

Grunnlagsundersøkelser ved Gjøa, Vega, Troll O2, Hild, Tune sør og Ragnarrock i 2007

Kontraksnummer: 5408614



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN

UNIFOB AS

Seksjon for anvendt miljøforskning

Høytteknologisenteret i Bergen

Thormøhlensgate 49

5006 Bergen

Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25

Bergen, mars 2008

Grunnlagsundersøkelser ved Gjøa, Vega, Troll O2, Hild, Tune sør og Ragnarrock i 2007



UNIFOB AS
Seksjon for anvendt miljøforskning

AV

Erling Heggøy, Helge Botnen, Per-Otto Johansen og Gisle Vassenden

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	28/3-08	Helge Botnen
Prosjektet / undersøkelsen:	28/3-08	Erling Heggøy

Seksjon for anvendt miljøforskning
Høyteknologisenteret i Bergen
Thormøhlensgate 49
N-5006 Bergen

Tlf.: 55 58 44 64
Fax.: 55 58 45 25
Internet: www.sammarin.unifob.uib.no/
E-post: fornavn.etternavn@bio.uib.no
Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA



Forord

Etter pålegg fra myndighetene valgte Statoil, som er operatør for det planlagte feltet på Gjøa, Norsk Hydro for feltene Vega, Troll O2, Tune Sør og Ragnarrock, og Total, som er operatør for Hild, Unifob AS ved Seksjon for anvendt miljøforskning til å foreta grunnlagsundersøkelser. I denne rapporten beskrives undersøkelsen med hensyn på prøvetaking, behandling av prøver og analysemetoder, samt behandling og dataanalyse av resultatene fra analyselaboratoriene.

Resultatene viser hva slags nivå utvalgte metaller og hydrokarboner forekom i og hva slags bunnfauna som levde i sedimentet på disse feltene før olje- og gassutvinningen kom i gang. Resultatene er et referansemateriale som kan benyttes som grunnlag for å vurdere eventuelle miljøeffekter av fremtidig aktivitet på disse feltene.

Data som rapporten er basert på er tilgjengelig på en separat CD-ROM som ligger vedlagt papirutgaven til denne rapporten.

UNIFOB AS, Seksjon for anvendt miljøforskning i Bergen har stått for undersøkelsen i samarbeid med AnalyCen AS i Moss.

Seksjon for anvendt miljøforskning er akkreditert av Norsk Akkreditering til prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test 157. AnalyCen AS er akkreditert under akkrediteringsnummer Test 043.

Undersøkelsen ble utført etter oppdrag fra operatørene Statoil, Norsk Hydro og Total Exploration Norge AS under kontraktsnummer 5408614.

Bergen, fredag 28. mars 2008.



Helge B. Botnen
Seksjonsleder

Takk

Prøveinnsamling, tokt

Helge Botnen (SAM), Tor Ensrud (SAM), Erling Heggøy (SAM), Inge Ingebriktsen (AnalyCen), Gisle Vassenden (SAM) og Rikke Wallum (AnalyCen).

Sortering av bunndyrprøver

Frøydis Lie, Tor Magne Ensrud, Amir Ebrahim Yazdanpanah Amin, Tom Alvestad, Kjerstin Longva Nilsen, Ragna Tveiten, Øyvind H. Reinshol, Mette Eilertsen, Elnas Golshany, Therese Kronstad, Raket Hagen Olsen og Øyvind Helland (alle fra SAM)

Identifisering av bunndyrfauna

Per Johannessen (SAM), Per-Otto Johansen (SAM) og Jon Kongsrud (Bergen Zoologiske Museum).

Assistenten ved identifisering av bunndyr

Wenche Eide, Tor Ensrud, Ragna Tveiten Amir Ebrahim Yazdanpanah Amin, Frøydis Lie, Helge Botnen og Gisle Vassenden

Analyse av organiske forbindelser

Pernille Holm, Gitte Falck Laugesen og Niels Weibel (alle AnalyCen, Fredericia, Danmark)

Metall analyser

Wenche Saugstad, Jon Arne Malcolmsen, Randi Holstad Arnesen og Eunice Moore (alle AnalyCen, Moss)

Annen assistanse fra AnalyCen

Grethe Arnestad og Rikke Wallum (begge AnalyCen, Moss)

Sedimentanalyse

Helge Grønning (SAM)

Dataanalyse

Erling Heggøy, Gisle Vassenden og Per-Otto Johansen

Rapportering

Erling Heggøy og Helge Botnen

Forsidefoto

Helge Botnen

Vi ønsker også å takke offiserer, surveyere og mannskap ombord på M/S *Aurelia* for all hjelp og assistanse i forbindelse med prøveinnsamlingstoktet.

INNHold

1 Sammendrag	1-1
1 Summary	1-14
2 Innledning.....	2-1
3 Materiale og metoder	3-1
3.1 Prøveinnsamlingstøkt.....	3-1
3.2 Innsamlingsområdet	3-1
3.3 Innsamlingsprogram.....	3-2
3.4 Prøvebehandling i felt	3-3
3.5 Fysisk beskrivelse av sediment	3-3
3.5.1 Farge.....	3-3
3.5.2 Kornstørrelse	3-3
3.5.3 Måling av totalt organisk materiale (TOM)	3-4
3.6 Kjemisk karakterisering av sedimentet	3-5
3.6.1 Metode for bestemmelse av metaller.....	3-5
3.6.2 Prinsipp for olje hydrokarbon analyse.....	3-7
3.7 Grense for signifikant kontaminering, LSC (Limit of Significant Contamination)	3-11
3.8 Valg av tallmateriale til gjennomsnittsberegninger.....	3-11
3.9 Biologiske analyser.....	3-11
3.10 Statistiske metoder	3-13
3.10.1 Univariate metoder, bunndyr.....	3-13
3.10.2 Multivariate metoder	3-14
3.10.3 Sammenhengen mellom miljøvariabler og bunndyrsdata – BioEnv	3-16
3.10.4 Sammenhengen mellom miljøvariabler og bunndyrsdata – Canoco	3-16
3.10.5 Dataprogrammer	3-16
3.11 Beregning av påvirket område	3-17
3.12 Kvalitetssikring	3-17
3.13 Lagring av prøver.....	3-17
3.14 Avvik og endringer i forhold til programmet.....	3-18
4 Ragnarrock	4-1
4.1 Introduksjon	4-1
4.2 Resultater	4-2
4.2.1 Sedimentbeskrivelse.....	4-2
4.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Ragnarrock i 2007	4-4
4.2.3 Oljehydrokarboner	4-4
4.2.4 Metaller	4-5
4.2.5 Bunnfauna	4-9
4.2.6 Beregning av påvirket areal.....	4-18
4.3. Sammendrag og konklusjon	4-21
5 Hild.....	5-1
5.1. Introduksjon	5-1
5.2. Resultater	5-2
5.2.1 Sediment beskrivelse.....	5-2
5.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Hild i 2007.....	5-4
5.2.3 Oljehydrokarboner	5-4
5.2.4 Metaller	5-6
5.2.5 Bunnfauna	5-10
5.2.6 Beregning av påvirket areal.....	5-21
5.3. Sammendrag og konklusjon	5-24

6 Troll O2	6-1
6.1. Introduksjon	6-1
6.2. Resultater	6-2
6.2.1 Sediment beskrivelse.....	6-2
6.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Troll O2 i 2007	6-4
6.2.3 Oljehydrokarboner	6-4
6.2.4 Metaller	6-6
6.2.5 Bunnfauna	6-9
6.2.6 Beregning av påvirket areal.....	6-18
6.3. Sammendrag og konklusjon	6-21
7 Tune sør.....	7-1
7.1. Introduksjon	7-1
7.2. Resultater	7-2
7.2.1 Sediment beskrivelse.....	7-2
7.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Tune sør i 2007	7-4
7.2.3 Oljehydrokarboner	7-4
7.2.4 Metaller	7-6
7.2.5 Bunnfauna	7-10
7.2.6 Beregning av påvirket areal.....	7-19
7.3. Sammendrag og konklusjon	7-22
8 Gjøa	8-1
8.1. Introduksjon	8-1
8.2. Resultater	8-3
8.2.1 Sediment beskrivelse.....	8-3
8.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Gjøa i 2007	8-5
8.2.3 Oljehydrokarboner	8-5
8.2.4 Metaller	8-8
8.2.5 Bunnfauna	8-13
8.2.6 Beregning av påvirket areal.....	8-26
8.3. Sammendrag og konklusjon	8-31
9 Vega	9-1
9.1. Introduksjon	9-1
9.2. Resultater	9-2
9.2.1 Sediment beskrivelse.....	9-2
9.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Vega i 2007.....	9-5
9.2.3 Oljehydrokarboner	9-5
9.2.4 Metaller	9-8
9.2.5 Bunnfauna	9-14
9.2.6 Beregning av påvirket areal.....	9-28
9.3. Sammendrag og konklusjon	9-29
10 Anbefalinger.....	10-1
11 Referenser.....	11-1
12 Liste over forkortelser	12-1
13 Innhold på Vedleggs CD	13-1

1. Sammendrag

Etter bestilling fra operatørene, Statoil, Norsk Hydro, og Total ble Unifob AS, Seksjon for anvendt miljøforskning, gitt i oppdrag å foreta grunnlagsundersøkelser ved Gjøa, Vega, Troll O2, Tune sør, Hild og Ragnarrock i 2007.

M/V *Aurelia*, som var innleid av Statoil fra RS Research Shipping GmbH i Bremen fungerte som toktfartøy. Prøveinnsamlingstoktet varte fra 5. juni til 14. juni, bare med et kort avbrudd på grunn av seismikkskyting ved Troll O2.

I alt ble det samlet prøver fra 93 stasjoner. Prøvene ble beskrevet med hensyn på farge, lukt, dyreliv, sedimenttype og eventuelle spesielle forhold etter hvert som de ble tatt om bord. I tillegg ble det tatt prøver til måling av sedimentets kornstørrelse og innhold av organisk materiale, oljehydrokarboner og tungmetall. Det ble også tatt prøver til identifisering og kvantifisering av bunnfauna.

Prøvetakingsprogrammet som ligger til grunn for denne undersøkelsen inkluderte ikke regionale stasjoner. Regionale stasjoner antas å være upåvirket og representere naturlige bakgrunnsverdier som benyttes til beregning av grense for signifikant kontaminering (LSC) (Tabell 1.1). På grunn av til dels store naturlige variasjoner i sedimenttyper og vandyp innen de enkelte regionene blir regionene ofte inndelt i subregioner. Dermed kan LSC best mulig tilpasses de naturlige variasjonene innen en region. I den foreliggende undersøkelsen blir LSC-verdier fra tidligere undersøkelser benyttet. Ved valg av LSC-verdier ble det tatt hensyn til dyp og kornfordeling, fra den siste regionale undersøkelsen fra hver region.

Ragnarrock

På Ragnarrock i Region II, ble det samlet prøver fra 11 stasjoner. Vandypet varierte fra 110 til 112 m. Sedimentet besto av 91,7 – 93,6 % sand, 6,3 – 8,3 % pelitt og 0,96 – 1,22 % TOM. Innholdet av THC varierte fra 1,3 til 5,7 mg/kg, som er lavt sammenlignet med beregnet LSC for den grunne delen av Region II i 2006. Innholdet av metallene var også lave, på en stasjon var imidlertid innholdet av kadmium over LSC. Det ble registrert 231 taksa med til sammen 24011 individer. Av disse var det 11213 juvenile individ av pigghudene *Spatangoida* og 1458 individer av *Echinoida*, som ble utelatt fra videre analyser. Diversiteten varierte mellom 4,59 og 4,78, og viser ingen større forskjeller i faunaen mellom stasjonene. Det var heller ingen sammenheng mellom de undersøkte miljøparametrene og fordelingen av bunnfaunaen.

Hild

Det ble samlet prøver fra 14 stasjoner på Hild. Vandypet varierte fra 104 til 122 m. Sedimentet besto av 85,8 – 98,4 % sand, 1,2 – 14,1 % pelitt og 0,5 – 1,6 % TOM. Innholdet av THC var over LSC for den grunne subregionen i Region III fra 2004, på en stasjon. På en stasjon var innholdet av barium og sink over LSC. Denne stasjonen var plassert om lag 130 m fra en letebrønn fra 1979-80. Innholdet av kadmium var over LSC på alle stasjonene utenom på en stasjon. Da dette

er en grunnlagsundersøkelse antar vi at det relativt høye kadmium-nivået er et naturlig høyt bakgrunnsnivå på Hild. Det ble registrert 133 taksa med til sammen 59458 individer. Av disse var det 8972 individer av Spatangoida og 1288 individer av Echinoida. Diversiteten varierte fra 3,3 til 4,3. I de multivariate analysene skilte to av stasjonene seg litt fra de andre. Den ene stasjonen er plassert et stykke fra de andre og hadde et litt mer grovkornet sediment og et litt lave innhold av TOM. Den andre stasjonen hadde det høyeste innholdet av pelitt og TOM. Dette var også den stasjonen som var plassert ved letebrønnen. I koblingene mellom biologi og de undersøkte miljøparametrene, ble det funnet en signifikant sammenheng mellom biologidataene og innholdet av pelitt og krom.

Troll O2

På Troll O2 ble det samlet prøver fra ni stasjoner. Vanndypet ble målt til 339 og 340 m. Sedimentet inneholdt 0,81 – 1,07 % sand, 98,9 – 99,2 % pelitt og 7,9 – 8,6 % TOM. Ingen av de målte kjemiske parametrene var over LSC fra den dype subregionen fra 2004. Det ble identifisert 165 taksa med til sammen 3743 individer. Av disse utgjorde pigghudene Spatangoida og Echinoida henholdsvis 156 og 2 individer. I de multivariate analysene ble ikke funnet noen gradienter i materialet. De målte kjemiske parametrene ble heller ikke funnet å korrelere med bunnfaunaen.

Tune Sør

Fem stasjoner ble undersøkt ved Tune Sør. Dypet ble målt til 88 og 89 m. Sedimentet besto av 98,1 – 99,5 % sand, 0,4 – 1,6 % pelitt og 0,3 – 0,4 % TOM. THC var under LSC fra den grunne subregionen i den Regionale undersøkelsen fra 2004. Av metallene var det bare kadmium som var over LSC på en stasjon. Det ble identifisert 158 taksa med til sammen 12103 individer. Av disse utgjorde juvenile individ av pigghuden Spatangoida 6214 individer, *Spatangus* sp. 135 individer og Echinoida 154 individer. Diversiteten var mellom 3,5 og 3,9. Det ble ikke funnet noen gradient i materialet i de multivariate analysene. Det ble heller ikke funnet noen kobling mellom de undersøkte kjemiske parametrene og bunnfaunaen.

Gjøa

Ved Gjøa ble det samlet prøver fra i alt 27 stasjoner. Vanndypet ble målt til mellom 357 og 370 m. Sedimentet besto av 63,5 – 75,9 % sand, 23,4 – 34,5 % pelitt og 1,7 – 3,6 % TOM. THC var under LSC fra den dype subregionen i den Regionale undersøkelsen fra 2005 (Region IV). Av metallene var det bare bly som forekom over LSC på stasjoner. Det ble identifisert 323 taksa med til sammen 19395 individer. Av disse utgjorde juvenile individ av pigghudene Spatangoida 2481 individer og Echinoida 78 individer. Diversiteten var mellom 5,2 og 6,0. Det ble ikke funnet noen gradient i materialet i de multivariate analysene. Det ble heller ikke funnet noen kobling mellom de undersøkte kjemiske parametrene og bunnfaunaen.

Vega

Ved Vega ble det samlet prøver fra i alt 27 stasjoner. Vanddyppet ble målt til mellom 363 og 380 m. Sedimentet besto av 0,8 – 1,5 % sand, 97,8 – 99,2 % pelitt og 6,7 – 10,3 % TOM. Det foreligger ikke regionale stasjoner i Region IV med tilsvarende sediment som det som ble funnet på Vega. Det høye innholdet av pelitt på Vega gjør at det naturlig er et høyere innhold av de undersøkte kjemiske komponentene. Sammenlignet med den dype subregionen i Region III fra 2004, hvor det er tilsvarende innhold av pelitt i sedimentet, ble det ikke målt høye konsentrasjoner på Vega. Det bør opprettes en ny regional stasjon i den dype delen av Region IV. Det ble identifisert 225 taksa med til sammen 12434 individer. Av disse utgjorde juvenile individ av pigghudene Spatangoida 313 individer og Echinoida 1 individ. Diversiteten var mellom 5,0 og 5,5. Det ble ikke funnet noen gradient i materialet i de multivariate analysene. Det ble heller ikke observert forstyrrelse hos bunnfauna eller kobling mellom de undersøkte kjemiske parametrene og bunnfaunaen.

Tabell 1.1. LSC beregninger fra de siste undersøkelsene av de tre regionene det ble foretatt grunnlagsundersøkelser i 2007.

	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC 96-06 RegII	12,5	i.b	i.b	134,8	6,6	0,03	2,2	9,6	0,015	11,7
LSC 97-06 grunn RegII	7,9	i.b	i.b	28,6	6,7	<0,03	1,0	9,8	0,01	8,8
LSC 96-06 sentral RegII	13,7	i.b	i.b	152,6	6,7	0,04	2,3	9,9	0,02	12,2
LSC 97-06 nord RegII	11,3	i.b	i.b	59,4	4,4	<0,03	1,2	6,3	0,01	7,2
LSC 98-04 grunn RegIII	10	0,035	0,020	177	5,5	0,028	1,8	6,7 ¹	0,01	6,9
LSC 98-04 dyp RegIII	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43 ¹	0,053	87,4
LSC 96-05 RegIV	6,3	0,093	0,055	428	8,7	0,106	4,9	11,2 ²	0,022	21,6
LSC 96-05 dyp RegIV	5,3	0,128	0,74	513	9,3	0,09	5,8	12,1 ²	0,019	24,1
LSC 96-05 grunn RegIV	6,9	0,036	0,03	365	8,6	0,112	2,7	8,2 ²	0,024	13,1

i.b: ikke bestemt

1: Stjerne ved prøvene men ingen forklaring

2: Basert på 05 og 2002 verdier.

Grunnlagsundersøkelse-2007
UNIFOB AS, Seksjon for anvendt miljøforskning

Tabell 1.2. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Ragnarrock i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Ragnarrock	Ra 01	Ra 02	Ra 03	Ra 04	Ra 05	Ra 06	Ra 07	Ra 08	Ra 09	Ra 10	Ra 11
ED50 UTM sone 31 N	463892,37	463918,41	463961,82	463973,48	464121,2	463857,64	463831,59	463788,18	463776,52	463628,8	461905,38
ED50 UTM sone 31 Ø	6527485,5	6527633,2	6527879,4	6527369,6	6527343,6	6527288,5	6527140,8	6526894,6	6527404,4	6527430,4	6527734,3
Avstand (m) / retning (°)	100/10	250/10	500/10	100/100	250/100	100/190	250/190	500/190	100/280	250/280	2000/280
Dyp (m)	111	112	112	112	111	110	110	110	110	111	110
% TOM	1,22	1,01		1,06	1,04	0,96	1,06		0,97	1,10	0,99
% grus	0,00	0,09		0,08	0,04	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00
% sand	92,21	92,20		92,26	93,64	93,20	92,00		93,15	92,43	91,71
% pelitt	7,79	7,71		7,66	6,32	6,80	7,98		6,85	7,57	8,29
median	2,56	2,57		2,56	2,57	2,57	2,57		2,57	2,57	2,57
Ba	29,2±4,3	22,2±7,1	23,7±4,4	34,8±6,0	20,3±0,5	18,4±4,9	25,4±4,6	23,7±3,6	26,2±4,5	25,5±7,0	27,2±2,1
Pb	4,0±0,2	3,6±0,2	3,6±0,3	3,7±0,3	3,5±0,1	3,7±0,3	4,0±0,2	3,8±0,3	3,9±0,2	3,8±0,3	4,0±0,1
Cd	0,029±0,004	0,068±0,037	0,040±0,019	0,038±0,018	0,023±0,009	0,018±0,002	0,019±0,009	0,016±0,002	0,016±0,005	0,026±0,009	0,016±0,005
Cu	0,79±0,02	0,68±0,10	0,67±0,08	0,72±0,07	0,72±0,04	0,70±0,10	0,73±0,06	0,73±0,06	0,70±0,00	0,69±0,02	0,77±0,06
Cr	5,5±0,2	5,3±0,2	5,1±0,5	5,2±0,3	5,1±0,2	5,2±0,2	5,4±0,2	5,2±0,2	5,2±0,1	5,2±0,3	5,3±0,1
Hg	0,004±0,001										0,004±0,000
Zn	6,4±0,3	5,9±0,5	5,8±0,5	6,0±0,3	5,8±0,2	5,8±0,3	6,4±0,2	5,9±0,2	6,0±0,2	6,0±0,5	6,3±0,3
PAH	0,030±0,013										0,040±0,011
THC	1,3±0,7	1,8±1,5	5,7±1,0	1,6±1,5	2,5±1,7	5,2±2,3	1,9±0,2	3,8±1,9	5,0±0,5	2,9±1,3	3,5±0,7
NPD	0,007±0,001										0,011±0,001
Antall individer	2622	2870		2178	2369	2560	3292		2536	2646	2938
Antall arter	136	127		127	122	124	142		124	115	127
Diversitet (H')	4,78	4,61		4,75	4,64	4,68	4,77		4,73	4,59	4,67
Jevnhet (J)	0,67	0,66		0,68	0,67	0,67	0,67		0,68	0,67	0,67
H ¹ -max	7,09	6,99		6,99	6,93	6,95	7,15		6,95	6,85	6,99
ES ₁₀₀	31,4	29,4		30,8	29,6	29,7	31,0		30,9	28,4	29,0

Tabell 1.3. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Hild i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Hild	Hild 01	Hild 02	Hild 03	Hild 04	Hild 05	Hild 06	Hild 07	Hild 08	Hild 09	Hild 10	Hild 11	Hild 12	Hild 13	Hild 14
ED50 UTM sone 31 N	6708741	6708983	6709466	6708435	6708371	6708241	6708259	6708017	6707534	6708565	6708629	6708759	6709018	6709535
ED50 UTM sone 31 Ø	447315	447379	447509	447491	447733	448216	447185	447121	446991	447009	446767	446284	445318	443386
Avstand (m) / retning (°)	250/15	500/15	1000/15	250/105	500/105	1000/105	250/195	500/195	1000/195	250/285	500/285	1000/285	2000/285	4000/285
Dyp (m)	120	120	122	118	119	117	116	116	114	118	118	118	114	104
% TOM	1,24	1,41	1,60	1,12	1,14	1,20	1,04	1,08	0,93	1,22	1,14	0,96	0,74	0,52
% Grus	0,01	0,00	0,03	0,16	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,41
% Sand	91,39	89,73	85,84	91,52	91,76	91,51	92,94	94,05	95,19	91,96	92,23	94,93	95,75	98,39
% Pelitt	8,61	10,26	14,12	8,32	8,23	8,49	7,05	5,95	4,81	8,04	7,77	5,06	4,14	1,20
Median	2,66	2,70	2,78	2,64	2,64	2,66	2,59	2,56	2,53	2,63	2,62	2,39	2,31	2,15
Ba	100,2±17,0	130,0±16,5	286,7±23,2	103,9±16,9	91,0±9,6	89,9±17,1	81,4±6,5	58,7±14,7	54,4±21,6	95,8±7,8	85,0±14,3	52,7±6,4	51,8±16,5	16,2±6,5
Pb	2,6±0,1	2,8±0,1	4,3±0,7	2,6±0,1	2,4±0,2	2,8±0,2	2,5±0,0	2,2±0,2	2,4±0,3	2,4±0,1	2,3±0,3	2,2±0,1	2,3±0,1	2,7±0,2
Cd	0,106±0,082	0,081±0,038	0,065±0,032	0,060±0,043	0,036±0,004	0,074±0,016	0,035±0,028	0,084±0,075	0,085±0,068	0,062±0,017	0,059±0,020	0,047±0,046	0,023±0,025	0,042±0,022
Cu	0,9±0,1	1,0±0,1	1,6±0,3	0,8±0,1	0,9±0,2	0,9±0,0	0,9±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,9±0,2	0,7±0,1	0,5±0,1
Cr	4,5±0,3	4,4±0,2	5,0±0,5	4,4±0,1	4,3±0,1	4,2±0,1	4,5±0,2	4,4±0,1	4,6±0,2	4,3±0,1	4,4±0,3	4,3±0,4	5,1±0,1	5,4±0,4
Hg				0,006±0,002	0,005±0,000									
Zn	5,7±0,5	6,0±0,4	8,3±1,3	5,8±0,4	5,5±0,1	5,6±0,3	5,4±0,3	4,8±0,3	5,0±0,5	5,5±0,2	6,0±0,8	4,6±0,4	4,5±0,2	3,2±0,1
PAH				0,051±0,008	0,026±0,010									
THC	3,9±1,2	3,2±1,2	1,8±0,7	3,6±1,9	2,7±1,4	11,3±0,6	7,0±0,6	4,7±1,0	5,3±0,7	3,4±0,8	9,4±0,3	4,3±0,7	2,0±0,5	3,3±1,4
NPD				0,013±0,005	0,008±0,001									
Antall individer	4654	4893	5116	4313	3931	3686	4923	4150	4099	4209	3900	4255	4574	2750
Antall arter	118	150	152	126	131	132	129	116	114	123	111	131	111	97
Diversitet (H')	3,54	3,88	4,32	3,84	3,82	4,00	3,65	3,55	3,35	3,72	3,76	3,59	3,29	3,99
Jevnhet (J)	0,51	0,54	0,60	0,55	0,54	0,57	0,52	0,52	0,49	0,54	0,55	0,51	0,48	0,60
H'-max	6,88	7,23	7,25	6,98	7,03	7,04	7,01	6,86	6,83	6,94	6,79	7,03	6,79	6,60
ES1 ₀₀	22,4	25,8	29,9	26,0	25,1	27,2	23,6	23,1	21,8	24,2	24,6	23,6	20,8	23,6

Tabell 1.4. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Troll O2 i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Troll O2	O2 01	O2 02	O2 03	O2 04	O2 05	O2 06	O2 07	O2 08	O2 09
N UTM 31 N	6753850	6754100	6753600	6753600	6753350	6753100	6752600	6753600	6753600
E UTM 31 Ø	528360	528360	528610	528860	528360	528360	528360	528110	527860
Avstand (m) / Retning (°)	250/0	500/0	250/90	500/90	250/180	500/180	1000/180	250/270	500/270
Dyp (m)	340	339	340	340	340	340	340	340	340
% TOM	8,58		7,89		7,91	8,41		8,53	
% Grus	0,00		0,01		0,00	0,00		0,00	
% Sand	0,95		1,07		0,96	0,81		0,93	
% Pelitt	99,05		98,92		99,04	99,19		99,07	
Median	5,98		5,98		5,98	5,98		5,98	
Ba	280,0±26,2		308,3±22,2		362,7±3,1	318,0±19,3		318,3±8,0	
Pb	25,7±1,3		25,6±1,3		27,3±0,4	26,2±0,4		26,3±0,6	
Cd	0,085±0,004		0,082±0,012		0,085±0,003	0,067±0,018		0,087±0,005	
Cu	10,5±0,3		10,3±0,5		10,9±0,2	10,4±0,2		10,8±0,2	
Cr	20,6±1,2		20,3±0,8		21,3±0,5	20,3±0,3		20,9±0,2	
Hg					0,033±0,001	0,031±0,001			
Zn	52,6±2,1		52,0±2,3		54,5±1,1	52,2±0,4		55,0±0,3	
PAH					0,103±0,041	0,083±0,048			
THC	4,8±2,1	1,3±1,4	2,5±1,0	4,7±4,1	0,7±0,4	<1,0±-	3,8±1,9	3,9±0,8	3,8±2,9
NPD					0,043±0,015	0,035±0,014			
Antall individer	630		657		629	700		647	
Antall arter	92		96		93	94		102	
Diversitet (H')	5,41		5,53		5,55	5,48		5,54	
Jevnhet	0,83		0,84		0,85	0,84		0,83	
H'-max	6,52		6,58		6,54	6,55		6,67	
ES ₁₀₀	40,9		42,5		43,7	42,2		42,9	

Tabell 1.5. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Tune Sør i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt \pm standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Tune Sør	TUS 01	TUS 03	TUS 04	TUS 06	TUS 08
ED50 UTM sone 31 N	6702613	6702324	6702078	6702527	6702816
ED50 UTM sone 3 1 Ø	478686	478483	478527	478194	478397
Avstand (m) / Retning (°)	250/80	250/170	500/170	250/260	250/350
Dyp (m)	89	89	89	89	88
% TOM	0,39	0,37	0,34	0,36	0,41
% Grus	0,01	0,01	0,49	0,04	0,00
% Sand	98,36	98,64	98,13	99,53	98,59
% Pelitt	1,62	1,34	1,38	0,43	1,40
Median	2,35	2,27	2,25	2,25	2,39
Ba	9,5 \pm 3,7	5,1 \pm 0,7	6,1 \pm 1,6	5,8 \pm 1,8	7,0 \pm 1,8
Pb	1,9 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2	1,9 \pm 0,1
Cd	0,020 \pm 0,011	0,010 \pm 0,002	0,012 \pm 0,007	0,052 \pm 0,028	0,022 \pm 0,012
Cu	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,0	0,2 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1
Cr	4,7 \pm 0,1	4,5 \pm 0,1	4,7 \pm 0,0	4,2 \pm 0,3	4,8 \pm 0,1
Hg		0,001 \pm 0,000	0,001 \pm 0,000		
Zn	3,0 \pm 0,2	2,5 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	3,2 \pm 0,5	3,1 \pm 0,4
PAH		0,010 \pm 0,000	0,004 \pm 0,001		
THC	4,0 \pm 1,2	1,4 \pm 1,6	1,3 \pm 0,9	<1,0 \pm -	<1,0 \pm 0,3
NPD		0,006 \pm 0,000	0,007 \pm 0,001		
Antall individer	2424	2671	2538	1930	2458
Antall arter	86	85	76	80	89
Dibversitet (H')	3,71	3,68	3,53	3,94	3,70
Jevnhet (J)	0,58	0,57	0,56	0,62	0,57
H'-max	6,43	6,41	6,25	6,32	6,48
ES ₁₀₀	20,8	20,9	20,3	24,2	20,9

Tabell 1.6. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Gjølø i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Gjølø Templ B,C,D	Gj 01	Gj 02	Gj 03	Gj 04	Gj 05	Gj 06	Gj 07	Gj 08	Gj 09
ED50 UTM sone 31 N	6801549	6801798	6802296	6801278	6801256	6801073	6800847	6801322	6801344
ED50 UTM sone 31 N	551278	551256	551213	551549	551798	551406	551511	551051	550802
Avstand (m) / Retning (°)	250/355	500/355	1000/355	250/95	500/95	250/155	500/155	250/275	500/275
Dyp (m)	360	358	358	360	363	362	360	360	362
% TOM	2,38	1,88		2,20	1,94	1,74	2,73	2,58	2,81
% Grus	2,47	3,52		0,76	0,53	1,32	6,97	4,91	8,05
% Sand	70,57	64,73		75,87	70,65	69,67	65,34	65,79	68,08
% Pelitt	26,97	31,75		23,37	28,82	29,01	27,69	29,30	23,87
Median	2,79	3,08		2,74	2,95	2,87	2,93	2,92	2,72
Ba	68,7±8,4	53,6±15,2		60,4±8,8	120,0±25,3	67,2±12,3	74,0±14,1	55,8±12,1	63,1±5,8
Pb	9,0±0,5	8,2±2,3		8,2±0,7	7,7±0,7	8,0±0,9	8,0±1,0	8,3±1,1	8,5±0,7
Cd	0,030±0,006	0,026±0,002		0,025±0,001	0,024±0,003	0,022±0,001	0,023±0,002	0,021±0,002	0,023±0,002
Cu	3,3±0,3	2,8±0,9		2,7±0,2	2,6±0,3	2,8±0,3	2,9±0,3	2,8±0,4	3,1±0,4
Cr	8,1±0,4	7,1±1,9		6,9±0,6	6,5±0,6	7,1±0,7	7,1±0,5	7,1±1,0	7,4±0,6
Hg	0,016±0,001	0,017±0,001							
Zn	18,0±1,0	16,3±4,8		15,3±1,4	14,3±1,4	15,9±1,6	15,8±1,5	15,9±2,4	16,5±1,5
PAH	0,023±0,003	0,056±0,012							
THC	<1,0±0,6	<1,0±0,8	1,2±0,6	1,3±1,3	4,0±2,1	<1,0±0,6	<1,0±	1,2±,2	2,6±0,7
NPD	0,013±0,004	0,029±0,008							
Individer	774	872		1170	706	798	747	838	966
Arter	118	122		126	99	105	117	125	134
H'	5,76	5,75		5,39	5,32	5,48	5,82	5,87	5,95
J	0,84	0,83		0,77	0,80	0,82	0,85	0,84	0,84
H'-max	6,88	6,93		6,98	6,63	6,71	6,87	6,97	7,07
ES100	47,81	46,44		44,53	42,98	43,57	48,74	49,35	50,34

Tabell 1.6 fortsetter. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved GjØa i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

GjØa Templ E	Gj 10	Gj 11	Gj 12	Gj 13	Gj 14	Gj 15	Gj 16	Gj 17	Gj 18	Gj 19
ED50 UTM sone 31 N	6804149	6804398	6804896	6803878	6803856	6803651	6803402	6802904	6803922	6803944
ED50 UTM sone 31 N	554272	554294	554337	554499	554748	554228	554206	554163	554001	553752
Avstand (m) / Retning (°)	250/05	500/05	1000/05	250/95	500/95	250/185	500/185	1000/185	250/275	500/275
Dyp (m)	360	360	370	358	360	360	360	360	357	358
% TOM	3,46	2,96		3,30	2,95	2,76	3,61	3,21		3,03
% Grus	5,15	6,61		1,97	0,48	0,54	6,41	1,08		3,05
% Sand	65,70	68,46		63,49	70,50	69,88	68,02	65,14		68,25
% Pelitt	29,14	24,93		34,54	29,02	29,57	25,57	33,78		28,70
Median	2,88	2,83		2,98	2,89	2,90	2,76	3,05		2,86
Ba	44,1±6,2	54,6±8,8		55,1±9,8	38,5±2,4	49,5±3,3	71,1±1,9		62,2±12,2	42,9±9,3
Pb	9,2±1,9	10,2±1,9		10,1±2,4	7,1±0,1	7,9±0,1	9,3±0,7		9,3±0,7	6,8±1,0
Cd	0,025±0,001	0,024±0,002		0,027±0,003	0,023±0,001	0,026±0,002	0,028±0,002		0,037±0,005	0,030±0,003
Cu	3,2±0,4	3,3±0,5		3,2±0,7	2,3±0,1	2,4±0,1	2,8±0,2		3,0±0,3	2,2±0,3
Cr	8,0±0,9	7,9±1,0		7,7±1,2	5,8±0,1	6,5±0,2	7,3±0,3		7,5±0,5	5,9±0,7
Hg										
Zn	17,9±2,3	18,6±2,5		18,5±4,0	13,7±0,3	14,9±0,1	17,0±1,1		19,0±3,0	13,4±1,3
PAH										
THC	1,1±1,0	<1,0±	1,9±1,2	<1,0±0,3	2,3±0,6	2,0±1,9	2,5±1,0	1,3±0,9	3,3±1,2	1,1±0,7
NPD										
Individer	1138	1248		1121	924	1108	1353		1188	860
Arter	129	138		148	127	139	146		134	115
H'	5,24	5,48		5,69	5,50	5,47	5,69		5,62	5,40
J	0,75	0,77		0,79	0,79	0,77	0,79		0,80	0,79
H'-max	7,01	7,11		7,21	6,99	7,12	7,19		7,07	6,85
ES100	43,13	46,23		47,82	45,57	45,86	47,82		46,94	44,78

Tabell 1.6 fortsetter. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Gjøløa i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Gjøløa Templ F	Gj 20	Gj 21	Gj 22	Gj 23	Gj 24	Gj 25	Gj 26	Gj 27
ED50 UTM sone 31 N	6806849,049	6807098,097	6806725	6806850	6806350,951	6806101,903	6806626,132	6806652,264
ED50 UTM sone 31 N	552378,211	552356,422	552616,506	552833,013	552378,211	552356,422	552151,37	551902,739
Avstand (m) / Retning (°)	250/355	500/355	250/60	500/60	250/185	500/185	250/276	500/276
Dyp (m)	360	360	360	360	360	361	361	360
% TOM	2,81	2,86			2,55		2,88	
% Grus	1,20	4,17			5,01		2,71	
% Sand	69,72	65,32			67,61		68,18	
% Pelitt	29,08	30,51			27,39		29,11	
Median	2,92	2,99			2,91		2,94	
Ba	118,1±24,2		95,0±9,6		73,1±17,3		67,6±8,9	
Pb	8,1±1,4		7,6±0,5		7,4±0,9		6,9±1,0	
Cd	0,037±0,002		0,033±0,003		0,031±0,003		0,030±0,002	
Cu	2,8±0,5		2,7±0,5		2,5±0,2		2,4±0,6	
Cr	6,7±0,9		7,0±1,1		6,4±0,2		5,9±1,0	
Hg								
Zn	15,5±2,4		15,6±2,5		14,2±0,5		13,4±2,2	
PAH								
THC	<1,0±	1,3±1,4	1,7±0,8	4,3±1,4	<1,0±	<1,0±0,3	<1,0±	1,6±1,4
NPD								
Individer	1054		799			826	905	
Arter	132		110			115	119	
H'	5,60		5,32			5,52	5,32	
J	0,79		0,78			0,81	0,77	
H'-max	7,04		6,78			6,85	6,89	
ES100	46,93		41,73			45,56	43,60	

Tabell 1.7. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Vega i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt \pm standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Vega Sør	VS 01	VS 02	VS 05	VS 06	VS 08	VS 09	VS 10	VS 11	VS 12
ED50 UTM sone 31 N	6782649	6782898	6782422	6782444	6782151	6781902	6781404	6782378	6782356
ED50 UTM sone 31 N	523728	523706	523999	524248	523772	523794	523837	523501	523252
Avstand (m) / Retning (°)	250/355	500/355	250/85	500/85	250/175	500/175	1000/175	250/265	500/265
Dyp (m)	377	375	377	368	380	374	375	380	375
% TOM	8,36		7,6		8,07	8,19		8,42	
% Grus	0,09		0,00		0,00	0,00		0,00	
% Sand	1,29		1,26		0,84	1,02		1,04	
% Pelitt	98,62		98,74		99,16	98,98		98,96	
Median	5,97		5,97		5,98	5,98		5,98	
Ba	310,3±65,8		281,3±24,7		295,0±3,6	289,0±30,4		274,7±67,1	
Pb	30,2±0,5		28,7±1,7		30,5±1,0	27,9±3,1		26,7±3,7	
Cd	0,094±0,019		0,055±0,038		0,031±0,009	0,033±0,003		0,053±0,040	
Cu	11,2±0,3		10,9±0,9		11,5±0,6	10,9±1,3		10,1±1,4	
Cr	22,1±0,3		21,8±1,6		22,2±0,6	21,0±2,1		20,1±2,1	
Hg									
Zn	57,8±0,5		56,3±4,2		59,0±1,7	54,6±5,9		52,3±6,7	
PAH									
THC	2,3±2,0	4,4±1,7	<0,1±	<0,1±	2,8±0,8	4,7±3,1	1,3±0,9	5,6±0,7	9,0±3,3
Individer	658		671		879	608		656	
Arter	85		87		93	87		95	
H'	5,29		5,27		5,45	5,39		5,52	
J	0,82		0,82		0,83	0,84		0,84	
H'-max	6,41		6,44		6,54	6,44		6,57	
ES100	39,94		39,42		41,95	41,61		44,49	

Tabell 1.7 fortsetter. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Vega i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Vega Central	VC 01	VC 02	VC 05	VC 06	VC 08	VC 09	VC 10	VC 11	VC 12
ED50 UTM sone 31 N	6792399	6792648	6792172	6792194	6791901	6791652	6791154	6792128	6792106
ED50 UTM sone 31 N	519228	519206	519499	519748	519272	519294	519337	519001	518752
Avstand (m) / Retning (°)	250/355	500/355	250/85	500/85	250/175	500/175	1000/175	250/265	500/265
Dyp (m)	380	380	369	379	377	375		377	375
% TOM	8,39		6,97		6,95	7,24		6,67	
% Grus	1,16		0,00		0,01	0,00		0,00	
% Sand	1,04		1,03		0,96	0,78		0,88	
% Pelitt	97,80		98,97		99,02	99,22		99,12	
Median	5,96		5,98		5,98	5,98		5,98	
Ba	221,3±62,3		258,0±16,1		231,3±19,3	268,7±12,6		330,0±36,9	
Pb	29,7±1,2		31,0±1,8		29,4±1,4	31,7±2,6		30,9±0,1	
Cd	0,048±0,006		0,107±0,006		0,107±0,012	0,070±0,040		0,068±0,034	
Cu	11,0±0,3		11,6±0,8		11,1±0,4	11,6±0,7		11,6±0,5	
Cr	22,0±0,2		22,6±1,3		22,1±0,9	22,7±1,5		22,4±0,3	
Hg									
Zn	57,5±1,2		59,8±3,4		58,0±2,2	60,5±4,1		59,0±1,0	
PAH									
THC	1,9±1,5	7,7±1,8	3,6±1,4	2,8±2,4	1,0±0,9	4,4±5,3	2,6±3,6	<0,1±-	<0,1±0,5
Individer	595		619		651	805		655	
Arter	90		80		101	90		86	
H'	5,38		5,19		5,46	5,40		5,32	
J	0,83		0,82		0,82	0,83		0,83	
H'-max	6,49		6,32		6,66	6,49		6,43	
ES100	41,85		39,54		42,64	41,72		40,73	

Tabell 1.7 fortsetter. Oversikt over resultatene fra grunnlagsundersøkelsen ved Vega i 2007. For metallene og hydrokarbonene er gjennomsnitt ± standardavviket oppgitt som mg/kg TS. De biologiske resultatene er beregnet på summen av de fem huggene fra hver stasjon (0,5 m²).

Vega Nord	VN 01	VN 02	VN 05	VN 06	VN 08	VN 09	VN 10	VN 11	VN 12
ED50 UTM sone 31 N	6804599	6804848	6804372	6804394	6804101	6803852	6803354	6804328	6804306
ED50 UTM sone 31 N	520128	520106	520399	520648	520172	520194	520237	519901	519652
Avstand (m) / Retning (°)	250/355	500/355	250/85	500/85	250/175	500/175	1000/175	250/265	500/265
Dyp (m)	364	363	365	365	365	363	365	364	368
% TOM	8,9	8,47	9,33	9,54	10,26	9,29	9,59	8,82	8,93
% Grus	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% Sand	1,16	1,52	1,28	1,35	1,14	1,23	1,17	1,36	1,34
% Pelitt	98,84	98,43	98,72	98,65	98,86	98,77	98,83	98,64	98,66
Median	5,98	5,97	5,97	5,97	5,98	5,98	5,98	5,97	5,97
Ba	272,7±22,0		278,3±4,5		160,0±42,4	181,0±33,5		367,0±51,9	
Pb	30,5±0,6		30,7±0,8		25,6±7,7	26,1±5,4		30,7±0,6	
Cd	0,082±0,009		0,076±0,001		0,041±0,016	0,048±0,028		0,059±0,023	
Cu	11,5±0,1		11,4±0,4		9,1±2,5	9,8±2,0		10,8±0,6	
Cr	22,8±0,3		22,6±0,6		18,0±3,9	19,0±3,1		21,8±1,4	
Hg					0,038±0,008	0,040±0,009			
Zn	59,0±0,5		58,7±1,4		47,8±13,1	50,4±10,4		59,4±1,3	
PAH					0,084±0,050	0,053±0,024			
THC	1,0±0,5	3,1±0,2	6,0±0,8	4,5±1,0	3,5±3,4	<1,0±-	6,7±0,8	4,6±1,4	2,1±1,5
Individer	631	576	627	633	612	606	691	574	687
Arter	90	82	81	86	81	90	91	77	95
H'	5,14	5,13	5,15	5,23	5,04	5,22	5,46	5,12	5,30
J	0,79	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,84	0,82	0,81
H'-max	6,49	6,36	6,34	6,43	6,34	6,49	6,51	6,27	6,57
ES100	38,74	38,80	37,84	40,08	38,08	39,67	42,69	38,10	40,27

1. Summary

UNIFOB AS, Seksjon for anvendt miljøforskning was commissioned by Statoil, Norsk Hydro and Total to carry out a baseline study at Gjøa, Vega, Troll O2, Tune sør, Hild and Ragnarrock.

The sampling was accomplished from M/V Aurelia, hired by Statoil from RS Research Shipping GmbH in Bremen. Sampling commenced on June 5 and ceased on June 14, only interrupted by a passing seismic survey at Troll O2.

In total 639 grab samples from 93 sites were taken. On deck sample colour, sample odour, visible fauna, sediment type or special condition of the sample was recorded. In addition samples for measurement of sediments grain size, organic content, oil hydrocarbons and heavy metal were taken. Samples for bottom fauna identification and enumerations were also collected.

Samples from regional sampling sites were not included in the sampling program for these baseline studies. Regional sampling sites are supposed to reflect the background levels of various chemical compounds in the regions. Limit of Significant Contamination (LSC) are calculated on the data from the region sites. In this report we use LSC values from the newest regional reports from each region.

Ragnarrock

At Ragnarrock, located in Region II, samples from 11 sites was collected. The water depths varied from 110 to 112 m. The bottom sediment consisted of 91.7-93.6 % sand, 6.3-8.3 % pelite and 0.96-1.22 % TOM. The contents of THC varied between 1.3-5.7 mg/kg, which is lower than the LSC for the shallow sub-region in Region II for 2006. The content of cadmium was above LSC at one site, whereas the contents of the other metals were low. 231 taxa of bottom fauna with 24011 individuals were found in the bottom sediment, of these 11213 juvenile Spatangoida indet. and 1458 juvenile Echinoida, were excluded from the data analyses. The results indicate good environmental conditions, and no disturbed fauna. No connection between the environmental parameters and fauna was found.

Hild

14 sites were visited at Hild. The water depth varied between 104 and 122 m. The bottom sediment consisted of 85.8 – 98.4 % sand, 1.2 – 14.1 % pelite and 0.5 – 1.6 % TOM. THC was above LSC, calculated for the shallow sub-region in Region III for 2004, at one site. The content of barium and sink were also above LSC at one site located approximately 130 m from a wellbore from 1979-80. The content of cadmium was above LSC at all sites except one. 273 taxa of bottom fauna and 59458 individuals were found in the bottom sediment, of these 8972 juvenile Spatangoida indet. and 1288 juvenile Echinoida, were excluded from the data analyses. The diversity varied between 3.3 and 4.3. In the multivariate analyses two of the sites were not grouped together with the other sites, due to a difference in the grain size of the sediment and

TOM. One of the sites was also the site located next to the wellbore from 1979-80. Linking of biotic and environmental variables revealed that pelite and TOM was correlated to the biota.

Troll O2

At Troll O2 samples were collected from nine sampling sites. The water depth varied from 339 to 340 m. The bottom sediment consisted of 0.81 – 1.07 % sand, 98.9 – 99.2 % pelite and 7.9 – 8.6 % TOM. None of the hydrocarbons or metals was above LSC calculated for the deep sub region in Region III for 2004. In total 165 taxa and 3743 individuals of bottom fauna were identified from the sediment samples. Of these, 156 juvenile Spatangoida and 2 juvenile Echinoida were excluded from the data analyses. The multivariate analyses detected no gradient in the material, and there was no linking between the environmental variables and the biota.

Tune Sør

At Tune sør samples were collected from five sites with water depths varying from 88 to 89 m. The bottom sediment consisted of 98.1 – 99.5 % sand, 0.4 – 1.6 % pelite and 0.3 – 0.4 % TOM. THC was below LSC calculated for the shallow sub region in Region III for 2004. Of the metals only cadmium was above LSC at one site. In total 158 taxa with 12103 individuals of bottom fauna were identified from the sediment samples. Of these, 6214 juvenile Spatangoida, 135 juvenile *Spatangus* sp. and 154 juvenile Echinoida were omitted from the data analyses. The multivariate analyses detected no gradient in the material, and there was no linking between the environmental variables and the biota.

Gjøa

Samples were collected from 27 sites with a water depth of 357 to 370 m. The sediment consisted of 63.5 – 75.9 % sand, 23.4 – 34.5 % pelite and 1.7 – 3.6 % TOM. Lead occurred above LSC, calculated for the deep sub region in Region IV for 2005, at two sites. In total 323 taxa and 19395 individuals of bottom fauna were found in the sediment samples. Of these 2481 juvenile Spatangoida and 78 juvenile Echinoida was omitted in the analyses. The multivariate analyses detected no gradient in the material, and there was no linking between the environmental variables and the biota.

Vega

Samples were collected from 27 sites with a water depth of 363 to 380 m. The sediment consisted of 0.8 – 1.5 % sand, 97.8 – 99.2 % pelite and 6.7 – 10.3 % TOM. Region IV is missing a regional site with comparable sediment to Vega. Due to the high content of pelite at Vega, the content of THC and metals are natural higher than at the other sites in Region IV where the content of pelite is lower. Compare to the deep part of Region III with comparable contains of pelite, the THC and metals were not considered to be high. It is recommended to establish one or two new regional sampling sites in the deep part of Region IV. In total 225 taxa and 12434 individuals of bottom

fauna were found in the sediment samples. Of these 313 juvenile Spatangoida and 1 juvenile Echinoida were not included in the analyses. The multivariate analyses detected no gradient in the material, and there was no linking between the environmental variables and the biota.

Table 1.1. Limits of Significant Contamination (LSC) for Region II, III and IV in 2004-2006. All values in mg/kg dry sediment.

	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC 96-06 RegII	12,5	n.a.	n.a.	134,8	6,6	0,03	2,2	9,6	0,015	11,7
LSC 97-06 grunn RegII	7,9	n.a.	n.a.	28,6	6,7	<0,03	1,0	9,8	0,01	8,8
LSC 96-06 sentral RegII	13,7	n.a.	n.a.	152,6	6,7	0,04	2,3	9,9	0,02	12,2
LSC 97-06 nord RegII	11,3	n.a.	n.a.	59,4	4,4	<0,03	1,2	6,3	0,01	7,2
LSC 98-04 grunn RegIII	10	0,035	0,020	177	5,5	0,028	1,8	6,7 ¹	0,01	6,9
LSC 98-04 dyp RegIII	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43 ¹	0,053	87,4
LSC 96-05 RegIV	6,3	0,093	0,055	428	8,7	0,106	4,9	11,2 ²	0,022	21,6
LSC 96-05 dyp RegIV	5,3	0,128	0,74	513	9,3	0,09	5,8	12,1 ²	0,019	24,1
LSC 96-05 grunn RegIV	6,9	0,036	0,03	365	8,6	0,112	2,7	8,2 ²	0,024	13,1

n.a.: not analysed

1: A star with the samples but no comment.

2: Calculated on data from 2005 and 2002.

Table 1.2. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Ragnarrock in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Ragnarrock	Ra 01	Ra 02	Ra 03	Ra 04	Ra 05	Ra 06	Ra 07	Ra 08	Ra 09	Ra 10	Ra 11
ED50 UTM zone 31 N	463892,37	463918,41	463961,82	463973,48	464121,2	463857,64	463831,59	463788,18	463776,52	463628,8	461905,38
ED50 UTM zone 31 Ø	6527485,5	6527633,2	6527879,4	6527369,6	6527343,6	6527288,5	6527140,8	6526894,6	6527404,4	6527430,4	6527734,3
Distance (m) / direction (°)	100/10	250/10	500/10	100/100	250/100	100/190	250/190	500/190	100/280	250/280	2000/280
Depth (m)	111	112	112	112	111	110	110	110	110	111	110
% TOM	1,22	1,01		1,06	1,04	0,96	1,06		0,97	1,10	0,99
% gravel	0,00	0,09		0,08	0,04	0,00	0,03		0,00	0,00	0,00
% sand	92,21	92,20		92,26	93,64	93,20	92,00		93,15	92,43	91,71
% pelite	7,79	7,71		7,66	6,32	6,80	7,98		6,85	7,57	8,29
median	2,56	2,57		2,56	2,57	2,57	2,57		2,57	2,57	2,57
Ba	29,2±4,3	22,2±7,1	23,7±4,4	34,8±6,0	20,3±0,5	18,4±4,9	25,4±4,6	23,7±3,6	26,2±4,5	25,5±7,0	27,2±2,1
Pb	4,0±0,2	3,6±0,2	3,6±0,3	3,7±0,3	3,5±0,1	3,7±0,3	4,0±0,2	3,8±0,3	3,9±0,2	3,8±0,3	4,0±0,1
Cd	0,029±0,004	0,068±0,037	0,040±0,019	0,038±0,018	0,023±0,009	0,018±0,002	0,019±0,009	0,016±0,002	0,016±0,005	0,026±0,009	0,016±0,005
Cu	0,79±0,02	0,68±0,10	0,67±0,08	0,72±0,07	0,72±0,04	0,70±0,10	0,73±0,06	0,73±0,06	0,70±0,00	0,69±0,02	0,77±0,06
Cr	5,5±0,2	5,3±0,2	5,1±0,5	5,2±0,3	5,1±0,2	5,2±0,2	5,4±0,2	5,2±0,2	5,2±0,1	5,2±0,3	5,3±0,1
Hg	0,004±0,001										0,004±0,000
Zn	6,4±0,3	5,9±0,5	5,8±0,5	6,0±0,3	5,8±0,2	5,8±0,3	6,4±0,2	5,9±0,2	6,0±0,2	6,0±0,5	6,3±0,3
PAH	0,030±0,013										0,040±0,011
THC	1,3±0,7	1,8±1,5	5,7±1,0	1,6±1,5	2,5±1,7	5,2±2,3	1,9±0,2	3,8±1,9	5,0±0,5	2,9±1,3	3,5±0,7
NPD	0,007±0,001										0,011±0,001
Number of individuals	2622	2870		2178	2369	2560	3292		2536	2646	2938
Number of taxa	136	127		127	122	124	142		124	115	127
Diversity (H')	4,78	4,61		4,75	4,64	4,68	4,77		4,73	4,59	4,67
Evenness (J)	0,67	0,66		0,68	0,67	0,67	0,67		0,68	0,67	0,67
H'-max	7,09	6,99		6,99	6,93	6,95	7,15		6,95	6,85	6,99
ES ₁₀₀	31,4	29,4		30,8	29,6	29,7	31,0		30,9	28,4	29,0

Table 1.3. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Hild in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Hild	Hild 01	Hild 02	Hild 03	Hild 04	Hild 05	Hild 06	Hild 07	Hild 08	Hild 09	Hild 10	Hild 11	Hild 12	Hild 13	Hild 14
ED50 UTM zone 31 N	6708741	6708983	6709466	6708435	6708371	6708241	6708259	6708017	6707534	6708565	6708629	6708759	6709018	6709535
ED50 UTM zone 31 Ø	447315	447379	447509	447491	447733	448216	447185	447121	446991	447009	446767	446284	445318	443386
Distance (m) / direction (°)	250/15	500/15	1000/15	250/105	500/105	1000/105	250/195	500/195	1000/195	250/285	500/285	1000/285	2000/285	4000/285
Depth (m)	120	120	122	118	119	117	116	116	114	118	118	118	114	104
% TOM	1,24	1,41	1,60	1,12	1,14	1,20	1,04	1,08	0,93	1,22	1,14	0,96	0,74	0,52
% gravel	0,01	0,00	0,03	0,16	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,41
% sand	91,39	89,73	85,84	91,52	91,76	91,51	92,94	94,05	95,19	91,96	92,23	94,93	95,75	98,39
% pelite	8,61	10,26	14,12	8,32	8,23	8,49	7,05	5,95	4,81	8,04	7,77	5,06	4,14	1,20
median	2,66	2,70	2,78	2,64	2,64	2,66	2,59	2,56	2,53	2,63	2,62	2,39	2,31	2,15
Ba	100,2±17,0	130,0±16,5	286,7±23,2	103,9±16,9	91,0±9,6	89,9±17,1	81,4±6,5	58,7±14,7	54,4±21,6	95,8±7,8	85,0±14,3	52,7±6,4	51,8±16,5	16,2±6,5
Pb	2,6±0,1	2,8±0,1	4,3±0,7	2,6±0,1	2,4±0,2	2,8±0,2	2,5±0,0	2,2±0,2	2,4±0,3	2,4±0,1	2,3±0,3	2,2±0,1	2,3±0,1	2,7±0,2
Cd	0,106±0,082	0,081±0,038	0,065±0,032	0,060±0,043	0,036±0,004	0,074±0,016	0,035±0,028	0,084±0,075	0,085±0,068	0,062±0,017	0,059±0,020	0,047±0,046	0,023±0,025	0,042±0,022
Cu	0,9±0,1	1,0±0,1	1,6±0,3	0,8±0,1	0,9±0,2	0,9±0,0	0,9±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,9±0,2	0,7±0,1	0,5±0,1
Cr	4,5±0,3	4,4±0,2	5,0±0,5	4,4±0,1	4,3±0,1	4,2±0,1	4,5±0,2	4,4±0,1	4,6±0,2	4,3±0,1	4,4±0,3	4,3±0,4	5,1±0,1	5,4±0,4
Hg				0,006±0,002	0,005±0,000									
Zn	5,7±0,5	6,0±0,4	8,3±1,3	5,8±0,4	5,5±0,1	5,6±0,3	5,4±0,3	4,8±0,3	5,0±0,5	5,5±0,2	6,0±0,8	4,6±0,4	4,5±0,2	3,2±0,1
PAH				0,051±0,008	0,026±0,010									
THC	3,9±1,2	3,2±1,2	1,8±0,7	3,6±1,9	2,7±1,4	11,3±0,6	7,0±0,6	4,7±1,0	5,3±0,7	3,4±0,8	9,4±0,3	4,3±0,7	2,0±0,5	3,3±1,4
NPD				0,013±0,005	0,008±0,001									
Number of individuals	4654	4893	5116	4313	3931	3686	4923	4150	4099	4209	3900	4255	4574	2750
Number of taxa	118	150	152	126	131	132	129	116	114	123	111	131	111	97
Diversity (H')	3,54	3,88	4,32	3,84	3,82	4,00	3,65	3,55	3,35	3,72	3,76	3,59	3,29	3,99
Evenness (J)	0,51	0,54	0,60	0,55	0,54	0,57	0,52	0,52	0,49	0,54	0,55	0,51	0,48	0,60
H'-max	6,88	7,23	7,25	6,98	7,03	7,04	7,01	6,86	6,83	6,94	6,79	7,03	6,79	6,60
ES ₁₀₀	22,4	25,8	29,9	26,0	25,1	27,2	23,6	23,1	21,8	24,2	24,6	23,6	20,8	23,6

Table 1.4. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Troll o2 in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Troll O2	O2 01	O2 02	O2 03	O2 04	O2 05	O2 06	O2 07	O2 08	O2 09
ED50 UTM zone 31 N	6753850	6754100	6753600	6753600	6753350	6753100	6752600	6753600	6753600
ED50 UTM zone 31 Ø	528360	528360	528610	528860	528360	528360	528360	528110	527860
Distance (m) / direction (°)	250/0	500/0	250/90	500/90	250/180	500/180	1000/180	250/270	500/270
Depth (m)	340	339	340	340	340	340	340	340	340
% TOM	8,58		7,89		7,91	8,41		8,53	
% gravel	0,00		0,01		0,00	0,00		0,00	
% sand	0,95		1,07		0,96	0,81		0,93	
% pelite	99,05		98,92		99,04	99,19		99,07	
median	5,98		5,98		5,98	5,98		5,98	
Ba	280,0±26,2		308,3±22,2		362,7±3,1	318,0±19,3		318,3±8,0	
Pb	25,7±1,3		25,6±1,3		27,3±0,4	26,2±0,4		26,3±0,6	
Cd	0,085±0,004		0,082±0,012		0,085±0,003	0,067±0,018		0,087±0,005	
Cu	10,5±0,3		10,3±0,5		10,9±0,2	10,4±0,2		10,8±0,2	
Cr	20,6±1,2		20,3±0,8		21,3±0,5	20,3±0,3		20,9±0,2	
Hg					0,033±0,001	0,031±0,001			
Zn	52,6±2,1		52,0±2,3		54,5±1,1	52,2±0,4		55,0±0,3	
PAH					0,103±0,041	0,083±0,048			
THC	4,8±2,1	1,3±1,4	2,5±1,0	4,7±4,1	0,7±0,4	<1,0±-	3,8±1,9	3,9±0,8	3,8±2,9
NPD					0,043±0,015	0,035±0,014			
Number of individuals	630		657		629	700		647	
Number of taxa	92		96		93	94		102	
Diversity (H')	5,41		5,53		5,55	5,48		5,54	
Evenness (J)	0,83		0,84		0,85	0,84		0,83	
H'-max	6,52		6,58		6,54	6,55		6,67	
ES ₁₀₀	40,9		42,5		43,7	42,2		42,9	

Table 1.5. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Tune sør in 2007. For metals and hydrocarbons average \pm standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Tune Sør	TUS 01	TUS 03	TUS 04	TUS 06	TUS 08
ED50 UTM zone 31 N	6702613	6702324	6702078	6702527	6702816
ED50 UTM zone 31 Ø	478686	478483	478527	478194	478397
Distance (m) / direction (°)	250/80	250/170	500/170	250/260	250/350
Depth (m)	89	89	89	89	88
% TOM	0,39	0,37	0,34	0,36	0,41
% gravel	0,01	0,01	0,49	0,04	0,00
% sand	98,36	98,64	98,13	99,53	98,59
% pelite	1,62	1,34	1,38	0,43	1,40
median	2,35	2,27	2,25	2,25	2,39
Ba	9,5 \pm 3,7	5,1 \pm 0,7	6,1 \pm 1,6	5,8 \pm 1,8	7,0 \pm 1,8
Pb	1,9 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2	1,9 \pm 0,1
Cd	0,020 \pm 0,011	0,010 \pm 0,002	0,012 \pm 0,007	0,052 \pm 0,028	0,022 \pm 0,012
Cu	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,0	0,2 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1
Cr	4,7 \pm 0,1	4,5 \pm 0,1	4,7 \pm 0,0	4,2 \pm 0,3	4,8 \pm 0,1
Hg		0,001 \pm 0,000	0,001 \pm 0,000		
Zn	3,0 \pm 0,2	2,5 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	3,2 \pm 0,5	3,1 \pm 0,4
PAH		0,010 \pm 0,000	0,004 \pm 0,001		
THC	4,0 \pm 1,2	1,4 \pm 1,6	1,3 \pm 0,9	<1,0 \pm -	<1,0 \pm 0,3
NPD		0,006 \pm 0,000	0,007 \pm 0,001		
Number of individuals	2424	2671	2538	1930	2458
Number of taxa	86	85	76	80	89
Diversity (H')	3,71	3,68	3,53	3,94	3,70
Evenness (J)	0,58	0,57	0,56	0,62	0,57
H'-max	6,43	6,41	6,25	6,32	6,48
ES ₁₀₀	20,8	20,9	20,3	24,2	20,9

Table 1.6. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for GjØa in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

GjØa Templ B,C,D	Gj 01	Gj 02	Gj 03	Gj 04	Gj 05	Gj 06	Gj 07	Gj 08	Gj 09
ED50 UTM zone 31 N	6801549	6801798	6802296	6801278	6801256	6801073	6800847	6801322	6801344
ED50 UTM zone 31 Ø	551278	551256	551213	551549	551798	551406	551511	551051	550802
Distance (m) / direction (°)	250/355	500/355	1000/355	250/95	500/95	250/155	500/155	250/275	500/275
Depth (m)	360	358	358	360	363	362	360	360	362
% TOM	2,38	1,88		2,20	1,94	1,74	2,73	2,58	2,81
% gravel	2,47	3,52		0,76	0,53	1,32	6,97	4,91	8,05
% sand	70,57	64,73		75,87	70,65	69,67	65,34	65,79	68,08
% pelite	26,97	31,75		23,37	28,82	29,01	27,69	29,30	23,87
median	2,79	3,08		2,74	2,95	2,87	2,93	2,92	2,72
Ba	68,7±8,4	53,6±15,2		60,4±8,8	120,0±25,3	67,2±12,3	74,0±14,1	55,8±12,1	63,1±5,8
Pb	9,0±0,5	8,2±2,3		8,2±0,7	7,7±0,7	8,0±0,9	8,0±1,0	8,3±1,1	8,5±0,7
Cd	0,030±0,006	0,026±0,002		0,025±0,001	0,024±0,003	0,022±0,001	0,023±0,002	0,021±0,002	0,023±0,002
Cu	3,3±0,3	2,8±0,9		2,7±0,2	2,6±0,3	2,8±0,3	2,9±0,3	2,8±0,4	3,1±0,4
Cr	8,1±0,4	7,1±1,9		6,9±0,6	6,5±0,6	7,1±0,7	7,1±0,5	7,1±1,0	7,4±0,6
Hg	0,016±0,001	0,017±0,001							
Zn	18,0±1,0	16,3±4,8		15,3±1,4	14,3±1,4	15,9±1,6	15,8±1,5	15,9±2,4	16,5±1,5
PAH	0,023±0,003	0,056±0,012							
THC	<1,0±0,6	<1,0±0,8	1,2±0,6	1,3±1,3	4,0±2,1	<1,0±0,6	<1,0±	1,2±,2	2,6±0,7
NPD	0,013±0,004	0,029±0,008							
Number of individuals	774	872		1170	706	798	747	838	966
Number of taxa	118	122		126	99	105	117	125	134
Diversity (H')	5,76	5,75		5,39	5,32	5,48	5,82	5,87	5,95
Evenness (J)	0,84	0,83		0,77	0,80	0,82	0,85	0,84	0,84
H'-max	6,88	6,93		6,98	6,63	6,71	6,87	6,97	7,07
ES ₁₀₀	47,81	46,44		44,53	42,98	43,57	48,74	49,35	50,34

Table 1.6 continued. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Gjøa in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Gjøa Templ E	Gj 10	Gj 11	Gj 12	Gj 13	Gj 14	Gj 15	Gj 16	Gj 17	Gj 18	Gj 19
ED50 UTM zone 31 N	6804149	6804398	6804896	6803878	6803856	6803651	6803402	6802904	6803922	6803944
ED50 UTM zone 31 Ø	554272	554294	554337	554499	554748	554228	554206	554163	554001	553752
Distance (m) / direction (°)	250/05	500/05	1000/05	250/95	500/95	250/185	500/185	1000/185	250/275	500/275
Depth (m)	360	360	370	358	360	360	360	360	357	358
% TOM	3,46	2,96		3,30	2,95	2,76	3,61	3,21		3,03
% gravel	5,15	6,61		1,97	0,48	0,54	6,41	1,08		3,05
% sand	65,70	68,46		63,49	70,50	69,88	68,02	65,14		68,25
% pelite	29,14	24,93		34,54	29,02	29,57	25,57	33,78		28,70
median	2,88	2,83		2,98	2,89	2,90	2,76	3,05		2,86
Ba	44,1±6,2	54,6±8,8		55,1±9,8	38,5±2,4	49,5±3,3	71,1±1,9		62,2±12,2	42,9±9,3
Pb	9,2±1,9	10,2±1,9		10,1±2,4	7,1±0,1	7,9±0,1	9,3±0,7		9,3±0,7	6,8±1,0
Cd	0,025±0,001	0,024±0,002		0,027±0,003	0,023±0,001	0,026±0,002	0,028±0,002		0,037±0,005	0,030±0,003
Cu	3,2±0,4	3,3±0,5		3,2±0,7	2,3±0,1	2,4±0,1	2,8±0,2		3,0±0,3	2,2±0,3
Cr	8,0±0,9	7,9±1,0		7,7±1,2	5,8±0,1	6,5±0,2	7,3±0,3		7,5±0,5	5,9±0,7
Hg										
Zn	17,9±2,3	18,6±2,5		18,5±4,0	13,7±0,3	14,9±0,1	17,0±1,1		19,0±3,0	13,4±1,3
PAH										
THC	1,1±1,0	<1,0±-	1,9±1,2	<1,0±0,3	2,3±0,6	2,0±1,9	2,5±1,0	1,3±0,9	3,3±1,2	1,1±0,7
NPD										
Number of individuals	1138	1248		1121	924	1108	1353		1188	860
Number of taxa	129	138		148	127	139	146		134	115
Diversity (H')	5,24	5,48		5,69	5,50	5,47	5,69		5,62	5,40
Evenness (J)	0,75	0,77		0,79	0,79	0,77	0,79		0,80	0,79
H'-max	7,01	7,11		7,21	6,99	7,12	7,19		7,07	6,85
ES ₁₀₀	43,13	46,23		47,82	45,57	45,86	47,82		46,94	44,78

Table 1.6 continued. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for GjØa in 2007. For metals and hydrocarbons average \pm standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

GjØa Templ F	Gj 20	Gj 21	Gj 22	Gj 23	Gj 24	Gj 25	Gj 26	Gj 27
ED50 UTM zone 31 N	6806849,049	6807098,097	6806725	6806850	6806350,951	6806101,903	6806626,132	6806652,264
ED50 UTM zone 31 Ø	552378,211	552356,422	552616,506	552833,013	552378,211	552356,422	552151,37	551902,739
Distance (m) / direction (°)	250/355	500/355	250/60	500/60	250/185	500/185	250/276	500/276
Depth (m)	360	360	360	360	360	361	361	360
% TOM	2,81	2,86			2,55		2,88	
% gravel	1,20	4,17			5,01		2,71	
% sand	69,72	65,32			67,61		68,18	
% pelite	29,08	30,51			27,39		29,11	
median	2,92	2,99			2,91		2,94	
Ba	118,1 \pm 24,2		95,0 \pm 9,6		73,1 \pm 17,3		67,6 \pm 8,9	
Pb	8,1 \pm 1,4		7,6 \pm 0,5		7,4 \pm 0,9		6,9 \pm 1,0	
Cd	0,037 \pm 0,002		0,033 \pm 0,003		0,031 \pm 0,003		0,030 \pm 0,002	
Cu	2,8 \pm 0,5		2,7 \pm 0,5		2,5 \pm 0,2		2,4 \pm 0,6	
Cr	6,7 \pm 0,9		7,0 \pm 1,1		6,4 \pm 0,2		5,9 \pm 1,0	
Hg								
Zn	15,5 \pm 2,4		15,6 \pm 2,5		14,2 \pm 0,5		13,4 \pm 2,2	
PAH								
THC	<1,0 \pm	1,3 \pm 1,4	1,7 \pm 0,8	4,3 \pm 1,4	<1,0 \pm	<1,0 \pm 0,3	<1,0 \pm	1,6 \pm 1,4
NPD								
Number of individuals	1054		799			826	905	
Number of taxa	132		110			115	119	
Diversity (H')	5,60		5,32			5,52	5,32	
Evenness (J)	0,79		0,78			0,81	0,77	
H'-max	7,04		6,78			6,85	6,89	
ES ₁₀₀	46,93		41,73			45,56	43,60	

Table 1.7. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Vega sør in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Vega Sør	VS 01	VS 02	VS 05	VS 06	VS 08	VS 09	VS 10	VS 11	VS 12
ED50 UTM zone 31 N	6782649	6782898	6782422	6782444	6782151	6781902	6781404	6782378	6782356
ED50 UTM zone 31 Ø	523728	523706	523999	524248	523772	523794	523837	523501	523252
Distance (m) / direction (°)	250/355	500/355	250/85	500/85	250/175	500/175	1000/175	250/265	500/265
Depth (m)	377	375	377	368	380	374	375	380	375
% TOM	8,36		7,6		8,07	8,19		8,42	
% gravel	0,09		0,00		0,00	0,00		0,00	
% sand	1,29		1,26		0,84	1,02		1,04	
% pelite	98,62		98,74		99,16	98,98		98,96	
median	5,97		5,97		5,98	5,98		5,98	
Ba	310,3±65,8		281,3±24,7		295,0±3,6	289,0±30,4		274,7±67,1	
Pb	30,2±0,5		28,7±1,7		30,5±1,0	27,9±3,1		26,7±3,7	
Cd	0,094±0,019		0,055±0,038		0,031±0,009	0,033±0,003		0,053±0,040	
Cu	11,2±0,3		10,9±0,9		11,5±0,6	10,9±1,3		10,1±1,4	
Cr	22,1±0,3		21,8±1,6		22,2±0,6	21,0±2,1		20,1±2,1	
Hg									
Zn	57,8±0,5		56,3±4,2		59,0±1,7	54,6±5,9		52,3±6,7	
PAH									
THC	2,3±2,0	4,4±1,7	<0,1±	<0,1±	2,8±0,8	4,7±3,1	1,3±0,9	5,6±0,7	9,0±3,3
NPD									
	658		671		879	608		656	
Number of individuals	85		87		93	87		95	
Number of taxa	5,29		5,27		5,45	5,39		5,52	
Diversity (H')	0,82		0,82		0,83	0,84		0,84	
Evenness (J)	6,41		6,44		6,54	6,44		6,57	
H'-max	39,94		39,42		41,95	41,61		44,49	

Table 1.7 continued. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Vega central in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Vega Central	VC 01	VC 02	VC 05	VC 06	VC 08	VC 09	VC 10	VC 11	VC 12
ED50 UTM zone 31 N	6792399	6792648	6792172	6792194	6791901	6791652	6791154	6792128	6792106
ED50 UTM zone 31 Ø	519228	519206	519499	519748	519272	519294	519337	519001	518752
Distance (m) / direction (°)	250/355	500/355	250/85	500/85	250/175	500/175	1000/175	250/265	500/265
Depth (m)	380	380	369	379	377	375		377	375
% TOM	8,39		6,97		6,95	7,24		6,67	
% gravel	1,16		0,00		0,01	0,00		0,00	
% sand	1,04		1,03		0,96	0,78		0,88	
% pelite	97,80		98,97		99,02	99,22		99,12	
median	5,96		5,98		5,98	5,98		5,98	
Ba	221,3±62,3		258,0±16,1		231,3±19,3	268,7±12,6		330,0±36,9	
Pb	29,7±1,2		31,0±1,8		29,4±1,4	31,7±2,6		30,9±0,1	
Cd	0,048±0,006		0,107±0,006		0,107±0,012	0,070±0,040		0,068±0,034	
Cu	11,0±0,3		11,6±0,8		11,1±0,4	11,6±0,7		11,6±0,5	
Cr	22,0±0,2		22,6±1,3		22,1±0,9	22,7±1,5		22,4±0,3	
Hg									
Zn	57,5±1,2		59,8±3,4		58,0±2,2	60,5±4,1		59,0±1,0	
PAH									
THC	1,9±1,5	7,7±1,8	3,6±1,4	2,8±2,4	1,0±0,9	4,4±5,3	2,6±3,6	<0,1±-	<0,1±0,5
NPD									
	595		619		651	805		655	
Number of individuals	90		80		101	90		86	
Number of taxa	5,38		5,19		5,46	5,40		5,32	
Diversity (H')	0,83		0,82		0,82	0,83		0,83	
Evenness (J)	6,49		6,32		6,66	6,49		6,43	
H'-max	41,85		39,54		42,64	41,72		40,73	

Table 1.7 continued. The table lists the sampling site position, the average contains of total organic matter (TOM), gravel, sand, pelite, median, the metals barium (Ba), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), chrome (Cr), mercury (Hg), zinc (Zn), hydrocarbons (PAH, THC), number of individuals and taxa, diversity (J), Evenness (J), H'-max and ES₁₀₀ for Vega nord in 2007. For metals and hydrocarbons average ± standard deviation is given as mg/kg TS. The biology is calculated on sum of five samples (0.5 m²).

