte resultater.

Formler brukt for beregninger av Mdϕ, SDϕ, Skϕ og Kϕ:

Mdϕ (median partikkel diameter):

Mdϕ = verdien til midtpunktet (dvs. 50 %) til den kumulative % vektkurven.

SDϕ (standard avvik):

SDϕ estimeres ved:

$$\mathrm{SD}\phi = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$$

SDϕ gir et mål for spredning i partikkelstørrelse rundt Mdϕ, og således et mål for sorteringsgraden.

Skϕ (skevhet):

Skϕ estimeres ved:

$$\mathrm{Sk}\phi = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\mathrm{Md}\phi}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\mathrm{Md}\phi}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

Skϕ beskriver symmetrien av spredningen i fordelingen rundt Mdϕ. En fullstendig symmetrisk fordeling vil ha Skϕ = 0, negative verdier indikerer forskyvning av fordelingskurven mot grovere sediment, og positiv Skϕ verdier indikerer forskyvning mot finere sediment.

Kurtosis, Kϕ:

Kϕ estimeres ved:

$$\mathrm{K}\phi = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2.44(\phi 75 - \phi 25)}$$

Kϕ beskriver toppetheten til fordelingen, dvs. hvor tung halene er (uttrykt ved ϕ5 and ϕ95 fraksjonene) sammenlignet med den sentrale delen av fordelingen. For en normal fordeling vil Kϕ verdien være 1,00.

Oversikt over meshverdier og kornstørrelsesparametere er gitt i Tabell 3.3-1 og Tabell 3.3-2.

Tabell 3.3-1. *Kornstørrelsesfordeling. Mesh størrelser og Wentworth klassifisering (Buchanan,1984).*

Mesh diameter (µm)	ϕ	Beskrivelse
4000	-2	Grus
2000	-1	
1000	0	Grov sand
500	1,0	
355	1,5	Medium sand
250	2,0	
180	2,5	Fin sand
125	3,0	
90	3,5	Veldig fin sand
63	4,0	
<63	>4,5	Silt og leire (pelitt)

ϕ-verdien for silt og leire fraksjonen blir satt lik 8.

Tabell 3.3-2. Tolkning av beskrivende størrelser.

	Indeks verdi	Tolkning
Standardavvik (SDϕ)	<0,35	svært godt sortert
	0,35-0,50	godt sortert
	0,50-0,71	moderat godt sortert
	0,71-1,00	moderat sortert
	1,00-2,00	dårlig sortert
	2,00-4,00	svært dårlig sortert
	>4,00	ekstremt dårlig sortert
Skjevhet (Skϕ)	+1,00 til +0,30	meget skjev mot finkornig
	+0,30 til +0,10	skjev mot finkornig
	+0,10 til -0,10	symmetrisk
	-0,10 til -0,30	skjev mot grovkornig
	-0,30 til -1,00	meget skjev mot grovkornig
Kurtosis (Kϕ)	<0,67	meget platykuritisk
	0,67-0,90	platykuritisk (flat-toppet)
	0,90-1,11	mesokuritisk (nærmest normal)
	1,11-1,50	leptokuritisk (overdreven toppet)
	1,50-3,00	meget leptokuritisk

Totalt organisk materiale

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm laget på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 20 g vått sediment ble veid inn i en porselensdigel. Prøven ble oppvarmet ved 105 ℃ i minst 20 timer, avkjølt og veid, og deretter oppvarmet til 480 ℃ i minst 16 timer. Prosent vekttap etter forbrenningen (glødetap) ble regnet ut, og

vekttapet utgjør totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet. To sedimentstandarder med et kjent innhold av TOM ble analysert sammen med prøvene. For å kontrollere at karbonater ikke forsvinner ved glødingen, ble standarder av kalsium karbonat varmet opp sammen med sedimentprøvene, og vekttapet ble bestemt.

3.3.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner og ester

Den kjemiske analysen av organiske forbindelser omfatter bestemmelse av totalmengde hydrokarboner fra n-C_{12} til n-C_{35} (THC), og etere (Aquamul B II). De viktigste trinnene i analyseprosedyren er vist i Figur 3.3-1. Sedimentprøvene ble opparbeidet med forsåpning og deretter ekstraksjon med diklormetan. Ekstraktene ble renset på en silica kolonne og innholdet av hydrokarboner og etere ble bestemt med bruk av gasskromatografi (GC) og gasskromatografi/massespektrometri (GC/MS). De instrumentelle betingelsene er gitt i Tabell 3.3-3 og Tabell 3.3-4 henholdsvis.

Opparbeiding:

Sedimentprøvene ble tatt og oppbevart i Rilsanposer. Homogenisering av prøvene ble foretatt ved omrøring i Rilsanposen. 50 g våt sedimentprøve (flere prøveuttak tilfeldig fra posen) ble veid inn, og steiner >0,5 mm ble unngått. Interne standarder ble tilsatt, 5 µg hver av naftalen-d_8, bifenyl-d_{10}, fenantren-d_{10}, pyren-d_{10}, krysen-d_{12} og perylen-d_{12}. I tillegg ble 100 µg dioktyleter tilsatt når Aquamul B II skulle bestemmes.

Forsåpning: Prøven ble kokt med 80 mL 0,5 M metanolisk KOH under refluks i 2 timer. Blandingen ble så ekstrahert med 100 mL diklormetan.

Diklormetanekstraktet ble inndampet til ca. 1 mL. 1 mL heksan ble tilsatt, og ekstraktet ble på nytt inndampet til 1 mL. Dette ble gjentatt to ganger. Heksanløsningen ble renset på Bond-Elut silica kolonner (Isolute, International Sorbent Technology). Eluatet ble konsentrert og analysert for innhold av hydrokarboner. Aquamul B II (Heidrun) ble bestemt i ekstraktet før rensing på silica.

En aliquot av det våte homogeniserte sedimentet ble veid inn, tørket ved 105 ℃ i 2 døgn, og tørrvekten ble bestemt.

Kvantifisering:

THC (totalmengde hydrokarboner) ble bestemt med gasskromatografi i kokepunktsområdet n-C_{12} alkan til n-C_{35} alkan. Kvantifiseringen ble utført med bruk av en ekstern standard av referanseoljen, boreslamsolje HDF 200 fra Statoil. Boreslamoljene HDF 200 og EDC 95-11 (samme kokepunktsområdet) har vært brukt på Region VI. Basevæsken XP-07 har vært brukt på Kristin (medregnet i THC fraksjonen). Integrerte arealer ble korrigert for bakgrunnsverdier fra blindprøver.

Etere ble bestemt med gasskromatografi og bruk av den interne standarden dioktyleter. Hovedforbindelsen i basevæsken Aquamul BII (2-metyl-1,1-propandiol, di-etylheksyleter) ble kvantifisert. Responsfaktorer ble bestemt ved analyse av referanseprøver.

NPD, PAH og dekaliner ble bestemt med gasskromatografi/massespektrometri og registrering av enkeltioner. Kvantifiseringen ble foretatt i forhold til de tilsatte interne standardene med integrering av molekylionene. Følgende forbindelser ble bestemt: naftalen, fenantren/antracen, dibenzotiofen og deres C_1-, C_2- og C_3-alkylerte derivater, acenaften, acenaftylen, fluoren, pyren/fluoranten, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten/ benzo(j)fluoranten/benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren og

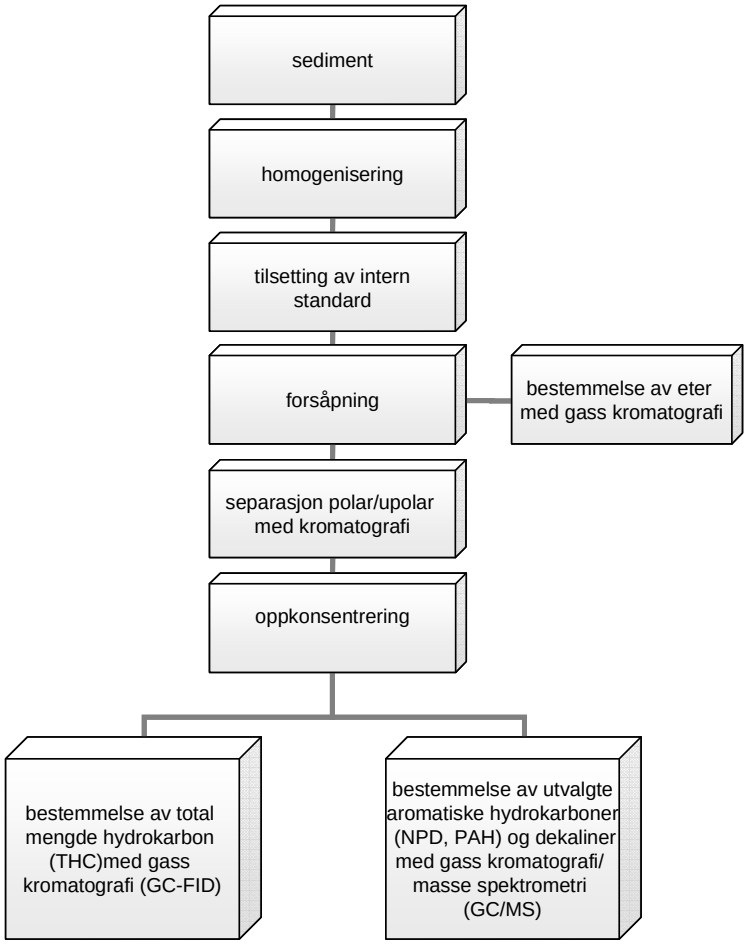
dibenzo(a,h)antracen. I tillegg ble summen av de bisykliske alkanene C_5-C_8 alkyl dekaliner bestemt (intern standard fenantren-d_{10}). Referanseforbindelser var tilgjengelige for de fleste aromatiske forbindelsene. For hver av de C_1- C_3-alkylhomologe gruppene ble en av isomerene brukt som referanse for kvantifiseringen. For de bisykliske alkanene, C_5-C_8 alkyldekaliner, var referanseforbindelser ikke tilgjengelige. Responsfaktoren ble beregnet ut fra den antagelse at molekylionene har samme respons som molekylionet til n-oktylcykloheksan. De oppgitte verdiene er korrigert for bidrag fra løsningsmidlene (blindverdier).

Tabell 3.3-3. *GC-FID betingelser.*

Gasskromatograf	:	Perkin Elmer Autosystem XL
Kolonne	:	12 m x 0,20 mm i.d., fused silica, crosslinked with dimethyl silicone
Temperaturer	:	
kolonne		50 ℃ (2 min) - 20 ℃/min - 350 ℃ (8 min)
injektor	:	320 ℃
ionekilde	:	350 ℃
Bæregass	:	Helium
Injisert mengde	:	1 µL
Datasystem	:	TotalChrom 6.2
HDF 200	:	0,1 – 10 mg/mL hexane

Tabell 3.3-4. *GC-MS betingelser.*

Massespektrometer	:	Clarus 500 Mass Spectrometer, Perkin Elmer
Datasystem	:	TurboMass
Gasskromatograf	:	Clarus 500 Gas Chromatograph, Perkin Elmer
Kolonne:	:	30 m fused silica, 0,25 µm DB-5ms
Temperaturer:	:	
kolonne		40 ℃ (2 min) - 20 ℃/min - 120 ℃ 10 ℃/min - 300 ℃ (15 min)
injektor	:	300 ℃
ionekilde	:	180 ℃
Bæregass	:	Helium
Ionisasjon	:	Elektronionisering, 70 eV
Masses (m/z)		
C_0-C_3 naftalen	:	128, 141, 156, 170
C_0-C_3 fenantren	:	178, 192, 206, 220
C_0-C_3 dibenzotiofen	:	184, 198, 212, 226
PAH	:	152, 153, 166, 202, 228, 252, 276, 278
C_5-C_8 dekaliner	:	208, 222, 236, 250
n-octylcyclohekan	:	196
Deutererte standarder	:	136, 164, 188, 212, 240, 264
Injisert mengde	:	1 µL



Figur 3.3-1. Oversikt over de viktigste trinnene ved bestemmelse av hydrokarboner og etere i sedimenter.

PFAS

Perfluoralkylstoffer, Tabell 3.3-5, også betegnet som perfluoralkylsurfaktanter eller perfluoralkylsyrer (PFAS) er en betegnelse for en gruppe kjemiske forbindelser som innholder en fullstendig fluorert alkylkjede og en gruppe som gjør at forbindelsene har en viss løselighet i vann. Denne gruppen av forbindelser skiller seg fundamentalt fra de fleste andre kjemikalier siden den verken er lipofil («fettelskende«) eller hydrofil («vannelskende») men binder seg gjerne til partikkeloverflater. Et av de største bruksområdene for PFAS er brannslukkingsmidler (Aqueous Film Forming Foams, AFFF-midler). Disse skummidlene brukes til slukking av branner i petroleumsprodukter (olje, bensin og lignende) og brennbare vannløselige væsker (aceton, alkoholer m.v.), og brukes hovedsakelig på offshore-installasjoner, flyplasser, oljeraffinerier og om bord i tankskip. Perfluoralkylstoffer er veldig persistent (stabile) og brytes svært sakte ned.

Tabell 3.3-5. *PFAS-forbindelser.*

Forkortelse	Kjemisk navn	CAS-nr
PFBS	Perfluorbutansulfonat	29420-49-3
PFHxS	Perfluorheksansulfonat	432-50-7
PFOS	Perfluoroktansulfonat	2795-39-3
PFDS	Perfluordekansulfonat	67906-42-7
PFHxA	Perfluorheksansyre	307-24-4
PFHpA	Perfluorheptansyre	375-85-9
PFOA	Perfluoroktansyre	335-67-1
PFNA	Perfluornonansyre	375-95-1
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid	4151-50-2

Opparbeidelse og bestemmelse:

Sedimentet ble frysetørket, og vanninnholdet ble bestemt. Prøvene ble så behandlet med natriumhydroksidløsning før ekstraksjon med metanol og opprensing ved bruk av aktivt kull. Væskekromatografisk separasjon med massespektrometrisk deteksjon ble benyttet for bestemmelse av konsentrasjoner.

Metaller

Den kjemiske analysen av metaller inkluderer bestemmelse av Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn med salpetersyreoppslutning (NS 4770).

Sedimentprøven ble tørket ved 40° C i 2 døgn, homog enisert og siktet gjennom et 500 µm nylon nett. Fraksjonene større og mindre enn 0,5 mm ble veid. 1 g av sedimentfraksjonen < 0,5 mm ble ekstrahert med 20 ml 7 M salpetersyre i en pyrex oppslutningskolbe i en autoklav ved 120° i 30 min. Etter avkjøling ble 80 mL avionisert vann tilsatt. Løsningen ble deretter blandet godt, og etter sedimentering ble den klare løsningen dekantert over i en polyetylenflaske.

Ba, Cr, Cu, Pb og Zn ble bestemt med bruk av induktiv koplet plasma atomemmisjons-spektroskopi (ICP-AES). Cd ble bestemt med atomabsorpsjonsspektrofotometri med elektro-termisk atomisering i grafittovn (GFAAS). Hg ble bestemt med atomabsorpsjon kalddamp-teknikk (CVAAS) basert på NS-EN 1483.

ICP-AES:

Instrument: Jobin Yvon Ultima 2
Analyselinjer: Ba: 455,403 nm, Cr: 267,716 nm, Cu: 324,754 nm, Pb: 220,353 nm, Zn: 213,856 nm

GFAAS:

Instrument: Perkin Elmer AAnalyst 600.
Analyselinjer: Cd: 228,8 nm

Kadmium ble målt med en ED-lampe. Som matrisemodifikator ble det brukt en blanding av ammoniumdihydrogenfosfat og magnesiumnitrat.

CVAAS:

Instrument: Perkin Varian CETAC M-6000A
Hg ble bestemt manuelt ved 253.7 nm med tinnklorid som reduksjonsmiddel.

Kvantifiseringsgrenser

Deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense

Deteksjonsgrensen (limit of detection LOD) og kvantifiseringsgrensen (limit of quantitation LOQ) er beregnet som henholdsvis 3 og 10 standardavvik over gjennomsnittsverdien for blindprøvene. Dette er kriterier gitt av ACS Committee on Environmental Improvements ("Guidelines for Data Aquisition and Data Quality Evaluation in Environmental Chemistry", Anal.chem. 52 (1980) p. 2242-2249).

Tabell 3.3-6. *Deteksjonsgrenser (LOD) og kvantifiseringsgrenser (LOQ), hydrokarboner, etere og metaller.*

Analyseparameter	**LOD**	**LOQ**
	mg/kg	**mg/kg**
THC	1	2
Sum NPD	0,01	0,03
Sum PAH	0,005	0,02
Sum dekaliner	0,1	0,3*
Etere	-	0,15
Ba	1	3
Cd (GFAAS)	0,01	0,03
Cr	0,1	0,3
Cu	0,5	2
Hg	0,01	0,03
Pb	0,5	2
Zn	1	3

* anslått ut fra analyse av blindprøver

Antall rapporterte siffer

Resultatene oppgis med maksimalt tre signifikante siffer, og det oppgis ikke siffer som er under deteksjonsgrensen. For eksempel innebærer dette at THC-konsentrasjonen, hvor deteksjonsgrensen er 1 mg/kg, oppgis uten desimaler. En THC-konsentrasjon på 2,2 mg/kg er oppgitt som 2 mg/kg. Denne praksisen er også i godt samsvar med standardavviket mellom tre grabber. I appendiks er THC-tallene tilgjengelig med en desimal.

3.3.4 Grenseverdier for signifikant kontaminering

For THC, utvalgte hydrokarboner og metaller vil det alltid være et naturlig bakgrunnsnivå i sedimentene. En statistisk behandling av analyseresultatene gjør det mulig å bestemme et nivå hvor vi kan si at sedimentprøven inneholder signifikant høyere verdier av hydrokarboner og metaller enn referansenivået (ikke forurenset nivå).

Etere som inngår i basevæskene, finnes ikke naturlig i sedimentene. Hvis de påvises, betraktes innholdet som en forurensning.

For innholdet av THC, NPD, PAH og metaller i sedimentene er det beregnet en grense for signifikant kontaminering (LSC).

Det er utført PCA-analyse (principal component analysis) for å undersøke om Region VI bør inndeles i sub-regioner for angivelse av LSC verdier. PCA-analysen er utført med kjemiske data fra regionale stasjoner og referansestasjoner. Analysen er utført på data fra årets undersøkelse og alle data fra perioden 1996 - 2006.

De statistiske beregningene av LSC-verdier er basert på en normalfordeling av dataene og en ensidig t-test ved et konfidensnivå på 95 %. Dekaliner, Cd og Hg er ikke påvist på referansestasjonene, og beregninger kan derfor ikke foretas.

Formler som er brukt:

LSC : $x_{middel} + t_{0,05, n-1} * SD * (1+1/N)^{1/2}$

x_{middel} : middelet av regionale stasjoner og referansestasjoner

SD : standard avvik, $SD^2 = \Sigma (x - x_{middel})^2 / (N-1)$

t : t-verdi, fra tabeller med frihetsgrader (N-1) og konfidensnivå (95 %)

N : antall felter

3.3.5 Kvalitetssikring

Molab as er akkreditert av Norsk Akkreditering for å utføre kjemiske analyser under akkrediteringsnr. Test 032. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

Kvalitetskontroll for kornstørrelsefordeling

Metoden ble sjekket med referanseprøver som er siktet ved et annet laboratorium før det ble startet på prøveserien. I tillegg ble en husstandard opparbeidet ved å blande sammen prøver fra 2005. Det ble så analysert fortløpende 12 prøver av denne for å beregne gjennomsnitt og middelverdi til kontrollkortene. Husstandarden ble deretter analysert for hver 10. prøve etter samme prosedyre som de reelle prøvene og resultatene ble plottet inn på kontrollkortet.

Siktene ble tarert og analysevekten ble kontrollert hver uke i den perioden det ble analysert prøver.

Kvalitetskontroll for totalt organisk materiale

Kalsiumkarbonat blir varmet opp til 480 ℃ sammen m ed sedimentprøvene, og vekttapet blir kontrollert. To husstandarder ble analysert regelmessig i prosjektperioden.

Kvalitetskontroll for hydrokarboner

Analyseprosedyrene blir kontrollert regelmessig ved analyse av kvalitetssikringsprøver og blindprøver. Standardprøver med mineralolje analyseres hver gang det utføres en THC analyse. For NPD, PAH og dekaliner analyseres kjente prøver tilsatt interne standarder for å bestemme responsfaktorer som kan skyldes forskjeller i ekstraherbarhet, flyktighet og GC/MS respons mellom forbindelsene og den interne standarden. Husstandarder analyseres regelmessig, og resultatene plottes inn på kontrollkort. Sertifiserte referansematerialer analyseres for kontroll av nøyaktigheten.

Laboratoriet deltar regelmessig i sammenlignende laboratorieprøvinger internasjonalt (SETOC) for THC og PAH. For NPD gjennomføres en sammenligning med et annet laboratorium.

Kvalitetskontroll for metaller

Alle reagenser er av graden pro analyse. Et sertifisert referansemateriale og blindprøver blir analysert sammen med prøvene i hver analyserunde.

De sertifiserte verdiene gjelder total oppslutning. Sertifiserte verdier for NS 4770 (partiell oppslutning) finnes ikke. På laboratoriet er det imidlertid etablert en "referanseverdi" for partiell oppslutning ved analyse av det sertifiserte referansematerialet i perioden 1999-2006. Prøvene blir analysert på nytt dersom resultatene for referansematerialet ligger utenfor visse krav.

Nøyaktighet og reproduserbarhet kontrolleres ved analyse av det sertifiserte referansematerialet.

Dokumentasjon av kvalitetskontrollen er gitt i Appendiks C.

3.4 Avvik fra Aktivitetsforskriften

I Aktivitetsforskriften (gjeldende fra 01.01.06) stilles det krav til at kvantifiseringsgrensen for THC skal være 1 mg/kg. Dette er et krav som det er praktisk umulig å oppnå med de metodene som brukes i dag. Kravet bør være at deteksjonsgrensen for THC skal være 1 mg/kg. Erfaringen viser at gjennom flere år har kvantifiseringsgrensen for THC ligget i området 3-5 mg/kg og deteksjonsgrensen rundt 1 mg/kg. Dette har vært kommunisert og diskutert med SFTs ekspertgruppe under prosjektgjennomføringen.

4.0 Resultater og Diskusjon

4.1 Regionale stasjoner

4.1.1 Introduksjon

Plassering av feltene og de regionale stasjonene er vist som et utbrettskart bakerst i rapporten. Det er etablert 8 regionale stasjoner hvorav 3 også er referansestasjoner, se Tabell 4.1-1. Tre av stasjonene ligger i området fra Heidrun til Norne. To stasjoner ligger i området mellom Åsgard og Mikkel, to stasjoner ligger helt sør i regionen og en stasjon ligger mellom Kristin og Hans. Dypet på de regionale stasjonene varierer fra 232 til 393m. Tabellen inneholder også tidligere etablerte og nye referansestasjoner, og resultatene fra disse er diskutert i sammenheng med de regionale stasjonene der dette er hensiktsmessig.

Tabell 4.1-1. *Regionale stasjoner og referansestasjoner, Region VI 2006.*

Regional stasjon	Referansestasjon	Dyp	Plassering	Nærliggende felt
REG1	Norne	393	Nordlig	Heidrun/Norne/Alve/ Skarv
REG3		337	Nordlig	Heidrun/Norne/Alve/ Skarv
REG10	Heidrun	330	Nordlig	Heidrun/Norne/Alve/ Skarv
REG5		263	Østlig	Tyrihans/Mikkel/Åsgard
REG6		232	Østlig	Tyrihans/Mikkel/Åsgard
REG7	Draugen	270	Sørlig	Draugen/Garn/Rogn/Njord
REG8		338	Sørlig	Draugen/Garn/Rogn/Njord
REG9		315	Vestlig	Hans/Kristin
	Kristin-ref.	353	Vestlig	
	Mikkel-ref.	221	Østlig	
	Åsgard-ref.	295	Sentral	
	Njord-ref.	312	Sørlig	
	Rogn-ref.	305	Sørlig	
	Garn W-ref.	265	Sørlig	
	Skarv-ref	366	Nordlig	
	Tyrihans-ref	300	Sentral	
	Hans-ref.	359	Vestlig	

I rapporten er de regionale stasjonene betegnet som REG1 til REG10. Ved presentasjon av resultater fra tidligere undersøkelser er de siste to sifre i årstallet hektet på, f.eks. REG5-03.

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

4.1.2 Sedimentkarakterisering

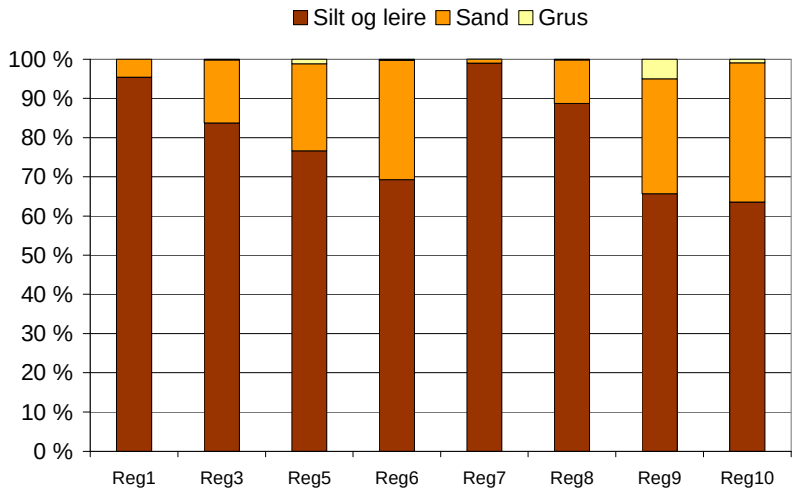
Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.1-2. En sammenligning med tidligere resultater (1997-2003) er gitt i Figur 4.1-1 forts.

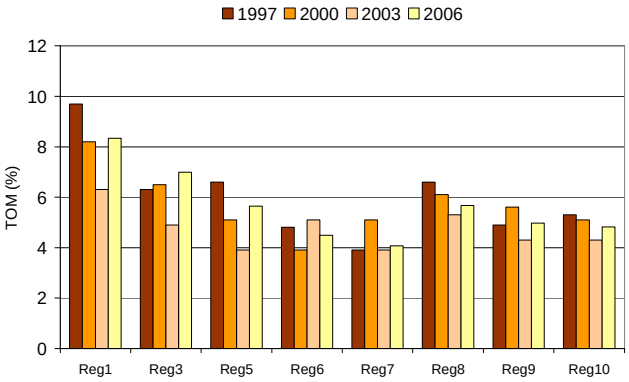
Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C (se vedlagt CD).

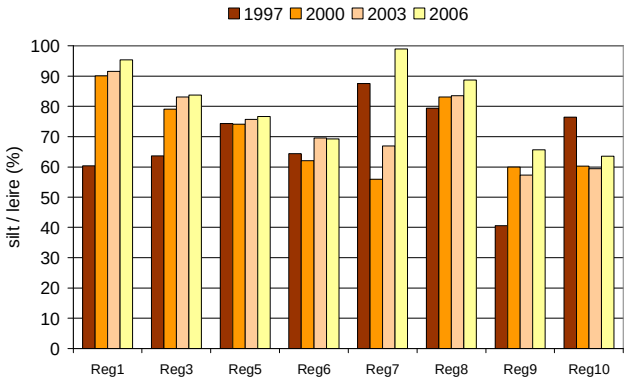
Tabell 4.1-2. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Regionale stasjoner 2006.*

Stasjon	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
REG1, Norne Ref	393	8,34	Silt og leire	95,4	4,6	0,0	5,90
REG3	337	6,99	Silt og leire	83,7	16,1	0,2	5,61
REG5	263	5,64	Silt og leire	76,7	22,2	1,2	5,39
REG6	232	4,49	Silt og leire	69,3	30,5	0,3	5,11
REG7, Draugen Ref	270	4,07	Silt og leire	98,9	1,0	0,0	5,98
REG8	338	5,67	Silt og leire	88,7	11,1	0,2	5,74
REG9	315	4,97	Silt og leire	65,6	29,4	5,0	4,95
REG10, Heidrun Ref	330	4,82	Silt og leire	63,6	35,5	0,9	4,85
Gj. Snitt		5,62		80,2	18,8	1,0	5,44
SD		1,42		13,6	12,7	1,7	0,43
Min.		4,07		63,6	1,0	0,0	4,85
Max.		8,34		98,9	35,5	5,0	5,98



Figur 4.1-1 *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for Regionale stasjoner i 2006, sammenlignet med tidligere undersøkelsen (1997-2003). Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst.*





Figur 4.1-1 *forts.*

Sedimentene på de regionale stasjonene består i hovedsak av silt og leire, i gjennomsnitt 80 ± 13 %. På REG7 har det vært en tydelig økning av innholdet av silt og leire fra 56 % i 2000, 67 % i 2003 til 99 % i 2006. På de øvrige stasjonene er innholdet av silt og leire tilsvarende som tidligere eller litt økende. Innholdet av grus er 5,0 % på REG9, på de øvrige stasjonene er innholdet 1,2 % eller lavere.

Resultatene fra kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale for de referansestasjonene som ikke inngår i de regionale stasjonene er gitt i Tabell 4.1-3. Det er større variasjon mellom referansestasjonene enn det er mellom de regionale stasjonene. Det er stort sett mindre avvik sammenlignet med tidligere undersøkelser av referansestasjonene.

Tabell 4.1-3. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment på øvrige referansestasjoner 2006.*

Stasjon	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
Åsgard Ref.	295	6,22	Silt og leire	87,7	12,3	0,0	5,72
Njord ref	312	3,23	Fin sand	31,9	49,0	19,1	2,59
Mikkel ref	221	4,85	Veldig fin sand	56,8	41,6	1,7	4,48
Rogn Sør ref	305	2,75	Fin sand	30,7	64,6	4,8	2,96
Kristin ref	353	3,20	Veldig fin sand	45,1	54,6	0,3	3,84
TyrRef	300	5,92	Silt og leire	81,5	17,6	0,9	5,54
Skarv Ref.	366	5,63	Silt og leire	68,2	29,1	2,8	5,07
Gj. Snitt		4,54		57,4	38,4	4,2	4,31
SD		1,46		22,8	19,5	6,8	1,23
Min.		2,75		30,7	12,3	0,0	2,59
Max.		6,22		87,7	64,6	19,1	5,72

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.1-2, mens en sammenligning av tidligere undersøkelser (1997-2003) er gitt i Figur 4.1-1. Resultatene fra 2003 og 2006 er ikke direkte sammenlignbare med 1997 og 2000. Fra og med 2003 er analysene gjort på sedimentlaget 0-5 cm, mot 0-1 cm tidligere. Innholdet av totalt organisk materiale er relativt høyt med en gjennomsnittsverdi på 5,6 %. Sammenlignet med undersøkelsen i 2003 er det i 2006 observert en tydelig økning i innholdet av totalt organisk materiale på REG1, REG3 og REG5. På de øvrige stasjonene er det bare mindre endringer fra 2003 til 2006. REG7 hadde en klar økning av innholdet av silt og leire sammenlignet med 2003, men en tilsvarende økning i innholdet av totalt organisk materiale er ikke observert.

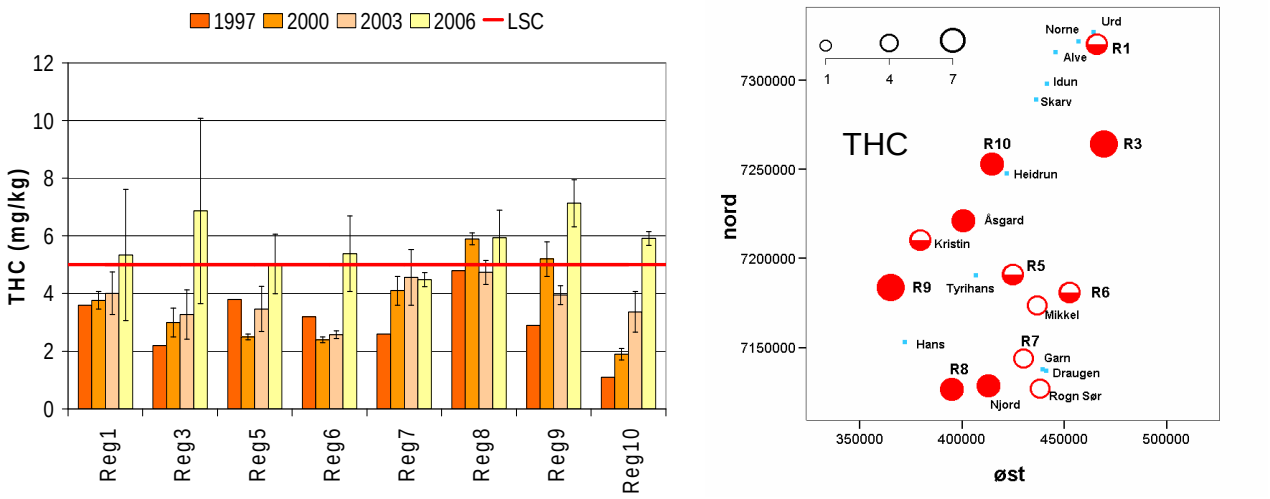
4.1.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.1-4. I Figur 4.1-2 er årets THC-resultater sammenlignet med tidligere resultater (1997-2003).

Tabell 4.1-4. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment), Regionale stasjoner 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon	**THC**		**PAH**		**NPD**		**Dekaliner**	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
REG1, Norne Ref	5	2	0,114	0,008	**0,11**	0,01	<0,1	-
REG3	**7**	3	0,099	0,003	**0,11**	0,01	<0,1	-
REG5	5	1	0,103	0,010	0,10	0,02	<0,1	-
REG6	5	1	0,069	0,009	0,06	0,00	<0,1	-
REG7, Draugen Ref	4	0	0,107	0,016	0,10	0,02	<0,1	-
REG8	**6**	1	**0,133**	0,011	**0,11**	0,02	<0,1	-
REG9	**7**	1	0,120	0,004	**0,11**	0,01	<0,1	-
REG10, Heidrun Ref	**6**	0	0,089	0,001	0,10	0,01	<0,1	-
Gj. snitt	6		0,104		0,10		<0,1	
SD	1		0,020		0,02		<0,1	
Min.	4		0,069		0,06		<0,1	
Max.	7		0,133		0,11		<0,1	
LSC	5,2		0,129		0,10			



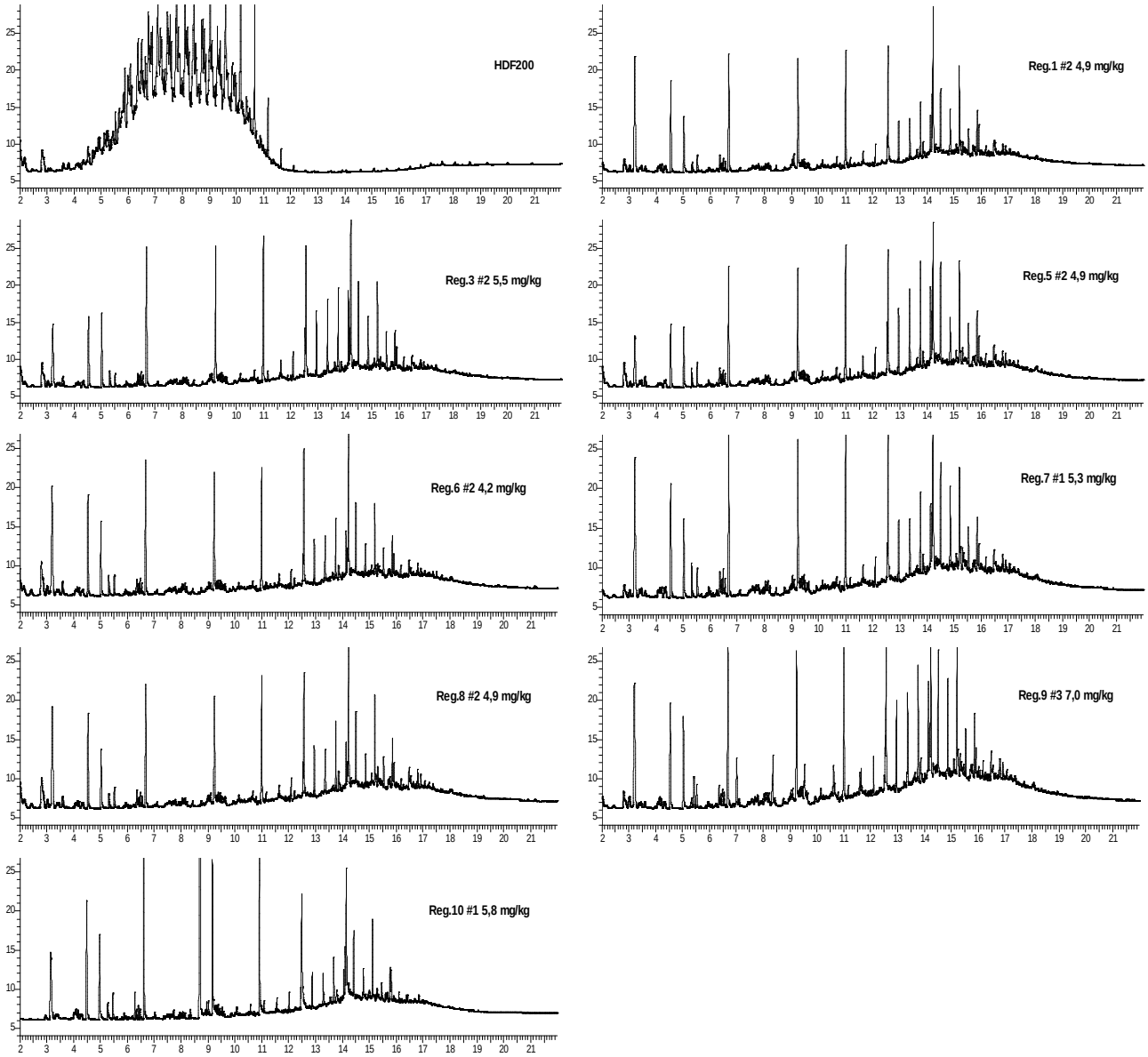
Figur 4.1-2 *THC-innhold (mg/kg) for Regionale stasjoner i 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (1997-2003), (venstre). Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

THC-innholdet i sedimentene er lavt på alle regionale stasjoner selv om verdiene i 2006 stort sett er noe høyere enn tidligere år. Gjennomsnittsverdien i 2006 er 6 ± 2 mg/kg. Det er store standardavvik mellom de ulike grabbene på hver stasjon, men det kan se ut til at økende THC-innhold er en trend på REG1, REG3 og REG10. Representative gasskromatogram for de regionale stasjonene er gitt i Figur 4.1-3. Innholdet av PAH og NPD er lavt og på samme nivå som tidligere års resultater. Dekaliner er heller ikke i årets undersøkelse påvist.

Hydrokarbonresultatene for de referansestasjonene som ikke inngår i de regionale stasjonene er gitt i Tabell 4.1-5. Resultatene for referansestasjonene er på samme nivå som for de regionale stasjonene. Nivåene er også på samme nivå som tidligere års resultater.

Tabell 4.1-5 *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment) på øvrige referansestasjoner 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon	**THC**		**PAH**		**NPD**		**Dekaliner**	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Åsgård ref	**6**	1	0,109	0,005	**0,11**	0,01	<0,1	-
Njord ref	**6**	1	0,097	0,020	0,09	0,01	<0,1	-
Mikkel ref	4	0	0,079	0,008	0,08	0,02	<0,1	-
Rogn Sør ref	4	0	0,072	0,008	0,05	0,00	<0,1	-
Kristin ref	5	0	0,078	0,005	0,07	0,01	<0,1	-
TyrRef	5	1	0,084	0,019	0,09	0,02	<0,1	-
Skarv Ref.	5	1	0,071	0,004	0,08	0,01	< 0,1	-
Gj. Snitt	5		0,084		0,08		<0,1	
SD	1		0,014		0,02		<0,1	
Min.	4		0,071		0,05		<0,1	
Max.	6		0,109		0,11		<0,1	
LSC	5,2		0,129		0,10			



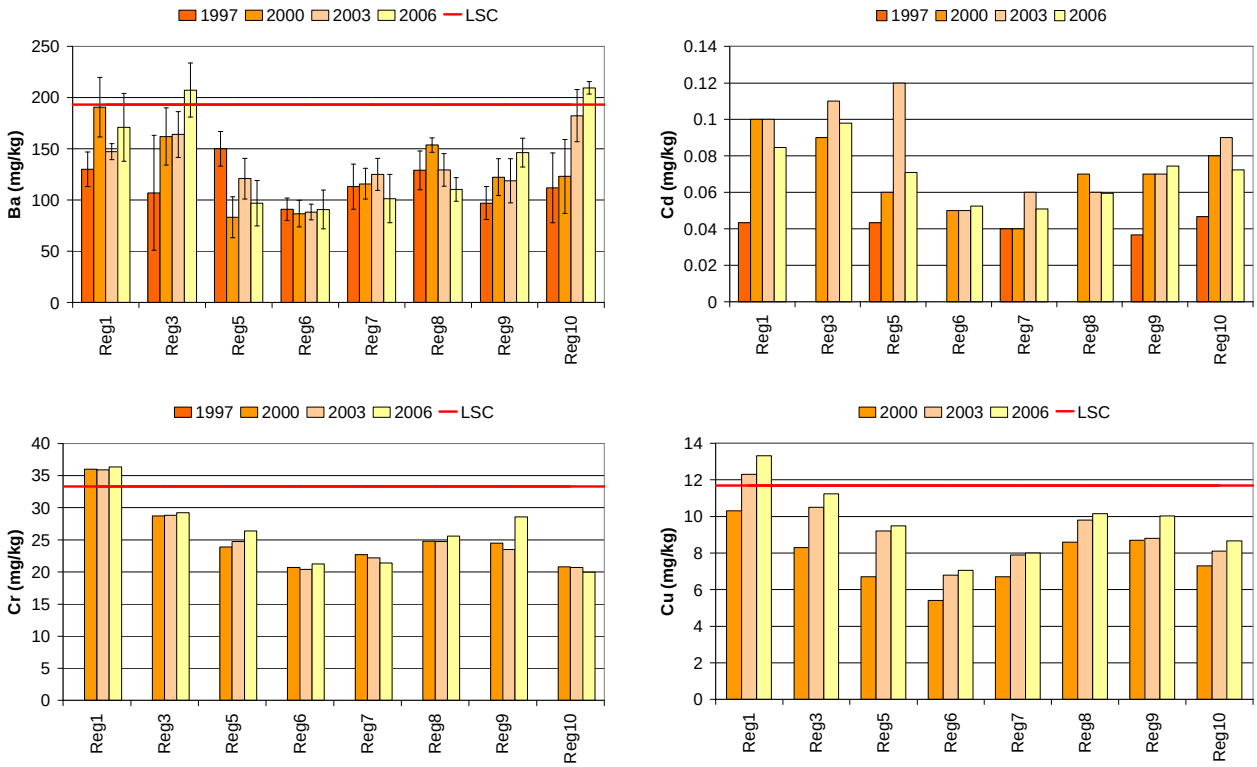
Figur 4.1-3 *Representative gasskromatogram for Regionale stasjoner (2006). Kromatogram av boreslamoljen HDF 200 er også vist.*

Metaller

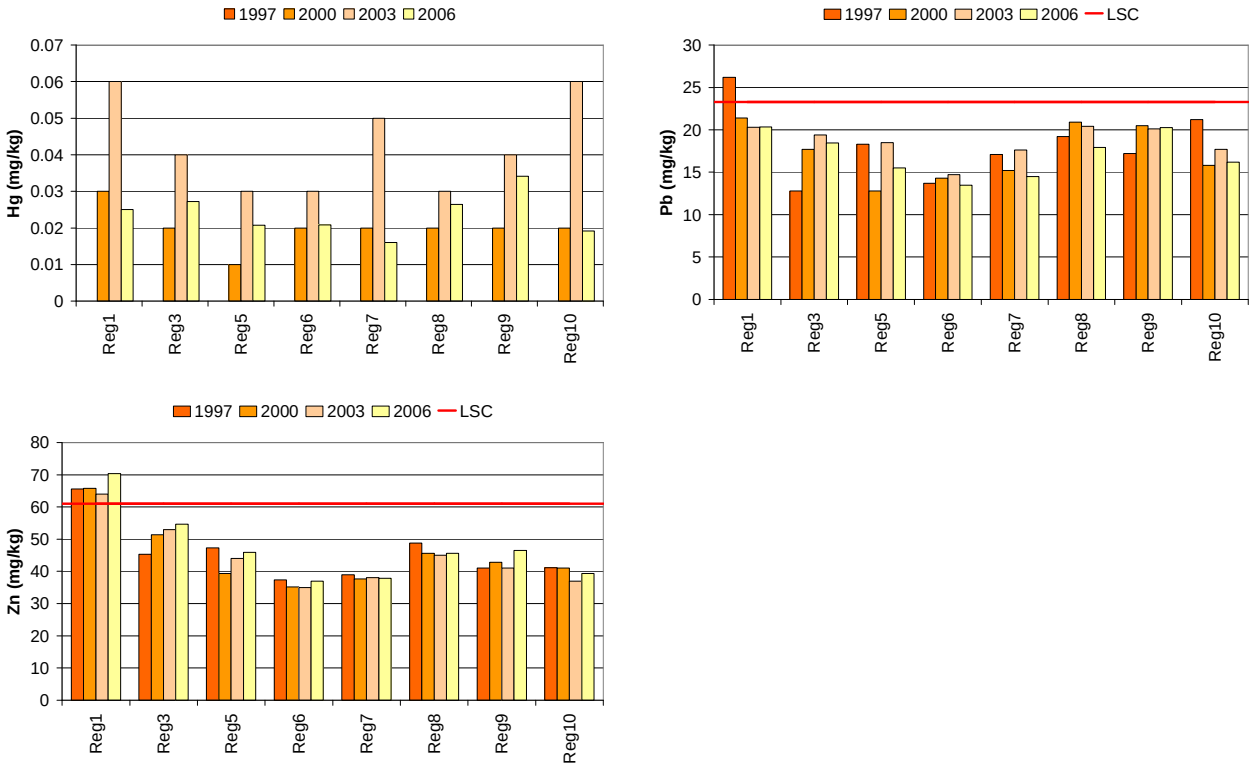
Metallresultatene er gitt i Tabell 4.1-6. I Figur 4.1-4Figur 4.1-4 *forts.* er årets metallresultater sammenlignet med tidligere resultater (1997-2003).

Tabell 4.1-6. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Regionale stasjoner 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

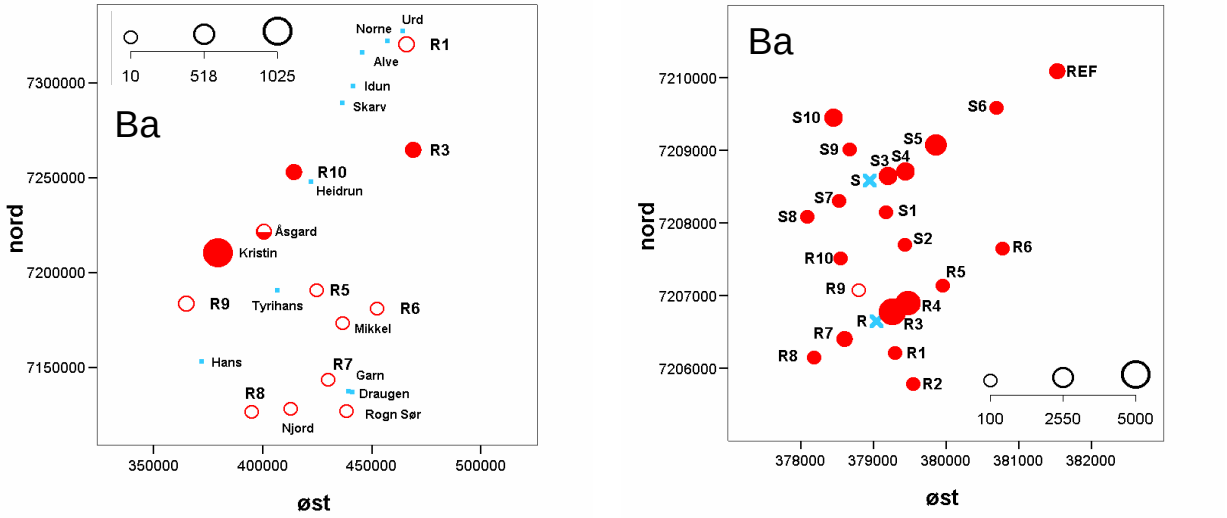
Stasjon	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
REG1, Norne Ref	171	33	0,08	0,01	**36,3**	0,7	**13,3**	0,2	0,03	0,00	20,3	1,4	**70**	3
REG3	**207**	26	0,10	0,01	29,2	0,4	11,2	0,2	0,03	0,00	18,5	1,2	55	1
REG5	97	22	0,07	0,01	26,4	0,2	9,5	0,3	0,02	0,00	15,5	1,6	46	1
REG6	91	19	0,05	0,01	21,2	0,7	7,1	0,5	0,02	0,00	13,5	1,6	37	2
REG7, Draugen Ref	101	23	0,05	0,00	21,4	1,3	8,0	0,8	0,02	0,00	14,5	2,0	38	3
REG8	110	12	0,06	0,01	25,6	0,9	10,1	0,5	0,03	0,00	17,9	1,1	46	2
REG9	146	14	0,07	0,00	28,6	0,2	10,0	0,2	0,03	0,01	20,3	0,3	46	0
REG10, Heidrun Ref	**209**	6	0,07	0,01	20,0	0,0	8,7	0,1	0,02	0,00	16,2	0,7	39	1
Gj. snitt	142		0,07		26,1		9,7		0,02		17,1		47	
SD	49		0,02		5,4		2,0		0,01		2,6		11	
Min.	91		0,05		20,0		7,1		0,02		13,5		37	
Max.	209		0,10		36,3		13,3		0,03		20,3		70	
LSC	193				33,3		11,7				23,3		61	



Figur 4.1-4 *Metall-innhold (mg/kg) for Regionale stasjoner 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (1997-2003).*



Figur 4.1-4 *forts.*



Figur 4.1-5 *Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler. Figuren til venstre viser referansestasjoner og regionale stasjoner, mens figuren til høyre viser stasjonene på Kristin.*

Ba-innholdet i sedimentene er lavt på alle regionale stasjoner. Gjennomsnittsverdien er 142 ± 49 mg/kg. REG3 og REG10 har Ba-verdier som ligger like over grensen for signifikant kontaminering. Det er allikevel ikke grunnlag for å si at noen av stasjonene har tydelig forhøyede Ba-verdier. Det er til dels store standardavvik mellom de ulike grabbene på hver stasjon, men det kan se ut til at økende Ba-innhold er en trend på Reg3 og REG10, og kanskje REG9. Samme antydning til trend kunne også sees når det gjaldt THC på Reg3 og REG10. På REG1, Norne ref, er konsentrasjon av Cr, Cu og Zn noe over grensen for signifikant kontaminering, men det er allikevel ikke grunnlag for å si at noen av de regionale stasjonene har tydelig forhøyede metallnivåer. Metallresultatene for 2006 har stort sett bare mindre avvik sammenlignet med tidligere års resultater.

Metallresultatene for de referansestasjonene som ikke inngår i de regionale stasjonene er gitt i Tabell 4.1-7. Bortsett fra Ba-verdien på Kristin er resultatene på samme nivå som for de regionale stasjonene. Nivåene er også på samme nivå som tidligere års resultater. Ba-verdien på Kristin har økt om lag 10 ganger sammenlignet med resultatet i 2003. Ba-verdien i de tre grabbene er på samme nivå, henholdsvis 1110 mg/kg, 910 mg/kg og 1060 mg/kg. I 2003 var verdien 117 ± 15 mg/kg. Som vist i Figur 4.1-5 ligger ikke Kristin ref langt fra andre stasjoner med høye Ba-nivåer.

Tabell 4.1-7 *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment) på øvrige referansestasjoner 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Åsgård ref	189	22	0,07	0,00	28,8	0,6	11,1	0,1	0,02	0,00	18,2	0,1	53	1
Njord ref	119	28	0,07	0,02	21,6	1,1	8,2	0,6	<0,02	-	15,4	1,9	38	3
Mikkel ref	135	10	0,08	0,03	22,5	1,4	8,3	0,7	0,02	0,00	18,6	0,8	40	3
Rogn Sør ref	98	5	0,05	0,00	19,0	0,9	6,3	0,1	<0,02	-	12,2	0,7	32	2
Kristin ref	**1025**	105	0,05	0,00	17,3	0,3	7,1	0,3	< 0,02	0,00	12,4	0,7	32	2
TyrRef	137	41	0,07	0,01	24,4	0,9	9,1	0,5	<0,02	-	13,3	2,2	44	2
Skarv Ref	113	13	0,08	0,01	26,3	1,4	9,2	0,4	<0,02	0,01	13,4	0,8	49	3
Gj. Snit	259		0,07		22,9		8,5		0,02		14,8		41	
SD	339		0,01		4,0		1,6		0,00		2,7		8	
Min.	98		0,05		17,3		6,3		0,02		12,2		32	
Max.	1025		0,08		28,8		11,1		0,02		18,6		53	
LSC	193				33,3		11,7				23,3		61	

4.1.4 Grenseverdier for signifikant kontaminering

For THC, PAH, NPD, Ba, Cr, Cu, Pb og Zn er det beregnet en grense for kontaminering; LSC (limit of significant contamination). For å undersøke om noen av de regionale stasjonene eller referansestasjonene på Region VI har bakgrunnsnivåer som skiller seg ut fra de øvrige, er det foretatt en PCA-analyse (Principal Component Analysis) av de kjemiske dataene. Det er gjort PCA både på data fra årets undersøkelse og med alle data for perioden 1996-2006. Analysen er utført ved bruk av Simca P+, ver 11.0.0, Umetrics AB, Umeå, Sverige. Hensikten er å finne ut om Region VI bør deles inn i under-regioner på grunn av vesentlig forskjell i den kjemiske sammensetningen, når grensen for signifikant kontaminering (LSC) skal bestemmes. Analysen er basert på middelverdien for hver enkelt parameter i år 2006 og i perioden 1996 - 2006, se Tabell 4.1-8 og Tabell 4.1-9. For å vektlegge hver parameter likt, er middelverdien og

standardavvik beregnet for hver parameter, og konsentrasjonene er dividert med standard avviket (autoskalering). Data er også sentrert før analyse (middelverdien trukket fra for hver parameter). Ba-verdien på Kristin i 2006 inngår ikke i beregningene, da den oppfattes som en utligger. Figur 4.1-6 og Figur 4.1-7 viser resultatet av prinsipalkomponentanalysen. Antallet signifikante prinsipalkomponenter er bedømt ved bruk av kryssvalidering og scree-test (Jackson, 1991).

Tabell 4.1-8 *Grunnlag for prinsipalkomponentanalyse, Regionale stasjoner og referansestasjoner, kjemiske parametere Region VI 2006.*

	THC	THC/ SD	NPD	NPD/ SD	PAH	PAH/ SD	Ba	Ba/ SD	Cr	Cr/ SD	Cu	Cu/ SD	Pb	Pb/ SD	Zn	Zn/ SD
REG1 Norne	5	5,8	0,11	5,3	0,114	5,9	171	3,9	36,3	6,9	13,3	6,7	20,3	7,3	70	6,6
Reg3	7	7,4	0,11	5,5	0,099	5,1	207	4,7	29,2	5,5	11,2	5,6	18,5	6,6	55	5,1
REG5	5	5,4	0,10	4,7	0,103	5,3	97	2,2	26,4	5,0	9,5	4,8	15,5	5,5	46	4,3
REG6	4	4,9	0,06	2,8	0,069	3,5	91	2,1	21,2	4,0	7,1	3,5	13,5	4,8	37	3,5
REG7 Draugen	5	5,8	0,10	4,6	0,107	5,5	101	2,3	21,4	4,0	8,0	4,0	14,5	5,2	38	3,6
REG8	6	6,4	0,11	5,4	0,133	6,8	110	2,5	25,6	4,8	10,1	5,1	17,9	6,4	46	4,3
REG9	7	7,7	0,11	5,1	0,120	6,1	146	3,3	28,6	5,4	10,0	5,0	20,3	7,3	46	4,4
REG10 Heidrun	6	6,4	0,10	4,6	0,089	4,6	209	4,7	20,0	3,8	8,7	4,3	16,2	5,8	39	3,7
Åsgard	6	6,4	0,11	5,1	0,109	5,6	189	4,3	28,8	5,4	11,1	5,6	18,2	6,5	53	5,0
Njord	6	6,2	0,09	4,2	0,097	4,9	119	2,7	21,6	4,1	8,2	4,1	15,4	5,5	38	3,6
Rogn Sør	4	4,5	0,05	2,3	0,072	3,7	98	2,2	19,0	3,6	6,3	3,2	12,2	4,4	32	3,0
Mikkel	4	4,5	0,08	3,9	0,079	4,0	135	3,1	22,5	4,3	8,3	4,1	18,6	6,7	40	3,8
Kristin	5	5,5	0,07	3,6	0,078	4,0	1025*	23,2	17,3	3,3	7,1	3,5	12,4	4,4	32	3,0
Gj. snitt	5		0,09		0,098		140		24,5		9,1		16,4		44	
SD	1		0,02		0,020		44		5,3		2,0		2,8		11	

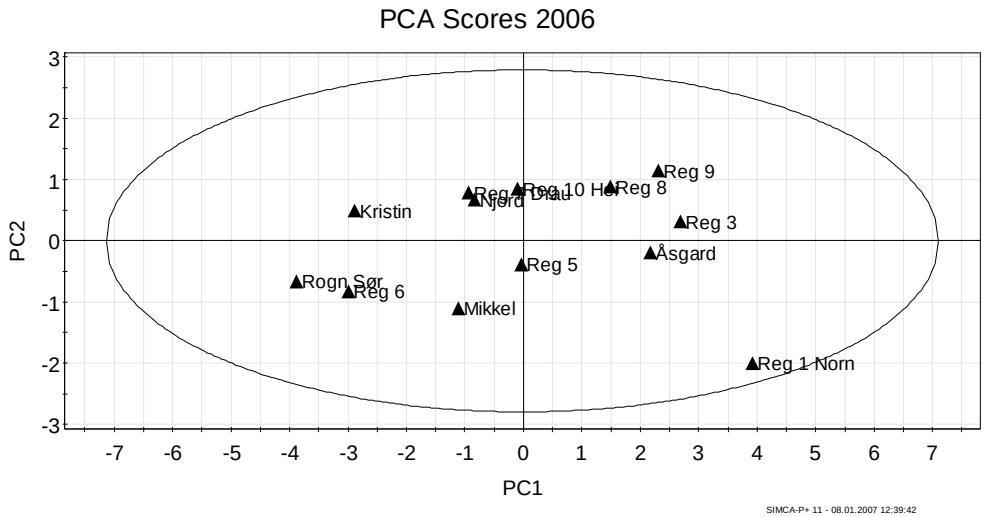
*: Inngår ikke i beregning av LSC.

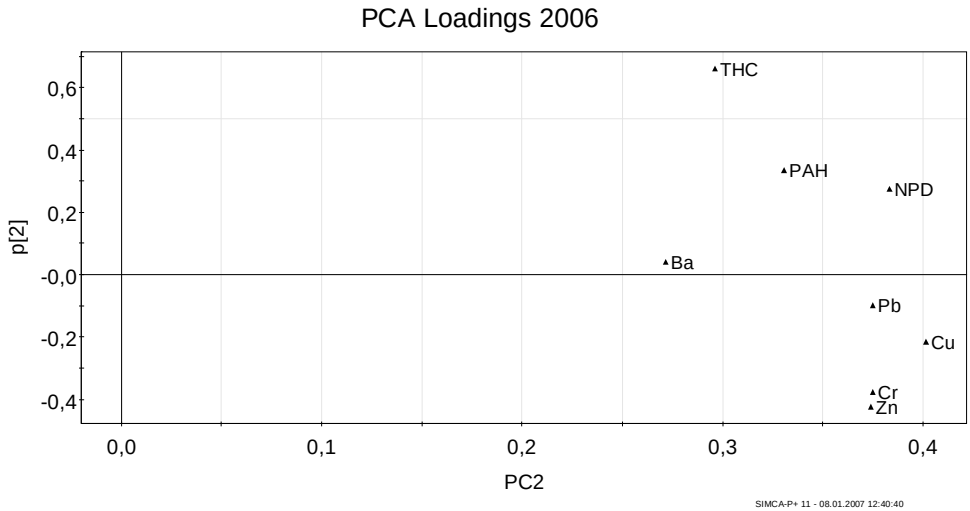
Tabell 4.1-9 *Grunnlag for prinsipalkomponentanalyse, Regionale stasjoner og referansestasjoner. kjemiske parametere Region VI i perioden 1996-2006.*

	THC	THC/ SD	NPD	NPD/ SD	PAH	PAH/ SD	Ba	Ba/ SD	Cr	Cr/ SD	Cu	Cu/ SD	Pb	Pb/ SD	Zn	Zn/ SD
REG1 Norne	4	5,7	0,10	5,0	0,138	8,1	221	5,4	36,6	7,0	12,0	6,0	19,4	7,1	69	6,6
Reg3	4	5,1	0,10	5,0	0,107	6,3	217	5,2	29,3	5,6	9,3	4,7	15,1	5,6	53	5,0
REG5	4	5,1	0,08	4,2	0,106	6,2	159	3,9	25,2	4,8	8,1	4,1	14,3	5,3	46	4,4
REG6	3	4,3	0,06	2,8	0,081	4,7	125	3,0	21,1	4,0	6,2	3,1	12,4	4,5	38	3,6
REG7 Draugen	4	5,7	0,08	4,1	0,110	6,5	160	3,9	22,5	4,3	7,3	3,7	14,2	5,2	40	3,8
REG8	5	7,2	0,11	5,4	0,131	7,7	184	4,5	25,4	4,8	9,1	4,6	17,2	6,3	48	4,6
REG9	5	6,5	0,09	4,5	0,107	6,3	166	4,0	25,5	4,8	8,4	4,2	17,3	6,4	44	4,2
REG10 Heidrun	3	4,1	0,08	4,0	0,114	6,7	212	5,1	20,8	4,0	7,5	3,8	15,6	5,7	41	3,9
Åsgard	4	5,5	0,09	4,5	0,124	7,2	283	6,9	27,7	5,3	9,1	4,6	17,9	6,6	52	4,9
Njord	4	5,4	0,07	3,4	0,110	6,5	157	3,8	20,3	3,9	6,3	3,2	13,7	5,0	35	3,4
Rogn Sør	3	4,4	0,05	2,5	0,112	6,6	145	3,5	19,7	3,7	5,4	2,7	12,4	4,6	33	3,1
Mikkel	4	5,7	0,10	5,1	0,125	7,3	196	4,8	23,3	4,4	7,7	3,9	19,2	7,1	46	4,4
Kristin	3	3,5	0,05	2,5	0,079	4,6	179	4,3	15,5	2,9	4,2	2,1	10,8	4,0	28	2,7
Gj. Snitt	4		0,08		0,111		185		24,1		7,7		15,4		44	
SD	1		0,02		0,017		41		5,3		2,0		2,7		10	

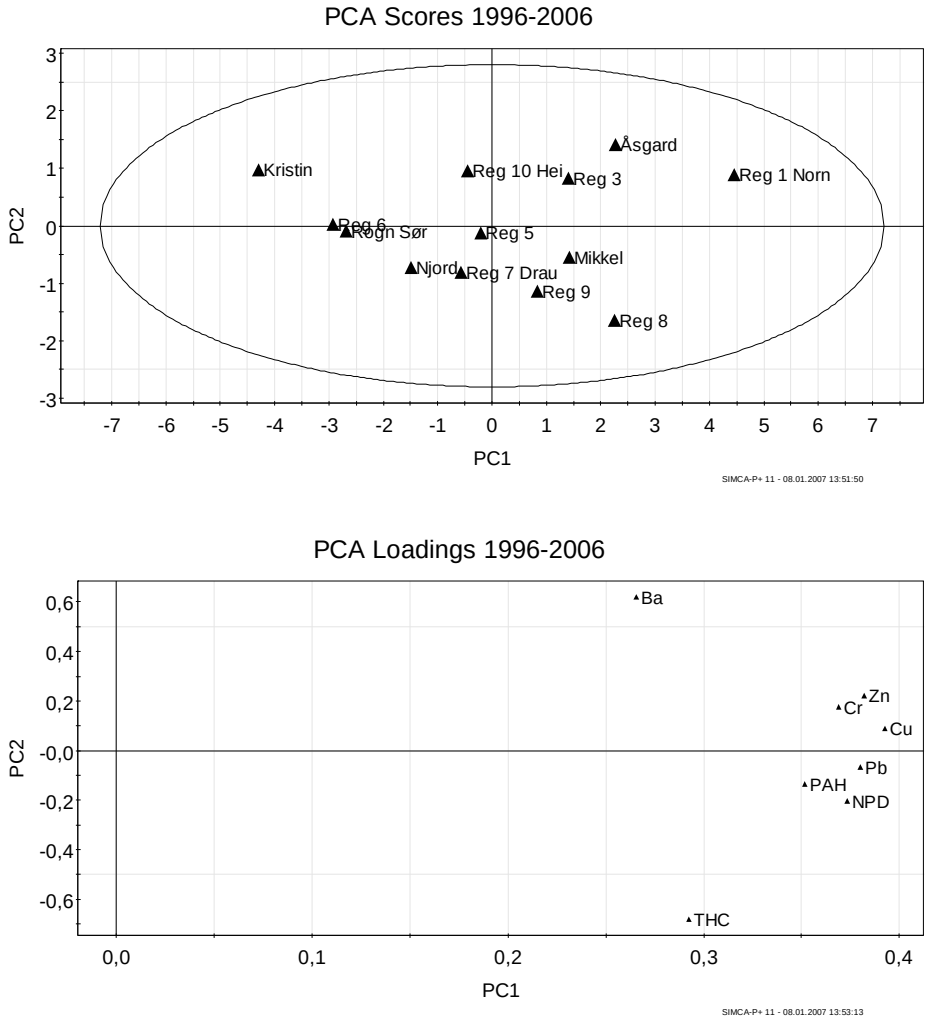
Tabell 4.1-10 *Pearson korrelasjonskoeffisienter, kjemiske parametere Region VI 2006.*

	THC	*NPD*	*PAH*	*Ba*	*Cr*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
THC	1,0000							
NPD	0,7663	1,0000						
PAH	0,6674	0,8632	1,0000					
Ba	0,5712	0,5493	0,1730	1,0000				
Cr	0,4526	0,7258	0,6564	0,4367	1,0000			
Cu	0,5652	0,8559	0,7209	0,6088	0,9520	1,0000		
Pb	0,5704	0,7962	0,6699	0,5948	0,8290	0,8524	1,0000	
Zn	0,4126	0,7326	0,5971	0,5449	0,9736	0,9727	0,7995	1,0000





Figur 4.1-6 *Resultat av PCA av middelverdiene for hver kjemisk parameter på de regionale stasjonene og referansestasjonene på Region VI i 2006.*



Figur 4.1-7 *Resultat av PCA av middelverdiene for hver kjemisk parameter på de regionale stasjonene og referansestasjonene på Region VI i perioden 1996-2006.*

Fra 2003-rapporten anbefales det å vurdere hvorvidt Kristin skal behandles som en under-region. Resultatene fra 2006 og samlet fra 1996-2006 underbygger ikke anbefalingen. Fra PCA-resultatene for 2006 kan det være grunn til å vurdere om Norne skal behandles som egen under-region, men heller ikke dette støttes av resultatene fra 1996-2006. Utviklingen må imidlertid følges i videre undersøkelser. Resultatene fra PCA for 2006 og 1996-2006 viser ingen klar oppdeling av Region VI, og regionen blir derfor behandlet som ett område ved beregning av LSC-verdier for de kjemiske parametrene.

Tabell 4.1-10 viser hvordan parametrene korrelerer med hverandre univariat. Det er en sterk korrelasjon mellom Cu, Cr og Zn. Også Pb korrelerer med disse metallene, noe som vises i loadingplottet (Figur 4.1-6). Det er de samme metaller som bidrar til å dra Norne litt fra de øvrige i scoreplottet. Det er også Norne som har de høyeste verdiene for Cr, Cu og Zn. Om man drar et multivariat konfidensintervall, Hotellings T^2 på 95 % i de to scorevektorene PC1 og PC2, viser det at Norne faller innenfor intervallet og illustreres med ellipsene i Figur 4.1-6 og Figur 4.1-7, (Simca P+ Brukermanual).

Dekaliner og Hg er ikke påvist på de regionale stasjonene og referansestasjonene. Påviste konsentrasjoner av Cd er i området rundt deteksjonsgrensen. På grunnlag av dette er det ikke beregnet LSC-verdier for dekaliner, Hg eller Cd.

LSC-verdiene er beregnet med et konfidensnivå på 95 %. Det er utført en ensidig t-test. T-verdien er funnet ut fra n-1, der n er antall felter. I beregningene av LSC-verdiene i 2003 ble n-verdien satt lik antall målinger**.**

Tabell 4.1-11 inneholder derfor årets LSC-verdier, og korrigerte 2003-verdier.

Tabell 4.1-11. *LSC-verdier basert på 95 % konfidensnivå og ensidig t-test (mg/kg tørt sediment). LSC-verdier for 2006 og korrigerte LSC-verdier for 2003.*

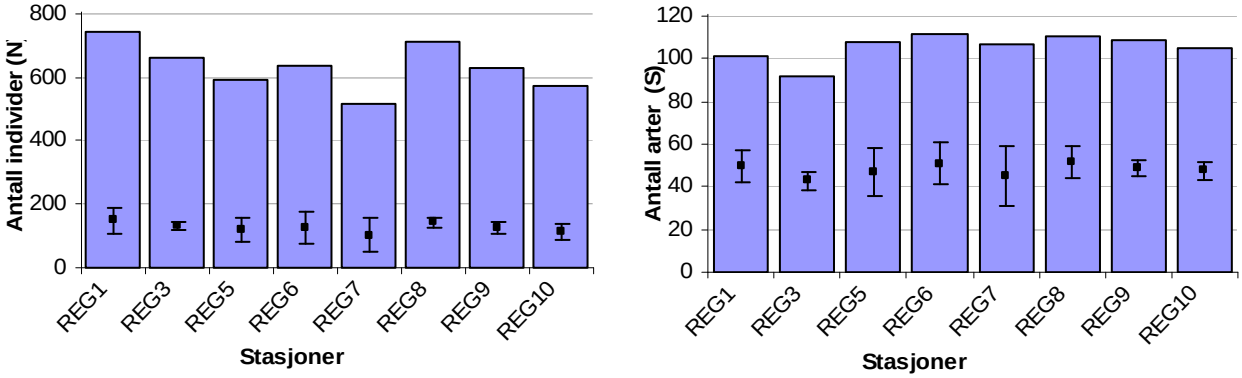
Parameter	**2006**			**2003**		
	Gj.snitt	**SD**	**LSC**	**Gj.snitt**	**SD**	**LSC**
THC	4	1	5,2	3	1	5,0
NPD	0,07	0,02	0,10	0,07	0,02	0,10
PAH	0,101	0,015	0,129	0,101	0,017	0,132
Ba	134	31	193	130	29	185
Cr	23,8	5,1	33,3	23,5	5,2	33,1
Cu	8,1	1,9	11,7	7,7	2,2	11,7
Pb	17,5	3,1	23,3	17,8	3,3	23,9
Zn	43	10	61	42	10	60

4.1.5 Biologiske analyser

Tabell 4.1-1 viser antall arter og individer på de regionale stasjonene fordelt på dyregrupper. Figur 4.1-8 viser antall arter og individer på hver av de regionale stasjonene. Tabell 4.1-13 viser diverse indekser for hver av stasjonene, i tillegg er referansestasjonene inkludert.

Tabell 4.1-12. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, regionale stasjoner 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	325	6,4	15	6,0
Polychaeta	2840	56,0	120	48,0
Crustacea	307	6,1	58	23,2
Mollusca	1501	29,6	45	18,0
Echinodermata	99	2,0	12	4,8
Totalt	**5072**	100,0	**250**	100,0



Figur 4.1-8. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Regionale stasjoner 2006.*

Tabell 4.1-13. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, regionale stasjoner samt referansestasjoner 2006.*

Stasjon	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
REG1	393	101	745	5,5	0,8	43
REG3	337	92	663	5,3	0,8	40
REG5	263	108	593	5,8	0,9	48
REG6	232	112	635	5,9	0,9	50
REG7	270	107	518	5,9	0,9	51
REG8	338	111	711	5,7	0,8	46
REG9	315	109	632	5,7	0,8	47
REG10	330	105	575	5,8	0,9	47
Åsgard ref.	295	92	475	5,6	0,9	45
Rogn sør ref.	305	135	662	6,1	0,9	53
Mikkel ref.	221	121	735	6,1	0,9	52
Kristin ref.	353	143	1079	6,1	0,9	52
Garn West ref.	265	123	839	5,9	0,9	48
Njord ref.	312	121	665	6,0	0,9	52
Skarv ref.	366	84	567	5,2	0,8	40
Tyrihans ref.	300	101	676	5,7	0,9	46
Hans ref.	359	93	579	5,6	0,9	45

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.1-14.

Tabell 4.1-14. De t*i mest vanlige artene for hver stasjon, Regionale stasjoner 2006. Tilsvarende liste for referansestasjonene er inkludert under hvert felt.*

10 mest vanlige arter							
REG1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**REG3**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	79	10,6	10,6	Limopsis cristata	62	9,4	9,4
Golfingia spp.	47	6,3	16,9	Chaetozone setosa	60	9,1	18,4
Entalina tetragona	45	6,0	23,0	Golfingia spp.	45	6,8	25,2
Kelliella miliaris	41	5,5	28,5	Kelliella miliaris	40	6,0	31,2
Limopsis cristata	40	5,4	33,8	Yoldiella acuminata	38	5,7	37,0
Nephtys hystricis	30	4,0	37,9	Entalina tetragona	38	5,7	42,7
Yoldiella lucida	24	3,2	41,1	Lumbrineris scopa	31	4,7	47,4
Abra longicallus	24	3,2	44,3	Lumbrineris aniara	24	3,6	51,0
Yoldiella fraterna	23	3,1	47,4	Abra longicallus	23	3,5	54,5
Yoldiella acuminata	21	2,8	50,2	Nephtys hystricis	20	3,0	57,5
REG5	**Antall**	**%**	**Kum %**	**REG6**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Nephtys hystricis	71	12,0	12,0	Nephtys hystricis	68	10,7	10,7
Terebellides stroemi	26	4,4	16,4	Eclysippe vanelli	27	4,3	15,0
Lumbrineris aniara	24	4,1	20,4	Astarte sulcata auctt.	25	3,9	18,9
Chaetozone setosa	22	3,7	24,1	Onchnesoma steenstrupi	24	3,8	22,7
Levinsenia gracilis	20	3,4	27,5	Terebellides stroemi	22	3,5	26,1
Lumbrineris scopa	19	3,2	30,7	Chaetozone setosa	20	3,2	29,3
Kelliella miliaris	18	3,0	33,7	Entalina tetragona	18	2,8	32,1
Onchnesoma steenstrupi	18	3,0	36,8	Diastylis cornuta	16	2,5	34,7
Astarte sulcata auctt.	16	2,7	39,5	Yoldiella acuminata	15	2,4	37,0
Entalina tetragona	16	2,7	42,2	Augeneria tentaculata	15	2,4	39,4
REG7	**Antall**	**%**	**Kum %**	**REG8**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Abra longicallus	31	6,0	6,0	Euchone incolor	68	9,6	9,6
Chaetozone setosa	27	5,2	11,2	Abra longicallus	59	8,3	17,9
Paradiopatra quadricuspis	26	5,0	16,2	Chaetozone setosa	35	4,9	22,8
Nephtys hystricis	22	4,3	20,5	Nephtys hystricis	34	4,8	27,6
Eclysippe vanelli	21	4,1	24,5	Paradiopatra quadricuspis	33	4,6	32,2
Notomastus sp.	18	3,5	28,0	Limopsis cristata	30	4,2	36,4
Entalina tetragona	17	3,3	31,3	Kelliella miliaris	26	3,7	40,1
Nemertea spp.	15	2,9	34,2	Cerastoderma minimum	21	3,0	43,0
Terebellides stroemi	13	2,5	36,7	Notomastus sp.	21	3,0	46,0
Augeneria tentaculata	13	2,5	39,2	Lumbrineris scopa	18	2,5	48,5

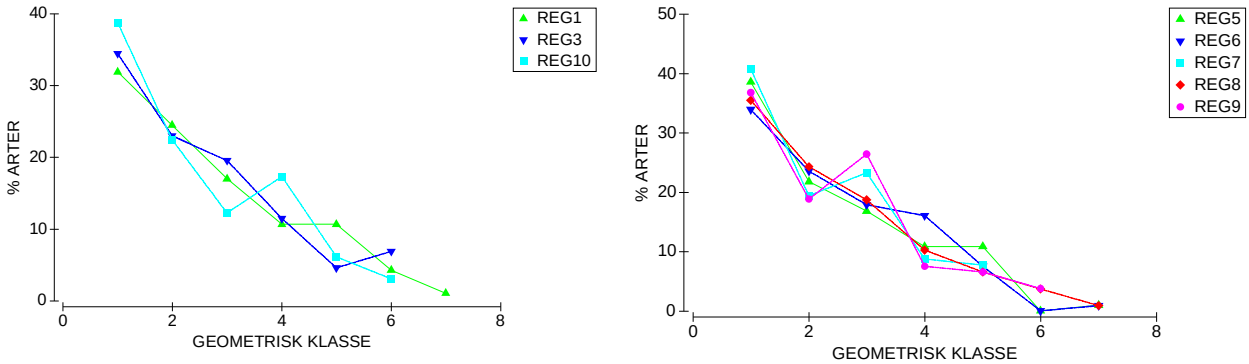
Tabell 4.1-14 *forts.*

REG9	Antall	%	Kum %
Abra longicallus	47	7,4	7,4
Limopsis cristata	43	6,8	14,2
Paradiopatra quadricuspis	43	6,8	21,0
Nephtys hystricis	38	6,0	27,1
Chaetozone setosa	29	4,6	31,7
Notoproctus sp.	26	4,1	35,8
Onchnesoma steenstrupi	23	3,6	39,4
Euchone incolor	21	3,3	42,7
Terebellides stroemi	17	2,7	45,4
Paradoneis lyra	17	2,7	48,1

REG10	Antall	%	Kum %
Spiochaetopterus typicus	43	7,5	7,5
Kelliella miliaris	37	6,4	13,9
Limopsis cristata	26	4,5	18,4
Chaetozone setosa	26	4,5	23,0
Entalina tetragona	22	3,8	26,8
Lumbrineris aniara	20	3,5	30,3
Cerastoderma minimum	17	3,0	33,2
Abra longicallus	17	3,0	36,2
Paradiopatra quadricuspis	17	3,0	39,1
Limopsis aurita	15	2,6	41,7

De to mest dominerende artene i regionen er børstemarken *Chaetozone setosa* og *Nepthys hystricis*. Disse finnes stort sett over hele regionen med en dominans opptil 12 % (*N. hystricis* - REG5). Andre dominerende arter er muslingene *Limopsis cristata* og *Abra Longicallus* med høyest dominans på henholdsvis 9,4 % (REG3) og 8,3 % (REG8), *Kelliella miliaris* og børstemarkene *Paradiopatra quadricuspis* og *Lumbrineris scopa* og pølseormen *Golfingia* spp. Børstemarken *Euchone incolor* som er hyppig forekommende på flere av feltene, forekommer kun på ti på topp listen på stasjon REG8 og REG9, med en dominans på 9,6 % på REG8. De nevnte artene er enten karnivore eller hovedsakelig en blanding av filtrerere- og sedimentspisere. Sammen med den store andelen muslinger i sedimentet tyder artssammensetningen på et blandingssediment, dvs. med en del sand.

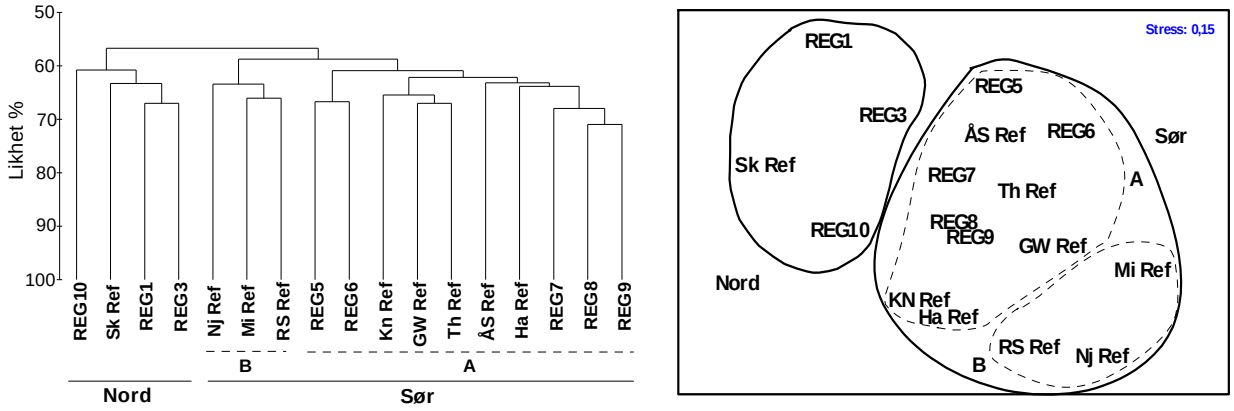
Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.1-9) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 7. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



Figur 4.1-9. *Fordeling av arter i geometriske klasser, regionale stasjoner 2006.*

Multivariate analyser

Klassifikasjons- og ordinasjonsanalysen inkluderer referansestasjoner, og er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.1-10. Analysene viser at stasjonene deler seg i to grupper ved ca. 55 % likhet.



Figur 4.1-10. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, regionale- og referansestasjoner 2006.*

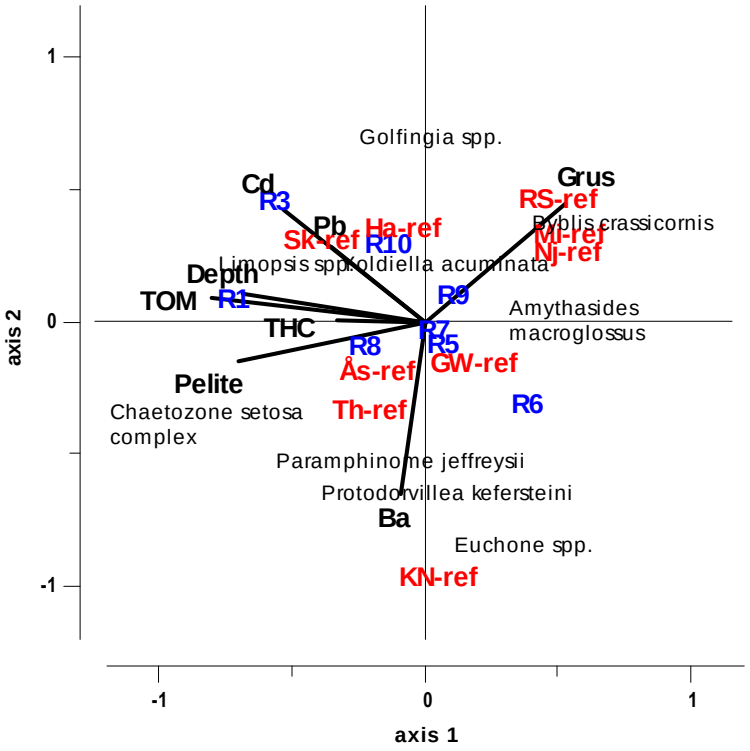
Tabell 4.1-15. *Inndeling i hovedfaunagrupper, 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
Nord	REG1 (Norne Ref), -3, -10 (Heidrun Ref) og Skarv Ref	Inneholder mer av pølseormen *Golfingia* sp., børstemarken *C. setosa* complex samt muslingene *K. Miliaris* og *Limopsis* sp. i forhold til gruppe Sør.
Sør	Øvrige regionale- og referansestasjoner	I forhold til Nord gruppen dominerer børstemarkene *E. incolor, A. macroglossus, T. stroemi*, *Nepthys* spp. og *P. quadricuspis*. I tillegg er det et relativt høyt antall av børstemarken *C. setosa* complex og sjøtannen *E. tetragona.* Undergruppe B skiller seg noe fra A pga. høyere antall av børstemarken *A. macroglossus*, pølseormen Golfingia, krepsdyret *A. spinosus*, sekkedyr (*tunicata* spp.) samt pigghuder. Undergruppen inneholder også færre individer av børstemarken *C. setosa* og muslingen *A. longicallus* som dominerer i undergruppe A.

Rene filtrerere eller blandingsstrateger (filtrerere/sedimentspisere) samt karnivore dominerer i stor grad faunaen i området, noe som indikerer en relativt god sirkulasjon. Imidlertid er faunasammensetningen preget av forskjeller i sedimenttype og dyp, med et generelt noe finere sediment i nord pga større dyp og dermed et høyere antall av gravende sedimentspisende arter som f.eks pølseorm (*Golfingia)* og et noe grovere sediment i sør med større antall av karnivore arter som børstemarkene *Nepthys* spp. og *P. quadricuspis* samt filtrerende arter som børstemarken *A. macroglossus.*

Bioenv-analysen viste en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene dyp, organisk materiale og kornstørrelse, dvs. at disse faktorene i stor grad kan forklare faunaforskjellene.

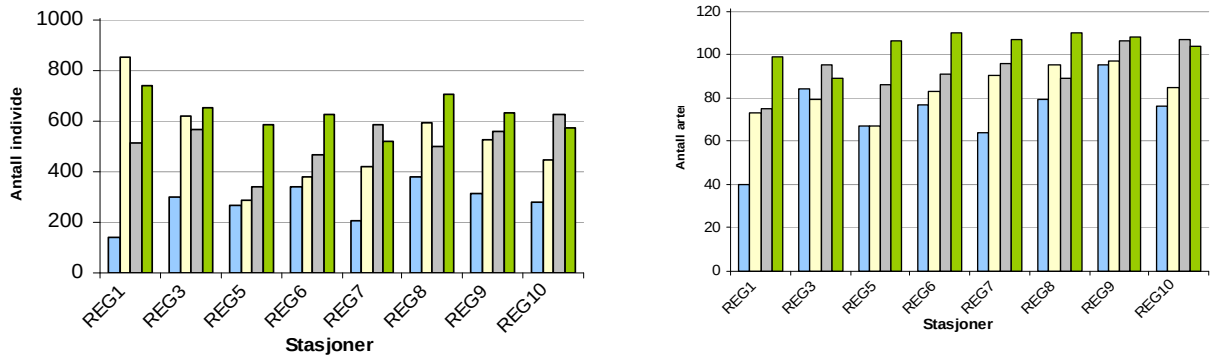
RDA-plottet i Figur 4.1-11 viser at referansestasjonene for Rogn Sør, Njord og Mikkel er samlet i 1. kvadrant langs vektoren for grus. Disse skiller seg også noe ut i dendrogrammet (som undergruppe B), og er preget av grovt sediment, spesielt RS ref og NJ ref, som har silt/leire andel på 30-35%. Høy bariumkonsentrasjon på Kristin er synlig nederst i plottet, mens den dypeste av stasjonene (R1), som også har høyest TOM, ligger til venstre.



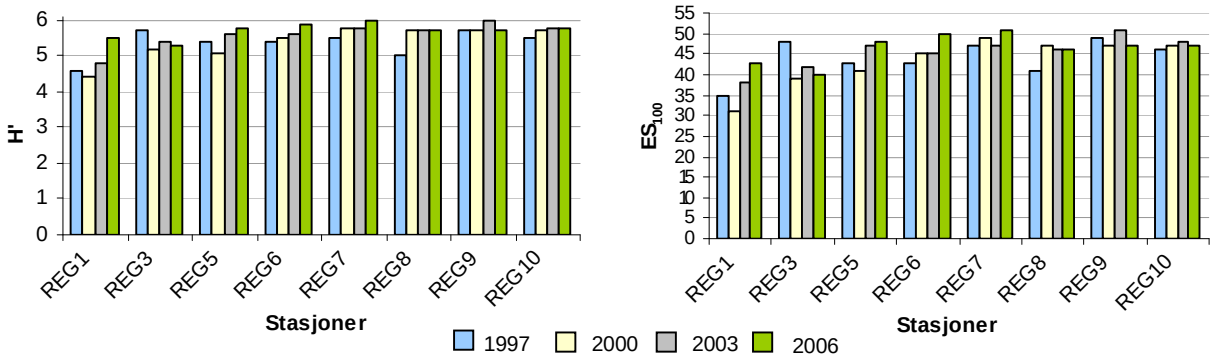
Figur 4.1-11. *RDA-plot, regionale stasjoner og referansestasjoner, Haltenbanken 2006.*

Sammenligning med tidligere undersøkelser

De to diversitetsindeksene H' og ES_{100} følger hverandre, og viser en generell svak økning eller uendret tilstand fra 2003. Indeksene indikerer en uforstyrret fauna i hele regionen. På flere stasjoner har det vært en markert økning i antall individer.



Figur 4.1-12. *Antall arter og individer per 0,5m^2, samt diversitetsindeksene H' og ES_{100} på de undersøkte regionale stasjoner i perioden 1997 - 2006.*



Figur 4.1-12 *forts.*

Multivariate analyser

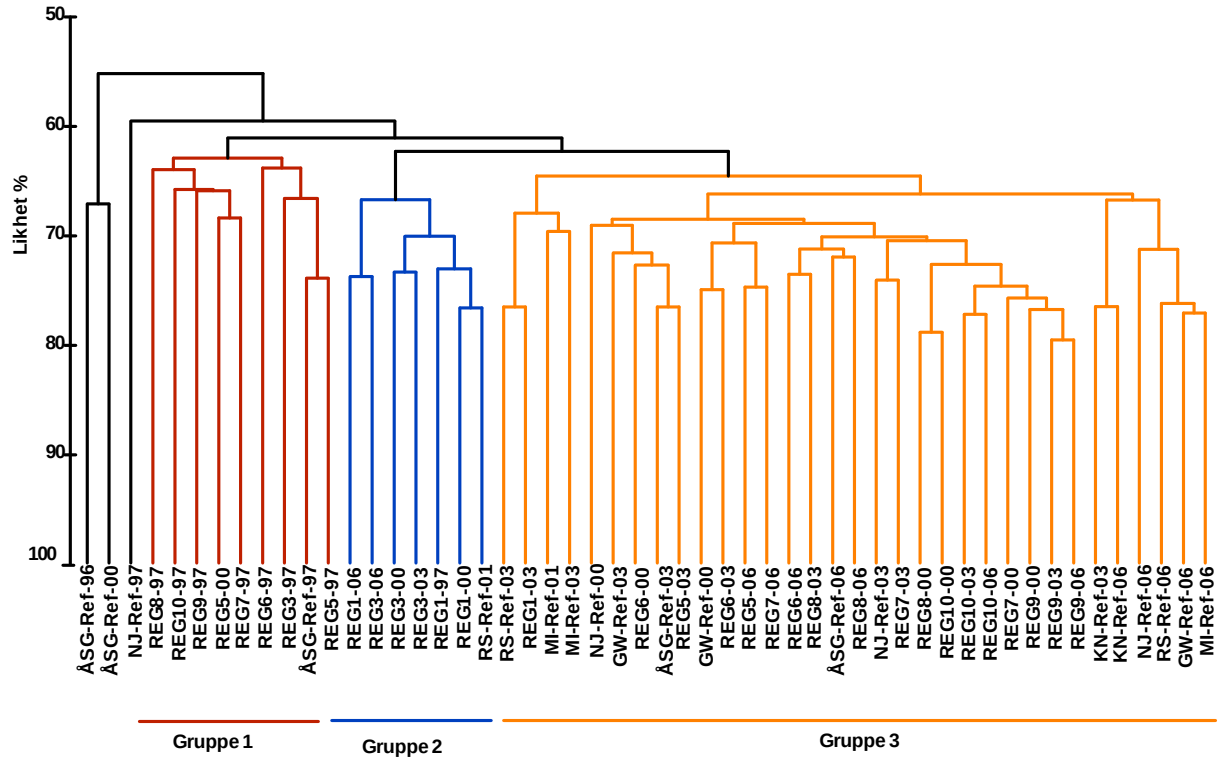
Klassifikasjon er gjennomført på stasjonsnivå for årene 1997 og 2006. Dendrogram er vist i Figur 4.1-13. Analysene viser at stasjonene grovt sett deler seg i tre hovedgrupper ved i overkant av 60 % likhet. Tre av stasjonene faller utenfor hovedgruppene (Åsg-ref 96 og -00 samt NJ-ref-97).

Gruppe 1: inneholder de fleste 1997 stasjonene.

Gruppe 2: inneholder REG 1 -97, -00 og -06, REG-3 -00, -03 og -06 samt RS- Ref -01

Gruppe 3: inneholder de fleste 2000, 2003 og 2006 stasjonene.

De regionale stasjonene 1 og 3 (i gruppe 2) skiller seg noe fra de øvrige regionale og referansestasjonene også i årets analyse. Dette er de to to nordligste regionale stasjonene. Analysen viser videre at det generelt har skjedd lite endringer i faunaen siden 2000 på Haltenbanken.

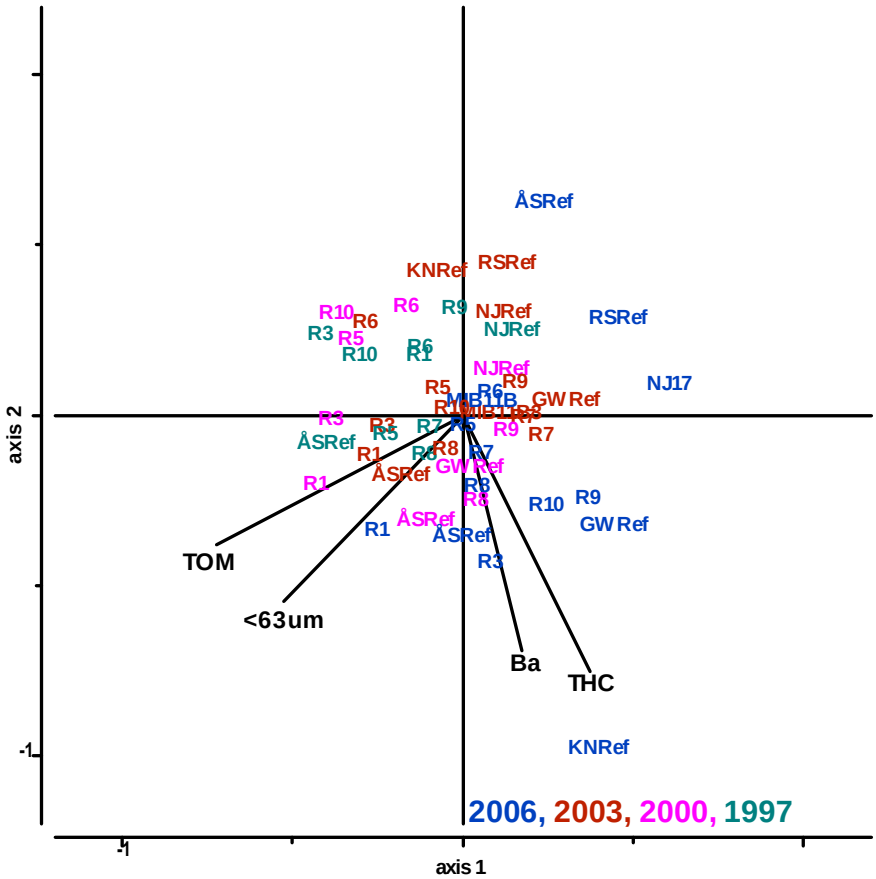


Figur 4.1-13. *Dendrogram stasjonsnivå, regionale- og referansestasjoner 1996 - 2006.*

Det er også gjort en PCA-analyse av det samme datasettet (ikke vist). Resultatet viste at det er liten forskjell mellom årene.

Bioenv-analysen viste en korrelasjon på 0,6 mellom fauna og kornstørrelse, og ansees ikke som relevant i denne sammenhengen.

Det er også utført en RDA analyse som kobler fauna (responsvariable) og miljøvariablene (forklaringsvariable) THC, Ba, TOM og kornstørrelse sammen. Plottet er vist i Figur 4.1-14, og viser ikke noe klart mønster i forhold til undersøkelsesår. Fauna er ikke inkludert i plottet av plassmessige hensyn, men ingen av familiene skilte seg ut. Figuren indikerer økende THC- og bariuminnhold mot referansestasjonen på Kristin. THC-konsentrasjonene på de regionale- og referansestasjonene varierer fra 4 til 7 mg/kg. På Kristin referanse har innholdet av THC økt fra 1,8 til 5,1 mg/kg fra 2003, dvs. omtrent grensen for signifikant kontaminering. For barium er variasjonene større, og høyeste verdi er funnet på Kristin referanse i 2006, hvor den har økt til 1025 mg/kg fra 117 mg/kg i 2003. Alt i alt viser plottet at det er liten forskjell mellom de ulike årene.



Figur 4.1-14. *RDA plot, Region VI 1997 – 2006. R: Regional stasjon. KNRef, RSRef, NJ17, GWRef, ÅsRef er hhv. Kristin, Rogn Sør, Njord, Garn West og åsgard referansestasjoner.*

4.1.6 Konklusjoner

Sedimentene består i hovedsak av silt og leire og innholdet av totalt organisk materiale er 4-8 %. THC-innholdet i sedimentene er lavt på alle regionale stasjoner og øvrige referansestasjoner. Det er store standardavvik mellom de ulike grabbene på hver stasjon. Bariuminnholdet i sedimentene er lavt på alle regionale stasjoner og øvrige referansestasjoner, bortsett fra på Kristin. Reg3 og REG10 har et bariumnivå like over LSC, uten at det er grunnlag for å si at noen av stasjonene har forhøyede bariumverdier, da "sann verdi" kan være under LSC når standardavviket er tatt hensyn til. Ba-innholdet på Kristin ref (60 ⁰⁄3000 m) er om lag 10 ganger høyere enn de øvrige stasjonene og også 10 ganger høyere enn i 2003. Bortsett fra Ba-verdien på Kristin ref er årets resultater på samme nivå som ved tidligere undersøkelser.

Bunnfaunaen på referansestasjonene og de regionale stasjonene er uforstyrret, og det har ikke skjedd vesentlige endringer i perioden fra 2000 til 2006.

4.2 Urd

4.2.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Urd består av satelittene Stær og Svale, som ligger henholdsvis fem og ti km nord for Norne. Urd er bygget ut med to bunnrammer på Svale og én på Stær som er knyttet opp mot Norne-skipet. Det er planlagt fem oljeproduserende brønner og tre vanninjeksjonsbrønner på Urd.

Oljeproduksjonen fra Urd-feltet startet 8. november 2005. Urd vil bidra til å sikre en god utnyttelse av produksjonsskipet på Nornefeltet og infrastrukturen i området.

Grunnlagsundersøkelse (Unifob, 2004) ble gjennomført i 2004, og viste lave nivåer av THC og metaller, samt et naturlig og variert bunndyrssamfunn.

Utslippshistorien fra Urd er vist i Tabell 4.2-1.

Tabell 4.2-1. *Utslipp siste 3 år på Urd.*

Type utslipp /aktivitet	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret				
G	0	3	0	
H	0	1	1	
J	0	0	3	
Utslipp i tonn av:				
Baritt	0	0	0	0
Borekaks	0	2109	845	0
Vannbasert boreslam (m^3)	0	3015	2315	366
Oljeholdig borevæske	0	0	0	0
Esterholdig borevæske	0	0	0	0
Annet pseudoholdig borevæske	0	0	0	0
Olje i produsert vann/oljefor. vann	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier	0	75	77	0
Kompletteringskjemikalier	0	0	1862	71
Andre utslipp av olje(m3)	0	< 0,1	< 0,1	< 0,1

*. Jan. – t.o.m. mai

Prøvetaking

Stasjonsdypet på Urd er 370-386m. Sedimentet består hovedsakelig av et lyst brunt overflatelag med grå og myk leire under. Den myke leira gjør at grabben synker langt ned, noe som kan gjøre det vanskelig å få uforstyrret overflate. Prøvetaking ble gjennomført som beskrevet i programmet. Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen:

- Urd-J01: Vanskelig og varierende sediment, varierende grabbvolum
- Urd-J04: Grovere enn de øvrige (grus/stein)
- Urd-GH1, -3, -4, og -7: Noe svampspikler i sedimentet

Stasjonsbetegnelsen på Urd er Urd-J og Urd-GH. I resultatkapittelet benyttes kun J og GH. Som i 2004 er referansestasjonen på Norne benyttet som referansestasjon. Denne stasjonen er også en regional stasjon (REG1). Se utbrettskart bakerst i rapporten for stasjonsplassering.

4.2.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.2-2. En sammenligning med grunnlagsundersøkelsen i 2004 er gitt i Figur 4.2-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Sedimentene på Urd består vesentlig av silt og leire og innholdet er i gjennomsnitt 85 ± 16 %. Det er relativ stor variasjon i sedimentsammensetningen over feltet og andel silt og leire varierer fra 53,4 % på J04 til 98,9 % på GH02. Innholdet av grus er lavt på alle stasjoner med unntak av stasjonene J01 (5,9 %), J04 (14,2 %) og GH06 (4,9 %).

Tabell 4.2-2. *Urd, Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment.*

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt og leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
J01	135	500	375	4,69	Veldig fin sand	55,3	38,8	5,9	4,38
J02	135	1 000	376	7,92	Silt og leire	96,5	3,5	0,0	5,93
J03	315	500	371	7,39	Silt og leire	85,4	15,4	0,1	5,66
J04	315	1 000	377	4,85	Veldig fin sand	53,4	32,4	14,2	4,25
J05	315	2 000	373						
GH01	45	500	376	6,46	Silt og leire	93,4	6,6	0,0	5,86
GH02	45	1 000	373	7,18	Silt og leire	98,9	1,1	0,0	5,98
GH03	135	500	375	6,95	Silt og leire	95,0	5,0	0,0	5,89
GH04	135	1 000	376	4,42	Silt og leire	86,8	12,7	0,5	5,70
GH05	315	250	375	4,74	Silt og leire	90,3	9,7	0,0	5,78
GH06	315	500	375	4,18	Silt og leire	76,4	18,7	4,9	5,38
GH07	315	1 000	371	5,79	Silt og leire	98,1	1,9	0,0	5,96
GH08	315	2 000	370						
REG1/Norne Ref			393	8,34	Silt og leire	95,4	4,6	0,0	5,90
Norne Ref 2004				10,1		97,5	2,5	0,0	6,82
Norne Ref 2003				6,3		91,6	8,3	0,1	5,82
Norne Ref 2000				8,2		90,1	9,9	0,0	5,78
Norne Ref 1997				9,7		92,1	7,9	0,0	-
Gj.snitt*				5,9		85	13	2,3	5,5
SD*				1,4		16	12	4,5	0,6
Min.*				4,18		53,4	1,1	0,0	4,25
Max.*				7,92		98,9	38,8	14,2	5,98

* Uten REG1/Norne ref.

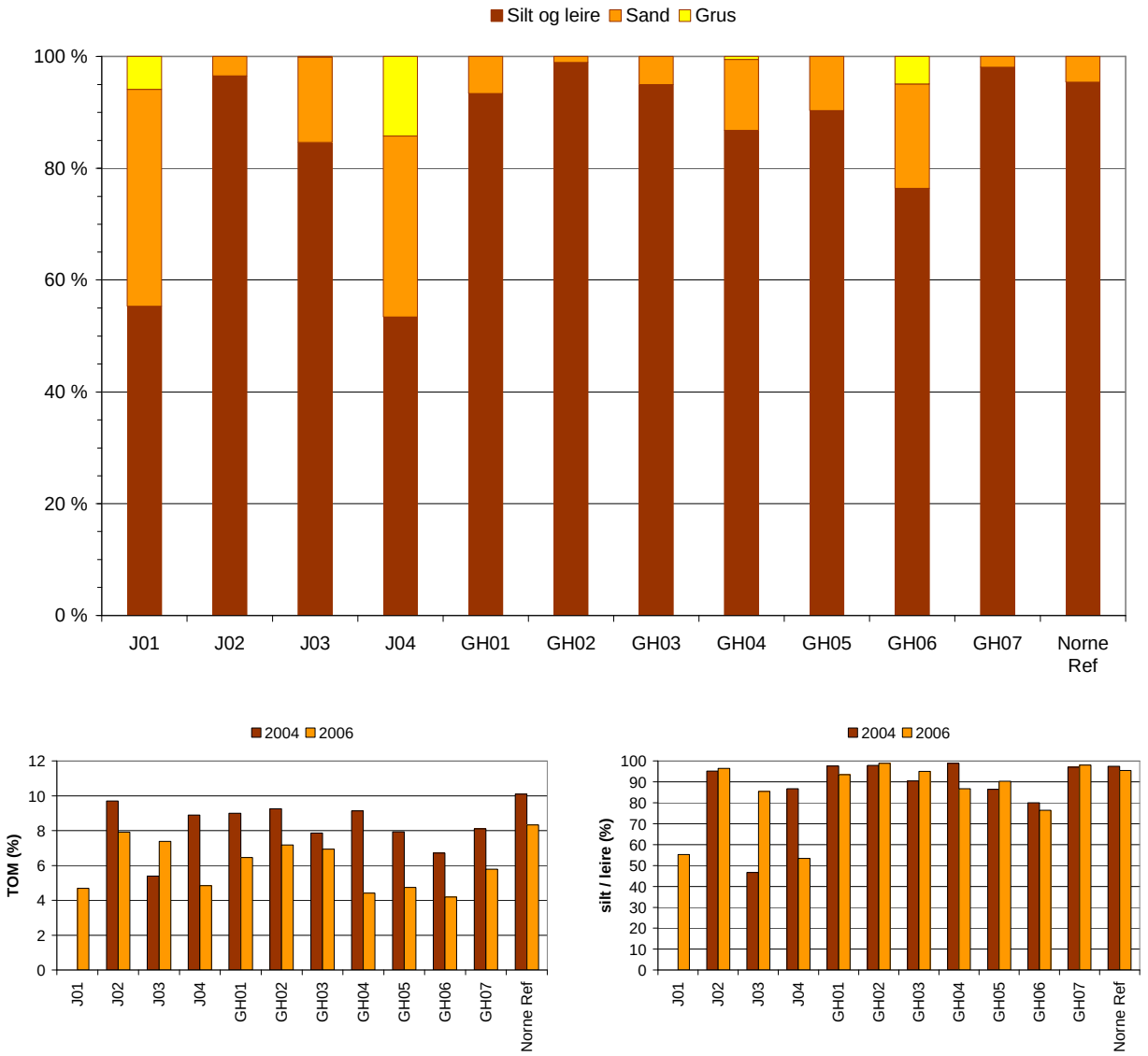
Sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2004 er ikke variasjonene spesielt store (Figur 4.2-1). Jevnt over er innholdet av silt/leire det samme som sist. Prøvene tatt fra J03 og J04 har imidlertid en annen kornstørrelsesfordeling enn ved grunnlagsundersøkelsen.

Grunnlagsundersøkelsen i 2004 inkluderte ikke stasjon J01 (135°/500m), da mye stein i sedimentet medførte at ikke alle de planlagte prøvene fra denne stasjonen ble samlet inn. Stasjonen har i 2006 høyt innhold av sand og grus og tilsvarende lavere innhold av silt og leire.

Sedimentet klassifiseres som veldig fin sand og har tilnærmet samme karakteristikk som stasjon J04.

For de øvrige stasjonene er medianverdien og innholdet av silt og leire tilsvarende eller moderat lavere enn i grunnlagsundersøkelsen i 2004.

Verdiene for referansestasjonen (REG01/Norne Ref) ligger innenfor de observerte variasjonene for feltet, og ansees som et egnet sammenligningsgrunnlag.



Figur 4.2-1. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for stasjonene på Urd 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen, 2004. Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst. Norne Ref. = REG1.*

Totalt organisk materiale (TOM)

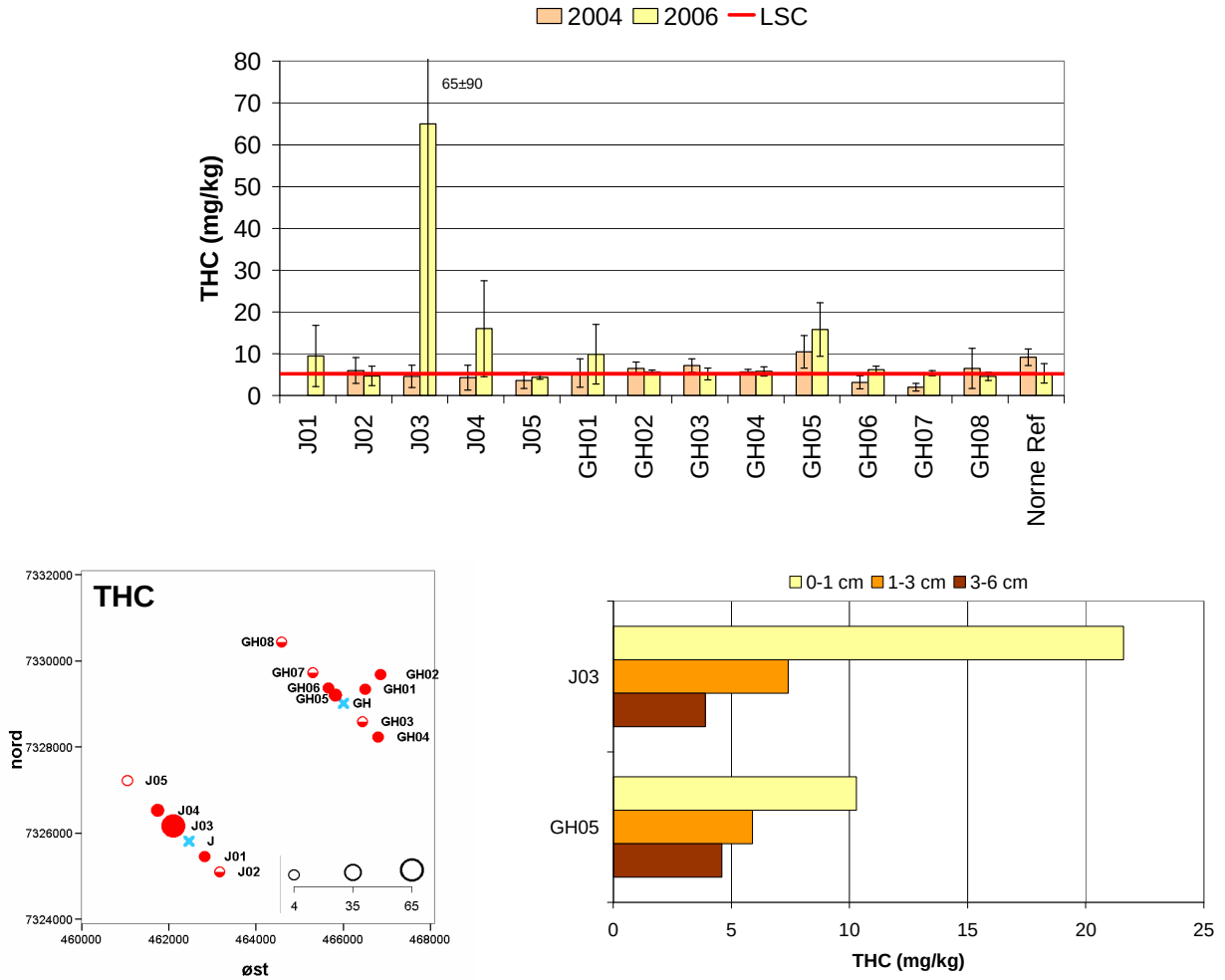
Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.2-2, mens en sammenligning med grunnlagsundersøkelsen i 2004 er gitt i Figur 4.2-1. Innholdet av totalt organisk materiale er relativt høyt med en gjennomsnittsverdi på 5,9 %. Sammenlignet med 2004 er det målt generelt lavere nivåer av TOM. Spesielt tydelig er dette for stasjon J04 og GH04. Innholdet av TOM er i overensstemmelse med silt- og leireinnholdet på disse stasjonene. Stasjon J03 skiller

seg ut med et høyere innhold av TOM enn i 2004. J03 skilte seg også ut mhp. kornstørrelsesfordeling og således er en økning av TOM i samsvar med en økning i innhold av silt og leire, se Figur 4.2-1. Det er verdt å merke seg at målingen på referansestasjonen i 2004 skiller seg ut som den høyeste siden 1997.

4.2.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.2-3. I Figur 4.2-2 er THC resultatene sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2004, og fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering er vist. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.



Figur 4.2-2. *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentsjiktet (0-1cm) fra tre prøvereplikater fra Urd 2006 og grunnlagsundersøkelsen i 2004 (øverst). Konsentrasjoner av THC i sjikt (fra kun én kjerneprøve) på stasjon J03 og GH05 (Urd, 2006 – høyre). Fordeling av THC på Urd (venstre). Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler. Norne Ref. = REG1.*

Innholdet av THC varierer fra 4,4 til 65 mg/kg. Den høyeste gjennomsnittsverdien ble registrert på stasjon J03, som vesentlig skyldes høyt innhold av THC i én av grabbene; 168 mg/kg sammenlignet med 21,6 og 4,9 mg/kg i de andre to. Som vi ser av kromatogrammene i Figur 4.2-3 skyldes det forhøyede innholdet av THC hydrokarboner av samme type som

boreslamsoljen HDF 200. Økningen av THC kan også relateres til økt innhold av TOM og finstoff på samme stasjon.

Tabell 4.2-3. *Gjennomsnittskonsentrasjoner av hydrokarboner fra 3 paralleller (mg/kg tørt sediment), Urd 2006. Verdier >LSC er uthevet. Grå felt markerer sjiktprøver (kun en prøve analysert).*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
J01	135	500	**10**	7						
J02	135	1000	5	2						
J03	315	500	**65**	90	0,105	0,02	**0,21**	0,13	5,5	7,2
J03 0-1 cm			**22**		0,129		0,18		2,7	
J03 1-3 cm			7		0,107		0,11		0,3	
J03 3-6 cm			4		0,100		0,08		0,0	
J04	315	1000	**16**	12						
J05	315	2000	4	1						
GH01	45	500	**10**	7						
GH02	45	1000	**6**	0						
GH03	135	500	5	1						
GH04	135	1000	**6**	1						
GH05	315	250	**16**	6	**0,24**	0,22	**0,9**	1,2	0,2	0,2
GH05 0-1 cm			**10**		0,091		0,17		0,1	
GH05 1-3 cm			6		0,080		0,10		0,0	
GH05 3-6 cm			5		0,081		0,08		0,0	
GH06	315	500	**6**	1						
GH07	315	1000	5	1						
GH08	315	2000	5	1						
REG1/Norne Ref	148	7000	5	2	0,114	0,008	0,11	0,01	<0,1	
Norne Ref 2004			9	2	0,068		0,066			
Norne Ref 2003			4	1	0,130		0,089			
Norne Ref 2000			4	0	0,123		0,069			
Norne Ref 1997			4	1	0,128		0,083			
Gj. snitt*			12		0,17		0,57		2,8	
SD *			16		0,09		0,52		3,7	
Min.*			4		0,10		0,21		0,2	
Max.*			65		0,24		0,94		5,5	
LSC Reg. VI			5,2		0,129		0,10		-	

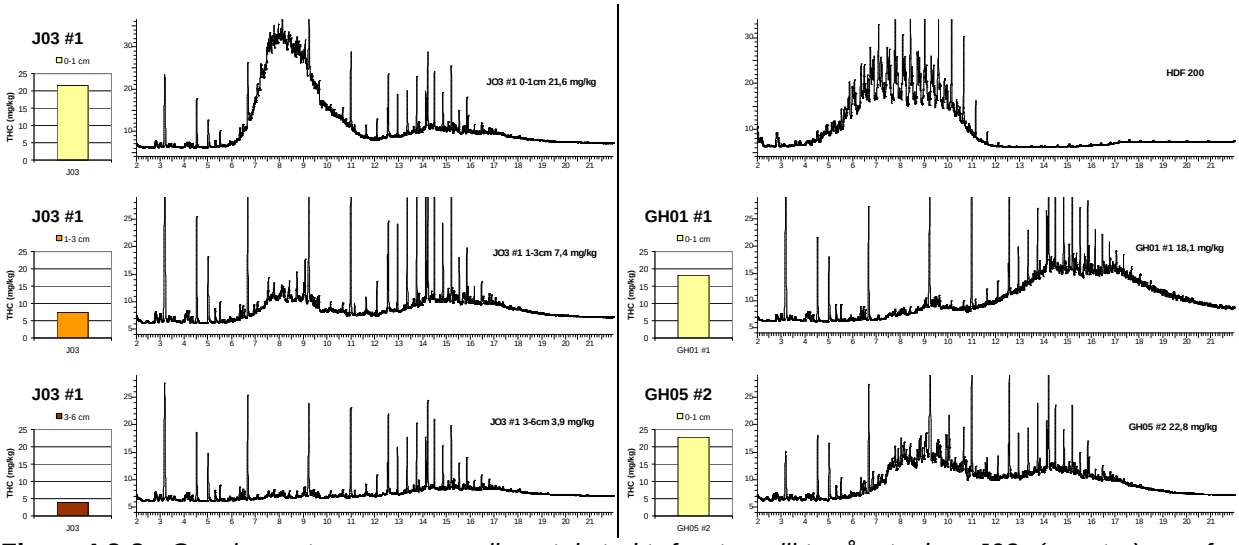
* uten REG1/Norne ref.

For bunnramme J er THC-innholdet høyest på J03 (315°/500 m) og viser en synkende tendens i retning 315° fra bunnrammen. Nivået virker å være generelt høyere enn i 2004 for stasjon J03 og J04, dvs. ut til 1000 m i retning 315°.

Tilsvarende bilde kan antydes for bunnrammene GH, men med langt lavere nivåer. Endringen fra 2004 kan ikke sies å være signifikant.

At nivået av THC synker nedover i sedimentprøvene tatt på J03 og GH05 (Figur 4.2-2) er også en indikasjon på at stasjonene er blitt tilført hydrokarboner. Det er ikke funnet forhøyede konsentrasjoner av THC i de dypere sedimentlag på stasjonene J03 og GH05 (Figur 4.2-3, Tabell 4.2-3).

Referansestasjonen Norne Ref/REG1 er ikke kontaminert av hydrokarboner. Konsentrasjonen på Norne ref. er 5 ± 2 mg/kg, som er på nivå med tidligere undersøkelser (1997 - 2002), men lavere enn undersøkelsen i 2004.



Figur 4.2-3. *Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra tre sjikt på stasjon J03 (venstre) og fra overflatesjiktet på stasjonene GH01 og GH05 på Urd (høyre). Referansekjemikalie HDF 200 er vist øverst til høyre.*

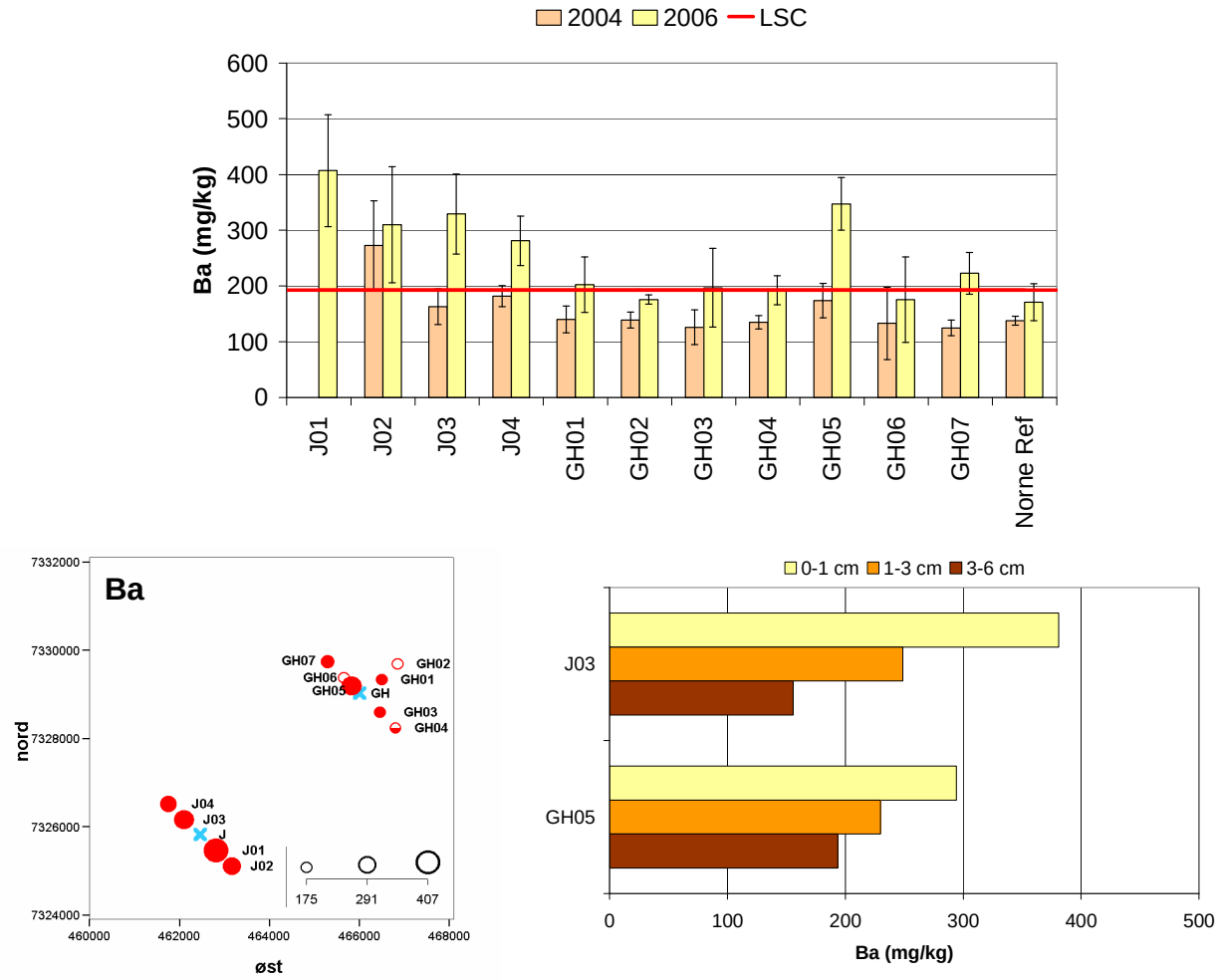
Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet samt fra de seksjonerte prøvene er gitt i Tabell 4.2-4. I Figur 4.2-4 er innholdet av Ba i årets undersøkelse sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2004 og fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering er vist. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

I årets undersøkelse er forhøyede bariumkonsentrasjoner (> LSC) funnet på stasjon J01, J02, J03, J04, GH05 og GH07, dvs. seks av elleve stasjoner. Den laveste konsentrasjonen av Ba i overflatesjiktet ble målt på stasjon GH06, se Tabell 4.2-4.

I de seksjonerte prøvene viser Ba en tydelig vertikal gradient (Figur 4.2-4) og for både stasjon J03 og GH05 var konsentrasjonen av Ba høyest i overflatesjiktet (0-1 cm). Sammenlignet med 2004 er konsentrasjonene av Ba i toppsjiktet høyere for disse to stasjonene i 2006. Dette kan også synes å gjelde for referansestasjonen (Norne Ref.), men forskjellen kan ikke sies å være signifikant og gjennomsnittskonsentrasjonene av barium og tungmetaller er innenfor de generelle bakgrunnsnivåene for regionen, når det tas hensyn til analyseusikkerheten.

For bunnramme J er innholdet av barium synkende med avstanden fra rammen. For bunnrammene GH er det kun GH05 (315°/250m) som syne s kontaminert. Sammenlignet med 2004 er det sannsynlig at bariumnivåene er forhøyet i retning 315° for begge bunnrammene. Da stasjon J01 ikke var med i 2004, er ikke datagrunnlaget tilstrekkelig til å fastslå hvorvidt bariumnivåene målt i retning 135° fra bunnramme J i 2006 representerer en økning. En økning i nivåene av barium rundt bunnrammene GH i retning 45° og 135° kan antydes, men ikke sies å være signifikant.

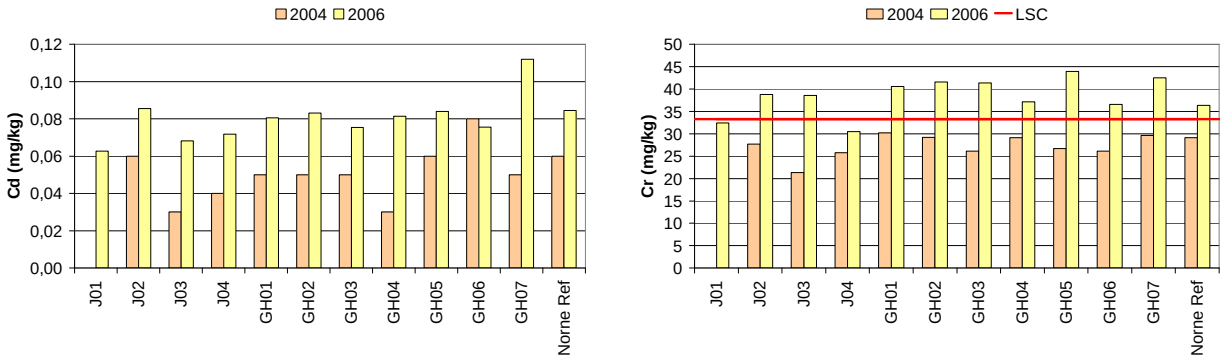


Figur 4.2-4. *Gjennomsnittlig Ba-innhold i toppsedimentsjiktet (0-1cm) fra tre prøvereplikater fra Urd 2006 og grunnlagsundersøkelsen i 2004 (øverst). Konsentrasjoner av metaller i sjikt på stasjon J03 og GH05 (Urd, 2006 – høyre). Fordeling av Ba på Urd (til venstre). Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler. Norne Ref. = REG1.*

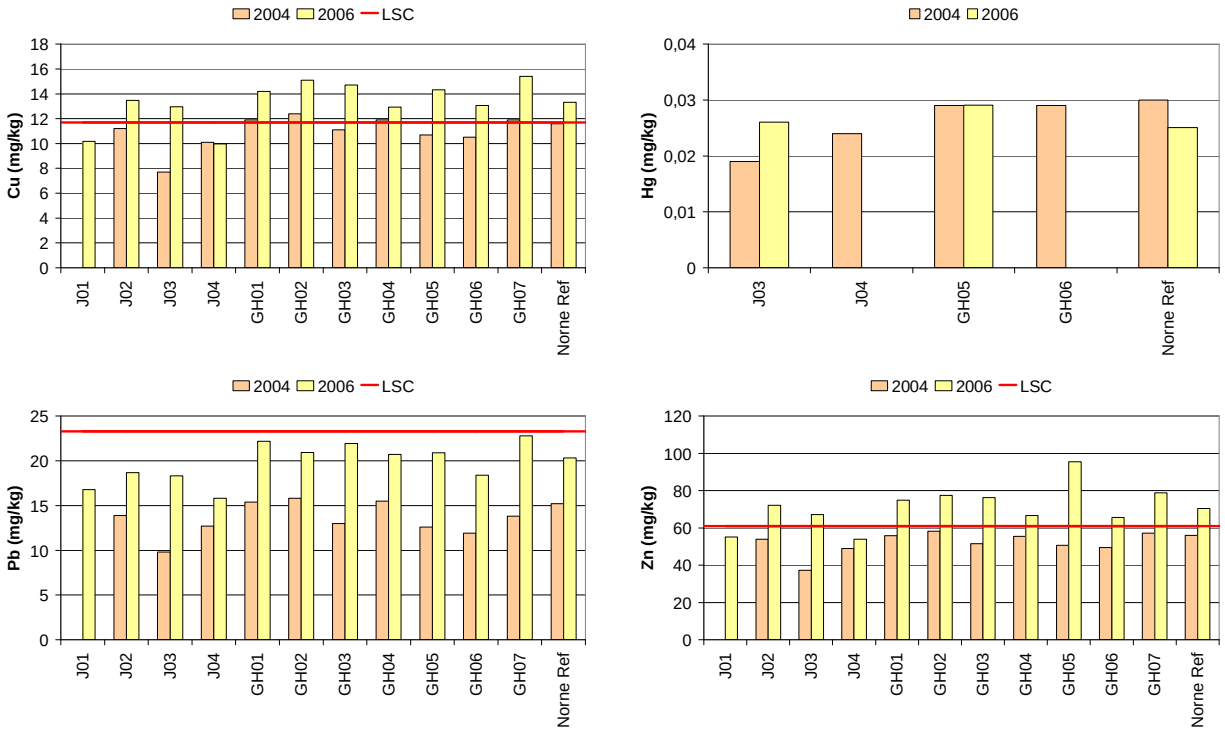
For de andre metallene (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn) er årets verdier i gjennomsnitt på nivå med referansestasjonen (Figur 4.2-5 *forts.* og Tabell 4.2-4). Det er en mindre økning i gjennomsnittsverdiene fra 2004 til 2006, også på referansestasjonen. På referansestasjonen ble det i 2004 målt en lavere verdi enn tidligere år, så økningen fra 2004 til 2006 kan ikke tillegges noen vekt. Dette er annerledes for barium, der økningen ikke er generell, men lokalisert rundt bunnrammene.