Vega Nord	VN 01	VN 02	VN 05	VN 06	VN 08	VN 09	VN 10	VN 11	VN 12
ED50 UTM zone 31 N	6804599	6804848	6804372	6804394	6804101	6803852	6803354	6804328	6804306
ED50 UTM zone 31 Ø	520128	520106	520399	520648	520172	520194	520237	519901	519652
Distance (m) / direction (°)	250/355	500/355	250/85	500/85	250/175	500/175	1000/175	250/265	500/265
Depth (m)	364	363	365	365	365	363	365	364	368
% TOM	8,9	8,47	9,33	9,54	10,26	9,29	9,59	8,82	8,93
% gravel	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% sand	1,16	1,52	1,28	1,35	1,14	1,23	1,17	1,36	1,34
% pelite	98,84	98,43	98,72	98,65	98,86	98,77	98,83	98,64	98,66
median	5,98	5,97	5,97	5,97	5,98	5,98	5,98	5,97	5,97
Ba	272,7±22,0		278,3±4,5		160,0±42,4	181,0±33,5		367,0±51,9	
Pb	30,5±0,6		30,7±0,8		25,6±7,7	26,1±5,4		30,7±0,6	
Cd	0,082±0,009		0,076±0,001		0,041±0,016	0,048±0,028		0,059±0,023	
Cu	11,5±0,1		11,4±0,4		9,1±2,5	9,8±2,0		10,8±0,6	
Cr	22,8±0,3		22,6±0,6		18,0±3,9	19,0±3,1		21,8±1,4	
Hg					0,038±0,008	0,040±0,009			
Zn	59,0±0,5		58,7±1,4		47,8±13,1	50,4±10,4		59,4±1,3	
PAH					0,084±0,050	0,053±0,024			
THC	1,0±0,5	3,1±0,2	6,0±0,8	4,5±1,0	3,5±3,4	<1,0±-	6,7±0,8	4,6±1,4	2,1±1,5
NPD	631	576	627	633	612	606	691	574	687
Number of individuals	90	82	81	86	81	90	91	77	95
Number of taxa	5,14	5,13	5,15	5,23	5,04	5,22	5,46	5,12	5,30
Diversity (H')	0,79	0,81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,84	0,82	0,81
Evenness (J)	6,49	6,36	6,34	6,43	6,34	6,49	6,51	6,27	6,57
H'-max	38,74	38,80	37,84	40,08	38,08	39,67	42,69	38,10	40,27

2 Innledning

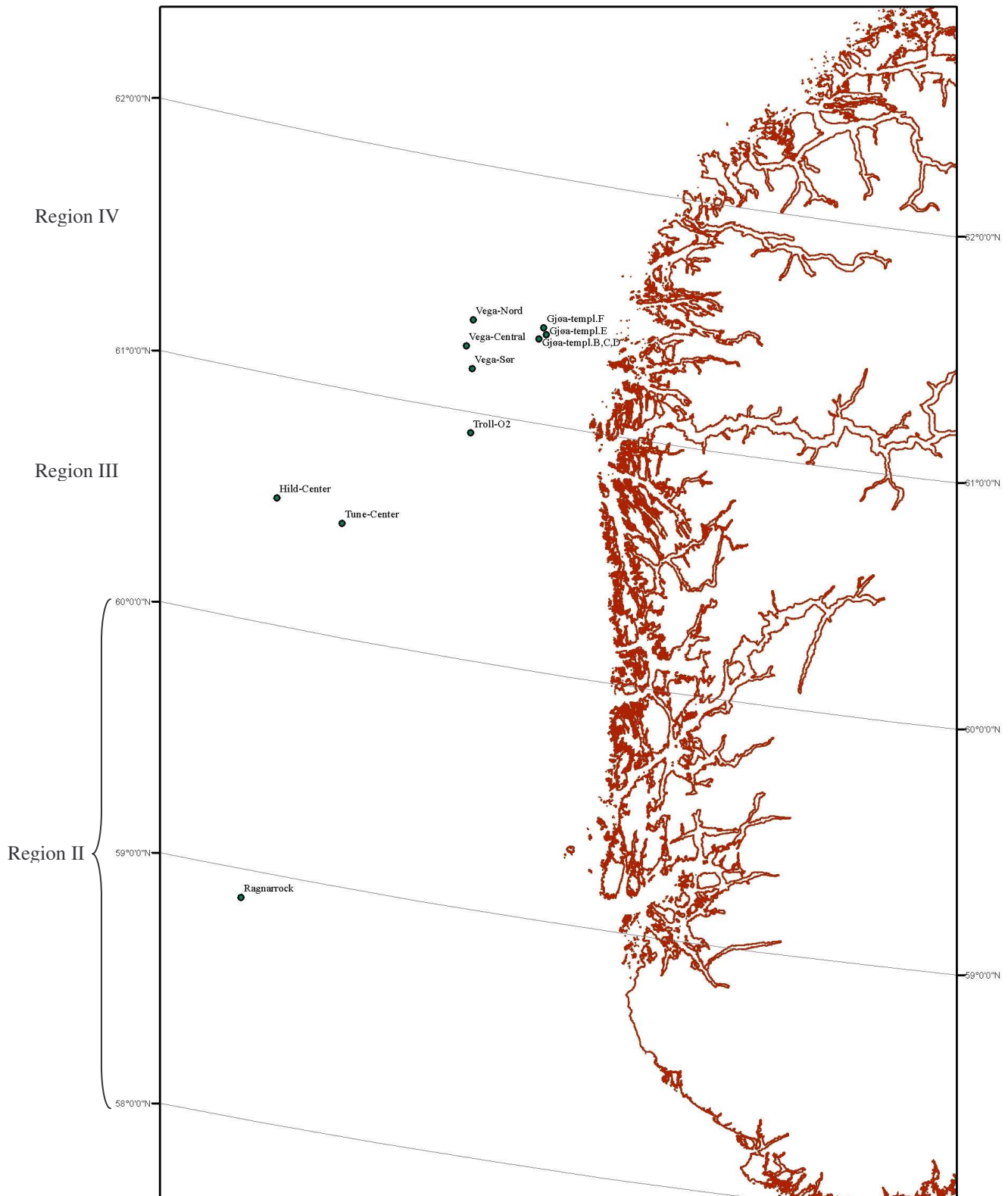
Statoil ASA, Norsk Hydro Produksjon as og Total Exploration Norge AS bestilte i mai 2007 Unifob AS ved Seksjon for anvendt miljøforskning til å utføre grunnlagsundersøkelser av miljøforholdene ved de planlagte offshorefeltene GjØa, Vega, Troll O2, Hild, Tune Sør og Ragnarrock, alle i norsk sektor av Nordsjøen (kontraksnummer: 5408614). Både GjØa og Vega er inndelt i tre underfelt, henholdsvis GjØa bunnramme BCD, GjØa bunnramme E, GjØa bunnramme F, Vega nord, Vega central og Vega sør (Figur 2.1).

Miljøforholdene har tidligere ikke blitt undersøkt ved disse feltene og hensikten med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i sjøbunnen på hvert enkelt felt i forkant av produksjonsoppstart, samt å fremskaffe et referansemateriale som kan benyttes til sammenligning ved nye miljøundersøkelser i fremtiden. I alt ble det samlet bunnprøver fra 93 feltspesifikke stasjoner. Prøveinnsamling fra regionale stasjoner uten direkte feltilknytning var ikke planlagt i undersøkelsen. Prøvene har blitt undersøkt med hensyn på fysisk beskaffenhet, kjemisk innhold og bunnfauna.

Prøvetakingsprogrammet som ligger til grunn for denne undersøkelsen inkluderte ikke regionale stasjoner. Regionale stasjoner antas å være upåvirket og representere naturlige bakgrunnsverdier som benyttes til beregning av grense for signifikant kontaminering (LSC). På grunn av til dels store naturlige variasjoner i sedimenttyper og vanddyp innen de enkelte regionene blir regionene ofte inndelt i subregioner. Dermed kan LSC best mulig tilpasses de naturlige variasjonene innen en region. I den foreliggende undersøkelsen blir LSC-verdier fra tidligere undersøkelser benyttet. Ved valg av LSC-verdier ble det tatt hensyn til dyp og kornfordeling, fra den siste regionale undersøkelsen fra hver region.

Tabell 2.1. Sammenstilling som viser selskap med operatør status på feltene som inngår i denne undersøkelsen.

Operatør	Felt	Region	Benyttet sub region fra sist regionale undersøkelse	Type undersøkelse	Antall prøvestasjoner	Feltets status
Norsk Hydro	Vega	IV	LSC Subregion <small>sentral 96-06</small>	Grunnlag	27	Planlegges utbygget
	Troll O2	III	LSC Subregion <small>dyp 98-04</small>	Grunnlag	9	Planlegges utbygget
	Tune Sør	III	LSC Subregion <small>grunn 98-04</small>	Grunnlag	5	Planlegges utbygget
Statoil	GjØa	IV	LSC Subregion <small>dyp 96-05</small>	Grunnlag	27	Planlegges utbygget
	Ragnarrock	II	LSC Subregion <small>sentral 97-06</small>	Grunnlag	11	Planlegges utbygget
Total	Hild	III	LSC Subregion <small>grunn 98-04</small>	Grunnlag	14	Planlegges utbygget



Figur 2.1. Grovskisse av Nordsjøen med de ulike feltene avmerket.

3 Materiale og metoder

Prøveinnsamlingen og opparbeidingen av prøvene i denne undersøkelsen er utført i henhold til *Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (Aktivitetsforskriften) – Vedlegg 1 Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel*, samt undersøkelsesprogrammet for toktet.

Avvik og endringer i forbindelse med arbeidet er listet i eget avsnitt på slutten av materiale og metoder.

3.1 Prøveinnsamlingstokt

Prøveinnsamlingen ble foretatt fra M/S *Aurelia* som var innleid til formålet fra RS Research Shipping GmbH i Bremen. Fartøyet seilt ut fra Bergen 5. juni med prøvetakingsmannskap fra Unifob AS og AnalyCen AS. Prøveinnsamlingen begynte ved Gjøa og fortsatte ved Vega, Troll O2, Tune sør, Hild og ble avsluttet ved Ragnarrock. Fartøyet var tilbake i Bergen den 14. juni.

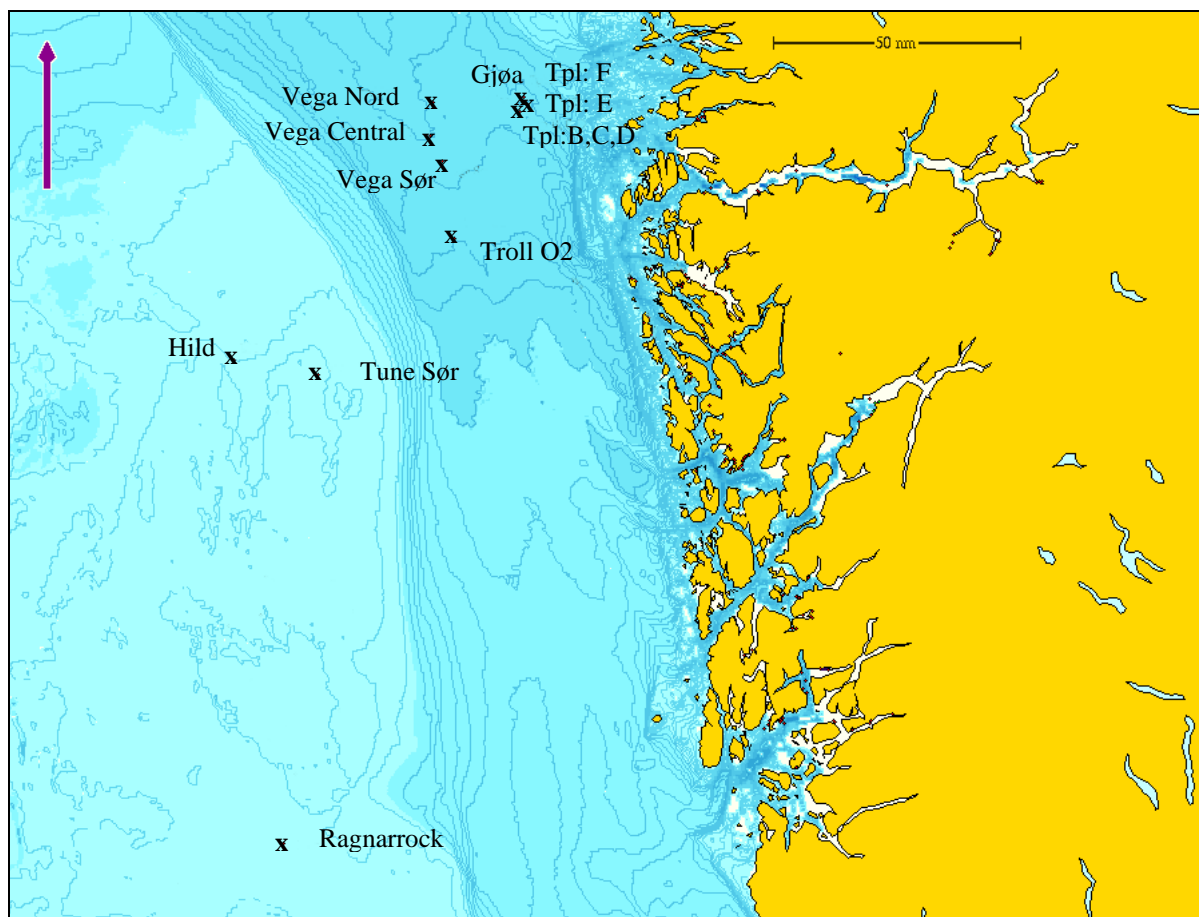
3.2 Innsamlingsområdet

Det ble samlet prøver fra region II (Ragnarrock), III (Tune Sør, Hild og Troll O2) og IV (Gjøa og Vega).

Region II ligger mellom 58° og 60° N på norsk sokkel i Nordsjøen. I Figur 3.1 vises beliggenheten til de aktuelle feltene og de regionale prøvetakingsstasjonene i forhold til norskekysten. Vanddypet ved Ragnarrock varierte mellom 110 og 112 meter (Figur 3.1), og sjøbunnen besto hovedsakelig av fin sand.

Region III ligger mellom 60° og 61° N på norsk sokkel i Nordsjøen. I Figur 3.1 vises beliggenheten til de aktuelle feltene i Region III i forhold til norskekysten. Vanddypet ved de undersøkte feltene varierte mellom 88 og 340 meter (Figur 3.1), og sjøbunnen besto hovedsakelig av fin sand i den grunneste delen av regionen og pelitt i den dypeste delen.

Region IV ligger mellom 61° og 62° N på norsk sokkel i Nordsjøen. I Figur 3.1 vises beliggenheten til de aktuelle feltene i Region IV i forhold til norskekysten. Vanddypet ved de undersøkte feltene varierte mellom 357 og 380 meter (Figur 3.1), og sjøbunnen besto hovedsakelig av fin sand og pelitt.



Figur 3.1. Plasseringen av feltene hvor det ble foretatt grunnlagsundersøkelse i 2007.
Kartkilde Olex.

3.3 Innsamlingsprogram

Prøvestasjonenes posisjon (UTM Zone 31 CM 3° East, ED-1950) var opplyst i programmet for undersøkelsen med korrigeringer foretatt av oppdragsgiver. Surveyer fra iSURVEY AS holdt rede på posisjonen av fartøyet. Posisjon for hver enkelt stasjon er gitt i vedlegget til tokrapporten, samt i rapporten fra surveyerne. Vanddyppet på stasjonene ble målt ved hjelp av fartøyets ekkolodd.

I alt ble det samlet prøver fra 93 stasjoner. Fullt prøvesett fra en stasjon inkluderer 5 prøver til biologisk analyse, 3 prøver til kjemisk analyse, og 1 blandprøve (samlet fra de 3 prøvene som ble benyttet til kjemisk analyse) til geologisk analyse. Fra stasjoner som lå 250 m og 500 m nedstrøms de planlagte installasjonene ble det som regel i tillegg tatt seksjonerte prøver fra 0-1, 1-3 og 3-6 cm dyp i sedimentet, for å undersøke den vertikale fordelingen av ulike kjemiske forbindelser i sjøbunnen. I henhold til programmet for undersøkelsen ble det totalt samlet 639 prøver til biologisk analyse, 299 prøver til THC-analyse, 230 prøver til tungmetallanalyse (Cu, Cr, Zn, Ba, Pb og Cd), 56 prøver til Hg-analyse, 56 prøver til NPD/PAH-analyse og 71 prøver til geologiskanalyse.

Det var planlagt å ta 639 grabbskudd (grabbprøver) for å få det ønskede prøveantallet, men det ble nødvendig å ta 657 grabbskudd før ønsket prøveantall var sikret.

3.4 Prøvebehandling i felt

Sedimentprøvene ble tatt med van Veen grabb med en åpning på 0,1 m² og et volum på 23 (langarmet) og 22 (kortarmet) liter. Toppen av van Veen grabben kan åpnes, slik at en får fri tilgang til overflaten av bunnprøven. Prøver ble godkjent dersom de kom opp i lukket grabb, og det var klaring mellom toppen av prøven og lokket til grabben.

Prøvene som ble benyttet til kjemiske analyser (THC, PAH/NPD og tungmetall, inklusiv Hg), ble tatt fra toppen (0-1 cm) av bunnprøven. I tillegg ble det fra utvalgte stasjoner tatt sedimentprøver fra 1-3 cm og 3-6 cm dyp med en plexiglass corer. Etter innpakking og merking, ble prøvene frosset i medbrakt frys ved ±20 °C. Prøvene ble oppbevart frosset inntil videre opparbeiding i laboratoriet startet.

Prøvene til kornfordelingsanalysene og TOM ble tatt med skje fra prøvens overflate og ned til ca. 5 cm dyp. Også disse prøvene ble oppbevart frosset inntil videre opparbeiding i laboratoriet på land.

De biologiske prøvene ble samlet ved å tømme grabben på et arbeidsbord hvor innholdet ble vasket ned i et ristarrangement bestående av først en grovrist med 5 mm runde hull, og deretter en finrist med 1 mm runde hull (Hovgaard 1973). Ristene ble grundig rengjort mellom hver prøve. Materialet (prøven), som ble holdt tilbake på ristene, ble samlet med skje og lagt i plastbokser. Deretter ble prøven tilsatt boraks og 4 % formalin, og satt i en plastpose med merkelapp. Plastboksene ble samlet i transportkasser, og stod i disse inntil opparbeidingen av prøvene startet i laboratoriet på land.

Relevante opplysninger om hver enkelt prøve ble fortløpende ført i toktjournalen (se toktrapporten i Vedlegget).

3.5 Fysisk beskrivelse av sedimentet

3.5.1 Farge

Litt sediment ble tatt ut av grabben, og fargen på sedimentet ble sammenlignet med fargekart i Munsell® Soil Colour Chart System year 2000 revised (GretagMacbeth, New Windsor, NY, USA). Sedimentfargen ble gjengitt med koder i følge fargekartet. I tillegg ble fargen beskrevet med ord og det ble notert andre forhold ved sedimentet som f.eks. svarte flekker, stein og skjell. Det henvises til toktrapport fra toktet for flere detaljer (se rapportens vedleggsdel).

3.5.2 Kornstørrelse

Partikkelfordelingen ble bestemt i laboratoriet ved at prøven ble tint, løst i vann og siktet gjennom en 0,063 mm sikt. Partiklene som var større enn 0,063 mm, ble tørrsiktet på Endecott trådsikter. Trådsiktene hadde kvadratiske hull på 16mm ($\phi=-4$), 8mm ($\phi=-3$), 4mm ($\phi=-2$), 2mm ($\phi=-1$), 1mm ($\phi=0$), 0,5mm ($\phi=1$), 0,250mm ($\phi=2$), 0,125mm ($\phi=3$) og 0,063mm ($\phi=4$) (Buchanan 1984). Målingene ble utført ved Seksjon for anvendt miljøforskning.

Sedimentets kornfordeling er presentert i kurveform og tabeller. Partikkelstørrelsen er plottet langs den horisontale akse, og den prosentvise vektandel (kumulativt) langs den vertikale akse. I tillegg ble median diameter, «sorting» (standardavvik), «skewness» (skjevhet) og «kurtosis» (spredning) (Tabell 3.1), beregnet etter formlene i Buchanan (1984) og Folk & Ward (1957).

Partikkeldiameter: $x = \Phi$ -verdi ($\Phi = -\log_2 x$)

Median partikkel diameter: $M_d \Phi = \Phi_{50}$. Dvs. Φ verdien (kornstørrelsen) ved 50 % punktet på de kumulative kornfordelingskurven.

$$\text{Gjennomsnittlig diameter } M_z = \frac{\Phi(16) + \Phi(50) + \Phi(84)}{3}$$

$$\text{«Sorting» (standardavvik): } SD \Phi = \frac{\Phi(84) - \Phi(16)}{4} + \frac{\Phi(95) - \Phi(5)}{6,6}$$

$$\text{«Skewness» (skjevhet): } Sk \Phi = \frac{\Phi(84) + \Phi(16) - 2M_d \Phi}{2(\Phi(84) - \Phi(16))} + \frac{\Phi(95) + \Phi(5) - 2M_d \Phi}{2(\Phi(95) - \Phi(5))}$$

$$\text{«Kurtosis» (spredning): } K \Phi = \frac{\Phi(95) - \Phi(5)}{2,44(\Phi(75) - \Phi(25))}$$

Dataanalyse og figurer er utført ved hjelp av regnearket Excel og makroer som er laget ved tidligere Institutt for fiskeri og marinbiologi ved Universitetet i Bergen og Seksjon for anvendt miljøforskning, samt dataprogrammet GradiStat versjon 4.01 (Blott & Pye 2001).

3.5.3 Måling av totalt organisk materiale (TOM)

Om lag 500 mg av sedimentet fra 0-5 cm laget ble tørket ved 105 °C i ca 20 timer og veid før brenning ved 480 °C i 2 timer. Totalt organisk materiale (TOM) ble målt som vekttapet (oppgitt i vektprosent) av prøven etter forbrenning.

Tabell 3.1. Siktstørrelse som er brukt ved kornstørrelsesfordeling. Forklaring og tolkning av resultatene fra de matematiske analysene av kornstørrelsen, basert på Buchanan (1984).

Sikt-størrelse (mm)	Phi klasse	Forklaring	Standardavvik (grad av sortering)	
			Indeks verdi	Forklaring
16	-4	Grus	<0,35	Svært godt sortert
16-8	-3		0,25 - 0,50	Godt sortert
8-4	-2		0,50 - 0,71	Moderat godt sortert
4-2	-1		0,70 - 1,00	Moderat sortert
2-1	0	Meget grov sand	1,00 - 2,00	Dårlig sortert
1-0,5	1	Grov sand	2,00 - 4,00	Svært dårlig sortert
0,5-0,25	2	Medium sand	>4,00	Ekstremt dårlig sortert
0,25-0,0125	3	Fin sand		
0,0125-0,063	4	Meget fin sand		
0,063-0,031	5	Silt		
0,031-0,016	6			
0,016-0,008	7			
0,008-0,004	8			
0,004-0,002	9	Leire		
0,002-0,001				
0,001-0,0007				
< 0,0007				

Skjevhet (Skewness)		Spredning (Kurtosis)	
Indeks verdi	Forklaring	Indeks verdi	Forklaring
+1,00 til +0,30	Meget skjev mot finkornet	<0,67	Meget platykuritisk
+0,30 til +0,10	Skjev mot finkornet	0,67 - 0,90	Platykuritisk (flat-toppet)
+0,10 til -0,10	Symmetrisk	0,90 - 1,11	Mesokuritisk (nærmest normal)
-0,10 til -0,30	Skjev mot grovkornet	1,11 - 1,50	Leptokuritisk (overdreven toppet)
-0,30 til -1,00	Meget skjev mot grovkornet	1,50 - 3,00	Meget leptokuritisk
		>3,00	Ekstremt leptokuritisk

3.6. Kjemisk karakterisering av sedimentet

3.6.1. Metode for bestemmelse av metaller

Prøvene ble først tørket og siktet. Innholdet av metaller ble bestemt ved Induktivt Koplet Plasma – Atom Emisjons Spektrometri (ICP-AES), bortsett fra kvikksølv som ble bestemt med Kald Damp Atom Absorbsjons Spectrometri (CVAAS).

Prosedyre

Sediment prøvene ble tørket ved 105 °C for prøver der kvikksølv ikke skulle bestemmes og 40 °C for prøver der kvikksølv skal bestemmes. Prøvene ble så siktet gjennom en 0,5 mm sikt.

Fraksjonen <0,5 mm ble oppsluttet i følge NS4770.

Oppslutning med salpetersyre

Oppslutningen ble gjort i autoklav. 1g prøve ble veid inn i en teflon beholder, 4 mL salpetersyre ble tilsatt. Prøvene ble så autoklavert ved 120 °C i 30 minutter. Etter oppslutningen ble prøvene fortynnet til 50 mL.

Bestemmelse av metaller ved ICP-AES

Metallene bortsett fra kvikksølv ble analysert med en Varian Vista PRO ICP-AES. De analytiske betingelsene er i Tabell 3.2.

Tabell 3.2. ICP-AES analytiske betingelser

Metall	Bølgelengde	Effekt (kW)	Bakgrunnskorreksjon
Ba	233,527	1,35	Fitted
Cd	228,802	1,35	One point, left
Cr	267,716	1,35	Fitted
Cu	324,756	1,35	Fitted
Pb	220,353	1,35	Fitted
Zn	213,857	1,35	Fitted

Bestemmelse av kvikksølv med CVAAS

Kvikksølv ble bestemt med et Cetac M6000-A instrument. I instrumentet ble kvikksølvet i løsningen redusert med tinnklorid SnCl_2 til den elementære formen Hg^0 . Elementært kvikksølv er flyktig og blir separert fra løsningen i en gass væske separator ved hjelp av en argon bæregass. Absorpsjonen ved 254 nm ble målt for å bestemme konsentrasjonen av kvikksølv.

Referanse materialer og deteksjonsgrense

CRM015-050 metals on sediment og CRM031-040 metals on soil (Resource Technology Corporation) ble brukt som referansematerialer. Deteksjonsgrensene er oppgitt i Tabell 3.3.

Tabell 3.3. Deteksjonsgrenser og akkreditering hos AnalyCen AS.

Parameter	Bestemmelsesgrense (LOQ)	Akkreditering
THC	1 mg/kg TS	Ja
Naphtalen	0,001 mg/kg TS (Noe større måleusikkerhet ved LOQ grunnet risiko for tap under opparbeidingen)	Ja
Øvrige PAH	0,0005 mg/kg TS	Ja
NPD	0,001 – 0,0005 mg/kg TS	Ja
Kadmium	0,03 mg/kg TS	Ja
Bly	0,3 mg/kg TS	Ja
Krom	0,05 mg/kg TS	Ja
Kobber	0,05 mg/kg TS	Ja
Sink	0,05 mg/kg TS	Ja
Kvikksølv	0,002 mg/kg TS	Ja
Barium	0,05 mg/kg TS	Ja

Alle prøver som mottas på laboratoriet og sendes internt behandles i henhold til ISO9001 og 14001 prosedyrer samt retningslinjer for EN ISO 17025.

3.6.2 Prinsipp for olje hydrokarbon analyse

Innholdet av petroleumshydrokarboner ble bestemt ved GC/FID analyse av ekstraktene oppnådd som beskrevet i Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals & Guides no 11, UNESCO 1982.

Petroleumshydrokarbonene ble isolert fra sedimentet ved forsåpning med kaliumhydroksid i metanol i to timer, fulgt av ekstraksjon med pentan. Pentanfasen dampes inn ved å bruke Rotavapor, og blir deretter renset ved fast-fase-ekstraksjon. Petroleumshydrokarbon komponentene ble eluert fra fast-fase-kolonnen med pentan. Ekstraktet ble redusert ved å benytte en varmeblokk og analysert ved gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor (GC/FID). Analyse av PAH-er og dekaliner ble utført ved gasskromatografi med masseselektiv deteksjon med Single Ion Monitoring (GC/MS SIM). Noen eksempel på kromatogram er vist i Vedlegget.

Prosedyre

Sedimentet ble homogenisert ved røring og deretter sentrifugert ved 1800 rpm i 2 minutter for å fjerne vann. Mengde tørt stoff i den sentrifugerte prøven ble bestemt ved å veie en liten del (ca. 10 g) av prøven før og etter tørking ved 105 °C i 16 timer.

Soxtec ekstraksjon

Forsåpningen ble utført ved å bruke et Soxtec-system ved 175 °C, utstyrt med glasskopper og cellulosefilter. For å redusere bakgrunnsnivået av hydrokarboner i blankprøven, ble de tomme cellulosefiltrene kokt i 1 time i metanol før bruk.

Omtrent 30 g av prøven ble plassert i cellulosefilteret og kokt i 1 time (i kokeposisjon) i 50 mL av en løsning av kaliumhydroksid i metanol (30 g/L). Før koking ble 1,0 mL av en blanding av internstandarder tilsatt til ekstraksjonskoppene. Filteret ble løftet opp i skylleposisjon i 1 time, mens reflukserende metanol ekstraherte hydrokarboner fra prøven. For hver 20. prøve ble referanseprøver av HDF 200 (baseolje i "drilling fluid" for THC og dekaliner) og HS-4B (Havne marint sediment referanse materiale; for PAH og NPD) ekstrahert, renset og analysert etter samme metode for å måle nøyaktigheten av metoden.

Pentanekstraksjon

Metanolekstraktet ble samlet i en Duranflaske. Etter kjøling ble 25 mL av pentan tilsatt og flasken ble ristet i 10 minutter. Pentanfasen ble separert fra metanolfasen og samlet opp i en konisk flaske. 25 mL ekstra pentan ble tilsatt til metanolfasen, ristet, separert og tilsatt den første pentanfasen. Pentan ble dampet inn til 1 mL ved å benytte en rotavapor med vannbad ved 30 °C.

Fast fase opprensing

Den siste opprensingen ble utført ved å benytte 200 mg florisil fast fase kolonner. Kolonnene ble kondisjonert før bruk. Prøven ble tilsatt i kolonnen og deretter eluert med 2x8 mL pentan. Eluatet ble inndampet til 1 mL med nitrogen flow og analysert ved GC/FID (THC) og GC/MS-SIM (PAH, NPD og dekaliner).

Kvantifisering av komponenter

THC

Innholdet av THC ble kvantifisert i nC12-nC35 kokepunktområde ved å benytte eksterne og interne standarder. De eksterne standardene var en løsning av n-alkaner i diklormetan (5 mg/L av hver komponent, Restek # 57257). Denne eksterne standarden ble også benyttet til å etablere retensjonstidsvinduet. De interne standardene (brombenzen, o-terphenyl og squalen; alle 5 mg/L) ble tilsatt til prøven før koking og de eksterne standarder. Den gjennomsnittlige THC-verdien fra blankprøvene ble trukket fra før den siste kvantifiseringen av THC-innholdet av prøven. Betingelsene til GC/FID systemet er vist i Tabell 3.4.

Tabell 3.4. GC/FID betingelser

GC system	Hewlett-Packard 5890 Series II Gas Chromatograf med split/splitless injektor, flamme ionisasjonsdetektor
Column	Agilent DB-5, lengde: 25 m, ID: 0,2 mm, film: 0,33 µm
Injektor temperatur	300°C
Detektor temperatur	300°C
Temperatur program	35°C (3 min) - 15°C/min - 315°C (9,5 min)
Bære gass	H ₂ , 1,4 mL/min
Injeksjon	1 µL, splitless

PAH og NPD

PAH/NPD-analysene ble utført ved GC/MS som opererte i SIM (single ion monitoring) funksjon. Betingelsene til GC/MS-systemet er vist i Tabell 3.5.

Tabell 3.5. GC/MS betingelser

GC system	Agilent Technologies 6890N Network GC System
MS	Agilent 5973 Network Masse Selektiv Detektor
Kolonne	Agilent DB-5ms, length: 30 m, ID: 0,25 mm, film: 0,25 µm
Injektor temperatur	300°C
Temperatur program	60°C (2 min) - 12°C/min - 300°C (8 min)
Bæregass	He, 1,0 mL/min
Injeksjon	1 µL, splitless, purge flow: 40 mL/min in 1 min

Mengdene av PAH-er og NPD-er ble kvantifisert ved å benytte interne deuterium-standarder og kalibreringskurver laget fra 3 nivåer av standarder som inneholder 16 EPA PAH-er og utvalgte NPD-er. De interne standardene ble tilsatt prøven før koking og til de eksterne standardene. De 16 standard EPA PAH-er var PAH-"coctail" ampuller fra Ehrensdoerfer (20952500 PAH Mix25) og Chemservice (PP-HC6JM). En NPD "coctail" som inneholder 1 forbindelse som representerer hver av NPD-"klusterne" ble kjøpt fra Chiron (NPD Cocktail 3, S-4046). NPD-forbindelsene i cocktailen var: Dibenzotiofen, 4-metyldibenzotiofen, 2,8-dimetyldibenzotiofen, 2,4,7-trimetyldibenzotiofen, naftalen, 2-metylnaftalen, 2,3-

dimetyaftalen, 2,3,6-trimetylnaftalen, fenantren, 2-metylphenantren, 1,6-dimetylphenantren og 1,2,8-trimetylphenantren. Tabell 3.6 viser target ion, kvalifier ion og den korresponderende internstandard for hver PAH-forbindelse og NPD-"cluster". Før den siste kvantifisering ble utført ble den korresponderende middelverdien av konsentrasjonen av blank prøver trukket fra.

Tabell 3.6. Analyserte PAH forbindelser og NPD "clusters"

Forbindelse/"cluster"	Target ion m/z	Qualifier ion m/z	Korresponderende internstandard
Naphthalene	128	102	Naphthalene-d8
C1-naphthalene	142	141	Naphthalene-d8
C2-naphthalene	156	141	Acenaphthylene-d10
Acenaphthylene	152	151	Acenaphthylene-d10
Acenaphthene	153	154	Acenaphthylene-d10
C3-naphthalene	170	155	Acenaphthylene-d10
Flourene	166	165	Acenaphthylene-d10
Dibenzothiophene	139	168	Acenaphthylene-d10
Phenanthrene	178	176	Phenanthrene-d10
Anthracene	178	176	Phenanthrene-d10
C1-dibenzothiophene	198	-	Phenanthrene-d10
C1-phenanthrene	192	191	Phenanthrene-d10
C2-dibenzothiophene	212	-	Phenanthrene-d10
C2-phenanthrene	206	191	Phenanthrene-d10
Fluoranthene	202	101	Fluoranthene-d10
C3-dibenzothiophene	226	-	Fluoranthene-d10
Pyrene	202	101	Pyrene-d10
C3-phenanthrene/anthracene	220	-	Pyrene-d10
Benzanthracene	228	114	Pyrene-d10
Chrysene/triphenylene	228	114	Pyrene-d10
Benz[bjk]fluoranthenes	252	250	Benz[a]pyrene-d12
Benz[a]pyrene	252	250	Benz[a]pyrene-d12
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	276	274	Benz[a]pyrene-d12
Dibenzo[a,h]anthracene	278	-	Benz[a]pyrene-d12
Benzo(ghi)perylene	276	274	Benzo(ghi)perylene-d12
Intern-standarder			
Naphthalene-d8	136		
Acenaphthylene-d10	160		
Phenanthrene-d10	188		
Fluoranthene-d10	212		
Pyrene-d10	212		
Benz[a]pyrene-d12	264		
Benzo(ghi)perylene-d12	288		

Deteksjonsgrenser (DL)

Deteksjonsgrensene ble bestemt fra standardavviket av minst 8 blank-prøver. Den anvendte definisjonen av grensen er anbefalt i "VKI sag nr. 404444/910".

Formel 1.
$$DL = t_{0,995}(f) \cdot s_{\text{blank}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n}}$$

$t_{0,995}$ t-fordeling (Students t-test)
 f frihetsgrader
 s_{blank} standard deviation of blank level
 n number of blank samples

Tabell 3.7 viser deteksjonsgrensen for THC, PAH forbindelser og NPD-"clustere"

Tabell 3.7. Deteksjonsgrenser for THC, PAH og NPD.

Forbindelse	DL [mg/kg TS]
THC:	
THC	1,0
PAH:	
Naphthalen	0,0005
Acenaphtylene	0,0005
Acenaphthene	0,0005
Fluorene	0,0005
Dibenzothiophene	0,0005
Phenanthrene	0,0007
Anthracene	0,0007
Fluoranthene	0,0005
Pyrene	0,0005
Benzanthracene	0,001
Chrysene/triphenylene	0,001
Benzo[bjk]fluoranthenes	0,0006
Benzo[a]pyrene	0,0005
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,0005
Dibenzo[ah]anthracene	0,0005
Benzo[ghi]perylene	0,0006
NPD:	
C1-naphthalene	0,0005
C2-naphthalene	0,0005
C3-naphthalene	0,0005
C1-dibenzothiophene	0,0005
C1-phenanthrene/anthracene	0,0005
C2-dibenzothiophene	0,0005
C2-phenanthrene/anthracene	0,0005
C3-dibenzothiophene	0,0005
C3-phenanthrene/anthracene	0,0005

3.7 Grense for signifikant kontaminering (LSC, Limit of Significant Contamination)

LSC beregnes ut fra resultatene for de regionale stasjonene. Programmet for den innsamlingen som er rapportert i denne rapporten omfattet ingen regionale stasjoner. Det forelå dermed ikke data til å beregne LSC. I rapporten er det benyttet LSC verdier fra de siste regionale undersøkelsene som foreligger fra de tre regionene prøvene er samlet fra (Tabell 3.8). Dataene fra Region II er hentet fra Botnen et al. 2007, Region III fra Mannvik et al. 2005 og Region IV fra Mannvik et al. 2006. I de tre rapportene er Regionene delt inn i subregioner. Ved valg av LSC ble dypet og kornfordelingen i de enkelte subregionene vektlagt.

Tabell 3.8. LSC beregninger fra de siste undersøkelsene av de tre regionene det ble foretatt grunnlagsundersøkelser i 2007.

	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC 96-06 RegII	12,5	i.b	i.b	134,8	6,6	0,03	2,2	9,6	0,015	11,7
LSC 97-06 grunn RegII	7,9	i.b	i.b	28,6	6,7	<0,03	1,0	9,8	0,01	8,8
LSC 96-06 sentral RegII	13,7	i.b	i.b	152,6	6,7	0,04	2,3	9,9	0,02	12,2
LSC 97-06 nord RegII	11,3	i.b	i.b	59,4	4,4	<0,03	1,2	6,3	0,01	7,2
LSC 98-04 grunn RegIII	10	0,035	0,020	177	5,5	0,028	1,8	6,7 ¹	0,01	6,9
LSC 98-04 dyp RegIII	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43 ¹	0,053	87,4
LSC 96-05 RegIV	6,3	0,093	0,055	428	8,7	0,106	4,9	11,2 ²	0,022	21,6
LSC 96-05 dyp RegIV	5,3	0,128	0,74	513	9,3	0,09	5,8	12,1 ²	0,019	24,1
LSC 96-05 grunn RegIV	6,9	0,036	0,03	365	8,6	0,112	2,7	8,2 ²	0,024	13,1

i.b: ikke bestemt

1: Stjerne ved prøvene men ingen forklaring

2: Basert på 05 og 2002 verdier.

3.8 Valg av tallmateriale til gjennomsnittsberegninger

Forekomsten av enkelte parametere var under deteksjonsgrensen i noen av de parallelle (replikate) prøvene. I slike tilfeller ble halve deteksjonsgrensen benyttet ved beregning av gjennomsnitt. I de tilfellene hvor gjennomsnittet kom under deteksjonsgrensen, ble gjennomsnittet satt til mindre enn (<) deteksjonsgrensen. Det samme ble gjort i de tilfellene hvor alle parallellene var under deteksjonsverdien.

3.9 Biologiske analyser

I laboratoriet ble innholdet i prøveboksene overført til sikt med runde hull (1 mm). I sikten ble prøvene skylt med saltvann for å fjerne rester av formalin. Sortering ble foretatt under lupe, og dyrene ble gruppert i ulike taksonomiske grupper og lagret i etanol. Dyrene ble identifisert til lavest mulige taksa. Resultatet fra identifiseringen presenteres som en artsliste (se vedlegget).

Bunndyrfaunaen er hovedsaklig flerårige og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tid. Antall arter, antall individ og faunatype er blant annet avhengig av sedimenttype, eventuell kontaminering og miljøforholdene ellers der prøvene ble tatt.

Det ble gjennomført flere statistiske analyser (univariate og multivariate) på resultatene fra bunndyrsidentifiseringen. Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i eller er nært tilknyttet bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med runde hull som er 1 mm i diameter

Dette medfører at grupper som rundmark samt kolonidannende arter som hydrozoer, bryozoer, svamper, og meiofauna som harpactocida ikke er tatt med i analysene. Krepser, som copepoder, mysider, euphausiacea uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra videre analyse. Også andre pelagiske arter som den åpne grabben fanger på vei ned mot bunnen er utelatt fra videre analyse. Likeså juvenile individ av sjøpinnsvin (Echinoidea og Spatangoidea).

Resultatene fra bunndyrsanalysene er presentert ved bruk av følgende metoder:

- Fullstendig artsliste (se Vedlegget)
- Antall arter per stasjon
- Kumulativt antall arter per grabbprøve på de regionale stasjonene
- Tabell over de ti mest dominerende taksa per stasjon
- Shannon diversitetsindeks på \log_2 basis (Shannon & Weaver 1963)
- Jevnhet som Pielous "J" (Pielou 1966)
- Fordeling av arter i geometriske klasser
- Forventet antall arter per 100 individ (Hurlberts indeks ES_{100})
- Cluster-analyse basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957), etterfulgt av "Group average Sorting"
- MDS ordinasjon

3.10 Statistiske metoder

3.10.1 Univariante metoder, bunndyr

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks. Dette tallet eller indeksen oppfattes som et mål på artsrikdommen på prøvestedet. Ut fra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen i størst mulig grad skal bli riktig.

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individ mellom artene i prøven. Høyt artsantall og jevn fordeling av individ mellom artene, vil gi prøven høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle arter være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{max}$. Forholdet mellom observert (H') og maksimal diversitet (H_{max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Pielou 1966). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

Hvor: $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer
 N = totalt antall individer i prøven
 S = totalt antall arter i prøven
 N_i = antall individer av art i .

Formelen beregner et forventet artsantall i en prøve ut fra et gitt antall tilfeldig valgt individantall (her er 100 individer brukt, $ES_{n=100}$).

På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes

opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, fire til syv osv. En slik gruppering kalles en geometrisk rekke, og gruppene som kalles geometriske klasser nummereres fortløpende I, II, III, IV, osv. For ytterligere opplysninger henvises til Gray & Mirza (1979) og Pearson et al. (1983).

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson & Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små toppe og nullverdier.

3.10.2 Multivariate metoder

Miljøvariabler

Ordinasjonsmetoden Principal Component Analysis (PCA) (korrelasjonsbasert – dvs dataene normalisert) anbefales ved analyse av miljøvariabler (Clarke & Warwick 1994). Metoden baseres på beregnet Euklids avstand mellom hvert prøvepar og en visualisering av alle de beregnede avstandene i et 2 eller 3 dimensjonalt plott, hvor avstanden mellom plottede prøver er et mål på ulikhet. Ulikhetene mellom hvert par av prøver gitt som:

$$d_{jk} = \sqrt{\sum (y_{ij} - y_{ik})^2}$$

hvor: d_{jk} = ulikheten mellom to prøver, j og k
m = totalt antall miljøvariabler
 y_{ij} = mengde av variabel i i prøve j
 y_{ik} = mengde av variabel i i prøve k

Bunndyr

De univariate metodene legger ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som ut fra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. I clusteranalysen grupperes prøvene etter faunalikhet, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet fra analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er

faunagradianter en respons på ulike typer av miljøgradianter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For å unngå at tallmessig dominerende arter fikk avgjørende betydning på resultatet av de multivariate analysene, og for å tillegge arter som forekommer med få individer vekt, ble artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene ble utført. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k
 y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen
 y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter
 p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor: d_{jk} = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten d_{jk} gitt som:

$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon, $> 0,3$ plottet er litt bedre enn tilfeldige punkter.

3.10.3 Sammenhengen mellom miljøvariabler og bunndyrdata – BioEnv

Dataprogrammet BioEnv ble brukt for å finne ut om det var noen korrelasjoner mellom de fysiske og kjemiske variablene og de biologiske variablene tatt ved samme stasjon. BioEnv analysene ble også utført i programmet PRIMER 5.

Hvis det er noen sammenheng mellom fauna og miljøvariabler kan man forvente at ordinasjonsplottet fra MDS og PCA viser stor grad av likhet. Prosessen går derfor ut på å korrelere de ulike rang similaritetsmatrisene som ordinasjonene bygger på. Analysen benytter veiet Spearman's korrelasjon mellom similaritetsmatrisene gitt som:

$$\rho_w = 1 - \frac{6}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \frac{(r_i - s_i)^2}{(r_i + s_i)}$$

hvor: r_i = rang av alle prøve similaritetene til de biologiske dataene.
 s_i = rang av alle prøve similaritetene til de abiotiske dataene.
 $N = n(n-1)/2$ hvor n er lik antall prøver

ρ_w ligger i området (-1, 1), og oppnås når rangmatrisene er helt motsatte eller helt like. Verdien 0 oppstår hvis det ikke er noen sammenheng mellom matrisene.

For å finne hvilke av de ulike miljøvariablene som hadde best sammenheng med fordelingen hos bunnfaunen, ble koblingen mellom fauna og miljøvariablene foretatt med alle mulige kombinasjoner av miljøvariabler. Kombinasjonen med størst ρ_w har best sammenheng.

3.10.4 Sammenhengen mellom miljøvariabler og bunndyrdata – Canoco

Det ble kjørt en Detrended Correspondance Analyse (DCA) for å se om det var sannsynlig at artene i datasettet hadde en "unimodal respons" eller "linear respons" til de underliggende miljøvariablene. Det ble deretter foretatt en Canonical Correspondence Analyse (CCA) eller en Redundancy Analysis (RDA) alt etter om en unimodal eller lineær respons var den mest realistiske modellen for datasettet. I analysen ble arts- og kjemidata log transformert. Ved hjelp av forward selection ble et minstesett av signifikante miljøvariabler valgt ut.

3.10.5 Dataprogrammer

Samtlige dataanalyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget av Knut Årrestad ved tidligere Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved Universitetet i Bergen.

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer i programpakken PRIMER 5 fra Plymouth Marine Laboratory i England, og dataprogrammet Canoco for Windows 4.5, og biplottene ble laget i CanoDraw 4.0 (Ter Braak 2002).

3.11 Beregning av påvirket område

Arealberegningen av kontaminert sediment og påvirket fauna, ble foretatt som arealberegning av en asymmetrisk ellipse. Avstanden fra feltsenter og ut til stasjonene med kontaminert sediment/påvirket fauna ble benyttet som radius. Om bare en stasjon hadde kontaminert sediment eller påvirket fauna, ble halve avstanden ut til en stasjon langs et annet transekt benyttet som tilleggsradius.

3.12 Kvalitetssikring

Bare grabber som var helt lukket, og hvor det var rom mellom sedimentet og lokket i grabben ble akseptert. Dette sikret at fullstendige og uberørt sedimentprøver ble analysert. Det ble ført feltjournal for hver enkelt prøve.

Biologiske analyser er utført akkreditert, i henhold til NS-EN ISO/IEC-17025 og *Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (Aktivitetsforskriften) Vedlegg 1: Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel*. Det ble ført feltjournal og detaljerte sjekklister på laboratoriet for å sikre sporbarhet til hver enkel prøve.

For å sikre at sorteringen av biologiske prøver ble utført tilfredsstillende ble ca 5 % av de biologiske prøvene kontrollsortert (i henhold til interne metoder hos Seksjon for anvendt miljøforskning). Dersom det ble funnet mer enn 10 dyr i de kontrollerte prøvene, ble minimum de tre neste prøvene fra samme sorterer kontrollert.

AnalyCen AS er akkreditert hos akkrediteringsorganene NA og DANAK i henhold til NS-EN ISO/IEC-17025. AnalyCen konsernet er også sertifisert etter ISO9001 (kvalitet) og ISO 14001 (miljø). Dette betyr at støtteprosesser som logistikk og registrering av prøver internt og fra oppdragsgiver er underlagt kvalitetskontroll og utføres med en overordnet miljøplan.

Akkrediteringsbevis finnes i Vedlegget.

3.13 Lagring av prøver

Sedimentprøvene som ble analysert for de kjemiske komponentene blir lagret hos Analycen AS inntil undersøkelsen fra 2007 blir endelig godkjent. De biologiske prøvene oppbevares ved Zoologisk museum i Bergen, mens gode typeeksemplar av enkelte arter ble tatt ut til referansesamling og oppbevares ved Seksjon for anvendt miljøforskning.

3.14 Avvik og endringer i forhold til programmet

Undersøkelsen er utført i henhold til *Aktivitetsforskriften) Vedlegg 1: Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel* med følgende avvik:

Avvik 1: THC prøve fra VC 2, 2. hugg problemer under opparbeiding i laboratoriet

Tiltak 1: Prøven ble forsøkt reanalysert, men det var ikke nok materiale til en ny analyse.

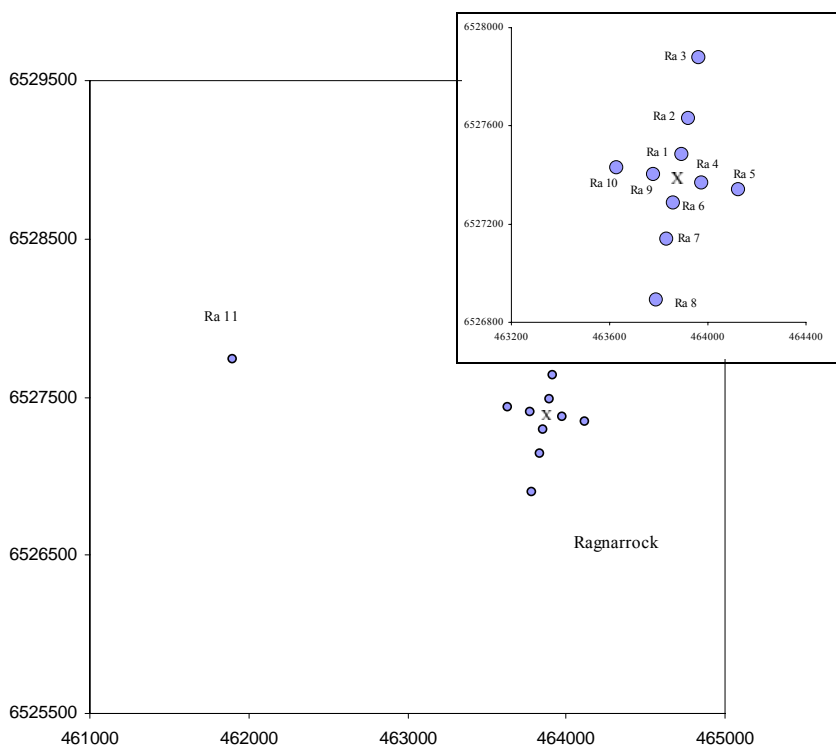
Avvik 2: Individene fra 5. og 6. hugg ble slått sammen.

Tiltak 2: Individene ble identifisert. I de univariate analysene og de multivariate analysene utført på stasjonsnivå ble individene tatt med. I de multivariate analysene på hugg nivå ble dataene fra de to huggene utelatt.

4. Ragnarrock

4.1 Introduksjon

Ragnarrock ligger i blokk 16/2 i Region II. Det ble satt i gang prøveboring høsten 2007. Det har ikke vært gjennomført miljøundersøkelse på feltet tidligere, og årets undersøkelse fungerer som grunnlagsundersøkelse. Ragnarrock inngikk ikke i det opprinnelige prøvetakingsprogrammet, og kom som en bestilling i etterkant. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til bestillingen fra oppdragsgiver. Figur 4.1 viser prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til senteret i prøvenettet og i forhold til hverandre. Det foreligger ingen bore- og utslippshistorikk.



Stasjon	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) / retning (°)	Dyp
	N	Ø		
Ra 01	463892,37	6527485,5	100/10	111
Ra 02	463918,41	6527633,2	250/10	112
Ra 03	463961,82	6527879,4	500/10	112
Ra 04	463973,48	6527369,6	100/100	112
Ra 05	464121,20	6527343,6	250/100	111
Ra 06	463857,64	6527288,5	100/190	110
Ra 07	463831,59	6527140,8	250/190	110
Ra 08	463788,18	6526894,6	500/190	110
Ra 09	463776,52	6527404,4	100/280	110
Ra 10	463628,80	6527430,4	250/280	111
Ra 11	461905,38	6527734,3	2000/280	110

Figur 4.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Ragnarrock i forhold til senteret for stasjonsnettet (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

4.2 Resultater

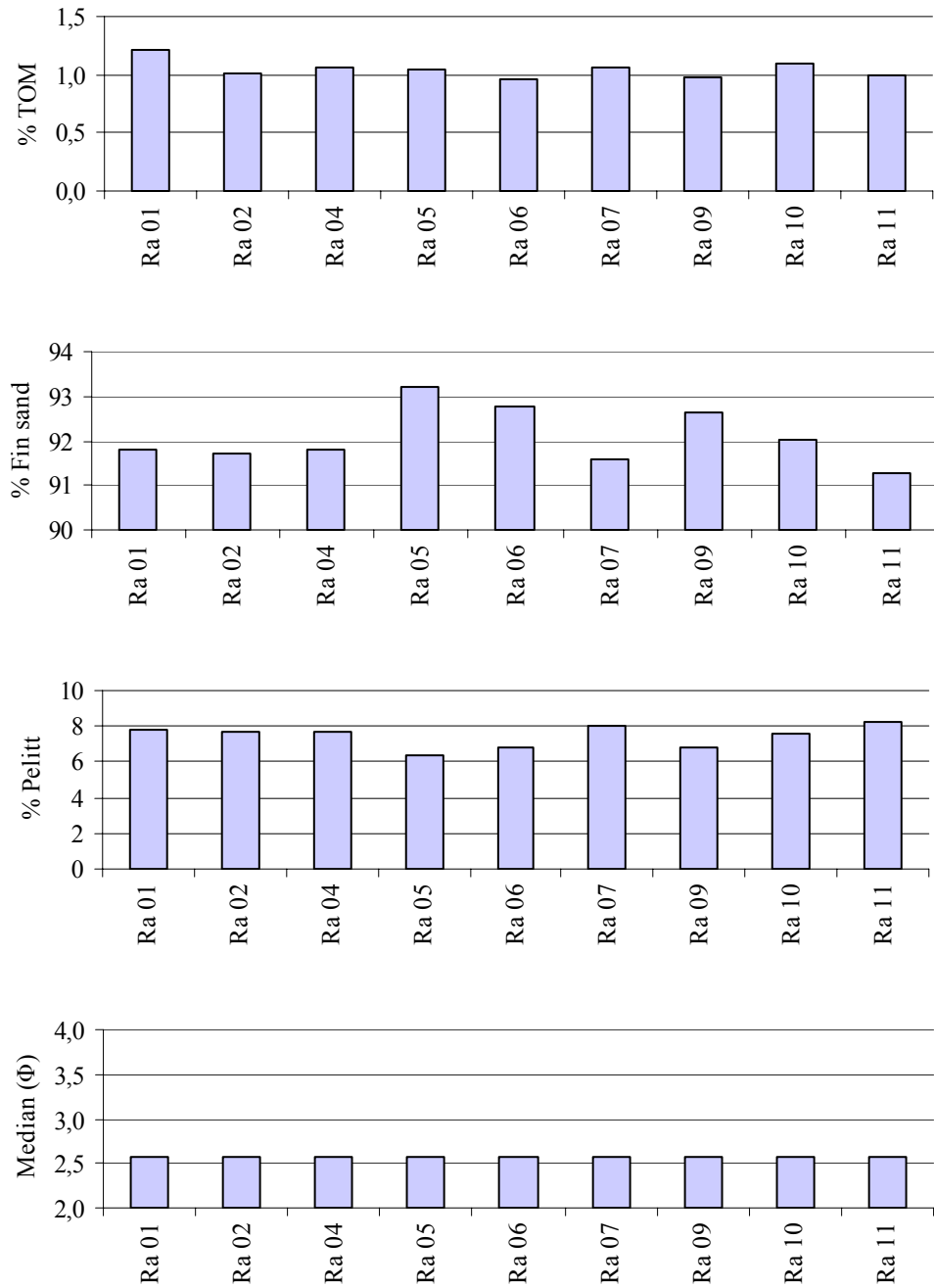
4.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2007 er vist i Tabell 4.1. I Figur 4.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Ragnarrock hadde et TOM-innhold fra 0,96 % til 1,22 %. Sandinnholdet varierte fra 91,7 % til 93,6 % og pelittinnholdet varierte mellom 6,32 % og 8,29 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,56 og 2,57.

Tabell 4.1. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Det er beregnet gjennomsnitt (snitt), standardavvik (sd) og maksimum (maks) og minimum (min) for feltet.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median	Sorting	Skewness	Kurtosis
Ra 01	1,22	0,00	92,21	7,79	2,56	0,70	0,35	2,45
Ra 02	1,01	0,09	92,20	7,71	2,57	0,71	0,34	2,37
Ra 03	1,06	0,08	92,26	7,66	2,56	0,70	0,35	2,41
Ra 04	1,04	0,04	93,64	6,32	2,57	0,62	0,31	1,97
Ra 05	0,96	0,00	93,20	6,80	2,57	0,65	0,33	2,13
Ra 06	1,06	0,03	92,00	7,98	2,57	0,72	0,35	2,46
Ra 07	0,97	0,00	93,15	6,85	2,57	0,65	0,33	2,16
Ra 10	1,10	0,00	92,43	7,57	2,57	0,69	0,34	2,38
Ra 11	0,99	0,00	91,71	8,29	2,57	0,73	0,35	2,53
snitt	1,05	0,03	92,53	7,44	2,57	0,69	0,34	2,32
sd	0,08	0,04	0,64	0,64	0,01	0,04	0,01	0,19
min	0,96	0,00	91,71	6,32	2,56	0,62	0,31	1,97
maks	1,22	0,09	93,64	8,29	2,57	0,73	0,35	2,53



Figur 4.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Ragnarrock i 2007.

4.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Ragnarrock i 2007

Det ble ikke beregnet LSC av de innsamlede dataene fra 2007, se under materiale og metoder. For å vurdere hvor høyt innholdet av de målte kjemiske parametrene i sedimentet fra Ragnarrock, ble det benyttet beregnet LSC fra overvåkingen i 2006 (Tabell 4.2). I 2006 ble Region II delt inn i tre subregioner (Botnen et. al 2007). Ut fra sedimentkarakteristikker og dyp ble Ragnarrock vurdert å høre til den sentrale subregionen fra 2006 (LSC Subregion_{sentral 97-06}).

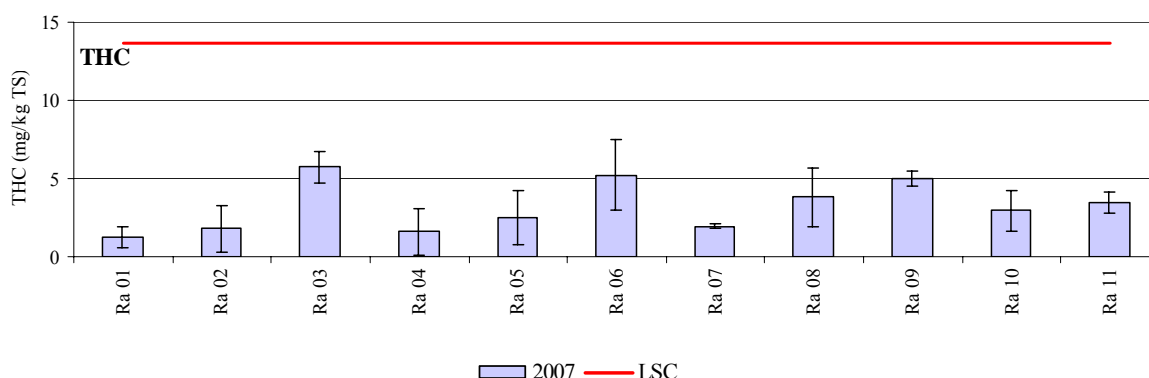
Tabell 4.2. “Limit of Significant Contamination” (LSC) fra overvåkingen av Region II i 2006. Region II ble i 2006 delt inn i tre subregioner. Ragnarrock ble vurdert å tilhøre den sentrale subregionen (LSC Subregion_{sentral 96-06}). Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC _{96-06 RegII}	12,5	i.b	i.b	134,8	6,6	0,03	2,2	9,6	0,015	11,7
LSC _{97-06 grunn RegII}	7,9	i.b	i.b	28,6	6,7	<0,03	1	9,8	0,01	8,8
LSC _{96-06 sentral RegII}	13,7	i.b	i.b	152,6	6,7	0,04	2,3	9,9	0,02	12,2
LSC _{97-06 nord RegII}	11,3	i.b	i.b	59,4	4,4	<0,03	1,2	6,3	0,01	7,2

4.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 4.3 sammen med målingene av PAH og NPD fra to stasjoner. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 4.3 vises THC innholdet og i Figur 4.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2007.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 1,3 mg/kg (Ra 01) til 5,7 mg/kg (Ra 03). Sedimentet fra Ra 01 og Ra 11 hadde et innhold på henholdsvis 0,03 mg/kg og 0,04 mg/kg av PAH, og 0,007 mg/kg, og 0,011 mg/kg av NPD. Ingen av THC målingene var over LSC Subregion_{sentral 96-06}.



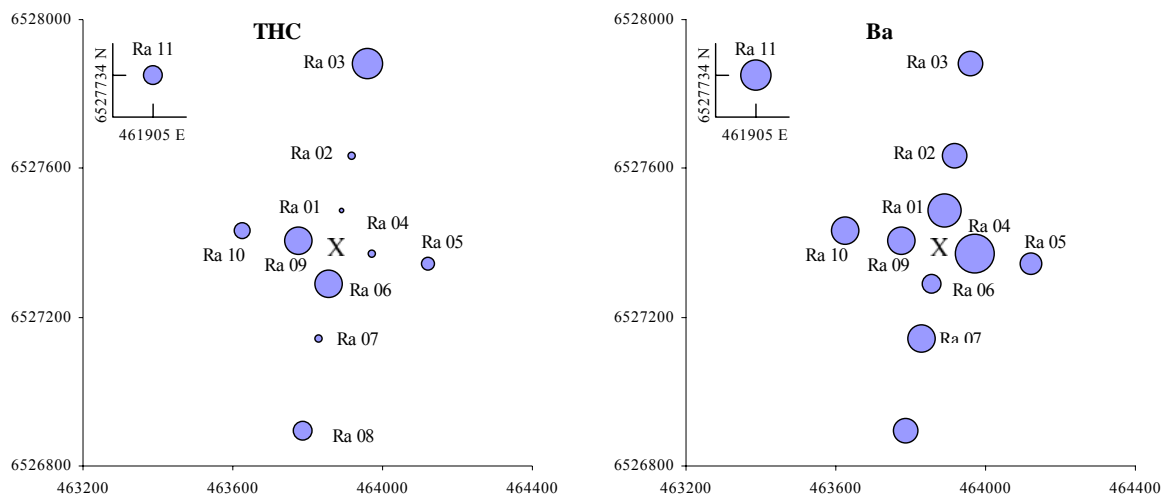
Figur 4.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Ragnarrock i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i 2006.

Tabell 4.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Maks og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Ra 01	1,3	0,7	0,030	0,013	0,007	0,001
Ra 02	1,8	1,5	i.a.		i.a.	
Ra 03	5,7	1,0	i.a.		i.a.	
Ra 04	1,6	1,5	i.a.		i.a.	
Ra 05	2,5	1,7	i.a.		i.a.	
Ra 06	5,2	2,3	i.a.		i.a.	
Ra 07	1,9	0,2	i.a.		i.a.	
Ra 08	3,8	1,9	i.a.		i.a.	
Ra 09	5,0	0,5	i.a.		i.a.	
Ra 10	2,9	1,3	i.a.		i.a.	
Ra 11	3,5	0,7	0,040	0,011	0,011	0,001
snitt±sd	3,2±1,6		-		-	
min-maks	1,3-5,7		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner



Figur 4.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Ragnarrock i 2007. Senteret for stasjonsnettlet er markert med x.

4.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 4.5. Komplet datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 4.5 vises bariuminnholdet i 2007 og i Figur 4.4 vises den relative fordelingen av barium mellom

stasjonene i 2007. I Figur 4.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2007.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 18,4 til 34,8 mg/kg og bly ble påvist i konsentrasjoner mellom 3,5 og 4,0 mg/kg. Kadmium varierte mellom 0,016 og 0,068 mg/kg, kobber mellom 0,67 og 0,79 mg/kg og krom mellom 5,1 og 5,5 mg/kg. Kvikksølv ble målt på to stasjoner hvor begge hadde et gjennomsnittlig innhold på 0,004 mg/kg. Konsentrasjonen av sink varierte fra 5,8 til 6,4 mg/kg (Tabell 4.5).

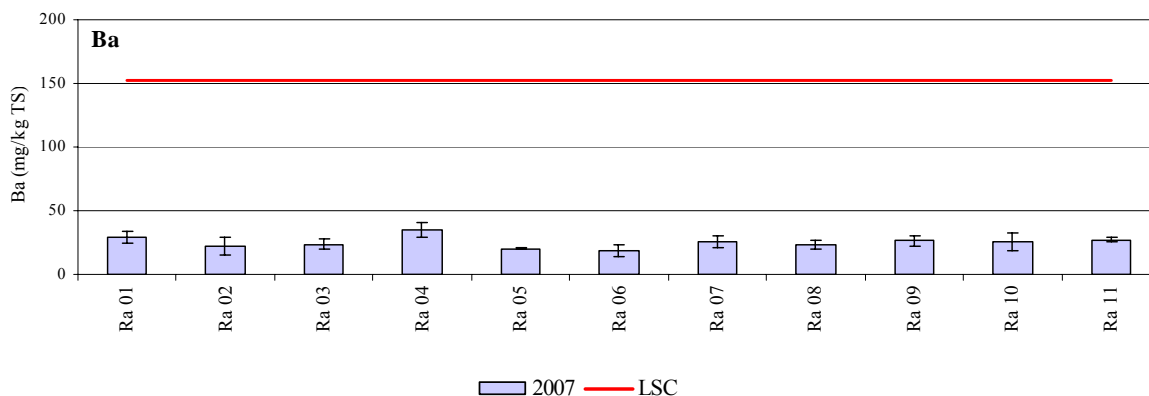
På stasjon Ra 02 var innholdet av kadmium over LSC verdien for den sentrale subregionen fra 2006 (LSC Subregion sentral 97-06).

Tabell 4.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Ragnarrock i 2007. Maks og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

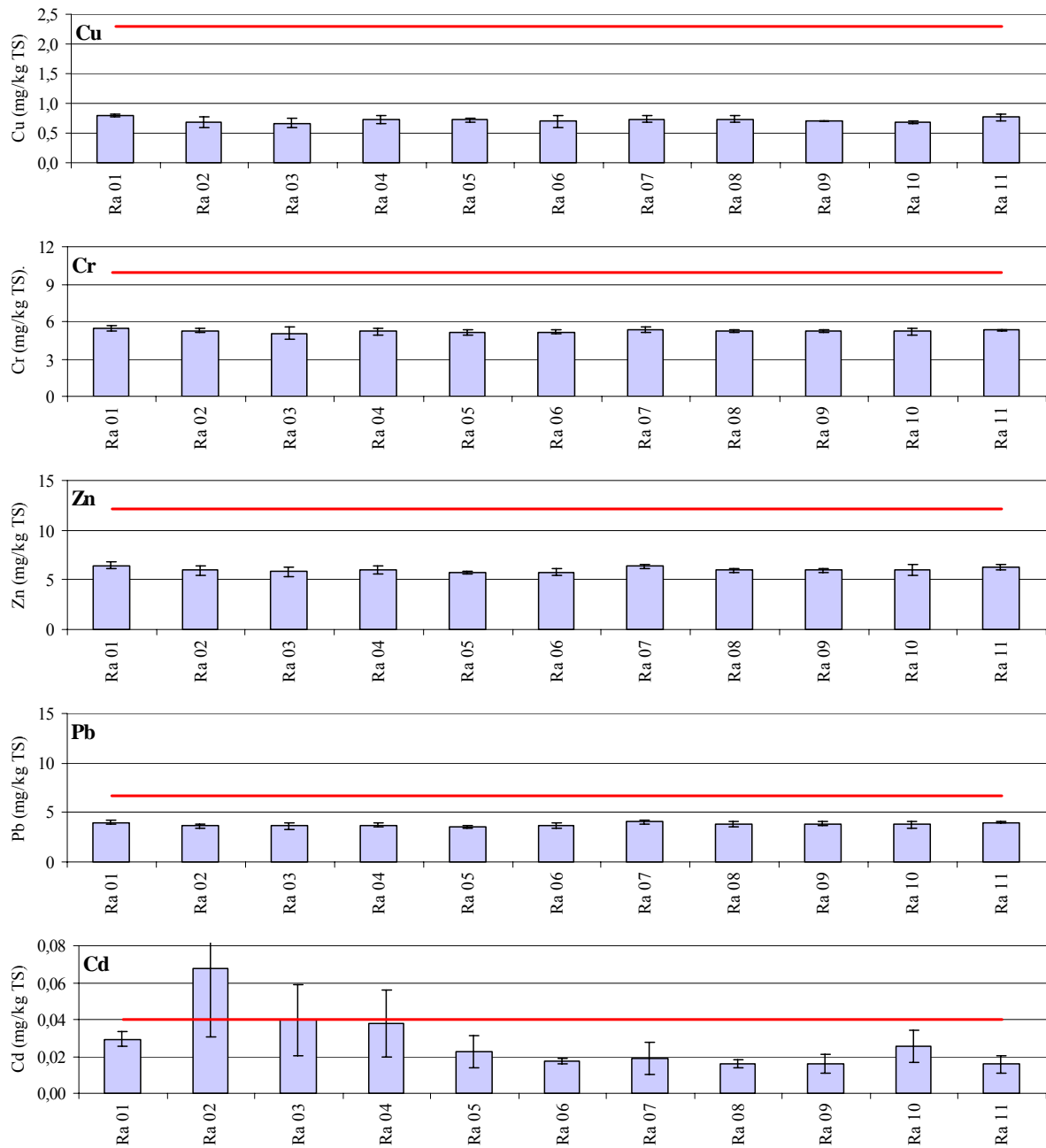
	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Ra 01	29,2	4,3	4,0	0,2	0,029	0,004	0,79	0,02	5,5	0,2	0,004	0,001	6,4	0,3
Ra 02	22,2	7,1	3,6	0,2	0,068	0,037	0,68	0,10	5,3	0,2	i.a.		5,9	0,5
Ra 03	23,7	4,4	3,6	0,3	0,040	0,019	0,67	0,08	5,1	0,5	i.a.		5,8	0,5
Ra 04	34,8	6,0	3,7	0,3	0,038	0,018	0,72	0,07	5,2	0,3	i.a.		6,0	0,3
Ra 05	20,3	0,5	3,5	0,1	0,023	0,009	0,72	0,04	5,1	0,2	i.a.		5,8	0,2
Ra 06	18,4	4,9	3,7	0,3	0,018	0,002	0,70	0,10	5,2	0,2	i.a.		5,8	0,3
Ra 07	25,4	4,6	4,0	0,2	0,019	0,009	0,73	0,06	5,4	0,2	i.a.		6,4	0,2
Ra 08	23,7	3,6	3,8	0,3	0,016	0,002	0,73	0,06	5,2	0,2	i.a.		5,9	0,2
Ra 09	26,2	4,5	3,9	0,2	0,016	0,005	0,70	0,00	5,2	0,1	i.a.		6,0	0,2
Ra10	25,5	7,0	3,8	0,3	0,026	0,009	0,69	0,02	5,2	0,3	i.a.		6,0	0,5
Ra11	27,2	2,1	4,0	0,1	0,016	0,005	0,77	0,06	5,3	0,1	0,004	0,000	6,3	0,3
snitt±sd	25,1±4,4		3,8±0,2		0,028±0,016		0,72±0,04		5,24±0,11		-		6,0±0,2	
min-maks	18,4-34,8		3,5-4,0		0,016-0,068		0,67-0,79		5,1-5,5		-		5,8-6,4	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

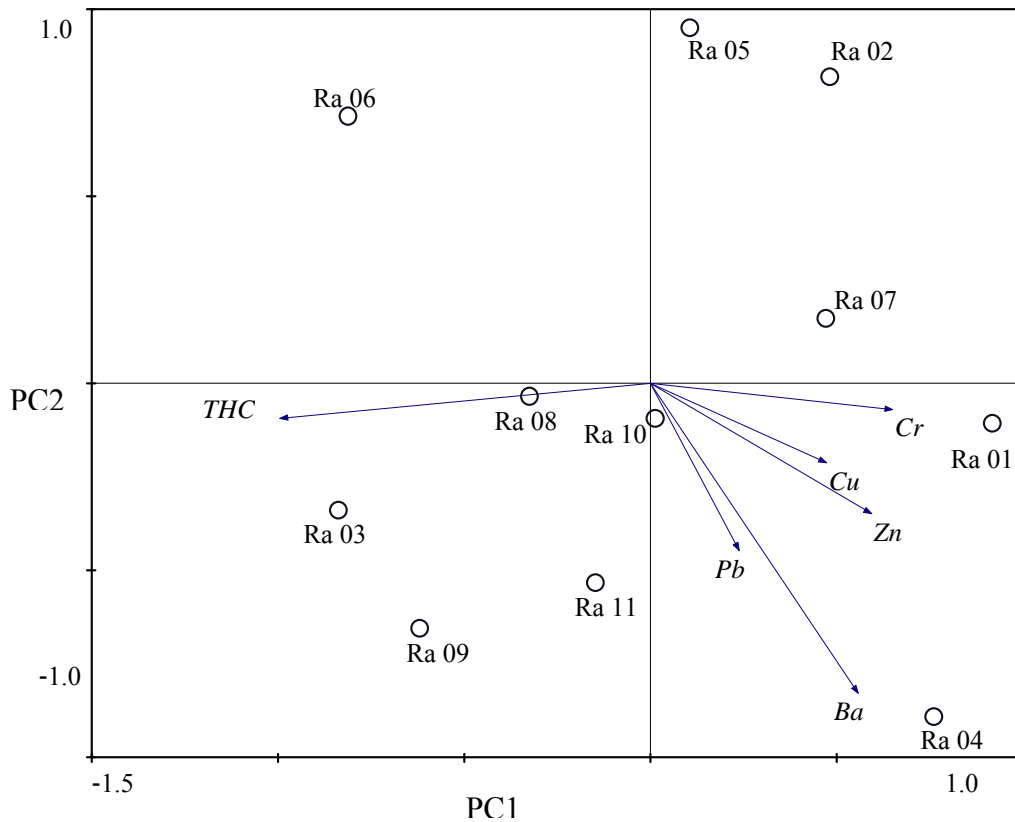


Figur 4.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Ragnarrock i 2007.



Figur 4.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Ragnarrock i 2007.

I Figur 4.7 vises et PCA plott hvor stasjonene på feltet grupperes i forhold til innholdet av THC og metall i sedimentet.



Figur 4.7. To dimensjonalt plott fra PCA-analyse av fordelingen av metall, utenom kadmium blant stasjonene ved Ragnarrock i 2007. PC1-aksen forklarer 86,8 % av variasjonen og PC2-aksen forklarer 12,0 % av variasjonen i datasettet. Totalt forklarer PC1- og PC2-aksene 98,8 % av variasjonen i materiale. Kjemi-dataene er Log x+1 transformert.

4.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 4.6. Komplette artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 12671 juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida (11213) og Echinoida (1458) utelatt fra videre behandling av materialet fra Ragnarrock. Totalt ble 24011 individer fordelt på 231 taksa identifisert i prøvene fra Ragnarrock i 2007. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 57 % av alle individ og 49 % av alle taksa.

Tabell 4.6. Antall individ i prøvene fra Ragnarrock i 2007 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (11213 individer) og Echinoida (1458 individer) er utelatt.

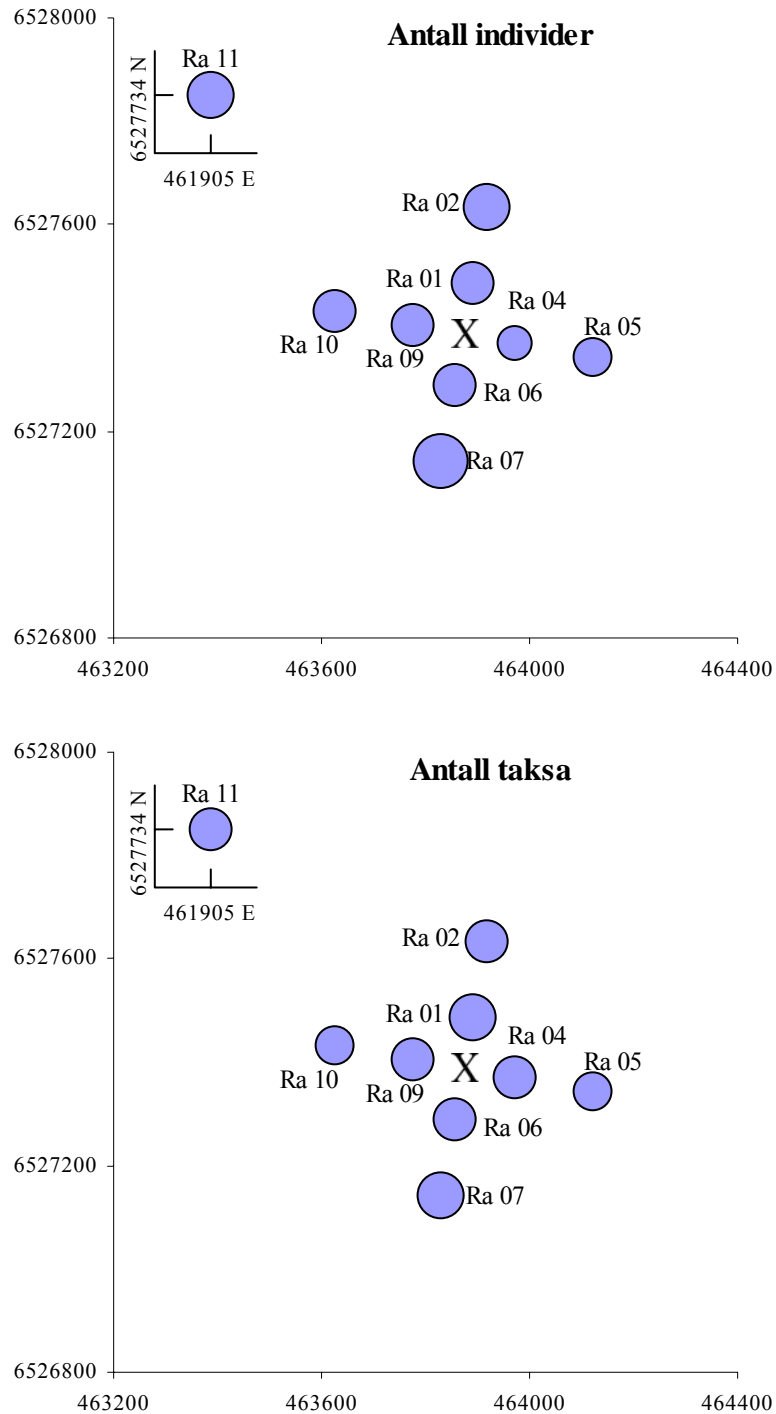
Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	13651	57	113	49
Arthropoda	628	3	47	20
Mollusca	1765	7	40	17
Echinodermata	3451	14	14	6
Diverse grupper	4516	19	17	7
Total	24011	100	231	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Ragnarrock vises i Figur 4.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 4.7 og Figur 4.9. Antall individ varierte mellom 2178 og 3292, og antall taksa varierte mellom 115 og 142. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 4,59 og 4,78, og ES_{100} varierte mellom 28,4 og 31,4. Jevnheten varierte mellom 0,66 og 0,68.

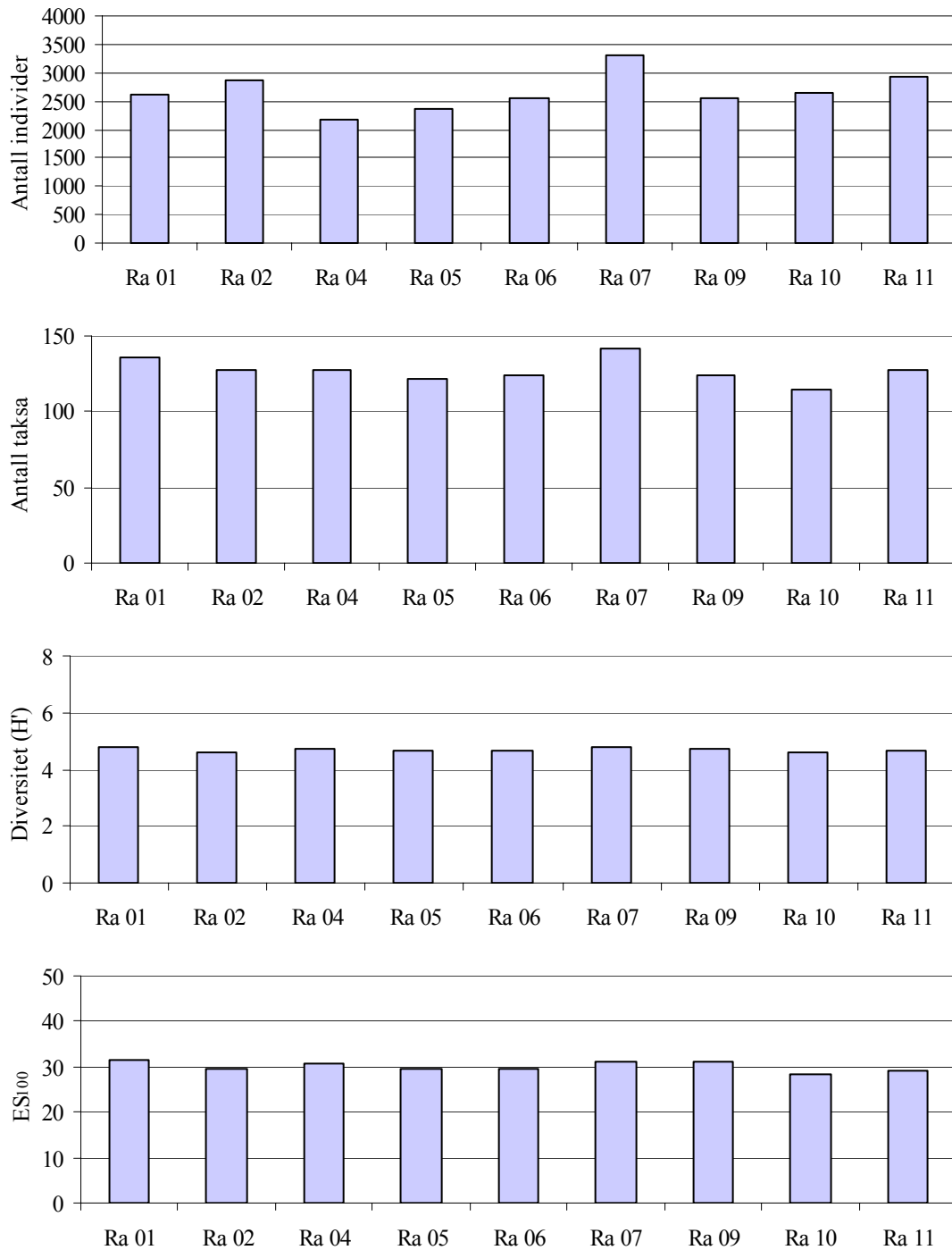
Børstemarken *Pectinaria koreni* var den mest tallrike arten på alle stasjonene, og sto for 13,6 % til 19,9 % av alle individene på stasjonene (Tabell 4.8).

Tabell 4.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES₁₀₀ på stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Maks og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES₁₀₀
Ra 01	2622	136	4,78	0,67	7,09	31,4
Ra 02	2870	127	4,61	0,66	6,99	29,4
Ra 04	2178	127	4,75	0,68	6,99	30,8
Ra 05	2369	122	4,64	0,67	6,93	29,6
Ra 06	2560	124	4,68	0,67	6,95	29,7
Ra 07	3292	142	4,77	0,67	7,15	31,0
Ra 09	2536	124	4,73	0,68	6,95	30,9
Ra 10	2646	115	4,59	0,67	6,85	28,4
Ra 11	2938	127	4,67	0,67	6,99	29,0
snitt	2668	127	4,69	0,67	6,99	30,0
sd	329	8	0,07	0,01	0,09	1,0
min	2178	115	4,59	0,66	6,85	28,4
maks	3292	142	4,78	0,68	7,15	31,4



Figur 4.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Ragnarrock i 2007. Størrelsen på sirkene antyder relativt andel av individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Ra 11 ligger 2000 m mot vest-nordvest.



Figur 4.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES₁₀₀) på stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 4.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Ra 01	Antall	%	Kum %	Ra 02	Antall	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	420	16,0	16,0	<i>Pectinaria koreni</i>	570	19,9	19,9
<i>Spiophanes bombyx</i>	297	11,3	27,3	<i>Cerianthus lloydii</i>	297	10,3	30,2
<i>Cerianthus lloydii</i>	273	10,4	37,8	<i>Spiophanes bombyx</i>	256	8,9	39,1
PHORONIDA indet.	191	7,3	45,0	<i>Ophiura affinis</i>	238	8,3	47,4
<i>Ophiura affinis</i>	166	6,3	51,4	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	184	6,4	53,8
<i>Amphiura filiformis</i>	155	5,9	57,3	<i>Ampharete falcata</i>	166	5,8	59,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	153	5,8	63,1	PHORONIDA indet.	162	5,6	65,3
<i>Pectinaria auricoma</i>	86	3,3	66,4	<i>Amphiura filiformis</i>	118	4,1	69,4
<i>Ampharete falcata</i>	84	3,2	69,6	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	75	2,6	72,0
<i>Acanthocardia echinata</i>	56	2,1	71,7	<i>Acanthocardia echinata</i>	64	2,2	74,2

Ra 04	Antall	%	Kum %	Ra 05	Antall	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	302	13,9	13,9	<i>Pectinaria koreni</i>	342	14,4	14,4
<i>Cerianthus lloydii</i>	230	10,6	24,4	<i>Spiophanes bombyx</i>	319	13,5	27,9
<i>Spiophanes bombyx</i>	227	10,4	34,8	<i>Cerianthus lloydii</i>	228	9,6	37,5
<i>Ophiura affinis</i>	209	9,6	44,4	PHORONIDA indet.	205	8,7	46,2
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	169	7,8	52,2	<i>Ophiura affinis</i>	197	8,3	54,5
PHORONIDA indet.	131	6,0	58,2	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	159	6,7	61,2
<i>Amphiura filiformis</i>	115	5,3	63,5	<i>Amphiura filiformis</i>	123	5,2	66,4
<i>Ampharete falcata</i>	100	4,6	68,1	<i>Ampharete falcata</i>	104	4,4	70,8
<i>Pectinaria auricoma</i>	71	3,3	71,3	<i>Pectinaria auricoma</i>	53	2,2	73,0
<i>Thyasira croulinensis</i>	37	1,7	73,0	<i>Acanthocardia echinata</i>	45	1,9	74,9

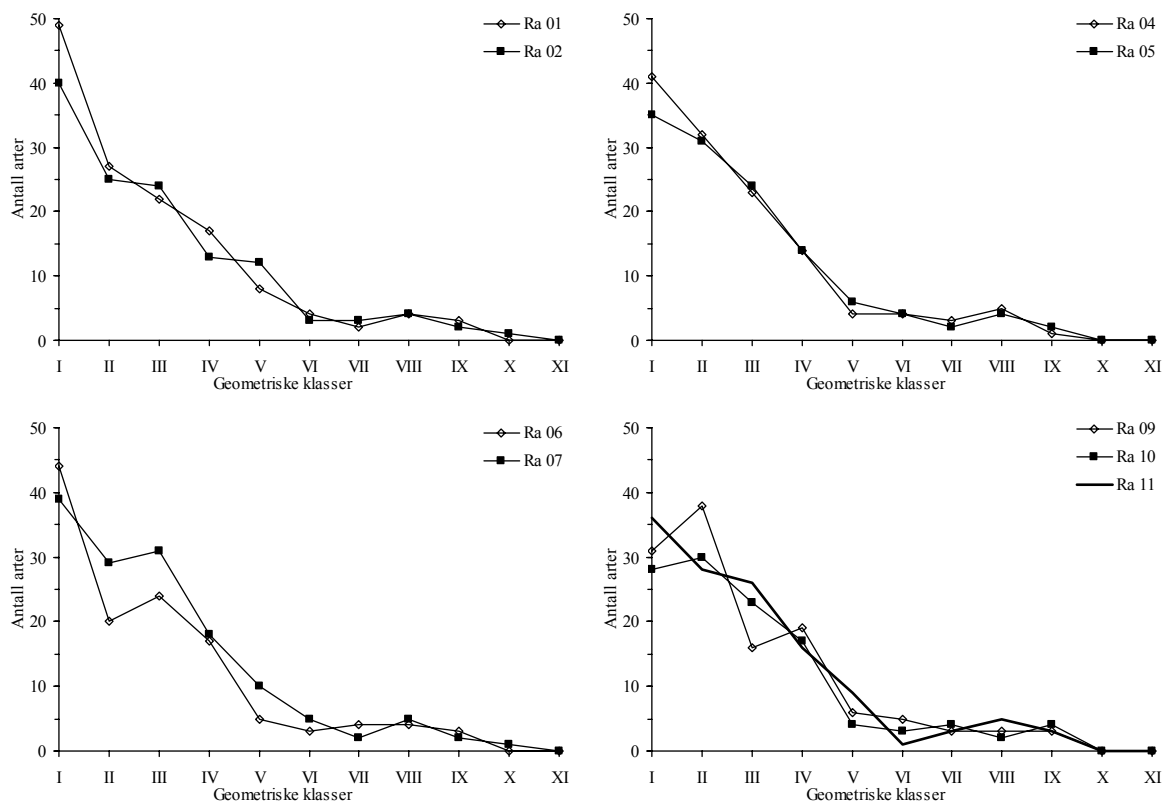
Ra 06	Antall	%	Kum %	Ra 07	Antall	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	379	14,8	14,8	<i>Pectinaria koreni</i>	557	16,9	16,9
<i>Spiophanes bombyx</i>	285	11,1	25,9	<i>Ophiura affinis</i>	314	9,5	26,5
<i>Ophiura affinis</i>	265	10,4	36,3	<i>Cerianthus lloydii</i>	281	8,5	35,0
<i>Cerianthus lloydii</i>	240	9,4	45,7	PHORONIDA indet.	254	7,7	42,7
PHORONIDA indet.	180	7,0	52,7	<i>Ampharete falcata</i>	249	7,6	50,3
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	153	6,0	58,7	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	235	7,1	57,4
<i>Amphiura filiformis</i>	129	5,0	63,7	<i>Spiophanes bombyx</i>	227	6,9	64,3
<i>Ampharete falcata</i>	93	3,6	67,3	<i>Amphiura filiformis</i>	139	4,2	68,5
<i>Pectinaria auricoma</i>	82	3,2	70,5	<i>Acanthocardia echinata</i>	74	2,2	70,8
<i>Acanthocardia echinata</i>	71	2,8	73,3	<i>Pectinaria auricoma</i>	69	2,1	72,9

Ra 09	Antall	%	Kum %	Ra 10	Antall	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	346	13,6	13,6	<i>Pectinaria koreni</i>	362	13,7	13,7
<i>Spiophanes bombyx</i>	345	13,6	27,2	<i>Spiophanes bombyx</i>	304	11,5	25,2
PHORONIDA indet.	271	10,7	37,9	PHORONIDA indet.	284	10,7	35,9
<i>Cerianthus lloydii</i>	247	9,7	47,7	<i>Cerianthus lloydii</i>	283	10,7	46,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	168	6,6	54,3	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	205	7,7	54,3
<i>Amphiura filiformis</i>	132	5,2	59,5	<i>Amphiura filiformis</i>	173	6,5	60,9
<i>Ophiura affinis</i>	104	4,1	63,6	<i>Pectinaria auricoma</i>	122	4,6	65,5
<i>Pectinaria auricoma</i>	89	3,5	67,1	<i>Ophiura affinis</i>	112	4,2	69,7
<i>Ampharete falcata</i>	64	2,5	69,6	<i>Ampharete falcata</i>	100	3,8	73,5
<i>Myriochele oculata</i>	53	2,1	71,7	<i>Acanthocardia echinata</i>	70	2,6	76,2

Tabell 4.8 fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Juvenile individ av sjøpiggingvingrupperne Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Ra 11	Antall	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	447	15,2	15,2
PHORONIDA indet.	282	9,6	24,8
<i>Spiophanes bombyx</i>	264	9,0	33,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	246	8,4	42,2
<i>Cerianthus lloydii</i>	241	8,2	50,4
<i>Pectinaria auricoma</i>	182	6,2	56,6
<i>Amphiura filiformis</i>	181	6,2	62,7
<i>Ophiura affinis</i>	153	5,2	67,9
<i>Ampharete falcata</i>	119	4,1	72,0
<i>Acanthocardia echinata</i>	109	3,7	75,7

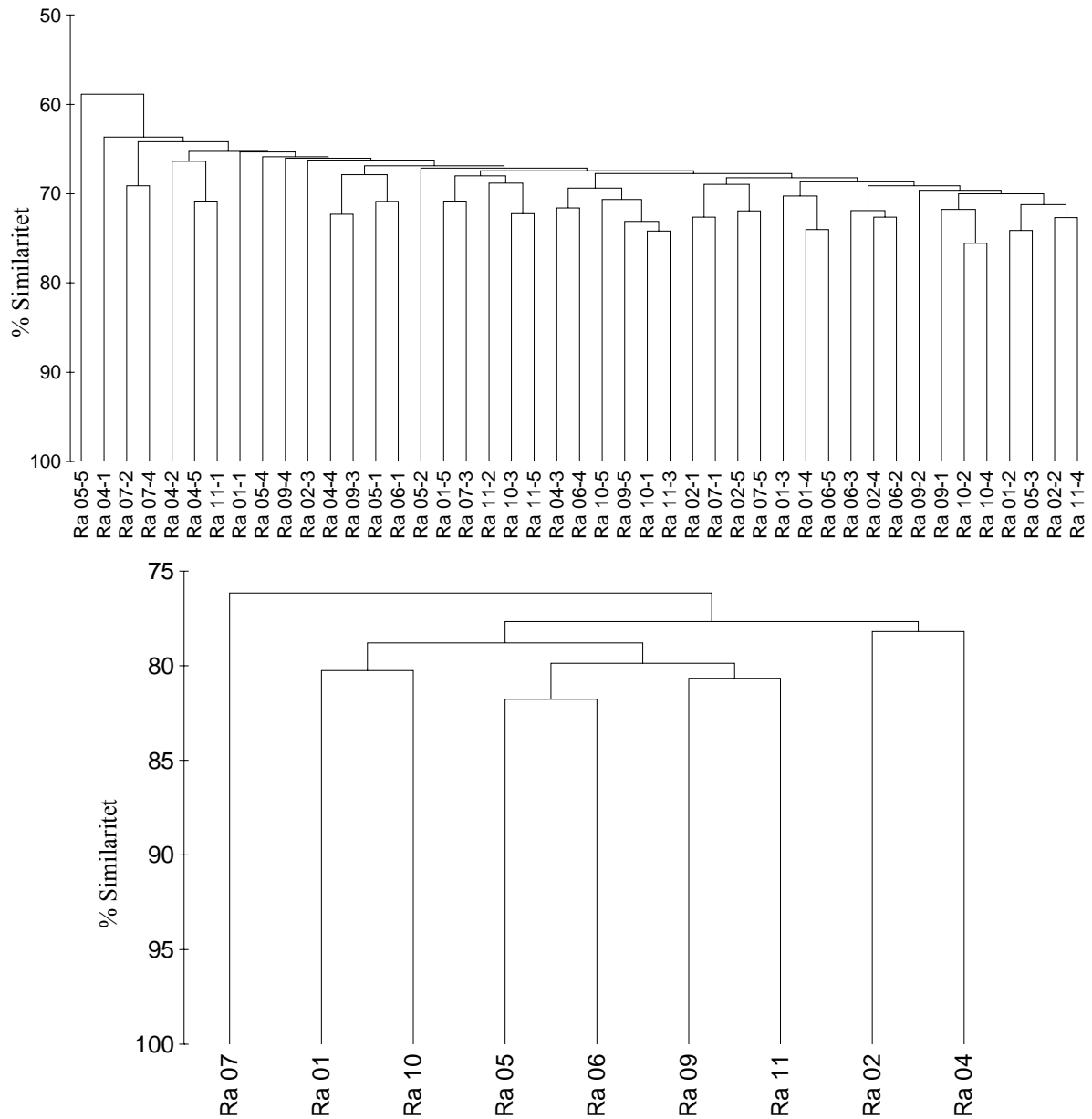
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 4.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2007.



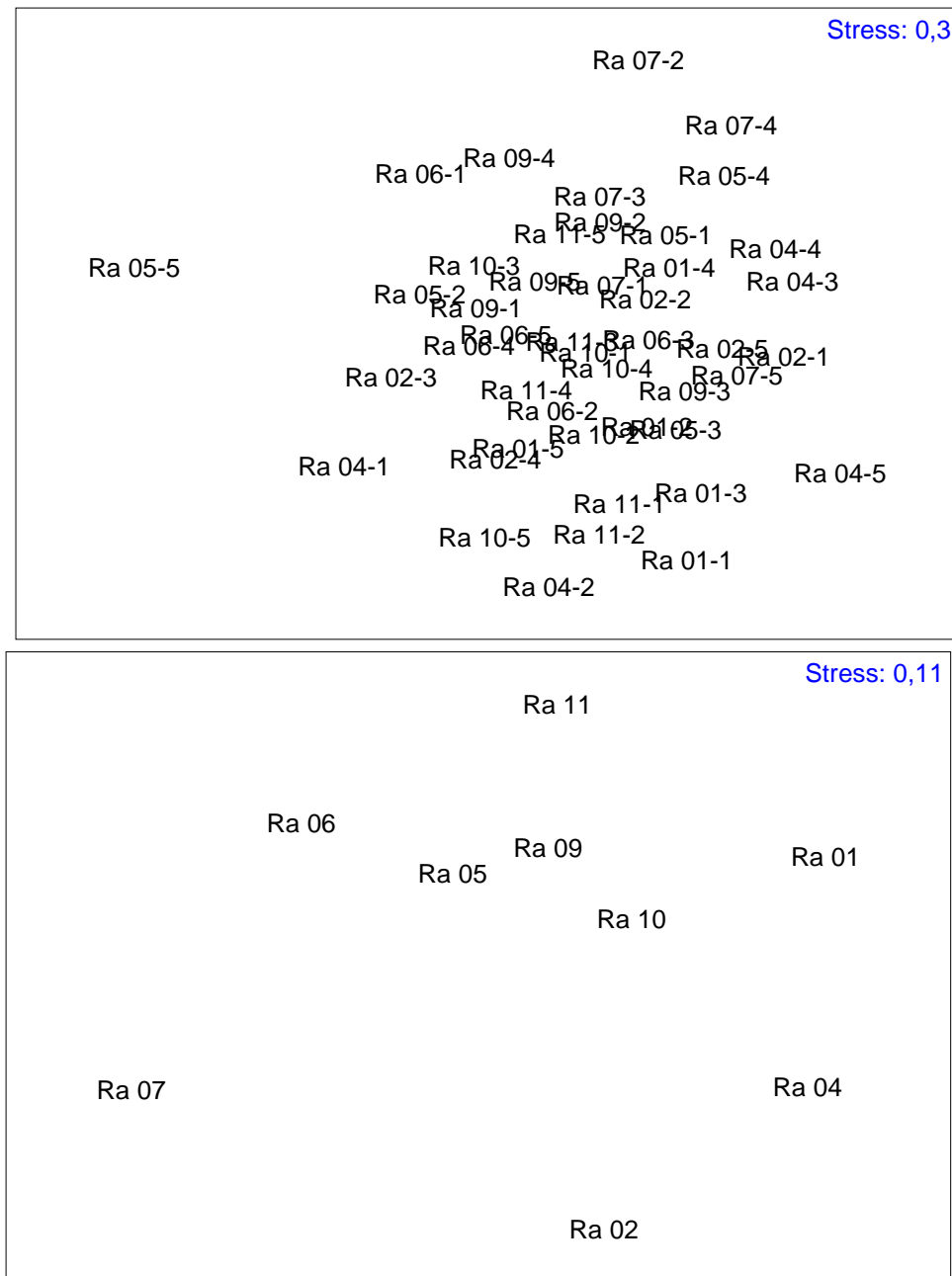
Figur 4.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Ragnarrock i 2007. Juvenile individ av sjøpiggingvingrupperne Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Resultatet fra cluster- og MDS-analysene vises i henholdsvis Figur 4.11 og Figur 4.12.

Både i cluster- og MDS-analysene beregnet på hugg nivå blander huggene fra de undersøkte stasjonene. Likheten mellom de enkelte huggene fra hver enkel stasjon er like stor som likheten mellom stasjonene. Dette viser at faunasammensetningen var forholdsvis lik over hele feltet.



Figur 4.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna for hvert enkelt hugg ved Ragnarrock i 2007 (a) og for hver stasjon (b). Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert.



Figur 4.12. MDS-plott som viser faunalikheten mellom bunnfauna for hvert enkelt hugg ved Ragnarrock i 2007 (a) og for hver stasjon (b). Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene *Spatangoida* og *Echinoida* er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Stressfaktor var 0,3 for huggnivå (a), 0,11 for stasjonsnivå for alle stasjonene (b).

Sammenhengen mellom bunndyrfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse og BIOENV.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2007 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=0,9). Ingen av de undersøkte miljøparametrene ble funnet å ha signifikant sammenheng med bunnfaunaen i RDA-analysen med Monte Carlo forward selections. Median var den parametren med sterkst korrelasjon med en P-verdi på 0,08

BIOENV gav høyest korrelasjon (0,303) til kadmium. Kombinasjonen av miljøvariablene barium, krom, kadmium og TOM kom ut med en korrelasjon på 0,376 (Tabell 4.9).

Resultatet viser at det er liten sammenheng mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfauna.

Tabell 4.9. Resultatet fra BIOENV analysen hvor ulike kombinasjoner av miljøvariablene: pelitt, TOM, median, krom, bly, kobber, sink, barium og THC ble korrelert mot bunnfauna fra de feltspesifikke stasjonene i 2007. Korrelasjonskoeffisienter (ρ_w) for de ulike enkeltvariablene og for de ni kombinasjonene av variabler som gav høyest korrelasjon med bunnfauna er oppgitt i tabellen. Krom, bly, kobber, sink, barium og THC ble log (x+1) transformert før analyse, resten var uttransformert. Normalisert Euclids avstand ble benyttet på miljøvariablene. Artsdata ble fjerderottransformert og Bray-Curtis similaritet ble beregnet. Veiet Spearmans korrelasjon ble brukt i analysen.

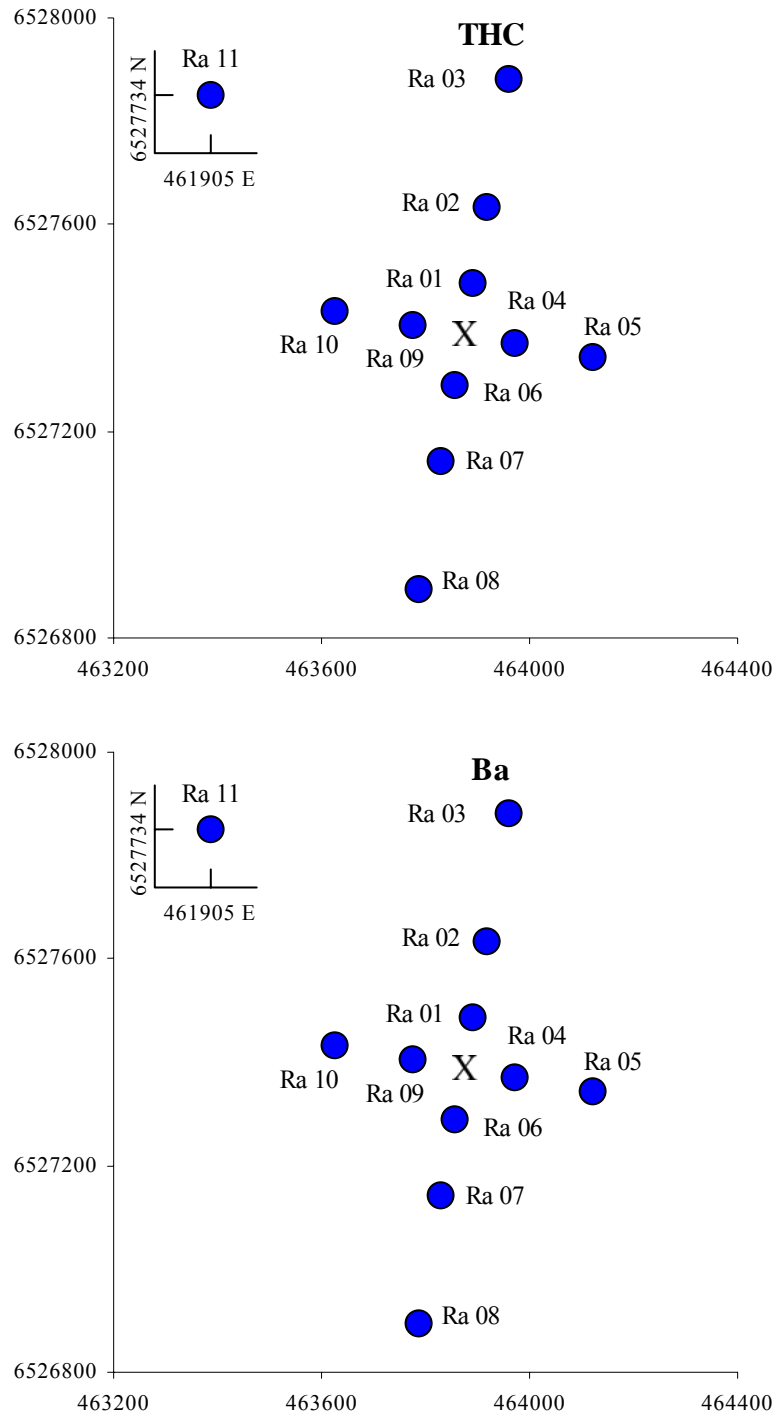
Antall variable	Korrelasjonskoeffisient	Miljøvariable									
1	0,303	Cd									
1	0,126	Cr									
1	0,106	Zn									
1	0,090	Cu									
1	0,017	THC									
1	-0,028	Median									
1	-0,089	TOM									
1	-0,104	Ba									
1	-0,146	Pelitt									
1	-0,205	Pb									
2	0,367	Cr Cd									
3	0,369	Cr Cd Median									
4	0,376	Ba Cr Cd TOM									
5	0,369	Ba Cr Zn Cd TOM									
6	0,347	Cr Zn THC Cd Median TOM									
7	0,338	Ba Cu Cr Zn THC Cd TOM									
8	0,294	Ba Cu Cr Zn THC Cd Median TOM									
9	0,249	Ba Pb Cu Cr Zn THC Cd Median TOM									
10	0,191	Ba Pb Cu Cr Zn THC Cd Median Pelitt TOM									

4.2.6 Beregning av påvirket areal

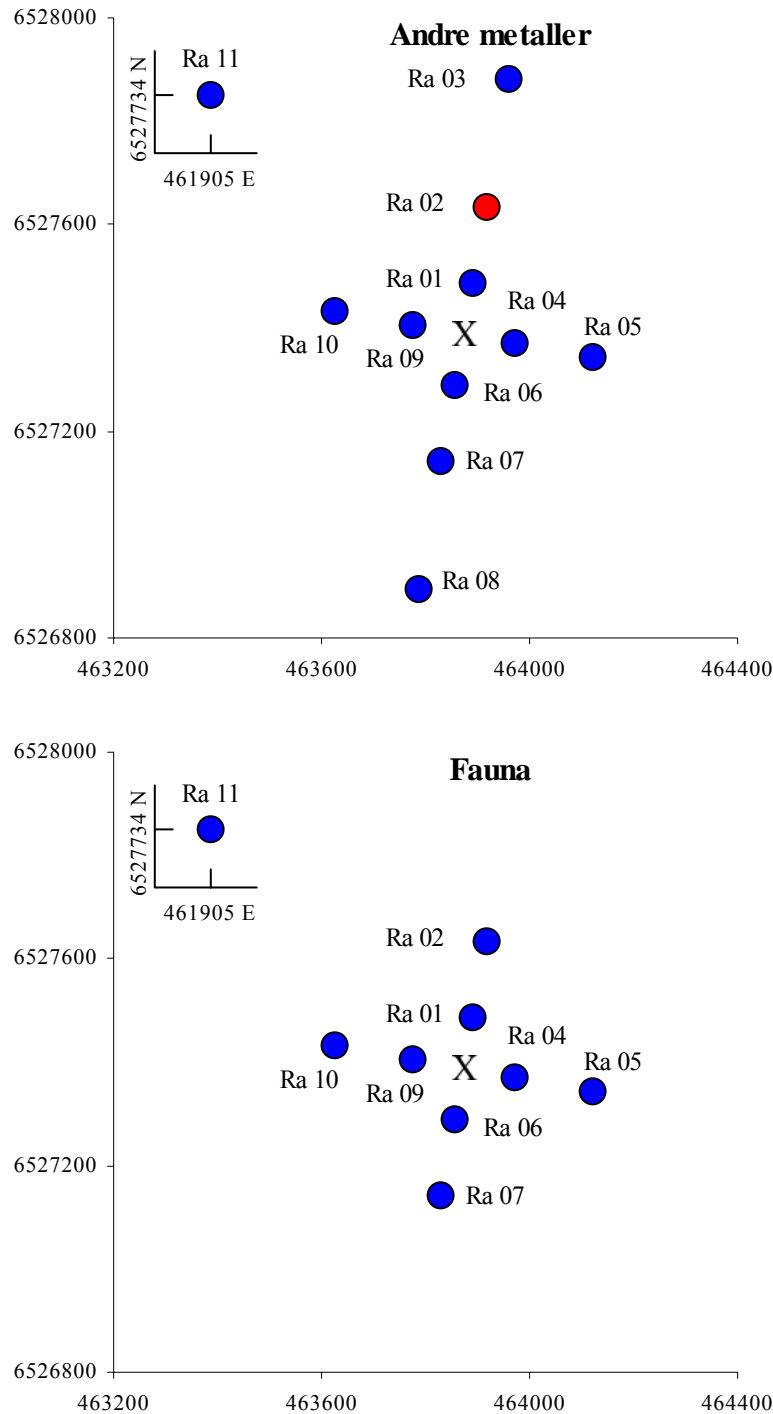
Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 4.13 og Tabell 4.10. Tabell 4.10 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

Det ble påvist kadmium kontaminering på Ra 02, 250 mot nord nordøst. De forhøyede kadmium verdiene på Ra 2 ble ikke tatt med ved beregningene av kontaminert areal da de ble funnet et stykke ute i transektet uten støtte i høye verdier nærmere feltsenteret.

Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.



Figur 4.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion sentral 97-06 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion sentral 97-06 er markert med blå sirkler.



Figur 4.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion *sentral 97-06* er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion *sentral 97-06* er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

Tabell 4.10. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2007, samt beregnet areal med påvirkning rundt installasjonen fra 2007.

Ragnarrock	N m	Ø m	S m	V m	2006 km ²
THC	0	0	0	0	0,00
Ba	0	0	0	0	0,00
Andre metall	0	0	0	0	0,00
Fauna	0	0	0	0	0,00

4.3 Sammendrag og konklusjon

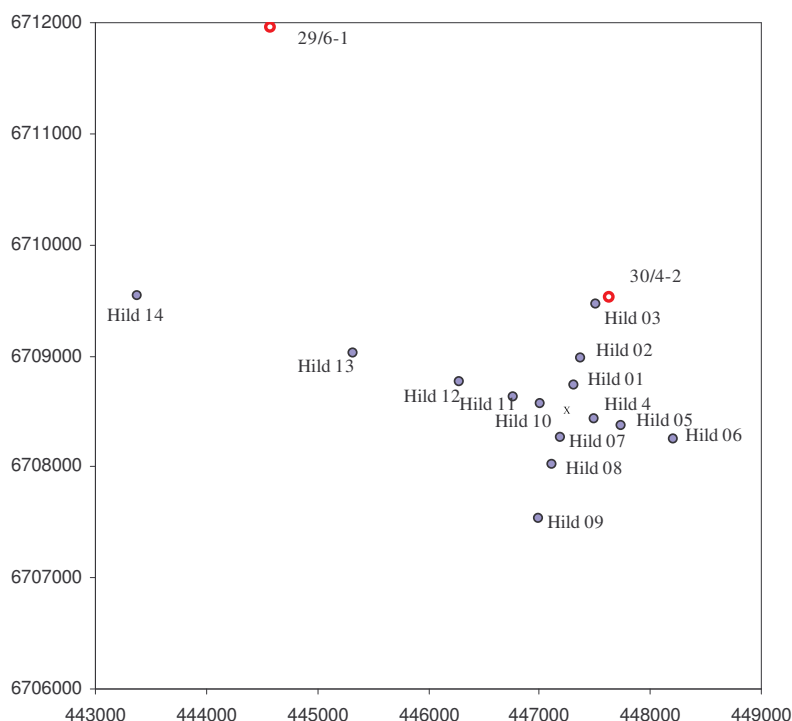
I 2007 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Ragnarrock. Innsamlingspunktene rundt senteret for stasjonsnettet var lagt ut i et aksekors.

Undersøkelsen viste at innholdet av hydrokarboner og tungmetaller var på bakgrunnsnivå med unntak av kadmium 250 m fra feltsenteret mot nord-nordøst (Ra 02), som var over LSC. Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.

5. Hild

5.1 Introduksjon

Hild er en undervannsutbygging under planlegging i blokk 29/6, tett opp til britisk sektor. Det er til sammen boret 12 letebrønner på Hild strukturen fra 1975 til 1982. De to nærmeste er brønnene 30/4-2 og 29/6-1 som vist i Figur 5.1. Brønn 30/4-2, som ble boret i 1979/80, ligger ca 130 m fra prøvetakingsstasjon Hild 03. Brønnen ble boret med vannbasert borevæske og til sammen 3915 tonn baritt og 1176 tonn bentonitt ble sluppet ut. Boringen av en avgrensingsbrønn er planlagt i 2008/2009. På grunn av interne krav om miljøundersøkelser før boreoperasjoner og at brønnen skal beholdes som en mulig produksjonsbrønn ved en eventuell utbygging, er årets undersøkelse utført som en grunnlagsundersøkelse. Det har trolig ikke vært gjennomført miljøundersøkelser på feltet tidligere. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til prøvetakingsprogrammet. Figur 5.1 viser prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til senter for stasjonsnettet og i forhold til hverandre.



Hild Stasjon	ED50 UTM sone 31 N	ED50 UTM sone 31 Ø	Avstand (m) / Retning (°)	Dyp (m)	Hild Stasjon	ED50 UTM sone 31 N	ED50 UTM sone 31 Ø	Avstand (m) / Retning (°)	Dyp (m)
Hild 01	6708741	447315	250/15	120	Hild 08	6708017	447121	500/195	116
Hild 02	6708983	447379	500/15	120	Hild 09	6707534	446991	1000/195	114
Hild 03	6709466	447509	1000/15	122	Hild 10	6708565	447009	250/285	118
Hild 04	6708435	447491	250/105	118	Hild 11	6708629	446767	500/285	118
Hild 05	6708371	447733	500/105	119	Hild 12	6708759	446284	1000/285	118
Hild 06	6708241	448216	1000/105	117	Hild 13	6709018	445318	2000/285	114
Hild 07	6708259	447185	250/195	116	Hild 14	6709535	443386	4000/285	104

Figur 5.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Hild i forhold til senteret for stasjonsnettet (x). Posisjonene til tidligere letebrønner er vist med rød sirkel. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

5.2 Resultater

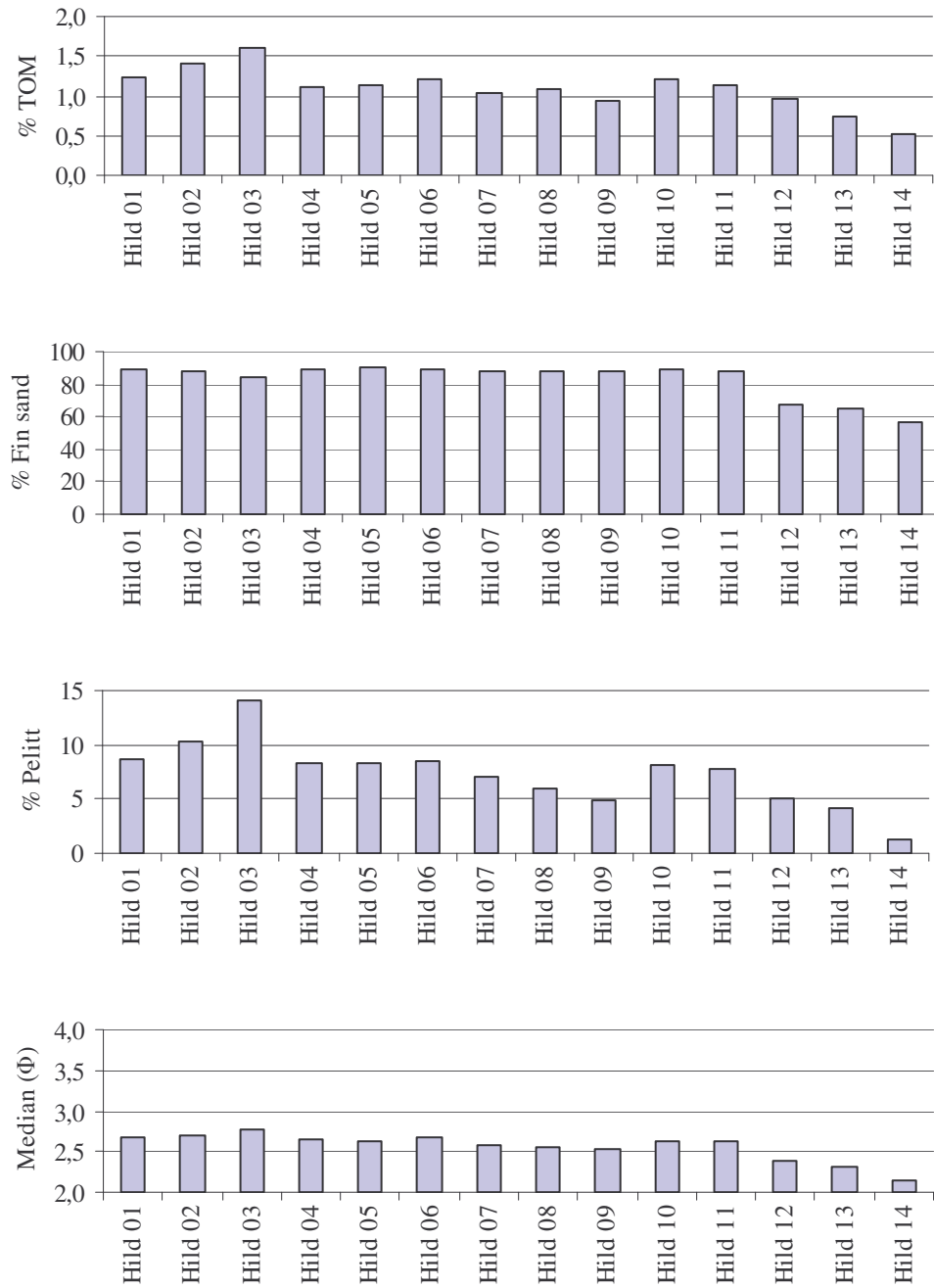
5.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2007 er vist i Tabell 5.1. I Figur 5.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Hild hadde et sandholdig sediment med 85,8 % til 98,4 % sand. TOM-innhold var fra 0,52 % til 1,60 % og pelittinnholdet varierte mellom 1,20 % og 14,12 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,15 og 2,78.

Tabell 5.1. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Hild i 2007. Det er beregnet gjennomsnitt (snitt), standardavvik (sd) og maksimum (maks) og minimum (min) for feltet.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median	Sorting	Skewness	Kurtosis
Hild 01	1,24	0,01	91,39	8,61	2,66	0,89	0,48	2,05
Hild 02	1,41	0,00	89,73	10,26	2,70	0,98	0,51	1,85
Hild 03	1,60	0,03	85,84	14,12	2,78	1,10	0,52	1,65
Hild 04	1,12	0,16	91,52	8,32	2,64	0,87	0,48	2,16
Hild 05	1,14	0,01	91,76	8,23	2,64	0,85	0,48	2,19
Hild 06	1,20	0,00	91,51	8,49	2,66	0,89	0,48	2,06
Hild 07	1,04	0,01	92,94	7,05	2,59	0,74	0,39	2,00
Hild 08	1,08	0,00	94,05	5,95	2,56	0,67	0,24	1,83
Hild 09	0,93	0,00	95,19	4,81	2,53	0,56	0,12	1,51
Hild 10	1,22	0,00	91,96	8,04	2,63	0,85	0,47	2,13
Hild 11	1,14	0,00	92,23	7,77	2,62	0,82	0,45	2,10
Hild 12	0,96	0,01	94,93	5,06	2,39	0,80	-0,04	1,36
Hild 13	0,74	0,11	95,75	4,14	2,31	0,78	-0,06	1,18
Hild 14	0,52	0,41	98,39	1,20	2,15	0,65	-0,15	0,76
snitt	1,10	0,05	92,66	7,29	2,56	0,82	0,31	1,77
sd	0,26	0,11	3,00	3,06	0,17	0,14	0,24	0,43
min	0,52	0,00	85,84	1,20	2,15	0,56	-0,15	0,76
maks	1,60	0,41	98,39	14,12	2,78	1,10	0,52	2,19



Figur 5.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Hild i 2007.

5.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Hild i 2007

Det ble ikke beregnet LSC av de innsamlede dataene fra 2007, se under materiale og metoder. For å vurdere hvor høyt innholdet av de målte kjemiske parametrene i sedimentet fra Hild, ble det benyttet beregnet LSC fra overvåkingen i 2004 for Region III (Tabell 5.2). I 2004 ble Region III delt inn i to subregioner (Mannvik et. al 2005). Feltene som tilhørte den dype subregionen hadde et siltholdig sediment og lå alle på vanddyp i intervallet fra 295 til 361 m, mens feltene i den grunne subregionen hadde fin sand og vanddyp fra 93 til 187 m. Ut fra sedimentkarakteristikker (fin sand) og dyp (104-120 m) ble Hild vurdert å høre til den grunne subregionen fra 2004 (LSC Subregion $_{grunn\ 98-04}$).

Tabell 5.2. “Limit of Significant Contamination” (LSC) fra overvåkingen av Region III i 2004. Region III ble i 2004 delt inn i to subregioner. Hild ble vurdert å tilhøre den grunne subregionen (LSC Subregion $_{grunn\ 98-04}$). Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

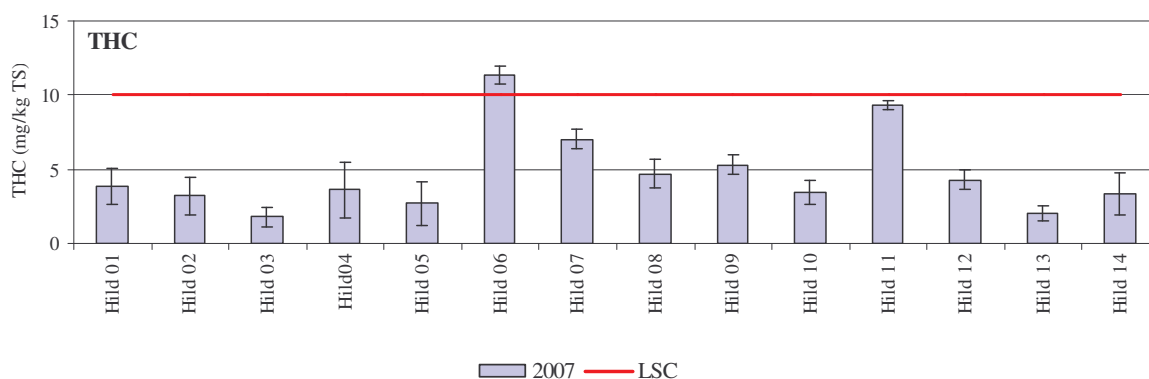
	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC $_{98-04\ grunn\ RegIII}$	10	0,035	0,02	177	5,5	0,028	1,8	6,7	0,01	6,9
LSC $_{98-04\ dyp\ RegIII}$	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43,0	0,053	87,4

5.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 5.3 sammen med målingene av PAH og NPD fra to stasjoner. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 5.4. Komplette datasett, inkludert replikater, finnes i Vedlegget. I Figur 5.3 vises THC innholdet og i Figur 5.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2007.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 1,8 mg/kg (Hild 03) til 11,3 mg/kg (Hild 06). Konsentrasjonen av THC på Hild 06 var over LSC beregnet for de grunne stasjonene i region III i 2004. Sedimentet fra Hild 04 og Hild 05 hadde et innhold på henholdsvis 0,008 mg/kg og 0,010 mg/kg av PAH, og 0,005 mg/kg, og 0,001 mg/kg av NPD.

Innholdet av THC og PAH var noe høyere i 0-1 cm og 1-3 cm sjiktene på Hild 04 og i 0-1 cm sjiktet på Hild 05. Innholdet av NPD endret seg lite nedover i sedimentet.



Figur 5.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Hild i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i 2004.

Tabell 5.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Hild i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

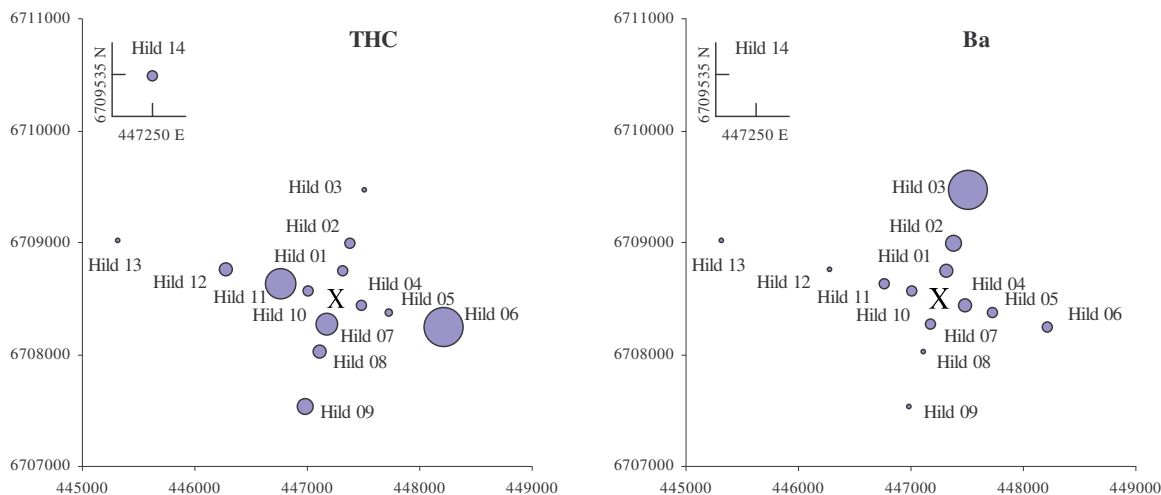
	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Hild 01	3,9	1,2	i.a.		i.a.	
Hild 02	3,2	1,2	i.a.		i.a.	
Hild 03	1,8	0,7	i.a.		i.a.	
Hild 04	3,6	1,9	0,051	0,008	0,013	0,005
Hild 05	2,7	1,4	0,026	0,010	0,008	0,001
Hild 06	11,3	0,6	i.a.		i.a.	
Hild 07	7,0	0,6	i.a.		i.a.	
Hild 08	4,7	1,0	i.a.		i.a.	
Hild 09	5,3	0,7	i.a.		i.a.	
Hild 10	3,4	0,8	i.a.		i.a.	
Hild 11	9,4	0,3	i.a.		i.a.	
Hild 12	4,3	0,7	i.a.		i.a.	
Hild 13	2,0	0,5	i.a.		i.a.	
Hild 14	3,3	1,4	i.a.		i.a.	
snitt±sd	4,7±2,8		-		-	
min-maks	1,8 - 11,3		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 5.4. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på Hild 04 og Hild 05 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
Hild 04	(0-1cm)	3,8	0,041	0,009
	(1-3cm)	5,5	0,037	0,014
	(3-6cm)	< 1,0	0,013	0,007
Hild 05	(0-1cm)	3,9	0,037	0,008
	(1-3cm)	< 1,0	0,009	0,006
	(3-6cm)	< 1,0	0,008	0,006



Figur 5.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Hild i 2007. Senteret for stasjonsnettet er markert med x. Barium verdiene på Hild 14 var mye lavere enn Hild 03 og kommer ikke frem i figuren.

5.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 5.5. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 5.6. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 5.5 vises bariuminnholdet i 2007 og i Figur 5.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2007. I Figur 5.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2007.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 16,2 til 286,7 mg/kg og bly ble påvist i konsentrasjoner mellom 2,2 og 4,3 mg/kg. Kadmium varierte mellom 0,023 og 0,106 mg/kg, kobber mellom 0,5 og 1,6 mg/kg og krom mellom 4,2 og 5,4 mg/kg. Kvikksølv ble målt på Hild 04 og Hild 05 med konsentrasjoner på henholdsvis 0,006 og 0,005 mg/kg. Konsentrasjonen av sink varierte fra 3,2 til 8,3 mg/kg (Tabell 5.5).

På Hild 03 kom det gjennomsnittlige innholdet av barium og sink over beregnet LSC Subregion grunn 98-04. Også innholdet av bly og kobber var høyest på Hild 03, men ikke over LSC. De høye verdiene på Hild 03 kan stamme fra en brønn boret 130 m mot nord nordøst for stasjonen i 1979-1980. Ellers er innholdet av pelitt vesentlig høyere på Hild 03 i forhold til de andre stasjonene, noe som også forklarer høyere innhold av tungmetaller.

Innholdet av kadmium var over LSC Subregion grunn 98-04 på alle stasjonene, med unntak av Hild 13. Da dette er en grunnlagsundersøkelse, antar vi at dette relativt høye kadmiumnivået er naturlig bakgrunnsnivå i sedimentet på Hild. Kadmium vil ikke bli inkludert i beregning av kontaminert areal i kapittel 5.2.6.

Innholdet barium økte litt nedover i sedimentet både på Hild 04 og Hild 05. Konsentrasjonene av de andre undersøkte metallene endret seg lite nedover i sedimentet.

Tabell 5.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Hild i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

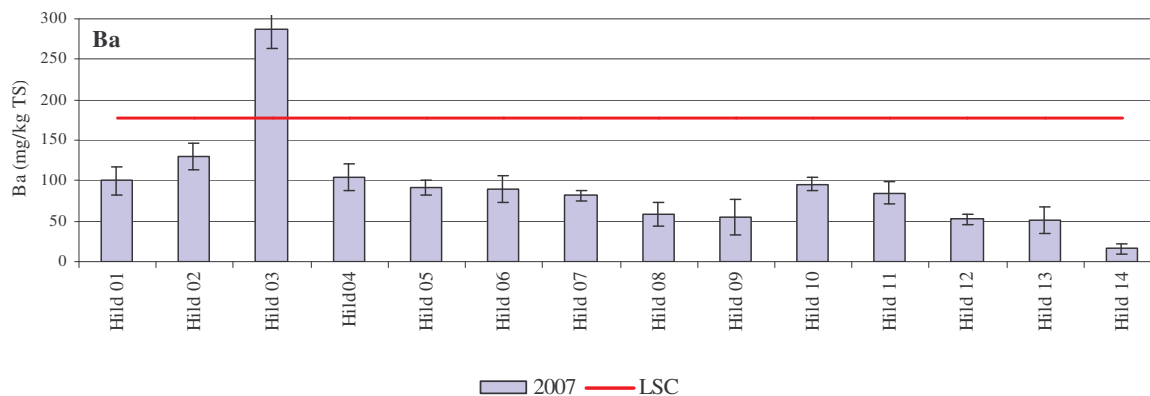
	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Hild 01	100,2	17,0	2,6	0,1	0,106	0,082	0,9	0,1	4,5	0,3			5,7	0,5
Hild 02	130,0	16,5	2,8	0,1	0,081	0,038	1,0	0,1	4,4	0,2	i.a.		6,0	0,4
Hild 03	286,7	23,2	4,3	0,7	0,065	0,032	1,6	0,3	5,0	0,5	i.a.		8,3	1,3
Hild 04	103,9	16,9	2,6	0,1	0,060	0,043	0,8	0,1	4,4	0,1	0,006	0,002	5,8	0,4
Hild 05	91,0	9,6	2,4	0,2	0,036	0,004	0,9	0,2	4,3	0,1	0,005	0,000	5,5	0,1
Hild 06	89,9	17,1	2,8	0,2	0,074	0,016	0,9	0,0	4,2	0,1	i.a.		5,6	0,3
Hild 07	81,4	6,5	2,5	0,0	0,035	0,028	0,9	0,1	4,5	0,2	i.a.		5,4	0,3
Hild 08	58,7	14,7	2,2	0,2	0,084	0,075	0,8	0,1	4,4	0,1	i.a.		4,8	0,3
Hild 09	54,4	21,6	2,4	0,3	0,085	0,068	0,8	0,1	4,6	0,2	i.a.		5,0	0,5
Hild 10	95,8	7,8	2,4	0,1	0,062	0,017	0,8	0,1	4,3	0,1	i.a.		5,5	0,2
Hild 11	85,0	14,3	2,3	0,3	0,059	0,020	0,8	0,1	4,4	0,3	i.a.		6,0	0,8
Hild 12	52,7	6,4	2,2	0,1	0,047	0,046	0,9	0,2	4,3	0,4	i.a.		4,6	0,4
Hild 13	51,8	16,5	2,3	0,1	0,023	0,025	0,7	0,1	5,1	0,1	i.a.		4,5	0,2
Hild 14	16,2	6,5	2,7	0,2	0,042	0,022	0,5	0,1	5,4	0,4	i.a.		3,2	0,1
snitt±sd	92,7±62,7		2,6±0,5		0,061±0,023		0,9±0,2		4,6±0,4		-		5,4±1,1	
min-maks	16,2 - 286,7		2,2 - 4,3		0,023 - 0,106		0,5 - 1,6		4,2 - 5,4		-		3,2 - 8,3	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

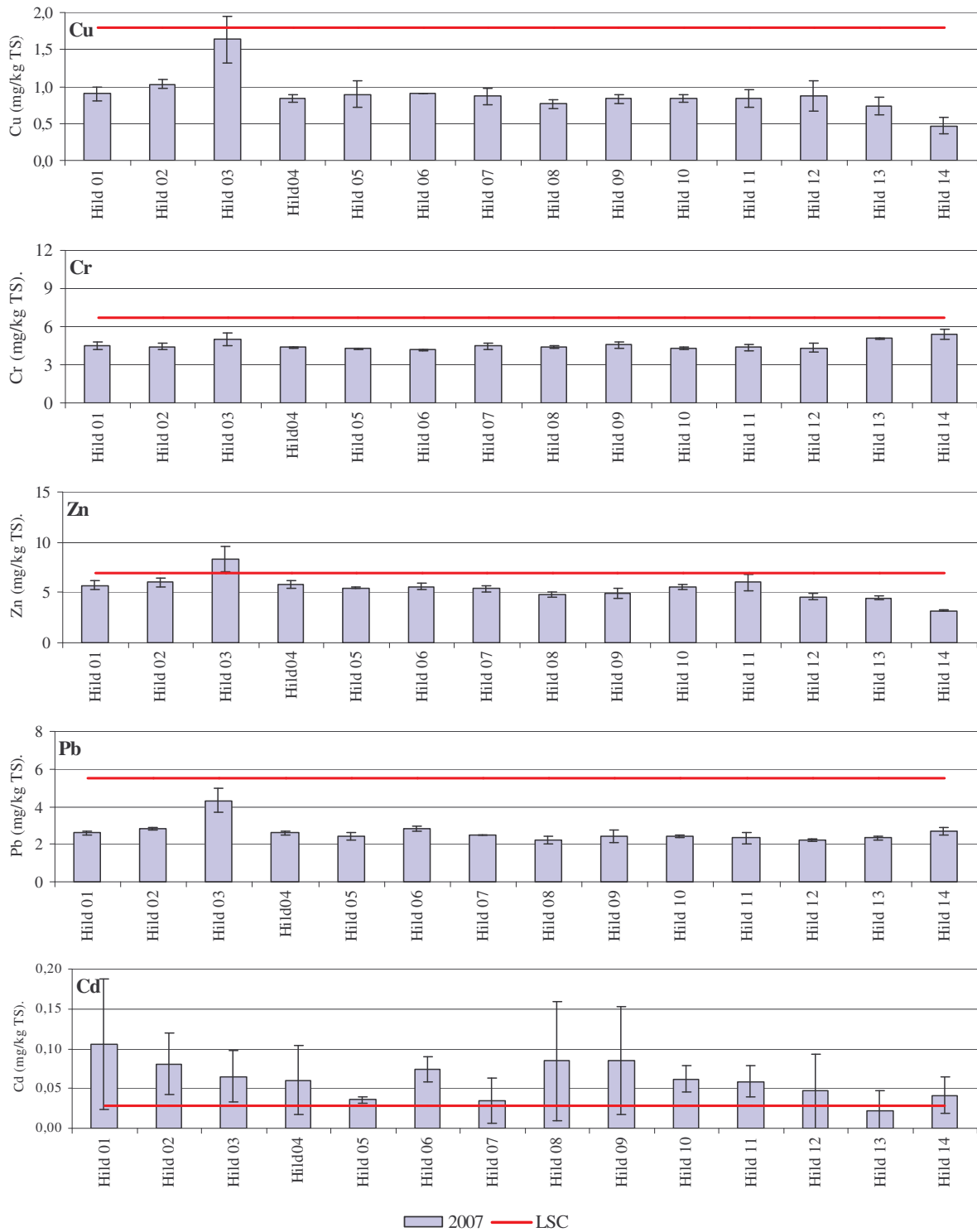
- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 5.6. Vertikalfordelingen av barium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv og sink i sedimentet på Hild 04 og Hild 05 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
Hild 04	(0-1cm)	101,0	2,6	0,110	0,9	4,3	0,008	5,4
	(1-3cm)	141,0	2,5	0,041	1,1	4,6	0,006	6,0
	(3-6cm)	213,0	2,8	0,130	0,9	4,7	0,006	6,0
Hild 05	(0-1cm)	85,6	2,4	0,037	0,8	4,3	0,005	5,5
	(1-3cm)	156,0	2,7	0,076	1,0	4,5	0,007	6,0
	(3-6cm)	177,0	2,8	0,039	1,6	4,5	0,007	6,4

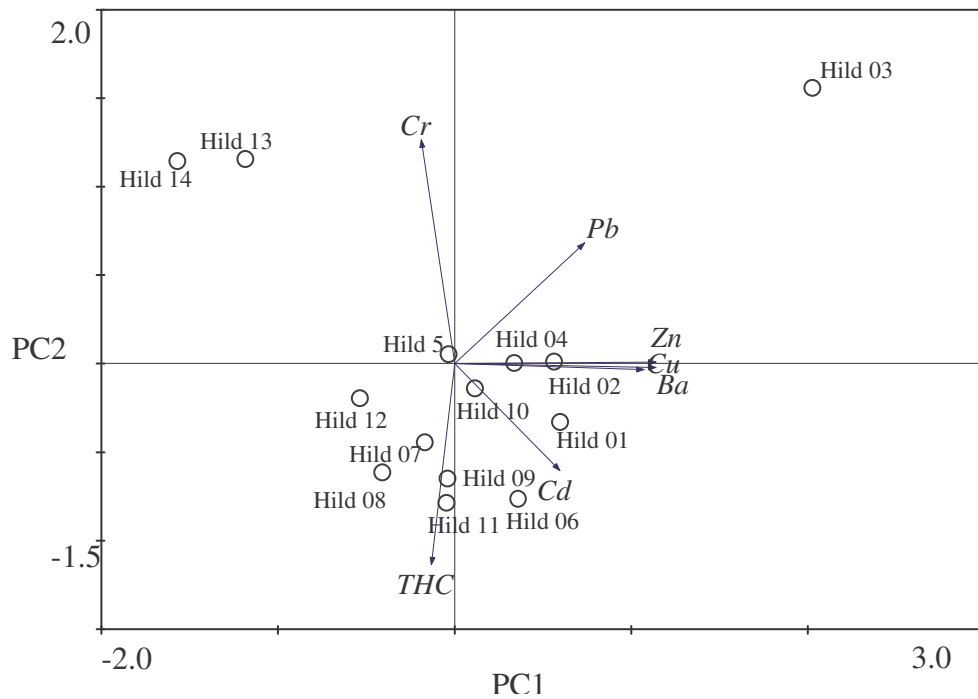


Figur 5.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Hild i 2007.



Figur 5.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Hild i 2007.

I Figur 5.7 vises et PCA plott hvor stasjonene på feltet grupperes i forhold til innholdet av THC og metall i sedimentet.



Figur 5.7. To dimensjonalt plott fra PCA-analyse av fordelingen av metaller blant stasjonene ved Hild i 2007. PC1-aksen forklarer 45,0 % av variasjonen og PC2-aksen forklarer 28,3 % av variasjonen i datasettet. Totalt forklarer PC1- og PC2-aksene 73,3 % av variasjonen i materiale. Kjemidataene er Log x+1 transformert.