Tabell 4.2-4. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Urd 2006. For stasjoner det er tatt prøver i sjikt, er resultatene for sjiktingen også vist.Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
J01	135/500	**407**	100	0,06	0,00	32,4	6,7	10,2	2,9	-		16,8	5,2	55	16
J02	135/1000	**310**	104	0,09	0,01	**38,7**	0,5	**13,5**	0,2	-		18,7	2,0	**72**	4
J03	315/500	**329**	72	0,07	0,01	**38,6**	2,2	**12,9**	0,2	0,03	0,00	18,3	0,6	**67**	3
J03 0-1 cm		**381**		0,07		**36,1**		**13,0**		0,03		18,2		**64**	
J03 1-3 cm		**249**		0,08		**37,7**		**12,8**		0,02		19,7		**67**	
J03 3-6 cm		156		0,06		**40,9**		**13,8**		0,02		21,7		**76**	
J04	315/1000	**281**	44	0,07	0,01	30,5	0,4	10,0	0,7	-		15,8	0,8	54	1
GH01	45/500	**202**	50	0,08	0,00	**40,5**	0,8	**14,2**	1,6	-		22,2	1,0	**75**	4
GH02	45/1000	176	8	0,08	0,01	**41,6**	0,7	**15,1**	0,4	-		20,9	0,7	**78**	3
GH03	135/500	**197**	71	0,08	0,01	**41,4**	1,5	**14,7**	0,3	-		21,9	0,2	**76**	1
GH04	135/1000	192	26	0,08	0,01	**37,1**	1,7	**12,9**	0,5	-		20,7	0,3	**67**	1
GH05	315/250	**347**	47	0,08	0,01	**44,0**	6,7	**14,3**	0,6	0,03	0,00	20,9	2,0	**95**	43
GH05 0-1 cm		**294**		0,07		**51,4**		**14,2**		0,03		18,7		**71**	
GH05 1-3 cm		**230**		0,07		**40,1**		**13,7**		0,02		18,2		**71**	
GH05 3-6 cm		**194**		0,07		**39,2**		**13,9**		0,02		17,9		**71**	
GH06	315/500	175	77	0,08	0,00	**36,6**	2,1	**13,1**	0,4	-		18,4	1,3	**66**	3
GH07	315/1000	**223**	38	0,11	0,03	**42,5**	0,8	**15,4**	0,2	-		22,8	1,0	**79**	2
REG1/Norne ref.	148/7000	171	33	0,08	0,01	**36,3**	0,7	**13,3**	0,2	0,03	0,00	20,3	1,4	**70**	3
Norne Ref 2004		138	8	0,06	0,02	29,1	1,1	11,6	0,3	0,03	0,00	15,2	0,4	56	1
Norne Ref 2003		147	46	0,12	0,01	35,9	1,7	12,3	0,7	0,06	0,04	20,3	3,7	63	4
Norne Ref 2000		191	29	0,10	-	36,0	0,8	10,3	0,3	0,03	0,00	21,4	1,0	66	1
Norne Ref 1997		130	20	0,06	0,01	-	-	14,1	1,0	0,02	0,00	26,2	1,9	66	3
Gj. snitt*		258		0,08		38,5		13,3		0,03		19,8		71	
SD *		80		0,01		4,2		1,8		0,00		2,3		12	
Min. *		175		0,06		30,5		10,0		0,03		15,8		54	
Max. *		407		0,11		44,0		15,4		0,03		22,8		95	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	



Figur 4.2-5. *Gjennomsnittlig innhold av Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn i toppsedimentsjiktet (0-1cm) fra tre prøvereplikater fra Urd 2006 og grunnlagsundersøkelsen i 2004. Norne Ref. = REG1.*



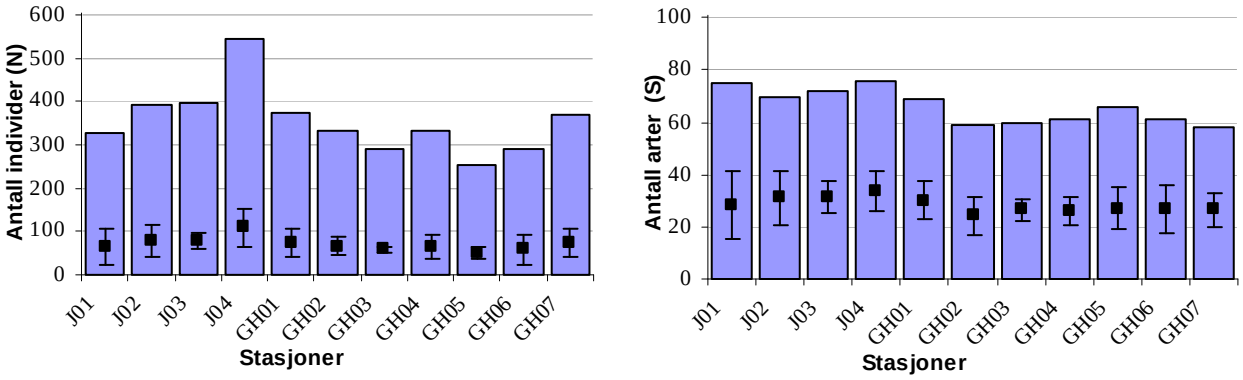
Figur 4.2-5 *forts.*

4.2.4 Biologiske analyser

Tabell 4.2-5 viser antall arter og individer fra 11 stasjoner på Urd fordelt på dyregrupper. Antall arter og individer på hver av stasjonene er vist i Figur 4.2-6. Sedimentet på J-01 ble betegnet som vanskelig under prøvetakingen, og grabbvolumet var svært varierende. Dette er sannsynligvis årsaken til et høyt standardavvik mellom antall individer i grabbene på denne stasjonen.

Tabell 4.2-5. *Antall taxa (S) og individer (N) per 0,5m^2 fordelt på dyregrupper, Urd 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	499	12,8	11	6,5
Polychaeta	1814	46,4	73	43,5
Crustacea	206	5,3	35	20,8
Mollusca	1324	33,9	39	23,2
Echinodermata	64	1,6	10	6,0
Totalt	3907	100,0	168	100,0



Figur 4.2-6. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Urd 2006.*

Diversitet og dominans

Alle stasjoner har tilfredstillende diversitetsindekser som indikerer en upåvirket fauna. Relevante parametre/indekser er oppgitt i Tabell 4.2-6.

Figur 4.2-7 viser gjennomsnittlig NR[3] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse. Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i forhold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.

Verdier innenfor standardavviket viser at forholdene er uforstyrret. Verdier lavere enn standardavviket for alle parametrene gir en indikasjon på forstyrrelse i faunaen.

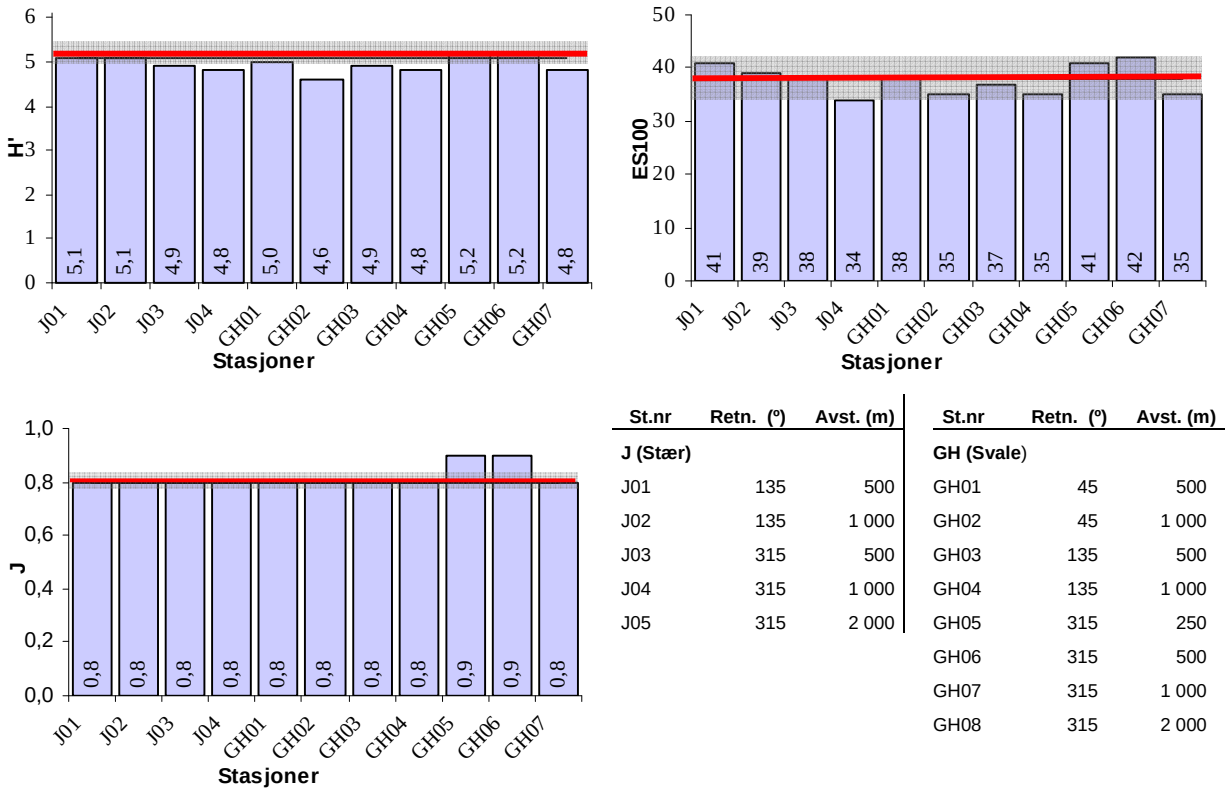
Alle stasjoner ligger tett opptil NR på alle indeksene. Stasjon J03 (315/500m), J04 (315/1000m), GH02 (45/1000m) og GH04 (135/1000) ligger noe under standardavviket for diversitetsindeksen (H'). For øvrig er alle verdier innenfor NR standardavvik.

Stasjon REG1 (=Norne Ref.) ble benyttet som referansestasjon i grunnlagsundersøkelsen. Indeksene fra denne ligger over NR.

Tabell 4.2-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Urd 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 2004 samt Norne Ref (REG1).*

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp	S	N	H'	J	ES_{100}
J01	135	500	380	75	330	5,1	0,8	41
J02	135	1 000	386	70	392	5,1	0,8	39
J03	315	500	377	72	396	4,9	0,8	38
J04	315	1 000	377	76	545	4,8	0,8	34
GH01	45	500	377	69	373	5,0	0,8	38
GH02	45	1 000	378	59	331	4,6	0,8	35
GH03	135	500	375	60	293	4,9	0,8	37
GH04	135	1 000	375	61	332	4,8	0,8	35
GH05	315	250	377	66	255	5,2	0,9	41
GH06	315	500	377	61	291	5,2	0,9	42
GH07	315	1 000	379	58	369	4,8	0,8	35
REG1/Norne Ref.			393	103	746	5,6	0,8	43

[3] Beregnet Naturlig Referanseverdi, se kap. 3.2.4 for detaljer



St.nr	Retn. (º)	Avst. (m)
J (Stær)		
J01	135	500
J02	135	1 000
J03	315	500
J04	315	1 000
J05	315	2 000

St.nr	Retn. (º)	Avst. (m)
GH (Svale)		
GH01	45	500
GH02	45	1 000
GH03	135	500
GH04	135	1 000
GH05	315	250
GH06	315	500
GH07	315	1 000
GH08	315	2 000

Figur 4.2-7. *Diversitet, jevnhet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Urd 2006.*

De ti vanligste arter på hver stasjon i 2006 er vist i Tabell 4.2-7. Vanlige arter på Urd er børstemarkene *Chaetozone setosa* (filter- og sedimentspiser), *Levinsenia gracilis* (sedimentspiser) og *Nepthys hystricis* (karnivor og sedimentspiser) samt pølseormene *Golfingia* spp. (sedimentspisere). Det er også en relativt stor andel av muslinger i faunaen, bl.a. *Limopsis cristata, Abra longicallus* og *Yoldiella,* arter som hovedsakelig er sedimentspisere. Artssammensetningen viser at faunaen domineres av muslinger og børstemark som i stor grad er både filtrerere og sedimentspisere, noe som er typisk for et sandholdig sediment. Stasjon J03, GH02 og GH07 skiller seg ut ved at en art (*C. Setosa*) utgjør > 20 % av individantallet. *C. setosa* kan indikere organisk belastning og hydrokarbon-kontaminering når den opptrer i stort antall. Antallet på nevnte stasjoner er imidlertid i samme størrelsesorden som på referansestasjonen.

Tabell 4.2-7. *Ti mest vanlige artene på hver stasjon, Urd 2006.*

10 mest vanlige arter							
J01	**Antall**	**%**	**Kum %**	**J02**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Limopsis cristata	54	16,4	16,4	Chaetozone setosa	64	16,3	16,3
Chaetozone setosa	32	9,7	26,1	Golfingia spp.	48	12,2	28,6
Golfingia spp.	23	7,0	33,0	Kelliella miliaris	20	5,1	33,7
Astarte sulcata auct.	19	5,8	38,8	Lumbrineris scopa	18	4,6	38,3
Yoldiella acuminata	13	3,9	42,7	Nephtys hystricis	16	4,1	42,4
Paradoneis lyra	12	3,6	46,4	Limopsis cristata	15	3,8	46,2
Yoldiella lucida	12	3,6	50,0	Entalina tetragona	14	3,6	49,7
Nucula tumidula	10	3,0	53,0	Eriopisa elongata	11	2,8	52,6
Entalina tetragona	9	2,7	55,8	Cerastoderma minimum	11	2,8	55,4
Cerastoderma minimum	8	2,4	58,2	Levinsenia gracilis	9	2,3	57,7
J03	**Antall**	**%**	**Kum %**	**J04**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	97	24,5	24,5	Chaetozone setosa	91	16,7	16,7
Golfingia spp.	31	7,8	32,3	Limopsis cristata	78	14,3	31,0
Entalina tetragona	18	4,6	36,9	Yoldiella acuminata	37	6,8	37,8
Kelliella miliaris	18	4,6	41,4	Entalina tetragona	34	6,2	44,0
Nephtys hystricis	18	4,6	46,0	Astarte sulcata auct.	25	4,6	48,6
Limopsis cristata	17	4,3	50,3	Parvicardium minimum	24	4,4	53,0
Cerastoderma minimum	14	3,5	53,8	Nephtys hystricis	23	4,2	57,3
Paramphinome jeffreysii	14	3,5	57,3	Yoldiella lucida	23	4,2	61,5
Levinsenia gracilis	9	2,3	59,6	Nucula tumidula	13	2,4	63,9
Diastylis cornuta	7	1,8	61,4	Golfingia spp.	13	2,4	66,2
GH01	**Antall**	**%**	**Kum %**	**GH02**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	53	14,2	14,2	Chaetozone setosa	78	23,6	23,6
Golfingia spp.	42	11,3	25,5	Golfingia spp.	30	9,1	32,6
Limopsis cristata	23	6,2	31,6	Kelliella miliaris	24	7,3	39,9
Kelliella miliaris	21	5,6	37,3	Nephtys hystricis	24	7,3	47,1
Myriochele oculata	21	5,6	42,9	Entalina tetragona	21	6,3	53,5
Nephtys hystricis	20	5,4	48,3	Limopsis cristata	14	4,2	57,7
Entalina tetragona	15	4,0	52,3	Lumbrineris scopa	8	2,4	60,1
Cerastoderma minimum	13	3,5	55,8	Cerastoderma minimum	7	2,1	62,2
Spiophanes wigleyi	10	2,7	58,5	Nucula tumidula	7	2,1	64,4
Levinsenia gracilis	10	2,7	61,1	Eriopisa elongata	6	1,8	66,2

Tabell 4.2-7 *forts.*

GH03	Antall	%	Kum %
Golfingia spp.	56	19,1	19,1
Limopsis cristata	25	8,5	27,7
Chaetozone setosa	25	8,5	36,2
Entalina tetragona	12	4,1	40,3
Nephtys hystricis	12	4,1	44,4
Eriopisa elongata	11	3,8	48,1
Kelliella miliaris	9	3,1	51,2
Levinsenia gracilis	8	2,7	53,9
Myriochele oculata	7	2,4	56,3
Nucula tumidula	7	2,4	58,7

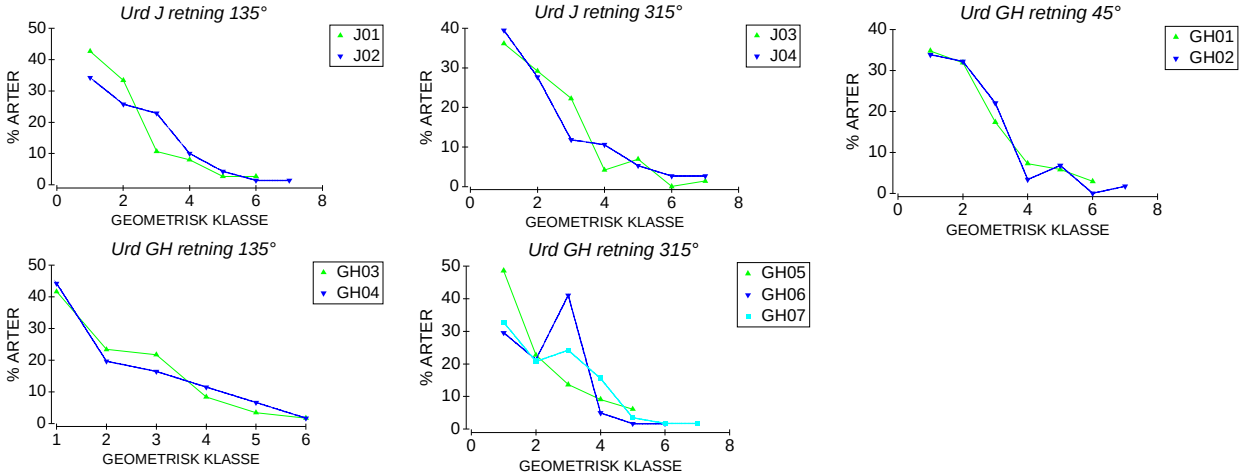
GH04	Antall	%	Kum %
Golfingia spp.	48	14,5	14,5
Limopsis cristata	31	9,3	23,8
Kelliella miliaris	29	8,7	32,5
Chaetozone setosa	26	7,8	40,4
Yoldiella acuminata	22	6,6	47,0
Nephtys hystricis	14	4,2	51,2
Yoldiella lucida	13	3,9	55,1
Astarte sulcata auct.	10	3,0	58,1
Nucula tumidula	10	3,0	61,1
Eriopisa elongata	8	2,4	63,6

GH05	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	24	9,4	9,4
Entalina tetragona	19	7,5	16,9
Yoldiella acuminata	19	7,5	24,3
Golfingia spp.	19	7,5	31,8
Nephtys hystricis	15	5,9	37,7
Kelliella miliaris	12	4,7	42,4
Myriochele oculata	10	3,9	46,3
Limopsis cristata	9	3,5	49,8
Yoldiella lucida	8	3,1	52,9
Abra longicallus	8	3,1	56,1

GH06	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	42	14,4	14,4
Golfingia spp.	30	10,3	24,7
Limopsis cristata	14	4,8	29,6
Abra longicallus	10	3,4	33,0
Nemertea spp.	10	3,4	36,4
Entalina tetragona	7	2,4	38,8
Yoldiella acuminata	7	2,4	41,2
Yoldiella fraterna	7	2,4	43,6
Glycera lapidum	7	2,4	46,1
Notomastus sp.	7	2,4	48,5

GH07	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	82	21,7	21,7
Golfingia spp.	36	9,8	31,4
Nephtys hystricis	22	6,0	37,4
Limopsis cristata	19	5,2	42,6
Levinsenia gracilis	13	3,5	46,1
Nemertea spp.	12	3,3	49,3
Abra longicallus	11	3,0	52,3
Yoldiella lucida	10	2,7	55,0
Lumbrineris scopa	10	2,7	57,7
Notomastus sp.	10	2,7	60,4

Som på referansestasjonen (REG1) viser fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.2-8) at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 7. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



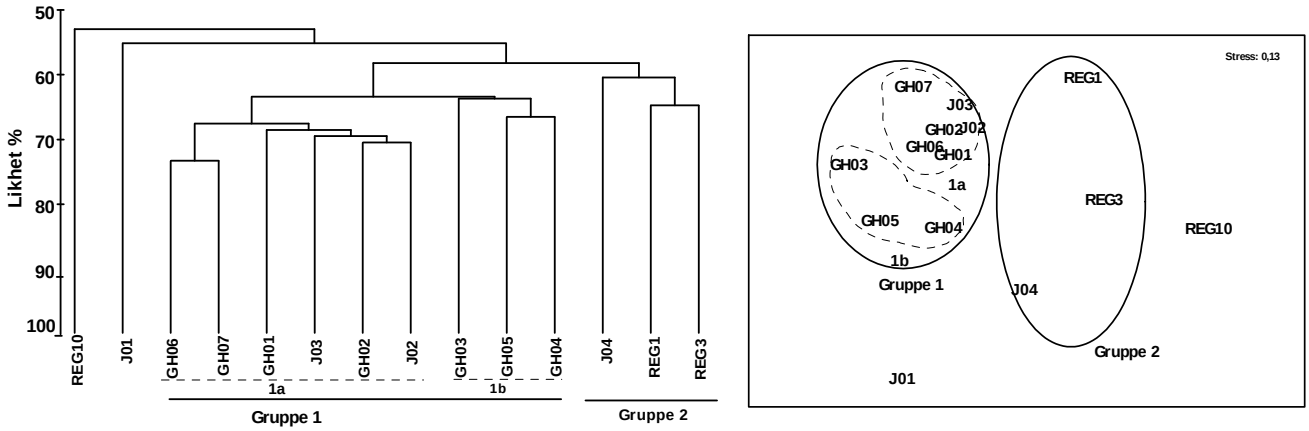
Figur 4.2-8. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Urd 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.2-9. Analysene viser at stasjonene deler seg inn i to hovedgrupper ved ca. 60 % likhet; gruppe 1 (Urd feltstasjoner) og gruppe 2 (R1, R3 og J4). Stasjon J01 og R10 skiller seg fra de to gruppene. Hovedgruppe 1 kan deles i undergruppe 1a og 1b ved ca. 65 % likhet.

Tabell 4.2-8. *Inndeling i faunagrupper, Urd 2006.*

Gruppe	U.gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1		Urd feltstasjoner bortsett fra J04.	Generelt lavere antall muslinger i faunaen enn på stasjon J1 og i gruppe 2. Relativt høyt antall av børstemarken *C. setosa* og pølseormen *Golfingia.*
	1a	GH01 (45º/500m), GH02 (45º/1000m), GH06 (315º/500m), GH07 (315º/1000m), J02 (135º/1000m), J03 (315º/500m)	Færre individer enn gruppe 1b.
	1b	GH03 (135º/500m), GH04(135º/1000m), GH05 (315º/250m)	Noe større andel av muslinger enn gruppe 1a. Færre individer av børstemarken *C. setosa* enn i gruppe 1a.
2		REG1, REG3 og J04 (315º/1000m)	Stor andel muslinger,spesielt de sediment-levende *L. Cristata*, *Y. acuminata* og *Y. lucida* (både sedimentspisere og filtrere) samt sjø-tannen *E. tetragona* (filtrerer). Relativt mye av børstemarken *C. setosa*. Stor andel av muslinger er typisk på et sandholdig sediment og disse to stasjonene har en stor andel sand og noe grus i sedimentet.
3		REG10	Børstemarkene *S. typicus* og *P. quadricuspis* samt muslingen *B. pectunculoides* og sjøpølsen *E. hispida* bidrar mest til forskjellen mellom denne stasjonen og de øvrige gruppene.



Figur 4.2-9. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, URD 2006.*

MDS-plottet underbygger inndelingen i dendrogrammet.

Resultatene fra Bioenv-analysen[4] ga en korrelasjonskoeffisient på 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene krom og kornstørrelse. Resultatene indikerer en viss sammenheng mellom nevnte faktorer i topplaget og faunasammensetningen. Variasjonene i kromkonsentrasjonene er imidlertid beskjedne, og bør i denne sammenheng ikke tillegges vekt. Det er ingen åpenbar sammenheng mellom gruppeinndeling og kornstørrelse, men J01 og REG10 som ikke grupperte seg sammen med resten av feltet, har grovere sediment enn resten av Urd stasjonene med unntak av J04. På J04, som sammen med REG1 og 3 danner gruppe 2, er sedimenttypen endret fra silt/leire i 2004 til veldig fin sand i 2006.

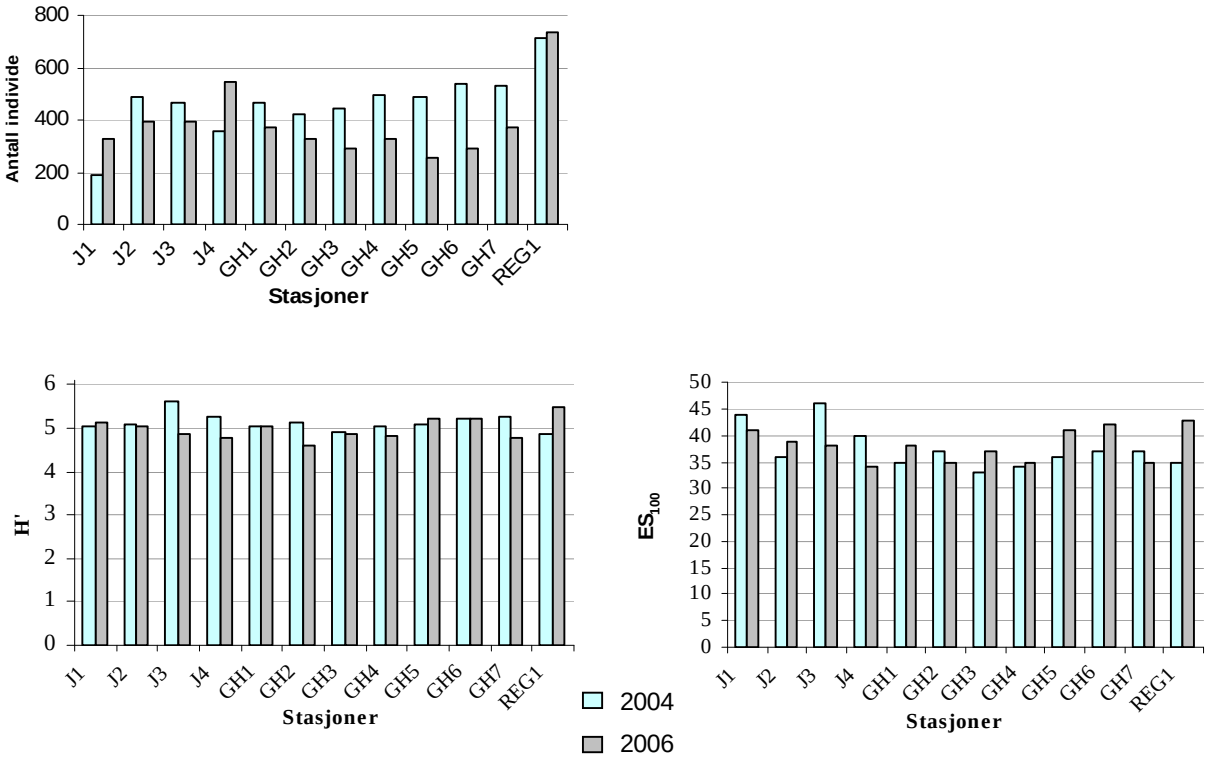
Tilsvarende analyse, men uten de regionale stasjonene, gir en korrelasjonsfaktor på 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av dyp, Cu og Zn. Innholdet av både Cu og Zn er lavest på stasjon J01 og J04, men variasjonen mellom stasjonene er beskjeden (10,0 – 15,4 mg/kg for Cu og 54 – 95 mg/kg for Zn), og samvariasjonen med fauna tillegges ikke vekt.

Faunaen på stasjon J03, der innholdet av THC i overflatesedimentet er høyest, viser ikke tegn til påvirkning. Under overflatelaget, dvs. dypere enn 1 cm ned i sedimentet, er imidlertid THC-konsentrasjonen på bakgrunnsnivå.

Sammenligning med grunnlagsundersøkelsen i 2004

Diversitetsindeksene er noe redusert på enkelte stasjoner i forhold til grunnlagsundersøkelsen i 2004, se Figur 4.2-10. Samlet sett er dette mest tydelig er dette på J03 og -04. Dette er også de to stasjonene der andelen av silt/leire var svært annerledes i de to undersøkelsene.

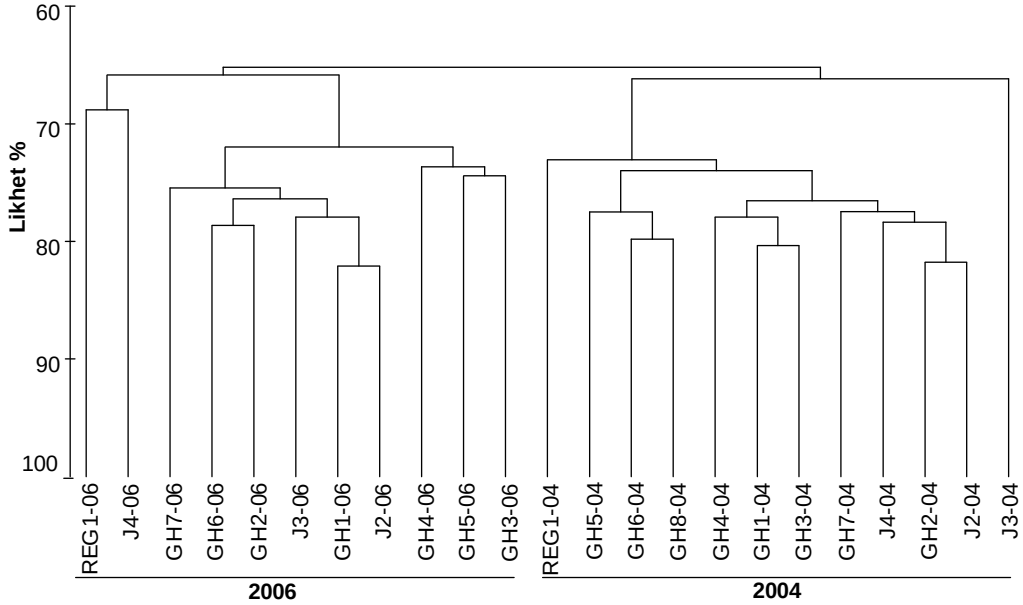
[4] Undersøker samvariasjon mellom biologiske data og miljøvariable (kjemiske data samt sedimentkarakteristika).



Figur 4.2-10. *Diversitetsindekser og antall individer, Urd 2004 og 2006.Data for J1 i 2004 er basert på 0,4m^2 (kun 4 grabbprøver).*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er utført på data fra 2004 og 2006 på familienivå. Dendrogram på stasjonsnivå for URD 2006 og 2004 er vist i Figur 4.2-11.



Figur 4.2-11. *Dendrogram på familienivå, Urd 2004 og 2006, inkl. REG1/Norne Ref.*

Stasjonene deler seg i to hovedgrupper fordelt på år ved ca. 65 % likhet. REG1 og J4 skiller seg ut fra de øvrige stasjonene i 2006. I 2004 var det først og fremst J3 som var annerledes enn de øvrige stasjonene.

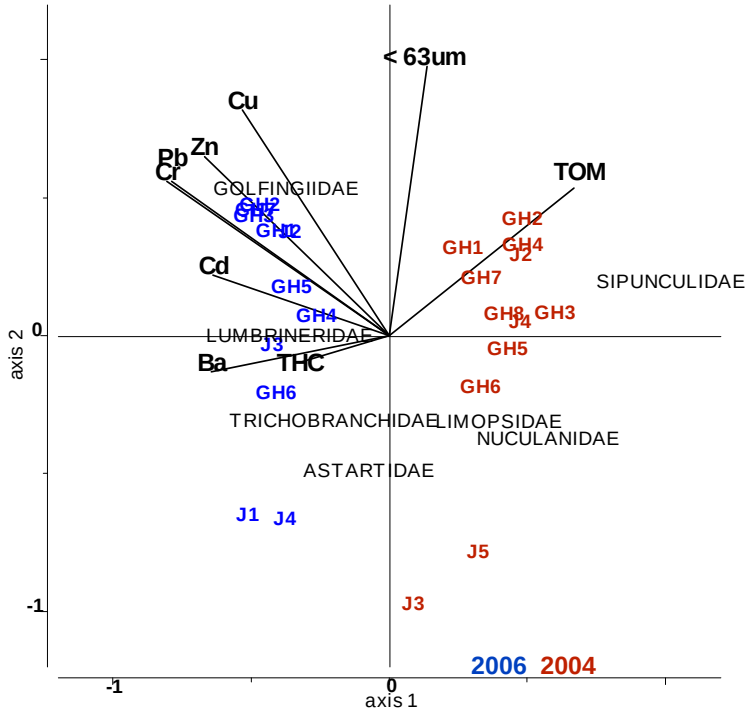
Tabell 4.2-9. *Inndeling i faunagrupper (familienivå), Urd 2004 og 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
2004	Alle stasjoner fra 2004	Høyere andel av muslinger fra familiene Nuculanidae, Cardiidae, Limopsidae og Arcidae enn i 2006. J03 skilte seg i 2004 ut med færre individer av muslinger og karnivore børstemark og flere individer av børstemark som Tricobranchidae (*O. floriceps*) og Cirratulidae (*C. setosa*).
2006	Alle stasjoner i 2006	Høyere andel av børstemark fra familien Cirratulidae (h.sakl. *C. setosa*), og lavere andel av muslinger nevnt under 2004. J04 og REG1 skiller seg ut først og fremst pga. av større andel muslinger i faunaen.

Likhetsanalysene viser at det har skjedd en endring i faunaen på feltet siden 2004, fra et samfunn med stor overvekt av muslinger til et med mindre overvekt av muslinger og en større dominans av bl.a. børstemark fra familien Cirratulidae (*C. setosa*). *C. setosa* er indikatorart for organisk belastning og hydrokarboner når den forekommer i høyt antall. Trenden er også tilfelle for den regionale stasjonen i 2006, noe som indikerer en generell trend i området. Likhetsanalysen avdekker ikke spesielle negative trekk ved de to stasjonene med redusert diversitet siden 2004 (J03 og -04). Selv om diversiteten er noe redusert siden 2004 er den ikke vesentlig lavere enn for de andre stasjonene i 2006. Endringene antas derfor å ha sammenheng med ulik sedimenttype i de to undersøkelsene.

Bioenv-analysen ga en korrelasjonsverdi på 0,8 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene Ba, Cr, Cu, Zn og TOM. Av disse er det endringer i Ba og TOM som gir mest mening. For de øvrige metallene er det registrert en generell økning fra 2004 til 2006, også på referansestasjonen. På referansestasjonen ble det i 2004 målt en lavere verdi enn tidligere år, og økningen fra 2004 til 2006 kan ikke tillegges noen vekt.

Det ble i tillegg utført en redundancy analyse (RDA) mellom fauna og miljøfaktorer. Plottet er vist i Figur 4.2-12, og viser at stasjonene i hovedsak deler seg inn etter år og at 2006 stasjonene grupperer seg på venstre side av aksen hvor metallkonsentrasjonene er høyere. Nivåene av metallene er generelt noe høyere i 2006 enn i 2004. Som tidligere nevnt er metallnivåene på Norne ref. generelt lavere i 2004 enn i de andre årene denne stasjonen er målt. Det er derfor vanskelig å tillegge denne generelle økningen noen vekt for andre metaller enn barium, der økningen er lokalisert rundt bunnrammene. Barium kom ut som en styrende parameter i Bioenv-analysen, og RDA-analysen viser en samvariasjon mellom endringer i bariuminnholdet og andel børstemark fra familien Cirratulidae (hovedsakelig *C. setosa*) fra 2004 til 2006. Den økte andelen av børstemark er imidlertid generell for området, inkl. referansestasjonen, og kan være en generell trend.



Figur 4.2-12. *RDA plot, Urd 2004 + 2006.*

4.2.5 Konklusjoner

Stasjonene på Urd ligger på et stasjonsdyp mellom 371 og 376 m. Sedimentene i området er hovedsakelig klassifisert som silt og leire (pelitt).

For bunnramme J er det på 3 av 5 stasjoner påvist THC-nivåer over LSC. Nivåene er avtagende utfra bunnrammen, og størst i retning 315°. Verdier over 10 mg/kg er funnet ut til J04 (315°/1000m) og J01 (135°/500m). Prøvene er svæ rt inhomogene i forhold til THC. På stasjon J03 er det funnet spor av boreslamsolje (HDF 200). 4 av 4 stasjoner har bariumnivåer over LSC, og ut til J04 (315°/1000m) kan det antyde s en endring i bariumnivå fra 2004, som indikerer kontaminering med baritt i perioden. I motsatt retning (135°) er det for få data til å si noe om endringer fra 2004, men på stasjon J02 (135°/1000m) er det ikke påvist noen signifikante endringer i nivået av barium.

For bunnrammene GH er det på 5 av 8 stasjoner påvist THC-nivåer over LSC. Nivåene er lavere enn rundt bunnramme J, og i retning 315° og 45° kan det antydes en avtagende konsentrasjon med avstanden fra bunnrammen og ut til 1000 m. Nivåer over 10 mg/kg er kun påvist på GH01 (45°/500m) og GH05 (315°/250m). Det er påvist spor av boreslamsolje på GH05 (315°/250m), men THC-nivåene rundt bunnrammen representerer ingen signifikant endring fra 2004. For barium er det påvist nivåer over LSC på 4 av 7 stasjoner. For stasjon GH05 (315°/500m) er nivået i 2006 signifikant høyer e enn i 2004, hvilket indikerer kontaminering med baritt.

Det er ikke funnet forhøyede konsentrasjoner av THC i de dypere sedimentlag på stasjonene J03 og GH05.

Faunaen på Urd er divers og kan karakteriseres som uforstyrret. Stasjon J01 og J04 skiller seg ut, men forskjellene har sammenheng med sedimenttype snarere enn med utslipp fra boreaktiviteten. Faunaen på stasjon J03, der innholdet av THC i overflatesedimentet er høyest,

viser ikke tegn til påvirkning. Økte verdier av THC i overflatesedimentet på enkelte stasjoner siden 2004 har foreløpig ikke hatt effekt på bunnfaunaen.

Det er registrert en endring i faunaen, fra et samfunn som i grunnlagsundersøkelsen i 2004 hadde en høy andel av muslinger, til et samfunn som i 2006 har en større andel børstemark og en mindre andel muslinger.

4.3 Norne

4.3.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Nornefeltet ble satt i produksjon november 1997. Feltet tilhører blokkene 6608/10 og 6608/11. Avstanden fra feltet til Nordlandskysten er om lag 200 km, og til Heidrunfeltet 85 km. Vanndypet på Nornefeltet er ca. 380 meter.

Feltet er utbygd med fire bunnrammer i syd (tre for produksjon og en for injeksjon) og to i nord (en produksjon og en injeksjon). Et produksjons- og lagerskip er tilknyttet brønnrammene gjennom fleksible stigerør som fører brønnstrømmen til skipet. Skipet dreier rundt en sylinderformet dreieskive (turret) som er forankret til havbunnen. Stigerør og kontrollkabler er også knyttet til denne. Skipet har prosessanlegg på dekk, og lagertanker for olje. Skytteltankskip kan knytte seg til akterpartiet på produksjonsskipet og laste olje.

Fra februar 2001 er det blitt eksportert gass fra Norne. Gassen transporteres gjennom rørsystemene Norne gasseksport og Åsgard transport via Kårstø i Nord-Rogaland til kontinentet.

Utslippshistorikk

Leteboring ble foretatt i 1991 og 1993. Produksjonsboringen startet opp i juli 1997. Ved utgangen av 2000 var det 12 aktive produksjonsbrønner, 2 brønner for gassinjeksjon og 5 brønner for vanninjeksjon på Nornefeltet. Tabell 4.3-1 viser utslippshistorikken for Norne de 3 siste årene.

Tabell 4.3-1. *Utslippshistorikk, Norne 2000 – 2005.*

Type utslipp /aktivitet	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret på bunnramme:							
B	0	0	0	0	1	1	0
C	0	0	0	1	0	0	0
D	1	0	0	1	0	1	0
E	1	0	0	0	0	1	0
F	0	1	0	0	0	0	0
Utslipp i tonn av:							
Baritt	362	78	0	0	0	0	0
Borekaks	1347	494	0	240	0	236	0
Vannbasert boreslam (m^3)	2905	663	0	570	0	547	0
Oljeholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Esterholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Annet pseudoholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann/oljefor. vann	4,7	15	12,3	43,6	64,4	82,5	26
Sementeringskjemikalier	154	82	0	2	0	0	0
Kompletteringskjemikalier	2997	1805	0	891	380	1421	380
Andre utslipp av olje(m^3)	1	22	1,9	0,6	2,0	340	1

*. Jan. – t.o.m. mai

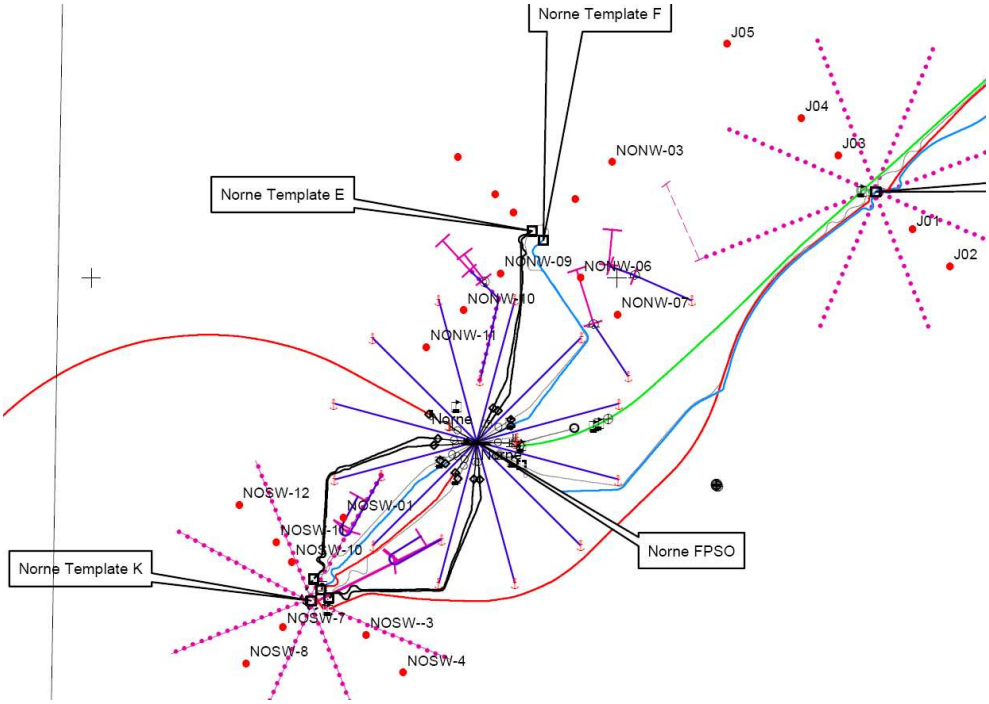
Bunnrammene E og F ligger nord for Norneskipet mens bunnrammene B, C, D og K ligger sørvest for Norneskipet. På bunnrammene F er det ikke registrert utslipp i den siste 3-årsperioden. De operasjonelle utslippene ved bunnrammene er knyttet til boring med

vannbasert boreslam, samt utslipp fra sementering og komplettering. Det var et stort akuttutslipp av råolje fra Norneskipet i siste kvartal av 2005.

Prøvetaking

Stasjonsdypet på Norne er 371-393m. Sedimentet består hovedsakelig av et brunt overflatelag med grå og myk leire under. Som på Urd gjør den myke leira at grabben synker langt ned, noe som kan gjøre det vanskelig å få uforstyrret overflate. Vind og høy sjø under prøvetakingen på Norne NW bidro til mange bomskudd. Følgende stasjoner ble flyttet utenfor 50m radius (i forhold til oppgitt posisjon i programmet) pga. konflikt med undervannsinnretninger (se Figur 4.3-1) .

Stasjonsnavn	Planlagt		Faktisk	
	Retning (º)	Avstand (m)	Retning (º)	Avstand (m)
NOSW-01	20	700	15	723
NOSW-10	315	250	305	290



Figur 4.3-1. *Konfliktkart, Norne 2006.*

Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen:

- NOSW-10: Grus og stein (i tillegg til "vanlig" leire). I to grabbprøver ble det observert sorte partier i sedimentet + sorte partikler i vannet, grønne klumper.
- NOSW-11: I en grabbprøve ble det observert sorte partier i sedimentet + sorte partikler i vannet.
- NONW-12: Olje i vannet på to grabbprøver.

Stasjonsbetegnelsen på Norne er NOSW og NONW. I resultatkapittelet benyttes kun SW og NW.

4.3.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

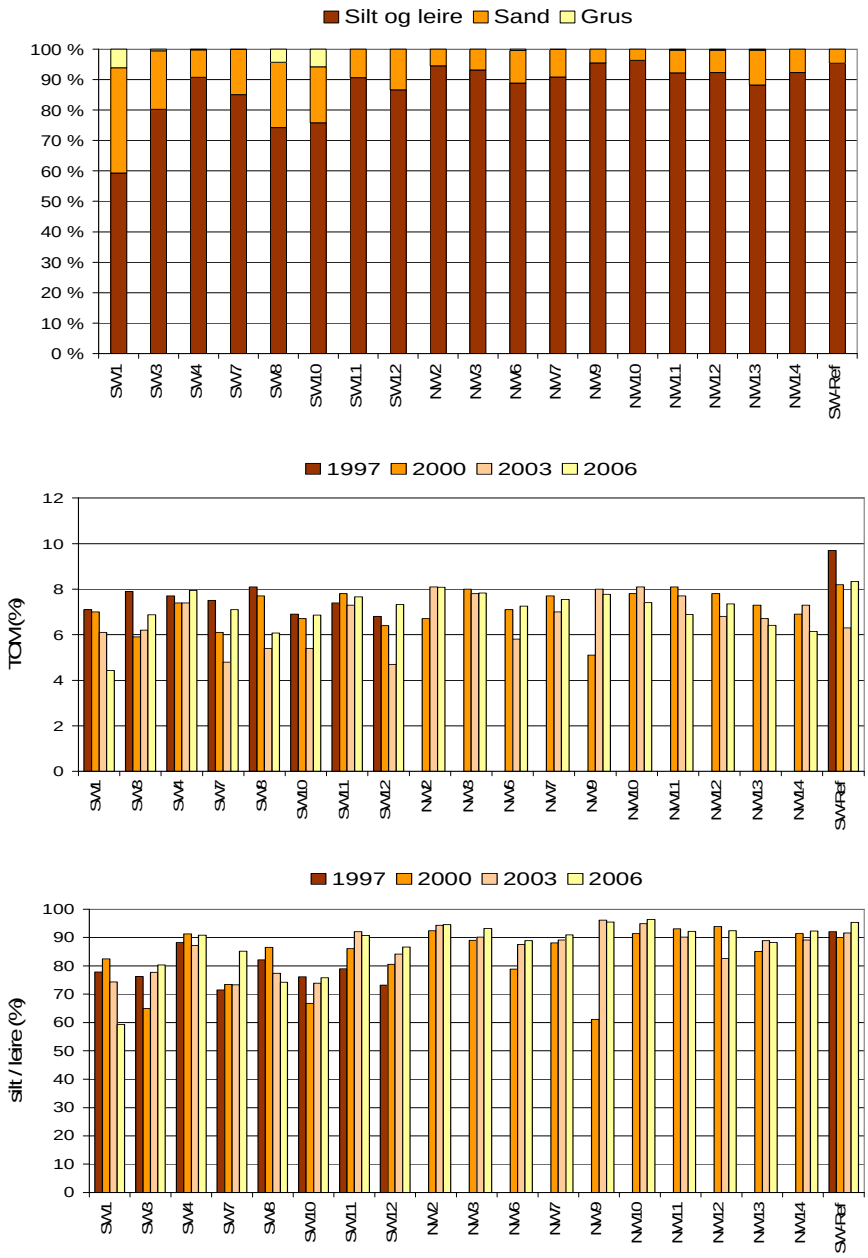
Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.3-2. En sammenligning med tidligere resultater (1997-2003) er gitt i Figur 4.3-2. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.3-2. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Norne 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
SW1	15	723	372	4,44	Silt og leire	59,3	34,6	6,1	4,63
SW3	135	500	375	6,88	Silt og leire	80,2	19,2	0,5	5,51
SW4	135	1 000	373	7,95	Silt og leire	90,8	9,0	0,2	5,80
SW7	225	500	374	7,10	Silt og leire	85,1	14,8	0,1	5,65
SW8	225	1 000	378	6,07	Silt og leire	74,2	21,6	4,2	5,30
SW10	305	290	371	6,85	Silt og leire	75,8	18,5	5,7	5,36
SW11	315	500	374	7,67	Silt og leire	90,7	9,3	0,0	5,79
SW12	315	1 000	372	7,33	Silt og leire	86,6	13,4	0,0	5,69
NW2	45	500	376	8,08	Silt og leire	94,6	5,4	0,0	5,89
NW3	45	1 000	379	7,83	Silt og leire	93,2	6,8	0,0	5,85
NW6	135	500	379	7,26	Silt og leire	88,9	10,8	0,4	5,75
NW7	135	1 000	383	7,55	Silt og leire	90,9	9,1	0,1	5,80
NW9	225	500	377	7,78	Silt og leire	95,5	4,5	0,0	5,91
NW10	225	1 000	380	7,41	Silt og leire	96,4	3,6	0,0	5,92
NW11	225	1 500	375	6,89	Silt og leire	92,2	7,6	0,3	5,83
NW12	315	250	378	7,35	Silt og leire	92,4	7,3	0,3	5,84
NW13	315	500	376	6,41	Silt og leire	88,3	11,5	0,3	5,73
NW14	315	1 000	375	6,15	Silt og leire	92,3	7,7	0,0	5,83
SW-Ref			393	8,34	Silt og leire	95,4	4,6	0,0	5,90
Gj. snitt*				7,05		87,1	11,92	1,01	5,67
SD *				0,88		9,4	7,63	2,04	0,31
Min.*				4,44		59,3	3,6	0,0	4,63
Max.*				8,08		96,4	34,6	6,1	5,92

*: Eks. SW-Ref

Sedimentene på Norne består hovedsakelig av silt og leire, og andelen varierer fra 59 til 91 % på SW og 88 til 96 % på NW. På SW1 har andelen silt og leire sunket fra 74 % i 2003 til 59 % i 2006. På SW7 har andelen silt og leire økt fra 73 % i 2003 til 85 % i 2006. På de øvrige stasjonene er det bare mindre endringer siden 2003.



Figur 4.3-2. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire), Norne 2006 sammenlignet med tidligere år (1997-2003). Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst.*

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.3-2, mens en sammenligning med tidligere års resultater (1997-2003) er gitt i Figur 4.3-2. Innholdet av totalt organisk materiale er relativt høyt. På SW varierer verdien mellom 4,4 % og 8,0 %, på NW mellom 6,1 % til 8,1 %. På SW1 kan avtakende TOM-innhold være en trend, det har avtatt de fire siste undersøkelsene. På de øvrige NW-stasjonene er innholdet på samme nivå som tidligere eller litt økende. På NW11 og NW13 har innhold av TOM avtatt på de tre siste undersøkelsene. De mest tydelige endringene i TOM samsvarer godt med endringen i silt og leire.

4.3.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.3-3. I Figur 4.3-3 er årets THC-resultater sammenlignet med tidligere resultater (1995-2003). Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.3-4 er representative gasskromatogram for Stasjonene SW10 og NW12 vist. Figur 4.3-5 viser fordelingen av THC relatert til stasjonsplasseringen.

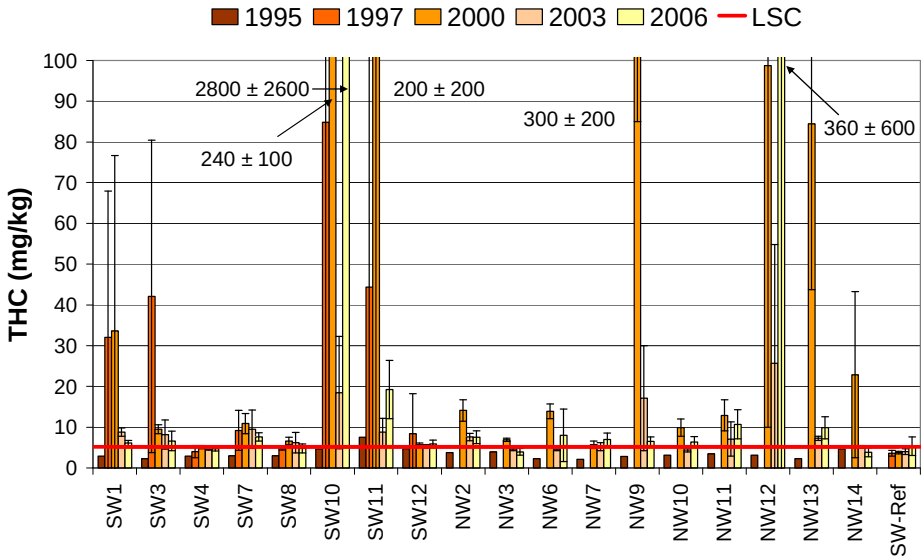
Tabell 4.3-3. *Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrokarboner fra tre paralleller (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Norne 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
SW1	14	723	**6**	1						
SW3	135	500	**7**	2						
SW4	135	1 000	5	1						
SW7	225	500	**8**	1						
SW8	225	1 000	5	1						
SW10	305	290	**2780**	2610	**0,142**	0,038	**1,06**	0,79	65,9	51,9
SW10, 0-1 cm	315	250	**2870**		**0,142**		**1,14**		82,1	
SW10, 1-3 cm	315	250	**168**		0,096		**0,41**		13,8	
SW10, 3-6 cm	315	250	**12**		0,070		0,10		0,69	
SW11	315	500	**19**	7	0,100	0,011	**0,12**	0,02	1,32	0,4
SW11, 0-1 cm	315	500	**19**		0,091		**0,11**		1,39	
SW11, 1-3 cm	315	500	4		0,089		0,09		0,17	
SW11, 3-6 cm	315	500	4		0,092		0,07		0,04	
SW12	315	1 000	**6**	1						
NW2	45	500	**8**	2						
NW3	45	1 000	4	1						
NW6	135	500	**8**	6						
NW7	135	1 000	**7**	2						
NW9	225	500	**7**	1						
NW10	225	1 000	**6**	1						
NW11	225	1 500	**11**	4						
NW12	315	250	**360**	579	**0,153**	0,080	**0,33**	0,30	25,6	41,7
NW12, 0-1 cm	315	250	**15**		0,108		**0,13**		1,1	
NW12, 1-3 cm	315	250	**22**		**0,475**		**0,25**		2,1	
NW12, 3-6 cm	315	250	**37**		0,109		**0,14**		3,0	
NW13	315	500	**10**	3	0,092	0,012	**0,11**	0,02	0,2	0,3
NW13, 0-1 cm	315	500	**13**		0,105		**0,13**		0,5	
NW13, 1-3 cm	315	500	**14**		0,093		**0,11**		0,9	
NW13, 3-6 cm	315	500	**6**		0,087		0,08		0,6	
NW14	315	1 000	4	1						
SW-Ref			5	2	0,114	0,008	**0,11**	0,01	< 0,1	-

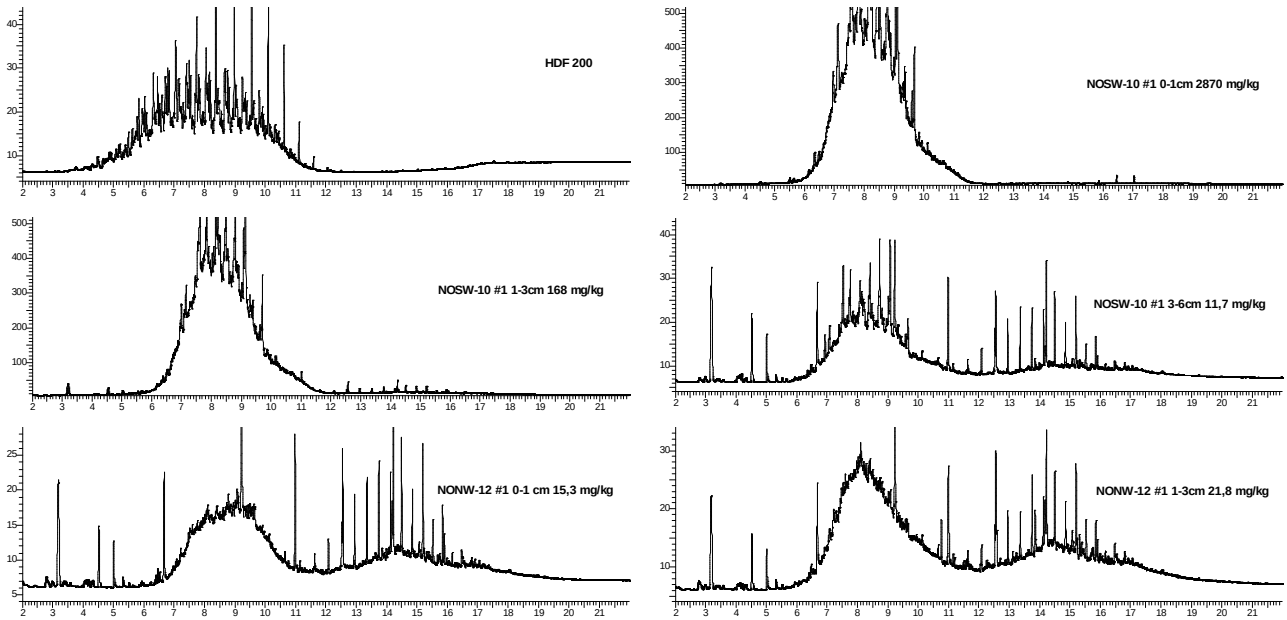
Tabell 4.3-3. *fort*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Gj. snitt*			215		0,128		0,27		12,5	
SD *			712		0,095		0,34		25,1	
Min.*			4		0,070		0,07		0,04	
Max.*			2870		0,475		1,14		82,1	
LSC			5,2		0,129		0,10			

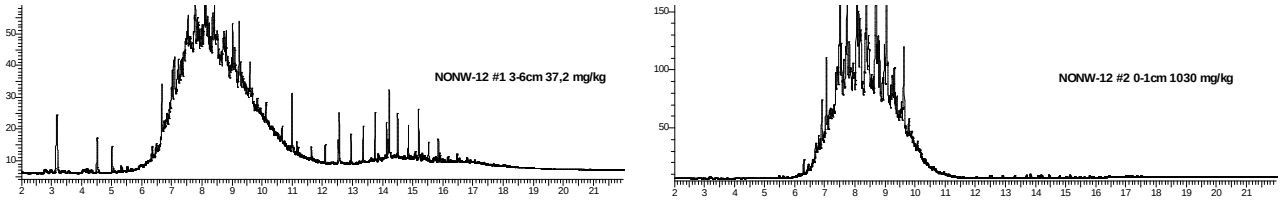
*: Eks. SW-Ref



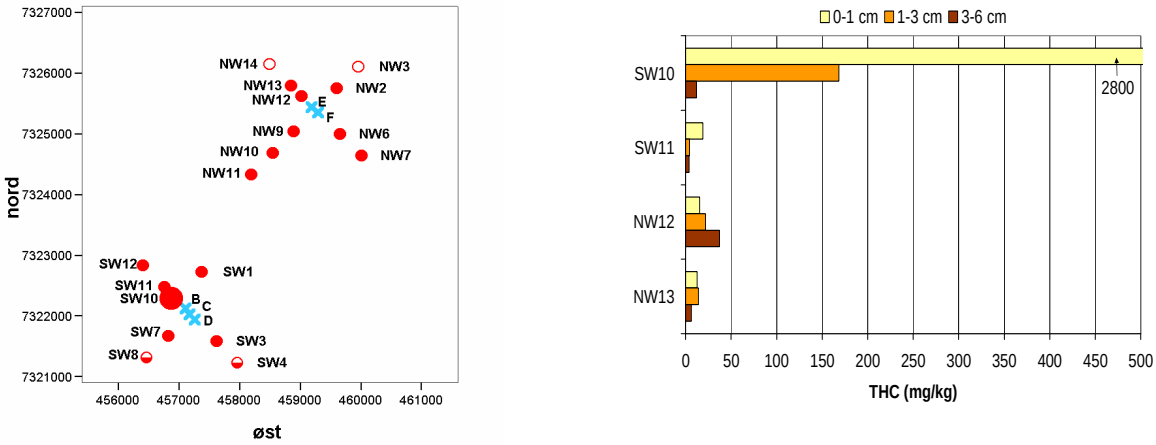
Figur 4.3-3. *Gjennomsnittlig THC innhold i sediment (0-1cm), Norne 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (1995-2003). SW1 og SW10 er flyttet noe i forhold til tidligere undersøkelser, se Prøvetaking i 4.3.1.*



Figur 4.3-4. *Gasskromatogram for SW10 og NW12, Norne 2006. HDF 200 er også vist. Merk ulik skala på på y-aksen.*



Figur 4.3-4. *forts*.



Figur 4.3-5. *Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering, Norne 2006. Bunnrammene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler. Til høyre: Fordeling av THC i sjikt på 4 stasjoner, Norne 2006.*

På Norne SW har 6 av 8 stasjoner THC-nivåer over LSC, hvorav 2 er over 10 mg/kg. Høyeste THC konsentrasjon er funnet på SW10 (0-1 cm) med 2800 ± 2600 mg/kg. I grabb 1 er det funnet 2900 mg/kg THC, i grabb 2 er det funnet 5300 mg/kg, mens det i grabb 3 er funnet 120 mg/kg. Kromatogrammene viser en typisk profil av boreslamolje. Boreslamoljeprofilen er tydelig også i sjiktet 1-3 cm og 3-6 cm. I 2000 ble det påvist 240 ± 100 mg/kg THC på stasjon SW10, i 2003 hadde denne avtatt til 18 ± 14 mg/kg. Det er altså en markert økning av THC-innhold i 2006 sammenlignet med tidligere år. Konsentrasjonen av dekaliner er funnet å være 70 ± 50 mg/kg på samme stasjon (0-1 cm) i 2006. Dette er også klart høyere enn det som er påvist tidligere år.

På Norne NW er THC-nivåene over LSC for 8 av 10 stasjoner og 2 av stasjonene er over 10 mg/kg. På NW12 (0-1 cm) er det funnet THC-verdier på 360 ± 600 mg/kg. En av grabbene inneholdt 1030 mg/kg, de to andre mellom 15 og 38 mg/kg THC. Kromatogrammene viser en typisk profil av boreslamolje. Boreslamoljeprofilen er tydelig også i sjiktet 1-3 cm og 3-6 cm. I 2000 ble det påvist 100 mg/kg THC på stasjon NW12, i 2003 hadde denne avtatt til 26 mg/kg. Resultatene for 2006 tyder altså på en økning i THC, men på grunn av høyt standardavvik mellom de tre grabbene kan det ikke påvises en signifikant økning sammenlignet med 2000. Konsentrasjonen av dekaliner er 26 ± 40 mg/kg på stasjon NW12 (0-1 cm) i 2006. Gjennomsnittsverdien for dekaliner i 2003 og 2000 var henholdsvis 2,2 og 4,5 mg/kg.

På de andre stasjonene varierer THC konsentrasjonen mellom 4 mg/kg på NW14 til 19 mg/kg på SW11. På alle disse stasjonene er variasjonene i THC små sammenlignet med tidligere år. På stasjonene NW11 og NW13 overskrides LSC-verdien, men nivåene er allikevel stort sett som tidligere. Det er påvist lave nivåer av PAH, NPD og dekaliner.

På referansestasjonen er konsentrasjonen av THC, PAH, NPD og dekaliner lave, og på nivå med tidligere år.

PFAS

Stasjon NW11 (225°/1500m, 0-1 cm) ble, sammen med e n stasjon fra hvert av feltene Njord, Draugen, Heidrun, Skarv og Hans, analysert for PFAS. Resultatene er i sin helhet presentert Kap. 4.17. Resultatene for Norne viser at nivåene ikke er spesielt forhøyet sammenlignet med prøver fra de antatt upåvirkede stasjonene på Skarv og Hans.

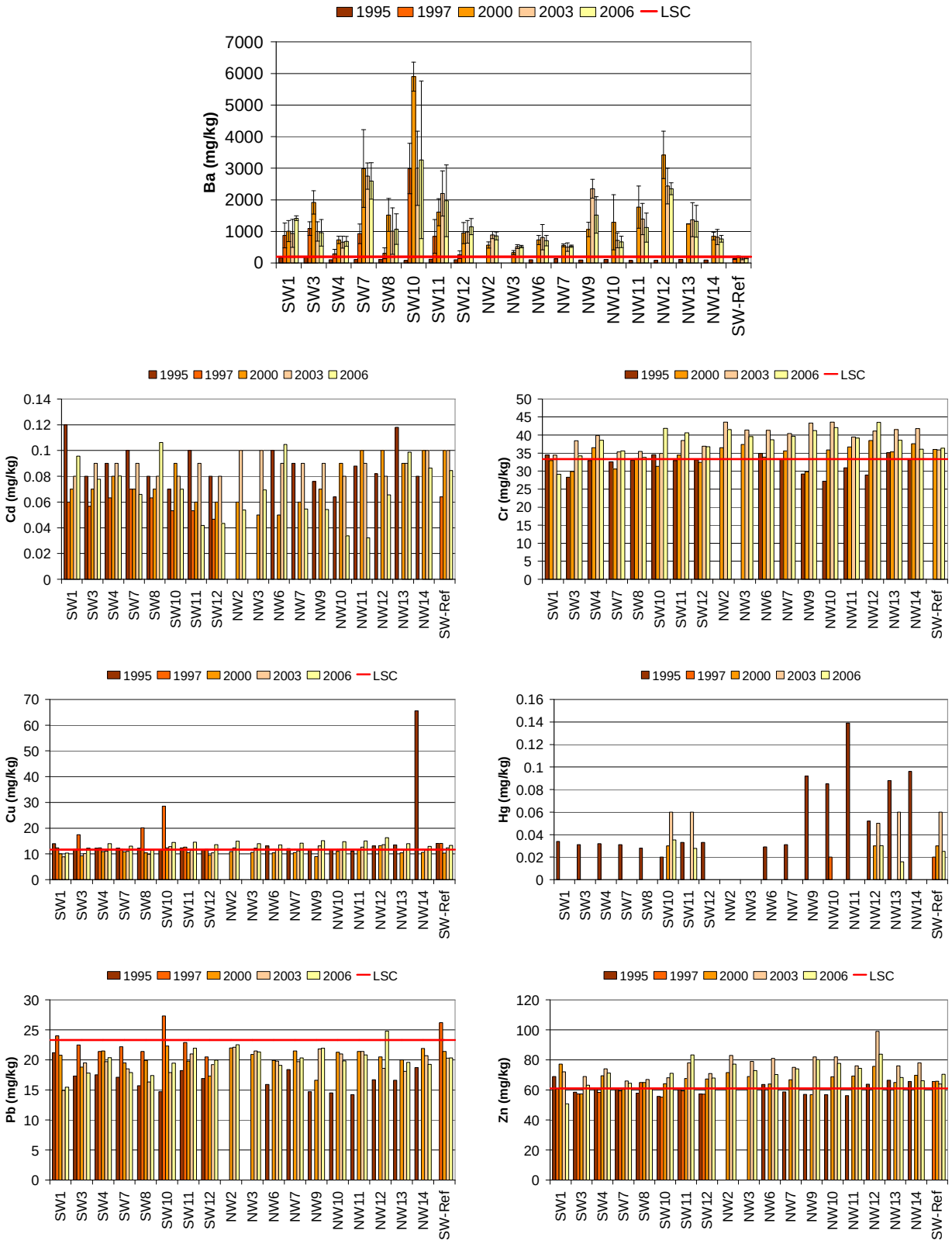
Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.3-4. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.3-6 er årets metallresultater sammenlignet med tidligere års resultater (1995-2003). Figur 4.3-7 viser fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering.

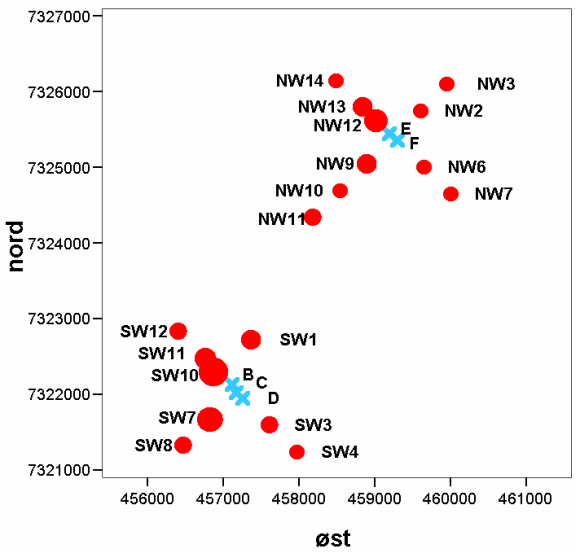
Tabell 4.3-4. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Norne 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snit	SD	snitt	SD
SW1	15 / 723	**1420**	76	0,10	0,02	29,1	0,8	10,3	0,7			15,5	0,9	51	4
SW3	135 / 500	**955**	419	0,08	0,01	**34,3**	1,5	**12,3**	0,6			17,8	1,9	**63**	3
SW4	135 / 1 000	**685**	155	0,08	0,01	**38,6**	2,5	**14,0**	1,1			20,4	1,9	**71**	5
SW7	225 / 500	**2600**	580	0,07	0,00	**35,6**	0,6	**13,0**	0,5			17,9	1,2	**64**	3
SW8	225 /1 000	**1070**	485	0,11	0,07	**33,8**	0,9	11,5	0,6			17,4	2,0	61	2
SW10	305 / 290	**3270**	2500	0,07	0,01	**41,9**	0,6	**14,5**	0,6	**0,04**	0,01	19,5	0,9	**71**	4
SW11	315 / 500	**1970**	1140	0,04	0,01	**40,7**	0,8	**14,6**	0,2	0,03	0,00	21,9	1,8	**83**	8
SW12	315 / 1 000	**1150**	256	0,04	0,00	**36,8**	0,1	**13,6**	0,6			19,9	1,0	**68**	1
NW2	45/ 500	**856**	124	0,05	0,00	**41,5**	0,9	**15,0**	0,7			22,5	1,6	**77**	3
NW3	45/ 1 000	**520**	42	0,07	0,02	**39,6**	1,4	**14,0**	0,4			21,3	0,7	**73**	1
NW6	135/ 500	**705**	164	0,10	0,10	**38,7**	0,5	**13,5**	0,3			19,1	1,9	**70**	2
NW7	135/ 1 000	**532**	34	0,05	0,00	**39,7**	1,9	**14,2**	0,8			20,3	0,7	**74**	6
NW9	225/ 500	**1520**	577	0,05	0,01	**41,3**	1,4	**15,1**	0,4			21,9	1,7	**80**	0
NW10	225/ 1 000	**671**	181	0,03	0,00	**42,1**	0,8	**14,8**	0,1			19,8	2,1	**78**	2
NW11	225/ 1 500	**1120**	459	0,03	0,00	**39,2**	0,4	**15,0**	1,3			20,8	1,4	**74**	3
NW12	315/ 250	**2350**	189	0,07	0,02	**43,5**	3,2	**16,3**	0,6	0,03	0,00	**24,8**	7,8	**84**	3
NW13	315/ 500	**1320**	502	0,10	0,03	**38,5**	1,9	**14,0**	0,6	0,02	0,01	19,6	0,6	**68**	3
NW14	315/ 1 000	**766**	107	0,09	0,01	**36,1**	0,5	**12,9**	0,0			19,2	1,0	**66**	1
SW-ref		171	33	0,08	0,01	**36,3**	0,7	**13,3**	0,2	0,03	0,00	20,3	1,4	**70**	3
Gj. snitt*		1304		0,07		38,4		13,8		0,03		20,0		71	
SD *		775		0,02		3,6		1,4		0,01		2,1		8	
Min. *		520		0,03		29,1		10,3		0,02		15,5		51	
Max. *		3270		0,11		43,5		16,3		0,04		24,8		84	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

*: Eks. SW-Ref



Figur 4.3-6. *Gjennomsnittlig innhold av metaller i sediment (0-1 cm), Norne 2006 sammenlignet med tidligere års resultater (1995-2003). SW1 og SW10 er flyttet noe i forhold til tidligere undersøkelser, se Prøvetaking i 4.3.1.*



Figur 4.3-7. *Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering, Norne 2006. Bunnrammene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler.*

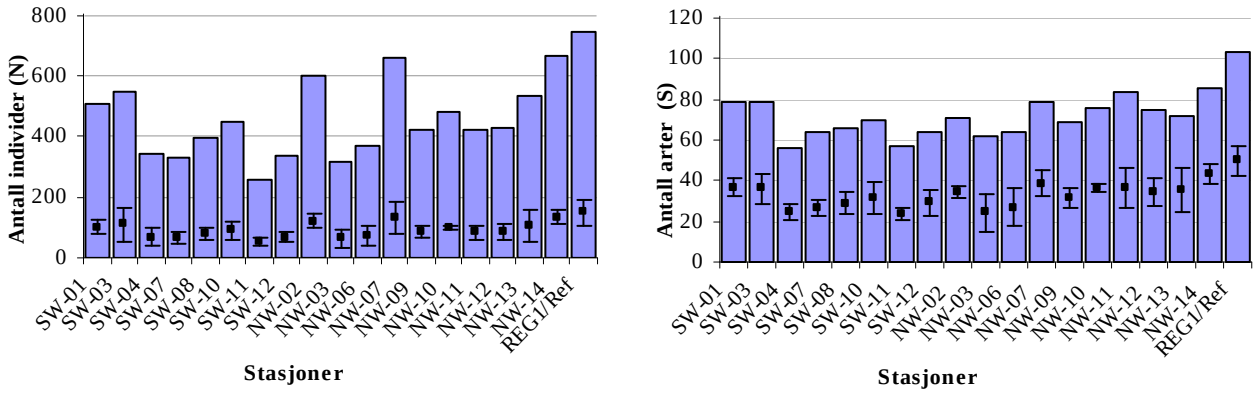
I årets undersøkelse er det funnet forhøyede Ba-konsentrasjoner på alle de undersøkte stasjonene. Høyeste konsentrasjon er funnet på stasjon SW10; 3300 ± 2500 mg/kg. Sammenlignet med tidligere år er det ingen store forskjeller i Ba-konsentrasjon. På referansestasjonen er det funnet lave verdier av Ba og konsentrasjonene er på nivå med tidligere undersøkelser. For de andre elementene er det påvist konsentrasjoner som ligger rundt LSC-verdien og det er små variasjoner fra tidligere år. Dette gjelder også for referansestasjonen.

4.3.4 Biologiske analyser

Tabell 4.3-5 viser antall arter og individer på Norne fordelt på dyregrupper. Figur 4.3-8 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Norne.

Tabell 4.3-5. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Norne 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	1219	13,8	12	5,4
Polychaeta	4553	51,7	109	49,1
Crustacea	449	5,1	48	21,6
Mollusca	2425	27,5	43	19,4
Echinodermata	162	1,8	10	4,5
Totalt	**8808**	**100,0**	**222**	**100,0**



Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)
SW01	15	723
SW03	135	500
SW04	135	1 000
SW07	225	500
SW08	225	1 000
SW10	305	290

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)
SW11	315	500
SW12	315	1 000
NW02	45	500
NW03	45	1 000
NW06	135	500
NW07	135	1000

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)
NW09	225	500
NW10	225	1 000
NW11	225	1 500
NW12	315	250
NW13	315	500
NW14	315	1 000

Figur 4.3-8. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Norne 2006.*

Diversitet og dominans

Tabell 4.3-6 viser indeksene fra bløtbunnsanalysene og Figur 4.3-9 viser gjennomsnittlig NR med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse.

Verdier innenfor standardavviket viser at forholdene er uforstyrret. Verdier lavere enn standardavviket for alle parametrene gir en indikasjon på forstyrrelse i faunaen.

De fleste stasjoner ligger tett opptil og over NR for diversitetsindeksene. Unntaket er stasjon NOSW-4 (135°/1000m) som ligger like under standardavviket på begge de to diversitetsparametrene. Avviket er imidlertid lite, og indikerer ingen klar påvirkning av faunaen på stasjonen.

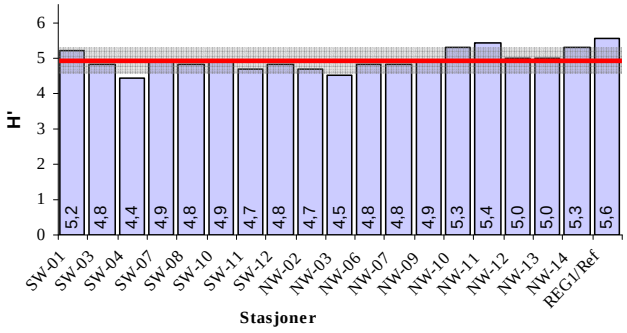
Tabell 4.3-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Norne 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på referansestasjoner og regionale stasjoner ved Nornefeltet de ulike år* [5].

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
SW01	15	723	372	79	506	5,2	0,8	40
SW03	135	500	375	79	550	4,8	0,8	38
SW04	135	1 000	373	56	343	4,4	0,8	32
SW07	225	500	374	64	328	4,9	0,8	36
SW08	225	1 000	378	66	395	4,8	0,8	36
SW10	305	290	371	70	447	4,9	0,8	37

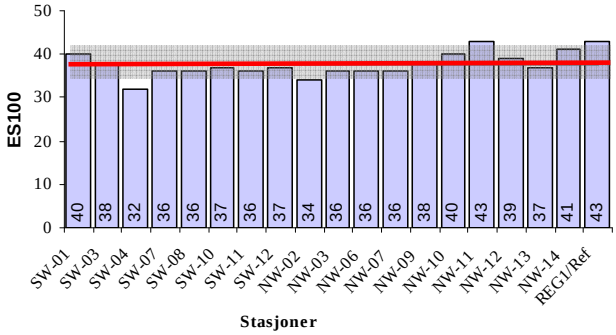
[5] Grunnlagsundersøkelsen på Norne i 1995 er ikke inkludert pga. store avvik i forhold til senere undersøkelser. Se kap. 3.2.4 for detaljer.

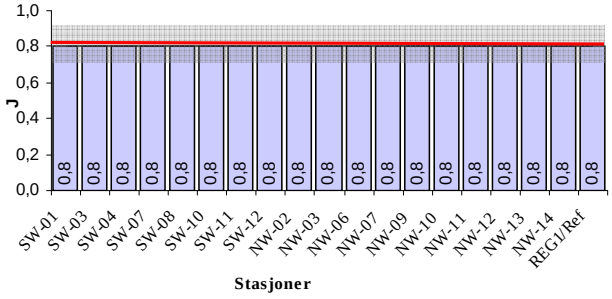
Tabell 4.3-6. *forts*.

SW11	315	500	374	57	257	4,7	0,8	36
SW12	315	1 000	372	64	339	4,8	0,8	37
NW02	45	500	376	71	598	4,7	0,8	34
NW03	45	1 000	379	62	314	4,5	0,8	36
NW06	135	500	379	64	367	4,8	0,8	36
NW07	135	1000	383	79	662	4,8	0,8	36
NW09	225	500	377	69	425	4,9	0,8	38
NW10	225	1 000	380	76	480	5,3	0,8	40
NW11	225	1 500	375	84	421	5,4	0,8	43
NW12	315	250	378	75	432	5,0	0,8	39
NW13	315	500	376	72	532	5,0	0,8	37
NW14	315	1 000	375	86	666	5,3	0,8	41
Norne-Ref			393	103	746	5,6	0,8	43
NR						4,9	0,8	38
St.dev						0,41	0,06	4,2



Stasjon	Retn.	Avst.	Stasjon	Retn.	Avst.
SW01	15	723	NW03	45	1 000
SW03	135	500	NW06	135	500
SW04	135	1 000	NW07	135	1000
SW07	225	500	NW09	225	500
SW08	225	1 000	NW10	225	1 000
SW10	305	290	NW11	225	1 500
SW11	315	500	NW12	315	250
SW12	315	1 000	NW13	315	500
NW02	45	500	NW14	315	1 000





Figur 4.3-9. *Diversitet (H'), jevnhet (J) og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Norne 2006.*

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.3-7.

Tabell 4.3-7. *Ti mest vanlige artene for hver stasjon, Norne 2006.*

10 mest vanlige arter							
SW-01	**Antall**	**%**	**Kum %**	**SW-03**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	72	14,23	14,23	Chaetozone setosa	155	28,18	28,18
Limopsis cristata	54	10,67	24,9	Golfingia spp.	50	9,09	37,27
Entalina tetragona	33	6,52	31,42	Limopsis cristata	24	4,36	41,64
Paramphinome jeffreysii	33	6,52	37,94	Entalina tetragona	19	3,45	45,09
Golfingia spp.	24	4,74	42,69	Lumbrineris scopa	19	3,45	48,55
Yoldiella lucida	19	3,75	46,44	Paramphinome jeffreysii	16	2,91	51,45
Yoldiella fraterna	15	2,96	49,41	Yoldiella acuminata	13	2,36	53,82
Nucula tumidula	11	2,17	51,58	Augeneria tentaculata	13	2,36	56,18
Abra longicallus	11	2,17	53,75	Nephtys hystricis	12	2,18	58,36
Glycera lapidum	11	2,17	55,93	Levinsenia gracilis	11	2	60,36
SW-04	**Antall**	**%**	**Kum %**	**SW-07**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	98	28,57	28,57	Chaetozone setosa	50	15,24	15,24
Golfingia spp.	34	9,91	38,48	Paramphinome jeffreysii	32	9,76	25
Paramphinome jeffreysii	20	5,83	44,31	Golfingia spp.	26	7,93	32,93
Limopsis cristata	17	4,96	49,27	Heteromastus filiformis	20	6,1	39,02
Lumbrineris scopa	15	4,37	53,64	Lumbrineris scopa	18	5,49	44,51
Nephtys hystricis	14	4,08	57,73	Entalina tetragona	13	3,96	48,48
Kelliella miliaris	12	3,5	61,22	Cerastoderma minimum	13	3,96	52,44
Abra longicallus	10	2,92	64,14	Nemertea spp.	13	3,96	56,4
Levinsenia gracilis	9	2,62	66,76	Levinsenia gracilis	11	3,35	59,76
Amphilepis norvegica	8	2,33	69,1	Limopsis cristata	10	3,05	62,8
SW-08	**Antall**	**%**	**Kum %**	**SW-10**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	80	20,25	20,25	Chaetozone setosa	107	23,94	23,94
Golfingia spp.	59	14,94	35,19	Paramphinome jeffreysii	31	6,94	30,87
Limopsis cristata	19	4,81	40	Lumbrineris scopa	26	5,82	36,69
Paramphinome jeffreysii	18	4,56	44,56	Limopsis cristata	24	5,37	42,06
Nephtys hystricis	13	3,29	47,85	Lumbrineris aniara	16	3,58	45,64
Lumbrineris scopa	12	3,04	50,89	Notomastus sp.	15	3,36	48,99
Entalina tetragona	11	2,78	53,67	Spiophanes wigleyi	15	3,36	52,35
Kelliella miliaris	11	2,78	56,46	Kelliella miliaris	12	2,68	55,03
Paradoneis lyra	11	2,78	59,24	Golfingia spp.	12	2,68	57,72
Heteromastus filiformis	10	2,53	61,77	Yoldiella acuminata	11	2,46	60,18

Tabell 4.3-7. *forts.*

SW-11	Antall	%	Kum %	SW-12	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	55	21,4	21,4	Chaetozone setosa	61	17,99	17,99
Golfingia spp.	31	12,06	33,46	Golfingia spp.	49	14,45	32,45
Augeneria tentaculata	17	6,61	40,08	Paramphinome jeffreysii	30	8,85	41,3
Limopsis cristata	12	4,67	44,75	Levinsenia gracilis	18	5,31	46,61
Paramphinome jeffreysii	12	4,67	49,42	Lumbrineris scopa	17	5,01	51,62
Lumbrineris scopa	12	4,67	54,09	Limopsis cristata	13	3,83	55,46
Lumbrineris aniara	8	3,11	57,2	Augeneria tentaculata	9	2,65	58,11
Levinsenia gracilis	8	3,11	60,31	Entalina tetragona	7	2,06	60,18
Yoldiella acuminata	5	1,95	62,26	Terebellides stroemi	7	2,06	62,24
Phylo norvegica	5	1,95	64,2	Abra longicallus	7	2,06	64,31
NW-02	**Antall**	**%**	**Kum %**	**NW-03**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	101	16,89	16,89	Golfingia spp.	83	26,43	26,43
Golfingia spp.	92	15,38	32,27	Chaetozone setosa	49	15,61	42,04
Limopsis cristata	57	9,53	41,81	Limopsis cristata	15	4,78	46,82
Kelliella miliaris	33	5,52	47,32	Levinsenia gracilis	12	3,82	50,64
Entalina tetragona	24	4,01	51,34	Tryphosella c.f. hoeringi	9	2,87	53,5
Yoldiella lucida	18	3,01	54,35	Nephtys hystricis	8	2,55	56,05
Cerastoderma minimum	17	2,84	57,19	Entalina tetragona	7	2,23	58,28
Nemertea spp.	16	2,68	59,87	Nucula tumidula	7	2,23	60,51
Nephtys hystricis	14	2,34	62,21	Paramphinome jeffreysii	7	2,23	62,74
Lumbrineris scopa	13	2,17	64,38	Kelliella miliaris	6	1,91	64,65
NW-06	**Antall**	**%**	**Kum %**	**NW-07**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	63	17,17	17,17	Chaetozone setosa	126	19,03	19,03
Golfingia spp.	57	15,53	32,7	Golfingia spp.	101	15,26	34,29
Kelliella miliaris	20	5,45	38,15	Limopsis cristata	49	7,4	41,69
Limopsis cristata	19	5,18	43,32	Kelliella miliaris	34	5,14	46,83
Paramphinome jeffreysii	16	4,36	47,68	Cerastoderma minimum	23	3,47	50,3
Nephtys hystricis	14	3,81	51,5	Entalina tetragona	23	3,47	53,78
Ischnomesus bispinosus	13	3,54	55,04	Paramphinome jeffreysii	19	2,87	56,65
Lumbrineris aniara	10	2,72	57,77	Levinsenia gracilis	16	2,42	59,06
Levinsenia gracilis	9	2,45	60,22	Nephtys hystricis	14	2,11	61,18
Amphilepis norvegica	8	2,18	62,4	Yoldiella lucida	13	1,96	63,14
NW-09	**Antall**	**%**	**Kum %**	**NW-10**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	88	20,71	20,71	Chaetozone setosa	58	12,08	12,08
Golfingia spp.	36	8,47	29,18	Golfingia spp.	46	9,58	21,67
Paramphinome jeffreysii	28	6,59	35,76	Kelliella miliaris	29	6,04	27,71
Nemertea spp.	22	5,18	40,94	Limopsis cristata	26	5,42	33,13
Spiophanes wigleyi	21	4,94	45,88	Caudofoveata spp.	18	3,75	36,88
Levinsenia gracilis	14	3,29	49,18	Ischnomesus bispinosus	17	3,54	40,42
Kelliella miliaris	14	3,29	52,47	Paramphinome jeffreysii	17	3,54	43,96
Yoldiella lucida	12	2,82	55,29	Levinsenia gracilis	14	2,92	46,88
Notomastus sp.	10	2,35	57,65	Yoldiella lucida	13	2,71	49,58
Paradoneis lyra	9	2,12	59,76	Abra longicallus	13	2,71	52,29

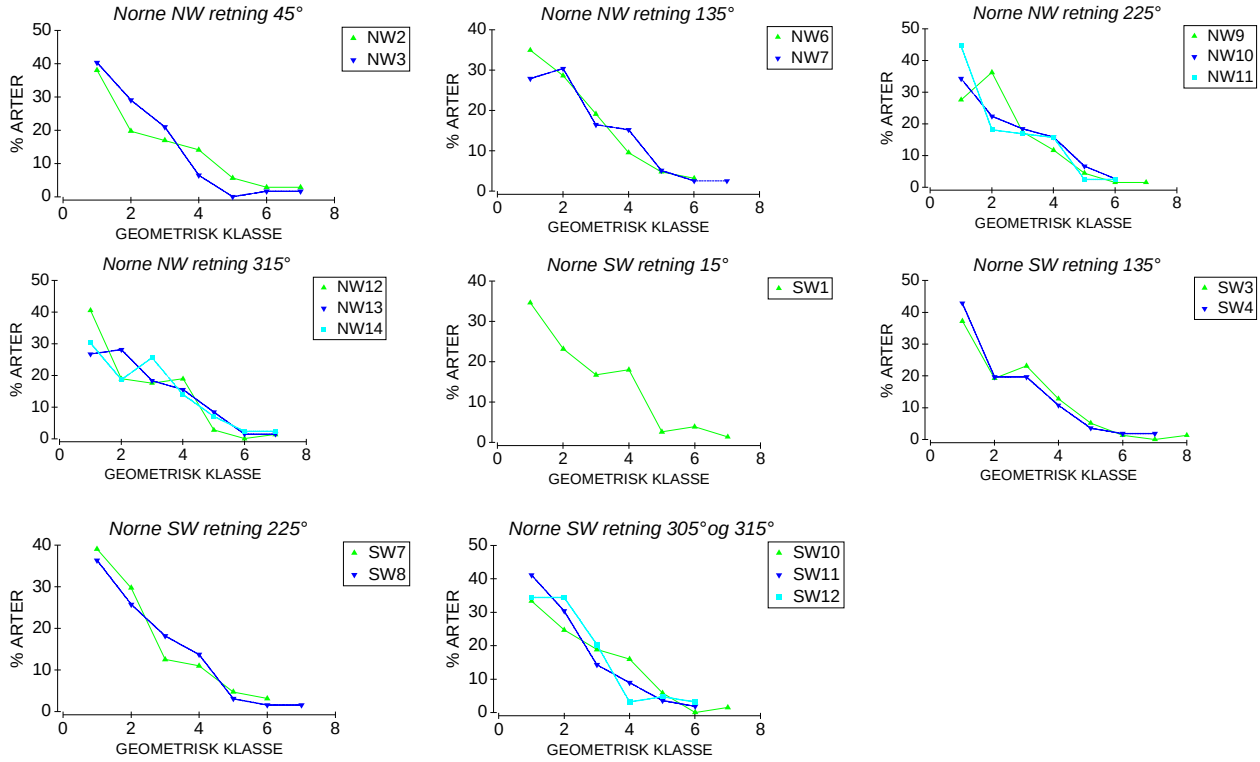
Tabell 4.3-7. *forts*.

NW-11	Antall	%	Kum %	NW-12	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	56	13,3	13,3	Chaetozone setosa	100	23,15	23,15
Golfingia spp.	46	10,93	24,23	Paramphinome jeffreysii	22	5,09	28,24
Levinsenia gracilis	18	4,28	28,5	Golfingia spp.	19	4,4	32,64
Paramphinome jeffreysii	16	3,8	32,3	Lumbrineris scopa	15	3,47	36,11
Abra longicallus	12	2,85	35,15	Kelliella miliaris	14	3,24	39,35
Yoldiella lucida	12	2,85	38	Nemertea spp.	14	3,24	42,59
Limopsis cristata	12	2,85	40,86	Yoldiella lucida	13	3,01	45,6
Augeneria tentaculata	12	2,85	43,71	Entalina tetragona	13	3,01	48,61
Myriochele oculata	12	2,85	46,56	Augeneria tentaculata	13	3,01	51,62
Kelliella miliaris	11	2,61	49,17	Labidoplax buskii	12	2,78	54,4
NW-13	**Antall**	**%**	**Kum %**	**NW-14**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa	102	19,17	19,17	Golfingia spp.	71	10,66	10,66
Golfingia spp.	53	9,96	29,14	Chaetozone setosa	69	10,36	21,02
Kelliella miliaris	29	5,45	34,59	Kelliella miliaris	53	7,96	28,98
Limopsis cristata	25	4,7	39,29	Limopsis cristata	46	6,91	35,89
Nephtys hystricis	21	3,95	43,23	Abra longicallus	24	3,6	39,49
Abra longicallus	18	3,38	46,62	Entalina tetragona	23	3,45	42,94
Myriochele oculata	18	3,38	50	Paramphinome jeffreysii	23	3,45	46,4
Entalina tetragona	17	3,2	53,2	Caudofoveata spp.	19	2,85	49,25
Lumbrineris scopa	15	2,82	56,02	Nephtys hystricis	19	2,85	52,1
Augeneria tentaculata	14	2,63	58,65	Cerastoderma minimum	17	2,55	54,65
REG1/Norne-Ref	**Antall**	**%**	**Kum %**				
Chaetozone setosa	79	10,59	10,59				
Golfingia spp.	47	6,3	16,89				
Entalina tetragona	45	6,03	22,92				
Kelliella miliaris	41	5,5	28,42				
Limopsis cristata	40	5,36	33,78				
Nephtys hystricis	30	4,02	37,8				
Yoldiella lucida	24	3,22	41,02				
Abra longicallus	24	3,22	44,24				
Yoldiella fraterna	23	3,08	47,32				
Yoldiella acuminata	21	2,82	50,13				

Chaetozone setosa dominerer faunaen på de fleste stasjoner. Dominerende arter på feltet for øvrig er pølseormen *Golfingia* spp., børstemarkene *Paramphinome jeffreysii*, *Lumbrineris scopa, Nephtys hystricis og Levinsenia gracilis og* muslingene *Limopsis cristata*, *Kelliella miliaris*, *Entalina tetragona* og *Yoldiella lucida*. Faunasamfunnet består av arter som er både filter- og sedimentspisere samt karnivore arter og artssammensetningen på feltet avspeiler et blandingssediment.

Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.3-10) viser at ingen stasjoner bortsett fra SW3 (som inneholder arter i klasse 8) har arter i høyere klasser enn på referansestasjonen (klasse 7).

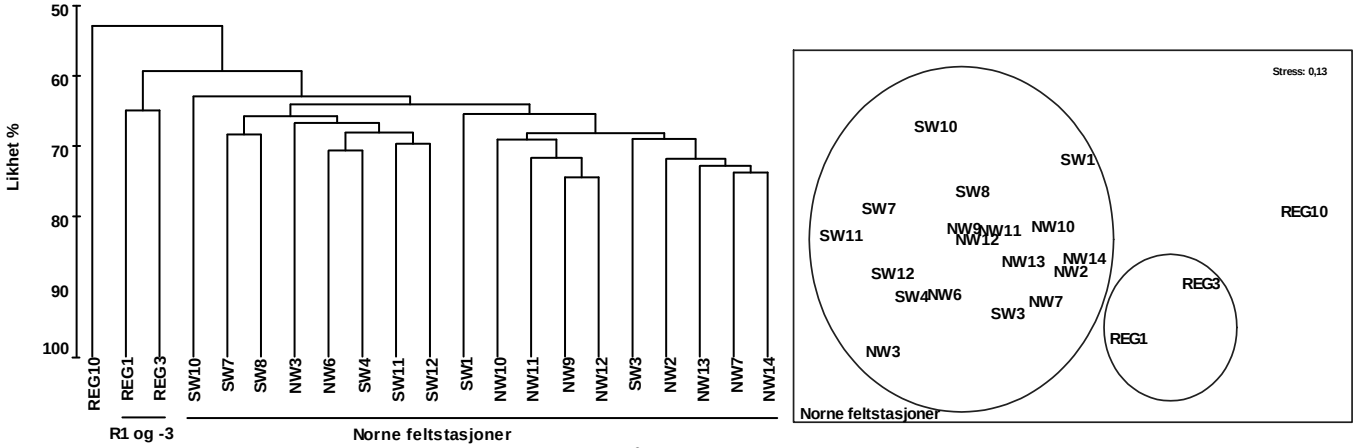
Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



Figur 4.3-10. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Norne 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.3-11. Analysene viser at feltstasjonene deler seg i en hovedgruppe ved ca. 65 % likhet og det er vanskelig å se noen systematisk forskjell på undergrupper. REG1, REG3 og feltstasjonene grupperer seg ved en likhet på ca 60 %. REG 10 skiller seg ut.

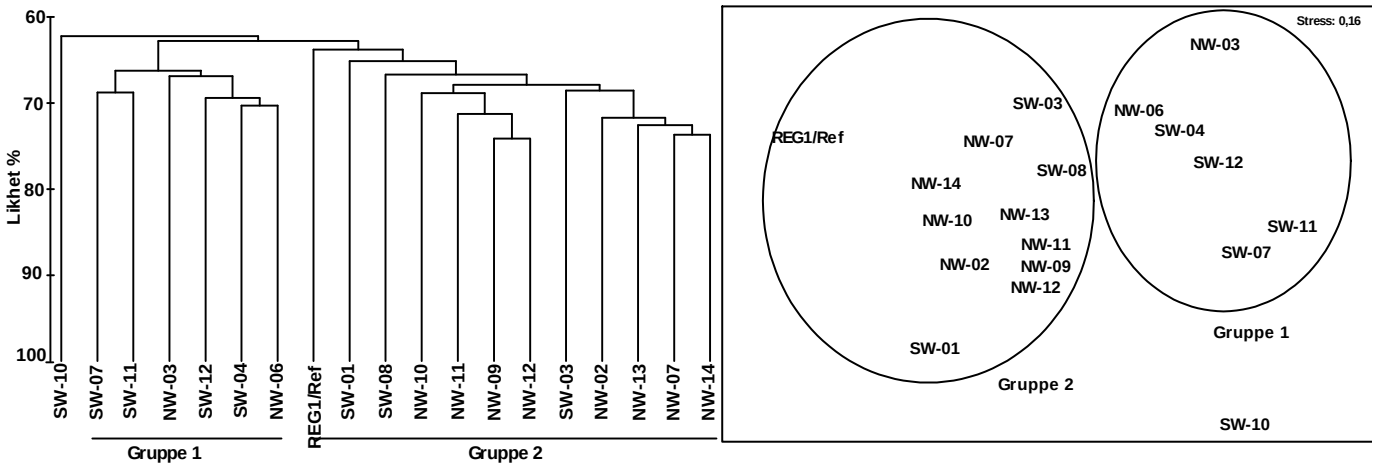


Figur 4.3-11. *Dendrogram og MDS-plott på stasjonsnivå inkl. 3 regionale stasjoner, Norne 2006. REG1=Norne Ref.*

Tabell 4.3-8. *Inndeling i faunagrupper inkl. 3 regionale stasjoner, Norne 2006.*

Stasjoner/gruppe	Karakteristikk
Norne feltstasjoner	Større forekomst av børstemarken *C. setosa* enn på de regionale. Generelt færre individer av arter som betyr noe for grupperingen.
REG1 og 3	Relativ høy forekomst av muslinger fra Yoldiella slekten, *K. miliaris*, *L. cristata* og *A. longicallus* samt høyere forekomst av børstemarkene *N. hystricis* og *L. scopa/aniara* samt *M. oculata*.
REG10	Høy forekomst av børstemarken *S. typicus* og høyere andel av *P. quadricuspis*. Høy forekomst av sjøpølsen *E. hispida*. Lite antall *C. setosa* i forhold til de øvrige stasjonene.

Bioenv-analysen viste en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene dyp, Ba og TOM. Dette skyldes i stor grad at stasjon R10 er grunnere og har et grovere sediment. For å øke oppløseligheten i dataene ble tilsvarende likhetsanalyse utført uten REG3 og REG10. Resultatet er vist i Figur 4.3-12.



Figur 4.3-12. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå eks. REG3 og REG10, Norne 2006.*

Analysene viser at stasjonene deler seg inn i to hovedgrupper ved ca. 65 % likhet. Stasjon SW-10 (305°/290m) skiller seg noe ut mhp. artssammensetning. Det gjorde den også i 2000 og 2003, og det ble antydet en mulig negativ utvikling. Årets undersøkelse viser økte diversitetsindekser, og ellers uendrede forhold, og stasjonen ansees som upåvirket. Det bør imidlertid bemerkes at det i to av grabbprøver ble observert sorte partier i sedimentet og sorte partikler i vannet.

Tabell 4.3-9. *Inndeling i faunagrupper eks. REG3 og REG10, Norne 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1	NW-03, -06, SW-04, -07, -11 og -12.	Relativt høyt antall av børstemarken *C. setosa,* pølseormene *Golfingia* spp. og muslingene *K. miliaris, L.cristata, E.tetragona* og *Y. Fraterna.*
2	SW-Ref, -01, -03, -08, NW-02, -07, -09, -10, -11, -12 og -13	Generelt de samme artene som i gruppe 1, men i mindre antall.
SW-10		Høyere antall av børstemarken *C. Setosa* enn gruppe 1 og 2. Generelt høyere andel polychaeta og mindre andel muslinger i forhold til gruppe 1 og 2.

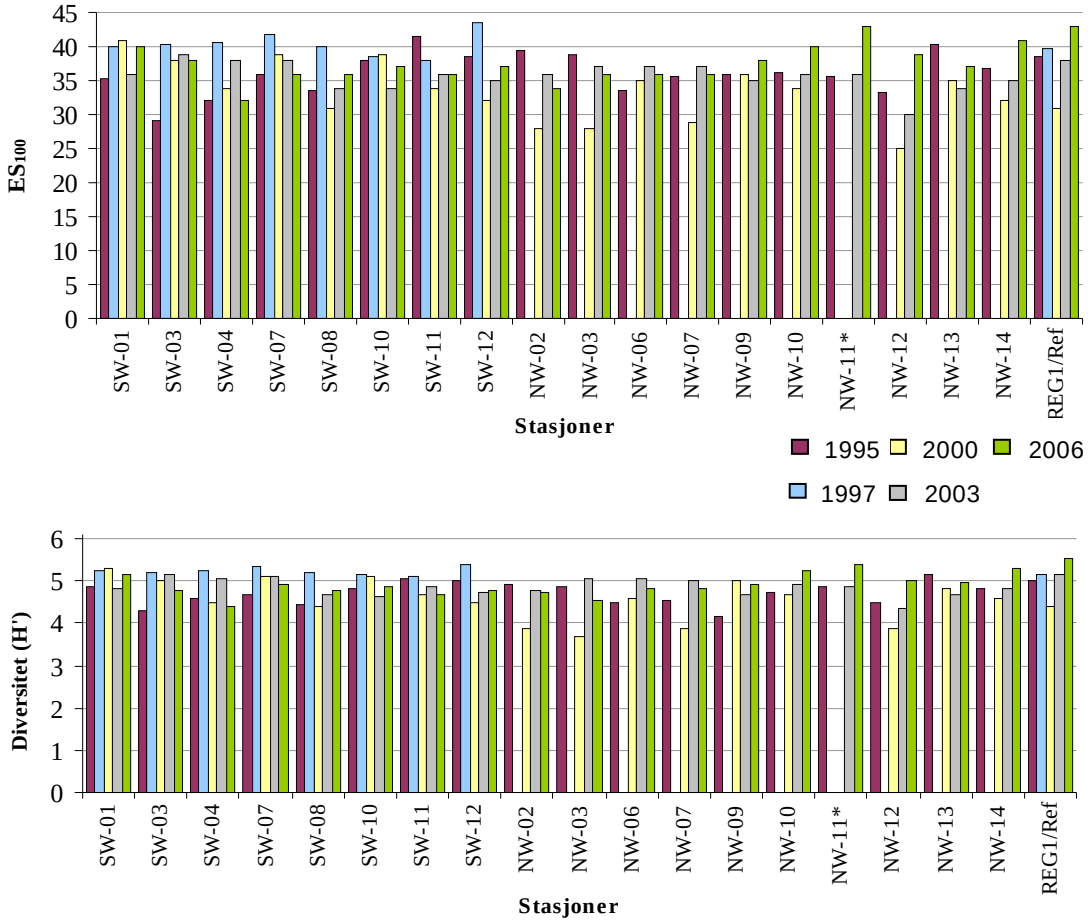
Det ble utført Bioenv-analyse med og uten regionale stasjoner. Analysen viste liten korrelasjon (0,4) mellom fauna og miløfaktorer (Ba, Cu, Zn, korn).

Sammenligning med tidligere undersøkelser

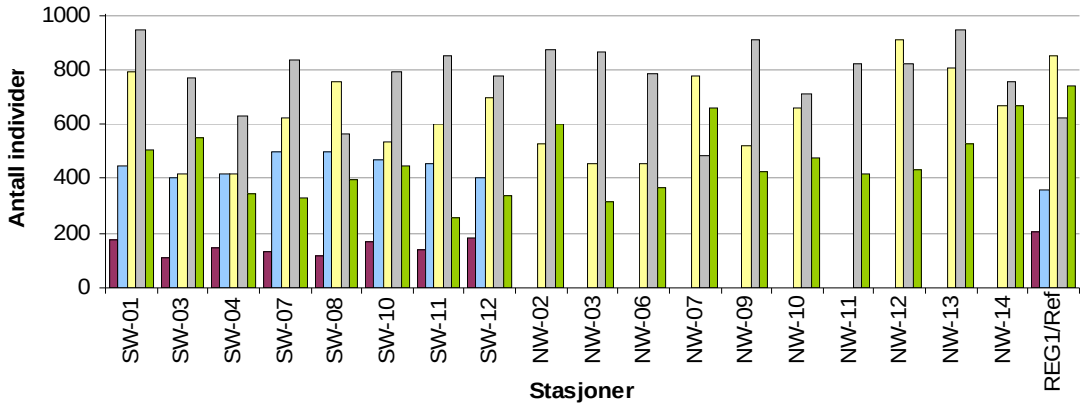
Diversitet

Det har vært utført undersøkelser på Norne siden grunnlagsundersøkelsen i 1995. De påfølgende undersøkelsene i 1997, 2000, 2003 og 2006 på Norne har vært del av den regionale overvåkingen på Haltenbanken.

Diversitetsindeksene varierer noe over år og de er generelt relativt høye. Stasjon NW-02, -03, -07 og -12 skilte seg ut med lave diversitetsindekser i 2000. Siden dengang har diversitetsindeksene økt på disse stasjonene og ligger nå på nivå med de øvrige stasjonene, se Figur 4.3-13. Den svakt negative utviklingen i diversitet som ble påpekt på SW01 og SW10 i 2003 har ikke fortsatt, og indeksene har økt igjen i 2006.



Figur 4.3-13. *Diversitetsindeksene H' og ES_{100} på Norne, 1995, 1997, 2000, 2003 og 2006. SW1 og SW10 er flyttet noe i forhold til tidligere undersøkelser, se Prøvetaking i 4.3.1.*



Figur 4.3-13. *forts*.

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er utført på data fra 1997 til 2006 på familienivå[6]. Dendrogram på stasjonsnivå for Norne 1997-2006 er vist i Figur 4.3-14.

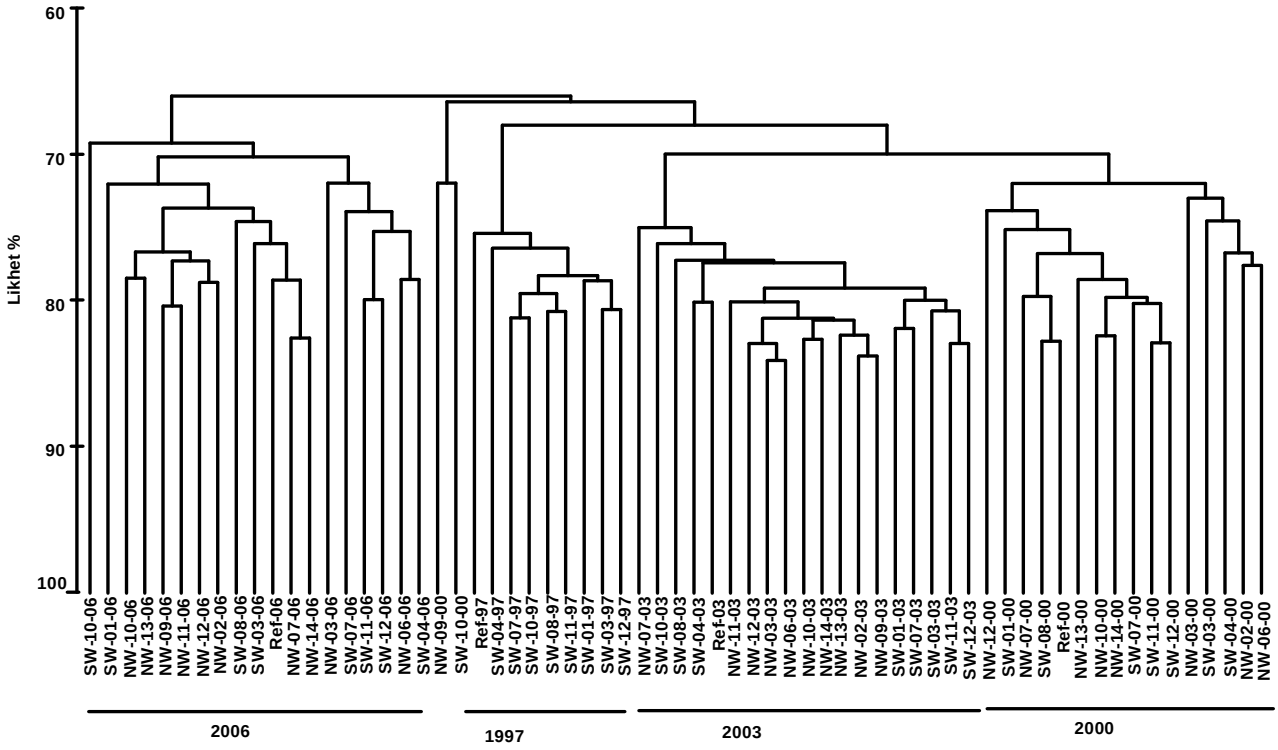
Analysene viser at stasjonene deler seg inn i fire hovedgrupper etter år ved ca. 65 % likhet.

En simperanalyse viser hvilke faunafamilier som er hovedårsak til at stasjonene grupperer seg over år. Antall individer innenfor børstemarkfamilien Spionidae har avtatt betydelig fra 2000 til 2006. Antall individer innenfor børstemarkfamilen Cirratulidae (hovedsakelig indikatorarten *C. setosa*) økte fra 1997 og nådde en topp i 2003, for så å avta igjen i 2006. Videre er antall individer innenfor børstemarkfamilien Amphinomidae redusert fra et relativt høyt nivå i 2000 og 2003 til et lavere nivå i 2006.

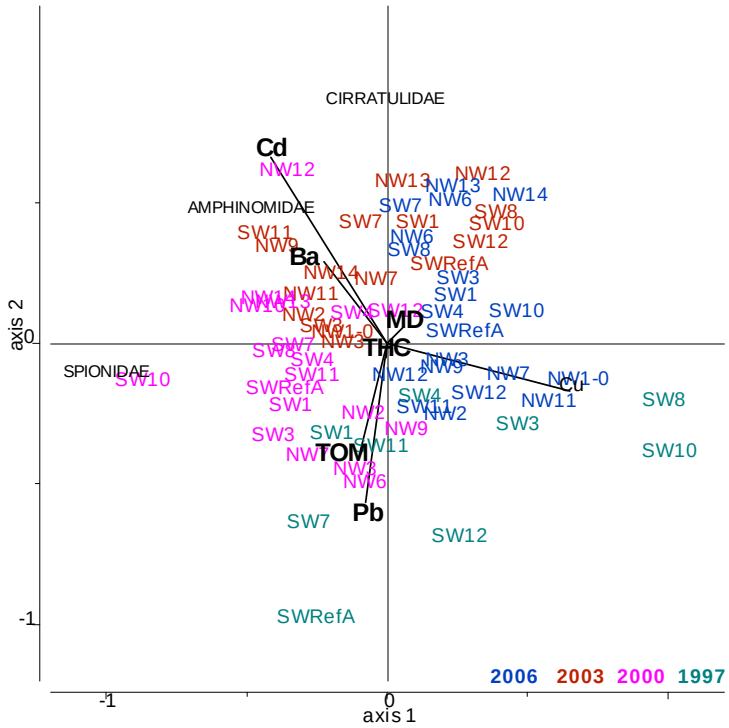
Analysene indikerer en lett endring i faunsamfunnet i negativ retning fra 1997 til 2000 og 2003, og deretter en positiv utvikling fra 2003 til 2006. Bioenvanalysen viser lite korrelasjon mellom fauna og målte miljøfaktorer.

Det ble utført en redundancy analyse (RDA) mellom fauna og miljøvariablene THC, TOM, Ba, Pb, Cd og gjennomsnittlig kornstørrelse (Md) i programvaren Brodgar. RDA plottet er vist i Figur 4.3-15. Plottet viser at de fleste miljøfaktorene er plassert til venstre for midtaksen sammen med de fleste stasjonene fra 2000 og delvis 2003. De fleste stasjonene fra 2006 og 1997 plasserer seg til høyre for midtaksen, noe som indikerer en positiv endring i faunasamfunnet siden 2000/2003. Analysen understøtter likhetsanalysen, se dendrogram i Figur 4.3-14.

[6] Data fra grunnlagsundersøkelsen i 1995 skilte seg betydelig fra de øvrige data pga relativt lavt antall arter og individer.



Figur 4.3-14. *Dendrogram på familienivå, Norne 1997 – 2006. SW1 og SW10 er flyttet noe i forhold til tidligere undersøkelser, se Prøvetaking i 4.3.1.Ref=REG1.*



Figur 4.3-15. *RDA plott Norne 1997 - 2006.*

4.3.5 Konklusjoner

Norne SW (ramme B, C, D og K)

Sedimentene består i hovedsak av silt og leire. Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 4,4-8,0 %. I alt 6 av 8 stasjoner har THC-nivåer over LSC, hvorav 2 er over 10 mg/kg med 2780 (315°/250m) og 19 (315°/500m) mg/kg. Nivåene a v THC er uten unntak synkende med avstand fra senter, og kontamineringen kan spores til boreslamsolje (tilsvarende HDF 200). Der det er tatt sjiktprøver er THC-konsentrasjonen markant lavere i dypere sjikt. Alle målte stasjoner er kontaminert med baritt og konsentrasjonen er synkende med avstand fra senter. Kontamineringen er størst i retning 315°.

Norne NW (ramme E og F)

Sedimentene består i hovedsak av silt og leire. Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 6,1-8,1 %. THC-nivåene er over LSC for 8 av 10 stasjoner. Nivået er høyest i retning 315° med 360 mg/kg ved 250m og 10 mg/kg ved 500m. Generelt blir konsentrasjonen lavere med avstanden fra senter, men NW11 (225°/1500m) avviker noe fra dette mønsteret. Der det er tatt sjiktprøver er det ingen tydelig endring nedover i sedimentet (øverste 6 cm). Alle stasjonene er kontaminert med baritt og nivåene bekrefter de samme trendene som for THC, inkludert NW11.

Generelt er diversiteten høy på Norne og faunasamfunnet kan sies å være uforstyrret. Feltstasjonene grupperer seg sammen i de multivariate analysene, og skiller seg klart fra regional stasjon 10 (plassert ved Heidrun).

Sammenlignet med tidligere år har det vært en markert økning i THC-innholdet på SW10 (315°/250m) og NW12 (315°/250m). På en av de to sta sjonene, SW10 (305/290m), indikerer resultatene en noe avvikende artssammensetning. Det samme var tilfelle i 2000 og 2003, og det ble antydet en mulig negativ utvikling. Årets undersøkelse viser imidlertid økte diversitetsindekser, og ellers uendrede forhold. Fauna-analysene avdekker ingen påvirkning på de to stasjonene med markert økning av hydrokarboner, noe som kan ha sammenheng med at påvist olje forekommer klumpvis slik at effekten på faunaen blir redusert.

På de øvrige stasjonene er THC-innholdet på samme nivå, eller lavere, enn tidligere undersøkelser. Det er ingen markerte forskjeller i Ba-nivåene i årets undersøkelse sammenlignet med tidligere års undersøkelser.

Faunasamfunnet på Norne viser en fortsatt positiv utvikling i faunasamfunnet siden 2000. Spesielt gjelder dette stasjon NW-02, -03, -07 og -12 som skilte seg ut med lave diversitetsindekser i 2000.

Det er ikke påvist forhøyede nivåer av verken hydrokarboner eller metaller i de dypere lagene av sedimentene på Norne, og bunnfaunaen ser ikke ut til å være påvirket av de økte nivåene av hydrokarboner i overflatesendimentet på enkelte stasjoner.

4.4 Heidrun

4.4.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Heidrunfeltet har produsert olje og gass siden oktober 1995. Dette feltet er utbygd med en flytende strekkstagplattform i betong. Plattformen er en flytende betongplattform, som er forankret med 16 strekkstag. Oljen eksporteres direkte via 2 lastebøyer (STL) til skip som går i skytteltrafikk mellom feltet og Mongstadterminalen. Herfra transporteres den videre til kunder i markedet.

Heidrun Nordflanken ligger 4,5 kilometer nordøst for hovedfeltet og er bygd ut med tre havbunnsinstallasjoner og 11 produksjons- og injeksjonsbrønner. Foreløpig er to produksjonsbrønner satt i gang. Brønnstrømmen går i rørledning til plattformen. Gass fra Heidrun er råstoff for Statoils metanolfabrikk på Tjeldbergodden i Møre og Romsdal. Feltet er fra høsten 2000 knyttet til det kontinentale gassmarkedet gjennom en forbindelse til Åsgard Transport. Bunndypet varierer fra ca. 320 til 370m.

Utslippshistorikk

I Tabell 4.4-1 er det gitt en oversikt over utslipp fra Heidrun de fem siste årene.

Tabell 4.4-1. *Utslippshistorikk for Heidrun, 2000 – 2006.*

Type utslipp /aktivitet	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret							
C					1		0
D	2	1	1			1	0
E	2	2	1				0
F	0	0	2	2			0
TLP	0	0	1	5	5	6	0
Utslipp i tonn av:							
Baritt	7057	5051	3764	4325	3742	1232	0
Borekaks	6568	4624	3650	4397	4892	2609	0
Vannbasert boreslam (m^3)				17739	15629	6354	2741
Oljeholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Esterholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Annet pseudoholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann/oljefor. vann	73,5	66,4	76,3	125	157	248	28
Sementeringskjemikalier	257	444	443	108	307	127	22
Kompletteringskjemikalier	19388	23501	12786	3304	3503	512	30
Andre utslipp av olje(m^3)	0,3	1,6	0,6	11,6	0,2	0,2	0

*: T.o.m. mai

I årene siden siste overvåking har det vært boreaktivitet både ved TLPen og ved de tre bunnrammene D, E og F. De operasjonelle utslippene ved bunnrammene er knyttet til boring med vannbasert boreslam samt utslipp fra sementering og komplettering. Akuttutslippene har mest vært knyttet til uhell ved produksjonen på TLP.

Prøvetaking

Havdypet på Heidrun varierer fra 330 til 376. Sediment bestod av et brunt topplag med leire under. På enkelte stasjoner vanskeliggjorde stein og grus prøvetakingen. Prøvetaking ble gjennomført i henhold til programmet.

Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen:

- HEI-01: Noe mørke partier i en prøve, hvite korn/prikker i to prøver
- HEI-03: Spikler (svamprester)
- HEI-06: Sorte partikler på vannet, H_2S. Olje i bioprøver, spikler
- HEI-07: Sort klump i en prøve. Olje i bioprøver
- HEI-11: Noe sort på overflaten i en prøve. Spikler
- HEI-12: Oljefilm og sorte partier i en prøve
- HEI-15: Olje i en prøve
- HEIN-6: Vanskelig stasjon med hardt sediment og stein.

For øvrig mye spikler på Heidrun Nord.

Stasjonsbetegnelsen på Heidrun er HEI (Heidrun) og HEIN (Heidrun Nord). I resultatkapittelet benyttes kun H og HN.

Utvidet bruk av statistikk

På Heidrun er det utført utvidete statistiske analyser av resultatene for å avdekke eventuelle trender. Under sedimentkarakterisering er det undersøkt hvordan andel TOM korrelerer med andel silt og leire, og det er også undersøkt hvorvidt THC-resultatene og Ba-resultatene fra 2006 er signifikant forskjellige fra 2003. Resultatene gir noen indikasjoner, men til dels høye standardavvik for enkeltmålinger gjør det vanskelig å fastslå om det er påvist signifikante endringer. Denne type statistisk bruk av dataene er kun gjort for Heidrun, og er å oppfatte som en utprøving av statistiske verktøy, og hvordan disse kan nyttiggjøres på en mest mulig hensiktsmessig måte.

4.4.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Sedimentene på Heidrun består i hovedsak av silt og leire (77,8 ± 9,6 %). Variasjonen over feltet er liten, men med innslag av grus på to stasjoner 500m fra senter for Heidrun Nord.

Resultatene fra bestemmelse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.4-2 og en sammenligning med tidligere undersøkelser er gitt i Figur 4.4-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

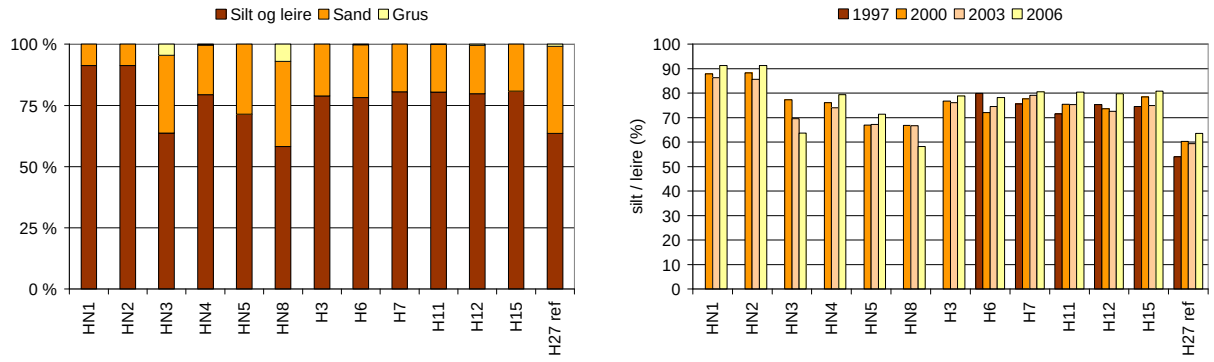
Sammenlignet med 2003 er det ingen åpenbare endringer.

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

Tabell 4.4-2. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Heidrun 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
HN1	35	500	354	5,9	Silt og leire	91,3	8,7	0,0	5,81
HN2	30	1 000	364	5,6	Silt og leire	91,3	8,7	0,0	5,81
HN3	135	500	355	3,4	Silt og leire	63,7	31,7	4,6	4,86
HN4	135	1 000	360	5,6	Silt og leire	79,4	20,2	0,4	5,48
HN5	225	500	358	5,1	Silt og leire	71,4	28,6	0,0	5,20
HN6	225	1 000	350						
HN8	315	500	376	4,1	Silt og leire	58,3	34,8	6,9	4,57
HN9	315	1 000	373						
H1	225	2 000	347						
H2	225	1 000	346						
H3	225	550	347	5,0	Silt og leire	78,9	21,1	0,0	5,47
H6	50	550	350	3,5	Silt og leire	78,2	21,6	0,2	5,44
H7	45	1 000	353	4,5	Silt og leire	80,5	19,5	0,0	5,52
H8	45	2 000	350						
H10	135	2 000	348						
H11	135	1 000	344	4,6	Silt og leire	80,5	19,5	0,1	5,51
H12	120	550	347	3,8	Silt og leire	79,7	19,8	0,4	5,49
H15	305	550	352	4,8	Silt og leire	80,8	19,2	0,0	5,53
H16	315	1 000	354						
H27 ref	315	10 000	330	4,8	Silt og leire	63,6	35,5	0,9	4,85
Gj. snitt*				4,7		77,8	21,1	1,1	5,39
SD *				0,8		9,6	7,8	2,3	0,36
Min.*				3,4		58,3	8,7	0,0	4,57
Max.*				5,9		91,3	34,8	6,9	5,81

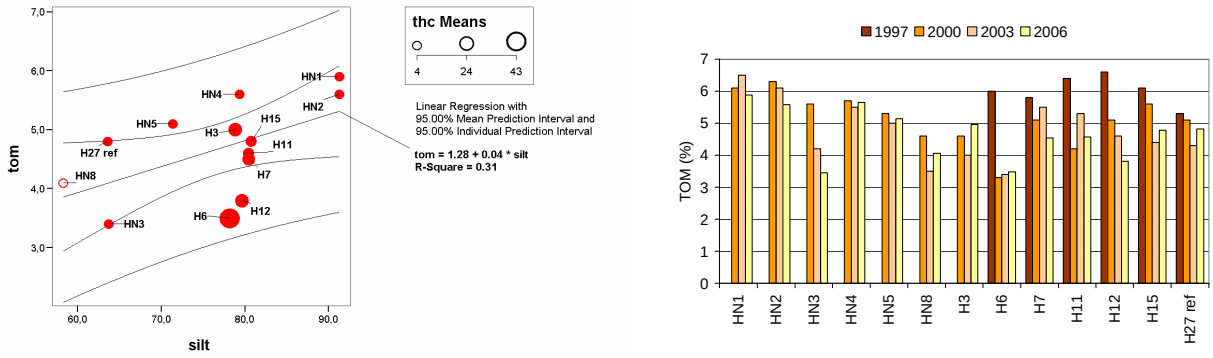
* uten ref.



Figur 4.4-1. *Sedimentkarakteristikk, andel silt og leire, sand og grus, Heidrun 2006 (venstre). Andel silt og leire sammenlignet med tidligere undersøkelser, 1997-2003 (høyre).*

Totalt organisk materiale (TOM)

Andel totalt organisk materiale for Heidrun er gitt i Tabell 4.4-2 og i Figur 4.4-2 (høyre), der også resultater fra tidligere undersøkelser er angitt. TOM og andel silt og leire er gjennomgående i vag overensstemmelse (se Figur 4.4-2, venstre). De to stasjonene som avviker mest er H6 og H12, som har en moderat lavere konsentrasjon av TOM enn innholdet av silt og leire skulle tilsi. Dette er også de to stasjonene med høyest innhold av THC (se Tabell 4.4-3). Mengde TOM er som tidligere relativt høyt (4,7±0,8 %), men innenfor et normalområde for sedimenter med et slikt silt- og leireinnhold.



Figur 4.4-2. *Andel TOM plottet mot andel silt og leire for 2006-undersøkelsen (venstre). Arealet på sirklene er proporsjonal med THC-innholdet i overflatesjiktet. TOM sammenlignet med tidligere undersøkelser, 1997-2003 (høyre).*

4.4.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Innholdet av hydrokarboner på Heidrun i 2006 er vist i Tabell 4.4-3 sammen med PAH, NPD, dekaliner og eter (Aquamul B II) på utvalgte stasjoner. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. Innholdet av THC varierer fra 4 til 43 mg/kg, med en middelverdi på 11±9 mg/kg. Innholdet av PAH er moderat lavere enn i 2003[7]. For NPD er resultatene fra HN5 og H15 i 2006 på samme nivå som i 2003. Middelverdien av NPD på HN6 (225⁇1000m) er svært høy, men standardavviket mellom prøvereplikatene er også høyt. Det er også i 2006 funnet endel eter (Aquamul B II), og da spesielt på to stasjoner i avstand 550m fra senter på Heidrun H6 og H12). Dette er i samsvar med funnene gjort i 2003. Da standardavviket er svært høyt både i 2003 og 2006, er det ikke mulig å vurdere hvorvidt nivåene innebærer en endring fra 2003. En slik flekkvis fordeling er forventet når eteren er knyttet til forurensede borekakspartikler.

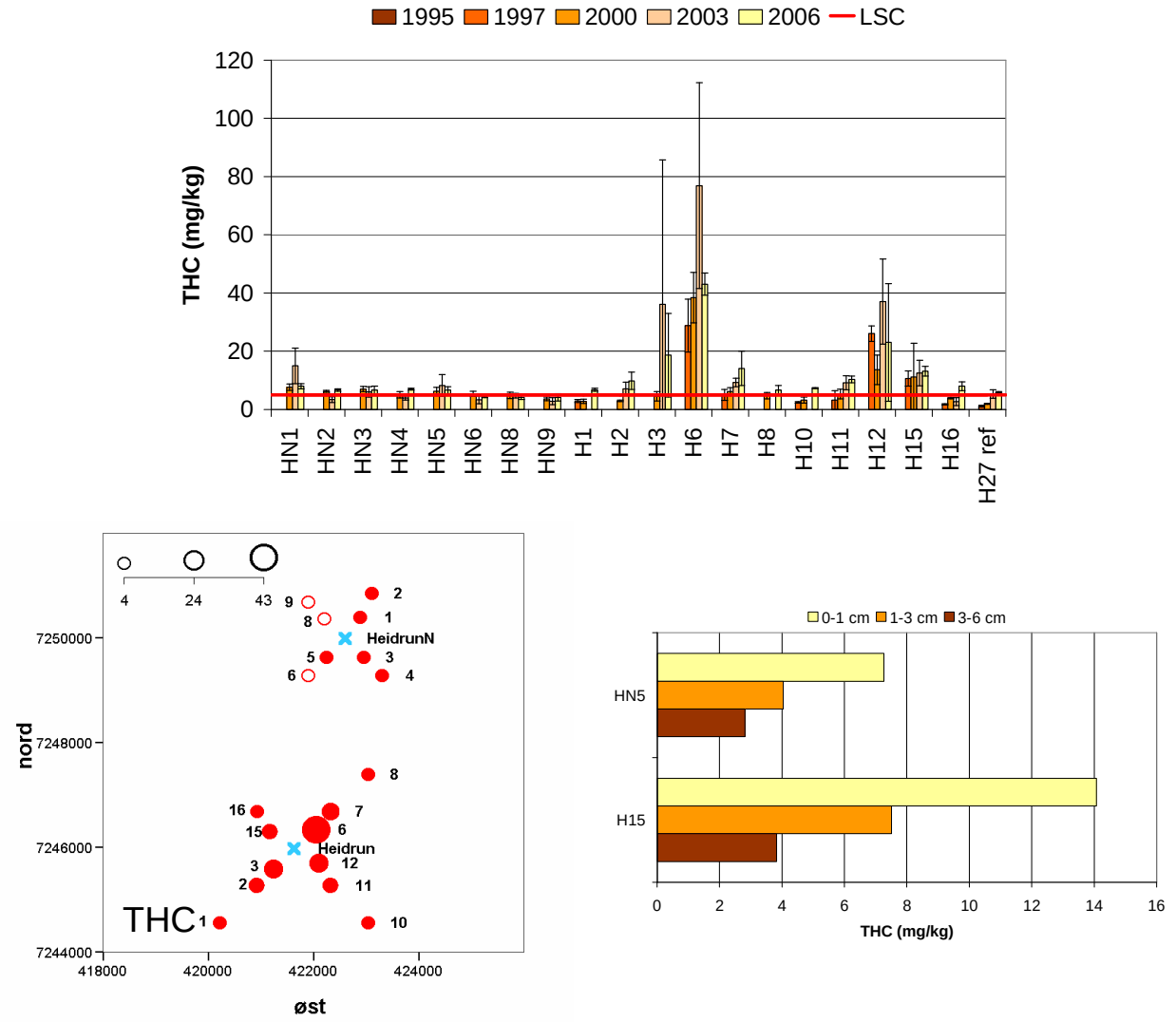
[7] Fra 0,106±0,004 mg/kg i 2003 til 0,077±0,002 mg/kg i 2006 for HN5 og fra 0,136±0,027 mg/kg i 2003 til 0,084±0,008 mg/kg i 2006 for H15.

Tabell 4.4-3. *Gjennomsnittlig konsentrasjoner av hydrokarboner fra 3 prøvereplikater (mg/kg tørt sediment) samt PAH, NPD, dekaliner og eter (Aquamul B II), Heidrun, 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner		ppm Aqua II B (eter)	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
HN1	35	500	**8**	1								
HN2	30	1 000	**7**	0								
HN3	135	500	**7**	1								
HN4	135	1 000	**7**	0								
HN5	225	500	**7**	1	0,077	0,002	0,10	0,00	<0,1	-		
HN5 0-1 cm			**7**		0,078		0,10		<0,1			
HN5 1-3 cm			4		0,069		0,09		<0,1			
HN5 3-6 cm			3		0,072		0,06		<0,1			
HN6	225	1 000	4	0	0,097	0,019	**1,3**	1,0	0,3	0,1		
HN8	315	500	4	1								
HN9	315	1 000	4	1								
H1	225	2 000	**7**	1								
H2	225	1 000	**10**	3							0,4	0,1
H3	225	550	**19**	14							1,6	1,0
H6	50	550	**43**	4							25,3	26,1
H7	45	1 000	**14**	6							0,6	0,1
H8	45	2 000	**7**	2								
H10	135	2 000	**7**	0								
H11	135	1 000	**10**	1							0,6	0,2
H12	120	550	**23**	20	0,099	0,075	**0,55**	0,71	0,1	0,1	19,4	26,7
H15	305	550	**13**	2	0,084	0,008	**0,20**	0,05	<0,1	-	1,6	0,4
H15 0-1 cm			**14**		0,089		**0,25**		<0,1			
H15 1-3 cm			**8**		0,085		**0,13**		<0,1			
H15 3-6 cm			4		0,079		0,09		<0,1			
H16	315	1 000	**8**	2								
H27 ref	315	10 000	**6**	0							<0,2	-
Gj. snitt*			11		0,089		0,54		0,2		7,1	
SD *			9		0,011		0,55		0,1		10,6	
Min.*			4		0,077		0,10		0,1		0,4	
Max.*			43		0,099		1,31		0,3		25,3	
LSC			5		0,129		0,10					

* Uten referansestasjon

I Figur 4.4-3 er THC-resultatene i overflatesjiktet sammenlignet med tidligere undersøkelser - tilbake til 1995 - vist i et søylediagram, og profilen nedover i sedimentet er vist for HN5 (225⁰/500m) og H15 (305⁰/550m). Fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering er også vist. Totalt har 16 av 19 stasjoner på Heidrun og Heidrun Nord THC-konsentrasjoner over LSC. Sjiktene på HN5 og H15 viser lavere nivåer nedover i sedimentet.



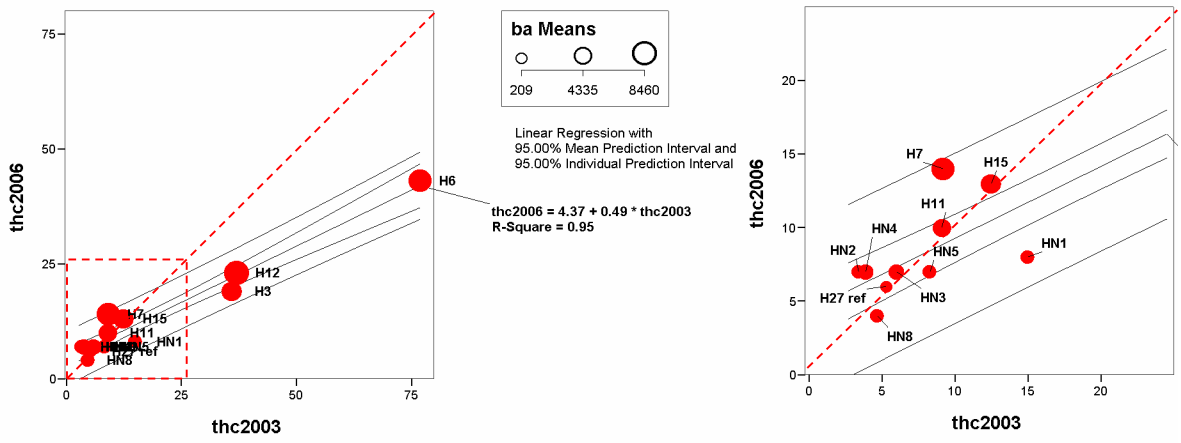
Figur 4.4-3. *Gjennomsnittlig THC-innhold i toppsedimentsjiktet (0-1cm) fra tre prøvereplikater fra Heidrun 2006 og undersøkelser i perioden 1997-2003 (øverst). Konsentrasjoner av THC i sjikt på stasjon HN5 og H15 (høyre). Fordeling av THC på Heidrun (venstre). Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

Stasjonene 550m fra senter på Heidrun utmerker seg med THC-verdier mellom 13 og 43 mg/kg. I retning 45-50° ser vi en gradient fra 4 3 mg/kg ved 550 m til 7 mg/kg ved 2000m. Tilsvarende gradienter observeres i de andre retningene.

Rundt senter av Heidrun Nord er det ikke funnet stasjoner med verdier over LSC i retning 315° og ved 1000m i retning 225° (HN6). THC-nivået for d e andre stasjonene rundt Heidrun Nord er 8 mg/kg eller lavere, dvs. på tilsvarende nivå som grunnlagsundersøkelsen i 2000.

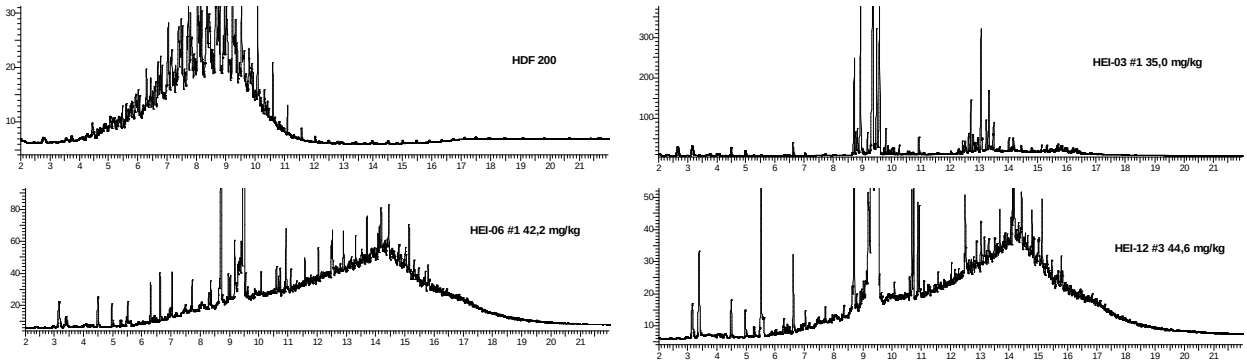
Ved å sammenligne middelverdiene for THC på feltnivå 2006 med middelverdiene for 2003 (se Figur 4.4-4) ser vi at det ikke er grunnlag for å si at det er endringer på stasjoner med konsentrasjoner lavere enn 20 mg/kg. Det individuelle prediksjonsintervallet for 2006 utfra 2003 inkluderer - for verdier lavere enn 20 mg/kg - 2003-nivået. Dette er i overensstemmelse med søylediagrammet i Figur 4.4-3, som viser liten variasjon for nivåer rundt LSC. For H12 (120⁰/550m), H3 (225⁰/550m) og H6 (50⁰/550m) er bil det noe annerledes i det prediksjonsintervallet for 2006 - utfra 2003 - er lavere enn 2003-verdien. Dette er en indikasjon

på at THC-nivået for disse tre stasjonene er noe redusert. Da standardavvikene for enkeltmålingene (Figur 4.4-3) er betydelige, kan ikke denne reduksjonen sies å være signifikant på stasjonsnivå.



Figur 4.4-4. *Gjennomsnittlig THC-innhold i toppsedimentsjiktet (0-1cm) for 2006 sammenlignet med 2003. Lineær regresjonskurve med gjennomsnittlig og individuell prediksjonskurve (95 % konfidensnivå) er vist. Arealet i sirklene er proporsjonalt med konsentrasjonen av barium (2006). Stasjoner der barium ikke er målt – er utelatt. Rød stiplet linje representerer ingen endring. Rødt stiplet kvadrat markerer utsnitt i graf til høyre.*

THC-kromatogrammene for Heidrun (Figur 4.4-5) viser hydrokarboner i hele retensjonsområdet fra n-C_{12}-alkan til n-C_{35}-alkan. Hoveddelen utgjøres av andre hydrokarboner enn boreslamsolje. Aquamul B II eter kan også ses på kromatogrammene der dette er tilstede.



Figur 4.4-5. *Gasskromatogram av sedimentekstrakt, Heidrun 2006. Merk at skalaen på signalhøyde (y-akse) ikke er konstant.*

PFAS

Stasjon H12 (120⁰/550m, 0-1 cm) ble, sammen med en stasjon fra hvert av feltene Njord, Draugen, Norne, Skarv og Hans, analysert for PFAS. Resultatene er i sin helhet presentert Kap. 4.17. Resultatene for Heidrun viser at nivåene ikke er spesielt forhøyet sammenlignet med prøver fra de antatt upåvirkede stasjonene på Skarv og Hans.

Metaller

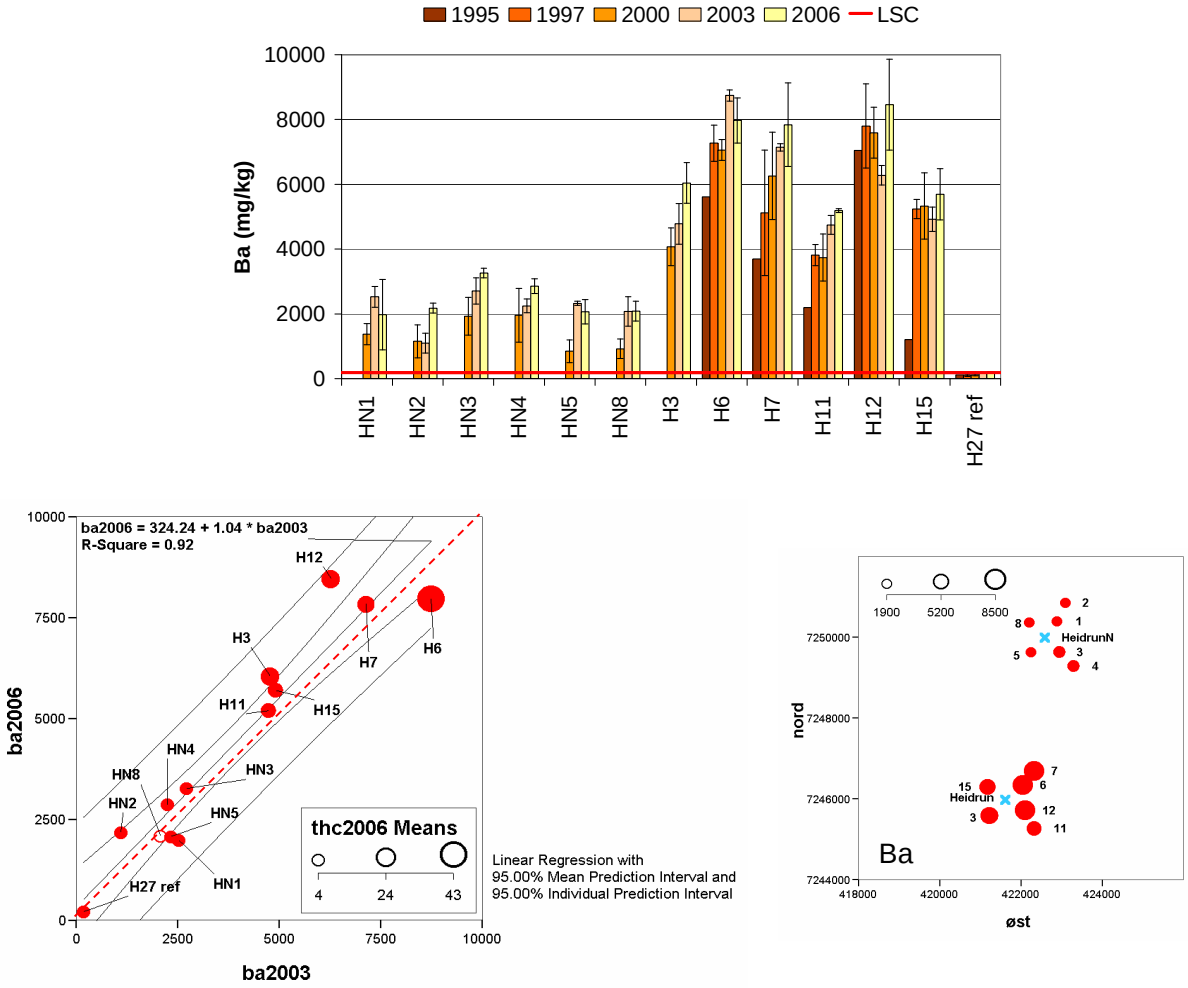
Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.4-4. Bariumnivået er i gjennomsnitt 4640±2530 mg/kg, hvilket innebærer at alle stasjonene på feltet er kontaminert. For de andre metallene er graden av kontaminering mer beskjeden (se Figur 4.4-7).

Tabell 4.4-4. *Gjennomsnittlig konsentrasjoner av metaller fra 3 prøvereplikater (mg/kg tørt sediment) Heidrun 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

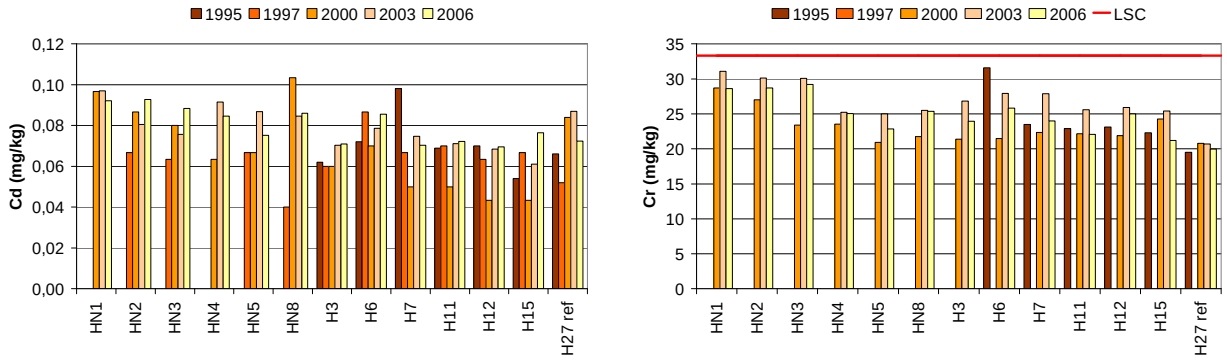
Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
HN1	35/500	**1980**	1090	0,09	0,01	28,6	1,1	**12,4**	0,4			19,2	2,0	55	3
HN2	30/1000	**2180**	154	0,09	0,01	28,7	0,8	**11,8**	0,3			18,0	1,1	53	1
HN3	135/500	**3260**	149	0,09	0,02	29,2	0,9	**12,6**	0,6			14,2	0,5	50	3
HN4	135/1000	**2860**	226	0,08	0,00	25,0	0,5	10,8	0,3			17,4	0,9	48	4
HN5	225/500	**2070**	374	0,08	0,01	22,8	0,3	9,6	0,2	0,26	0,20	14,7	0,7	41	1
HN8	315/500	**2090**	309	0,09	0,02	25,4	3,9	9,7	2,4			13,7	0,9	42	4
H3	225/550	**6040**	626	0,07	0,00	24,0	0,3	10,8	0,7			16,8	2,3	52	13
H6	50/550	**7970**	696	0,09	0,01	25,8	0,3	**24,9**	2,6			**38,8**	4,6	57	6
H7	45/1000	**7840**	1290	0,07	0,01	24,0	0,6	**11,9**	1,5			18,7	3,7	44	2
H11	135/1000	**5190**	60	0,07	0,00	22,1	3,0	9,6	0,4			17,5	1,0	42	4
H12	120/550	**8460**	1400	0,07	0,00	25,0	2,4	**15,2**	2,6			**25,8**	6,0	53	7
H15	305/550	**5690**	790	0,08	0,00	21,2	1,7	11,0	1,2	0,02	0,01	17,8	1,1	41	1
H27 ref	315/10000	**209**	6	0,07	0,01	20,0	0,0	8,7	0,1	0,02	0,00	16,2	0,7	39	1
Gj. snitt*		4636		0,08		25,1		12,5		0,14		19,4		48	
SD *		2533		0,01		2,6		4,2		0,17		6,9		6	
Min. *		1980		0,06		21,2		9,6		0,02		13,7		41	
Max. *		8460		0,09		29,2		24,9		0,26		38,8		57	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

* uten referansestasjon

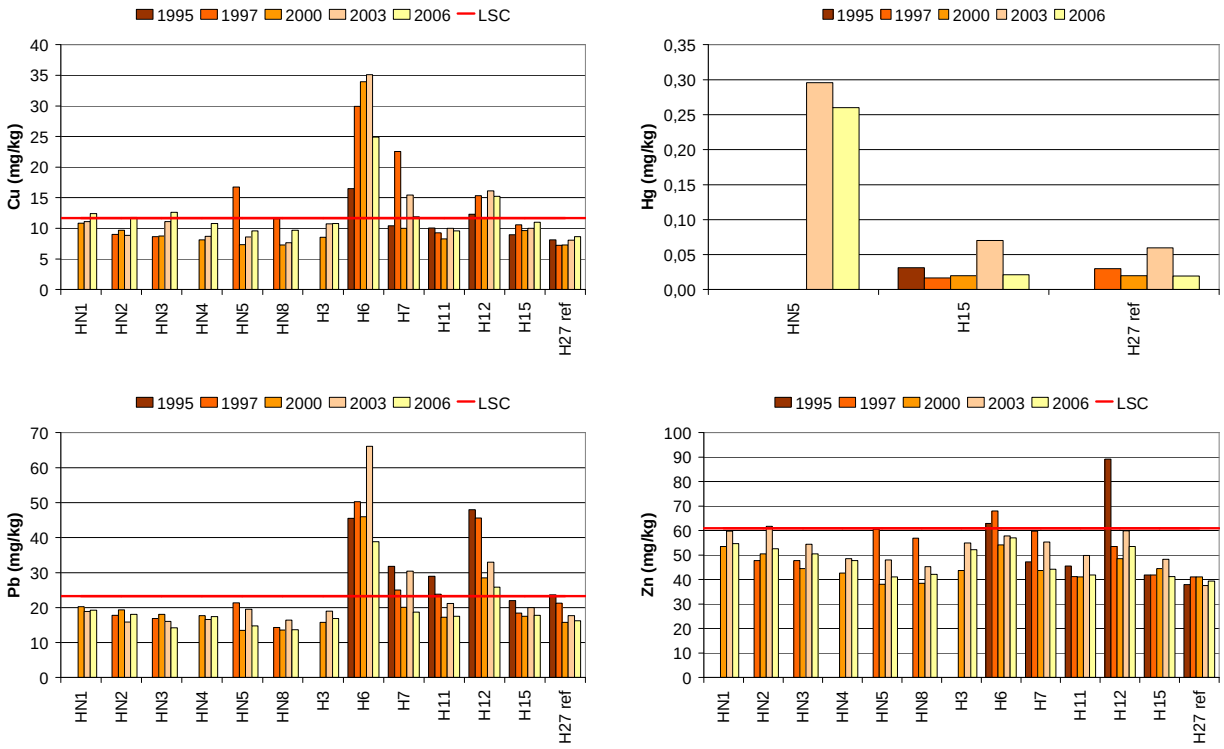
Den største kontamineringen av barium er sentrert rundt Heidrun. Konsentrasjonene i overflatesjiktet rundt Heidrun Nord er lavere, men også betydelige (se Figur 4.4-6, nederst til høyre). Det er ingen signifikante endringer i middelverdiene for 2006 sammenlignet med 2003 (se Figur 4.4-6, nederst til venstre).



Figur 4.4-6 *Gjennomsnittlig bariuminnhold i toppsedimentsjiktet (0-1cm) fra tre prøvereplikater fra Heidrun 2006 og undersøkelser i perioden 1997-2003 (øverst). Gjennomsnittlig bariuminnhold i (0-1cm) for 2006 sammenlignet med 2003 (venstre). Lineær regresjonskurve med gjennomsnittlig og individuell prediksjonskurve (95 % konfidensnivå) er vist. Arealet i sirklene er proporsjonalt med konsentrasjonen av THC (2006). Rød stiplet linje representerer ingen endring. Fordeling av barium på Heidrun (høyre). Feltsenter/bunnramme er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*



Figur 4.4-7 *Gjennomsnittlig innhold av Cd, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn i toppsedimentsjiktet (0-1cm), Heidrun 2006.*



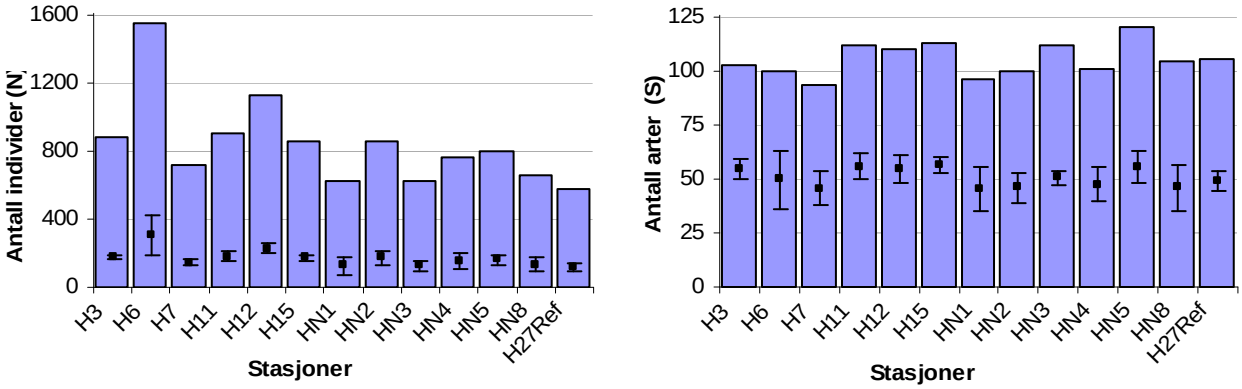
Figur 4.4-7. *forts*.

4.4.4 Biologiske analyser

Tabell 4.4-5 viser antall arter og individer på Heidrun fordelt på dyregrupper. Figur 4.4-8 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Heidrun. Det er til sammen 13 stasjoner på Heidrun og Heidrun N.

Tabell 4.4-5. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Heidrun 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	392	3,6	17	6,7
Polychaeta	7186	65,8	128	50,2
Crustacea	476	4,4	51	20,0
Mollusca	2814	25,8	50	19,6
Echinodermata	58	0,5	9	3,5
Totalt	**10926**	100,0	**255**	100,0



Figur 4.4-8. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Heidrun 2006.*

Diversitet og dominans

Alle stasjoner har tilfredstillende diversitetsindekser som indikerer en relativt upåvirket fauna. Relevante parametre/indekser er oppgitt i Tabell 4.4-6. Stasjon H6 ligger er lavere enn de øvrige.

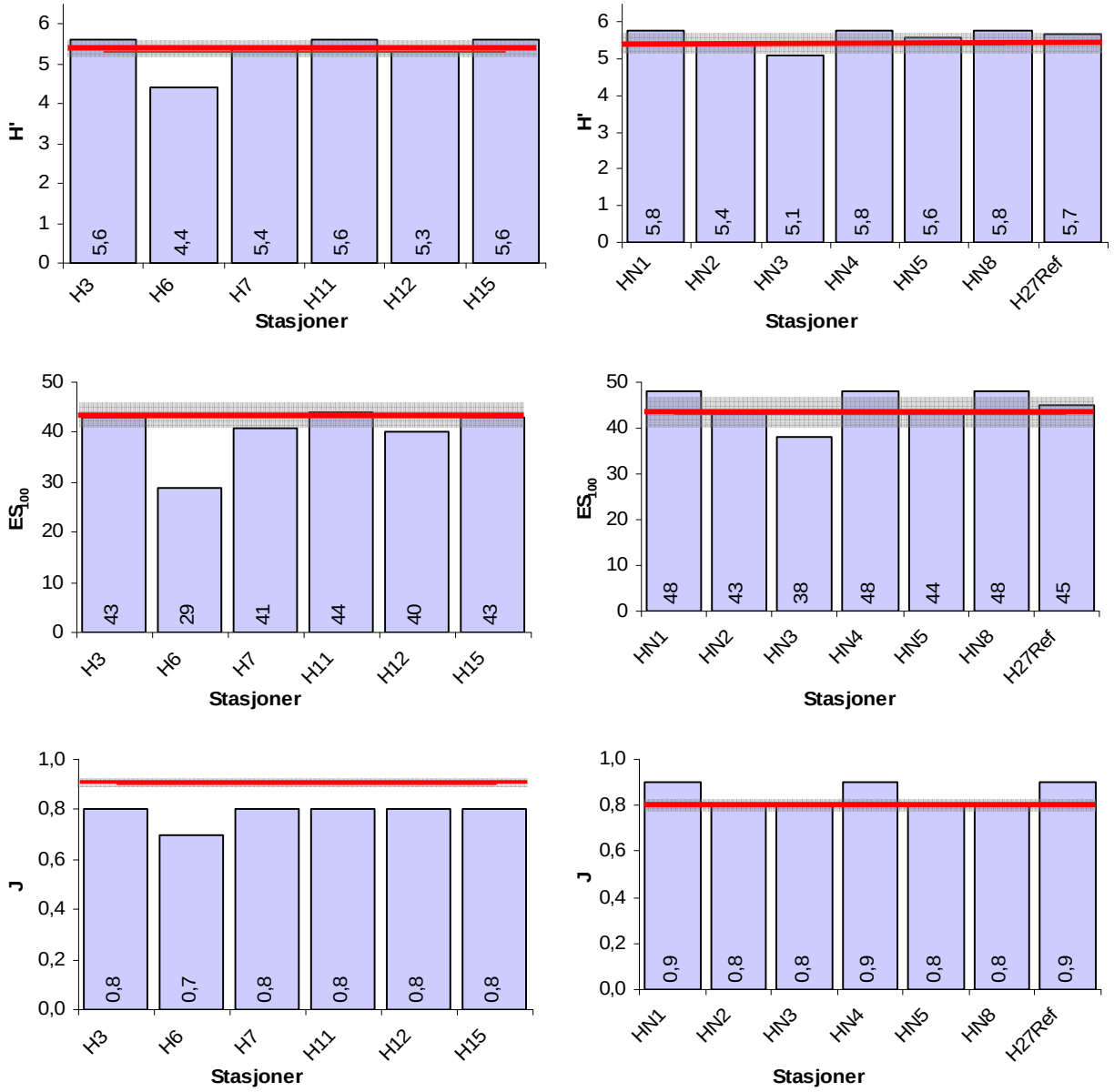
Tabell 4.4-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Heidrun 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 1988 for Heidrun og 1997 for Heidrun N.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
H3	225	550	347	103	878	5,6	0,8	43
H6	50	550	350	100	1547	4,4	0,7	29
H7	45	1 000	353	94	722	5,4	0,8	41
H11	135	1 000	344	112	900	5,6	0,8	44
H12	120	550	347	110	1131	5,3	0,8	40
H15	305	550	352	113	863	5,6	0,8	43
HN1	35	500	365	96	618	5,4	0,8	43
HN2	30	1 000	364	100	856	5,1	0,8	38
HN3	135	500	355	112	626	5,8	0,9	48
HN4	135	1 000	360	101	761	5,6	0,8	44
HN5	225	500	358	120	794	5,8	0,8	48
HN8	315	500	376	105	654	5,7	0,9	45
H27Ref	315	10 000	330	106	576	5,8	0,9	48
NR Heidrun						5,3	0,9	43
St.dev						0,18	0,02	2,3
NR Heidrun Nord						5,4	0,8	43
St.dev						0,22	0,03	3,1

Figur 4.4-9 viser gjennomsnittlig NR (Naturlig Referanseverdi[8]) med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse (stolpediagram). Indekser utenfor

[8] Se kap. 3.2.4 for detaljer

standardavviket indikerer en endring i fohold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.



Stasjon	‰m
H03	225/550
H06	50/550
H07	45/1 000
H11	135/1 000

Stasjon	‰m
H12	120/550
H15	305/550
HN01	35/500
HN02	30/1 000

Stasjon	‰m
HN03	135/500
HN04	135/1 000
HN05	225/500
HN08	315/500
H27Ref	315/10 000

Figur 4.4-9. *Diversitet, jevnhet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Heidrun 2006.*

Verdier innenfor standardavviket viser at forholdene er uforstyrret. Verdier lavere enn standardavviket for to eller flere av parametrene gir en indikasjon på forstyrrelse i faunaen.

Stasjon H6 faller godt under standardavviket på to av parametrene (H' og ES_{100}), noe som indikerer en forstyrrelse i faunaen. Stasjon H12 ligger helt på grensen av standardavviket for diversitetsparameteren H' og noe under for parameteren ES_{100}, noe som ikke nødvendigvis indikerer forstyrrelse.

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.4-7.

Tabell 4.4-7. *Ti mest vanlige artene for hver stasjon, Heidrun 2006.*

10 mest vanlige arter							
H3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**H6**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Paramphinome jeffreysii	93	10,59	10,59	Paramphinome jeffreysii	321	20,75	20,75
Abra longicallus	72	8,20	18,79	Abra longicallus	221	14,29	35,04
Paradoneis lyra	39	4,44	23,23	Paradoneis lyra	207	13,38	48,42
Lumbrineris scopa	37	4,21	27,45	Thyasira equalis	107	6,92	55,33
Spiophanes wigleyi	37	4,21	31,66	Lumbrineris scopa	73	4,72	60,05
Tharyx sp.	33	3,76	35,42	Heteromastus filiformis	65	4,20	64,25
Chaetozone setosa	32	3,64	39,07	Chaetozone setosa	39	2,52	66,77
Levinsenia gracilis	28	3,19	42,26	Yoldiella nana	37	2,39	69,17
Nephtys hystricis	25	2,85	45,10	Cerastoderma minimum	32	2,07	71,23
Euchone incolor	24	2,73	47,84	Tharyx sp.	32	2,07	73,30
H7	**Antall**	**%**	**Kum %**	**H11**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Abra longicallus	77	10,66	10,66	Paradoneis lyra	119	13,22	13,22
Paramphinome jeffreysii	63	8,73	19,39	Abra longicallus	55	6,11	19,33
Paradoneis lyra	37	5,12	24,52	Euchone incolor	50	5,56	24,89
Entalina tetragona	35	4,85	29,36	Octobranchus floriceps	44	4,89	29,78
Lumbrineris scopa	35	4,85	34,21	Lumbrineris scopa	39	4,33	34,11
Nephtys hystricis	34	4,71	38,92	Paramphinome jeffreysii	37	4,11	38,22
Cerastoderma minimum	33	4,57	43,49	Cerastoderma minimum	27	3,00	41,22
Tharyx sp.	33	4,57	48,06	Kelliella miliaris	26	2,89	44,11
Kelliella miliaris	27	3,74	51,80	Chaetozone setosa	24	2,67	46,78
Ophelina abranchiata	18	2,49	54,29	Entalina tetragona	20	2,22	49,00
H12	**Antall**	**%**	**Kum %**	**H15**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Paradoneis lyra	143	12,64	12,64	Abra longicallus	84	9,73	9,73
Paramphinome jeffreysii	121	10,70	23,34	Cerastoderma minimum	49	5,68	15,41
Lumbrineris scopa	78	6,90	30,24	Paramphinome jeffreysii	49	5,68	21,09
Abra longicallus	60	5,31	35,54	Euchone incolor	37	4,29	25,38
Chaetozone setosa	58	5,13	40,67	Lumbrineris scopa	37	4,29	29,66
Paradiopatra quadricuspis	32	2,83	43,50	Chaetozone setosa	33	3,82	33,49
Lumbrineris aniara	31	2,74	46,24	Spiophanes wigleyi	29	3,36	36,85
Heteromastus filiformis	30	2,65	48,89	Kelliella miliaris	28	3,24	40,09
Tharyx sp.	30	2,65	51,55	Paradiopatra quadricuspis	28	3,24	43,34
Glycera lapidum	25	2,21	53,76	Entalina tetragona	27	3,13	46,47

Figur 4.4-7. *forts*.

HN1	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	120	19,42	19,42
Paramphinome jeffreysii	29	4,69	24,11
Abra longicallus	24	3,88	27,99
Entalina tetragona	22	3,56	31,55
Paradiopatra quadricuspis	21	3,4	34,95
Ophelina abranchiata	19	3,07	38,03
Tharyx sp.	19	3,07	41,10
Augeneria tentaculata	18	2,91	44,01
Lumbrineris scopa	18	2,91	46,93
Glycera lapidum	16	2,59	49,51

HN2	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	197	23,01	23,01
Euchone incolor	51	5,96	28,97
Octobranchus floriceps	51	5,96	34,93
Lumbrineris scopa	35	4,09	39,02
Tharyx sp.	35	4,09	43,11
Paramphinome jeffreysii	30	3,5	46,61
Abra longicallus	26	3,04	49,65
Augeneria tentaculata	23	2,69	52,34
Protodorvillea kefersteini	22	2,57	54,91
Lumbrineris aniara	20	2,34	57,24

HN3	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	52	8,31	8,31
Abra longicallus	39	6,23	14,54
Limopsis cristata	31	4,95	19,49
Lumbrineris scopa	24	3,83	23,32
Paradiopatra quadricuspis	24	3,83	27,16
Kelliella miliaris	21	3,35	30,51
Entalina tetragona	20	3,19	33,71
Tharyx sp.	20	3,19	36,9
Augeneria tentaculata	19	3,04	39,94
Fauvelopsidae spp.	17	2,72	42,65

HN4	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	73	9,59	9,59
Euchone incolor	58	7,62	17,21
Entalina tetragona	42	5,52	22,73
Octobranchus floriceps	41	5,39	28,12
Augeneria tentaculata	36	4,73	32,85
Lumbrineris scopa	34	4,47	37,32
Limopsis cristata	29	3,81	41,13
Abra longicallus	28	3,68	44,81
Myriochele oculata	19	2,50	47,31
Terebellides stroemi	18	2,37	49,67

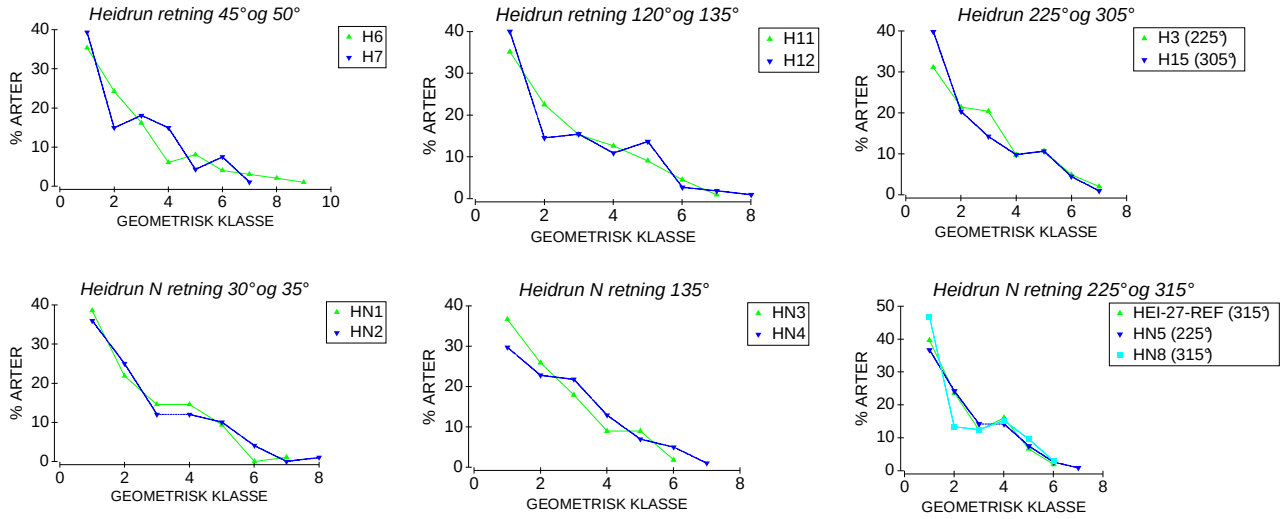
HN5	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	91	11,46	11,46
Octobranchus floriceps	44	5,54	17,00
Euchone incolor	42	5,29	22,29
Augeneria tentaculata	32	4,03	26,32
Golfingia spp.	29	3,65	29,97
Abra longicallus	27	3,40	33,38
Lumbrineris scopa	25	3,15	36,52
Caudofoveata spp.	23	2,90	39,42
Lumbrineris aniara	21	2,64	42,07
Entalina tetragona	19	2,39	44,46

HN8	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	56	8,56	8,56
Spiochaetopterus typicus	46	7,03	15,60
Euchone incolor	37	5,66	21,25
Lumbrineris scopa	24	3,67	24,92
Entalina tetragona	23	3,52	28,44
Limopsis cristata	22	3,36	31,80
Paradiopatra quadricuspis	22	3,36	35,17
Abra longicallus	20	3,06	38,23
Golfingia spp.	20	3,06	41,28
Paradoneis lyra	18	2,75	44,04

HN27-REF	Antall	%	Kum %
Spiochaetopterus typicus	43	7,47	7,47
Kelliella miliaris	37	6,42	13,89
Limopsis cristata	26	4,51	18,40
Chaetozone setosa	26	4,51	22,92
Entalina tetragona	22	3,82	26,74
Lumbrineris aniara	20	3,47	30,21
Cerastoderma minimum	17	2,95	33,16
Abra longicallus	17	2,95	36,11
Paradiopatra quadricuspis	17	2,95	39,06
Limopsis aurita	15	2,60	41,67

Vanlige arter på Heidrun er børstemarkene *Chaetozone setosa* (filter- og sedimentspiser), *Paradoneis lyra* (sedimentspiser), *Paramphinome jeffreysii* (karnivor og sedimentspiser), *Lumbrineris scopa* (karnivor og sedimentspiser) og *Euchone incolor* (filtrerer) samt muslingen *Abra longicallus* (filter- og sedimentspiser). Nevnte arter er vanlige på denne type sediment. Med unntak av H6 hvor de ti dominante artene utgjør mer enn 70 % av individene, utgjør ikke de ti dominante spesielt stor andel av individantallet.

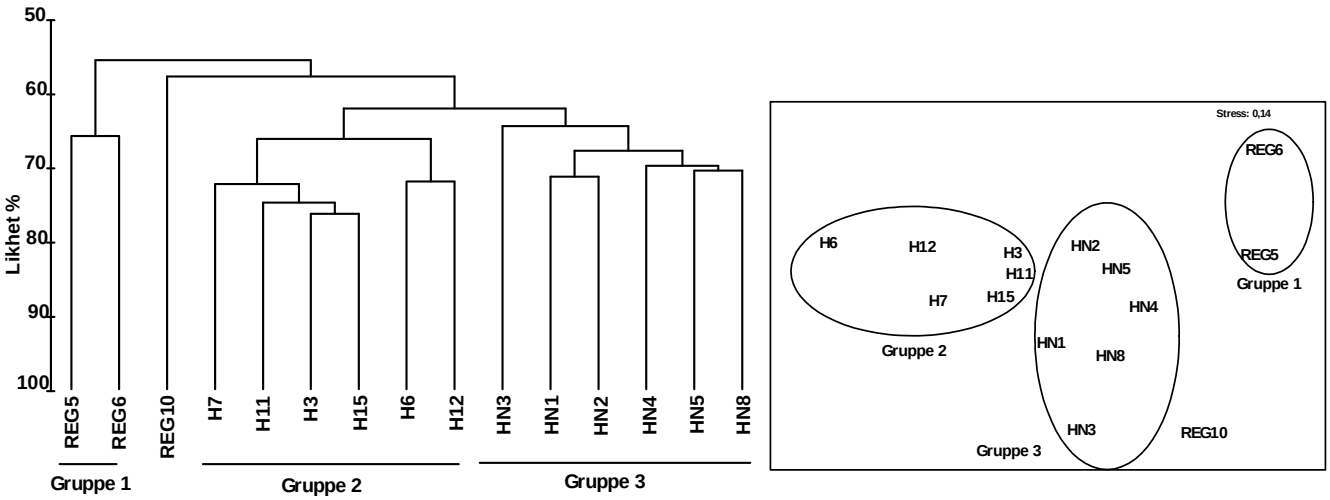
Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.4-10) viser at stasjon H6 inneholder arter i klasse 9. Samme stasjon skilte seg ut mhp. diversitetsindekser og dominans. De øvrige stasjonene viser ingen tegn til forstyrret fauna. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



Figur 4.4-10. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Heidrun 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.4-11.



Figur 4.4-11. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Heidrun 2006. REG10=H27 Ref.*

Analysene viser at stasjonene deler seg i tre hovedgrupper ved ca 55 % likhet og at den regionale stasjonen 10 (H27-Ref) ikke grupperer seg sammen med feltsstasjonene. Det er likevel ca 60 % likhet mellom H27 ref (REG10) og de øvrige Heidrun stasjonene. Heidrun og Heidrun Nord stasjonene grupperer seg i hver sin hovedgruppe (2 og 3) ved ca. 65 % likhet.

Tabell 4.4-8. *Inndeling i hovedfaunagrupper,Heidrun 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1	REG5 og -6	Høyere antall av børstemarkene *N. Hystricis* og *T. Stroemi* samt pølseormen *O. steenstrupi* i forhold til de øvrige stasjonene. Lite antall av børstemarkene *C. setosa* og *P. jeffreysii.*
2	Heidrun feltstasjoner	Overvekt av muslingene *A. longicallus, T. equalis, C. minimum, Y. nana* og *T. ferruginea* samt børstemarkene *P. jeffreysii* og *P. lyra* i forhold til Heidrun Nord.
3	Heidrun Nord feltstasjoner	Overvekt av børstemarken *C. setosa* i forhold til Heidrun stasjonene og de regionale stasjonene.
REG-10		Overvekt av pigghuden *E. hispida* og muslingene *L. aurita* og *K. miliaris* samt av børstemarken *S. typicus*. Mindre antall av børstemarkene *C. setosa, P. jeffreysii* og *E. incolor*

Stasjon H6 og -12 i gruppe 2 skiller seg noe fra de øvrige Heidrunstasjonene hovedsakelig pga. et større antall individer av de mest dominante artene på feltet og spesielt gjelder dette for børstemarken *P. jeffreysii* og *P. lyra* samt for muslingene *T. equalis og A. longicallus.* Sammen med H7 skilte disse to stasjonene seg tydelig ut i 2003. H6 og -12, lokalisert nærmere Heidrunplatformen enn H7, viser fortsatt tegn til forstyrrelse, men i mindre grad enn i 2003. Dette er mest tydelig for H6, som også har lavere diversitetsindekser enn de øvrige stasjonene på Heidrun. Dette støttes også av felt- og laboratorieobservasjoner som oppgir H_2S-lukt og olje i vannet på H6 samt oljefilm i en prøve fra H12.

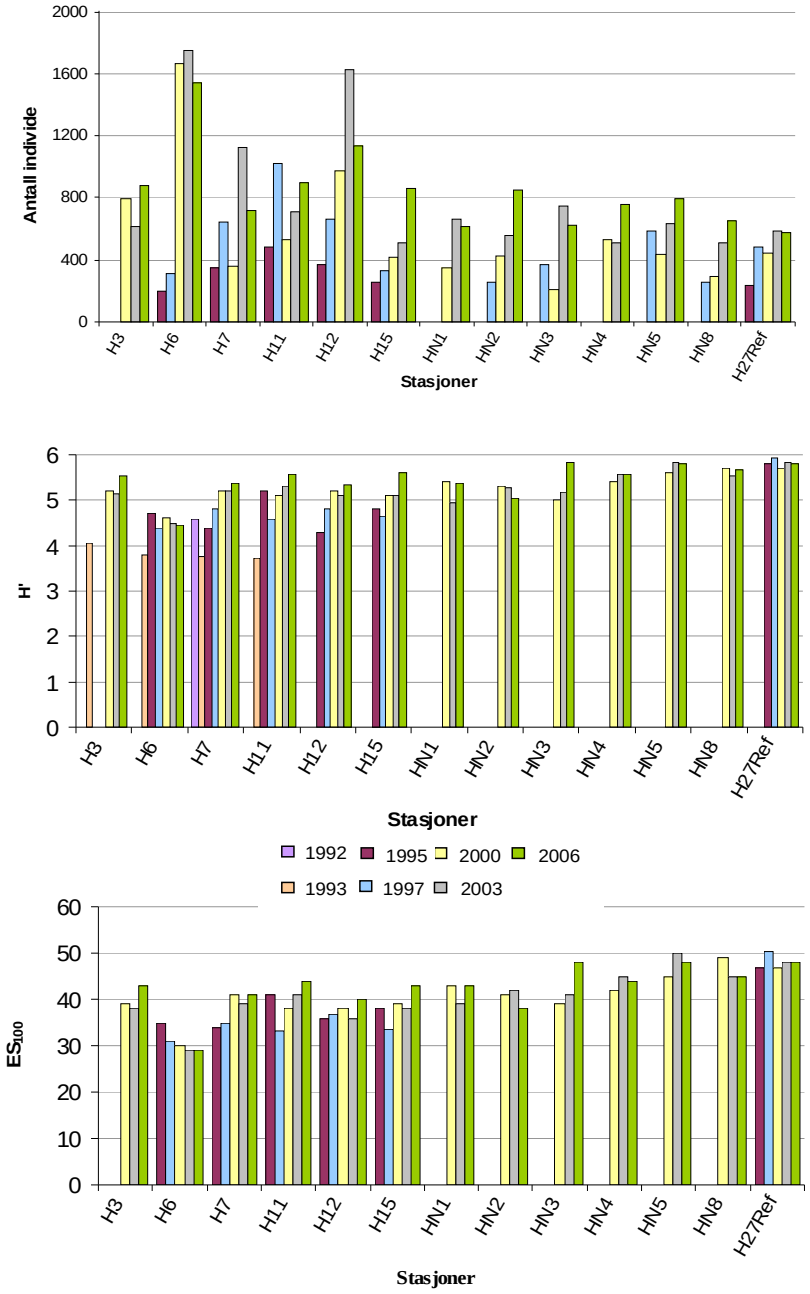
Bioenv-analysen viste høy korrelasjon (0,8) mellom fauna og miljøfaktorene THC, Ba og dyp. Heidrunstasjonene hadde høyest innhold av Ba og THC i sedimentet, etterfulgt av Heidrun Nord stasjonene. De regionale stasjonene hadde lavt innhold av disse parametrene.

Tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene ga korrelasjonsfaktor 0,7 for THC, Ba, Pb, TOM og kornstørrelse. Resultatet bekrefter at faunaforskjeller mellom stasjonene kan relateres til innhold av hydrokarboner i sedimentet.

Sammenligning med tidligere undersøkelser

Diversitet

Diversitetsindeksene fra tidligere undersøkelser er sammenstilt med årets resultater i Figur 4.4-12. Av Heidrunstasjonene er det kun H6 som ikke viser en økning fra 2003. På Heidrun Nord er økningen på HN3 mest tydelig.



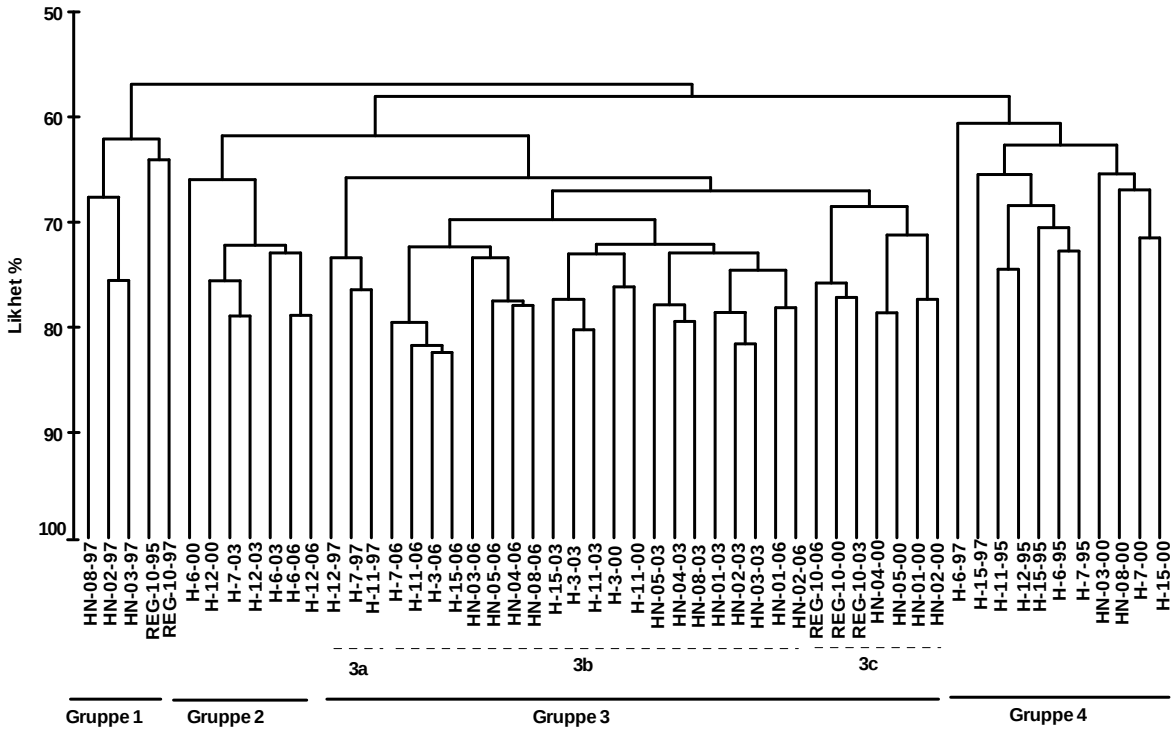
Figur 4.4-12. *Antall individer og diversitetsindeksene H' og ES_{100} på Heidrun fra 1992, 1993, 1995, 1997, 2000, 2003 og 2006. Stasjonene H03, H-06 og H-15 er flyttet mer enn 50m siden 2000.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon er gjennomført på stasjonsnivå for årene 1995, 1997, 2000, 2003 og 2006. Dendrogram er vist i Figur 4.4-13. Analysene viser at stasjonene grovt sett deler seg i 4 hovedgrupper ved ca 55 % likhet. Gruppe 3 kan videre deles inn i 3 undergrupper ved ca 65 % likhet.

Årene 1995 og 1997 fordeler seg i hovedsak over gruppe 1 og 4. Faunaen i disse to hovedgruppene har generelt færre individer av de mest vanlige familiene i gruppe 3 og 2

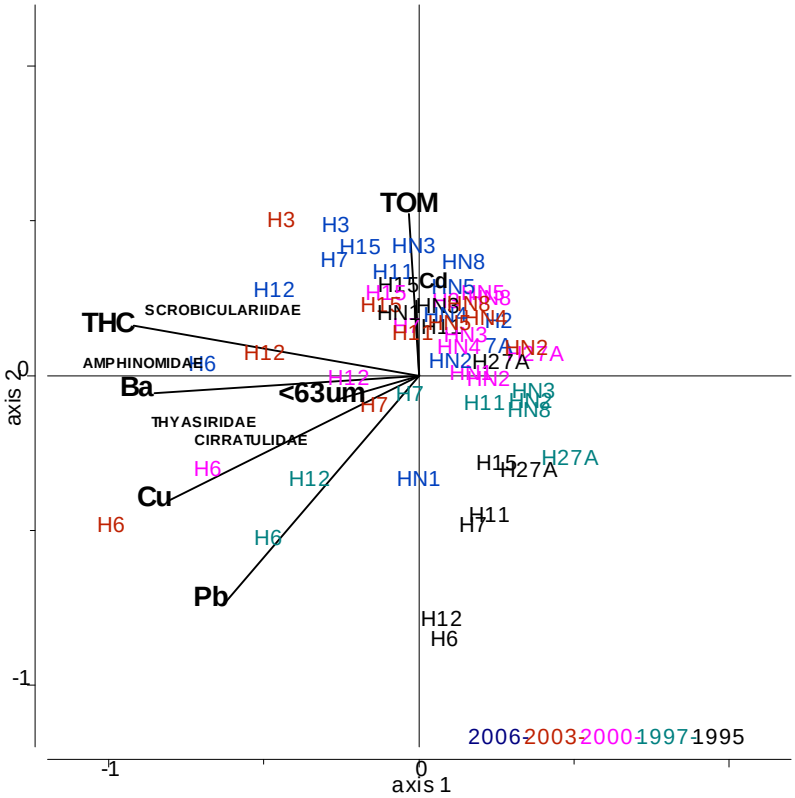
(Amphinomidae, Cirratulidae, Thyasiridae, Scrobiculariaridae, Lumbrineridae, Spionidae og Paranoidae). Videre skiller gruppe 2 seg fra gruppe 3 ved å inneholde vesentlig flere individer innenfor de nevnte familiene. Noen av artene som dominerer innenfor flere av familiene i gruppe 2 er indikatorarter for både THC og organisk materiale. Foruten H6 og H12 fra 2006 inneholder denne gruppen stasjoner som ble betraktet som belastet i 2000 og 2003 (H6, H12 og H7). Siden 2003 har H7 forlatt denne gruppen, noe som indikerer forbedring i faunaen på denne stasjonen. H6 og H12 tilhører imidlertid fremdeles nevnte gruppe. Resultatene fra likhetsanalysen indikerer en fortsatt påvirkning på H6 og H12. H12 viser imidlertid en positiv tendens med økning i diversitetsindeksene, og betraktes som sunnere enn H6. Resultatene stemmer bra overens med konklusjonene fra 2003.



Figur 4.4-13. *Dendrogram stasjonsnivå, Heidrun 1995 - 2006.*

Bioenvanalysen viste en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene THC, Ba, Cr, Cu og TOM. Nivåene av disse parametrene i toppsedimentet samvarierer med faunasammensetningen, og kan forklare de observerte endringene over tid.

Det er også utført en RDA analyse som kobler fauna (responsvariable) og miljøvariablene (forklaringsvariable) THC, Ba, Pb og Cu sammen i programvaren Brodgar. Plottet er vist Figur 4.4-14 og viser at faunaen på stasjonene lengst til venstre for aksen, spesielt stasjon H6 og -12 fra årene 2000, -03 og -06, har høyest innhold av individer innenfor familiene Amphinomidae (hovedsakelig *P. jeffreysii*), Scrobiculariaridae (hovedsakelig *A. longicallus*), Cirratulidae (hovedsakelig *C. setosa*) og Thyasiridae. Disse stasjonene har også høyest innhold av Ba, THC, Cu og Pb i sedimentet. Analysen underbygger klassifikasjonsanalysen over.



Figur 4.4-14. *RDA plott Heidrun 1995 – 2006.*

4.4.5 Konklusjoner

Sedimentene på Heidrun består for det meste av silt og leire med innhold av organisk materiale på mellom 3,4 og 5,9 %, noe som er innenfor normal variasjon for denne type sediment.

16 av 19 stasjoner er funnet kontaminert med THC basert på årets LSC. THC-nivåer over 10 mg/kg er funnet på 7 stasjoner, alle innenfor en radius av 1000 m fra Heidrun. Det er påvist en moderat gjennomsnittlig reduksjon av THC-nivåene på stasjonene H3, H6 og H12 (alle innenfor 550 m fra senter av Heidrun) fra 2003 til 2006. Denne reduksjonen er ikke signifikant på stasjonsnivå. Hoveddelen av påvist THC utgjøres av andre hydrokarboner enn boreslamsolje. På Heidrun Nord er THC-nivåene tilsvarende grunnlagsundersøkelsen i 2000.

12 av 12 stasjoner er funnet kontaminert med barium. Det er ingen signifikante endringer fra 2003 til 2006.

Bunnfaunaen på Heidrun Nord en sunn og uforstyrret. På Heidrun er det en viss påvirkning på H6 og i mindre grad på H12 som begge er plassert 550m fra Heidrun. I 2003 ble H6, -7 og -12 betraktet som påvirket. Resultatene fra 2006 viser en bedring på H7 og H12. H6 og til en viss grad H12 betraktes fremdeles som noe påvirket. Variasjonene innen bløtbunnssamfunnet samvarierer med miljøfaktorene THC og Ba både geografisk og over tid. Heidrunstasjonene har høyere innhold av Ba og THC i sedimentet enn Heidrun Nord, og nivåene av disse parametrene er redusert de siste årene.

4.5 Åsgård

4.5.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Åsgard ligger om lag 200 kilometer fra kysten av Trøndelag og 50 kilometer sør for Heidrun-feltet.



Åsgard består av gassforekomsten Midgard og feltene Smørbukk og Smørbukk Sør med både olje- og gassforekomstene. De tre forekomstene er spredd over et område som er ca 60 km langt og 20 km bredt, men er bygget ut som en samlet enhet. Havdypet i området er 240-310 meter. Saga påviste Midgard i 1981. Statoil fant Smørbukk i 1984 og Smørbukk Sør i 1985. Åsgard-gassen blir transportert i en rørledning til Kårstø, og videre til kundene på kontinentet gjennom rørledningen Europipe II. Oljen som produseres fra produksjonsskipet blir fraktet fra feltet med skytteltankere.

Åsgardfeltet er bygget ut med i alt 52 brønner fordelt på 16 rammer på havbunnen. Fra bunnrammene går produksjonsrør til et produksjonsskip (Åsgard A) for olje og en flytende plattform for produksjon av gass (Åsgard B) og et lagerskip (Åsgard C). Produksjonsskipet Åsgard A var på plass i 1999, og oljeproduksjonen startet opp samme år. Gassproduksjonen startet opp høsten 2000. Ved utgangen av 2000 var det 24 aktive produksjonsbrønner og 10 gassinjeksjonsbrønner. I For å øke produksjonen fra Smørbukk Sør ble det installert en bunnramme med 5 nye oljeprodusenter. Det ble installert en Q-ramme i 2004. De nærmeste bunnrammene til Q er R og S. På R er det etablert 4 stasjoner i en avstand fra 1,5 - 2,5 km fra Q-rammen. Rundt bunnramme S er det 9 stasjoner i en avstand fra 2,0 - 3,7 km fra Q-rammen.

Rundt bunnramme P er det 4 stasjoner i en avstand fra 3,0 - 4,0 km fra Q-rammen. I forståelse med SFT er det ikke gjennomført miljøundersøkelse ved Q-rammen tidligere.

På Åsgardfeltet ble grunnlagsundersøkelsen gjennomført i 1996. Da ble det tatt prøver fra 78 stasjoner rundt de bunnrammene som den gang var planlagt. I den videre oppfølging av miljøpåvirkningen på Åsgardfeltet er det gjennomført miljøundersøkelser som en del av den regionale miljøovervåkingen på Haltenbanken i 1997, 2000 og 2003. I tillegg er det gjennomført en egen undersøkelse på Åsgardfeltet i 1999 i tilknytning til lekkasjer ved reinjeksjon av oljeholdig borekaks.

Utslippshistorikk

Leteboring har blitt gjennomført over en lengre periode i området. Brønnene har blitt boret med vannbasert borevæske. En oversikt over utslipp fra Åsgard for de seks siste årene er gitt i Tabell 4.5-1.

Siden 2003 har det kun vært boreaktivitet på bunnramme Q og N. De operasjonelle utslippene ved bunnrammene er knyttet til boring med vannbasert boreslam samt utslipp fra sementering og komplettering. Ved bruk av oljebasert slam har dette blitt injisert eller tatt til land. Det har forekommet mindre akuttutslipp av oljebasert slam i de siste årene.

Tabell 4.5-1. *Utslippshistorie for Åsgard, 2000 – 2006.*

Type utslipp /aktivitet	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006***
Antall brønner boret på bunnramme:							
E	1	0	0	0	0	0	
J	1	0	0	0	0	0	
H	2	1	0	0	0	0	
M	1	3	1	0	0	0	
N	1	2	0	0	1	0	
P	0	1	0	0	0	0	
S	0	1	0	0	0	0	
X	3	0	0	0	0	0	
Z	0	1	0	0	0	0	
Q	0	0	0	0	3	1	
Utslipp i tonn av:							
Baritt	3577	2731	196	0	372	156	
Borekaks	10843	9218	675	0	2581	1136	
Vannbasert boreslam (m^3)	16722	12943	962	0	3115	1031	
Oljeholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	
Esterholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	
Annet pseudoholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	
Olje i produsert vann/oljefor. vann	3,1	7	5,5	5	8,9	11,2	
Sementeringskjemikalier	136	74	86	0	25	19	
Kompletteringskjemikalier	6207	6589	5517	558	1407	1872	
Andre utslipp av olje (m^3)	1,5	2,3	36,9	0,6	1,1	8,0	

*: Frem til 1. juni 2006

Prøvetaking

Sedimentet på Åsgard bestod av leire dekket av et brunt overflatelag. På en del av lokalitetene var det en del grus og stein i leira, noe som gjorde det vanskelig å få gode prøver. Havdypet varierte fra 270 til 304m. Posisjonen til Q-rammen (installert i 2004) er endret i forhold til programmet, noe som medfører at samtlige stasjoner ved denne rammen er forskjøvet.

Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen:

- ÅS-S01: Mørke partier i dypere lag
- ÅS-N03: Rester av døde koraller
- ÅS-N04: Rester av døde koraller
- ÅS-Q01: Olje i alle grabber
- ÅS-Q03: Olje i alle grabber

I rapporten er prefiksen ÅS- fjernet fra stasjonsnavnene for å spare plass i figurer og tabeller.

4.5.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

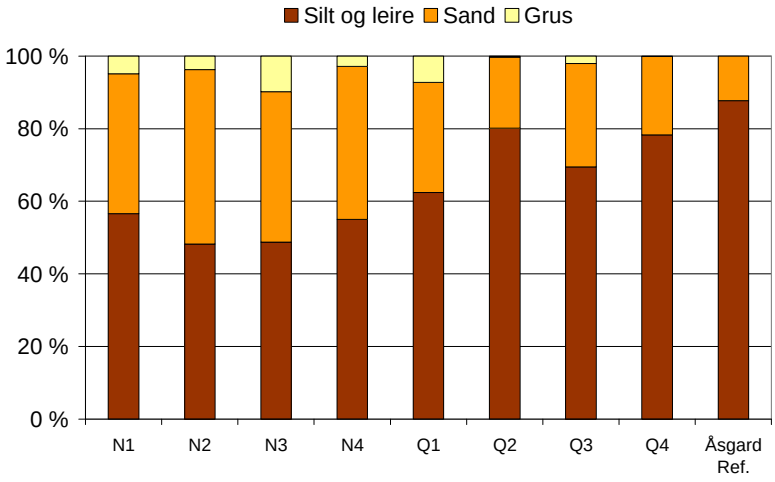
Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.5-2. En sammenligning med tidligere resultater (1996-2003) er gitt i Figur 4.5-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.5-2. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Åsgård 2006.*

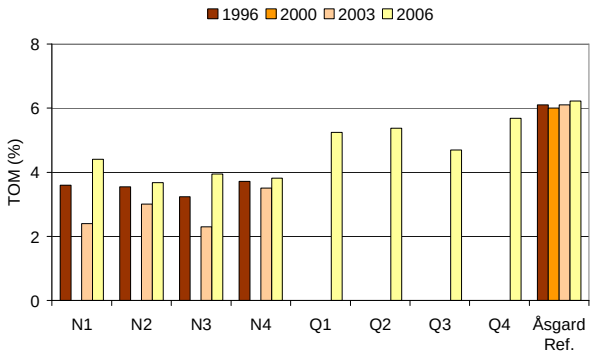
Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt og leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
N1	70	500	272	4,40	Veldig fin sand	56,6	38,5	4,8	4,47
N2	155	500	270	3,68	Veldig fin sand	48,2	48,0	3,8	3,90
N3	256	500	276	3,94	Veldig fin sand	48,7	41,4	9,8	3,87
N4	335	500	278	3,82	Veldig fin sand	55,0	42,1	2,8	4,37
Q1	60	500	303	5,24	Silt og leire	62,5	30,3	7,3	4,80
Q2	150	500	301	5,38	Silt og leire	80,1	19,6	0,3	5,50
Q3	240	500	301	4,70	Silt og leire	69,5	28,4	2,0	5,12
Q4	330	500	304	5,68	Silt og leire	78,3	21,5	0,1	5,45
Åsgard Ref.			295	6,22	Silt og leire	87,7	12,3	0,0	5,72
Gj. snitt*				4,61		62,4	33,7	3,9	4,68
SD *				0,77		12,5	10,3	3,4	0,64
Min.*				3,68		48,2	19,6	0,1	3,87
Max.*				5,68		80,1	48,0	9,8	5,50

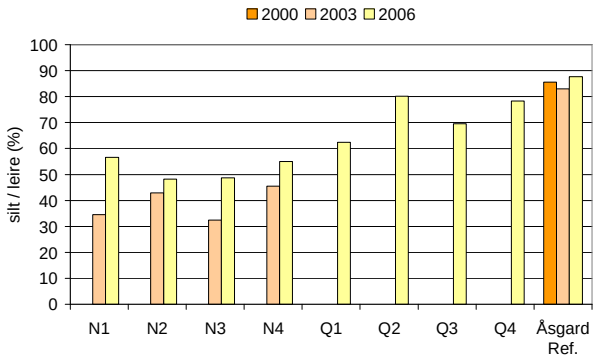
* uten Åsgård Ref

Sedimentene på installasjon N på Åsgård består vesentlig av veldig fin sand, mens på den noe dypere installasjon Q er det silt og leire som dominerer. Innholdet av grus er høyest på stasjon N3 med 9,8 %, på Q1 er innholdet av grus 7,3 %, på de øvrige stasjonene er det mindre enn 5 % grus. På installasjon N ble det analysert for kornstørrelse også i 2003, og sammenlignet med resultatene dengang har andelen silt og leire økt i 2006. Andel silt og leire har vært tilnærmet uforandret på referansestasjonen siden 2000.



Figur 4.5-1. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) på Åsgård 2006 sammenlignet med tidligere år (1996-2003). Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst.*





Figur 4.5-1. *forts.*

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.5-2, mens en sammenligning med tidligere års resultater (1996-2003) er gitt i Figur 4.5-1. Innholdet av totalt organisk materiale er relativt høyt (4-6 %), og det er høyere på installasjon Q enn på installasjon N. På installasjon N ble det også bestemt TOM i 1996 og 2003. Det har vært en økning sammenlignet med resultatene fra 2003, og resultatene i 2006 er mer på nivå med resultatene i 1996. Økningen i totalt organisk materiale er generelt i overensstemmelse med økningen i andel silt og leire. Innholdet av totalt organisk materiale på referansestasjonen er tilnærmet uforandret i perioden 1996-2006.

4.5.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.5-3. I Figur 4.5-2 er årets THC-resultater sammenlignet med tidligere resultater (1997-2003). Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.5-3 er representative gasskromatogram for Stasjonene Q1, Q3 og M1 vist.

Tabell 4.5-3. *Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrokarboner fra tre paralleller (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Åsgård 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

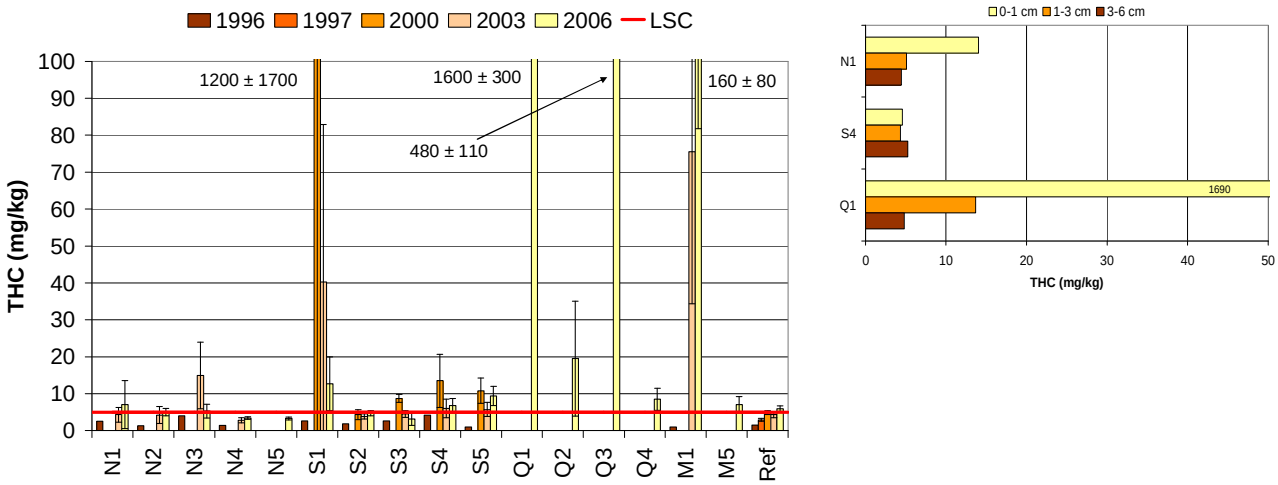
Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
N1	70	500	**7**	6	0,067	0,040	**0,20**	0,24	< 0,1	-
N1, 0-1 cm, #1	70	500	**14**		0,075		0,10		< 0,1	
N1, 1-3 cm, #1	70	500	5		0,074		0,08		< 0,1	
N1, 3-6 cm, #1	70	500	4		**0,643**		**0,32**		< 0,1	
N2	155	500	5	1						
N3	256	500	5	2						
N4	335	500	3	0						
N5	240	1 000	3	0						
S1	75	500	**13**	7						
S2	160	500	5	1						

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

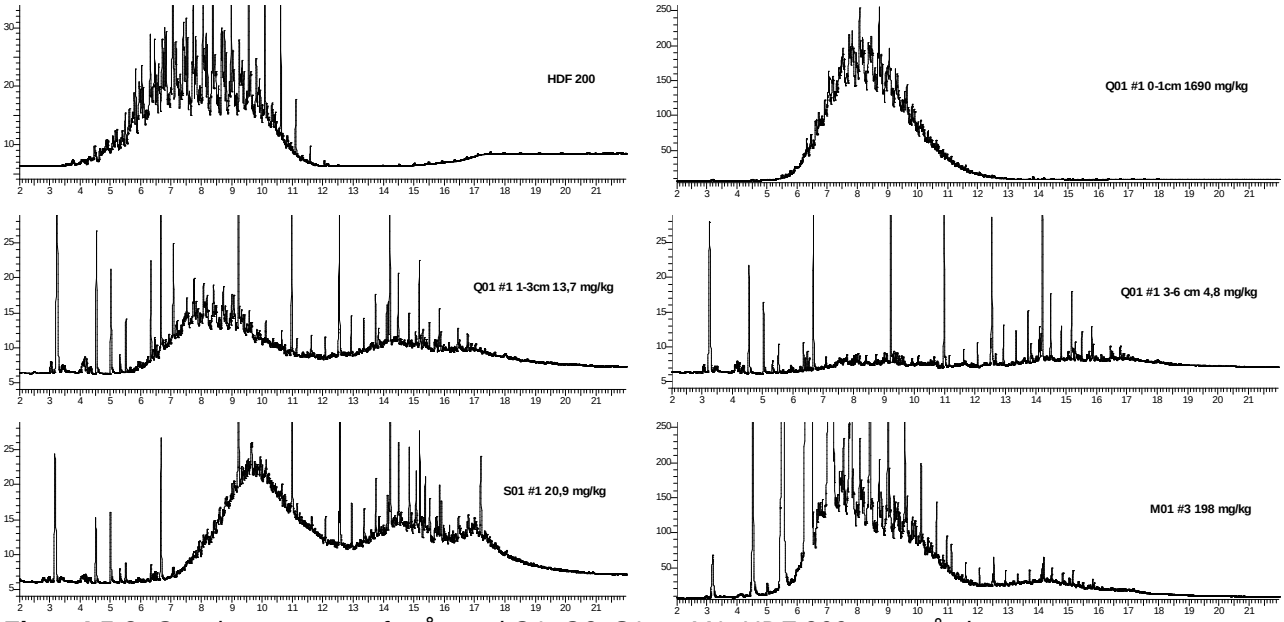
Tabell 4.5-3. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
S3	235	502	3	2						
S4	20	500	**7**	2						
S4, 0-1 cm, #2	20	500	5							
S4, 1-3 cm, #2	20	500	4							
S4, 3-6 cm, #2	20	500	5							
S5	75	1 000	**9**	3						
Q1	60	500	**1631**	255	**0,246**	0,085	**1,74**	0,76	**64,2**	0,8
Q1, 0-1 cm, #1	60	500	**1690**		**0,208**		**1,24**		63,6	
Q1, 1-3 cm, #1	60	500	**14**		0,094		0,09		0,2	
Q1, 3-6 cm, #1	60	500	5		0,087		0,06		0,1	
Q2	150	500	**20**	16						
Q3	240	500	**478**	105	**0,155**	0,036	**0,55**	0,31	15,2	3,6
Q4	330	500	**8**	3						
M1	60	500	**165**	83	0,093	0,011	**0,73**	0,29	2,0	1,1
M5	60	1 000	**7**	2						
Åsgard Ref			**6**	1	0,109	0,005	**0,11**	0,01	< 0,1	-
Gj. snitt*			165		0,174		0,51		24,2	
SD *			461		0,176		0,57		31,3	
Min.*			3		0,067		0,06		0,1	
Max.*			1690		0,643		1,74		64,2	
LSC			5,2		0,129		0,10			

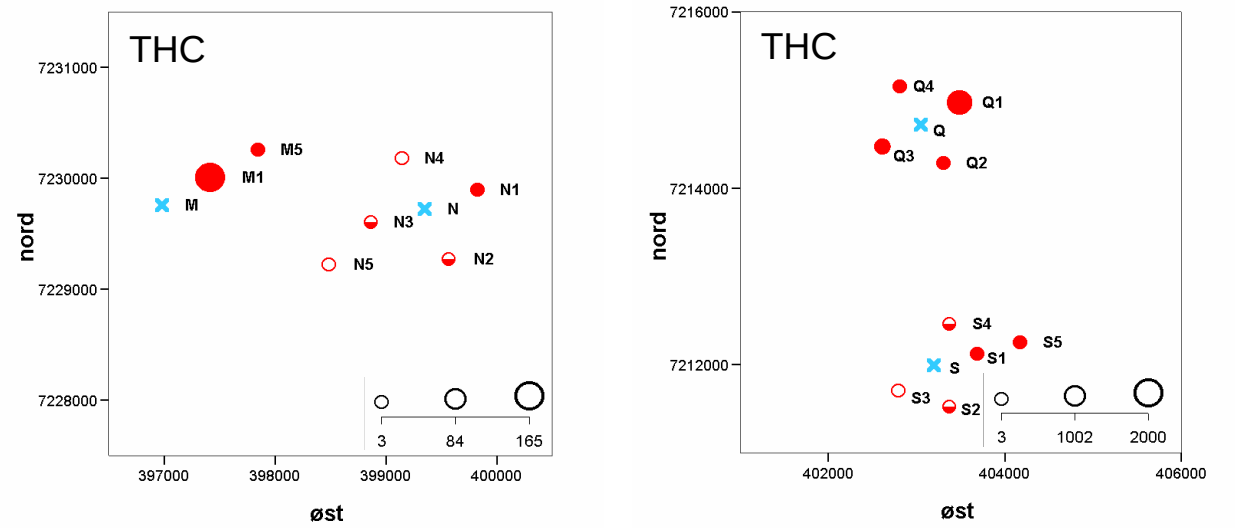
*: Eks. Åsgard Ref



Figur 4.5-2. *Gjennomsnittlig THC innhold i sediment (0-1cm) på Åsgard 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (1997-2003). Konsentrasjon av THC i sjikt på Stasjon N1, S4 og Q1 (Åsgard 2006).*



Figur 4.5-3. *Gasskromatogram for Åsgard Q1, Q3, S1 og M1. HDF 200 er også vist.*



Figur 4.5-4. *Fordeling av THC på Åsgard relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene innen hvert av plottene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

Prøver fra bunnramme N ble også analysert i 2003, bortsett fra N5. Nivåene i 2006 er lave, og på samme nivå eller lavere enn i 2003. På bunnramme S er det også påvist lave konsentrasjoner av THC, bortsett fra på S1. Her ble THC-konsentrasjonen i 2000 målt til 1200 mg/kg, og i 2003 hadde den sunket til 40 mg/kg. I 2006 har den sunket ytterligere og er nå 13 mg/kg, men det er fortsatt tydelig spor av boreslamolje. Høyeste påviste THC-konsentrasjon på Åsgard (1600 ± 300 mg/kg) er påvist på stasjon Q1 plassert 500m fra Q-rammen som ble installert i 2004. Kromatogrammet viser at i 0-1 cm sjiktet på Q1 er det en profil tilsvarende boreslamsolje. Profilen/toppen er også tydelig for 1-3 cm sjiktet, og her er konsentrasjonen 14 mg/kg. I 3-6 cm sjiktet er det ikke spor av boreslamolje. I Q3 er det påvist 480 ± 110 mg/kg THC. Dette er også tydelig boreslamolje. Ingen av stasjonene på bunnramme Q er analysert

tidligere. På bunnramme M er det påvist forhøyet THC-konsentrasjon på M1, verdien er høyere enn i 2003, men også i 2003 ble det påvist forhøyede THC-konsentrasjon ved M1. Resultatene fra 2003 og 2006 har begge stort standardavvik, og det er usikkert om det har vært noen signifikant økning fra 2003. Det er ikke funnet forhøyet THC-verdier på referansestasjonen, og nivået er som tidligere.

Det er påvist forhøyede nivåer av PAH, NPD og dekaliner i toppsjiktet (0-1 cm) på Q1 og Q3. På M1 er det påvist forhøyede nivåer av NPD og dekaliner i toppsjiktet (0-1 cm). Dette stemmer overens med det som ble obeservert på M1 i 2003. I N1, sjikt 3-6 cm, er det påvist forhøyede PAH og NPD-resultater, men lavt nivå av THC. I 2003 ble det påvist tilsvarende forhøyede verdier av PAH og NPD i 1-3 cm sjiktet på N1.

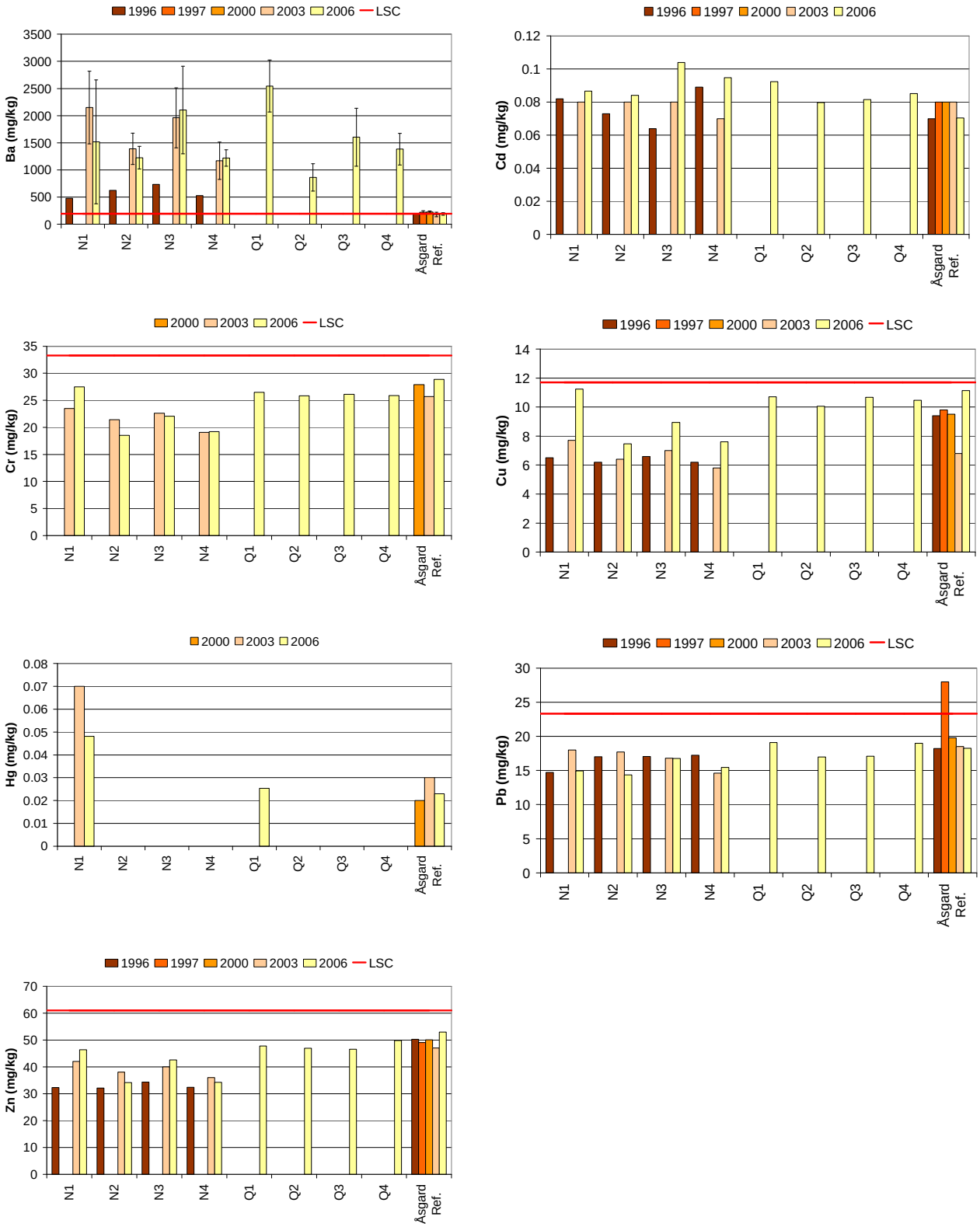
Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i sedimentet er gitt i Tabell 4.5-4. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.5-5 er årets metallresultater sammenlignet med tidligere års resultater (1996-2003). Figur 4.5-6 viser fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering.

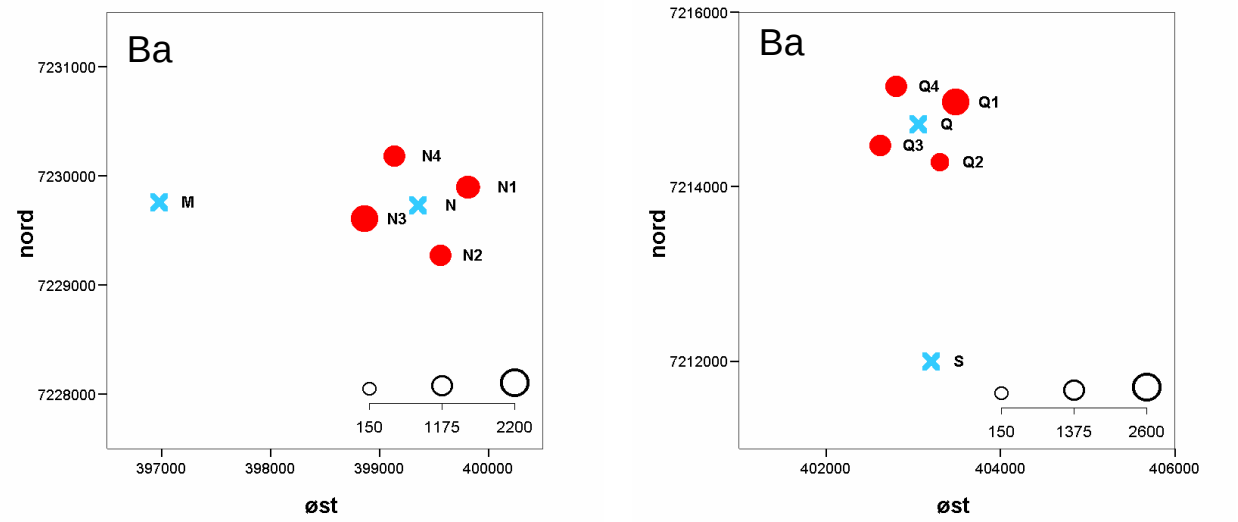
Tabell 4.5-4. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Åsgard 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
N1	70/ 500	**1520**	1140	0,09	0,02	27,5	3,2	11,2	0,3	0,05	0,06	15,0	4,5	46	0
N2	155/ 500	**1230**	208	0,08	0,00	18,5	1,1	7,5	0,2			14,4	0,6	34	1
N3	256/ 500	**2100**	808	0,10	0,03	22,1	1,8	8,9	1,2			16,8	2,6	43	9
N4	335/ 500	**1220**	151	0,09	0,01	19,2	0,2	7,6	0,2			15,4	0,4	34	1
Q1	60/ 500	**2550**	478	0,09	0,00	26,5	0,7	10,7	0,3	0,03	0,00	19,1	1,9	48	4
Q1, 0-1 cm	60/ 500	**3030**		0,09		26,0		10,3		0,02		18,1		52	
Q1, 1-3 cm	60/ 500	**486**		0,06		27,5		10,5		0,02		18,0		47	
Q1, 3-6 cm	60/ 500	70		0,06		22,8		8,1		0,02		12,4		41	
Q2	150/ 500	**861**	253	0,08	0,00	25,8	0,3	10,1	0,2			17,0	0,9	47	2
Q3	240/ 500	**1600**	533	0,08	0,01	26,1	0,7	10,7	0,3			17,1	3,7	47	3
Q4	330/ 500	**1380**	291	0,09	0,00	25,9	0,2	10,5	0,3			19,0	0,3	50	3
Åsgard Ref.		189	22	0,07	0,00	28,8	0,6	11,1	0,1	0,02	0,00	18,2	0,1	53	1
Gj. snitt*		1459		0,08		24,4		9,6		0,03		16,6		44	
SD *		863		0,01		3,2		1,4		0,01		2,1		6	
Min. *		70		0,06		18,5		7,5		0,02		12,4		34	
Max. *		3030		0,10		27,5		11,2		0,05		19,1		52	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

*: Eks. Åsgard ref.



Figur 4.5-5. *Gjennomsnittlig innhold av metaller i sediment (0-1 cm) på Åsgard 2006 sammenlignet med tidligere års resultater (1996-2003).*



Figur 4.5-6. *Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering på Åsgard. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene innen hvert av plottene. Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler.*

I årets undersøkelse er det funnet forhøyede Ba-konsentrasjoner på alle de undersøkte stasjonene. Høyeste gjennomsnittlige Ba-konsentrasjon er funnet på Q1 med 2600 ± 500 mg/kg. På Q-rammen varierer Ba-konsentrasjonen mellom 850-2600 mg/kg, og på N-rammen er variasjonen i Ba-konsentrasjon 1200-2100 mg/kg. Q-rammen ble installert i 2004 og er ikke undersøkt tidligere. På Q1 inneholder sjiktet 1-3 cm 480 mg/kg Ba, og i sjiktet 3-6 cm er det påvist 70 mg/kg Ba. Nivået i 1-3 cm sjiktet er altså høyere enn grensen for signifikant kontaminering (LSC). Det er ikke funnet forhøyede verdier av de øvrige undersøkte elementene på Q-rammen eller N-rammen. På stasjoner som er undersøkt tidligere er nivåene i årets undersøkelse stort sett på samme nivå som tidligere. På referansestasjonen er det funnet lave verdier av alle elementene og konsentrasjonene er på nivå med tidligere undersøkelser.

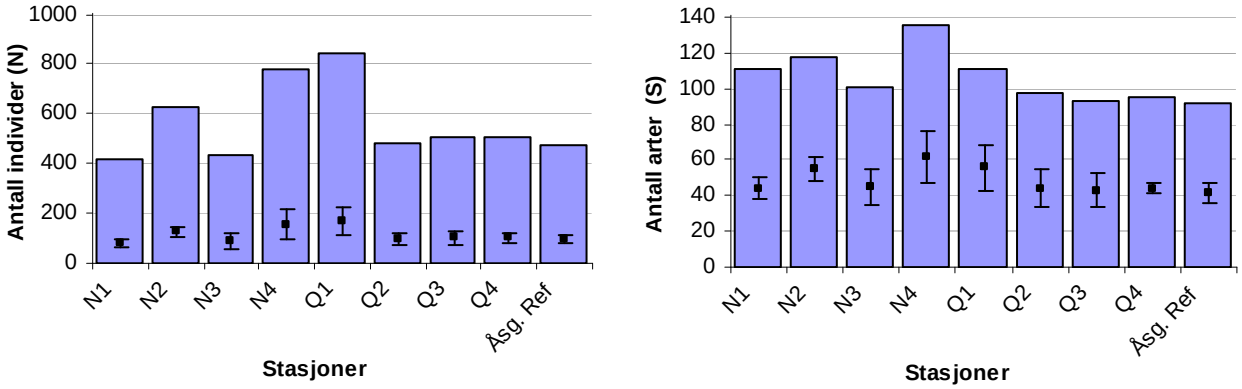
4.5.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

Tabell 4.5-5 viser antall arter og individer på Åsgard fordelt på dyregrupper. Figur 4.5-7 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Åsgard.

Tabell 4.5-5. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Åsgard 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	263	5,2	16	6,4
Polychaeta	3112	61,4	120	48,0
Crustacea	262	5,2	53	21,2
Mollusca	1322	26,1	48	19,2
Echinodermata	112	2,2	13	5,2
Totalt	**5071**	100,0	**250**	100,0



Figur 4.5-7. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Åsgard 2006.*

Alle stasjoner har høye diversitetsindekser som indikerer en upåvirket fauna. Relevante parametre/indekser er oppgitt i Tabell 4.5-6. Stasjon N3 og N4 er betegnet som vanskelig pga. stein, grus og hard leire, og prøvene herfra var relativt små. Antall individer på disse to stasjonene var lavere enn de øvrige stasjonene ved N-rammen.

Tabell 4.5-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Åsgard 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 1996 samt REG6-05, REG6-09 og REG6-10.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
N1	70	500	272	111	415	6,1	0,9	55
N2	155	500	270	117	625	6,1	0,9	53
N3	256	500	276	101	437	6,0	0,9	53
N4	335	500	278	135	781	6,1	0,9	52
Q1	60	500	303	111	845	5,5	0,8	43
Q2	150	500	301	97	484	5,7	0,9	47
Q3	240	500	301	93	506	5,7	0,9	46
Q4	330	500	304	95	503	5,7	0,9	46
Åsgard Ref			295	92	475	5,6	0,9	45
NR						**5,9**	**i.s.**	**51**
SD						**0,34**	**i.s.**	**5,7**

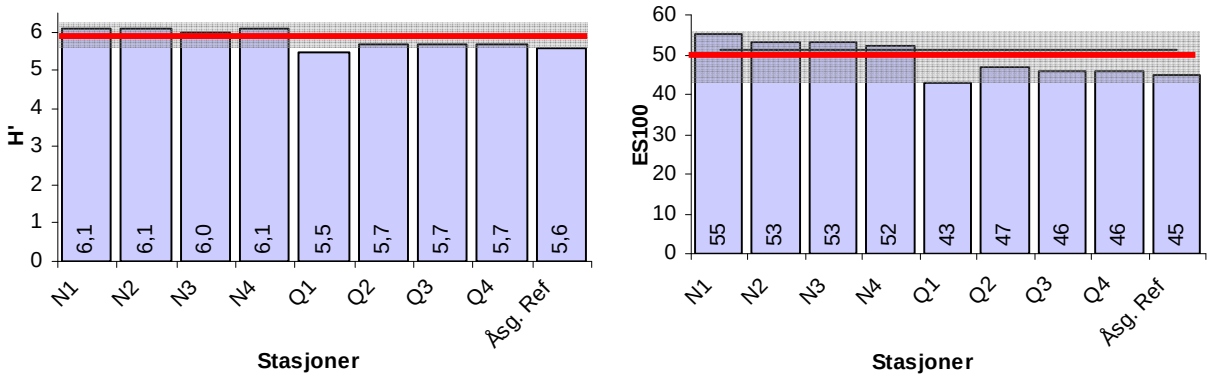
i.s. = ikke signifikant

Figur 4.5-8 viser gjennomsnittlig NR[9] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse. Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i fohold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.

Verdier innenfor standardavviket viser at forholdene er uforstyrret. Verdier vesentlig lavere enn standardavviket for to eller flere av parametrene kan indikere forstyrrelse i faunaen.

Stasjon Q1 faller noe under standardavviket på to av parametrene (H' og ES100). Det ble også registrert olje i sedimentet under feltarbeid på denne stasjonen.

[9] Se kap. 3.2.4 for detaljer



Stasjon	Retn. /avst.
N1	70°/500m
N2	155°/500m
N3	256°/500m
N4	335°/500m

Stasjon	Retn. /Avst.
Q1	60°/500m
Q2	150°/500m
Q3	240°/500m
Q4	330°/500m

Figur 4.5-8. *Diversitet, jevnhet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Åsgard 2006.*

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.5-7.

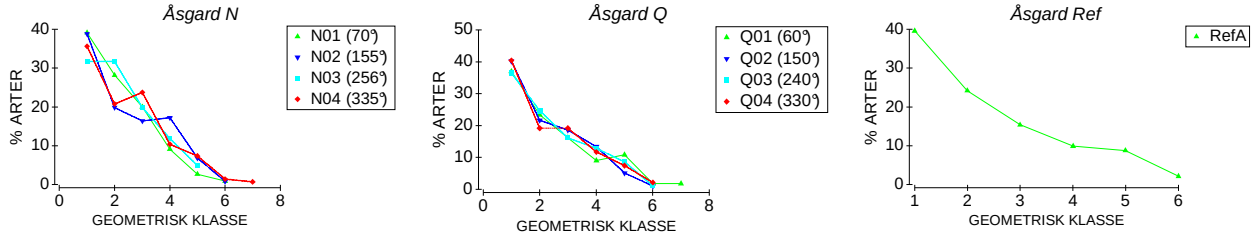
Tabell 4.5-7. *Ti mest vanlige artene for hver stasjon, Åsgard 2006.*

10 mest vanlige arter							
N1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**N2**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Gnathia hirsuta	34	8,19	8,19	Abra longicallus	32	5,12	5,12
Abra longicallus	24	5,78	13,98	Paradiopatra quadricuspis	30	4,80	9,92
Amythasides macroglossus	18	4,34	18,31	Tharyx sp.	30	4,80	14,72
Euchone incolor	16	3,86	22,17	Tunicata spp.	19	3,04	17,76
Chaetozone setosa	12	2,89	25,06	Paradoneis lyra	19	3,04	20,80
Astarte sulcata auctt.	11	2,65	27,71	Entalina tetragona	16	2,56	23,36
Terebellides stroemi	10	2,41	30,12	Amythasides macroglossus	16	2,56	25,92
Sosanopsis wireni	10	2,41	32,53	Spiochaetopterus typicus	16	2,56	28,48
Kelliella miliaris	10	2,41	34,94	Golfingia spp.	16	2,56	31,04
Paradoneis lyra	10	2,41	37,35	Notoproctus sp.	15	2,40	33,44
N3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**N4**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Paradiopatra quadricuspis	25	5,72	5,72	Spiochaetopterus typicus	81	10,37	10,37
Octobranchus floriceps	22	5,03	10,76	Paradiopatra quadricuspis	37	4,74	15,11
Notoproctus sp.	20	4,58	15,33	Chaetozone setosa	34	4,35	19,46
Tharyx sp.	20	4,58	19,91	Euchone incolor	28	3,59	23,05
Paradoneis lyra	17	3,89	23,80	Tharyx sp.	25	3,20	26,25
Terebellides stroemi	15	3,43	27,23	Protodorvillea kefersteini	22	2,82	29,07
Abra longicallus	13	2,97	30,21	Paradoneis lyra	21	2,69	31,75
Protodorvillea kefersteini	12	2,75	32,95	Onchnesoma steenstrupi	21	2,69	34,44
Limopsis cristata	10	2,29	35,24	Notoproctus sp.	19	2,43	36,88
Onchnesoma steenstrupi	10	2,29	37,53	Echinocucumis hispida	18	2,3	39,18

Tabell 4.5-7. *forts*.

Q1	Antall	%	Kum %	Q2	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa	113	13,37	13,37	Abra longicallus	45	9,30	9,30
Abra longicallus	76	8,99	22,37	Cerastoderma minimum	27	5,58	14,88
Terebellides stroemi	53	6,27	28,64	Lumbrineris scopa	25	5,17	20,04
Protodorvillea kefersteini	45	5,33	33,96	Nephtys hystricis	24	4,96	25,00
Octobranchus floriceps	30	3,55	37,51	Chaetozone setosa	21	4,34	29,34
Spiophanes wigleyi	25	2,96	40,47	Terebellides stroemi	20	4,13	33,47
Lumbrineris scopa	23	2,72	43,20	Limopsis cristata	15	3,10	36,57
Paramphinome jeffreysii	23	2,72	45,92	Paradiopatra quadricuspis	13	2,69	39,26
Entalina tetragona	20	2,37	48,28	Protodorvillea kefersteini	13	2,69	41,94
Cerastoderma minimum	19	2,25	50,53	Entalina tetragona	13	2,69	44,63
Q3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**Q4**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Abra longicallus	32	6,32	6,32	Spiophanes wigleyi	35	6,96	6,96
Protodorvillea kefersteini	30	5,93	12,25	Abra longicallus	34	6,76	13,72
Chaetozone setosa	27	5,34	17,59	Nephtys hystricis	29	5,77	19,48
Lumbrineris scopa	25	4,94	22,53	Terebellides stroemi	26	5,17	24,65
Limopsis cristata	23	4,55	27,08	Chaetozone setosa	22	4,37	29,03
Nephtys hystricis	22	4,35	31,42	Kelliella miliaris	21	4,17	33,20
Spiophanes wigleyi	19	3,75	35,18	Protodorvillea kefersteini	17	3,38	36,58
Entalina tetragona	17	3,36	38,54	Lumbrineris scopa	16	3,18	39,76
Octobranchus floriceps	16	3,16	41,70	Amythasides macroglossus	16	3,18	42,94
Notoproctus sp.	15	2,96	44,66	Cerastoderma minimum	14	2,78	45,73
Åsgard Ref	**Antall**	**%**	**Kum %**				
Nephtys hystricis	41	8,63	8,63				
Chaetozone setosa	34	7,16	15,79				
Spiophanes wigleyi	23	4,84	20,63				
Kelliella miliaris	22	4,63	25,26				
Abra longicallus	20	4,21	29,47				
Octobranchus floriceps	19	4,00	33,47				
Limopsis cristata	18	3,79	37,26				
Lumbrineris scopa	18	3,79	41,05				
Terebellides stroemi	18	3,79	44,84				
Protodorvillea kefersteini	16	3,37	48,21				

Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.5-9) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 7. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



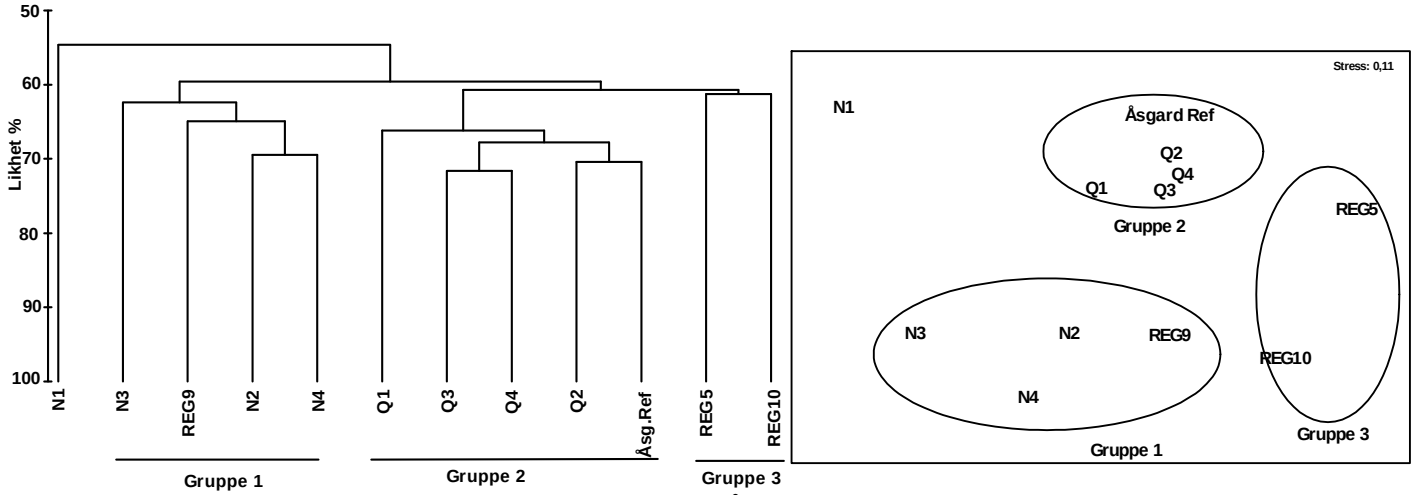
Figur 4.5-9. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Åsgard 2006.*

De ti dominante artene utgjør < 51 % på alle stasjoner, dvs. at ingen av artene er spesielt dominerende på Åsgard. Flest individer av en art finner vi på stasjon Q1, der *Chaetozone setosa* utgjør 13 %. Muslingen *Abra longicallus* samt børstemarkene *Terebellides stroemi* og *Protodorvillea kefersteini* forkommer også i høyere antall på denne stasjonen. Andre vanlige arter på feltet er børstemarken *Nephtys hystricis*, *Paradiopatra quadricuspis, Spiophanes wigleyi, Lumbrineris scopa, Octobranchus floriceps og Amythasides macroglossus.* Artssammensetning og en forholdsvis høy diversitet er typisk for et relativt grovt sediment med høyt sandinnhold slik vi finner det på Åsgard.

Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.5-10. Analysene viser at stasjonene deler seg i tre hovedgrupper ved en likhet på ca. 60 %. Stasjon N1 skiller seg ut fra de øvrige stasjonene bl.a. på grunn av krepsdyret *Gnathia hirsutus* som ikke finnes i faunaen på de øvrige stasjonene, samt et markant lavere individantall av vanlige arter på feltet. *G. hirsutus* kan forekomme i høye antall innen små områder (Enckel, 1980), og knyttes ikke til påvirkning fra feltaktiviteter. Analyser uten *G. hirsutus* viser at stasjonene grupperer seg på samme måte. Sedimentet på N1 bestod av hard leire (i tillegg til stein/grus), noe som resulterte i mindre prøver enn på de øvrige N-stasjonene. Analyser uten stasjon N1 ga den samme gruppeinndeling av de øvrige stasjoner. Også N3 ble karakterisert som en vanskelig stasjon med varierende grabbvolum pga. stein/grus, noe som er grunnen til at denne stasjonen er noe annerledes enn N2 og N4.

På bunnramme Q var grabbprøvene mer homogene. Analyseresultatene indikerer en mulig lett påvirkning på stasjon Q1. Denne stasjonen, som har noe lavere diversitetsindekser enn de andre Q-stasjonene, skiller seg i noen grad ut med noe høyere antall av bl.a. børstemarken *C. setosa*.



Figur 4.5-10. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Åsgard 2006.*

Tabell 4.5-8. *Inndeling i hovedfaunagrupper, Åsgard 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1	N2, -3, -4 og REG9	Relativt høyt antall av børstemarkene *S. typicus, Notoproctus* sp. *P. quadricuspis, C. setosa, N. hystricis, P. lyra* og *S. wireni* samt sjøtannen *E. tetragona* og muslingen *A. longicallus.*
2	Q1, -2, -3, -4 og Åsgard Ref.	Høyest antall av børstemarkene *C. setosa, P. kefersteini* og *L. scopa* samt muslingen *A. longicallus.*
3	REG5 og -10	Høyest innhold av av sjøtannen *E. tetragona* og børstemarken *N. hystricis* i forhold til gruppe 1 og 2.
N1	N1	Skiller seg fra de øvrige ved et høyt innhold av krepsdyret *G. hirsuta* som ikke finnes i gruppe 1-3, samt et lavt individantall av vanlige arter på feltet.

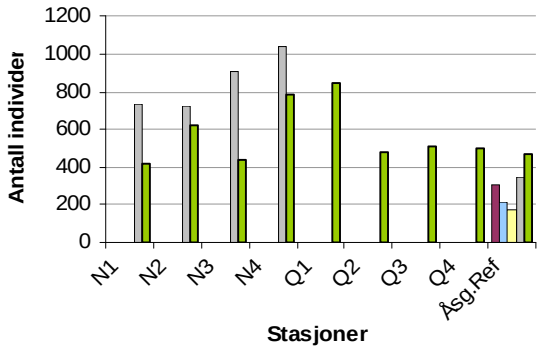
Bioenv-analysen gir en svak korrelasjon (0,5) mellom fauna og kombinasjonen dyp og kornstørrelse. REG5, lokalisert nærmest Åsgard, er en grunnere stasjon (263m), mens REG10 (Heidrun Ref.) er dypere (330m). Disse danner en egen gruppe innen Åsgardstasjonene. REG9 (315m), som ligger mellom Kristin og Hans, er inkludert i gruppen som utgjøres av stasjonene rundt bunnramme N (270-281m), mens referansestasjonen på Åsgard (295m) har mest til felles med stasjonene rundt bunnramme Q (301-304m).

Tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene ga en noe bedre korrelasjon (0,6) for faktorene dyp, Cr, TOM og kornstørrelse. Av disse er det dyp som betyr mest, og faunaforskjeller mellom stasjonene kan til en viss grad relateres til at de to bunnrammene er plassert på ulike dyp.

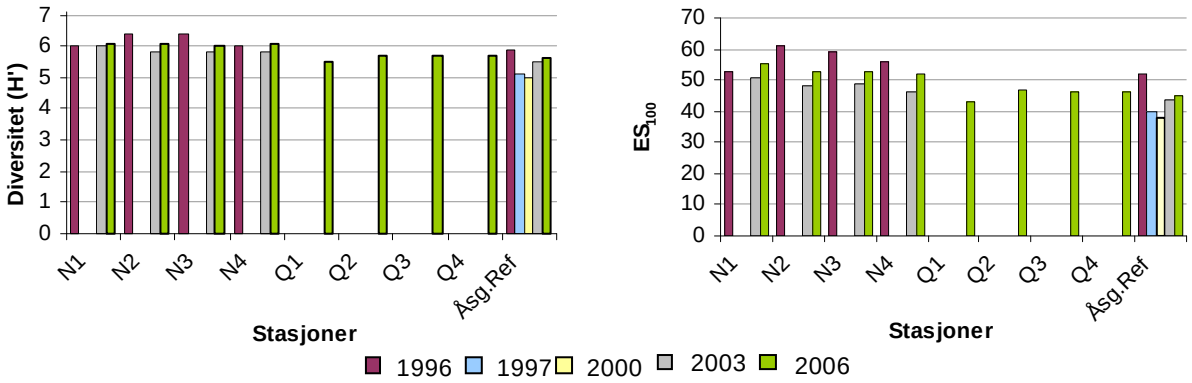
Sammenligning med tidligere undersøkelser

Diversitet

Diversitetsindeksen H' og ES_{100} er på samme nivå som i 2003, se Figur 4.5-11. Resultater for alle undersøkelser siden 1996 er kun tilgjengelig for referansestasjonen. På bunnramme N varierer verdiene for de undersøkte årene som på referansestasjonen. På Q ligger indeksene på samme nivå som referansestasjonen i 2006.



Figur 4.5-11. *Diversitetsindeksene H' og ES_{100} på Åsgard fra 1996, 1997, 2000, 2003 og 2006.*

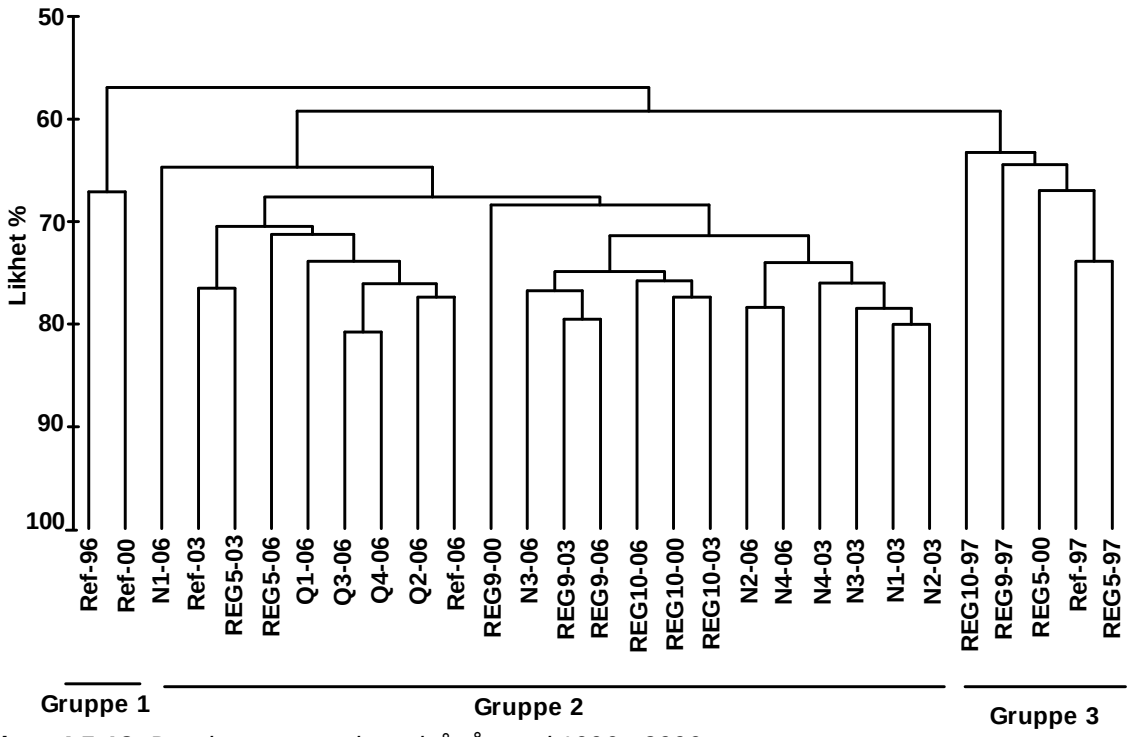


Figur 4.5-11. *forts*.

Multivariate analyser

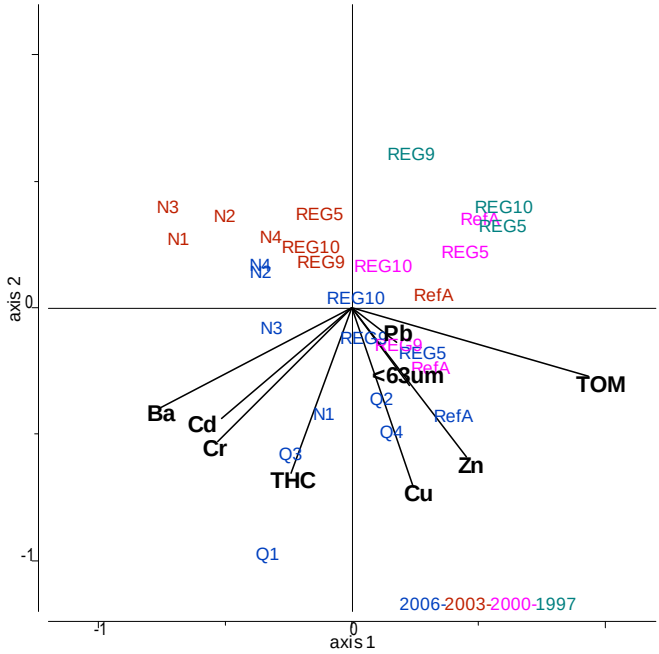
Klassifikasjon er gjennomført på familienivå. Dendrogram er vist i Figur 4.5-12. Analysen viser at stasjonene deler seg i tre hovedgrupper ved en likhet i underkant av 60 %. Feltstasjonene utgjør gruppe 2 sammen med de regionale stasjonene fra enkelte år. Gruppen kan deles mellom bunnramme N (2003 + 2006), som inkluderer REG9 og -10, og bunnramme Q (kun undersøkt i 2006) som inkluderer referansestasjonen og REG5.

En simperanalyse viser at stasjonene i gruppe 2 inneholder vesentlig flere individer av de mest vanlige artene på feltet. Ved bunnramme N, som ble undersøkt også i 2003, er det ingen vesentlige endringer å spore.



Figur 4.5-12. *Dendrogram stasjonsnivå, Åsgard 1996 - 2006.*

Det er også utført RDA som kobler fauna (responsvariable) og de målte miljøvariablene (forklaringsvariable) sammen i programvaren Brodgar. Plottet er vist i Figur 4.5-13 og viser at de fleste regionale- og referansestasjoner plasserer seg på høyre side av aksen og at de øvrige stasjoner stort sett grupperer seg rundt origo. Stasjon Q1-06 skiller seg imidlertid ut i plottet. Plasseringen viser at høyt THC-innholdet faller sammen med relativt høyt antall arter fra familien Scrobiculariidae (hovedsakelig *A. longicallus*) i faunaen på stasjon Q1.



Figur 4.5-13. *RDA plott Åsgard 1996 – 2006.*

4.5.5 Konklusjoner

Ramme M og N:

Sedimentene i ramme N består i hovedsak av veldig fin sand. Innholdet av totalt organisk materiale er om lag 4 %. THC-nivåene er over LSC for 1 av 5 stasjoner på bunnramme N, og 2 av 2 på M. Konsentrasjonen er høyest på M1 (60°/500 m) med 165 mg/kg, men store variasjoner mellom grabbprøvene tyder på en klumpvis fordeling. Dette var tilfellet også i 2003, og evt. endringer siden den gang er vanskelige å påvise. På 1000m avstand i samme retning (M5) er THC-innholdet 7 mg/kg. Høyeste verdi ved N-rammen er 14 mg/kg. Alle stasjonene på ramme N er kontaminert med baritt (M ikke undersøkt for Ba).

På grunn av høye standardavvik mellom grabbene er det vanskelig å si om THC-innholdet har endret seg på ramme M og N sammenlignet med tidligere års resultater. Ba-innholdet på bunnramme N er på samme nivå som i 2003, men markert høyere enn i 1996.

Bunnfaunaen rundt N karakteriseres som sunn og upåvirket med høye diversitetsindekser og artssammensetning som vanlig i denne type sediment.

Det er ikke registrert nevneverdige endringer i faunaen ved N-rammen fra 2003 til 2006.

Ramme Q og S:

Sedimentene rundt bunnramme Q består i hovedsak av silt og leire. Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 4,7-5,7 %. THC-nivåene er over LSC på alle 4 stasjonene på Q samt en stasjon på S. Konsentrasjonen er høyest på Q1 (60°/500m) og Q3 (240°/500m) med hhv 1630 og 480 mg/kg. Konsentrasjonen avtar markert nedover i sjiktene på Q1, og er 5 mg/kg i sjiktet 3-6 cm. Alle stasjonene på ramme Q er kontaminert med baritt (S ikke undersøkt for Ba).

Det er funnet en høy diversitet i faunaen på alle stasjoner, men noe lavere på stasjon Q1 enn de øvrige. På denne stasjonen samt Q3 ble det også registrert olje i sedimentet under prøvetakingen og opparbeiding av prøvene i laboratoriet. Artssammensetningen på Q1 indikerer en mulig lett påvirkning, og det er så vidt antydet en sammenheng mellom fauna og THC.

THC-innholdet på S-rammen har avtatt eller er på samme nivå som ved tidligere års undersøkelser. Bunnramme Q er ikke analysert tidligere, men både Q1 (60°/500m) og Q3 (240°/500m) har markert forhøyede THC- og Ba-verdie r i 2006.

4.6 Mikkel

4.6.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Mikkel er et lite gass/kondensatfelt med en tynn oljesone, lokalisert 35 km sør for Midgardfeltet. Feltet ble oppdaget i 1987, men aktiviteten har vært minimal i påvente av infrastruktur for prosessering og transport av gass som nå er på plass. Etter planen skal gass- og kondensatfeltet produsere fra høsten 2003 og frem til rundt 2017.

Vanndybden ved Mikkel er 220m. Feltet er bygget ut med et to bunnrammer og brønnstrømoverføring til Åsgard B- plattformen.

Utslippshistorikk

I Tabell 4.6-1 er det gitt en oversikt over utslippshistorikken for Mikkel de 5 siste årene.

Tabell 4.6-1. *Utslippshistorie for Mikkel, 2000 – 2006.*

Type utslipp /aktivitet	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret	0	0	3	0	0	0	0
Utslipp i tonn av:							
Baritt	0	0	304	0	0	0	0
Borekaks	0	0	216	0	0	0	0
Vannbasert boreslam (m^3)	0	0	4280	0	0	0	0
Oljeholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Esterholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Annet pseudoholdig borevæske	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann/oljefor. vann	0	0	0	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier	0	0	0	0	0	0	0
Kompletteringskjemikalier	0	0	530	0	0	0	0
Andre utslipp av olje(m^3)	0	0	0	0	0	0	0

*: Frem til 1. juni

Oppstart av boringen på Mikkel var i 2002. De operasjonelle utslippene ved bunnrammene her er knyttet til boring med vannbasert boreslam samt utslipp fra komplettering i 2002. Etter dette har det ikke vært utslipp ved Mikkel. Det har blitt boret 2 bønner på bunnramme A og 1 på bunnramme B. Bunnrammene på Mikkel ble plassert ut i en annen posisjon enn det som var oppgitt under grunnlagsundersøkelsen. De fleste stasjonene ble beholdt i den oppfølgende undersøkelse i 2003, men noen ble flyttet.

Prøvetaking

Havdypet på Mikkel varierte fra 216 til 228. Sedimentet bestod av et brunt topplag med leire under. På enkelte stasjoner vanskeliggjorde stein og grus prøvetakingen. Prøvetaking ble gjennomført i henhold til programmet.

Det ble ikke registrert spesielle anmerkninger om prøvene under feltarbeidet.

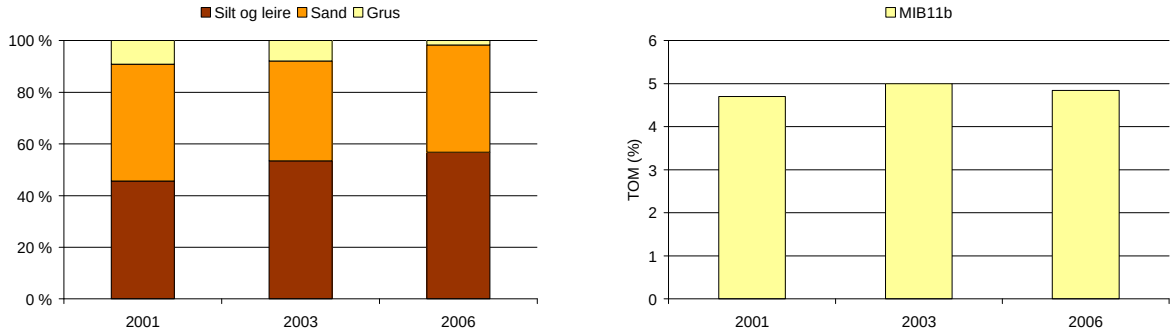
Stasjonsbetegnelsen på Mikkel er MIA og MIB (hhv. Mikkel A og B). I resultatkapittelet benyttes kun A og B.

4.6.2 Sedimentkarakterisering

Analyse av kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) ble gjort på én stasjon (referansestasjonen) ved Mikkel i 2006. Resultatene er gitt i Tabell 4.6-2. En historisk sammenligning er gitt i Figur 4.6-1. Detaljerte resultater fra analysen av kornstørrelses-fordelingen er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.6-2. *Mikkel, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment.*

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt og leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
MIB11b	315	5000	221	4,85	Veldig fin sand	56,8	41,6	1,7	4,48



Figur 4.6-1. *Sedimentkarakteristikk for B11b på Mikkel for årene 2001, 2003 og 2006.*

Kornstørrelse og TOM er relativt uendret i perioden 2001 til 2006.

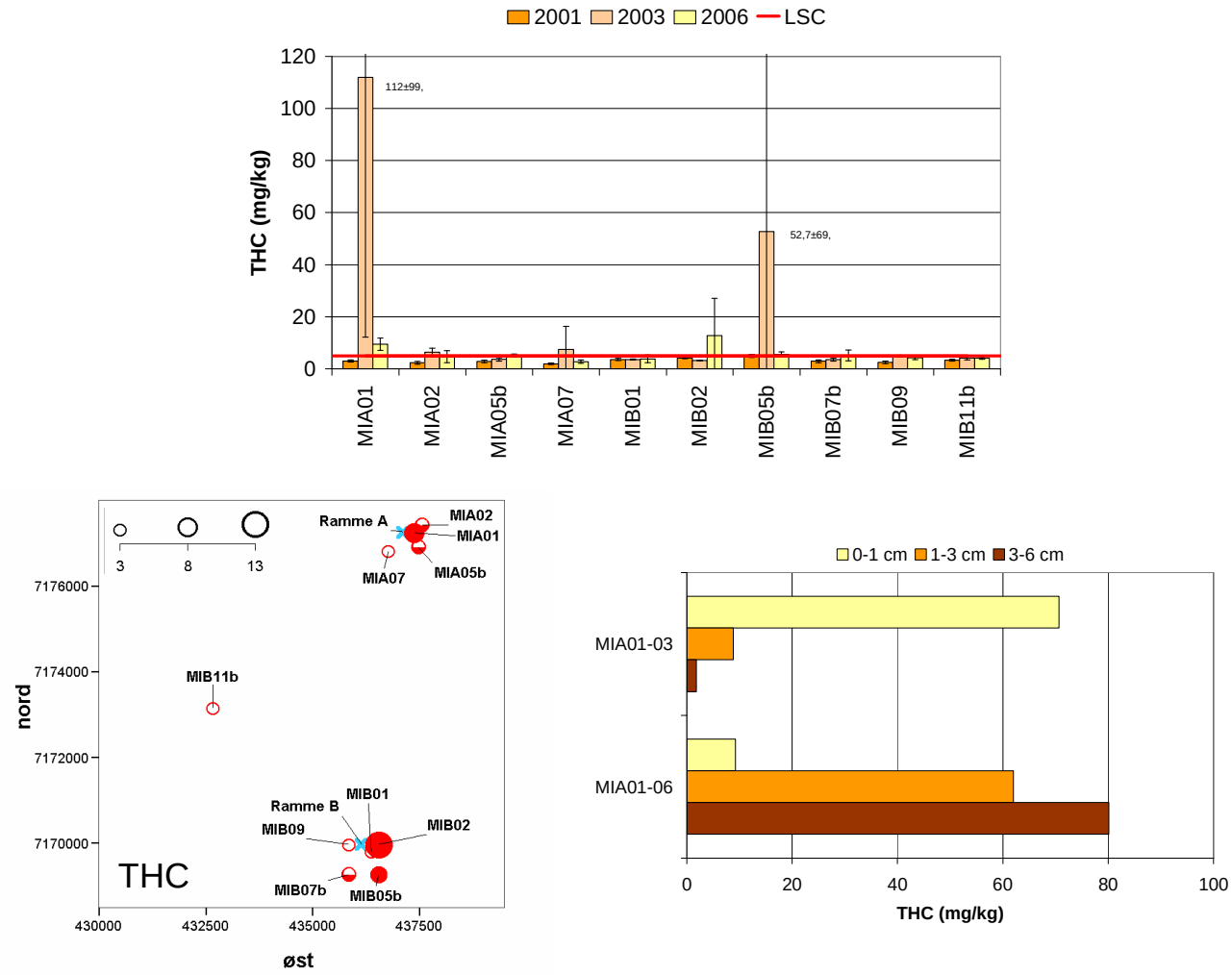
4.6.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

På Mikkel ble det analysert 10 stasjoner mhp THC. Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.6-3. I Figur 4.6-2 er resultatene sammenlignet med undersøkelsene i 2001 og 2003 og fordelingen av THC relatert til stasjonsplasseringen vist. Detaljerte resultater er presentert i Appendiks C.

Innholdet av THC ligger over LSC-verdien på tre stasjoner (MIA01, -B02 og -B05b). Det har skjedd en reduksjon i THC i toppsjiktet på MIA01 og -B05b fra 2003 til 2006. Nedover i sjiktene på stasjon MIA01 finner man tilsvarende nivåer av THC som det som ble funnet i toppsjiktet i 2003 (se Figur 4.6-2). Gasskromatogrammene i Figur 4.6-3 indikerer rester av boreslamsolje på MIA01 mens det på MIB05 kan være rester fra en tyngre hydraulikk- eller smøreolje.

PAH, NPD og dekaliner ble bestemt på MIA01 og -B11b (referansestasjonen) i 2006. Fra 2003 har det for PAH vært en liten økning på MIA01, mens konsentrasjonen på MIB11b har gått noe ned (henholdsvis 0,085 til 0,103 og 0,123 til 0,079 mg/kg). Innholdet av NPD har økt fra 0,051 til 0,29 på MIA01, mens endringen på MIB11b er liten. Dekaliner ble i 2003 ikke bestemt på MIB11b, men det er tydelig reduksjon på MIA01 (7,9 til <0,1 mg/kg). Her ser man samme tendenser nedover i sjiktene som for THC. Det er også en viss økning nedover i sjiktet for NPD, men variasjonen i toppsjiktet er betydelig (0,29 ± 0,36 mg/kg). For PAH er det ingen åpenbar konsentrasjonsendring nedover i sjiktet på MIA01.



Figur 4.6-2. *Gjennomsnittlig THC-innhold i overflatesedimentet (0-1cm) ved Mikkel 2001, 2003 og 2006 (øverst). Fordeling av THC på Mikkel vises nede til venstre. Rammene er merket med kryss. Arealet i sirklene er proporsjonalt med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler. Sjiktprøvene for stasjon A01 er sammenlignet for årene 2003 og 2006 nede til høyre.*

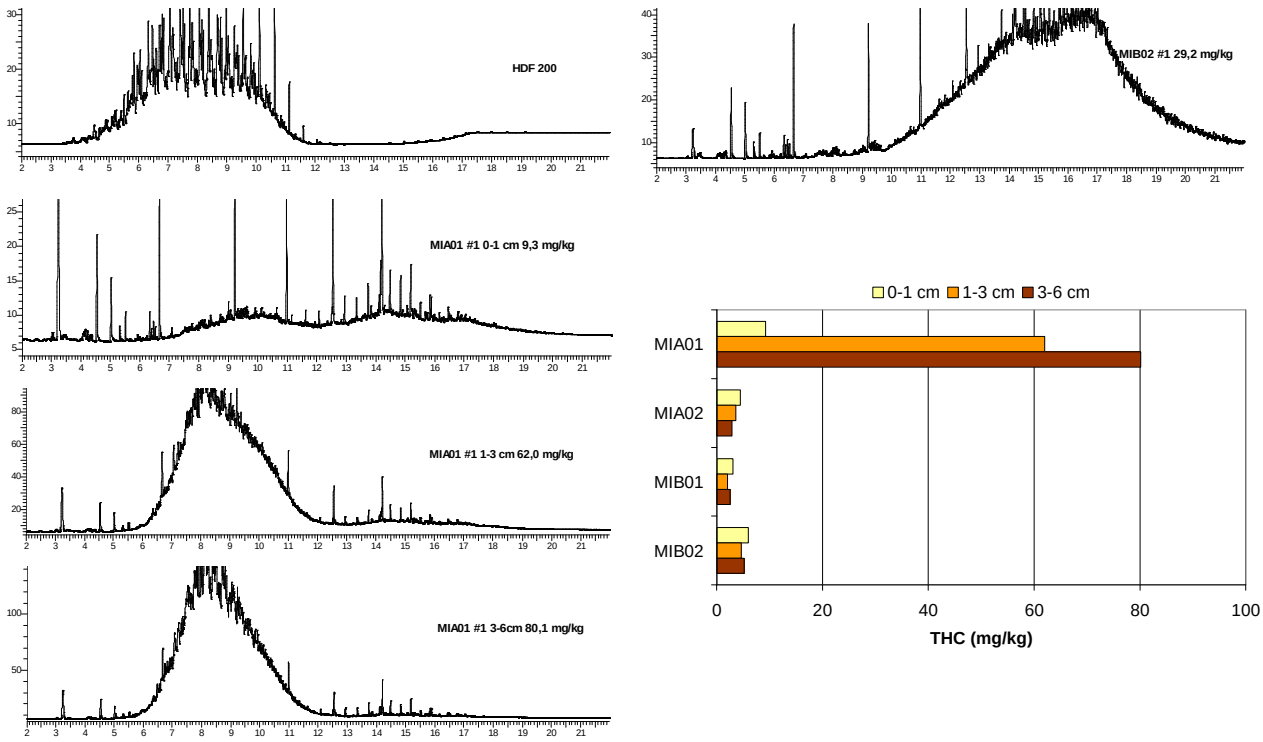
Tabell 4.6-3. *Gjennomsnittlig konsentrasjoner av hydrokarboner fra 3 prøvereplikater (mg/kg tørt sediment), Mikkel 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
MIA01	94	267	**9**	2	0,103	0,045	**0,29**	0,36	<0,1	-
MIA01 0-1 cm			**9**		0,065		0,07		0,1	
MIA01 1-3 cm			**62**		0,069		0,10		3,9	
MIA01 3-6 cm			**80**		0,067		**0,16**		4,2	
MIA02	70	468	5	2						
MIA02 0-1 cm			4							
MIA02 1-3 cm			4							
MIA02 3-6 cm			3							
MIA05b	135	500	5	1						
MIA07	217	565	3	1						

Tabell 4.6-3. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
MIB01	128	283	4	2						
MIB01 0-1 cm			3							
MIB01 1-3 cm			2							
MIB01 3-6 cm			3							
MIB02	89	397	**13**	14						
MIB02 0-1 cm			**6**							
MIB02 1-3 cm			5							
MIB02 3-6 cm			5							
MIB05b	144	500	**6**	1						
MIB07b	225	500	5	2						
MIB09	269	309	4	1						
MIB11b	315	5000	4	0	0,079	0,008	0,08	0,02	<0,1	-
Gj. snitt*			6		0,103		0,29		-	
SD *			3		-		-		-	
Min.*			3		0,103		0,29		-	
Max.*			13		0,103		0,29		-	
LSC			5		0,129		0,10			

* uten referansestasjon



Figur 4.6-3. *Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra tre sjikt ved A01 og referansekjemikalie HDF 200 (venstre), Mikkel 2006. Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra en prøve med en del tyngre olje fra B02 er vist øverst til høyre, og søylediagram over THC ved stasjonene hvor det ble tatt sjiktprøver er vist nede til høyre. Merk at skalaen på y-aksen ikke er lik på de forskjellige kromatogrammene.*

Metaller

Metaller ble bare bestemt på én stasjon i 2006, MIB11b (referansestasjonen). Gjennomsnitts-resultatene er gitt i Tabell 4.6-4, sammen med resultatene for undersøkelsene i 2001 og 2003. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

Ingen av verdiene er over LSC og det har ikke skjedd nevneverdige endringer i metallkonsentrasjonene.