5.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 5.7. Komplette artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 10260 juvenile individ av sjøpiggingvinggruppene Spatangoida (8972) og Echinoida (1288) utelatt fra videre behandling av materialet fra Hild. Totalt ble 59458 individer fordelt på 273 taksa identifisert i prøvene fra Hild i 2007. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 77 % av alle individ og 41 % av alle taksa.

Tabell 5.7. Antall individ i prøvene fra Hild i 2007 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (8972 individ) og Echinoida (1288 individ) er utelatt.

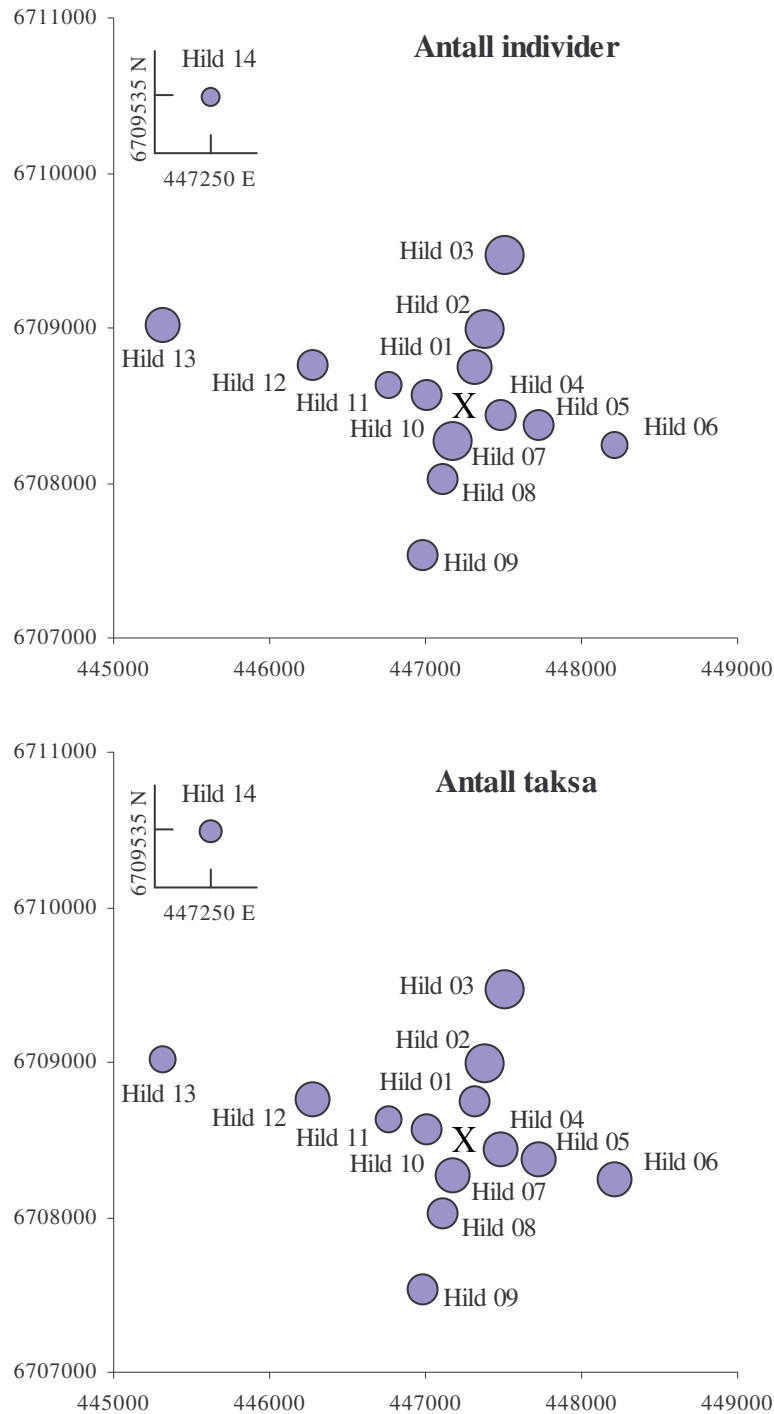
Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	45834	77	113	41
Arthropoda	1580	3	68	25
Mollusca	6021	10	65	24
Echinodermata	4055	7	16	6
Diverse grupper	1968	3	11	4
Total	59458	100	273	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Hild vises i Figur 5.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene er vises i Tabell 5.8 og Figur 5.9. Antall individ varierte mellom 2750 og 5116, og antall taksa varierte mellom 97 og 152. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 3,29 og 4,32, og ES_{100} varierte mellom 20,8 og 29,9. Jevnheten varierte mellom 0,48 og 0,60.

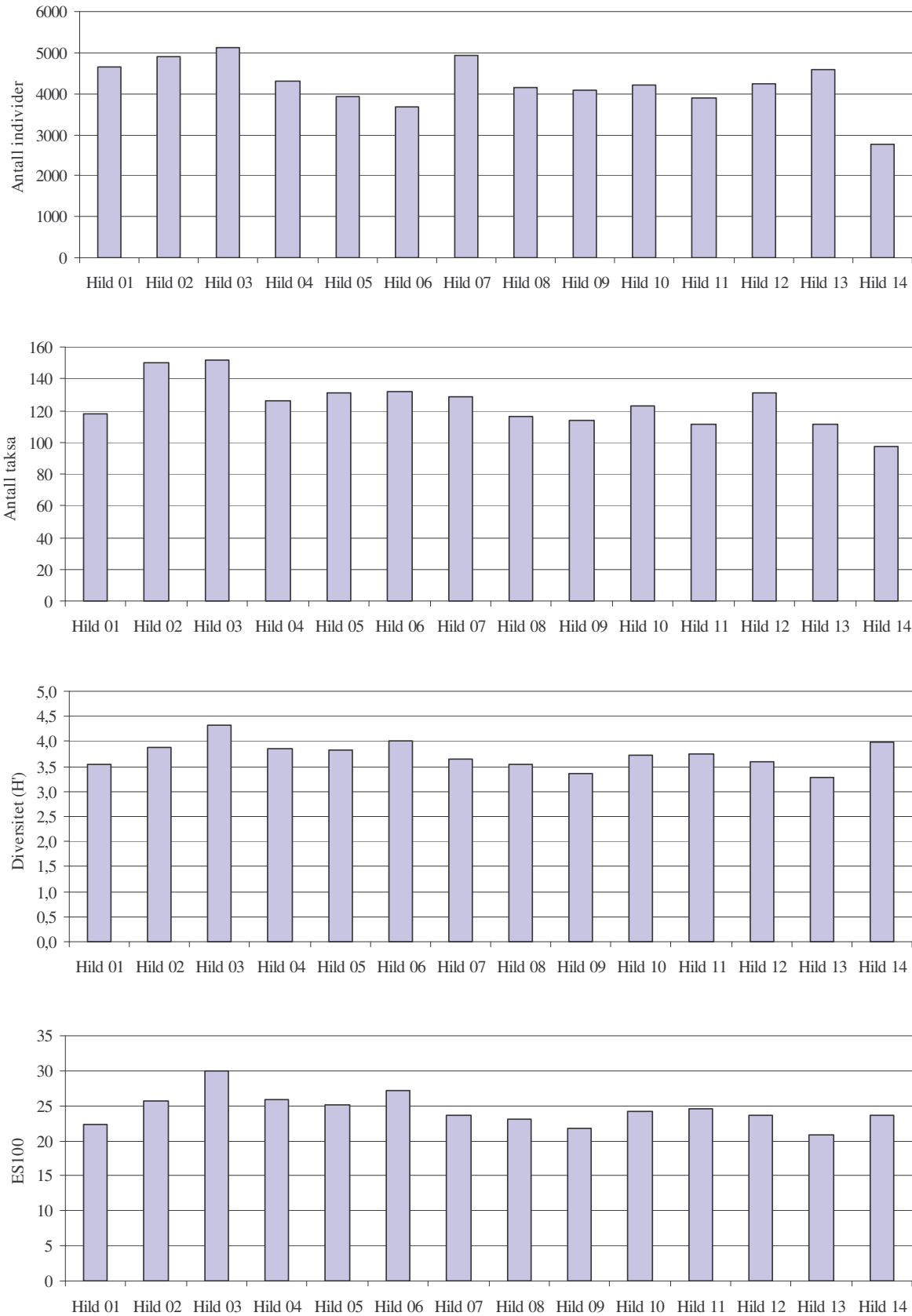
Børstemarken *Pectinaria koreni* var den mest tallrike arten på alle stasjonene med unntak av stasjon Hild 14 hvor det ble funnet flest individer av børstemarken *Spiophanes bombyx* (Tabell 5.9).

Tabell 5.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES₁₀₀ på stasjonene ved Hild i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES ₁₀₀
Hild 01	4654	118	3,54	0,51	6,88	22,4
Hild 02	4893	150	3,88	0,54	7,23	25,8
Hild 03	5116	152	4,32	0,60	7,25	29,9
Hild 04	4313	126	3,84	0,55	6,98	26,0
Hild 05	3931	131	3,82	0,54	7,03	25,1
Hild 06	3686	132	4,00	0,57	7,04	27,2
Hild 07	4923	129	3,65	0,52	7,01	23,6
Hild 08	4150	116	3,55	0,52	6,86	23,1
Hild 09	4099	114	3,35	0,49	6,83	21,8
Hild 10	4209	123	3,72	0,54	6,94	24,2
Hild 11	3900	111	3,76	0,55	6,79	24,6
Hild 12	4255	131	3,59	0,51	7,03	23,6
Hild 13	4574	111	3,29	0,48	6,79	20,8
Hild 14	2750	97	3,99	0,60	6,60	23,6
Snitt	4247	124	3,74	0,54	6,95	24,4
Sd	602	15	0,27	0,04	0,17	2,3
Min	2750	97	3,29	0,48	6,60	20,8
Maks	5116	152	4,32	0,60	7,25	29,9



Figur 5.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Hild i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt andel av individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 5.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Hild i 2007. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida.

Tabell 5.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Hild i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Hild 1	Antall individer	%	Kum %	Hild 2	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1703	36,6	36,6	<i>Pectinaria koreni</i>	1681	34,4	34,4
<i>Spiophanes bombyx</i>	1056	22,7	59,3	<i>Spiophanes bombyx</i>	1009	20,6	55,0
<i>Owenia borealis</i>	395	8,5	67,8	<i>Owenia borealis</i>	372	7,6	62,6
<i>Thyasira flexuosa</i>	182	3,9	71,7	<i>Ampharete falcata</i>	250	5,1	67,7
<i>Amphiura filiformis</i>	158	3,4	75,1	<i>Thyasira flexuosa</i>	125	2,6	70,2
<i>Ophiura affinis</i>	120	2,6	77,7	<i>Ophiura affinis</i>	111	2,3	72,5
<i>Ampharete falcata</i>	89	1,9	79,6	<i>Myriochele oculata</i>	103	2,1	74,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	61	1,3	80,9	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	99	2,0	76,6
<i>Myriochele oculata</i>	60	1,3	82,2	<i>Amphiura filiformis</i>	82	1,7	78,3
<i>Abra nitida</i>	58	1,2	83,4	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	71	1,5	79,8

Hild 3	Antall individer	%	Kum %	Hild 4	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1783	34,9	34,9	<i>Pectinaria koreni</i>	1585	36,7	36,7
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	451	8,8	43,7	<i>Spiophanes bombyx</i>	823	19,1	55,8
<i>Owenia borealis</i>	334	6,5	50,2	<i>Owenia borealis</i>	261	6,1	61,9
<i>Spiophanes bombyx</i>	326	6,4	56,6	<i>Thyasira flexuosa</i>	152	3,5	65,4
<i>Myriochele oculata</i>	194	3,8	60,4	<i>Ampharete falcata</i>	144	3,3	68,7
<i>Ampharete falcata</i>	174	3,4	63,8	<i>Amphiura filiformis</i>	143	3,3	72,1
<i>Ophiura affinis</i>	170	3,3	67,1	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	78	1,8	73,9
<i>Capitella capitata</i>	151	3,0	70,0	<i>Abra prismatica</i>	77	1,8	75,7
<i>Abra nitida</i>	106	2,1	72,1	<i>Myriochele oculata</i>	74	1,7	77,4
<i>Eclysippe vanelli</i>	94	1,8	73,9	<i>Acanthocardia echinata</i>	69	1,6	79,0

Hild 5	Antall individer	%	Kum %	Hild 6	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1179	30,0	30,0	<i>Pectinaria koreni</i>	1136	30,8	30,8
<i>Spiophanes bombyx</i>	1038	26,4	56,4	<i>Spiophanes bombyx</i>	864	23,4	54,3
<i>Owenia borealis</i>	269	6,8	63,2	<i>Owenia borealis</i>	206	5,6	59,8
<i>Amphiura filiformis</i>	160	4,1	67,3	<i>Amphiura filiformis</i>	113	3,1	62,9
<i>Thyasira flexuosa</i>	150	3,8	71,1	<i>Thyasira flexuosa</i>	112	3,0	66,0
<i>Ampharete falcata</i>	132	3,4	74,5	<i>Ampharete falcata</i>	108	2,9	68,9
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	72	1,8	76,3	<i>Myriochele oculata</i>	101	2,7	71,6
<i>Myriochele oculata</i>	64	1,6	77,9	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	89	2,4	74,0
PHORONIDA indet.	57	1,5	79,4	PHORONIDA indet.	79	2,1	76,2
<i>Abra prismatica</i>	51	1,3	80,7	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	64	1,7	77,9

Hild 7	Antall individer	%	Kum %	Hild 8	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1727	35,1	35,1	<i>Pectinaria koreni</i>	1387	33,4	33,4
<i>Spiophanes bombyx</i>	1127	22,9	58,0	<i>Spiophanes bombyx</i>	1138	27,4	60,8
<i>Owenia borealis</i>	405	8,2	66,2	<i>Owenia borealis</i>	287	6,9	67,8
<i>Amphiura filiformis</i>	179	3,6	69,8	<i>Thyasira flexuosa</i>	131	3,2	70,9
<i>Ampharete falcata</i>	126	2,6	72,4	<i>Amphiura filiformis</i>	127	3,1	74,0
<i>Ophiura affinis</i>	125	2,5	74,9	<i>Abra prismatica</i>	86	2,1	76,0
<i>Thyasira flexuosa</i>	124	2,5	77,5	<i>Ophiura affinis</i>	73	1,8	77,8
<i>Acanthocardia echinata</i>	94	1,9	79,4	<i>Acanthocardia echinata</i>	70	1,7	79,5
<i>Abra prismatica</i>	69	1,4	80,8	<i>Myriochele oculata</i>	70	1,7	81,2
PHORONIDA indet.	67	1,4	82,1	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	51	1,2	82,4

Tabell 5.9. fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Hild i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Hild 9	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1724	42,1	42,1
<i>Spiophanes bombyx</i>	913	22,3	64,3
<i>Owenia borealis</i>	185	4,5	68,8
<i>Amphiura filiformis</i>	183	4,5	73,3
<i>Thyasira flexuosa</i>	106	2,6	75,9
<i>Ophiura affinis</i>	95	2,3	78,2
<i>Abra prismatica</i>	73	1,8	80,0
<i>Acanthocardia echinata</i>	70	1,7	81,7
<i>Mysella bidentata</i>	56	1,4	83,1
PHORONIDA indet.	55	1,3	84,4

Hild 10	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1222	29,0	29,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	1219	29,0	58,0
<i>Owenia borealis</i>	236	5,6	63,6
<i>Thyasira flexuosa</i>	193	4,6	68,2
<i>Amphiura filiformis</i>	177	4,2	72,4
<i>Ophiura affinis</i>	90	2,1	74,5
<i>Abra prismatica</i>	81	1,9	76,5
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	79	1,9	78,3
<i>Myriochele oculata</i>	79	1,9	80,2
<i>Acanthocardia echinata</i>	61	1,4	81,7

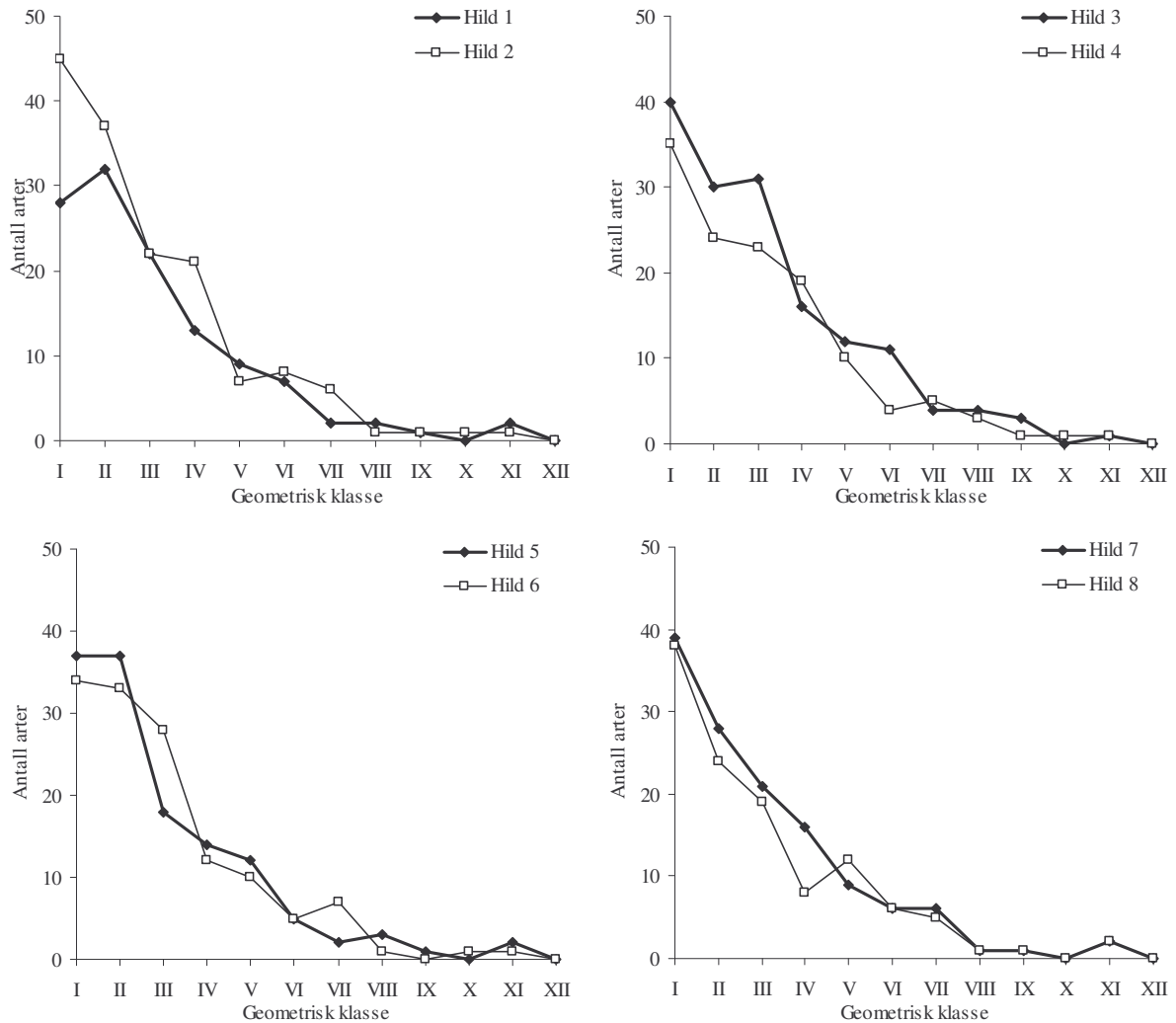
Hild 11	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1370	35,1	35,1
<i>Spiophanes bombyx</i>	808	20,7	55,8
<i>Owenia borealis</i>	253	6,5	62,3
<i>Thyasira flexuosa</i>	195	5,0	67,3
<i>Amphiura filiformis</i>	175	4,5	71,8
<i>Ampharete falcata</i>	91	2,3	74,2
<i>Ophiura affinis</i>	79	2,0	76,2
<i>Myriochele oculata</i>	78	2,0	78,2
<i>Abra prismatica</i>	60	1,5	79,7
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	51	1,3	81,0

Hild 12	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	1576	37,0	37,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	1021	24,0	61,0
<i>Owenia borealis</i>	205	4,8	65,9
<i>Thyasira flexuosa</i>	166	3,9	69,8
<i>Amphiura filiformis</i>	157	3,7	73,4
<i>Acanthocardia echinata</i>	93	2,2	75,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	84	2,0	77,6
<i>Abra prismatica</i>	66	1,6	79,2
<i>Ophiura affinis</i>	63	1,5	80,6
<i>Lanice conchilega</i>	56	1,3	82,0

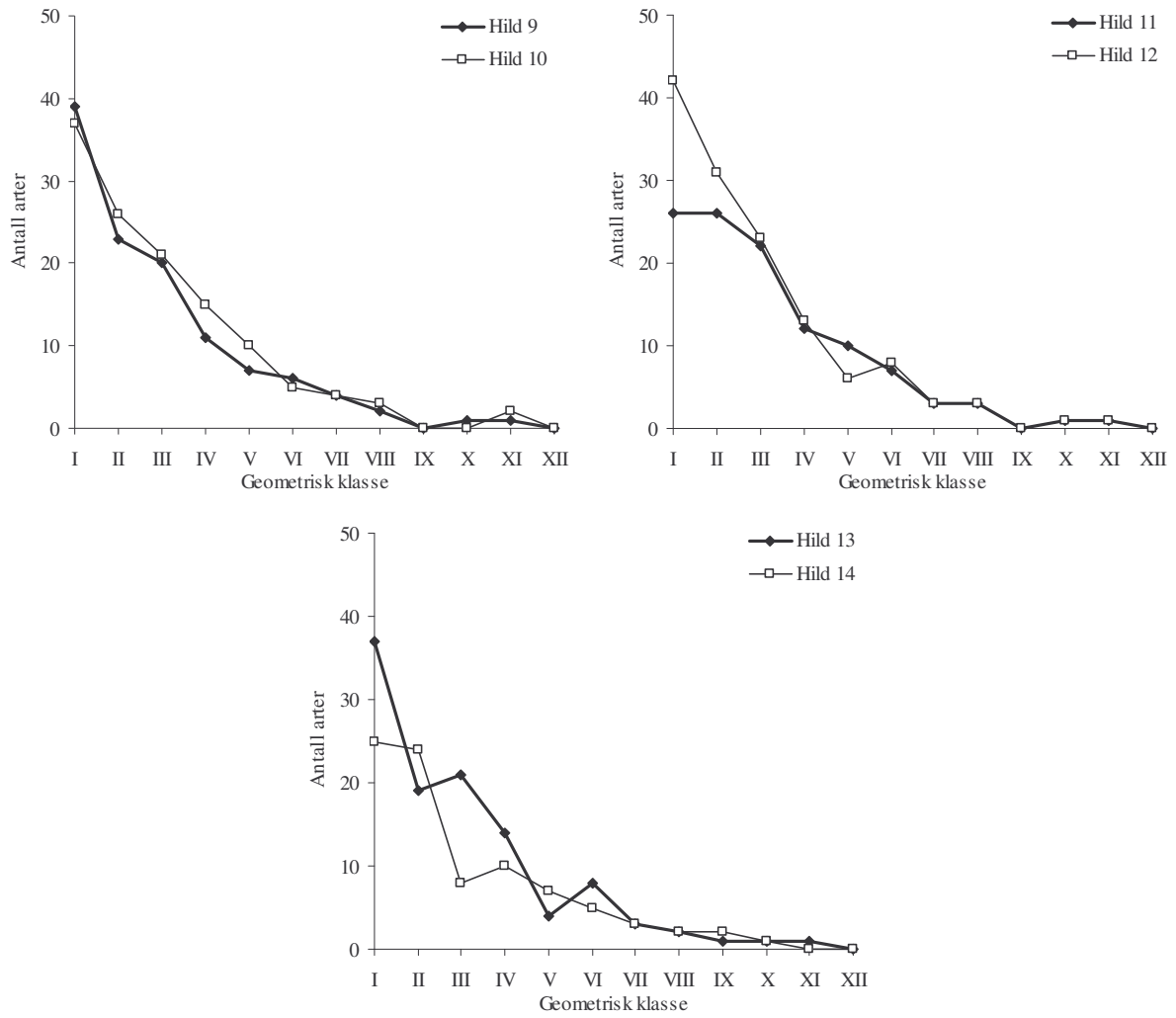
Hild 13	Antall individer	%	Kum %
<i>Pectinaria koreni</i>	2002	43,8	43,8
<i>Spiophanes bombyx</i>	902	19,7	63,5
<i>Owenia borealis</i>	302	6,6	70,1
<i>Ophiura affinis</i>	189	4,1	74,2
<i>Acanthocardia echinata</i>	133	2,9	77,1
<i>Abra prismatica</i>	121	2,6	79,8
<i>Amphiura filiformis</i>	90	2,0	81,7
PHORONIDA indet.	66	1,4	83,2
<i>Chaetozone</i> sp.	55	1,2	84,4
<i>Thyasira flexuosa</i>	51	1,1	85,5

Hild 14	Antall individer	%	Kum %
<i>Spiophanes bombyx</i>	738	26,8	26,8
<i>Pectinaria koreni</i>	417	15,2	42,0
<i>Ophiura affinis</i>	353	12,8	54,8
<i>Owenia borealis</i>	207	7,5	62,4
<i>Abra prismatica</i>	160	5,8	68,2
<i>Cerianthus lloydii</i>	83	3,0	71,2
<i>Edwardsia</i> sp.	77	2,8	74,0
<i>Chaetozone</i> sp.	75	2,7	76,7
<i>Amphiura filiformis</i>	58	2,1	78,8
<i>Acanthocardia echinata</i>	54	2,0	80,8

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 5.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2007.



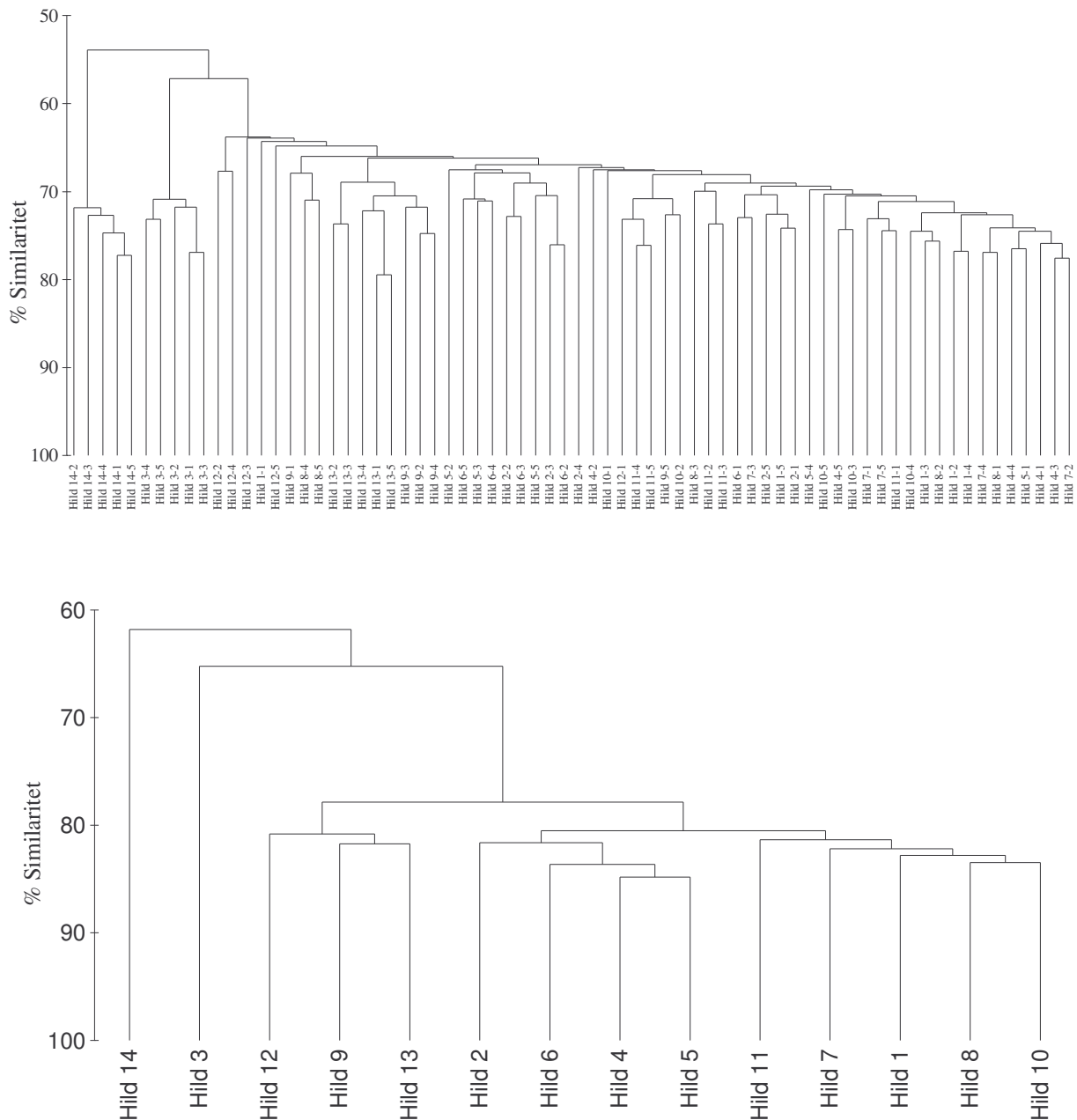
Figur 5.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Hild 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



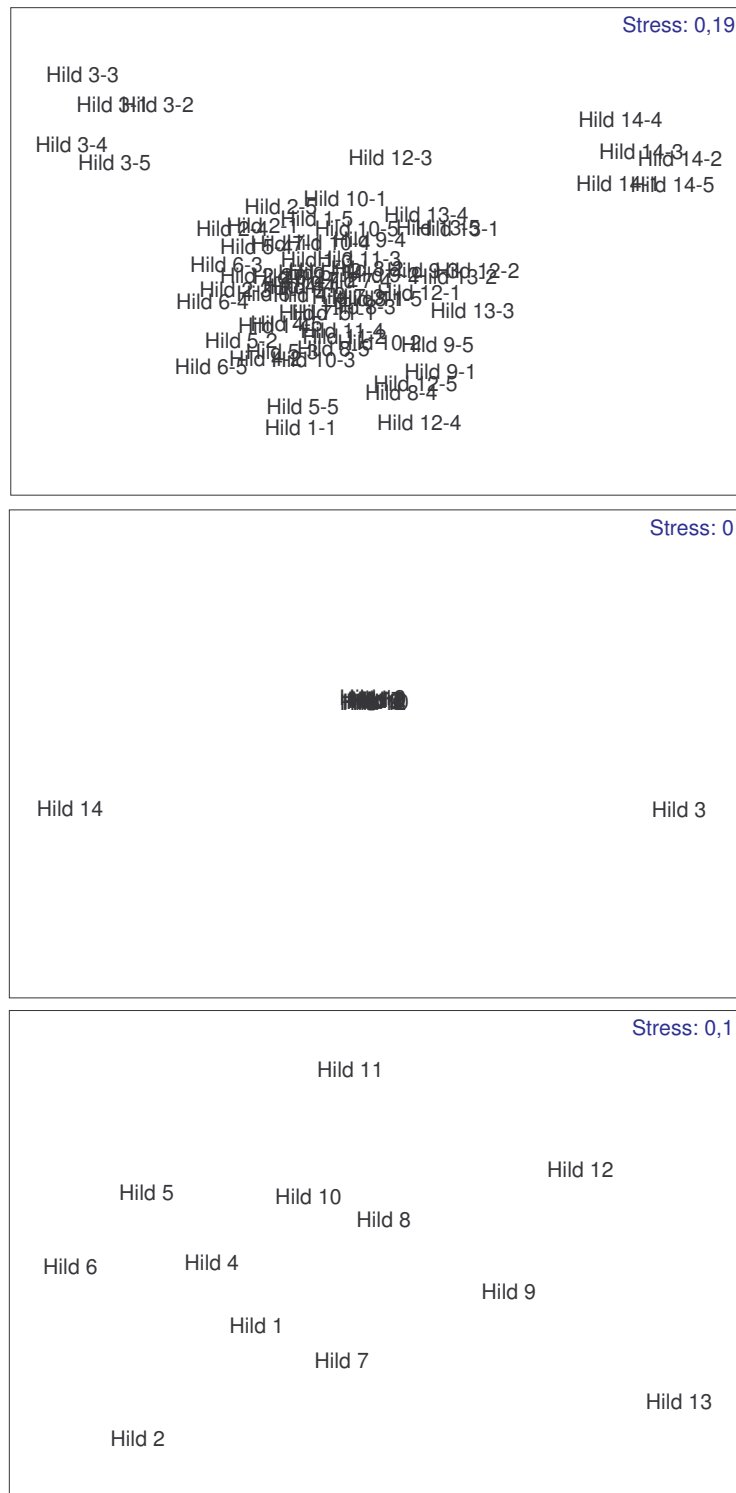
Figur 5.10 fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Hild 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Resultatet fra cluster- og MDS-analysene vises i henholdsvis Figur 5.11 og Figur 5.12.

Både i cluster- og MDS-analysene beregnet på hugg nivå blander huggene fra de undersøkte stasjonene seg med unntak av huggene fra Hild 03 og Hild 14. Dette viser at likheten mellom de enkelte huggene fra hver enkel stasjon er like stor som likheten mellom stasjonene. Hild 03 og Hild 14 har henholdsvis det høyeste og laveste innholdet av pelitt. Denne forskjellen i sedimentet har innvirkning på sammensettingen av bunnfaunaen, noen en mellom annet ser i listen over de ti mest tallrike artene, og gir utslag i de multivariate analysene.



Figur 5.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna for hvert enkelt hugg ved Hild i 2007 (a) og for hver stasjon (b). Juvenile individ av sjøpiggevingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert.



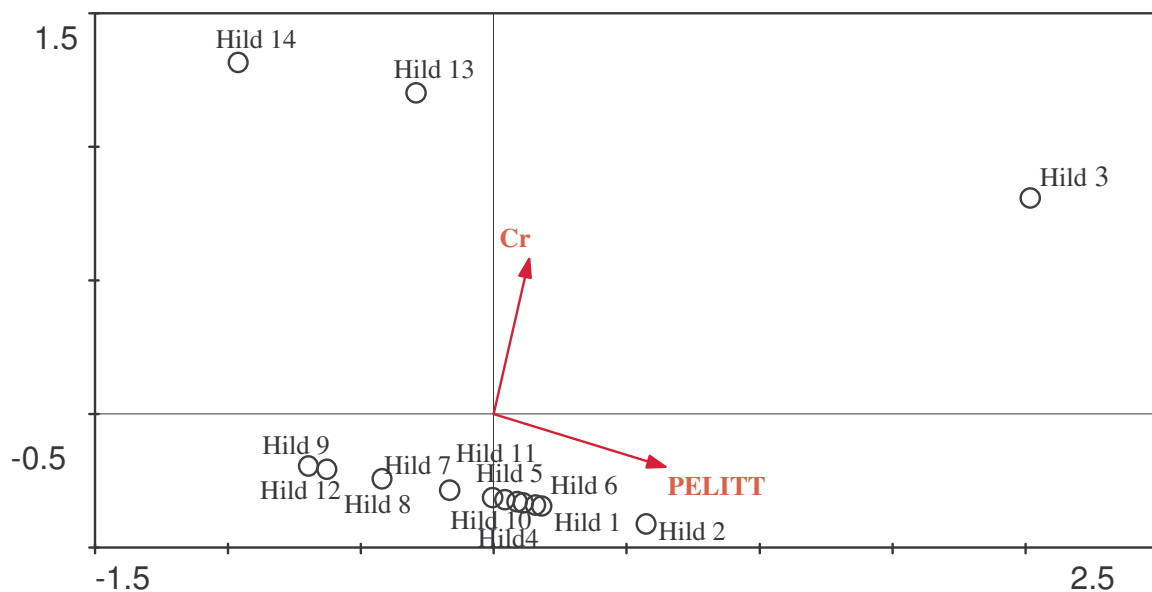
Figur 5.12. MDS-plott som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Hild i 2007 for hvert enkelt hugg (a) og samlet for hver stasjon med alle stasjonene (b) og uten Hild 3 og Hild 14 (c). Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Analysene er utført med Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Stressfaktor var 0,19 for huggnivå (a), 0 for stasjonsnivå for alle stasjonene (b) og 0,1 for stasjonsnivå uten Hild 3 og Hild 14.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse og BIOENV.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2007 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,5). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at krom og pelitt var de miljøvariablene som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 5.13). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 22,1 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 12,1 %.

BIOENV gav høyest korrelasjon (0,756) til pelitt. Kombinasjonen av miljøvariablene bly, krom, sink, median og pelitt kom ut med en korrelasjon på 0,812 (Tabell 5.10).

Resultatet viser en sammenheng spesielt mellom kornfordelingen og bunnfauna.



Figur 5.13. Biplotet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablene krom og pelitt hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfaunaen. Den første aksen forklarer 22,1 % mens den andre aksen forklarer 12,1 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra de undersøkte feltstasjonene ved Hild i 2007.

Tabell 5.10. Resultatet fra BIOENV analysen hvor ulike kombinasjoner av miljøvariablene: pelitt, TOM, median, krom, bly, kadmium, kobber, sink, barium og THC ble korrelert mot bunnfauna fra de feltspesifikke stasjonene i 2007. Korrelasjonskoeffisienter (ρ_w) for de ulike enkeltvariablene og for de ni kombinasjonene av variabler som gav høyest korrelasjon med bunnfauna er oppgitt i tabellen. Krom, bly, kadmium, kobber, sink, barium og THC ble log (x+1) transformert før analyse, resten var utransformert. Normalisert Euclids avstand ble benyttet på miljøvariablene. Artsdata ble fjerderottransformert og Bray-Curtis similaritet ble beregnet. Veiet Spearmans korrelasjon ble brukt i analysen.

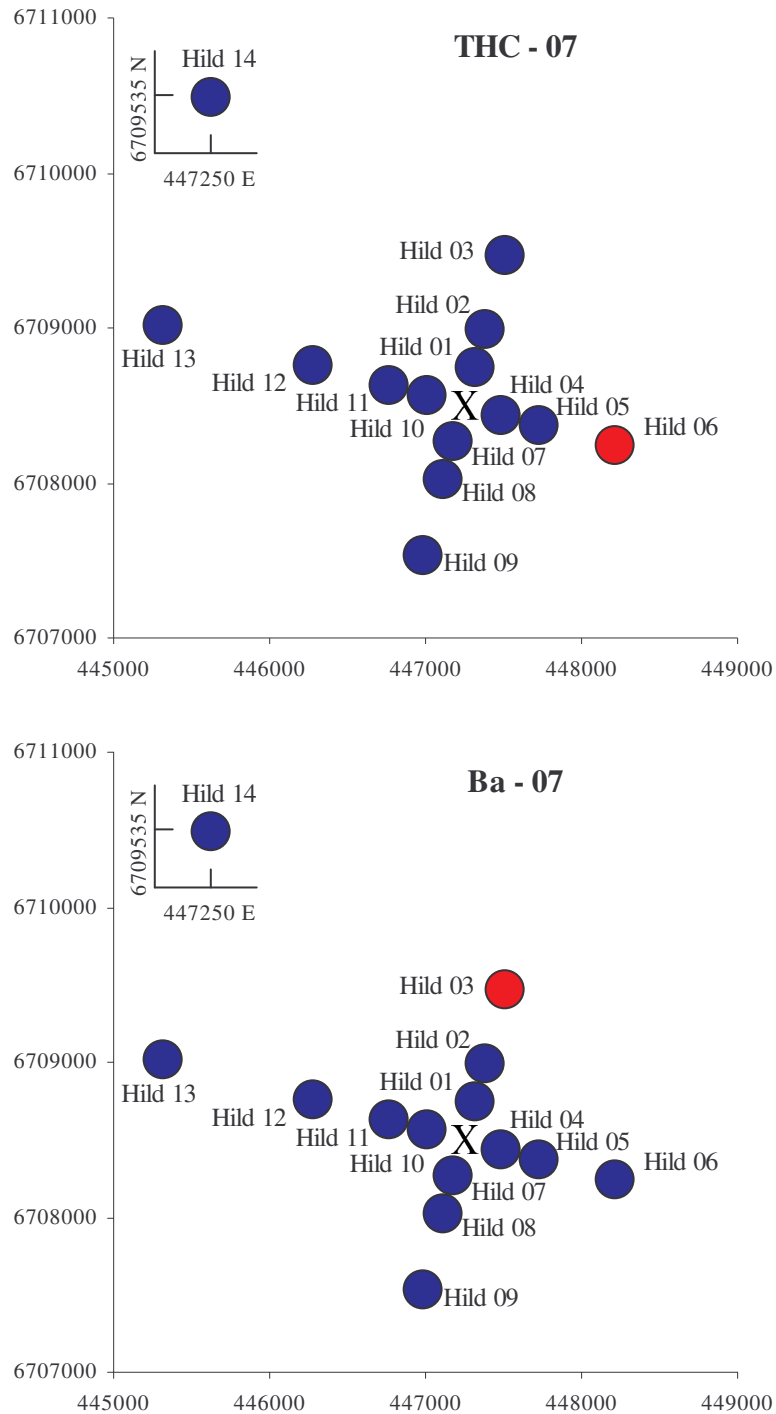
Antall variabler	korrelasjons koeffisient	Miljøvariabler									
1	0,756	Pelitt									
1	0,736	Median									
1	0,695	Barium									
1	0,680	Sink									
1	0,673	TOM									
1	0,567	Kobber									
1	0,467	Krom									
1	0,329	Bly									
1	0,008	THC									
1	-0,169	Kadmium									
2	0,794	Kobber	Median								
3	0,810	Bly	Median	Pelitt							
4	0,811	Bly	Krom	Median	Pelitt						
5	0,812	Bly	Krom	Sink	Median	Pelitt					
6	0,809	Bly	Kobber	Krom	Sink	Median	Pelitt				
7	0,803	Barium	Bly	Kobber	Krom	Median	Pelitt	TOM			
8	0,799	Barium	Bly	Kobber	Krom	Sink	Median	Pelitt	TOM		
9	0,776	Barium	Bly	Kobber	Krom	Sink	THC	Median	Pelitt	TOM	
10	0,737	Barium	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Sink	THC	Median	Pelitt	TOM

5.2.6 Beregning av påvirket areal

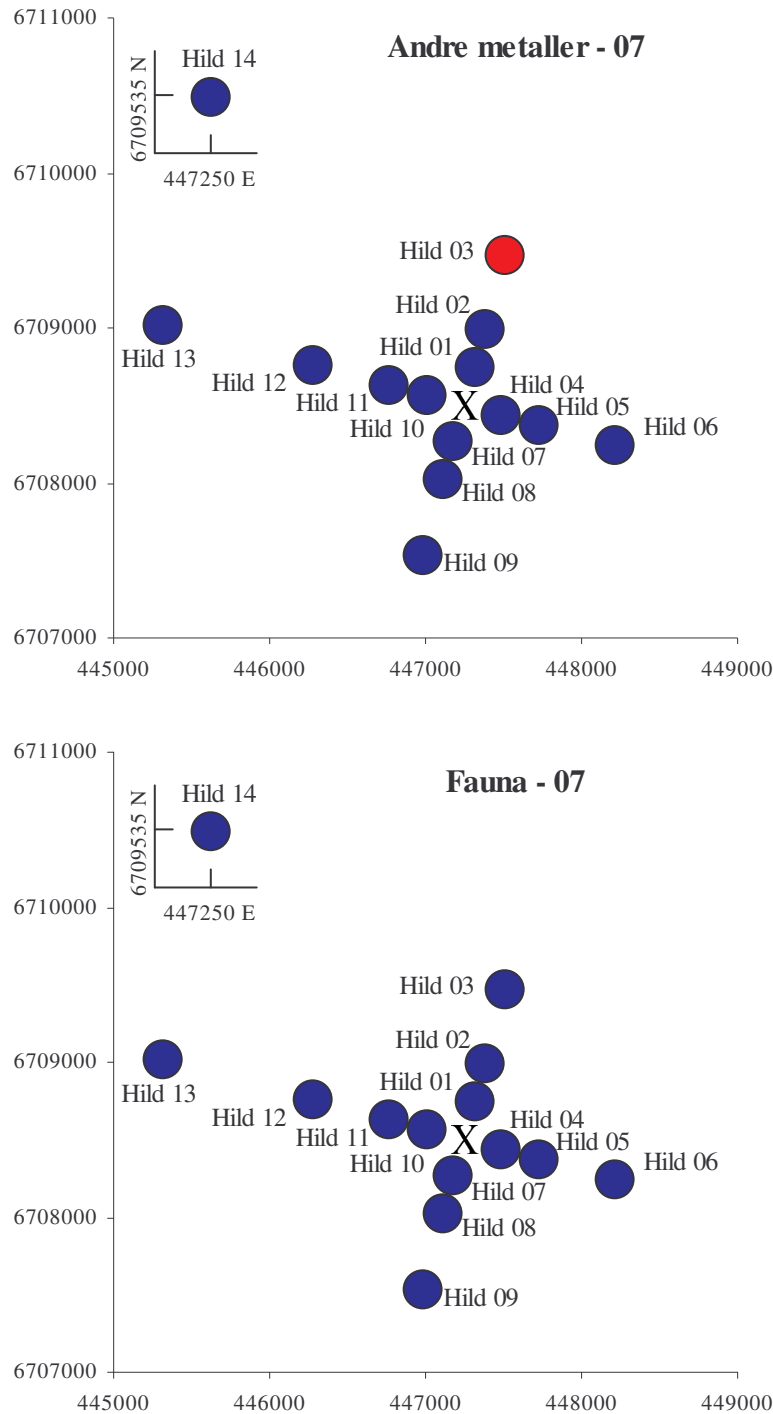
Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 5.14 og Tabell 5.11. Tabell 5.11 inneholder også opplysninger om størrelsen på arealet som ble beregnet som påvirket. LSC Subregion grunn 98-04 ble satt som nedre grense for kontaminert sedimentet.

Det ble påvist kontaminering av THC på den ytterste stasjonen i transektet mot øst sørøst (Hild 06). Den ytterste stasjonen i transektet mot nord nordøst (Hild 03) var kontaminert av barium og sink. Da verdiene forekom ytterst på transektene uten støtte i verdier over LSC nærmere senteret for stasjonsnettet, ble det ikke gjort beregninger av kontaminert areal.

Kadmiumverdiene var over LSC på alle stasjonene utenom en stasjon (Hild 13). Da dette er en grunnlagsundersøkelse og vi derfor ikke forventer kontaminering på alle stasjonene samtidig, antar vi at det relativt høye kadmium-nivået er naturlig høyt bakgrunnsnivå på Hild. Vi har derfor ikke beregnet kontaminert areal for kadmium.



Figur 5.14. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion grunn 98-04 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 98-04 er markert med blå sirkler.



Figur 5.14 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion grunn 98-04 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 98-04 er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Kadmium var over LSC på alle stasjoner utenom på Hild 13, men er ikke markert i figuren (se tekst).

Tabell 5.11. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2007.

Hild	N m	Ø m	S m	V m	2007 km ²
THC	0	0	0	0	0,00
Ba	0	0	0	0	0,00
Andre metall	0	0	0	0	0,00
Fauna	0	0	0	0	0,00

5.3 Sammendrag og konklusjon

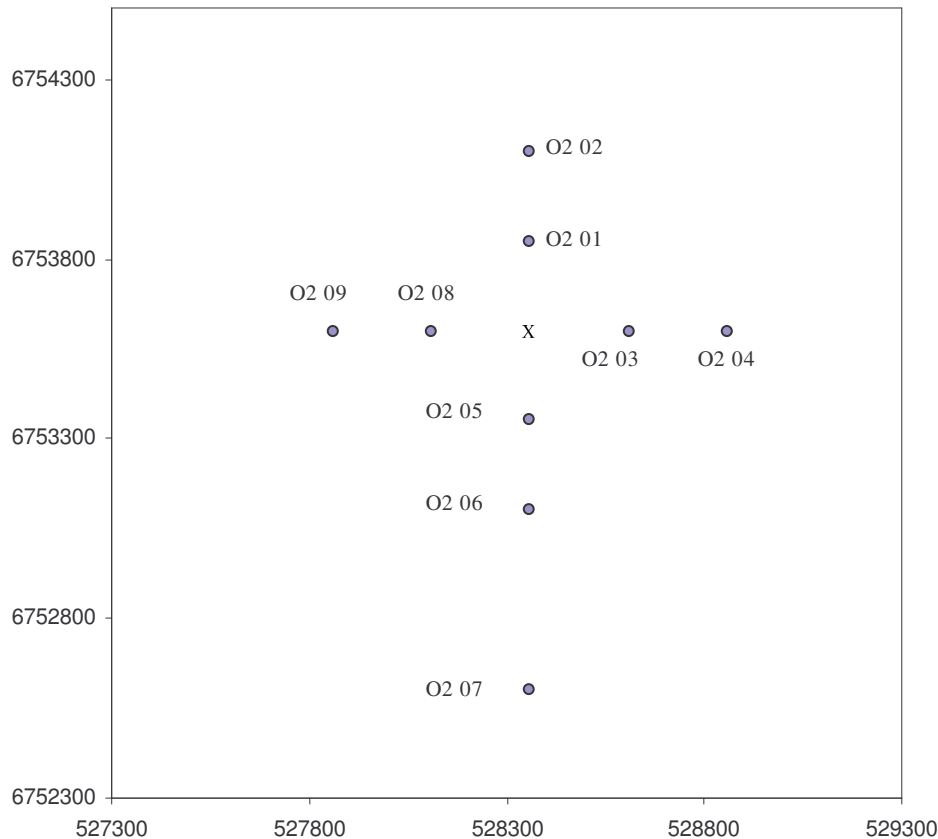
I 2007 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Hild. Innsamlingspunktene rundt senteret for stasjonsnettet var lagt ut i et aksekors. Det er tidligere foretatt flere leteboringer ved Hild, hvor den nærmeste brønnen til det undersøkte stasjonsnettet i denne rapporten, ligger ca 130 m fra Hild 03.

Undersøkelsen avdekket THC-innhold over LSC Subregion grunn 98-04 på innsamlingspunktet som lå 1000 m øst sørøst for senteret for stasjonsnettet (Hild 06). Videre ble barium og sink påvist over LSC Subregion grunn 98-04 1000 m mot nord nordøst (Hild 03). Kadmium var over LSC på alle stasjoner utenom en stasjon (Hild 13). Da dette er en grunnlagsundersøkelse antar vi at det relativt høye kadmium-nivået er et naturlig høyt bakgrunnsnivå på Hild. Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.

6. O2 Troll

6.1 Introduksjon

Troll O2 ligger i blokk 31/2, i den nordlige delen av stasjonsnettet ved Troll B og C. Det er planlagt å bore seks brønner, to i 2009 og fire i 2010. Det har ikke vært gjennomført miljøundersøkelse ved O2 tidligere, og årets undersøkelse fungerer som grunnlagsundersøkelse. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til prøvetakingsprogrammet. Prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til senteret for stasjonsnettet og i forhold til hverandre er vist i Figur 6.1. Det foreligger ingen bore- og utslippshistorikk.



Troll	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) / Retning (°)	Dyp (m)
	N	Ø		
O2 01	6753850	528360	250/0	340
O2 02	6754100	528360	500/0	339
O2 03	6753600	528610	250/90	340
O2 04	6753600	528860	500/90	340
O2 05	6753350	528360	250/180	340
O2 06	6753100	528360	500/180	340
O2 07	6752600	528360	1000/180	340
O2 08	6753600	528110	250/270	340
O2 09	6753600	527860	500/270	340

Figur 6.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Troll O2 i forhold til senteret for stasjonsnettet (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

6.2 Resultater

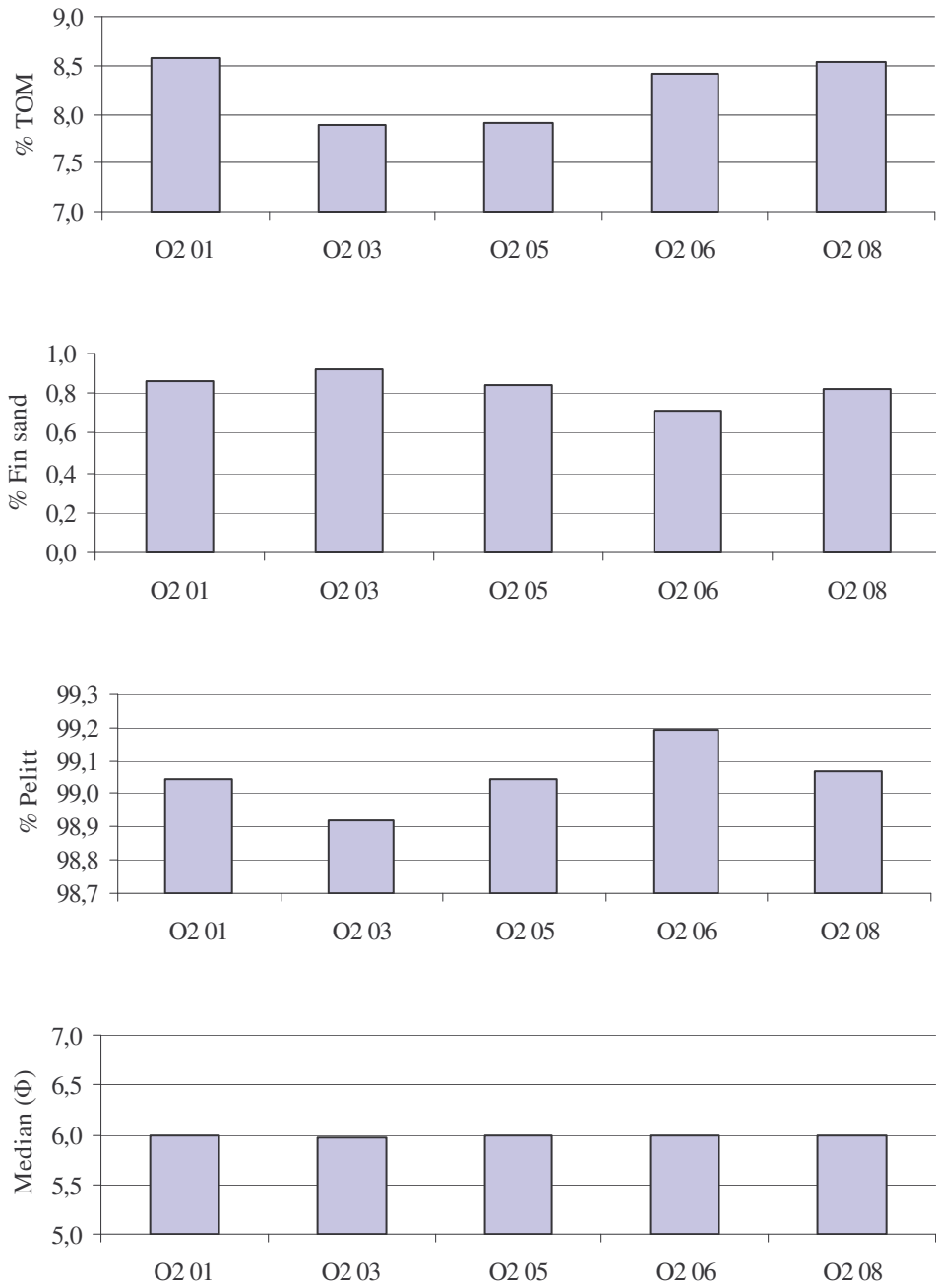
6.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2007 er vist i Tabell 6.1. I Figur 6.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Troll O2 var finkornet med 98,9 % til 99,2 % pelitt. Innholdet av TOM var fra 7,9 % til 8,6 %, og sandinnholdet varierte fra 0,8 % til 1,1 %. Medianen (Φ) var 5,98 på alle stasjonene.

Tabell 6.1. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Troll O2 i 2007. Det er beregnet gjennomsnitt (snitt), standardavvik (sd) og maksimum (maks) og minimum (min) for feltet.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median	Sorting	Skewness	Kurtosis
O2 01	8,58	0,00	0,95	99,05	5,98	1,24	0,00	0,74
O2 03	7,89	0,01	1,07	98,92	5,98	1,24	0,00	0,74
O2 05	7,91	0,00	0,96	99,04	5,98	1,24	0,00	0,74
O2 06	8,41	0,00	0,81	99,19	5,98	1,24	0,00	0,74
O2 08	8,53	0,00	0,93	99,07	5,98	1,24	0,00	0,74
snitt	8,26	0,00	0,94	99,05	5,98	1,24	0,00	0,74
sd	0,34	0,00	0,09	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
min	7,89	0,00	0,81	98,92	5,98	1,24	0,00	0,74
maks	8,58	0,01	1,07	99,19	5,98	1,24	0,00	0,74



Figur 6.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Troll O2 i 2007.

6.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Troll O2 i 2007

Det ble ikke beregnet LSC av de innsamlede dataene fra 2007, se under materiale og metoder. For å vurdere hvor høyt innholdet av de målte kjemiske parametrene i sedimentet fra Troll O2 var, ble det benyttet beregnet LSC fra overvåkingen for Region III i 2004 (Tabell 6.2). I 2004 ble Region III delt inn i to subregioner (Mannvik et. al 2005). Ut fra sedimentkarakteristikker og dyp ble Troll O2 vurdert å høre til den dype subregionen fra 2004 (LSC Subregion_{dyp 98-04}).

Tabell 6.2. "Limit of Significant Contamination" (LSC) fra overvåkingen av Region III i 2004. Region III ble i 2004 delt inn i to subregioner. Troll O2 ble vurdert å tilhøre den dype subregionen (LSC Subregion_{dyp 98-04}). Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

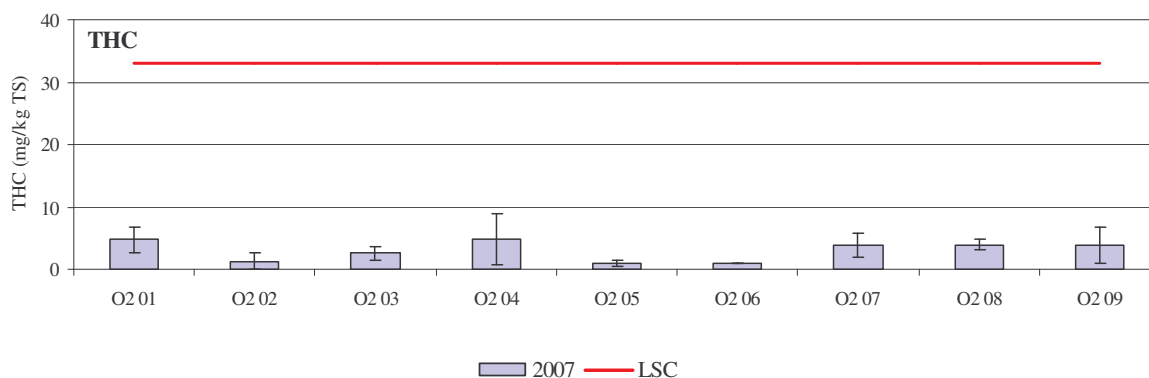
	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC _{98-04 grunn RegIII}	10	0,035	0,02	177	5,5	0,028	1,8	6,7	0,01	6,9
LSC _{98-04 dyp RegIII}	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43	0,053	87,4

6.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 6.3 sammen med målingene av PAH og NPD fra to stasjoner. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 6.4. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 6.3 vises THC innholdet og i Figur 6.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2007.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra <1,0 mg/kg (O2 05 og O2 06) til 4,8 mg/kg (O2 01). Sedimentet fra O2 05 og O2 06 hadde et innhold på henholdsvis 0,103 mg/kg og 0,083 mg/kg av PAH, og 0,043 mg/kg, og 0,035 mg/kg av NPD.

I de seksjonerte prøvene var det små eller ingen endringer nedover i sedimentet, mens innholdet av PAH var litt lavere i overflaten på O2 05 og i det dypeste sjiktet på O2 06.



Figur 6.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Troll O2 i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i 2004. THC på O2 05 og O2 06 ble satt til deteksjonsgrensen på 1.

Tabell 6.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Troll O2 i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

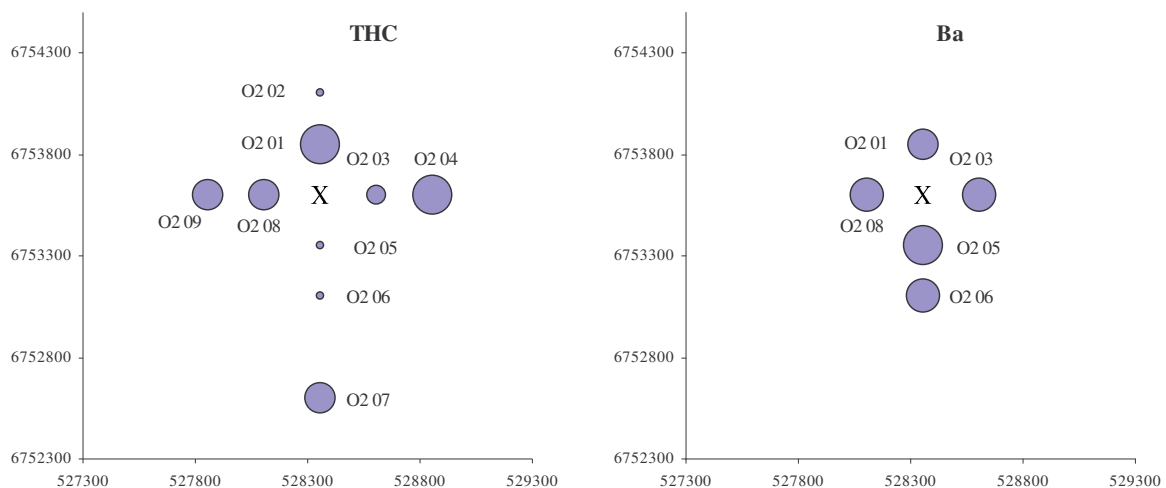
Troll	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
O2 01	4,8	2,1	i.a.		i.a.	
O2 02	1,3	1,4	i.a.		i.a.	
O2 03	2,5	1,0	i.a.		i.a.	
O2 04	4,7	4,1	i.a.		i.a.	
O2 05	1,0	0,4	0,103	0,041	0,043	0,015
O2 06	<1,0	-	0,083	0,048	0,035	0,014
O2 07	3,8	1,9	i.a.		i.a.	
O2 08	3,9	0,8	i.a.		i.a.	
O2 09	3,8	2,9	i.a.		i.a.	
snitt±sd	3,2±1,5		-		-	
min-maks	<1,0±4,8		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 6.4. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på O2 05 og O2 06 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
O2 05	(0-1cm)	< 1,0	0,059	0,026
	(1-3cm)	1,1	0,150	0,042
	(3-6cm)	< 1,0	0,100	0,039
O2 06	(0-1cm)	< 1,0	0,084	0,034
	(1-3cm)	< 1,0	0,095	0,031
	(3-6cm)	< 1,0	0,038	0,010



Figur 6.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Troll O2 i 2007. Senteret for stasjonsnettet er markert med x. Innholdet av barium ble bare undersøkt på fem av stasjonene.

6.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 6.5. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 6.6. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 6.5 vises bariuminnholdet i 2007 og i Figur 6.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2007. I Figur 6.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2007.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 280 til 363 mg/kg og bly ble påvist i konsentrasjoner mellom 25,6 og 27,3 mg/kg. Kadmium varierte mellom 0,067 og 0,087 mg/kg, kobber mellom 10,3 og 10,9 mg/kg og krom mellom 20,3 og 21,3 mg/kg. Kvikksølv ble målt på O2 05 og O2 06 med konsentrasjoner på henholdsvis 0,033 og 0,031 mg/kg. Konsentrasjonen av sink varierte fra 52,0 til 55 mg/kg (Tabell 6.5).

Innholdet barium var lavere i 3-6 cm sjiktet sammenlignet med 0-1 og 1-3 cm sjiktene. Konsentrasjonene av de andre undersøkte metallene endret seg lite nedover i sedimentet.

Tabell 6.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Troll O2 i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

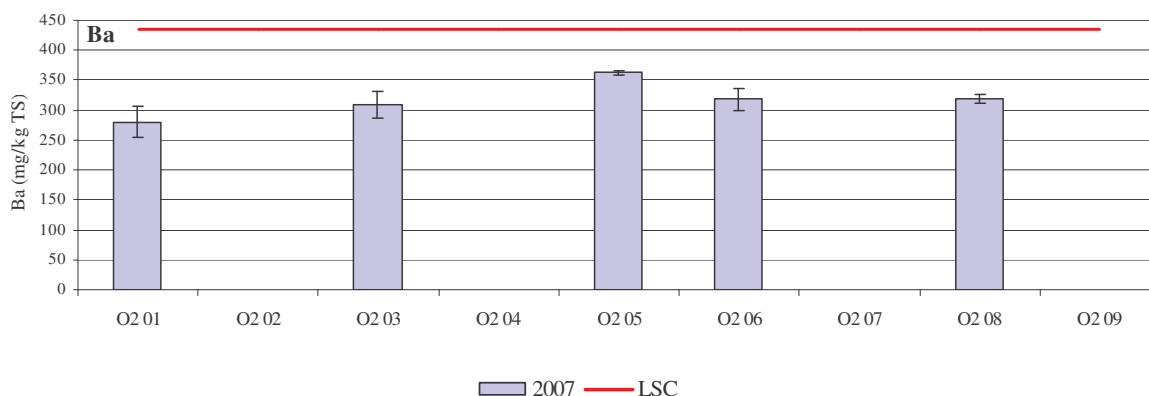
	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
O2 01	280,0	26,2	25,7	1,3	0,085	0,004	10,5	0,3	20,6	1,2	i.a.		52,6	2,1
O2 02	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.	
O2 03	308,3	22,2	25,6	1,3	0,082	0,012	10,3	0,5	20,3	0,8	i.a.		52,0	2,3
O2 04	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.	
O2 05	362,7	3,1	27,3	0,4	0,085	0,003	10,9	0,2	21,3	0,5	0,033	0,001	54,5	1,1
O2 06	318,0	19,3	26,2	0,4	0,067	0,018	10,4	0,2	20,3	0,3	0,031	0,001	52,2	0,4
O2 07	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.	
O2 08	318,3	8,0	26,3	0,6	0,087	0,005	10,8	0,2	20,9	0,2	i.a.		55,0	0,3
O2 09	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.	
snitt±sd	317,5±29,7		26,2±0,7		0,081±0,008		10,6±0,3		20,7±0,4		-		53,3±1,4	
min-maks	280,0 - 362,7		25,6 - 27,3		0,067 - 0,087		10,3 - 10,9		20,3 - 21,3		-		52,0 - 55,0	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

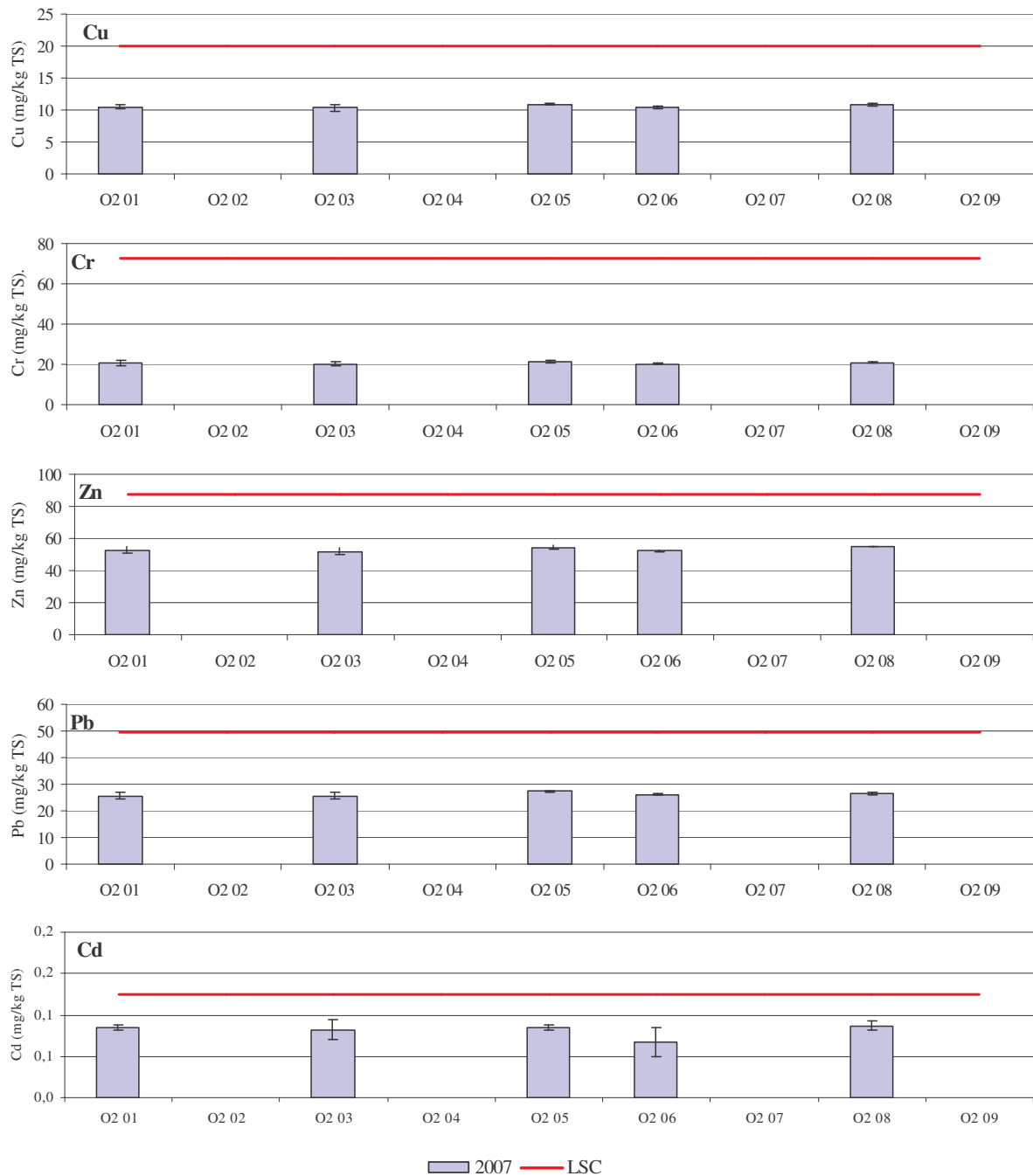
- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 6.6. Vertikalfordelingen av barium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv og sink i sedimentet på O2 05 og O2 06 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
O2 05	(0-1cm)	362,0	27,7	0,082	10,8	21,2	0,034	54,5
	(1-3cm)	325,0	28,4	0,190	10,7	21,1	0,032	55,3
	(3-6cm)	110,0	23,3	0,180	10,2	21,0	0,027	50,8
O2 06	(0-1cm)	335,0	26,7	0,080	10,5	20,6	0,031	52,6
	(1-3cm)	192,0	25,1	0,071	10,3	20,7	0,029	51,2
	(3-6cm)	65,0	19,3	0,160	9,5	20,3	0,022	46,5

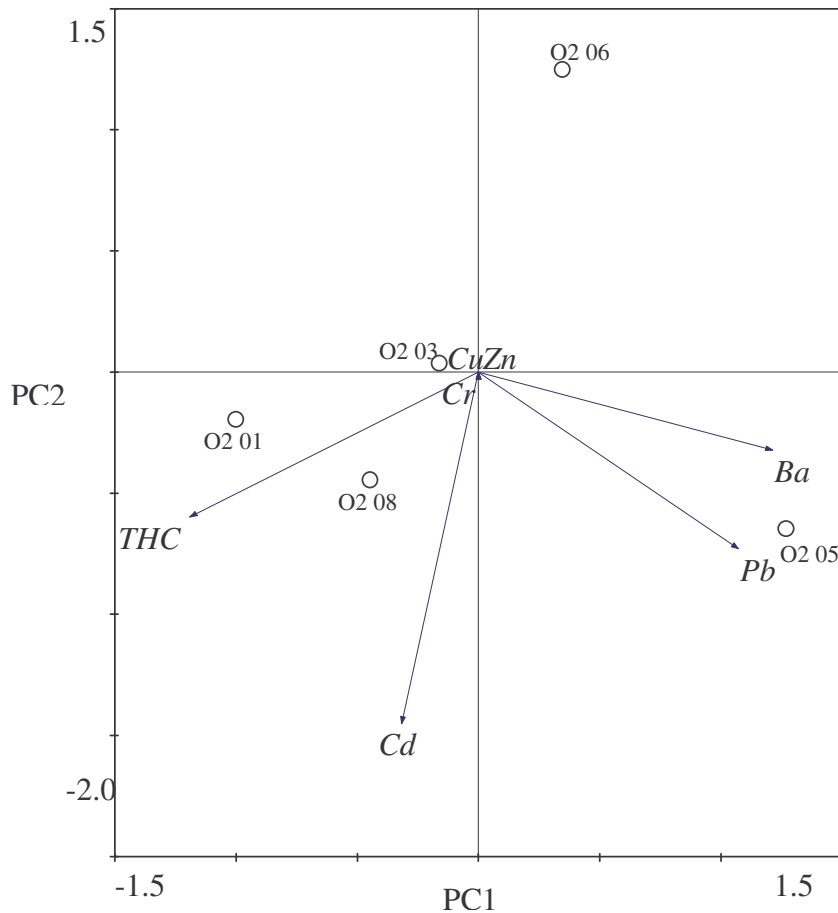


Figur 6.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Troll O2 i 2007. Barium ble bare målt på fem stasjoner i 2007.