Tabell 4.6-4. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Mikkel 2006.*

Stasjon	År	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
MIB11b		snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
315°/5000 m	2001	134	8	0,05	0,00	22,6	0,5	9,1	0,3	0 ,03	0,00	21,6	0,5	43	1
	2003	150	22	0,08	0,01	23,6	0,6	6,7	1,0	0,03	0,00	24,3	1,5	47	2
	2006	135	10	0,08	0,03	22,5	1,4	8,3	0,7	0,02	0,00	18,6	0,8	40	3
LSC 2006		193				33,3		11,7				23,3		61	

4.6.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

Bløtbunnsfaunaen ble undersøkt på kun en stasjon på Mikkel. Tabell 4.6-5 viser antall arter og individer på Mikkel fordelt på dyregrupper. Diverse indekser er vist i Tabell 4.6-6.

Tabell 4.6-5. *Antall arter (N) og individer fordelt på dyregrupper, stasjon MIB11b Mikkel 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	84	11,5	7	5,8
Polychaeta	415	56,6	59	48,8
Crustacea	95	13,0	22	18,2
Mollusca	125	17,1	26	21,5
Echinodermata	14	1,9	7	5,8
Totalt	**733**	100,0	**121**	100,0

Tabell 4.6-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) samt gjennomsnittlig antall arter og individer med standardavvik på Mikkel 2006.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
MIB-11B	315	5 000	221	121	735	6,1	0,9	52
Gj.snitt per grabb				55	147			
SD per grabb				8,6	43,0			

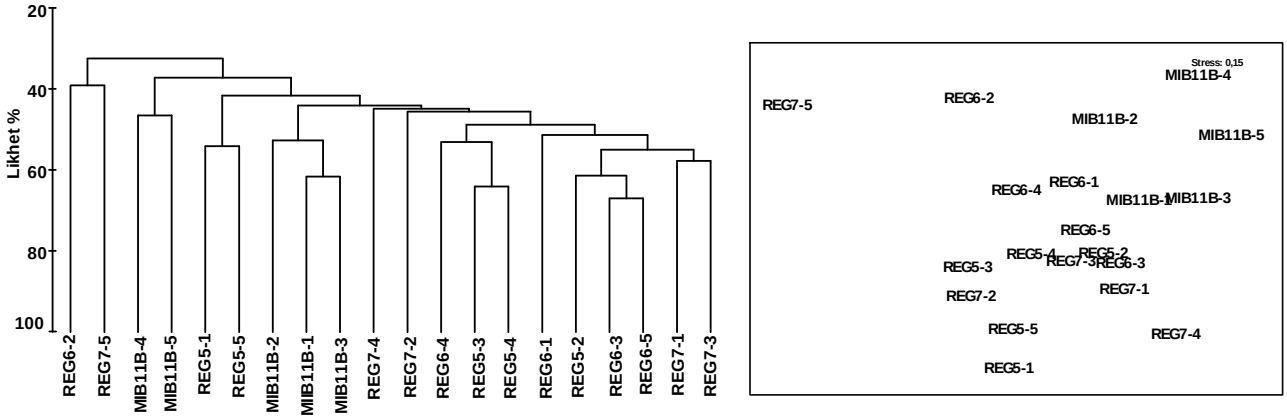
De ti mest vanlige artene på Mikkel referansestasjon er vist i Tabell 4.6-7. Det er en jevn artsfordeling på stasjonen med liten dominans.

Tabell 4.6-7. *Ti mest vanlige artene for hver stasjon, Mikkel 2006.*

10 mest vanlige arter			
MIB-11B	**Antall ind.**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	49	6,7	6,7
Nepthys hystricis	37	5,0	11,7
Apseudes spinosus	27	3,7	15,4
Spiophanes wigleyi	26	3,5	18,9
Golfingia spp.	23	3,1	22,0
Yoldiella acuminata	21	2,9	24,9
Octobranchus floriceps	21	2,9	27,8
Astarte sulcata auctt.	21	2,9	30,6
Tunicata spp.	20	2,7	33,3
Terebellides stroemi	20	2,7	36,1

Multivariate analyser

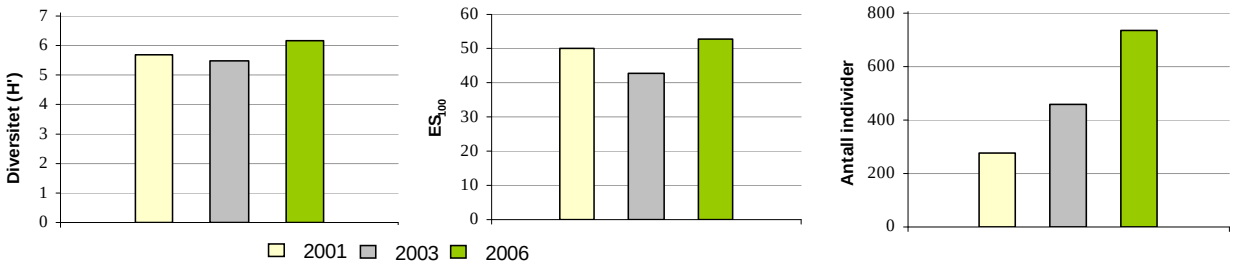
Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på grabbnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.6-4. Grabbprøvene fra Mikkel fordeler seg blant de regionale grabbene og analysene viser en naturlig fauna typisk for et uforstyrret område.



Figur 4.6-4. *Dendrogram og MDS på grabbnivå Mikkel og regionale stasjoner, 2006.*

Sammenligning mellom år

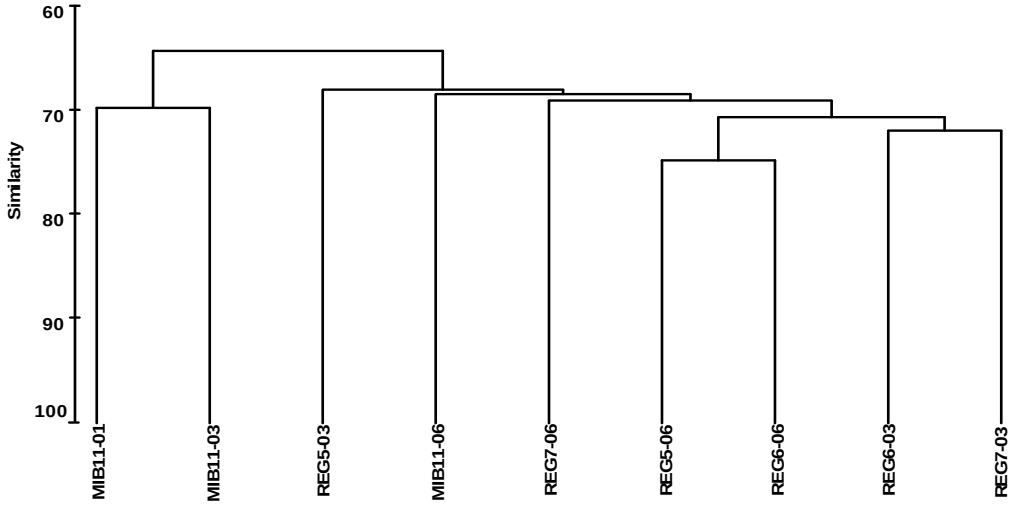
Biodiversiteten er høy på referansestasjonen og har økt noe siden tidligere år. Endringene er små og kan skyldes tilfeldige svingninger mellom år.



Figur 4.6-5. *Diversitetsindeksene H' og ES_{100} samt antall individer på stasjon MIB11b på Mikkel fra 2001, 2003 og 2006.*

Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er utført på data fra 2001 - 2006 på familienivå. Dendrogram på stasjonsnivå er vist i Figur 4.6-6. Analysen viser en likhet på ca. 65 % mellom stasjonene samt at Mikkel referansestasjon fra 2006 grupperer seg med de regionale stasjoner ved ca. 70 % likhet. Analysen viser mindre endringer over år og en uforstyrret fauna.



Figur 4.6-6. *Dendrogram på familienivå, MIB11b (Mikkel referansestasjon) inkl. regional stasjon 5, 6 og 7, 2001 – 2006.*

4.6.5 Konklusjoner

Undersøkelsen på Mikkel i 2006 var konsentrert rundt THC. Tre stasjoner har THC-nivåer over LSC. På stasjon MIA1 THC-konsentrasjonen økende nedover i sedimentet. Størst gjennomsnittlig konsentrasjon i overflatesjiktet er funnet på B02 (89⁰397m), men prøven var svært inhomogen.

THC-kontamineringen viser spor av boreslamsolje rundt ramme A i dypere lag. Høyeste nivå rundt ramme B består av en tyngre THC-fraksjon.

Det var to stasjoner som hadde THC-verdier større enn 50 mg/kg i 2003 (MIA01 og -B02). Disse har i årets undersøkelse fått redusert THC-verdiene til under 15 mg/kg i toppsjiktet. For MIA01 (94⁰267m) finner man igjen de samme nivåene som for 2003 nedover i sjiktene. På denne stasjonen er det også påvist konsentrasjoner av NPD høyere enn LSC.

Referansestasjonen ble analysert for alle parametere og viser liten endring mellom undersøkelsene i 2001, 2003 og 2006.

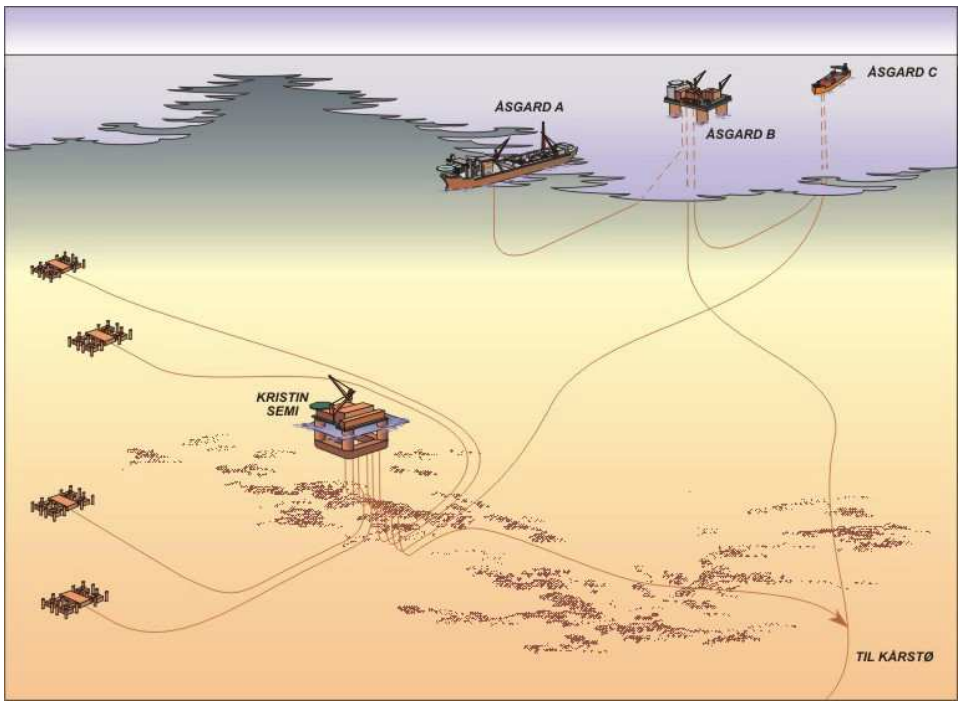
Bunnfaunaen på Mikkel referansestasjon har høy diversitet og avspeiler et uforstyrret miljø. Resultatene viser ingen vesentlige endringer i forhold til tidligere undersøkelser.

4.7 Kristin

4.7.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Kristinfeltet ligger rett sør for Åsgardfeltet på Haltenbanken, og skal bygges ut med undervannsproduksjonsanlegg med brønnstrømsoverføring til en halvt nedsenkbar produksjonsplattform (semi).



Produksjonsstart for Kristin var høsten 2005. Kristin planlegges produsert over en periode på 13 år. Prosessen vil levere stabil lettolje og rikgass. Lettoljen stabiliseres før den pumpes via rørledning til Åsgard C lagerskip. Gassen tørkes for vann før den sendes for eksport via Åsgard Transport rørledning til Kårstø for viderebehandling til salgsgass.

Boringen av de 12 brønnene på Kristin skal gjennomføres i flere etapper. Borestart var i juli 2003. Åtte brønner ble ferdigstilt fra 2003 til 2005. De 4 siste brønnene er forventet ferdige i løpet av 2006.

De tolv planlagte produksjonsbrønnene vil bli fordelt på 4 pre-installerte produksjonsrammer. De 4 rammene betegnes som N, P, R og S. Brønnrammene N og P inneholder 2 brønner hver og er lokalisert i feltets nordlige del. Brønnrammene R og S har 4 brønner hver og er plassert sentralt på feltet. De 12 brønnene er boret sekvensielt i løpet av de siste 3 årene. Det vil si at topphullene bores først på alle brønnene. Deretter bores de andre seksjonene slik at ferdigstillelsen av hver enkelt brønn kan ta 3 år.

I Tabell 4.7-1 er utslippshistorikken for Kristin vist for perioden 2003 til 2005.

Tabell 4.7-1. *Utslippshistorie for Kristin, 2003 – 2006.*

Type utslipp /aktivitet	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret				
N	0	2	0	0
P	0	2	1	0
R	0	3	1	0
S	2	2	0	0
Utslipp i tonn av:				
Baritt	4495	4399	1184	0
Borekaks	3641	14116	3938	0
Vannbasert boreslam (m^3)	7575	16750	3050	0
Oljeholdig borevæske	0	0	0	0
Esterholdig borevæske	0	0	0	0
Annet pseudoholdig borevæske	0	0	0	0
Olje i produsert vann/oljefor. vann	<0,1	<0,1	0,3	1
Sementeringskjemikalier	36	811	138	0
Kompletteringskjemikalier	0	0	138	0
Andre utslipp av olje (m^3)	0,05	12,91	2,9	<0,1

*: T.o.m. mai

Prøvetaking

Havdypet på Kristin varierte fra 349 til 378. Sedimentet bestod av et brunt topplag over grå leire. Pga. konflikt med undervannsinstallasjoner i området (se Figur 4.7-1) er det gjort enkelte justeringer av stasjonsposisjonene i forhold til det opprinnelige programmet:

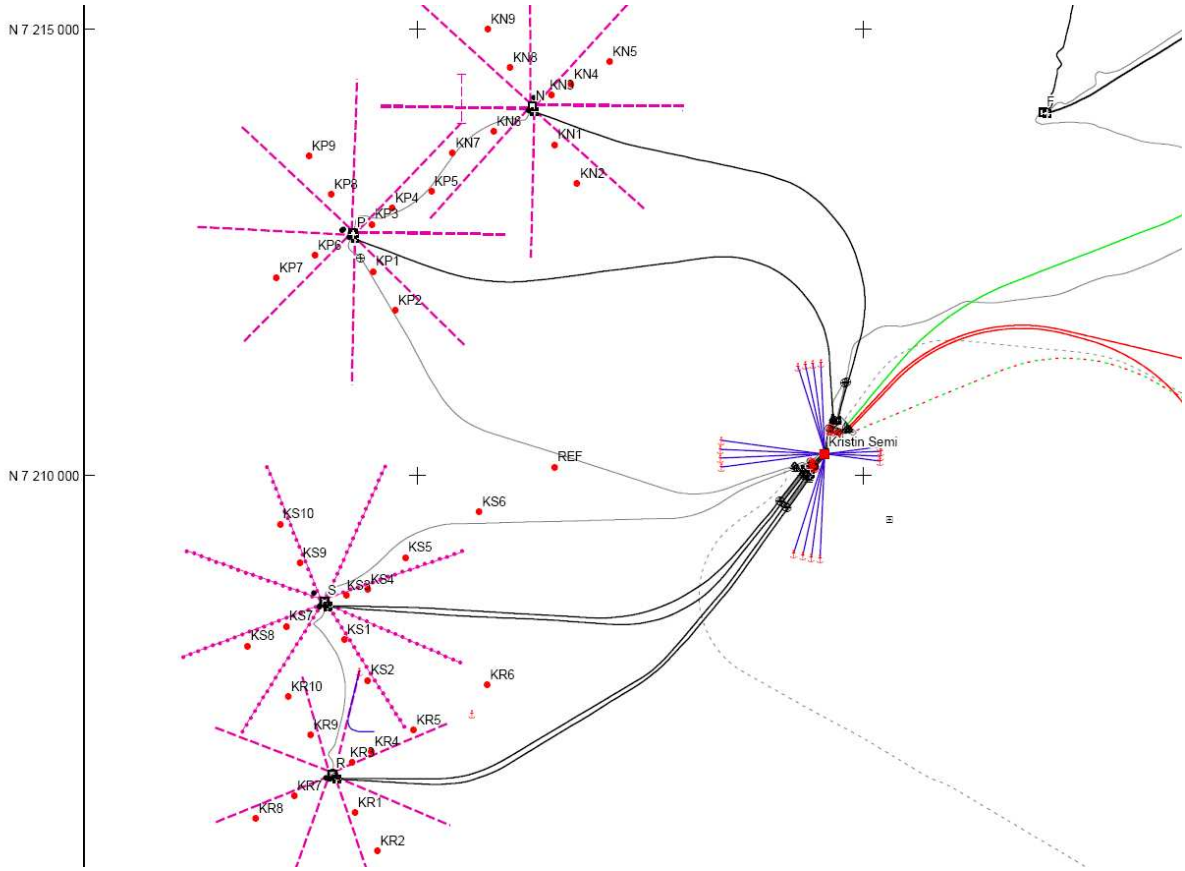
Følgende stasjoner er flyttet utenfor 50m radius i forhold til oppgitt posisjon i programmet:

Stasjonsnavn	**Planlagt**		**Faktisk**	
	Retning (º)	**Avstand (m)**	**Retning (º)**	**Avstand (m)**
KN-N7	240	1000	242	1052
KN-P5	60	1000	64	1012
KN-S3	60	250	75	250
KN-S4	60	500	75	500

Øvrige justeringer medførte ikke flytting utenfor 50m-sonen.

Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen og opparbeidingen av bioprøver:

- KN-R1: Olje i en grabbprøve
- KN-R3: Brunt/sort (olje) topplag (0-2 cm), olje i alle grabber, oljelukt
- KN-R4: Olje i alle grabber
- KN-R5: Olje i en grabb
- KN-S3: Sorte partier (olje?), H_2S-lukt, olje i alle grabber
- KN-S6: Olje i en grabb



Figur 4.7-1. *Konfliktkart Kristin.*

4.7.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.7-2 En sammenligning med grunnlagsundersøkelsen i 2003 er gitt i Figur 4.7-2. Detaljerte resultater for kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C. Figur 4.7-5

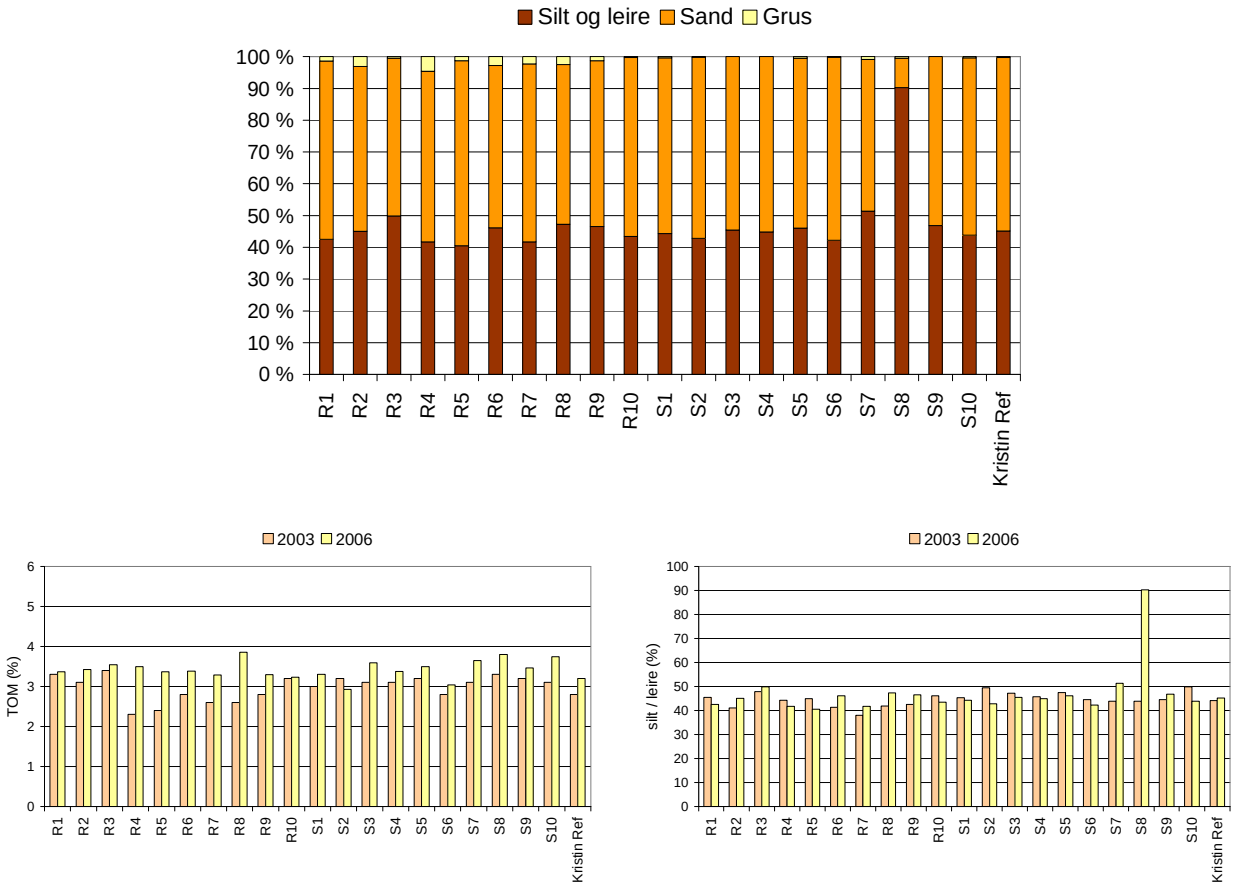
Tabell 4.7-2 *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Kristin 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
R1	150	500	354	3,36	Veldig fin sand	42,5	56,2	1,4	3,71
R2	150	1 000	349	3,42	Veldig fin sand	45,0	51,9	3,1	3,81
R3	60	250	355	3,54	Veldig fin sand	49,9	49,6	0,5	3,99
R4	60	500	357	3,49	Veldig fin sand	41,8	53,6	4,6	3,73
R5	60	1 000	350	3,37	Veldig fin sand	40,5	58,2	1,3	3,67
R6	60	2 000	349	3,39	Veldig fin sand	46,1	51,0	2,8	3,85
R7	240	500	355	3,29	Veldig fin sand	41,7	56,0	2,3	3,53
R8	240	1 000	355	3,85	Veldig fin sand	47,3	50,3	2,5	3,88
R9	330	500	358	3,29	Veldig fin sand	46,6	52,2	1,2	3,88
R10	330	1 000	363	3,23	Veldig fin sand	43,5	56,3	0,3	3,78
S1	150	500	360	3,31	Veldig fin sand	44,3	55,4	0,3	3,82

Tabell 4.7-2. *forts.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
S2	150	1 000	362	2,92	Veldig fin sand	42,8	57,0	0,2	3,78
S3	75	250	365	3,59	Veldig fin sand	45,5	54,5	0,0	3,86
S4	75	500	365	3,38	Veldig fin sand	44,9	55,1	0,0	3,85
S5	60	1 000	362	3,50	Veldig fin sand	46,1	53,4	0,5	3,87
S6	60	2 000	359	3,04	Veldig fin sand	42,2	57,6	0,2	3,78
S7	240	500	369	3,65	Veldig fin sand	51,3	47,8	0,9	4,10
S8	240	1 000	370	3,80	Silt og leire	90,3	9,2	0,5	5,78
S9	330	500	370	3,47	Veldig fin sand	46,8	53,2	0,0	3,92
S10	330	1 000	369	3,75	Veldig fin sand	43,8	55,9	0,3	3,84
Kristin Ref	60	3 000	353	3,20	Veldig fin sand	45,1	54,6	0,3	3,84
Gj. snitt*				3,43		47,1	51,7	1,2	3,92
SD *				0,23		10,5	10,4	1,3	0,45
Min.*				2,92		40,5	9,2	0,0	3,53
Max.*				3,85		90,3	58,2	4,6	5,78

*: ref ikke medregnet



Figur 4.7-2 *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for stasjonene på Kristin 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen (2003). Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst. S3 og S4 er flyttet mer enn 50m siden 2003.*

Sedimentene på Kristin består vesentlig av veldig fin sand. Innholdet av silt og leire er 47 ± 11 %. Sedimentet på Stasjon S8 ble klassifisert som silt og leire og er det eneste som har endret seg vesentlig siden grunnlagsundersøkelsen i 2003. I 2003 var median partikkeldiameter 3,75 mens den i 2006 hadde økt til 5,78. Resultatet på referansestasjonen var uendret i 2006 sammenlignet med 2003.

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.7-2, og en sammenligning med grunnlagsundersøkelsen er gitt i Figur 4.7-2. Gjennomsnittlig innhold av TOM er 3,4 ± 0,2 %. Innholdet av totalt organisk materiale har økt på alle stasjonene bortsett fra S2. Økningen gjelder også referansestasjonen. På stasjon S8 var det en markert økning i andel av silt og leire i 2006 sammenlignet med 2003. Det er ikke funnet tilsvarende kraftig økning i totalt organisk materiale.

4.7.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.7-3. I Figur 4.7-3 er årets THC-resultater sammenlignet med resultatene fra grunnlagsundersøkelsen i 2003. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.7-4 er utvalgte gasskromatogram for stasjonene på Kristin vist. Figur 4.7-5 viser fordeling av THC relatert til stasjonsplasseringen.

Tabell 4.7-3 *Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrokarboner fra tre paralleller (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Kristin 2006. Verdier over LSC er uthevet. Resultater med sjikt er grå.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snit	SD	snitt	SD
N1	150	500	4	1						
N2	150	1 000	4	1						
N3	60	250	**66**	99	0,079	0,022	0,09	0,04	0,2	0
N3, 0-1 cm	60	250	**180**							
N3, 1-3 cm	60	250	**7**							
N3, 3-6 cm	60	250	4							
N4	60	500	5	1						
N4, 0-1 cm	60	500	**6**							
N4, 1-3 cm	60	500	4							
N4, 3-6 cm	60	500	5							
N5	60	1 000	4	1						
N6	240	500	4	0						
N7	242	1 052	5	1						
N8	330	500	4	1						
N9	330	1 000	5	0						
P1	150	500	5	1						
P2	150	1 000	4	1						
P3	60	250	**171**	51	0,113	0,035	**0,40**	0,20	11,2	2
P3, 0-1 cm	60	250	**200**							
P3, 1-3 cm	60	250	**6**							

Tabell 4.7-3. *forts.*

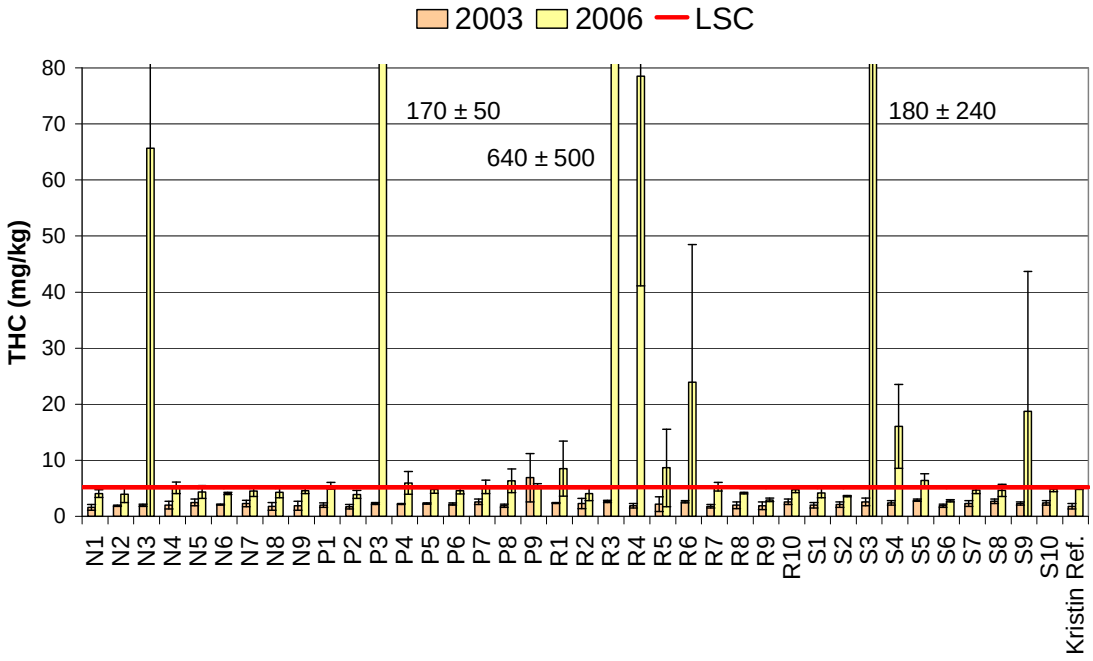
Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snit	SD	snitt	SD
P3, 3-6 cm	60	250	4							
P4	60	500	**6**	2						
P4, 0-1 cm	60	500	4							
P4, 1-3 cm	60	500	2							
P4, 3-6 cm	60	500	2							
P5	64	1 012	5	1						
P6	240	500	5	1						
P7	240	1 000	5	1						
P8	330	500	**6**	2						
P9	330	1 000	5	0						
R1	150	500	**9**	5						
R2	150	1 000	4	1						
R3	60	250	**642**	502	0,082	0,013	**1,80**	1,18	1,5	1
R3, 0-1 cm	60	250	**932**		0,067		**2,71**		2,4	
R3, 1-3 cm	60	250	**64**		0,113		**0,52**		0,2	
R3, 3-6 cm	60	250	5		0,079		0,05		< 0,1	
R4	60	500	**79**	37	0,109	0,018	**0,31**	0,08	0,2	0
R4, 0-1 cm	60	500	**121**		0,113		**0,37**		0,4	
R4, 1-3 cm	60	500	**111**		0,111		**0,31**		0,4	
R4, 3-6 cm	60	500	**9**		0,072		0,05		< 0,1	
R5	60	1 000	**9**	7						
R6	60	2 000	**24**	25	0,079	0,014	**0,16**	0,15	< 0,1	0,1
R7	240	500	5	1						
R8	240	1 000	4	0						
R9	330	500	3	0						
R10	330	1 000	5	1						
S1	150	500	4	1						
S2	150	1 000	4	0						
S3	75	250	**179**	244	0,077	0,006	**0,66**	0,86	1,8	3
S3, 0-1 cm	75	250	**460**		0,082		**0,12**		0,3	
S3, 1-3 cm	75	250	**81**		0,092		**0,43**		1,3	
S3, 3-6 cm	75	250	4		0,069		0,06		< 0,1	
S4	75	500	**16**	7	0,099	0,063	0,07	0,03	0,9	1
S4, 0-1 cm	75	500	**24**		**0,170**		**0,11**		2,4	
S4, 1-3 cm	75	500	**6**		0,056		0,06		0,1	
S4, 3-6 cm	75	500	5		0,062		0,05		0,1	
S5	60	1 000	**6**	1						
S6	60	2 000	3	0						
S7	240	500	5	1						

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

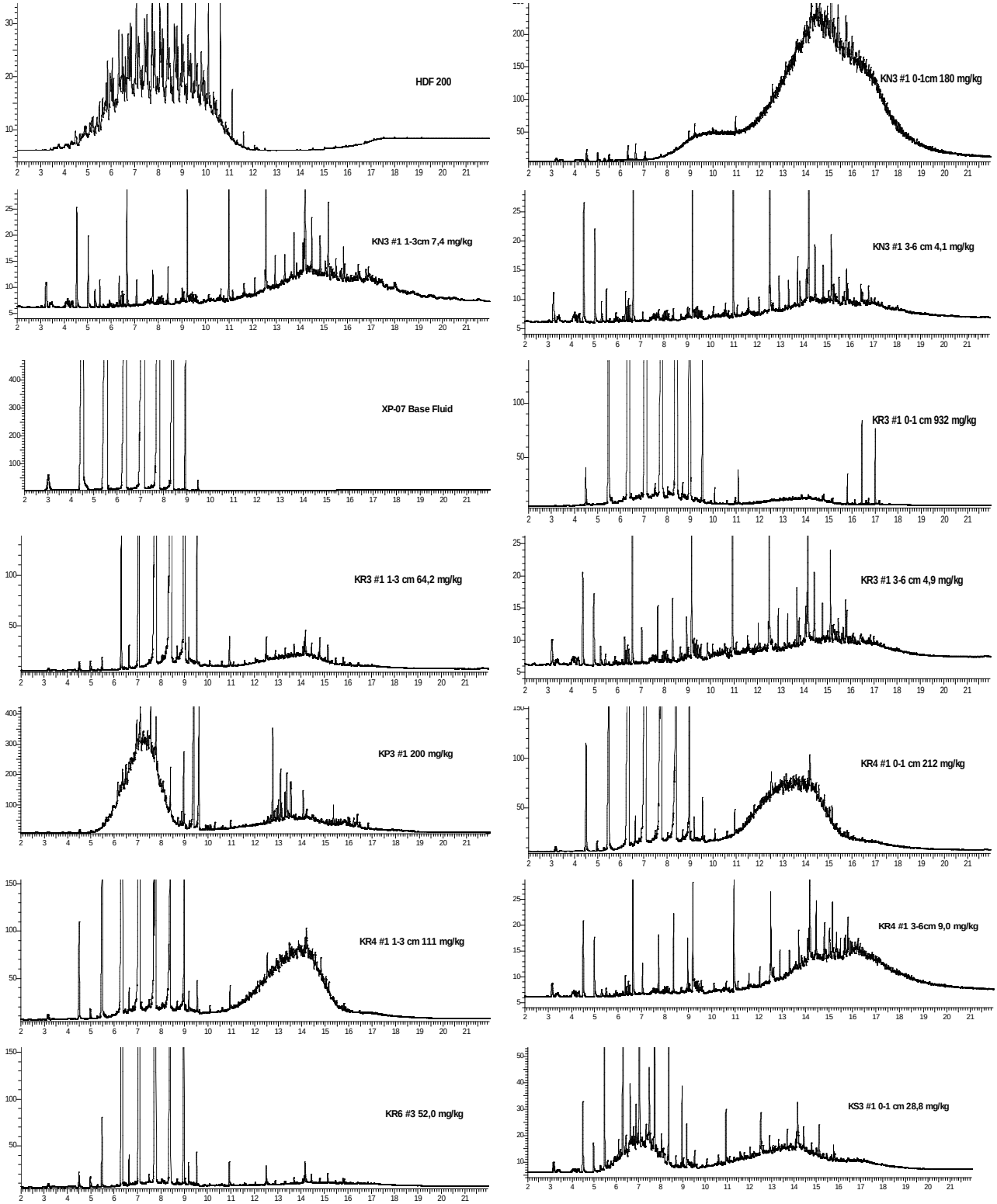
Tabell 4.7-3. *forts.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snit	SD	snitt	SD
S8	240	1 000	5	1						
S9	330	500	**19**	25	0,062	0,004	0,07	0,02	< 0,1	0,1
S10	330	1 000	5	0						
Kristin Ref.	60	3 000	5	0	0,078	0,005	0,07	0,01	< 0,1	-
Gj. snitt*			35		0,088		0,44		2,0	
SD *			109		0,018		0,58		3,8	
Min.*			3		0,062		0,07		< 0,1	
Max.*			642		0,113		1,80		11,2	
LSC			5		0,129		0,10			

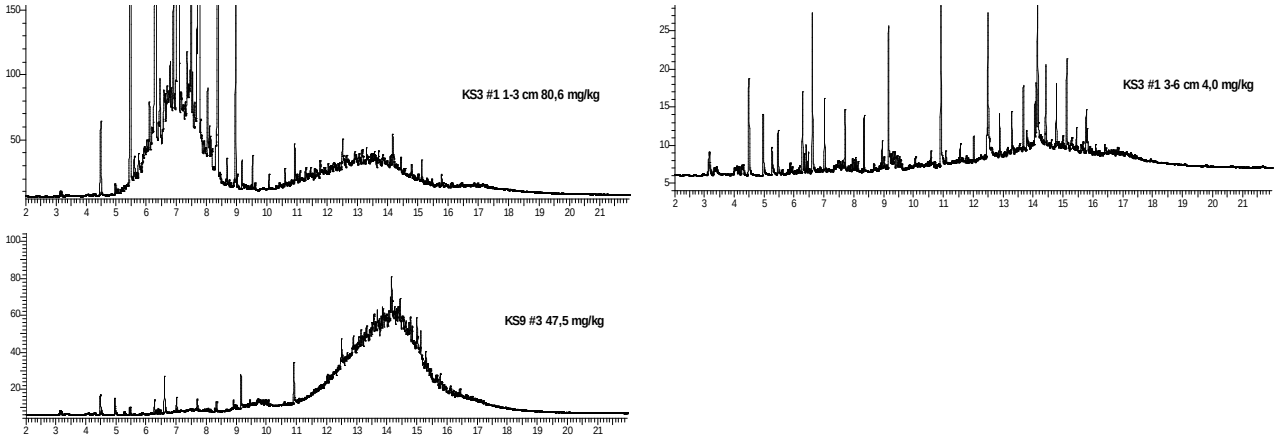
*: ref ikke medregnet



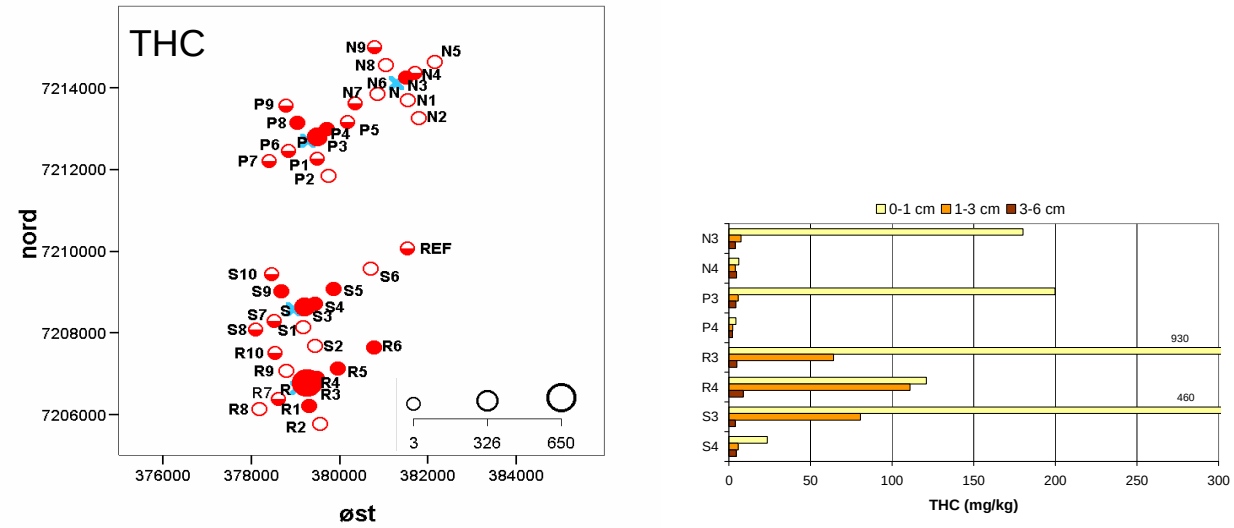
Figur 4.7-3 *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentet (0-1cm) på Kristin i 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. S3 og S4 er flyttet mer enn 50m siden 2003.*



Figur 4.7-4 *Gasskromatogram for HDF 200, XP-07 Base Fluid, og utvalgte prøver fra Kristin 2006. Merk: Y-aksen har ikke samme skala i alle kromatogrammene.*



Figur 4.7-4. *forts.*



Figur 4.7-5 *Til venstre: Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering, Kristin 2006. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler. Til høyre: fordeling av THC i sjikt på bunnramme N, P, R og S, Kristin 2006.*

Det er funnet tydelig forhøyede THC-verdier på stasjonene N3, P3, R3, R4 og S3. R4 ligger på 500m, de øvrige stasjonene på 250m. Høyeste gjennomsnittlige THC-konsentrasjon er funnet på R3 med 640 ± 500 mg/kg. På N3 kommer størstedelen av THC-konsentrasjonen fra forbindelser som har kokepunkt høyere enn HDF 200. I N3 (0-1 cm) grabb 1 viser kromatogrammet tydelig to hydrokarbonfraksjoner som begge er tyngre enn HDF boreslamolje. I sjiktet 1-3 og 3-6 cm er det kun observert normale bakgrunnsverdier. Kromatogrammet for P3 (0-1 cm) grabb 1 har en profil tilsvarende boreslamolje. Kromatogrammene for prøver fra bunnramme R viste ukjente topper. De samme toppene ble funnet igjen ved analyse av XP-07 Base Fluid. I R3 og R4 domineres alle kromatogrammene, bortsett fra sjiktet 3-6 cm, av XP-07 og spor av boreslamolje og tyngre hydrokarboner. For sjiktet 3-6 cm er det et normalt bakgrunnskromatogram. I R6 (0-1 cm) grabb 3 blir også kromatogrammet dominert av basevæsken XP-07. Kromatogrammene for S3 har profil tilsvarende boreslamoljen i tillegg til topper fra borevæsken XP-07. Dette gjelder både 0-1 cm og 1-3 cm, mens det i sjiktet 3-6 cm er observert normale bakgrunnsverdier. På S9 (0-1 cm) grabb 3 dominerer en tyngre

hydrokarbonfraksjon, dette kan være en tyngre olje. Det er en generell tendens at THC-konsentrasjonen på de øvrige stasjonene har hatt en svak økning i 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003.

I grunnlagsundersøkelsen i 2003 ble det påvist lave verdier av PAH og NPD, og dekaliner ble ikke påvist. I 2006 er det påvist forhøyede verdier på stasjon P3, R3, R4, R6 og S3. Dette er i overensstemmelse med stasjoner med klart forhøyede THC-verdier. Basevæsken XP-07 bidrar ikke til de forhøyede verdiene for PAH, NPD og dekaliner.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet, og sjiktene, er gitt i Tabell 4.7-4. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.7-6 er årets metallresultater sammenlignet med resultatene fra grunnlagsundersøkelsen i 2003. Figur 4.7-7 viser fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering, og fordeling av Ba i sjiktene på stasjon R3, R4, S3 og S4.

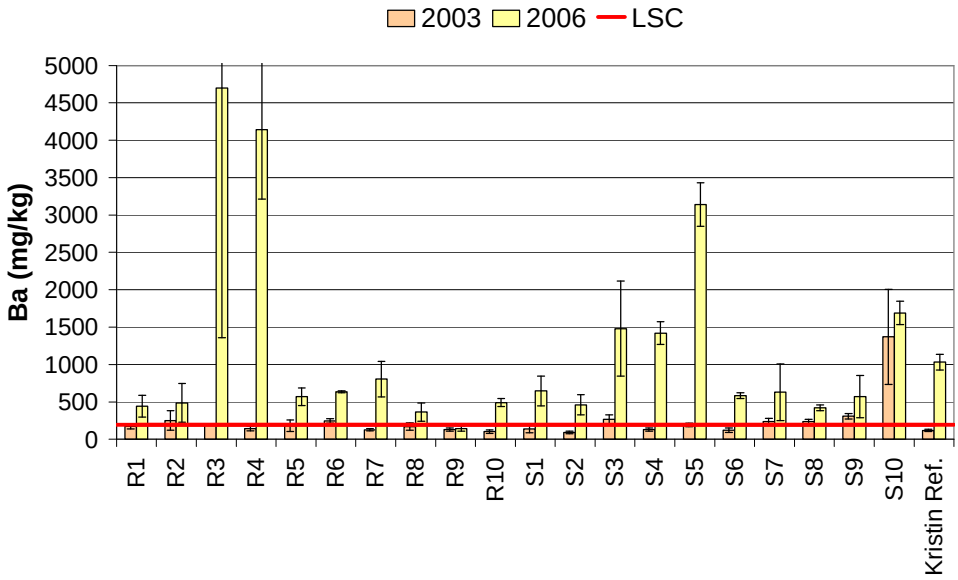
Tabell 4.7-4. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Kristin 2006. Verdier over LSC er uthevet. Resultater fra dypere sjikt er grå.*

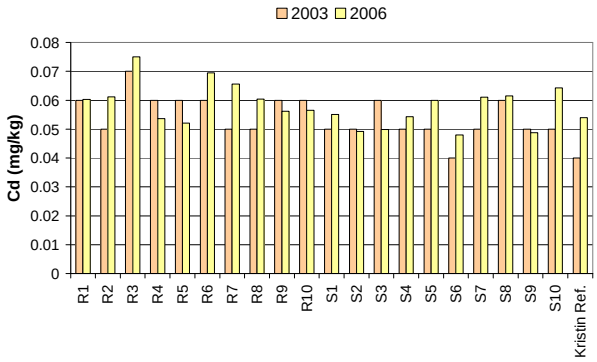
Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
R1	150/500	**440**	145	0,06	0,00	16,4	0,5	5,6	0,2			10,6	0,8	27	1
R2	150/1 000	**487**	259	0,06	0,01	16,8	1,2	5,9	0,8			11,0	2,2	26	4
R3	60/250	**4700**	3340	0,08	0,01	21,6	2,6	10,4	1,3	< 0,02	-	11,8	2,0	35	3
R3, 0-1 cm	60/251	**6660**		0,07		20,5		**11,8**		< 0,02	-	12,8		33	
R3, 1-3 cm	60/252	**1860**		0,05		16,5		6,6		< 0,02	-	11,1		28	
R3, 3-6 cm	60/253	121		0,09		17,3		6,2		< 0,02	-	9,2		28	
R4	60/500	**4140**	927	0,05	0,00	18,0	0,8	7,3	0,6	< 0,02	-	11,8	0,3	**80**	46
R4, 0-1 cm	60/501	**4580**		0,05		18,3		7,4		< 0,02	-	11,5		**131**	
R4, 1-3 cm	60/502	**3390**		0,06		18,8		7,2		< 0,02	-	11,6		**75**	
R4, 3-6 cm	60/503	89		0,04		18,1		6,2		< 0,02	-	11,0		31	
R5	60/1 000	**568**	119	0,05	0,01	16,6	0,8	5,8	0,2			10,1	0,3	27	0
R6	60/2 000	**634**	13.1	0,07	0,00	17,9	0,1	6,8	0,1			13,2	0,2	30	1
R7	240/500	**803**	237	0,07	0,01	18,5	1,2	6,4	0,3			12,6	0,1	34	7
R8	240/1 000	**364**	122	0,06	0,01	17,7	1,2	6,4	0,3			10,7	1,5	29	1
R9	330/500	143	34.4	0,06	0,01	16,2	1,0	6,0	0,6			9,8	0,9	27	2
R10	330/1 000	**489**	52.9	0,06	0,00	15,7	0,4	5,8	0,4			11,1	1,1	26	1
S1	150/500	**646**	198	0,06	0,00	15,7	0,5	6,0	0,5			10,5	0,5	26	1
S2	150/1 000	**461**	136	0,05	0,00	15,0	0,4	5,1	0,2			9,3	0,4	24	0
S3	75/250	**1480**	636	0,05	0,00	18,7	4,1	8,8	3,7	< 0,02	-	10,8	2,0	32	6
S3, 0-1 cm	75/251	**5430**		0,05		19,4		9,1		< 0,02	-	11,1		32	
S3, 1-3 cm	75/252	**1530**		0,05		16,9		7,1		< 0,02	-	9,9		28	
S3, 3-6 cm	75/253	**1210**		0,05		16,8		6,6		< 0,02	-	10,2		31	
S4	75/500	**1420**	152	0,05	0,00	19,0	1,6	6,9	0,4	< 0,02	-	12,0	0,7	31	3
S4, 0-1 cm	75/501	**1480**		0,05		20,8		7,1		< 0,02	-	12,7		28	
S4, 1-3 cm	75/502	**690**		0,05		17,9		6,8		< 0,02	-	12,5		32	
S4, 3-6 cm	75/503	97		0,05		18,1		6,7		< 0,02	-	12,4		36	

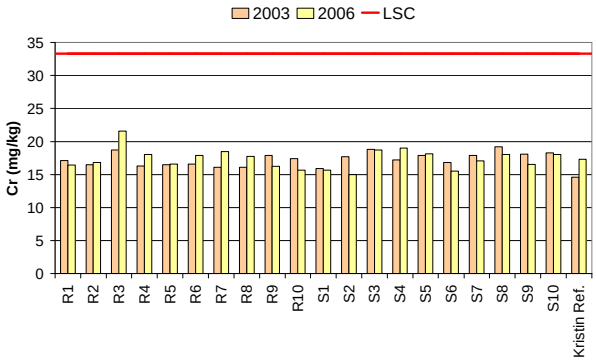
Tabell 4.7-4. *forts.*

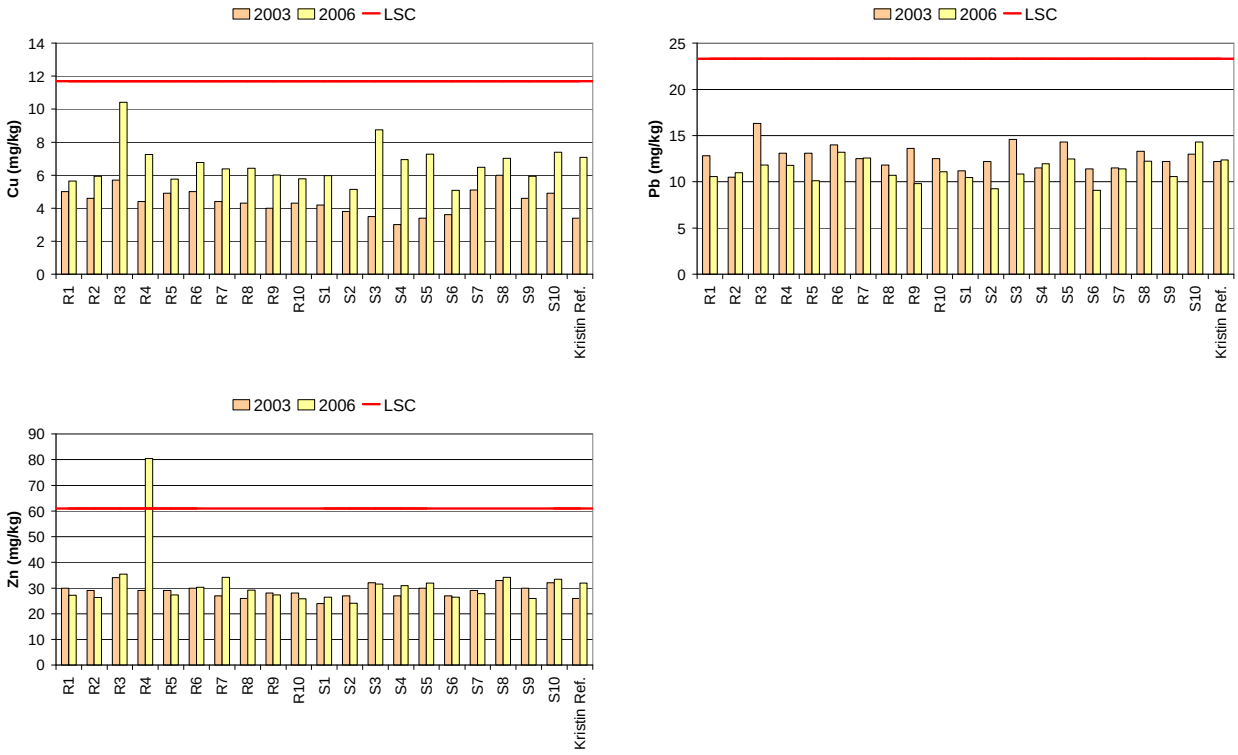
Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
S5	60/1 000	**3140**	291	0,06	0,00	18,2	1,4	7,3	0,7			12,5	0,8	32	2
S6	60/2 000	**582**	39.0	0,05	0,00	15,5	0,33	5,1	0,22			9,1	0,43	26	0,58
S7	240/500	**629**	379	0,06	0,01	17,1	0,95	6,5	0,37			11,4	0,41	28	1,79
S8	240/1 000	**422**	40	0,06	0,01	18,0	0,98	7,0	0,46			12,2	1,4	34	7,69
S9	330/500	**571**	283	0,05	0,00	16,5	0,73	5,9	0,46			10,6	0,90	26	1,45
S10	330/1 000	**1690**	157	0,06	0,01	18,1	1,15	7,4	0,55			14,3	2,70	33	7,44
Kristin Ref.	60/3 000	**1030**	105	0,05	0,00	17,3	0,3	7,1	0,3	< 0,02	-	12,4	0,7	32	2
Gj. snitt*		1190		0,06		17,4		6,6		< 0,02		11,3		32	
SD *		1295		0,01		1,5		1,2		< 0,02		1,3		12	
Min. *		143		0,05		15,0		5,1		< 0,02		9,1		24	
Max. *		4700		0,08		21,6		10,4		< 0,02		14,3		80	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

*: ref ikke medregnet

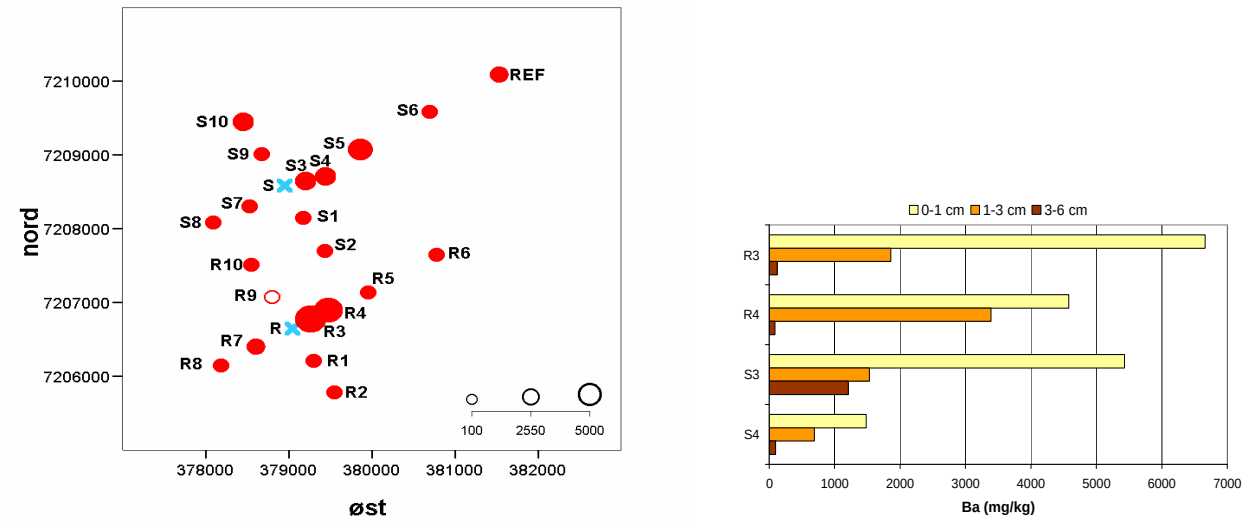








Figur 4.7-6 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentet (0-1 cm) på Kristini 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. S3 og S4 er flyttet mer enn 50m siden 2003.*



Figur 4.7-7 *Til venstre: Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering, Kristin 2006. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler. Til høyre: Ba-konsentrasjon i sjikt på stasjon R3, R4, S3 og S4 i 2006.*

Det er funnet forhøyede Ba-konsentrasjoner på alle de undersøkte stasjonene bortsett fra på R9. På stasjonene R3, R4, S3, S4, S5 og S10 er konsentrasjonen av Ba høyere enn 1000 mg/kg. Høyeste konsentrasjon er funnet på R3 med 4700 ± 3300 mg/kg. I 2003 ble det påvist Ba-konsentrasjon på 1400 ± 600 mg/kg på S10. På de andre stasjonene var Ba-innholdet i 2003 mindre enn 300 mg/kg. I 2006 er Ba-konsentrasjonen i referanseprøven 1000 ± 100

mg/kg, se også diskusjon i kap. 4.1 – Regionale stasjoner. I Figur 4.7-7 vises fordeling av Ba i sjikt-prøver. Det er funnet forhøyede Ba-verdier i 1-3 cm sjiktet for R3, R4, S3 og S4. For S3 er det også funnet forhøyet Ba-verdi i 3-6 cm sjiktet. På stasjon R4 er Zn-konsentrasjonen økt om lag 2 ganger sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen og er nå om lag 1,5 ganger LSC-verdien. For de øvrige elementene er det bare mindre forskjeller fra grunnlagsundersøkelsen i 2003 og nivåene er lave.

4.7.4 Biologiske analyser

Biologiske analyser ble gjennomført på bunnramme R og S.

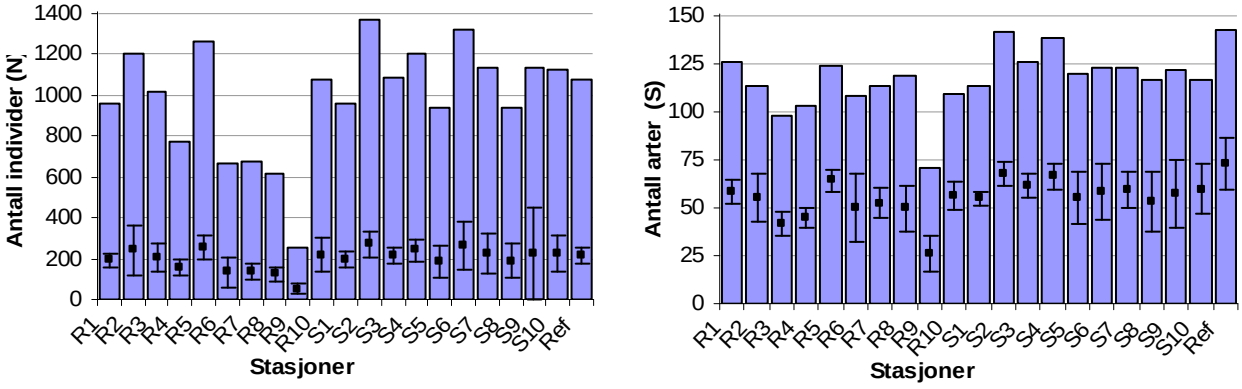
Diversitet og dominans

Tabell 4.7-5 viser antall arter og individer på Kristin fordelt på dyregrupper. Figur 4.7-8 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Kristin. Det ble samlet inn biologiprøver fra 21 stasjoner på Kristin R og Kristin S.

Tabell 4.7-5. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Kristin 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	969	4,7	24	7,5
Polychaeta	15047	72,3	144	45,1
Crustacea	1127	5,4	72	22,6
Mollusca	3444	16,5	63	19,7
Echinodermata	228	1,1	16	5,0
Totalt	**20815**	100,0	**319**	100,0

Antall individer varierer betydelig på Kristin. Variasjonene er størst på bunnramme R, noe som skyldes at sedimentet her var mer heterogent. Flere av grabbprøvene inneholdt grus/stein, og prøvevolumet varierte i mye større grad enn på bunnramme S der prøvene stort sett bestod av fin leire. Spesielt skilte stasjon R9 seg ut med små prøver.



Figur 4.7-8. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Kristin 2006.*

Tabell 4.7-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Kristin 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 2003.*

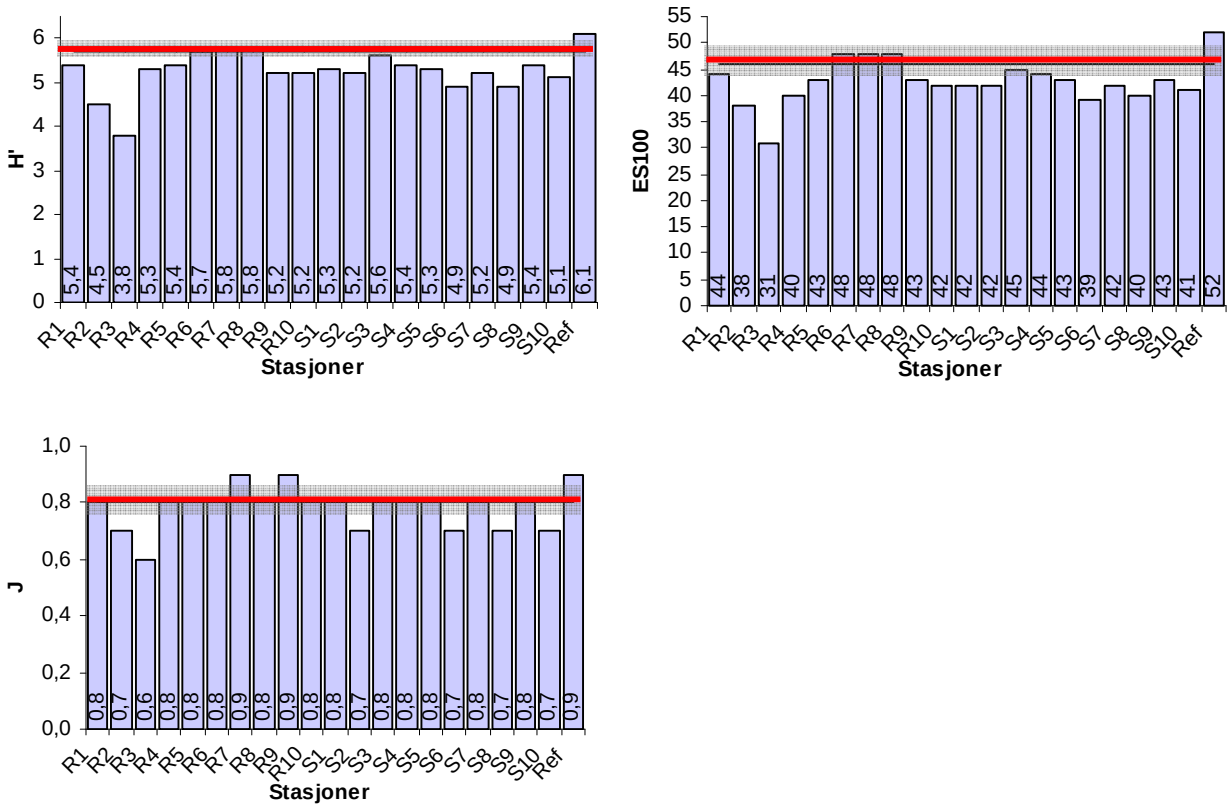
Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
R1	150	500	354	126	962	5,4	0,8	44
R2	150	1 000	349	114	1207	4,5	0,7	38
R3	60	250	355	98	1020	3,8	0,6	31
R4	60	500	357	103	776	5,3	0,8	40
R5	60	1 000	350	124	1261	5,4	0,8	43
R6	60	2 000	349	108	664	5,7	0,8	48
R7	240	500	355	113	678	5,8	0,9	48
R8	240	1 000	355	119	619	5,8	0,8	48
R9	330	500	358	71	259	5,2	0,9	43
R10	330	1 000	363	109	1079	5,2	0,8	42
S1	150	500	360	114	959	5,3	0,8	42
S2	150	1 000	362	142	1366	5,2	0,7	42
S3	75	250	365	126	1086	5,6	0,8	45
S4	75	500	365	139	1200	5,4	0,8	44
S5	60	1 000	362	120	939	5,3	0,8	43
S6	60	2 000	359	123	1322	4,9	0,7	39
S7	240	500	369	123	1131	5,2	0,8	42
S8	240	1 000	370	117	942	4,9	0,7	40
S9	330	500	370	122	1136	5,4	0,8	43
S10	330	1 000	369	117	1130	5,1	0,7	41
Ref	60	3 000	353	143	1079	6,1	0,9	52
NR						5,7	0,8	46
St.dev						0,18	0,02	2,7

Figur 4.2-7 viser gjennomsnittlig NR[10] (basert på data fra grunnlagsundersøkelsen) med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse. Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i forhold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.

Verdier innenfor standardavviket viser at forholdene er uforstyrret. Verdier lavere enn standardavviket for alle parametrene gir en indikasjon på forstyrrelse i faunaen.

Flere av feltstasjonene på Kristin ligger under NR for begge indeksene. Stasjon R3 på 250m avstand i nordøstlig retning skiller seg mest ut.

[10] Beregnet Naturlig Referanseverdi, se kap. 3.2.4 for detaljer



Stasjon	‰m
R1	150/500
R2	150/1 000
R3	60/250
R4	60/500
R5	60/1 000

Stasjon	‰m
R6	60/2 000
R7	240/500
R8	240/1 000
R9	330/500
R10	330/1 000

Stasjon	‰m
S1	150/500
S2	150/1 000
S3	75/250
S4	75/500
S5	60/1 000

Stasjon	‰m
S6	60/2 000
S7	240/500
S8	240/1 000
S9	330/500
S10	330/1 000
Ref	60/3 000

Figur 4.7-9. *Diversitet, jevnhet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Kristin 2006.*

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.7-7.

Tabell 4.7-7. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Kristin 2006.*

10 mest vanlige arter							
R1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**R2**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	204	21,21	21,21	Euchone incolor	507	42,00	42,00
Paradiopatra quadricuspis	51	5,30	26,51	Paradoneis lyra	34	2,82	44,82
Chaetozone setosa complex	47	4,89	31,39	Terebellides stroemi	30	2,49	47,31
Paradoneis lyra	34	3,53	34,93	Paradiopatra quadricuspis	30	2,49	49,79
Abra longicallus	33	3,43	38,36	Abra longicallus	28	2,32	52,11
Terebellides stroemi	31	3,22	41,58	Onchnesoma steenstrupi	26	2,15	54,27
Tharyx sp.	31	3,22	44,80	Polycirrus norvegicus	25	2,07	56,34
Paramphinome jeffreysii	27	2,81	47,61	Chaetozone setosa complex	23	1,91	58,24
Notoproctus sp.	26	2,70	50,31	Tharyx sp.	23	1,91	60,15
Euclymene lindrothi	25	2,60	52,91	Entalina tetragona	20	1,66	61,81

Tabell 4.7-7. *forts.*

R3	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	519	50,88	50,88
Capitella capitata	39	3,82	54,71
Polycirrus norvegicus	33	3,24	57,94
Abra longicallus	23	2,25	60,20
Paradiopatra quadricuspis	23	2,25	62,45
Onchnesoma steenstrupi	21	2,06	64,51
Paradoneis lyra	19	1,86	66,37
Raricirrus beryli	18	1,76	68,14
Terebellides stroemi	17	1,67	69,80
Chaetozone setosa complex	16	1,57	71,37

R4	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	102	13,14	13,14
Chaetozone setosa complex	80	10,31	23,45
Paradoneis lyra	46	5,93	29,38
Tharyx sp.	44	5,67	35,05
Euchone incolor	38	4,90	39,95
Paradiopatra quadricuspis	34	4,38	44,33
Abra longicallus	33	4,25	48,58
Protodorvillea kefersteini	32	4,12	52,71
Terebellides stroemi	25	3,22	55,93
Notomastus sp.	17	2,19	58,12

R5	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	261	20,70	20,70
Chaetozone setosa complex	62	4,92	25,61
Paradoneis lyra	54	4,28	29,90
Protodorvillea kefersteini	53	4,20	34,10
Abra longicallus	52	4,12	38,22
Terebellides stroemi	42	3,33	41,55
Cerastoderma minimum	37	2,93	44,49
Kelliella miliaris	32	2,54	47,03
Entalina tetragona	32	2,54	49,56
Tharyx sp.	31	2,46	52,02

R6	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	110	16,57	16,57
Paradiopatra quadricuspis	37	5,57	22,14
Terebellides stroemi	32	4,82	26,96
Paradoneis lyra	23	3,46	30,42
Limopsis cf aurita	21	3,16	33,58
Limopsis cristata	20	3,01	36,60
Notoproctus sp.	18	2,71	39,31
Chaetozone setosa complex	15	2,26	41,57
Nephtys hystricis	14	2,11	43,67
Protodorvillea kefersteini	14	2,11	45,78

R7	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	86	12,68	12,68
Chaetozone setosa complex	36	5,31	17,99
Paradoneis lyra	33	4,87	22,86
Paradiopatra quadricuspis	32	4,72	27,58
Tharyx sp.	28	4,13	31,71
Terebellides stroemi	22	3,24	34,96
Limopsis cristata	21	3,10	38,05
Entalina tetragona	21	3,10	41,15
Abra longicallus	20	2,95	44,10
Thyasira obsoleta	16	2,36	46,46

R8	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	48	7,75	7,75
Limopsis cristata	43	6,95	14,70
Limopsis cf aurita	39	6,30	21,00
Paradoneis lyra	36	5,82	26,82
Apseudes spinosus	33	5,33	32,15
Paradiopatra quadricuspis	26	4,20	36,35
Chaetozone setosa complex	19	3,07	39,42
Lumbriclymene spp.	18	2,91	42,33
Terebellides stroemi	16	2,58	44,91
Tharyx sp.	14	2,26	47,17

R9	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	43	16,60	16,60
Diastyloides serrata	18	6,95	23,55
Paradiopatra quadricuspis	16	6,18	29,73
Paradoneis lyra	16	6,18	35,91
Abra longicallus	14	5,41	41,31
Chaetozone setosa complex	10	3,86	45,17
Paramphinome jeffreysii	9	3,47	48,65
Onchnesoma steenstrupi	6	2,32	50,97
Tharyx sp.	6	2,32	53,28
Levinsenia gracilis	5	1,93	55,21

R10	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	287	26,60	26,60
Chaetozone setosa complex	60	5,56	32,16
Paradoneis lyra	54	5,00	37,16
Tharyx sp.	39	3,61	40,78
Paradiopatra quadricuspis	32	2,97	43,74
Onchnesoma steenstrupi	28	2,59	46,34
Paramphinome jeffreysii	27	2,50	48,84
Caudofoveata spp.	23	2,13	50,97
Terebellides stroemi	20	1,85	52,83
Notoproctus sp.	19	1,76	54,59

Tabell 4.7-7. *forts.*

S1	Antall	%	Kum %	S2	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	216	22,52	22,52	Euchone incolor	374	27,38	27,38
Paradoneis lyra	49	5,11	27,63	Chaetozone setosa complex	70	5,12	32,5
Tharyx sp.	48	5,01	32,64	Paradoneis lyra	59	4,32	36,82
Chaetozone setosa complex	41	4,28	36,91	Onchnesoma steenstrupi	46	3,37	40,19
Abra longicallus	30	3,13	40,04	Caudofoveata spp.	39	2,86	43,05
Paradiopatra quadricuspis	30	3,13	43,17	Tharyx sp.	38	2,78	45,83
Onchnesoma steenstrupi	27	2,82	45,99	Terebellides stroemi	31	2,27	48,1
Paramphinome jeffreysii	25	2,61	48,59	Abra longicallus	30	2,2	50,29
Caudofoveata spp.	24	2,5	51,09	Paramphinome jeffreysii	30	2,2	52,49
Levinsenia gracilis	23	2,4	53,49	Protodorvillea kefersteini	30	2,2	54,69
S3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**S4**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Paramphinome jeffreysii	131	12,06	12,06	Euchone incolor	284	23,67	23,67
Chaetozone setosa complex	114	10,50	22,56	Chaetozone setosa complex	73	6,08	29,75
Euchone incolor	82	7,55	30,11	Tharyx sp.	48	4,00	33,75
Paradoneis lyra	53	4,88	34,99	Terebellides stroemi	43	3,58	37,33
Abra longicallus	46	4,24	39,23	Limopsis cristata	39	3,25	40,58
Spiophanes wigleyi	31	2,85	42,08	Paradoneis lyra	37	3,08	43,67
Tharyx sp.	27	2,49	44,57	Paradiopatra quadricuspis	34	2,83	46,50
Protodorvillea kefersteini	25	2,30	46,87	Onchnesoma steenstrupi	34	2,83	49,33
Levinsenia gracilis	25	2,30	49,17	Euclymene lindrothi	27	2,25	51,58
Terebellides stroemi	24	2,21	51,38	Abra longicallus	24	2,00	53,58
S5	**Antall**	**%**	**Kum %**	**S6**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	243	25,88	25,88	Euchone incolor	428	32,38	32,38
Paradoneis lyra	46	4,90	30,78	Chaetozone setosa complex	102	7,72	40,09
Limopsis cristata	44	4,69	35,46	Paradoneis lyra	62	4,69	44,78
Paradiopatra quadricuspis	36	3,83	39,30	Spiophanes wigleyi	33	2,50	47,28
Limopsis cf aurita	32	3,41	42,71	Terebellides stroemi	31	2,34	49,62
Tharyx sp.	28	2,98	45,69	Abra longicallus	31	2,34	51,97
Chaetozone setosa complex	23	2,45	48,14	Caudofoveata spp.	27	2,04	54,01
Terebellides stroemi	21	2,24	50,37	Octobranchus floriceps	26	1,97	55,98
Onchnesoma steenstrupi	18	1,92	52,29	Tharyx sp.	23	1,74	57,72
Abra longicallus	17	1,81	54,10	Cerastoderma minimum	21	1,59	59,30
S7	**Antall**	**%**	**Kum %**	**S8**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	298	26,35	26,35	Euchone incolor	314	33,33	33,33
Paradoneis lyra	57	5,04	31,39	Limopsis cristata	34	3,61	36,94
Chaetozone setosa complex	47	4,16	35,54	Paradiopatra quadricuspis	31	3,29	40,23
Abra longicallus	39	3,45	38,99	Paradoneis lyra	31	3,29	43,52
Terebellides stroemi	37	3,27	42,26	Limopsis cf aurita	30	3,18	46,71
Tharyx sp.	36	3,18	45,45	Paramphinome jeffreysii	28	2,97	49,68
Onchnesoma steenstrupi	27	2,39	47,83	Terebellides stroemi	24	2,55	52,23
Paradiopatra quadricuspis	27	2,39	50,22	Onchnesoma steenstrupi	23	2,44	54,67
Octobranchus floriceps	26	2,30	52,52	Chaetozone setosa complex	23	2,44	57,11
Caudofoveata spp.	26	2,30	54,82	Tharyx sp.	22	2,34	59,45

Tabell 4.7-7. *forts.*

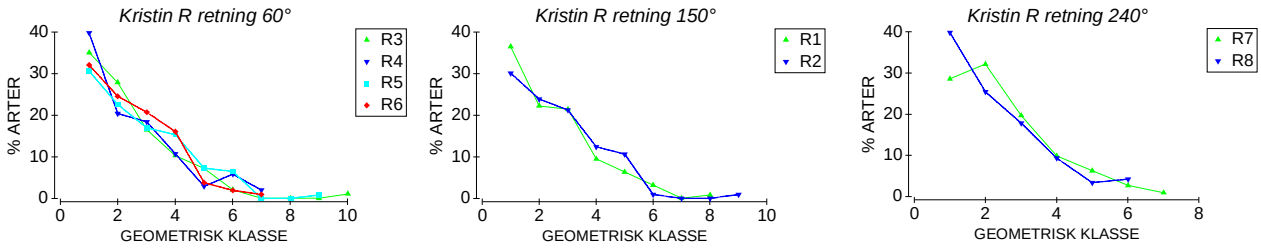
S9	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	222	19,54	19,54
Paradoneis lyra	61	5,37	24,91
Chaetozone setosa complex	54	4,75	29,67
Cerastoderma minimum	44	3,87	33,54
Caudofoveata spp.	44	3,87	37,41
Kelliella miliaris	35	3,08	40,49
Tharyx sp.	35	3,08	43,57
Spiophanes wigleyi	28	2,46	46,04
Paradiopatra quadricuspis	28	2,46	48,50
Onchnesoma steenstrupi	27	2,38	50,88

S10	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	334	29,56	29,56
Paradoneis lyra	53	4,69	34,25
Tharyx sp.	48	4,25	38,50
Chaetozone setosa complex	39	3,45	41,95
Spiophanes wigleyi	35	3,10	45,04
Terebellides stroemi	29	2,57	47,61
Caulleriella spp.	23	2,04	49,65
Caudofoveata spp.	22	1,95	51,59
Paradiopatra quadricuspis	20	1,77	53,36
Kelliella miliaris	19	1,68	55,04

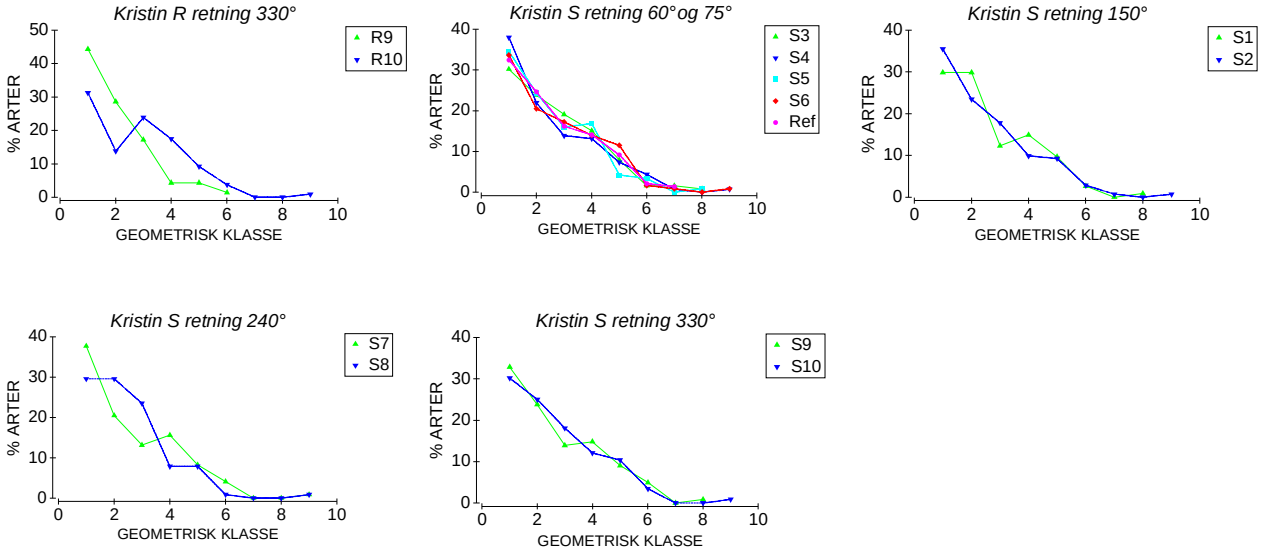
Ref	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	102	9,45	9,45
Chaetozone setosa complex	67	6,21	15,66
Paradoneis lyra	57	5,28	20,95
Terebellides stroemi	38	3,52	24,47
Paradiopatra quadricuspis	32	2,97	27,43
Abra longicallus	28	2,59	30,03
Onchnesoma steenstrupi	26	2,41	32,44
Paramphinome jeffreysii	26	2,41	34,85
Kelliella miliaris	24	2,22	37,07
Octobranchus floriceps	20	1,85	38,92

Euchone incolor (filtrerer) er en vanlig art på feltet og dominerer faunaen på flere av stasjonene, bl.a. på R2 hvor den bidrar sterkt til relativt lave diversitetsindekser. Denne arten er imidlertid ingen typisk indikatorart for hydrokarboner eller annen kontaminering. Andre dominerende arter på feltet er børstemarkene *Chaetozone setosa complex, Paradoneis lyra, Tharyx* sp., *Paradiopatra quadricuspis, Terebellides stroemi, Protodorvillea kefersteini*, muslingen *Abra longicallus samt pølseormen Ocnhesoma steenstrupi.* Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* er veldig dominerende spesielt på stasjon R3, men også på stasjon R4 og S3. De vanligste artene på feltet består av rene filtrerer, arter som benytter seg av en blandingsstrategi samt karnivore, noe som er vanlig på/i sedimenter med relativt stort sandinnhold. På flere av stasjonene utgjør relativt få arter en stor andel av det totale individantall og spesielt stasjon R3 skiller seg ut med at en art utgjør > 50 % av individantallet.

Dette er også illustrert i Figur 4.7-10, fordelingen av geometriske klasser, hvor stasjon R3 skiller seg ut med arter i klasse 10. De øvrige kurvene indikerer et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



Figur 4.7-10. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Kristin 2006.*



Figur 4.7-10. *forts.*

Multivariate analyser

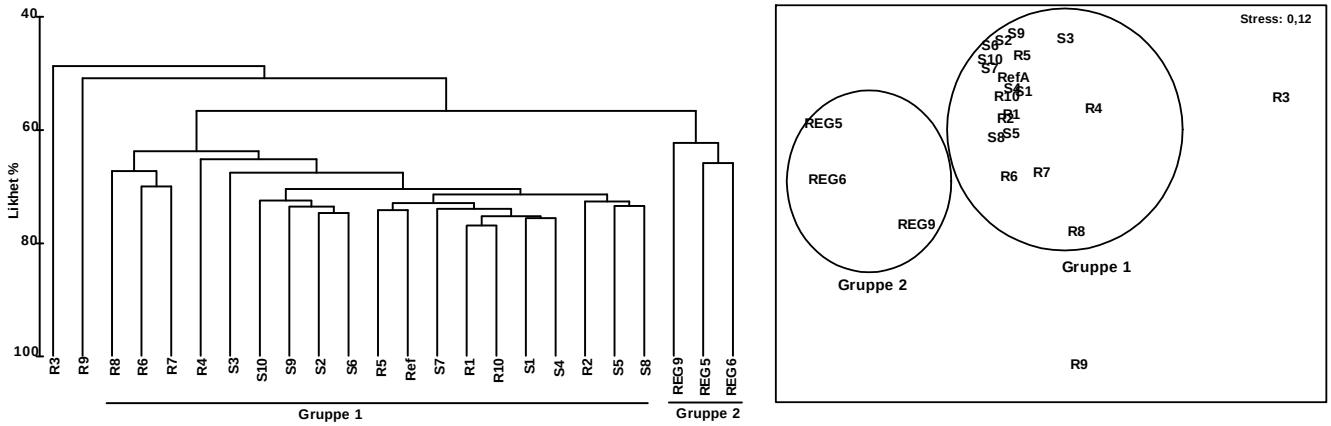
Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.7-11. Analysene viser at stasjonene deler seg inn i to hovedgrupper ved ca. 60 % likhet; gruppe 1 (Kristin feltstasjoner) og gruppe 2 (REG 5, 6 og 9). Stasjon R3 og R9 skiller seg fra de to gruppene.

Tabell 4.7-8. *Inndeling i faunagrupper, Kristin 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1	Kristin feltstasjoner bortsett fra R3 og R9	Høyt antall av børstemarken *E. incolor*. Andre vanlige arter som bidrar til forskjellen mellom gruppene er børstemarken *P. lyra, Tharyx* sp. og *C. setosa* samt muslingen *A. longicallus* og *L. aurita*.
2	REG5, -6 og -9	Relativt høyt antall av børstemarken *N. hystricis* og betydelig lavere antall *E. incolor* enn gruppe 1 samt lavere antall av artene nevnt over.
Kristin R3		Veldig høyt antall av børstemarken *P. jeffreysii*, videre bidrar høyere forekomst av børstemarken *C. capitata, R. berylli* og *P. norvegicus* til at denne stasjonen skiller seg ut.
Kristin R9		Skiller seg ut som relativt individfattig i forhold til de øvrige grupperinger. Små forekomster av artene nevnt i de andre gruppene.

Inndeling av gruppene følger til en viss grad kornstørrelse og dyp, med et finere sediment på de regionale stasjonene enn på Kristin feltstasjoner (REG5 og -6 er betydelig grunnere enn stasjonene på Kristinfeltet). Stasjon R9 skiller seg fra de øvrige pga. lavt antall arter og individer (omtalt under diverstitet og dominans).

Flere av artene som bidrar til å skille stasjon R3 fra de øvrige er indikatorarter for THC og organisk belastning (Hiscock et. al. 2005).



Figur 4.7-11. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Kristin 2006.*

MDS- underbygger inndelingen i dendrogrammet.

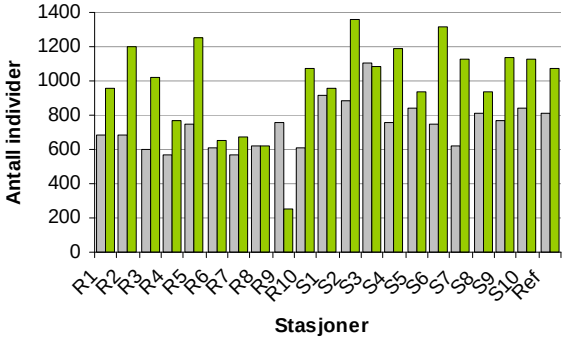
Resultatene fra Bioenv-analysen[11] ga en korrelasjonskoeffisient på 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene dyp, barium og THC. Resultatene indikerer en viss sammenheng mellom nevnte faktorer og faunasammensetningen. De regionale stasjonene i gruppe 2 er grunnere og har generelt lavere konsentrasjoner av barium i sedimentet enn feltstasjonene. Videre skiller stasjon R3 seg ut med høyt innhold av barium og THC i sedimentet . Analysene indikerer påvirkning på stasjon R3.

Tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene gir korrelasjonsfaktor 0,5 for THC, Ba og kornstørrelse. Korrelsjonen er svak, men resultatet indikerer at faunaforkjellene på feltet til en viss grad kan knyttes til innhold av hydrokarboner og barium i sedimentet.

Sammenligning mellom år

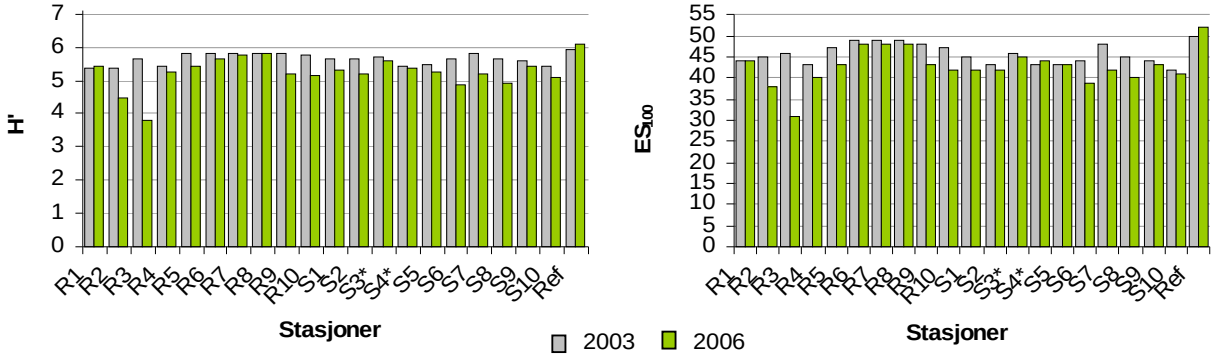
Diversitet

Generelt har diversiteten på Kristin avtatt noe siden undersøkelsen i 2003, se Figur 4.7-12. Dette gjelder ikke referansestasjonen, noe som kan indikere en påvirkning på faunaen på feltstasjonene. Imidlertid må dette samholdes med resultatene fra de multivariate analysene, da det også kan skyldes naturlige svingninger mellom år.



Figur 4.7-12. *Antall individer og diversitetsindeksene H' og ES_{100} på Kristin fra 2003 og 2006. S3 og S4 er flyttet mer enn 50m siden 2003.*

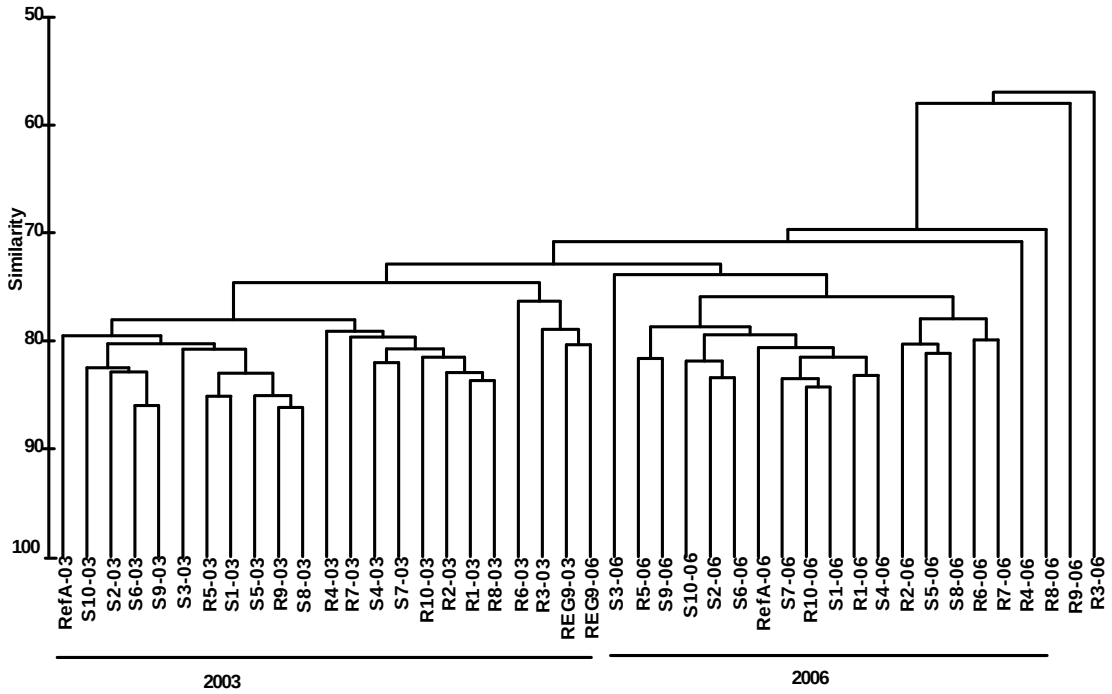
[11] Undersøker samvariasjon mellom biologiske data og miljøvariable (kjemiske data samt sedimentkarakteristika).



Figur 4.7-12. *forts.*

Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er utført på data fra 2003 og 2006 på familienivå. Dendrogram på stasjonsnivå for Kristin 2006 og 2003 er vist i Figur 4.7-13.



Figur 4.7-13. *Dendrogram på familienivå, Kristin 2004 og 2006, inkl. regional stasjon 9.*

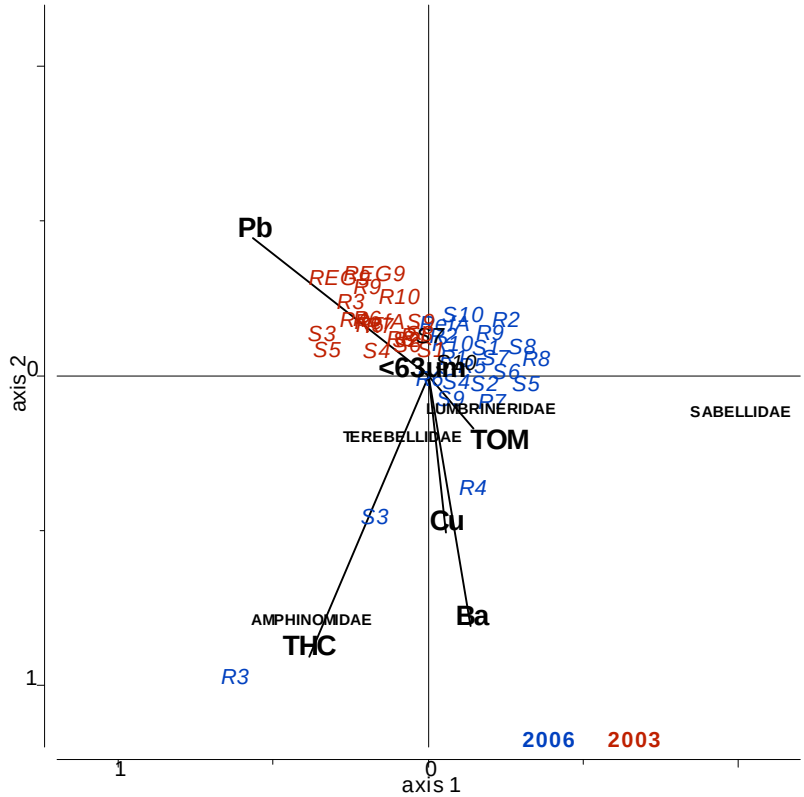
Stasjonene deler seg i 2 hovedgrupper etter år ved ca. 70 % likhet. De regionale stasjonene REG5 og -6 dannet en separat gruppe, og er utelatt i dendrogrammet. REG9-06 grupperer seg imidlertid i 2003 gruppen sammen med REG9-03, og forholdene her kan betraktes som uforandret siden 2003. Referansestasjonen følger inndelingen basert på år. Stasjon R9-06 og R3-06 tilhører ingen av de to hovedgruppene. Generelt er det arter fra de samme familiene som dominerer begge år, men individantallet har økt frem mot 2006. Spesielt gjelder dette børstemarken *E. incolor,* som utgjør over halvparten av økningen i antall arter. Forekomsten av denne har imidlertid økt også på referansestasjonen, og relateres ikke til feltaktivitetene.

Tabell 4.7-9. *Inndeling i faunagrupper (familienivå), Kristin 2003 og 2006.*

Gruppe	Karakteristikk
2003	Børstemark fra familiene Cirratulidae (*C. setosa*), Sabellidae (*E.incolor*), Paraonidae (*P.lyra*, *L.gracilis*) og Onuphidae (*P.quadricuspis*) samt pølseormen Phacolionidae dominerer faunaen.
2006	Betydelig høyere antall av børstemark fra familien Sabellidae (*E. incolor*) og noe noe høyere antall Cirratulidae (*C.setosa*).

Bioenv-analysen ga en korrelasjonsverdi på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene THC, barium, kobber og bly. Innholdet av hydrokarboner og barium har økt siden 2003. Det samme gjelder Cu, men nivået ligger under LSC. For Pb er det ikke noe åpenbart mønster, men konsentrasjonene er under LSC også for Pb.

Det ble i tillegg utført en redundancy analyse (RDA) mellom fauna og disse miljøfaktorene samt kornstørrelse og organisk materiale. RDA plottet er vist i Figur 4.7-14, og viser at stasjonene i hovedsak deler seg inn etter år og at enkelte av 2006 stasjonene grupperer seg under den vertikale aksen hvor barium og THC konsentrasjonen er noe høyere. Nivåene av disse er generelt noe høyere i 2006 enn i 2003. Plottet viser en sammenheng mellom endringer i artssammensetningen og økning i THC, Ba og Cu på R3 og til en viss grad på R4 og S3 fra 2003 til 2006.



Figur 4.7-14. *RDA plott Kristin 2003 og 2006. Kun faunagrupper som ikke er konsentrert rundt origo er vist.*

4.7.5 Konklusjoner

Bunnramme R og S

Sedimentet ved ramme R består i hovedsak av veldig fin sand. Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 3,2-3,8 %. 5 av 10 stasjoner rundt rammen har THC-nivåer over LSC, i hovedsak i retning 60° fra rammen. Nivåer over 10 mg/kg er påvist ut til R6 (60°/2000m). Kontaminanten har en profil tilsvarende XP-07 Base Fluid. Tilsvarende er 9 av 10 stasjoner rundt rammen kontaminert med baritt, med 60° som mest kontaminert retning.

Sedimentet ved ramme S består i hovedsak av veldig fin sand. Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 2,9-3,8 %. 4 av 10 stasjoner har THC-nivåer over LSC, og innenfor 500 m er nivået av THC større enn 10 mg/kg i retning 330° og 75°. Det er sannsynlig at kontamineringen består i både HDF 200 og XP-07. For barium er 10 av 10 stasjoner over LSC, hvilket også gjelder referansestasjonen.

Generelt har bunnfaunaen rundt bunnrammene R og S en relativ høy biodiversitet, noe som indikerer en uforstyrret fauna. Biodiversiteten viser en nedadgående trend. Dette skyldes økt individantall siden 2003, noe som igjen kan ha sammenheng med den observerte økningen i organisk materiale (TOM). Økningen i antall individer er ikke knyttet til feltaktivitetene, men ansees som generell i området. Artssammensetningen på enkelte stasjoner indikerer påvirkning. Dette gjelder i første rekke stasjon R3, men også på R4 og S3 antyder analysene en sammenheng mellom endringer i artssammensetningen og økning i THC, Ba og Cu fra 2003 til 2006. Konklusjonen støttes av visuelle observasjoner fra prøvetakingen.

Bunnramme P og N

Bunnramme P og N er kun undersøkt for hydrokarboner.

For ramme P har 3 av 9 stasjoner THC-nivåer over LSC. Med unntak av P3 (60°/250m) som har en middelverdi på 171 mg/kg, er verdiene moderate. HDF 200 eller et lignende produkt er en sannsynlig kontaminant. Data for barium foreligger ikke for 2006.

Ved ramme N har kun 1 av 8 stasjoner THC-nivå over LSC. Kromatogrammet viser tyngre hydrokarboner enn de som er tilstede i HDF 200 og XP-07. Data for barium foreligger ikke for 2006.

Rundt alle rammene er nivået av THC og barium synkende nedover i sedimentet der det er tatt prøver fra dypere sjikt.

Sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003 er det påvist en økning i innhold av THC og Ba på de fleste undersøkte stasjonene i 2006. På 250m-stasjonene er økningen i THC svært markant, THC-nivåene > 60 mg/kg THC. I 2006 har flere av kromatogrammene profiler tilsvarende HDF 200 og XP-07.

4.8 Njord

4.8.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Njord ligger i blokk 6407/7 og 6407/10, ca. 130 km nordvest for Kristiansund og 30 km vest for Draugen. Feltet er bygget ut med undervannsbrønner knyttet til en flytende bore, bolig- og produksjonsplattform i stål. Oljen lagres i et eget lagerskip før den blir bøyelastet til tankskip.

Utslippshistorikk

Grunnlagsundersøkelsen ble gjennomført i 1996, og feltet ble inkludert i regional overvåking fra 1997. En oversikt over boreaktivitet og utslipp på feltet er gitt i Tabell 4.8-1.

Tabell 4.8-1. *Oversikt over utslipp fra Njord, 1997 - 2006.*

Type utslipp /aktivitet	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret	2	3	6	5	0	0	1	1	1	2
Utslipp i tonn av :										
Baritt u/vann i MT	2120	66	772	821	0	0	374	19	0	0
Borekaks (m^3)	1628	1986	2656	2598	0	0	897	0	0	0
Ester/olefiner/eter (tonn)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oljebasert borevæske (m^3)	0	0,685	0,2	0	0	0	0	0	0,57	0
Olje i produsert vann (MT)	0	0	0,45	1	1	0	0,6	0,6	0,6	0,56
Akuttutslipp (m^3)	1,264	0,386	0,2	0,5	0,1	0,05	94,228	0,004	1,63**	1,113***

*: 1. halvår

**: 1,63 m^3 andre oljer, 0,008 m^3 råolje

***: 0,86 m^3 andre oljer, 0,250m^3 kjemikalier

I februar 2003 var det et utslipp på 92,9 m^3 oljebasert slam. Utslippet skjedde ved havbunnen. For å følge opp dette utslippet ble det i forbindelse med overvåkingen av Njord, inkludert nye stasjoner lang en ny akse i 112 grader.

Prøvetaking

Dypet ved prøvestasjonene rundt Njord varierer fra 325 til 338m. Sedimentene bestod av et brunt/brungrått topplag med leire under. En del stasjoner inneholdt grus og stein. Prøvetaking foregikk uten problemer. En planlagt stasjon (NJ18) ble utelatt pga. konflikt med undervannsinstallasjon.

Spesiell anmerkninger fra prøvetakingen og opparbeiding av biologiprøver i laboratoriet:

- NJ1: Olje i alle grabber, oljefilm, sorte felter
- NJ2: Olje i en grabb
- NJ5: Litt olje i alle grabber
- NJ9: Olje i alle grabber
- NJ10: Litt olje i to grabber

- NJ11: Litt olje i to grabber
- NJ13: Mørke felter, oljefilm, litt olje i alle grabber
- NJ14: Sorte partikler og mørke felter i noen prøver, litt olje i en grabb
- NJ17: Svamp
- NJ19: Sorte partilker i vaskevannet

I 1997 hadde stasjonene NJ1 og NJ2 følgende retning/avstand i forhold til feltsenteret: NJ1: 67,5º/250m, NJ2: 67,5º/500m. I 2000 ble de to stasjonene parallellforskjøvet nordover pga. undervannsinnretninger i det opprinnelig planlagte området. Dette medførte at retning/avstand for prøvetakingspunktet i forhold til feltsenteret ble endret. Stasjonsbetegnelsen (f.eks. NJ1 - 67,5º/250m) ble imidlertid ikke endret, men retning og avstand ble oppgitt i anførselstegn for å markere at denne ikke var korrekt. I tabellen under er ny retning/avstand beregnet for stasjoner som ble flyttet i 2000, dvs. at virkelig retning og avstand fra feltsenter til prøvetakingspunktet er oppgitt. Tilsvarende er gjort for de andre stasjonene det gjelder.

Det understrekes at selve plasseringen av prøvetakingspunktene har vært den samme siden 2000. Forskjellen består i at oppgitt retning/avstand fra feltsenter nå er oppdatert.

Stasjon	**Oppgitt retning/avstand i 2000/2003 (basert på stasjonsplassering før flyttingen i 2000)**		**Samme punkt som i 2000/2003, men retning/avstand etter flyttingen i 2000 er beregnet**	
	Retning	Avstand	Retning	Avstand
NJ1	”67,5 º”	”250m”	30º	325
NJ2	”67,5 º”	”500m”	45	500
NJ21	112 º	2 000m	112 º	2 500m
NJ5	157,5 º	250m	157,5 º	325m

Stasjonsnavnene på Njord har prefikset NJ. Dette er utelatt i presentasjonen av resultatene.

4.8.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

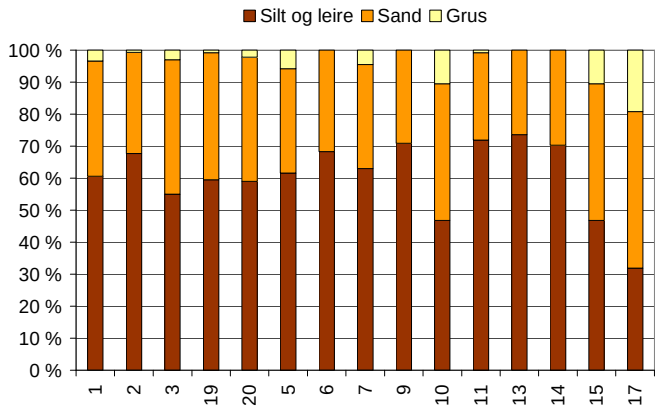
Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.8-2. En sammenligning med tidligere resultater (1997-2003) er gitt i Figur 4.8-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Sedimentene på Njord består av en blanding av silt og leire og veldig fin sand. På stasjon 9 og stasjon 13 har andelen silt og leire økt ved hver undersøkelse siden 2000. På stasjon 1 har det vært en reduksjon i andel silt og leire ved hver undersøkelse siden 2000. På de andre stasjonene er det ingen tegn til noen trender. Andelen silt og leire på referansestasjonen (stasjon 17) er lav, og på nivå med 1996. Det har vært en reduksjon siden 2000. Sedimentet på referansestasjonen blir klassifisert som fin sand, mens det i 2003 var veldig fin sand.

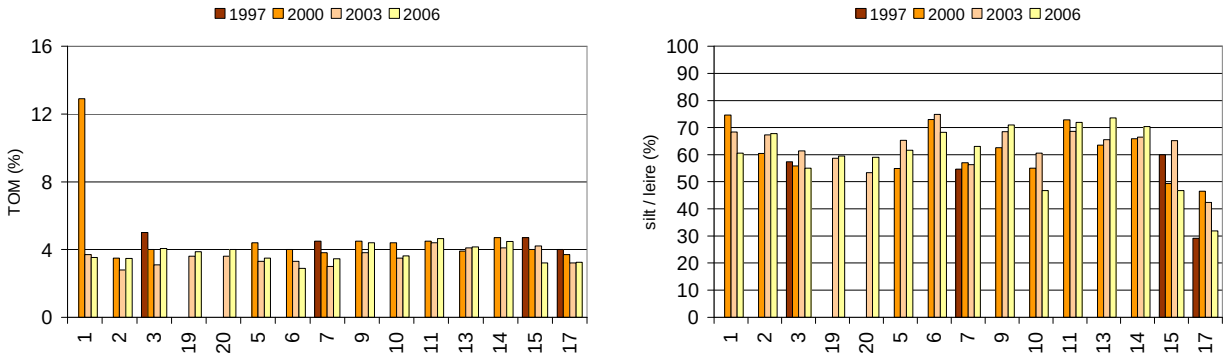
Tabell 4.8-2 *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Njord 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
1	30	325	338	3,53	Silt og leire	60,6	36,1	3,3	4,70
2	45	500	338	3,46	Silt og leire	67,8	31,6	0,6	5,05
3	67,5	1 000	332	4,06	Veldig fin sand	55,0	42,1	2,9	4,36
4	67,5	2 000	332						
19	112	500	331	3,87	Silt og leire	59,5	39,8	0,7	4,64
20	112	1 000	330	4,00	Silt og leire	59,0	38,8	2,2	4,61
21	112	2 500	334						
5	157,5	325	325	3,50	Silt og leire	61,7	32,6	5,8	4,76
6	157,5	500	331	2,89	Silt og leire	68,3	31,7	0,0	5,07
7	157,5	1 000	330	3,46	Silt og leire	63,0	32,5	4,5	4,83
8	157,5	2 000	332						
9	247,5	250	333	4,39	Silt og leire	70,9	29,1	0,0	5,18
10	247,5	500	335	3,63	Veldig fin sand	46,8	42,8	10,5	3,83
11	247,5	1 000	335	4,65	Silt og leire	71,9	27,4	0,8	5,22
12	247,5	2 000	338						
13	337,5	250	334	4,15	Silt og leire	73,6	26,4	0,0	5,28
14	337,5	500	332	4,47	Silt og leire	70,4	29,6	0,0	5,16
15	337,5	1 000	333	3,21	Veldig fin sand	46,8	42,8	10,5	3,83
16	337,5	2 000	331						
17	67,5	10 000	312	3,23	Fin sand	31,9	49,0	19,1	2,59
Gj. snitt*				3,80		62,5	34,5	3,0	4,75
SD *				0,51		8,7	5,8	3,7	0,47
Min.*				2,89		46,8	26,4	0,0	3,83
Max.*				4,65		73,6	42,8	10,5	5,28

*: ref ikke medregnet



Figur 4.8-1 *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for stasjonene på Njord i 2006 sammenlignet med tidligere år (1997-2003). Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst.*



Figur 4.8-1. *forts*.

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.8-2, og en sammenligning med tidligere års resultater er gitt i Figur 4.8-1. Gjennomsnittlig andel av totalt organisk materiale er 3,8 ± 0,5 %. På stasjon 1 var TOM meget høyt i 2000 (13 %), men avtok til 3,7 % i 2003 og er nå på samme nivå som i 2003. Det er ellers små variasjoner i innhold av totalt organisk materiale fra 1997 til 2006. Dette gjelder også for referansestasjonen (stasjon 17).

4.8.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

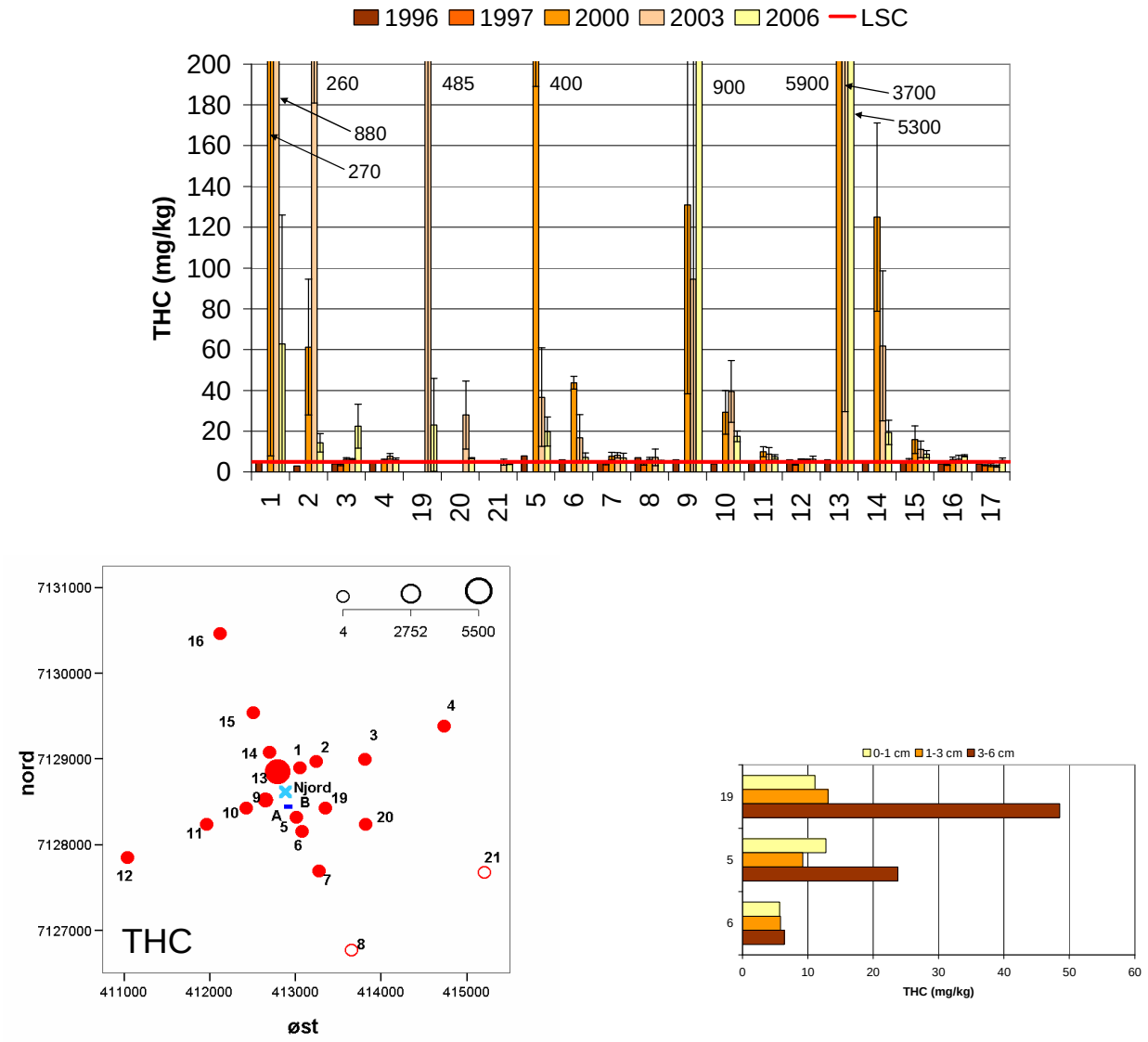
Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.8-3. I Figur 4.8-2 er årets THC-resultater sammenlignet med tidligere resultater (1996-2003). Fordeling av THC relatert til stasjons-plassering, og fordeling av THC i sjikt er også vist. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.8-3 er representative gasskromatogram for utvalgte stasjoner vist.

De høyeste THC-verdiene er funnet på stasjon 9 og 13 med henholdsvis 900 ± 500 mg/kg og 5300 ± 2000 mg/kg. Det har også tidligere vært forhøyede THC-verdier på disse stasjonene. På stasjon 9 var det 130 mg/kg i 2000 og 95 mg/kg i 2003. Det er høye standardavvik, men det er likevel grunnlag for å si at THC-innholdet på stasjonen har økt. På stasjon 13 var THC-innholdet i 2000 5900 ± 1400 mg/kg og i 2003 3600 ± 3600 mg/kg. Kromatogrammene for begge stasjonene viser at det forhøyede THC-innholdet skyldes hydrokarboner av samme type som boreslamoljen HDF 200. Kromatogrammet for stasjon 13 viser i tillegg noen ukjente upolare organiske forbindelser. Både stasjon 9 og 13 ligger 250m fra feltsenteret. I 2003 var det akuttutslipp av til sammen 92,9 m^3 oljeholdig boreslam. Posisjonene for disse utslippene er markert i Figur 4.8-2. I 2005 var det et akuttutslipp av oljeholdig boreslam på 0,6 m^3. På stasjonene 1, 2, 19, 5, og 14 har det i perioden 2000-2003 vært observert THC-verdier på mer enn 100 mg/kg. På alle disse stasjonene tyder årets resultater på at THC-innholdet er avtakende. Flere av resultatene viser imidlertid store standardavvik mellom grabbene, noe som tyder på en klumpvis fordeling av kontamineringen. På stasjon 5, 6 og 19 er det også analysert dypere sjikt. Alle sjiktene på stasjon 6 er lave mhp THC, men på de to andre stasjonene er THC-innholdet høyest i sjiktet 3-6 cm. Kromatogrammene har en profil tilsvarende boreslamolje (HDF 200). Referansestasjonen har lavt THC-innhold og nivået er som ved tidligere undersøkelser. På stasjon 9 og stasjon 13 er det funnet forhøyede verdier av PAH og NPD. Konsentrasjon av dekaliner varierer i overensstemmelse med THC, høyeste konsentrasjon er funnet på stasjon 9 og 13 med henholdsvis 31 mg/kg og 170 mg/kg dekaliner.

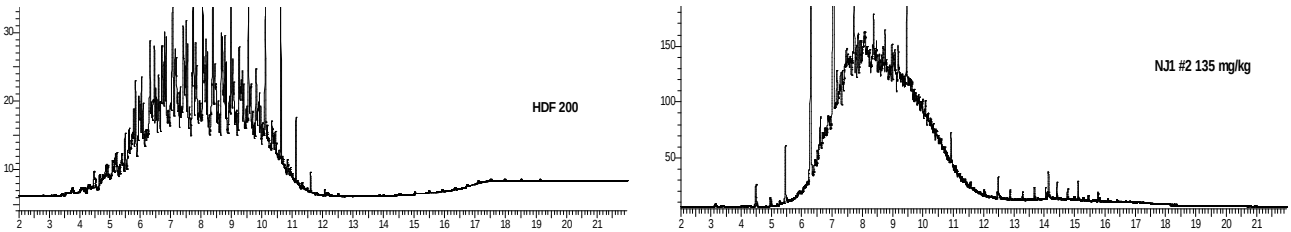
Tabell 4.8-3 *Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrokarboner fra tre paralleller (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Njord 2006. Verdier over LSC er uthevet. Resultater fra dypere sjikt er grå.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
1	30	325	**63**	63	0,066	0,004	0,09	0,05	3,0	3,3
2	45	500	**14**	4						
3	67,5	1 000	**22**	11						
4	67,5	2 000	**6**	1						
19	112	500	**23**	23	0,085	0,012	0,13	0,08	0,5	0,8
0-1 cm			**11**		0,073		0,09		0,1	
1-3 cm			**13**		0,080		0,10		0,3	
3-6 cm			**49**		0,062		0,11		2,6	
20	112	1 000	**7**	0						
21	112	2 500	4	0						
5	157,5	325	**20**	7	0,079	0,001	0,08	0,01	0,6	0,2
0-1 cm			**13**		0,079		0,07		0,4	
1-3 cm			**9**		0,073		0,06		0,5	
3-6 cm			**24**		0,054		0,07		1,8	
6	157,5	500	**7**	2	0,053	0,014	0,11	0,02	0,1	0,0
0-1 cm			**6**		0,044		0,11		0,1	
1-3 cm			**6**		0,036		0,08		0,2	
3-6 cm			**6**		0,045		0,09		0,2	
7	157,5	1 000	**7**	2						
8	157,5	2 000	5	1						
9	247,5	250	**901**	526	**0,153**	0,032	**0,54**	0,26	31	15
10	247,5	500	**17**	3						
11	247,5	1 000	**7**	1						
12	247,5	2 000	**6**	1						
13	337,5	250	**5250**	2090	**0,534**	0,114	**11**	3	170	83
14	337,5	500	**19**	6						
15	337,5	1 000	**9**	2						
16	337,5	2 000	**8**	1						
17	67,5	10 000	**6**	1	0,097	0,020	0,09	0,01	<0,1	0,0
Gj. snitt*			337		0,159		2,34		34,9	
SD *			1207		0,198		4,72		71,2	
Min.*			4		0,044		0,07		0,1	
Max.*			5250		0,534		11,29		170,0	
LSC			5,2		0,129		0,10			

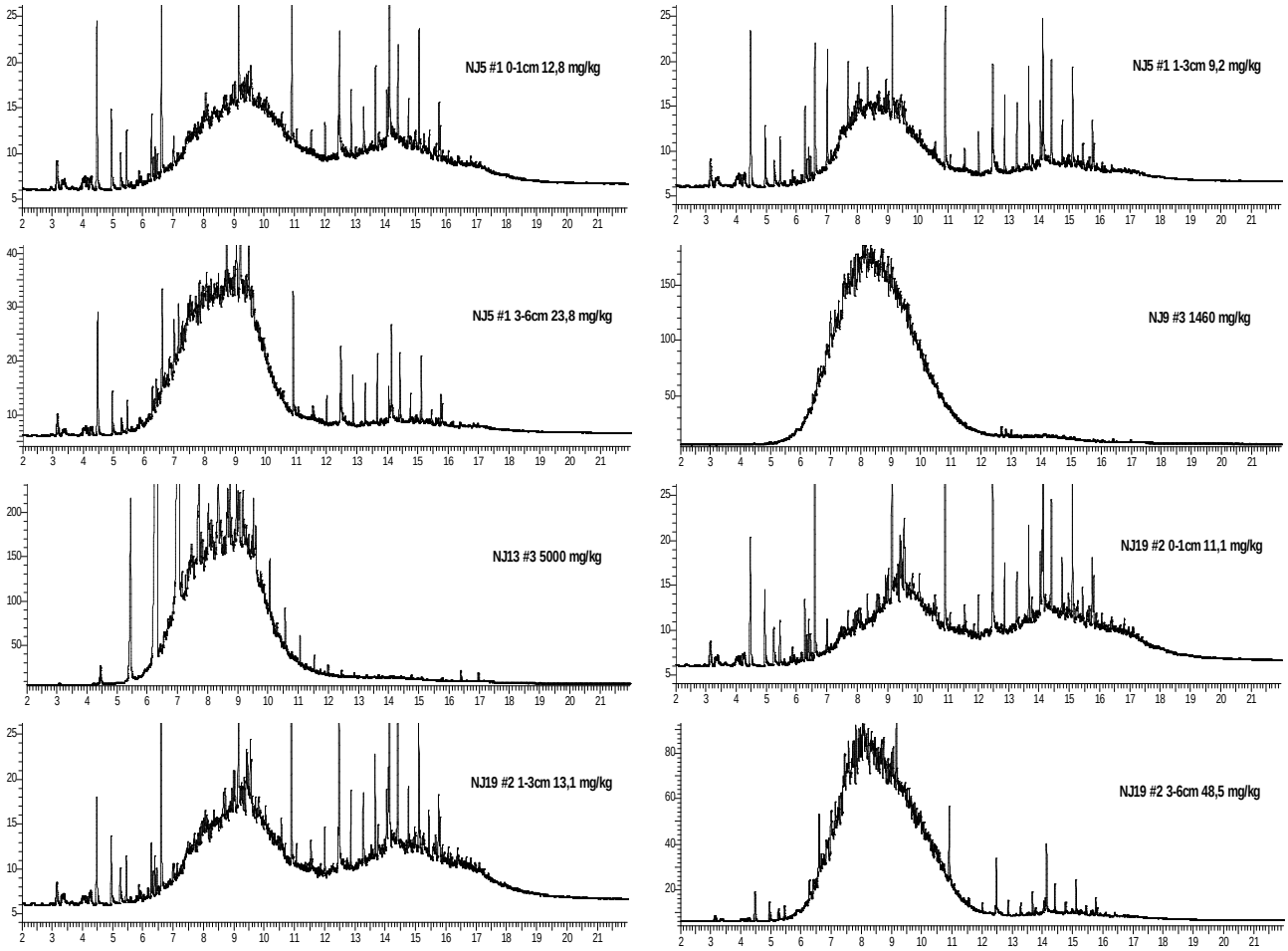
*: ref ikke medregnet



Figur 4.8-2. *Øverst: Gjennomsnittlig THC-innhold i toppsedimentet (0-1cm), Njord 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (1996-2003).Til venstre: Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler. A og B viser posisjonen for de to rapporterte akuttutslippene i 2003. Til høyre: Fordeling av THC i dypere sjikt på stasjon 19, stasjon 5 og stasjon 6 (Njord 2006).*



Figur 4.8-3. *Gasskromatogram av HDF-200 og utvalgte prøver fra Njord 2006. Merk: Y-aksen har ikke samme skala i alle kromatogrammene.*



Figur 4.8-3. *forts*.

PFAS

Stasjon NJ5 (157,5°250m, 0-1 cm) ble, sammen med e n stasjon fra hvert av feltene Heidrun, Draugen, Norne, Skarv og Hans, analysert for PFAS. Resultatene er i sin helhet presentert Kap. 4.17. Resultatene for Njord viser at nivåene ikke er spesielt forhøyet sammenlignet med prøver fra de antatt upåvirkede stasjonene på Skarv og Hans.

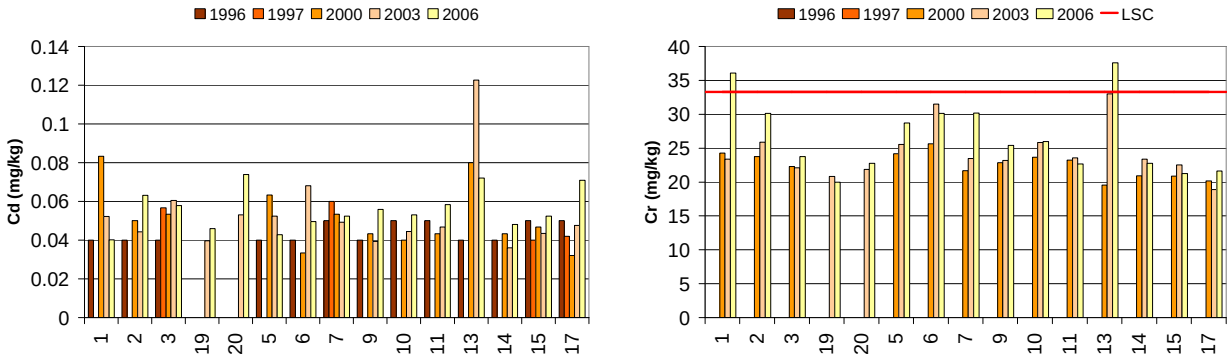
Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.8-4. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.8-4 er årets metallresultater sammenlignet med resultatene fra tidligere undersøkelser (1996-2003). Figur 4.8-5 viser fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering.

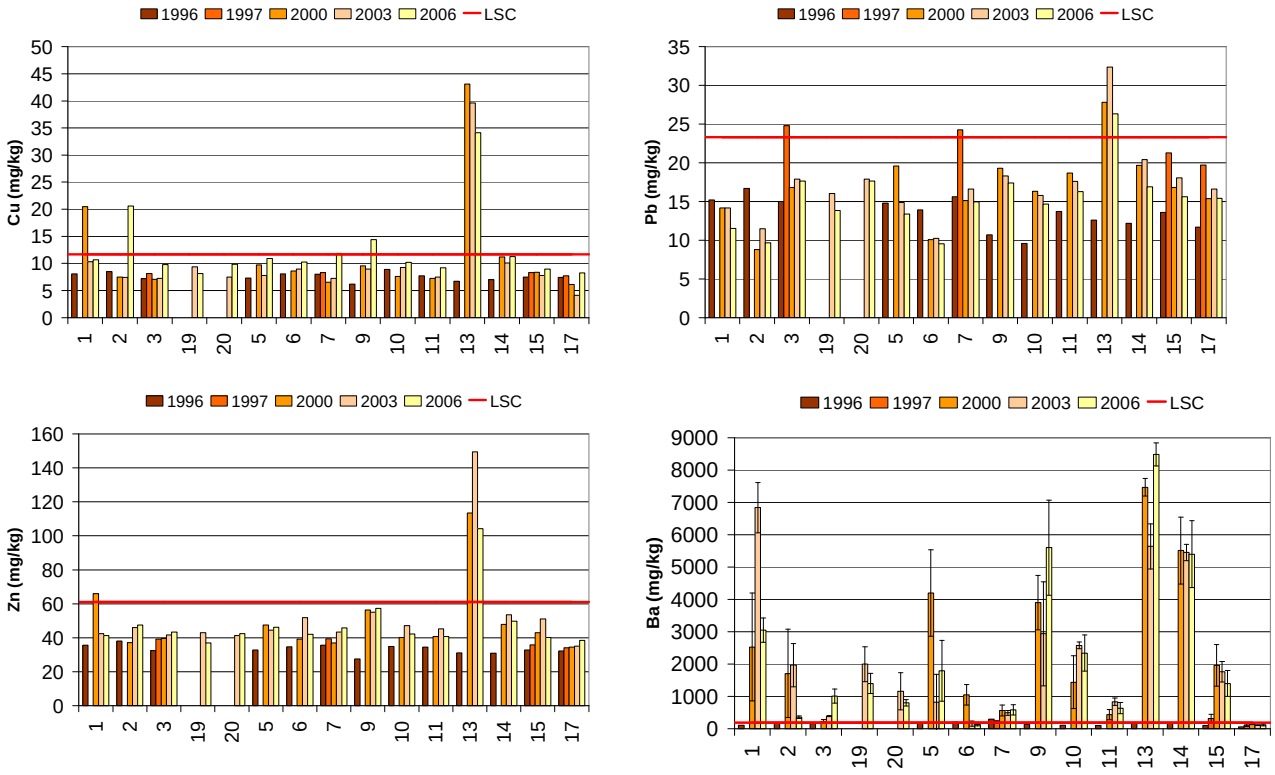
Tabell 4.8-4 *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Njord 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
1	30/325	**3050**	379	0,04	0,00	**36,1**	6,8	10,7	1,1			11,5	0,2	41	2
2	45/500	**356**	41	0,06	0,02	30,1	1,3	**20,6**	17,5			9,7	0,3	48	3
3	67,5/1000	**1010**	217	0,06	0,00	23,8	1,0	9,8	1,4			17,6	1,6	43	7
19	112/500	**1400**	313	0,05	0,01	20,0	0,8	8,1	0,5	<0,02	-	13,8	0,9	37	2
20	112/1000	**803**	100	0,07	0,00	22,7	0,5	9,8	0,7			17,6	0,6	42	0
5	157,5/325	**1790**	940	0,04	0,00	28,7	3,5	10,9	2,1	<0,02	-	13,4	1,6	46	11
6	157,5/500	128	37	0,05	0,01	30,1	7,3	10,3	2,9	<0,02	-	9,5	2,4	42	12
7	157,5/1000	**583**	158	0,05	0,01	30,2	2,6	**11,8**	0,8			15,0	1,6	46	2
9	247,5/250	**5600**	1470	0,06	0,00	25,4	2,5	**14,4**	3,2			17,4	3,3	57	8
10	247,5/500	**2340**	560	0,05	0,00	26,0	1,8	10,2	1,1			14,7	0,8	42	3
11	247,5/1000	**636**	174	0,06	0,00	22,7	0,3	9,2	0,3			16,3	0,7	41	1
13	337,5/250	**8480**	358	0,07	0,03	**37,6**	1,0	**34,1**	11,9			**26,3**	2,0	**104**	41
14	337,5/500	**5400**	1030	0,05	0,00	22,7	0,2	11,2	1,0			16,9	1,7	50	8
15	337,5/1000	**1400**	400	0,05	0,00	21,2	0,6	9,0	0,5			15,6	1,2	40	2
17	67,5/10000	119	28	0,07	0,02	21,6	1,1	8,2	0,6	<0,02	-	15,4	1,9	38	3
Gj. snitt*		2355		0,05		27,0		12,9		<0,02		15,4		49	
SD *		2468		0,01		5,4		6,8		-		4,2		17	
Min. *		128		0,04		20,0		8,1		0,00		9,5		37	
Max. *		8480		0,07		37,6		34,1		0,00		26,3		104	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

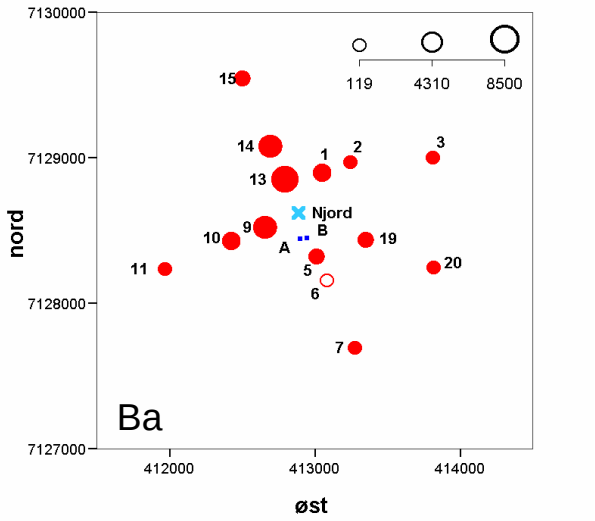
*: ref ikke medregnet



Figur 4.8-4 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentsjiktet (0-1 cm)på Njord i 2006 sammenlignet med tidligere resultater (1996-2006)*



Figur 4.8-4. *forts*.



Figur 4.8-5 *Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering, Njord 2006. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler. A og B viser posisjonen for de to rapporterte akuttutslippene i 2003.*

Det er funnet forhøyede Ba-verdier på alle stasjoner bortsett fra på stasjon 6 og referanse-stasjonen (stasjon 17). Høyeste Ba-konsentrasjon er funnet på stasjon 13 og 9 med henholdsvis 8500 ± 400 mg/kg og 5600 ± 1500 mg/kg. Sammenlignet med tidligere år har det vært en økning i Ba-konsentrasjonen på stasjon 3 og 13. Det kan også se ut til at Ba-innholdet

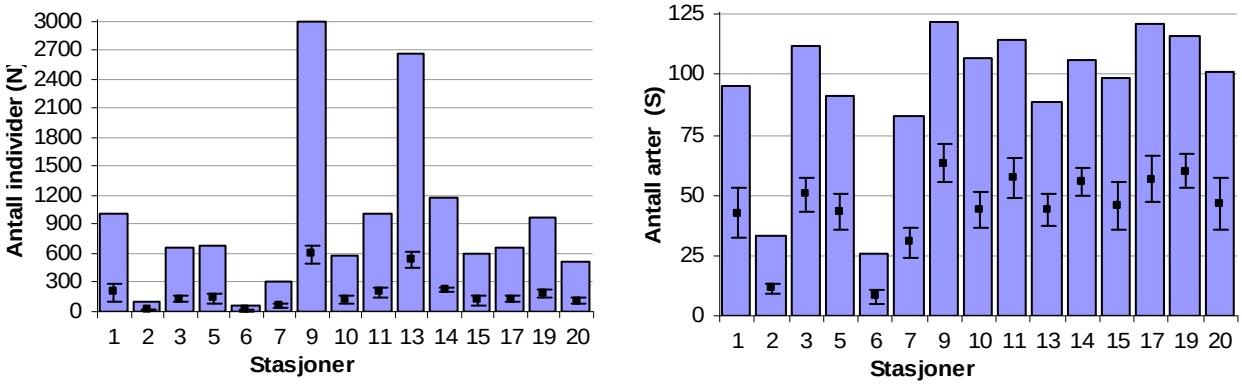
på stasjon 9 har økt, men dette er usikkert på grunn av store standardavvik mellom grabbene. På stasjon 1 er konsentrasjonen redusert fra 2003 og er nå på nivå med år 2000. Konsentrasjon av Ba på referansestasjonen er lav og på nivå med tidligere år. Det har vært en svak økning i Cd-innholdet på stasjon 2, 20, 9, 11 og referansestasjonen. Cd-nivået på stasjon 13 har avtatt fra 0,12 mg/kg i 2003 til 0,07 mg/kg i 2006. For de andre stasjonene er det mindre endringer sammenlignet med tidligere år. Cr-innholdet på stasjon 1 og 13 har økt og er nå over grensen for signifikant kontaminering. På stasjon 2, 9 og 13 er Cu-nivået høyere enn LSC. Det har vært en økning i Cu-konsentrasjonen på stasjon 2 og 9 sammenlignet med tidligere undersøkelser. Høyeste Cu-konsentrasjon er funnet på stasjon 13 og er 34 ± 10 mg/kg, og Cu-konsentrasjonen er avtakende sammenlignet med tidligere år. Det er i 2006 funnet forhøyede Pb- og Zn-verdier på stasjon 13, men de er lavere enn hva som ble påvist i 2003. Innholdet av Cr, Cu, Pb og Zn på referansestasjonen er lavt og på samme nivå som tidligere. Hg er ikke påvist på noen av stasjonene.

4.8.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans
Tabell 4.8-5 viser antall arter og individer på Njord fordelt på dyregrupper. Figur 4.8-6 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Njord. Det ble samlet inn prøver fra 15 stasjoner på Njord i 2006.

Tabell 4.8-5. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Njord 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	668	4,8	20	6,9
Polychaeta	9556	68,1	149	51,6
Crustacea	243	1,7	41	14,2
Mollusca	3394	24,2	63	21,8
Echinodermata	168	1,2	16	5,5
Totalt	**14029**	100,0	**289**	100,0



Figur 4.8-6. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Njord 2006.*

Tabell 4.8-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Njord 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 1996 samt regionale stasjoner 7 og 8.*

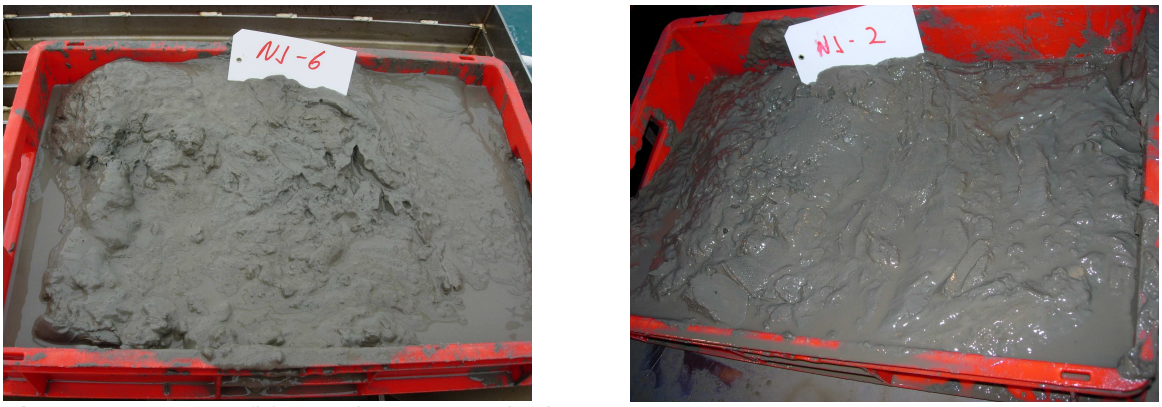
Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
1	30	325	338	95	1011	5,0	0,8	34
2	45	500	338	33	109	3,9	0,8	29
3	67,5	1 000	332	112	661	5,7	0,8	46
5	157,5	325	325	91	680	5,2	0,8	40
6	157,5	500	331	26	71	3,7	0,8	26
7	157,5	1 000	330	83	300	5,7	0,9	48
9	247,5	250	333	122	2991	4,7	0,7	32
10	247,5	500	335	107	586	5,6	0,8	44
11	247,5	1 000	335	114	1009	5,7	0,8	44
13	337,5	250	334	89	2675	3,8	0,6	24
14	337,5	500	332	106	1178	5,4	0,8	41
15	337,5	1 000	333	99	599	5,7	0,9	46
17	67,5	10 000	312	121	665	6,0	0,9	52
19	112	500	331	116	970	5,8	0,8	46
20	112	1 000	330	101	524	5,8	0,9	48
NR						5,4	0,9	47
St.dev						0,3	0,02	2,5

Biodiversiteten på feltet er generelt høy og indikerer en uforstyrret fauna på de fleste stasjoner.

Figur 4.8-8 viser gjennomsnittlig NR[12] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse. Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i forhold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.

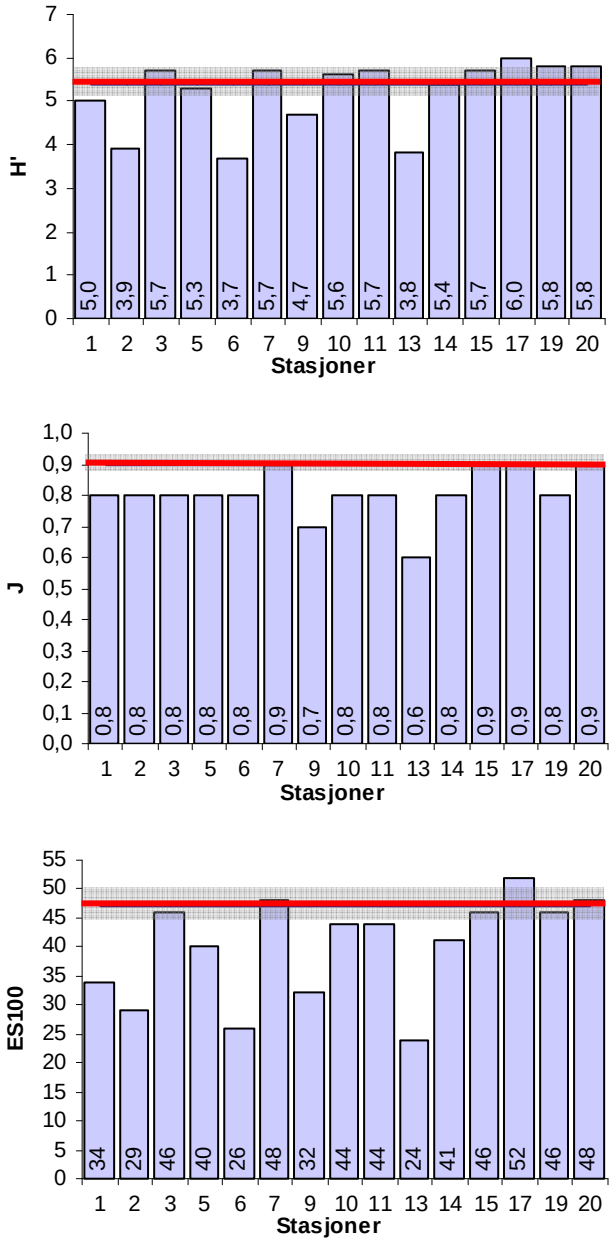
Verdier innenfor standardavviket viser at forholdene er uforstyrret. Verdier lavere enn standardavviket for minst to av parametrene gir en indikasjon på forstyrrelse i faunaen.

Spesielt stasjon 2, 6 og 13 har diversitetsindekser godt under standardavviket, men også stasjon 1 og 9 ligger under. Stasjon 2 og 6 har svært få arter og individer, mens individtettheten er betydelig større på stasjon 9 og 13. Fotografier av sedimentet på stasjon 2 og 6 er vist i Figur 4.8-7.



Figur 4.8-7. *Fotografi fra stasjon 6 og 2, Njord 2006.*

[12] Beregnet Naturlig Referanseverdi, se kap. 3.2.4 for detaljer



Stasjon	‰m
	30 / 325
2	45 / 500
3	67,5 / 1 000
5	157,5 / 325
6	157,5 / 500
7	157,5/ 1 000
9	247,5 / 250
10	247,5 / 500
11	247,5 /1 000
13	337,5 / 250
14	337,5 / 500
15	337,5 /1 000
17	67,5 /10 000
19	112 / 500
20	112 / 1 000

Figur 4.8-8. *Diversitet, jevnhet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Njord 2006.*

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.8-7.

Tabell 4.8-7. *De ti mest dominerende artene for hver stasjon, Njord 2006.*

10 mest dominerende arter							
1	**Antall**	**%**	**Kum%**	**2**	**Antall**	**%**	**Kum%**
Paramphinome jeffreysii	162	16,0	16,0	Abra longicallus	33	30,3	30,3
Chaetozone setosa complex	89	8,8	24,8	Heteromastus filiformis	12	11,0	41,3
Abra longicallus	71	7,0	31,9	Munida sarsi	8	7,3	48,6
Euchone incolor	61	6,0	37,9	Paramphinome jeffreysii	7	6,4	55,1
Thyasira equalis	53	5,2	43,1	Spiophanes wigleyi	7	6,4	61,5
Protodorvillea kefersteini	37	3,7	46,8	Onchnesoma steenstrupi	5	4,6	66,1
Ceratocephale loveni	37	3,7	50,5	Chaetozone setosa complex	5	4,6	70,6
Paradiopatra quadricuspis	35	3,5	53,9	Nephtys hystricis	3	2,8	73,4
Tharyx sp.	33	3,3	57,2	Mysella tumidula	2	1,8	75,2
Thyasira obsoleta	29	2,9	60,0	Diastylis spp.	2	1,8	77,1
3	**Antall**	**%**	**Kum%**	**5**	**Antall**	**%**	**Kum%**
Paradiopatra quadricuspis	46	7,0	7,0	Chaetozone setosa complex	97	14,3	14,3
Abra longicallus	42	6,4	13,3	Abra longicallus	61	9,0	23,2
Chaetozone setosa complex	36	5,5	18,8	Tharyx sp.	42	6,2	29,4
Nephtys hystricis	32	4,8	23,6	Kelliella miliaris	38	5,6	35,0
Spiophanes wigleyi	29	4,4	28,0	Euchone incolor	35	5,2	40,2
Terebellides stroemi	26	3,9	31,9	Paradiopatra quadricuspis	35	5,2	45,3
Euchone incolor	25	3,8	35,7	Thyasira obsoleta	27	4,0	49,3
Tharyx sp.	24	3,6	39,3	Paramphinome jeffreysii	21	3,1	52,4
Amythasides macroglossus	22	3,3	42,7	Spiophanes wigleyi	21	3,1	55,4
Kelliella miliaris	22	3,3	46,0	Cerastoderma minimum	14	2,1	57,5
6	**Antall**	**%**	**Kum%**	**7**	**Antall**	**%**	**Kum%**
Abra longicallus	23	32,4	32,4	Chaetozone setosa complex	22	7,3	7,3
Kelliella miliaris	7	9,9	42,3	Nephtys hystricis	18	6,0	13,3
Nephtys hystricis	7	9,9	52,1	Amythasides macroglossus	16	5,3	18,7
Heteromastus filiformis	5	7,0	59,2	Apseudes spinosus	14	4,7	23,3
Chaetozone setosa complex	5	7,0	66,2	Entalina tetragona	12	4,0	27,3
Paramphinome jeffreysii	3	4,2	70,4	Abra longicallus	12	4,0	31,3
Capitella capitata	2	2,8	73,2	Paradiopatra quadricuspis	12	4,0	35,3
Labidoplax buskii	1	1,4	74,7	Spiophanes wigleyi	12	4,0	39,3
Pogonophora sp.	1	1,4	76,1	Limopsis cristata	10	3,3	42,7
Oligochaeta sp.	1	1,4	77,5	Golfingia spp.	10	3,3	46,0
9	**Antall**	**%**	**Kum%**	**10**	**Antall**	**%**	**Kum%**
Paramphinome jeffreysii	744	24,9	24,9	Chaetozone setosa complex	46	7,9	7,9
Chaetozone setosa complex	171	5,7	30,6	Abra longicallus	41	7,0	14,9
Raricirrus beryli	155	5,2	35,8	Paradiopatra quadricuspis	37	6,3	21,2
Abra longicallus	148	5,0	40,7	Thyasira obsoleta	33	5,6	26,8
Thyasira sarsii	142	4,8	45,5	Kelliella miliaris	29	5,0	31,7
Thyasira equalis	138	4,6	50,1	Golfingia spp.	27	4,6	36,4
Thyasira obsoleta	131	4,4	54,5	Amythasides macroglossus	26	4,4	40,8
Paradoneis lyra	120	4,0	58,5	Spiophanes wigleyi	21	3,6	44,4
Euchone incolor	111	3,7	62,2	Terebellides stroemi	20	3,4	47,8
Tharyx sp.	92	3,1	65,3	Euchone incolor	20	3,4	51,2
11	**Antall**	**%**	**Kum%**	**13**	**Antall**	**%**	**Kum%**
Euchone incolor	113	11,2	11,2	Paramphinome jeffreysii	923	34,5	34,5
Chaetozone setosa complex	51	5,1	16,3	Thyasira equalis	431	16,1	50,6
Abra longicallus	48	4,8	21,0	Chaetozone setosa complex	172	6,4	57,1
Kelliella miliaris	46	4,6	25,6	Protodorvillea kefersteini	129	4,8	61,9
Golfingia spp.	44	4,4	29,9	Capitella capitata	114	4,3	66,1
Paradiopatra quadricuspis	40	4,0	33,9	Abra longicallus	89	3,3	69,5
Notomastus sp.	34	3,4	37,3	Pholoe inornata	80	3,0	72,5
Spiophanes wigleyi	31	3,1	40,3	Raricirrus beryli	76	2,8	75,3
Caudofoveata spp.	30	3,0	43,3	Lumbrineris aniara	67	2,5	77,8
Amythasides macroglossus	25	2,5	45,8	Kelliella miliaris	66	2,5	80,3

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

Tabell 4.8-7. *forts*.

14	Antall	%	Kum%
Euchone incolor	122	10,4	10,4
Chaetozone setosa complex	117	9,9	20,3
Paradiopatra quadricuspis	63	5,4	25,6
Tharyx sp.	60	5,1	30,7
Kelliella miliaris	49	4,2	34,9
Abra longicallus	46	3,9	38,8
Protodorvillea kefersteini	44	3,7	42,5
Terebellides stroemi	39	3,3	45,8
Lumbrineris scopa	35	3,0	48,8
Paradoneis lyra	33	2,8	51,6

15	Antall	%	Kum%
Chaetozone setosa complex	42	7,0	7,0
Golfingia spp.	39	6,5	13,5
Paradiopatra quadricuspis	37	6,2	19,7
Euchone incolor	27	4,5	24,2
Amythasides macroglossus	27	4,5	28,7
Terebellides stroemi	23	3,8	32,6
Nephtys hystricis	22	3,7	36,2
Tharyx sp.	20	3,3	39,6
Lumbrineris scopa	19	3,2	42,7
Octobranchus floriceps	19	3,2	45,9

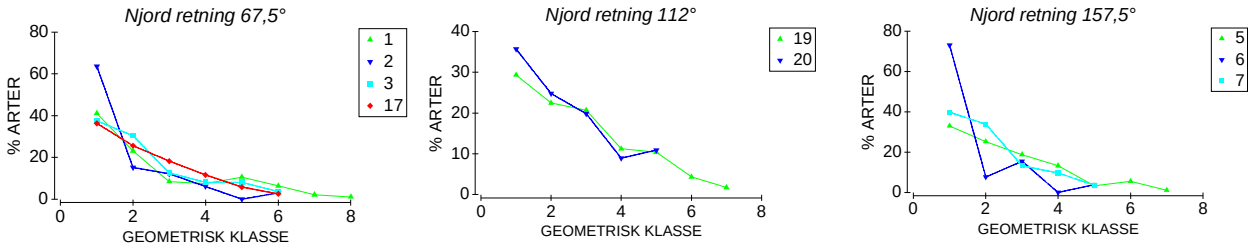
17	Antall	%	Kum%
Amythasides macroglossus	45	6,8	6,8
Golfingia spp.	42	6,3	13,1
Terebellides stroemi	32	4,8	17,9
Octobranchus floriceps	28	4,2	22,1
Apseudes spinosus	27	4,1	26,2
Limopsis cristata	19	2,9	29,0
Nephtys hystricis	19	2,9	31,9
Yoldiella acuminata	17	2,6	34,4
Onchnesoma steenstrupi	16	2,4	36,8
Notoproctus sp.	16	2,4	39,3

19	Antall	%	Kum%
Euchone incolor	76	7,8	7,8
Chaetozone setosa complex	69	7,1	15,0
Abra longicallus	52	5,4	20,3
Kelliella miliaris	45	4,6	25,0
Paradoneis lyra	37	3,8	28,8
Octobranchus floriceps	37	3,8	32,6
Paradiopatra quadricuspis	34	3,5	36,1
Lumbrineris scopa	31	3,2	39,3
Amythasides macroglossus	27	2,8	42,1
Golfingia spp.	25	2,6	44,6

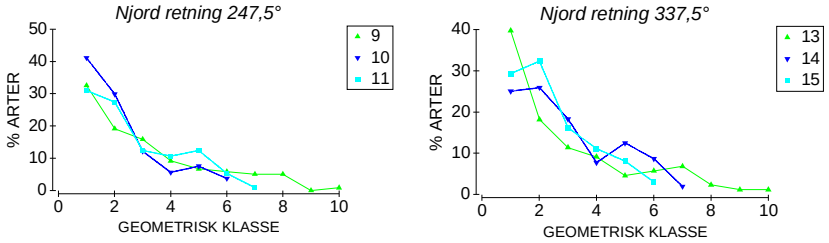
20	Antall	%	Kum%
Abra longicallus	28	5,3	5,3
Amythasides macroglossus	27	5,2	10,5
Golfingia spp.	26	5,0	15,5
Paradiopatra quadricuspis	25	4,8	20,2
Chaetozone setosa complex	21	4,0	24,2
Limopsis cristata	20	3,8	28,1
Nephtys hystricis	20	3,8	31,9
Paradoneis lyra	19	3,6	35,5
Tharyx sp.	17	3,2	38,7
Euchone incolor	16	3,1	41,8

Vanlige arter på feltet er bl.a. børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* (25 og 35 % på stasjon 9 og 13), *Chaetozone setosa* complex, *Euchone incolor, Paradiopatra quadricuspis, Protodorvillea kefersteini*, *Paradoneis lyra, Tharyx* sp. *og Amythasides macroglossus* samt muslingene *Abra longicallus* (utgjør >30% på stasjon 2 og 6), *Thyasira equalis og Kelliella miliaris.* Noen av disse artene er karnivore, andre filtrerere, mens andre veksler mellom en filtrerende og sedimentspisende fødestrategi. Dette viser en kompleks og generelt uforstyrret fauna på feltet som helhet. Imidlertid er det tegn til forstyrrelse på noen få stasjoner.

Stasjon 9 og 13, begge med høy individtetthet skiller seg ut også i Figur 4.8-9, fordeling i geometriske klasser, hvor begge stasjoner har arter i klasse 10.



Figur 4.8-9. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Njord 2006.*



Figur 4.8-9. *forts*.

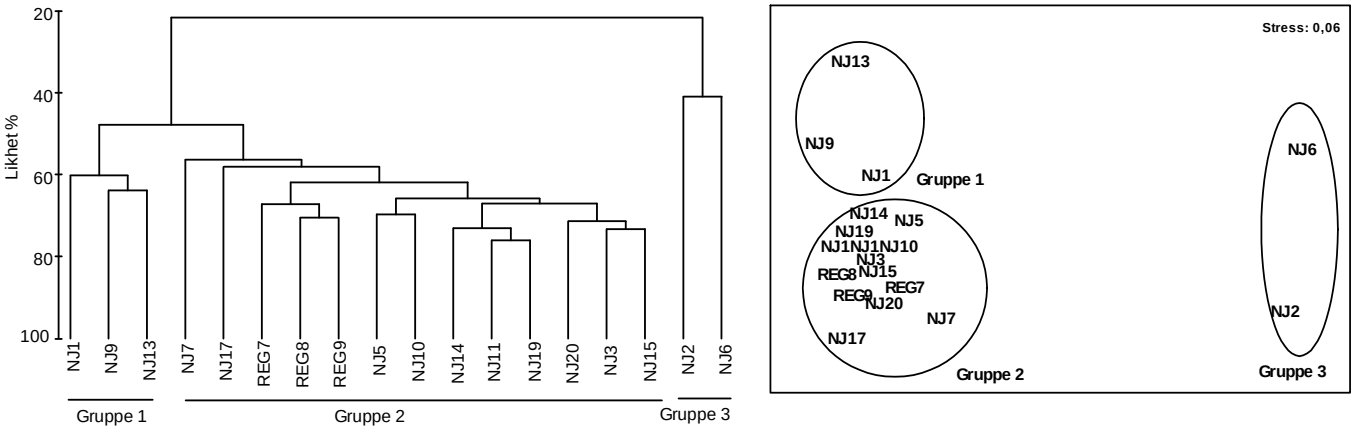
Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.8-10. Gruppeinndelingen i dendrogrammet er beskrevet i Tabell 4.8-9.

Analysene viser at den individ- og artsfattig faunaen på stasjon 2 (45/500m) og 6 (157,5/500) skiller seg ut som gruppe 3. Videre kjennetegnes stasjon 1 (30/325m), 9 (247,5/250m) og 13 (337,5/250) i gruppe 1 med høyt individantall. Flere av disse artene er kjente indikatorarter for både THC og organisk materiale (Hiscock et. al.2005), noe som tyder på at disse stasjonene er påvirket. Stasjonene i gruppe 2 grupperer seg sammen med regional stasjon 7, 8 og 9 og har en uforstyrret fauna.

Tabell 4.8-8. *Inndeling i faunagrupper, Njord 2006.*

Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1	1, 9 og 13	Høy individtetthet av flere indikatorarter for THC spesielt børstemarken *P. jeffreysii*, men også *C. setosa* og muslingen *T. equalis*. Høy individtetthet av muslingen *A. longicallus* og generelt flere individer av vanlige arter.
2	3, 5, 7, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20 og REG6, -7 og -8	Mindre individtetthet enn i gruppe 1.
3	2 og 6	Svært få individer og arter.



Figur 4.8-10. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Njord 2006.*

Bioenv-analysen ga best korrelasjon (0,7) mellom fauna og en kombinasjon av Ba, Cu og Pb. Stasjon 1, 9 og 13 har høye Ba-konsentrasjoner, mens kun stasjon 13 skiller seg ut med høyt innhold av kobber og bly.

Sammenligning mellom år

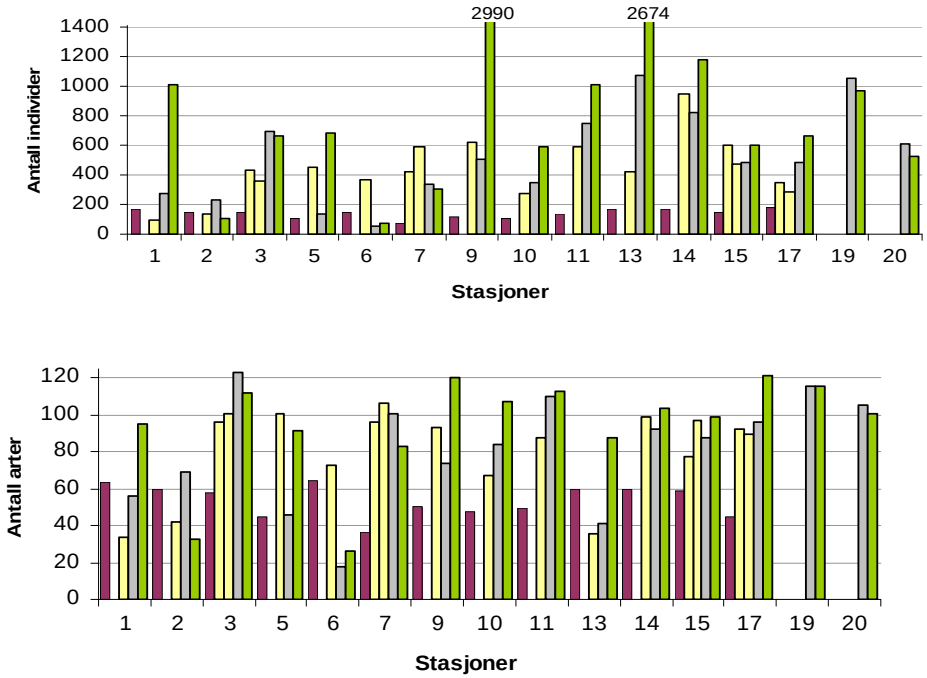
Diversitet

I 2003 ble det registrert svært få arter og individer på stasjon 6, uten at de øvrige undersøkte parametrene kunne forklare resultatet. Det samme er tilfelle i 2006; sedimentet ble karakterisert som svært løst, men grabbprøvene var av vanlig størrelse og det ble ikke registrert avvikende lukt eller farge. Sedimentkarakteristikk og kjemiresultater tilsier ikke at faunaen skal skille seg ut.

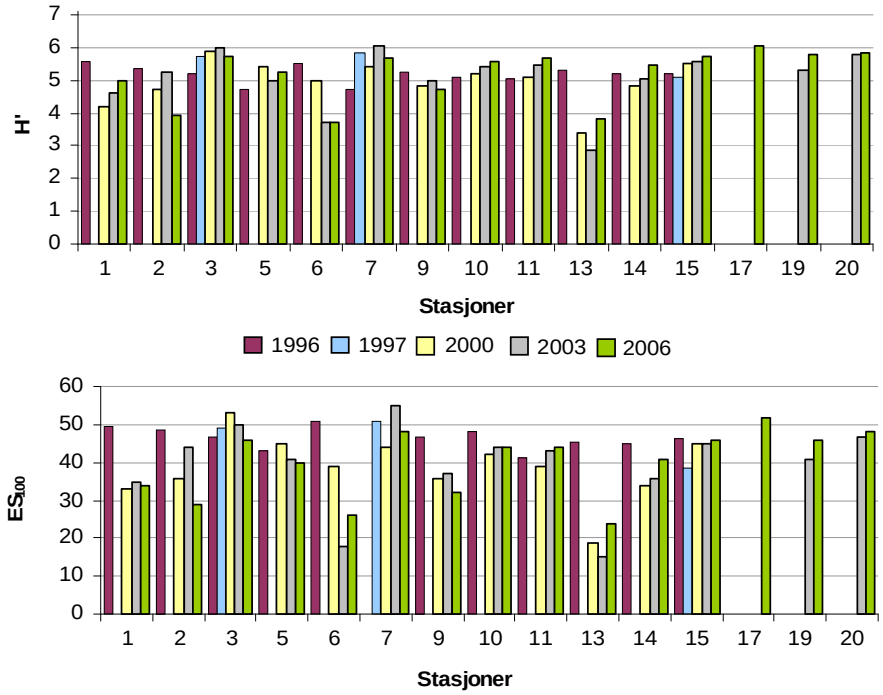
Lavt individ- og artsantall er karakteristisk også på stasjon 2 i årets undersøkelse. Det samme var tilfelle i 2000. I 2003 var antallet høyere, men likevel lavt. Sedimentet ble i 2003 beskrevet som grå klissen leire med H_2S lukt fra enkelte grabber. Det ble ikke registrert lukt fra denne stasjonen i 2006, men sedimentet beskrives som svært myk leire, se Figur 4.8-7.

Med unntak av noen få stasjoner ble det funnet betraktelig færre individer ved grunnlagsundersøkelsen i 1996 enn i senere undersøkelser, se Figur 4.8-11.

Diversitetsindeksene varierer rundt 5 (H') og 40 (ES_{100}) på de fleste stasjoner mellom år, se Figur 4.8-11. Imidlertid skiller stasjon 2 og 6 seg ut med en nedadgående trend siden 2000. Den lave individtettheten kan ikke relateres til innholdet av THC eller andre undersøkte parametere. På stasjon 13 sees en positiv trend med økende diversitet siden forrige undersøkelse. Av de øvrige stasjonene som ble ansett som lett påvirket i 2003 viser indeksene en positiv utvikling på stasjon 14, mens resultatene for stasjon 1, 5 og 9 ikke indikerer vesentlige endringer.



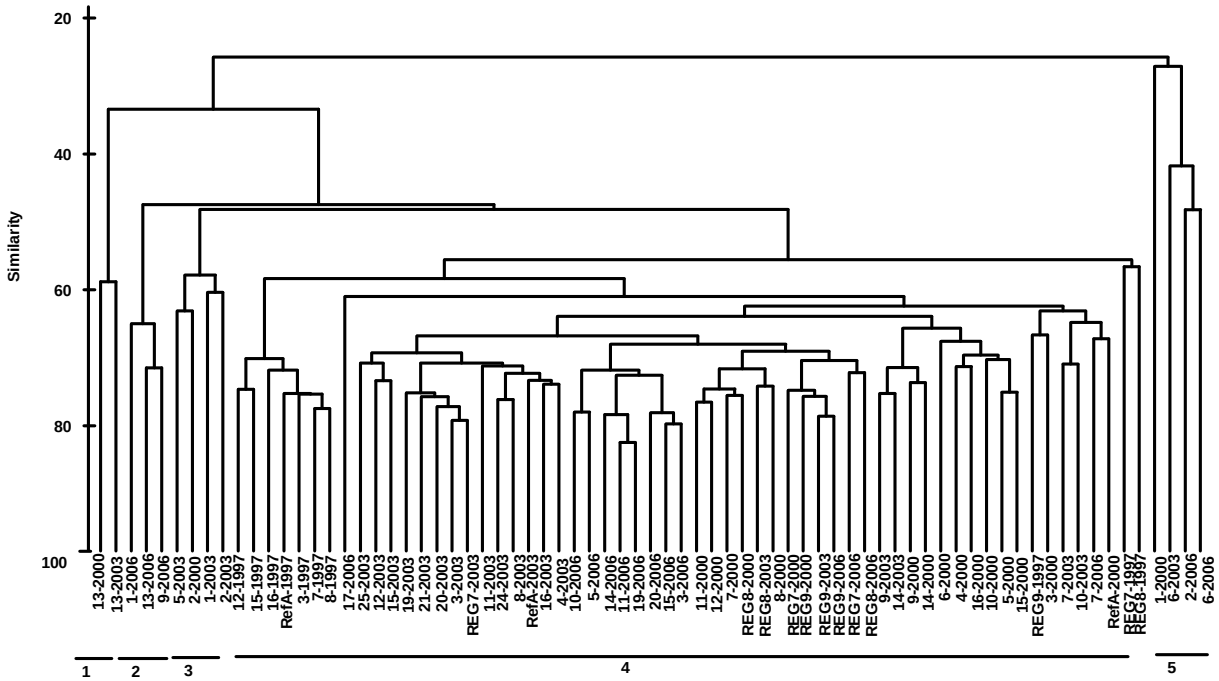
Figur 4.8-11. *Antall arter og individer samt diversitetsindeksene H' og ES_{100} på de undersøkte stasjonene ved Njord fra 1996, 1997, 2000, 2003 og 2006.*



Figur 4.8-11. *forts*.

Multivariate analyser

Klassifikasjon er utført på data fra 1997, 2000, 2003 og 2006 på familienivå, se dendrogram i Figur 4.8-12. Gruppeinndelingen i dendrogrammet er beskrevet i Tabell 4.8-9.



Figur 4.8-12. *Dendrogram på familienivå, Njord for årene 1997, 2000, 2003 og 2006, inkl. regional stasjon 7, 8 og 9.*

Tabell 4.8-9. *Inndeling i faunagrupper (familienivå), Njord 1997 – 2006.*

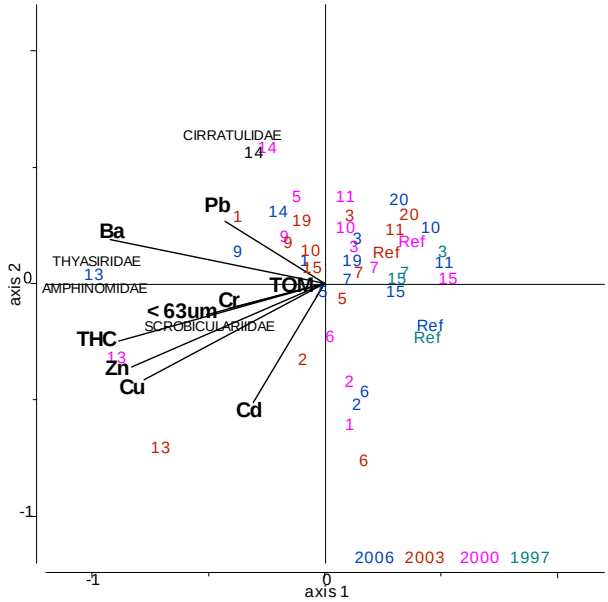
Gruppe	Stasjoner	Hovedårsak til gruppeinndeling
1	13-00 og 13-03	Relativt høy individtetthet innenfor børstemarkfamilien Amphinomidae (*P. jeffreysii*) og muslingfamilien Thyasiridae. Lite antall av de mest vanlige arter i øvrige grupper.
2	1, 9 og 13 i 2006	Svært høy individtetthet spesielt innenfor børstemarkfamiliene Amphinomidae (*P. jeffreysii*) og Cirratulidae (*C. setosa*) samt muslingfamilien Thyasiridae. Generelt mye dyr på stasjonene.
3	1-03, 2-00, 2-03, 5-03	Relativt individfattig, også i forhold til gruppe 4. Forstyrret fauna.
4	Øvrige feltstasjoner 1997 – 2006 + referanse og regionale stasjoner	Relativt jevn fordeling mellom de vanligste artene. Generelt ingen stor dominans av enkeltarter. Normal fauna.
5	1-00, 2-06, 6-03, 6-06,	Svært individ- og artsfattig fauna.

Utviklingen på stasjon 1 har vært positiv i senere undersøkelser. I 2000 ble det registrert bakterievekst og H_2S lukt på denne stasjonen, og individantallet var meget lavt. Siden da har faunaen utviklet seg til å være svært individrik, men fremdeles noe påvirket fauna i 2006.

Det kan også sees en positiv utvikling på stasjon 13, som går fra gruppe 1 i 2000 og 2003 til gruppe 2 i 2006, samt stasjon 5 som går fra gruppe 3 i 2005 til gruppe 4 i 2006.

Faunaen på stasjon 2 viser en negativ utvikling siden 2003 og er i 2006 inkludert i gruppe 5, sammen med stasjon 6 fra 2003 og 2006. Også stasjon 9 viser tegn til dårligere forhold ved å gå fra gruppe 4 til 2.

Bioenv-analysen viser en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av miljøfaktorene THC, kadmium, kobber, bly og organisk materiale. Det er i tillegg utført en RDA analyse over år. Plott er vist i Figur 4.8-13. Analysen støtter grupperingene i likhetsanalysene og viser at stasjonene i gruppe 1, 2, 3 og 5 fra likhetsanalysen også skiller seg seg ut i plottet. Gruppe 5, som består av svært arts- og individfattig fauna samler seg litt til høyre nederst på den vertikale aksen, og viser således ingen klar sammenheng med miljøparametrene.



Figur 4.8-13. *RDA plott Njord 1997, 2000, 2003 og 2006.*

Samlet sett, basert på uni- og multivariate analyser, viser resultatene en positiv utvikling på stasjon 1 og 13, og til en viss grad på stasjon 5. Stasjon 2 og til en viss grad 9 viser en negativ utvikling. Stasjon 2 er plassert utenfor stasjon 1 (i forhold til feltsenteret), hvor det er påvist en faunaforbedring. Det ble registrert forhøyede verdier av THC og Ba på denne stasjonen i 2003, men alle undersøkte parametere untatt Cu er betydelig redusert i topplaget siden da. Stasjonen er ikke undersøkt i dypere sedimentlag. Endringene på denne stasjonen kan således ikke knyttes direkte til feltaktivitetene. Det er ikke registrert vesentlige endringer på stasjon 6 siden 2003.

4.8.5 Konklusjoner

Sedimentene består av en blanding av silt og leire og veldig fin sand. Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 2,9-4,7 %. 17 av 19 stasjoner har THC-nivåer over LSC. Nivåene er synkende med avstand fra feltsenter og med høye konsentrasjoner innenfor 250m i sørvestlig og nordvestlig retning. Generelt er nivåene over 10 mg/kg innenfor 500m. THC-kontamineringen er tydelig influert av boreslamsolje. Nivåene av barium er generelt høye og 13 av 14 stasjoner har nivåer over LSC. Innenfor 500m er nivåene avtagende med avstanden fra feltsenter. Største konsentrasjon er funnet i sørvestlig og nordvestlig retning, hvilket er i samsvar med funn av boreslamsolje.

På stasjonene 1, 2, 19, 5, 13 og 14 har det i perioden 2000-2003 vært observert THC-verdier på mer enn 100 mg/kg. Med unntak av stasjon 9 og 13 tyder årets resultater på at THC-innholdet er avtakende. Flere av resultatene viser imidlertid store standardavvik mellom grabbene, noe som tyder på klumpvis fordeling. På stasjon 5, 6 og 19 er det også analysert dypere sjikt. Sjiktene på stasjon 6 er lave mhp. THC, men på de to andre stasjonene er THC-innholdet høyest i sjiktet 3-6cm. Kromatogrammene har en profil tilsvarende boreslamolje (HDF 200). Sammenlignet med tidligere år har det vært en økning i Ba-konsentrasjonen på stasjon 3 og stasjon 13. Det kan også se ut til at Ba-innholdet på stasjon 9 har økt, men dette er usikkert på grunn av store standardavvik mellom grabbene. På stasjon 1 er konsentrasjonen redusert fra 2003 og er nå på nivå med år 2000.

Det har vært flere akuttutslipp på feltet. I 2003 var det to akuttutslipp på til sammen 93,3 m^3. I 2005 var det et akuttutslipp på 2,2 m^3. Dette kan forklare de forhøyede verdiene.

Faunaen på fleste stasjoner på Njord kan karakteriseres som en kompleks og generelt uforstyrret fauna. Imidlertid er det en ubalanse i artssammensetningen på noen stasjoner. Stasjon 2 og 6 skiller seg ut som svært arts- og individfattig, uten at dette kan relateres direkte til noen av de undersøkte parametrene. Faunaen på stasjon 1 har hatt en positiv utvikling siden 2000, men betraktes fortsatt som påvirket.

Resultatene viser en positiv utvikling på stasjon 1 og 13, og til en viss grad på stasjon 5. Stasjon 2 og til en viss grad 9 viser en negativ utvikling. Stasjon 2 er plassert utenfor stasjon 1 (i forhold til feltsenteret), og resultatene fra de kjemiske analysene viser at alle undersøkte parametere untatt Cu er redusert i topplaget siden 2003. Endringene på denne stasjonen kan således ikke uten videre knyttes til feltaktivitetene.

Stasjonene 1, 9 og 13 betraktes som påvirket av feltaktivitetene.

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

4.9 Garn C

4.9.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Det ble gjennomført grunnlagsundersøkelse på Garn Central i 2003. Garn Central ble boret våren 2003 fra flyttbar rigg som en evalueringsbrønn. Dette var en enkel vertikal brønn boret med vannbasert slam.

Utslippshistorikk

Se under Draugen.

Prøvetaking

Havdypet på Garn Central varierte fra 242 til 250m. Sedimentene bestod hovedsakelig av et brunt overflatelag med grå leire under. En del stasjoner inneholdt grus og stein. Stasjon GC-6 (120/1000m) ble flyttet 40m pga. interferens med undervannsinstallasjoner.

Prøvetaking ble utført i henhold til programmet, og foregikk uten problemer.

Det er ikke anført spesielle anmerkninger fra prøvetakingen. I resultatkapittelet er prefikset C+stasjonsnummer benyttet på Garn Central.

4.9.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.9-1. En sammenligning med grunnlagsundersøkelsen i 2003 er gitt i Figur 4.9-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

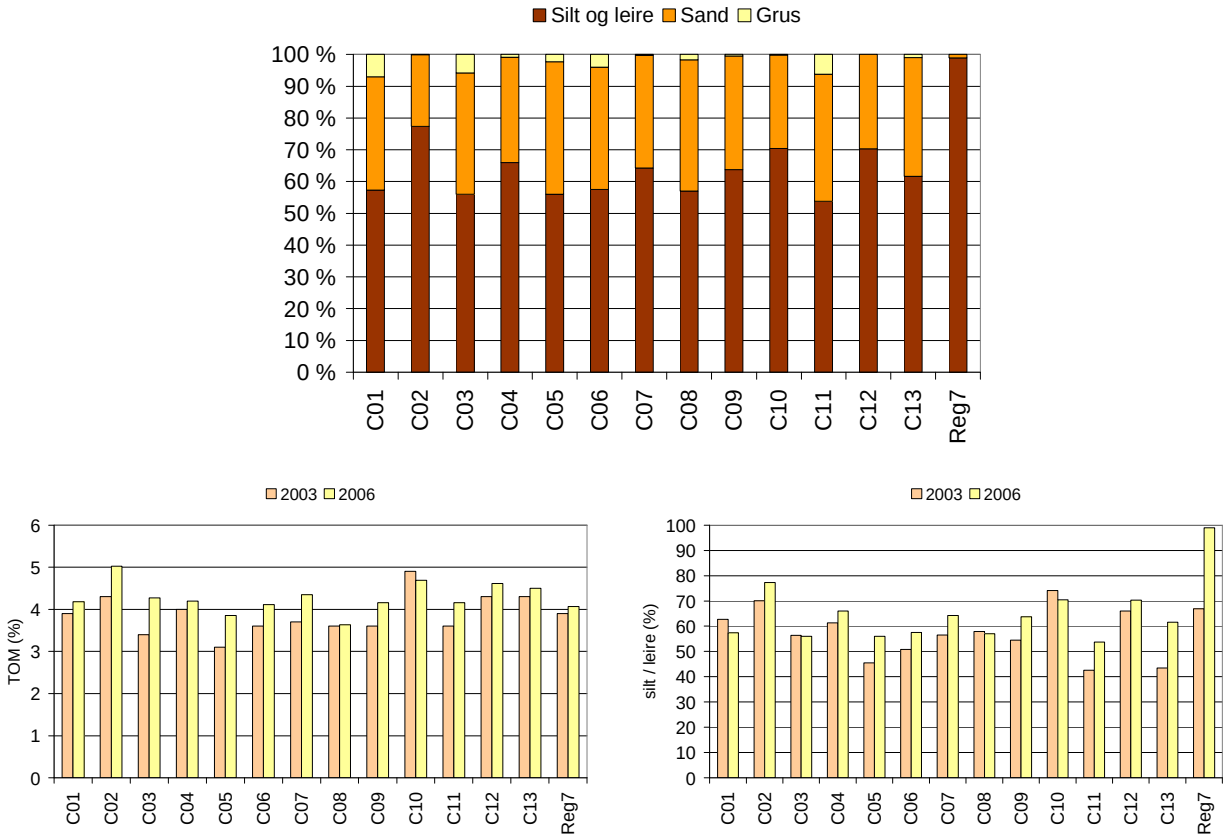
Tabell 4.9-1. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Garn Central 2006*

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt og leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
C01	30	250	249	4,18	Silt og leire	57,4	35,6	7,1	4,51
C02	30	500	250	5,02	Silt og leire	77,3	22,6	0,1	5,41
C03	30	1 000	242	4,27	Veldig fin sand	56,0	38,2	5,8	4,43
C04	120	250	247	4,19	Silt og leire	66,0	33,2	0,9	4,97
C05	120	500	247	3,85	Veldig fin sand	56,0	41,8	2,2	4,43
C06	120	1 000	246	4,11	Silt og leire	57,5	38,5	4,0	4,52
C07	210	250	246	4,35	Silt og leire	64,3	35,4	0,3	4,89
C08	210	500	245	3,63	Veldig fin sand	57,0	41,3	1,7	4,49
C09	210	1 000	245	4,16	Silt og leire	63,7	35,9	0,4	4,86
C10	300	250	246	4,69	Silt og leire	70,4	29,4	0,2	5,16
C11	300	500	246	4,16	Veldig fin sand	53,8	40,0	6,2	4,28
C12	300	1 000	246	4,61	Silt og leire	70,3	29,7	0,0	5,16

Tabell 4.9-1. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
C13	300	2 000	243	4,50	Silt og leire	61,6	37,4	0,9	4,75
REG7			270	4,07	Silt og leire	98,9	1,03	0,02	5,98
Gj. snitt*				4,29		62,4	35,3	2,3	4,76
SD *				0,36		7,1	5,4	2,6	0,35
Min.*				3,63		53,8	22,6	0,0	4,28
Max.*				5,02		77,3	41,8	7,1	5,41

*: ref ikke medregnet



Figur 4.9-1 *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for stasjonene på Garn Central i 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst.*

Sedimentene på Garn Central er dominert av silt og leire og veldig fin sand. Gjennomsnittlig andel silt og leire er 62 ± 7 %. Referansestasjonen, Draugen Ref/REG7, består av 98,9 % silt og leire. Sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003 er det observert både reduksjon og økning i andel silt leire på stasjonene på Garn Central. De største økningene er funnet på stasjon 11 og stasjon 13 med henholdsvis 11 og 18 % økning. Størst reduksjon er funnet på stasjon 1 med 5 %. Andel silt og leire på referansestasjonen har økt markert siden 2003.

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.9-1, mens en sammenligning med grunnlagsundersøkelsen i 2003 er gitt i Figur 4.9-1. Gjennomsnittlig innhold av totalt organisk

materiale er 4,3 ± 0,3 %. På stasjon 10 har TOM-innholdet avtatt siden grunnlags-undersøkelsen i 2003. På de andre stasjonene, inkludert referansestasjonen, har andel totalt organisk materiale økt siden 2003. Økningen er størst på stasjon 3; fra 3,4 % til 4,3 %.

4.9.3 Kjemiske analyser

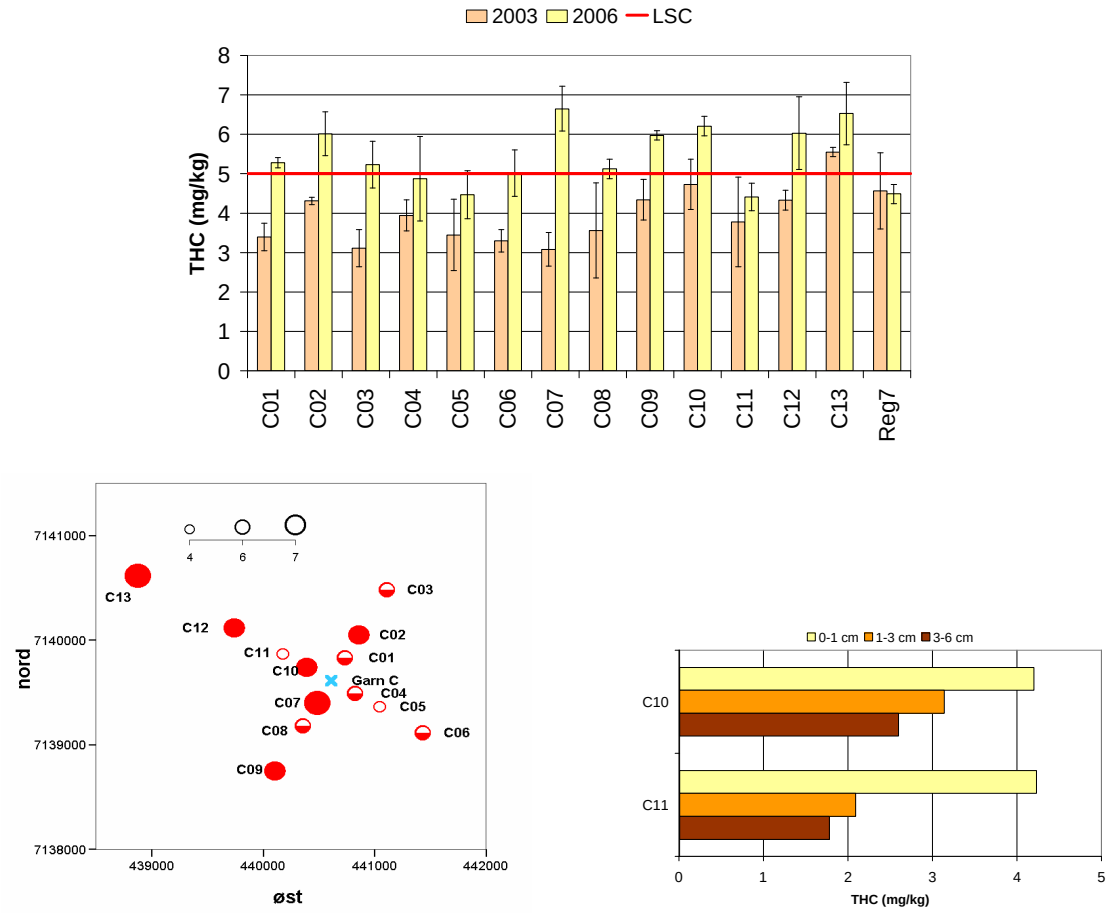
Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.9-2. I Figur 4.9-2 er årets THC-resultater sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.9-3 er representative gasskromatogram for feltet vist. I Figur 4.9-4 er fordeling av THC relatert til stasjonsplasseringen vist.

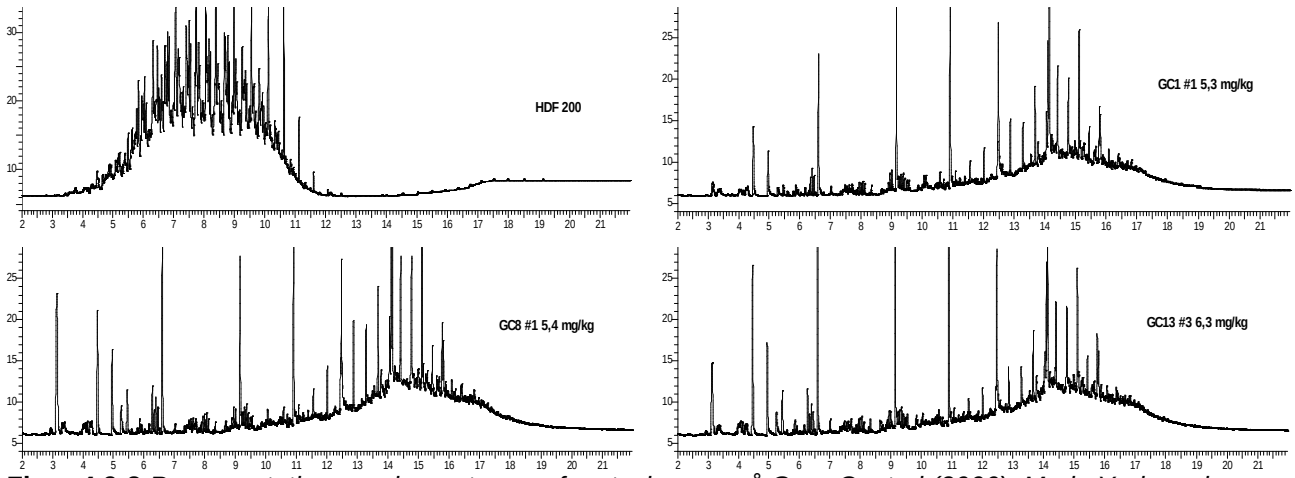
Tabell 4.9-2 *Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrokarboner fra tre paralleller (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Garn Central 2006. Verdier over LSC er uthevet. Resultater med sjikt er grå.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
C01	30	250	5	0						
C02	30	500	**6**	1						
C03	30	1 000	5	1						
C04	120	250	5	1						
C05	120	500	4	1						
C06	120	1 000	5	1						
C07	210	250	**7**	1						
C08	210	500	5	0						
C09	210	1 000	**6**	0						
C10	300	250	**6**	0	0,105	0,006	0,10	0,00	< 0,1	-
C10, 0-1 cm	300	250	**6**		0,108		0,10		< 0,1	
C10, 1-3 cm	300	250	4		0,091		0,07		< 0,1	
C10, 3-6 cm	300	250	3		0,082		0,06		< 0,1	
C11	300	500	4	0	0,067	0,008	0,06	0,01	< 0,1	-
C11, 0-1 cm	300	500	5		0,058		0,06		< 0,1	
C11, 1-3 cm	300	500	4		0,093		0,07		< 0,1	
C11, 3-6 cm	300	500	3		**0,131**		0,07		< 0,1	
C12	300	1 000	**6**	1						
C13	300	2 000	**7**	1						
REG7			4	0	0,107	0,016	0,10	0,02	< 0,1	0,0
Gj. snitt*			6		0,086		0,08		< 0,1	
SD *			1		0,027		0,03		< 0,1	
Min.*			4		0,067		0,06		< 0,1	
Max.*			7		0,105		0,10		< 0,1	
LSC			5		0,129		0,10			

*: ref ikke medregnet



Figur 4.9-2 *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentet (0-1cm) på Garn Central i 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003 (øverst), fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler (til venstre) og fordeling av THC i dypere sjikt på stasjon C10 og C11(2006).*



Figur 4.9-3 *Representative gasskromatogram for stasjonene på Garn Central (2006). Merk: Y-aksen har ikke samme skala i alle kromatogrammene.*

Det er funnet lave konsentrasjoner av THC på alle stasjonene, gjennomsnittlig 6 ± 1 mg/kg. Høyeste konsentrasjon er funnet på stasjon 7 og stasjon 13 med 7 mg/kg. Kromatogrammene viser naturlig bakgrunnsnivåer og ingen spor av boreslamolje. Figur 4.9-2 viser at det har vært en svak økning i konsentrasjonen av THC på alle stasjonene sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003, men nivåene er fortsatt lave. Konsentrasjonen av THC på referansestasjonen er lav og uforandret siden 2003. Figuren viser også at THC i 1-3 og 3-6 cm sjiktene på C10 og C11 har lavere konsentrasjon enn toppsjiktet. Nivåene av PAH og NPD er lave, og tilsvarende det som ble funnet i 2003. Det er heller ikke i 2006 påvist dekaliner på Garn Central.

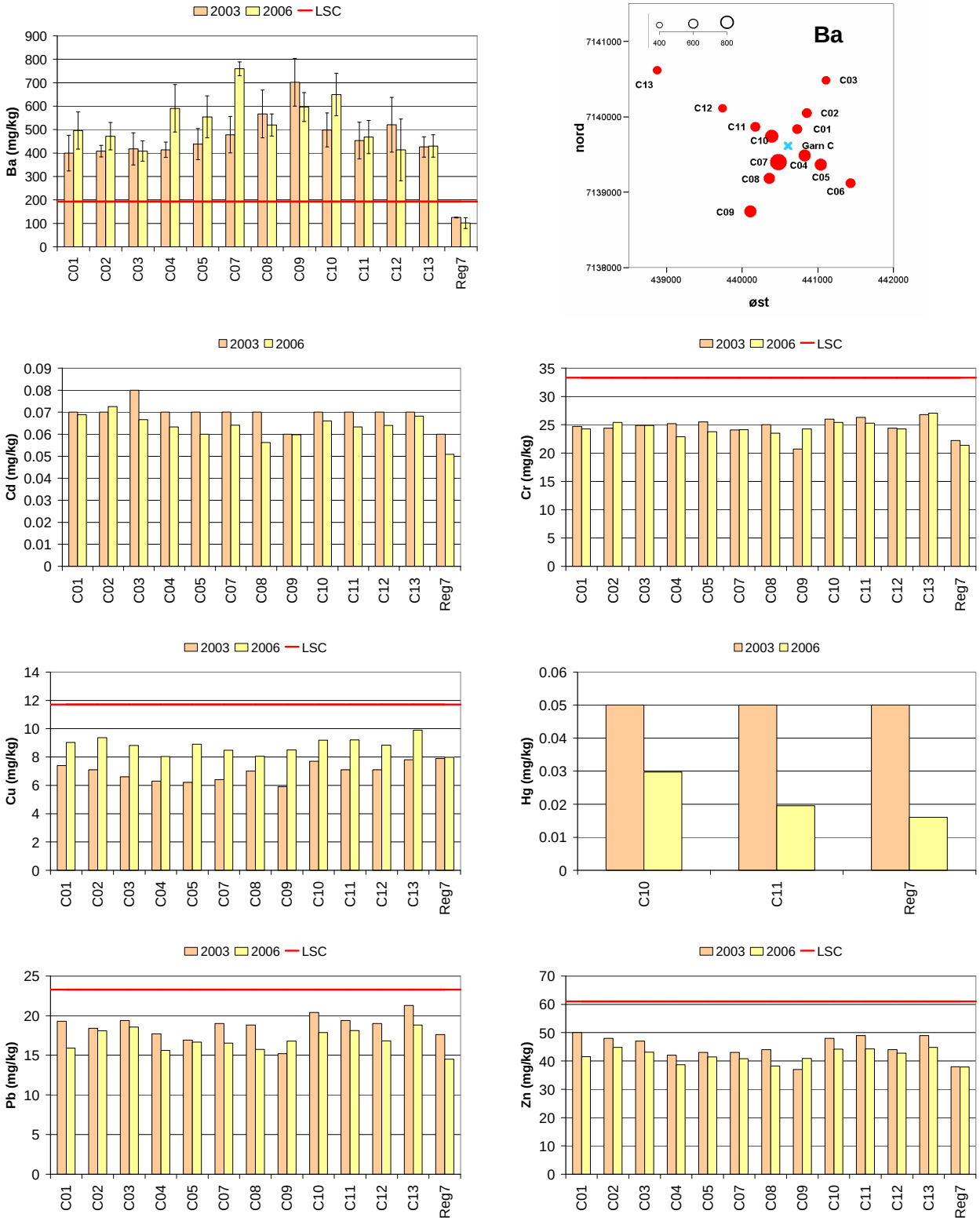
Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.9-3. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.9-4 er årets metallresultater sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003.

Tabell 4.9-3 *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Garn Central 2006 Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
C01	30/250	**496**	79	0,07	0,01	24,3	4,5	9,0	2,1			15,9	1,6	42	6
C02	30/500	**472**	59	0,07	0,01	25,4	1,0	9,4	0,6			18,1	1,9	45	2
C03	30/1 000	**409**	44	0,07	0,00	24,9	0,3	8,8	0,2			18,6	0,7	43	1
C04	120/250	**591**	101	0,06	0,01	22,9	1,1	8,0	0,6			15,6	1,4	39	3
C05	120/500	**554**	89	0,06	0,00	23,8	1,3	8,9	1,7			16,7	1,4	41	3
C07	210/250	**759**	30	0,06	0,00	24,1	0,5	8,5	0,2			16,6	0,4	41	0
C08	210/500	**520**	47	0,06	0,00	23,5	0,5	8,1	0,2			15,8	0,3	38	1
C09	210/1 000	**596**	62	0,06	0,01	24,3	0,9	8,5	0,6			16,8	1,1	41	2
C10	300/250	**649**	91	0,07	0,01	25,4	0,9	9,2	0,6	0,03	0,02	17,9	1,6	44	3
C11	300/500	**468**	71	0,06	0,00	25,3	1,5	9,2	0,5	0,02	0,00	18,1	0,9	44	3
C12	300/1 000	**414**	132	0,06	0,01	24,3	1,3	8,8	0,8			16,8	2,3	43	2
C13	300/2 000	**430**	48	0,07	0,00	27,0	0,6	9,9	0,4			18,8	1,2	45	2
REG7		101	23	0,05	0,00	21,4	1,3	8,0	0,8	0,02	0,00	14,5	2,0	38	3
Gj. snitt*		530		0,06		24,6		8,9		0,02		17,1		42	
SD *		105		0,00		1,1		0,5		0,01		1,1		2	
Min. *		409		0,06		22,9		8,0		0,02		15,6		38	
Max. *		759		0,07		27,0		9,9		0,03		18,8		45	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

*: ref ikke medregnet



Figur 4.9-4 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentet (0-1 cm) på Garn Central 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering øverst til høyre. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler.*

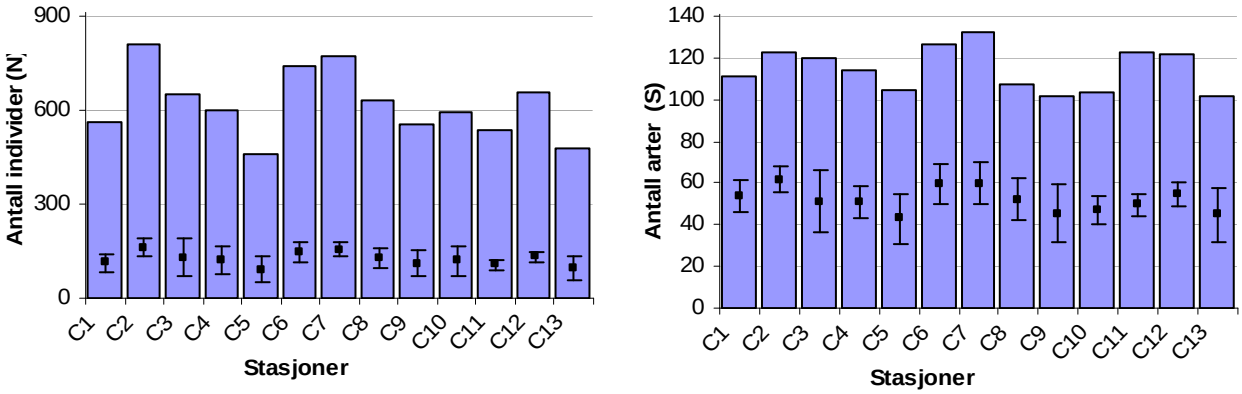
Det er funnet forhøyede Ba-verdier på alle de undersøkte stasjonene på feltet, gjennomsnittlig konsentrasjon er 530 ± 100 mg/kg. I grunnlagsundersøkelsen i 2003 ble det også funnet forhøyede Ba-verdier på alle stasjonene. Det er ikke funnet forhøyede verdier av noen av de andre elementene i 2006. Sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen har det vært en økning av Cu, mens konsentrasjonen av de andre elementene stort sett har avtatt siden 2003. På referansestasjonen er det, også i 2006, funnet lave nivåer av alle de undersøkte elementene.

4.9.4 Biologiske analyser

Tabell 4.9-4 viser antall arter og individer på Garn Central fordelt på dyregrupper. Figur 4.9-5 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Garn Central. På enkelte stasjoner bidro varierende prøvevolum til relativt store variasjoner i antall arter og individer.

Tabell 4.9-4. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Garn Central 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	780	9,7	17	6,1
Polychaeta	4661	58,1	123	44,2
Crustacea	678	8,5	62	22,3
Mollusca	1653	20,6	58	20,9
Echinodermata	251	3,1	18	6,5
Totalt	**8023**	100,0	**278**	100,0



Figur 4.9-5. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Garn Central 2006.*

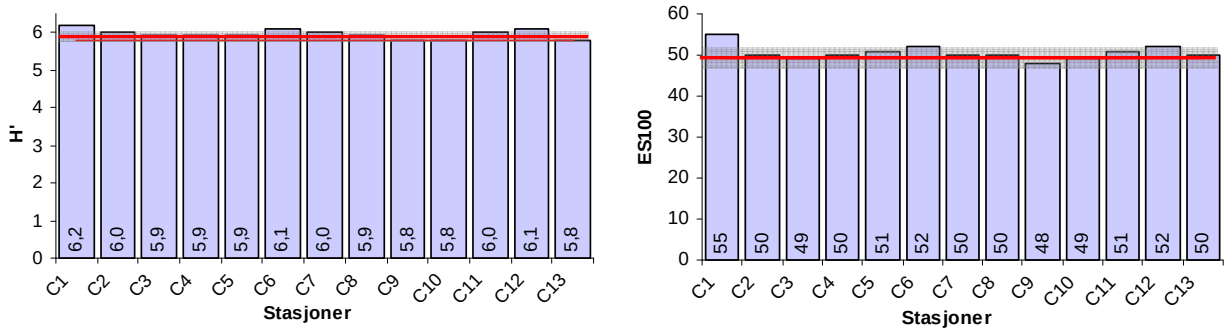
Diversitet og dominans

Diversiteten er svært høy på feltet og faunaen er kompleks og uforstyrret, se Tabell 4.9-5.

Tabell 4.9-5. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Garn Central 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 2003 og REG7.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
C1	30	250	249	111	561	6,2	0,9	55
C2	30	500	250	123	809	6,0	0,9	50
C3	30	1 000	242	120	651	5,9	0,9	49
C4	120	250	247	114	596	5,9	0,9	50
C5	120	500	247	105	456	5,9	0,9	51
C6	120	1 000	246	127	737	6,1	0,9	52
C7	210	250	246	132	769	6,0	0,9	50
C8	210	500	245	107	628	5,9	0,9	50
C9	210	1 000	245	102	555	5,8	0,9	48
C10	300	250	246	104	592	5,8	0,9	49
C11	300	500	246	123	532	6,0	0,9	51
C12	300	1 000	246	122	658	6,1	0,9	52
C13	300	2 000	243	102	479	5,8	0,9	50
Naturlig ref verdi						5,8	i.s.	49
St.dev						0,10	i.s.	1,9

Figur 4.9-6 viser gjennomsnittlig NR[13] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse (stolpediagram). Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i fohold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner. Indeksene viser en uforstyrret fauna i henhold til naturlig referanseverdi.



Stasjon	°/m
C1	30/250
C2	30/500
C3	30/1000
C4	120/250

Stasjon	°/m
C5	120/500
C6	120/1000
C7	210/250
C8	210/500

Stasjon	°/m
C9	210/1000
C10	300/250
C11	300/500
C12	300/1000
C13	300/2000

Figur 4.9-6. *Diversitet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Garn Central 2006.*

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.9-6.

[13] Se kap. 3.2.4 for detaljer

Tabell 4.9-6. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Garn Central 2006.*

10 mest vanlige arter							
C1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**C2**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Abra longicallus	24	4,3	4,3	Amythasides macroglossus	48	5,9	5,9
Octobranchus floriceps	22	3,9	8,2	Golfingia spp.	45	5,6	11,5
Amythasides macroglossus	20	3,6	11,8	Spiophanes wigleyi	44	5,4	16,9
Spiophanes wigleyi	17	3,0	14,8	Nephtys hystricis	31	3,8	20,8
Golfingia spp.	16	2,9	17,7	Terebellides stroemi	30	3,7	24,5
Paradiopatra quadricuspis	15	2,7	20,3	Abra longicallus	29	3,6	28,1
Nemertea spp.	15	2,7	23,0	Caudofoveata spp.	29	3,6	31,6
Nephtys hystricis	15	2,7	25,7	Octobranchus floriceps	25	3,1	34,7
Tharyx sp.	15	2,7	28,3	Paradiopatra quadricuspis	25	3,1	37,8
Euchone incolor	14	2,5	30,8	Lumbrineris scopa	24	3,0	40,8
C3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**C4**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	52	8,0	8,0	Amythasides macroglossus	52	8,7	8,7
Nephtys hystricis	36	5,5	13,5	Spiophanes wigleyi	26	4,4	13,1
Golfingia spp.	32	4,9	18,4	Abra longicallus	24	4,0	17,1
Abra longicallus	30	4,6	23,0	Paradiopatra quadricuspis	22	3,7	20,8
Octobranchus floriceps	28	4,3	27,3	Onchnesoma steenstrupi	22	3,7	24,5
Spiophanes wigleyi	23	3,5	30,9	Nephtys hystricis	22	3,7	28,2
Lumbrineris scopa	22	3,4	34,3	Octobranchus floriceps	22	3,7	31,9
Terebellides stroemi	21	3,2	37,5	Euchone incolor	17	2,9	34,7
Euchone incolor	19	2,9	40,4	Terebellides stroemi	17	2,9	37,6
Augeneria tentaculata	19	2,9	43,3	Entalina tetragona	15	2,5	40,1
C5	**Antall**	**%**	**Kum %**	**C6**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	46	10,1	10,1	Abra longicallus	42	5,7	5,7
Golfingia spp.	24	5,3	15,4	Golfingia spp.	36	4,9	10,6
Abra longicallus	18	4,0	19,3	Terebellides stroemi	31	4,2	14,8
Terebellides stroemi	18	4,0	23,3	Nephtys hystricis	31	4,2	19,0
Paradiopatra quadricuspis	15	3,3	26,5	Entalina tetragona	27	3,7	22,7
Onchnesoma steenstrupi	15	3,3	29,8	Amythasides macroglossus	25	3,4	26,1
Spiophanes wigleyi	14	3,1	32,9	Spiophanes wigleyi	25	3,4	29,4
Entalina tetragona	12	2,6	35,5	Octobranchus floriceps	24	3,3	32,7
Augeneria tentaculata	12	2,6	38,2	Paradiopatra quadricuspis	20	2,7	35,4
Nemertea spp.	11	2,4	40,6	Onchnesoma steenstrupi	18	2,4	37,9

Tabell 4.9-6. *forts*.

C7	**Antall**	**%**	**Kum %**	**C8**	**Antall**	**%**	**Kum %**

Golfingia spp.	68	8,8	8,8
Amythasides macroglossus	42	5,5	14,3
Abra longicallus	35	4,6	18,9
Spiophanes wigleyi	28	3,6	22,5
Nephtys hystricis	26	3,4	25,9
Entalina tetragona	25	3,3	29,1
Terebellides stroemi	23	3,0	32,1
Paradiopatra quadricuspis	22	2,9	35,0
Octobranchus floriceps	22	2,9	37,8
Astarte sulcata auctt.	21	2,7	40,6

C9	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	55	9,9	9,9
Abra longicallus	31	5,6	15,5
Paradiopatra quadricuspis	28	5,1	20,5
Spiophanes wigleyi	27	4,9	25,4
Nephtys hystricis	22	4,0	29,4
Terebellides stroemi	19	3,4	32,8
Augeneria tentaculata	19	3,4	36,2
Tharyx sp.	18	3,2	39,5
Chaetozone setosa complex	16	2,9	42,3
Golfingia spp.	13	2,3	44,7

C11	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	48	9,0	9,0
Apseudes spinosus	29	5,5	14,5
Nephtys hystricis	28	5,3	19,7
Octobranchus floriceps	25	4,7	24,4
Onchnesoma steenstrupi	19	3,6	28,0
Terebellides stroemi	19	3,6	31,6
Astarte sulcata auctt.	15	2,8	34,4
Spiophanes wigleyi	15	2,8	37,2
Abra longicallus	13	2,4	39,7
Lumbrineris scopa	13	2,4	42,1

C13	Antall	%	Kum %
Spiophanes wigleyi	37	7,7	7,7
Abra longicallus	32	6,7	14,4
Nephtys hystricis	26	5,4	19,8
Amythasides macroglossus	26	5,4	25,3
Onchnesoma steenstrupi	17	3,6	28,8
Apseudes spinosus	15	3,1	31,9
Paradiopatra quadricuspis	15	3,1	35,1
Lumbrineris scopa	11	2,3	37,4
Terebellides stroemi	11	2,3	39,7
Thyasira obsoleta	10	2,1	41,8

Amythasides macroglossus	66	10,5	10,5
Spiophanes wigleyi	38	6,1	16,6
Nephtys hystricis	25	4,0	20,5
Abra longicallus	24	3,8	24,4
Paradiopatra quadricuspis	20	3,2	27,6
Notomastus sp.	18	2,9	30,4
Diastylis cornuta	14	2,2	32,6
Onchnesoma steenstrupi	13	2,1	34,7
Golfingia spp.	13	2,1	36,8
Euchone incolor	13	2,1	38,9

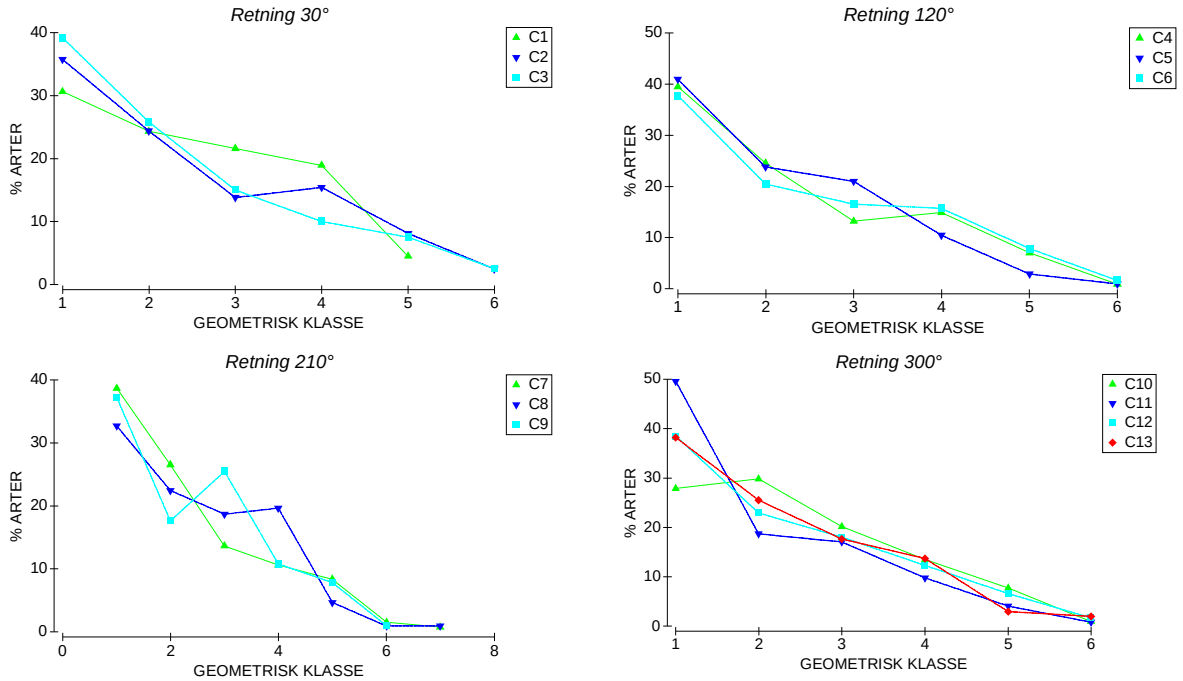
C10	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	63	10,6	10,6
Nephtys hystricis	30	5,1	15,7
Golfingia spp.	24	4,1	19,8
Paradiopatra quadricuspis	22	3,7	23,5
Abra longicallus	20	3,4	26,9
Augeneria tentaculata	20	3,4	30,2
Spiophanes wigleyi	20	3,4	33,6
Notomastus sp.	20	3,4	37,0
Terebellides stroemi	17	2,9	39,9
Entalina tetragona	15	2,5	42,4

C12	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	50	7,6	7,6
Spiophanes wigleyi	34	5,2	12,8
Terebellides stroemi	27	4,1	16,9
Nephtys hystricis	26	4,0	20,8
Paradiopatra quadricuspis	21	3,2	24,0
Octobranchus floriceps	20	3,0	27,1
Golfingia spp.	19	2,9	29,9
Abra longicallus	17	2,6	32,5
Caudofoveata spp.	17	2,6	35,1
Onchnesoma steenstrupi	16	2,4	37,5

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

Vanlige arter på feltet er børstemarkene *A. macroglossus, S. wigleyi, N. hystricis, T. stroemi*, og *P. quadricuspis*, muslingen *A. longicallus* samt pølseorm (*Golfingia* spp.). Faunaen har en stor andel karnivore og filtrerende arter som avspeiler et relativt grovt sediment og en god sirkulasjon i vannmassene. Ingen av artene utgjør noen stor dominans og faunaen er kompleks og uforstyrret.

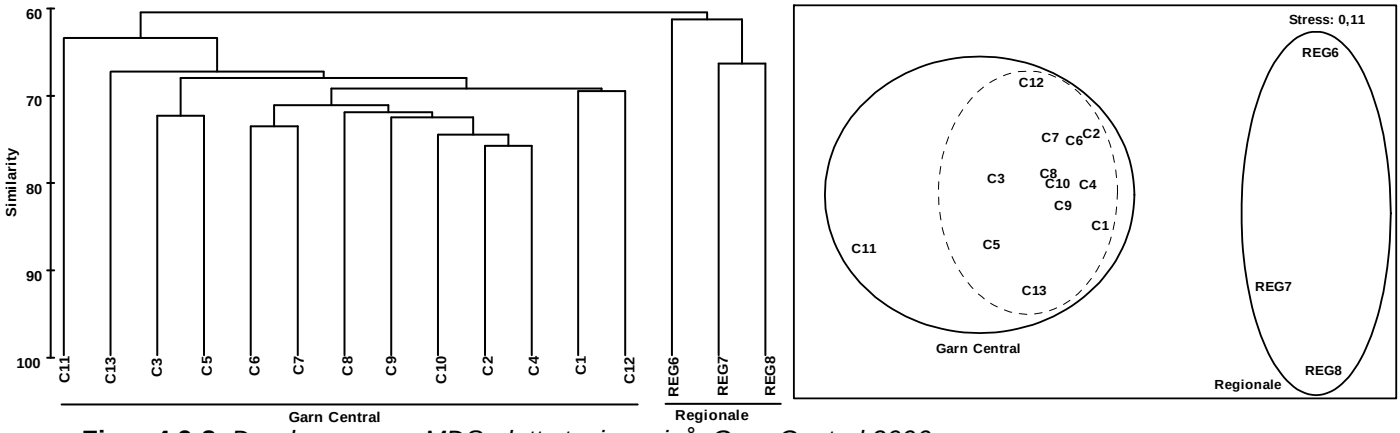
Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.9-7) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 6. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



Figur 4.9-7. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Garn Central 2006.*

Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.9-8. Analysene viser at feltstasjonene på Garn C og de regionale stasjoner deler seg inn i to grupper ved en likhet på ca. 60 %. Videre skiller stasjon C11 seg noe ut fra de øvrige feltstasjonene som danner en gruppe ved ca 70 %. Stasjon C11 skiller seg mest fra de øvrige pga. krepsdyret *Apseudes spinosus* som i liten grad finnes i faunaen på de øvrige stasjonene. Videre har stasjonen færre individer av de vanligste artene på feltet. *A. spinosus* er ofte flekkvis fordelt, og ikke relevant i denne sammenheng. Forskjellen mellom feltstasjonene og de nærliggende regionale stasjonene er ikke stor og skyldes noe ulik individfordeling blant de vanligste arter i området. Faunaen er kompleks og uforstyrret i begge gruppene.



Figur 4.9-8. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Garn Central 2006.*

Tabell 4.9-7. *Inndeling i hovedfaunagrupper,Garn Central 2006.*

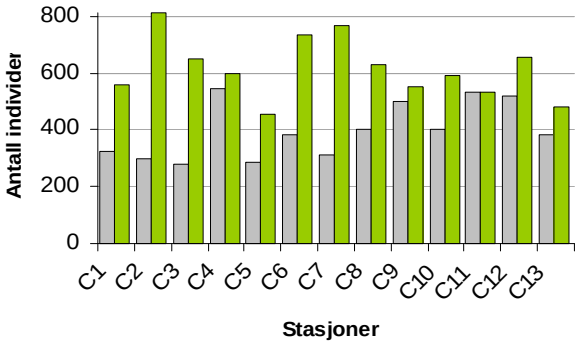
Gruppe	Karakteristikk
Garn Central	Noe større antall av børstemarken *A. macroglossus* og *S. wigleyi* samt sjøpølsen *E. hispida* og pølseormen *Golfingia* spp.
Regionale 6, 7 og 8	Noe større antall av børstemarkene *E. incolor, C. setosa* og *N. hystricis*

Bioenv-analysen viser en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene dyp, THC, barium, bly og kornstørrelse, og viser først og fremst at forskjellene mellom feltstasjoner og regionale stasjoner kan forklares ut fra ulikt dyp og ulike nivåer av nevnte parametere.
Tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene ga ingen nevneverdig korrelasjon (0,2), og faunaforskjeller mellom stasjonene på Garn Central er ikke relatert til de undersøkte miljøvariablene.

Sammenligning med tidligere undersøkelser

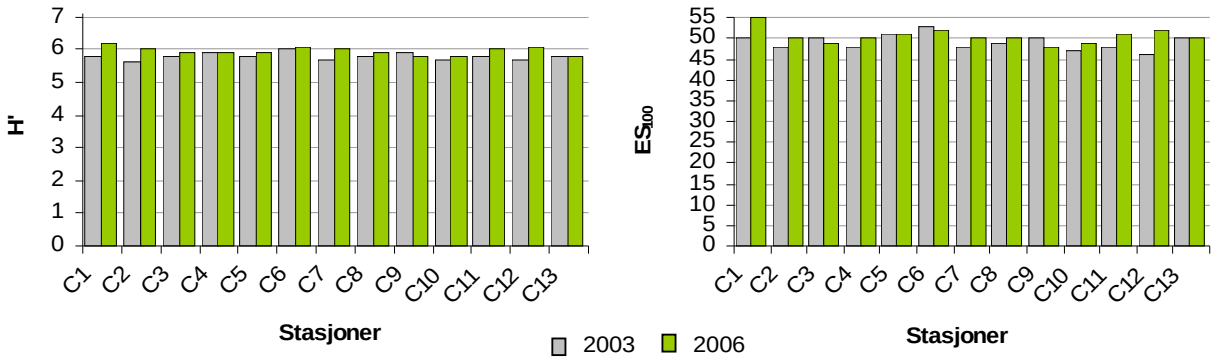
Diversitet

Figur 4.9-9 viser at diversiteten på feltet er høy og relativt uforandret siden siste undersøkelse. Individantallet er imidlertid betydelig høyere i 2006.



Stasjon	‰m	Stasjon	‰m
C1	30/250	C7	210/250
C2	30/500	C8	210/500
C3	30/1000	C9	210/1000
C4	120/250	C10	300/250
C5	120/500	C11	300/500
C6	120/1000	C12	300/1000
		C13	300/2000

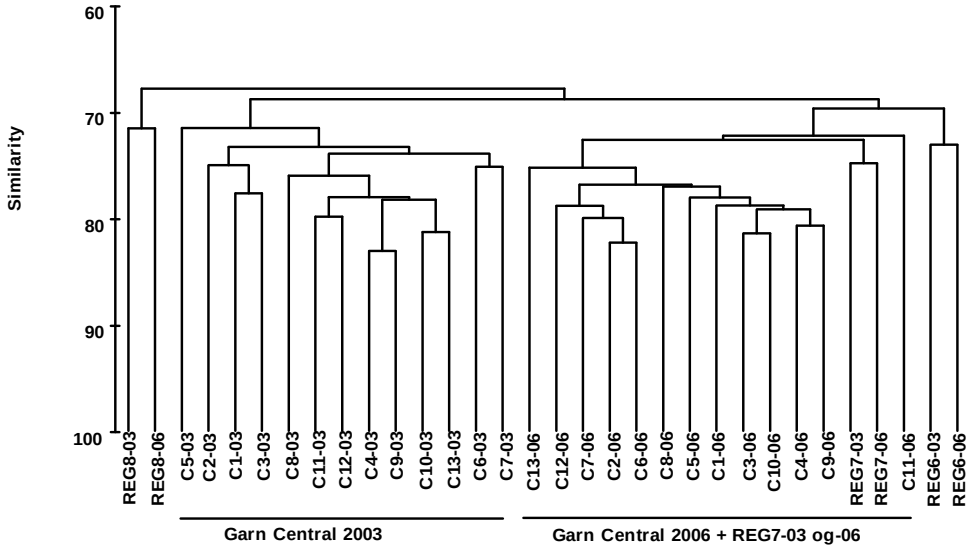
Figur 4.9-9. *Fordelingen av diversitetsindeksene H' og ES_{100} på de undersøkte stasjonene ved Garn Central fra 2003 og 2006.*



Figur 4.9-9. *forts*.

Likhetsanalyser

Klassifikasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram er vist i Figur 4.9-10. Analysen er på familienivå og viser at stasjonene deler seg i to hovedgrupper; feltstasjoner i 2003 og feltstasjoner i 2006 inkludert REG7 for begge år. Forskjellen mellom gruppene skyldes i hovedsak høyere antall individer av de vanligste artene i 2006-gruppen. Noen familier skiller seg ut med vesentlig større antall, som Spionidae (*Spiophanes* spp.), Scrobicularidae (hovedsakelig *A. longicallus*) og Golfingiidae (pølseorm). Spiophanes og Golfingia kan i store antall være indikatorer på organisk belastning. De regionale stasjonene grupperer seg stasjonsvis (i motsetning til årvis). Dette viser at den naturlige variasjonen fra 2003 til 2006 er liten på disse stasjonene. Likheten mellom feltstasjonene og den nærmeste regionale stasjonen REG7 er imidlertid stor.



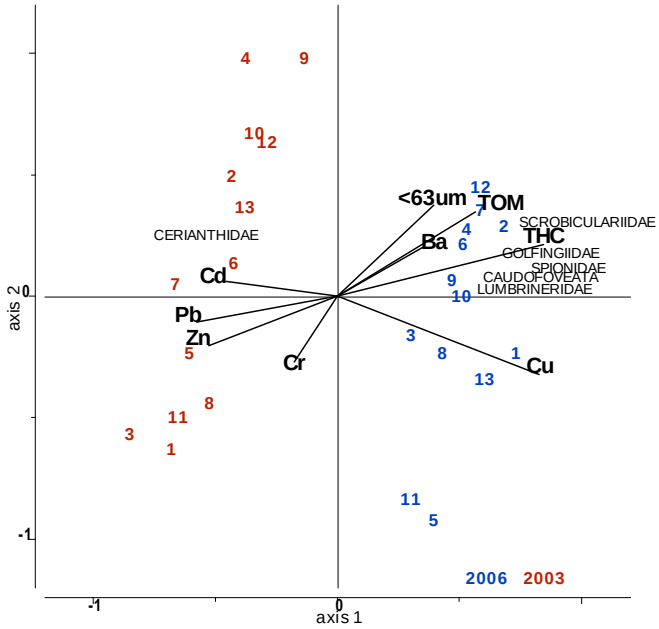
Figur 4.9-10. *Dendrogram stasjonsnivå, Garn Central 1995 - 2006.*

Bioenvanalysen inkl. regionale de stasjonene i dendrogrammet viste en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene THC, Cu, Pb og TOM. Dette er ingen høy korrelasjonen og indikerer kun en svak sammenheng.

En tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene viste omtrent det samme bildet; korrelasjonsfaktor 0,5 mellom fauna og THC og Cu. Resultatet indikerer at gruppeinndelingen mellom feltstasjonene i 2003 og 2006 kan skyldes økte nivåer THC og Cu i 2006.

Det ble også utført en RDA analyse (eks. regionale stasjoner), se plott i Figur 4.9-11. Analysen underbygger likhetsanalysen over og viser at endringer i faunaen på feltstasjonene kan ha sammenheng med en eller flere av parametrene til høyre i plottet.

Samlet sett indikerer analysene at den økt individtettheten i 2006 kan ha sammenheng med en beskjeden, men generell økning av enkelte parametere, først og fremst THC. Bildet er imidlertid ikke entydig. Korrelasjonen er lav, og også på REG6 og -8 har antall individer og THC-konsentrasjonene økt siden 2003, noe som igjen indikerer en generell trend i området. På REG7, hvor individantallet har gått ned, er andel silt/leire vesentlig høyere enn i 2003, og dette kan ha medført at individantallet ikke følger samme utvikling som på REG6 og -8.



Figur 4.9-11. *RDA plott Garn Central 2003 – 2006.*

4.9.5 Konklusjoner

Sedimentene på Garn Central er dominert av silt og leire og veldig fin sand. Innhold av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 3,6 til 5,0 %. Det er funnet lave konsentrasjoner av THC på alle stasjonene. Høyeste konsentrasjon er funnet på stasjon 7 (210/250m) og stasjon 13 (300/2000m) med 7 mg/kg. Nivåene i årets undersøkelse er høyere enn ved grunnlagsundersøkelsen, men fortsatt lave. Det er funnet forhøyede Ba-verdier på alle de undersøkte stasjonene på feltet. Høyeste Ba-konsentrasjon er funnet på stasjon 7 (210/250m) med 759 mg/kg. Bariumnivåene viser en synkende trend fra midten av feltsenter, med høyeste konsentrasjon i retning 210°. I grunnlagsundersøkel sen i 2003 ble det også funnet forhøyede Ba-verdier på alle stasjonene.

Faunaen på Garn Central er kompleks og uforstyrret og skiller seg i liten grad fra nærliggende regionale stasjoner. Det har vært en individøkning på feltet siden 2006 samtidig som det har vært en mindre økning av bl.a. THC i sedimentene. Analysene antyder en mulig svak sammenheng mellom faunaendringer på Garn West og økning i enkelte parametere, først og fremst THC. Korrelasjonene er imidlertid for svake til å fastslå en slik sammenheng, og samlet sett ansees endringene å følge naturlig variasjon i området.

4.10 Garn W

4.10.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Garn Vest består av en undervannsinstallasjonsinstallasjon/bunnramme med to produksjons-brønner der oljen føres i en fleksibel rørledning for prosessering på Draugenplattformen. Garn Vest vil forlenge produksjonsplatået for Draugenfeltet. Grunnlagsundersøkelsen ble gjennomført i 2000, med en oppfølgende undersøkelse i 2003.

Utslippshistorikk

Se under Draugen

Prøvetaking

Havdypet på Garn Vest varierte fra 260 til 270m. Sedimentene bestod hovedsakelig av et brunt overflatelag med grå leire under. En del stasjoner inneholdt grus og stein. Prøvetaking ble utført i henhold til programmet, og foregikk uten problemer.

Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen:

- GW4: Litt olje i to grabber.

I resultatkapittelet er prefikset W benyttet i forbindelse med stasjonsnummeret.

4.10.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analyse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.10-1. En sammenligning med tidligere undersøkelser (2000-2003) er gitt i Figur 4.10-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Klassifiseringen av sedimentene på feltet varierer fra fin sand til silt og leire. Gjennomsnittlig andel av silt og leire er 57 ± 10 %. På tre av stasjonene er det funnet mer enn 10 % grus. Sammenlignet med tidligere undersøkelser har den største økningen i andel silt og leire vært på stasjon 1 og 7. På disse to stasjonene har det vært en økning ved hver undersøkelse. Det er ellers observert både reduksjon og økning i andel silt og leire sammenlignet med tidligere undersøkelser.

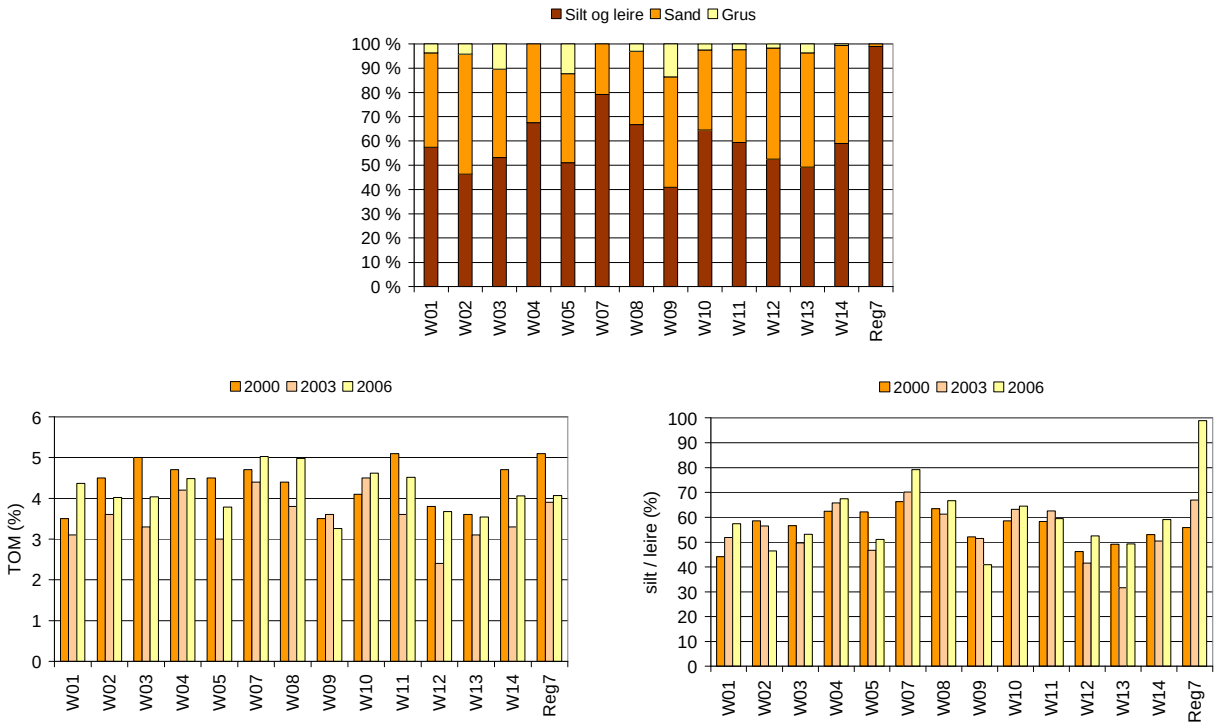
Tabell 4.10-1 *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Garn West 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
W01	30	250	260	4,37	Silt og leire	57,4	38,9	3,7	4,52
W02	30	500	260	4,02	Veldig fin sand	46,4	49,4	4,3	3,79
W03	30	1 000	260	4,04	Veldig fin sand	53,2	36,4	10,5	4,24
W04	120	250	267	4,48	Silt og leire	67,5	32,5	0,0	5,04

Tabell 4.10-1. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
W06	120	1 000	269	3,78	Veldig fin sand	51,1	36,6	12,3	4,08
W07	210	250	267	5,02	Silt og leire	79,2	20,8	0,0	5,47
W08	210	500	270	4,98	Silt og leire	66,7	30,2	3,1	5,00
W09	210	1 000	266	3,26	Fin sand	41,0	45,4	13,6	3,15
W10	300	250	269	4,62	Silt og leire	64,5	33,0	2,5	4,90
W11	300	500	267	4,51	Silt og leire	59,4	38,2	2,3	4,63
W12	300	1 000	266	3,67	Veldig fin sand	52,5	45,8	1,7	4,19
W13	300	2 000	260	3,54	Veldig fin sand	49,3	47,1	3,6	3,94
W14	300	4 000	265	4,06	Silt og leire	59,0	40,4	0,6	4,61
REG7			270	4,07	Silt og leire	98,9	1,0	0,0	5,98
Gj. snitt*				4,18		57,5	38,0	4,5	4,43
SD *				0,54		10,2	7,9	4,6	0,62
Min.*				3,26		41,0	20,8	0,0	3,15
Max.*				5,02		79,2	49,4	13,6	5,47

*: ref ikke medregnet



Figur 4.10-1 *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt/leire) for Garn West 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (2000-2006). Andel silt og leire, sand og grus for 2006 er vist øverst.*

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.10-1, mens en sammenligning med tidligere undersøkelser (2000-2003) er gitt i Figur 4.10-1. Gjennomsnittlig innhold av totalt

organisk materiale er 4,2 ± 0,5 %. Det har stort sett vært en økning i TOM-innhold sammenlignet med resultatene fra 2003. Fra 2003 har TOM blitt bestemt på sjiktet 0-5 cm, mens det før 2003 ble bestemt på sjiktet 0-1 cm, dette gjør at tallene før og etter 2003 ikke er direkte sammenlignbare.

4.10.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

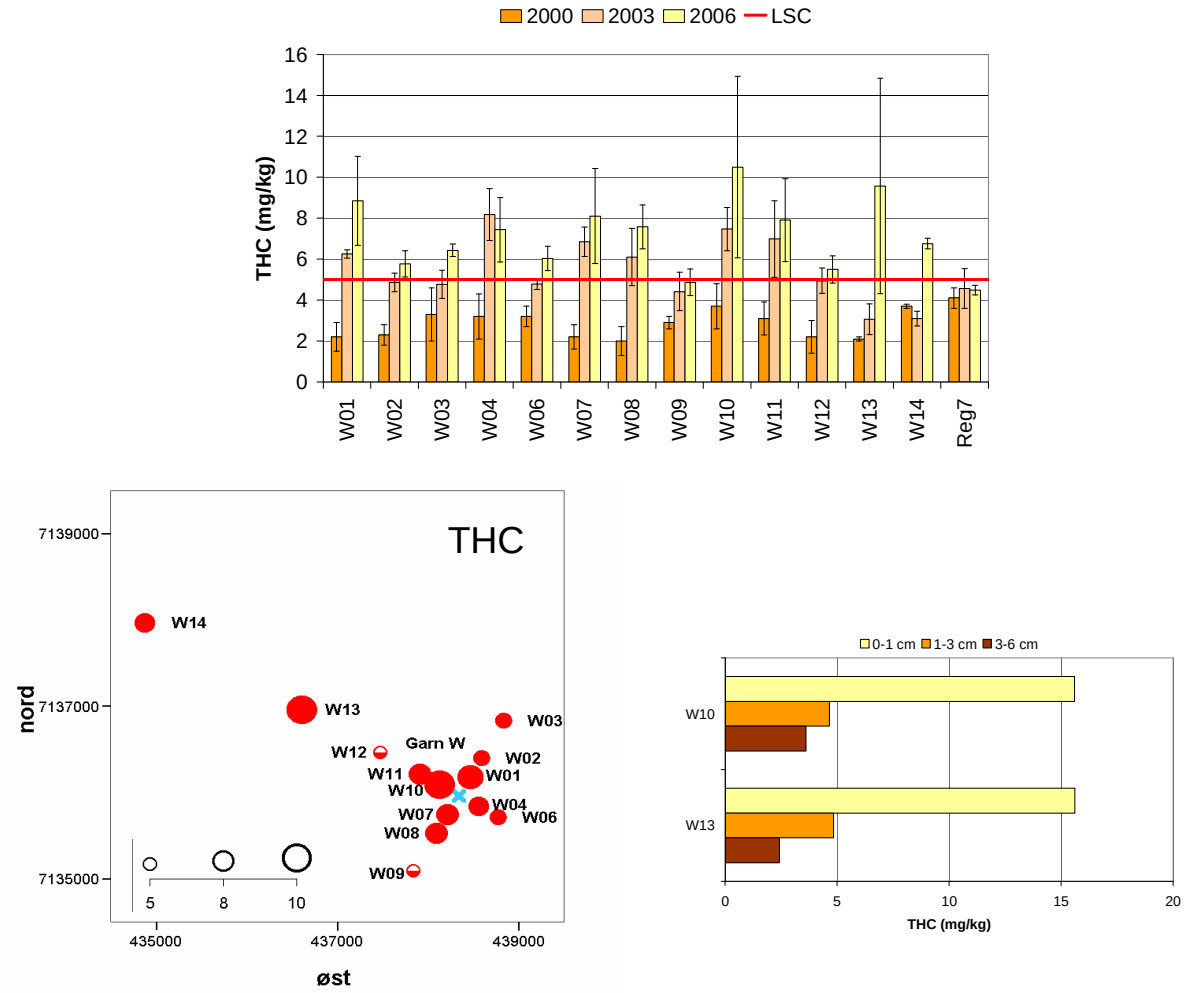
Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.10-2. I Figur 4.10-2 er årets THC-resultater sammenlignet med tidligere undersøkelser (2000-2003).

Tabell 4.10-2 *Gjennomsnittlig konsentrasjon av hydrokarboner fra tre paralleller (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Garn West 2006. Verdier over LSC er uthevet. Resultater med sjikt er grå.*

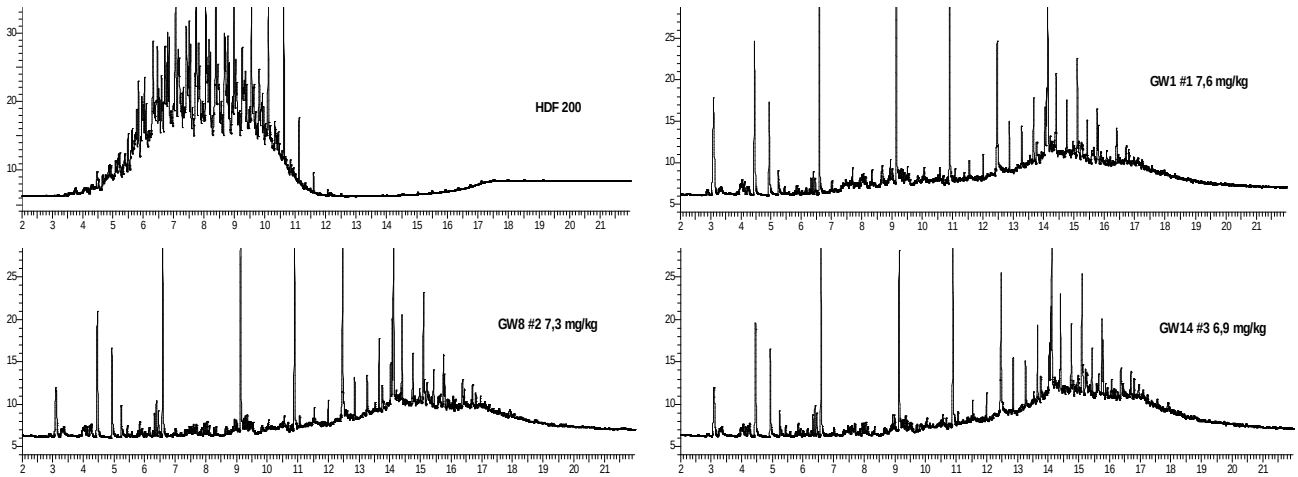
Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
W01	30	250	**9**	2						
W02	30	500	**6**	1						
W03	30	1 000	**6**	0						
W04	120	250	**7**	2						
W06	120	1 000	**6**	1						
W07	210	250	**8**	2						
W08	210	500	**8**	1						
W09	210	1 000	5	1						
W10	300	250	**10**	4	0,124	0,026	**0,13**	0,01	<0,1	-
W10 0-1 cm			**16**		0,110		**0,14**		<0,1	
W10 1-3 cm			5		0,099		**0,11**		<0,1	
W10 3-6 cm			4		0,127		**0,14**		<0,1	
W11	300	500	**8**	2						
W12	300	1 000	5	1						
W13	300	2 000	**10**	5	0,088	0,009	0,09	0,04	<0,1	-
W13 0-1 cm			**16**		0,096		**0,14**		<0,1	
W13 1-3 cm			5		0,069		0,06		<0,1	
W13 3-6 cm			2		0,053		0,03		<0,1	
W14	300	4 000	**7**	0						
REG7			4	0	0,107	0,016	0,10	0,02	<0,1	-
Gj. snitt*			7		0,106		0,11			
SD *			2		0,026		0,03			
Min.*			5		0,088		0,09			
Max.*			10		0,124		0,13			
LSC			5		0,129		0,10			

*: ref ikke medregnet

Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.10-3 er representative gasskromatogram for feltet vist. I Figur 4.10-4 er fordeling av THC relatert til stasjonsplasseringen vist.



Figur 4.10-2 *Gjennomsnittlig THC-innhold i toppsedimentet (0-1cm) i 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (2000-2003) (øverst), fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler (til venstre) og fordeling av THC i sjikt på stasjon W10 og W13 (2006).*



Figur 4.10-3 *Representative gasskromatogram for stasjonene på Garn West, 2006. Merk: Y-aksen har ikke samme skala i alle kromatogrammene.*

Det er funnet svakt forhøyede THC-verdier på de fleste stasjonene. Høyeste THC-verdi er funnet på stasjon 10 og 13 med 10 mg/kg på begge stasjonene. Det er store standardavvik mellom grabbene, noe som gjør det vanskelig å si om det har vært en økning i THC-konsentrasjonene sammenlignet med 2003, men sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2000 har det vært en økning på de fleste stasjonene. Det er lave konsentrasjoner av THC som er påvist og kromatogrammene viser ingen spor av boreslamolje. Det er påvist lave nivåer av PAH og NPD, og dekaliner er ikke påvist. Dette samsvarer med tidligere undersøkelser.

Metaller

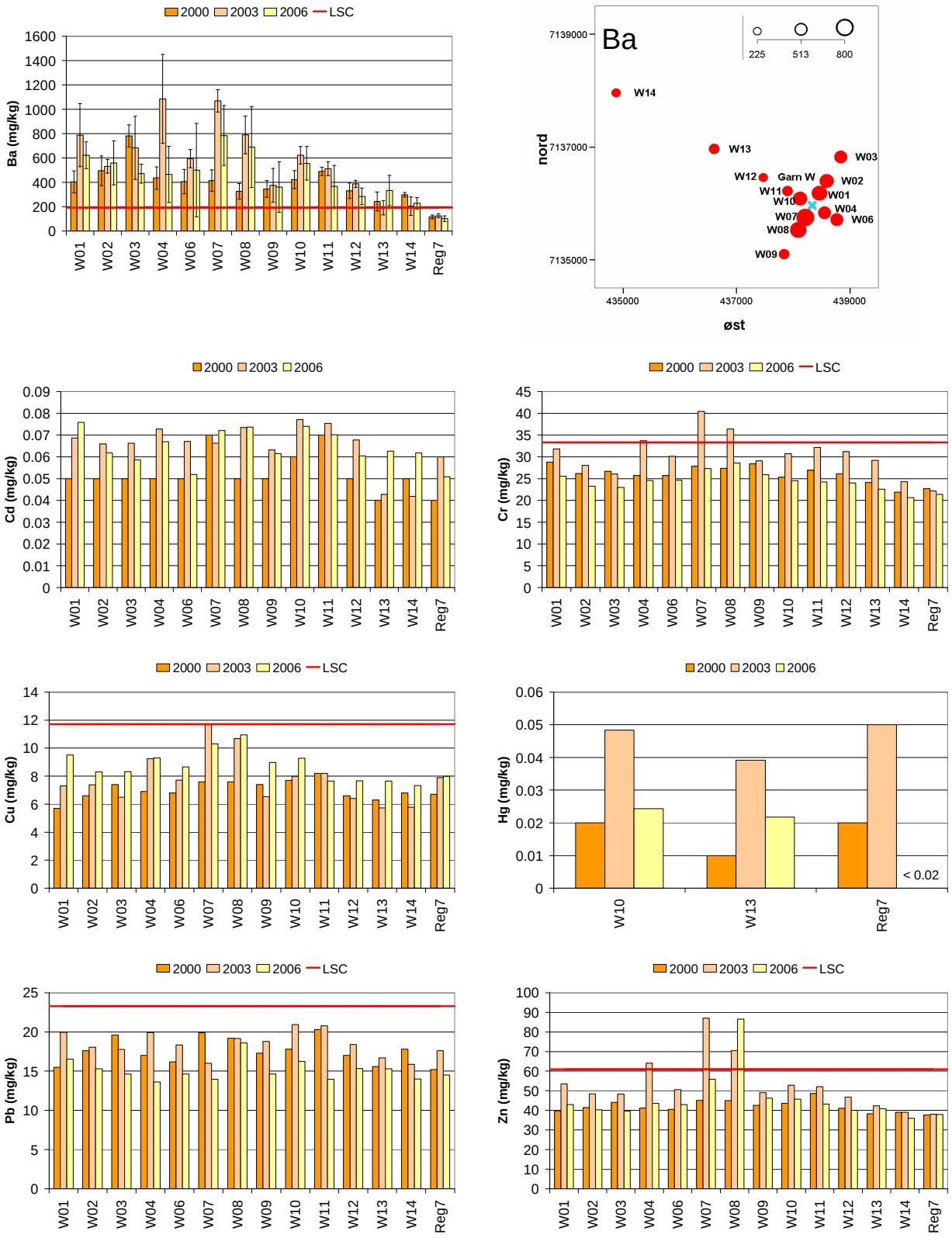
Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.10-3. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. I Figur 4.10-4 er fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering vist sammen med årets metallresultater sammenlignet med tidligere undersøkelser (2000-2003).

Det er funnet forhøyede Ba-verdier på alle de undersøkte stasjonene på feltet. Gjennomsnittlig Ba-konsentrasjon er 480 ± 160 mg/kg. Det er også tidligere funnet forhøyede Ba-verdier på disse stasjonene. På grunn av høye standardavvik mellom grabbene er det vanskelig å si om innhold av Ba har avtatt siden 2003, men det er ikke grunn for å hevde at Ba-konsentrasjonen har økt på noen av stasjonene siden 2003. Ba-innholdet på referansestasjonen er lavt og på nivå med tidligere år. Bortsett fra sink på stasjon 8, er det ingen av de andre elementene som i 2006 har forhøyede verdier, og det er generelt små variasjoner i 2006 sammenlignet med 2000 og 2003.

Tabell 4.10-3 *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (0-1 cm, mg/kg tørt sediment), Garn West 2006. Verdier over LSC er uthevet.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
W01	30/250	**623**	110	0,08	0,02	25,5	0,6	9,5	0,5			16,5	2,5	43	2
W02	30/500	**560**	180	0,06	0,00	23,3	1,5	8,3	0,6			15,3	2,5	40	4
W03	30/1 000	**471**	77	0,06	0,01	23,0	1,0	8,3	0,6			14,6	0,6	40	1
W04	120/250	**465**	231	0,07	0,00	24,6	2,3	9,3	1,2			13,6	2,1	43	7
W06	120/1 000	**500**	384	0,05	0,00	24,6	2,3	8,6	1,5			14,6	2,1	43	7
W07	210/250	**785**	247	0,07	0,00	27,3	3,5	10,3	1,5			14,0	1,0	56	17
W08	210/500	**690**	333	0,07	0,01	28,5	3,9	10,9	2,0			18,6	1,5	87	28
W09	210/1 000	**361**	208	0,06	0,00	25,9	2,7	9,0	2,7			14,6	2,5	46	11
W10	300/250	**556**	138	0,07	0,00	24,5	1,1	9,3	0,6	0,02	0,01	16,3	1,5	46	4
W11	300/500	**367**	172	0,07	0,02	24,2	1,1	7,6	1,5			14,0	2,6	43	3
W12	300/1 000	**285**	70	0,06	0,00	24,0	1,7	7,7	0,6			15,3	0,6	40	5
W13	300/2 000	**333**	125	0,06	0,00	22,6	2,6	7,6	1,2	0,02	0,00	15,3	1,5	41	11
W14	300/4 000	**228**	47	0,06	0,00	20,7	2,1	7,3	0,6			14,0	0,0	36	1
REG7		101	23	0,05	0,00	21,4	1,3	8,0	0,8	<0,02	-	14,5	2,0	38	3
Gj. snitt*		479		0,07		24,5		8,8		0,02		15,1		46	
SD *		163		0,01		2,0		1,1		0,00		1,4		13	
Min. *		228		0,05		20,7		7,3		0,02		13,6		36	
Max. *		785		0,08		28,5		10,9		0,02		18,6		87	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

*: ref ikke medregnet



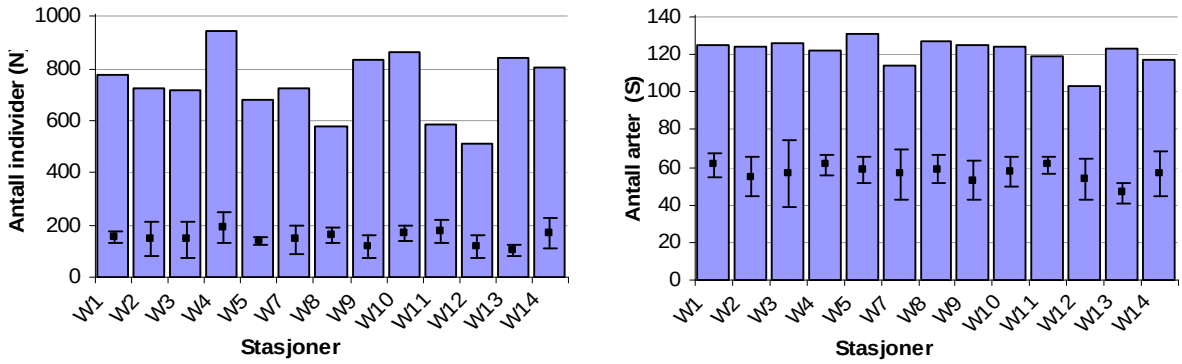
Figur 4.10-4 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentsjiktet (0-1 cm) i 2006 sammenlignet med tidligere undersøkelser (2000-2003). Øverst til høyre: Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene.Stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler*

4.10.4 Biologiske analyser

Tabell 4.10-4 viser antall arter og individer på Garn Vest fordelt på dyregrupper. Figur 4.10-5 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Garn Vest. Det relativt store standardavviket på W3 skyldtes varierende prøvevolum pga. grus og stein i sedimentet. Det er prøvetatt 13 stasjoner for biologiske analyser på Garn Vest.

Tabell 4.10-4. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Garn Vest 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	880	9,2	15	5,0
Polychaeta	5557	57,9	120	39,7
Crustacea	915	9,5	76	25,2
Mollusca	1885	19,7	66	21,9
Echinodermata	353	3,7	25	8,3
Totalt	**9590**	100,0	**302**	100,0



Figur 4.10-5. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Garn Vest 2006.*

Diversitet og dominans

Diversiteten på feltet er svært høy og reflekterer en kompleks og uforstyrret fauna, se Tabell 4.10-5.

Tabell 4.10-5. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Garn Vest 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 2000 for Garn Vest og Regional stasjon REG7.*

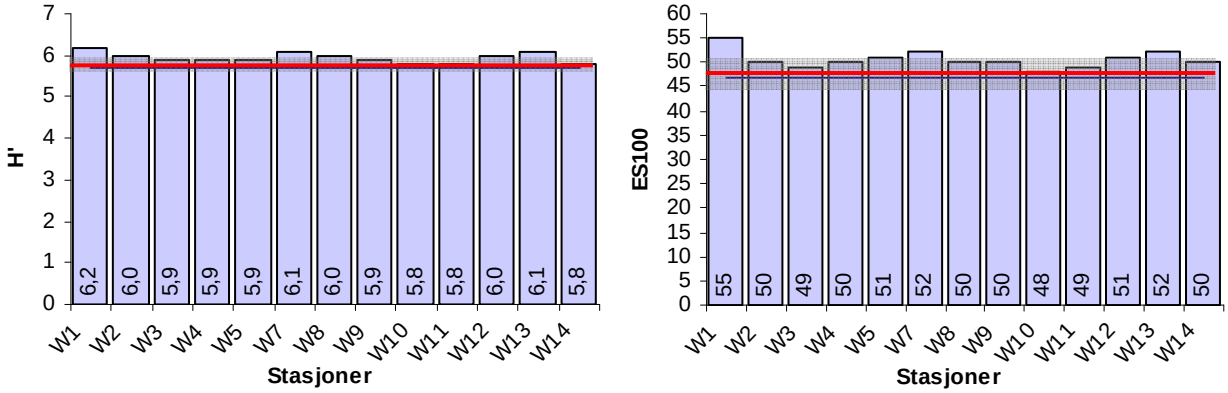
Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
W1	30	250	260	125	774	6,0	0,9	51
W2	30	500	260	124	723	5,9	0,8	48
W3	30	1 000	260	126	719	6,0	0,9	51
W4	120	250	267	122	941	5,9	0,9	48
W5	120	500	269	131	679	6,2	0,9	54
W7	210	250	267	114	725	6,0	0,9	50
W8	210	500	270	117	807	6,0	0,9	50

Tabell 4.10-5. *forts*.

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
W9	210	1 000	266	127	579	6,2	0,9	55
W10	300	250	269	125	836	5,9	0,9	49
W11	300	500	267	124	866	6,0	0,9	50
W12	300	1 000	266	119	589	5,9	0,9	51
W13	300	2 000	260	103	513	5,8	0,9	47
W14	300	4 000	265	123	839	5,9	0,9	48
NR						5,7	i.s.	47
St.dev						0,17	i.s.	2,9

Figur 4.10-6 viser gjennomsnittlig NR[14] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse (stolpediagram). Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i fohold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.

Indeksene viser en uforstyrret fauna i forhold til naturlig referanseverdi.



Stasjon	‰m
C1	30/250
C2	30/500
C3	30/1 000
C4	120/250

Stasjon	‰m
C5	120/500
C6	210/250
C7	210/500
C8	210/1 000

Stasjon	‰m
C9	300/250
C10	300/500
C11	300/1 000
C12	300/2 000
C13	300/4 000

Figur 4.10-6. *Diversitet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Garn Vest 2006.*

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.10-6.

[14] Se kap. 3.2.4 for detaljer

Tabell 4.10-6. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Garn Vest 2006.*

10 mest vanlige arter							
W1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**W2**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	80	10,3	10,3	Spiophanes wigleyi	59	8,2	8,2
Abra longicallus	39	5,0	15,4	Amythasides macroglossus	58	8,0	16,2
Spiophanes wigleyi	38	4,9	20,3	Golfingia spp.	34	4,7	20,9
Apseudes spinosus	34	4,4	24,7	Euchone incolor	29	4,0	24,9
Golfingia spp.	32	4,1	28,8	Nephtys hystricis	29	4,0	28,9
Nephtys hystricis	31	4,0	32,8	Octobranchus floriceps	23	3,2	32,1
Astarte sulcata auctt.	22	2,8	35,7	Paradiopatra quadricuspis	22	3,0	35,1
Nucula tumidula	16	2,1	37,7	Caudofoveata spp.	21	2,9	38,0
Lumbrineris scopa	15	1,9	39,7	Abra longicallus	19	2,6	40,7
Augeneria tentaculata	15	1,9	41,6	Protodorvillea kefersteini	19	2,6	43,3
W3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**W4**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Golfingia spp.	65	9,0	9,0	Amythasides macroglossus	81	8,6	8,6
Amythasides macroglossus	39	5,4	14,5	Spiophanes wigleyi	50	5,3	13,9
Paradiopatra quadricuspis	24	3,3	17,8	Golfingia spp.	48	5,1	19,0
Apseudes spinosus	22	3,1	20,9	Augeneria tentaculata	38	4,0	23,1
Echinocucumis hispida	22	3,1	23,9	Octobranchus floriceps	37	3,9	27,0
Spiophanes wigleyi	22	3,1	27,0	Lumbrineris scopa	31	3,3	30,3
Antalis c.f. occidentalis	21	2,9	29,9	Terebellides stroemi	28	3,0	33,3
Abra longicallus	20	2,8	32,7	Chaetozone setosa complex	25	2,7	35,9
Terebellides stroemi	19	2,6	35,3	Euchone incolor	24	2,6	38,5
Octobranchus floriceps	19	2,6	38,0	Protodorvillea kefersteini	24	2,6	41,0
W5	**Antall**	**%**	**Kum %**	**W7**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	53	7,8	7,8	Amythasides macroglossus	64	8,8	8,8
Nephtys hystricis	32	4,7	12,5	Spiophanes wigleyi	32	4,4	13,2
Golfingia spp.	26	3,8	16,4	Octobranchus floriceps	29	4,0	17,2
Apseudes spinosus	24	3,5	19,9	Augeneria tentaculata	27	3,7	21,0
Spiophanes wigleyi	22	3,2	23,1	Abra longicallus	25	3,5	24,4
Notomastus sp.	19	2,8	25,9	Nephtys hystricis	23	3,2	27,6
Abra longicallus	17	2,5	28,4	Euchone incolor	22	3,0	30,6
Astarte sulcata auctt.	17	2,5	30,9	Tunicata spp.	22	3,0	33,7
Augeneria tentaculata	15	2,2	33,1	Terebellides stroemi	22	3,0	36,7
Paradiopatra quadricuspis	14	2,1	35,2	Lumbrineris scopa	19	2,6	39,3
W8	**Antall**	**%**	**Kum %**	**W9**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Golfingia spp.	47	5,8	5,8	Amythasides macroglossus	44	7,6	7,6
Amythasides macroglossus	46	5,7	11,5	Nephtys hystricis	29	5,0	12,6
Spiophanes wigleyi	41	5,1	16,6	Spiophanes wigleyi	25	4,3	16,9
Octobranchus floriceps	37	4,6	21,2	Apseudes spinosus	19	3,3	20,2
Lumbrineris aniara	30	3,7	24,9	Terebellides stroemi	19	3,3	23,5
Protodorvillea kefersteini	25	3,1	28,0	Golfingia spp.	17	2,9	26,4
Abra longicallus	25	3,1	31,1	Paradiopatra quadricuspis	15	2,6	29,0
Nephtys hystricis	23	2,9	34,0	Cuspidaria lamellosa	14	2,4	31,4
Apseudes spinosus	23	2,9	36,8	Augeneria tentaculata	14	2,4	33,9
Chaetozone setosa complex	21	2,6	39,4	Euchone incolor	12	2,1	35,9

Tabell 4.10-6. *forts*.

W10	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	80	9,6	9,6
Spiophanes wigleyi	47	5,6	15,2
Golfingia spp.	35	4,2	19,4
Nephtys hystricis	35	4,2	23,6
Paradiopatra quadricuspis	33	4,0	27,5
Chaetozone setosa complex	33	4,0	31,5
Lumbrineris aniara	22	2,6	34,1
Octobranchus floriceps	22	2,6	36,7
Terebellides stroemi	22	2,6	39,4
Abra longicallus	21	2,5	41,9

W11	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	80	9,2	9,2
Nephtys hystricis	37	4,3	13,5
Octobranchus floriceps	34	3,9	17,4
Protodorvillea kefersteini	33	3,8	21,3
Euchone incolor	27	3,1	24,4
Raricirrus beryli	27	3,1	27,5
Paradiopatra quadricuspis	26	3,0	30,5
Spiophanes wigleyi	25	2,9	33,4
Lumbrineris scopa	24	2,8	36,1
Terebellides stroemi	21	2,4	38,6

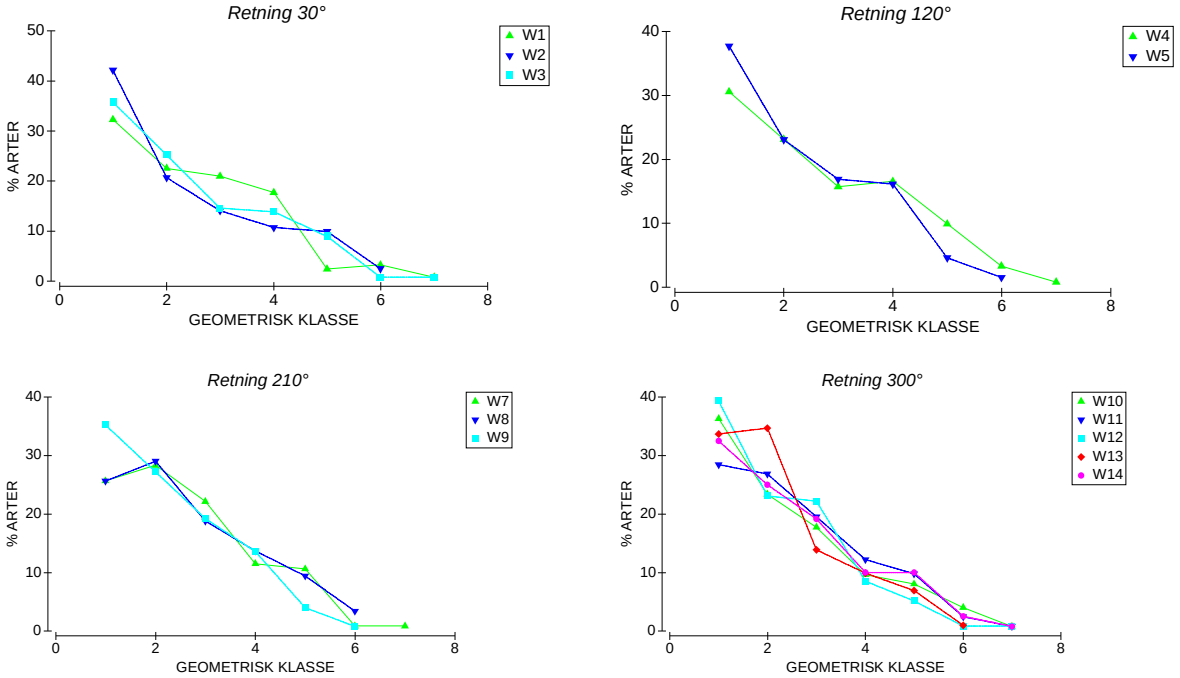
W12	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	65	11,0	11,0
Apseudes spinosus	47	8,0	19,0
Augeneria tentaculata	22	3,7	22,8
Paradiopatra quadricuspis	21	3,6	26,3
Golfingia spp.	21	3,6	29,9
Spiophanes wigleyi	20	3,4	33,3
Chaetozone setosa complex	19	3,2	36,5
Abra longicallus	18	3,1	39,6
Nephtys hystricis	13	2,2	41,8
Tunicata spp.	12	2,0	43,8

W13	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	44	8,6	8,6
Abra longicallus	27	5,3	13,8
Paradiopatra quadricuspis	27	5,3	19,1
Golfingia spp.	26	5,1	24,2
Apseudes spinosus	24	4,7	28,9
Spiophanes wigleyi	23	4,5	33,3
Nephtys hystricis	20	3,9	37,2
Astarte sulcata auctt.	17	3,3	40,6
Tunicata spp.	15	2,9	43,5
Limopsis cristata	14	2,7	46,2

W14	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	79	9,4	9,4
Chaetozone setosa complex	35	4,2	13,6
Spiophanes wigleyi	34	4,1	17,6
Terebellides stroemi	32	3,8	21,5
Protodorvillea kefersteini	31	3,7	25,2
Euchone incolor	30	3,6	28,7
Abra longicallus	29	3,5	32,2
Octobranchus floriceps	29	3,5	35,6
Nephtys hystricis	27	3,2	38,9
Augeneria tentaculata	26	3,1	42,0

Vanlige arter på feltet er børstemarkene *Amythasides macroglossus*, *Spiophanes wigleyi*, *Nepthys hystricis* samt pølseorm (Golfingia spp.) og muslingen *Abra longicallus*. Faunaen har en stor andel karnivore og filtrerende arter som avspeiler et relativt grovt sediment og en god sirkulasjon i vannmassene. Ingen av artene utgjør noen stor dominans og faunaen er kompleks og uforstyrret.

Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.10-7) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 7. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn.

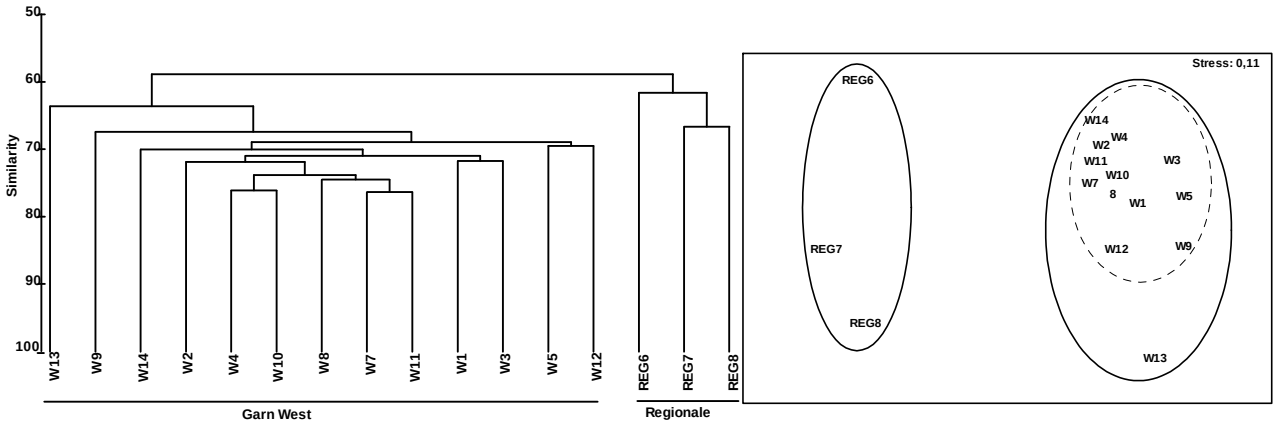


Figur 4.10-7. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Garn West 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.10-8 og Tabell 4.10-7. Analysene viser at feltstasjonene på Garn West og de regionale stasjoner deler seg inn i to grupper ved en likhet på ca 60 %. Videre skiller stasjon W13 seg noe ut fra Garn West stasjonene som danner en gruppe ved ca 70 %. Stasjon W13 skiller seg noe ut fra resten av Garn West feltet ved å ha lite eller ingen individer innenfor de vanligste artene på feltet. Det samme var tilfelle i 2000 og 2003.

Forskjellen mellom feltet og de nærliggende regionale stasjoner er ikke stor og skyldes litt ulik individfordeling blant de vanligste arter i området. Faunaen er kompleks og uforstyrret i begge gruppene.



Figur 4.10-8. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Garn Vest 2006.*

Tabell 4.10-7. *Inndeling i hovedfaunagrupper,Garn Vest 2006.*

Gruppe	Karakteristikk
Garn West	Overvekt av individer innenfor børstemarkartene *A. macroglossus*, *S. wigleyi*, *P. kefersteini*, *O. floriceps*, pølseorm (Golfingia), sekkedyr (Tunicata), sjøagurk (*E. hispida*) og krepsdyret *A. spinosus*.
Regional 6, 7 og 8	Lavere antall av de fleste vanligste arter på Garn West. Høyere antall av børstemarkene *E. incolor* og *N. hystricis.*

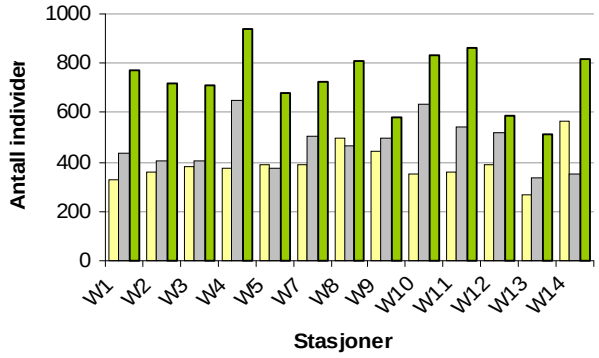
Bioenv-analysen viser en korrelasjon på 0,6 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene Ba, TOM og sand, og gjenspeiler først og fremst forskjellene mellom feltstasjonene og de regionale stasjonene.

Tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene ga ingen nevneverdig korrelasjon (0,3) mellom fauna og de undersøkte miljøvariablene.