Figur 6.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Troll O2 i 2007. Metall innholdet ble bare målt på fem stasjoner i 2007.

I Figur 6.7 vises et PCA plott hvor stasjonene på feltet grupperes i forhold til innholdet av THC og metall i sedimentet.



Figur 6.7. To dimensjonalt plott fra PCA-analyse av fordelingen av THC og metaller blant stasjonene ved Troll i 2007. PC1-aksen forklarer 35,0 % av variasjonen og PC2-aksen forklarer 19,6 % av variasjonen i datasettet. Totalt forklarer PC1- og PC2-aksene 54,6 % av variasjonen i materiale. Kjemidataene er Log x+1 transformert.

6.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 6.7. Komplette artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 158 juvenile individer av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Troll O2. Totalt ble 3743 individer fordelt på 165 taksa identifisert i prøvene fra Troll O2 i 2007. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 40 % av alle individer og 42 % av alle taksa.

Tabell 6.7. Antall individ i prøvene fra Troll O2 i 2007 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (156 individ) og Echinoidea (2 individer) er utelatt.

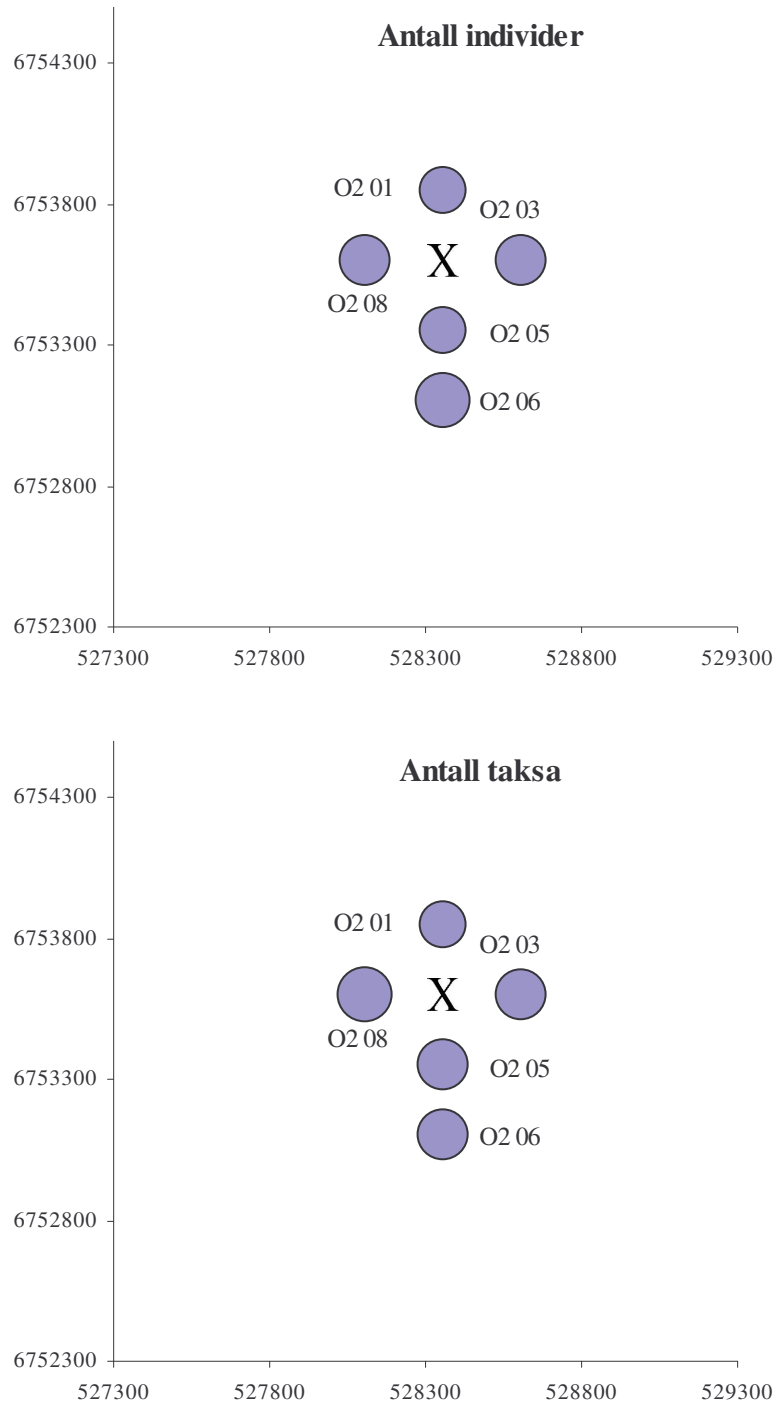
Main taxonomic groups	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	1479	40	70	42
Arthropoda	623	17	39	24
Mollusca	1173	31	34	21
Echinodermata	263	7	8	5
Diverse grupper	205	5	14	8
Total	3743	100	165	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Troll O2 vises i Figur 6.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 6.8 og Figur 6.9. Antall individ varierte mellom 629 og 700, og antall taksa varierte mellom 92 og 102. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,41 og 5,55, og ES_{100} varierte mellom 40,9 og 43,7. Jevnheten varierte mellom 0,83 og 0,85.

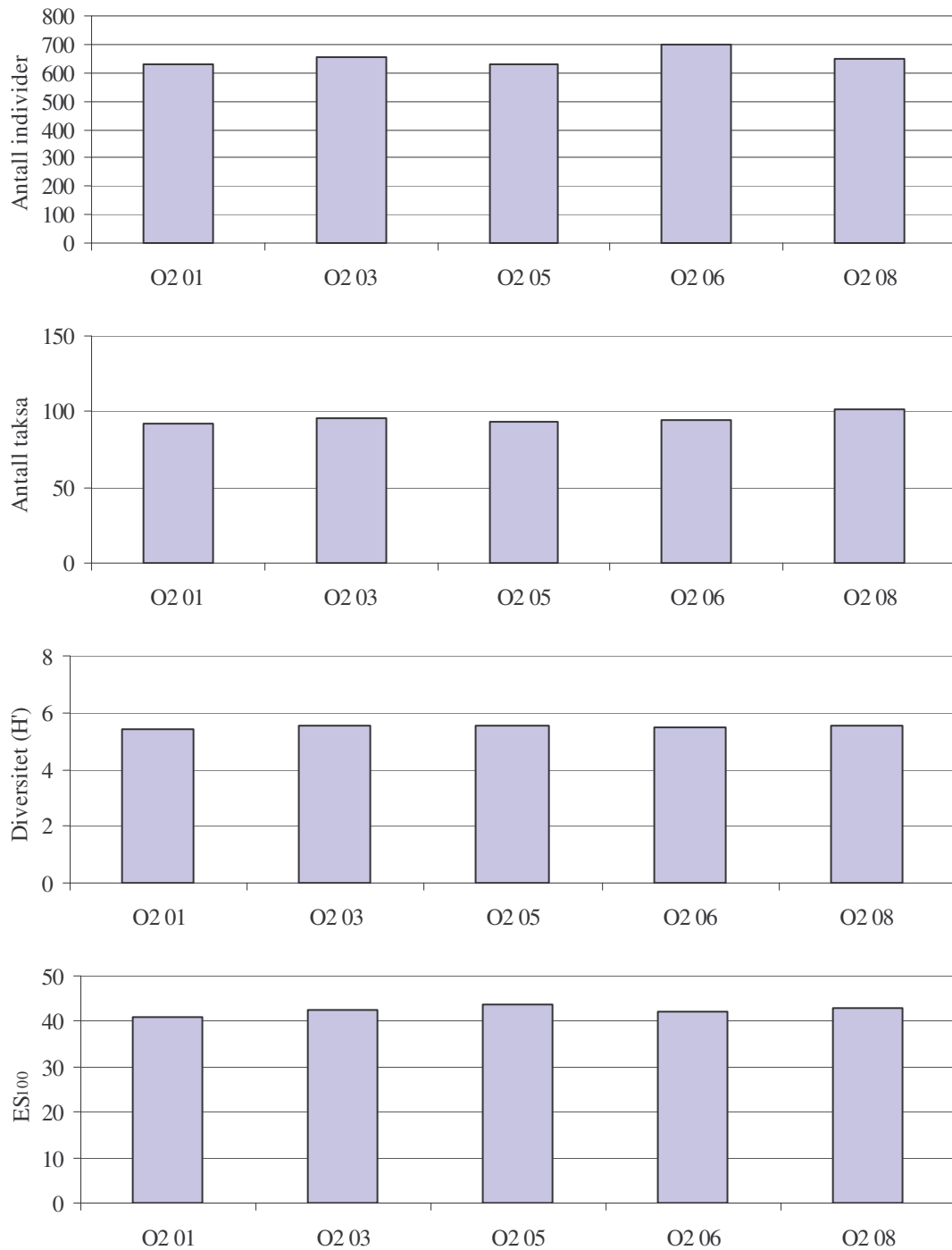
Det var ingen arter som var dominerende i materialet. På tre av stasjonene var det skjellet *Tyasira equalis* som var den mest tallrike arten mens det på de to andre stasjonene var skjellet *Thyasira eumyaria* og børstemarken *Terebellides stroemi* som var de mest tallrike (Tabell 6.9).

Tabell 6.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES₁₀₀ på stasjonene ved Troll O2 i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt. Innsamlingsprogrammet for 2007 omfattet bare fem stasjoner ved O2.

Stasjon	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES ₁₀₀
O2 01	630	92	5,41	0,83	6,52	40,9
O2 03	657	96	5,53	0,84	6,58	42,5
O2 05	629	93	5,55	0,85	6,54	43,7
O2 06	700	94	5,48	0,84	6,55	42,2
O2 08	647	102	5,54	0,83	6,67	42,9
snitt	653	95	5,50	0,84	6,57	42,5
sd	29	4	0,06	0,01	0,06	1,0
min	629	92	5,41	0,83	6,52	40,9
maks	700	102	5,55	0,85	6,67	43,7



Figur 6.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Troll O2 i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt andel av individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Bunnfaunaen ble bare undersøkt på fem stasjoner i 2007.



Figur 6.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Troll O2 i 2007. Alle tall per $0,5 \text{ m}^2$. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen.

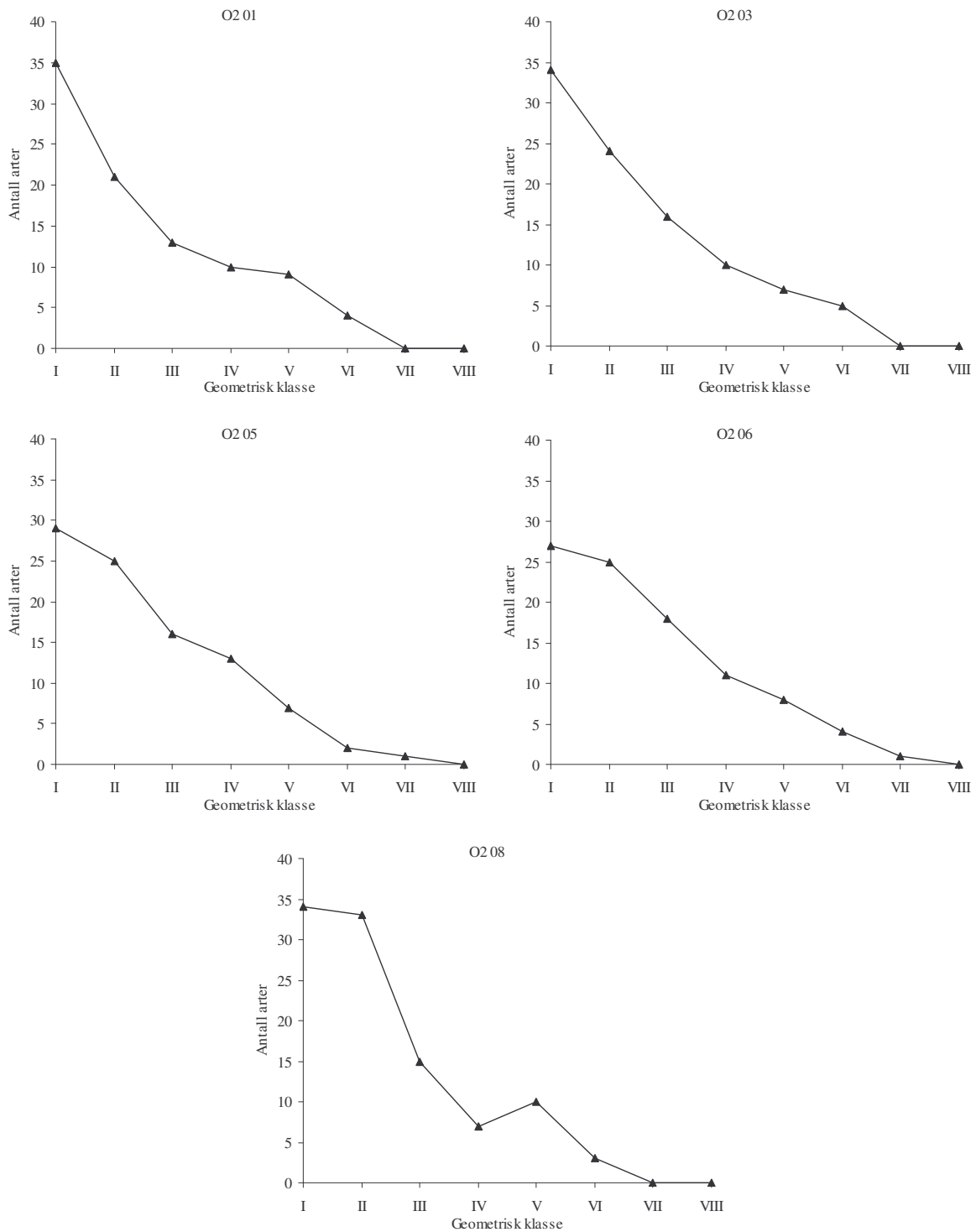
Tabell 6.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Troll O2 i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

O2-01	Antall individer	%	Kum %	O2-03	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira eumyaria</i>	52	8,3	8,3	<i>Thyasira ferruginea</i>	49	7,5	7,5
<i>Thyasira ferruginea</i>	51	8,1	16,3	<i>Thyasira eumyaria</i>	45	6,8	14,3
<i>Terebellides stroemi</i>	48	7,6	24,0	<i>Terebellides stroemi</i>	41	6,2	20,5
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	35	5,6	29,5	<i>Kelliella abyssicola</i>	36	5,5	26,0
<i>Heteromastus filiformis</i>	28	4,4	34,0	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	32	4,9	30,9
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	27	4,3	38,3	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	29	4,4	35,3
<i>Kelliella abyssicola</i>	26	4,1	42,4	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	27	4,1	39,4
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	23	3,7	46,0	<i>Abra nitida</i>	26	4,0	43,4
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	20	3,2	49,2	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	21	3,2	46,6
<i>Amphilepis norvegica</i>	19	3,0	52,2	<i>Heteromastus filiformis</i>	20	3,0	49,6

O2 05	Antall individer	%	Kum %	O2 06	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	64	10,2	10,2	<i>Thyasira ferruginea</i>	68	9,7	9,7
<i>Kelliella abyssicola</i>	47	7,5	17,6	<i>Thyasira eumyaria</i>	57	8,1	17,9
<i>Thyasira eumyaria</i>	36	5,7	23,4	<i>Kelliella abyssicola</i>	40	5,7	23,6
<i>Abra nitida</i>	30	4,8	28,1	<i>Terebellides stroemi</i>	36	5,1	28,7
<i>Terebellides stroemi</i>	24	3,8	32,0	<i>Heteromastus filiformis</i>	32	4,6	33,3
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	22	3,5	35,5	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	29	4,1	37,4
<i>Heteromastus filiformis</i>	22	3,5	39,0	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	25	3,6	41,0
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	20	3,2	42,1	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	24	3,4	44,4
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	20	3,2	45,3	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	23	3,3	47,7
<i>Chaetozone jubata</i>	18	2,9	48,2	<i>Abra nitida</i>	19	2,7	50,4

O2 08	Antall individer	%	Kum %
<i>Terebellides stroemi</i>	54	8,3	8,3
<i>Thyasira ferruginea</i>	51	7,9	16,2
<i>Kelliella abyssicola</i>	48	7,4	23,6
<i>Thyasira eumyaria</i>	30	4,6	28,3
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	26	4,0	32,3
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	26	4,0	36,3
<i>Amphilepis norvegica</i>	25	3,9	40,2
<i>Heteromastus filiformis</i>	24	3,7	43,9
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	24	3,7	47,6
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	20	3,1	50,7

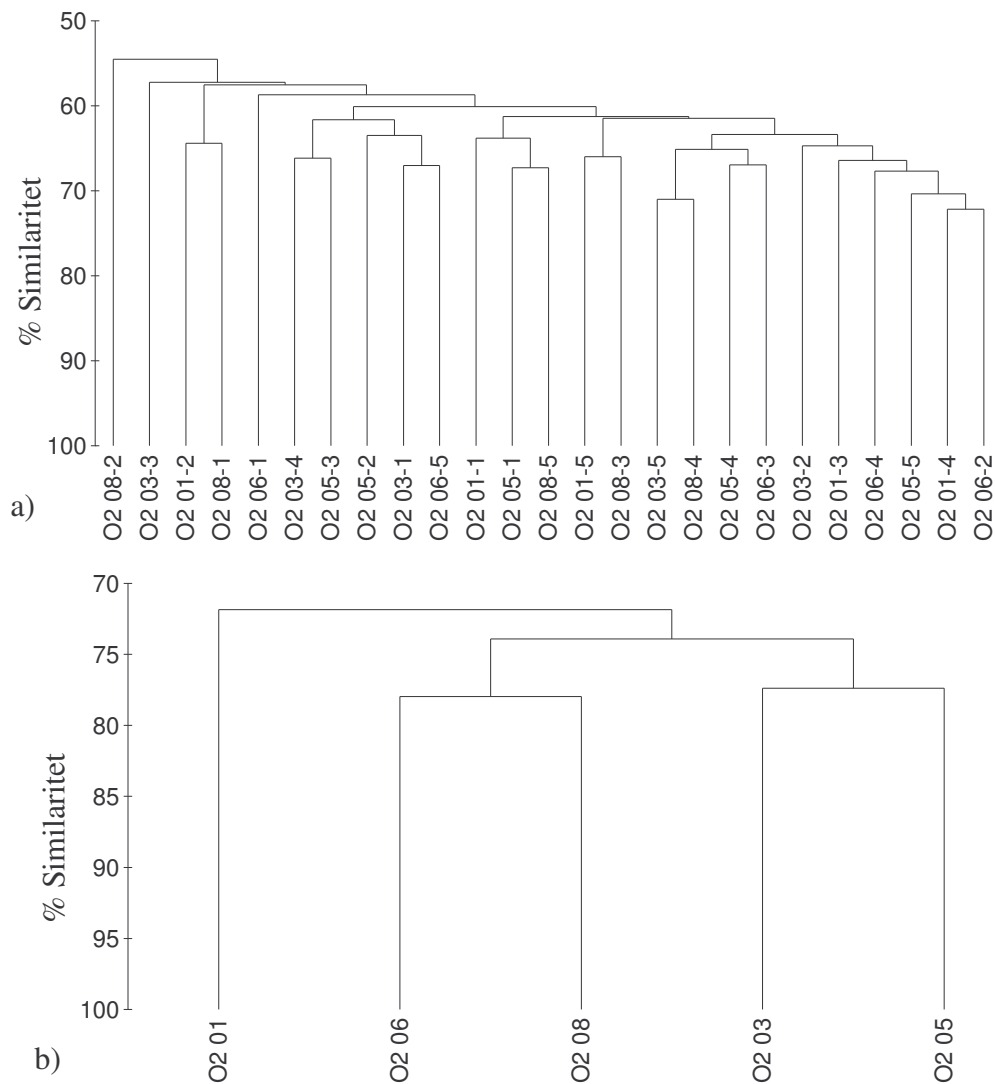
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 6.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2007.



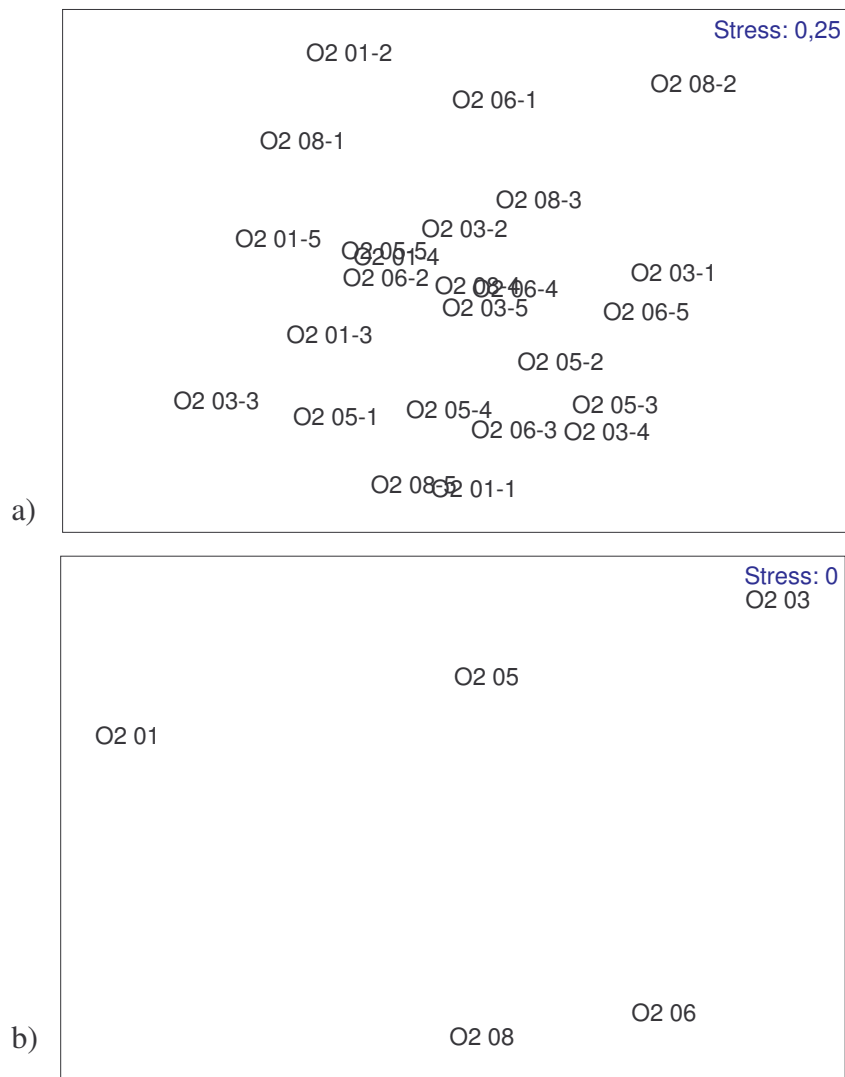
Figur 6.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Troll O2 i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen.

Resultatet fra cluster- og MDS-analysene vises i henholdsvis Figur 6.11 og Figur 6.12.

Både i cluster- og MDS-analysene beregnet på hugg nivå blander huggene fra de undersøkte stasjonene seg. Dette viser at faunaen var lik og jevnt fordelt på feltet. Faunalikheten i clusteranalysene var om lag 54 % for analysene utført på hugg nivå og 72 % for analysene utført på stasjonsnivå. Stor faunalikhet blant de feltspesifikke stasjonene tyder på relativt like miljøforhold på alle stasjoner i 2007.



Figur 6.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Troll O2 a) for hvert enkelt hugg og b) på stasjonsnivå. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert.



Figur 6.12. MDS-plott som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Troll O2 i 2007 **(a)** for hver enkel prøve og **(b)** på stasjonsnivå. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Stressfaktor var 0,25 for huggnivå (a) og 0 for stasjonsnivå (b).

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse og BIOENV.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2007 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,0). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at ingen av miljøvariablene hadde signifikant sammenheng med bunnfauna.

BIOENV viste svak korrelasjon mellom de undersøkte miljøparametrene og bunnfaunaen (Tabell 6.10).

Resultatet viser at det er ubetydelig kobling mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfauna.

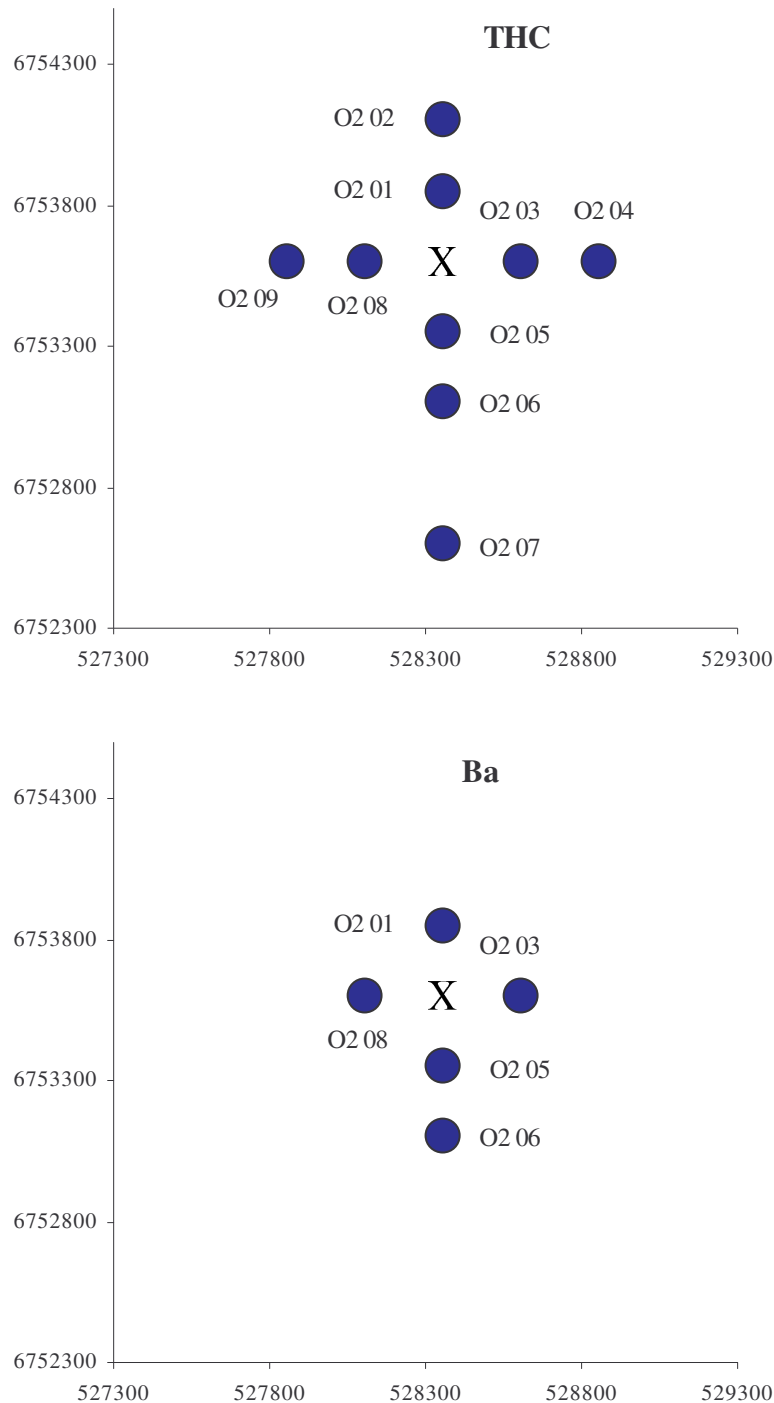
Tabell 6.10. Resultatet fra BIOENV analysen hvor ulike kombinasjoner av miljøvariablene: pelitt, TOM, median, barium, bly, kadmium, kobber, krom, sink, og THC ble korrelert mot bunnfauna fra de feltspesifikke stasjonene i 2007. Korrelasjonskoeffisienter (ρ_w) for de ulike enkeltvariablene og for de ni kombinasjonene av variabler som gav høyest korrelasjon med bunnfauna er oppgitt i tabellen. Metallene og THC ble log (x+1) transformert før analyse, resten var uttransformert. Normalisert Euclids avstand ble benyttet på miljøvariablene. Artsdata ble fjerderottransformert og Bray-Curtis similaritet ble beregnet. Veiet Spearmans korrelasjon ble brukt i analysen.

Antall variabler	Korrelasjonskoeffisient	Miljøvariabler									
1	0,363	TOM									
1	0,150	Pelitt									
1	0,150	Median									
1	-0,045	Cd									
1	-0,159	Ba									
1	-0,272	Pb									
1	-0,373	THC									
1	-0,399	Cu									
1	-0,401	Zn									
1	-0,637	Cr									
2	0,338	Pelitt	TOM								
3	0,425	Median	Pelitt	TOM							
4	0,386	THC	Median	Pelitt	TOM						
5	0,369	Ba	THC	Median	Pelitt	TOM					
6	0,084	Ba	Cd	THC	Median	Pelitt	TOM				
7	-0,143	Ba	Pb	Cr	THC	Median	Pelitt	TOM			
8	-0,236	Ba	Cd	Cu	Zn	THC	Median	Pelitt	TOM		
9	-0,392	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	Median	Pelitt	TOM	
10	-0,580	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	THC	Median	Pelitt	TOM

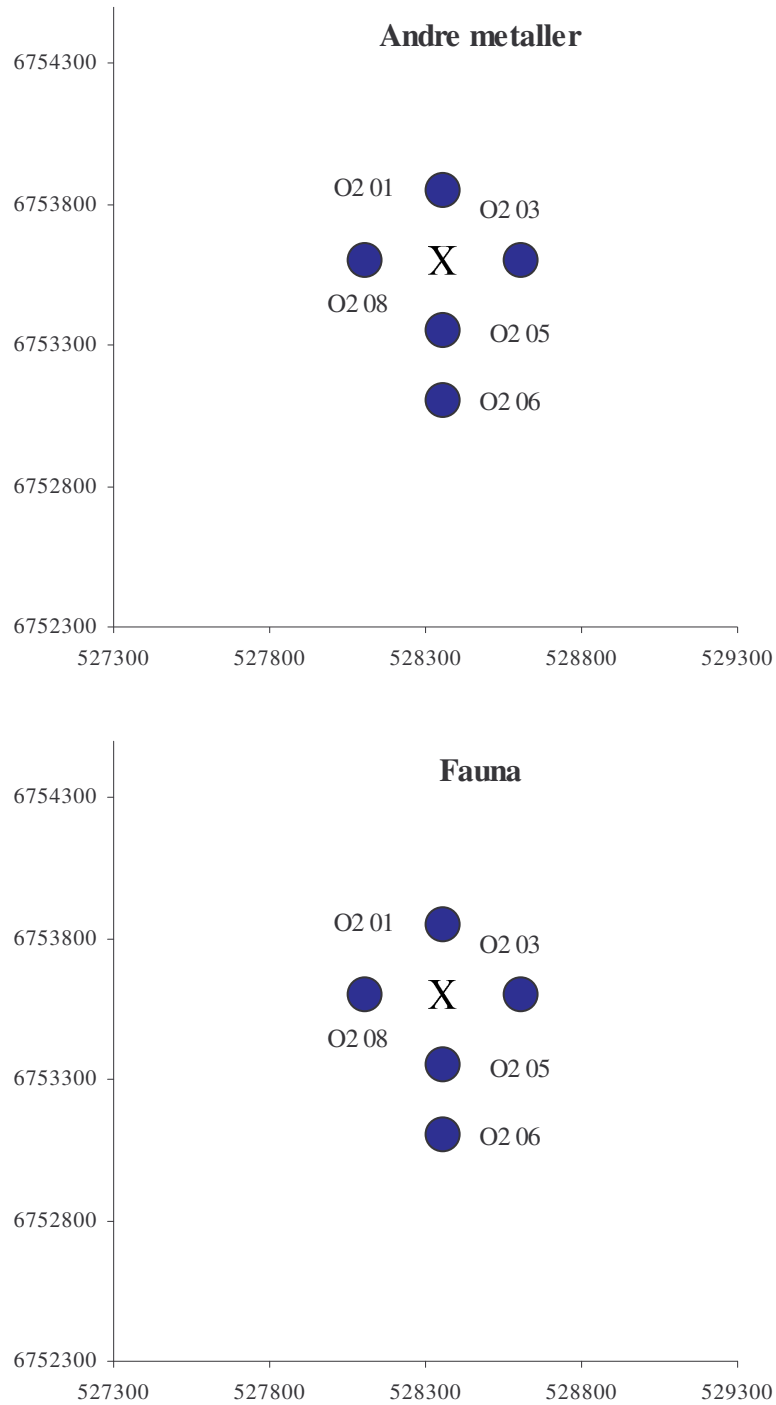
6.2.6 Beregning av påvirket areal

Eventuell utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 6.13 og Tabell 6.11. Tabell 6.11 inneholder også opplysninger om størrelsen på arealet som ble beregnet som påvirket.

Ut fra LSC beregningene foretatt for region III i 2004 (LSC Subregion_{dyp 98-04}), var ikke sedimentet kontaminert med noen av de undersøkte kjemiske parametrene. Det ble heller ikke funnet at faunaen var forstyrret.



Figur 6.13. Ingen av de undersøkte stasjonene hadde konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion_{dyp 98-04}.



Figur 6.13 fortsetter. Ingen av de metallene sedimentet ble undersøkt for, hadde konsentrasjoner som var over den beregnede LSC verdien fra 2004 (LSC Subregion _{dyp 98-04}). Faunaen var uforstyrret på alle stasjonene.

Tabell 6.11. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2007, samt beregnet areal med påvirkning rundt installasjonen fra 2007.

Troll O2	N m	Ø m	S m	V m	2006 km ²
THC	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0	0
Andre metall	0	0	0	0	0
Fauna	0	0	0	0	0

6.3 Sammendrag og konklusjon

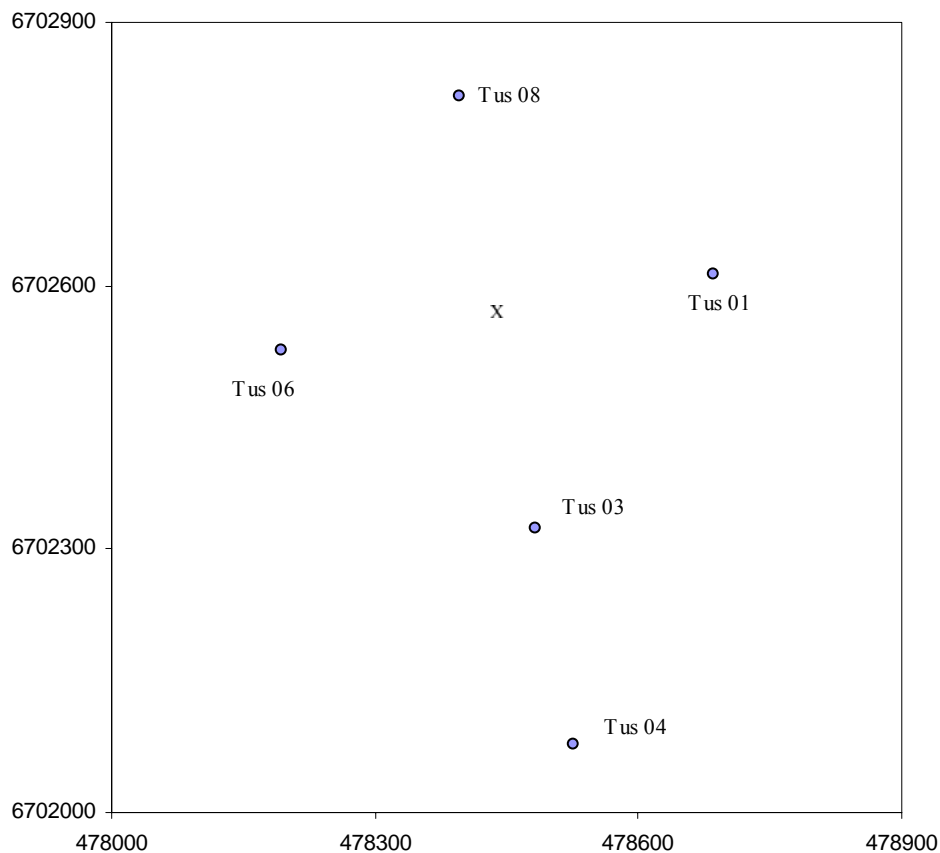
I 2007 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Troll O2. Innsamlingspunktene rundt senteret for stasjonsnettet var lagt ut i et aksekors med installasjonen i sentrum.

Undersøkelsen avdekket ingen kontaminering av de målte kjemiske parametrene. Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.

7. Tune Sør

7.1 Introduksjon

Tune Sør Satellitt ligger ca 2,7 km fra Tune Main i blokk 30/5, 30/6 og 30/8. Det er planlagt å bore en brønn ved Tune Sør, for produksjon av gass og kondensat. Borestart er planlagt september 2008 og skal være ferdig i januar 2009. Det ble gjennomført grunnlagsundersøkelse ved Tune Main i 2001 og oppfølgende undersøkelse i 2007. Ut fra dette ble det bare tatt prøver fra fem stasjoner for grunnlagsundersøkelsen ved Tune Sør. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til prøvetakings-programmet. Figur 7.1 viser prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til senter og i forhold til hverandre. Det foreligger ingen bore- og utslippshistorikk.



Tune Sør	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) / Retning (°)	Dyp (m)
	N	Ø		
TUS 01	6702613	478686	250/80	89
TUS 03	6702324	478483	250/170	89
TUS 04	6702078	478527	500/170	89
TUS 06	6702527	478194	250/260	89
TUS 08	6702816	478397	250/350	88

Figur 7.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Tune Sør i forhold til senteret for stasjonsnettet (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

7.2 Resultater

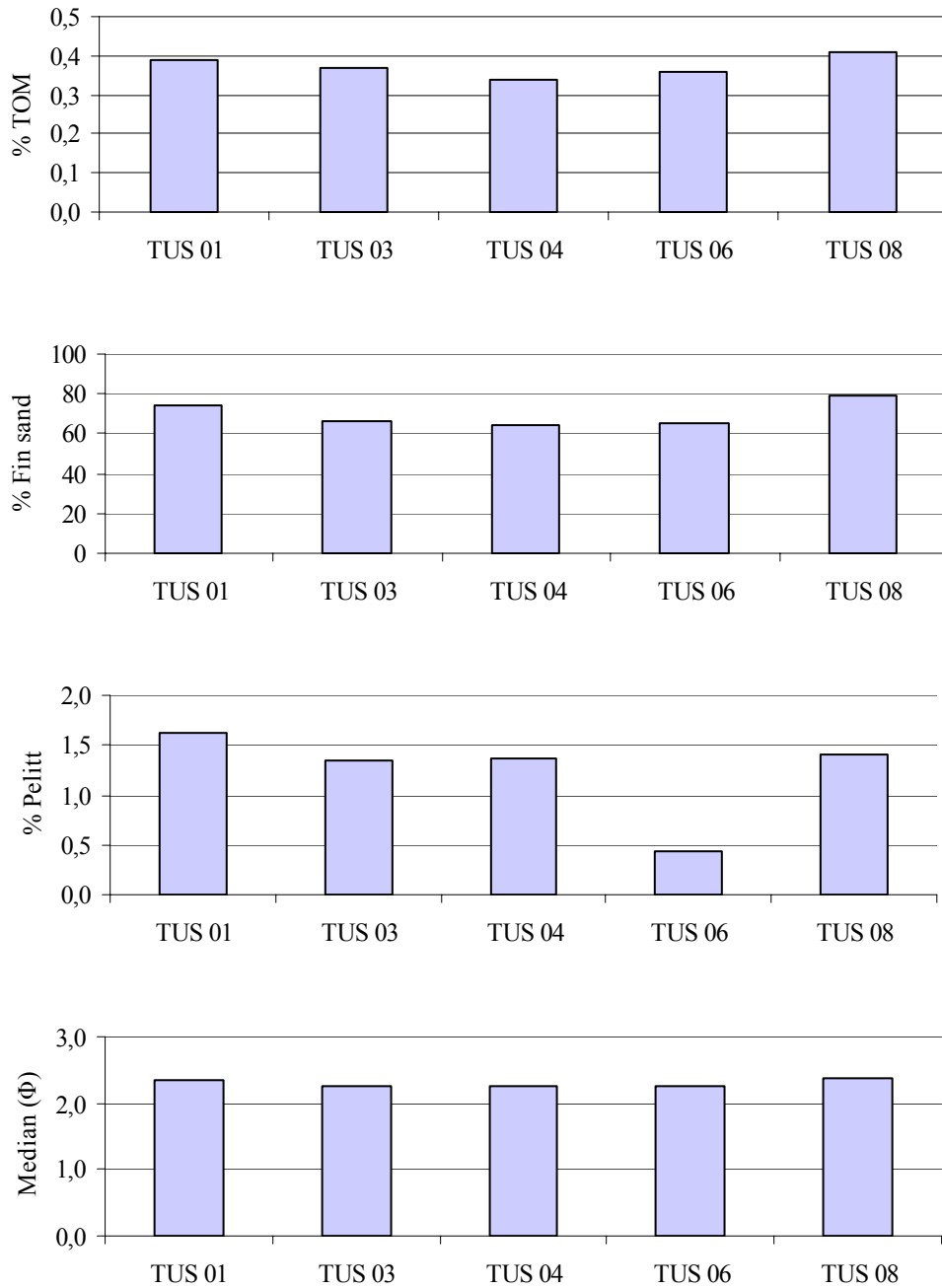
7.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2007 er vist i Tabell 7.1. I Figur 7.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Tune sør hadde et TOM-innhold fra 0,34 % til 0,41 %. Sandinnholdet varierte fra 98,1 % til 99,5 % og pelittinnholdet varierte mellom 0,43 % og 1,62 %. Medianen (Φ) var fra 2,25 til 2,39.

Tabell 7.1. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Tune sør i 2007. Det er beregnet gjennomsnitt (snitt), standardavvik (sd) og maksimum (maks) og minimum (min) for feltet.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median	Sorting	Skewness	Kurtosis
TUS 01	0,39	0,01	98,36	1,62	2,35	0,56	-0,26	1,08
TUS 03	0,37	0,01	98,64	1,34	2,27	0,60	-0,23	0,85
TUS 04	0,34	0,49	98,13	1,38	2,25	0,61	-0,21	0,82
TUS 06	0,36	0,04	99,53	0,43	2,25	0,60	-0,21	0,82
TUS 08	0,41	0,00	98,59	1,40	2,39	0,52	-0,24	1,12
snitt	0,37	0,11	98,65	1,24	2,30	0,58	-0,23	0,94
sd	0,03	0,21	0,53	0,46	0,06	0,04	0,02	0,15
min	0,34	0,00	98,13	0,43	2,25	0,52	-0,26	0,82
maks	0,41	0,49	99,53	1,62	2,39	0,61	-0,21	1,12



Figur 7.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Tune sør i 2007.

7.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Tune sør i 2007

Det ble ikke beregnet LSC av de innsamlede dataene fra 2007, se under materiale og metoder. For å vurdere hvor høyt innholdet av de målte kjemiske parametrene i sedimentet fra Tune sør var, ble det benyttet beregnet LSC fra overvåkingen av Region III i 2004 (Tabell 7.2). I 2004 ble Region III delt inn i to subregioner (Mannvik et. al 2005). Ut fra sedimentkarakteristikker og dyp ble Tune sør vurdert å høre til den grunne subregionen fra 2004 (LSC Subregion_{grunn} 98-04).

Tabell 7.2. "Limit of Significant Contamination" (LSC) fra overvåkingen av Region III i 2004. Region III ble i 2004 delt inn i to subregioner. Tune sør ble vurdert å tilhøre den grunne subregionen (LSC Subregion_{grunn} 98-04). Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

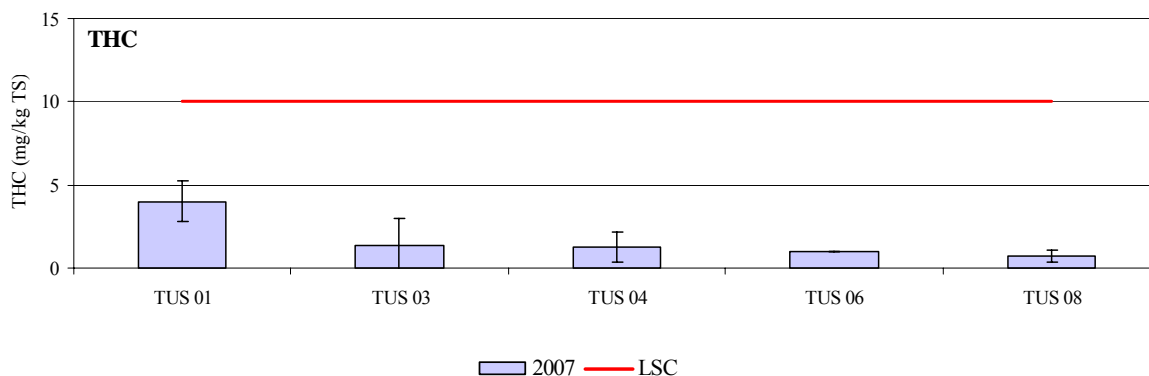
	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC 98-04 grunn RegIII	10	0,035	0,02	177	5,5	0,028	1,8	6,7	0,01	6,9
LSC 98-04 dyp RegIII	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43	0,053	87,4

7.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 7.3 sammen med målingene av PAH og NPD fra to stasjoner. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 7.4. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 7.3 vises THC innholdet og i Figur 7.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2007.

THC ble ikke detektert på stasjonen TUS 06 og på TUS 08 ble det bare detektert THC i en parallell. Den høyeste verdien ble målt på TUS 01 med 4,0 mg/kg. Sedimentet fra TUS 03 og TUS 04 hadde et innhold av PAH på henholdsvis 0,013 mg/kg og 0,004 mg/kg, og NPD 0,006 mg/kg, og 0,007 mg/kg.

I de seksjonerte prøvene var det en liten økning i THC innholdet nedover i sedimentet på TUS 03. Ellers var det små eller ingen endringer i konsentrasjonen av de undersøkte parametrene nedover i sedimentet.



Figur 7.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Tune sør i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i 2004. Innholdet av THC på TUS 06 ble satt til deteksjonsgrensen da THC ikke ble detektert på denne stasjonen.

Tabell 7.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Tune sør i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

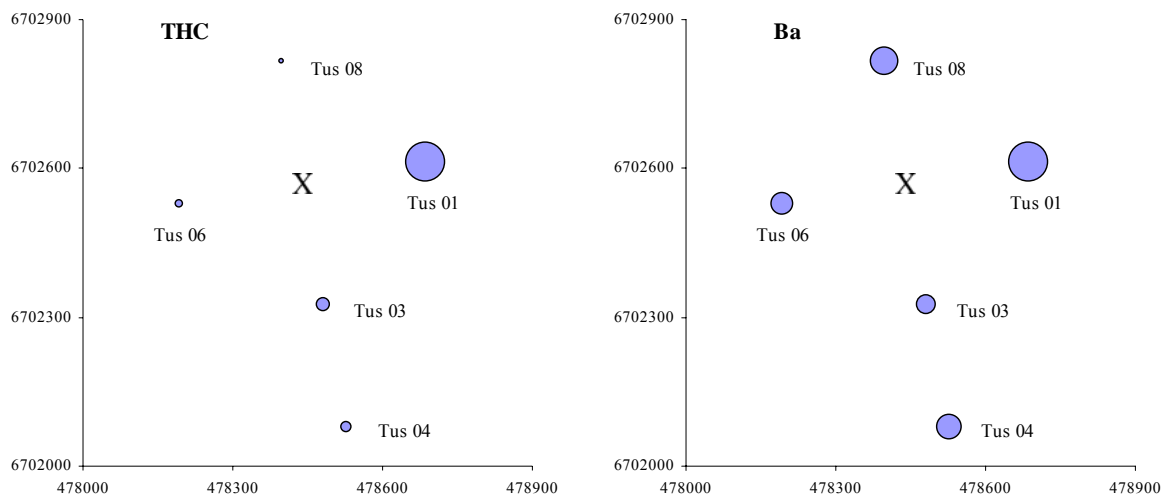
Tune sør	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
TUS 01	4,0	1,2	i.a.		i.a.	
TUS 03	1,4	1,6	0,010	0,000	0,006	0,000
TUS 04	1,3	0,9	0,004	0,001	0,007	0,001
TUS 06	<1,0	-	i.a.		i.a.	
TUS 08	<1,0	0,3	i.a.		i.a.	
snitt±s.d.	2,2±1,5		-		-	
min-maks	<1,0±4,0		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 7.4. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på TUS 03 og TUS 04 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
TUS 03	(0-1cm)	< 1,0	< 0,020	0,006
	(1-3cm)	2,9	0,005	0,007
	(3-6cm)	4,3	0,005	0,008
TUS 04	(0-1cm)	< 1,0	0,003	0,006
	(1-3cm)	2,7	0,002	0,007
	(3-6cm)	< 1,0	0,007	0,006



Figur 7.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Tune sør i 2007. Senteret for stasjonsnettet er markert med x.

7.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 7.5. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 7.6. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 7.5 vises bariuminnholdet i 2007 og i Figur 7.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2007. I Figur 7.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2007.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 5,1 til 9,5 mg/kg og bly ble påvist i konsentrasjoner mellom 1,9 og 2,1 mg/kg. Kadmium varierte mellom 0,010 og 0,052 mg/kg hvor den høyeste verdien var over LSC. Kobber varierte mellom 0,2 og 0,4 mg/kg og krom mellom 4,2 og 4,8 mg/kg. Kvikksølv ble målt på TUS 03 og TUS 04 med konsentrasjoner på 0,001 mg/kg på begge. Konsentrasjonen av sink varierte fra 2,5 til 3,2 mg/kg (Tabell 7.5).

Innholdet barium var litt høyere i 3-6 cm sjiktet sammenlignet med 0-1 og 1-3 cm sjiktene. Konsentrasjonene av de andre undersøkte metallene endret seg lite nedover i sedimentet.

Tabell 7.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Tune sør i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

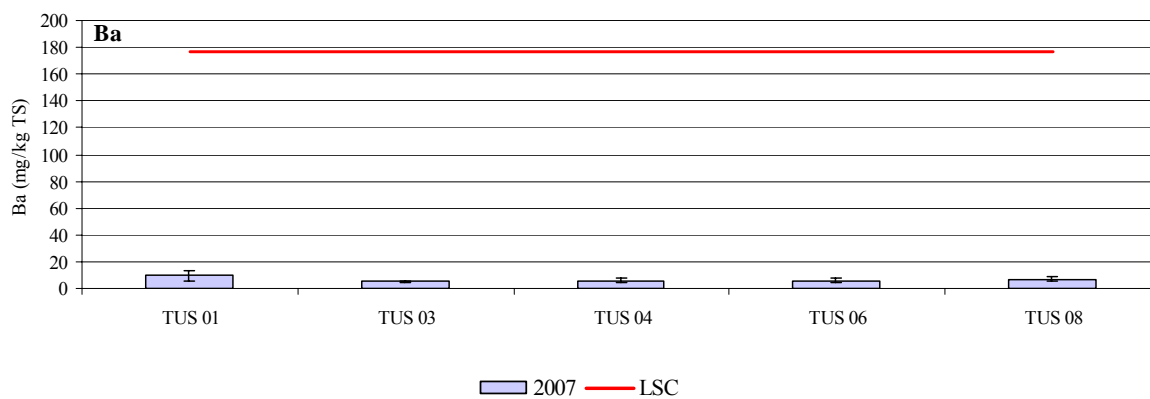
Tune Sør	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
TUS 01	9,5	3,7	1,9	0,1	0,020	0,011	0,4	0,1	4,7	0,1	i.a.		3,0	0,2
TUS 03	5,1	0,7	2,1	0,1	0,010	0,002	0,2	0,0	4,5	0,1	0,001	0,000	2,5	0,1
TUS 04	6,1	1,6	2,1	0,1	0,012	0,007	0,2	0,0	4,7	0,0	0,001	0,000	2,7	0,1
TUS 06	5,8	1,8	1,9	0,2	0,052	0,028	0,3	0,1	4,2	0,3	i.a.		3,2	0,5
TUS 08	7,0	1,8	1,9	0,1	0,022	0,012	0,3	0,1	4,8	0,1	i.a.		3,1	0,4
snitt±s.d.	6,7±1,7		2,0±0,1		0,023±0,017		0,3±0,1		4,6±0,2		-		2,9±0,3	
min-maks	5,1 - 9,5		1,9 - 2,1		0,010 - 0,052		0,2 - 0,4		4,2 - 4,8		-		2,5 - 3,2	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

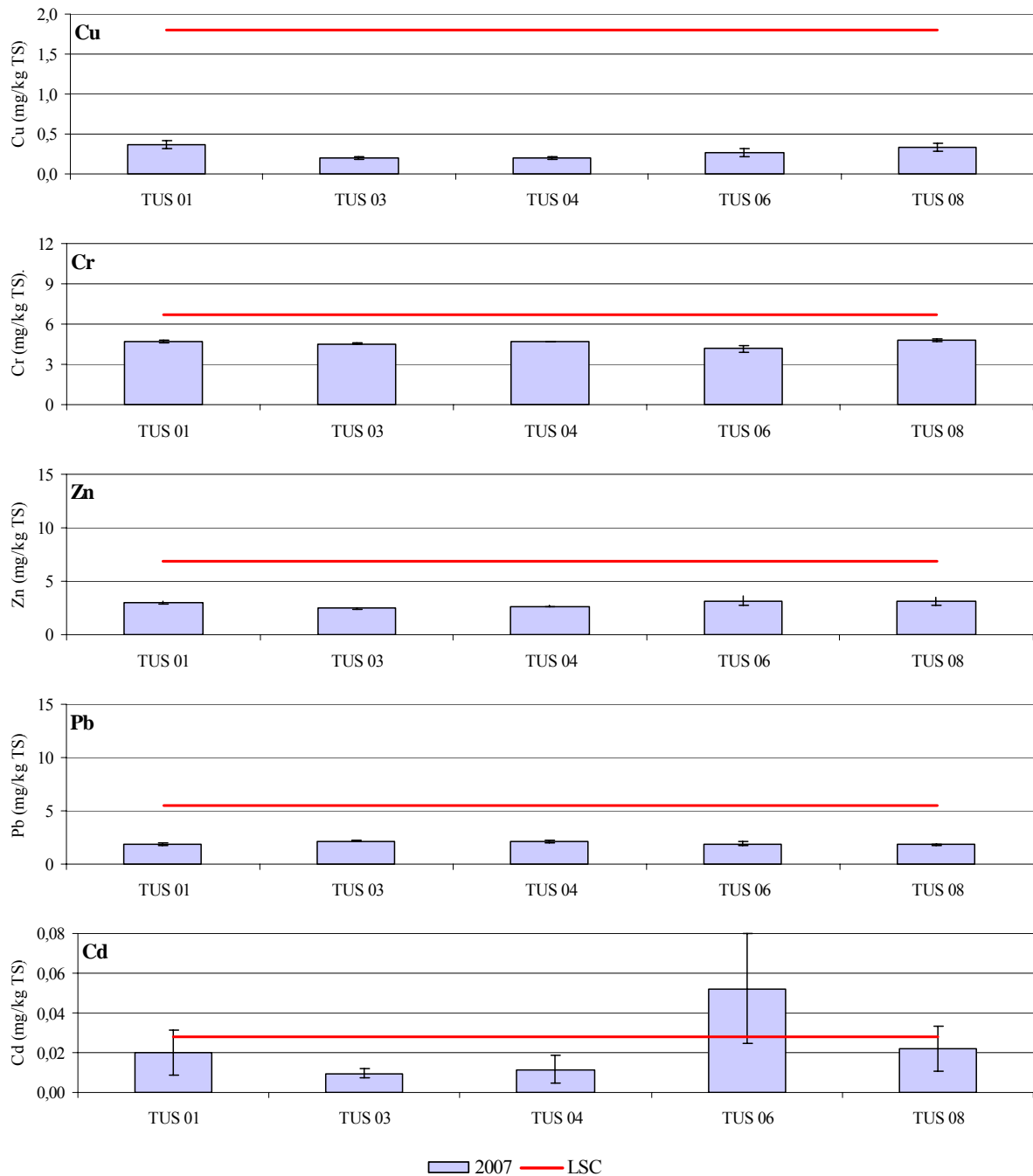
- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 7.6. Vertikalfordelingen av barium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv og sink i sedimentet på TUS 03 og TUS 04 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
TUS 03	(0-1cm)	5,9	2,1	0,009	0,2	4,5	0,001	2,5
	(1-3cm)	5,0	2,2	0,019	0,3	4,5	0,001	2,6
	(3-6cm)	7,9	2,1	0,059	0,2	4,5	0,001	2,6
TUS 04	(0-1cm)	5,7	2,2	0,008	0,2	4,7	0,001	2,6
	(1-3cm)	7,2	2,3	0,012	0,2	4,9	0,001	2,7
	(3-6cm)	11,2	2,3	0,007	0,3	4,7	0,001	2,7

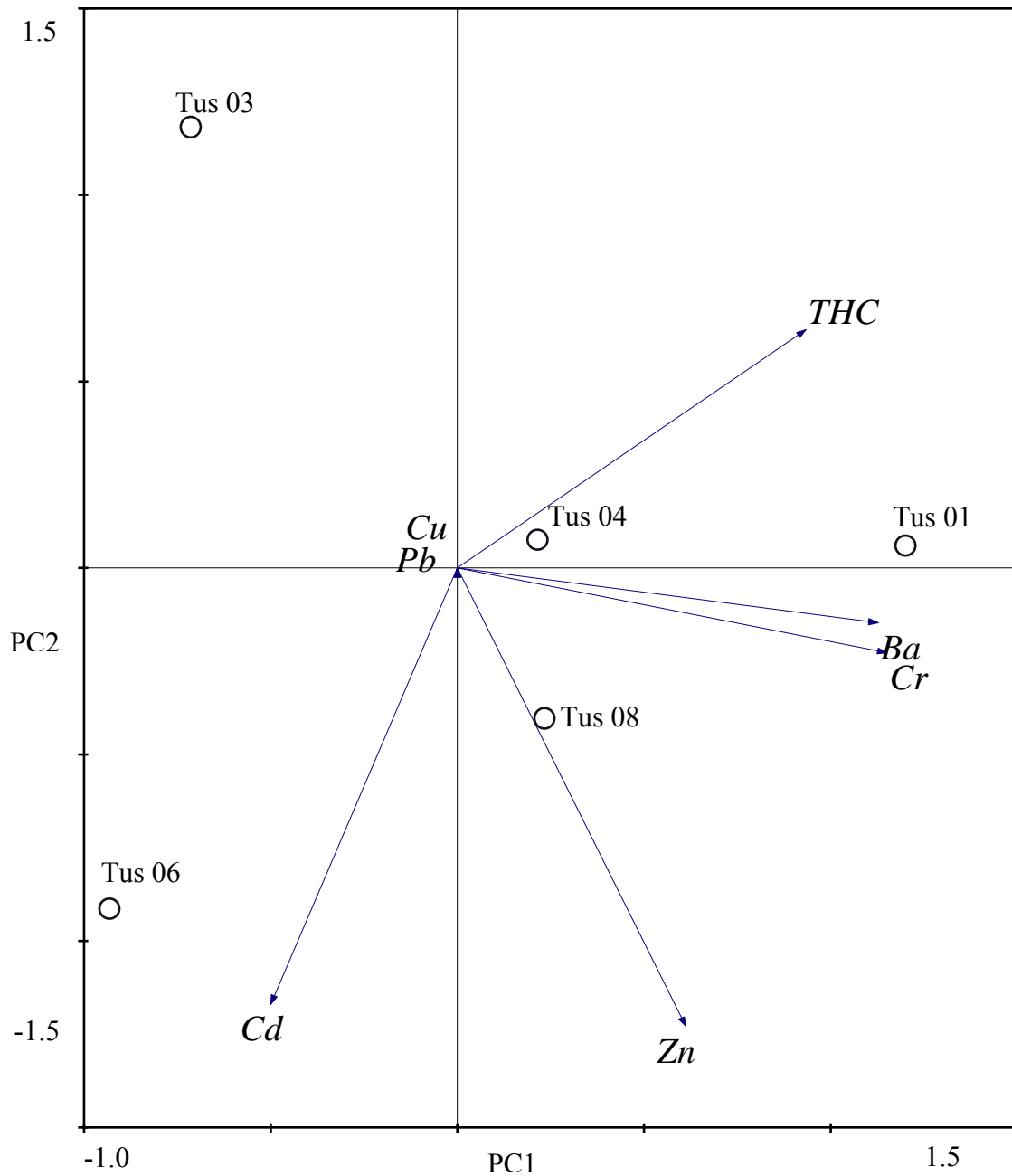


Figur 7.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Tune sør i 2007.



Figur 7.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Tune sør i 2007.

I Figur 7.7 vises et PCA plott hvor stasjonene på feltet grupperes i forhold til innholdet av THC og metall i sedimentet.



Figur 7.7. To dimensjonalt biplott fra PCA-analyse av fordelingen av THC og metaller blant stasjonene ved Tune Sør i 2007. PC1-aksen forklarer 34,1 % av variasjonen og PC2-aksen forklarer 23,1 % av variasjonen i datasettet. Totalt forklarer PC1- og PC2-aksene 57,2 % av variasjonen i materiale. Kjemi-dataene er Log x+1 transformert.

7.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 7.7. Komplette artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. Juvenile individ av pigghuden Spatangoida (6214 individer), Spatangus sp. (135 individer) og Echinoida (154 individer) er tatt ut før videre behandling av materialet fra Tune Sør. Totalt ble 12103 individer fordelt på 158 taksa identifisert i prøvene fra Tune Sør i 2007. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 54 % av alle individ og 42 % av alle taksa.

Tabell 7.7. Antall individ i prøvene fra Tune Sør i 2007 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghuden Spatangoida (6214 individer), Spatangus sp. (135 individer) og Echinoida (154 individer) er utelatt.

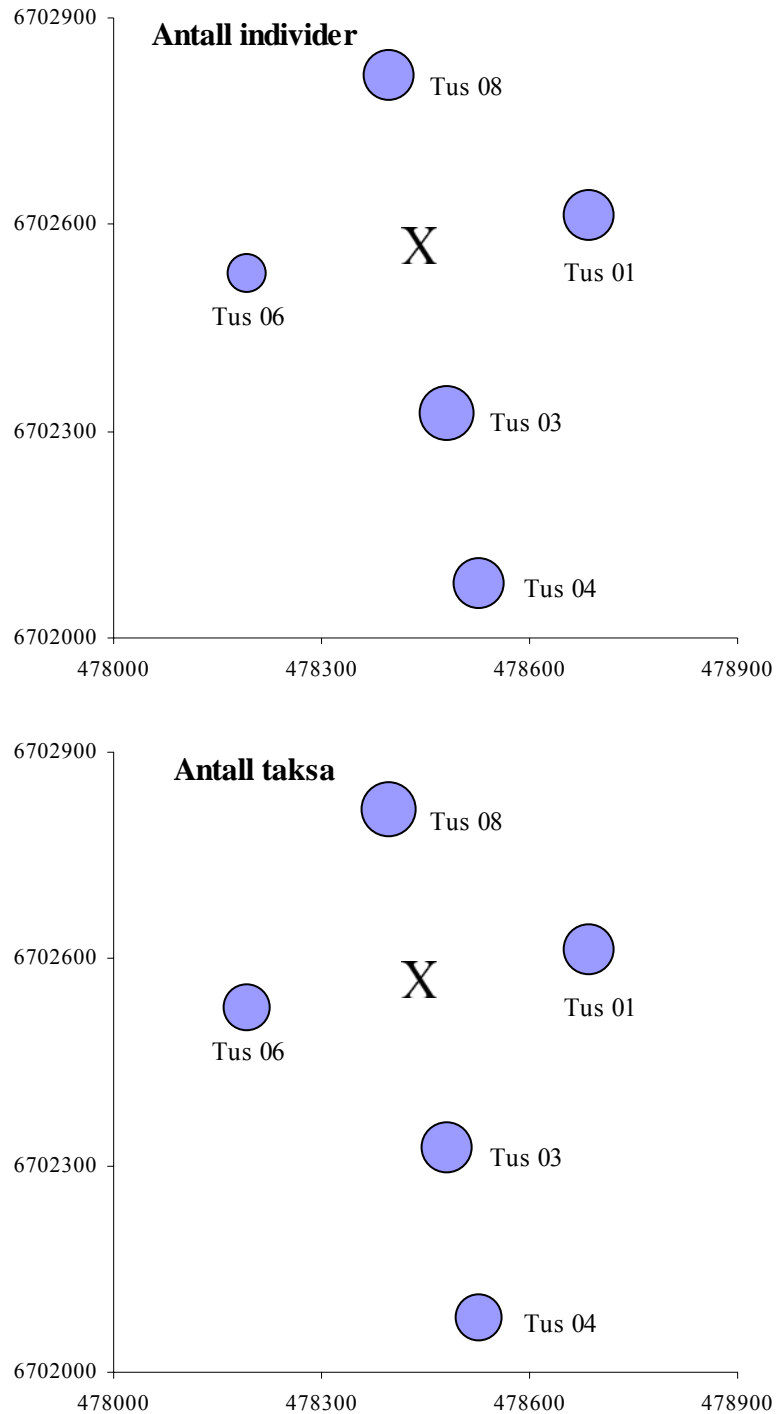
Større taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	6512	54	66	42
Arthropoda	270	2	44	28
Mollusca	1183	10	26	16
Echinodermata	3357	28	8	5
Diverse grupper	781	6	14	9
Total	12103	100	158	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Tune Sør vises i Figur 7.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 7.8 og Figur 7.9. Antall individ varierte mellom 1930 og 2671, og antall taksa varierte mellom 76 og 89. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 3,53 og 3,94, og ES_{100} varierte mellom 20,3 og 24,2. Jevnheten varierte mellom 0,56 og 0,62.

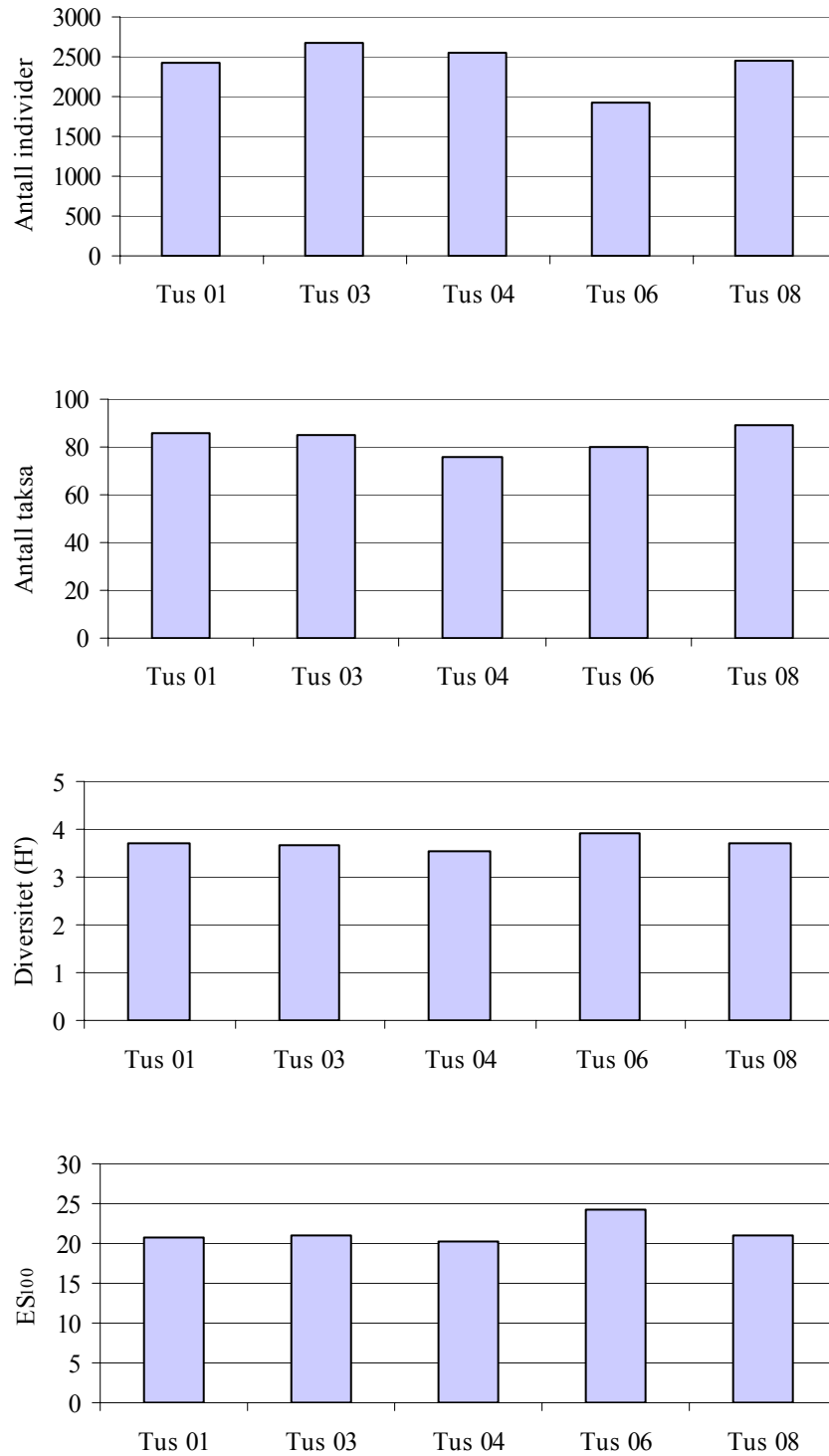
Slangestjernen *Ophiura affinis* var den mest tallrike arten på de fem undersøkte stasjonene på Tune Sør i 2007 (Tabell 7.9). Børstemarken *Owenia borealis* var den nest mest tallrike arten utenom på Tus 08, hvor børstemarken *Spiophanes bombyx* var den nest mest tallrike.

Tabell 7.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES₁₀₀ på stasjonene ved Tune Sør i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida, *Spatangus* sp og Echinoida er utelatt.

	Antall individer	Antall arter	Dibversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES₁₀₀
Tus 01	2424	86	3,71	0,58	6,43	20,8
Tus 03	2671	85	3,68	0,57	6,41	20,9
Tus 04	2538	76	3,53	0,56	6,25	20,3
Tus 06	1930	80	3,94	0,62	6,32	24,2
Tus 08	2458	89	3,70	0,57	6,48	20,9
Snitt	2404	83	3,71	0,58	6,38	21,4
Sd	282	5	0,15	0,02	0,09	1,6
Min	1930	76	3,53	0,56	6,25	20,3
Maks	2671	89	3,94	0,62	6,48	24,2



Figur 7.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Tune Sør i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida, Spatangus sp og Echinoida er utelatt.



Figur 7.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Tune Sør i 2007. Alle tall per $0,5 \text{ m}^2$. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida, Spatangus sp og Echinoida er utelatt.

Tabell 7.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Tune Sør i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppen Spatangoida, Spatangus sp og Echinoida er utelatt.

Tus 01	Antall	%	Kum %
<i>Ophiura affinis</i>	550	22,7	22,7
<i>Owenia borealis</i>	453	18,7	41,4
<i>Spiophanes bombyx</i>	417	17,2	58,6
<i>Pectinaria koreni</i>	253	10,4	69,0
<i>Abra prismatica</i>	147	6,1	75,1
<i>Edwardsia</i> sp.	68	2,8	77,9
<i>Chaetozone</i> sp.	65	2,7	80,6
<i>Lanice conchilega</i>	53	2,2	82,8
<i>Aonides paucibranchiata</i>	49	2,0	84,8
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	35	1,4	86,2

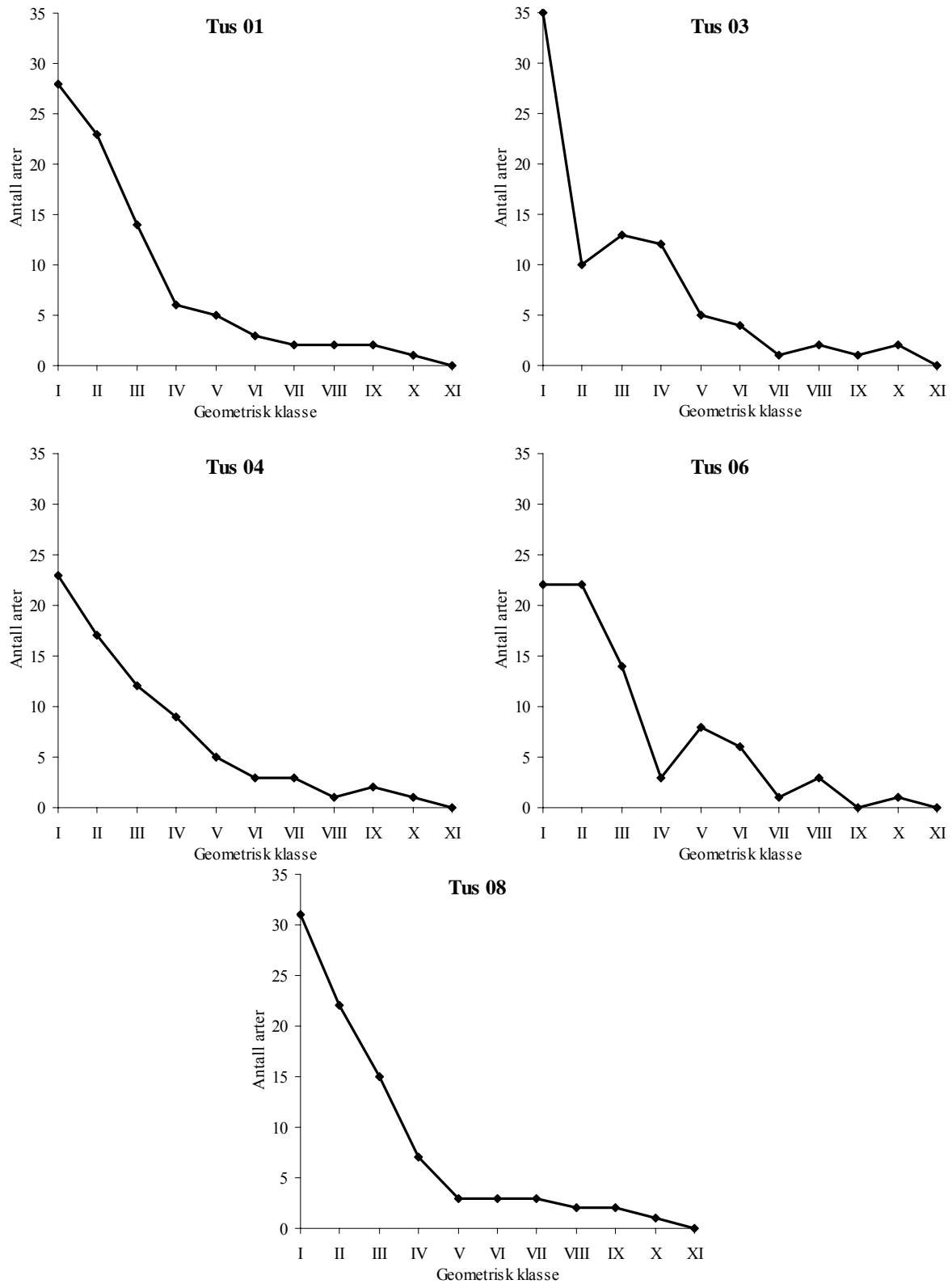
Tus 03	Antall	%	Kum %
<i>Ophiura affinis</i>	603	22,6	22,6
<i>Owenia borealis</i>	556	20,8	43,4
<i>Spiophanes bombyx</i>	456	17,1	60,5
<i>Pectinaria koreni</i>	221	8,3	68,7
<i>Abra prismatica</i>	187	7,0	75,7
<i>Edwardsia</i> sp.	79	3,0	78,7
<i>Chaetozone</i> sp.	62	2,3	81,0
<i>Aonides paucibranchiata</i>	52	1,9	83,0
<i>Cerianthus lloydii</i>	44	1,6	84,6
<i>Lanice conchilega</i>	34	1,3	85,9

Tus 04	Antall	%	Kum %
<i>Ophiura affinis</i>	783	30,9	30,9
<i>Owenia borealis</i>	468	18,4	49,3
<i>Spiophanes bombyx</i>	400	15,8	65,1
<i>Abra prismatica</i>	165	6,5	71,6
<i>Pectinaria koreni</i>	122	4,8	76,4
<i>Edwardsia</i> sp.	67	2,6	79,0
<i>Aonides paucibranchiata</i>	66	2,6	81,6
<i>Cerianthus lloydii</i>	49	1,9	83,5
<i>Chaetozone</i> sp.	40	1,6	85,1
<i>Spisula subtruncata</i>	37	1,5	86,6

Tus 06	Antall	%	Kum %
<i>Ophiura affinis</i>	584	30,3	30,3
<i>Owenia borealis</i>	245	12,7	43,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	236	12,2	55,2
<i>Pectinaria koreni</i>	132	6,8	62,0
<i>Abra prismatica</i>	104	5,4	67,4
<i>Spisula subtruncata</i>	61	3,2	70,6
<i>Edwardsia</i> sp.	58	3,0	73,6
<i>Cerianthus lloydii</i>	53	2,7	76,3
<i>Aonides paucibranchiata</i>	41	2,1	78,4
<i>Chaetozone</i> sp.	41	2,1	80,6

Tus 08	Antall	%	Kum %
<i>Ophiura affinis</i>	681	27,7	27,7
<i>Spiophanes bombyx</i>	395	16,1	43,8
<i>Owenia borealis</i>	390	15,9	59,6
<i>Pectinaria koreni</i>	223	9,1	68,7
<i>Abra prismatica</i>	129	5,2	74,0
<i>Chaetozone</i> sp.	77	3,1	77,1
<i>Aonides paucibranchiata</i>	70	2,8	79,9
<i>Edwardsia</i> sp.	68	2,8	82,7
<i>Spisula subtruncata</i>	45	1,8	84,5
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	35	1,4	86,0

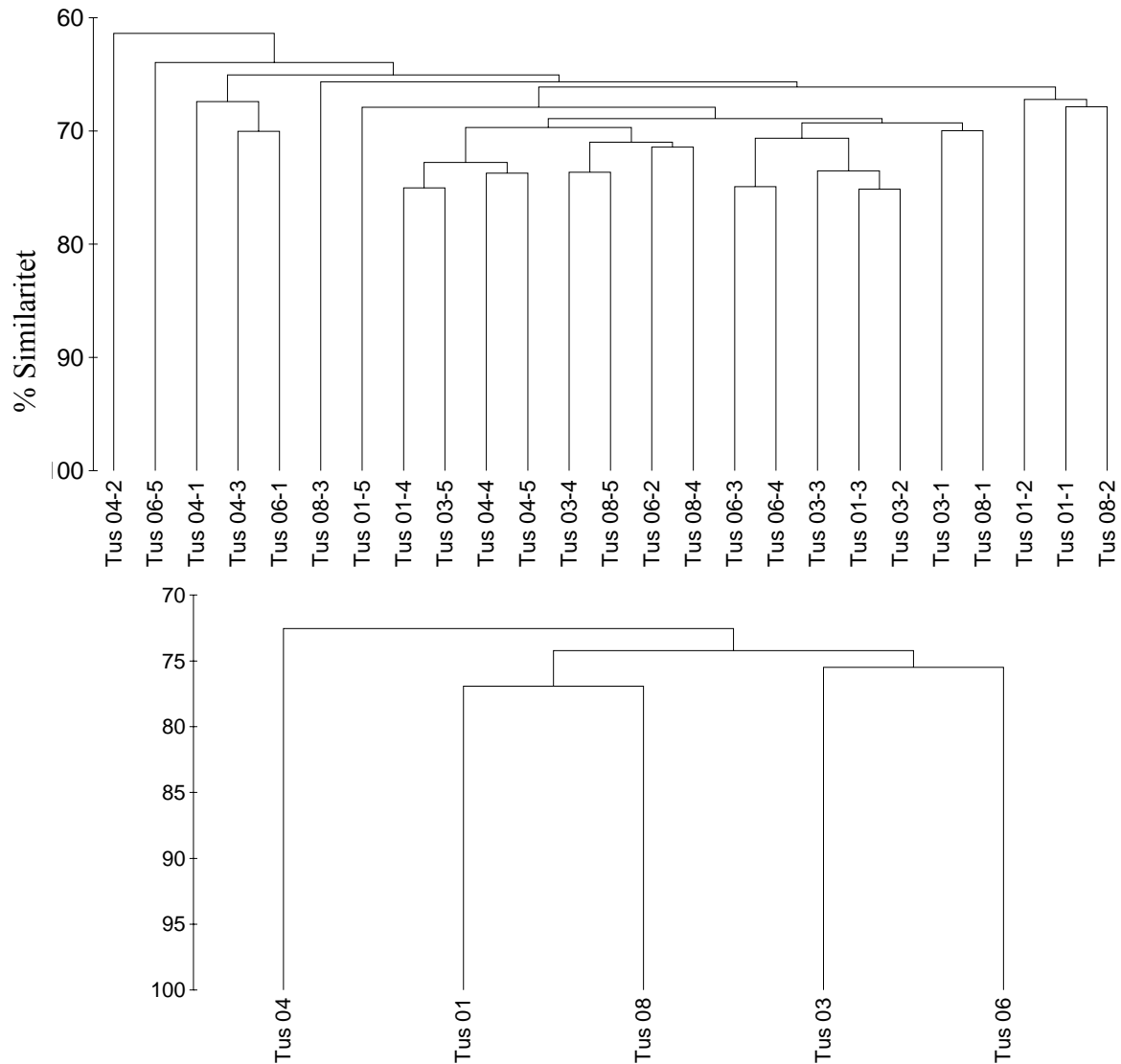
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 7.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2007.



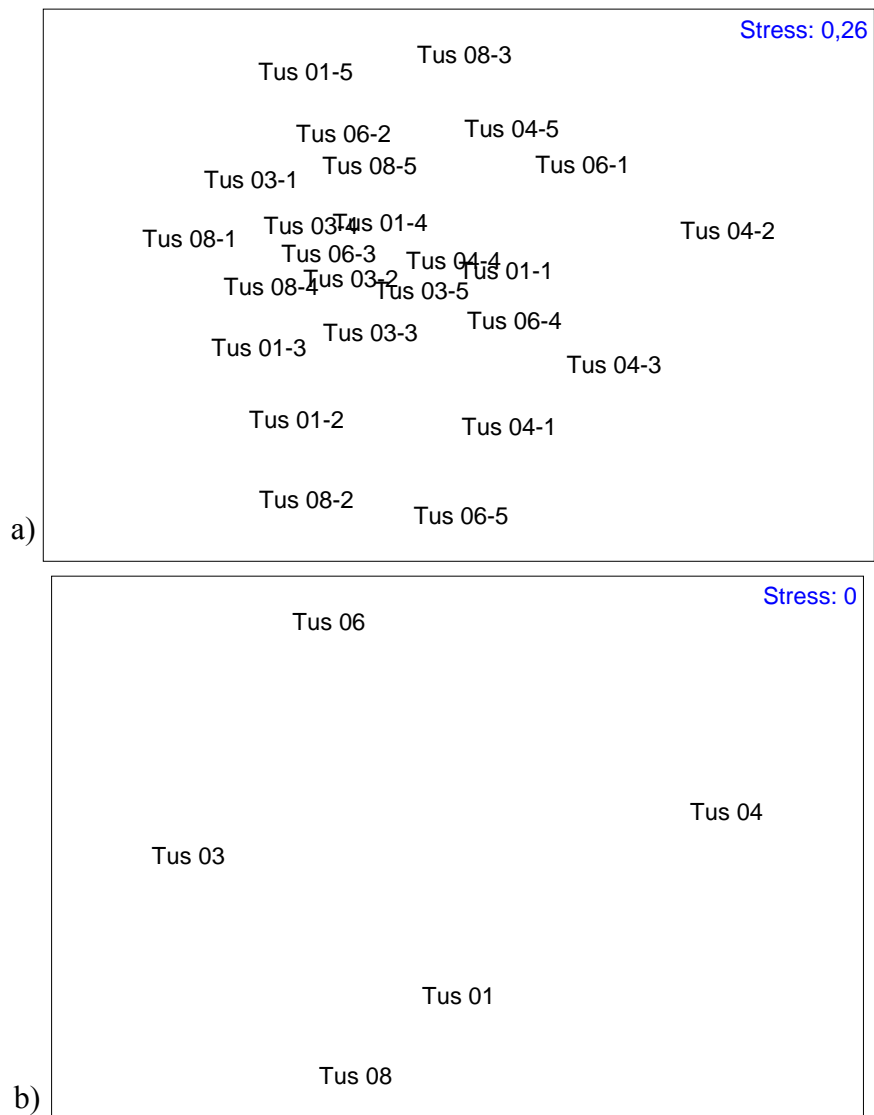
Figur 7.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Tune Sør i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida, *Spatangus* sp. og Echinoida er utelatt.

Resultatet fra cluster- og MDS-analysene vises i henholdsvis Figur 7.11 og Figur 7.12.

Både i cluster- og MDS-analysene beregnet på hugg nivå blander huggene fra de undersøkte stasjonene fra Tune Sør seg. Dette viser at faunasammensetningen var forholdsvis lik over hele feltet. Faunalikheten i clusteranalysene var om lag 61 % for analysene utført på hugg nivå og 72 % for analysene utført på stasjonsnivå. Stor faunalikhet blant de feltspesifikke stasjonene tyder på relativt like miljøforhold på alle stasjoner i 2007.



Figur 7.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Tune Sør i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppen *Spatangoida*, *Spatangus* sp. og Echinoida er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert.



Figur 7.12. MDS-plott som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra hvert enkelt hugg fra stasjonene ved Tune Sør i 2007 **(a)** på stasjonsnivå ved Tune Sør i 2007 **(b)**. Juvenile individ av *Spatangoida*, *Spatangus* sp. og *Echinoida* er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Stressfaktor var 0,26 for huggnivå (a) og 0 for stasjonsnivå (b).

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse og BIOENV.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2007 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,1). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at ingen av de undersøkte miljøvariablene hadde signifikant sammenheng med bunnfauna.

BIOENV viste også svak korrelasjon mellom de undersøkte miljøparametrene og bunnfaunaen (Tabell 7.10).

Resultatet viser at det er svak kobling mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfauna.

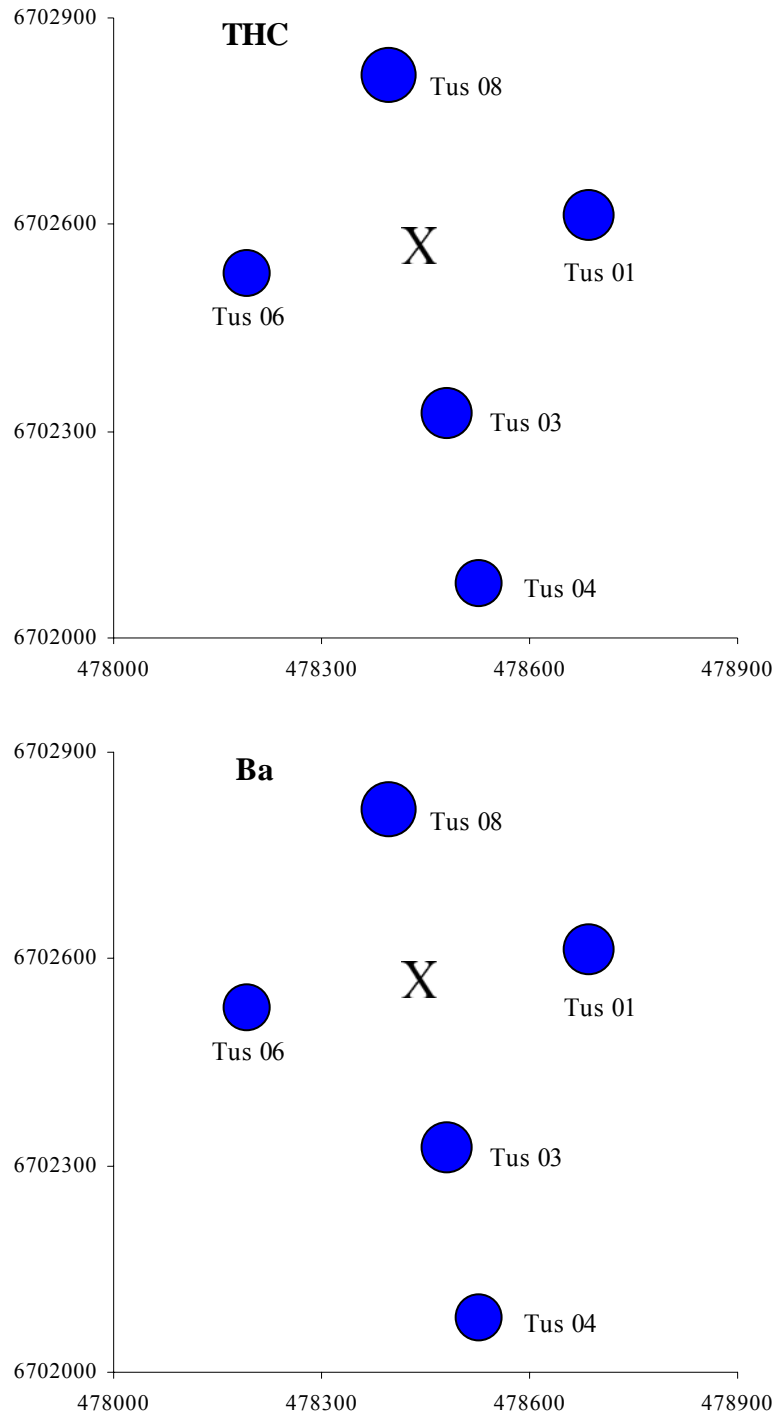
Tabell 7.10. Resultatet fra BIOENV analysen hvor ulike kombinasjoner av miljøvariablene: pelitt, TOM, median, barium, bly, kadmium, kobber, krom, sink, og THC ble korrelert mot bunnfauna fra de feltspesifikke stasjonene i 2007. Korrelasjonskoeffisienter (ρ_w) for de ulike enkeltvariablene og for de ni kombinasjonene av variabler som gav høyest korrelasjon med bunnfauna er oppgitt i tabellen. Barium, bly, kadmium, kobber, krom, sink og THC ble log (x+1) transformert før analyse, resten var utransformert. Normalisert Euclids avstand ble benyttet på miljøvariablene. Artsdata ble fjerderottransformert og Bray-Curtis similaritet ble beregnet. Veiet Spearmans korrelasjon ble brukt i analysen.

Antall variabler	Korrelasjonskoeffisient	Miljøvariabler									
1	0,400	TOM									
1	0,164	Cr									
1	0,078	Cd									
1	-0,042	Median									
1	-0,056	Pelitt									
1	-0,124	Cu									
1	-0,160	Pb									
1	-0,343	Zn									
1	-0,393	Ba									
1	-0,747	THC									
2	0,576	Cr	TOM								
3	0,541	Cr	TOM	Pelitt							
4	0,499	Cu	Cr	TOM	Pelitt						
5	0,507	Cd	Cu	Cr	TOM	Median					
6	0,471	Cd	Cu	Cr	TOM	Pelitt	Median				
7	0,480	Pb	Cd	Cu	Cr	TOM	Pelitt	Median			
8	0,300	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	TOM	Pelitt	Median		
9	0,245	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	THC	TOM	Pelitt	Median	
10	-0,106	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	THC	TOM	Pelitt	Median

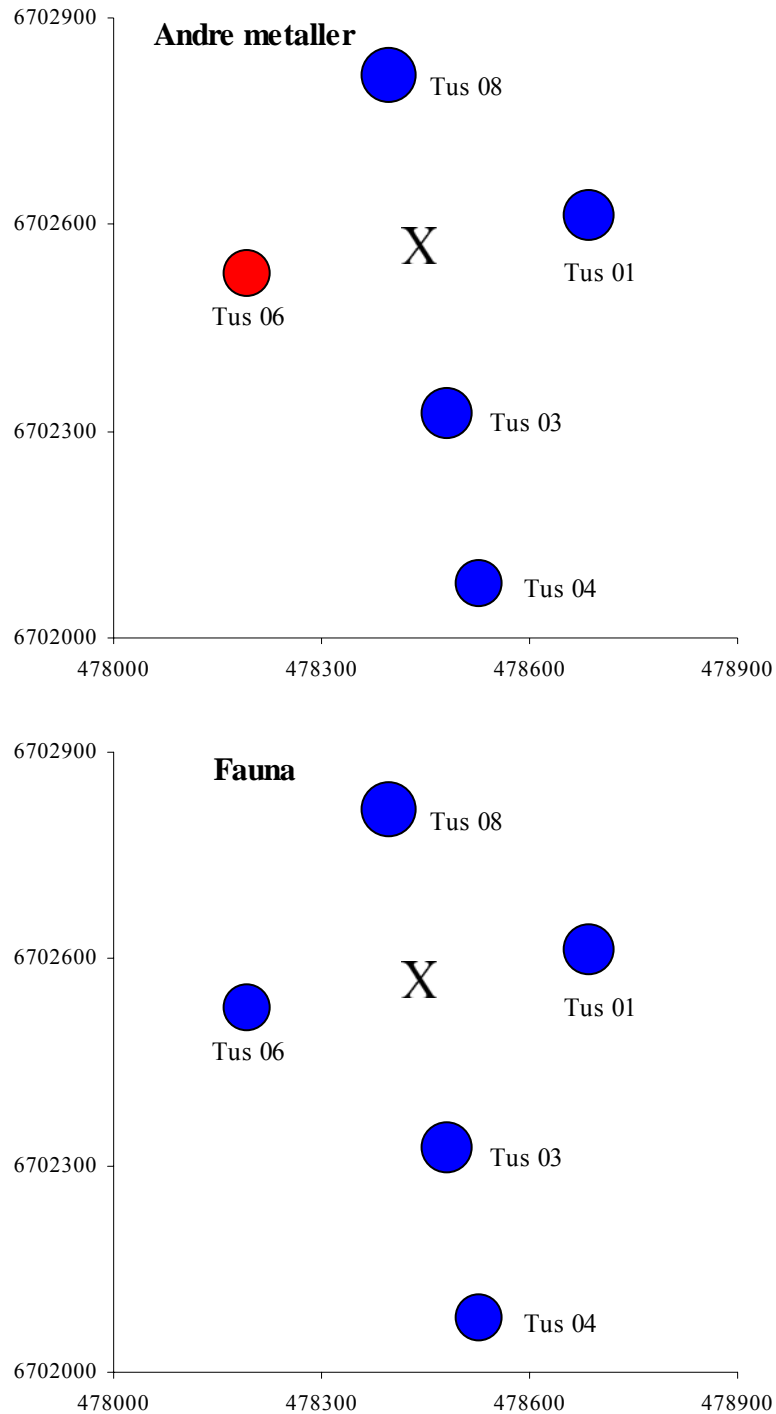
7.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 7.13 og Tabell 7.11. Tabell 7.11 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

Det ble påvist kadmium kontaminering på en stasjon, 250 mot vest (Tus 06). Faunaforstyrrelse ble ikke påvist. Beregnet kontaminert areal var 0,03 km² med kadmium-kontaminering.



Figur 7.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion grunn 98-04 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 98-04 er markert med blå sirkler.



Figur 7.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion grunn 98-04 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 98-04 er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfauna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

Tabell 7.11. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2007, samt beregnet areal med påvirkning rundt installasjonen 2007.

Tune Sør	N m	Ø m	S m	V m	2006 km ²
THC	0	0	0	0	0,00
Ba	0	0	0	0	0,00
Andre metall	0	0	0	250	0,03
Fauna	0	0	0	0	0,00

7.3 Sammendrag og konklusjon

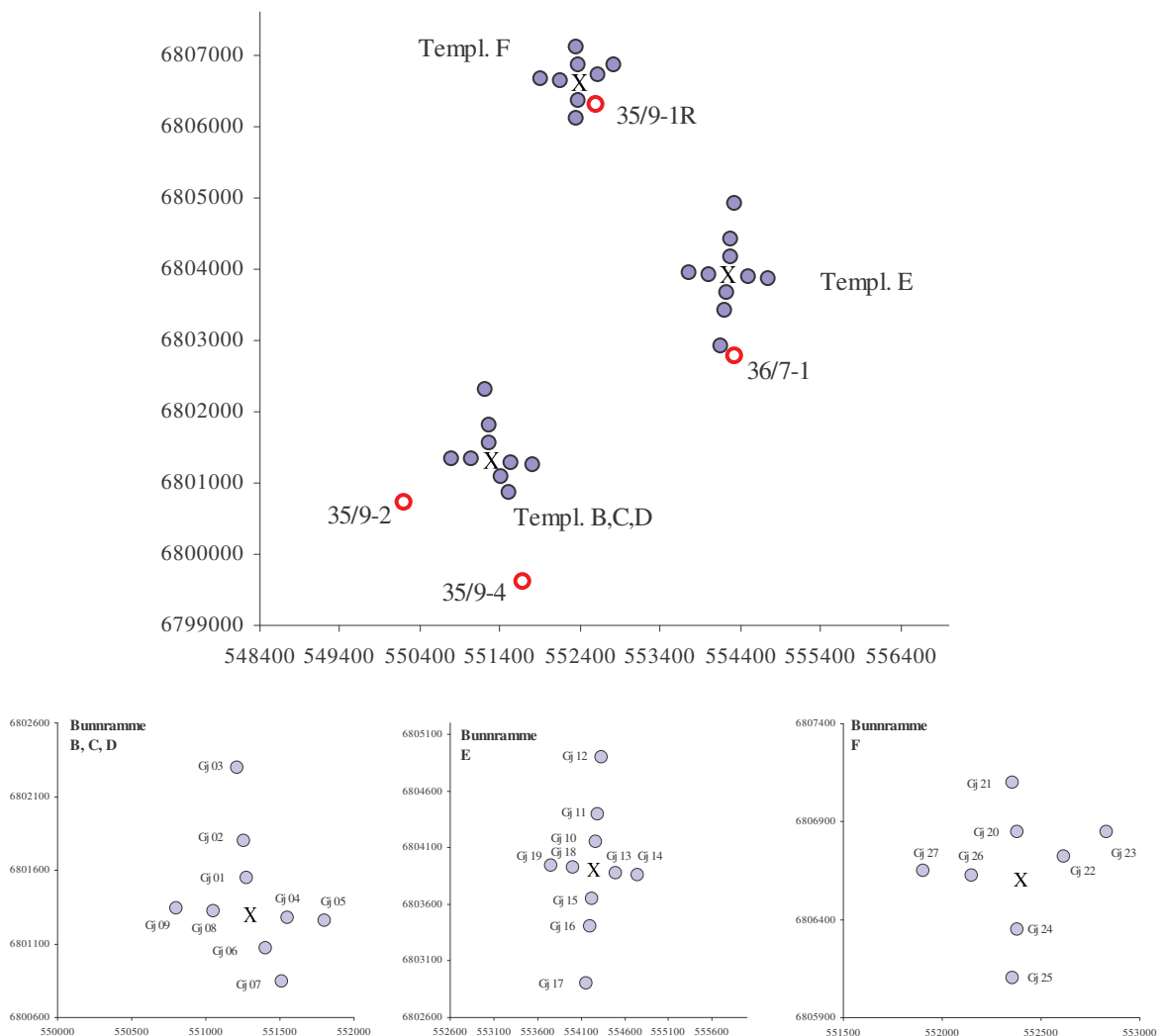
I 2007 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Tune Sør. Innsamlingspunktene rundt senteret for stasjonsnettet var lagt ut i et aksekors.

Undersøkelsen viste at innholdet av hydrokarboner og tungmetaller var på bakgrunnsnivå med unntak av kadmium 250 m fra feltsenteret mot vest (TUS 02), som var over LSC. Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.

8. GjØa

8.1 Introduksjon

GjØa ligger i blokk 35/9 og 36/7 om lag 70 km nord for Troll B-plattformen og 95 km nordØst for Gullfaks C. GjØa er planlagt bygget ut med brØnnerammer pÅ havbunnen knyttet opp til en produksjonsplattform. Det er totalt planlagt 13 brØnnerammer (9 til olje og 4 til gass). Oljen er planlagt fraktet til Mongstad og gassen til britisk sektor. Det har ikke vÆrt gjennomfØrt miljØundersøkelse pÅ feltet tidligere, og Årets undersøkelse fungerer som grunnlagsundersøkelse. PrØvetakingen ble gjennomfØrt i henhold til prØvetakingsprogrammet og oppdragsgivers senere endringer av programmet. Figur 8.1 viser prØvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til sentrene, i forhold til hverandre og i forhold til brØnnene hvor det er foretatt leteboring. Det foreligger ingen utslippshistorikk.



Figur 8.1. Plasseringen av prØvetakingsstasjonene pÅ GjØa i forhold til senterne for stasjonsnettene (x). Posisjonene for prØveboring er vist med rØde Åpen sirkel. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

Tabell 8.1. Posisjoner til de undersøkte stasjonene i UTM (sone 31 CM 3° East, ED-1950), avstand og retning til senteret for stasjonsnett og dypet.

Gjøa	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) / Retning (°)	Dyp (m)
	N	Ø		
Templ B,C,D	6801300	551300		
Gj 01	6801549	551278	250/355	360
Gj 02	6801798	551256	500/355	358
Gj 03	6802296	551213	1000/355	358
Gj 04	6801278	551549	250/95	360
Gj 05	6801256	551798	500/95	363
Gj 06	6801073	551406	250/155	362
Gj 07	6800847	551511	500/155	360
Gj 08	6801322	551051	250/275	360
Gj 09	6801344	550802	500/275	362
Templ E	6803900	554250		
Gj 10	6804149	554272	250/05	360
Gj 11	6804398	554294	500/05	360
Gj 12	6804896	554337	1000/05	370
Gj 13	6803878	554499	250/95	358
Gj 14	6803856	554748	500/95	360
Gj 15	6803651	554228	250/185	360
Gj 16	6803402	554206	500/185	360
Gj 17	6802904	554163	1000/185	360
Gj 18	6803922	554001	250/275	357
Gj 19	6803944	553752	500/275	358
Templ F	6806600	552400		
Gj 20	6806849	552378	250/355	360
Gj 21	6807098	552356	500/355	360
Gj 22	6806725	552617	250/60	360
Gj 23	6806850	552833	500/60	360
Gj 24	6806351	552378	250/185	360
Gj 25	6806102	552356	500/185	361
Gj 26	6806626	552151	250/276	361
Gj 27	6806652	551903	500/276	360

8.2 Resultater

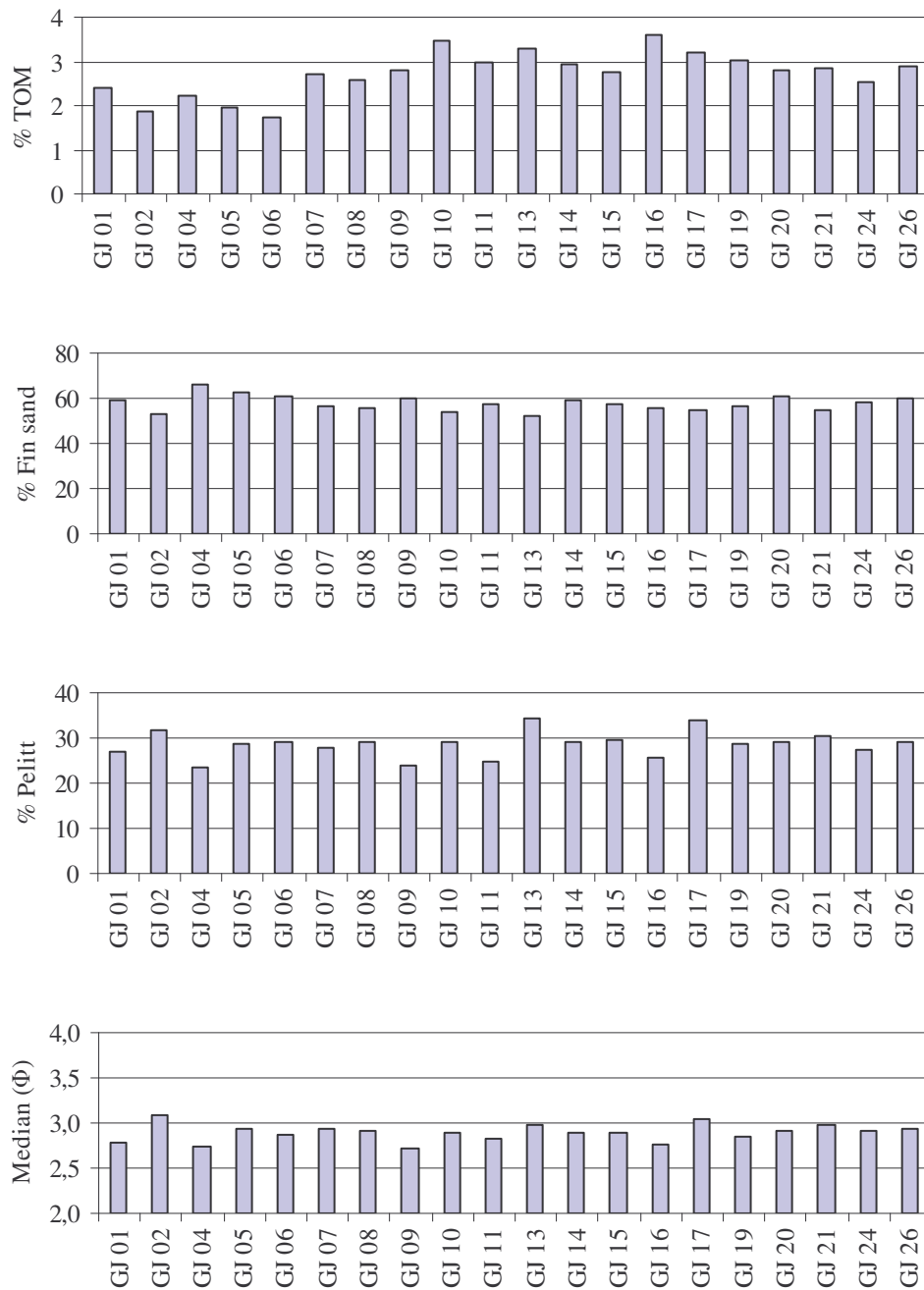
8.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2007 er vist i Tabell 8.2. I Figur 8.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Gjøa hadde et TOM-innhold fra 1,74 % til 3,61 %. Sandinnholdet varierte fra 63,5 % til 75,9 % og pelittinnholdet varierte mellom 23,4 % og 34,5 %. Medianen (Φ) var fra 2,72 til 3,08.

Tabell 8.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Gjøa i 2007. Det er beregnet gjennomsnitt (snitt), standardavvik (sd) og maksimum (maks) og minimum (min) for feltet.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median	Sorting	Skewness	Kurtosis
Templ B,C,D								
GJ 01	2,38	2,47	70,57	26,97	2,79	1,84	0,51	1,25
GJ 02	1,88	3,52	64,73	31,75	3,08	2,06	0,34	1,13
GJ 04	2,20	0,76	75,87	23,37	2,74	1,68	0,55	1,50
GJ 05	1,94	0,53	70,65	28,82	2,95	1,79	0,53	1,11
GJ 06	1,74	1,32	69,67	29,01	2,87	1,83	0,54	1,11
GJ 07	2,73	6,97	65,34	27,69	2,93	2,43	0,19	1,90
GJ 08	2,58	4,91	65,79	29,30	2,92	2,20	0,30	1,45
Temp E								
GJ 09	2,81	8,05	68,08	23,87	2,72	2,42	0,21	2,50
GJ 10	3,46	5,15	65,70	29,14	2,88	2,28	0,26	1,50
GJ 11	2,96	6,61	68,46	24,93	2,83	2,56	0,12	2,45
GJ 13	3,30	1,97	63,49	34,54	2,98	1,99	0,47	0,94
GJ 14	2,95	0,48	70,50	29,02	2,89	1,84	0,52	1,10
GJ 15	2,76	0,54	69,88	29,57	2,90	1,87	0,50	1,08
GJ 16	3,61	6,41	68,02	25,57	2,76	2,49	0,17	2,17
Templ F								
GJ 17	3,21	1,08	65,14	33,78	3,05	1,93	0,47	0,94
GJ 19	3,03	3,05	68,25	28,70	2,86	1,93	0,45	1,19
GJ 20	2,81	1,20	69,72	29,08	2,92	1,83	0,51	1,11
GJ 21	2,86	4,17	65,32	30,51	2,99	2,07	0,35	1,22
GJ 24	2,55	5,01	67,61	27,39	2,91	2,16	0,29	1,64
GJ 26	2,88	2,71	68,18	29,11	2,94	1,86	0,48	1,14
snitt	2,73	3,35	68,05	28,61	2,89	2,05	0,39	1,42
sd	0,51	2,43	2,86	2,86	0,10	0,26	0,14	0,48
min	1,74	0,48	63,49	23,37	2,72	1,68	0,12	0,94
maks	3,61	8,05	75,87	34,54	3,08	2,56	0,55	2,50



Figur 8.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Gjøa i 2007.

8.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for GjØa i 2007

Det ble ikke beregnet LSC av de innsamlede dataene fra 2007, se under materiale og metoder. For å vurdere hvor høyt innholdet av de målte kjemiske parametrene i sedimentet fra GjØa var, ble det benyttet beregnet LSC fra overvåkingen av Region IV i 2005 (Tabell 8.3). I 2005 ble Region IV delt inn i to subregioner (Mannvik et. al 2006). Ut fra sedimentkarakteristikker og dyp ble GjØa vurdert å høre til den dype subregionen fra 2005 (LSC Subregion_{dyp 96-05}).

Tabell 8.3. "Limit of Significant Contamination" (LSC) fra overvåkingen av Region IV i 2005. Region IV ble i 2005 delt inn i to subregioner. GjØa ble vurdert å tilhøre den dype subregionen (LSC Subregion_{dyp 96-05}). Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC _{96-05 RegIV}	6,3	0,093	0,055	428	8,7	0,106	4,9	11,2 ¹	0,022	21,6
LSC _{96-05 dyp RegIV}	5,3	0,128	0,74	513	9,3	0,09	5,8	12,1 ¹	0,019	24,1
LSC _{96-05 grunn RegIV}	6,9	0,036	0,03	365	8,6	0,112	2,7	8,2 ¹	0,024	13,1

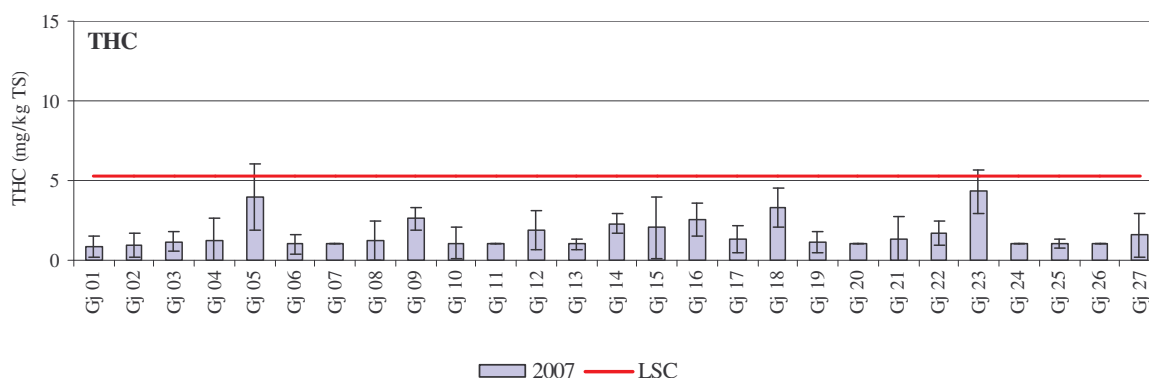
¹: Basert på 2002 og 2005 data.

8.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 8.4 sammen med målingene av PAH og NPD fra to stasjoner. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 8.5. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 8.3 vises THC innholdet og i Figur 8.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2007.

THC ble ikke detektert på fem av stasjonene, og på ytterligere fem stasjoner var en eller to av parallellene under deteksjonsgrensen. Den høyeste THC verdien ble målt til 4,3 mg/kg (Gj 23). Sedimentet fra Gj 01 og Gj 02 hadde et PAH innhold på henholdsvis 0,023 mg/kg og 0,056 mg/kg, og NPD innhold på 0,013 mg/kg, og 0,029 mg/kg.

I de seksjonerte prøvene ble THC bare detektert i 1-3 cm sjiktet på Gj 02. PAH og NPD var høyest i 1-3 cm sjiktet på Gj 01, og i det øverste sjiktet (0-1 cm) på Gj 02.



Figur 8.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra GjØa i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i 2005. På stasjoner der innholdet av THC ikke ble detektert, ble THC verdien satt til deteksjonsgrensen, som er 1 mg THC/Kg tørt sediment.

Tabell 8.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Gjøa i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Der hvor gjennomsnittet av de tre parallellene var under deteksjonsgrensen er verdien satt til mindre enn deteksjonsgrensen på 1 mg/kg. Der hvor alle parallellene var under deteksjonsgrensen er det ikke beregnet standardavvik.

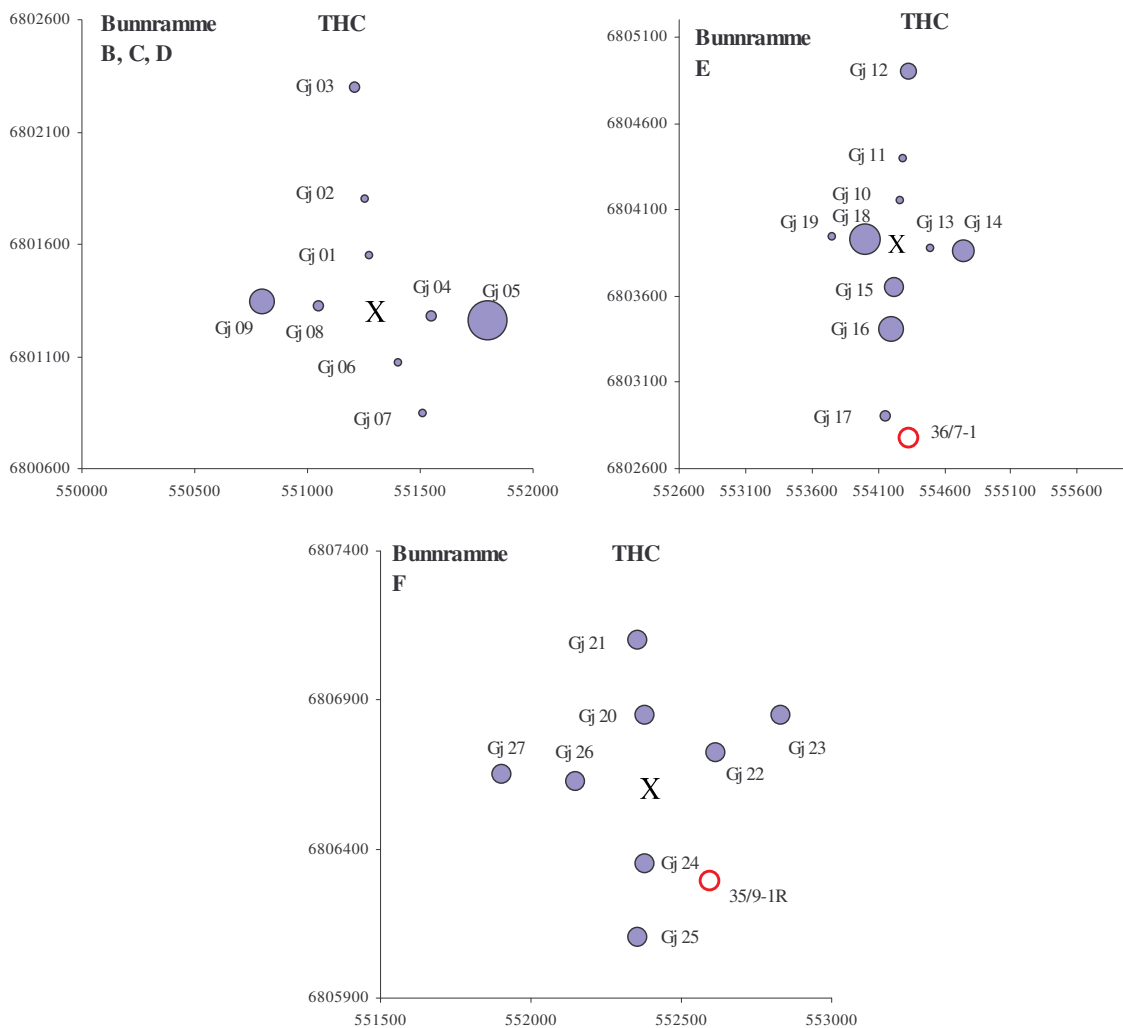
Gjøa	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Templ B,C,D						
Gj 01	<1,0	0,6	0,023	0,003	0,013	0,004
Gj 02	<1,0	0,8	0,056	0,012	0,029	0,008
Gj 03	1,2	0,6	i.a.		i.a.	
Gj 04	1,3	1,3	i.a.		i.a.	
Gj 05	4,0	2,1	i.a.		i.a.	
Gj 06	<1,0	0,6	i.a.		i.a.	
Gj 07	<1,0	-	i.a.		i.a.	
Gj 08	1,2	1,2	i.a.		i.a.	
Templ E						
Gj 09	2,6	0,7	i.a.		i.a.	
Gj 10	1,1	1,0	i.a.		i.a.	
Gj 11	<1,0	-	i.a.		i.a.	
Gj 12	1,9	1,2	i.a.		i.a.	
Gj 13	<1,0	0,3	i.a.		i.a.	
Gj 14	2,3	0,6	i.a.		i.a.	
Gj 15	2,0	1,9	i.a.		i.a.	
Gj 16	2,5	1,0	i.a.		i.a.	
Gj 17	1,3	0,9	i.a.		i.a.	
Gj 18	3,3	1,2	i.a.		i.a.	
Gj 19	1,1	0,7	i.a.		i.a.	
Templ F						
Gj 20	<1,0	-	i.a.		i.a.	
Gj 21	1,3	1,4	i.a.		i.a.	
Gj 22	1,7	0,8	i.a.		i.a.	
Gj 23	4,3	1,4	i.a.		i.a.	
Gj 24	<1,0	-	i.a.		i.a.	
Gj 25	<1,0	0,3	i.a.		i.a.	
Gj 26	<1,0	-	i.a.		i.a.	
Gj 27	1,6	1,4	i.a.		i.a.	
snitt±s.d.	2,0±1,0		-		-	
min-maks	<1,0 - 4,3		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007.

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 8.5. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på Gj 01 og Gj 02 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
Gj 01	(0-1cm)	< 1,0	0,026	0,0149
	(1-3cm)	< 1,0	0,078	0,0362
	(3-6cm)	< 1,0	0,048	0,0189
Gj 02	(0-1cm)	< 1,0	0,060	0,0313
	(1-3cm)	2,1	0,043	0,0257
	(3-6cm)	< 1,0	0,046	0,0272



Figur 8.4. Relativ konsentrasjon av THC i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved de tre undersøkte bunnrammene ved Gjøa i 2007. Senteret for stasjonsnettet er markert med x. Tidligere prøveboring er markert med rød åpen sirkel.

8.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 8.6. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 8.7. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 8.5 vises bariuminnholdet i 2007 og i Figur 8.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2007. I Figur 8.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2007.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 38,5 til 120,0 mg/kg og bly ble påvist i konsentrasjoner mellom 6,8 og 10,2 mg/kg. Kadmium varierte mellom 0,021 og 0,037 mg/kg, kobber mellom 2,2 og 3,3 mg/kg og krom mellom 5,8 og 8,1 mg/kg. Kvikksølv ble målt på Gj 01 og Gj 02 med konsentrasjoner på henholdsvis 0,016 mg/kg og 0,017. Konsentrasjonen av sink varierte fra 13,4 til 19,0 mg/kg (Tabell 8.6).

Innholdet av bly var over LSC på stasjonene Gj 11 og Gj 13.

Innholdet barium var litt høyere i 0-1 cm sjiktet sammenlignet med dypere nede i sedimentet på begge de seksjonerte stasjonene. Konsentrasjonene av de andre undersøkte metallene endret seg lite nedover i sedimentet.

Tabell 8.6. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra GjØa i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Verdier over LSC_{96-05 dyp RegIV} er markert med skygge. Alle verdier i mg/kg tØrt sediment.

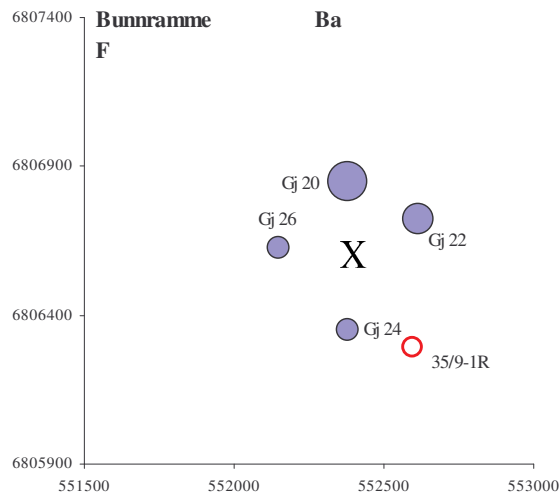
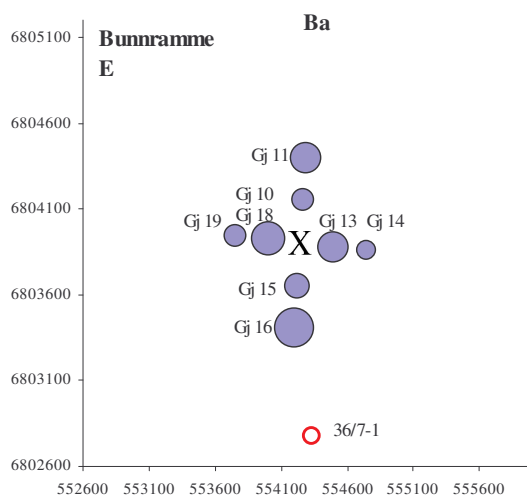
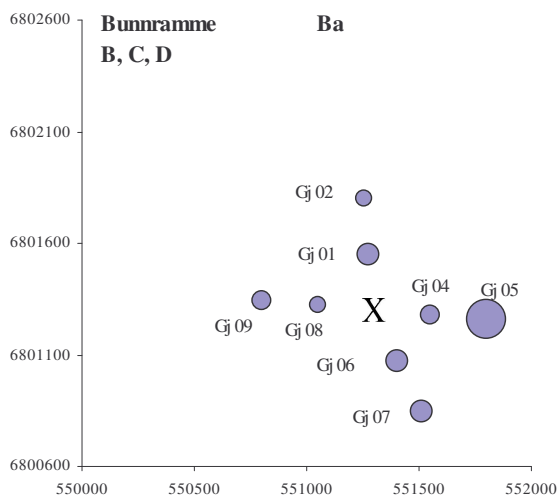
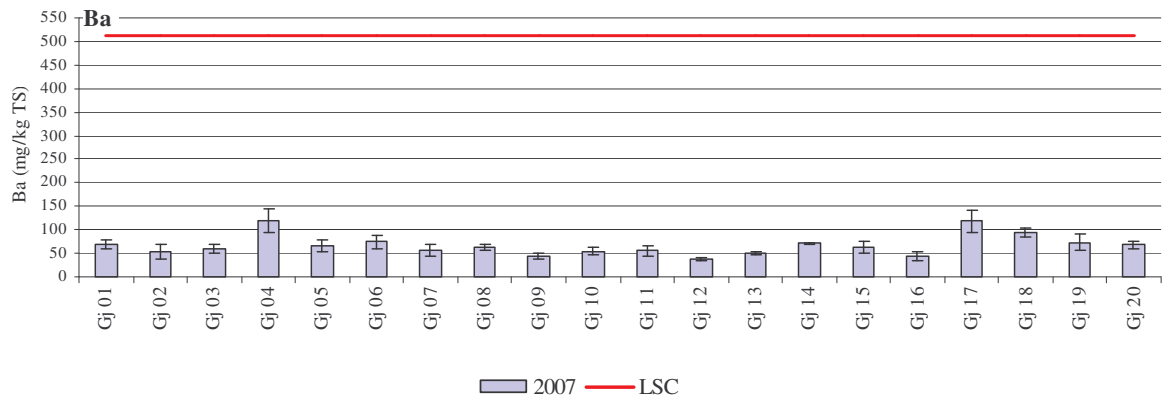
	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Templ B,C,D														
Gj 01	68,7	8,4	9,0	0,5	0,030	0,006	3,3	0,3	8,1	0,4	0,016	0,001	18,0	1,0
Gj 02	53,6	15,2	8,2	2,3	0,026	0,002	2,8	0,9	7,1	1,9	0,017	0,001	16,3	4,8
Gj 03	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
Gj 04	60,4	8,8	8,2	0,7	0,025	0,001	2,7	0,2	6,9	0,6	i.a.		15,3	1,4
Gj 05	120,0	25,3	7,7	0,7	0,024	0,003	2,6	0,3	6,5	0,6	i.a.		14,3	1,4
Gj 06	67,2	12,3	8,0	0,9	0,022	0,001	2,8	0,3	7,1	0,7	i.a.		15,9	1,6
Gj 07	74,0	14,1	8,0	1,0	0,023	0,002	2,9	0,3	7,1	0,5	i.a.		15,8	1,5
Gj 08	55,8	12,1	8,3	1,1	0,021	0,002	2,8	0,4	7,1	1,0	i.a.		15,9	2,4
Gj 09	63,1	5,8	8,5	0,7	0,023	0,002	3,1	0,4	7,4	0,6	i.a.		16,5	1,5
Templ E														
Gj 10	44,1	6,2	9,2	1,9	0,025	0,001	3,2	0,4	8,0	0,9	i.a.		17,9	2,3
Gj 11	54,6	8,8	10,2	1,9	0,024	0,002	3,3	0,5	7,9	1,0	i.a.		18,6	2,5
Gj 12	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
Gj 13	55,1	9,8	10,1	2,4	0,027	0,003	3,2	0,7	7,7	1,2	i.a.		18,5	4,0
Gj 14	38,5	2,4	7,1	0,1	0,023	0,001	2,3	0,1	5,8	0,1	i.a.		13,7	0,3
Gj 15	49,5	3,3	7,9	0,1	0,026	0,002	2,4	0,1	6,5	0,2	i.a.		14,9	0,1
Gj 16	71,1	1,9	9,3	0,7	0,028	0,002	2,8	0,2	7,3	0,3	i.a.		17,0	1,1
Gj 17	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
Gj 18	62,2	12,2	9,3	0,7	0,037	0,005	3,0	0,3	7,5	0,5	i.a.		19,0	3,0
Gj 19	42,9	9,3	6,8	1,0	0,030	0,003	2,2	0,3	5,9	0,7	i.a.		13,4	1,3
Templ F														
Gj 20	118,1	24,2	8,1	1,4	0,037	0,002	2,8	0,5	6,7	0,9	i.a.		15,5	2,4
Gj 21	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
Gj 22	95,0	9,6	7,6	0,5	0,033	0,003	2,7	0,5	7,0	1,1	i.a.		15,6	2,5
Gj 23	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
Gj 24	73,1	17,3	7,4	0,9	0,031	0,003	2,5	0,2	6,4	0,2	i.a.		14,2	0,5
Gj 25	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
Gj 26	67,6	8,9	6,9	1,0	0,030	0,002	2,4	0,6	5,9	1,0	i.a.		13,4	2,2
Gj 27	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.			
snitt±s.d.	66,7±22,0		8,3±1,0		0,027±0,005		2,8±0,3		7,0±0,7		-		15,98±1,74	
min-maks	38,5 - 120,0		6,8- 10,2		0,021 - 0,037		2,2 - 3,3		5,8 - 8,1		-		13,4 - 19,0	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

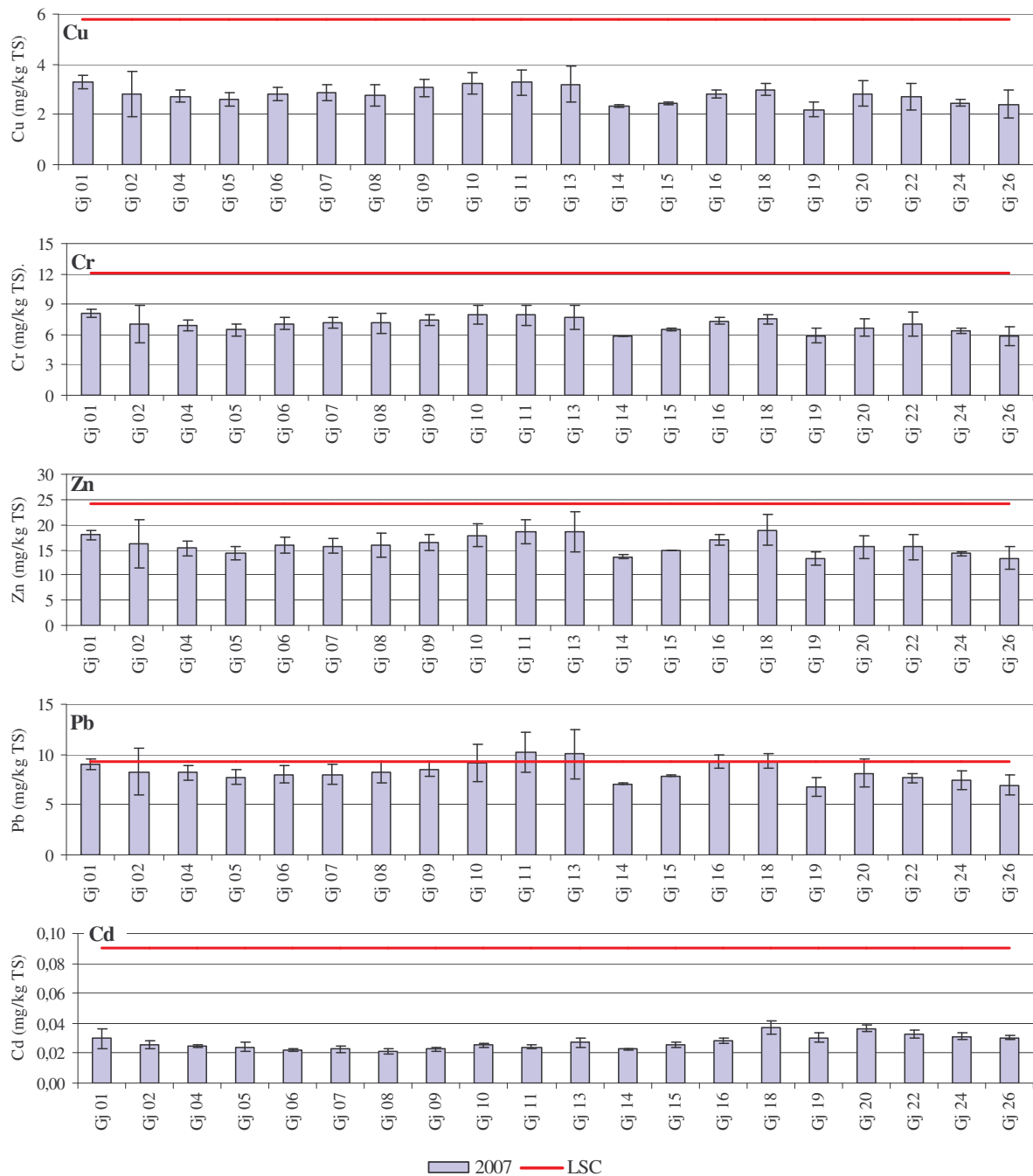
- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 8.7. Vertikalfordelingen av barium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksØlv og sink i sedimentet på Gj 01 og Gj 02 i 2007. Alle verdier i mg/kg tØrt sediment.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
Gj 01	(0-1cm)	60,0	8,8	0,026	3,0	7,7	0,016	17,5
	(1-3cm)	39,5	9,7	0,026	4,1	10,0	0,018	22,2
	(3-6cm)	37,7	8,3	0,054	3,6	8,9	0,015	19,1
Gj 02	(0-1cm)	61,9	10,0	0,027	3,4	8,1	0,018	18,8
	(1-3cm)	22,5	7,4	0,021	3,1	7,8	0,014	16,3
	(3-6cm)	27,3	8,0	0,043	4,9	11,1	0,015	23,0

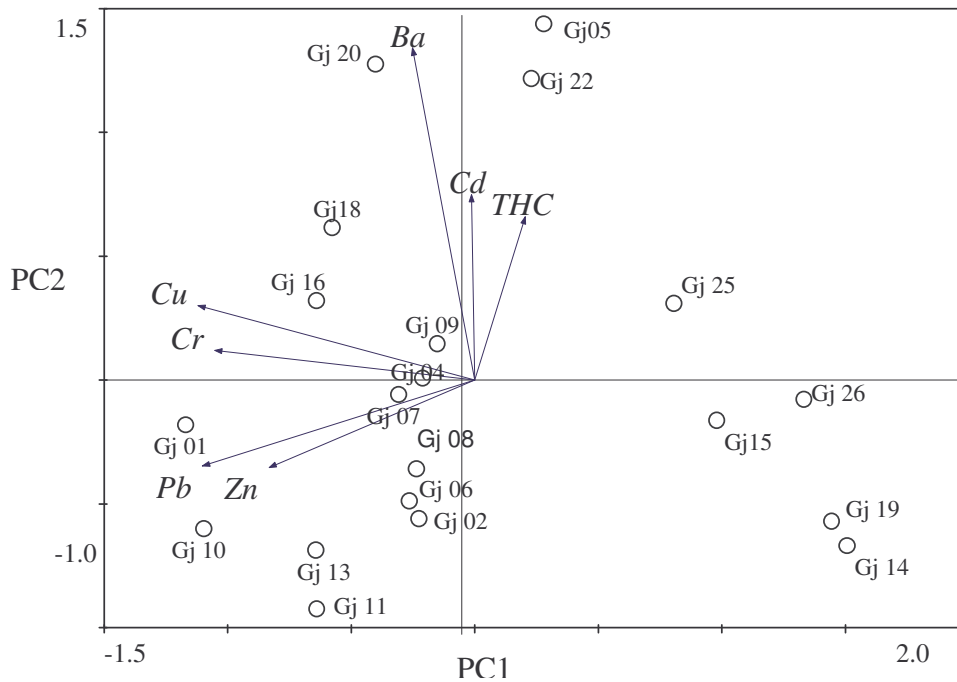


Figur 8.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved GjØa i 2007, og den relativ konsentrasjon av Ba i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved de tre undersøkte bunrammene ved GjØa i 2007. Senteret for stasjonsnettet er markert med x. Tidligere prøveboring er markert med rød åpen sirkel.



Figur 8.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Gjøa i 2007.

I Figur 8.7 vises et PCA plott hvor stasjonene på feltet grupperes i forhold til innholdet av THC og metall i sedimentet.



Figur 8.7. To dimensjonalt plott fra PCA-analyse av fordelingen av THC og metaller blant stasjonene ved Gjøa i 2007. PC1-aksen forklarer 39,1 % av variasjonen og PC2-aksen forklarer 20,2 % av variasjonen i datasettet. Totalt forklarer PC1- og PC2-aksene 59,2 % av variasjonen i materiale. Kjemi-dataene er Log x+1 transformert.

8.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 8.8. Komplette artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 2481 juvenile individ av sjøpiggingvinggruppene Spatangoida og 78 av Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Gjøa. Totalt ble 19395 individer fordelt på 323 taksa identifisert i prøvene fra Gjøa i 2007. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 54 % av alle individ og 42 % av alle taksa.

Tabell 8.8. Antall individ i prøvene fra Gjøa i 2007 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (2481 individ) og Echinoida (78) er utelatt.

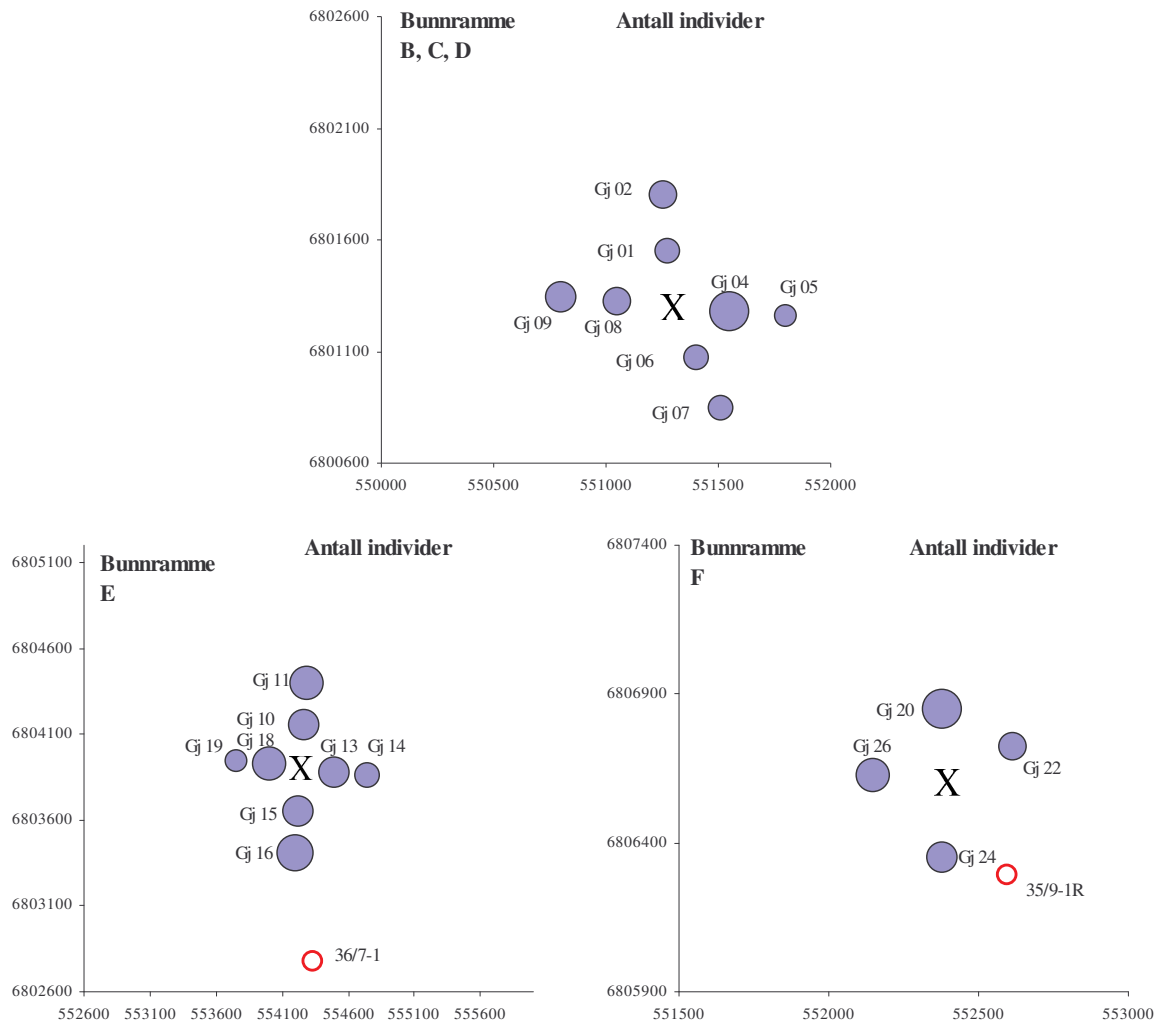
Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	10409	54	136	42
Arthropoda	2136	11	75	23
Mollusca	5021	26	64	20
Echinodermata	768	4	25	8
Diverse grupper	1061	5	23	7
Total	19395	100	323	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Gjøa vises i Figur 8.8 og Figur 8.9. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 8.9 og Figur 8.10. Antall individ varierte mellom 706 og 1353, og antall taksa varierte mellom 99 og 148. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,24 og 5,95, og ES_{100} varierte mellom 41,73 og 50,34. Jevnheten varierte mellom 0,75 og 0,85.

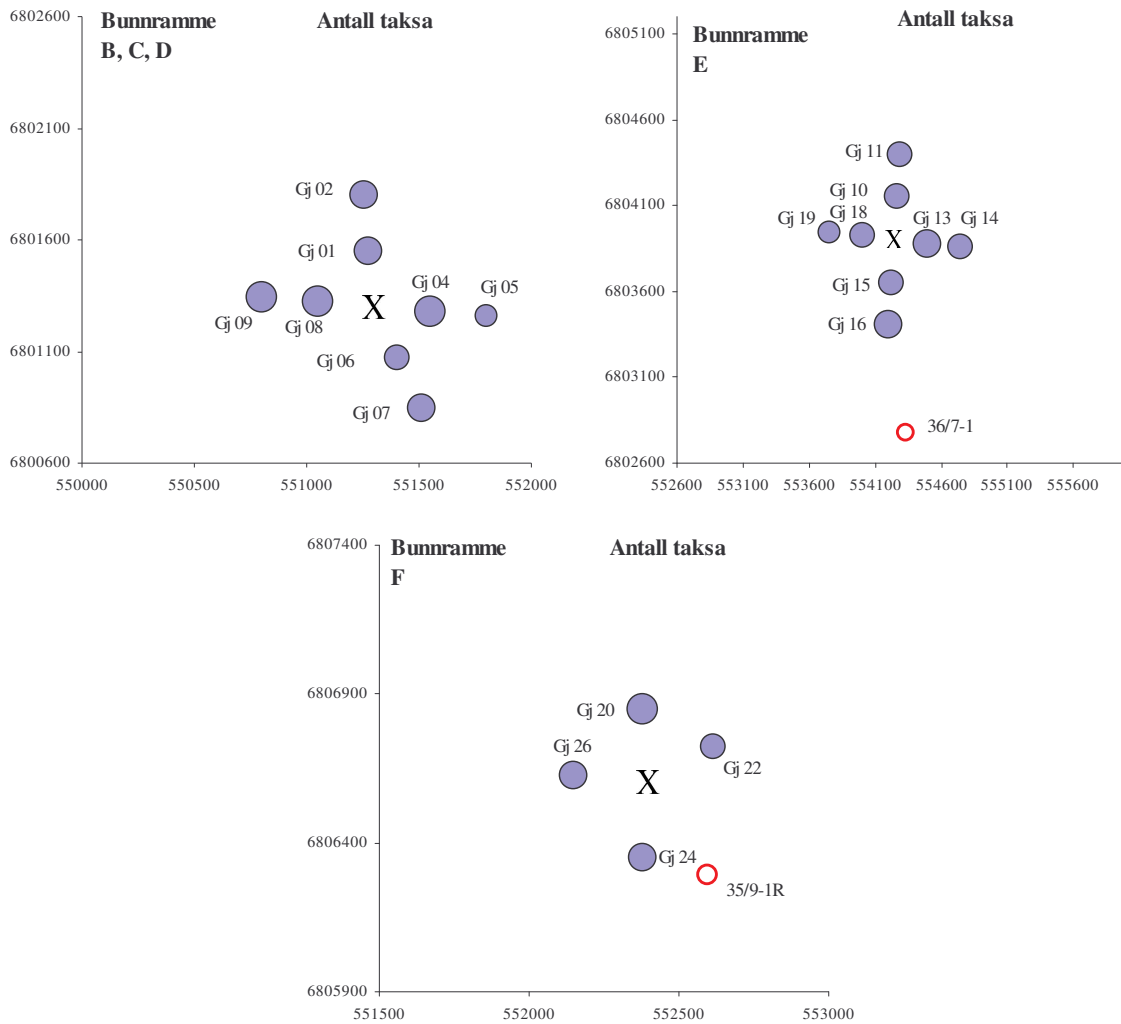
Den mest tallrike arten var børstemarkene Sabellidae indet. (Tabell 8.10).

Tabell 8.9. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES₁₀₀ på stasjonene ved GjØa i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (2481 individ) og Echinoida (78) er utelatt.