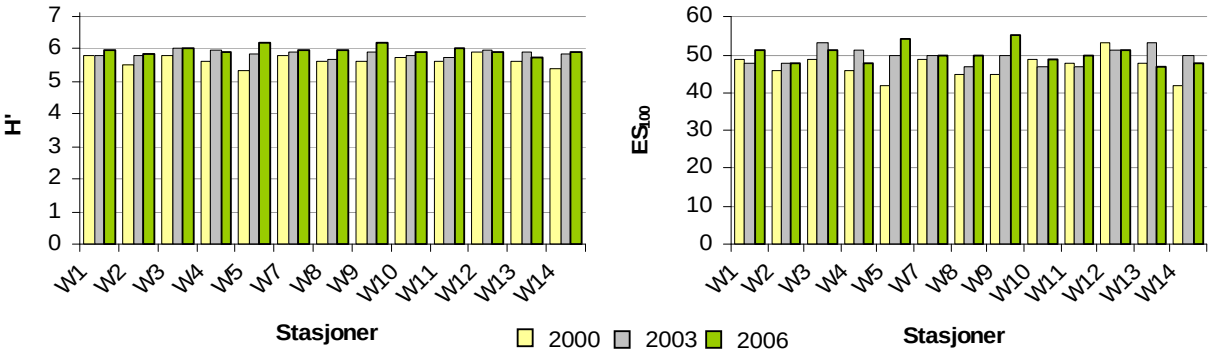
Sammenligning med tidligere undersøkelser

Diversitet

Diversiteten varierer noe over år, men er gjennomgående høy, se Figur 4.10-9. Som på Garn Central har det vært en betydelig økning i individtettheten.



Stasjon	‰m	Stasjon	‰m
C1	30/250	C8	210/1 000
C2	30/500	C9	300/250
C3	30/1 000	C10	300/500
C4	120/250	C11	300/1 000
C5	120/500	C12	300/2 000
C6	210/250	C13	300/4 000
C7	210/500		

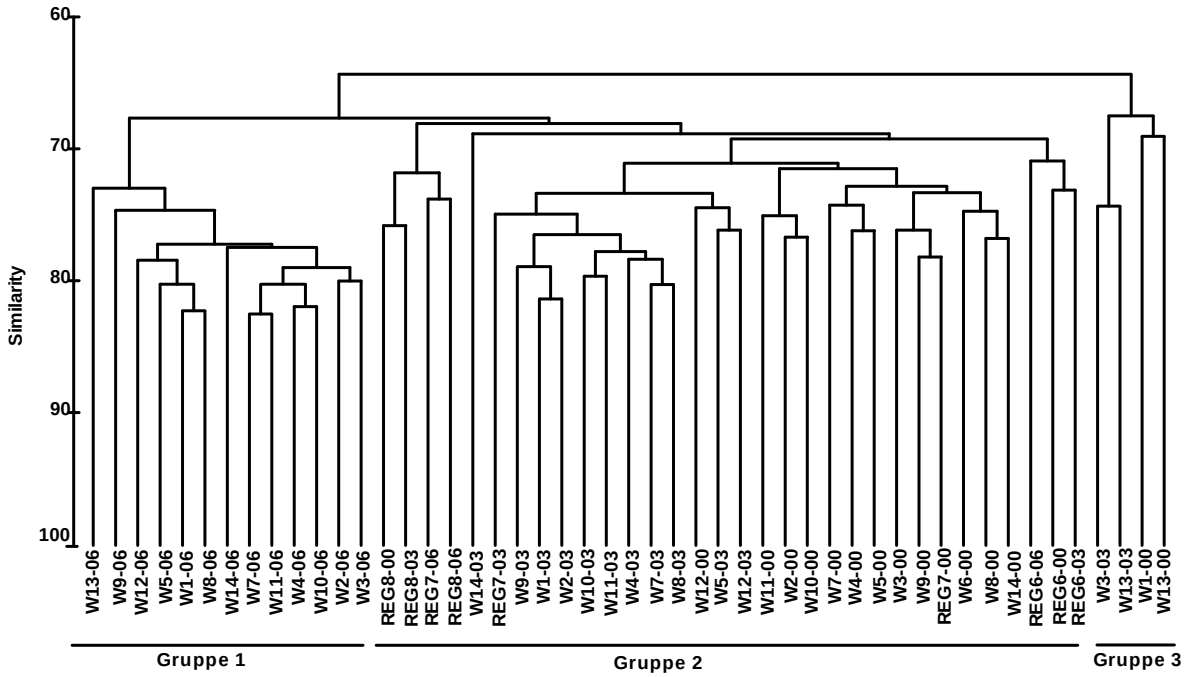


Figur 4.10-9. *Antall arter og diversitetsindeksene H' og ES_{100} på de undersøkte stasjonene ved Garn Vest fra 2000, 2003 og 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram er vist i Figur 4.10-10. Analysen er gjort på familienivå og viser at stasjonene deler seg i tre hovedgrupper ved en likhet på ca. 65 %. Feltstasjonene i 2006 stasjonene danner en egen gruppe, mens de fleste feltstasjonene fra

2000 og 2003 utgjør gruppe 2 inklusive regionale stasjoner fra alle år. Gruppeinndelingen tyder på at det har skjedd større endringer på feltstasjonene enn på de regionale stasjonene siden 2003. Hovedforskjellen mellom feltstasjonene i 2006 og de øvrige gruppene er høyere antall av vanlige arter på feltet. Individtettheten på REG6 og -8 samt referansestasjonen (REG7) har imidlertid også økt (siden 2000), dvs. at samme trend observeres i de omkringliggende områdene som på Garn West. Gruppe 3 skiller seg mest fra de øvrige og inneholder 4 stasjoner (W13 i 2000 og 2003, W1 i 2000 og W3 i 2003), alle fra tidligere undersøkelser.



Figur 4.10-10. *Dendrogram stasjonsnivå, Garn Vest 1995 - 2006.*

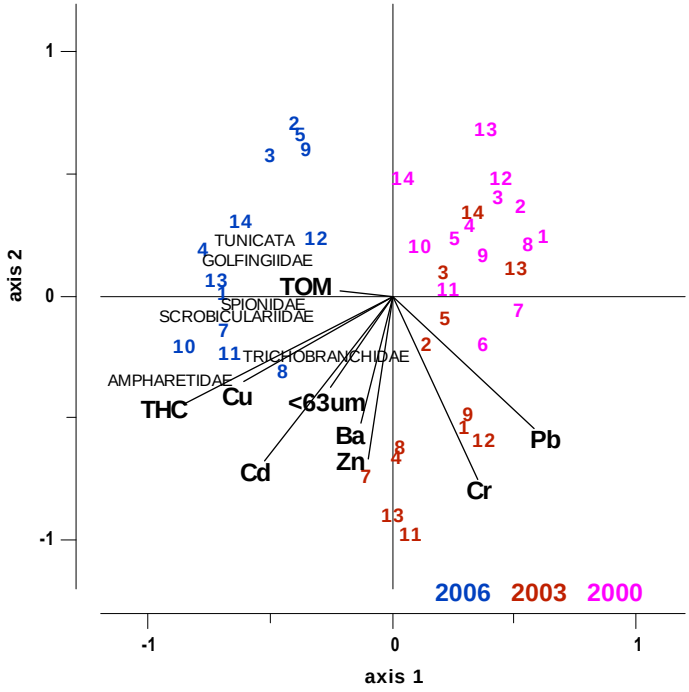
Gruppe	Stasjoner	Karakteristikk
1	Feltstasjoner 2006	Vesentlig høyere individantall av vanlige arter på feltet enn gruppe 2 og 3 er hovedårsaken til forskjellen.
2	Regionale stasjoner alle år + feltstasjoner 2000 og 2003 (unntatt 4 stasjoner i gruppe 3)	Høyere antall, spesielt av børstemark som Sabellidae, Cirratulidae og Nepthyidae i forhold gruppe 3.
3	W1-00, W3-03, W13-00, W13-03	Generelt færre individer av de vanligste arter i området. Relativt høyt antall av sjøstjerner (Astartiidae) i forhold til gruppe 1 og 2.

Bioenv-analysen inklusive de regionale stasjonene i dendrogrammet ga en meget svak korrelasjon på 0,4 mellom fauna og en kombinasjon av THC og korn, og bidrar i liten grad til å forklare gruppeinndelingen.

For feltstasjonene ga Bioenv-analysen en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene THC, kadmium, bly og kornstørrelse. Dette er heller ingen god korrelasjon, men kan indikere en viss sammenheng, dvs. at feltstasjonene i 2006 skiller seg noe fra tidligere år pga. høyere innhold av THC og annen kornstørrelse.

Det ble i tillegg utført en RDA analyse på fauna og miljøfaktorer (eks. regionale stasjoner), se Figur 4.10-11. Analysen viser at stasjonene fra 2000 og 2003 skiller seg noe fra 2006 stasjonene som legger seg på venstre side av hovedaksen. Analysen antyder at THC kan være en forklaringsvariabel for økte individantall innen enkelte familier på noen stasjoner (W8,

11, 10 og 7). Stasjonene skiller seg imidlertid ikke vesentlig ut fra flere andre stasjoner på Garn West mhp.THC, og korrelasjonene ansees å være for svake til å påvise en sammenheng.



Figur 4.10-11. *RDA plott Garn Vest 1995 – 2006.*

4.10.5 Konklusjoner

Klassifiseringen av sedimentene på feltet varierer fra fin sand til silt og leire. Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene varierer fra 3,3 til 5,0 %. Det er funnet svakt forhøyede THC-verdier på de fleste stasjonene. Høyeste THC-verdi er funnet på stasjon 10 (300/250m) og stasjon 13 (300/2000m) med 10 mg/kg på begge stasjonene. Innenfor 1000m er THC-nivået avtagende fra feltsenter. Det er funnet forhøyede Ba-verdier på alle undersøkte stasjoner. Høyeste verdi er funnet på stasjon 7 (210/250m) med 785 mg/kg. Nivåene er i hovedtrekk avtagende ut fra feltsenter, med høyest nivå i retning 210°.

Det er ingen vesentlige endringer i THC- eller Ba-nivåer sammenlignet med undersøkelsen i 2003, men det har stort sett vært en økning i nivåene sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2000.

Faunaen på Garnn West i 2006 er som tidligere år kompleks og uforstyrret, men skiller seg noe fra nærliggende regionale stasjoner.

4.11 Draugen

4.11.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Draugenfeltet ligger i Blokk 6407/9 på Haltenbanken. Draugen ble vedtatt utbygd i 1988 og satt i produksjon i oktober 1993. Plattformen står på 251 meters dyp. Eksport av oljen skjer med skytteltankere via bøyelasting på feltet.

Reservene i feltet består hovedsakelig av olje. Assosiert gass blir foreløpig reinjisert. Draugen har seks produserende plattformbrønner, fire produserende satellittbrønner, én gass-injeksjonsbrønn og fem vanninjeksjonsbrønner. I forbindelse med boringen av disse brønnene ble det hovedsakelig benyttet vannbasert borevæske. Oljebasert borevæse ble benyttet i 12 1/4" seksjonen på alle satelittbrønner til sammen 4 stk. Den siste plattformbrønnen ble boret i 1999.

Utslippshistorikk

En oversikt over utslippene er gitt i Tabell 4.11-1. Det var et relativt stort utslipp på Draugen/Garn Vest i 2003.

Tabell 4.11-1. *Utslippshistorikken for Draugen, Garn Vest og Sentral samt Rogn Sør, 2000-2006.*

Utslippsoversikt Draugen	Draugen plattform	Draugen og Garn Vest	Draugen og Rogn Sør	Draugen inkl. brønn-overhaling og Garn Central*	Draugen	Draugen	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1.halvdel 2006
Antall Brønner	0	2	2	1	0	0	0
Utslipp av baritt, tonn	0	100,0	0,0	217	0	0	0
Utslipp av vannbasert borekaks, tonn	0	103,9	80,2	85,8	0	0	0
Utslipp av vannbasert borevæske, tonn	0	189	852	239	0	0	0
Utslipp av sementkjemikalier, tonn	0	2,5	49,4	0,5	0	0	0
Utslipp av kompletteringskjemikalier, tonn	0	1268	2867,3	14,1	0	0	0
Utslipp av olje i vann (alle typer), tonn	7,6	7,4	24,0	46,2**	55,7***	48,0***	40,216
Akuttutslipp oljer + OBM, m3	0,4	1,9	1,0	0	2,0	0,6	0,55****

*)Garn Central var avgrensningsbrønn og ble ikke komplettert. Utslipp av kompletteringskjemikalier er relatert brønnoverhaling fra Draugen plattform.
**) Målt ved IR- metoden – Målt med GC blir tallet 33,0 tonn
*** Målt med GC metoden i 2004 og 2005
****550 liter diesel fra Draugen FLP

Fra høsten 2005 er det sluppet ut produsertvann ved havbunnen nord for Draugen. Utslippspunktet er i god avstand fra nordligste sedimentstajon i denne undersøkelsen. Spredningsberegninger for utslippet viser i hovedsak at produsertvannet stiger opp pga. temperaturforskjeller og innlagres eller stiger mot overflaten, avhengig av sesong.

Prøvetaking

Havdypet på Draugen varierte fra 245 til 270m. Sedimentene bestod hovedsakelig av et brunt overflatelag med grå leire under. En del stasjoner inneholdt grus og stein. Prøvetaking ble utført i henhold til programmet, og foregikk uten problemer.

Det er ikke anført spesielle anmerkninger fra prøvetakingen.

Stasjonsbetegnelsen i MOD er DRLP. I resultatkapittelet er kun prefikset D benyttet for stasjonsnummeret.

4.11.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra bestemmelse av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.11-2 og en sammenligning med tidligere undersøkelser er gitt i Figur 4.11-1, sammen med en grafisk fremstilling av kornstørrelsesfordelingen. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

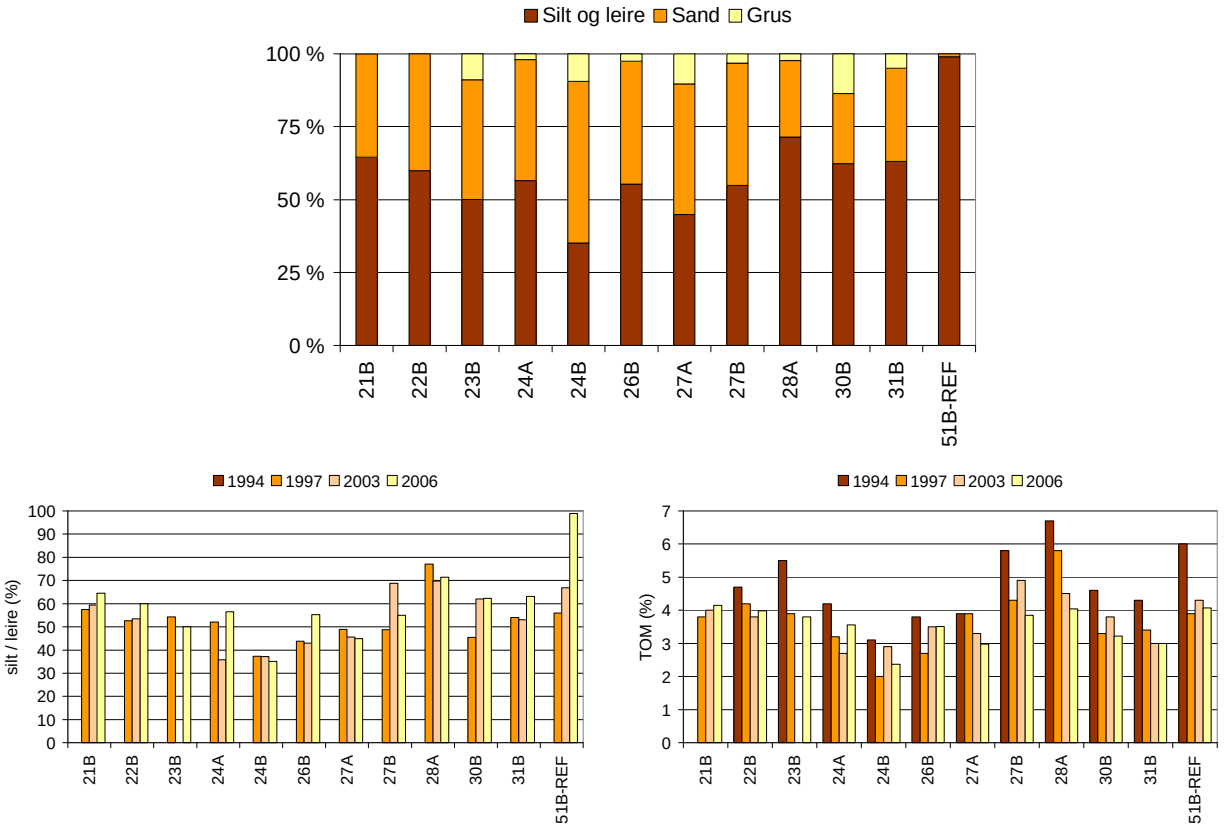
Tabell 4.11-2. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Draugen, 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
21B	300	2 000	250	4,14	Silt og leire	64,6	35,4	0,1	4,90
22B	300	1 000	247	3,98	Silt og leire	60,0	40,0	0,0	4,66
23B	300	500	250	3,80	Veldig fin sand	50,0	41,1	8,9	4,00
24A	325	900	250	3,56	Veldig fin sand	56,5	41,5	2,0	4,46
24B	300	250	253	2,37	Fin sand	35,1	55,4	9,4	3,21
26B	162	500	260	3,51	Veldig fin sand	55,3	42,2	2,5	4,38
27A	45	750	248	2,98	Veldig fin sand	44,9	44,7	10,4	3,57
27B	162	1 000	266	3,85	Veldig fin sand	54,9	41,9	3,2	4,36
28A	45	1 500	252	4,04	Silt og leire	71,5	26,2	2,3	5,20
30B	325	500	250	3,22	Silt og leire	62,3	24,1	13,7	4,79
31B	35	1 000	245	2,99	Silt og leire	63,1	31,9	5,0	4,83
51B-REF			270	4,07	Silt og leire	98,9	1,0	0,0	5,98
Gj. snitt*				3,49		56,2	38,6	5,2	4,40
SD *				0,55		10,1	8,8	4,6	0,60
Min.*				2,37		35,1	24,1	0,0	3,21
Max.*				4,14		71,5	55,4	13,7	5,20

* Uten referansestasjon

Sedimentprøvene fra Draugen består i hovedsak av veldig fin sand (39 ± 9 %), med innslag av silt og leire (56 ± 10 %). Innslaget av grus er variabelt (5 ± 5 %).

I 2006 er innslaget av silt og leire større enn i 1997 og 2003. Dette er et forhold som ikke speiler seg i de andre parametrene. Kornstørrelsesfordelingen er ellers i overensstemmelse med tidligere undersøkelser.



Figur 4.11-1. *Sedimentkarakteristikk – andel silt og leire, sand og grus i 2006 (øverst). Andel silt og leire for Draugen – 1994-2006 (venstre). TOM, Draugen, 1994-2006 (høyre).*

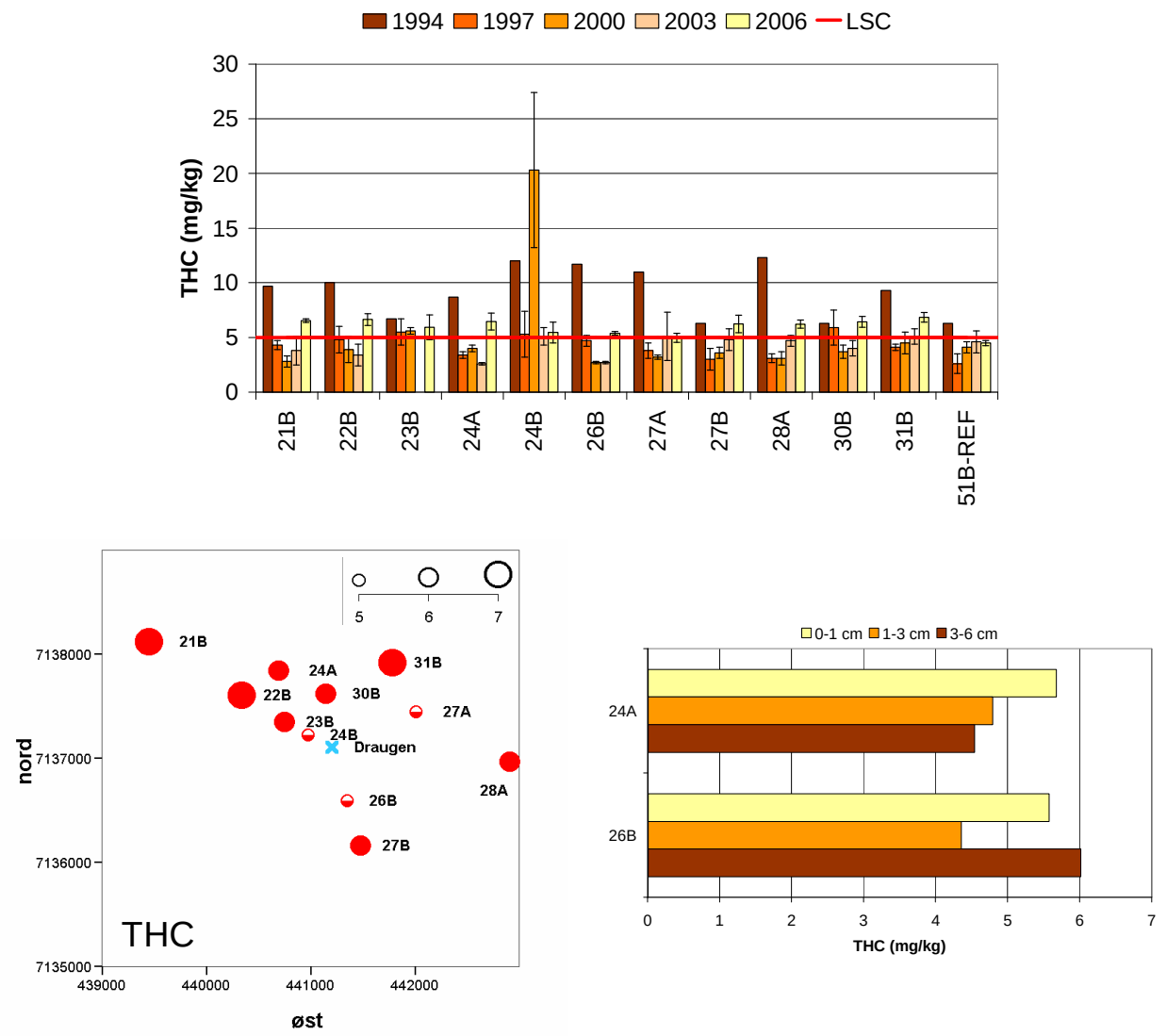
Totalt organisk materiale (TOM)

Andel totalt organisk materiale (TOM) for Draugen er gitt i Tabell 4.11-2 og Figur 4.11-1 (høyre). Mengde TOM er, som tidligere relativt høyt (3,5 ± 0,6 %).

4.11.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Innholdet av hydrokarboner på Draugen i 2006 er vist i Tabell 4.11-3, sammen med PAH, NPD og dekaliner på utvalgte stasjoner. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C. Innholdet av THC varierer fra 4 til 7 mg/kg (6 ± 1 mg/kg), hvilket er i området rundt LSC. For PAH er ingen verdier over LSC, mens for NPD er konsentrasjon over LSC funnet i sjiktet 3-6 cm på stasjon 26B (162⁇500m). NPD ble ikke målt på denne stasjonen i 2003.



Figur 4.11-2. *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentet (0-1cm) fra tre prøvereplikater fra Draugen 2006 og undersøkelser i perioden 1994-2003 (øverst). Konsentrasjoner av THC i sjikt på stasjon 24A og 26B (2006 – høyre). Fordeling av THC på Draugen (venstre). Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

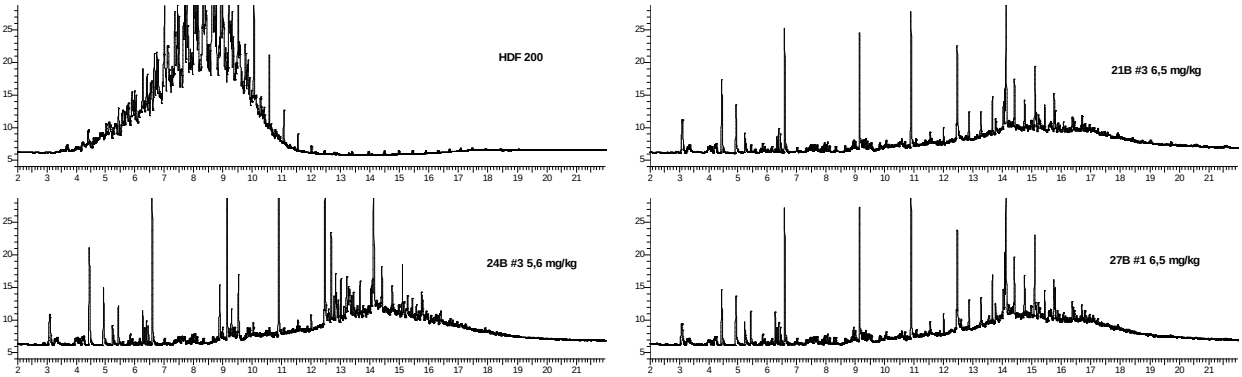
Tabell 4.11-3. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner fra 3 prøvereplikater (mg/kg tørt sediment), PAH, NPD og dekaliner. Verdier over LSC er uthevet, Draugen 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
21B	300	2 000	**7**	0						
22B	300	1 000	**7**	1						
23B	300	500	**6**	1						
24A	325	900	**6**	1	0,073	0,011	0,07	0,01	< 0,1	0,00
24A, 0-1 cm	325	900	**6**		0,086		0,08		< 0,1	
24A, 1-3 cm	325	900	5		0,071		0,06		< 0,1	
24A, 3-6 cm	325	900	5		0,094		0,05		< 0,1	

Tabell 4.11-3. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
24B	300	250	5	1						
26B	162	500	5	0	0,059	0,009	0,06	0,00	< 0,1	0,00
26B, 0-1 cm	162	500	**6**		0,052		0,05		< 0,1	
26B, 1-3 cm	162	500	4		0,073		0,07		< 0,1	
26B, 3-6 cm	162	500	**6**		0,082		**0,14**		< 0,1	
27A	45	750	5	0						
27B	162	1 000	**6**	1						
28A	45	1 500	**6**	0						
30B	325	500	**6**	1						
31B	35	1 000	**7**	0						
51B-REF			4	0	0,107	0,016	0,10	0,02	<0,1	-
Gj. snitt*			6		0,074		0,07		< 0,1	
SD *			1		0,014		0,03		< 0,1	
Min.*			4		0,052		0,05		< 0,1	
Max.*			7		0,094		0,14		< 0,1	
LSC			5		0,129		0,10			

* uten referansestasjon



Figur 4.11-3. *Gasskromatogram av sedimentekstrakt fra stasjonene 21B, 24B og 27B, samt for HDF 200.*

Det er funnet lave konsentrasjoner av THC på alle stasjonene, gjennomsnittlig 6 ± 1 mg/kg. Høyeste påvist konsentrasjon av THC er 7 mg/kg. Kromatogrammene viser naturlig bakgrunnsnivåer og ingen spor av boreslamolje. Figur 4.11-2 viser at de høyeste konsentrasjonene av THC på Draugen ble funnet i 1994. Gjennomsnittlig konsentrasjon var da 10 ± 2 mg/kg THC. Konsentrasjonen ble redusert fra 1994 til 1997, og var i 1997 4 ± 1 mg/kg. Det er små variasjoner i THC-konsentrasjonen i perioden 1997-2006 på alle stasjoner unntatt 24B. I 2000 ble det påvist 20 ± 7 mg/kg THC på stasjon 24B. I 2003 var konsentrasjonen redusert til 5 ± 1 mg/kg, og samme konsentrasjon er funnet i 2006.

PFAS

Stasjon 24B (300°/250m, 0-1 cm) ble, sammen med en stasjon fra hvert av feltene Njord, Heidrun, Norne, Skarv og Hans, analysert for PFAS. Resultatene er i sin helhet presentert Kap. 4.17. Resultatene for Draugen viser at nivåene ikke er spesielt forhøyet sammenlignet med prøver fra de antatt upåvirkede stasjonene på Skarv og Hans.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.11-4. Bariumnivået er i gjennomsnitt 742 ± 553 mg/kg, og 10 av 11 stasjoner har bariumnivåer over LSC.

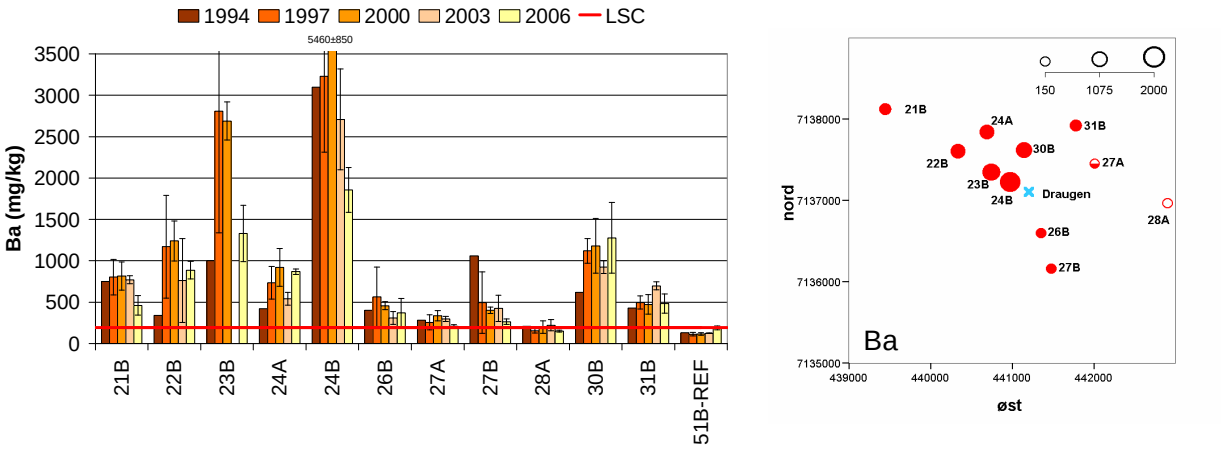
Tabell 4.11-4. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment). Verdier > LSC er uthevet, Draugen 2006.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
21B	300/2 000	**462**	118	0,07	0,00	21,9	0,5	7,9	0,4			15,1	1,1	37	2
22B	300/1 000	**887**	106	0,07	0,00	23,6	0,4	8,4	0,2			16,5	0,3	39	0
23B	300/500	**1331**	342	0,07	0,00	23,5	0,1	8,1	0,2			13,7	0,7	38	1
24A	325/900	**869**	32	0,06	0,00	18,9	1,8	6,9	0,2	<0,02	-	13,6	1,5	32	3
24B	300/250	**1858**	271	0,04	0,00	14,0	0,4	4,6	0,4			7,4	0,5	23	2
26B	160/500	**373**	173	0,06	0,00	21,0	1,2	7,2	0,6	<0,02	-	14,0	1,3	41	7
27A	45/750	**208**	20	0,07	0,01	23,0	1,1	7,6	0,4			15,9	1,0	37	2
27B	162/1 000	**264**	33	0,07	0,00	23,9	0,1	8,3	0,3			17,0	0,3	41	2
28A	45/1500	152	11	0,08	0,01	26,7	0,3	10,1	0,6			19,9	0,6	45	1
30B	325/500	**1278**	426	0,07	0,00	24,8	1,1	11,1	4,0			17,9	0,4	42	2
31B	35/1 000	**485**	116	0,07	0,00	26,0	0,8	9,2	0,6			17,6	1,6	41	1
51B-REF		189	22	0,07	0,00	28,8	0,6	11,1	0,1	0,02	0,00	18,2	0,1	53	1
Gj. snitt*		742		0,07		22,5		8,1		<0,02		15,3		38	
SD *		553		0,01		3,6		1,7		<0,02		3,3		6	
Min. *		152		0,04		14,0		4,6		<0,02		7,4		23	
Max. *		1858		0,08		26,7		11,1		<0,02		19,9		45	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

* uten referansestasjon

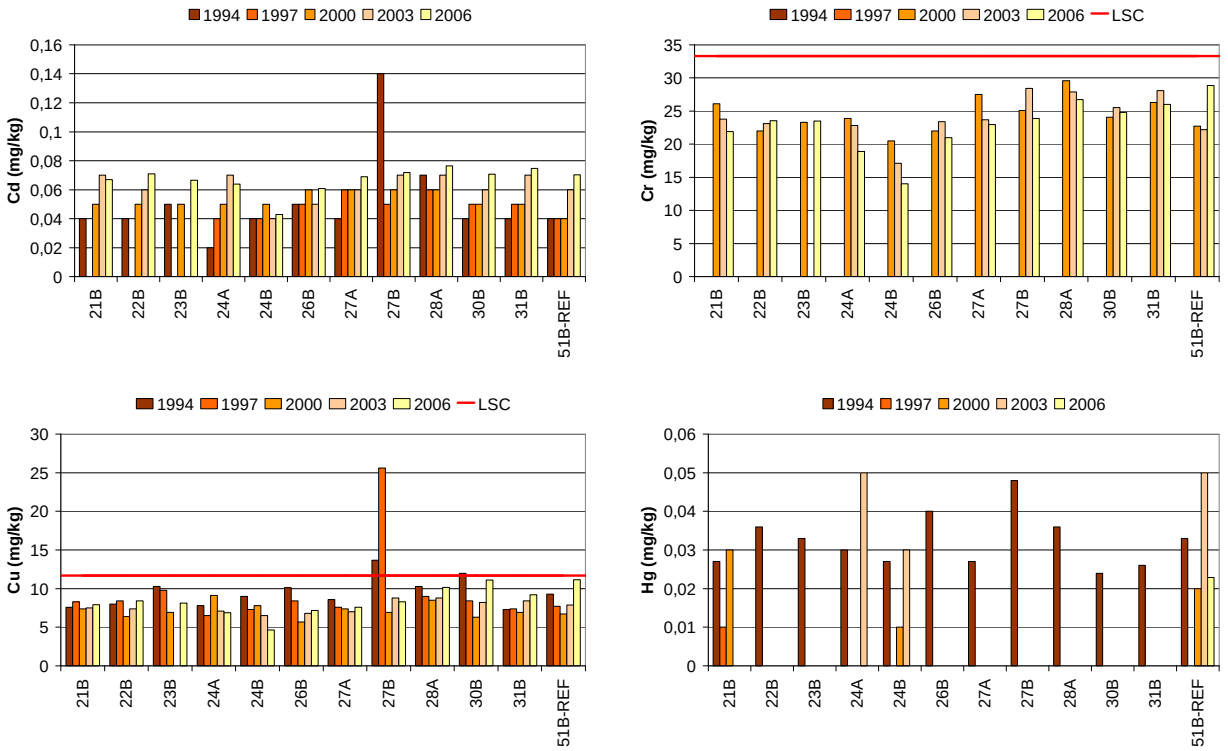
På de stasjonene med historisk mest barium, stasjon 24B (300°/250m) og 23B (300°/500m), er det en synkende trend siden 1997/2000, men nivåene er fremdeles høye. For de andre stasjonene er det ingen vesentlige endringer i bariumnivået siden 2003, se Figur 4.11-4.

Bariumkontamineringen avtar med avstand fra feltsenter, med høyest nivåer i retning 300° og 325°, se Figur 4.11-4.

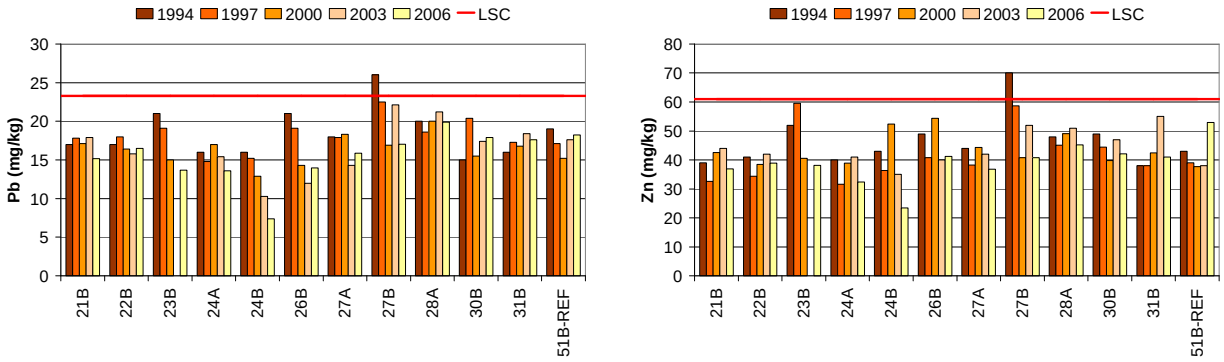


Figur 4.11-4 *Gjennomsnittlig innhold av barium i toppsedimentsjiktet (0-1cm) på Draugen. Målinger stasjnsvis i perioden 1994-2006 (venstre). Geografisk spredning (høyre). Feltsentrene er merket med kryss. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene. Stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

Ingen av stasjonene er kontaminert med andre metaller, se Figur 4.11-5.



Figur 4.11-5 *Gjennomsnittlig innhold av Ca, Cr, Cu, Hg, Pb og Zn i toppsedimentet (0-1cm). Draugen 1994-2006.*



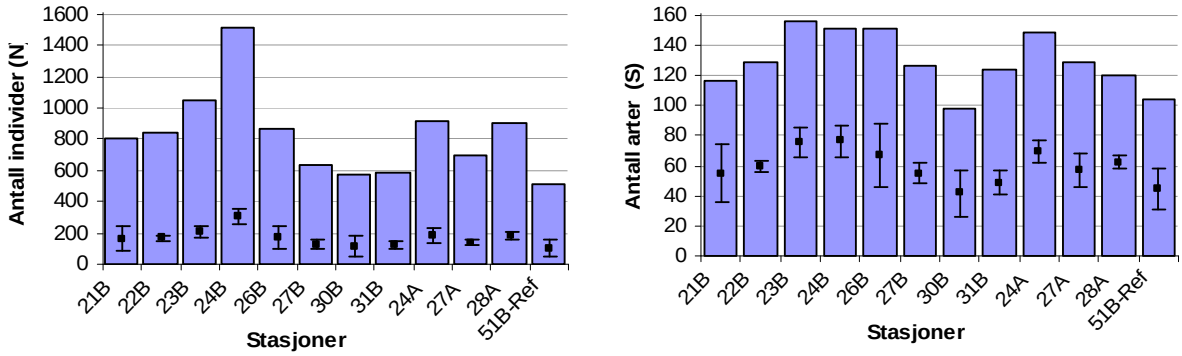
Figur 4.11-5. *forts*

4.11.4 Biologiske analyser

Tabell 4.11-5 viser antall arter og individer på Draugen fordelt på dyregrupper. Figur 4.11-6 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Draugen. Antall arter varierte en del mellom grabbprøvene på enkelte stasjoner, noe som antakelig skyldes at volumet av grabbprøvene varierte noe, avhengig av sedimenttype. Det er prøvetatt 12 stasjoner for biologiske analyser på Draugen.

Tabell 4.11-5. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Draugen 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	870	8,8	18	5,7
Polychaeta	5833	59,0	143	45,5
Crustacea	1074	10,9	69	22,0
Mollusca	1814	18,4	61	19,4
Echinodermata	293	3,0	23	7,3
Totalt	**9884**	100,0	**314**	100,0



Figur 4.11-6. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Draugen 2006. 51B-ref=REG7.*

Diversitet og dominans

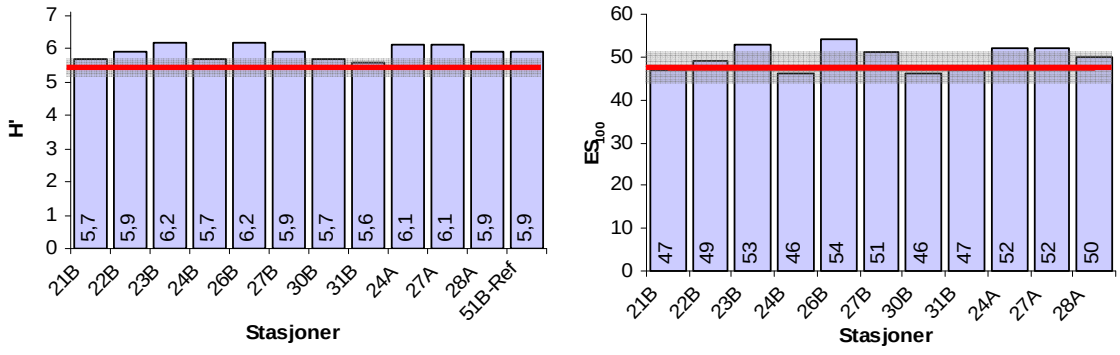
Diversiteten på Draugen er høy og avspeiler et komplekst og uforstyrret faunasamfunn, se Tabell 4.11-6. Stasjon 24B, som er den enseste 250m stasjonen, er betydelig mer individrik enn de øvrige stasjonene.

Tabell 4.11-6. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Draugen 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 1994.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
21B	300	2 000	250	117	810	5,7	0,8	47
22B	300	1 000	247	129	839	5,9	0,8	49
23B	300	500	250	156	1046	6,2	0,8	53
24B	300	250	253	151	1515	5,7	0,8	46
26B	162	500	260	151	860	6,2	0,9	54
27B	162	1 000	266	126	629	5,9	0,9	51
30B	325	500	250	98	575	5,7	0,9	46
31B	35	1 000	245	124	590	5,6	0,9	47
24A	325	900	250	148	913	6,1	0,9	52
27A	45	750	248	129	690	6,1	0,9	52
28A	45	1 500	252	120	899	5,9	0,9	50
51B-Ref (=REG7)			270	104	518	5,9	0,9	50
NR						5,4	i.s.	47
St.dev						0,25	i.s.	3,6

Figur 4.11-7 viser gjennomsnittlig NR[15] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse (stolpediagram). Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i forhold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner.

Indeksene viser en uforstyrret fauna i henhold til naturlig referanseverdi.



Stasjon	?m
21B	300/2 000
22B	300/1 000
23B	300/500
24B	300/250

Stasjon	?m
26B	162/500
27B	162/1 000
30B	325/500
31B	35/1 000

Stasjon	?m)
24A	325/900
27A	45/750
28A	45/1 500

Figur 4.11-7 . *Diversitet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Draugen 2006.*

[15] Se kap. 3.2.4 for detaljer

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.11-7.

Tabell 4.11-7. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Draugen 2006.*

10 mest vanlige arter							
21B	**Antall**	**%**	**Kum %**	**22B**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Spiophanes wigleyi	78	9,6	9,6	Amythasides macroglossus	88	10,5	10,5
Golfingia spp.	64	7,9	17,5	Spiophanes wigleyi	46	5,5	16,0
Amythasides macroglossus	60	7,4	24,9	Golfingia spp.	41	4,9	20,9
Euchone incolor	47	5,8	30,7	Euchone incolor	36	4,3	25,2
Terebellides stroemi	29	3,6	34,3	Nephtys hystricis	36	4,3	29,4
Paradiopatra quadricuspis	25	3,1	37,4	Octobranchus floriceps	30	3,6	33,0
Nephtys hystricis	25	3,1	40,5	Abra longicallus	26	3,1	36,1
Abra longicallus	24	3,0	43,5	Paradiopatra quadricuspis	24	2,9	39,0
Augeneria tentaculata	22	2,7	46,2	Onchnesoma steenstrupi	23	2,7	41,7
Macrocypris minna	18	2,2	48,4	Paramphinome jeffreysii	23	2,7	44,5
23B	**Antall**	**%**	**Kum %**	**24B**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Spiophanes wigleyi	76	7,3	7,3	Paramphinome jeffreysii	201	13,3	13,3
Amythasides macroglossus	70	6,7	14,0	Spiophanes wigleyi	135	8,9	22,2
Paramphinome jeffreysii	61	5,8	19,8	Paradoneis lyra	86	5,7	27,9
Golfingia spp.	46	4,4	24,2	Apseudes spinosus	80	5,3	33,1
Astarte sulcata auctt.	29	2,8	27,0	Amythasides macroglossus	65	4,3	37,4
Abra longicallus	29	2,8	29,7	Eriopisa elongata	56	3,7	41,1
Paradoneis lyra	26	2,5	32,2	Abra nitida	47	3,1	44,2
Nephtys hystricis	23	2,2	34,4	Protodorvillea kefersteini	33	2,2	46,4
Octobranchus floriceps	22	2,1	36,5	Abra longicallus	31	2,1	48,5
Protodorvillea kefersteini	22	2,1	38,6	Yoldiella tomlini	29	1,9	50,4
26B	**Antall**	**%**	**Kum %**	**27B**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	99	11,5	11,5	Amythasides macroglossus	89	14,2	14,2
Golfingia spp.	35	4,1	15,6	Spiophanes wigleyi	32	5,1	19,2
Apseudes spinosus	34	4,0	19,5	Apseudes spinosus	28	4,5	23,7
Euchone incolor	32	3,7	23,3	Octobranchus floriceps	24	3,8	27,5
Augeneria tentaculata	25	2,9	26,2	Nephtys hystricis	20	3,2	30,7
Octobranchus floriceps	19	2,2	28,4	Golfingia spp.	16	2,5	33,2
Spiophanes wigleyi	19	2,2	30,6	Abra longicallus	15	2,4	35,6
Protodorvillea kefersteini	18	2,1	32,7	Augeneria tentaculata	15	2,4	38,0
Nephtys hystricis	18	2,1	34,8	Paramphinome jeffreysii	15	2,4	40,4
Chaetozone setosa complex	18	2,1	36,9	Chaetozone setosa complex	15	2,4	42,8

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

Tabell 4.11-7. *forts*.

30B	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	47	8,2	8,2
Paramphinome jeffreysii	40	7,0	15,1
Spiophanes wigleyi	39	6,8	21,9
Golfingia spp.	35	6,1	28,0
Nephtys hystricis	23	4,0	32,0
Tunicata spp.	22	3,8	35,8
Apseudes spinosus	21	3,7	39,5
Paradiopatra quadricuspis	17	3,0	42,4
Tharyx sp.	17	3,0	45,4
Abra longicallus	14	2,4	47,8

24A	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	90	9,9	9,9
Golfingia spp.	45	4,9	14,8
Abra longicallus	42	4,6	19,4
Paramphinome jeffreysii	37	4,1	23,4
Spiophanes wigleyi	31	3,4	26,8
Paradiopatra quadricuspis	29	3,2	30,0
Augeneria tentaculata	27	3,0	33,0
Octobranchus floriceps	24	2,6	35,6
Euchone incolor	22	2,4	38,0
Protodorvillea kefersteini	20	2,2	40,2

28A	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	107	11,9	11,9
Spiophanes wigleyi	45	5,01	16,91
Euchone incolor	35	3,89	20,8
Protodorvillea kefersteini	32	3,56	24,36
Golfingia spp.	31	3,45	27,81
Octobranchus floriceps	29	3,23	31,03
Chaetozone setosa complex	25	2,78	33,82
Abra longicallus	22	2,45	36,26
Nephtys hystricis	21	2,34	38,6
Terebellides stroemi	21	2,34	40,93

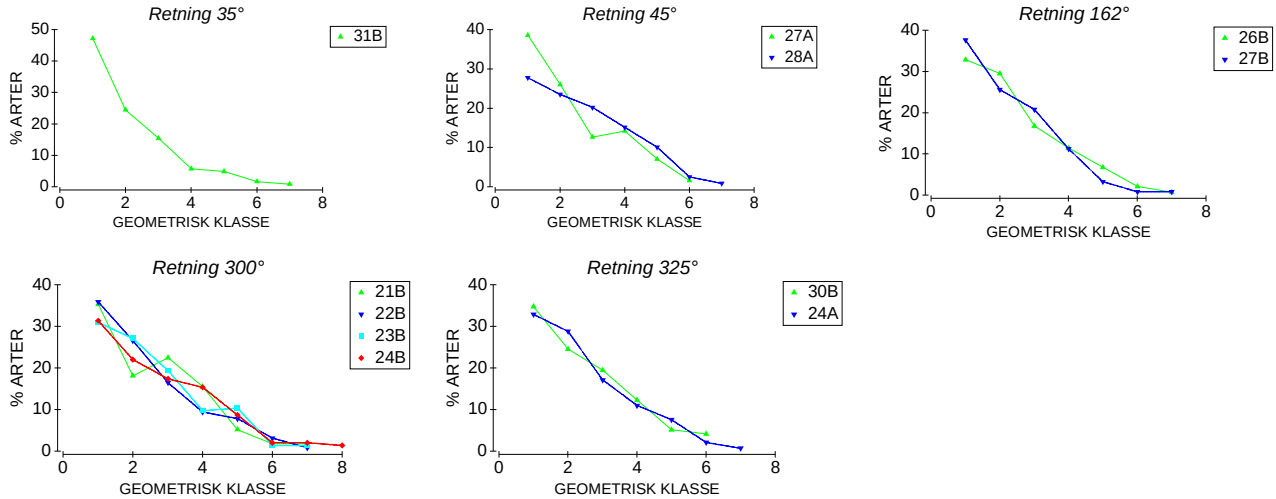
31B	Antall	%	Kum %
Golfingia spp.	79	13,4	13,4
Amythasides macroglossus	59	10,0	23,4
Astarte sulcata auctt.	34	5,8	29,2
Apseudes spinosus	28	4,8	33,9
Spiophanes wigleyi	22	3,7	37,6
Octobranchus floriceps	19	3,2	40,9
Terebellides stroemi	19	3,2	44,1
Limopsis cristata	16	2,7	46,8
Nephtys hystricis	16	2,7	49,5
Antalis entalis	15	2,5	52,0

27A	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	54	7,8	7,8
Spiophanes wigleyi	38	5,5	13,3
Antalis entalis	30	4,4	17,7
Euchone incolor	27	3,9	21,6
Abra longicallus	24	3,5	25,1
Paradiopatra quadricuspis	23	3,3	28,4
Terebellides stroemi	21	3,0	31,5
Golfingia spp.	20	2,9	34,4
Nephtys hystricis	19	2,8	37,1
Octobranchus floriceps	18	2,6	39,7

51B-Ref	Antall	%	Kum %
Abra longicallus	31	6,0	6,0
Chaetozone setosa complex	27	5,2	11,2
Paradiopatra quadricuspis	26	5,0	16,2
Nephtys hystricis	22	4,3	20,5
Eclysippe vanelli	21	4,1	24,5
Notomastus sp.	18	3,5	28,0
Entalina tetragona	17	3,3	31,3
Nemertea spp.	15	2,9	34,2
Terebellides stroemi	13	2,5	36,7
Augeneria tentaculata	13	2,5	39,2

Vanlige arter på feltet er børstemarkene *Amythasides macroglossus*, *Spiophanes wigleyi*, *Paramphinome jeffreysii* samt pølseorm (*Golfingia* spp.) og muslingen *Abra longicallus*. Faunaen har en stor andel karnivore og filtrerende arter som avspeiler et relativt grovt sediment og en god sirkulasjon i vannmassene. Ingen av artene utgjør noen stor dominans og faunaen er kompleks og uforstyrret. Referansestasjonen skiller seg noe ut mhp. artssammensetning, men denne stasjonen har et noe annet sediment, med høyere andel silt og leire.

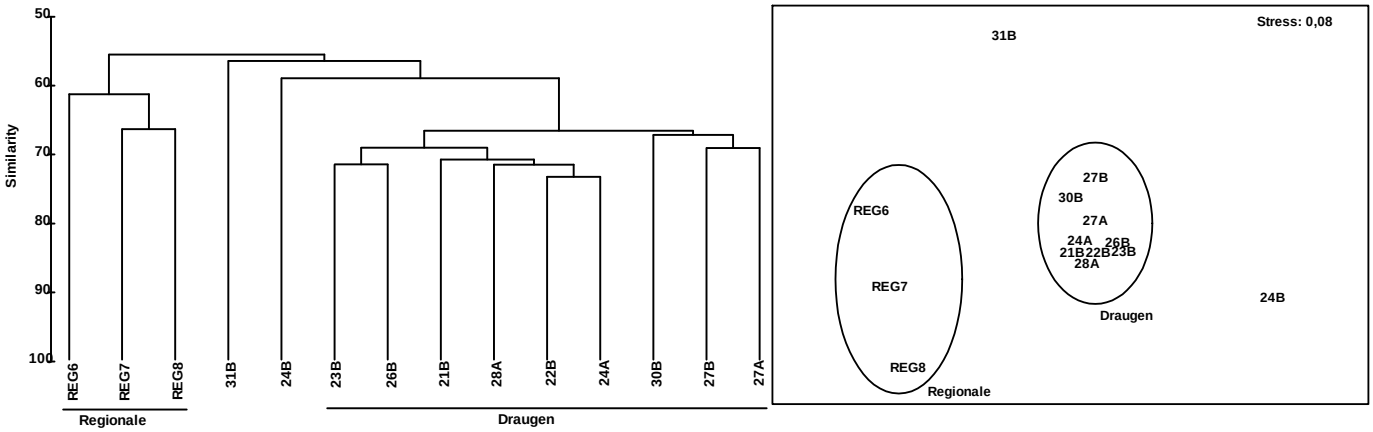
Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.11-8) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 8. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn.



Figur 4.11-8. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Draugen 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.11-9. Analysene viser at feltstasjonene på Draugen og de nærliggende regionale stasjonene deler seg inn i to grupper ved en likhet på ca. 55 %, mens stasjon 24B og 31B ikke tilhører noen av gruppene.



Figur 4.11-9. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Draugen 2006.*

Tabell 4.11-8. *Inndeling i hovedfaunagrupper,Draugen 2006.*

Gruppe	Karakteristikk
Regionale	Noe høyere antall av børstemarken *C. setosa* og muslingen *A. longicallus* samt færre sekkedyr (Tunicata) og sjøpølse (*E. hispida*) enn på feltstasjonene. Generelt noe lavere individantall av de mest vanlige arter på Draugen.
Draugen	Noe høyere indivdantall av de mest vanlige arter på feltet i forhold til de regionale stasjoner. - 24B: Skiller seg fra resten av Draugenfeltet pga høyt antall av børstemarkene *P. jeffresyii* og *S. wigleyi* samt krepsdyret *A. spinosus.* - 31B: Generelt lavere individantall av de vanligste artene (*E. incolor, P. jeffreysii, P. kefersteini*) på feltet.

De regionale stasjonene er litt dypere og har høyere andel av silt og leire enn Draugen stasjonene. Videre skiller stasjon 24B og 31B seg fra de øvrige stasjonene. Stasjon 24B er den eneste 250m stasjonen og er tidligere karakterisert som påvirket. Stasjonen har også et grovere sediment enn de øvrige stasjonene på Draugen. Stasjon 31B skiller seg ikke ut på samme måte i sedimentanalysen, men det ble registrert grus og stein samt hard blåleire på stasjonen under tokt og sortering. Forskjeller i sedimentet vil virke inn på fauna-sammensetningen og er antageligvis hovedårsaken til forskjellen mellom stasjonene og gruppene. Artssammensetningen er kompleks og uforstyrret i begge gruppene.

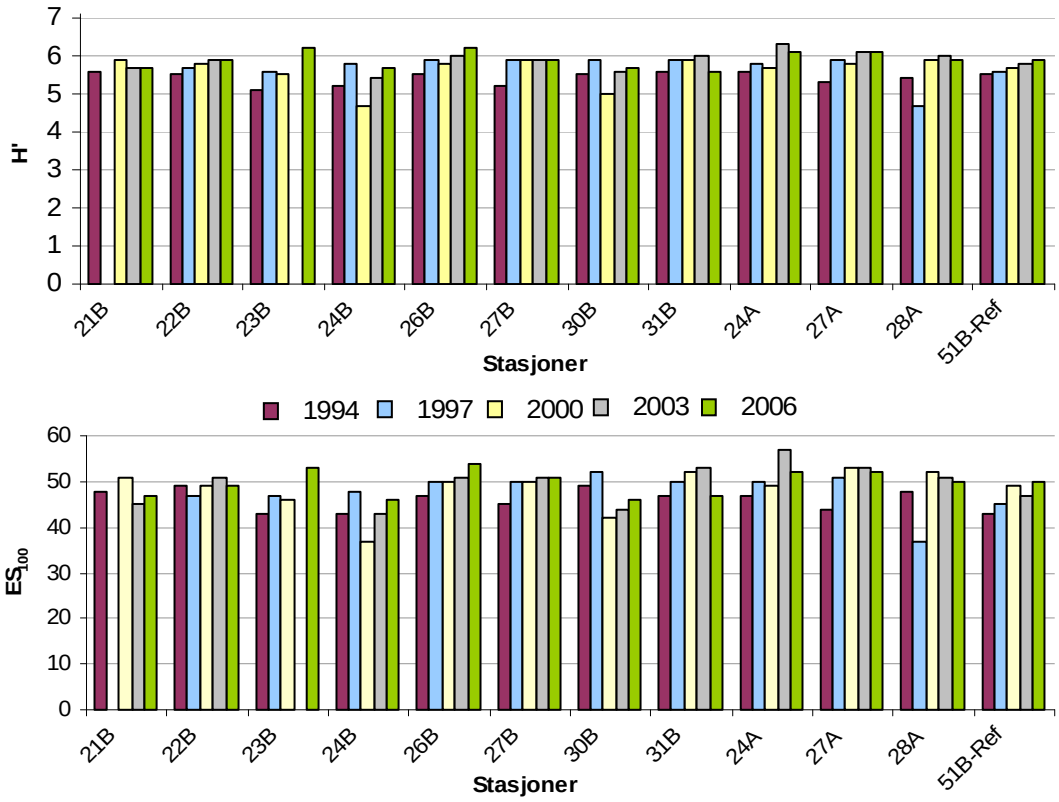
Bioenv-analysen viste en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og kombinasjonen av miljøfaktorene dyp, kadmium, organisk materiale og kornstørrelse. Av disse der dypet som er utslagsgivende, og som kan relateres til faunaforskjellene.

En tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene ga en noe svakere korrelasjon (0,6) for dyp, Cr, Pb, TOM og kornstørrelse. Konsentrasjonene av krom og bly er imidlertid lave og varierer lite, og faunaforskjellene mellom stasjonene kan først og fremst forklares med dyp og sedimenttype.

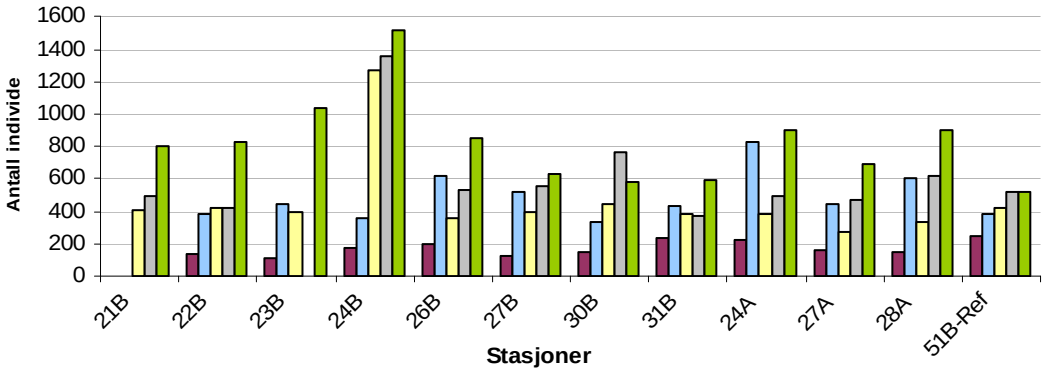
Sammenligning med tidligere undersøkelser

Diversitet

Diversiteten er høy og har forandret seg lite siden 1997, se Figur 4.11-10. Antall individer har økt på de fleste stasjoner siden 2003. Som tidligere er antallet høyest på 24B.



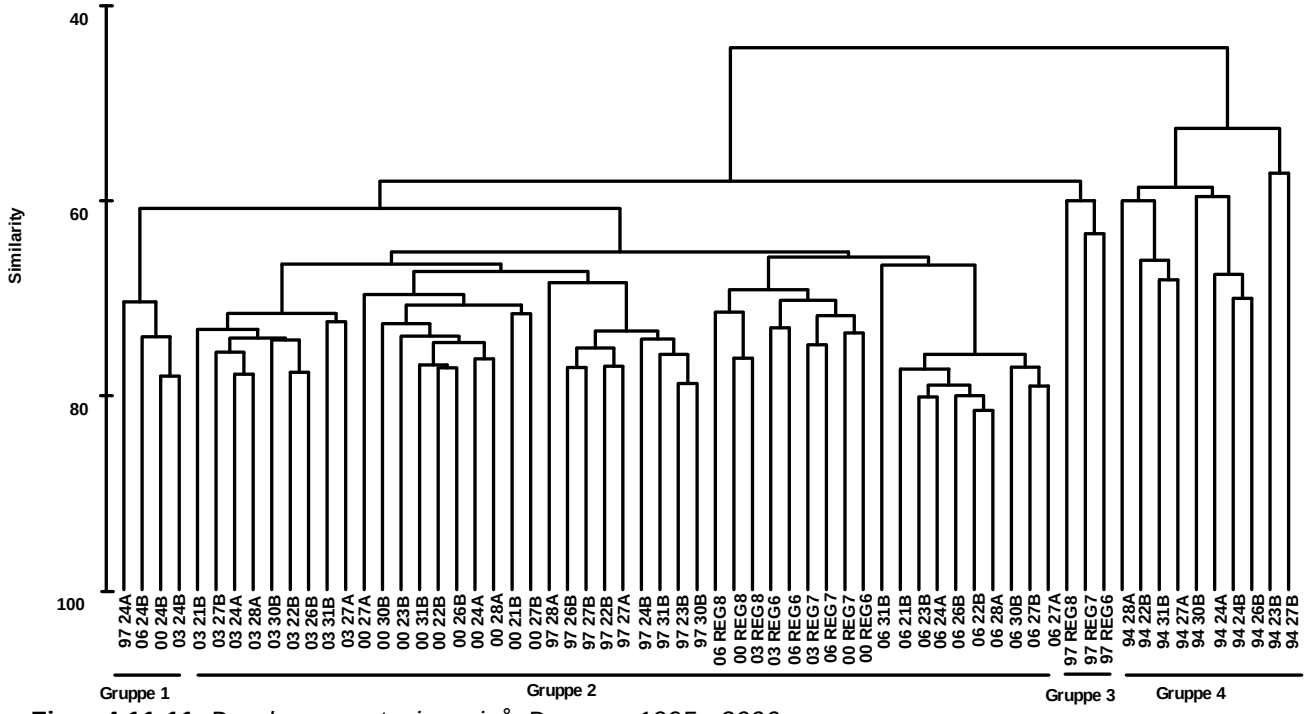
Figur 4.11-10. *Antall individer og diversitetsindeksene H' og ES_{100} på de undersøkte stasjonene ved Draugen fra 1994, 1997, 2000, 2003 og 2006.*



Figur 4.11-10. *forts*.

Likhetsanalyser

Klassifikasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram er vist i Figur 4.11-11. Analysen er utført på familienivå og viser at stasjonene deler seg i 4 grupper ved ca. 40 % likhet. Stasjonsgruppen fra 1994 er skiller seg mest ut fra de øvrige gruppene som deler seg ved en likhet på ca. 55 %. Feltstasjonene i gruppe 1 og 2 deler seg ved ca. 60 % likhet.



Figur 4.11-11. *Dendrogram stasjonsnivå, Draugen 1995 - 2006.*

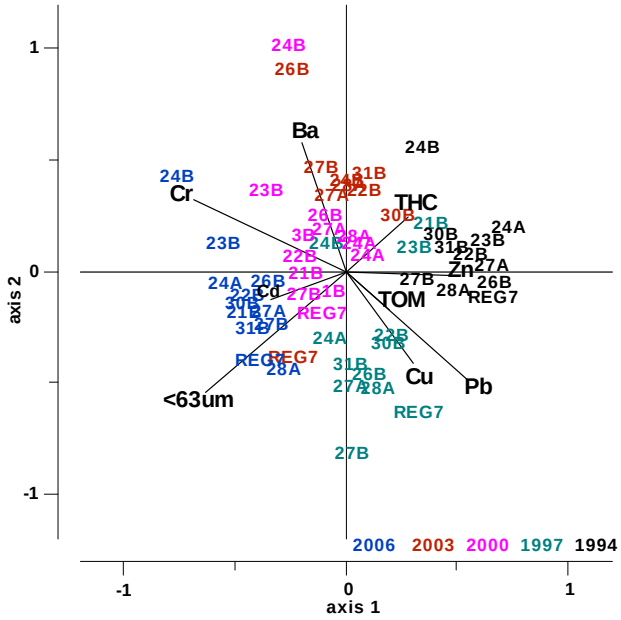
Analysen viser at det har vært lite endringer på feltstasjonene, gruppe 2, fra 1997 til 2006 og at de regionale stasjonene fra 2000-2006 grupperer seg sammen med feltstasjoner i denne gruppen. Stasjon 24B fra 2000 til 2006 skiller seg ut og inngår i gruppe 1 sammen med stasjon 24A fra 1997. Gruppe 1 skiller seg generelt fra de øvrige med et veldig høyt individantall, mens 1994 stasjonene (gruppe 4) har svært få individer. Også gruppe 3 med regionale stasjoner fra 1997 har færre individer enn gruppe 1 og 2.

Feltstasjonene danner årvise undergrupper innen gruppe 2, mens endringene på de regionale stasjonene er små fra år til år. Stasjon 24B, som tidligere var påvirket, har gått fra gruppe 1 til

2, noe som viser en bedring på denne stasjonen i takt med reduserte nivåer av THC og barium. Stasjonen har fremdeles høy individtetthet, og domineres av *P. jeffreysii.* Dominansen av denne arten er imidlertid redusert fra 33% i 2000 til 13 % i 2006. Utviklingen betegnes som positiv, og stasjonen betraktes ikke lenger som påvirket. Stasjonen vil nok skille seg noe fra de øvrige på feltet fordi sedimentet er grovere og inneholder mer sand.

Bioenv-analysen viste en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene THC, kadmium, krom, bly og kornstørrelse. Dette er ingen høy korrelasjonen og indikerer kun en svak sammenheng. Samme resultat fremkommer ved å fjerne de regionale stasjonene. Nivåene av de nevnte miljøvariablene er lave, og korrelasjonen er antakelig knyttet til mindre variasjoner mellom år, først og fremst reduserte THC-nivåer etter 1994. Det er også utført en RDA-analyse, se plott i Figur 4.11-12.

Også denne analysen viser en årvis fordeling der THC er knyttet opp mot faunaen i 1994. Referansestasjonen (REG7) plasserer seg sammen med stasjoner fra samme år, og viser at utviklingen på feltstasjonene er den samme som på referansestasjonen. Variasjonene i Cr og kornstørrelse (vektorer mot 2006-stasjonene i plottet) er små, og ansees som irrelevante.



Figur 4.11-12. *RDA plott Draugen 1995 – 2006.*

4.11.5 Konklusjoner

Sedimentet på Draugen består av fin sand med innslag av silt og leire. Mengde totalt organisk materiale er i området 2,4 til 4,1 %.

11 av 11 stasjoner har THC-nivåer moderat over eller lik LSC. Spor av boreslamsolje er ikke påvist. 10 av 11 stasjoner har bariumnivåer over LSC. Det er kun mindre endringer fra 2003.

Faunaen på Draugen er kompleks og uforstyrret og skiller seg i liten grad fra nærliggende regionale stasjoner. På stasjon 24B, som tidligere var påvirket, er det påvist en bedring i bunndyrsamfunnet i takt med reduserte nivåer av THC og barium. Stasjonen betraktes ikke lenger som påvirket. Analysene viser en individøkning siden 1994 på feltet uten at dette kan knyttes opp mot endringer i nivåene av de undersøkte parametrene.

4.12 Rogn Sør

4.12.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Rogn Sør er et eget avgrenset oljeområde i Draugenfeltet. Rogn Sør ble utbygd og satt i produksjon via Garn Vest i 2002.

Utslippshistorikk

Se under Draugen.

Prøvetaking

Havdypet på Rogn Sør varierte fra 288 til 305m. Sedimentene bestod hovedsakelig av et brunt overflatelag med grå leire under. En del stasjoner inneholdt grus og stein. Prøvetaking ble utført i henhold til programmet, og foregikk uten problemer.

Spesielle anmerkninger fra prøvetakingen/opparbeiding av biologiprøver:

- ROGS02: ”Slim”, olje i en grabb

I MOD er prefikset ROGS benyttet før stasjonsnummer. I resultatkapittelet er kun nummeret benyttet .

Stasjonene 1, 3, 6 og 7 er tidligere betegnet med anførselstegn (f.eks."30º/250m") i toktrapporten. Det skyldtes at retning og avstand var noe misvisende fordi stasjonene i 2003 ble flyttet noe i forhold til grunnlagsundersøkelsen i 2001. Det ble valgt å beholde samme stasjonsnummer, men retning/avstand er noe endret, se tabellen under. Selve plasseringen av stasjonene er altså ikke endret siden 2003, kun oppgitt retning/avstand.

Stasjon	2003		2006	
	Retning	Avstand	Retning	Avstand
1	”30 º”	”250m”	39º	278
3	”30 º”	”1000m”	27 º	978
6	”110 º”	”500m”	116 º	522m
7	”110 º”	”1000m”	113 º	1021m

4.12.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

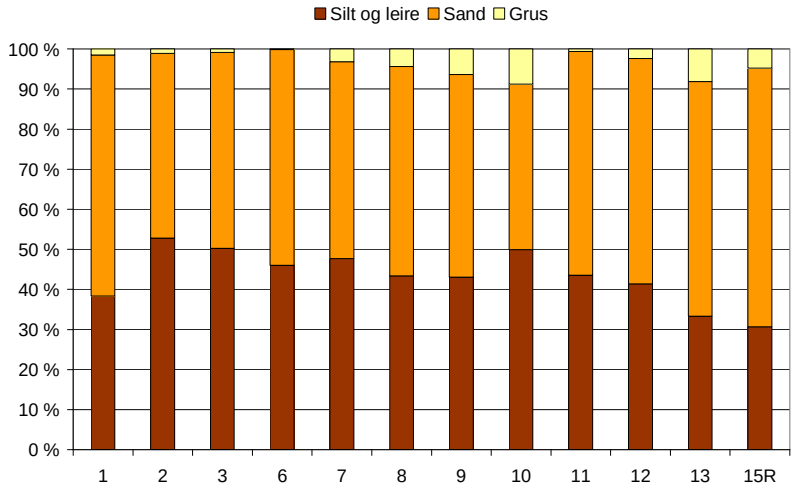
Analyseresultatene av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.12-1 og vist i Figur 4.12-1. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

Sedimentene på Rogn Sør er klassifisert som veldig fin eller fin sand. Sedimentene består hovedsakelig av sand (52, 1 ± 5,6 %), men også silt og leire (44, 5 ± 5,7 %) utgjør en betydelig bestanddel av sedimentene på Rogn Sør. Innholdet av grus varierer fra 0,1 % på stasjon 6 til 8,7 % på stasjon 10. Kornstørrelsesfordelingen på de ulike stasjonene ser ut til å være tilnærmet lik både for 2001, 2003 og 2006, med unntak av stasjon 10 som har fått en markant økning i andel silt og leire, og tilsvarende nedgang i andel sand og grus, hovedsakelig fra 2001 til 2003.

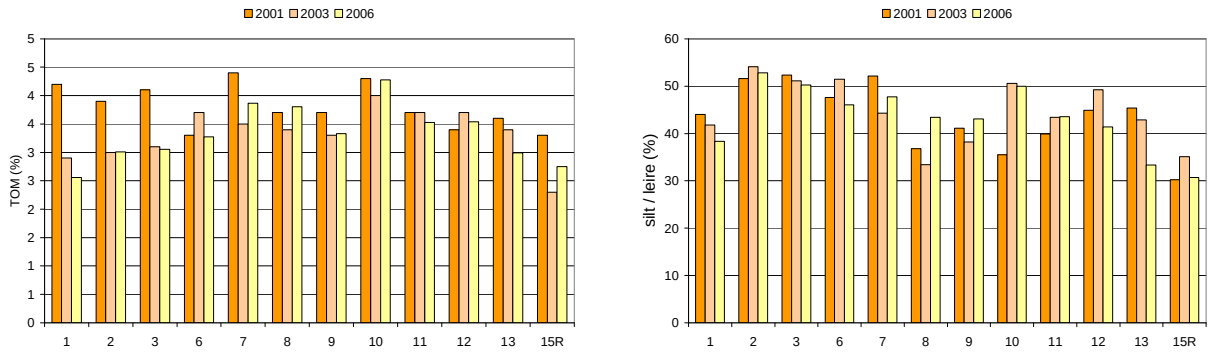
Tabell 4.12-1. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Rogn Sør. Minimums- og maksimumsverdier for hver parameter er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
1	39	278	288	2,6	Fin sand	38,3	60,2	1,5	3,32
2	30	550	291	3,0	Veldig fin sand	52,8	46,1	1,1	4,21
3	27	975	288	3,1	Veldig fin sand	50,2	49,0	0,8	4,02
4	30	2000	288						
6	116	522	295	3,3	Veldig fin sand	46,0	53,8	0,1	3,72
7	113	1021	289	3,9	Veldig fin sand	47,7	49,1	3,1	3,85
8	200	250	296	3,8	Veldig fin sand	43,4	52,3	4,3	3,54
9	200	500	294	3,3	Fin sand	43,1	50,6	6,3	3,34
10	200	1000	296	4,3	Veldig fin sand	50,0	41,3	8,7	4,00
11	290	250	290	3,5	Veldig fin sand	43,6	55,8	0,6	3,54
12	290	500	292	3,5	Fin sand	41,4	56,2	2,4	3,42
13	290	1000	295	3,0	Fin sand	33,3	58,5	8,2	2,99
14	290	2000	299						
15R	290	4000	305	2,8	Fin sand	30,7	64,6	4,8	2,96
Gj. snitt*				3,4		44,5	52,1	3,4	3,63
SD *				0,5		5,7	5,6	3,1	0,37
Min.*				2,6		33,3	41,3	0,1	2,99
Max.*				4,3		52,8	60,2	8,7	4,21

*: Uten 15R



Figur 4.12-1. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for Rogn Sør 2006 sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2001 og oppfølgende undersøkelse i 2003.*



Figur 4.12-1. *forts*.

Totalt organisk materiale (TOM)

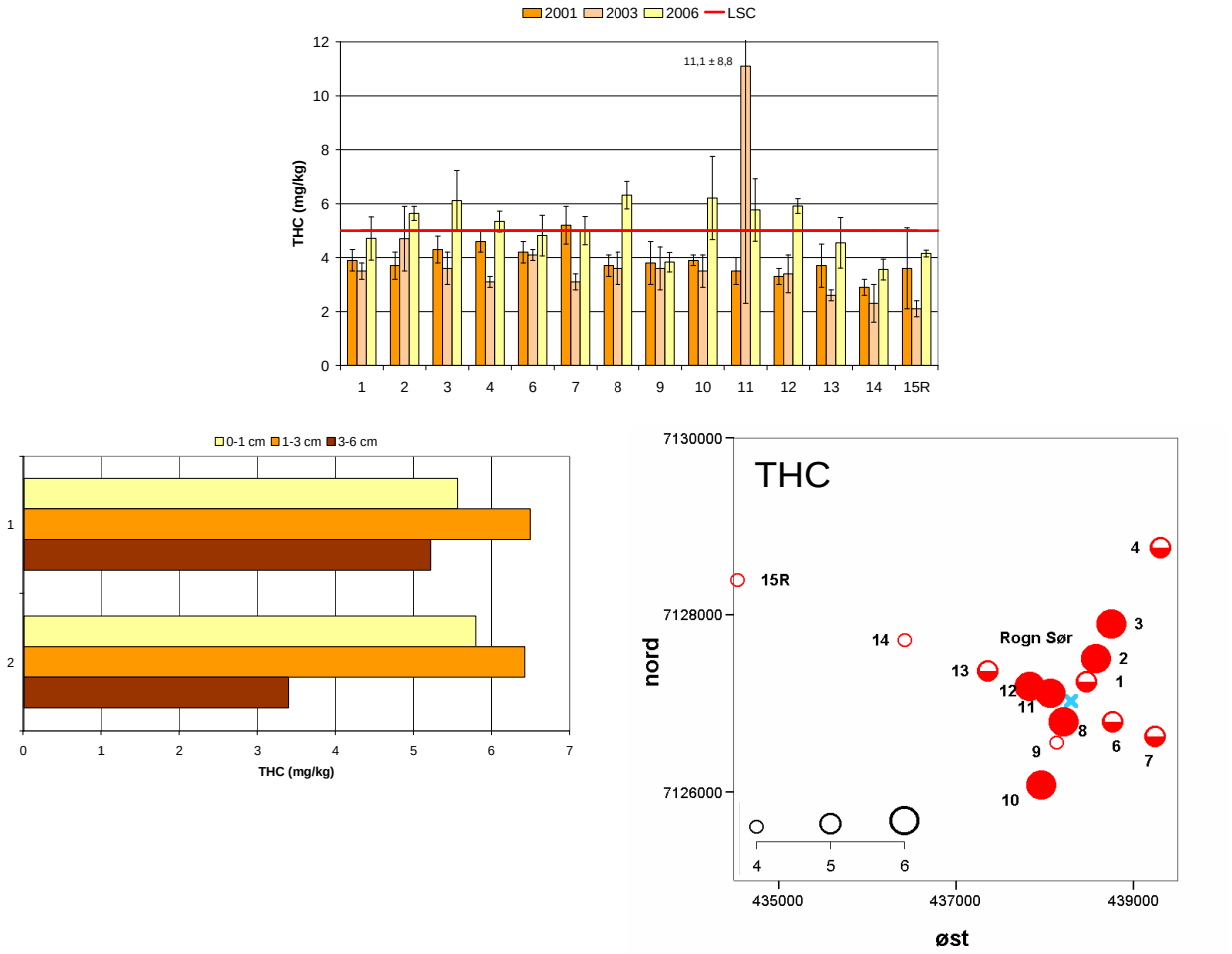
Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.12-1 og vist i Figur 4.12-1. Det gjennomsnittlige innholdet av TOM på Rogn Sør er 3,39 ± 0,48 mg/kg. Sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2001 og en oppfølgende undersøkelse i 2003, er prosentandelen TOM i 2006 noe lavere eller tilsvarende tidligere undersøkelser. Stasjonene 1, 2, 3, 7 og referansestasjonen viste en spesielt merkbar nedgang i TOM fra 2001 til 2003 og 2006. Det er ingen tydelig sammenheng mellom TOM og andelen silt og leire. Tre av disse stajonene (1, 3 og 6) ble flyttet i 2003, og kan være tatt på en noe annen type sediment. Dette reflekteres imidlertid ikke i andel silt/leire.

4.12.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Resultatene fra analysene av hydrokarboner er gitt i Tabell 4.12-2. I Figur 4.12-2 er fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering og resultatene er sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2001 og undersøkelsen i 2003. Kromatogrammer av utvalgte stasjoner og HDF-200 er vist i Figur 4.12-2.

Innholdet av THC i 2006 varierer fra 4 til 6 mg/kg, med et gjennomsnitt på 5 ± 1 mg/kg. Det har skjedd en økning i THC konsentrasjonen fra 2001 og 2003, med gjennomsnittsverdier på henholdsvis 4 ± 1 og 4 ± 2 mg/kg, til 2006. Stasjon 7 er et unntak, her var THC konsentrasjonen lavere i 2003 sammenlignet med både 2001 og 2006. Et annet unntak er stasjon 11, hvor THC konsentrasjonen i 2003 var på 11 mg/kg. Den relativt høye gjennomsnittsverdien var et resultat av grabbverdier på 8, 4 og 21 mg/kg. THC konsentrasjonene for 2001 og 2006 for samme stasjon var på henholdsvis 4 og 6 mg/kg.



Figur 4.12-2. *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentet (0-1cm) fra Rogn Sør i 2001, 2003 og 2006, og vertikal fordeling av THC i dypere sjikt for to av stasjonene i 2006. Geografisk plott av fordelingen av THC på Rogn Sør. Feltsenteret er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med THC >LSC er markert med fylte sirkler.*

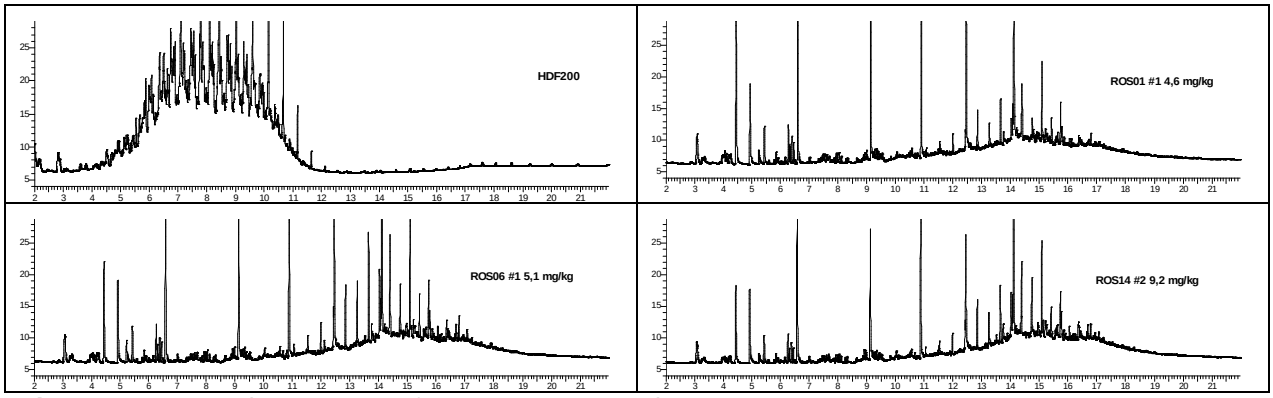
Tabell 4.12-2. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment), Rogn Sør 2006. For stasjonene 1 og 2 ble det tatt prøver i tre sjikt, disse er markert med grå farge. Verdier >LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
1	39	278	5	1	0,064	0,002	0,06	0,01	<0,1	-
1, 0-1 cm			**6**		0,062		0,06		<0,1	
1, 1-3 cm			**6**		0,059		0,05		<0,1	
1, 3-6 cm			5		0,070		0,05		<0,1	
2	30	550	**6**	0	0,065	0,008	0,06	0,02	<0,1	-
2, 0-1 cm			**6**		0,063		0,05		<0,1	
2, 1-3 cm			**6**		0,054		0,05		<0,1	
2, 3-6 cm			3		0,051		0,04		<0,1	
3	27	975	**6**	1						

Tabell 4.12-2. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
4	30	2 000	5	0						
6	116	522	5	1						
7	113	1 021	5	1						
8	200	250	**6**	1						
9	200	500	4	0						
10	200	1 000	**6**	2						
11	290	250	**6**	1						
12	290	500	**6**	0						
13	290	1 000	5	1						
14	290	2 000	4	0						
15R	290	4 000	4	0	0,072	0,008	0,05	0,00	<0,1	-
Gj. snitt*			5		0,065		0,06			
SD *			1		0,001		0,00			
Min.*			4		0,064		0,06			
Max.*			6		0,065		0,06			
LSC			5		0,129		0,10			

*: Uten 15R



Figur 4.12-3. *Gasskromatogram for HDF-200 og utvalgte prøver, Rogn Sør 2006.*

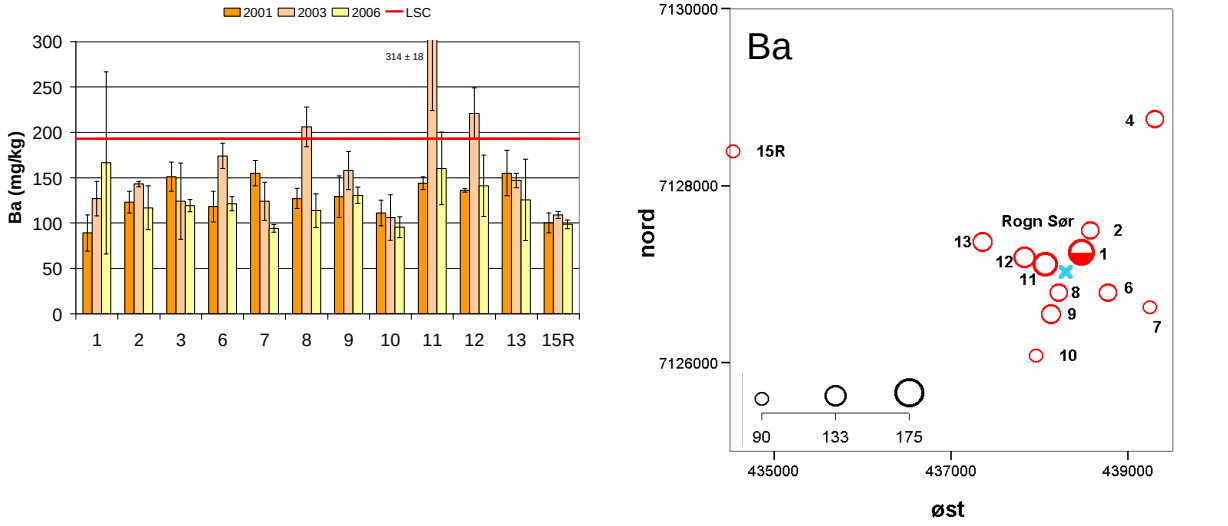
Kromatogrammene fra stasjonene 1, 6 og 14 viser normale bakgrunnsverdier. Dette er karakteristisk for alle stasjoner på Rogn Sør. Det er påvist lave verdier av PAH og NPD, alle under LSC-verdiene. Dekaliner er ikke påvist.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet er gitt i Tabell 4.12-3. Det gjennomsnittlige innholdet av barium fra 2001, 2003 og 2006, samt et geografisk plott av bariumfordelingen på Rogn Sør er vist i Figur 4.12-4.

Tabell 4.12-3. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Rogn Sør 2006. Verdier > LSC er uthevet.*

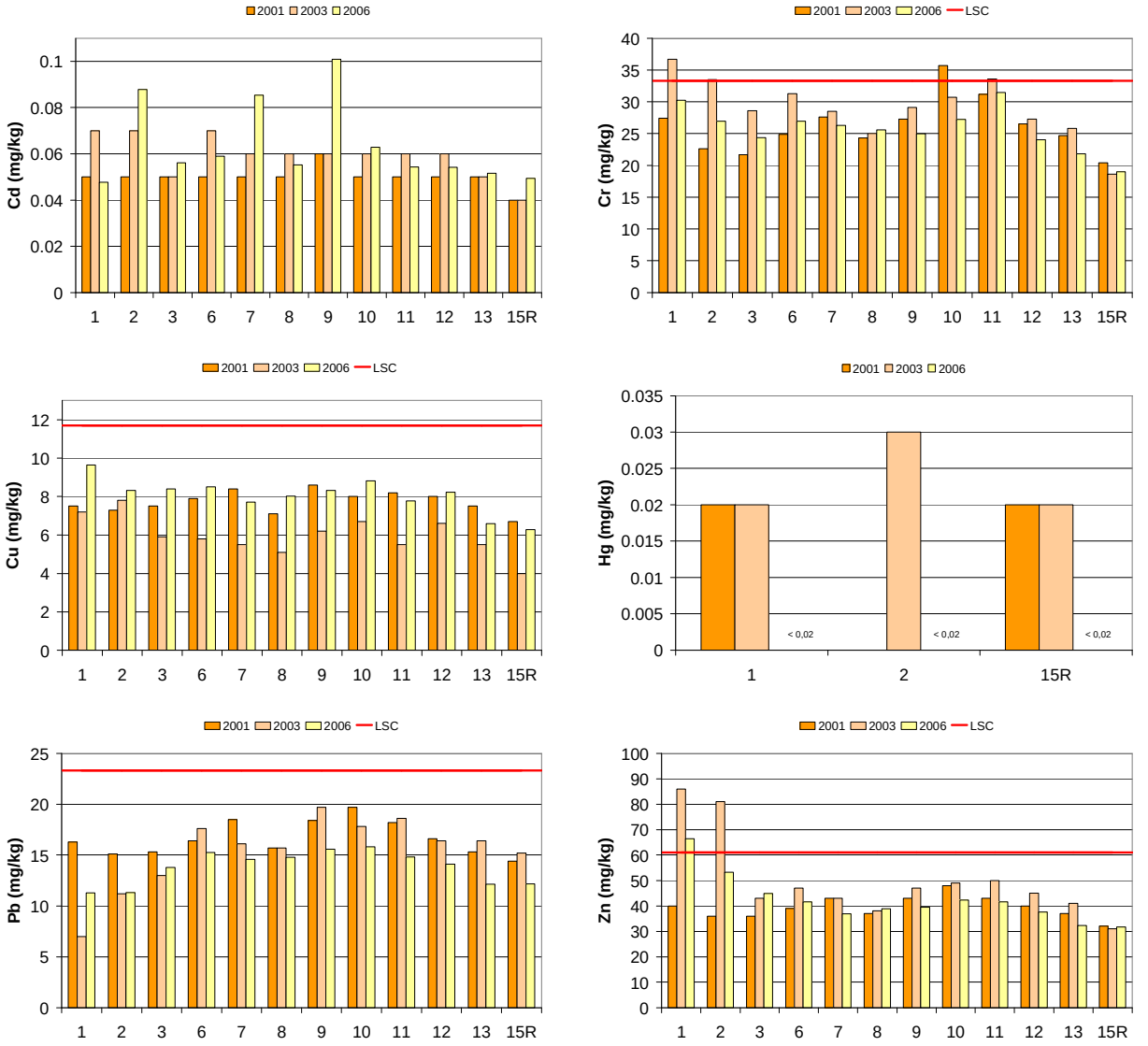
Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(♂m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	S D	snitt	SD	snitt	SD
1	39/278	166	100	0,05	0,01	30,2	4,6	9,6	1,5	<0,02	-	11,3	4,0	**66**	20
2	30/550	117	24	0,09	0,05	26,9	0,1	8,3	1,2	<0,02	-	11,3	1,2	53	9
3	27/978	119	7	0,06	0,00	24,4	1,5	8,4	0,5			13,8	0,4	45	6
6	116/522	121	8	0,06	0,01	27,0	1,2	8,5	0,6			15,2	0,8	42	2
7	113/1 021	94	4	0,09	0,05	26,3	1,0	7,7	0,2			14,6	0,2	37	1
8	200/250	114	19	0,06	0,00	25,6	2,2	8,0	0,6			14,8	1,9	39	3
9	200/500	131	9	0,10	0,08	25,0	0,8	8,3	1,0			15,6	0,6	39	2
10	200/1 000	95	11	0,06	0,00	27,2	0,5	8,8	0,4			15,8	0,8	42	1
11	290/250	160	40	0,05	0,00	31,5	2,9	7,8	0,4			14,8	0,9	42	1
12	290/500	141	34	0,05	0,01	24,0	0,4	8,2	0,2			14,1	0,8	38	2
13	290/1 000	126	45	0,05	0,01	21,8	1,4	6,6	1,0			12,1	2,1	32	4
5R	290/4 000	98	5	0,05	0,00	19,0	0,9	6,3	0,1	<0,02	-	12,2	0,7	32	2
Gj. snitt*		126		0,06		26,3		8,2				13,9		43	
SD *		23		0,02		2,7		0,7				1,6		9	
Min. *		94		0,05		21,8		6,6				11,3		32	
Max. *		166		0,10		31,5		9,6				15,8		66	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	



Figur 4.12-4 *Gjennomsnittlig innhold av barium i toppsedimentet (0-1cm) på Rogn Sør fra 2001, 2003 og 2006. Geografisk plott av fordelingen av barium. Feltsenteret er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler.*

Med unntak av tre stasjoner viser samtlige stasjoner fra alle år bariumkonsentrasjoner under LSC-verdien. Resultatene fra stasjon 1 antyder en svak økning, men variasjonen mellom grabbene var stor, noe som indikerer klumpvis fordeling. Stasjonene 8, 11 og 12 hadde i 2003 forhøyede Ba-konsentrasjoner på henholdsvis 206, 314 og 221 mg/kg.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av barium i 2003 på 168 ± 60 mg/kg var høyere enn gjennomsnittsnivåene fra både 2001 og 2006, på henholdsvis 130 ± 20 mg/kg og 126 ± 23 mg/kg.



Figur 4.12-5 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentet (0-1cm) fra Rogn Sør fra 2001, 2003 og 2006.*

Konsentrasjonene av kadmium var jevnt lave ved samtlige stasjoner både i 2001, 2003 og 2006, med unntak av stasjon 2, 7 og 9 som viste noe høyere nivåer i 2006. Alle stasjoner viste nivåer under eller tilsvarende LSC-verdi på krom alle tre årene. Konsentrasjonene av kopper var gjennomgående lave for alle stasjoner samtlige år selv om 2003 viste noe lavere konsentrasjoner enn 2001 og 2006. Kvikksølv ble analysert for to stasjoner i tillegg til referansestasjonen, resultatene ligger under eller rett over deteksjonsgrensen (0,02 mg/kg). Alle stasjoner for både 2001, 2003 og 2006 viste konsentrasjoner av bly som var lavere enn LSC-verdien. Generelt er konsentrasjonene av bly noe lavere i 2006 sammenlignet med de to foregående målingene. Konsentrasjonene av sink er lavere enn LSC-verdien for alle stasjonene alle de tre årene med unntak av stasjon 1 i 2003 og 2006 og stasjon 2 i 2003.

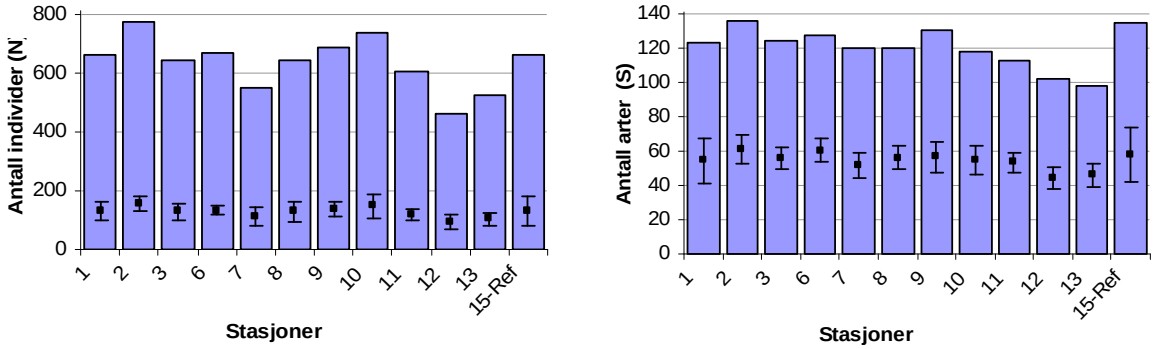
På referansestasjonen (15R) er konsentrasjonene av alle metaller lavere enn LSC-verdien alle de tre årene.

4.12.4 Biologiske analyser

Tabell 4.12-4 viser antall arter og individer på Rogn Sør fordelt på dyregrupper. Figur 4.12-6 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Rogn Sør.

Tabell 4.12-4. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Rogn Sør 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	631	8,3	15	5,4
Polychaeta	4414	58,1	132	47,1
Crustacea	542	7,1	55	19,6
Mollusca	1824	24,0	58	20,7
Echinodermata	188	2,5	20	7,1
Totalt	**7599**	100,0	**280**	100,0



Figur 4.12-6. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Rogn Sør 2006.*

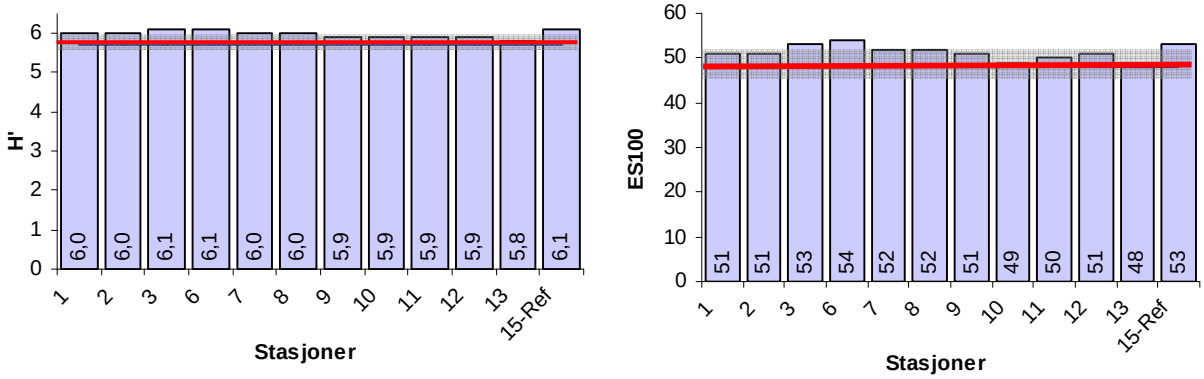
Diversitet og dominans

Diversiteten på Rogn Sør er høy og avspeiler et komplekst og uforstyrret bunndyrsamfunn, seTabell 4.12-5.

Tabell 4.12-5. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}), Rogn Sør 2006. Naturlig referanseverdi (NR) er basert på data fra grunnlagsundersøkelsen i 2001. i.s. = ikke signifikant.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
1	39	278	288	123	661	6,0	0,9	51
2	30	550	291	136	775	6,0	0,9	51
3	27	978	288	124	640	6,1	0,9	53
6	116	522	295	127	666	6,1	0,9	54
7	113	1 021	289	120	549	6,0	0,9	52
8	200	250	296	120	639	6,0	0,9	52
9	200	500	294	130	683	5,9	0,8	51
10	200	1 000	296	118	736	5,9	0,9	49
11	290	250	290	113	605	5,9	0,9	50
12	290	500	292	102	461	5,9	0,9	51
13	290	1 000	295	98	522	5,8	0,9	48
15-Ref	290	4 000	305	135	662	6,1	0,9	53
NR						5,7	i.s.	48
St.dev						0,19	i.s.	3,2

Figur 4.12-7 viser gjennomsnittlig NR[16] med standardavvik for utvalgte parametre sammen med resultatene fra årets undersøkelse (stolpediagram). Indekser utenfor standardavviket indikerer en endring i fohold til grunnlagsundersøkelsen og omkringliggende upåvirkede stasjoner. Figur 4.12-7 viser en uforstyrret fauna i henhold til naturlig referanseverdi.



Stasjon	ϕ m
1	39/278
2	30/550
3	27/978
6	116/522

Stasjon	ϕ m
7	113/1 021
8	200/250
9	200/500
10	200/1 000

Stasjon	ϕ m
11	290/250
12	290/500
13	290/1 000
15R	290/4 000

Figur 4.12-7. *Diversitet og ES_{100} sammenlignet med NR (rød strek) og standard avvik (grått felt), Rogn Sør 2006.*

De ti vanligste artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.12-6.

Tabell 4.12-6. De ti mest vanlige artene på hver stasjon, Rogn Sør 2006.

10 mest vanlige arter							
1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**2**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Amythasides macroglossus	62	9,4	9,4	Amythasides macroglossus	62	8,0	8,0
Euchone incolor	47	7,1	16,5	Euchone incolor	52	6,7	14,7
Chaetozone setosa complex	32	4,8	21,3	Spiophanes wigleyi	48	6,2	20,9
Onchnesoma steenstrupi	24	3,6	25,0	Abra longicallus	42	5,4	26,3
Abra longicallus	20	3,0	28,0	Nephtys hystricis	26	3,4	29,7
Protodorvillea kefersteini	17	2,6	30,6	Paradiopatra quadricuspis	25	3,2	32,9
Tharyx sp.	16	2,4	33,0	Terebellides stroemi	19	2,5	35,4
Spiophanes wigleyi	16	2,4	35,4	Onchnesoma steenstrupi	19	2,5	37,8
Glycera lapidum	15	2,3	37,7	Lumbrineris scopa	17	2,2	40,0
Terebellides stroemi	14	2,1	39,8	Chaetozone setosa complex	17	2,2	42,2

[16] Se kap. 3.2.4 for detaljer

Tabell 4.12-6. *forts*.

3	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	43	6,7	6,7
Abra longicallus	36	5,6	12,3
Euchone incolor	25	3,9	16,3
Spiophanes wigleyi	22	3,4	19,7
Entalina tetragona	21	3,3	23,0
Nephtys hystricis	20	3,1	26,1
Cerastoderma minimum	18	2,8	28,9
Protodorvillea kefersteini	18	2,8	31,7
Paradoneis lyra	17	2,7	34,4
Spiophanes kroyeri	17	2,7	37,0

6	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	53	8,0	8,0
Euchone incolor	34	5,1	13,1
Abra longicallus	32	4,8	17,9
Paradiopatra quadricuspis	24	3,6	21,5
Spiophanes wigleyi	21	3,2	24,6
Terebellides stroemi	18	2,7	27,3
Chaetozone setosa complex	18	2,7	30,0
Nephtys hystricis	17	2,6	32,6
Spiophanes kroyeri	15	2,3	34,8
Echinocucumis hispida	14	2,1	36,9

7	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	53	9,7	9,7
Euchone incolor	38	6,9	16,6
Nephtys hystricis	21	3,8	20,4
Golfingia spp.	19	3,5	23,9
Entalina tetragona	18	3,3	27,1
Abra nitida	17	3,1	30,2
Onchnesoma steenstrupi	16	2,9	33,2
Spiophanes wigleyi	15	2,7	35,9
Terebellides stroemi	14	2,6	38,4
Limopsis cristata	14	2,6	41,0

8	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	60	9,4	9,4
Golfingia spp.	48	7,5	16,9
Euchone incolor	29	4,5	21,4
Nephtys hystricis	25	3,9	25,4
Paradiopatra quadricuspis	24	3,8	29,1
Limopsis cristata	18	2,8	31,9
Entalina tetragona	15	2,4	34,3
Lumbrineris aniara	15	2,4	36,6
Terebellides stroemi	14	2,2	38,8
Myriochele fragilis	13	2,0	40,9

9	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	90	13,2	13,2
Golfingia spp.	56	8,2	21,4
Paradiopatra quadricuspis	31	4,5	25,9
Euchone incolor	21	3,1	29,0
Nephtys hystricis	18	2,6	31,6
Abra longicallus	18	2,6	34,3
Terebellides stroemi	17	2,5	36,8
Notoproctus sp	16	2,3	39,1
Astarte sulcata auctt.	16	2,3	41,4
Octobranchus floriceps	15	2,2	43,6

10	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	47	6,4	6,4
Euchone incolor	35	4,8	11,1
Nephtys hystricis	35	4,8	15,9
Abra longicallus	30	4,1	20,0
Paradoneis lyra	25	3,4	23,4
Paradiopatra quadricuspis	25	3,4	26,8
Golfingia spp.	24	3,3	30,0
Spiophanes wigleyi	24	3,3	33,3
Terebellides stroemi	20	2,7	36,0
Entalina tetragona	18	2,5	38,5

11	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	47	7,8	7,8
Euchone incolor	39	6,5	14,2
Paradiopatra quadricuspis	32	5,3	19,5
Terebellides stroemi	23	3,8	23,3
Entalina tetragona	22	3,6	26,9
Golfingia spp.	22	3,6	30,6
Nephtys hystricis	21	3,5	34,1
Spiophanes wigleyi	20	3,3	37,4
Limopsis cristata	18	3,0	40,3
Abra longicallus	15	2,5	42,8

12	Antall	%	Kum %
Abra longicallus	30	6,5	6,5
Amythasides macroglossus	28	6,1	12,6
Euchone incolor	25	5,4	18,0
Golfingia spp.	24	5,2	23,2
Paradiopatra quadricuspis	19	4,1	27,3
Entalina tetragona	17	3,7	31,0
Nephtys hystricis	13	2,8	33,8
Limopsis cristata	11	2,4	36,2
Antalis entalis	10	2,2	38,4
Onchnesoma steenstrupi	10	2,2	40,6

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

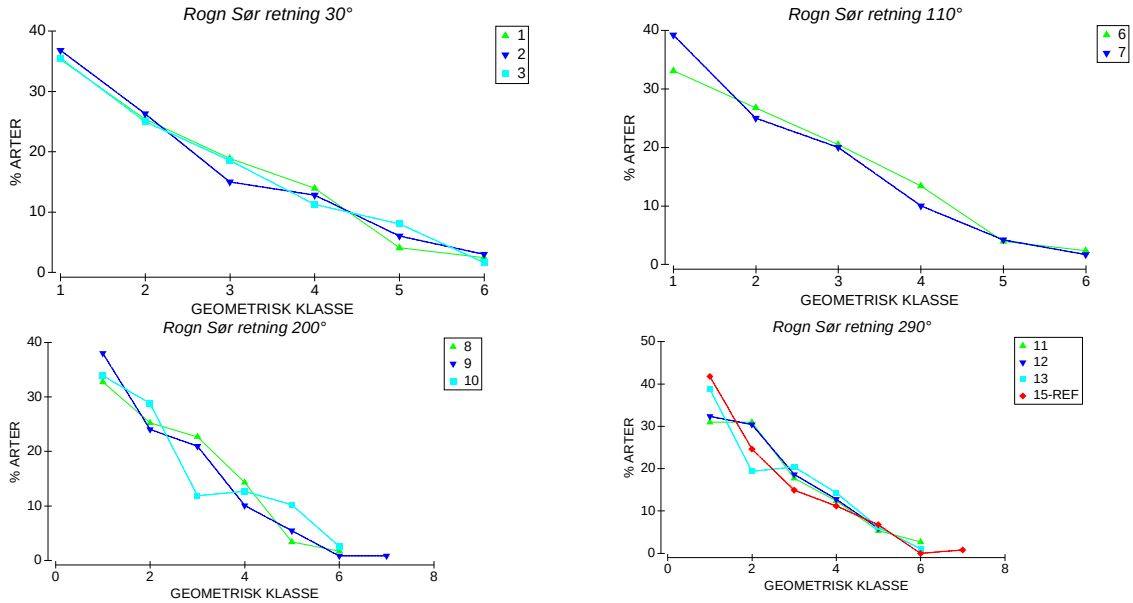
Tabell 4.12-6. *forts*.

13	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	45	8,6	8,6
Terebellides stroemi	25	4,8	13,4
Paradiopatra quadricuspis	25	4,8	18,2
Nephtys hystricis	24	4,6	22,8
Abra longicallus	21	4,0	26,8
Euchone incolor	20	3,8	30,7
Golfingia spp.	16	3,1	33,7
Kelliella miliaris	15	2,9	36,6
Spiophanes wigleyi	15	2,9	39,5
Chaetozone setosa complex	14	2,7	42,2

15-Ref	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	72	10,9	10,9
Euchone incolor	27	4,1	15,0
Golfingia spp.	25	3,8	18,7
Byblis crassicornis	21	3,2	21,9
Tunicata spp.	20	3,0	24,9
Paradiopatra quadricuspis	20	3,0	28,0
Abra longicallus	19	2,9	30,8
Terebellides stroemi	19	2,9	33,7
Kelliella miliaris	17	2,6	36,3
Paradoneis lyra	16	2,4	38,7

Vanlige arter på feltet er børstemarkene *Amythasides macroglossus*, *Euchone incolor*, *Paradiopatra quadricuspis, Nephtys hystricis, Spiophanes wigleyi, Terebellides stroemi,* og *Chaetozone setosa complex* samt sjøtannen *Entalina tetragona* og muslingen *Abra longicallus*. Faunaen har en stor andel karnivore og filtrerende arter som avspeiler et relativt grovt sediment og en god sirkulasjon i vannmassene. Ingen av artene utgjør noen stor dominans og faunaen er kompleks og uforstyrret.

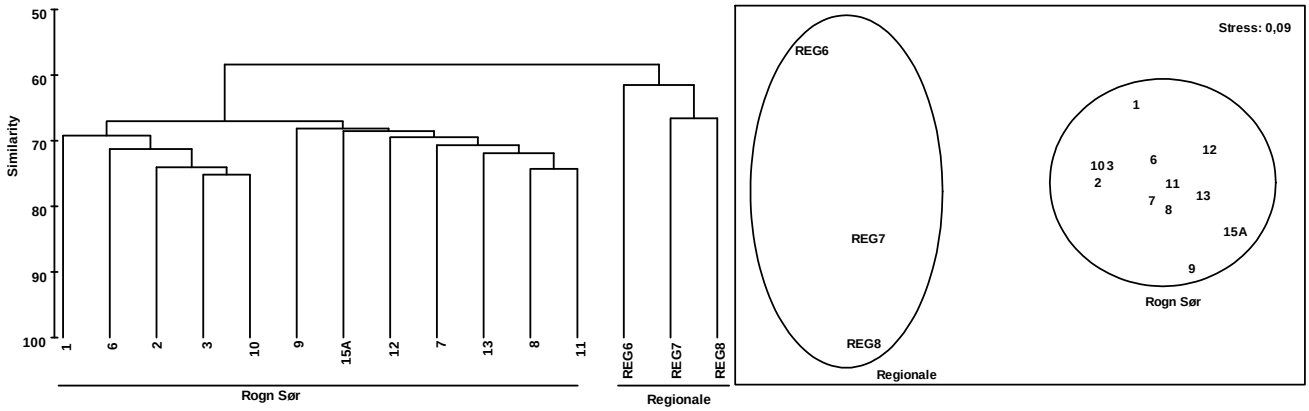
Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.12-8) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 7. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn.



Figur 4.12-8. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Rogn Sør 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.12-9. Analysene viser at feltstasjonene på Rogn Sør og de nærliggende regionale stasjoner deler seg inn i to grupper ved en likhet på ca 60 %. Likheten mellom Rogn Sør stasjonene i gruppe 1 er ca. 70 % og det er ikke grunnlag for videre inndeling i undergrupper.



Figur 4.12-9. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Rogn Sør 2006.*

Tabell 4.12-7. *Inndeling i hovedfaunagrupper, Rogn Sør 2006.*

Gruppe	Karakteristikk
Rogn Sør	Høyere antall av børstemarkene *A. macroglossus, E. incolor*, og *Notoproctus* sp, krepsdyrene *Diastylis* sp. og *B. crassicornis* samt pølseorm (*Golfingia* spp.) og sekkedyr (*Tunicata* spp.).
Regionale	Høyere antall av børstemarken *N. hystricis* og muslingen *A. longicallus*.

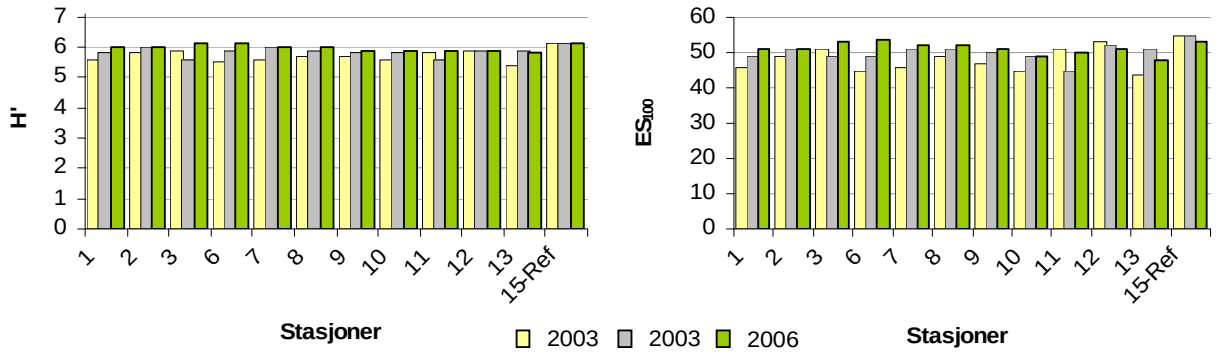
Feltstasjonene skiller seg ut generelt med høyere individantall og høyere antall filtrerende børstemark enn de regionale stasjoner. Faunaen er kompleks og uforstyrret og skiller seg ikke fra referansestasjonen. De regionale stasjonene ligger ikke på samme dyp som feltstasjonene, og faunaen på disse er noe annerledes. Dette gir seg utslag i at Bioenv-analysen gir en god korrelasjon (0,8) mellom fauna og dyp (samt enkelte av metallene som er under LSC).

Bioenv-anayse uten regionale stasjoner ga korrelasjonsfaktor 0,6 mellom fauna og THC samt flere metaller under LSC. Variasjonene i THC er imidlertid små, og noe mønster kan ikke sees.

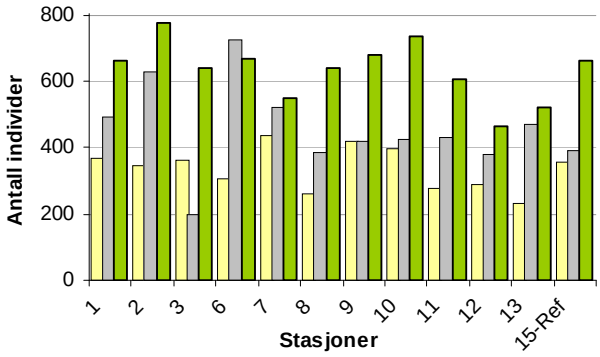
Sammenligning med tidligere undersøkelser

Diversitet

Diversiteten er høy, varierer lite og er relativt uforandret over år. Individantall har steget betydelig siden 2003. Dette er tilfelle også på referansestasjonen samt to av de tre nærliggende regionale stasjonene, og antas å være en generell trend i området.



Figur 4.12-10. *Diversitetsindeksene H' og ES_{100} samt antall individer på de undersøkte stasjonene ved Rogn Sør fra 2000, 2003 og 2006.*

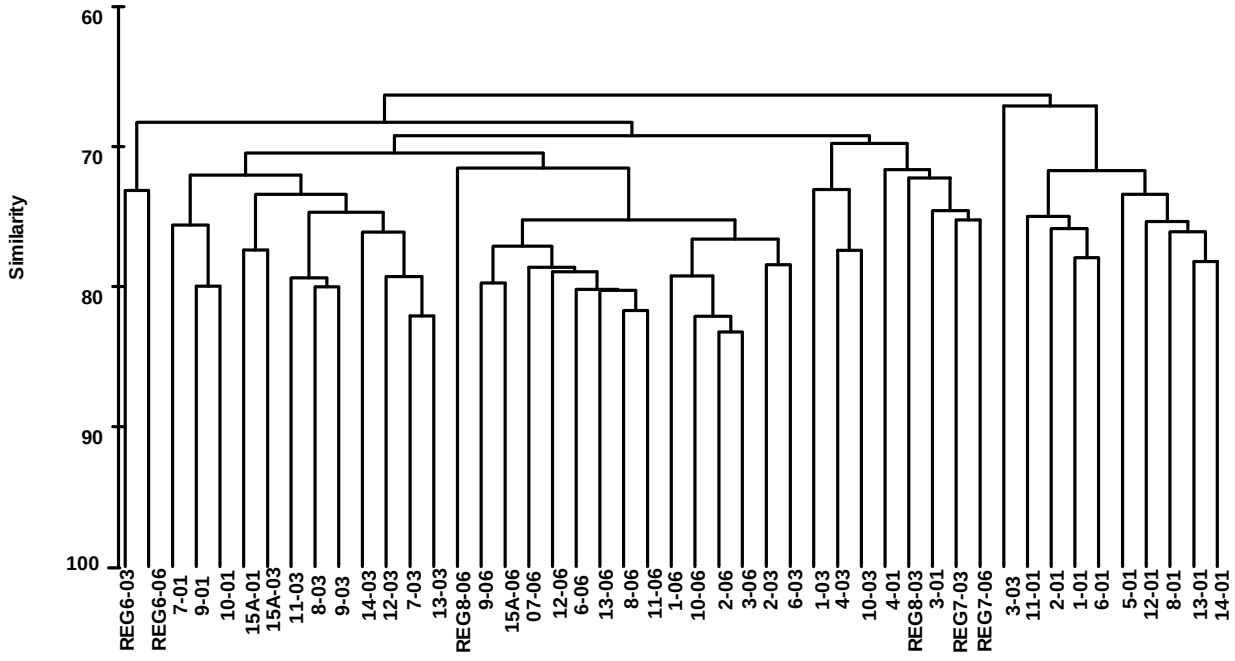


Stasjon	ø m	Stasjon	ø m
1	39/278	9	200/500
2	30/550	10	200/1 000
3	27/978	11	290/250
6	116/522	12	290/500
7	113/1 021	13	290/1 000
8	200/250	15R	290/4 000

Figur 4.12-10. *forts*.

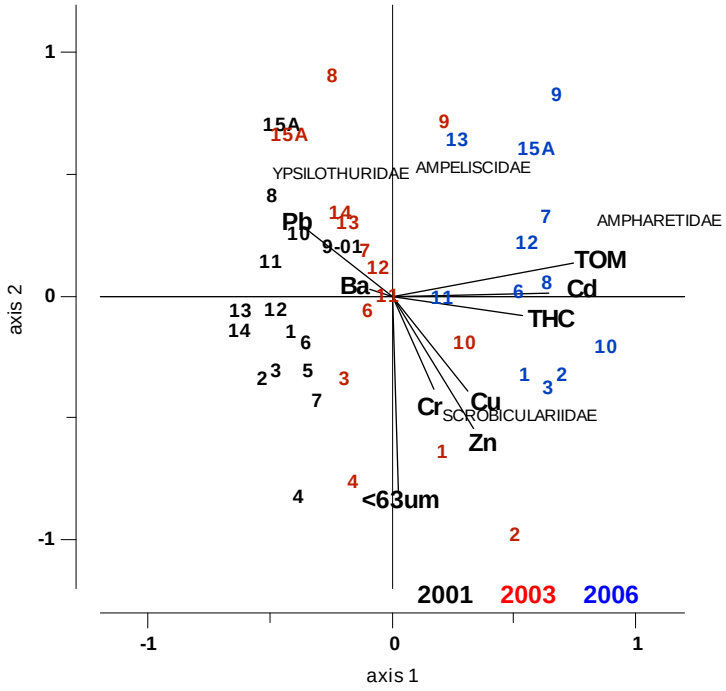
Likhetsanalyser

Klassifikasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram er vist i Figur 4.12-11. Analysen er utført på familienivå og viser at stasjonene deler seg i 2 grupper ved ca. 65% likhet. Det er hovedsakelig stasjonene fra 2001 som skiller seg noe fra 2003 og 2006 stasjonene. Innen hovedgruppen er likheten mellom 2006 og 2001/2003 over 70 %, og det er ikke grunnlag for en videre inndeling i grupper.



Figur 4.12-11. *Dendrogram stasjonsnivå, Rogn Sør 2001-2006.*

Høyeste korrelasjon (0,4) i Bioenv-analysen (både inkl. og eks. regionale stasjoner) var mellom fauna og en kombinasjon av faktorene organisk materiale og kornstørrelse. Det ble også utført en RDA-analyse, se Figur 4.12-12. Figuren indikerer at faunaendringene mellom år er knyttet til økte verdier av forklaringsvariablene TOM, Cd og THC. Nivåene av disse er imidlertid lave og varierer i liten grad.



Figur 4.12-12. *RDA plott Rogn Sør 2001-2006.*

4.12.5 Konklusjoner

Sedimentet på Rogn Sør består av fin til veldig fin sand med et totalt organisk innhold på 2,6 til 4,3 %. I alt 6 av 13 stasjoner har THC-nivåer moderat over LSC. THC-analysene viser ingen spor av annet enn naturlig bakgrunn. Det har vært en økning i THC konsentrasjonen fra 2001 og 2003. Innholdet av THC i 2006 er imidlertid fortsatt lavt, og varierer fra 4 til 6 mg/kg. Ingen stasjoner har bariumnivåer over LSC. I 2006 er målingene generelt tilsvarende målingene foretatt i 2001, dvs. noe lavere enn i 2003.

Faunaen på Rogn Sør er kompleks og uforstyrret, men skiller seg noe fra nærliggende regionale stasjoner i 2006 analysen. Bunndyrsamfunnet viser små endringer over år, og utviklingen er lik på felt- og referansestasjon. Som på flere andre felt i regionen har det vært en generell økning i antall individer siden 2001 og 2003 uten at dette kan knyttes opp mot variasjoner i de øvrige undersøkte parametrene. Ingen av de undersøkte stasjonene er påvirket av aktiveten på feltet.

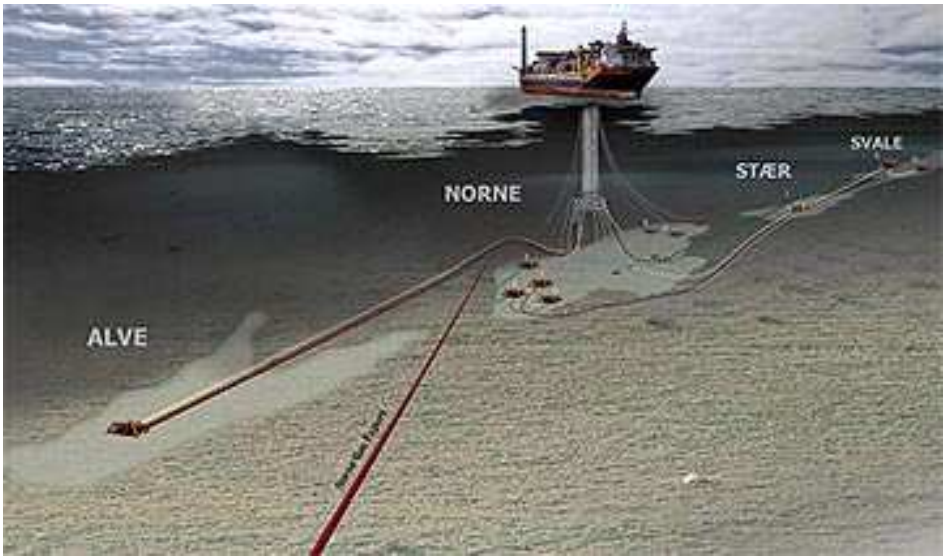
4.13 Alve

4.13.1 Introduksjon

Generelt

Det er utført grunnlagundersøkelse på Alve. Alve-feltet ligger i produksjonslisens 159B, omlag 16 km sør-vest for Norne-feltet. Feltet ble påvist i 1990, og omfatter formasjonene Garn, Not, Ile og Tilje. De påviste reservene ligger i Garn- og Not-formasjonene. Alve skal fases inn mot Norne-feltet. Lisensen ønsker å bygge ut feltet med én bunnramme med fire brønnslisser.

Borestart er planlagt til 1. august 2007, og produksjon fra feltet starter etter planen i desember 2008.



Prøvetaking

Som på Urd og Norne består havbunnen på Alve av myk grå leire, men andelen stein, grus og til tider hardpakket leire er større. Dette medførte at det var vanskelig å få gode prøver; enten fordi grabben sank for langt ned i leira eller at stein festet seg i grabbkjeften. Havdypet varierte fra 365 til 372m. Prøvetaking ble gjennomført som beskrevet i programmet med ett unntak: På stasjon 6 ble det kun samlet inn 4 grabbprøver til biologiske analyser pga. strømbrudd.

4.13.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Analyseresultatene av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.13-1 og vist i Figur 4.13-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

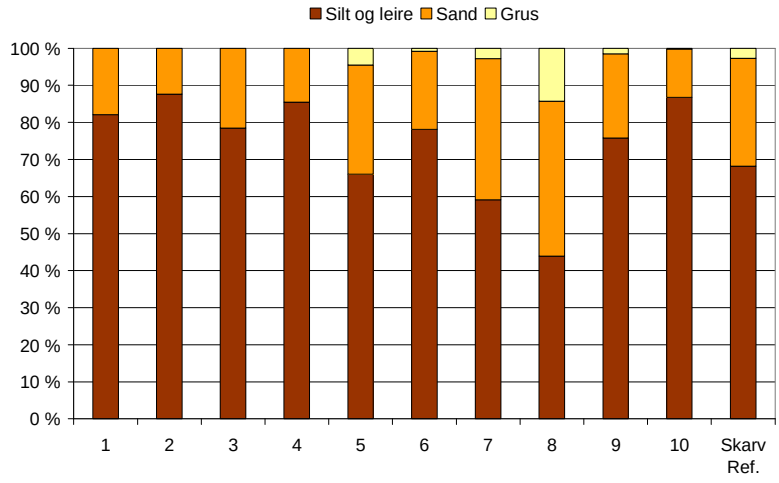
Sedimentene på Alve består i hovedsak av silt og leire, med et gjennomsnittlig innhold på 74,3 ± 14,0 %. Det er forholdsvis stor variasjon i sedimentsammensetningen på dette feltet, og innholdet av silt og leire varierer fra 43,9 % på stasjon 8 til 87,7 % på stasjon 2. Innholdet av grus er lavt på alle stasjoner med unntak av stasjon 5 (4,5 %), -7 (2,8 %) og -8 (14,3 %).

Tabell 4.13-1. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Alve.*

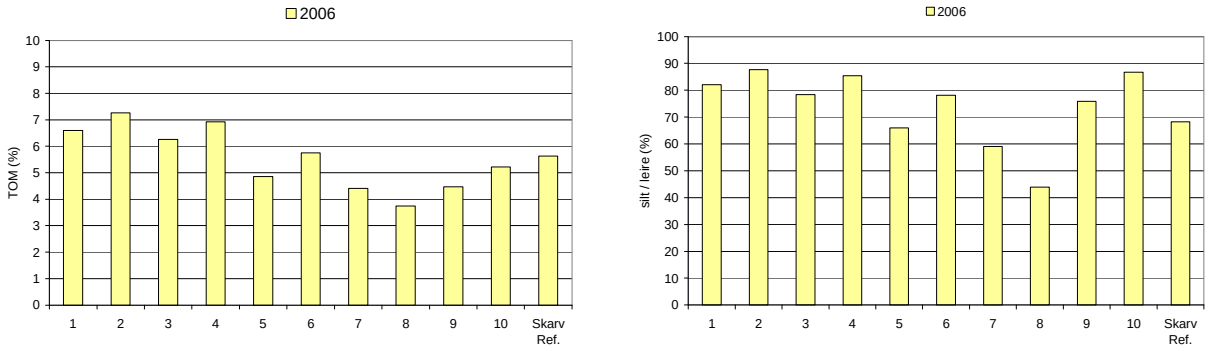
Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
1	45	500	372	6,6	Silt og leire	82,1	17,9	0,0	5,56
2	45	1 000	372	7,3	Silt og leire	87,7	12,3	0,0	5,72
3	135	500	365	6,3	Silt og leire	78,4	21,6	0,0	5,45
4	135	1 000	370	6,9	Silt og leire	85,4	14,6	0,0	5,66
5	240	500	368	4,9	Silt og leire	66,0	29,5	4,5	4,97
6	240	1 000	370	5,8	Silt og leire	78,1	21,1	0,8	5,44
7	330	250	365	4,4	Silt og leire	59,1	38,1	2,8	4,61
8	330	500	365	3,7	Fin sand	43,9	41,8	14,3	3,43
9	330	1 000	370	4,5	Silt og leire	75,8	22,7	1,5	5,36
10	330	2 000	370	5,2	Silt og leire	86,8	13,1	0,2	5,69
Skarv Ref.	330	5000	366	5,6	Silt og leire	68,2	29,1	2,8	5,07
Gj. snitt*				5,6		74,3	23,3	2,4	5,19
SD *				1,2		14,0	10,2	4,4	0,71
Min.*				3,7		43,9	12,3	0,0	3,43
Max.*				7,3		87,7	41,8	14,3	5,72

*Uten Skarv Ref.

Verdiene for referansestasjonen (Skarv Ref.) ligger innenfor de observerte variasjonene for feltet, og ansees som et egnet sammenligningsgrunnlag.



Figur 4.13-1. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) for Alve. Prosentvis andel av silt og leire, sand og grus er vist øverst.*



Figur 4.13-1. *forts*.

Totalt organisk materiale (TOM)

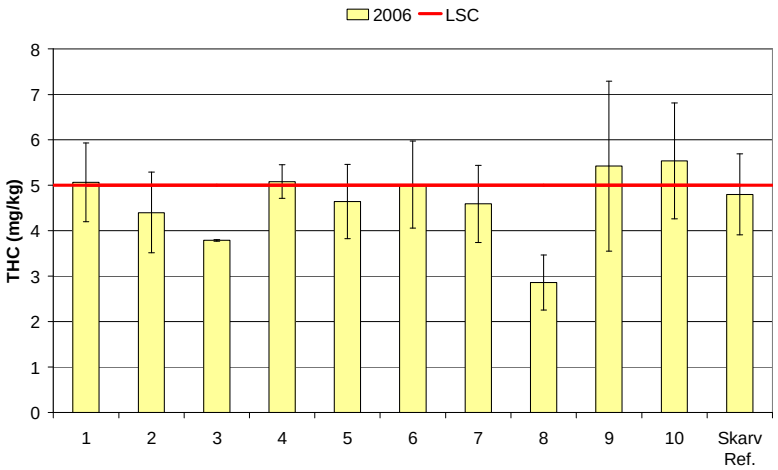
Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.13-1 og vist i Figur 4.13-1. Det gjennomsnittlige innholdet av TOM på Alve er 5,6 ± 1,2 %. Innholdet av TOM varierer i overensstemmelse med andelen silt og leire.

4.13.3 Kjemiske analyser

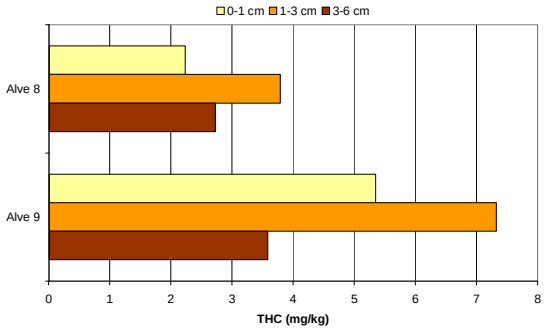
Hydrokarboner

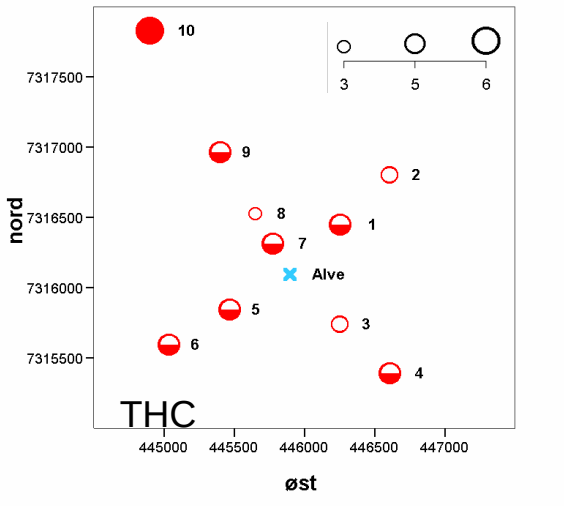
Resultatene fra analysene av hydrokarboner er gitt i Tabell 4.13-2 og vist i Figur 4.13-2. Kromatogrammer av utvalgte stasjoner og HDF-200 er vist i Figur 4.13-3. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Innholdet av THC varierer fra 3 til 6 mg/kg. Den høyeste konsentrasjonen ble registrert på stasjon 10, mens den laveste konsentrasjonen ble registrert på stasjon 8. Den vertikale fordelingen av THC viser en høyere konsentrasjon i det midtre sjiktet, fra 1-3cm, sammenlignet med toppsjiktet og sjiktet på 3-6cm.



Figur 4.13-2. *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentet (0-1cm) på Alve, og vertikal fordeling av THC i sjikt på 1-3cm og 3-6cm for stasjon8 og -9. Fordeling av THC på Alve (nederst til høyre). Feltsentrene er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

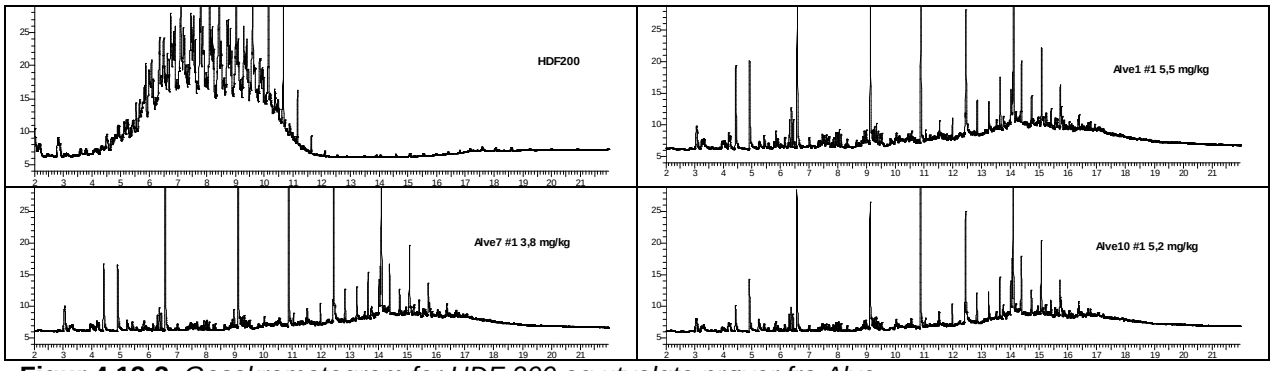




Figur 4.13-2. *forts*.

Tabell 4.13-2. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment), Alve 2006. For stasjon 8 og -9 ble det tatt prøver i tre sjikt, disse er markert med grå farge. Verdier >LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	Snit	SD
1	45	500	5	1						
2	45	1 000	4	1						
3	135	500	4	0						
4	135	1 000	5	0						
5	240	500	5	1						
6	240	1 000	5	1						
7	330	250	5	1						
8	330	500	3	1	0,042	0,005	0,03	0,00	< 0,1	-
8, 0-1 cm	330	500	2		0,036		0,03		< 0,1	
8, 1-3 cm	330	500	4		0,061		0,05		< 0,1	
8, 3-6 cm	330	500	3		0,052		0,04		< 0,1	
9	330	1 000	5	2	0,123	0,127	**0,15**	0,18	< 0,1	-
9, 0-1 cm	330	1 000	5		0,035		0,04		< 0,1	
9, 1-3 cm	330	1 000	7		0,072		0,07		< 0,1	
9, 3-6 cm	330	1 000	4		0,079		0,06		< 0,1	
10	330	2 000	**6**	1						
Skarv Ref.	330	5000	5	1	0,071	0,004	0,08	0,01	< 0,1	-
Gj. snitt*			5		0,082		0,09		< 0,1	
SD *			1		0,057		0,08		< 0,1	
Min.*			3		0,057		0,08		< 0,1	
Max.*			6		0,123		0,15		< 0,1	
LSC			5		0,129		0,10			



Figur 4.13-3. *Gasskromatogram for HDF 200 og utvalgte prøver fra Alve.*

Kromatogrammene fra stasjon 1, -7 og -10 viser normale bakgrunnsverdier. Dette er karakteristisk for alle stasjonene på Alve. Det er påvist lave verdier av PAH og NPD. Alle er under LSC (0,10 mg/kg). Dekaliner er ikke påvist.

Metaller

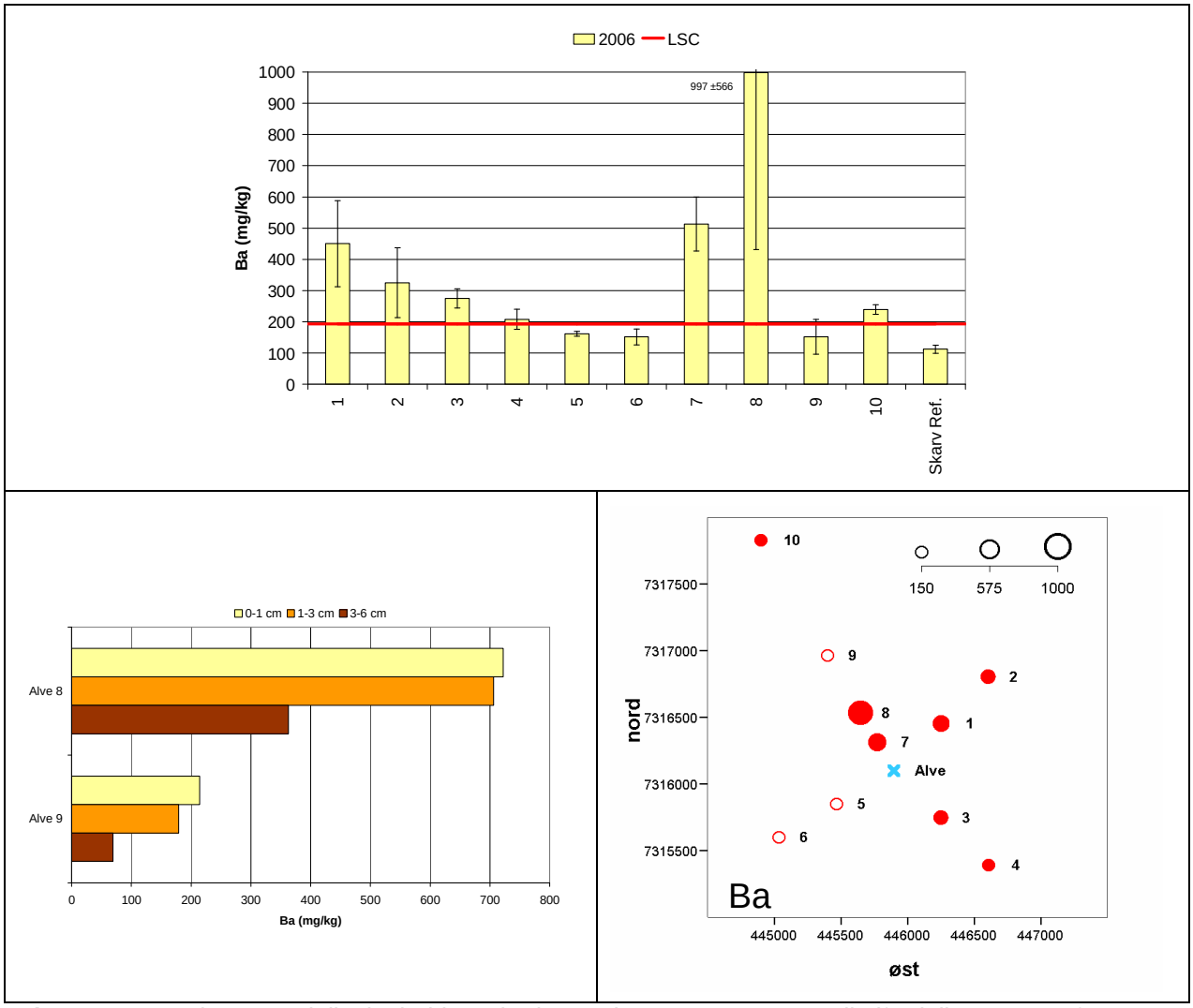
Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet og konsentrasjoner fra de seksjonerte prøvene er gitt i Tabell 4.13-3. Det gjennomsnittlige innholdet av barium, samt konsentrasjonene i sjikt fra to av stasjonene og et geografisk plott av bariumfordelingen på Alve er vist i Figur 4.13-5. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av kadmium, krom, kopper, bly og sink er vist i Figur 4.13-5. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.13-3. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Alve 2006. Verdier > LSC er uthevet. Grå farge markerer sjiktprøver.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(ø/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	S D	snitt	SD	snitt	SD
1	45/500	**450**	138	0,10	0,01	28,4	0,6	10,6	0,4			15,2	1,1	56	7
2	45/1 000	**325**	112	0,10	0,01	30,6	0,5	11,3	0,5			16,3	0,8	58	0
3	135/500	**275**	30	0,09	0,00	27,5	0,9	10,3	0,5			13,2	1,0	51	2
4	130/1 000	**208**	32	0,10	0,01	30,8	0,3	11,4	0,1			15,9	0,6	58	0
5	240/500	162	7	0,09	0,01	25,6	1,4	9,5	0,8			14,1	0,8	48	5
6	240/1 000	152	26	0,10	0,01	28,1	1,3	10,2	0,4			15,5	1,7	55	5
7	330/250	**513**	87	0,09	0,01	26,3	0,7	9,6	0,3			13,8	1,4	49	2
8	330/500	**997**	566	0,07	0,01	21,7	1,5	7,4	0,4	<0,02	-	12,0	0,2	38	3
8, 0-1 cm	330/500	722		0,08		21,7		7,4		<0,02		10,9		38	
8, 1-3 cm	330/500	706		0,07		24,2		8,2		<0,02		12,8		44	
8, 3-6 cm	330/500	363		0,07		23,3		7,8		<0,02		12,1		42	
9	330/1 000	152	56	0,08	0,01	30,6	3,6	10,7	1,6	0,02	0,00	15,6	0,7	55	4
9, 0-1 cm	330/1 000	214		0,10		28,4		10,7		0,02		16,0		61	
9,1-3 cm	330/1 000	179		0,09		30,9		10,9		0,03		14,9		52	
9, 3-6 cm	330/1 000	69		0,08		26,8		9,0		0,02		15,4		53	
10	330/2 000	**240**	15	0,11	0,00	32,7	0,2	**12,1**	0,2			19,2	0,6	59	1
Skarv Ref	330/5 000	113	13	0,08	0,01	26,3	1,4	9,2	0,4	<0,02	0,01	13,4	0,8	49	3

Tabell 4.13-3. *forts*.

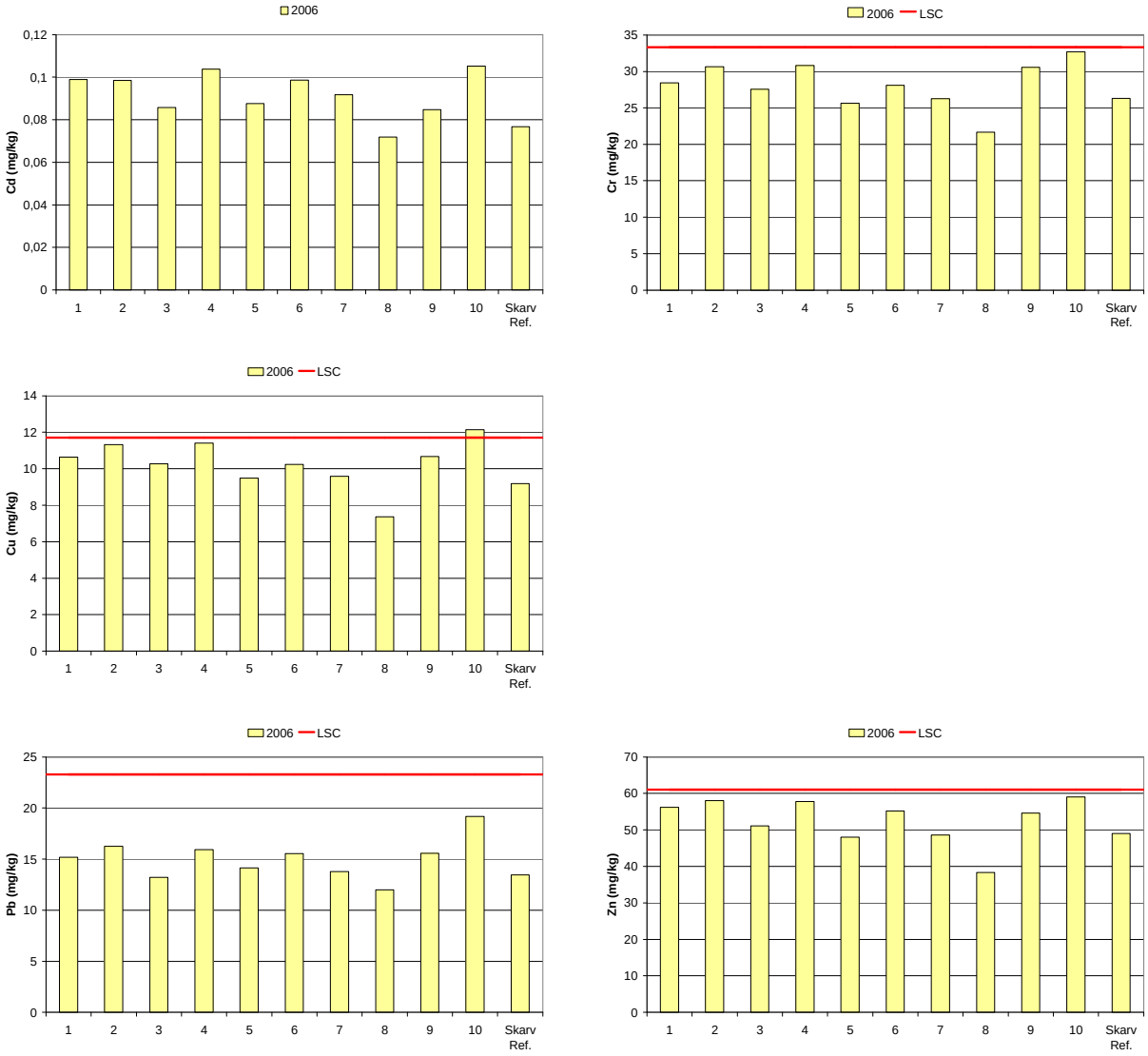
Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	S D	snitt	SD	snitt	SD
Gj. snitt*		348		0,09		28,2		10,3		0,02		15,1		53	
SD *		260		0,01		3,2		1,3		<0,02		2,0		6	
Min. *		152		0,07		21,7		7,4		0,02		12,0		38	
Max. *		997		0,11		32,7		12,1		0,02		19,2		59	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	



Figur 4.13-4 *Gjennomsnittlig innhold av barium, Alve 2006, samt vertikalfordeling av Ba for to av stasjonene. Geografisk plott av fordelingen av barium på Alve. Feltsenteret er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med Ba > LSC er markert med fylte sirkler.*

Med unntak av tre stasjoner, viste samtlige stasjoner ved Alve forhøyede barium-konsentrasjoner sammenlignet med LSC-verdien. Stasjon 8 hadde spesielt høyt innhold av Ba, med et gjennomsnitt på 997 mg/kg i toppsjiktet. Det høye gjennomsnittet skyldes til dels en konsentrasjon på hele 1483 mg/kg i grabbprøve 3, I de to andre i prøvene ble det var Ba-

konsentrasjoner 723 og 787 mg/kg. Resultatene fra de seksjonerte prøvene viser en vertikal gradient med avtagende bariumkonsentrasjon fra topp- til lavere sjikt.



Figur 4.13-5 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentsjiktet (0-1cm), Alve 2006.*

Konsentrasjonene av kadmium, krom, kopper, bly og sink var forholdsvis jevne mellom de ulike stasjonene, og alle stasjoner viste nivåer under eller tilsvarende LSC-verdien. Kvikksølv ble analysert ved to av stasjonene, 8 og 9. Konsentrasjonene som ble detektert var under eller rett over deteksjonsgrensen (0,02 mg/kg), resultatene er ikke fremstilt grafisk.

På referansestasjonen (Skarv Ref.) er konsentrasjonene av alle metaller lavere enn LSC-verdien.

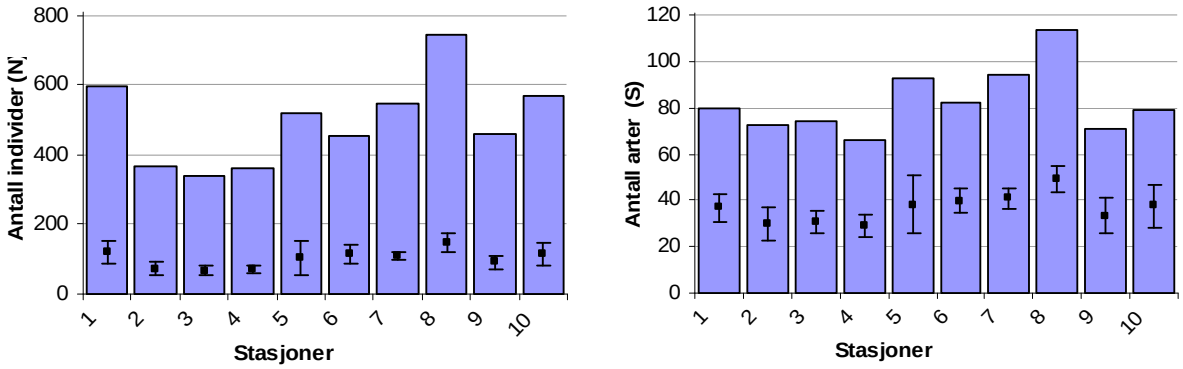
4.13.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

Tabell 4.13-4 viser antall arter og individer på Alve fordelt på dyregrupper. Figur 4.13-6 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Alve. Det er prøvetatt 10 stasjoner for biologiske analyser på Alve. På stasjon 6 ble det kun tatt 4 grabber for biologiske analyser.

Tabell 4.13-4. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Alve 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	720	14,6	13	6,5
Polychaeta	2469	50,0	93	46,5
Crustacea	223	4,5	41	20,5
Mollusca	1477	29,9	46	23,0
Echinodermata	53	1,1	7	3,5
Totalt	**4942**	100,0	**200**	100,0



Figur 4.13-6. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Alve 2006. Merk at på stasjon 6 er antall arter og individer per 0,4m^2.*

Tabell 4.13-5. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}), Alve 2006. Indeksene fra stasjon 6 er basert på kun 0,4m^2.*

Stasjon	**Retn. (°)**	**Avst. (m)**	**Dyp (m)**	**S**	**N**	**H'**	**J**	**ES_{100}**
1	45	500	372	80	594	5,1	0,8	40
2	45	1 000	372	73	365	5,0	0,8	39
3	135	500	365	74	339	5,1	0,8	41
4	135	1 000	370	66	361	4,8	0,8	37
5	240	500	368	93	518	5,3	0,8	42
6	240	1 000	370	82	452	5,0	0,8	39
7	330	250	365	94	546	5,3	0,8	42
8	330	500	365	114	743	5,5	0,8	45
9	330	1 000	370	71	457	5,0	0,8	38
10	330	2 000	370	79	567	4,7	0,8	37

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.13-6.

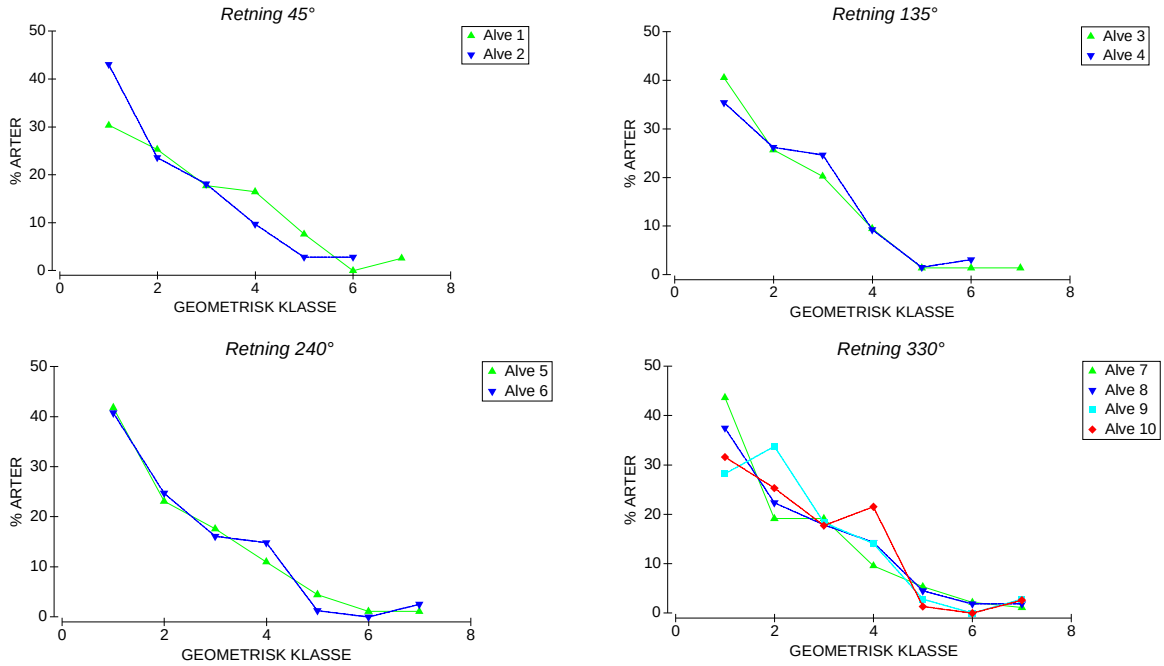
Tabell 4.13-6. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Alve 2006.*

10 mest vanlige arter							
1	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**	**2**	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**
Chaetozone setosa complex	108	18,2	18,2	Chaetozone setosa complex	55	15,1	15,1
Golfingia spp.	69	11,6	29,8	Golfingia spp.	51	14,0	29,0
Levinsenia gracilis	26	4,4	34,2	Levinsenia gracilis	27	7,4	36,4
Abra longicallus	22	3,7	37,9	Limopsis cristata	17	4,7	41,1
Entalina tetragona	20	3,4	41,3	Tharyx sp.	15	4,1	45,2
Lumbrineris scopa	20	3,4	44,6	Entalina tetragona	12	3,3	48,5
Fauvelopsidae spp.	16	2,7	47,3	Lumbrineris scopa	12	3,3	51,8
Tharyx sp.	16	2,7	50,0	Paramphinome jeffreysii	12	3,3	55,1
Cerastoderma minimum	15	2,5	52,5	Nephtys hystricis	11	3,0	58,1
Nephtys hystricis	14	2,4	54,9	Yoldiella lucida	8	2,2	60,3
3	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**	**4**	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**
Golfingia spp.	64	18,9	18,9	Golfingia spp.	63	17,5	17,5
Chaetozone setosa complex	45	13,3	32,2	Chaetozone setosa complex	58	16,1	33,5
Nephtys hystricis	16	4,7	36,9	Levinsenia gracilis	25	6,9	40,4
Levinsenia gracilis	11	3,2	40,1	Entalina tetragona	14	3,9	44,3
Lumbrineris scopa	10	3,0	43,1	Nephtys hystricis	14	3,9	48,2
Entalina tetragona	9	2,7	45,7	Lumbrineris scopa	12	3,3	51,5
Limopsis cristata	9	2,7	48,4	Abra longicallus	11	3,1	54,6
Terebellides stroemi	9	2,7	51,0	Yoldiella acuminata	9	2,5	57,1
Nemertea spp.	8	2,4	53,4	Nemertea spp.	8	2,2	59,3
Abra longicallus	8	2,4	55,8	Notomastus sp.	7	1,9	61,2
5	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**	**6**	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**
Chaetozone setosa complex	93	18,0	18,0	Chaetozone setosa complex	93	20,6	20,6
Limopsis cristata	37	7,1	25,1	Golfingia spp.	68	15,0	35,6
Golfingia spp.	29	5,6	30,7	Lumbrineris scopa	17	3,8	39,4
Yoldiella acuminata	28	5,4	36,1	Kelliella miliaris	14	3,1	42,5
Entalina tetragona	25	4,8	40,9	Levinsenia gracilis	14	3,1	45,6
Nephtys hystricis	20	3,9	44,8	Terebellides stroemi	13	2,9	48,5
Yoldiella lucida	15	2,9	47,7	Amythasides macroglossus	12	2,7	51,1
Limopsis minuta	14	2,7	50,4	Euchone incolor	11	2,4	53,5
Lumbrineris scopa	14	2,7	53,1	Entalina tetragona	11	2,4	56,0
Astarte sulcata auctt.	12	2,3	55,4	Limopsis cristata	11	2,4	58,4
7	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**	**8**	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**
Chaetozone setosa complex	81	14,8	14,8	Chaetozone setosa complex	95	12,8	12,8
Limopsis cristata	45	8,2	23,1	Limopsis minuta	74	10,0	22,8
Yoldiella fraterna	34	6,2	29,3	Limopsis cristata	60	8,1	30,8
Kelliella miliaris	24	4,4	33,7	Yoldiella fraterna	40	5,4	36,2
Golfingia spp.	24	4,4	38,1	Terebellides stroemi	25	3,4	39,6
Astarte sulcata auctt.	22	4,0	42,1	Astarte sulcata auctt.	22	3,0	42,5
Entalina tetragona	17	3,1	45,2	Golfingia spp.	21	2,8	45,4
Nucula tumidula	16	2,9	48,2	Kelliella miliaris	18	2,4	47,8
Yoldiella acuminata	15	2,8	50,9	Abra longicallus	16	2,2	49,9
Terebellides stroemi	15	2,8	53,7	Nucula tumidula	15	2,0	52,0

9	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**	**10**	**Antall ind**	**%**	**Kum. %**
Golfingia spp.	79	17,3	17,3	Chaetozone setosa complex	118	20,8	20,8
Chaetozone setosa complex	70	15,3	32,6	Golfingia spp.	116	20,5	41,3
Limopsis cristata	23	5,0	37,6	Limopsis cristata	26	4,6	45,9
Entalina tetragona	22	4,8	42,5	Entalina tetragona	14	2,5	48,3
Kelliella miliaris	14	3,1	45,5	Levinsenia gracilis	13	2,3	50,6
Nephtys hystricis	14	3,1	48,6	Abra longicallus	12	2,1	52,7
Yoldiella fraterna	13	2,8	51,4	Euchone incolor	12	2,1	54,9
Paradoneis lyra	13	2,8	54,3	Caulleriella spp.	11	1,9	56,8
Yoldiella acuminata	11	2,4	56,7	Myriochele fragilis	10	1,8	58,6
Caulleriella spp.	11	2,4	59,1	Cerastoderma minimum	10	1,8	60,3

Den dominerende arten på feltet er børstemarken *Chaetozone setosa.* Andre vanlige arter er børstemarkene *Levinsenia gracilis*, *Lumbrineris scopa*, *Nepthys hystricis*, pølseorm (*Golfingia spp*) og muslingene *Limopsis cristata*, *Abra longicallus*, *Yoldiella fraterna* og *Kelliella miliaris* samt sjøtann (*Entalina tetragona*). Faunaen har en stor blanding av både sedimentspisende, filtrerende og karnivore arter som avspeiler et friskt samfunn i et blandingssediment med en forholdsvis stor andel finstoff. I forhold til sedimenttyper utgjør ingen av artene noen stor dominans og faunaen kan beskrives som kompleks og uforstyrret.

Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.13-7) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 7. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn.

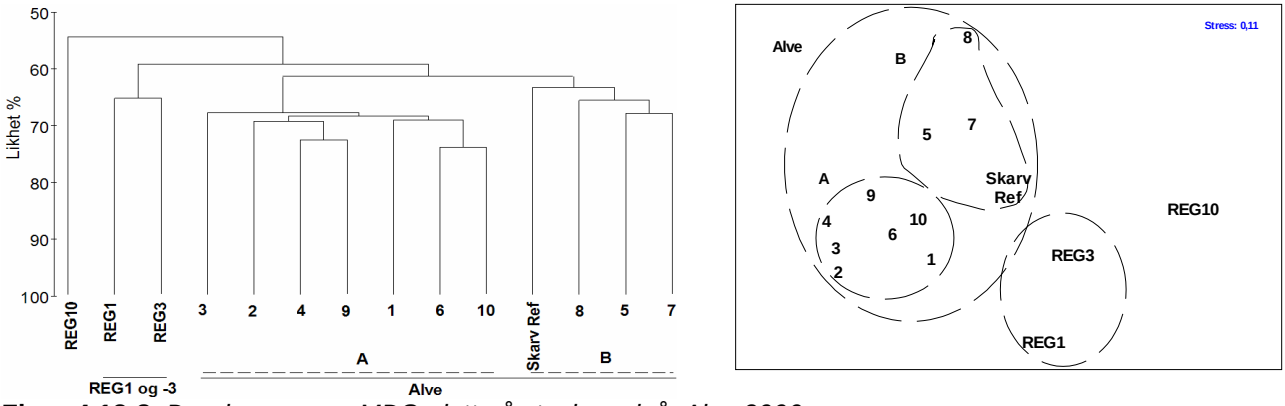


Figur 4.13-7. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Alve 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.13-8. Analysen viser at faunaen i området er naturlig og upåvirket. Feltstasjonene skiller seg fra de regionale stasjonene ved ca. 60 %. Ulikheten skyldes i hovedsak en lavere individtetthet av de vanligste artene samt en større andel sedimentlevende og –spisende pølseorm (*Golfingia* spp.) på feltstasjonene enn på de regionale stasjonene. Av de regionale stasjonene er det REG1 og -3 som egner seg best som sammenligningsgrunnlag for Alve.

Referansestasjonen fra Skarv tilhører gruppen med feltstasjonene og har mest til felles med stasjon 5, 7 og 8. Disse stasjonene skiller seg noe ut fra de øvrige feltstasjonene. Det er ingen direkte sammenheng med de øvrige undersøkte parametrene bortsett fra en noe mindre andel silt/leire. Anmerkningene fra prøvetakingen oppgir imidlertid sedimentet på disse stasjonene til å inneholde stein og grus, samt seig leire (stasjon 5 og 8) og hardpakket leire (stasjon 7). De øvrige stasjonene bestod av myk leire.



Figur 4.13-8. *Dendrogram og MDS-plott på stasjonsnivå, Alve 2006.*

Tabell 4.13-7. *Inndeling i hovedfaunagrupper, Alve 2006.*

Gruppe	Karakteristikk
REG10	Skiller seg fra de andre gruppene med et større antall av *Spiochaetopterus typicus* og færre *Golfingia* spp. Stasjonen har en noe annen sedimenttype (mer grus/stein) enn de øvrige.
REG1 og -3	Skiller seg fra Alve med en generelt høyere individtetthett av vanlige arter på Alve, bl.a. muslingene *Kelliella miliaris, Limopsis cristata, Yoldiella acuminata* og sjøtannen *Entalina tetragona*.
Alve + Skarv Ref.	Skiller seg fra de regionale stasjonene med generelt lavere individtetthet, og flere individer av enkelte arter, bl.a. *Golfingia* og *Levinsenia gracilis*. -Alve A Skiller seg fra Alve B med flere individer av *Golfingia* spp, *Levinsenia gracilis og Praxillura* sp. Stasjonene består i hovedsak av silt og leire (76 -88 %). -Alve B Domineres av muslingene *Limopsis cristata, Limopsis minuta,* og *Astarte sulcata* i forhold til Alve A. Gruppen Alve B har også en noe annen sedimenttype enn de øvrige Alve-stasjonene, og har gjennomgående høyere diversitet og antall arter enn gruppe A.

Bioenv-analysen inkl. REG1, -3 og 10 samt referansestasjonen på Skarv viser at kornstørrelse og dyp er de viktigste årsakene til faunaforskjeller mellom stasjonene (korrelasjonsfaktor 0,80). Både dypet og kornstørrelse på de tre regionale stasjonene avviker noe fra det vi finner på Alvefeltet.

Tilsvarende analyse der kun feltstasjonene på Alve er inkludert gir god korrelasjon (0,8) mellom fauna og en kombinasjon av barium, sink og kornstørrelse. Bariumkonsentrasjonene er høyest på stasjon 8 og 7, som er to av de stasjonene som skiller seg ut i dendrogrammet. Den tredje stasjonen i samme gruppe er imidlertid blandt de stasjonene med lavest bariuminnhold. Nivået av sink ligger under LSC på alle stasjoner, og ansees som uvesentlig i denne sammenheng. Til tross for at korrelasjonen er god, er det ingenting som tyder på at faunaen er påvirket av feltaktivitene.

4.13.5 Konklusjoner

Sedimentene på Alve varierer fra silt og leire til fin sand. Innholdet av totalt organisk materiale er mellom 3,7 og 7,3 %. 5 stasjoner har THC-konsentrasjoner tilsvarende LSC-verdien eller moderat over. Kromatogrammene viser normal bakgrunn, og på alle stasjoner betraktes THC-innholdet som normale bakgrunnsnivåer. 7 av 10 stasjoner har bariumnivåer over LSC. En

stasjon hadde relativt høyt innhold av Ba. Sjiktmålingene viser en avtagende bariumkonsentrasjon nedover i sedimentet.

Faunaen på Alve er kompleks og uforstyrret. Sedimenttype varierer noe mellom stasjonene, noe som gir utslag i noe forskjellig fauna. Både dypet og kornstørrelse på de tre regionale stasjonene avviker noe fra det vi finner på Alvefeltet, referansestasjonen på Skarv er bedre egnet som referansestasjon for Alve.

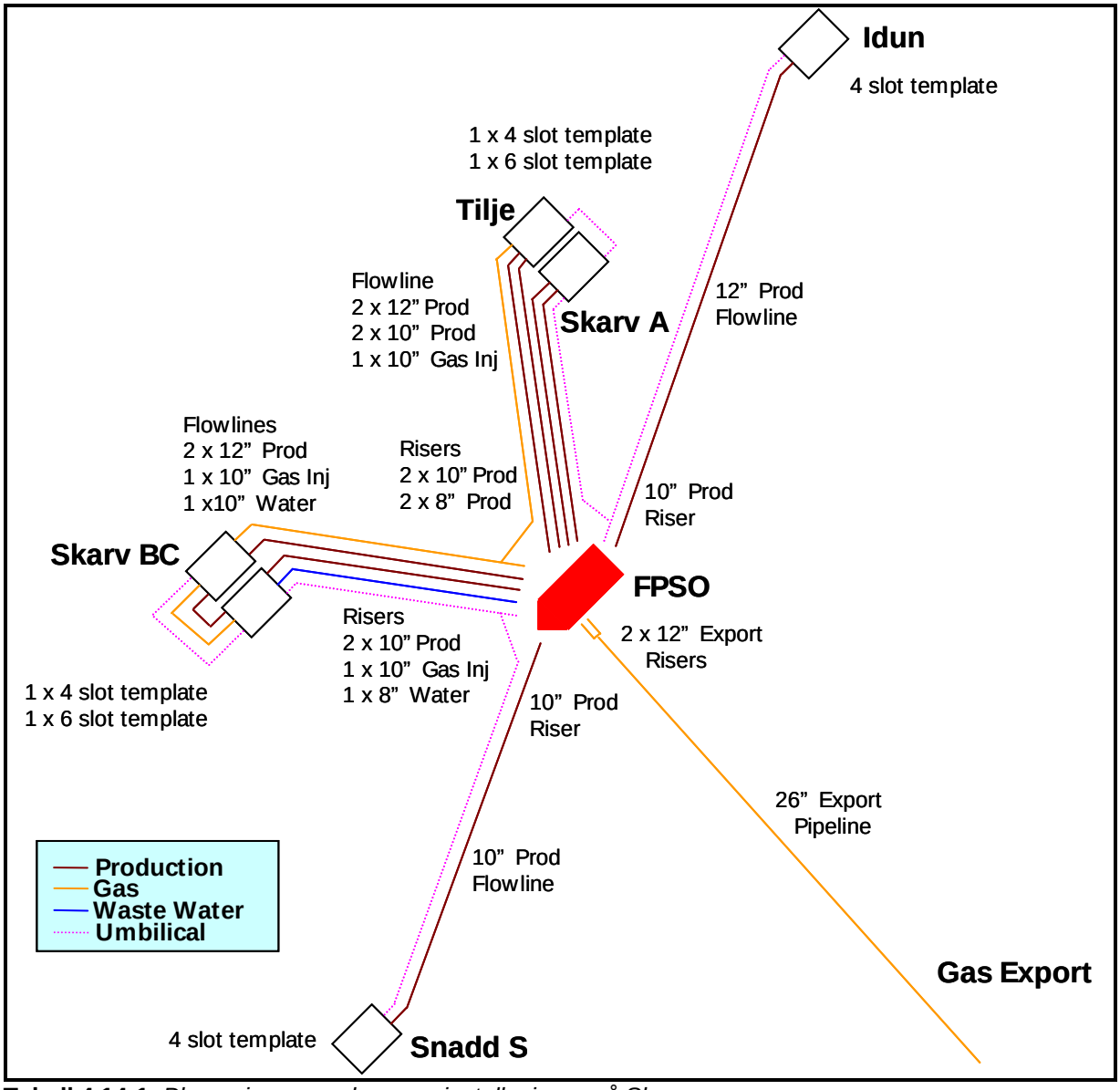
4.14 Skarv

4.14.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Feltene Skarv og Idun omfatter produksjonslisensene (PL) 159 (Idun), 212, 262 og 212B i Norskehavet. Lisensene ligger mellom Norne og Heidrun på vanndyp mellom 320 og 450 meter.

Den første letebrønnen ble boret i 1998 på Skarv A hvor det ble funnet gass og olje med gasskappe i Tiljeformasjonen. Idun letebrønner ble boret i 1999. Det ble funnet gasskondensat. Det er planlagt totalt 20 brønner.



Tabell 4.14-1. *Plassering av undervannsinstallasjoner på Skarv.*

Utslippshistorikk

Tabell 4.14-2. *Oversikt over utslipp fra Skarv Idun leteboring, 1999 - 2005.*

Type utslipp /aktivitet	1999 Donnatello	1999 Skarv 2	2000 Snadd	2001 Skarv 3	2002 Skarv 4	2003	2004	2005	2006*
Antall brønner boret	1	1	1	1	2	-	-	-	-
Utslipp i tonn av:									
Baritt	361	669	404	1308	830,1	0	0	0	0
Bentonitt	236	184	46,2	116	183,26	0	0	0	0
Borekaks		2031	1102	2225	1351,2	0	0	0	0
Vannbasert borevæske	2269	2890	2281	Se esterholdig	Se esterholdig	0	0	0	0
Oljeholdig borevæske	-	-	-	-		0	0	0	0
Esterholdig borevæske	-	-	-	5267	5259	0	0	0	0
Ester	-	-	10,5	23,65	6,37	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier		-	-	-	-	0	0	0	0
Baseolje	1	-	-	-	-	0	0	0	0
Andre utslipp av olje, m^3	2,86 (obm)	-	-	-	-	0	0	0	0

*: 1. halvår

Prøvetaking

På Skarv-Idun består havbunnen av myk grå leire, og grabben synker langt ned i den myke leira (dvs. store prøver). Havdypet varierte fra 366 til 393m.

Prøvene fra Skarv A var av noe varierende kvalitet. Havdypet er noe grunnere her (326-329m) enn på de to andre feltene, og bunnen inneholdt betydelig mer stein og grus. På to stasjoner var det nødvendig å flytte utenfor 50m-sonen for å finne egnet sediment. Posisjonene for disse stasjonene avviker derfor noe fra planlagte posisjoner i programmet.

Skarv BC var dypere (366-426m), og havbunnen bestod hovedsakelig av myk leire. En stasjon ble flyttet i forhold til planlagt posisjon[17].

Følgende stasjoner er flyttet utenfor 50m radius i forhold til oppgitt posisjon i programmet:

Stasjonsnavn	Planlagt		Faktisk	
	Retning (º)	Avstand (m)	Retning (º)	Avstand (m)
SKARA-2	60	1000	55	1066
SKARA-4	150	1000	146	898
SKARBC-5	240	500	239	278

I resultatkapittelet er stasjonene betegnet som IDUN, -A eller –BC med etterfølgende stasjonsnummer.

[17] Havdypet ved SKARBC-5 var dypere enn angitt på kart, og grabben nådde ikke bunnen uten skifte av wire. Av tidsmessige årsaker ble det besluttet å flytte stasjonen noe nærmere 0-punktet der det var grunnere.

4.14.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Analyseresultatene av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.14-3 og vist i Figur 4.14-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.14-3. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Skarv 2006.*

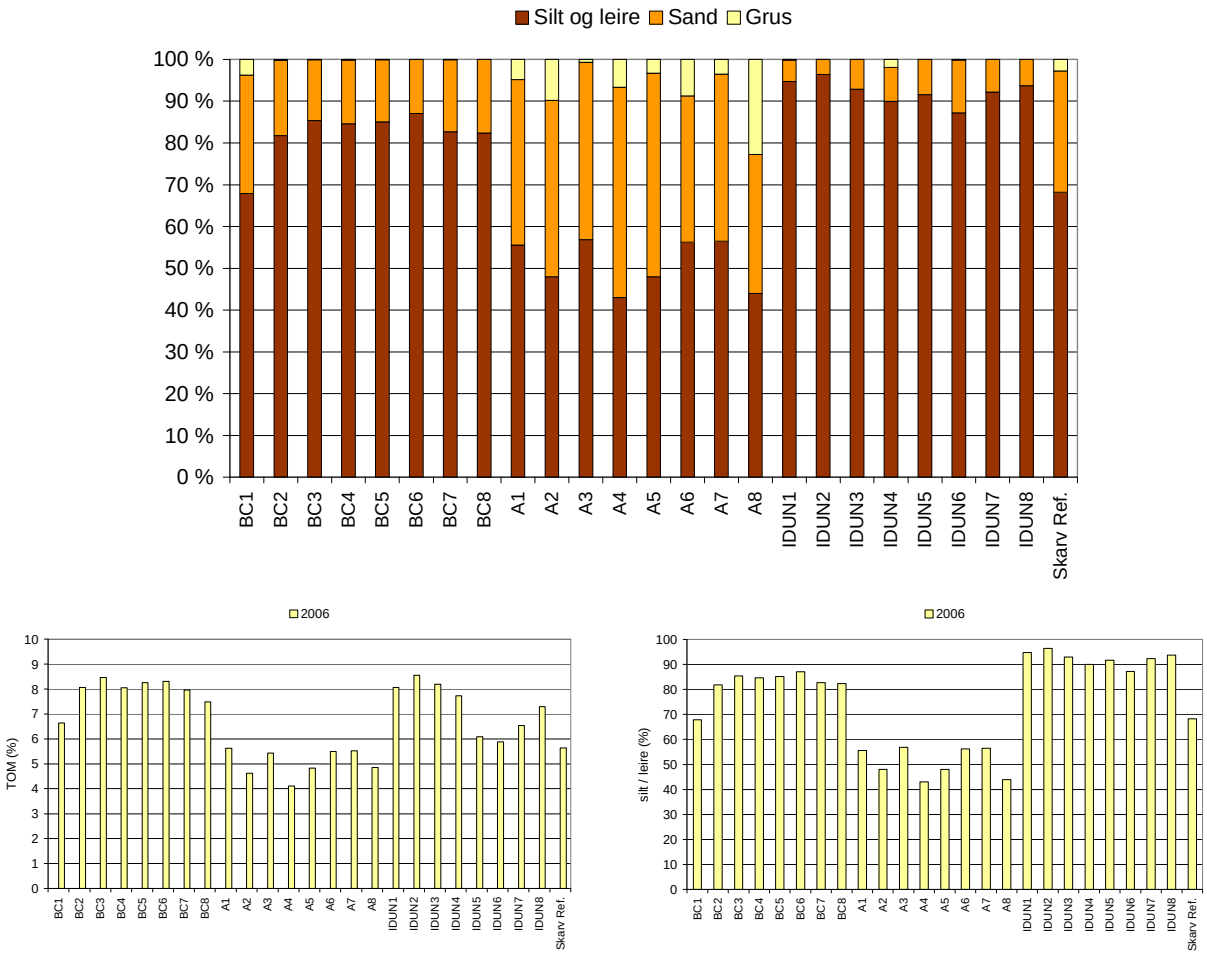
Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
BC1	60	500	376	6,6	Silt og leire	67,9	28,4	3,7	5,05
BC2	60	1 000	366	8,1	Silt og leire	81,8	18,0	0,2	5,56
BC3	150	500	395	8,5	Silt og leire	85,4	14,5	0,1	5,66
BC4	150	1 000	398	8,1	Silt og leire	84,6	15,3	0,1	5,64
BC5	239	278	399	8,2	Silt og leire	85,1	14,8	0,1	5,65
BC6	240	1 000	426	8,3	Silt og leire	87,1	12,9	0,0	5,70
BC7	330	500	397	8,0	Silt og leire	82,7	17,2	0,1	5,58
BC8	330	1 000	383	7,5	Silt og leire	82,4	17,6	0,0	5,57
A1	60	500	329	5,6	Veldig fin sand	55,6	39,6	4,8	4,40
A2	55	1 066	329	4,6	Veldig fin sand	48,0	42,2	9,8	3,88
A3	150	500	327	5,4	Veldig fin sand	56,9	42,4	0,7	4,48
A4	146	898	327	4,1	Veldig fin sand	43,0	50,3	6,7	3,67
A5	240	500	326	4,8	Veldig fin sand	48,0	48,7	3,3	3,86
A6	240	1 000	337	5,5	Veldig fin sand	56,3	35,0	8,7	4,45
A7	330	500	327	5,5	Veldig fin sand	56,5	40,0	3,5	4,46
A8	330	1 000	327	4,9	Veldig fin sand	44,0	33,3	22,7	3,57
IDUN1	60	500	392	8,1	Silt og leire	94,7	5,2	0,1	5,89
IDUN2	60	1 000	389	8,5	Silt og leire	96,4	3,6	0,0	5,93
IDUN3	150	500	388	8,2	Silt og leire	92,9	7,1	0,0	5,85
IDUN4	150	1 000	388	7,7	Silt og leire	90,0	8,2	1,9	5,78
IDUN5	240	500	393	6,1	Silt og leire	91,6	8,4	0,0	5,82
IDUN6	240	1 000	390	5,9	Silt og leire	87,2	12,6	0,1	5,71
IDUN7	330	500	388	6,5	Silt og leire	92,2	7,8	0,0	5,83
IDUN8	330	1 000	393	7,3	Silt og leire	93,7	6,3	0,0	5,87
Skarv Ref.	330	5 000	366	5,6	Silt og leire	68,2	29,1	2,8	5,07
Gj. snitt*				6,8		75,2	22,1	2,8	5,16
SD *				1,4		18,6	15,3	5,2	0,81
Min.*				4,1		43,0	3,6	0,0	3,57
Max.*				8,5		96,4	50,3	22,7	5,93

*Uten Skarv Ref.

Sedimentene på Skarv består i hovedsak av silt og leire, med et gjennomsnittlig innhold på 75,2 ± 18,2 %. Et forholdsvis stort standardavvik skyldes variasjon i sedimentsammensetningen over feltet. Innholdet av silt og leire varierer fra 43,0 % på A4 til 96,4 % på IDUN2.

Havdypet på Skarv A er grunnere enn de to andre feltene, og bunnen innholder betydelig mer stein og grus enn Skarv BC og IDUN.

Verdiene for referansestasjonen (Skarv Ref.) ligger innenfor de observerte variasjonene for feltet, og ansees som et egnet sammenligningsgrunnlag.



Figur 4.14-1. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire) på Skarv 2006. Prosentvis andel av silt og leire, sand og grus er vist øverst.*

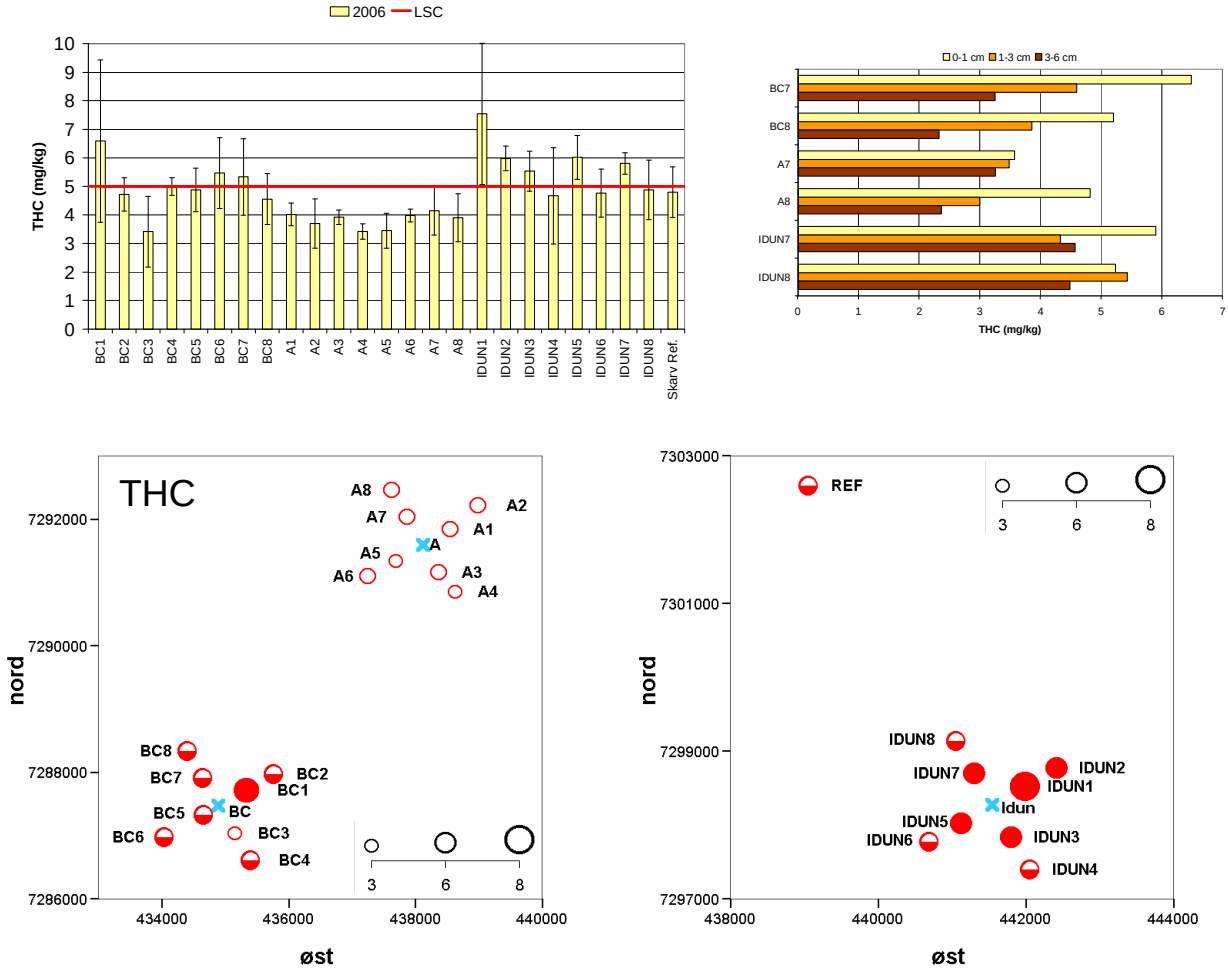
Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.14-3 og vist i Figur 4.14-1. Det gjennomsnittlige innholdet av TOM på Skarv er 6,8 ± 1,4 %. Stasjonene på Skarv BC og IDUN har noe høyere innhold av TOM enn Skarv A, noe som gjenspeiles i høyere andel silt og leire på Skarv BC og IDUN.

4.14.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Resultatene fra analysene av hydrokarboner er gitt i Tabell 4.14-4 og vist i Figur 4.14-2. Kromatogrammer av utvalgte stasjoner og HDF-200 er vist i Figur 4.14-3. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.



Figur 4.14-2. *Gjennomsnittlig innhold av THC i toppsedimentet (0-1cm) på Skarv og vertikalfordeling av THC i sjikt på 1-3cm og 3-6cm for stasjon BC7 og BC8, A7 og A8, og IDUN7 og IDUN8. Geografiske plott av THC fordelingen på Skarv. Feltsentrene er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med THC >LSC er markert med fylte sirkler.*

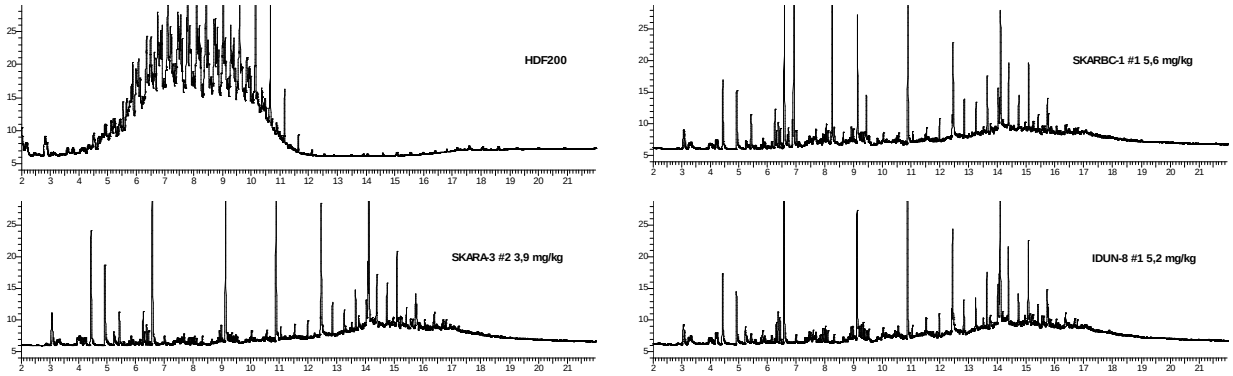
Det gjennomsnittlige innholdet av THC varierer fra 3 til 8 mg/kg. Den høyeste konsentrasjonen ble registrert på stasjon IDUN1, mens den laveste ble registrert på BC3, A4 og A5. En av stasjonene på Skarv BC og fem stasjoner på IDUN har noe forhøyede konsentrasjoner av THC (>LSC). Stasjonene med de høyeste THC-konsentrasjonene er lokalisert nærmest feltsentrene på Skarv BC og IDUN. Disse forhøyede konsentrasjonene kan tildels også relateres til forholdsvis høyt innhold av TOM og silt og leire i sedimentene på Skarv BC og IDUN.

Tabell 4.14-4. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment) for Skarv, 2006. Sjiktprøver er markert med grå farge. Verdier >LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
BC1	60	500	**7**	3						
BC2	60	1 000	5	1						
BC3	150	500	3	1						
BC4	150	1 000	5	0						
BC5	239	278	5	1						
BC6	240	1 000	5	1						
BC7	330	500	5	1	0,091	0,019	0,10	0,01	<0,1	-
BC7 0-1 cm			**6**		0,112		**0,11**		<0,1	
BC7 1-3 cm			5		0,098		0,10		<0,1	
BC7 3-6 cm			3		0,088		0,09		<0,1	
BC8	330	1 000	5	1	0,087	0,013	0,09	0,00	<0,1	-
BC8 0-1 cm			5		0,097		0,10		<0,1	
BC8 1-3 cm			4		0,089		0,10		<0,1	
BC8 3-6 cm			2		0,072		0,07		<0,1	
A1	60	500	4	0						
A2	55	1 066	4	1						
A3	150	500	4	0						
A4	146	898	3	0						
A5	240	500	3	1						
A6	240	1 000	4	0						
A7	330	500	4	1	0,065	0,011	0,07	0,01	<0,1	-
A7 0-1 cm			4		0,052		0,06		<0,1	
A7 1-3 cm			3		0,066		**0,11**		<0,1	
A7 3-6 cm			3		0,071		0,07		<0,1	
A8	330	1 000	4	1	0,075	0,012	0,07	0,02	<0,1	-
A8 0-1 cm			5		0,082		0,09		<0,1	
A8 1-3 cm			3		0,069		0,06		<0,1	
A8 3-6 cm			2		0,074		0,05		<0,1	
IDUN1	60	500	**8**	2						
IDUN2	60	1 000	**6**	0						
IDUN3	150	500	**6**	1						
IDUN4	150	1 000	5	2						
IDUN5	240	500	**6**	1						
IDUN6	240	1 000	5	1						
IDUN7	330	500	**6**	0	0,108	0,020	**0,11**	0,01	<0,1	-
IDUN7 0-1 cm			**6**		0,129		**0,11**		<0,1	

Tabell 4.14-4. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
IDUN7 1-3 cm			4		0,090		0,09		<0,1	
IDUN7 3-6 cm			5		0,088		0,09		<0,1	
IDUN8	330	1 000	5	1	**0,155**	0,057	**0,14**	0,05	<0,1	-
IDUN8 0-1 cm			5		0,110		0,11		<0,1	
IDUN8 1-3 cm			5		0,102		0,10		<0,1	
IDUN8 3-6 cm			4		0,115		0,09		<0,1	
Skarv Ref.	330	5 000	5	1	0,071	0,004	0,08	0,01	< 0,1	-
Gj. snitt*			5		0,097		0,10			
SD *			1		0,032		0,03			
Min.*			3		0,065		0,07			
Max.*			8		0,155		0,14			
LSC			5		0,129		0,10			



Figur 4.14-3. *Gasskromatogram av for HDF 200 og utvalgte prøver fra Skarv.*

Kromatogrammene av BC1, A3 og IDUN8 viser normale bakgrunnsverdier. Dette er karakteristisk for alle stasjonene på Skarv. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av PAH var 0,097 ± 0,032 mg/kg. Med unntak av IDUN8, viste alle stasjoner lavere konsentrasjoner enn LSC-verdien (0,129 mg/kg). NPD-konsentrasjonene varierte fra 0,07 mg/kg på stasjon A7 og A8 til 0,14 mg/kg på IDUN8. De fleste stasjonene viste NPD-konsentrasjoner i nærheten av LSC-verdien (0,10 mg/kg). Dekaliner er ikke påvist.

Innholdet av hydrokarboner på referansestasjonen var lavere enn LSC.

PFAS

Referansestasjon på Skarv ble, sammen med en stasjon fra hvert av feltene Njord, Draugen, Norne, Heidrun og Hans, analysert for PFAS. Resultatene er i sin helhet presentert Kap. 4.17.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentene og fra de seksjonerte prøvene er gitt i Tabell 4.14-5. Det gjennomsnittlige innholdet av barium, samt sjikt konsentrasjoner er vist i Figur 4.14-5. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av kadmium, krom, kopper, kvikksølv, bly og sink er vist i Figur 4.14-5.

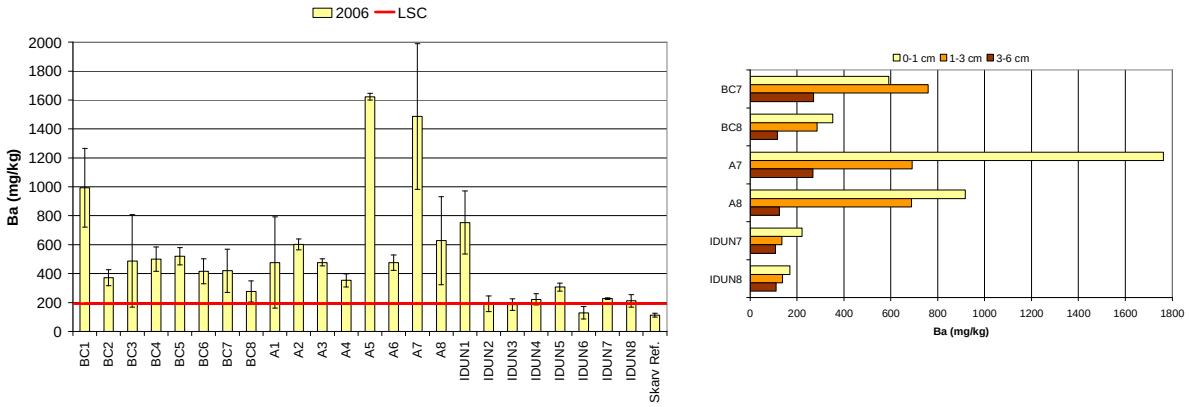
Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.14-5. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Skarv 2006. Verdier >LSC er uthevet. For stasjoner der det er tatt prøver i sjikt, er resultatene for sjiktingen markert med grå farge.*

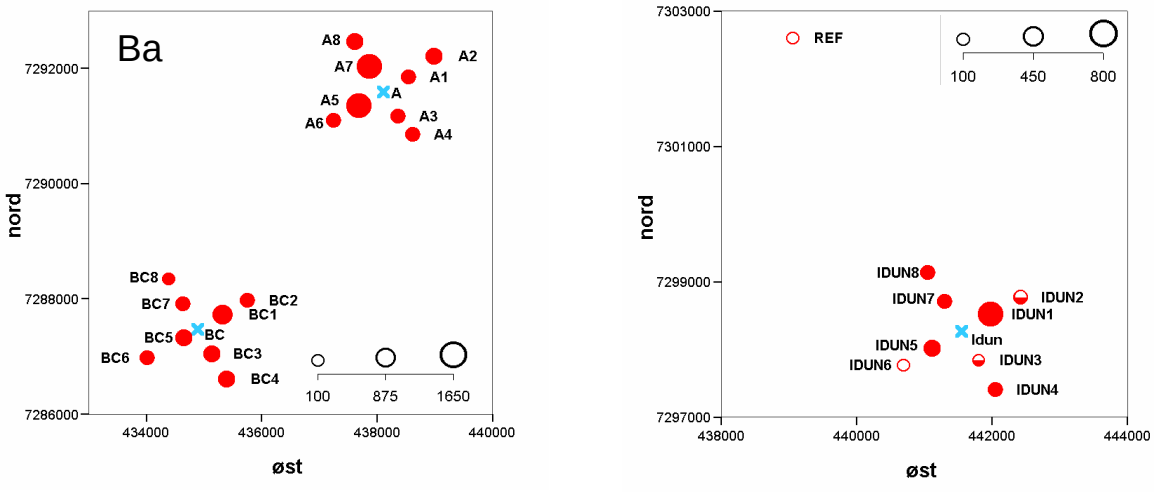
Stasjon		**Ba**		**Cd**		**Cr**		**Cu**		**Hg**		**Pb**		**Zn**	
	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
BC1	60/500	**993**	273	0,10	0,01	30,1	1,8	10,9	0,9			16,5	2,4	54	3
BC2	60/1 000	**372**	56	0,12	0,02	29,8	2,5	11,2	0,9			18,0	1,4	56	4
BC3	150/500	**488**	320	0,10	0,01	30,6	0,5	11,2	0,1			16,8	1,4	55	1
BC4	150/1 000	**500**	85	0,10	0,01	30,2	0,3	11,3	0,2			16,6	0,4	56	2
BC5	239/278	**519**	60	0,11	0,00	30,8	0,5	11,3	0,4			16,2	1,0	56	1
BC6	240/1 000	**416**	86	0,10	0,00	31,9	0,9	11,6	0,1			16,7	0,9	56	1
BC7	330/500	**420**	149	0,11	0,02	31,9	0,7	11,3	1,0	0,02	0,01	16,6	2,5	57	2
BC7 0-1 cm		**592**		0,13		32,7		**12,4**		0,03		19,5		59	
BC7 1-3 cm		**759**		0,11		31,8		**12,0**		0,03		19,6		58	
BC7 3-6 cm		**271**		0,09		31,2		11,4		0,03		19,2		58	
BC7	330/1 000	**277**	74	0,10	0,01	29,7	0,9	10,8	0,6	0,03	0,01	16,6	1,7	53	3
BC7 0-1 cm		**352**		0,11		30,7		11,4		0,03		18,5		56	
BC7 1-3 cm		**286**		0,10		30,7		11,3		0,03		18,1		56	
BC7 3-6 cm		116		0,09		30,8		10,8		<0,02		16,1		55	
A1	60/500	**477**	315	0,09	0,01	27,4	0,6	8,4	0,1			18,0	1,6	49	1
A2	55/1 066	**602**	38	0,11	0,02	24,7	5,0	8,2	1,3			18,3	6,3	43	10
A3	150/500	**477**	25	0,10	0,00	23,4	0,7	8,7	0,5			15,6	0,6	42	1
A4	146/898	**353**	46	0,09	0,01	21,6	1,0	7,7	0,5			13,4	1,3	36	0
A5	240/500	**1623**	24	0,10	0,01	23,6	2,3	8,8	1,1			16,9	2,6	42	3
A6	240/1 000	**475**	53	0,12	0,01	26,8	0,5	9,8	0,7			17,6	0,7	47	1
A7	330/500	**1487**	504	0,10	0,01	23,5	0,2	8,6	0,2	<0,02	-	16,0	1,2	43	2
A7 0-1 cm		**1762**		0,09		23,5		8,5		<0,02		16,7		41	
A7 1-3 cm		**691**		0,08		24,1		8,5		<0,02		14,7		42	
A7 3-6 cm		**269**		0,08		26,8		9,0		<0,02		12,9		45	
A8	330/1 000	**628**	305	0,10	0,02	25,4	2,9	8,9	1,5	<0,02	-	17,0	1,9	46	7
A8 0-1 cm		**918**		0,12		27,0		10,0		<0,02		18,2		48	
A8 1-3 cm		**688**		0,12		29,1		10,8		0,03		21,3		53	
A8 3-6 cm		125		0,08		27,9		9,7		<0,02		16,8		49	
IDUN1	60/500	**753**	219	0,11	0,01	**35,9**	0,9	**13,4**	0,2			19,4	1,1	**66**	2
IDUN2	60/1 000	191	54	0,11	0,01	**36,7**	0,8	**13,4**	0,3			18,9	1,9	**66**	2
IDUN3	150/500	186	40	0,10	0,01	**35,1**	0,8	**12,7**	0,1			18,0	0,8	**64**	2
IDUN4	150/1 000	**222**	39	0,11	0,01	**34,0**	0,3	**12,5**	0,3			18,3	0,6	60	1
IDUN5	240/500	**307**	28	0,10	0,01	**34,8**	0,6	**12,8**	0,2			18,3	1,1	**62**	1
IDUN6	240/1 000	129	42	0,11	0,01	31,4	0,7	11,0	0,1			15,3	2,7	57	2

Tabell 4.14-5. *forts*.

Stasjon	(m)	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
		snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
IDUN7	330/500	**227**	5	0,12	0,01	**38,3**	3,9	**12,5**	0,6	0,03	0,01	20,2	2,7	**72**	7
IDUN7 0-1 cm		**222**		0,12		**33,8**		**11,9**		0,02		17,1		**64**	
IDUN7 1-3 cm		136		0,10		**36,1**		**12,1**		0,02		17,3		**66**	
IDUN7 3-6 cm		109		0,10		**36,2**		**12,3**		0,02		16,3		**65**	
IDUN8	330/1 000	**211**	43	0,12	0,00	**40,3**	0,7	**12,9**	0,4	0,03	0,01	**23,6**	0,5	**75**	2
IDUN8 0-1 cm		169		0,11		**41,1**		**13,3**		0,03		**23,6**		**78**	
IDUN8 1-3 cm		139		0,10		**42,7**		**13,3**		0,03		**24,0**		**82**	
IDUN8 3-6 cm		112		0,09		**42,2**		**13,8**		0,03		22,5		**78**	
Skarv Ref	330/5 000	113	13	0,08	0,01	26,3	1,4	9,2	0,4	<0,02	0,01	13,4	0,8	49	3
Gj. snitt*		514		0,11		30,3		10,8		0,03		17,4		55	
SD *		377		0,01		5,1		1,8		0,00		2,0		10	
Min. *		129		0,09		21,6		7,7		<0,02		13,4		36	
Max. *		1623		0,12		40,3		13,4		0,03		23,6		**75**	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

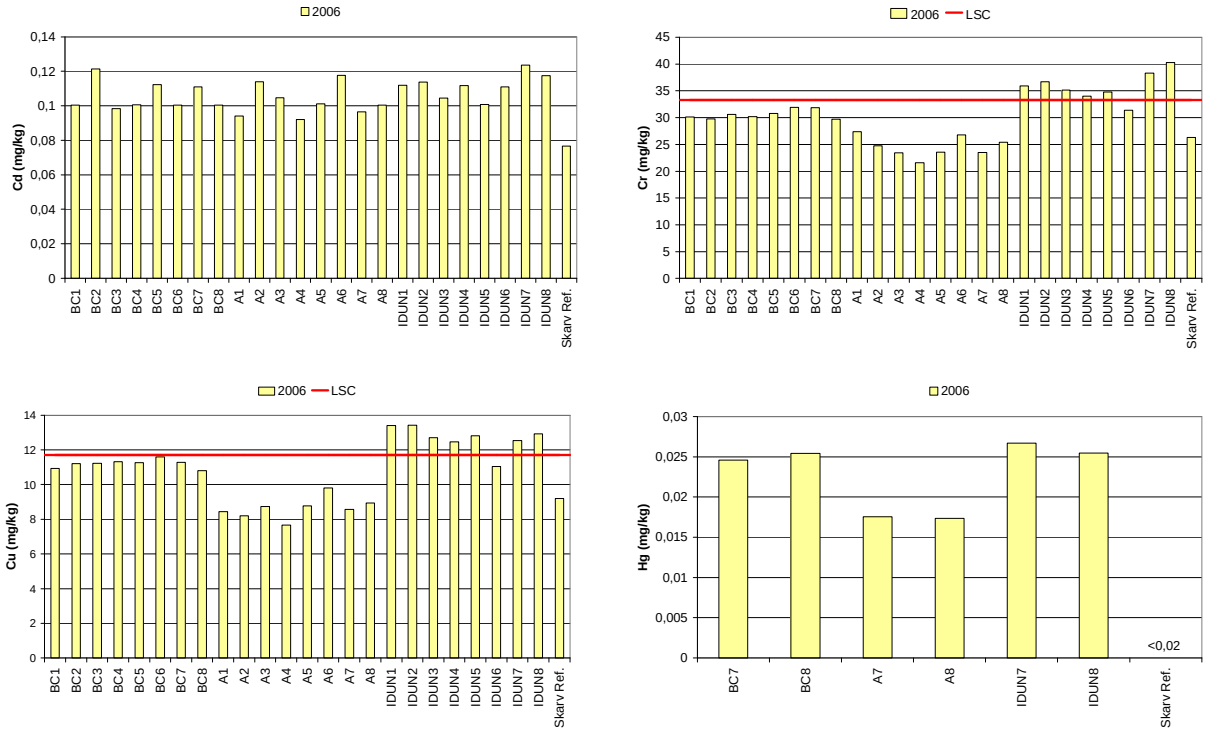


Figur 4.14-4 *Gjennomsnittlig innhold av barium ved de ulike stasjonene på Skarv 2006, samt den vertikale fordelingen av Ba for to av stasjonene. Geografisk plott av fordelingen av barium på Skarv. Feltsentrene er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med Ba >LSC er markert med fylte sirkler.*

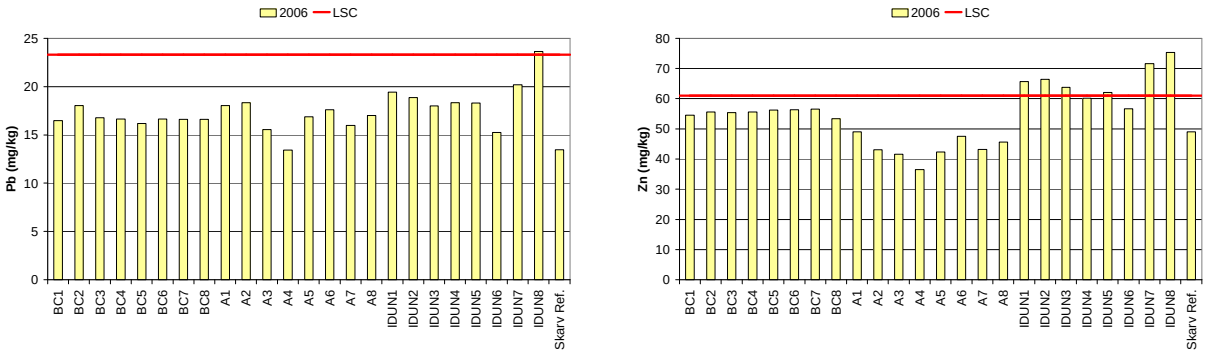


Figur 4.14-4. *forts.*

Skarv viser en gjennomsnittskonsentrasjon av barium på 514 ± 377 mg/kg. Med unntak av IDUN2, IDUN3 og IDUN6, ble det funnet forhøyede bariumkonsentrasjoner (>LSC) ved samtlige stasjoner. Bariumkonsentrasjonene i de seksjonerte prøvene viser en vertikal gradient, og konsentrasjonene er høyest i de to øverste sjiktene. Stasjonene med de høyeste Ba-konsentrasjonene er lokalisert nærmest feltsentrene (se Figur 4.14-4).



Figur 4.14-5 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentet (0-1cm) på Skarv.*



Figur 4.14-5. *forts.*

Konsentrasjonene av krom (Cr), kopper (Cu) og sink (Zn) er noe forhøyet ved de fleste av IDUN-stasjonene (>LSC). På referansestasjonen er alle metallkonsentrasjonene lavere enn LSC-verdien.

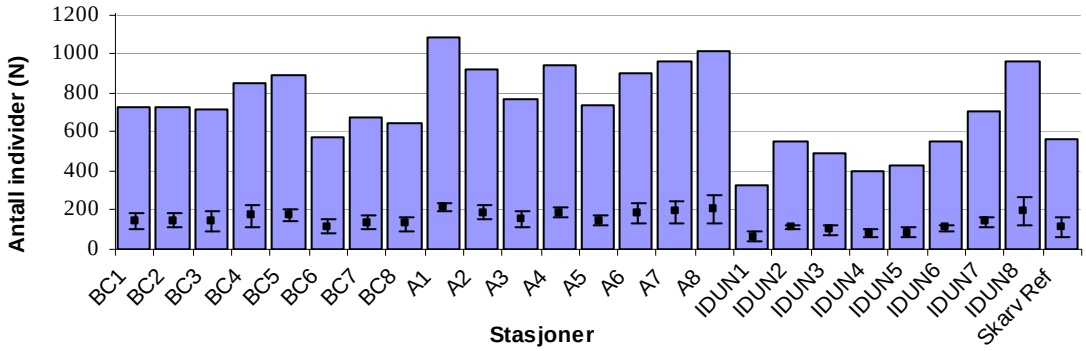
4.14.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

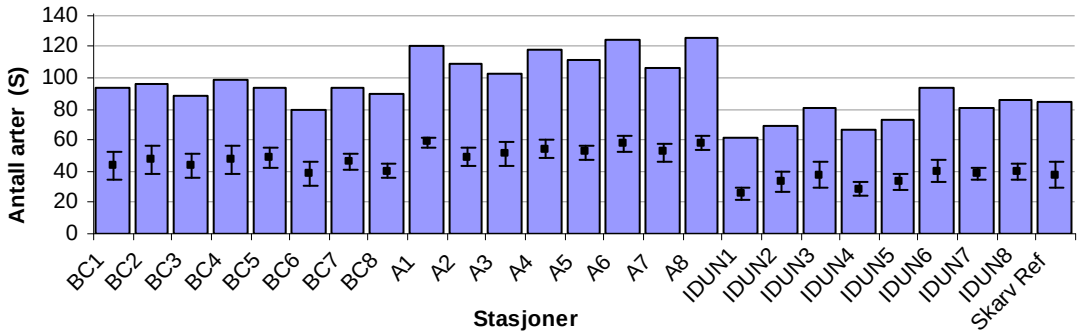
Tabell 4.14-6 viser antall arter og individer på Skarv fordelt på dyregrupper. Figur 4.14-6 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Skarv.

Tabell 4.14-6. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Skarv 2006.*

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	2203	12,1	14	4,9
Polychaeta	8419	46,3	135	46,9
Crustacea	816	4,5	62	21,5
Mollusca	6542	36,0	63	21,9
Echinodermata	185	1,0	14	4,9
Totalt	**18165**	100,0	**288**	100,0



Figur 4.14-6. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Skarv 2006.*



Figur 4.14-6. *forts.*

Tabell 4.14-7. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Skarv 2006.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
BC1	60	500	376	93	730	5,3	0,8	40
BC2	60	1 000	366	96	731	5,5	0,8	43
BC3	150	500	395	88	718	5,3	0,8	40
BC4	150	1 000	398	99	847	5,4	0,8	42
BC5	239	278	399	93	888	5,4	0,8	40
BC6	240	1 000	426	80	576	5,2	0,8	41
BC7	330	500	397	93	676	5,5	0,8	43
BC8	330	1 000	383	90	651	5,0	0,8	37
A1	60	500	329	121	1091	5,5	0,8	42
A2	55	1 066	329	109	926	5,2	0,8	40
A3	150	500	327	102	774	5,6	0,8	45
A4	146	898	327	118	945	5,5	0,8	43
A5	240	500	326	111	740	5,6	0,8	45
A6	240	1 000	337	124	901	5,7	0,8	45
A7	330	500	327	106	965	5,3	0,8	40
A8	330	1 000	327	125	1014	5,5	0,8	44
IDUN1	60	500	392	61	326	4,5	0,8	34
IDUN2	60	1 000	389	69	551	4,6	0,8	33
IDUN3	150	500	388	81	491	5,4	0,9	44
IDUN4	150	1 000	388	67	400	4,5	0,7	35
IDUN5	240	500	393	73	435	4,8	0,8	38
IDUN6	240	1 000	390	93	552	5,0	0,8	40
IDUN7	330	500	388	81	705	4,6	0,7	35
IDUN8	330	1 000	393	86	965	4,2	0,7	31
Skarv Ref	330	5 000	366	84	567	5,2	0,8	40

Generelt er det en høy diversitet på Skarv. Imidlertid er det et generelt lavere antall arter og individer samt lavere indekser på Idun enn Skarv A og BC. Den laveste (4,2) ble funnet på Idun8. Dette kan sannsynligvis relateres til et finere sediment på Idunstasjonene. Et sediment med høy finstoffandel er mindre heterogent enn et sediment med høyere sandinnhold.

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 3.1-1.

Tabell 4.14-8. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Skarv 2006.*

10 mest vanlige arter							
BC1	**Antall ind**	**%**	**Kum %**	**BC2**	**Antall ind**	**%**	**Kum %**
Chaetozone setosa complex	103	14,1	14,1	Chaetozone setosa complex	82	11,2	11,2
Limopsis cristata	65	8,9	23,0	Limopsis cristata	49	6,7	17,9
Golfingia spp.	64	8,8	31,8	Golfingia spp.	46	6,3	24,2
Kelliella miliaris	34	4,7	36,4	Octobranchus floriceps	38	5,2	29,4
Bathyarca pectunculoides	29	4,0	40,4	Amythasides macroglossus	29	4,0	33,4
Octobranchus floriceps	28	3,8	44,3	Lumbrineris scopa	28	3,8	37,2
Nephtys hystricis	22	3,0	47,3	Nephtys hystricis	27	3,7	40,9
Lumbrineris scopa	22	3,0	50,3	Entalina tetragona	22	3,0	43,9
Yoldiella fraterna	19	2,6	52,9	Kelliella miliaris	20	2,7	46,7
Terebellides stroemi	17	2,3	55,2	Levinsenia gracilis	20	2,7	49,4
BC3	**Antall ind**	**%**	**Kum %**	**BC4**	**Antall ind**	**%**	**Kum %**
Golfingia spp.	102	14,2	14,2	Golfingia spp.	103	12,2	12,2
Chaetozone setosa complex	61	8,5	22,7	Chaetozone setosa complex	77	9,1	21,3
Limopsis cristata	51	7,1	29,8	Kelliella miliaris	51	6,0	27,3
Kelliella miliaris	30	4,2	34,0	Limopsis cristata	50	5,9	33,2
Lumbrineris scopa	28	3,9	37,9	Entalina tetragona	42	5,0	38,1
Nephtys hystricis	26	3,6	41,5	Lumbrineris scopa	33	3,9	42,0
Octobranchus floriceps	26	3,6	45,1	Abra longicallus	25	3,0	45,0
Entalina tetragona	21	2,9	48,1	Bathyarca pectunculoides	23	2,7	47,7
Abra longicallus	20	2,8	50,8	Nephtys hystricis	22	2,6	50,3
Ophelina abranchiata	20	2,8	53,6	Octobranchus floriceps	21	2,5	52,8
BC5	**Antall ind**	**%**	**Kum %**	**BC6**	**Antall ind**	**%**	**Kum %**
Golfingia spp.	97	10,9	10,9	Chaetozone setosa complex	101	17,5	17,5
Chaetozone setosa complex	91	10,3	21,2	Golfingia spp.	42	7,3	24,8
Kelliella miliaris	48	5,4	26,6	Entalina tetragona	31	5,4	30,2
Limopsis cristata	44	5,0	31,5	Kelliella miliaris	24	4,2	34,4
Lumbrineris scopa	41	4,6	36,2	Cerastoderma minimum	24	4,2	38,5
Bathyarca pectunculoides	39	4,4	40,5	Limopsis cristata	22	3,8	42,4
Entalina tetragona	31	3,5	44,0	Abra longicallus	19	3,3	45,7
Euchone incolor	28	3,2	47,2	Lumbrineris scopa	19	3,3	49,0
Cerastoderma minimum	24	2,7	49,9	Levinsenia gracilis	16	2,8	51,7
Paradoneis lyra	24	2,7	52,6	Bathyarca pectunculoides	15	2,6	54,3

Tabell 4.14-8. *forts*.

BC7	Antall ind	%	Kum %
Chaetozone setosa complex	75	11,1	11,1
Golfingia spp.	69	10,2	21,3
Kelliella miliaris	36	5,3	26,6
Lumbrineris scopa	31	4,6	31,2
Limopsis cristata	28	4,1	35,4
Entalina tetragona	25	3,7	39,1
Ophelina abranchiata	23	3,4	42,5
Euchone incolor	19	2,8	45,3
Octobranchus floriceps	19	2,8	48,1
Levinsenia gracilis	16	2,4	50,4

BC8	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	98	15,1	15,1
Chaetozone setosa complex	96	14,8	29,8
Limopsis cristata	44	6,8	36,6
Entalina tetragona	36	5,5	42,1
Tharyx sp.	28	4,3	46,4
Kelliella miliaris	25	3,8	50,2
Bathyarca pectunculoides	21	3,2	53,5
Lumbrineris scopa	18	2,8	56,2
Euchone incolor	17	2,6	58,8
Abra longicallus	15	2,3	61,1

A1	Antall ind	%	Kum %
Bathyarca pectunculoides	157	14,4	14,4
Golfingia spp.	90	8,3	22,6
Chaetozone setosa complex	54	5,0	27,6
Limopsis cristata	53	4,9	32,5
Limopsis spp.	50	4,6	37,0
Yoldiella acuminata	41	3,8	40,8
Abra longicallus	34	3,1	43,9
Entalina tetragona	32	2,9	46,8
Lumbrineris scopa	31	2,8	49,7
Octobranchus floriceps	27	2,5	52,2

A2	Antall ind	%	Kum %
Bathyarca pectunculoides	178	19,2	19,2
Limopsis cristata	71	7,7	26,9
Limopsis spp.	47	5,1	32,0
Chaetozone setosa complex	42	4,5	36,5
Abra longicallus	33	3,6	40,1
Yoldiella acuminata	33	3,6	43,6
Paradiopatra quadricuspis	28	3,0	46,7
Terebellides stroemi	27	2,9	49,6
Spiochaetopterus typicus	26	2,8	52,4
Kelliella miliaris	25	2,7	55,1

A3	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	86	11,1	11,1
Chaetozone setosa complex	65	8,4	19,5
Limopsis cristata	39	5,0	24,6
Entalina tetragona	30	3,9	28,4
Abra longicallus	29	3,8	32,2
Paradiopatra quadricuspis	26	3,4	35,5
Yoldiella acuminata	25	3,2	38,8
Lumbrineris scopa	23	3,0	41,7
Tharyx sp.	21	2,7	44,4
Kelliella miliaris	21	2,7	47,2

A4	Antall ind	%	Kum %
Bathyarca pectunculoides	99	10,5	10,5
Limopsis cristata	89	9,4	19,9
Spiochaetopterus typicus	49	5,2	25,1
Calliopiidae sp.	46	4,9	30,0
Yoldiella acuminata	43	4,6	34,5
Amythasides macroglossus	35	3,7	38,2
Golfingia spp.	30	3,2	41,4
Terebellides stroemi	27	2,9	44,2
Cerastoderma minimum	26	2,8	47,0
Abra longicallus	25	2,7	49,6

A5	Antall ind	%	Kum %
Limopsis cristata	79	10,7	10,7
Bathyarca pectunculoides	70	9,5	20,1
Chaetozone setosa complex	34	4,6	24,7
Yoldiella acuminata	32	4,3	29,1
Kelliella miliaris	30	4,1	33,1
Amythasides macroglossus	28	3,8	36,9
Abra longicallus	27	3,7	40,5
Astarte sulcata auctt.	26	3,5	44,1
Paradiopatra quadricuspis	23	3,1	47,2
Spiochaetopterus typicus	23	3,1	50,3

A6	Antall ind	%	Kum %
Limopsis cristata	93	10,3	10,3
Bathyarca pectunculoides	61	6,8	17,1
Chaetozone setosa complex	54	6,0	23,1
Yoldiella acuminata	40	4,4	27,5
Abra longicallus	37	4,1	31,6
Golfingia spp.	36	4,0	35,6
Terebellides stroemi	29	3,2	38,9
Spiochaetopterus typicus	28	3,1	42,0
Octobranchus floriceps	27	3,0	45,0
Paradiopatra quadricuspis	23	2,6	47,5

Tabell 4.14-8. *forts*.

A7	Antall ind	%	Kum %
Limopsis spp.	101	10,5	10,5
Bathyarca pectunculoides	95	9,8	20,3
Limopsis cristata	80	8,3	28,6
Golfingia spp.	71	7,4	36,0
Chaetozone setosa complex	46	4,8	40,7
Amythasides macroglossus	34	3,5	44,3
Abra longicallus	28	2,9	47,2
Octobranchus floriceps	26	2,7	49,8
Yoldiella acuminata	24	2,5	52,3
Astarte sulcata auctt.	22	2,3	54,6

A8	Antall ind	%	Kum %
Limopsis spp.	169	16,7	16,7
Limopsis cristata	81	8,0	24,7
Chaetozone setosa complex	41	4,0	28,7
Octobranchus floriceps	35	3,5	32,2
Bathyarca pectunculoides	34	3,4	35,5
Yoldiella acuminata	32	3,2	38,7
Amythasides macroglossus	30	3,0	41,6
Terebellides stroemi	28	2,8	44,4
Golfingia spp.	28	2,8	47,1
Spiochaetopterus typicus	27	2,7	49,8

IDUN1	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	88	27,0	27,0
Chaetozone setosa complex	37	11,4	38,3
Entalina tetragona	20	6,1	44,5
Limopsis cristata	17	5,2	49,7
Lumbrineris scopa	17	5,2	54,9
Nephtys hystricis	9	2,8	57,7
Abra longicallus	8	2,5	60,1
Yoldiella lucida	7	2,2	62,3
Kelliella miliaris	7	2,2	64,4
Levinsenia gracilis	6	1,8	66,3

IDUN2	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	137	24,9	24,9
Chaetozone setosa complex	64	11,6	36,5
Limopsis cristata	42	7,6	44,1
Kelliella miliaris	39	7,1	51,2
Entalina tetragona	20	3,6	54,8
Lumbrineris scopa	19	3,5	58,3
Nephtys hystricis	16	2,9	61,2
Abra longicallus	14	2,5	63,7
Nucula tumidula	12	2,2	65,9
Cuspidaria lamellosa	11	2,0	67,9

IDUN3	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	77	15,7	15,7
Chaetozone setosa complex	38	7,7	23,4
Lumbrineris scopa	22	4,5	27,9
Nephtys hystricis	19	3,9	31,8
Kelliella miliaris	18	3,7	35,4
Tharyx sp.	17	3,5	38,9
Paramphinome jeffreysii	16	3,3	42,2
Limopsis cristata	15	3,1	45,2
Nucula tumidula	13	2,7	47,9
Levinsenia gracilis	11	2,2	50,1

IDUN4	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	123	30,8	30,8
Chaetozone setosa complex	39	9,8	40,5
Limopsis cristata	28	7,0	47,5
Kelliella miliaris	16	4,0	51,5
Entalina tetragona	13	3,3	54,8
Abra longicallus	13	3,3	58,0
Lumbrineris scopa	9	2,3	60,3
Nephtys hystricis	9	2,3	62,5
Cerastoderma minimum	8	2,0	64,5
Nucula tumidula	7	1,8	66,3

IDUN5	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	116	26,7	26,7
Chaetozone setosa complex	33	7,6	34,3
Nephtys hystricis	17	3,9	38,2
Limopsis cristata	16	3,7	41,8
Entalina tetragona	15	3,5	45,3
Nucula tumidula	13	3,0	48,3
Lumbrineris scopa	13	3,0	51,3
Kelliella miliaris	12	2,8	54,0
Tharyx sp.	12	2,8	56,8
Yoldiella fraterna	9	2,1	58,9

IDUN6	Antall ind	%	Kum %
Golfingia spp.	134	24,3	24,3
Chaetozone setosa complex	50	9,1	33,3
Limopsis cristata	29	5,3	38,6
Lumbrineris scopa	25	4,5	43,1
Entalina tetragona	19	3,4	46,6
Nephtys hystricis	18	3,3	49,8
Levinsenia gracilis	15	2,7	52,5
Euchone incolor	13	2,4	54,9
Nucula tumidula	11	2,0	56,9
Tharyx sp.	11	2,0	58,9

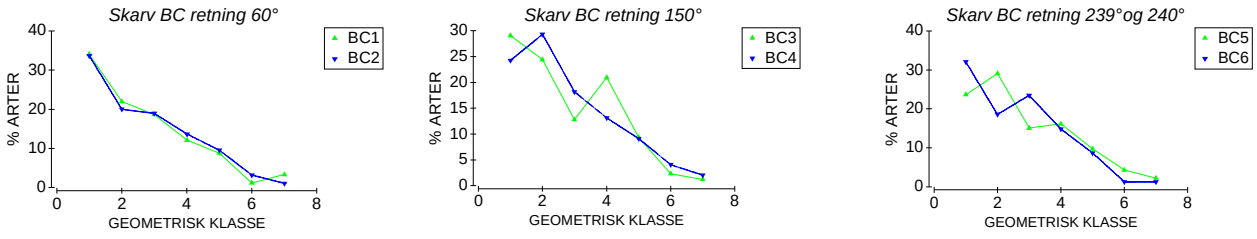
Tabell 4.14-8. *forts*.

IDUN7	Antall ind	%	Kum %
Chaetozone setosa complex	164	23,3	23,3
Golfingia spp.	129	18,3	41,6
Kelliella miliaris	37	5,3	46,8
Limopsis cristata	27	3,8	50,6
Entalina tetragona	24	3,4	54,0
Lumbrineris scopa	20	2,8	56,9
Cerastoderma minimum	16	2,3	59,2
Tharyx sp.	16	2,3	61,4
Yoldiella fraterna	13	1,8	63,3
Augeneria tentaculata	12	1,7	65,0

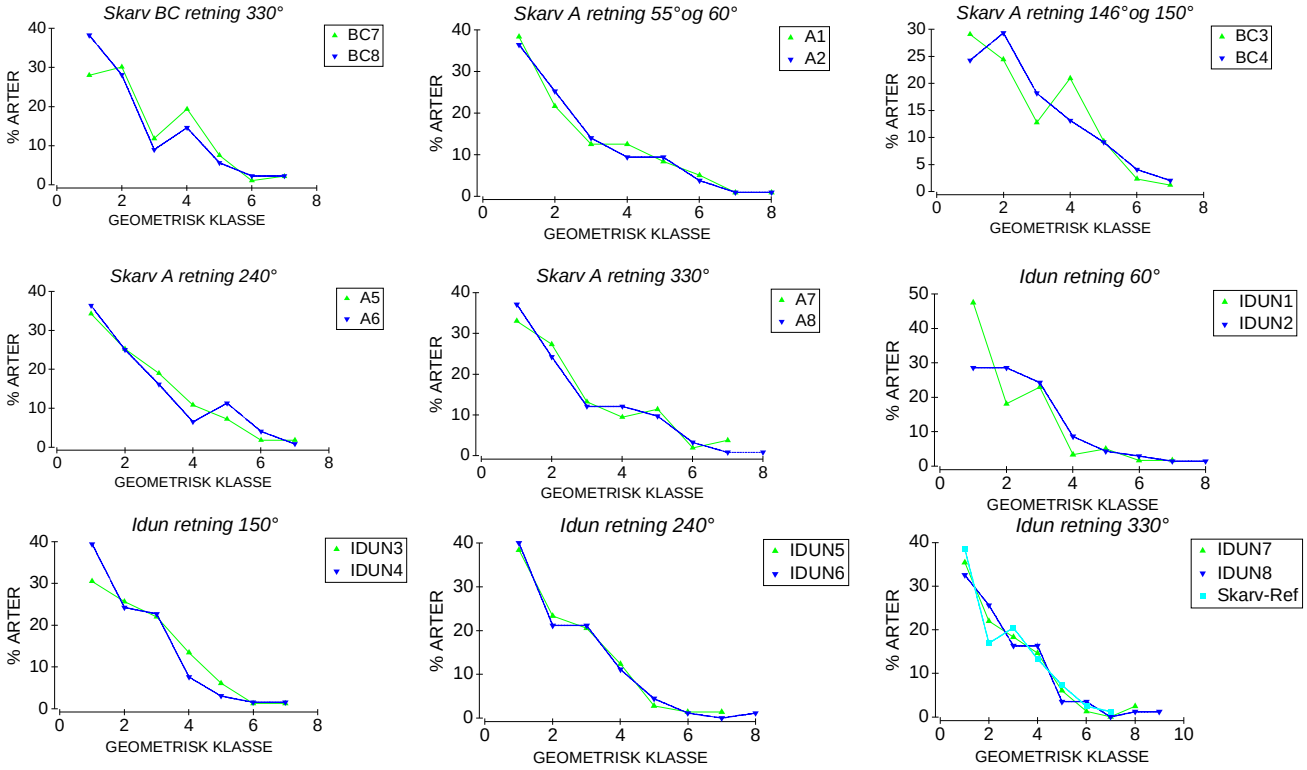
IDUN8	Antall ind	%	Kum %
Chaetozone setosa complex	317	32,9	32,9
Golfingia spp.	157	16,3	49,1
Limopsis cristata	58	6,0	55,1
Kelliella miliaris	40	4,2	59,3
Tharyx sp.	36	3,7	63,0
Entalina tetragona	24	2,5	65,5
Lumbrineris scopa	19	2,0	67,5
Cerastoderma minimum	16	1,7	69,1
Octobranchus floriceps	14	1,5	70,6
Nephtys hystricis	14	1,5	72,0

Skarv Ref	Antall ind	%	Kum %
Chaetozone setosa complex	86	15,2	15,2
Golfingia spp.	50	8,8	24,0
Limopsis cristata	37	6,5	30,5
Kelliella miliaris	24	4,2	34,7
Paradoneis lyra	24	4,2	39,0
Yoldiella acuminata	20	3,5	42,5
Entalina tetragona	17	3,0	45,5
Nucula tumidula	17	3,0	48,5
Lumbrineris scopa	16	2,8	51,3
Abra longicallus	15	2,7	54,0

Faunaen på Skarv A skiller seg fra Idun og Skarv BC med en høyere andel muslinger og karnivore og filtrerende børstemark som f.eks. muslingene *Limopsis* spp., *Yoldiella acuminata, Bathyarca ptunculoides, Abra longicallus* og *Kelliella millaris*, børstemarkene *Paradiopatra quadricuspis, Amythasides macroglossus* og *Octobranchus floriceps*. Stasjon A3 skiller seg imidlertid noe ut fra de øvrige på Skarv A med en dominans av gravende pølseorm (*Golfingia* spp.) og børstemarken *Chaetozone setosa*. Disse artene dominerer også faunaen på Idun og Skarv BC samt referansestasjonen. Øvrig vanlig fauna på disse stasjonene er muslinger samt en kombinasjon av karnivore, filtrerende og sedimentspisende børstemark. Ulikheten i faunasamfunnet på Skarv tilskrives ulikheter i sedimentet og faunaen beskrives som uforstyrret, noe som understøttes av fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.14-7).



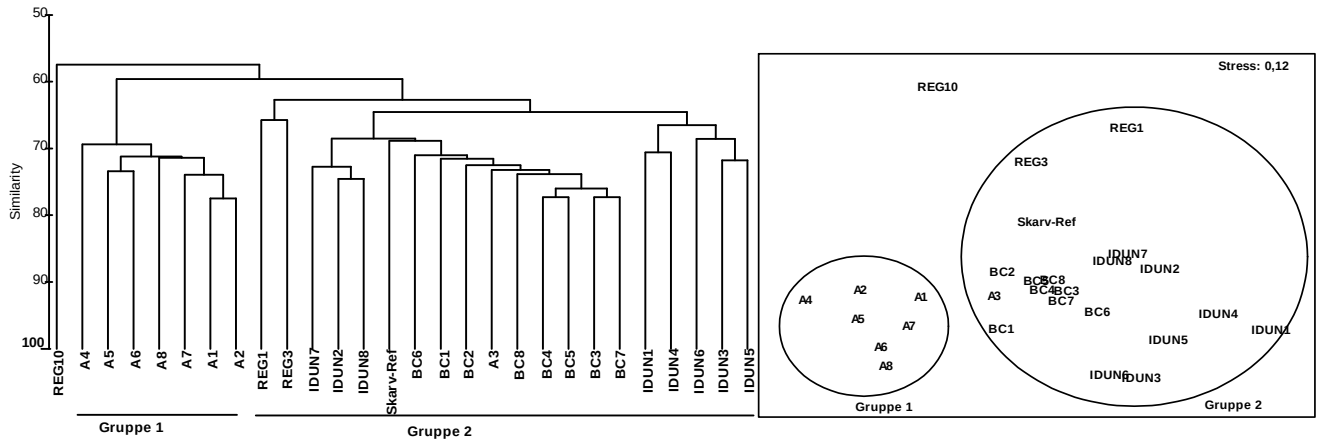
Figur 4.14-7. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Skarv 2006.*



Figur 4.14-7. *forts*.

Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.14-8. Analysene viser at stasjonene på Skarv A deler seg inn i egen gruppe (1), med unntak av stasjon A3 som tilhører gruppe 2 sammen med de øvrige stasjonene på Skarv samt REG2 og -3, ved ca 60 % likhet. Referansestasjonen ligger på 366m dyp, faunaen her har mest til felles med faunaen på Skarv BC og delvis Idun. REG1 og -3 dekker to ulike dyp, hhv. 393 og 337m, og er også egnet sammenligningsgrunnlag for Skarv. REG10, som ligger ved Heidrunfeltet, skiller seg ut i forhold til de andre stasjonene.



Figur 4.14-8. *Dendrogram og MDS-plot på stasjonsnivå, Skarv 2006.*

Tabell 4.14-9 *Inndeling i hovedfaunagrupper,Skarv 2006.*

Gruppe	**Karakteristikk**
Gruppe 1	Stor overvekt av muslinger som *B. pectunculodes, Limopsis* spp*., A. sulcata auctt* og *Y. acuminata* samt børstemarkene *S. typicus, P. quadricuspis* og *A. macroglossus.*
Gruppe 2	Liten andel muslinger, stor overvekt av pølseorm *Golfingia* spp. og børstemarken *C. setosa.*

Generelt viser inndelingen i faunagrupper to ulike habitater. En overvekt av muslinger og karnivore og filtrerende børstemark i gruppe 1 indikerer et sediment med relativt høyt sandinnhold på Skarv A. Gruppe 2 har en fauna som indikerer en høyere finstoffandel med forholdsvis høyt innhold av gravende pølseorm og børstemarken *C. setosa*.

Bioenv-analysen viser en korrelasjon på 0,7 mellom fauna og kornstørrelse, noe som bekrefter at inndelingen i faunagrupper etter habitat kan forklares med variasjoner i kornstørrelsen.

Tilsvarende analyse uten de regionale stasjonene ga god korrelasjon (0,8) for THC, Cu, TOM og kornstørrelse. Nivåene av både THC og kobber er lave over Skarvområdet, men noe lavere ved bunnramme A, noe som igjen er relatert til dyp og sedimenttype.

4.14.5 Konklusjoner

Ramme A: Området er grunnere enn Skarv BC og Idun, og sedimentene består hovedsakelig av veldig fin sand med lavere innhold av organisk materiale (4,1-5,6 %) enn de to andre undersøkte bunnrammene. Det er ikke påvist THC-konsentrasjoner over LSC. Alle stasjoner har bariumnivåer over LSC, største konsentrasjoner (ca. 1600 mg/kg) ble påvist 500m i sørvestlig og nordvestlig retning. Bunndyrssamfunnet er uforstyrret, og artssammensetninge skiller seg noe fra Skarv BC og Idun, noe som har sammenheng med ulik sedimenttype.

Ramme BC: Sedimentene består hovedsakelig av silt og leire. Innhold av totalt organisk materiale varierer mellom 6,6-8,5 %. Én stasjon (500m i nordøstlig retning) har THC-nivå moderat over LSC, men analysen viser kun normal bakgrunn og ingen spor av boreslamsolje. Alle stasjonene har bariumnivåer over LSC. Størst konsentrasjon er påvist på BC1 (500m nordøst), med om lag 1000 mg/kg. Faunaen på BC er uforstyrret.

Idun: Sedimentene består hovedsakelig av silt og leire. Innhold av totalt organisk materiale varierer mellom 5,9-8,5 %. På 5 av 8 stasjoner er det funnet THC-nivåer over LSC. Høyest konsentrasjon er påvist 500m i nordøstlig retning. Det er ikke påvist boreslamolje. 5 av 8 stasjoner har bariumnivåer over LSC. Størst konsentrasjon (ca. 750 mg/kg) er funnet 500m i nordøstlig retning. Faunaen på Idun inneholder færre arter og individer og noe lavere diversitetsindekser enn Skarv A og BC. Dette har sannsynligvis sammenheng med at sedimentet på Idun er homogent, og hovedsakelig består av silt og leire. Bunndyrssamfunnet på Idun betraktes som uforstyrret.

Referansestasjonen samt REG1 og -3 er egnet sammenligningsgrunnlag for Skarv.

4.15 Hans

4.15.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

TOTAL har som operatør i PL 323 et gassprospekt i blokk 6406/8 boret en letebrønn fra oktober 2006 til mars 2007. Boringen er utført med vannbasert slam som ble sluppet ut, samt med oljebasert slam i nederste del som ble samlet opp og fraktet til land for behandling. Boringen foregikk på ca. 350 meters dyp. I henhold til interne krav er det utført miljøundersøkelser også i forbindelse med leteboring og dette er gjort grunnlagsundersøkelse. Hans ligger vest av Njord og syd for Kristinfeltet i et område hvor det nord og øst for Hans er utført mange sedimentundersøkelser og området er godt karakterisert. Nærmeste regionale stasjon er REG8.

Prøvetaking

Havdypet på Hans varierte fra 359 til 272m. Sedimentet bestod overveiende av et brunt topplag med grå myk leire under. Prøvetakingen ble gjennomført uten problemer i henhold til programmet.

Det er ingen spesielle anmerkninger fra prøvetakingen. I rapporteringen er prefikset Hans utelatt, og stasjonsnummer oppgitt.

4.15.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Analyseresultatene av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.15-1 og vist i Figur 4.15-1. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordeling er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.15-1. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Hans 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
1	30	250	367	5,17	Silt og leire	80,0	20,0	0,0	5,50
2	30	500	365	4,84	Silt og leire	76,8	23,2	0,1	5,39
3	30	1 000	367	4,94	Silt og leire	79,9	19,5	0,6	5,50
4	120	250	372	5,07	Silt og leire	82,0	18,0	0,0	5,56
5	120	500	364	4,74	Silt og leire	80,1	19,7	0,2	5,50
6	120	1 000	367	4,92	Silt og leire	78,6	21,3	0,2	5,45
7	210	250	366	4,93	Silt og leire	82,0	18,0	0,0	5,56
8	210	500	366	4,95	Silt og leire	76,7	23,1	0,1	5,39
9	210	1 000	367	5,03	Silt og leire	80,4	19,6	0,0	5,51
10	300	250	358	5,10	Silt og leire	80,7	19,3	0,0	5,52
11	300	500	366	5,10	Silt og leire	80,7	18,1	1,2	5,52
12	300	1 000	366	4,94	Silt og leire	77,1	20,1	2,8	5,41
13	300	2 000	364	4,99	Silt og leire	74,2	23,1	2,7	5,30

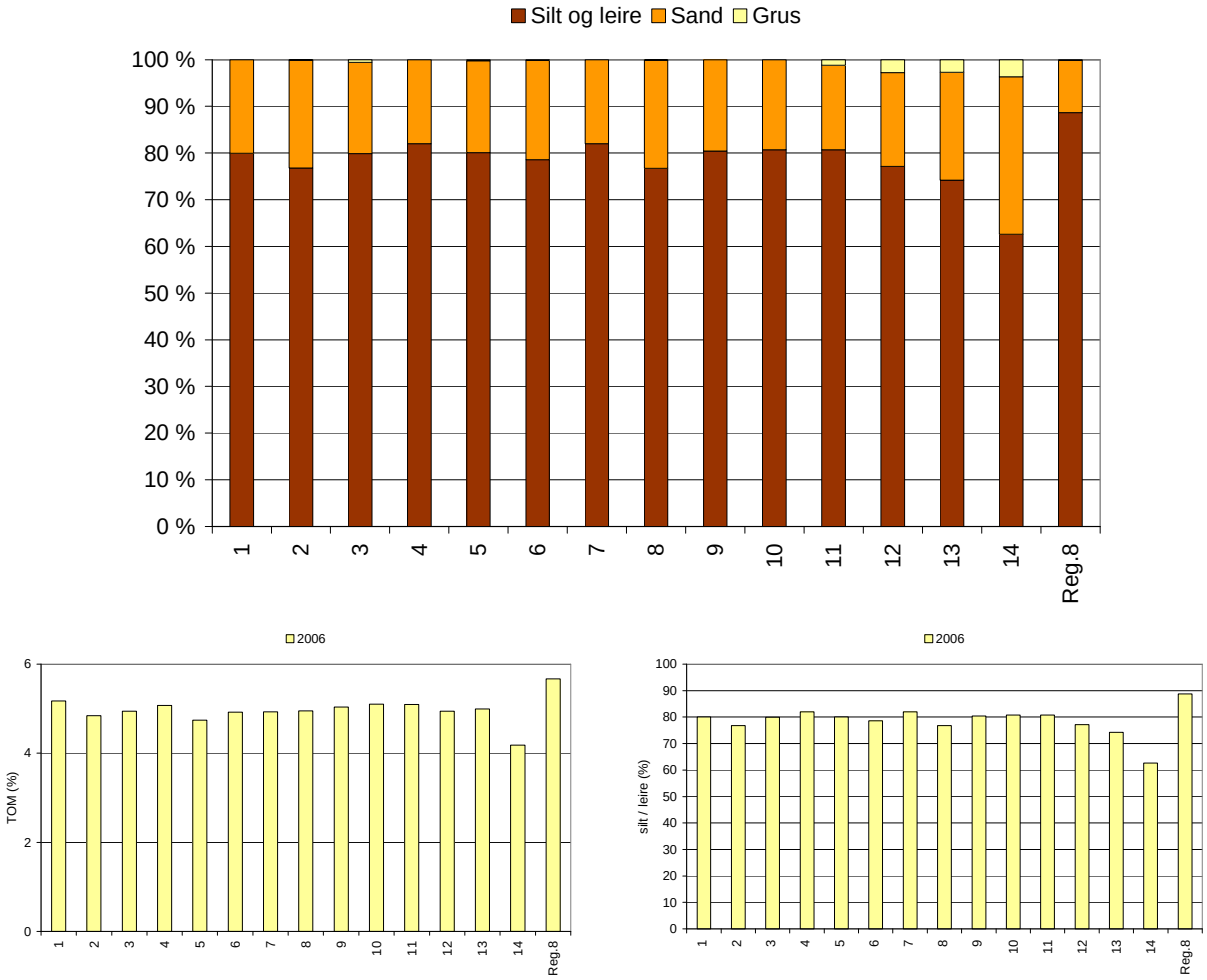
Tabell 4.15-1. *forts*.

14	300	4 000	359	4,18	Silt og leire	62,6	33,8	3,6	4,81
Reg. 8			338	5,67	Silt og leire	88,7	11,1	0,19	5,74
Gj. snitt*				4,92		78,0	21,2	0,8	5,42
SD *				0,24		5,0	4,0	1,3	0,19
Min.*				4,18		62,6	18,0	0,0	4,81
Max.*				5,17		82,0	33,8	3,6	5,56

*Uten Reg.8

Sedimentene på Hans består hovedsakelig av silt og leire, med et gjennomsnittlig innhold på 78 ± 5,0 %. Andelen av silt og leire varierer fra 62,6 % på stasjon 14 til 82 % på stasjon 7.

Tre ulike stasjoner, REG8, -9 og Kristin Ref. ble vurdert som mulige referansestasjoner for Hans. Verdiene for Kristin Ref. befinner seg utenfor de observerte variasjonene på Hans, og anses derfor som lite egnet som sammenligningsgrunnlag for Hans. Både REG8 og -9 har verdier som korrelerer godt med resultatene for feltet. REG8 ble ansett som best egnet fordi dyp og sedimenttype passer best med stasjonene på Hans.



Figur 4.15-1. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire), Hans 2006. Prosentvis andel av silt og leire, sand og grus er vist øverst.*

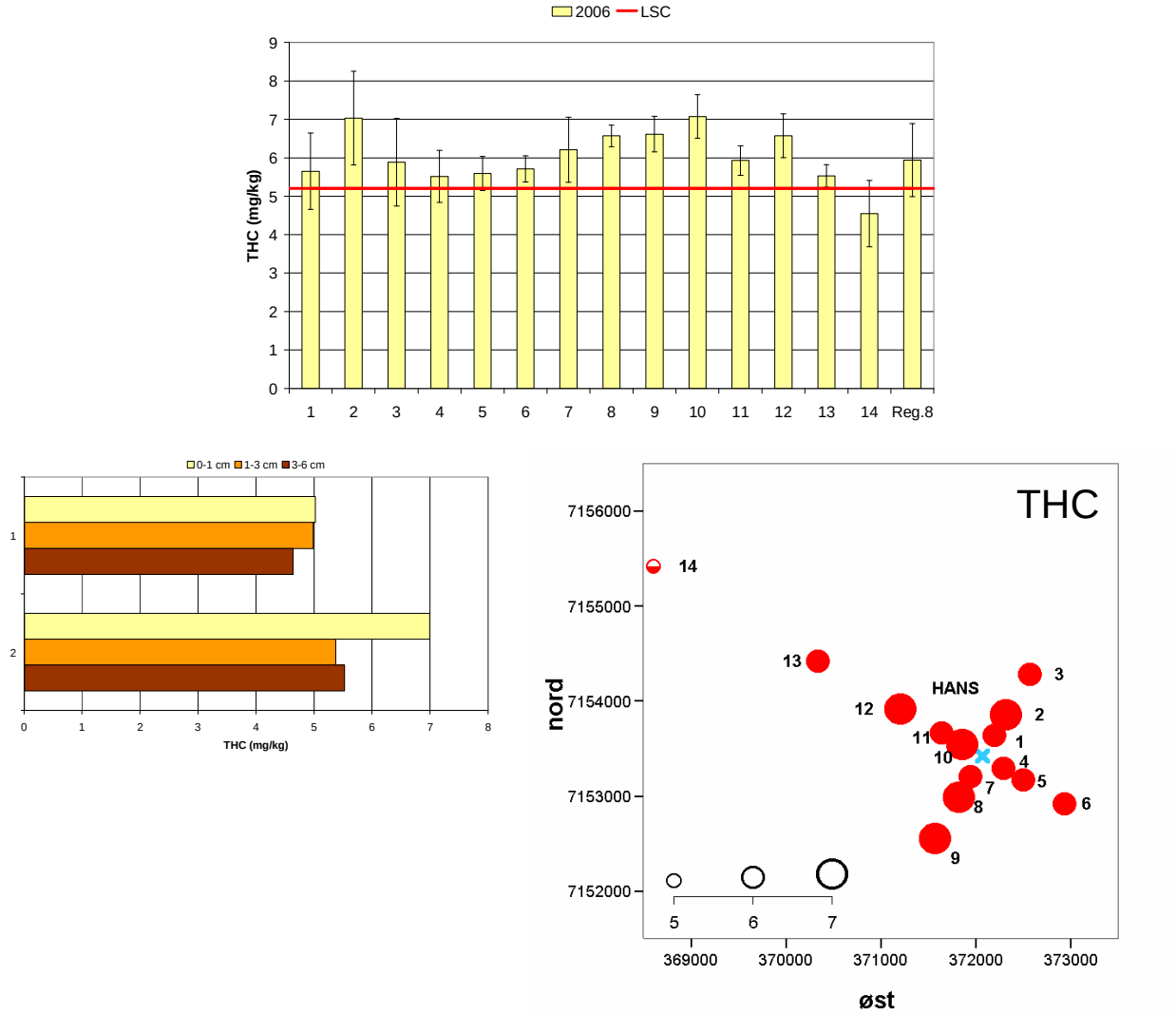
Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.15-1 og vist i Figur 4.15-1. Det gjennomsnittlige innholdet av TOM på Hans er 4,92 ± 0,24 %. Innholdet av TOM varierer i overensstemmelse med andelen silt og leire.

4.15.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.15-2. Figur 4.15-2 viser gjennomsnittlig innhold av THC i toppsedimentet (0-1cm), samt den vertikale fordelingen av THC for to av stasjonene på Hans. Kromatogrammer av utvalgte stasjoner og HDF-200 er vist i Figur 4.15-3. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

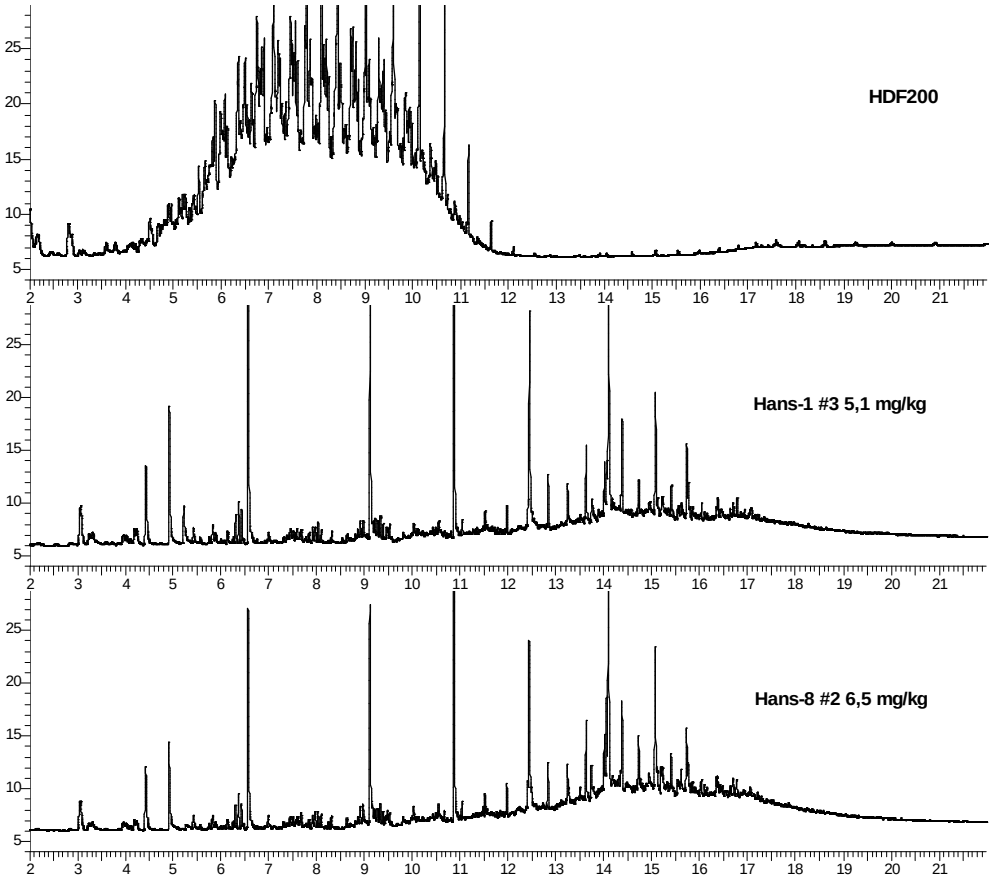


Figur 4.15-2. *Gjennomsnittlig innhold av THC i toppsedimentet (0-1cm) på Hans, og vertikal fordeling av THC i sjiktene 1-3cm og 3-6cm på stasjon 1 og 2. Geografisk plott av fordelingen av THC på Hans. Borelokasjonen er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med THC >LSC er markert med fylte sirkler*

Innholdet av THC varierer fra 4,1 til 7,5 mg/kg. Samtlige stasjoner, med unntak av 14, har noe forhøyede THC verdier sammenlignet med LSC-verdien. Stasjon 14 skiller seg noe fra de andre stasjonene med lavere andel av TOM, silt og leire, samt lavere konsentrasjon av THC. THC er forholdsvis jevnt distribuert i de tre sjiktene.

Tabell 4.15-2. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment), Hans 2006. For stasjon 1 og -2 ble det tatt prøver i tre sjikt, disse er markert med grå farge. Verdier >LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
1	30	250	**6**	1	0,088	0,007	0,08	0,01	< 0,1	-
1, 0-1 cm	30	250	5		0,085		0,08		< 0,1	
1, 1-3 cm	30	250	5		0,088		0,07		< 0,1	
1, 3-6 cm	30	250	5		0,095		0,07		< 0,1	
2	30	500	**7**	1	0,109	0,009	0,09	0,01	< 0,1	-
2, 0-1 cm	30	500	**7**		0,110		0,10		< 0,1	
2, 1-3 cm	30	500	5		0,110		0,09		< 0,1	
2, 3-6 cm	30	500	**6**		0,121		0,08		< 0,1	
3	30	1 000	**6**	1						
4	120	250	**6**	1						
5	120	500	**6**	0						
6	120	1 000	**6**	0						
7	210	250	**6**	1						
8	210	500	**7**	0						
9	210	1 000	**7**	0						
10	300	250	**7**	1						
11	300	500	**6**	0						
12	300	1 000	**7**	1						
13	300	2 000	**6**	0						
14	300	4 000	5	1						
Reg. 8			**6**	1	0,133	0,011	0,11	0,02	<0,1	-
Gj. snitt*			6		0,099		0,08		< 0,1	
SD *			1		0,015		0,01		< 0,1	
Min.*			5		0,088		0,08		< 0,1	
Max.*			7		0,109		0,09		< 0,1	
LSC			5		0,129		0,10			



Figur 4.15-3. *Gasskromatogram av HDF 200 og utvalgte prøver fra Hans.*

Kromatogrammene av stasjon 1 og 8 viser normale bakgrunnsverdier. Dette er karakteristisk for alle stasjonene på Hans. Det er påvist lave verdier av PAH og NPD, alle er under LSC-grensen. Dekaliner er ikke påvist, og resultatene viser ingen tegn til kontaminering fra aktiviteter i området.

PFAS

Referansestasjon på Hans ble, sammen med en stasjon fra hvert av feltene Njord, Draugen, Norne, Heidrun og Skarv, analysert for PFAS. Resultatene er i sin helhet presentert Kap. 4.17.

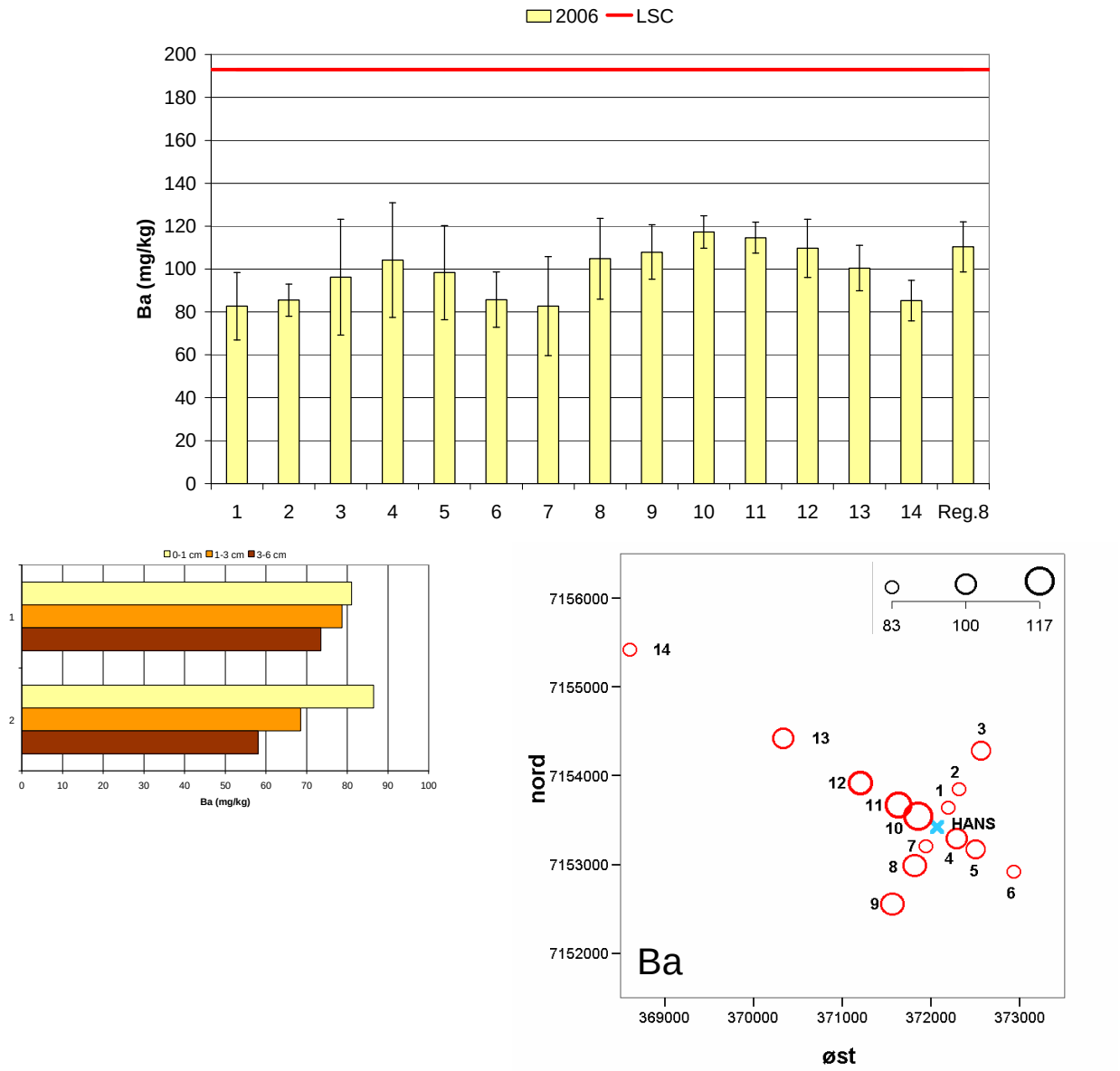
Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentene og konsentrasjoner fra de seksjonerte prøvene er gitt i Tabell 4.15-3. Det gjennomsnittlige innholdet av metaller i toppsedimentsjiktet, samt konsentrasjonene av barium i sjikt fra to av stasjonene er vist i Figur 4.15-5.

Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

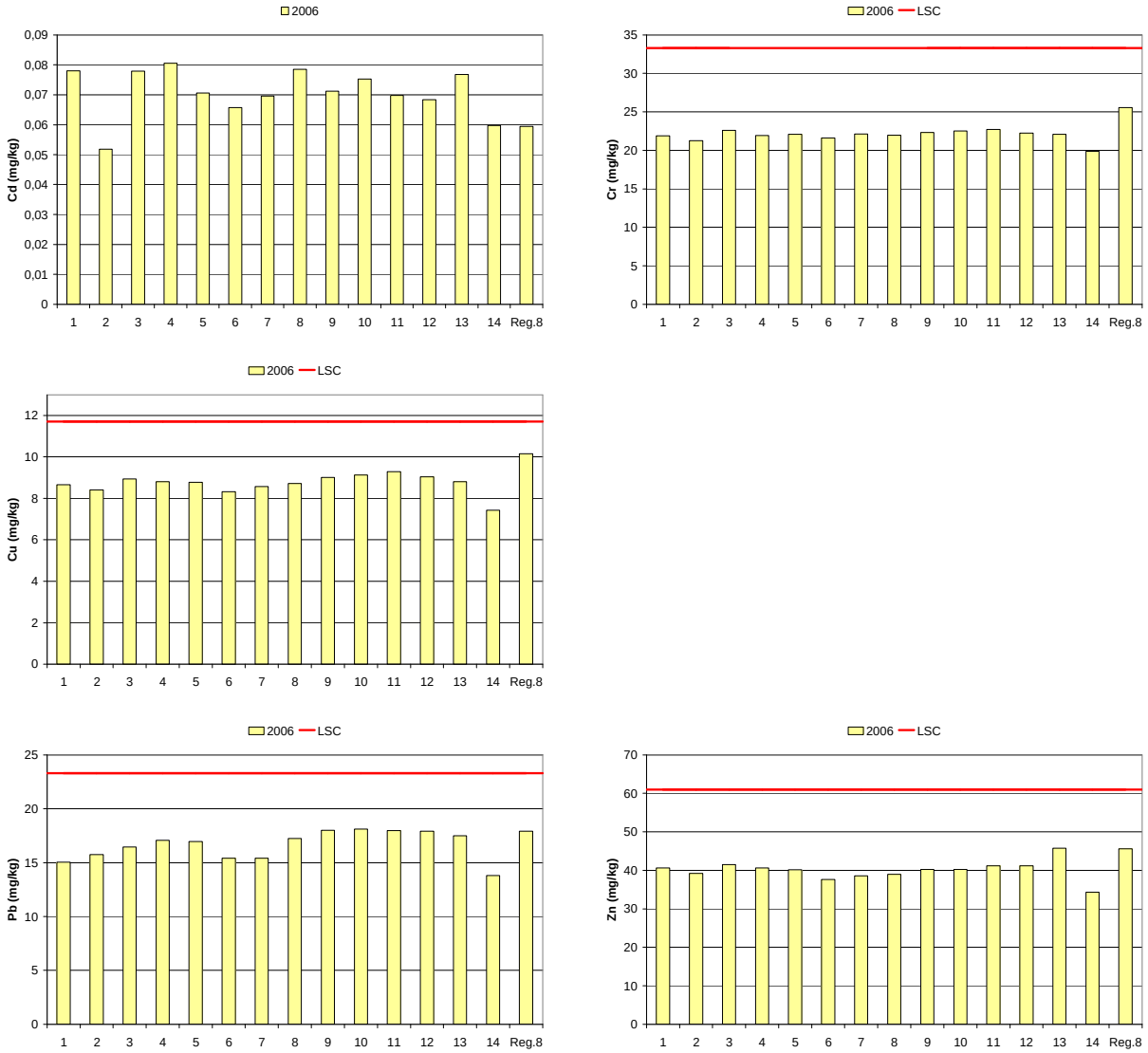
Tabell 4.15-3. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Hans 2006. Verdier > LSC er uthevet. Sjiktprøver er markert med grå farge.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
1	30/250	83	16	0,08	0,02	21,9	1,1	8,7	0,8	< 0.02	-	15,0	2,5	41	4
1, 0-1 cm	30/250	81		0,10		21,9		8,6		< 0.02		14,3		44	
1, 1-3 cm	30/250	79		0,06		22,5		8,6		< 0.02		15,6		43	
1, 3-6 cm	30/250	74		0,04		21,9		8,6		< 0.02		16,5		47	
2	30/500	86	7	0,05	0,01	21,3	0,7	8,4	0,3	< 0.02	-	15,7	1,7	39	1,71
2, 0-1 cm	30/500	86		0,05		22,0		8,8		< 0.02		17,4		41	
2, 1-3 cm	30/500	69		0,06		22,3		8,9		< 0.02		17,1		42	
2, 3-6 cm	30/500	58		0,05		22,4		8,7		< 0.02		15,9		41	
3	30/1 000	96	27	0,08	0,01	22,6	0,9	8,9	0,9	< 0.02	-	16,5	2,5	41	3
4	120/250	104	27	0,08	0,01	21,9	1,5	8,8	0,9	< 0.02	-	17,1	2,5	41	4
5	120/500	98	22	0,07	0,01	22,1	0,6	8,8	0,4	< 0.02	-	17,0	1,7	40	2
6	120/1 000	86	13	0,07	0,01	21,6	1,1	8,3	0,7	< 0.02	-	15,4	1,4	38	2
7	210/250	83	23	0,07	0,01	22,1	0,6	8,6	0,7	< 0.02	-	15,4	2,6	39	1,96
8	210/500	105	19	0,08	0,00	22,0	0,6	8,7	0,4	< 0.02	-	17,2	1,2	39	1,33
9	210/1 000	108	13	0,07	0,01	22,3	0,2	9,0	0,2	< 0.02	-	18,0	0,7	40	1,06
10	300/250	117	8	0,08	0,00	22,5	0,9	9,1	0,5	< 0.02	-	18,1	0,9	40	1,77
11	300/500	115	7	0,07	0,01	22,7	0,1	9,3	0,1	< 0.02	-	18,0	1,0	41	1,81
12	300/1 000	110	14	0,07	0,01	22,2	0,6	9,0	0,4	< 0.02	-	17,9	1,7	41	2,10
13	300/2 000	100	11	0,08	0,01	22,1	0,6	8,8	0,4	< 0.02	-	17,5	2,3	46	4,98
14	300/4 000	85	9	0,06	0,01	19,9	0,2	7,4	0,1	< 0.02	-	13,8	1,1	34	1,59
Reg. 8		110	12	0,06	0,01	25,6	0,9	10,1	0,5	0,03	0,00	17,9	1,1	46	2
Gj. snitt*		98		0,07		22,0		8,7		< 0.02		16,6		40	
SD *		12		0,01		0,7		0,5		< 0.02		1,3		2	
Min. *		83		0,05		19,9		7,4		< 0.02		13,8		34	
Max. *		117		0,08		22,7		9,3		< 0.02		18,1		46	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	



Figur 4.15-4. *Gjennomsnittlig innhold av barium på Hans, samt vertikalfordeling av Ba fra to av stasjonene. Geografisk plott av fordelingen av barium på Hans. Feltsenteret er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med Ba>LSC er markert med fylte sirkler.*

Konsentrasjonene av barium var lavere enn LSC-verdien på alle stasjonene. Resultatene fra de seksjonerte prøvene viser en vertikal gradient med avtagende bariumkonsentrasjon fra topp til lavere sjikt på stasjon 2, mens bariuminnholdet på stasjon 1 er noe mer jevnt distribuert i sjiktene.



Figur 4.15-5 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentet (0-1cm) på Hans.*

Metallkonsentrasjonene ved samtlige stasjoner var lavere enn LSC-verdien. Konsentrasjonene av kvikksølv var under deteksjonsgrensen (<0,02) (og er derfor ikke fremstilt grafisk).

På referansestasjonen (REG8) er konsentrasjonene av alle metaller lavere enn LSC-verdien.