	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES ₁₀₀
Templ B,C,D						
Gj 01	774	118	5,76	0,84	6,88	47,81
Gj 02	872	122	5,75	0,83	6,93	46,44
Gj 04	1170	126	5,39	0,77	6,98	44,53
Gj 05	706	99	5,32	0,80	6,63	42,98
Gj 06	798	105	5,48	0,82	6,71	43,57
Gj 07	747	117	5,82	0,85	6,87	48,74
Gj 08	838	125	5,87	0,84	6,97	49,35
Gj 09	966	134	5,95	0,84	7,07	50,34
Templ E						
Gj 10	1138	129	5,24	0,75	7,01	43,13
Gj 11	1248	138	5,48	0,77	7,11	46,23
Gj 13	1121	148	5,69	0,79	7,21	47,82
Gj 14	924	127	5,50	0,79	6,99	45,57
Gj 15	1108	139	5,47	0,77	7,12	45,86
Gj 16	1353	146	5,69	0,79	7,19	47,82
Gj 18	1188	134	5,62	0,80	7,07	46,94
Gj 19	860	115	5,40	0,79	6,85	44,78
Templ F						
Gj 20	1054	132	5,60	0,79	7,04	46,93
Gj 22	799	110	5,32	0,78	6,78	41,73
Gj 25	826	115	5,52	0,81	6,85	45,56
Gj 26	905	119	5,32	0,77	6,89	43,60
snitt	970	125	5,56	0,80	6,96	45,98
sd	188	13	0,20	0,03	0,15	2,30
min	706	99	5,24	0,75	6,63	41,73
maks	1353	148	5,95	0,85	7,21	50,34



Figur 8.8. Relativ fordeling av antall individer på de tre bunnsrammene ved Gjølø i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Etter innsamlingsprogrammet ble det tatt bunndyrsprøver fra et mindre antall stasjoner enn for THC innsamlingen. Tidligere prøveboring er markert med rød åpen sirkel.



Figur 8.9. Relativ fordeling av antall taksa på de tre bunnsrammene ved Gjøa i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Tidligere prøveboring er markert med rød åpen sirkel.



Figur 8.10. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved GjØa i 2007. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingrupperne Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 8.10. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved GjØa i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Gj 01	Antall individer	%	Kum %	Gj 02	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	77	9,95	9,95	<i>Sabellidae</i> indet.	96	11,01	11,01
<i>Haploops setosa</i>	72	9,30	19,25	<i>Abra nitida</i>	50	5,73	16,74
<i>Abra nitida</i>	47	6,07	25,32	<i>Parvicardium minimum</i>	50	5,73	22,48
<i>Myriochele fragilis</i>	44	5,68	31,01	<i>Myriochele fragilis</i>	38	4,36	26,83
<i>Paradoneis lyra</i>	25	3,23	34,24	<i>Thyasira ferruginea</i>	34	3,90	30,73
<i>Yoldiella lucida</i>	24	3,10	37,34	<i>Haploops setosa</i>	33	3,78	34,52
<i>Parvicardium minimum</i>	22	2,84	40,18	<i>Paradoneis lyra</i>	28	3,21	37,73
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	20	2,58	42,76	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	24	2,75	40,48
<i>Kelliella abyssicola</i>	18	2,33	45,09	<i>Harpinia pectinata</i>	23	2,64	43,12
<i>Terebellides stroemi</i>	17	2,20	47,29	<i>Heteromastus filiformis</i>	22	2,52	45,64

Gj 04	Antall individer	%	Kum %	Gj 05	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	265	22,65	22,65	<i>Sabellidae</i> indet.	142	20,11	20,11
<i>Myriochele fragilis</i>	106	9,06	31,71	<i>Myriochele fragilis</i>	49	6,94	27,05
<i>Abra nitida</i>	50	4,27	35,98	<i>Abra nitida</i>	35	4,96	32,01
<i>Myriochele oculata</i>	39	3,33	39,32	<i>Parvicardium minimum</i>	29	4,11	36,12
<i>Paradoneis lyra</i>	32	2,74	42,05	<i>Haploops setosa</i>	27	3,82	39,94
<i>Kelliella abyssicola</i>	30	2,56	44,62	<i>Heteromastus filiformis</i>	23	3,26	43,20
<i>Parvicardium minimum</i>	29	2,48	47,09	<i>Terebellides stroemi</i>	22	3,12	46,32
<i>Yoldiella lucida</i>	27	2,31	49,40	<i>Thyasira ferruginea</i>	22	3,12	49,43
<i>Terebellides stroemi</i>	22	1,88	51,28	<i>Yoldiella lucida</i>	20	2,83	52,27
<i>Dacrydium ockelmanni</i>	21	1,79	53,08	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	20	2,83	55,10

Gj 06	Antall individer	%	Kum %	Gj 07	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	119	14,91	14,91	<i>Sabellidae</i> indet.	83	11,11	11,11
<i>Myriochele fragilis</i>	56	7,02	21,93	<i>Parvicardium minimum</i>	47	6,29	17,40
<i>Abra nitida</i>	56	7,02	28,95	<i>Abra nitida</i>	39	5,22	22,62
<i>Parvicardium minimum</i>	35	4,39	33,33	<i>Myriochele fragilis</i>	33	4,42	27,04
<i>Thyasira ferruginea</i>	31	3,88	37,22	<i>Yoldiella lucida</i>	27	3,61	30,66
<i>Terebellides stroemi</i>	26	3,26	40,48	<i>Heteromastus filiformis</i>	24	3,21	33,87
<i>Harpinia pectinata</i>	24	3,01	43,48	<i>Haploops setosa</i>	23	3,08	36,95
<i>Heteromastus filiformis</i>	23	2,88	46,37	<i>Kelliella abyssicola</i>	22	2,95	39,89
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	23	2,88	49,25	<i>Thyasira ferruginea</i>	18	2,41	42,30
<i>Paradoneis lyra</i>	22	2,76	52,01	<i>Clymenura borealis</i>	17	2,28	44,58
				<i>Astarte sulcata</i>	17	2,28	46,85

Tabell 8.10 fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Gjøa i 2007. Juvenile individ av sjøpiggingvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Gj 08	Antall individer	%	Kum %	Gj 09	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	96	11,46	11,46	<i>Sabellidae</i> indet.	112	11,59	11,59
<i>Myriochele fragilis</i>	57	6,80	18,26	<i>Parvicardium minimum</i>	50	5,18	16,77
<i>Parvicardium minimum</i>	34	4,06	22,32	<i>Myriochele fragilis</i>	42	4,35	21,12
<i>Haploops setosa</i>	33	3,94	26,25	<i>Terebellides stroemi</i>	38	3,93	25,05
<i>Abra nitida</i>	31	3,70	29,95	<i>Abra nitida</i>	33	3,42	28,47
<i>Yoldiella lucida</i>	26	3,10	33,05	<i>Paradoneis lyra</i>	27	2,80	31,26
<i>Paradoneis lyra</i>	24	2,86	35,92	<i>Astarte sulcata</i>	25	2,59	33,85
<i>Heteromastus filiformis</i>	22	2,63	38,54	<i>Harpinia pectinata</i>	24	2,48	36,34
<i>Clymenura borealis</i>	21	2,51	41,05	<i>Heteromastus filiformis</i>	22	2,28	38,61
<i>Kelliella abyssicola</i>	19	2,27	43,32	<i>Chaetozone jubata</i>	22	2,28	40,89
<i>Harpinia pectinata</i>	19	2,27	45,58				
<i>Dacrydium ockelmanni</i>	19	2,27	47,85				

Gj 10	Antall individer	%	Kum %	Gj 11	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	298	26,19	26,19	<i>Sabellidae</i> indet.	305	24,44	24,44
<i>Abra nitida</i>	68	5,98	32,16	<i>Abra nitida</i>	65	5,21	29,65
<i>Myriochele fragilis</i>	65	5,71	37,87	<i>Myriochele fragilis</i>	50	4,01	33,65
<i>Parvicardium minimum</i>	34	2,99	40,86	OLIGOCHAETA indet.	37	2,96	36,62
<i>Astarte sulcata</i>	28	2,46	43,32	<i>Amythasides macroglossus</i>	32	2,56	39,18
<i>Haploops setosa</i>	28	2,46	45,78	<i>Parvicardium minimum</i>	26	2,08	41,27
<i>Amythasides macroglossus</i>	28	2,46	48,24	<i>Paradoneis lyra</i>	25	2,00	43,27
<i>Paradoneis lyra</i>	27	2,37	50,62	<i>Haploops setosa</i>	24	1,92	45,19
<i>Terebellides stroemi</i>	25	2,20	52,81	<i>Abra longicallus</i>	23	1,84	47,04
<i>Pistella lornensis</i>	24	2,11	54,92	<i>Terebellides stroemi</i>	22	1,76	48,80
				<i>Echinocucumis hispida</i>	22	1,76	50,56

Gj 13	Antall individer	%	Kum %	Gj 14	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	216	19,27	19,27	<i>Sabellidae</i> indet.	181	19,59	19,59
<i>Abra nitida</i>	80	7,14	26,40	<i>Abra nitida</i>	93	10,06	29,65
<i>Haploops setosa</i>	53	4,73	31,13	<i>Haploops setosa</i>	41	4,44	34,09
<i>Terebellides stroemi</i>	33	2,94	34,08	<i>Parvicardium minimum</i>	28	3,03	37,12
<i>Parvicardium minimum</i>	31	2,77	36,84	<i>Amythasides macroglossus</i>	23	2,49	39,61
<i>Dacrydium ockelmanni</i>	28	2,50	39,34	<i>Pistella lornensis</i>	21	2,27	41,88
<i>Myriochele fragilis</i>	27	2,41	41,75	<i>Terebellides stroemi</i>	20	2,16	44,05
<i>Echinocucumis hispida</i>	27	2,41	44,16	<i>Yoldiella lucida</i>	20	2,16	46,21
<i>Amythasides macroglossus</i>	24	2,14	46,30	SIPUNCULA indet	18	1,95	48,16
<i>Paradoneis lyra</i>	22	1,96	48,26	<i>Paradoneis lyra</i>	17	1,84	50,00
				<i>Kelliella abyssicola</i>	17	1,84	51,84
				<i>Abra longicallus</i>	17	1,84	53,68

Tabell 8.10 fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved GjØa i 2007. Juvenile individ av sjøpiggingvingrupperne Spatangoida og Echinoida er utelatt.

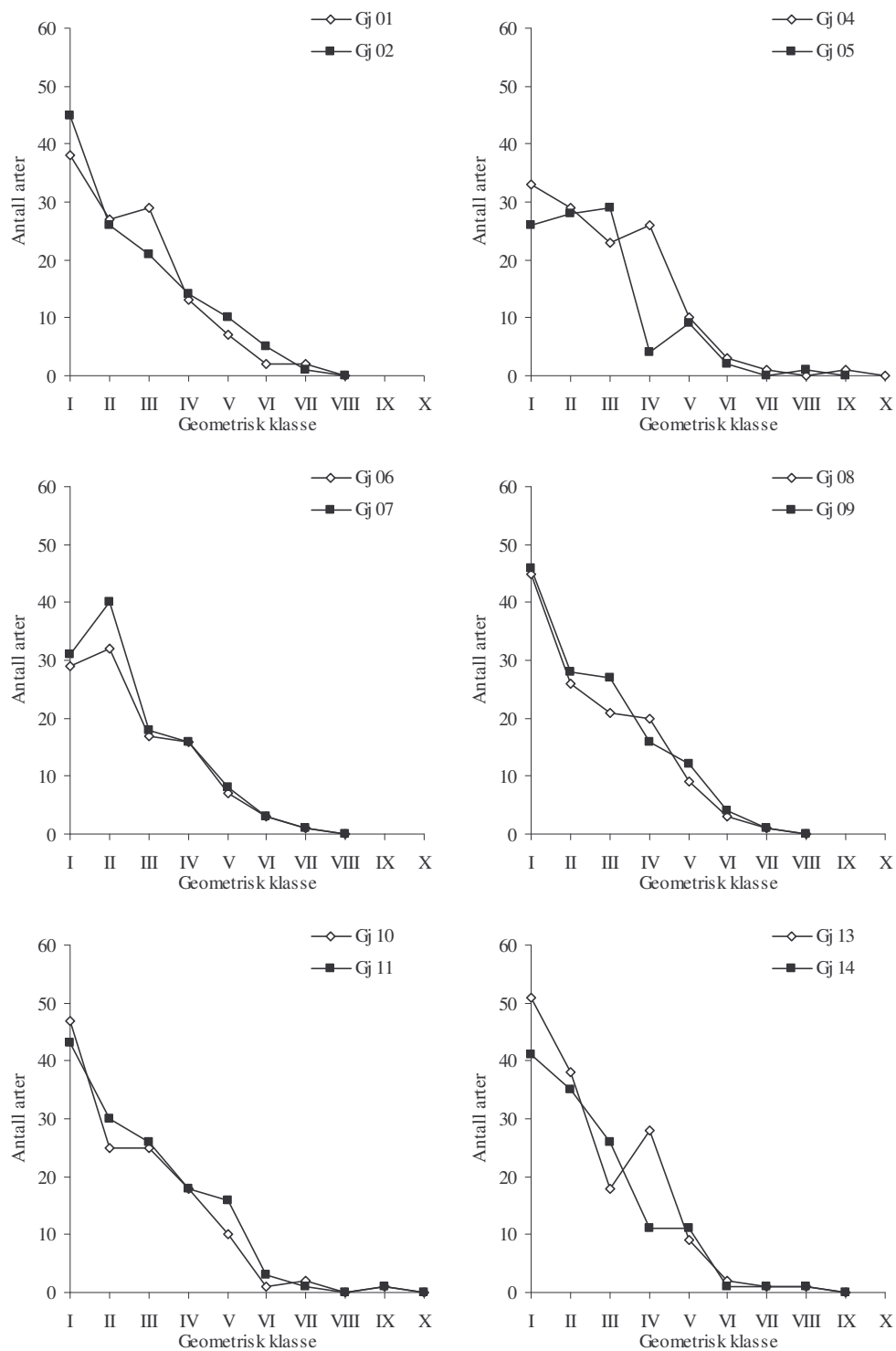
Gj 15	Antall individer	%	Kum %	Gj 16	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	267	24,10	24,10	<i>Sabellidae</i> indet.	274	20,25	20,25
<i>Abra nitida</i>	62	5,60	29,69	<i>Amythasides macroglossus</i>	59	4,36	24,61
<i>Myriochele fragilis</i>	39	3,52	33,21	<i>Abra nitida</i>	57	4,21	28,82
<i>Paradoneis lyra</i>	34	3,07	36,28	<i>Terebellides stroemi</i>	54	3,99	32,82
<i>Parvicardium minimum</i>	32	2,89	39,17	<i>Myriochele fragilis</i>	52	3,84	36,66
<i>Terebellides stroemi</i>	31	2,80	41,97	<i>Paradoneis lyra</i>	36	2,66	39,32
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	26	2,35	44,31	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	33	2,44	41,76
<i>Haploops setosa</i>	22	1,99	46,30	<i>Pistella lornensis</i>	29	2,14	43,90
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	20	1,81	48,10	<i>Myriochele heeri</i>	24	1,77	45,68
<i>Pistella lornensis</i>	19	1,71	49,82	<i>Echinocucumis hispida</i>	23	1,70	47,38
<i>Echinocucumis hispida</i>	19	1,71	51,53				
<i>Heteromastus filiformis</i>	19	1,71	53,25				

Gj 18	Antall individer	%	Kum %	Gj 19	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	234	19,70	19,70	<i>Sabellidae</i> indet.	189	21,98	21,98
<i>Myriochele fragilis</i>	77	6,48	26,18	<i>Abra nitida</i>	65	7,56	29,53
<i>Abra nitida</i>	65	5,47	31,65	<i>Myriochele fragilis</i>	33	3,84	33,37
<i>Haploops setosa</i>	46	3,87	35,52	<i>Parvicardium minimum</i>	31	3,60	36,98
<i>Parvicardium minimum</i>	41	3,45	38,97	<i>Pistella lornensis</i>	31	3,60	40,58
<i>Yoldiella lucida</i>	32	2,69	41,67	<i>Terebellides stroemi</i>	19	2,21	42,79
<i>Amythasides macroglossus</i>	28	2,36	44,02	<i>Amythasides macroglossus</i>	18	2,09	44,88
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	25	2,10	46,13	<i>Paradoneis lyra</i>	18	2,09	46,98
<i>Kelliella abyssicola</i>	24	2,02	48,15	<i>Echinocucumis hispida</i>	16	1,86	48,84
<i>Paradoneis lyra</i>	23	1,94	50,08	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	16	1,86	50,70

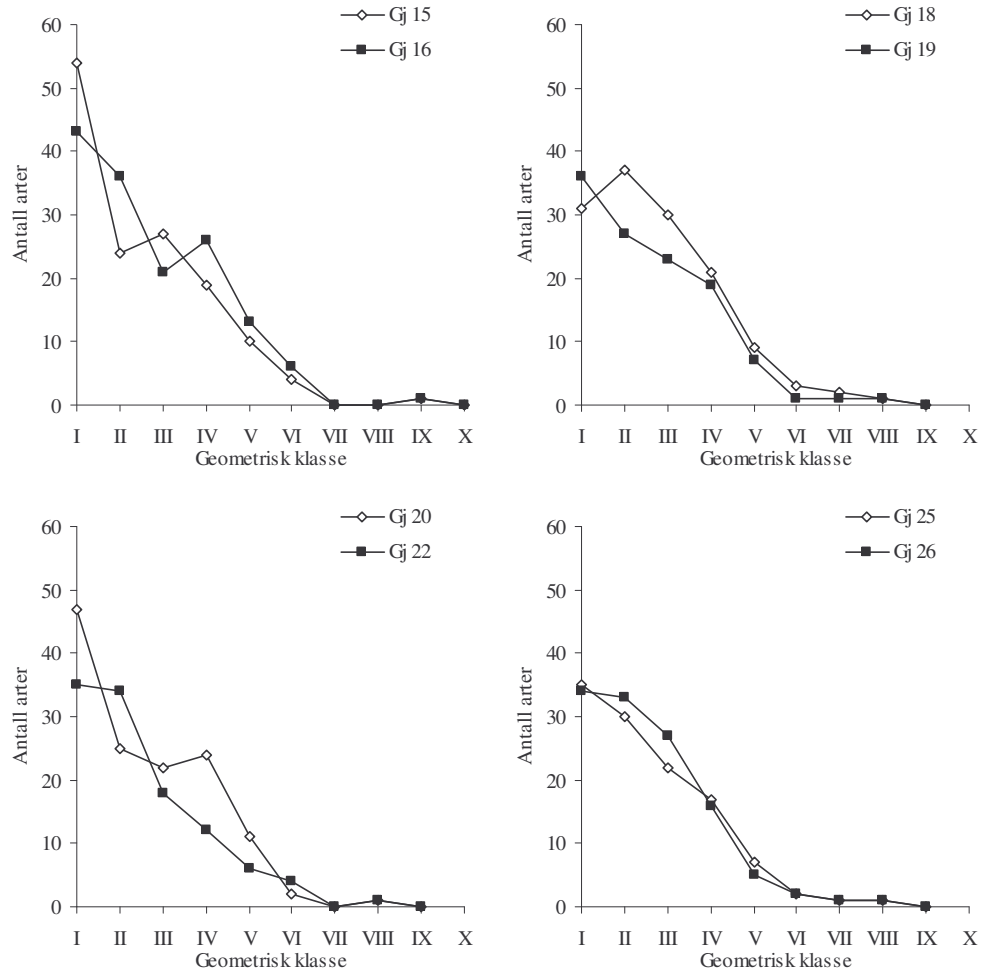
Gj 20	Antall individer	%	Kum %	Gj 22	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	212	20,11	20,11	<i>Sabellidae</i> indet.	144	18,02	18,02
<i>Abra nitida</i>	63	5,98	26,09	<i>Abra nitida</i>	58	7,26	25,28
<i>Myriochele fragilis</i>	61	5,79	31,88	<i>Haploops setosa</i>	48	6,01	31,29
<i>Parvicardium minimum</i>	27	2,56	34,44	<i>Myriochele fragilis</i>	47	5,88	37,17
<i>Paradoneis lyra</i>	27	2,56	37,00	<i>Parvicardium minimum</i>	47	5,88	43,05
<i>Yoldiella lucida</i>	26	2,47	39,47	<i>Amythasides macroglossus</i>	24	3,00	46,06
<i>Pistella lornensis</i>	23	2,18	41,65	<i>Fauveliopsis</i> sp.	22	2,75	48,81
<i>Astarte sulcata</i>	23	2,18	43,83	<i>Kelliella abyssicola</i>	20	2,50	51,31
<i>Chaetozone</i> sp.	23	2,18	46,02	<i>Yoldiella lucida</i>	18	2,25	53,57
<i>Kelliella abyssicola</i>	22	2,09	48,10	<i>Echinocucumis hispida</i>	18	2,25	55,82

Gj 25	Antall individer	%	Kum %	Gj 26	Antall individer	%	Kum %
<i>Sabellidae</i> indet.	153	18,52	18,52	<i>Sabellidae</i> indet.	205	22,65	22,65
<i>Myriochele fragilis</i>	66	7,99	26,51	<i>Myriochele fragilis</i>	74	8,18	30,83
<i>Parvicardium minimum</i>	37	4,48	30,99	<i>Abra nitida</i>	50	5,52	36,35
<i>Abra nitida</i>	32	3,87	34,87	<i>Parvicardium minimum</i>	41	4,53	40,88
<i>Terebellides stroemi</i>	24	2,91	37,77	<i>Paradoneis lyra</i>	29	3,20	44,09
<i>Astarte sulcata</i>	22	2,66	40,44	<i>Kelliella abyssicola</i>	23	2,54	46,63
<i>Paradoneis lyra</i>	22	2,66	43,10	<i>Astarte sulcata</i>	19	2,10	48,73
<i>Yoldiella lucida</i>	20	2,42	45,52	<i>Amythasides macroglossus</i>	19	2,10	50,83
<i>Abra longicallus</i>	20	2,42	47,94	<i>Chaetozone</i> sp.	19	2,10	52,93
<i>Echinocucumis hispida</i>	17	2,06	50,00	<i>Abra longicallus</i>	15	1,66	54,59

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 8.11. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2007.



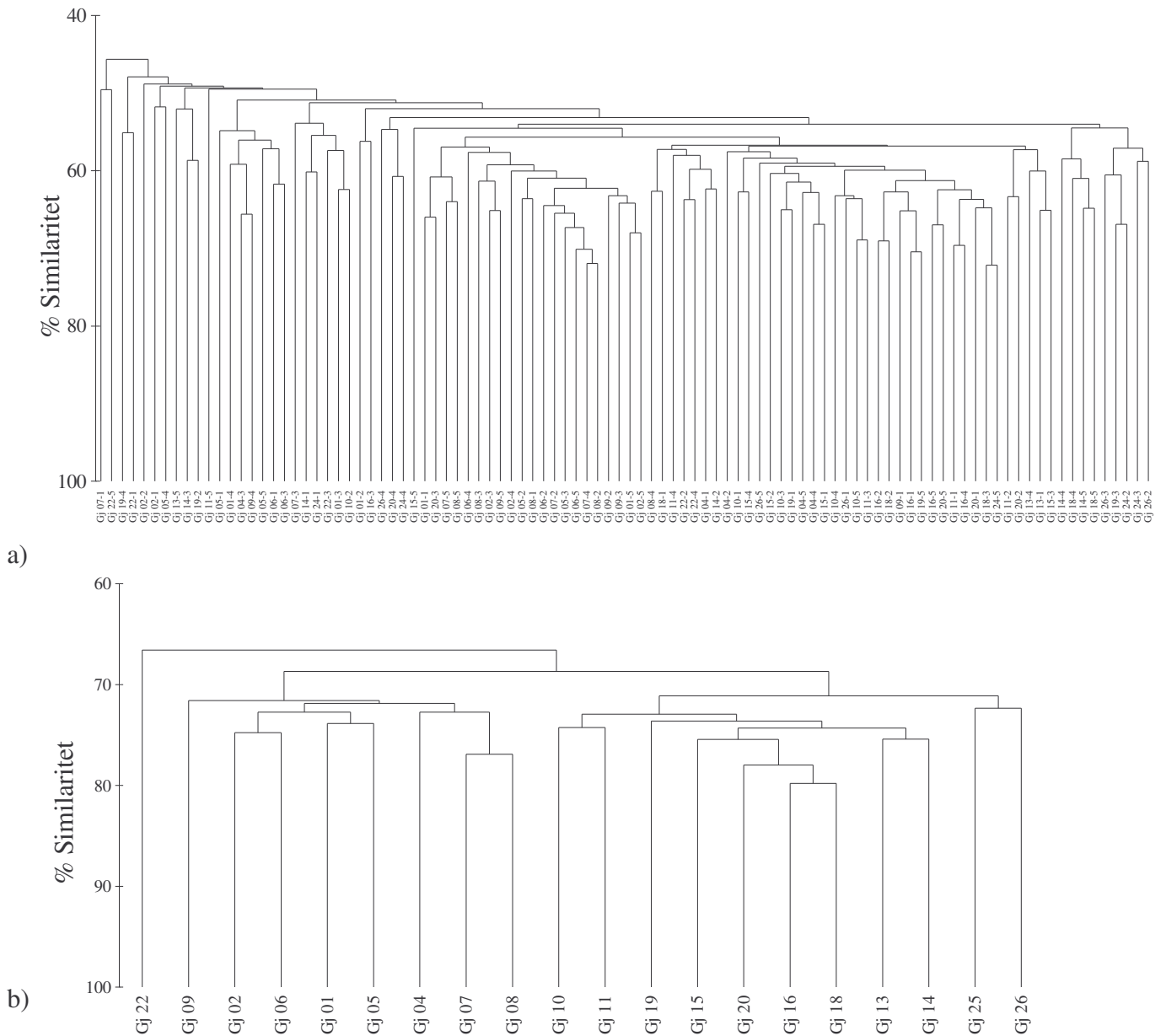
Figur 8.11. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved GjØa i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



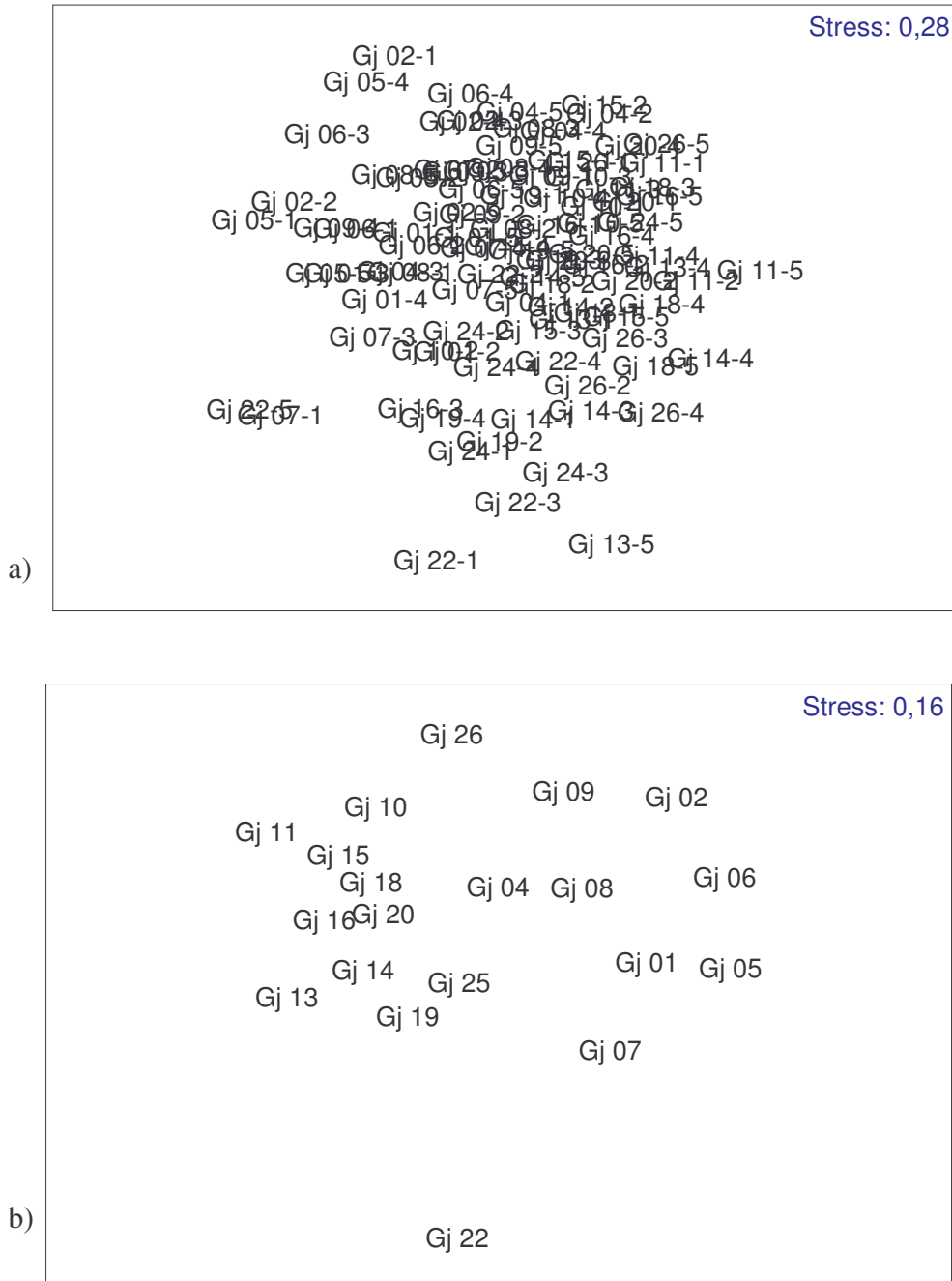
Figur 8.11 fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved GjØa i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Resultatet fra cluster- og MDS-analysene vises i henholdsvis Figur 8.12 og Figur 8.13.

Både i cluster- og MDS-analysene beregnet på hugg nivå blander huggene fra de undersøkte stasjonene seg. Dette viser at likheten mellom de enkelte huggene fra hver enkel stasjon er like stor som likheten mellom stasjonene.



Figur 8.12. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna for hvert enkelt hugg ved Gjølå i 2007 (a) og for hver stasjon (b). Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene *Spatangoida* og *Echinoida* er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Kobling av gruppene etter gruppe gjennomsnitts sortering.



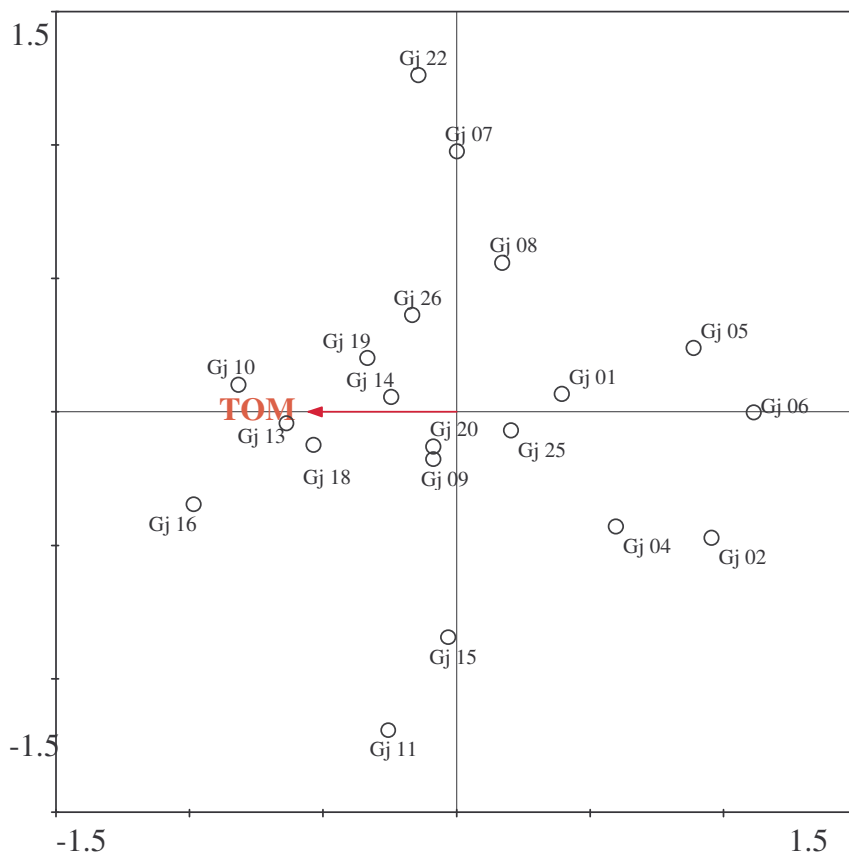
Figur 8.13. MDS-plott som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Gjølø i 2007 for hvert enkelt hugg (a) og samlet for hver stasjon med alle stasjonene (b). Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Stressfaktor var 0,28 for huggnivå (a), 0,16 for stasjonsnivå (b).

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse og BIOENV.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2007 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=0,9). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at TOM var den miljøvariablen som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 8.14). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 9,5 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den første frie aksen (y-aksen) forklarer 8,5 %.

BIOENV gav liten til ingen korrelasjon mellom de undersøkte parametrene og biologien (Tabell 8.11).

Resultatet viser at det er svak kobling mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfauna.



Figur 8.14. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablen TOM hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen reflekterer artssammensetningen som kan forklares av TOM (9,5 %), mens den andre aksen reflekterer den sterkeste gradienten i restvariasjonen (8,5 %).

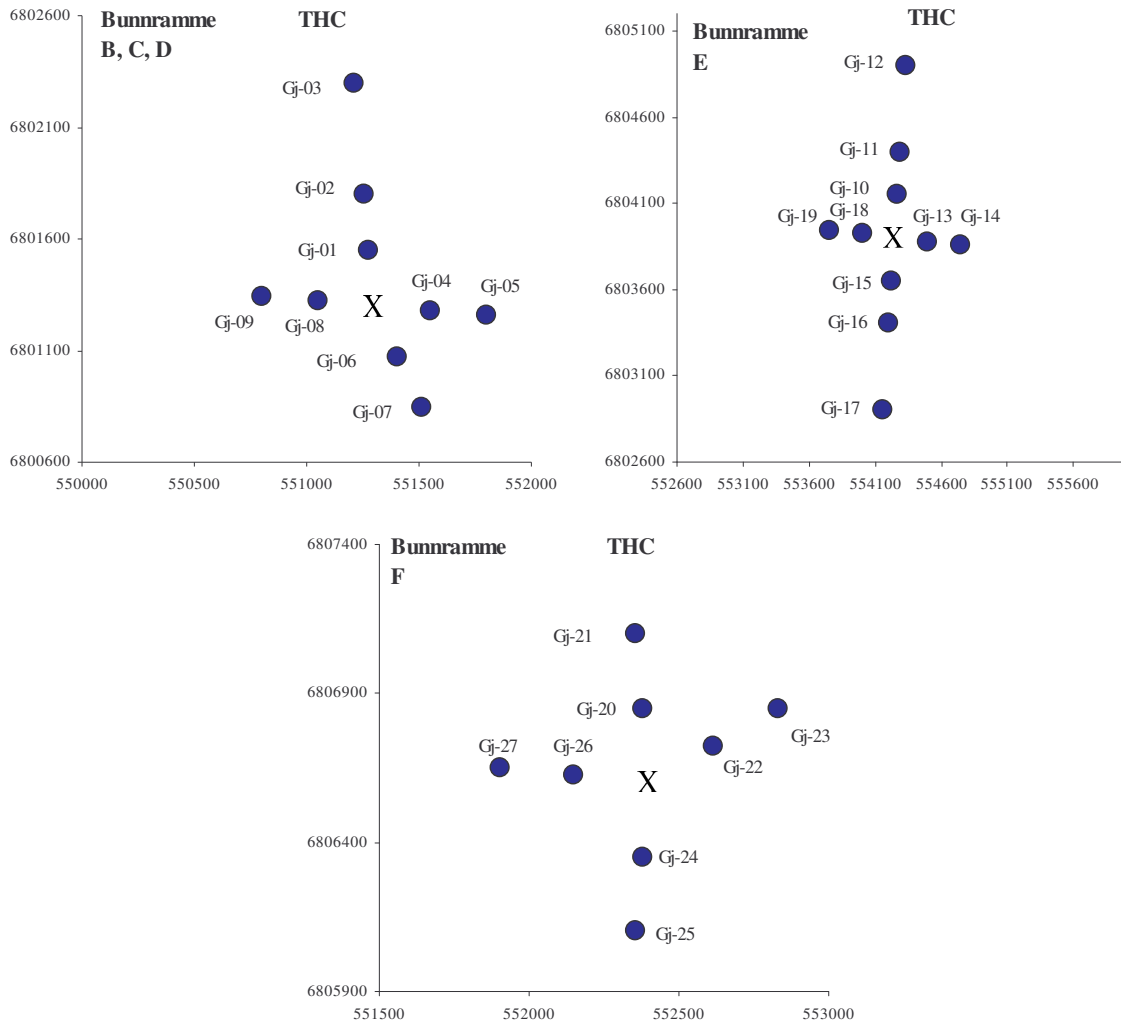
Tabell 8.11. Resultatet fra BIOENV analysen hvor ulike kombinasjoner av miljøvariablene: pelitt, TOM, median, krom, bly, kobber, kadmium, sink, barium og THC ble korrelert mot bunnfauna fra de feltspesifikke stasjonene og de tilhørende regionalstasjonene i 2007. Korrelasjonskoeffisienter (ρ_w) for de ulike enkeltvariablene og for de ni kombinasjonene av variabler som gav høyest korrelasjon med bunnfauna er oppgitt i tabellen. Krom, bly, kobber, kadmium, sink, barium og THC ble log (x+1) transformert før analyse, resten var utransformert. Normalisert Euclids avstand ble benyttet på miljøvariablene. Artsdata ble fjerderottransformert og Bray-Curtis similaritet ble beregnet. Veiet Spearmans korrelasjon ble brukt i analysen.

Antall variabler	Korrelasjonskoeffisient	Miljøvariabler									
1	0,141	TOM									
1	0,026	Pb									
1	-0,049	Zn									
1	-0,062	Cu									
1	-0,068	Cd									
1	-0,069	Ba									
1	-0,072	Cr									
1	-0,106	Median									
1	-0,155	Pelitt									
1	-0,171	THC									
2	0,196	Pb	TOM								
3	0,169	Pb	Cr	TOM							
4	0,140	Ba	Pb	Cd	TOM						
5	0,113	Ba	Pb	Cr	Zn	TOM					
6	0,090	Ba	Pb	Cu	Cr	Zn	TOM				
7	0,066	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	TOM			
8	0,026	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	TOM	Median		
9	-0,013	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	THC	TOM	Median	
10	-0,044	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn	THC	TOM	Pelitt	Median

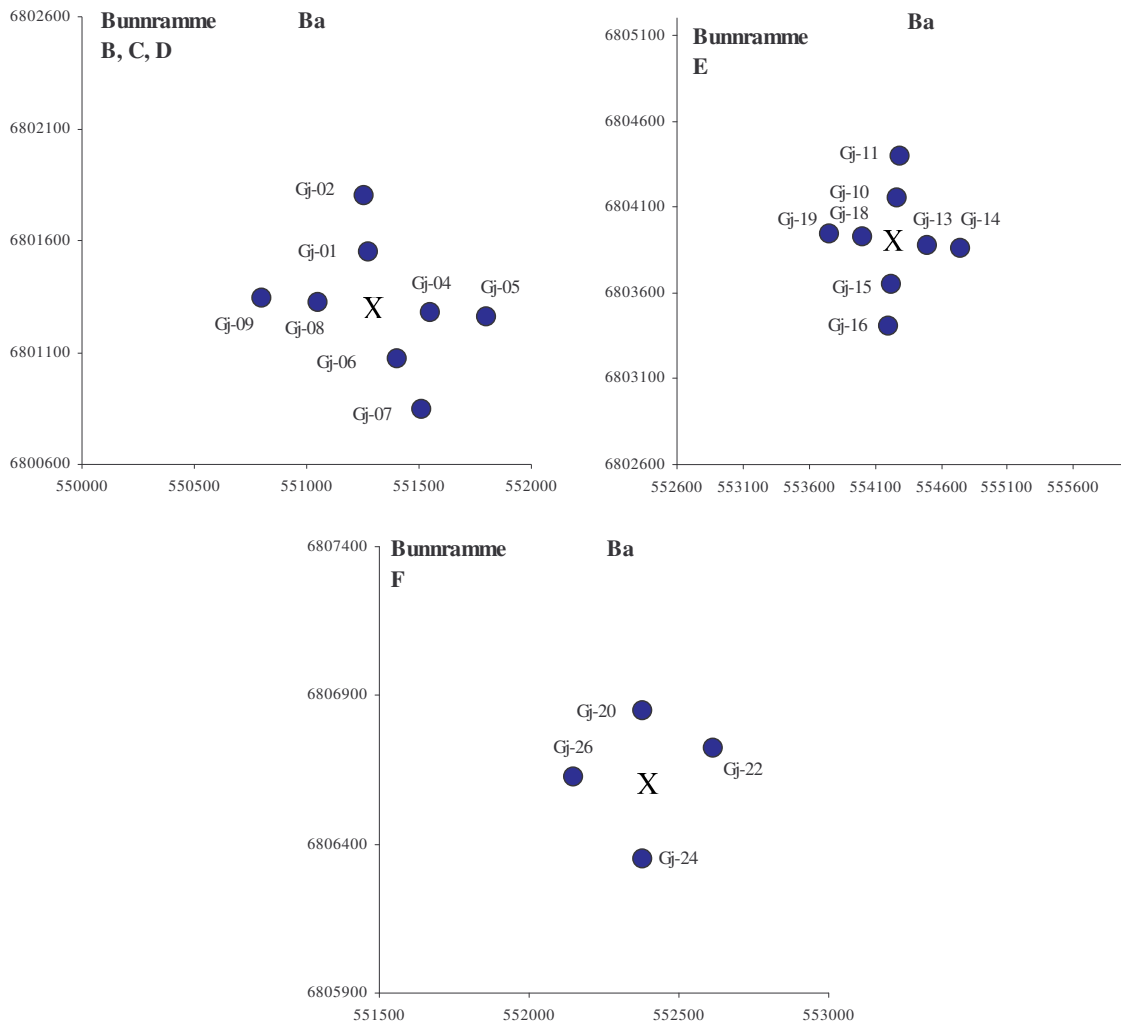
8.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av eventuell kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av eventuell forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 8.15 og Tabell 8.12. Tabell 8.12 inneholder også opplysninger om størrelsen på eventuelt areal som ble beregnet som påvirket.

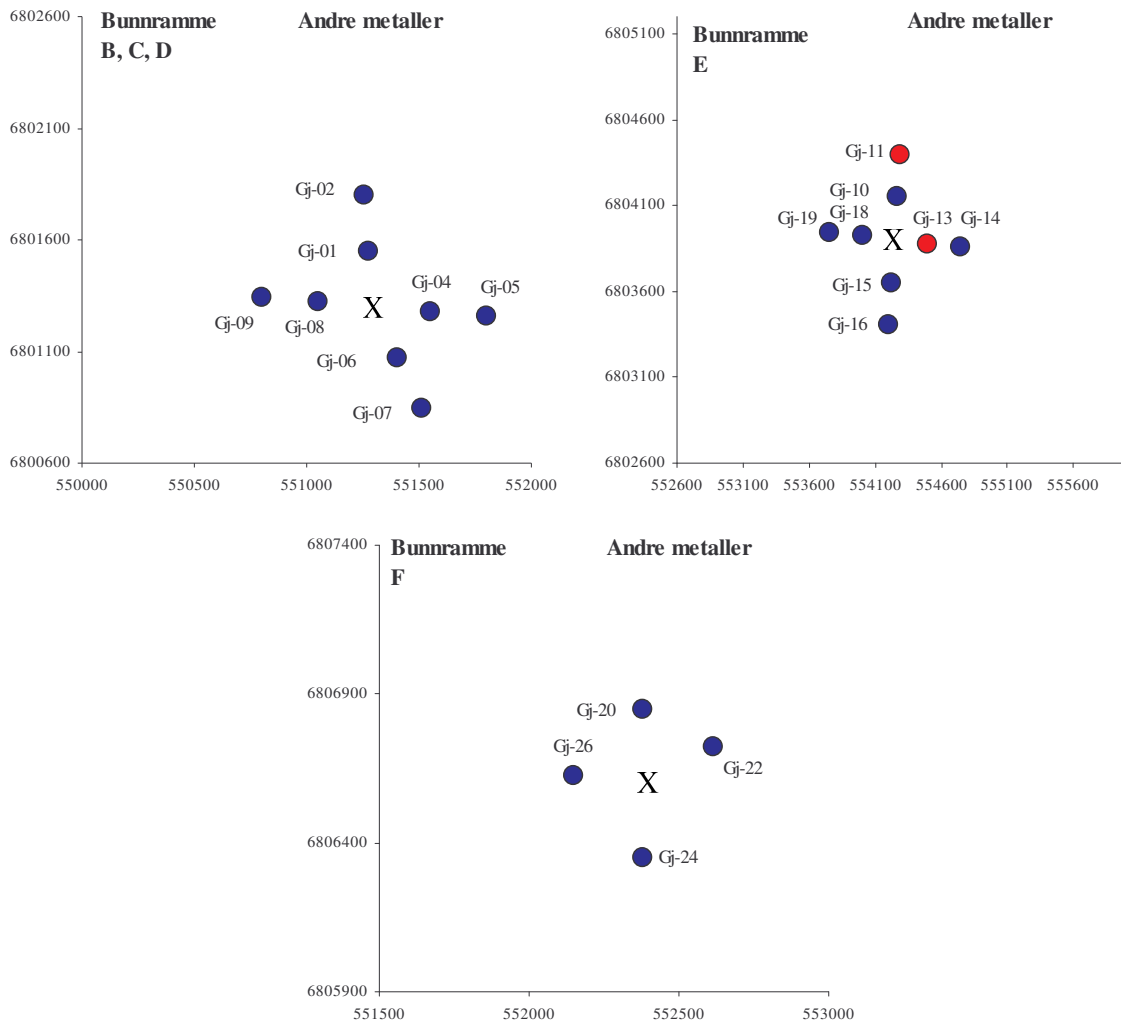
Det ble påvist kontaminering av bly på to stasjoner, en 250 m mot øst (Gj 13) og en 500 m mot nord (Gj 11). Faunaforstyrrelse ble ikke påvist. Beregnet kontaminert areal var 0,025 km² med bly-kontaminering. Stasjonen 500 m mot nord ble ikke tatt med ved beregningen av kontaminert areal da stasjonen 250 m mot nord ikke var kontaminert.



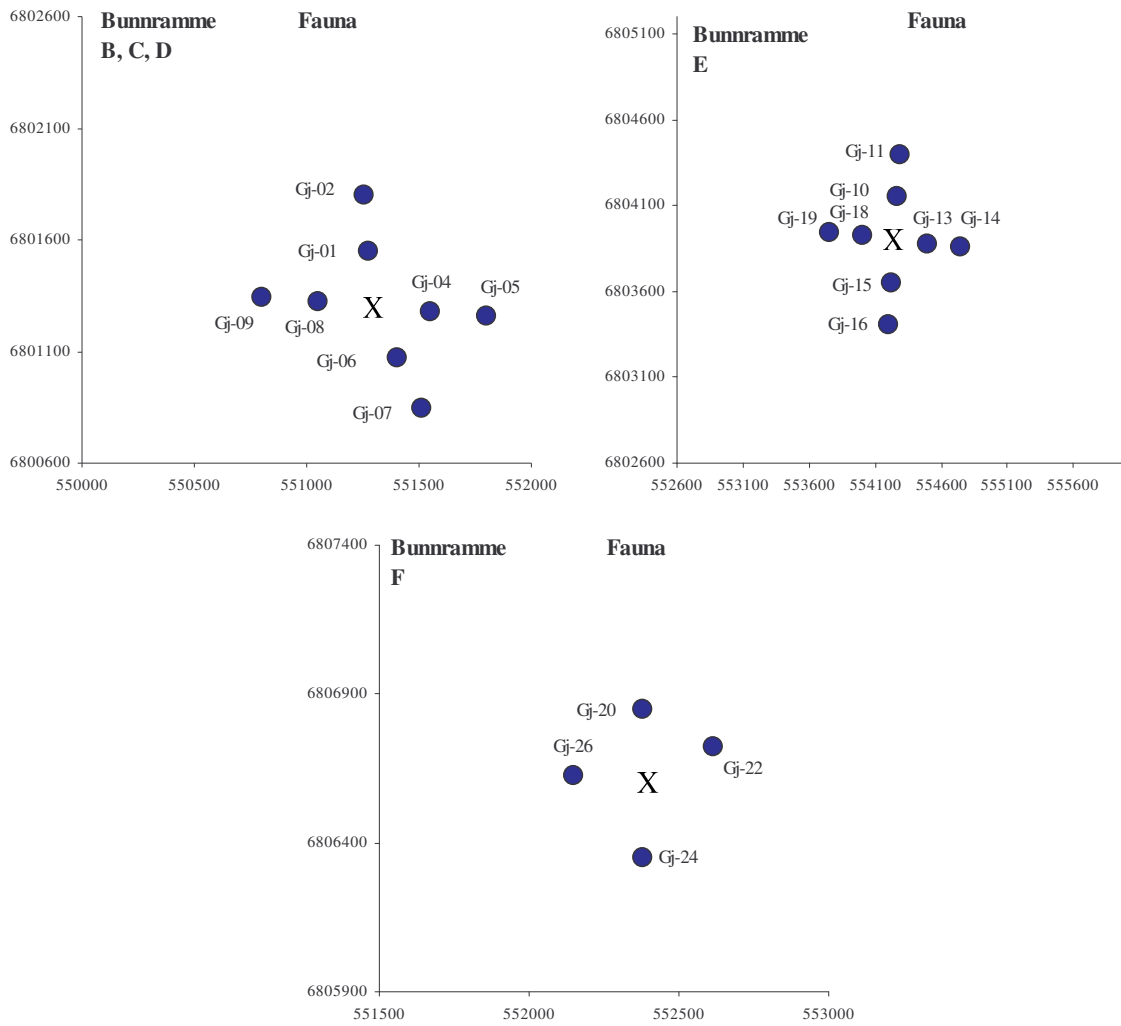
Figur 8.15. Stasjoner med konsentrasjon av THC over LSC Subregion grunn 97-05 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 97-05 er markert med blå sirkler.



Figur 8.15. Stasjoner med konsentrasjon av barium over LSC Subregion grunn 97-05 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 97-05 er markert med blå sirkler.



Figur 8.15. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion grunn 97-05 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion grunn 97-05 er markert med blå sirkler.



Figur 8.15 fortsetter. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

Tabell 8.12. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2007, samt beregnet areal med påvirkning rundt senteret for stasjonsnettet i 2007.

Gjøa	N m	Ø m	S m	V m	2007 km ²
THC	0	0	0	0	0,00
Ba	0	0	0	0	0,00
Andre metall	0	250	0	0	0,03
Fauna	0	0	0	0	0,00

8.3 Sammendrag og konklusjon

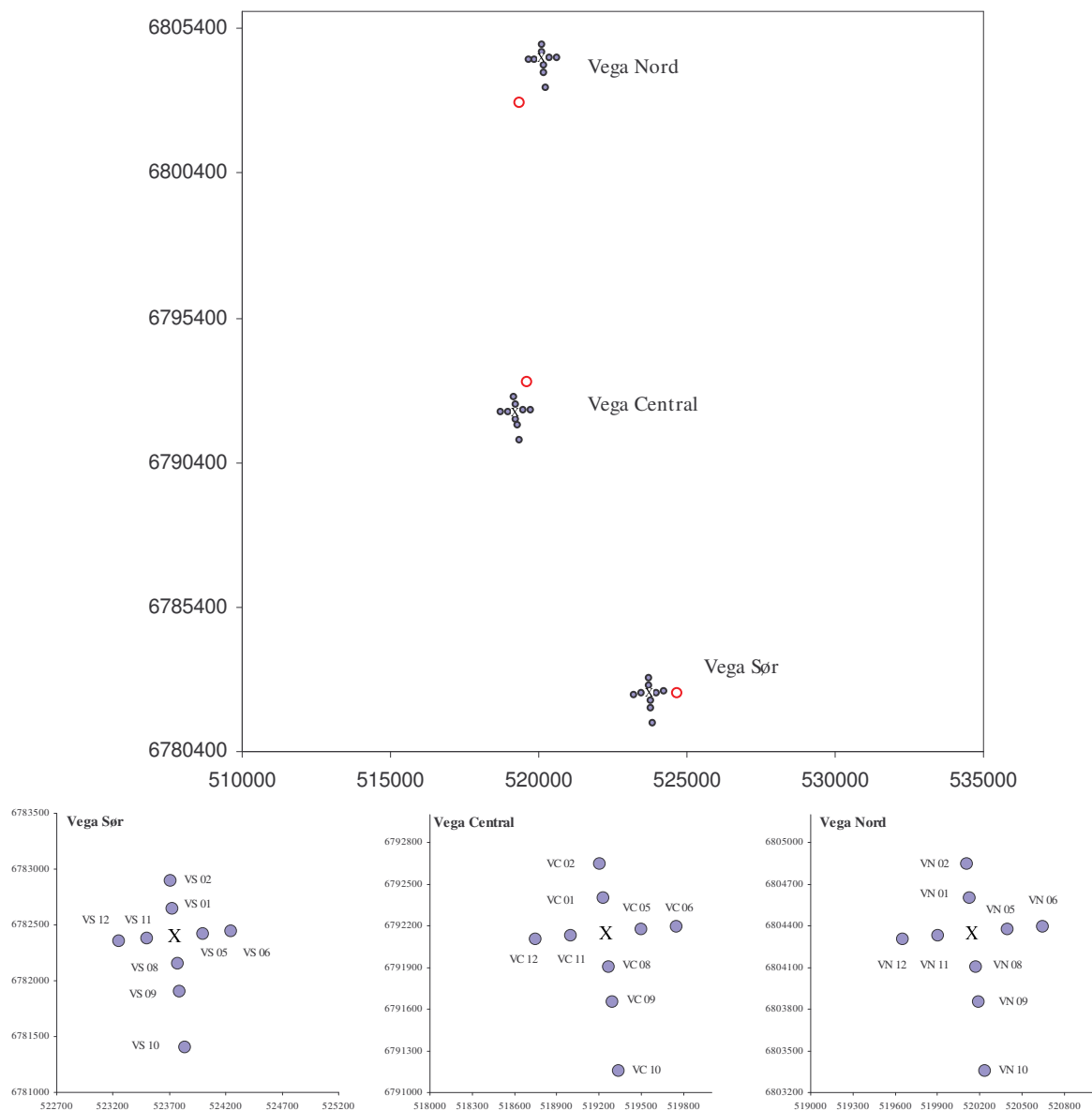
I 2007 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved de tre bunnrammene ved Gjøa. Innsamlingspunktene rundt senterne for stasjonsnettene var lagt ut i et aksekors.

Undersøkelsen avdekket kontaminering av bly på to av innsamlingspunktene i stasjonsnettene ved bunnramme E, punktet lå 250 m mot øst og 500 m mot nord for senteret for stasjonsnettene. Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.

9. Vega

9.1 Introduksjon

Vega ligger i blokk 35/8 og 35/11. Feltet ligger 10-30 km nord/nordvest for Framfeltene og 45-75 km nordvest av Troll, og mellom Gjøa og Gullfaks. Vega består av tre felt, Vega Nord (tidligere Camilla), Vega Central (tidligere Belinda) og Vega Sør (Tidligere Fram B). De tre feltene er planlagt koblet opp til den nye Gjøa-plattformen. Feltene ved Vega ble oppdaget på 80-tallet. Det har ikke vært gjennomført miljøundersøkelse på feltet tidligere, og årets undersøkelse fungerer som grunnlagsundersøkelse. Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til prøvetakings-programmet og oppdragsgivers senere endringer av programmet. Figur 9.1 viser prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til senter for de tre feltene og i forhold til hverandre. Det ble foretatt leteboring ved Vega på 1980- tallet. Posisjonene til brønnene er vist i figur 9.1. Det foreligger ingen utslippshistorikk fra feltet.



Figur 9.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Vega i forhold til senterne for stasjonsnettene (x). Posisjonene for prøveboring er vist med røde åpen sirkel. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

Tabell 9.1. Posisjoner til de undersøkte astasjonene i UTM (sone 31 CM 3° East, ED-1950), avstand og retning til senteret for stasjonsnettets og dypet.

Vega	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/retning ^o	Dyp (m)
	N	Ø		
Vega Sør				
VS 01	6782649	523728	250/355	377
VS 02	6782898	523706	500/355	375
VS 05	6782422	523999	250/85	377
VS 06	6782444	524248	500/85	368
VS 08	6782151	523772	250/175	380
VS 09	6781902	523794	500/175	374
VS 10	6781404	523837	1000/175	375
VS 11	6782378	523501	250/265	380
VS 12	6782356	523252	500/265	375
Vega Central				
VC 01	6792399	519228	250/355	380
VC 02	6792648	519206	500/355	380
VC 05	6792172	519499	250/85	369
VC 06	6792194	519748	500/85	379
VC 08	6791901	519272	250/175	377
VC 09	6791652	519294	500/175	375
VC 10	6791154	519337	1000/175	
VC 11	6792128	519001	250/265	377
VC 12	6792106	518752	500/265	375
Vega Nord				
VN 01	6804599	520128	250/355	364
VN 02	6804848	520106	500/355	363
VN 05	6804372	520399	250/85	365
VN 06	6804394	520648	500/85	365
VN 08	6804101	520172	250/175	365
VN 09	6803852	520194	500/175	363
VN 10	6803354	520237	1000/175	365
VN 11	6804328	519901	250/265	364
VN 12	6804306	519652	500/265	368

9.2 Resultater

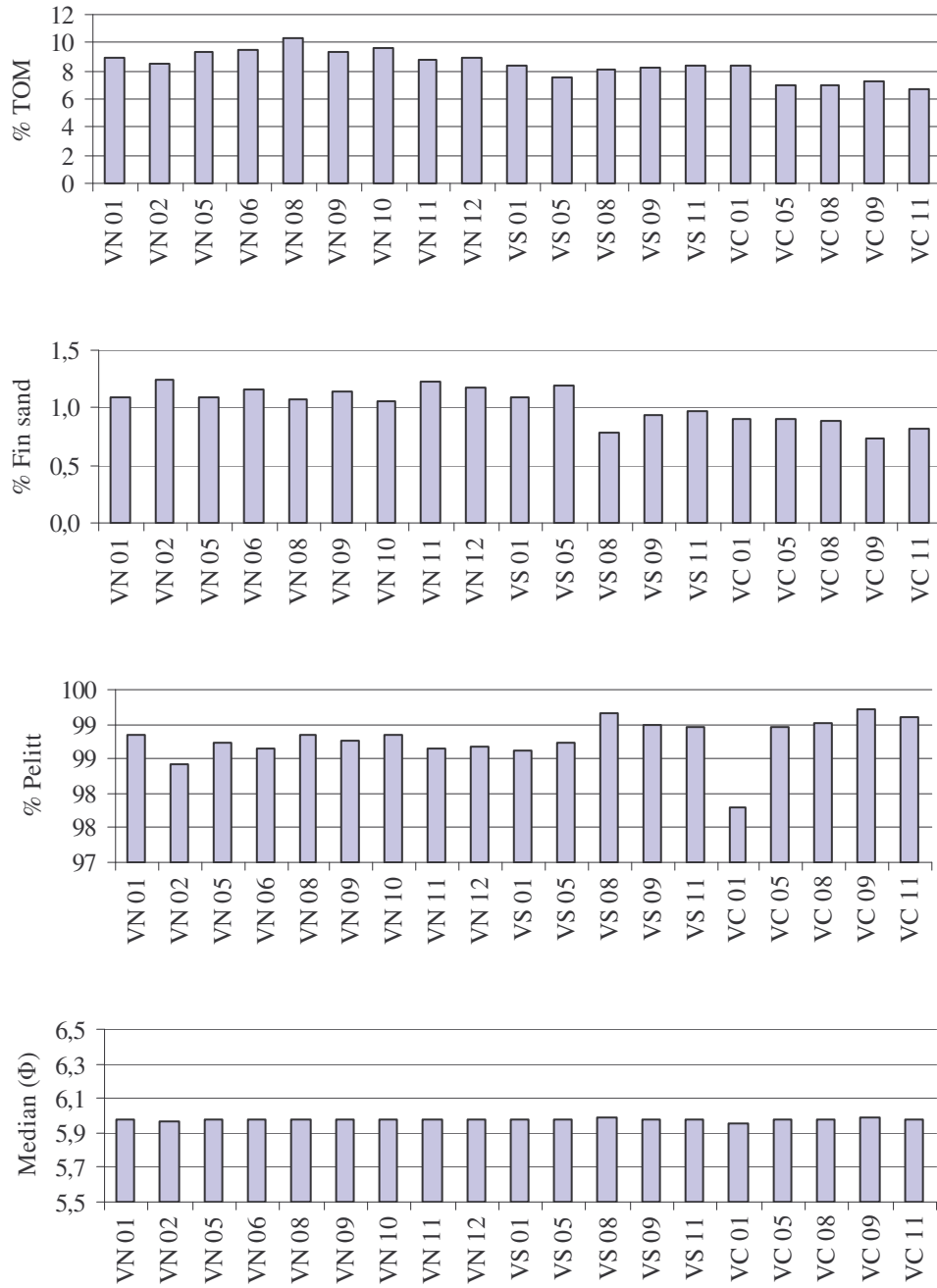
9.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2007 er vist i Tabell 9.2. I Figur 9.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Tune sør hadde et TOM-innhold fra 6,67 % til 10,26 %. Sandinnholdet varierte fra 0,78 % til 1,52 % og pelittinnholdet varierte mellom 97,8 % og 99,2 %. Medianen (Φ) var fra 5,96 til 5,98.

Tabell 9.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Vega i 2007. Det er beregnet gjennomsnitt (snitt), standardavvik (sd) og maksimum (maks) og minimum (min) for feltet.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median	Sorting	Skewness	Kurtosis
<i>Vega Sør</i>								
VS 01	8,36	0,09	1,29	98,62	5,97	1,24	0,00	0,74
VS 05	7,60	0,00	1,26	98,74	5,97	1,24	0,00	0,74
VS 08	8,07	0,00	0,84	99,16	5,98	1,24	0,00	0,74
VS 09	8,19	0,00	1,02	98,98	5,98	1,24	0,00	0,74
VS 11	8,42	0,00	1,04	98,96	5,98	1,24	0,00	0,74
<i>Vega Central</i>								
VC 01	8,39	1,16	1,04	97,80	5,96	1,25	0,00	0,74
VC 05	6,97	0,00	1,03	98,97	5,98	1,24	0,00	0,74
VC 08	6,95	0,01	0,96	99,02	5,98	1,24	0,00	0,74
VC 09	7,24	0,00	0,78	99,22	5,98	1,24	0,00	0,74
VC 11	6,67	0,00	0,88	99,12	5,98	1,24	0,00	0,74
<i>Vega Nord</i>								
VN 01	8,90	0,00	1,16	98,84	5,98	1,24	0,00	0,74
VN 02	8,47	0,05	1,52	98,43	5,97	1,25	0,00	0,74
VN 05	9,33	0,00	1,28	98,72	5,97	1,24	0,00	0,74
VN 06	9,54	0,00	1,35	98,65	5,97	1,24	0,00	0,74
VN 08	10,26	0,00	1,14	98,86	5,98	1,24	0,00	0,74
VN 09	9,29	0,00	1,23	98,77	5,98	1,24	0,00	0,74
VN 10	9,59	0,00	1,17	98,83	5,98	1,24	0,00	0,74
VN 11	8,82	0,00	1,36	98,64	5,97	1,24	0,00	0,74
VN 12	8,93	0,00	1,34	98,66	5,97	1,24	0,00	0,74
snitt	8,42	0,07	1,14	98,79	5,98	1,24	0,00	0,74
sd	0,99	0,27	0,20	0,32	0,01	0,00	0,00	0,00
min	6,67	0,00	0,78	97,80	5,96	1,24	0,00	0,74
maks	10,26	1,16	1,52	99,22	5,98	1,25	0,00	0,74



Figur 9.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Vega i 2007.

9.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Vega i 2007

Det ble ikke beregnet LSC av de innsamlede dataene fra 2007, se under materiale og metoder. For å vurdere hvor høyt innholdet av de målte kjemiske parametrene i sedimentet fra Vega var, ble det benyttet beregnet LSC fra overvåkingen av Region IV i 2005 (Tabell 9.3). I 2005 ble Region IV delt inn i to subregioner (Mannvik et. al 2006), men ingen av disse subregionene er representativ med hensyn på vanddyb og sedimenttype ved Vega. Vanddybet ved Vega er større, og sedimentet er mer finkornet og har naturlig større affinitet på de fleste kjemiske forbindelser. Det noe grovere sedimentet på de regionale stasjonene har lavere affinitet på kjemiske forbindelser. Med bakgrunn i dette forventes det høyere LSC i finkornet sediment enn i grovkornet sediment.

Det området som har mest sammenlignbare forhold med hensyn på vanddyb og sedimenttype med området ved Vega finnes i den dypeste delen av region III, rett syd for Vega. Fra dette området ble det samlet prøver i 2004 og det ble beregnet LSC verdier (Mannvik et al. 2005), og er presentert i Tabell 9.3.

I det følgende benyttes både LSC verdier fra den dypeste subregionen av Region IV (96-05) og den dypeste subregionen av Region III (98-04). Etter vår mening bør målingene foretatt ved Vega vurderes i forhold til LSC verdiene fra den dypeste subregionen i Region III. Videre bør det opprettes nye regionale stasjoner i Region IV som har vanddyb og sedimenttype som er representativ også for de største vanddybene i denne regionen.

Tabell 9.3. "Limit of Significant Contamination" (LSC) fra overvåkingen av Region IV i 2005. Region IV ble i 2005 delt inn i to subregioner. Vega ble vurdert å tilhøre den dype subregionen (LSC Subregion dyp 96-05). Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	THC	PAH	NPD	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
LSC 96-05 RegIV	6,3	0,093	0,055	428	8,7	0,106	4,9	11,2 ¹	0,022	21,6
LSC 96-05 grunn RegIV	6,9	0,036	0,03	365	8,6	0,112	2,7	8,2 ¹	0,024	13,1
LSC 96-05 dyp RegIV	5,3	0,128	0,74	513	9,3	0,09	5,8	12,1 ¹	0,019	24,1
LSC 98-04 dyp RegIII	33	0,798	0,404	436	49,4	0,125	19,9	43	0,053	87,4

¹: Basert på 2002 og 2005 data.

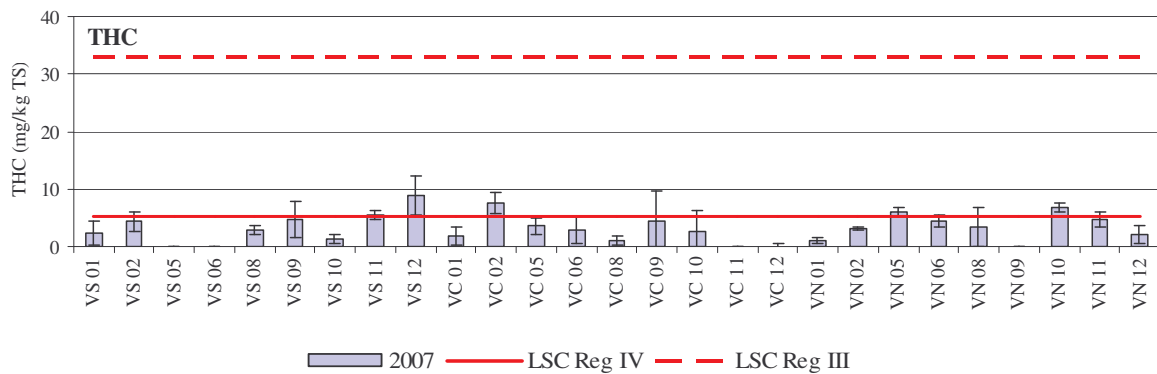
9.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 9.4 sammen med målingene av PAH og NPD fra to stasjoner. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 9.5. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 9.3 vises THC innholdet og i Figur 9.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2007. På grunn av feil i laboratoriet fikk en bare måling for to av de tre parallellene ved VC 02.

THC ble ikke detektert på fem av stasjonene, og den høyeste verdien som ble målt var 9,0 mg/kg. Sedimentet fra VN 08 og VN 09 hadde et PAH innhold på henholdsvis 0,084 mg/kg og 0,053 mg/kg, og NPD innhold på 0,045 mg/kg, og 0,027 mg/kg.

Fem av de undersøkte stasjonene hadde THC verdier som var over LSC_{96-05 dyp RegIV} (Figur 9.3). Sedimentet fra Vega hadde et mer finkornet sediment enn stasjonene som ble benyttet i beregningen av LSC verdien i 2005. Et mer finkornet sediment gjør at en kan forvente å finne litt høyere verdier av oljekomponenter i sedimentet. Ingen av stasjonene hadde THC innhold over LSC_{98-04 dyp RegIII}, som er beregnet på stasjoner med tilsvarende pelitt innhold som det en finner på Vega.

I de seksjonerte prøvene var innholdet av THC over LSC i 1-3 cm sjiktet på VN 08. Også på VN 09 ble de høyeste THC konsentrasjonene målt i 1-3 cm sjiktet. Innholdet av PAH var litt høyere i 3-6 cm sjiktet på VN 08, sammenlignet med de to andre sjiktene. Innholdet av NPD endret seg lite nedover i sedimentet på begge stasjonene.



Figur 9.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Vega i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i Region IV 2005 og Region III 2004. På stasjoner der innholdet av THC ikke ble detektert, ble THC verdien satt til deteksjonsgrensen. VC 02 to paralleller.

Tabell 9.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Vega i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. VC 02 to paralleller.