4.15.4 Biologiske analyser

Diversiteten på Hans er høy og faunaen kan karakteriseres som kompleks og uforstyrret, se Tabell 4.15-4. De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.15-5.

Tabell 4.15-4. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}) for hver stasjon, Hans 2006.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
1	30	250	367	119	943	5,9	0,9	48
2	30	500	365	114	951	5,9	0,9	49
3	30	1 000	367	105	907	5,7	0,9	46
4	120	250	372	118	922	5,8	0,8	47
5	120	500	364	97	682	5,6	0,9	44
6	120	1 000	367	107	856	5,8	0,9	46
7	210	250	366	109	814	5,9	0,9	49
8	210	500	366	116	854	5,7	0,8	46
9	210	1 000	367	111	889	5,7	0,8	46
10	300	250	358	97	543	5,9	0,9	49
11	300	500	366	103	639	5,8	0,9	48
12	300	1 000	366	96	568	5,8	0,9	49
13	300	2 000	364	106	683	5,8	0,9	49
14	300	4 000	359	93	579	5,6	0,9	45

Tabell 4.15-5. *De ti mest vanlige artene på hver stasjon, Hans 2006.*

.10 mest vanlige arter							
1	**Antall**	**%**	**Kum %**	**2**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	100	10,6	10,6	Euchone incolor	72	7,6	7,6
Paradiopatra quadricuspis	43	4,6	15,2	Abra longicallus	47	4,9	12,5
Chaetozone setosa complex	40	4,2	19,4	Amythasides macroglossus	47	4,9	17,5
Amythasides macroglossus	35	3,7	23,1	Paradiopatra quadricuspis	43	4,5	22,0
Terebellides stroemi	30	3,2	26,3	Chaetozone setosa complex	37	3,9	25,9
Golfingia spp.	29	3,1	29,4	Golfingia spp.	32	3,4	29,2
Paradoneis lyra	28	3,0	32,3	Paradoneis lyra	25	2,6	31,9
Abra longicallus	28	3,0	35,3	Lumbrineris scopa	25	2,6	34,5
Octobranchus floriceps	27	2,9	38,2	Notomastus sp.	25	2,6	37,1
Tharyx sp.	26	2,8	40,9	Terebellides stroemi	24	2,5	39,6
3	**Antall**	**%**	**Kum %**	**4**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	92	10,1	10,1	Chaetozone setosa complex	85	9,2	9,2
Amythasides macroglossus	52	5,7	15,9	Euchone incolor	72	7,8	17,0
Chaetozone setosa complex	49	5,4	21,3	Paradiopatra quadricuspis	48	5,2	22,2
Paradiopatra quadricuspis	44	4,9	26,1	Amythasides macroglossus	40	4,3	26,6
Abra longicallus	39	4,3	30,4	Paradoneis lyra	35	3,8	30,4
Paradoneis lyra	33	3,6	34,1	Golfingia spp.	32	3,5	33,8
Terebellides stroemi	28	3,1	37,2	Abra longicallus	27	2,9	36,8
Euclymene lindrothi	20	2,2	39,4	Octobranchus floriceps	24	2,6	39,4
Levinsenia gracilis	19	2,1	41,5	Levinsenia gracilis	23	2,5	41,9
Lumbrineris scopa	19	2,1	43,6	Terebellides stroemi	22	2,4	44,3

Tabell 4.15-5. *forts*.

5	Antall	%	Kum %	6	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	56	8,2	8,2	Euchone incolor	68	7,9	7,9
Chaetozone setosa complex	43	6,3	14,5	Chaetozone setosa complex	49	5,7	13,7
Paradiopatra quadricuspis	39	5,7	20,2	Abra longicallus	46	5,4	19,0
Paradoneis lyra	39	5,7	26,0	Paradiopatra quadricuspis	37	4,3	23,4
Terebellides stroemi	30	4,4	30,4	Amythasides macroglossus	37	4,3	27,7
Levinsenia gracilis	27	4,0	34,3	Golfingia spp.	36	4,2	31,9
Amythasides macroglossus	26	3,8	38,1	Terebellides stroemi	35	4,1	36,0
Octobranchus floriceps	24	3,5	41,6	Paradoneis lyra	28	3,3	39,3
Golfingia spp.	21	3,1	44,7	Octobranchus floriceps	23	2,7	41,9
Spiophanes wigleyi	19	2,8	47,5	Nucula tumidula	22	2,6	44,5
7	**Antall**	**%**	**Kum %**	**8**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Abra longicallus	50	6,1	6,1	Euchone incolor	102	11,9	11,9
Euchone incolor	48	5,9	12,0	Golfingia spp.	63	7,4	19,3
Amythasides macroglossus	40	4,9	17,0	Chaetozone setosa complex	42	4,9	24,2
Golfingia spp.	38	4,7	21,6	Amythasides macroglossus	33	3,9	28,1
Paradiopatra quadricuspis	34	4,2	25,8	Paradiopatra quadricuspis	32	3,8	31,9
Terebellides stroemi	30	3,7	29,5	Terebellides stroemi	27	3,2	35,0
Paradoneis lyra	27	3,3	32,8	Octobranchus floriceps	26	3,0	38,1
Chaetozone setosa complex	25	3,1	35,9	Paradoneis lyra	24	2,8	40,9
Notomastus sp.	25	3,1	38,9	Abra longicallus	23	2,7	43,6
Ophelina abranchiata	21	2,6	41,5	Myriochele fragilis	20	2,3	45,9
9	**Antall**	**%**	**Kum %**	**10**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	133	15,0	15,0	Paradoneis lyra	27	5,0	5,0
Chaetozone setosa complex	52	5,9	20,8	Chaetozone setosa complex	23	4,2	9,2
Paradiopatra quadricuspis	38	4,3	25,1	Euchone incolor	23	4,2	13,4
Paradoneis lyra	27	3,0	28,1	Euclymene lindrothi	23	4,2	17,7
Amythasides macroglossus	27	3,0	31,2	Paradiopatra quadricuspis	22	4,1	21,7
Euclymene lindrothi	27	3,0	34,2	Abra longicallus	21	3,9	25,6
Ophelina abranchiata	26	2,9	37,1	Terebellides stroemi	18	3,3	28,9
Limopsis cristata	23	2,6	39,7	Notomastus sp.	15	2,8	31,7
Spiophanes wigleyi	22	2,5	42,2	Limopsis cristata	15	2,8	34,4
Terebellides stroemi	21	2,4	44,5	Kelliella miliaris	15	2,8	37,2
11	**Antall**	**%**	**Kum %**	**12**	**Antall**	**%**	**Kum %**
Euchone incolor	59	9,2	9,2	Euchone incolor	64	11,3	11,3
Abra longicallus	34	5,3	14,6	Paradiopatra quadricuspis	23	4,1	15,3
Chaetozone setosa complex	28	4,4	18,9	Abra longicallus	21	3,7	19,0
Amythasides macroglossus	24	3,8	22,7	Limopsis cristata	20	3,5	22,5
Terebellides stroemi	22	3,4	26,1	Paradoneis lyra	18	3,2	25,7
Paradiopatra quadricuspis	22	3,4	29,6	Chaetozone setosa complex	17	3,0	28,7
Octobranchus floriceps	18	2,8	32,4	Entalina tetragona	16	2,8	31,5
Paradoneis lyra	18	2,8	35,2	Terebellides stroemi	15	2,6	34,2
Augeneria tentaculata	16	2,5	37,7	Golfingia spp.	13	2,3	36,4

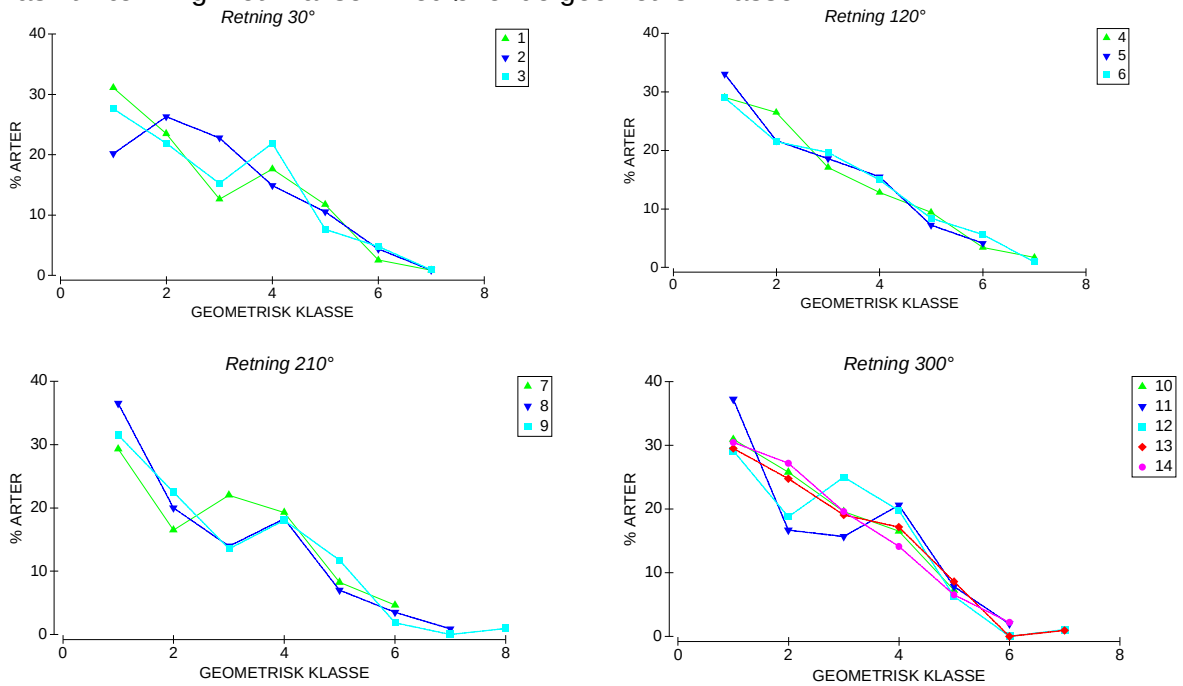
Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

Nephtys hystricis	16	2,5	40,2	Amythasides macroglossus	13	2,3	38,7

Tabell 4.15-5. *forts*.

13	Antall	%	Kum %	14	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	77	11,3	11,3	Euchone incolor	61	10,5	10,5
Abra longicallus	29	4,3	15,5	Paradiopatra quadricuspis	33	5,7	16,2
Paradiopatra quadricuspis	29	4,3	19,8	Paradoneis lyra	28	4,8	21,1
Paradoneis lyra	28	4,1	23,9	Abra longicallus	26	4,5	25,6
Terebellides stroemi	26	3,8	27,7	Amythasides macroglossus	24	4,2	29,7
Chaetozone setosa complex	22	3,2	30,9	Chaetozone setosa complex	21	3,6	33,3
Amythasides macroglossus	19	2,8	33,7	Tharyx sp.	19	3,3	36,6
Limopsis cristata	16	2,3	36,0	Terebellides stroemi	17	2,9	39,6
Levinsenia gracilis	16	2,3	38,4	Nephtys spp.	15	2,6	42,1
Nephtys hystricis	16	2,3	40,7	Nucula tumidula	15	2,6	44,7

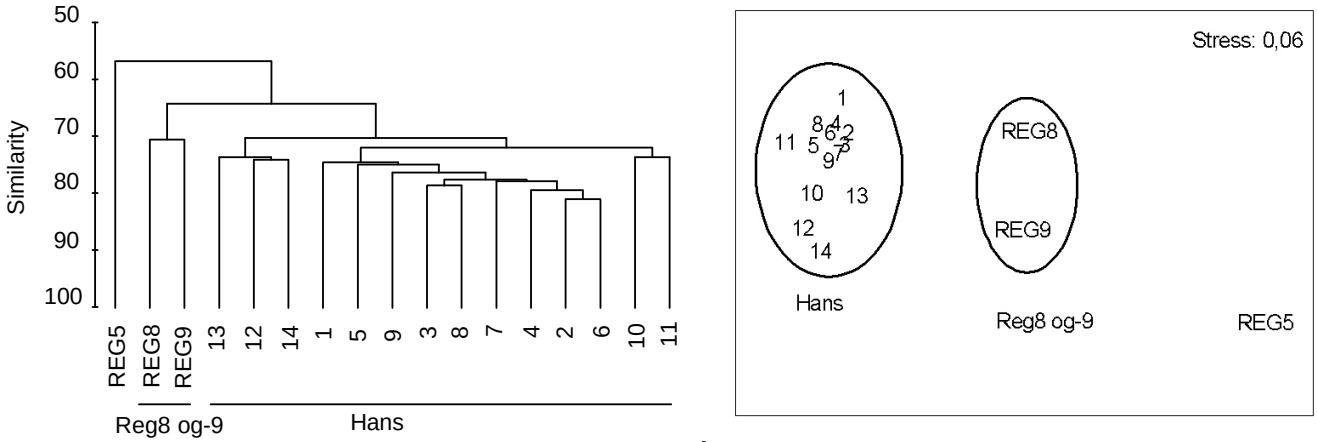
Hans domineres av børstemarken *Euchone incolor*, som topper listen på 11 av 14 stasjoner Andre vanlige arter er børstemarkene *Chaetozone setosa*, *Paradiopatra quadricuspis*, *Amythasides macroglossus*, *Paradoneis lyra* og muslingen *Abra longicallus*. Faunasamfunnet består av filter- og sedimentspisere samt noen karnivore arter. Artssammensetningen gjenspeiler et blandingssediment med en kompleks og uforstyrret fauna, noe som understøttes av Figur 4.15-6 hvor kurvene viser et uforstyrret samfunn med høyt startpunkt på Y-aksen og rask tilnærming mot X-aksen med økende geometrisk klasse.



Figur 4.15-6. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Hans 2006.*

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.15-7. Analysene viser at feltstasjonene på Hans og de nærliggende regionale stasjonene REG8 og -9 deler seg i to grupper ved en likhet på ca. 65 %. REG5, som er betydelig grunnere enn de øvrige stasjonene, skiller seg ut.



Figur 4.15-7. *Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Hans 2006.*

Tabell 4.15-6. *Inndeling i hovedfaunagrupper, Hans 2006.*

Gruppe	Karakteristikk
Hans	Feltstasjonene på Hans skiller seg fra de regionale ved å ha et høyere antall individer av børstemarkene *E. incolor, C. setosa, P. quadricuspis, A. macroglossus* og *Paradoneis lyra.*
REG8 og-9	Generelt noe lavere individtall av de vanligste artene på Hans. Relativt mye av muslingene *A. longicallus og Limopsis cristata* samt børstemarken *Nepthys hystricis* sammenlignet med faunaen på Hans.
REG5	Få individer av børstemarkene *E. incolor* og A. *macroglossus*, relativt mye av børstemarken *N. hystricis* i forhold til feltstasjonene.

Bioenv-analysen gir høyest korrelasjon (0,8) mellom fauna og miljøfaktorene dyp, organisk materiale, barium, krom og kornstørrelse. Av disse er det forskjeller i dyp mellom de regionale stasjonene og feltstasjonene på Hans som i hovedsak kan forklare variasjonene i faunaen. De øvrige faktorene varierer i mindre grad.

Samme analyse uten de regionale stasjonene gir en maksimumskorrelasjon på 0,7 for miljøfaktorene dyp, TOM, Pb og korn. Disse faktorene varierer i liten grad innen stasjonene på Hans, og resultatet viser at faunavariasjonene på Hans er små.

4.15.5 Konklusjoner

Sedimentene på Hans består for det meste av silt og leire med et innhold av organisk materiale på mellom 4,2 og 5,2 %. Alle stasjoner har THC-nivåer moderat over eller på LSC. Det er ikke påvist spor av boreslamsolje eller THC-gradienter nedover i sedimentet.

Barium er ikke påvist i nivåer over LSC på noen av stasjonene.

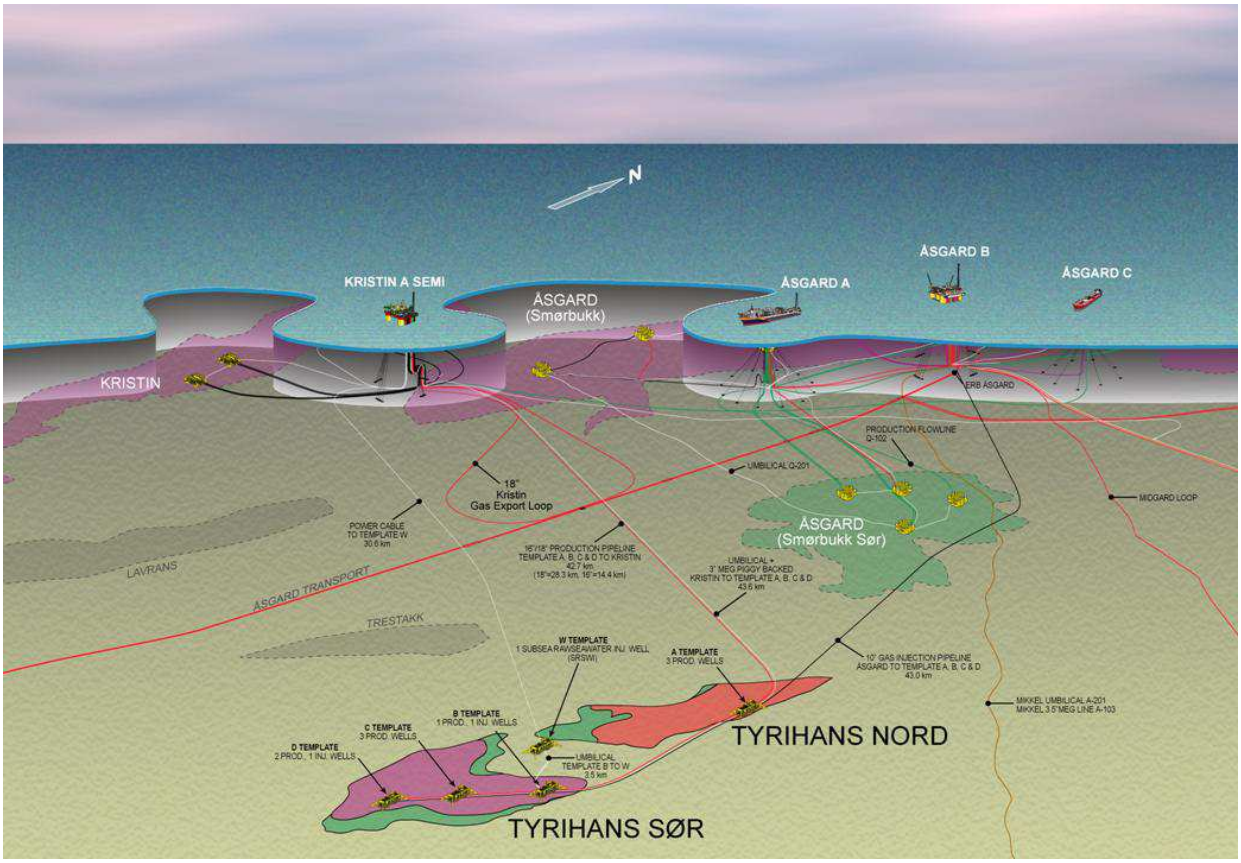
Faunasamfunnet på Hans har høy diversitet og har en kompleks og uforstyrret fauna. De regionale stasjonene skiller seg noe fra feltstasjonene, og en egen referansestasjon bør etableres ved eventuell fremtidig overvåking.

4.16 Tyrihans

4.16.1 Introduksjon

Generell beskrivelse

Undersøkelsen på Tyrihans er en grunnlagsundersøkelse. Feltutbyggingen omfatter Tyrihans Sør, som er et oljefelt med en gasskappe, og Tyrihans Nord, som er et gass- og kondensatfelt med en tynn oljesone. Feltet skal etter planen bygges ut med fem havbunnsrammer som kobles opp mot det Statoil-opererte Kristin-feltet, se Figur 4.16-1. Brønn-strømmen skal overføres i en 43 kilometer lang rørledning til Kristin-plattformen. Derfra blir den sendt sammen med gass fra Kristin gjennom Åsgard Transport til behandlingsanlegget på Kårstø i Rogaland. Væskeproduksjonen (kondensat og olje) vil sammen med produksjonen fra Kristin-feltet bli stabilisert og sendt gjennom eksisterende rørledning til lagerskipet Åsgard C for videre transport med tankskip. Produksjonsstart er planlagt til 2009, når det er ledig kapasitet i prosesseringsanleggene på Kristin. I alt 12 brønner skal bores på Tyrihans.



Figur 4.16-1. *Feltutbygging Tyrihans.*

Prøvetaking

Havdypet på Tyrihans D varierte fra 263 til 275m. Sedimentene var dekket av et brunt topplag med grå leire under. På enkelte lokaliteter var det innslag av grus og noe stein.

Havbunnen og -dypet på Tyrihans B var som på Tyrihans D, mens Tyrihans A ligger i et noe dypere område (289-300m) bestående av mykere leire enn tilfellet var på de to andre havbunnsrammene.

Prøvene på Tyrihans ble samlet inn på de planlagte lokalitetene uten nevneverdige problemer. Det er ingen spesielle anmerkninger fra prøvetakingen. Stasjonene er betegnet med prefiks for bunnramme (A, B eller D) etterfulgt av stasjonsnummer.

4.16.2 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Analyseresultatene av kornstørrelse er gitt i Tabell 4.16-1 og vist i Figur 4.16-2. Detaljerte resultater av kornstørrelsesfordelingen er gitt i Appendiks C.

Sedimentene på Tyrihans består i hovedsak av silt og leire, med et gjennomsnittlig innhold på 72, 1 ± 9,6 %. Kornstørrelsesfordelingen på feltet varierer fra 59,7 % silt og leire på D1 til 90,3 % på A6. Tyrihans A ligger i et noe dypere område enn de andre rammene, og har den høyeste andelen av silt og leire, mens innholdet av grus er svært lavt. Tyrihans D har generelt lavere andel silt og leire, men en høyere andel sand og grus.

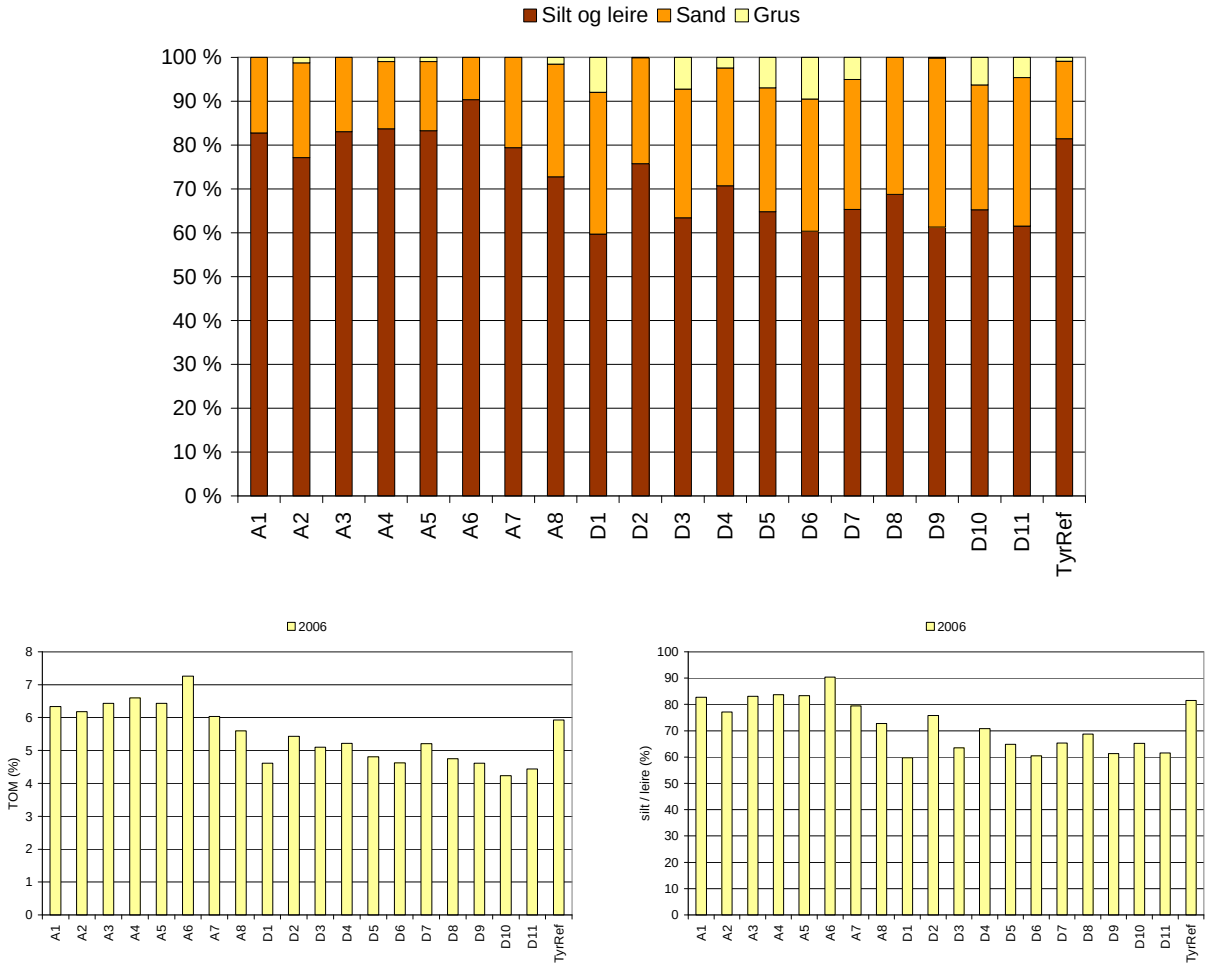
Tabell 4.16-1. *Kornstørrelsesfordeling og totalt organisk materiale (TOM) i % av tørt sediment, Tyrihans 2006.*

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
A1	60	500	290	6,3	Silt og leire	82,8	17,2	0,0	5,58
A2	60	1 000	292	6,2	Silt og leire	77,1	21,6	1,2	5,41
A3	150	500	289	6,4	Silt og leire	83,0	17,0	0,0	5,59
A4	150	1 000	290	6,6	Silt og leire	83,7	15,3	1,0	5,61
A5	240	500	293	6,4	Silt og leire	83,3	15,7	1,0	5,60
A6	240	1 000	294	7,3	Silt og leire	90,3	9,7	0,0	5,79
A7	330	500	290	6,0	Silt og leire	79,4	20,6	0,0	5,48
A8	330	1 000	290	5,6	Silt og leire	72,8	25,6	1,6	5,25
B1	60	500	274						
B2	60	1 000	273						
B3	150	500	277						
B4	150	1 000	273						
B5	240	500	274						
B6	240	1 000	272						
B7	330	500	276						
B8	330	1 000	276						
D1	60	500	273	4,6	Silt og leire	59,7	32,3	8,0	4,65
D2	60	1 000	273	5,4	Silt og leire	75,7	24,2	0,1	5,36
D3	60	1 500	273	5,1	Silt og leire	63,4	29,3	7,3	4,85
D4	60	2 000	263	5,2	Silt og leire	70,7	26,8	2,4	5,17
D5	60	3 000	271	4,8	Silt og leire	64,8	28,2	7,0	4,91
D6	150	500	267	4,6	Silt og leire	60,4	30,1	9,5	4,69
D7	150	1 000	269	5,2	Silt og leire	65,3	29,7	5,0	4,94

Tabell 4.16-1. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	Dyp	TOM	Klassifisering	Silt og leire	Sand	Grus	Median
	(°)	(m)	(m)	(%)		%	%	%	(Φ)
D8	240	500	278	4,7	Silt og leire	68,8	31,2	0,0	5,09
D9	240	1 000	271	4,6	Silt og leire	61,3	38,5	0,2	4,74
D10	330	500	269	4,2	Silt og leire	65,3	28,4	6,3	4,94
D11	330	1 000	275	4,4	Silt og leire	61,5	33,8	4,6	4,75
TyrRef	330	5 000	300	5,9	Silt og leire	81,5	17,6	0,9	5,54
Gj. snitt*				5,5		72,1	25,0	2,9	5,18
SD *				0,9		9,6	7,5	3,3	0,37
Min.*				4,2		59,7	9,7	0,0	4,65
Max.*				7,3		90,3	38,5	9,5	5,79

*Uten Tyrihans Ref.



Figur 4.16-2. *Sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire). Tyrihans 2006. Prosentvis andel av silt og leire, sand og grus er vist øverst.*

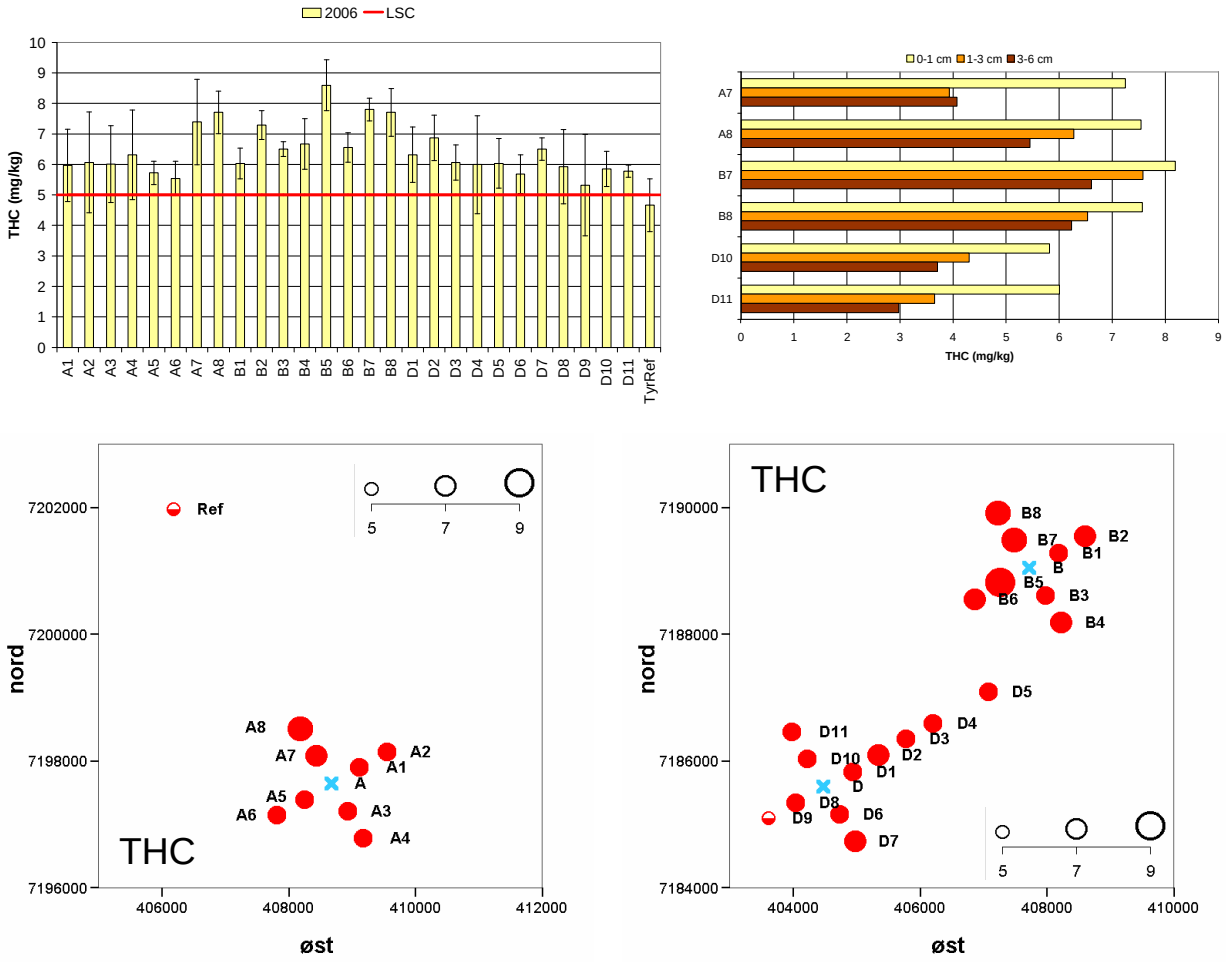
Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er gitt i Tabell 4.16-1og vist i Figur 4.16-2. Det gjennomsnittlige innholdet av TOM på Tyrihans er 5,5 ± 0,99 %. Innholdet av TOM varierer i overensstemmelse med andel silt og leire.

4.16.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

Resultatene fra analysene av hydrokarboner er gitt i Tabell 4.16-2 og vist i Figur 4.16-3. Kromatogrammer av utvalgte stasjoner og HF-200 er vist i Figur 4.16-4. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.



Figur 4.16-3. *Gjennomsnittlig THC innhold i toppsedimentet (0-1cm) på Tyrihans, og vertikalfordeling av THC i sjiktene 1-3cm og 3-6cm for seks av stasjonene. Geografisk plott av THC-fordelingen på Tyrihans (nederst til høyre). Feltsentrene er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med THC > LSC er markert med fylte sirkler.*

Innholdet av THC varierer fra 5 mg/kg på D9 til 9 mg/kg på B5, med en gjennomsnitts-konsentrasjon 6 ± 1 mg/kg. Med unntak av D9, overskrider samtlige stasjoner ved Tyrihans LSC-verdien (5 mg/kg). Den vertikale fordelingen viser en avtagende THC-konsentrasjon nedover i sedimentene.

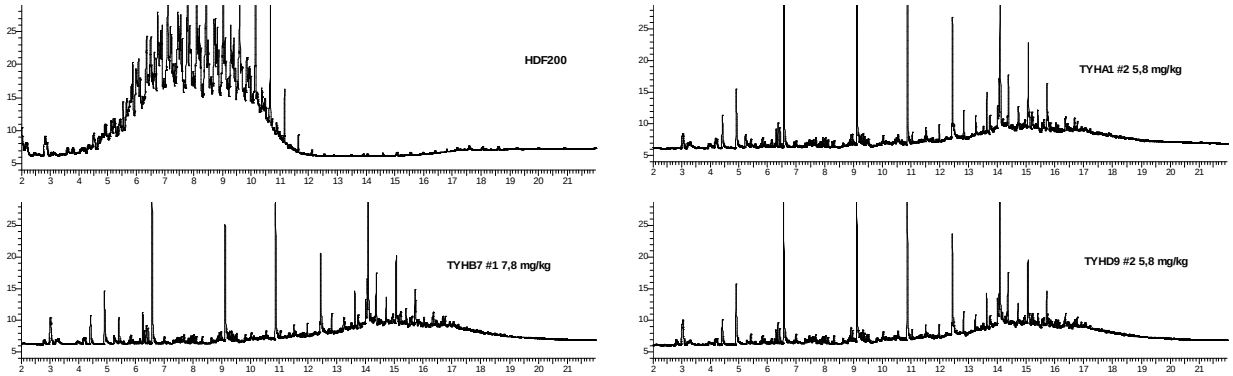
Tabell 4.16-2. *Gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment), Tyrihans 2006. Sjiktprøver er markert med grå farge. Verdier >LSC er uthevet.*

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
A1	60	500	**6**	1						
A2	60	1 000	**6**	2						
A3	150	500	**6**	1						
A4	150	1 000	**6**	1						
A5	240	500	**6**	0						
A6	240	1 000	**6**	1						
A7	330	500	**7**	1	0,117	0,007	0,12	0,01	<0,1	-
A7, 0-1 cm			**7**		0,118		0,11		<0,1	
A7, 1-3 cm			4		0,068		0,08		<0,1	
A7, 3-6 cm			4		0,081		0,06		<0,1	
A8	330	1 000	**8**	1	0,097	0,007	0,09	0,01	<0,1	-
A8, 0-1 cm			**8**		0,090		0,08		<0,1	
A8, 1-3 cm			**6**		0,101		0,11		<0,1	
A8, 3-6 cm			5		0,103		0,08		<0,1	
B1	60	500	**6**	1						
B2	60	1 000	**7**	0						
B3	150	500	**6**	0						
B4	150	1 000	**7**	1						
B5	240	500	**9**	1						
B6	240	1 000	**7**	0						
B7	330	500	**8**	0	0,093	0,021	0,08	0,01	<0,1	-
B7, 0-1 cm			**8**		0,084		0,08		<0,1	
B7, 1-3 cm			**8**		0,084		0,07		<0,1	
B7, 3-6 cm			**7**		0,081		0,07		<0,1	
B8	330	1 000	**8**	1	0,092	0,031	0,10	0,04	<0,1	-
B8, 0-1 cm			**8**		0,061		0,06		<0,1	
B8, 1-3 cm			**7**		0,094		0,08		<0,1	
B8, 3-6 cm			**6**		0,111		0,08		<0,1	
D1	60	500	**6**	1						
D2	60	1 000	**7**	1						
D3	60	1 500	**6**	1						
D4	60	2 000	**6**	2						
D5	60	3 000	**6**	1						
D6	150	500	**6**	1						
D7	150	1 000	**7**	0						

Tabell 4.16-2. *forts*.

Stasjon	Retning	Avstand	THC		PAH		NPD		Dekaliner	
	(°)	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
D8	240	500	**6**	1						
D9	240	1 000	5	2						
D10	330	500	**6**	1	0,115	0,009	0,09	0,02	<0,1	-
D10, 0-1 cm			**6**		0,105		0,08		<0,1	
D10, 1-3 cm			4		0,094		0,08		<0,1	
D10, 3-6 cm			4		0,107		0,06		<0,1	
D11	330	1 000	**6**	0	0,122	0,010	0,10	0,01	<0,1	-
D11, 0-1 cm			**6**		0,128		0,10		<0,1	
D11, 1-3 cm			4		0,098		0,08		<0,1	
D11, 3-6 cm			3		0,086		0,06		<0,1	
TyrRef	330	5 000	5	1	0,084	0,019	0,09	0,02	<0,1	-
Gj. snitt*			6		0,106		0,10		<0,1	
SD *			1		0,014		0,01		-	
Min.*			5		0,092		0,08		<0,1	
Max.*			9		0,122		0,12		<0,1	
LSC			5		0,129		0,10			

*Uten Tyrihans Ref.



Figur 4.16-4. *Gasskromatogram for HDF 200 og utvalgte prøver fra Tyrihans.*

Kromatogrammene av A1, B7 og D9 viser normale bakgrunnsverdier. Dette er karakteristisk for alle stasjonene på Tyrihans. Det er påvist lave verdier av PAH og NPD, alle lavere enn LSC-verdien. Dekaliner er ikke påvist.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner i øvre lag av sedimentet og konsentrasjoner fra de seksjonerte prøvene er gitt i Tabell 4.16-3. Det gjennomsnittlige innholdet av barium, samt konsentrasjonene i sjikt og et geografisk plott av bariumfordelingen på Tyrihans er vist i Figur 4.16-5. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av kadmium, krom, kopper, bly og sink er vist i Figur 4.16-6. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

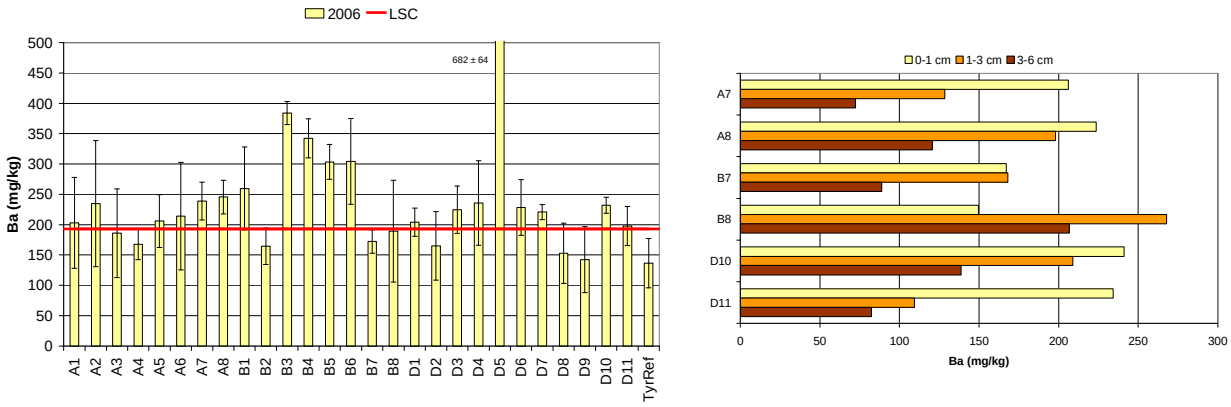
Tabell 4.16-3. *Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment), Tyrihans 2006. Verdier > LSC er uthevet. Sjiktprøver er markert med grå farge.*

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
A1	60/500	**203**	75	0,09	0,01	26,1	2,0	10,5	0,4			15,5	1,9	45	2
A2	60/1 000	**235**	104	0,09	0,01	25,8	1,5	10,0	0,9			15,6	3,2	43	4
A3	150/500	186	73	0,08	0,01	26,4	0,4	10,1	0,5			15,3	2,5	44	2
A4	150/1 000	168	26	0,08	0,01	26,1	0,7	10,1	0,4			15,5	1,1	44	1
A5	240/500	**206**	44	0,09	0,01	26,8	0,7	10,6	0,6			16,3	1,2	52	14
A6	240/1 000	**214**	88	0,09	0,01	30,2	0,4	**11,8**	0,2			18,1	2,0	51	1
A7	330/500	**239**	31	0,09	0,02	26,6	0,7	9,5	0,4	<0,02	-	17,4	1,1	44	1
A7 0-1 cm		**206**		0,08		25,9		9,1		<0,02		16,2		43	
A7 1-3 cm		128		0,07		27,9		9,6		<0,02		15,8		46	
A7 3-6 cm		72		0,08		27,3		9,2		<0,02		13,4		43	
A8	330/1 000	**245**	28	0,08	0,01	25,8	0,2	9,3	0,3	<0,02	-	17,3	0,8	47	6
A8 0-1 cm		**224**		0,08		26,0		9,2		<0,02		17,2		43	
A8 1-3 cm		**198**		0,07		27,2		9,6		<0,02		18,4		46	
A8 3-6 cm		121		0,08		26,6		9,2		<0,02		15,1		42	
B1	60/500	**260**	68	0,08	0,01	26,8	2,4	10,5	2,4			17,3	2,3	46	7
B2	60/1 000	165	30	0,07	0,00	24,0	0,8	8,4	0,4			14,6	1,6	40	2
B3	150/500	**384**	19	0,09	0,01	26,0	0,2	9,6	0,1			19,5	0,1	45	0
B4	150/1 000	**342**	32	0,09	0,01	26,4	1,1	9,9	0,6			19,4	0,8	46	1
B5	240/500	**303**	29	0,11	0,02	27,4	1,6	10,3	0,5			20,1	0,7	47	1
B6	240/1 000	**304**	71	0,08	0,00	25,3	0,5	8,9	0,2			17,2	1,0	40	1
B7	330/500	172	19	0,07	0,00	24,6	0,7	8,5	0,3	<0,02	-	14,1	1,0	39	2
B7 0-1 cm		167		0,07		23,8		8,2		<0,02		13,6		37	
B7 1-3 cm		168		0,07		24,9		8,7		<0,02		16,1		41	
B7 3-6 cm		89		0,06		26,6		9,2		<0,02		15,9		42	
B8	330/1 000	189	84	0,08	0,01	25,6	1,6	9,1	0,8	<0,02	-	15,5	3,3	41	3
B8 0-1 cm		150		0,07		26,9		9,4		<0,02		13,8		41	
B8 1-3 cm		**268**		0,08		26,8		9,4		<0,02		16,9		43	
B8 3-6 cm		**207**		0,07		27,2		9,6		<0,02		18,1		46	
D1	60/500	**204**	23	0,11	0,03	23,8	1,4	8,5	0,5			16,7	1,7	44	7
D2	60/1 000	165	56	0,08	0,01	26,1	1,0	9,3	0,7			16,6	2,7	43	2
D3	60/1 500	**225**	39	0,09	0,01	24,9	1,0	8,7	0,6			17,7	1,3	41	2
D4	60/2 000	**236**	70	0,09	0,01	26,8	1,8	9,6	0,7			18,0	2,0	45	3
D5	60/3 000	**682**	64	0,09	0,00	25,7	0,7	9,5	0,3			19,8	0,3	44	0
D6	150/500	**228**	46	0,10	0,03	24,5	1,1	8,9	0,3			18,8	1,1	51	11
D7	150/1 000	**221**	12	0,09	0,00	24,8	0,7	9,2	0,4			19,4	0,5	45	4
D8	240/500	153	50	0,08	0,01	23,5	1,1	8,4	0,6			16,1	1,6	42	0

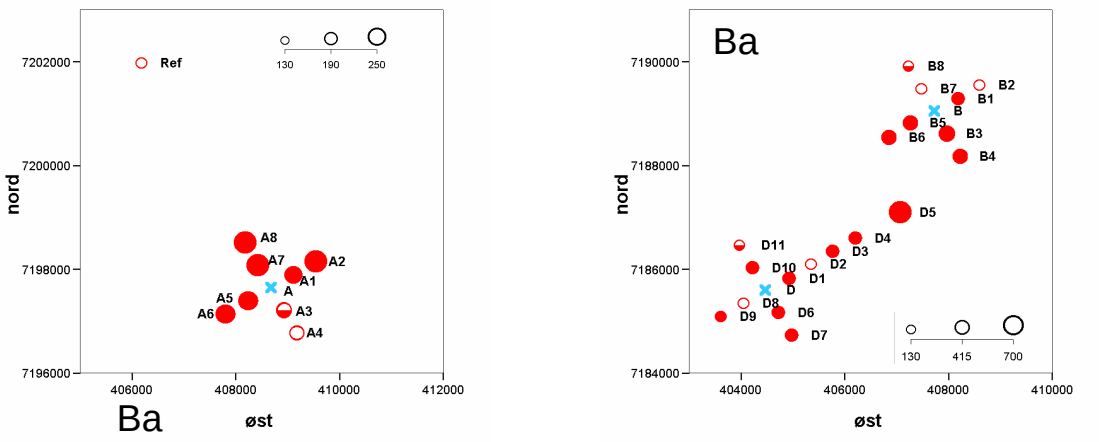
Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolking er ikke tillatt

Tabell 4.16-3. *forts*.

Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Zn	
	(ʔm)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
D9	240/1 000	142	54	0,08	0,01	22,9	1,2	8,0	0,7			15,7	2,7	44	5
D10	330/500	**232**	13	0,09	0,00	22,6	1,0	8,1	0,4	<0,02	-	17,4	0,7	40	1
D10 0-1 cm		**241**		0,09		23,7		8,5		<0,02		18,3		40	
D10 1-3 cm		**209**		0,08		24,3		8,7		<0,02		18,2		41	
D10 3-6 cm		139		0,07		24,5		8,5		<0,02		16,3		41	
D11	330/1 000	**198**	32	0,08	0,00	22,3	0,6	7,9	0,2	<0,02	-	15,4	0,9	37	1
D11 0-1 cm		**234**		0,08		21,7		7,9		0,02		16,4		38	
D11 1-3 cm		109		0,06		24,8		8,4		<0,02		15,7		41	
D11 3-6 cm		83		0,06		24,7		8,2		<0,02		13,5		40	
TyrRef	330/5 000	137	41	0,07	0,01	24,4	0,9	9,1	0,5	<0,02	-	13,3	2,2	44	2
Gj. snitt*		241		0,09		25,5		9,4		<0,02		17,1		44	
SD *		105		0,01		1,7		0,9		-		1,7		4	
Min. *		142		0,07		22,3		7,9		0,02		14,1		37	
Max. *		682		0,11		30,2		11,8		<0,02		20,1		52	
LSC		193				33,3		11,7				23,3		61	

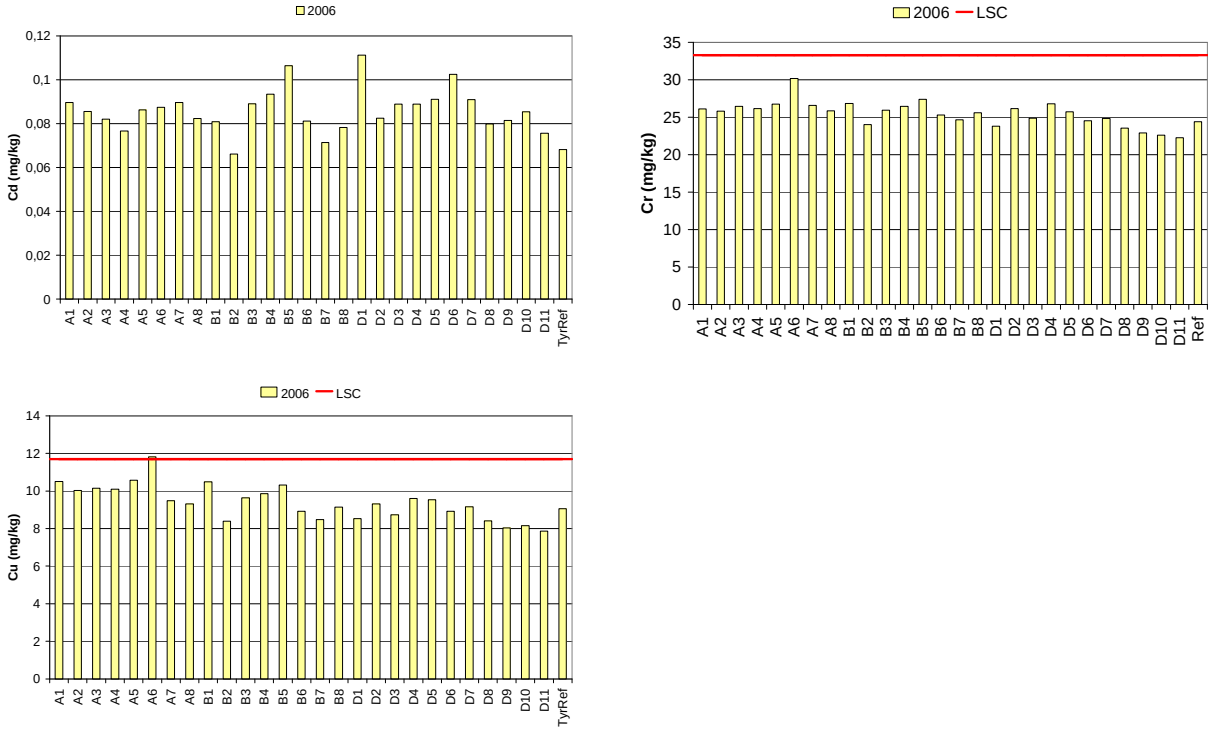


Figur 4.16-5 *Gjennomsnittlig innhold av barium på Tyrihans, samt vertikalfordeling av Ba for to av stasjonene. Geografisk plott av fordelingen av barium. Feltsenteret er merket med kryss, arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene og stasjoner med Ba >LSC er markert med fylte sirkler.*

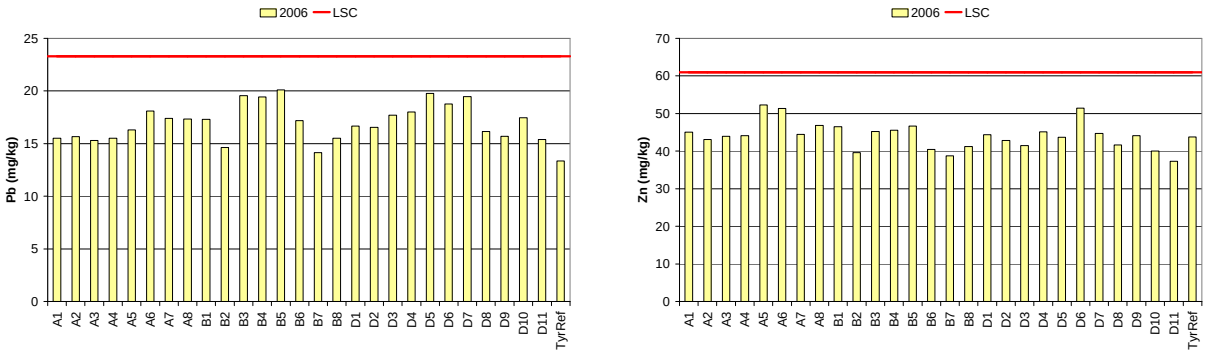


Figur 4.16-5. *forts.*

Konsentrasjonene av barium varierte fra 142 mg/kg på D9 til 682 mg/kg på D5, med en gjennomsnittskonsentrasjon på 241 ± 105 mg/kg. 19 av 27 stasjoner viste forhøyede barium konsentrasjoner sammenlignet med LSC-verdien. Bariumkonsentrasjonene avtar i de dypere sjiktene. Unntakene er stasjon B7 og B8, hvor sjikt 1-3 cm viser de høyeste konsentrasjonene.



Figur 4.16-6 *Gjennomsnittlig innhold av metaller i toppsedimentet (0-1cm) på Tyrihans 2006.*



Figur 4.16-6. *forts.*

På alle stasjoner er konsentrasjonene av kadmium, krom, kopper, bly og sink under eller tilsvarende LSC-verdien. Analyseresultatene av kvikksølv viste verdier under deteksjons-grensen (< 0,02 mg/kg) og er ikke fremstilt grafisk.

På referansestasjonen (Tyrihans Ref.) er konsentrasjonene av alle metaller lavere enn LSC-verdiene.

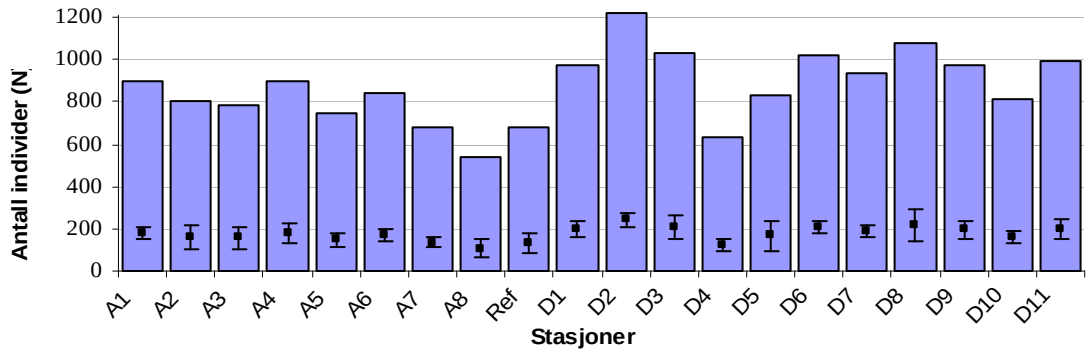
4.16.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

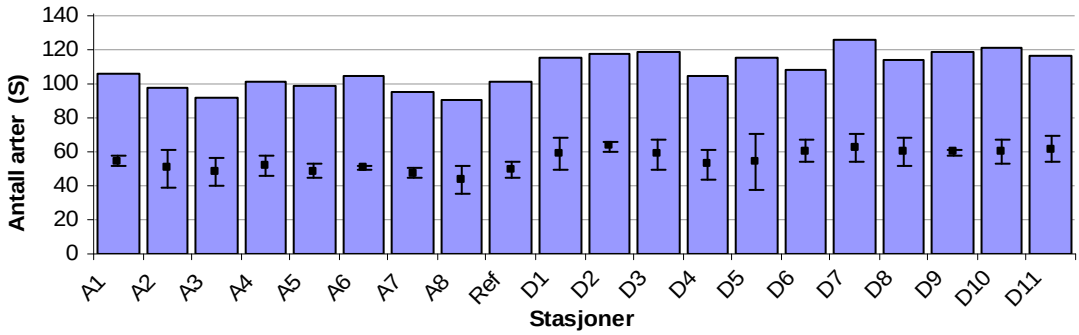
Tabell 4.16-4 viser antall arter og individer på Tyrihans fordelt på dyregrupper. Figur 4.16-7 viser antall arter og individer på hver av stasjonene på Tyrihans. Det er samlet inn 20 stasjoner for biologiske analyser på Tyrihans.

Tabell 4.16-4. *Antall arter og individer fordelt på dyregrupper, Tyrihans 2006.*

Dyregrupper	**N**	**%**	**S**	**%**
Varia	1125	6,5	15	5,4
Polychaeta	12061	69,4	126	45,5
Crustacea	886	5,1	65	23,5
Mollusca	3181	18,3	55	19,9
Echinodermata	136	0,8	16	5,8
Totalt	**17389**	100,0	**277**	100,0



Figur 4.16-7. *Antall arter (S) og individer (N) per 0,5m^2, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver, Tyrihans 2006.*



Figur 4.16-7. *forts.*

Diversiteten er høy på hele feltet noe som indikerer en kompleks og uforstyrret fauna.

Tabell 4.16-5. *Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m^2, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J), og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES_{100}), Tyrihans 2006.*

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES_{100}
A1	60	500	290	106	895	5,6	0,8	44
A2	60	1 000	292	98	802	5,5	0,8	43
A3	150	500	289	92	789	5,5	0,8	43
A4	150	1 000	290	101	899	5,6	0,8	43
A5	240	500	293	99	744	5,6	0,9	43
A6	240	1 000	294	104	843	5,6	0,8	42
A7	330	500	290	95	685	5,6	0,8	43
A8	330	1 000	290	90	543	5,6	0,9	45
Ref	330	5 000	300	101	676	5,7	0,9	46
D1	60	500	273	115	977	5,7	0,8	45
D2	60	1 000	273	118	1216	5,7	0,8	44
D3	60	1 500	273	119	1034	5,7	0,8	45
D4	60	2 000	263	105	631	5,9	0,9	50
D5	60	3 000	271	115	834	5,9	0,9	48
D6	150	500	267	108	1022	5,8	0,9	47
D7	150	1 000	269	126	935	6,1	0,9	51
D8	240	500	278	114	1078	5,7	0,8	46
D9	240	1 000	271	119	978	5,9	0,9	49
D10	330	500	269	121	815	6,1	0,9	51
D11	330	1 000	275	116	993	5,7	0,8	47

De ti mest vanlige artene på hver stasjon er vist i Figur 4.16-7.

Tabell 4.16-6. *De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Tyrihans 2006.*

10 mest vanlige arter

A1	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	80	8,9	8,9
Spiophanes spp.	63	7,0	16,0
Chaetozone setosa complex	57	6,4	22,4
Octobranchus floriceps	49	5,5	27,8
Amythasides macroglossus	36	4,0	31,8
Abra longicallus	32	3,6	35,4
Terebellides stroemi	30	3,4	38,8
Lumbrineris scopa	26	2,9	41,7
Kelliella miliaris	25	2,8	44,5
Nephtys hystricis	25	2,8	47,3

A2	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa complex	89	11,1	11,1
Euchone incolor	72	9,0	20,1
Spiophanes spp.	57	7,1	27,2
Octobranchus floriceps	39	4,9	32,0
Terebellides stroemi	26	3,2	35,3
Entalina tetragona	22	2,7	38,0
Nephtys hystricis	22	2,7	40,8
Lumbrineris scopa	21	2,6	43,4
Amythasides macroglossus	21	2,6	46,0
Ophelina abranchiata	21	2,6	48,6

A3	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	117	14,8	14,8
Spiophanes spp.	43	5,5	20,3
Octobranchus floriceps	31	3,9	24,2
Chaetozone setosa complex	31	3,9	28,1
Lumbrineris scopa	27	3,4	31,6
Terebellides stroemi	26	3,3	34,9
Nephtys hystricis	23	2,9	37,8
Ophelina abranchiata	23	2,9	40,7
Abra longicallus	21	2,7	43,4
Amythasides macroglossus	21	2,7	46,0

A4	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	92	10,2	10,2
Chaetozone setosa complex	66	7,3	17,6
Octobranchus floriceps	48	5,3	22,9
Spiophanes spp.	32	3,6	26,5
Ophelina abranchiata	31	3,5	29,9
Terebellides stroemi	27	3,0	32,9
Caudofoveata spp.	26	2,9	35,8
Onchnesoma steenstrupi	26	2,9	38,7
Protodorvillea kefersteini	25	2,8	41,5
Nephtys hystricis	24	2,7	44,2

A5	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	59	7,9	7,9
Spiophanes spp.	45	6,1	14,0
Amythasides macroglossus	34	4,6	18,6
Chaetozone setosa complex	34	4,6	23,1
Octobranchus floriceps	31	4,2	27,3
Abra longicallus	28	3,8	31,1
Nephtys hystricis	27	3,6	34,7
Terebellides stroemi	26	3,5	38,2
Kelliella miliaris	25	3,4	41,5
Entalina tetragona	25	3,4	44,9

A6	Antall	%	Kum %
Spiophanes spp.	63	7,5	7,5
Euchone incolor	56	6,6	14,1
Octobranchus floriceps	48	5,7	19,8
Notomastus sp.	41	4,9	24,7
Chaetozone setosa complex	36	4,3	28,9
Paramphinome jeffreysii	33	3,9	32,9
Terebellides stroemi	31	3,7	36,5
Amythasides macroglossus	28	3,3	39,9
Lumbrineris scopa	27	3,2	43,1
Protodorvillea kefersteini	26	3,1	46,1

Tabell 4.16-6. *forts*

A7	Antall	%	Kum %
Spiophanes spp.	62	9,1	9,1
Euchone incolor	57	8,3	17,4
Chaetozone setosa complex	36	5,3	22,6
Nephtys hystricis	32	4,7	27,3
Terebellides stroemi	26	3,8	31,1
Amythasides macroglossus	25	3,7	34,7
Golfingia spp.	24	3,5	38,3
Octobranchus floriceps	22	3,2	41,5
Entalina tetragona	21	3,1	44,5
Paradiopatra quadricuspis	20	2,9	47,5

A8	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	45	8,3	8,3
Spiophanes spp.	33	6,1	14,4
Chaetozone setosa complex	25	4,6	19,0
Amythasides macroglossus	24	4,4	23,4
Octobranchus floriceps	23	4,2	27,6
Entalina tetragona	21	3,9	31,5
Terebellides stroemi	19	3,5	35,0
Limopsis cristata	19	3,5	38,5
Nephtys hystricis	19	3,5	42,0
Lumbrineris scopa	17	3,1	45,1

D1	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	121	12,4	12,4
Spiophanes spp.	48	4,9	17,3
Terebellides stroemi	43	4,4	21,7
Amythasides macroglossus	43	4,4	26,1
Chaetozone setosa complex	38	3,9	30,0
Octobranchus floriceps	37	3,8	33,8
Paradiopatra quadricuspis	33	3,4	37,2
Abra longicallus	32	3,3	40,4
Protodorvillea kefersteini	27	2,8	43,2
Nephtys hystricis	25	2,6	45,8

D2	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	135	11,1	11,1
Spiophanes spp.	68	5,6	16,7
Octobranchus floriceps	63	5,2	21,9
Chaetozone setosa complex	52	4,3	26,2
Amythasides macroglossus	46	3,8	29,9
Terebellides stroemi	45	3,7	33,6
Ophelina abranchiata	44	3,6	37,3
Paradoneis lyra	37	3,0	40,3
Protodorvillea kefersteini	35	2,9	43,2
Abra longicallus	33	2,7	45,9

D3	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	74	7,2	7,2
Octobranchus floriceps	72	7,0	14,1
Chaetozone setosa complex	72	7,0	21,1
Spiophanes spp.	45	4,4	25,4
Terebellides stroemi	42	4,1	29,5
Amythasides macroglossus	39	3,8	33,3
Lumbrineris scopa	38	3,7	36,9
Golfingia spp.	36	3,5	40,4
Protodorvillea kefersteini	31	3,0	43,4
Paradoneis lyra	30	2,9	46,3

D4	Antall	%	Kum %
Chaetozone setosa complex	52	8,2	8,2
Euchone incolor	34	5,4	13,6
Nephtys hystricis	32	5,1	18,7
Octobranchus floriceps	25	4,0	22,7
Nephtys spp.	20	3,2	25,8
Onchnesoma steenstrupi	20	3,2	29,0
Terebellides stroemi	19	3,0	32,0
Lumbrineris scopa	17	2,7	34,7
Amythasides macroglossus	17	2,7	37,4
Protodorvillea kefersteini	15	2,4	39,8

Tabell 4.16-6. *forts*

D5	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	61	7,3	7,3
Spiophanes spp.	56	6,7	14,0
Octobranchus floriceps	39	4,7	18,7
Amythasides macroglossus	38	4,6	23,3
Chaetozone setosa complex	37	4,4	27,7
Lumbrineris scopa	31	3,7	31,4
Terebellides stroemi	25	3,0	34,4
Tunicata spp.	21	2,5	36,9
Astarte sulcata auctt.	19	2,3	39,2
Nephtys spp.	19	2,3	41,5

D6	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	93	9,1	9,1
Spiophanes spp.	58	5,7	14,8
Octobranchus floriceps	55	5,4	20,2
Terebellides stroemi	42	4,1	24,3
Lumbrineris scopa	32	3,1	27,4
Nephtys hystricis	29	2,8	30,2
Ophelina abranchiata	28	2,7	33,0
Golfingia spp.	27	2,6	35,6
Paradoneis lyra	26	2,5	38,2
Chaetozone setosa complex	26	2,5	40,7

D7	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	64	6,8	6,8
Terebellides stroemi	41	4,4	11,2
Amythasides macroglossus	39	4,2	15,4
Octobranchus floriceps	38	4,1	19,5
Chaetozone setosa complex	35	3,7	23,2
Spiophanes spp.	32	3,4	26,6
Abra longicallus	28	3,0	29,6
Paradiopatra quadricuspis	26	2,8	32,4
Limopsis cristata	25	2,7	35,1
Lumbrineris scopa	24	2,6	37,7

D8	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	125	11,6	11,6
Spiophanes spp.	62	5,8	17,4
Amythasides macroglossus	56	5,2	22,5
Octobranchus floriceps	42	3,9	26,4
Abra longicallus	40	3,7	30,2
Terebellides stroemi	36	3,3	33,5
Paradoneis lyra	36	3,3	36,8
Onchnesoma steenstrupi	30	2,8	39,6
Protodorvillea kefersteini	27	2,5	42,1
Notomastus sp.	27	2,5	44,6

D9	Antall	%	Kum %
Amythasides macroglossus	55	5,6	5,6
Euchone incolor	54	5,5	11,2
Spiophanes spp.	52	5,3	16,5
Abra longicallus	41	4,2	20,7
Astarte sulcata auctt.	34	3,5	24,1
Octobranchus floriceps	33	3,4	27,5
Protodorvillea kefersteini	31	3,2	30,7
Terebellides stroemi	28	2,9	33,5
Paradiopatra quadricuspis	28	2,9	36,4
Chaetozone setosa complex	28	2,9	39,3

D10	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	44	5,4	5,4
Chaetozone setosa complex	42	5,2	10,6
Limopsis cristata	39	4,8	15,3
Amythasides macroglossus	31	3,8	19,1
Golfingia spp.	29	3,6	22,7
Octobranchus floriceps	29	3,6	26,3
Ophelina abranchiata	24	2,9	29,2
Spiophanes spp.	23	2,8	32,0
Protodorvillea kefersteini	22	2,7	34,7
Terebellides stroemi	20	2,5	37,2

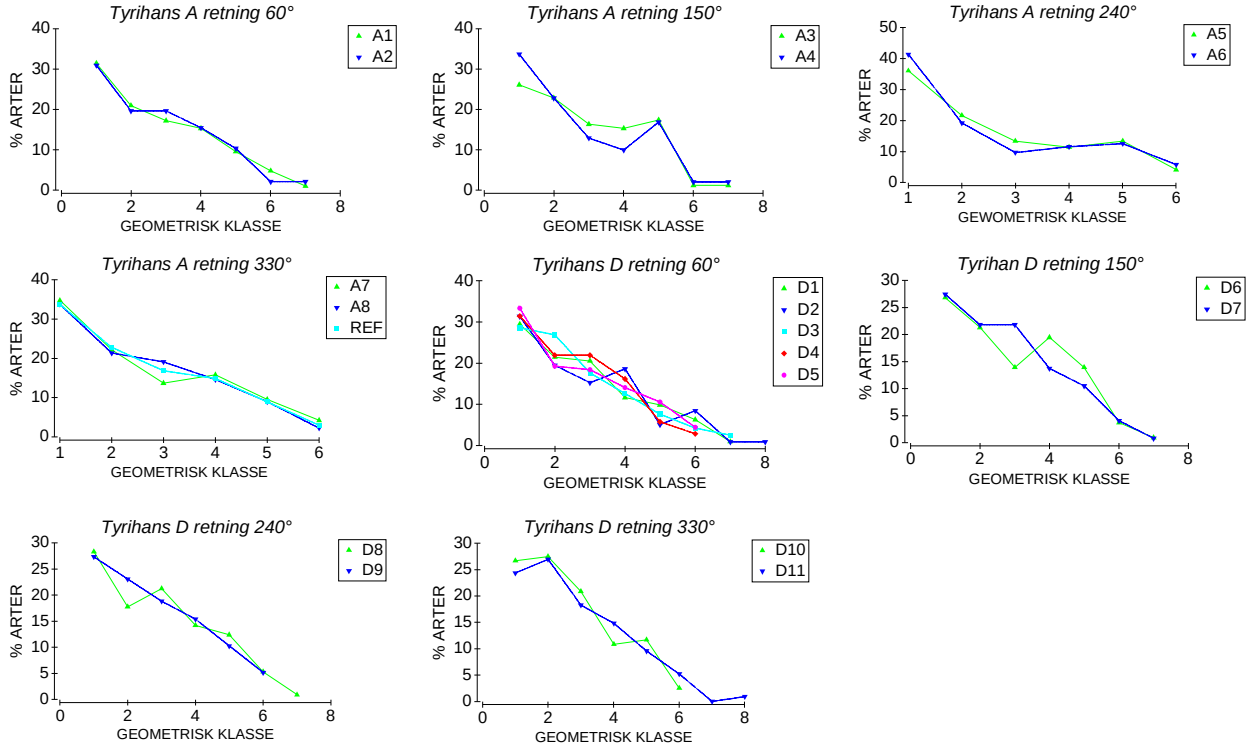
Tabell 4.16-6. *forts*.

D11	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	135	13,6	13,6
Octobranchus floriceps	44	4,4	18,0
Abra longicallus	44	4,4	22,5
Spiophanes spp.	42	4,2	26,7
Amythasides macroglossus	41	4,1	30,8
Protodorvillea kefersteini	35	3,5	34,3
Terebellides stroemi	33	3,3	37,7
Paradoneis lyra	29	2,9	40,6
Ophelina abranchiata	24	2,4	43,0
Golfingia spp.	22	2,2	45,2

REF	Antall	%	Kum %
Euchone incolor	58	8,6	8,6
Spiophanes spp.	47	7,0	15,5
Abra longicallus	37	5,5	21,0
Lumbrineris scopa	27	4,0	25,0
Nephtys hystricis	24	3,6	28,6
Amythasides macroglossus	22	3,3	31,8
Terebellides stroemi	21	3,1	34,9
Ophelina abranchiata	21	3,1	38,0
Protodorvillea kefersteini	21	3,1	41,1
Chaetozone setosa complex	20	3,0	44,1

Vanlige arter på feltet er børstemarkene *Euchone incolor, Spiophanes* spp*., Chaetozone setosa complex, Octobranchus floriceps, Amythasides macroglossus, Terebellides stroemi, Lumbrineris scopa, Nepthys hystricis* og *Ophelina abranchiata* samt muslingen *Abra longicallus.* Det var ingen stor dominans av enkeltarter på feltet og filtrerende arter utgjør en stor del av ti på topp listen, noe som indikerer en viss sirkulasjon i området.

Fordelingen i geometriske klasser (Figur 4.16-8) viser at ingen arter opptrer i høyere klasser enn 8. Kurvene er karakteristiske for et uforstyrret samfunn.

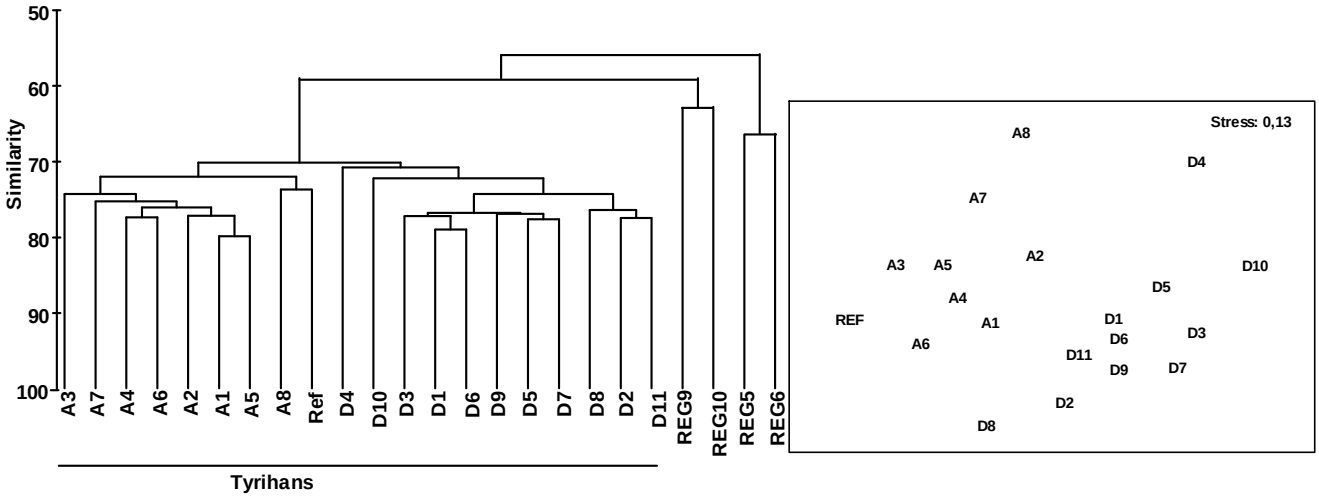


Figur 4.16-8. *Fordeling av arter i geometriske klasser, Tyrihans 2006.*

Multivariate analyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram (inkludert nærliggende regionale stasjoner) og MDS plott over Tyrihans er vist i Figur 4.16-9. Analysene

viser at stasjonene på Tyrihans skiller seg fra de regionale stasjonene ved en likhet på ca. 60 %. Gruppen som består av feltstasjonene på Tyrihans er delt i to undergrupper bestående av hver av de to bunnrammene. Likheten mellom disse er likevel høy, ca. 70 %. Referansestasjonen har mer til felles med feltstasjonene enn de regionale, og er således egnet i eventuell fremtidig overvåking. Den er plassert 275m dyp, og er mer sammenlignbar med bunnramme D enn A.



Figur 4.16-9. *Dendrogram og MDS-plott, Tyrihans 2006.*

Tabell 4.16-7. *Inndeling i hovedfaunagrupper, Tyrihans 2006.*

Gruppe	**Karakteristikk**
Tyrihans	Stor overvekt av børstemark som *E. incolor, A. macroglossus, Spiophanes* spp., *O. floriceps, P. kefersteini, C. setosa, O. abranchiata* og pølseorm (*Golfingia* spp).
Regionale	Generelt mindre antall individer av de vanlige arter på Tyrihans.

Bioenv-analysen ga en god korrelasjon (0,7) mellom fauna og dyp, dvs. at forskjeller i havdyp kan forklare faunaforskjellene mellom Tyrihans og de regionale stasjonene.

Samme analyse uten de regionale stasjonene ga best korrelasjon (0,7) mellom fauna og faktorene dyp og THC. Av disse er det først og fremst dyp som kan forklare faunaforskjellene mellom de to bunnrammene ettersom variasjonene av THC er små.

4.16.5 Konklusjoner

Sedimentene består hovedsakelig av silt og leire. Innhold av totalt organisk materiale varierer mellom 4,2-7,3 %. Andel av silt og leire samt TOM er noe høyere ved bunnramme A enn D, noe som også reflekterer dybdeforskjellen mellom de to bunnrammene. Dette gir seg utslag i mindre forskjeller mellom bunndyrsamfunnet på de to rammene. Referansestasjonen er egnet i eventuell fremtidig overvåking.

Bunnramme A: Alle stasjoner har THC-nivå moderat over LSC. Analysene påviser kun naturlig bakgrunn. 6 av 8 stasjoner har bariumnivå moderat over LSC. Lavest nivåer i sørøstlig retning. Bunnfaunaen i området er uforstyrret.

Bunnramme B: Alle stasjoner har THC-nivå moderat over LSC. Analysene påviser kun naturlig bakgrunn. 5 av 8 stasjoner har bariumnivå over LSC.

Bunnramme D: I alt 10 av 11 stasjoner har THC-nivåer moderat over LSC. Kun naturlig bakgrunn. 8 av 11 stasjoner har bariumnivå over LSC. Størst konsentrasjon av barium påvist

3000m i nordøstlig retning, altså mellom bunnramme D og B. Bunnfaunaen i området er uforstyrret.

Grunnlagsundersøkelsen på Tyrihans viser kun naturlig bakgrunnsnivåer selv om alle stasjonene, bortsett fra en, har THC-konsentrasjon over LSC-verdien. Grunnlags-undersøkelsen viser at det normale nivået av THC og Ba i sedimentene på Tyrihans er høyere enn LSC-verdiene for regionen.

4.17 PFAS

Perfluoralkylstoffer, også betegnet som perfluoralkylsurfaktanter eller perfluoralkylsyrer (PFAS) er en betegnelse for en gruppe kjemiske forbindelser som innholder en fullstendig fluorert alkylkjede og en gruppe som gjør at forbindelsene har en viss løselighet i vann. Denne gruppen av forbindelser skiller seg fundamentalt fra de fleste andre kjemikalier siden den verken er lipofil («fettelskende«) eller hydrofil («vannelskende») men binder seg gjerne til partikkeloverflater. Et av de største bruksområdene for PFAS er brannslukkingsmidler (Aqueous Film Forming Foams, AFFF-midler). Disse skummidlene brukes til slukking av branner i petroleumsprodukter (olje, bensin og lignende) og brennbare vannløselige væsker (aceton, alkoholer m.v.), og brukes hovedsakelig på offshore-installasjoner, flyplasser, oljeraffinerier og om bord i tankskip. Perfluoralkylstoffer er veldig persistent (stabile) og brytes svært sakte ned.

Det er bestemt PFAS i til sammen seks prøver fra Njord, Draugen, Norne, Heidrun, Skarv og Hans. Disse representerer prøver fra antatt upåvirkede stasjoner (referansestasjonene på grunnlagsfeltene Skarv og Hans) og fra stasjoner ved felter i drift (Draugen, Njord, Heidrun og Norne). Resultatene er gitt i Tabell 4.17.1.

Tabell 4.17.1. *PFAS-forbindelser i toppsedimentet (0-1cm), Region VI 2006.*

	Konsentrasjon (*µg/kg*)					
	Njord	**Draugen**	**Norne**	**Heidrun**	**Skarv**	**Hans**
Forbindelse	**NJ5 157,5º/250m**	**24B 300º250m**	**NW11 225º1500m**	**H12 120º550m**	**Skarv Ref 330º5000m**	**Hans14 300º4000m**
6:2 FTS	< 0,33	< 0,24	< 0,42	< 0,83	< 0,33	< 0,72
PFOSA	< 0,02	< 0,02	< 0,04	< 0,03	< 0,02	< 0,03
PFBS	< 0,1	< 0,03	< 0,07	< 0,05	< 0,06	< 0,13
PFHxS	0,06	0,05	0,05	< 0,02	< 0,03	< 0,03
PFOS	0,86	0,93	1,78	0,22	0,37	0,75
PFDcS	< 0,05	< 0,03	< 0,02	< 0,07	< 0,02	< 0,13
PFBA	< 3,17	< 2,43	< 4,23	< 0,88	< 2,48	< 3,54
PFHxA	< 7,31	< 5,08	< 18,5	< 1,43	< 13,8	< 15,7
PFHpA	< 3,69	< 3,58	< 4,19	< 2,24	< 5,21	< 7,07
PFOA	< 1,55	< 1,05	< 1,97	< 0,85	< 1,32	< 2,32
PFNA	< 2,95	< 1,66	< 3,36	< 3,03	< 2,69	< 3,01
PFDcA	< 1,58	< 5,51	< 2,47	< 1,24	< 1,44	< 1,99
PFUnA	< 0,95	< 0,80	< 1,66	< 0,36	< 1,08	< 1,61

De eneste PFAS-forbindelsene som er påvist er PFHxS (Perfluorheksansulfonat) og PFOS (Perfluoroktansulfonat). PFOS er påvist i alle de seks prøvene, mens PFHxS kun er påvist i prøvene fra Njord, Draugen og Norne. For de andre PFAS-forbindelsene er det ikke påvist

konsentrasjoner over deteksjonsgrensa. Deteksjonsgrensen varierer fra forbindelse til forbindelse, og fra prøve til prøve. PFAS-konsentrasjonene fra Haltenbanken ligger omtrent på samme nivå som det som ble målt i et SFT-screeningprosjekt i 2004 (Fjeld, Schlabach med flere, 2005), d.v.s. at nivåene ikke er spesielt forhøyet sammenlignet med prøver fra diffus forurenset bakgrunnsområde (Schlabach, 2007). Samme rapport oppsummerer bl.a. med at resultatene fra screeningprosjektet tyder på at perfluoralkylerte forbindelser er «allestedsværende» i norske kystområder (særlig PFOS) og bekrefter resultatene fra de nordiske og andre undersøkelser som tyder på at denne gruppe forbindelser har en global spredning. Ingen av resultatene fra Haltenbanken er høyere enn høyeste verdi i screeningprosjektet.

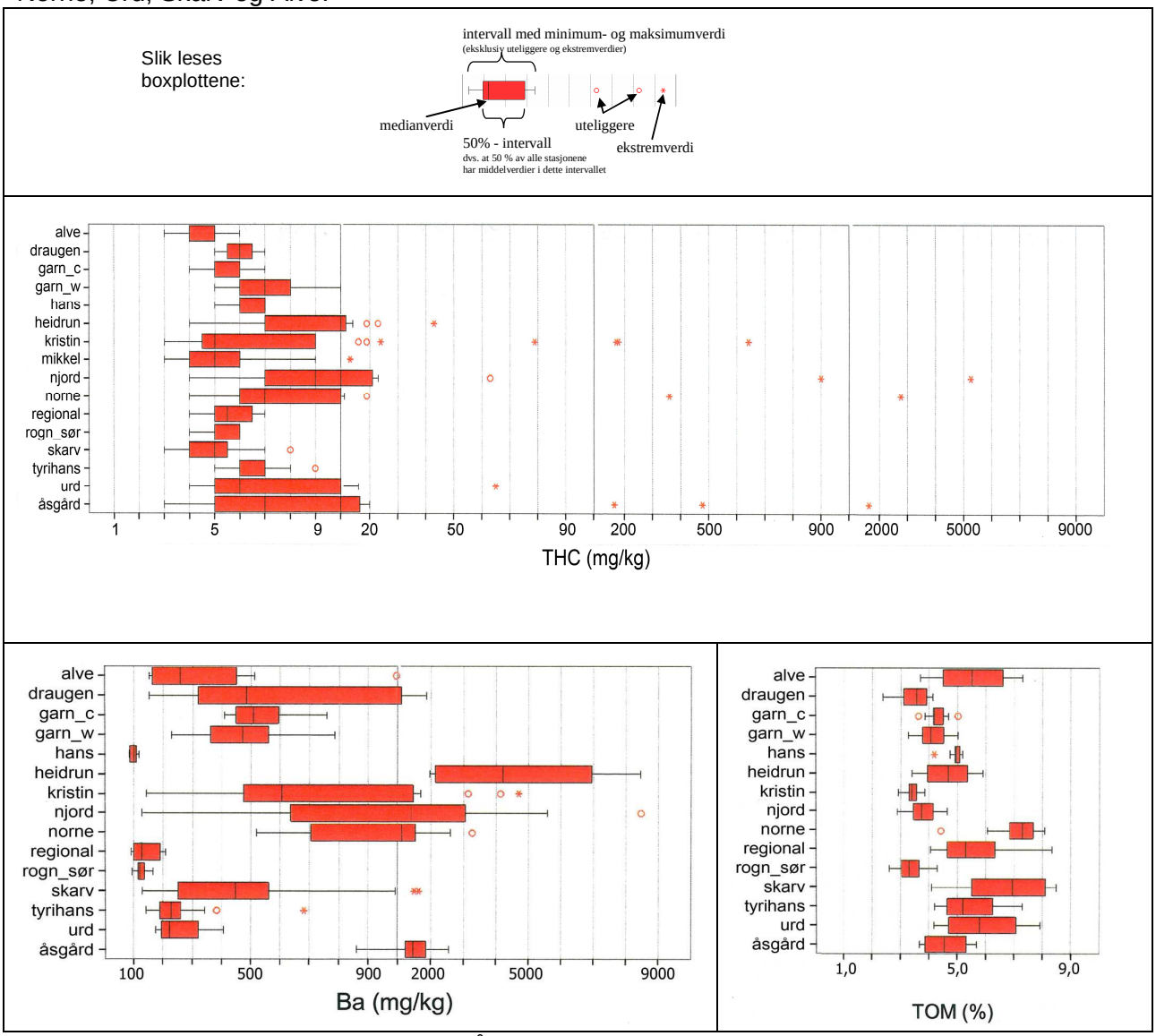
Ingen av forbindelsene fra Heidrun, Draugen, Norne eller Njord er markert høyere enn referanseverdiene fra Skarv og Hans.

5.0 Regionale Trender og Konklusjoner

Det er i 2006 samlet inn prøver fra i alt 272 stasjoner fordelt på 15 felt (inkludert 4 grunnlagsundersøkelser) samt 8 regionale stasjoner.

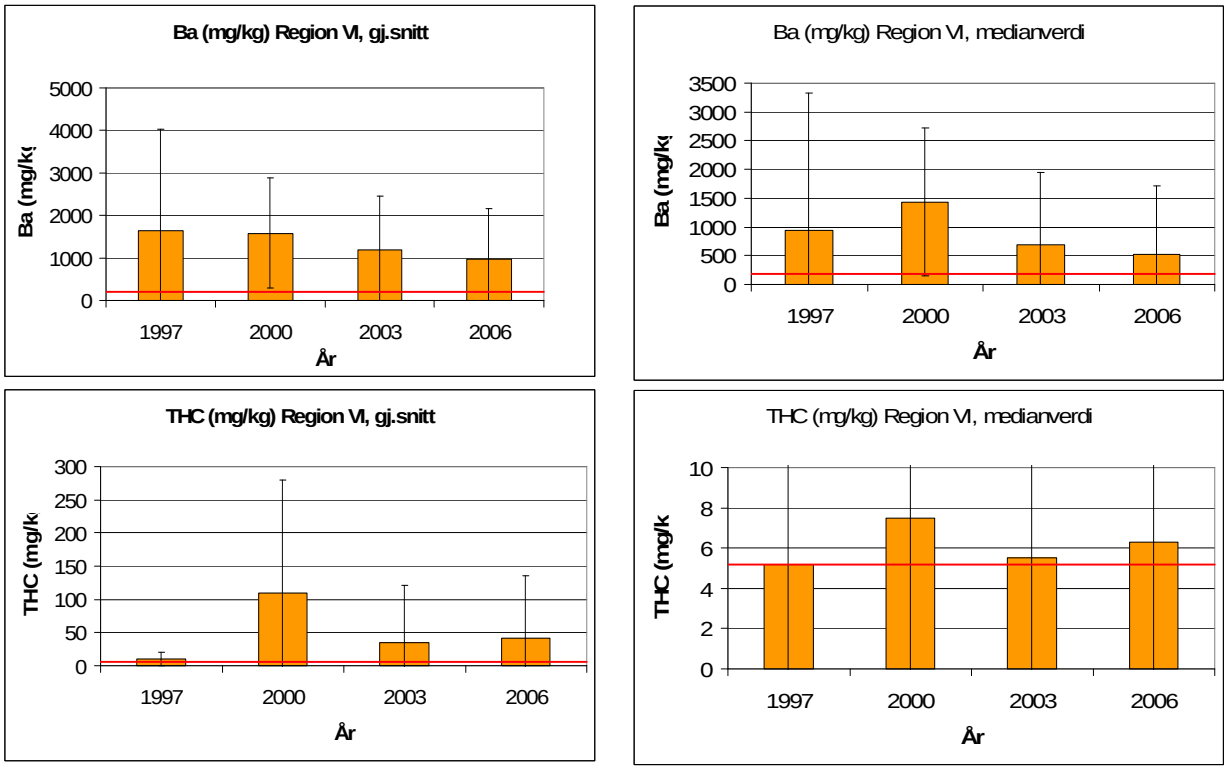
5.1 Sedimentkarakteristikk og kjemiske parametere

En oversikt over innhold av Ba, THC og totalt organisk materiale er gitt i Figur 5.1-1. Disse parametrene anses til å være representative for samtlige resultater fordi en kontaminering vil vise seg på disse parametrene. Njord, Norne, Åsgard og Kristin skiller seg ut med høye ekstremverdier for THC (>500 mg/kg). For barium er det først og fremst Heidrun som skiller seg ut med høye verdier (> 2000 mg/kg) på alle undersøkte stasjoner. TOM-verdiene varierer mye mellom feltene og også innen enkelte felt, først og fremst innen felt som består av flere bunnrammer i ulike dyp (Skarv, Tyrihans, Åsgard, Urd). TOM-nivåene viser ikke noe tydelig mønster bortsett fra noe høyere verdier i det nordlige området der havdypet er større, dvs. Norne, Urd, Skarv og Alve.

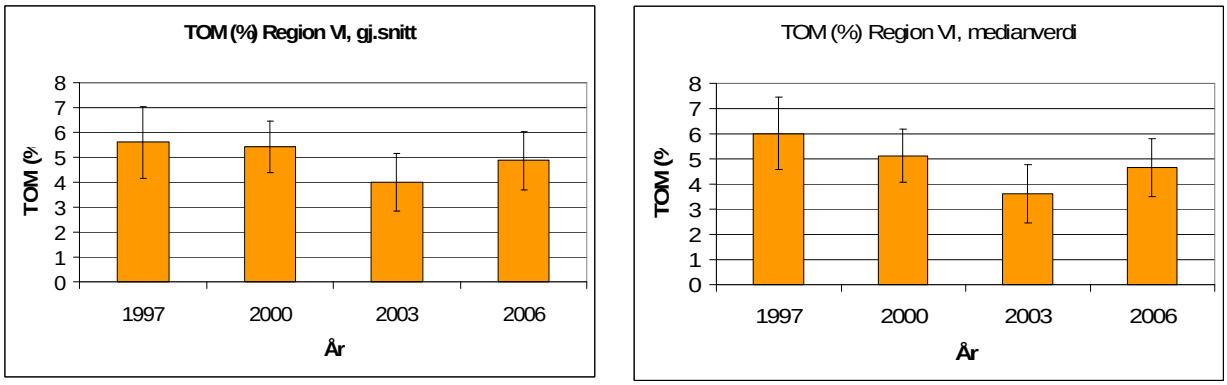


Figur 5.1-1. *Innhold av Ba, THC og TOM på Region VI, 2006.*

Det er interessant å vurdere om det i løpet av de siste undersøkelsene har vært en endring i en eller flere av parametrene. En sammenligning mellom gjennomsnittsverdiene for tidspunktene vil det være lite mening i, fordi det er stor spredning i analyttkonsentrasjon innen samme felt og mellom feltene, noe som gir høye standardavvik (Figur 5.1-1 og Figur 5.1-2). Gjennomsnitt og medianverdier for Ba, THC og TOM for hele regionen for undersøkelsene i 1997, 2000, 2003 og 2006 er vist i Figur 5.1-2. Variasjonene er vist som standardavvik. For Ba og THC er også LSC-verdien for 2006 vist.



Figur 5.1-2 *Gjennomsnitt og medianverdi for Ba, THC og TOM for Region VI i perioden 1997-2006.*



Figur 5.1-2. *forts*.

Forskjellen mellom gjennomsnitt og medianverdi er størst på THC. Dette skyldes at det er flere ekstremverdier blant THC-resultatene. For TOM er forskjellen liten.

Figur 5.1-2Figur 5.1-2 viser ingen trend for variasjoner i innhold av Ba, THC og TOM i perioden 1997-2006. Det skal her poengteres at gjennomsnittsverdiene i denne sammenheng er et noe

grovt verktøy for å se trender, på grunn av de før omtalte standardavvikene og at det ikke er tatt hensyn til stasjonsnettet som varierer noe fra undersøkelse til undersøkelse.

Kornstørrelsesfordeling

Sedimentene på Region VI er dominert av silt og leire og dels av veldig fin sand. På de regionale stasjonene varierer innholdet av silt og leire fra 63 % på REG10 til 99 % på REG7. Det laveste gjennomsnittlige innholdet i regionen er funnet på Rogn Sør med 33 %, og det høyeste innholdet er funnet på Urd i tillegg til REG7, her er det påvist 99 % silt og leire.

Andel silt og leire på REG7 har økt fra 56 % i 1997, til 67 % i 2003 til 99 % i 2006. Stasjon S8 på Kristin har hatt en økning i andel silt og leire fra 44 % i 2003 til 90 % i 2006. Stasjon NW9 på Norne hadde en kraftig økning i silt og leire fra 2000 til 2003. Nivået i 2006 er tilsvarende 2003-nivået. På Urd har stasjon J03 hatt en kraftig økning i andel silt og leire fra 2004 til 2006, mens stasjon J04 har hatt en kraftig reduksjon. For de andre stasjonene er det mindre endringer sammenlignet med tidligere undersøkelse.

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er relativt høyt. TOM ligger generelt mellom 3 og 8 % for hele regionen. Variasjonen på regionen er stort sett i overensstemmelse med resultatene fra kornstørrelsesfordelingen. Det laveste innholdet av TOM er funnet på Draugen med 2,4 %. Høyeste verdi er funnet på Skarv med 8,5 % TOM. Det har vært en økning i innholdet av totalt organisk materiale på de fleste stasjonene på Kristin sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. På Urd har det vært en reduksjon i TOM på de aller fleste stasjonene. På de andre stasjonene er det mindre endringer sammenlignet med tidligere undersøkelse.

Hydrokarboner

Innholdet av THC ligger generelt mellom 4 og 20 mg/kg. 8 av 15 felt har ingen stasjoner med THC-nivå større enn 10 mg/kg. Av disse er 5 felt sammenlignbare med de regionale stasjonene, ved at maksimalt THC-nivå er mindre enn eller lik 7 mg/kg. Disse feltene er: Alve, Draugen, Garn Central, Hans og Rogn Sør. På totalt 14 stasjoner i regionen er det målt middelverdier for THC over 30 mg/kg. På 10 av disse er nivået større enn 100 mg/kg og på 3 stasjoner mer enn 1000 mg/kg. Feltene Heidrun, Kristin, Njord, Norne og Åsgård er de 5 mest kontaminerte feltene i forhold til THC. På Kristin, Njord, Norne og Åsgård er THC-kontamineringen av samme type som boreslamsolje. På REG6, -9 og -10 er THC-konsentrasjone høyere enn det den har vært ved tidligere undersøkelser. På Kristin er det i tillegg påvist mulige spor av borevæsken XP-07. På noen av stasjonene på Kristin er det påvist store økninger i THC-konsentrasjonen sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen i 2003. På Njord og Norne er det funnet høye konsentrasjoner av THC, men dette er stort sett i samsvar med tidligere funn. På stasjon J03 på Urd er det påvist høy konsentrasjon av THC i en av parallellene. Konsentrasjonene av de utvalgte hydrokarbonene NPD og PAH er lave på hele Region VI, mens det er stor variasjon i konsentrasjonene av C_5-C_8 alkyldekaliner. Det er god korrelasjon mellom resultatene for dekaliner og for THC. Når dekaliner påvises, tyder det på at boreslamsolje finnes i sedimentene fordi baseoljen HDF 200 inneholder noen % av C_5-C_8 alkyldekaliner.

Etere

Etere fra borevæsken Aquamul B II er bestemt i 26 prøver fra Heidrun. Eter er påvist i alle prøvene bortsett fra i referansen. Det kan kanskje antydes at maksimalkonsentrasjon av eter er redusert sammenlignet med tidligere, men dette kan også skyldes inhomogene prøver. Det er også noen prøver som har høyere påvist eter-konsentrasjon nå enn i 2003.

Barium

Målt mengde ekstraherbart barium er generelt for Region VI i intervallet 100 til 7000 mg/kg. Kun feltene Hans og Rogn Sør har nivåer som kan sammenlignes med de regionale stasjonene. For de resterende 12 feltene der barium er målt, er det funnet nivåer som tilsvarer kontaminering med baritt. For 7 felter er det funnet nivåer over 1000 mg/kg ekstraherbart barium på minst én stasjon – Draugen, Heidrun, Kristin, Njord, Norne, Skarv og Åsgård. På Kristin har det vært en markert økning i Ba-konsentasjonen på flere stasjoner, inkludert referansestasjonen. På Urd har det stort sett vært en økning i Ba-konsentrasjonen på alle stasjoner sammenlignet med resultatene fra 2004. Mange av Ba-verdiene fra grunnlagsundersøkelsen på Tyrihans ligger over LSC-verdien.

Metaller

Det er gjennomgående funnet lave konsentrasjoner av tungmetaller i sedimentene. Stort sett er konsentrasjonene i god overensstemmelse med tidligere funn. Men noen endringer kan kommenteres: stasjon R4 på Kristin har hatt en markert økning i Zn-konsentrasjonen. På Njord er det noen få stasjoner som har en økning i konsentrasjonen av metaller, på Rogn Sør er det påvist en økning i Cd-konsentrasjonen på noen stasjoner

LSC-verdier

LSC-verdiene for 2006 er vist i Tabell 5.1-1.

Tabell 5.1-1. *LSC-verdier (1996-2006).*

	LSC-verdier (mg/kg)
THC	5,2
NPD	0,10
PAH	0,13
Ba	193
Cr	33,3
Cu	11,7
Pb	23,3
Zn	61

LSC-verdien for THC er lav, men tilsvarende som tidligere. Ved årets undersøkelse har mange resultater blitt større enn LSC selv om kromatogrammene kun viser normal bakgrunn.

Kontaminert areal

Det er flere måter å beregne areal kontaminert med hydrokarboner (THC). En metode er å ta utgangspunkt i LSC verdien og angi hvilke stasjoner som har en konsentrasjon over denne, eventuelt hvilke stasjoner som har konsentrasjon lavere enn LSC. Dersom datasettet fra et felt kun består av 500m stasjoner og konsentrasjonen på disse stasjonene er over LSC, har man ikke mulighet til å avgrense kontaminert areal. Dette er tilfellet ved årets undersøkelse, hvor svært mange av 500m stasjonene har høyere konsentrasjon enn 5,2 mgTHC/kg. For mange av feltene kan en kun si at areal kontaminert med THC er større enn 0,8 km^2 (πr^2). En slik beregning gir at omtrent 80 km^2 er kontaminert med THC høyere enn LSC, se Tabell 5.1-2. Dette er vesentlig mer enn hva som ble beregnet i 2003 og 2000 (henholdsvis 25 og 20 km^2). I 2003 og 2000 var LSC_{THC} henholdsvis 5,3 og 6,0 mgTHC/kg.

Mange av feltene, inkl. grunnlagsundersøkelser, har imidlertid konsentrasjoner like over LSC (5,2), uten at profilene i kromatogrammene kan relatere hydrokarbonene til aktiviteten på feltet. Bidraget fra grunnlagsundersøkelsene til kontaminert areal er ca. 20 km^2. I tillegg kommer Urd som ikke var inkludert ved forrige undersøkelse, med ca. 4 km^2. Alt i alt viser resultatene en markert økning i kontaminert areal i regionen.

En annen beregningsmetode er å benytte analyseverktøy, som for eksempel programvaren SURFER. Programmet lager isolinjer basert på konsentrasjon og posisjon, og på den måten kan en beregne et areal. Nøyaktigheten av slike beregninger er avhengig av antall punkter som inkluderes i anlaysen. For Haltenbanken er det få punkter rundt hver installasjon. Arealet fra hvor det tas prøver på Haltenbanken er beregnet til ca. 21.266 km^2. Det totale arealet som overskrider 5,2 mg THC/kg tilsvarer 50% av regionen (11.082 km^2). Ca. 25% av arealet har høyere konsentasjon enn 10 mg THC/kg, og ca. 10% har konsentrasjon over 50 mg/kg (areal 2.289 km^2). Resultatene viser at kombinasjonen av lav LSC og et begrenset stasjonsnett rundt hver installasjon bidrar til å øke usikkerheten i slike beregninger.

En tilsvarende beregning med basis i bariumresultatene er ikke utført ettersom nesten samtlige stasjoner er kontaminert.

Tabell 5.1-2. *Beregningsgrunnlag for kontaminert areal med THC, Region VI Haltenbanken 2007.*

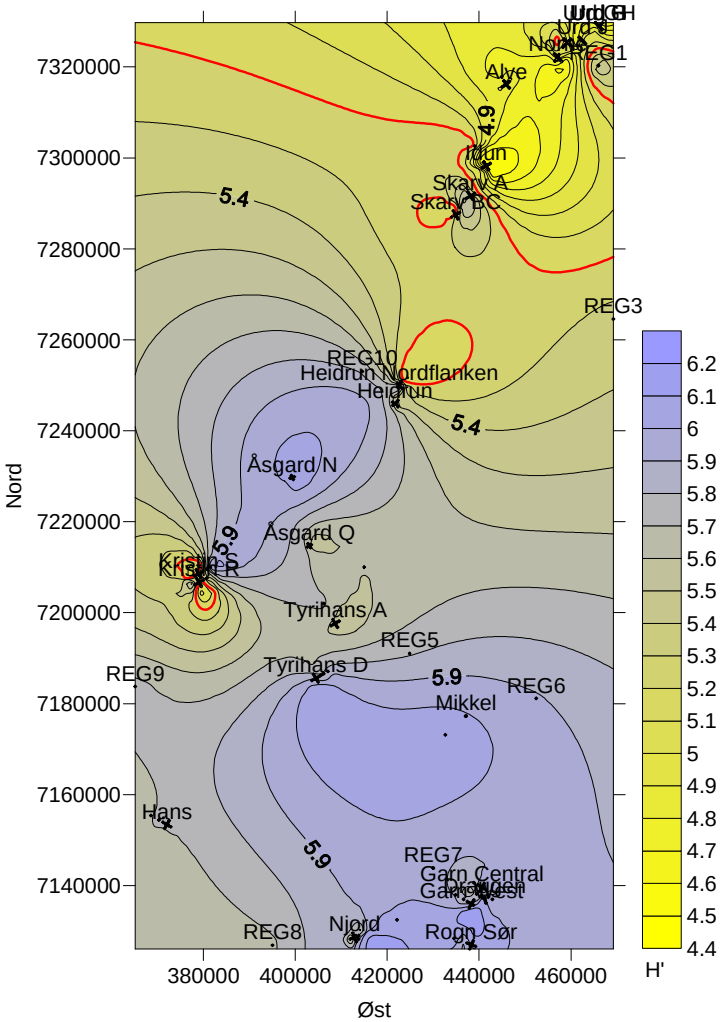
THC	Akse 1 (m)	Akse 2 (m)	Akse 3 (m)	Akse 4 (m)	Radius (km)	Areal THC>5,2 (km^2)
Njord	2000	1000	2000	2000	1,750	9,62
Heidrun	2000	2000	2000	1000	1,750	9,62
Heidr. N	1000	500	500	500	0,625	1,23
Norne W	500	1000	1500	500	0,875	2,41
Norne S	723	500	500	1000	0,681	1,46
Rogn S	975	522	1000	500	0,749	1,76
Mikkel	397	500	309		0,402	0,51
Åsgard-N	500	500	50	500	0,387	0,47
Åsgard-S	1000	500	500	500	0,625	1,23
Åsgard-Q	500	500	500	500	0,500	0,79
Åsgard-M	1000				1,000	3,14
Draugen	1500	1000		2000	1,500	7,07
Garn V	1000	1000	500	4000	1,625	8,30
Garn C	500	250	1000	2000	0,937	2,76
Kristin N	500	250	500	500	0,437	0,60
Kristin P	500	500	500	500	0,500	0,79
Kristin R	2000	500	500	500	0,875	2,41
Kristin S	1000	500	500	500	0,625	1,23
Urd - J		500		1000	0,750	1,77
Urd - G	1000	1000		500	0,833	2,18
Alve	500	500	500	250	0,437	0,60
Skarv BC	500	500	278	500	0,444	0,62
Skarv A	500	500	500	500	0,500	0,79
IDUN	1000	500	500	500	0,625	1,23
Hans	1000	1000	1000	2000	1,250	4,91
Tyrihans A	1000	1000	1000	1000	1,000	3,14
Tyrihans B	1000	1000	1000	1000	1,000	3,14
Tyrihans D	3000	1000	500	1000	1,375	5,94
						79,69

5.2 Bunnfauna

Totalt ble det funnet 155810 individer i bunnfaunaen. En oversikt er gitt i Tabell 5.2-1. De nordligste og dypeste feltene (Urd, Norne og Alve) har et noe lavere individ- og artsantall og diversitet enn de øvrige feltene. Disse feltene samt Skarv har også noe høyere organisk innhold i sedimentet. Både lavere diversitet og høyere innhold av organisk materiale er en naturlig følge av et finere sediment. På Skarv varierer imidlertid havdypet mer, noe som kan bidra til at individtallet per stasjon ligger høyere enn på de nevnte feltene. På de samme feltene (Urd og Norne) blir da også den naturlige referanseverdien (basert på diversitetsindeksene fra grunnlagsundersøkelsene og regionale- og referansestasjoner) lavere enn på de øvrige feltene. Et Surferplott av diversitetsindeksene er vist i Figur 5.2-1.

Tabell 5.2-1. *Oversikt over felt, antall stasjoner, antall arter og individer samt H', Region VI 2006.*

Felt	Stasjoner	Arter	Individer	Individer per stasjon	Diversitet H'	NR
Urd	11	168	3907	355	4,6 – 5,2	5,1
Norne	19	222	8808	464	4,4 – 5,6	4,9
Alve	10	200	4942	494	4,7 – 5-5	-
Åsgard	9	250	5071	563	5,5 – 6,1	5,9
Garn C	13	278	8032	618	5,8 – 6,2	5,8
Rogn Sør	12	280	7599	633	5,8 – 6,1	5,7
Regionale	8	250	5072	634		
Tyrihans	27	277	17389	644	5,5 – 6,1	-
Skarv	25	288	18165	727	4,2 – 5,7	-
Mikkel	1	121	733	733	6,1	-
Garn W	13	302	9590	738	5,8 – 6,0	5,7
Hans	14	241	10848	775	5,6 – 5,9	-
Draugen	12	314	9884	824	5,6 - 6,2	5,4
Heidrun	13	255	10926	840	4,4 – 5,8	5,4
Njord	15	289	14029	935	3,7 – 6,0	5,4
Kristin	21	319	20815	991	3,8 – 6,1	5,7



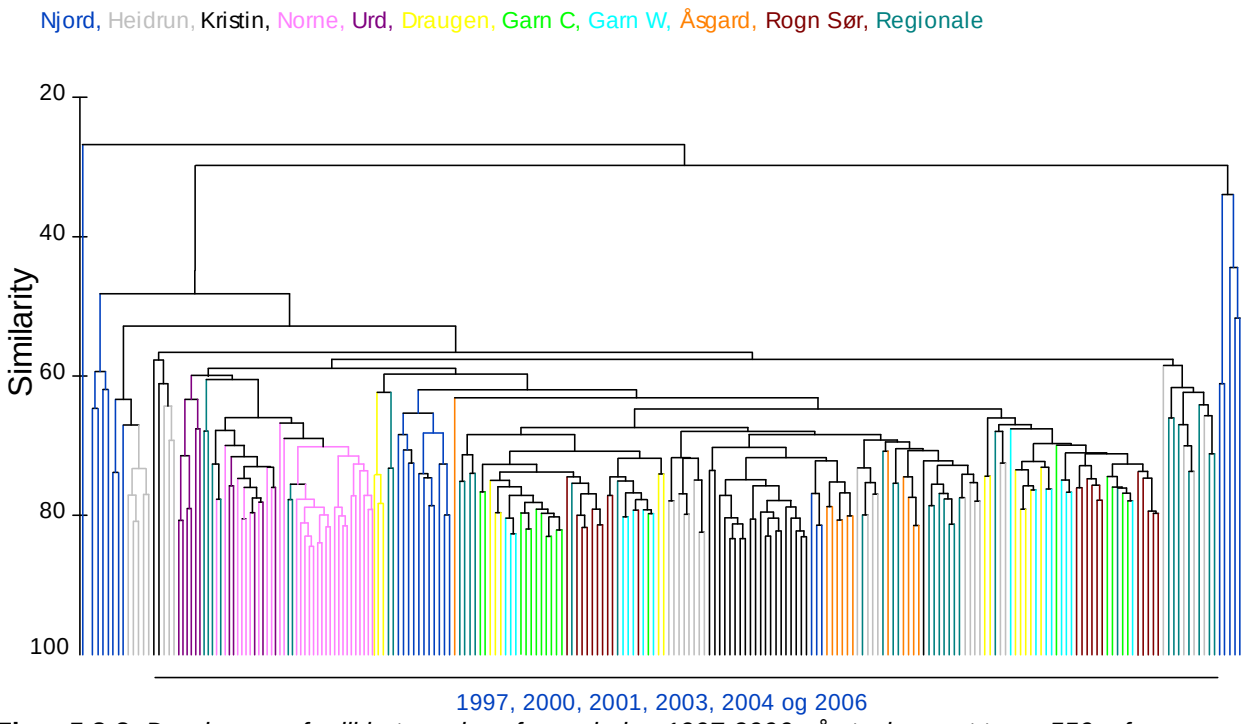
Figur 5.2-1. *Diversitet (H') på Haltenbanken.*

Det er utført en likhetsanalyse på alle data fra 1997 til 2006. Tidligere data er utelatt da datamatrisen ble for stor til å kunne behandles. Det var en relativt stor likhet mellom de fleste stasjoner i regionen fra 1997 til 2006, i underkant av 60 %. For å kunne presentere dendrogrammene ble klassifikasjonsanalyse først utført på data på stasjoner ut t.o.m. 550m fra feltsenter/bunnramme samt regionale stasjoner (Figur 5.2-2) og deretter på stasjoner utenfor 550m fra feltsenter/bunnramme inkludert regionale stasjoner (Figur 5.2-4). Regional stasjon 1 fra 1997 er tatt ut av analysen da den skilte seg betydelig fra øvrige år og resten av regionen.

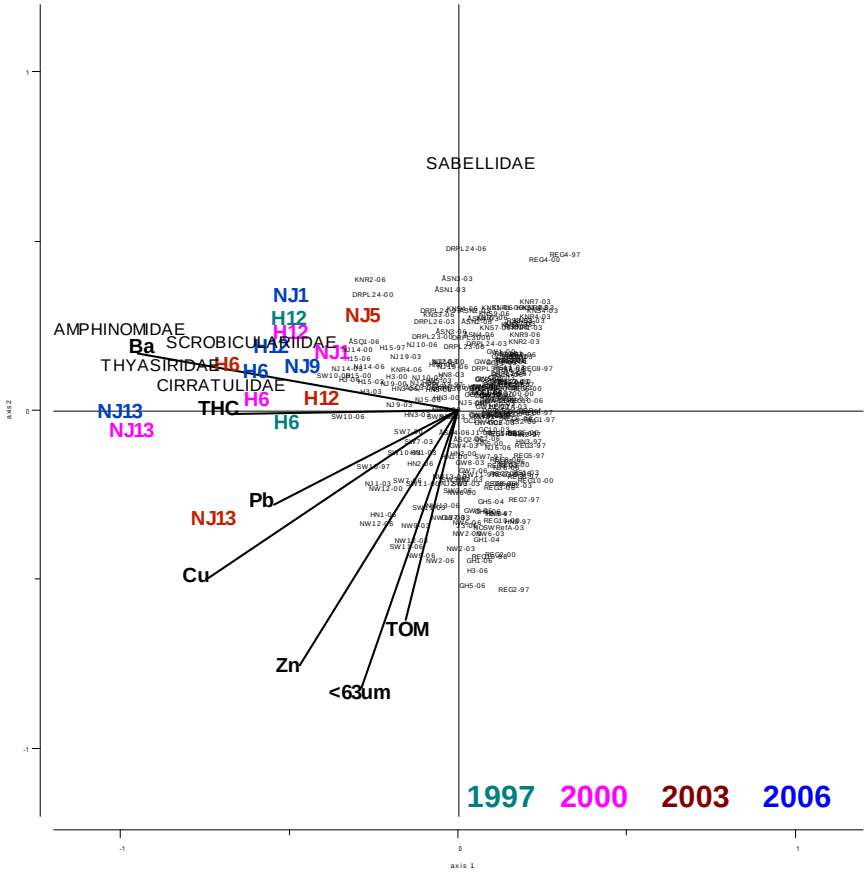
Analysen på stasjoner ut t.o.m. 550m illustrerer at de aller fleste stasjonene fra 1997 – 2006 danner en gruppe ved 57-60 %. Det er ikke noe klart mønster i undergrupper ut fra felt eller år bortsett fra Norne og Urd som utgjør en egen ”undergruppe” sammen med de regionale stasjonene 1 og 3. Stasjonene som skiller seg mest ut er fra feltene Njord og Heidrun, og har alle en fauna som har blitt karakterisert som forstyrret eller lettere forstyrret på feltnivå. For de øvrige stasjonene indikerer likhetsanalysene små endringer mellom år. Bioenv-analysen ga beste korrelasjon mellom fauna og en kombinasjon av faktorene THC, barium, kobber, bly og korn. Faktoren var imidlertid meget svak, kun 0,4. Det ble i tillegg utført en RDA analyse som i stor grad underbygger inndelingen i klassifikasjonsanalysen, se Figur 5.2-3. Plottet er redigert for å synliggjøre stasjonene fra Njord og Heidrun som skiller seg ut i ulike år.

Klassifikasjonsanalysen på stasjoner utenfor 550m er vist i Figur 5.2-4. Også dette dendrogrammet viser at hovedgruppen av stasjonene danner en gruppe ved 57 – 60 % likhet. Bioenv-analysen viste en korrelasjon på 0,5 mellom fauna og en kombinasjon av faktorene kadmium, sink og organisk materiale. Kadmium og sink varierer imidlertid lite, og sammenhengen mellom disse og fauna tillegges ikke vekt. RDA analysen (se Figur 5.2-5) viser at de ulike årene blander seg uten at noe fremtredende mønster kan sees. De aller fleste 1997-stasjonene er imidlertid samlet i første kvadrant. I dendrogrammet (Figur 5.2-4) finner vi så og si alle de regionale stasjonene fra 1997 helt til høyre sammen med Njord 1997. For de øvrige feltene fra 1997 (Heidrun, Norne, Draugen) skiller ikke 1997-stasjonene seg spesielt ut i forhold til stasjoner fra samme felt i senere år.

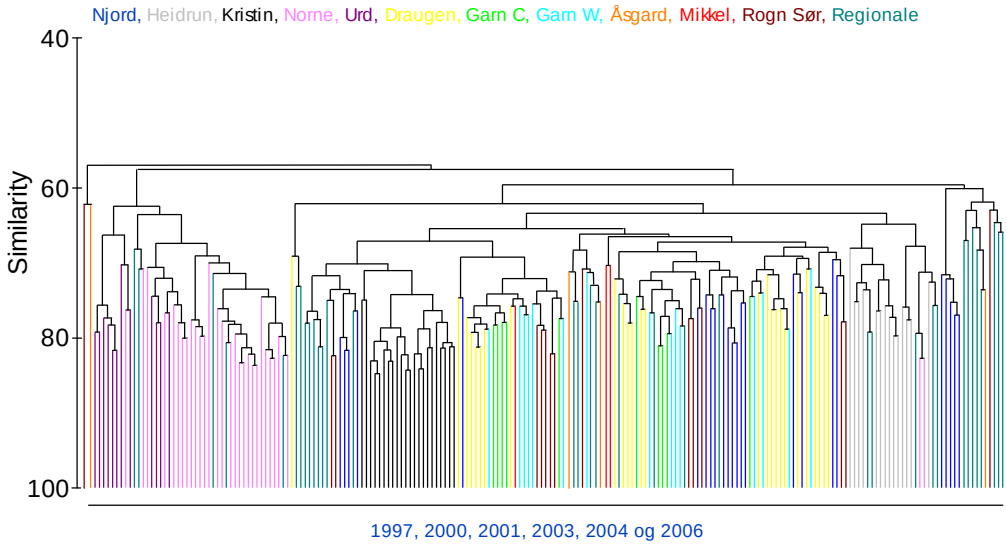
Alt i alt viser analysene ingen fremtredende trend i bunnfaunaen på Haltenbanken.



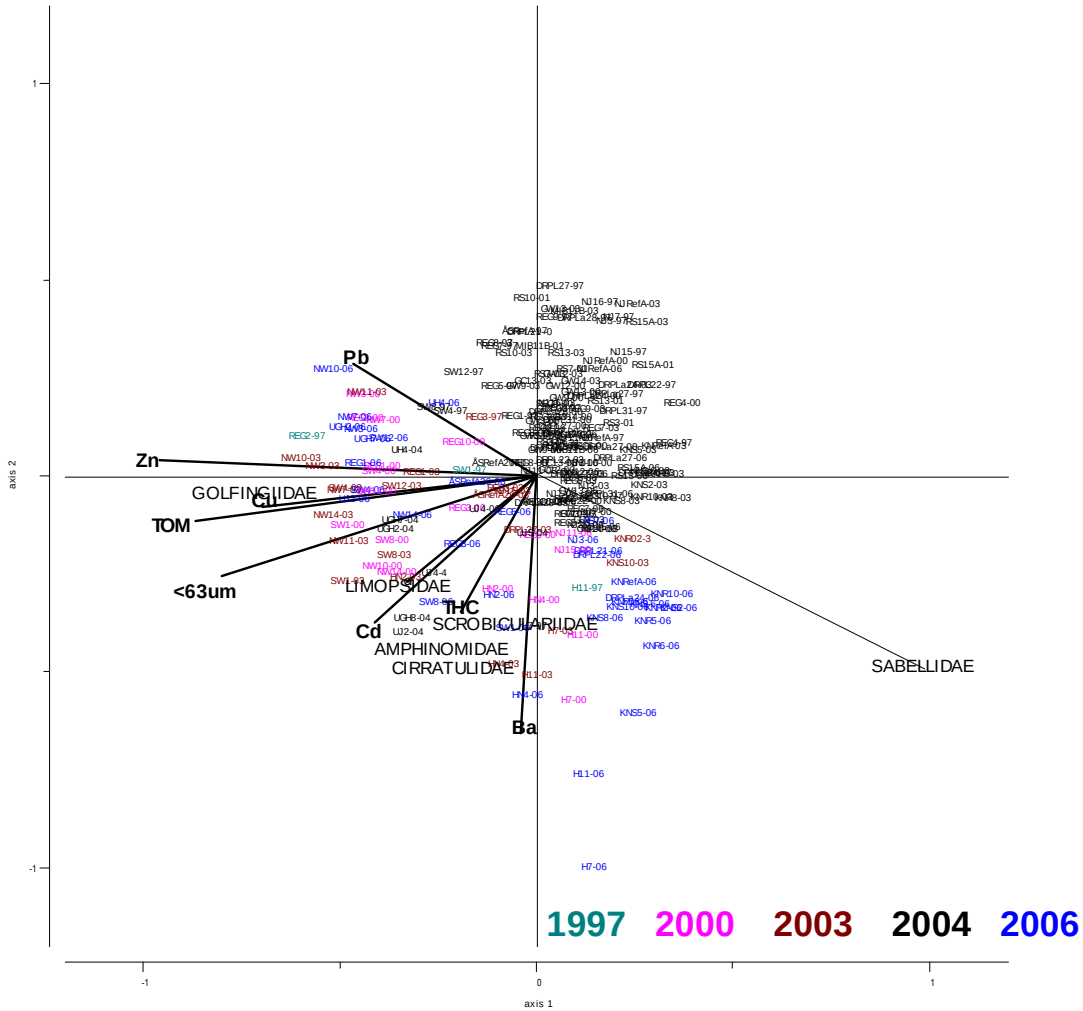
Figur 5.2-2. *Dendrogram fra likhetsanalyse for perioden 1997-2006 på stasjoner ut t.o.m 550m fra feltsenter/bunnramme samt regionale stasjoner.*



Figur 5.2-3. *RDA plott for perioden 1997-2006 på stasjoner ut t.o.m 550m fra feltsenter/bunnramme.*



Figur 5.2-4. *Dendrogram fra likhetsanalyse for perioden 1997-2006 på stasjoner utenfor 550m fra feltsenter/bunnramme samt regionale stasjoner.*



Figur 5.2-5. *RDA plott for perioden 1997-2006 på stasjoner utenfor 550m fra feltsenter/bunnramme. Plottet er redigert for å synliggjøre stasjoner fra ulike år i deler av plottet.*

Areal med påvirket bunnfauna

På samme måte som det var stor usikkerhet i beregning av kontaminert areal for THC er det svært vanskelig å gi et nøyaktig areal der bunnfaunaen er påvirket av feltaktivitetene. De fleste 500m stasjonene fremstår som upåvirkede. Ettersom de færreste feltene har stasjoner nærmere feltsenter/bunnramme enn 500m, vil arealet for påvirket bunnfauna antakelig være overestimert. Alt i alt er det anslått at i mindre enn 15 km^2 av regionen betraktes bunnfaunaen som påvirket, se Tabell 5.2-2. I 2003 ble tilsvarende areal estimert til 10 – 11,7 km^2.

Tabell 5.2-2. *Areal med påvirket bunnfauna.*

Bio	Akse 1 (m)	Akse 2 (m)	Akse 3 (m)	Akse 4 (m)	Radius (km)	Areal påvirket bunnfauna (km^2)
Njord	500	325	500	500	0,456	0,65
Heidrun	1000	550	550	550	0,663	1,38
Heidr. N	500	500	500	500	0,500	0,79
Norne W	500	500	500	250	0,438	0,60
Norne S	500	500	500	290	0,448	0,63
Rogn S	278	522	250	250	0,325	0,33
Åsgard-N	500	500	500	500	0,500	0,79
Åsgard-Q	500	500	500	500	0,500	0,79
Draugen	750	500	250	250	0,437	0,60
Garn V	250	250	250	250	0,250	0,20
Garn C	250	250	250	250	0,250	0,20
Kristin R	500	500	500	500	0,500	0,79
Kristin S	500	500	500	500	0,500	0,79
Urd - J		500	500		0,500	0,79
Urd - G	500	500	500	250	0,437	0,60
Alve	500	500	500	250	0,437	0,60
Skarv BC	599	599	278	500	0,494	0,77
Skarv A	500	500	500	500	0,500	0,79
IDUN	500	500	500	500	0,500	0,79
Hans	250	250	250	250	0,250	0,20
Tyrihans A	500	500	500	500	0,500	0,79
Tyrihans D	500	500	500	500	0,500	0,79
						14,61

5.3 Konklusjon Region VI

Miljøundersøkelsen 2006 på Region VI viser:

- Sedimentene i regionen består for det meste av silt og leire og veldig fin sand
- Innholdet av totalt organisk materiale i sedimentene er relativt høyt, fra 2,4 % til 8,5 %
- Innholdet av THC ligger generelt mellom 4 og 20 mg/kg
    - 8 av 15 felt har ingen stasjoner med THC-nivå større enn 10 mg/kg. Disse feltene er Alve, Draugen, Garn Central, Hans og Rogn Sør.
    - Feltene Heidrun, Kristin, Njord, Norne og Åsgård er de 5 mest kontaminerte feltene i forhold til THC. På Kristin, Njord, Norne og Åsgård er THC-kontamineringen av samme type som boreslamsolje. På Kristin er det i tillegg påvist mulige spor av borevæsken XP-07.
    - Konsentrasjonene av de utvalgte hydrokarbonene NPD og PAH er lave i hele regionen, mens det er stor variasjon i konsentrasjonene av C_5-C_8 alkyldekaliner. Det er god korrelasjon mellom resultatene for dekaliner og for THC.
    - På REG6, -9 og -10 er THC-konsentrasjonen høyere enn det den har vært ved tidligere undersøkelser
    - Areal kontaminert med hydrokarboner har økt siden forrige undersøkelse
- Bariuminnholdet er generelt for Region VI i intervallet 100 til 7000 mg/kg.
    - Kun feltene Hans og Rogn Sør har nivåer som kan sammenlignes med de regionale stasjonene. For de resterende 12 feltene er det funnet nivåer som tilsvarer kontaminering med baritt.
    - For 7 felter er det funnet nivåer over 1000 mg/kg barium på minst én stasjon – Draugen, Heidrun, Kristin, Njord, Norne, Skarv og Åsgård
    - På Kristin har det vært en markert økning i Ba-konsentasjonen på flere stasjoner, inkludert referansestasjonen
    - På Urd har det stort sett vært en økning i Ba-konsentrasjonen på alle stasjoner sammenlignet med resultatene fra 2004
    - Mange av Ba-verdiene fra grunnlagsundersøkelsen på Tyrihans ligger over LSC-verdien
- Etere fra borevæsken Aquamul B II er funnet i sedimentene på Heidrun, i samme konsentrasjonsområde som i 2003. Resultatene viser en langsom nedbrytning
- Konsentrasjonene av tungmetaller er lave, og forhøyede verdier er bare funnet på noen stasjoner
- Bunndyrsamfunnet i regionen kan generelt betraktes som sunt og uforstyrret. Påvirket bunnfauna er påvist på Njord, Heidrun og Kristin.
- Beregnet areal av påvirket bunnfauna er i samme størrelsesorden som i 2003.
- Resultatene viser ingen trend for variasjoner i innhold av hydrokarboner, barium eller organisk materiale i perioden 1997 – 2006
- PFAS-konsentrasjonene fra Haltenbanken ligger omtrent på samme nivå som det som ble målt i et SFT-screeningprosjekt i 2004, d.v.s. at nivåene ikke er spesielt forhøyet

sammenlignet med prøver fra diffus forurenset bakgrunnsområde. Med unntak av en PFOS-verdi ved Norne er ingen av forbindelsene fra Heidrun, Draugen, Norne eller Njord markert høyere enn referanseverdiene fra Skarv og Hans.

6.0 Anbefalinger

Mange stasjoner har THC-nivå over LSC selv om kromatogrammene kun viser naturlig bakgrunn. Det bør derfor vurderes om dagens måte å beregne LSC på er hensiktsmessig. Et alternativ er å bruke et konfidensnivå på 99 % i stedet for 95 %. (Tilsvarende anbefaling ble også gitt i 2003-undersøkelsen).

Ba-konsentrasjonen på Kristin ref (60 º/3000m) ble bestemt til 1000 ± 100 mg/kg. Dette er 10 ganger høyere enn ved grunnlagsundersøkelsen i 2003. Det må finnes en annen referanse som ikke er påvirket av aktiviteten på feltet.

Det er for første gang påvist mulige spor av basevæsken XP-07 på Kristin. Videre undersøkelser må avdekke om denne borevæsken brytes ned hurtig.

7.0 Referanser

Kjemi

Fjeld, Schlabach med flere, 2005. *Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol.* Statlig program for forurensningsovervåkning. SFT-rapport TA-2096/2005

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

Guidelines for Data Acquisition and Data Quality Evaluation in Environmental Chemistry. *Analytical Chemistry* 1980, 52, pp.2242-2248.

Jackson, J. E. 1991. *A user's guide to principal components*, Wiley 1991, pp 45-47.

Schlabach, 2007. NILU, personlig meddelelse.

Biologi

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.

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

Cattell, R.B. (1966). *The scree test for the number of factors*. Multivariate Behavioral Research, 1, 245-276.

DNV, 2006, *Sedimentprøvetaking på Frøy, Byggve, Skirne, Vale og Frigg samt REGII-1, -2 og -3 (Regoin II) 2006. Prøvingsrapport*, rapport nr 2006-1203

DNV, 2006, *Miljøundersøkelse Region VI - Haltenbanken 2006. Toktrapport,* rapport nr 2006-1202

Gray, J.S & Mirza, F.B. 1979. *A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities.* Marine Pollution Bulletin 10:142146.

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

Kaiser HF. The application of electronic computers to factor analysis. Educ Psychol Meas 1960; 20:141-151.

Kruskal, J.B. & M. Wish. 1978. *Multidimensional scaling.* Sage Publishers. California. 93s.

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

Legendre, P. and L. Legendre. 1998. Numerical Ecology, 2nd English Edition, Elsevier, Amsterdam. 853 pp.

Petroleumstilsynet, Statens forurensningstilsyn, Sosial- og helsedirektoratet, 2005. *Activities Regulation Appendix 1 – Requirements to Environmental Monitoring of the Petroleum Activities on the Norwegian Shelf. (Ptil, SFT, SHdir 2005). Technical appendix 2: Sediment monitoring.*

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

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

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

Unifob as, 2004, Erling Heggøy, Gisle Vassenden, Helge Botnen, Per Johannessen og Per-Otto Johansen *Grunnlagsundersøkelse av sedimentene rundt Norne satellittene Stær og Svale*, Prosjekt nr.: 458085.

DNV Consulting:

er et annerledes konsulentselskap som tilbyr avansert tverrfaglig kompetanse innen ledelse og teknologi. Vi er solid forankret i Det Norske Veritas og basert på DNVs omfattende teknologikompetanse, internasjonale erfaring og unike uavhengighet som en stiftelse. Våre 400 konsulenter betjener internasjonale kunder fra kontorer i Norge, Storbritannia, Tyskland, Belgia og USA med full tilgang til DNVs verdensomspennende nettverk.

DNV CONSULTING
Veritasveien 1
N-1322 Hovik
Norway
Phone: +47 67 57 99 00

DNV CONSULTING
Johan Berentsenvei
109-111
N-5020 Bergen
Norway
Phone: +47 55 94 36 00

DNV CONSULTING
Bjergstedveien 1
N-4002 Stavanger
Norway
Phone: +47 51 50 60 00

DNV CONSULTING
Ingvald Ystgaardsvei 15
N-7496 Trondheim
Norway
Phone: +47 73 90 3500

DNV CONSULTING
Businesspark
Essen - Nord
Schnieringshof 14
45329 Essen
Germany
Phone: +49 201 7296 412

DNV CONSULTING
Duboisstraat 39 – Bus 1
B-2060 Antwerp
Belgium
Phone: +32 (0) 3 206 65 40

DNV CONSULTING
Palace House
3 Cathedral Street
London SE1 9DE
United Kingdom
Phone: +44 20 7357 6080

DNV CONSULTING
Highbank House
Exchange Street
Stockport
Cheshire SK3 0ET
United Kingdom
Phone: +44 161 477 3818

DNV CONSULTING
Cromarty House
67-72 Regent Quay
Aberdeen AB11 5AR
United Kingdom
Phone: +44 1224 335000

DNV CONSULTING
16340 Park Ten Place
Suite 100
Houston, TX 77084
USA
Phone: +1 281 721 6600

en ny virkelighet, en annen tilnærming:

DNV CONSULTING

MANAGING RISK