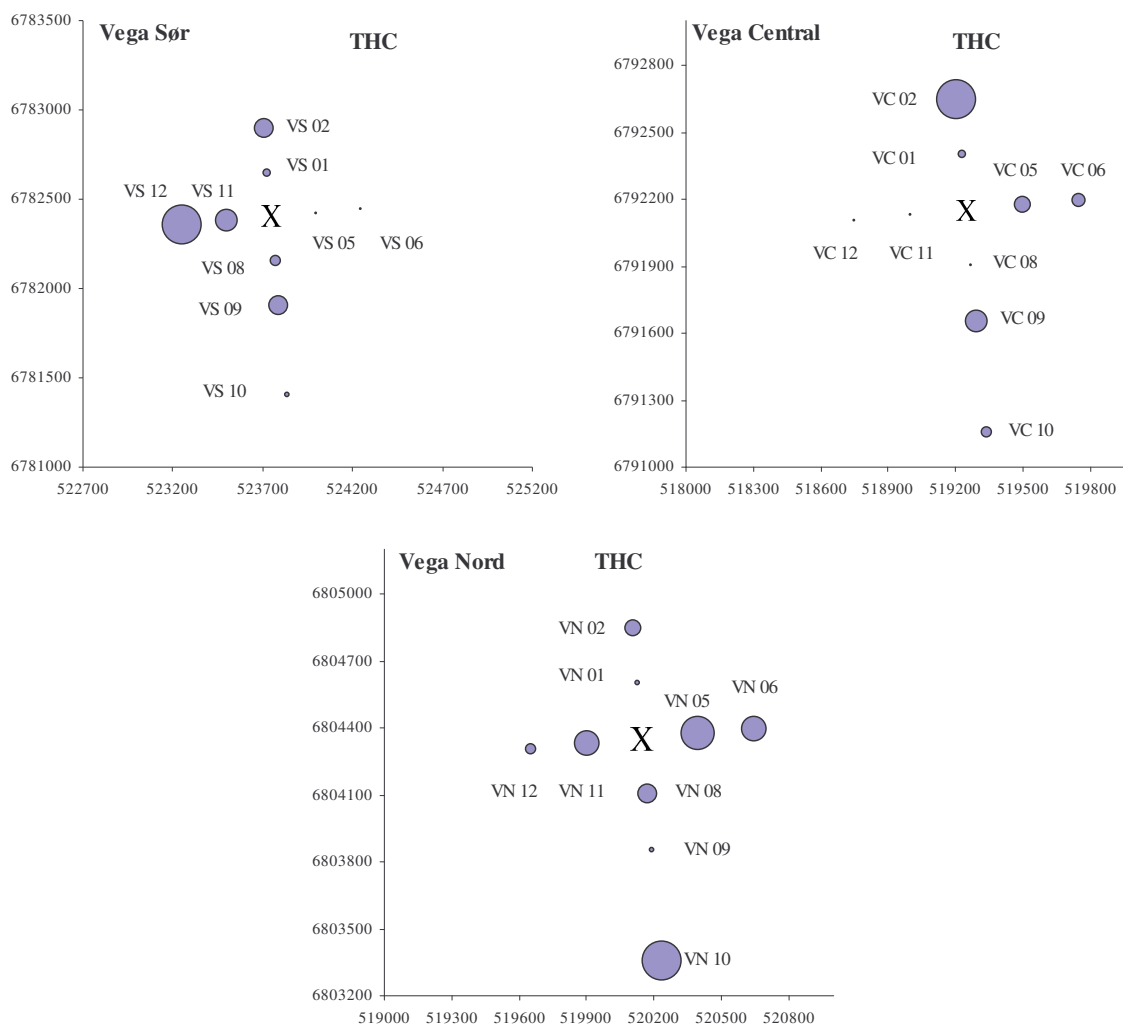
Vega	THC		PAH		NPD	
	snitt	s.d	snitt	s.d	snitt	s.d
Vega Sør						
VS 01	2,3	2,0	i.a.		i.a.	
VS 02	4,4	1,7	i.a.		i.a.	
VS 05	<0,1	-	i.a.		i.a.	
VS 06	<0,1	-	i.a.		i.a.	
VS 08	2,8	0,8	i.a.		i.a.	
VS 09	4,7	3,1	i.a.		i.a.	
VS 10	1,3	0,9	i.a.		i.a.	
VS 11	5,6	0,7	i.a.		i.a.	
VS 12	9,0	3,3	i.a.		i.a.	
Vega Central						
VC 01	1,9	1,5	i.a.		i.a.	
VC 02	7,7	1,8	i.a.		i.a.	
VC 05	3,6	1,4	i.a.		i.a.	
VC 06	2,8	2,4	i.a.		i.a.	
VC 08	1,0	0,9	i.a.		i.a.	
VC 09	4,4	5,3	i.a.		i.a.	
VC 10	2,6	3,6	i.a.		i.a.	
VC 11	<0,1	-	i.a.		i.a.	
VC 12	<0,1	0,5	i.a.		i.a.	
Vega Nord						
VN 01	1,0	0,5	i.a.		i.a.	
VN 02	3,1	0,2	i.a.		i.a.	
VN 05	6,0	0,8	i.a.		i.a.	
VN 06	4,5	1,0	i.a.		i.a.	
VN 08	3,5	3,4	0,084	0,050	0,045	0,025
VN 09	<1,0	-	0,053	0,024	0,027	0,002
VN 10	6,7	0,8	i.a.		i.a.	
VN 11	4,6	1,4	i.a.		i.a.	
VN 12	2,1	1,5	i.a.		i.a.	
snitt±s.d.	3,9±2,1		-		-	
min-maks	<1,0 - 9,0		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 9.5. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på VN 08 og VN 09 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
VN 08	(0-1cm)	2,7	0,043	0,027
	(1-3cm)	5,6	0,055	0,034
	(3-6cm)	4,4	0,170	0,057
VN 09	(0-1cm)	< 1,0	0,079	0,028
	(1-3cm)	1,8	0,040	0,023
	(3-6cm)	< 1,0	0,051	0,022



Figur 9.4. Relativ konsentrasjon av THC i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved de tre undersøkte bunnrammene ved Vega i 2007. Senteret for stasjonsnettlet er markert med x.

9.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 9.6. Resultatene fra de seksjonerte prøvene er vist i Tabell 9.7. Komplette datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 9.5 vises bariuminnholdet i 2007 og den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2007. I Figur 9.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2007.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 160 til 367 mg/kg og bly ble påvist i konsentrasjoner mellom 25,6 og 31,7 mg/kg. Kadmium varierte mellom 0,031 og 0,107 mg/kg, kobber mellom 9,1 og 11,6 mg/kg og krom mellom 18,0 og 22,8 mg/kg. Kvikksølv ble målt på VN 02 og VN 09 med konsentrasjoner på henholdsvis 0,038 mg/kg og 0,040. Konsentrasjonen av sink varierte fra 47,8 til 60,5 mg/kg (Tabell 9.6).

Innholdet av kobber, krom, sink og bly var over $LSC_{96-05 \text{ dyp RegIV}}$ på alle stasjonene, og kadmium var over $LSC_{96-05 \text{ dyp RegIV}}$ på stasjonene VS 01, VC 05 og VC 08. Ingen av stasjonene hadde metallkonsentrasjoner over $LSC_{98-04 \text{ dyp RegIII}}$.

Innholdet barium var litt lavere i 3-6 cm sjiktet på begge de seksjonerte stasjonene. Innholdet av kadmium var høyest i 3-6 cm sjiktet på VN 09. Konsentrasjonene av de andre undersøkte metallene endret seg lite nedover i sedimentet.

Tabell 9.6. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Vega i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

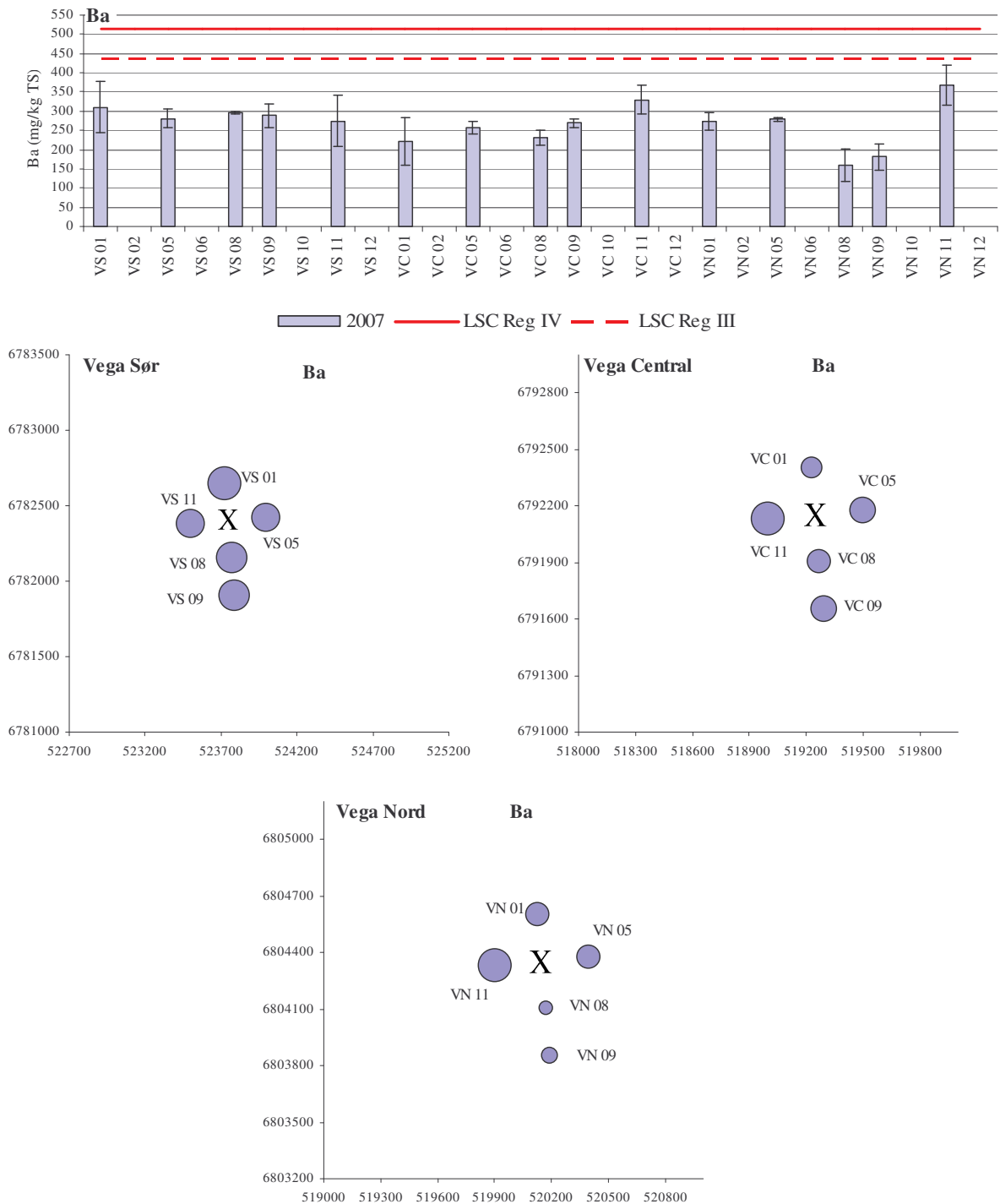
	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Vega Sør														
VS 01	310,3	65,8	30,2	0,5	0,094	0,019	11,2	0,3	22,1	0,3			57,8	0,5
VS 02	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VS 05	281,3	24,7	28,7	1,7	0,055	0,038	10,9	0,9	21,8	1,6			56,3	4,2
VS 06	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VS 08	295,0	3,6	30,5	1,0	0,031	0,009	11,5	0,6	22,2	0,6			59,0	1,7
VS 09	289,0	30,4	27,9	3,1	0,033	0,003	10,9	1,3	21,0	2,1			54,6	5,9
VS 10	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VS 11	274,7	67,1	26,7	3,7	0,053	0,040	10,1	1,4	20,1	2,1			52,3	6,7
VS 12	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
Vega Central														
VC 01	221,3	62,3	29,7	1,2	0,048	0,006	11,0	0,3	22,0	0,2			57,5	1,2
VC 02	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VC 05	258,0	16,1	31,0	1,8	0,107	0,006	11,6	0,8	22,6	1,3			59,8	3,4
VC 06	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VC 08	231,3	19,3	29,4	1,4	0,107	0,012	11,1	0,4	22,1	0,9			58,0	2,2
VC 09	268,7	12,6	31,7	2,6	0,070	0,040	11,6	0,7	22,7	1,5			60,5	4,1
VC 10	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VC 11	330,0	36,9	30,9	0,1	0,068	0,034	11,6	0,5	22,4	0,3			59,0	1,0
VC 12	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
Vega Nord														
VN 01	272,7	22,0	30,5	0,6	0,082	0,009	11,5	0,1	22,8	0,3			59,0	0,5
VN 02	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VN 05	278,3	4,5	30,7	0,8	0,076	0,001	11,4	0,4	22,6	0,6			58,7	1,4
VN 06	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VN 08	160,0	42,4	25,6	7,7	0,041	0,016	9,1	2,5	18,0	3,9	0,038	0,008	47,8	13,1
VN 09	181,0	33,5	26,1	5,4	0,048	0,028	9,8	2,0	19,0	3,1	0,040	0,009	50,4	10,4
VN 10	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
VN 11	367,0	51,9	30,7	0,6	0,059	0,023	10,8	0,6	21,8	1,4			59,4	1,3
VN 12	i.a.		i.a.		i.a.		i.a.		i.a.				i.a.	
snitt±s.d.	267,9±53,3		29,4±1,9		0,065±0,024		10,9±0,7		21,6±1,4		-		56,7±3,8	
min-maks	160,0 - 367,0		25,6 - 31,7		0,031 - 0,107		9,1 - 11,6		18,0 - 22,8		-		47,8 - 60,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2007

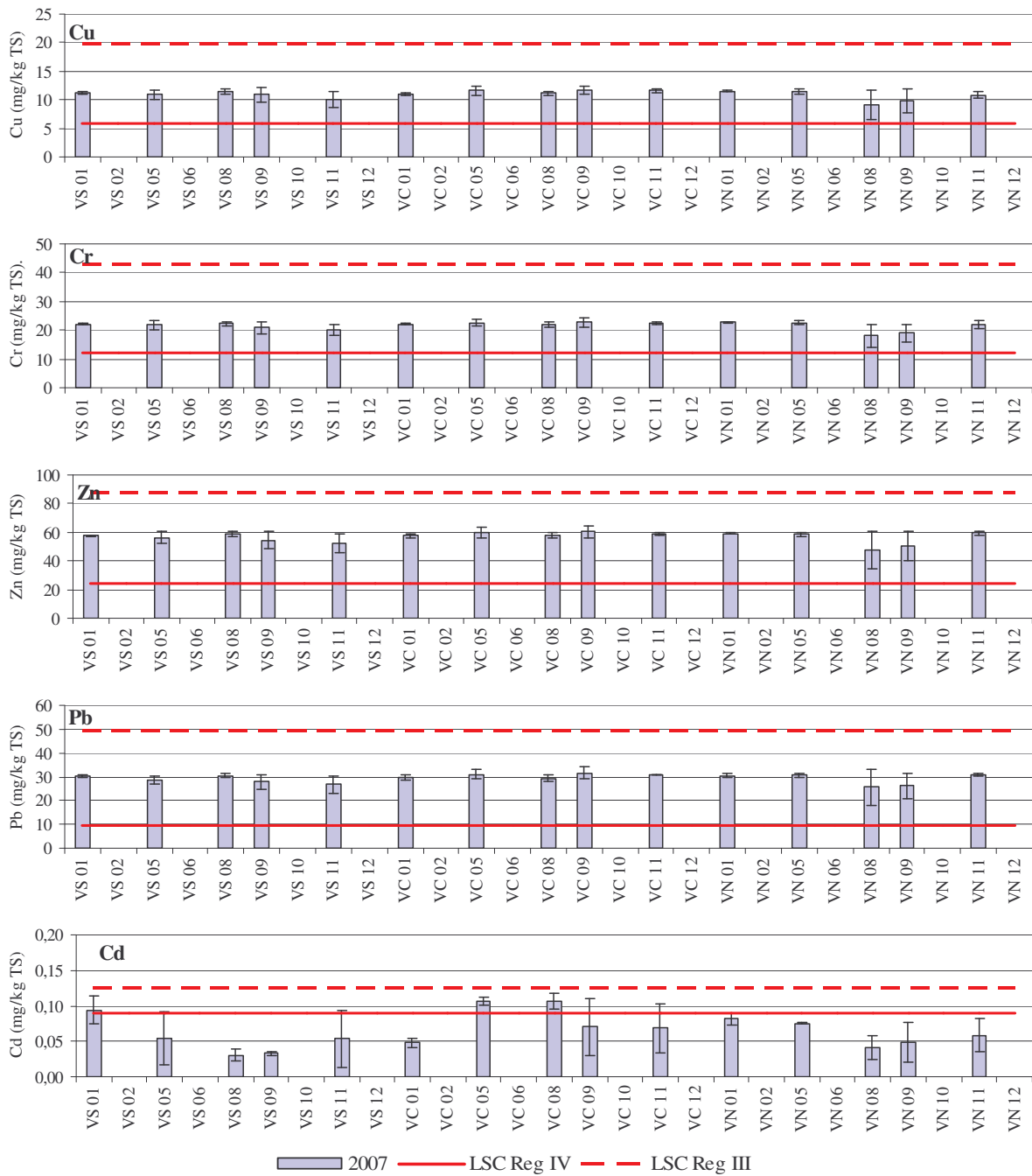
- Gjennomsnitt, maks og min ikke beregnet for datasett fra kun to stasjoner

Tabell 9.7. Vertikalfordelingen av barium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv og sink i sedimentet på VN 08 og VN 09 i 2007. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
VN 08	(0-1cm)	209,0	34,4	0,060	12,0	22,5	0,047	62,8
	(1-3cm)	217,0	30,7	0,069	11,3	21,0	0,046	57,6
	(3-6cm)	109,0	31,4	0,065	11,6	22,6	0,044	60,4
VN 09	(0-1cm)	214,0	31,9	0,080	11,9	22,0	0,050	61,0
	(1-3cm)	178,0	32,7	0,066	12,0	22,3	0,046	61,9
	(3-6cm)	71,0	28,1	0,800	10,9	21,7	0,038	55,6

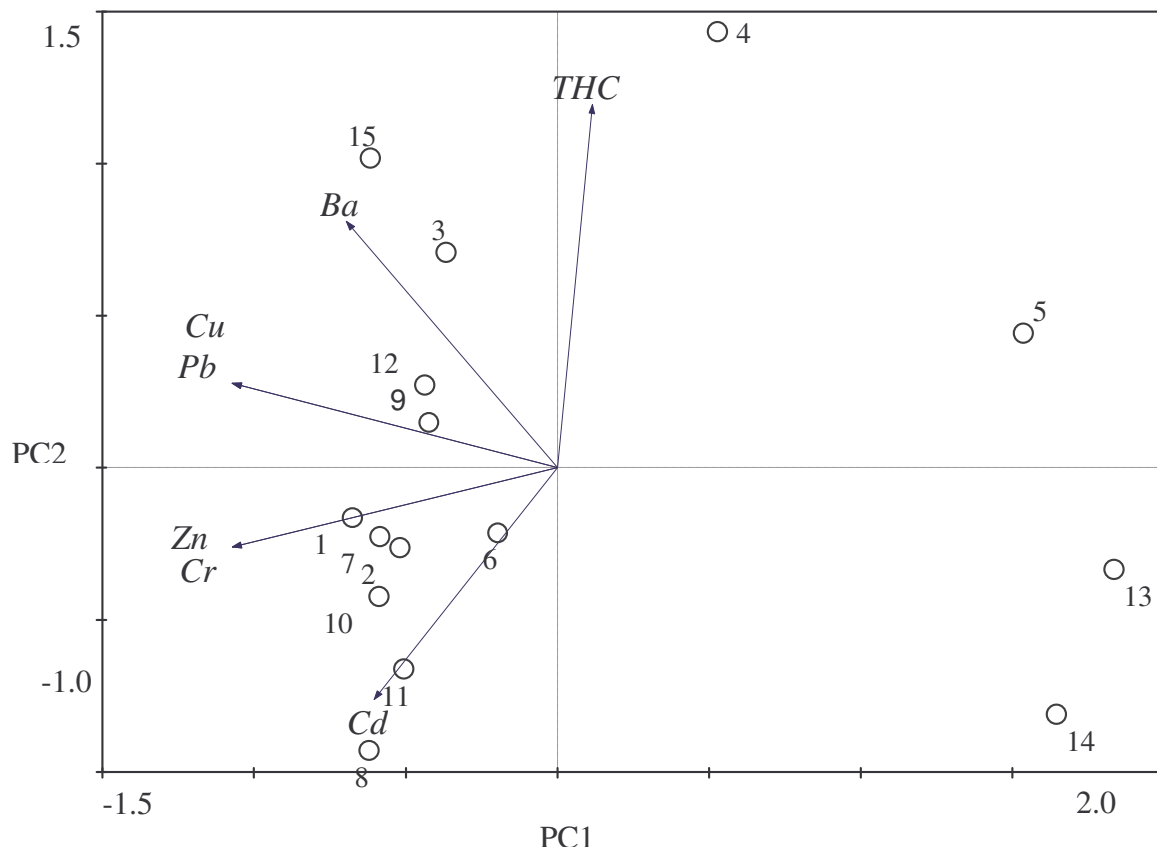


Figur 9.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Vega i 2007, og den relativ konsentrasjon av Ba i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved de tre undersøkte bunnrammene ved Vega i 2007. Senteret for stasjonsnettet er markert med x. LSC i stolpediagrammet er hentet fra regionale undersøkelser i Region IV 2005 og Region III 2004.



Figur 9.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Vega i 2007. LSC hentet fra regionale undersøkelser i Region IV 2005 og Region III 2004.

I Figur 9.7 vises et PCA plott hvor stasjonene på feltet grupperes i forhold til innholdet av THC og metall i sedimentet.



Figur 9.7. To dimensjonalt plott fra PCA-analyse av fordelingen av THC og metaller blant stasjonene ved Vega i 2007. PC1-aksen forklarer 60,8 % av variasjonen og PC2-aksen forklarer 17,8 % av variasjonen i datasettet. Totalt forklarer PC1- og PC2-aksene 78,6 % av variasjonen i materiale. Kjemi-dataene er Log x+1 transformert.

9.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 9.8. Komplette artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 313 juvenile individ av sjøpiggingvinggruppene Spatangoida og 1 Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Vega. Totalt ble 12434 individer fordelt på 225 taksa identifisert i prøvene fra Vega i 2007. Faunaen var tallmessig dominert av Mollusca (bløtdyr) med 45 % av alle individ. Flest taksa ble identifisert av gruppen Polychaeta (børstemarkere) med 90 % av alle taksa.

Tabell 9.8. Antall individ i prøvene fra Vega i 2007 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (313 individ) og Echinoida (1 individ) er utelatt.

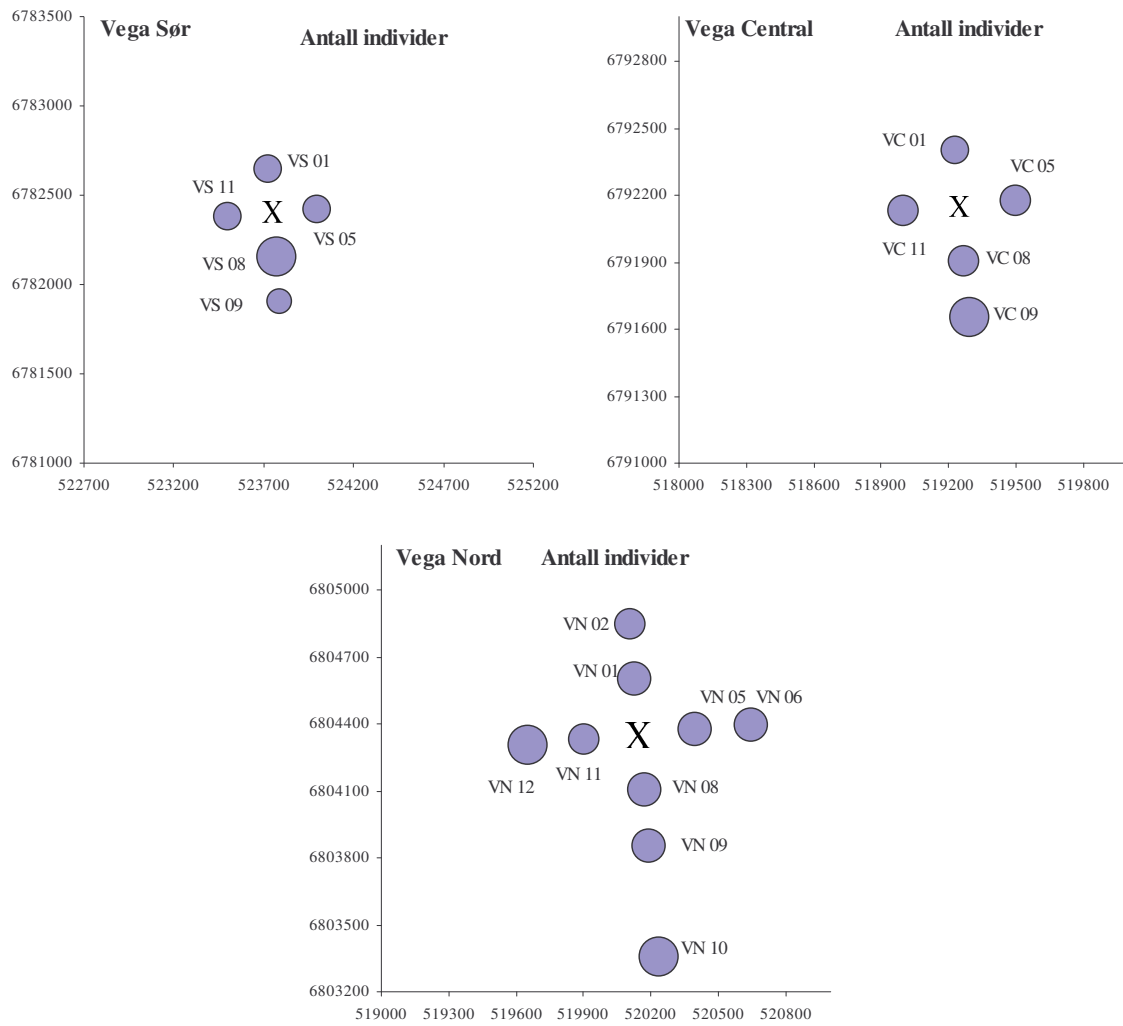
Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	4929	40	90	40
Arthropoda	1230	10	59	26
Mollusca	5607	45	42	19
Echinodermata	432	3	14	6
Diverse grupper	236	2	20	9
Total	12434	100	225	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Vega vises i Figur 9.8 og Figur 9.9. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 9.9 og Figur 9.10. Antall individ varierte mellom 574 og 879, og antall taksa varierte mellom 77 og 101. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,04 og 5,52, og ES_{100} varierte mellom 37,8 og 44,5. Jevnheten varierte mellom 0,79 og 0,84.

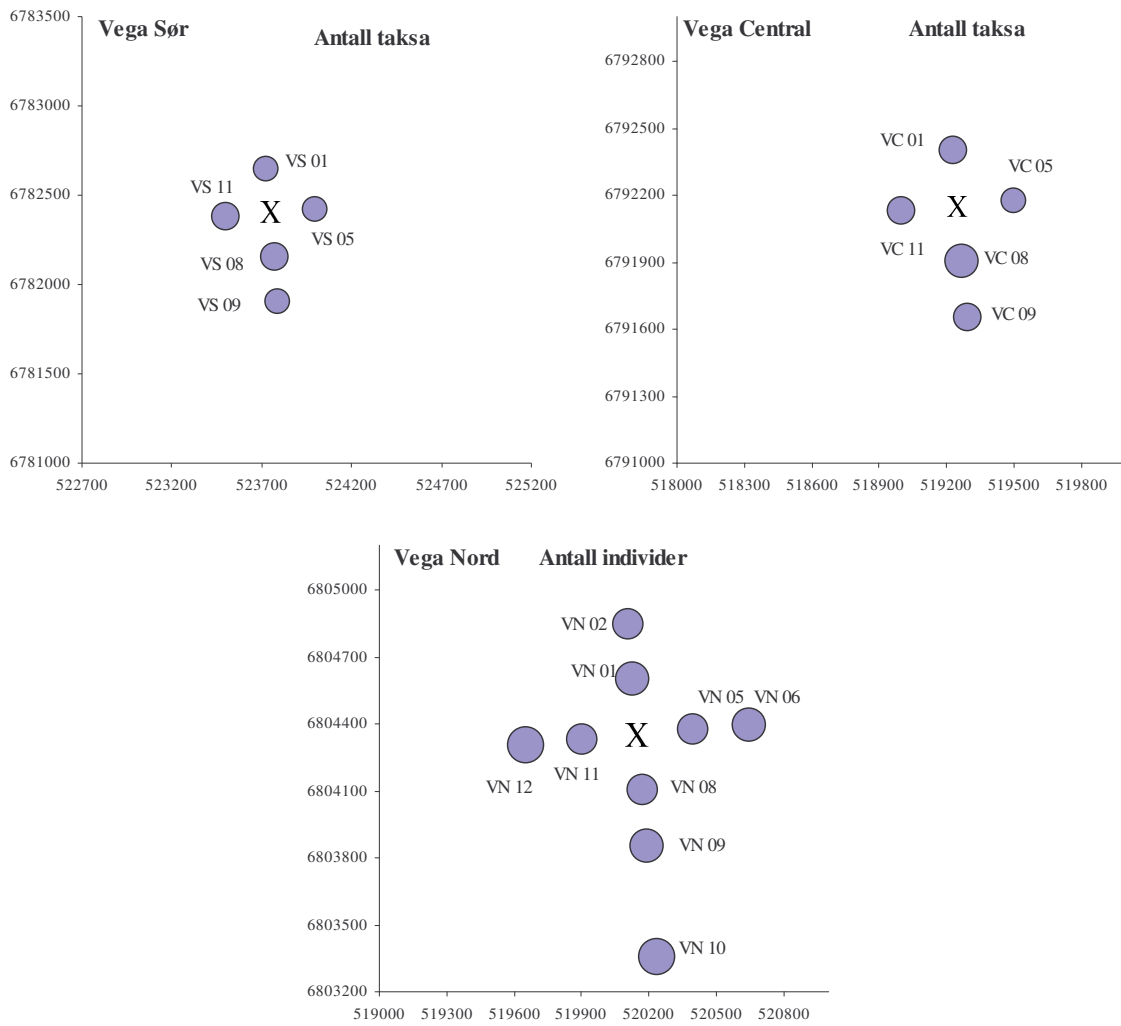
De to mest tallrike artene var skjellene *Thyasira ferruginea* og *Thyasira eumyaria* (Tabell 9.10).

Tabell 9.9. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES₁₀₀ på stasjonene ved Vega i 2007. Maks- og minimumsverdier er markert med uthevet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

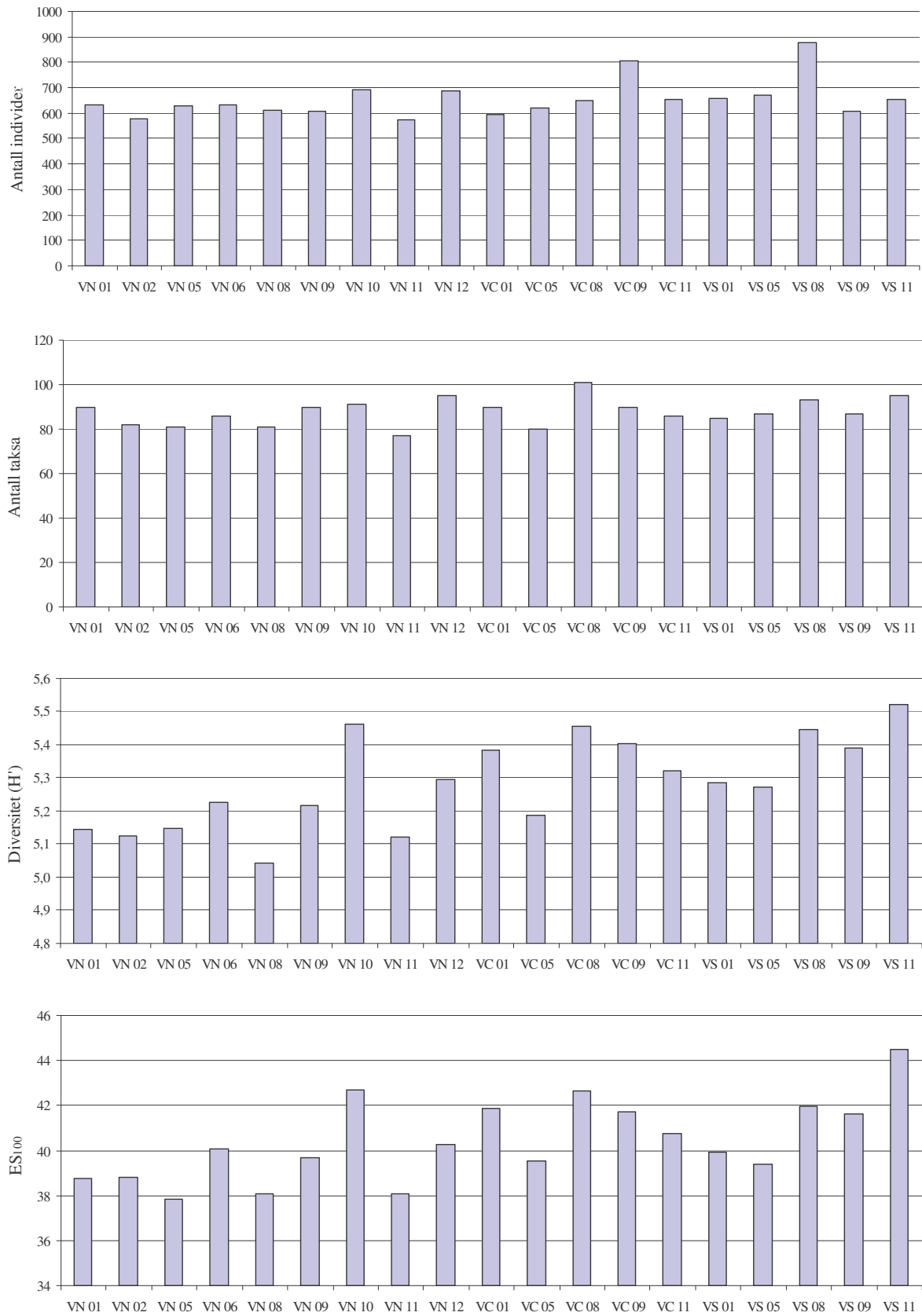
	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES ₁₀₀
VN 01	631	90	5,14	0,79	6,49	38,74
VN 02	576	82	5,13	0,81	6,36	38,80
VN 05	627	81	5,15	0,81	6,34	37,84
VN 06	633	86	5,23	0,81	6,43	40,08
VN 08	612	81	5,04	0,80	6,34	38,08
VN 09	606	90	5,22	0,80	6,49	39,67
VN 10	691	91	5,46	0,84	6,51	42,69
VN 11	574	77	5,12	0,82	6,27	38,10
VN 12	687	95	5,30	0,81	6,57	40,27
VC 01	595	90	5,38	0,83	6,49	41,85
VC 05	619	80	5,19	0,82	6,32	39,54
VC 08	651	101	5,46	0,82	6,66	42,64
VC 09	805	90	5,40	0,83	6,49	41,72
VC 11	655	86	5,32	0,83	6,43	40,73
VS 01	658	85	5,29	0,82	6,41	39,94
VS 05	671	87	5,27	0,82	6,44	39,42
VS 08	879	93	5,45	0,83	6,54	41,95
VS 09	608	87	5,39	0,84	6,44	41,61
VS 11	656	95	5,52	0,84	6,57	44,49
snitt	654	88	5,29	0,82	6,45	40,43
sd	75	6	0,14	0,01	0,10	1,83
min	574	77	5,04	0,79	6,27	37,84
maks	879	101	5,52	0,84	6,66	44,49



Figur 9.8. Relativ fordeling av antall individer ved Vega i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt andel individ. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 9.9. Relativ fordeling av antall taksa ved Vega i 2007. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 9.10. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Vega i 2007. Alle tall per $0,5 \text{ m}^2$. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 9.10. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Vega i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

VN-01	Antall individer	%	Kum %	VN-02	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	77	12,20	12,20	<i>Thyasira ferruginea</i>	95	16,49	16,49
<i>Kelliella abyssicola</i>	70	11,09	23,30	<i>Thyasira eumyaria</i>	51	8,85	25,35
<i>Thyasira eumyaria</i>	66	10,46	33,76	<i>Kelliella abyssicola</i>	35	6,08	31,42
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	35	5,55	39,30	<i>Abra nitida</i>	35	6,08	37,50
<i>Heteromastus filiformis</i>	34	5,39	44,69	<i>Heteromastus filiformis</i>	29	5,03	42,53
<i>Terebellides stroemi</i>	28	4,44	49,13	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	24	4,17	46,70
<i>Thyasira obsoleta</i>	24	3,80	52,93	<i>Terebellides stroemi</i>	20	3,47	50,17
<i>Amphilepis norvegica</i>	16	2,54	55,47	<i>Thyasira obsoleta</i>	18	3,13	53,30
<i>Lumbrineris scopa</i>	15	2,38	57,84	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	16	2,78	56,08
<i>Thyasira granulosa</i>	14	2,22	60,06	<i>Caudofoveata indet.</i>	15	2,60	58,68

VN-05	Antall individer	%	Kum %	VN-06	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	81	12,92	12,92	<i>Thyasira eumyaria</i>	87	13,74	13,74
<i>Thyasira eumyaria</i>	66	10,53	23,44	<i>Thyasira ferruginea</i>	61	9,64	23,38
<i>Kelliella abyssicola</i>	38	6,06	29,51	<i>Kelliella abyssicola</i>	60	9,48	32,86
<i>Thyasira obsoleta</i>	35	5,58	35,09	<i>Thyasira obsoleta</i>	25	3,95	36,81
<i>Abra nitida</i>	33	5,26	40,35	<i>Terebellides stroemi</i>	24	3,79	40,60
<i>Terebellides stroemi</i>	23	3,67	44,02	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	23	3,63	44,23
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	22	3,51	47,53	<i>Abra nitida</i>	20	3,16	47,39
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	21	3,35	50,88	<i>Parvicardium minimum</i>	19	3,00	50,39
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	20	3,19	54,07	<i>Amphilepis norvegica</i>	17	2,69	53,08
<i>Heteromastus filiformis</i>	18	2,87	56,94	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	16	2,53	55,61
				<i>Heteromastus filiformis</i>	16	2,53	58,14

VN-08	Antall individer	%	Kum %	VN-09	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira eumyaria</i>	90	14,71	14,71	<i>Thyasira ferruginea</i>	77	12,71	12,71
<i>Thyasira ferruginea</i>	87	14,22	28,92	<i>Thyasira eumyaria</i>	60	9,90	22,61
<i>Kelliella abyssicola</i>	42	6,86	35,78	<i>Kelliella abyssicola</i>	59	9,74	32,34
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	30	4,90	40,69	<i>Terebellides stroemi</i>	32	5,28	37,62
<i>Thyasira obsoleta</i>	27	4,41	45,10	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	28	4,62	42,24
<i>Terebellides stroemi</i>	26	4,25	49,35	<i>Heteromastus filiformis</i>	26	4,29	46,53
<i>Parvicardium minimum</i>	21	3,43	52,78	<i>Thyasira obsoleta</i>	19	3,14	49,67
<i>Abra nitida</i>	18	2,94	55,72	<i>Abra nitida</i>	15	2,48	52,15
<i>Heteromastus filiformis</i>	18	2,94	58,66	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	15	2,48	54,62
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	14	2,29	60,95	<i>Amphilepis norvegica</i>	15	2,48	57,10

Tabell 9.10. fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Vega i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

VN-10	Antall individer	%	Kum %	VN-11	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	76	11,00	11,00	<i>Thyasira eumyaria</i>	72	12,54	12,54
<i>Thyasira eumyaria</i>	47	6,80	17,80	<i>Thyasira ferruginea</i>	62	10,80	23,34
<i>Heteromastus filiformis</i>	43	6,22	24,02	<i>Kelliella abyssicola</i>	43	7,49	30,84
<i>Kelliella abyssicola</i>	42	6,08	30,10	<i>Heteromastus filiformis</i>	34	5,92	36,76
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	41	5,93	36,03	<i>Abra nitida</i>	30	5,23	41,99
<i>Terebellides stroemi</i>	29	4,20	40,23	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	24	4,18	46,17
<i>Abra nitida</i>	23	3,33	43,56	<i>Terebellides stroemi</i>	24	4,18	50,35
<i>Amphilepis norvegica</i>	21	3,04	46,60	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	20	3,48	53,83
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	17	2,46	49,06	<i>Thyasira obsoleta</i>	18	3,14	56,97
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	16	2,32	51,37	<i>Parvicardium minimum</i>	14	2,44	59,41
<i>Lumbrineridae</i> indet.	16	2,32	53,69				

VN-12	Antall individer	%	Kum %	VC-01	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	90	13,10	13,10	<i>Thyasira ferruginea</i>	76	12,77	12,77
<i>Thyasira eumyaria</i>	71	10,33	23,44	<i>Thyasira eumyaria</i>	49	8,24	21,01
<i>Heteromastus filiformis</i>	39	5,68	29,11	<i>Terebellides stroemi</i>	36	6,05	27,06
<i>Terebellides stroemi</i>	33	4,80	33,92	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	32	5,38	32,44
<i>Abra nitida</i>	31	4,51	38,43	<i>Heteromastus filiformis</i>	25	4,20	36,64
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	31	4,51	42,94	<i>Kelliella abyssicola</i>	24	4,03	40,67
<i>Kelliella abyssicola</i>	30	4,37	47,31	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	22	3,70	44,37
<i>Thyasira obsoleta</i>	24	3,49	50,80	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	18	3,03	47,39
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	22	3,20	54,00	<i>Lumbrineridae</i> indet.	16	2,69	50,08
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	17	2,47	56,48	<i>Lumbrineris scopa</i>	16	2,69	52,77

VC-05	Antall individer	%	Kum %	VC-08	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	97	15,67	15,67	<i>Thyasira ferruginea</i>	87	13,36	13,36
<i>Thyasira eumyaria</i>	56	9,05	24,72	<i>Thyasira eumyaria</i>	40	6,14	19,51
<i>Kelliella abyssicola</i>	43	6,95	31,66	<i>Kelliella abyssicola</i>	39	5,99	25,50
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	30	4,85	36,51	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	36	5,53	31,03
<i>Amphilepis norvegica</i>	26	4,20	40,71	<i>Heteromastus filiformis</i>	27	4,15	35,18
<i>Terebellides stroemi</i>	21	3,39	44,10	<i>Terebellides stroemi</i>	26	3,99	39,17
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	20	3,23	47,33	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	25	3,84	43,01
<i>Heteromastus filiformis</i>	17	2,75	50,08	<i>Thyasira obsoleta</i>	24	3,69	46,70
<i>Thyasira obsoleta</i>	17	2,75	52,83	<i>Abra nitida</i>	22	3,38	50,08
<i>Harpinia pectinata</i>	16	2,58	55,41	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	20	3,07	53,15

VC-09	Antall individer	%	Kum %	VC-11	Antall individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	103	12,80	12,80	<i>Thyasira ferruginea</i>	84	12,82	12,82
<i>Thyasira eumyaria</i>	65	8,07	20,87	<i>Kelliella abyssicola</i>	47	7,18	20,00
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	41	5,09	25,96	<i>Thyasira eumyaria</i>	46	7,02	27,02
<i>Terebellides stroemi</i>	39	4,84	30,81	<i>Terebellides stroemi</i>	39	5,95	32,98
<i>Kelliella abyssicola</i>	38	4,72	35,53	<i>Heteromastus filiformis</i>	32	4,89	37,86
<i>Heteromastus filiformis</i>	36	4,47	40,00	<i>Amphilepis norvegica</i>	29	4,43	42,29
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	35	4,35	44,35	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	25	3,82	46,11
<i>Myriochele fragilis</i>	25	3,11	47,45	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	23	3,51	49,62
<i>Amphilepis norvegica</i>	20	2,48	49,94	<i>Lumbrineridae</i> indet.	20	3,05	52,67
<i>Lumbrineridae</i> indet.	20	2,48	52,42	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	19	2,90	55,57

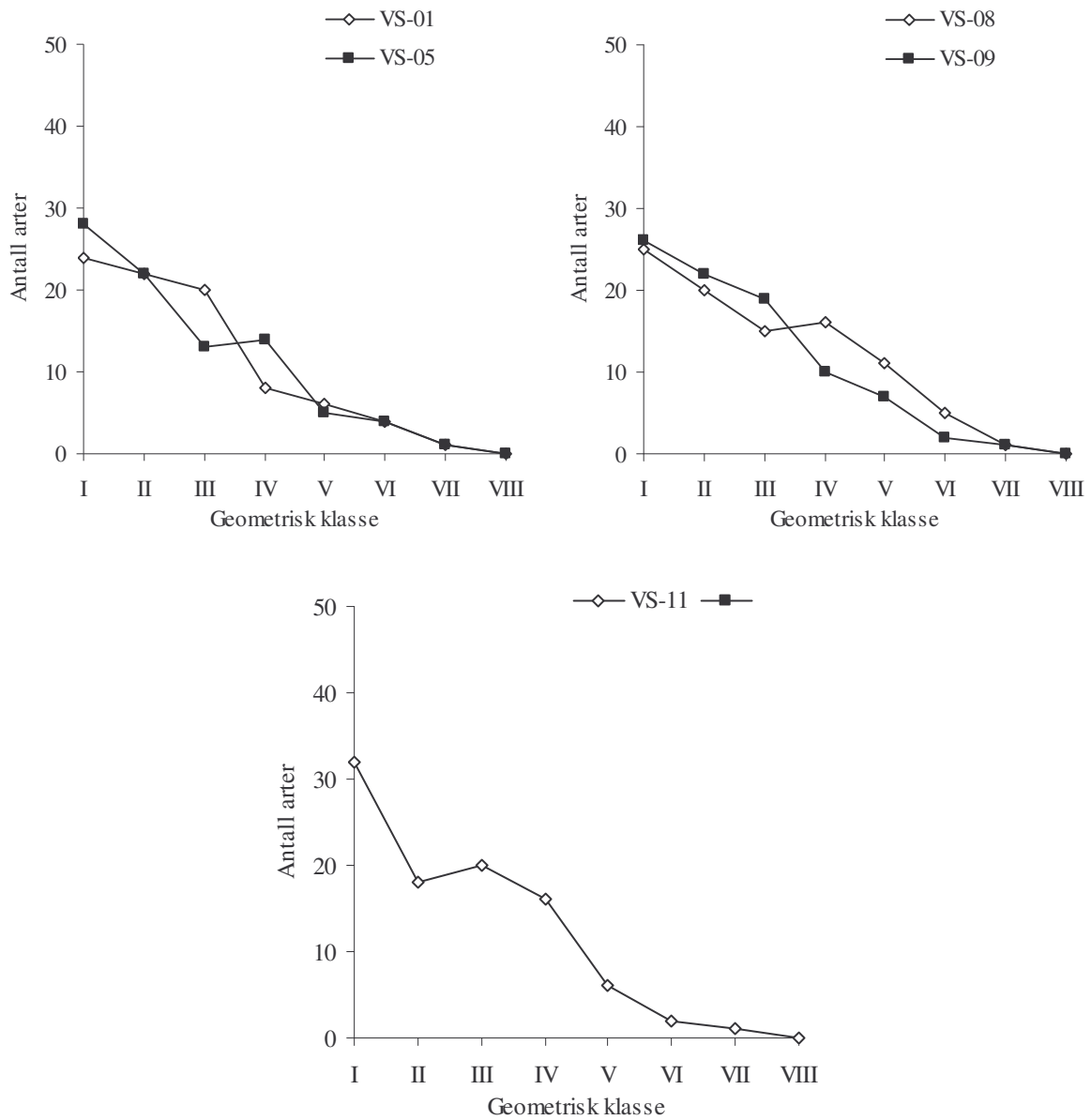
Tabell 9.10. fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Vega i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

VS-01	Antall individer			VS-05	Antall individer		
	individer	%	Kum %		individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	84	12,77	12,77	<i>Thyasira ferruginea</i>	69	10,28	10,28
<i>Kelliella abyssicola</i>	52	7,90	20,67	<i>Kelliella abyssicola</i>	57	8,49	18,78
<i>Thyasira eumyaria</i>	39	5,93	26,60	<i>Thyasira eumyaria</i>	53	7,90	26,68
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	36	5,47	32,07	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	44	6,56	33,23
<i>Terebellides stroemi</i>	34	5,17	37,23	<i>Terebellides stroemi</i>	40	5,96	39,20
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	30	4,56	41,79	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	29	4,32	43,52
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	28	4,26	46,05	<i>Heteromastus filiformis</i>	27	4,02	47,54
<i>Heteromastus filiformis</i>	24	3,65	49,70	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	26	3,87	51,42
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	23	3,50	53,19	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	20	2,98	54,40
<i>Thyasira obsoleta</i>	20	3,04	56,23	<i>Abra nitida</i>	16	2,38	56,78

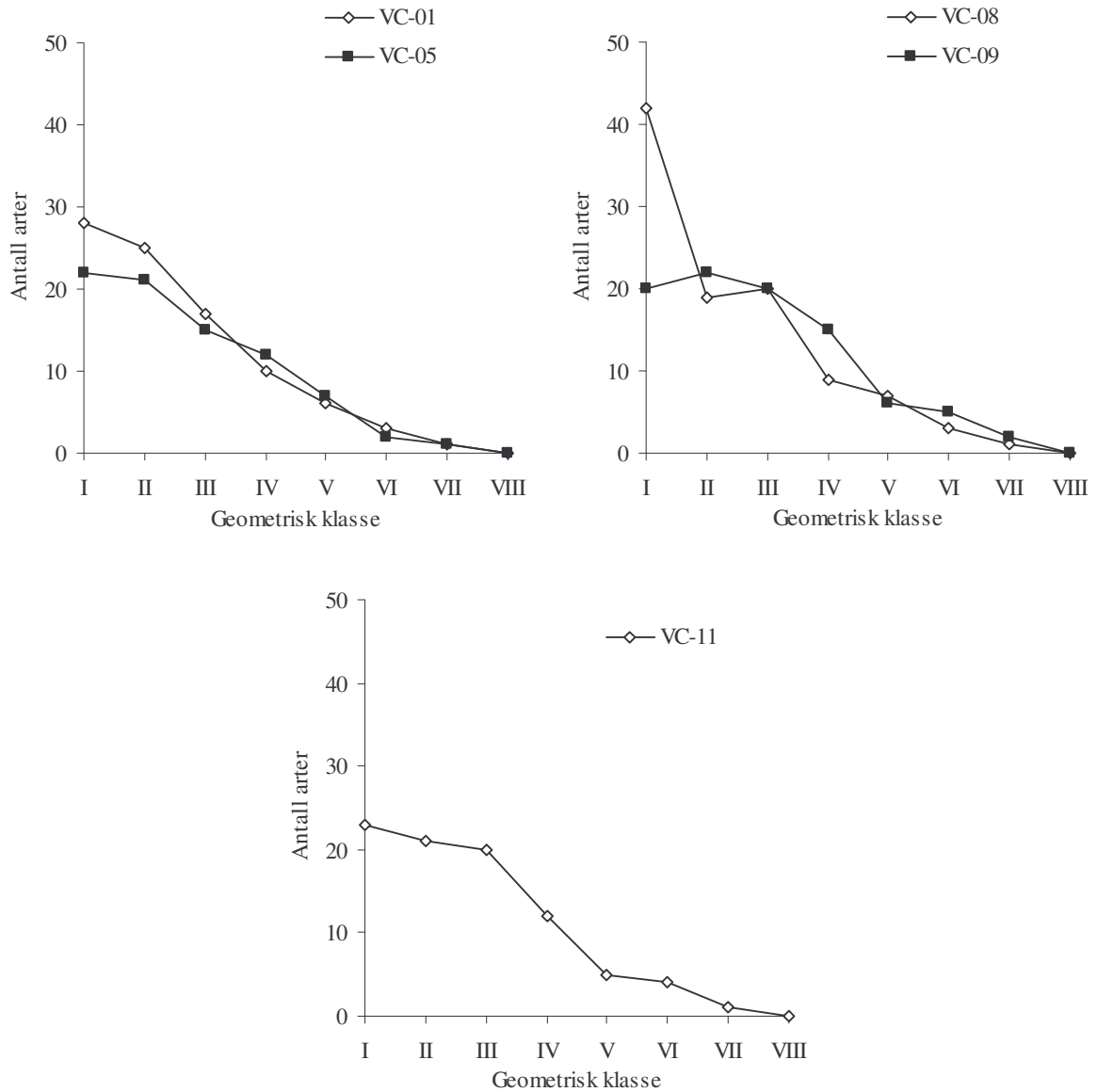
VS-08	Antall individer			VS-09	Antall individer		
	individer	%	Kum %		individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	108	12,29	12,29	<i>Thyasira ferruginea</i>	71	11,68	11,68
<i>Kelliella abyssicola</i>	59	6,71	19,00	<i>Thyasira eumyaria</i>	43	7,07	18,75
<i>Thyasira eumyaria</i>	53	6,03	25,03	<i>Kelliella abyssicola</i>	42	6,91	25,66
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	47	5,35	30,38	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	30	4,93	30,59
<i>Terebellides stroemi</i>	37	4,21	34,58	<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	28	4,61	35,20
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	34	3,87	38,45	<i>Terebellides stroemi</i>	27	4,44	39,64
<i>Amphilepis norvegica</i>	29	3,30	41,75	<i>Amphilepis norvegica</i>	24	3,95	43,59
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	27	3,07	44,82	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	23	3,78	47,37
<i>Heteromastus filiformis</i>	27	3,07	47,90	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	22	3,62	50,99
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	27	3,07	50,97	<i>Heteromastus filiformis</i>	18	2,96	53,95

VS-11	Antall individer		
	individer	%	Kum %
<i>Thyasira ferruginea</i>	93	14,18	14,18
<i>Thyasira eumyaria</i>	46	7,01	21,19
<i>Terebellides stroemi</i>	36	5,49	26,68
<i>Heteromastus filiformis</i>	29	4,42	31,10
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	22	3,35	34,45
<i>Kelliella abyssicola</i>	21	3,20	37,65
<i>Thyasira obsoleta</i>	21	3,20	40,85
<i>Pseudosphyrapus anomalus</i>	17	2,59	43,45
<i>Amphilepis norvegica</i>	16	2,44	45,88
<i>Paradiopatra fiordica</i>	14	2,13	48,02

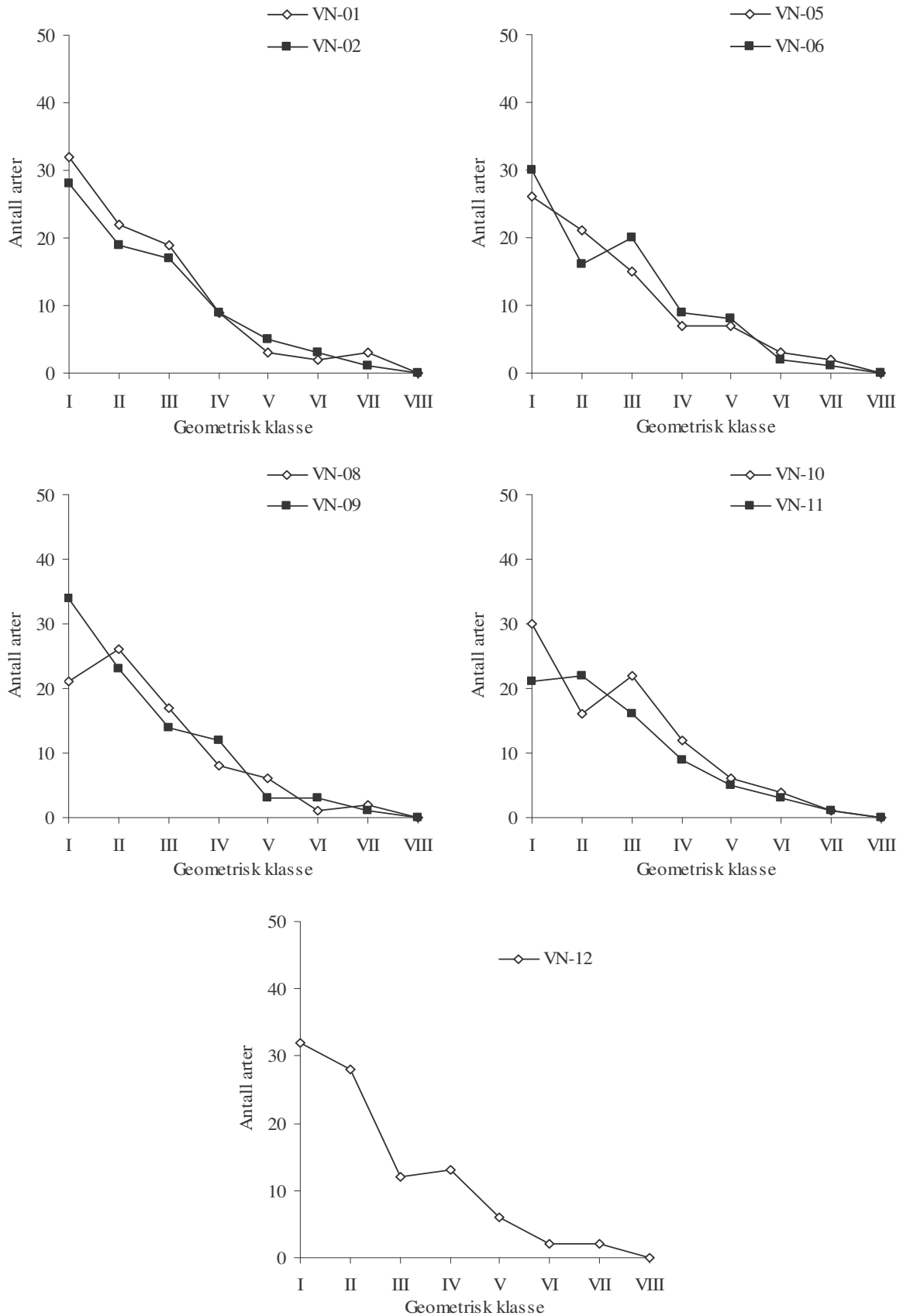
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 9.11. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2007.



Figur 9.11. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Vega Sør i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



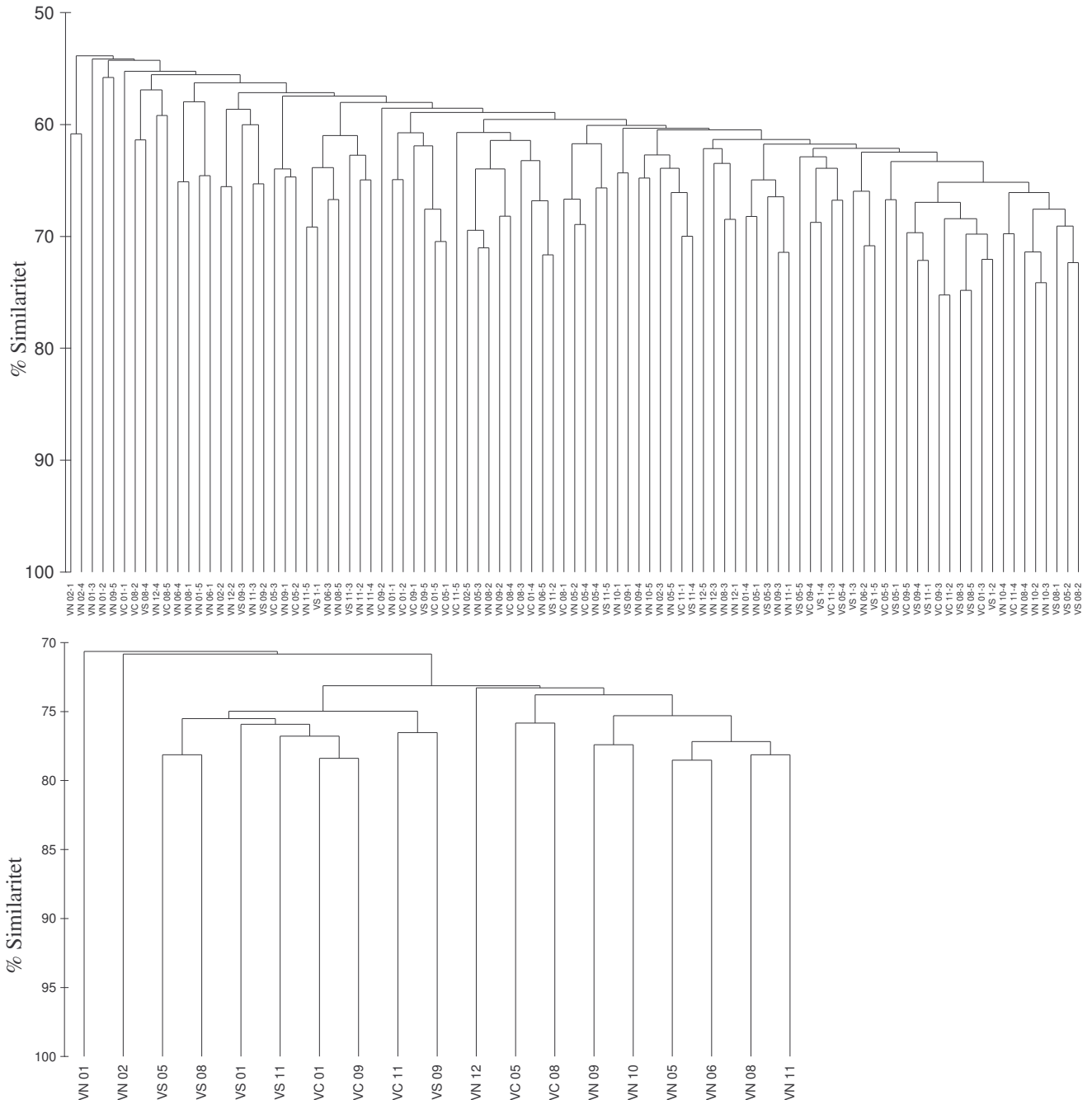
Figur 9.11 fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Vega Central i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.



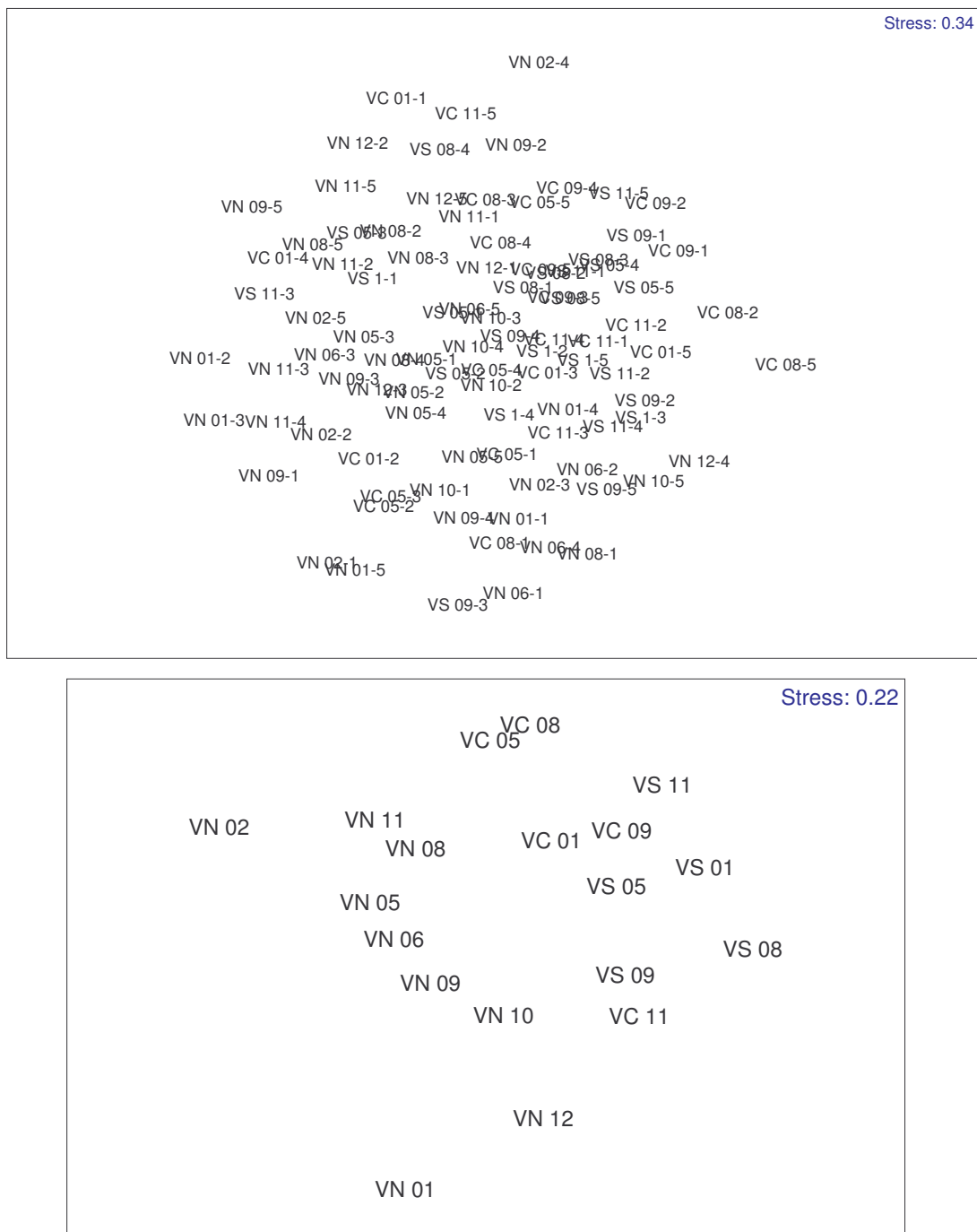
Figur 9.11 fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Vega Nord i 2007. Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Resultatet fra cluster- og MDS-analysene vises i henholdsvis Figur 9.12 og Figur 9.13.

Både i cluster- og MDS-analysene beregnet på hugg-nivå blander huggene fra de undersøkte stasjonene seg. Dette viser at likheten mellom de enkelte huggene fra hver enkel stasjon er like stor som likheten mellom stasjonene. Stasjon VN 01 og VN 02, som skiller seg mest ut, har en likhet med resten av stasjonene på over 70 % likhet.



Figur 9.12. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna for hvert enkelt hugg ved Vega i 2007 (øverst) og for hver stasjon (nederst). Juvenile individ av sjøpiggsvinggruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert.



Figur 9.13. MDS-plott som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Vega i 2007 for hvert enkelt hugg (øverst) og samlet for hver stasjon med alle stasjonene (nederst). Juvenile individ av sjøpiggingvgruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Analysene er utført men Bray-Curtis indeks. Artsdataene er fjerde rots transformert. Stressfaktor var 0,34 for huggnivå, 0,22 for stasjonsnivå.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse og BIOENV.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2007 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=0,8). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at ingen av de undersøkte miljøvariablene hadde signifikant korrelasjon med bunnfauna. BIOENV gav liten til ingen korrelasjon mellom de undersøkte parametrene og biologien (Tabell 8.10).

Resultatet viser ingen kobling mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfauna.

Tabell 9.11. Resultatet fra BIOENV analysen hvor ulike kombinasjoner av miljøvariablene: pelitt, TOM, median, krom, bly, kobber, kadmium, sink, barium og THC ble korrelert mot bunnfauna fra stasjonene i 2007. Korrelasjonskoeffisienter (ρ_w) for de ulike enkeltvariablene og for de ti kombinasjonene av variabler som gav høyest korrelasjon med bunnfauna er oppgitt i tabellen. Krom, bly, kobber, kadmium, sink, barium og THC ble log (x+1) transformert før analyse, resten var utransformert. Normalisert Euclids avstand ble benyttet på miljøvariablene. Artsdata ble fjerderottransformert og Bray-Curtis similaritet ble beregnet. Veiet Spearmans korrelasjon ble brukt i analysen.

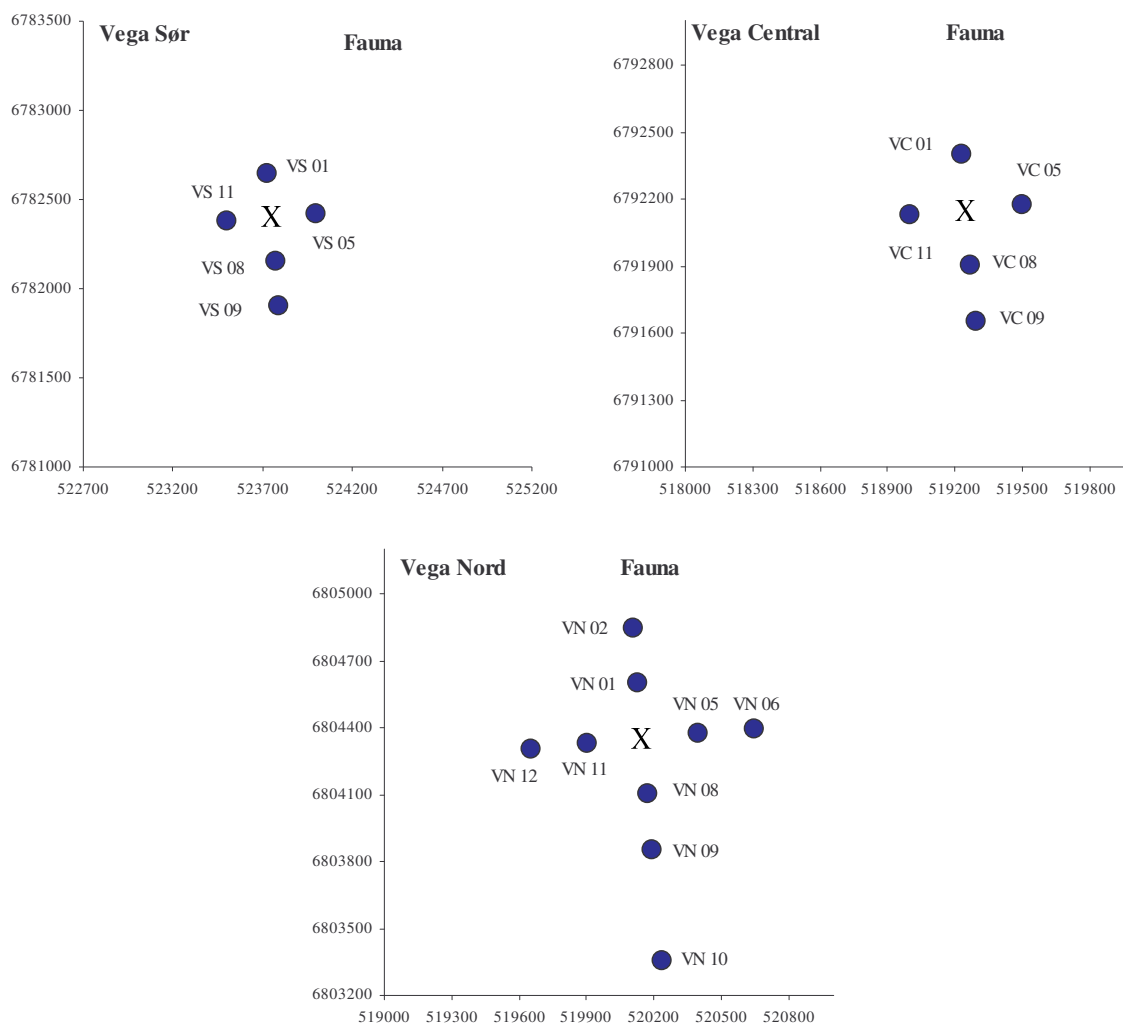
Antall variabler	Korrelasjons- koeffisient	Miljøvariabler									
1	0,092	TOM									
1	-0,059	Cd									
1	-0,070	Ba									
1	-0,153	Cu									
1	-0,156	Cr									
1	-0,157	Pelitt									
1	-0,157	Median									
1	-0,209	THC									
1	-0,241	Pb									
1	-0,241	Zn									
2	0,083	Cd	TOM								
3	0,057	Cd	TOM	Ba							
4	0,043	Cd	TOM	Ba	Cr						
5	0,019	Cd	TOM	Ba	Cr	Cu					
6	-0,003	Cd	TOM	Ba	Cr	Cu	Zn				
7	-0,034	Cd	TOM	Ba	Cr	Cu	Zn	Pb			
8	-0,116	Cd	TOM	Ba	Cr	Cu	Zn	Pb	Pelitt		
9	-0,146	Cd	TOM	Ba	Cr	Cu	Zn	Pb	Pelitt	Median	
10	-0,223	Cd	TOM	Ba	Cr	Cu	Zn	Pb	Pelitt	Median	THC

5.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 9.14 og Tabell 9.12.

Sedimentet på Vega inneholder mer pelitt enn de Regionale stasjonene som ligger til grunn for beregningen av LSC i den dype delen av Region IV i 2005. Kjemiske komponenter binder seg til finstoffet i sedimentet, og en kan ut fra dette forvente at økt innhold av pelitt gir et høyere innhold av de kjemiske parametrene. Om en sammenligner resultatene fra Vega med LSC_{98-04 dyp Region III}, som er beregnet på Regionale stasjoner med tilsvarende pelitt innhold og dyp som det en finner på Vega, er det ingen av de undersøkte kjemi parametrene som er over LSC. På bakgrunn av dette er det ikke beregnet kontaminert areal for Vega i 2007.

Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.



Figur 9.14 fortsetter. Stasjoner med forstyrret bunnfauna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

Tabell 9.12. Det ble ikke beregnet kontaminert areal for THC, barium og andre metaller ved Vega da det ikke er en egnet LSC for sedimenttypen ved Vega i Region IV. Det ble ikke funnet forstyrret bunnfauna i 2007.

Vega	N m	Ø m	S m	V m	2007 km ²
THC	-	-	-	-	-
Ba	-	-	-	-	-
Andre metall	-	-	-	-	-
Fauna	0	0	0	0	0,00

9.3 Sammendrag og konklusjon

I 2007 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved de tre bunnrammene ved Vega. Innsamlingspunktene rundt senterne for stasjonsnettete var lagt ut i et aksekors.

Vega skiller seg fra de andre feltene i Region IV ved at stasjonene ligger på et større dyp med høyere innhold av pelitt. Ut fra dette er de Regionale stasjonene i Region IV uegnet for beregning av LSC for Vega. Det bør opprettes nye regionale stasjoner i Region IV med tilsvarende dyp og pelitt innhold som det en finner på Vega. I Region III er det fem regionale stasjoner med tilsvarende dyp og pelitt innhold som på Vega. Disse stasjonene kan i fremtiden, sammen med en ny Regionale stasjon i Region IV, danne grunnlaget for LSC beregningene for Vega.

Faunaforstyrrelse ble ikke påvist.

10 Anbefalinger

1. Det bør opprettes ny regional stasjon i den dype delen av Region IV. Sedimentet på Vega er mer finkornet enn sedimentet på de andre stasjonene i Region IV, og har naturlig et høyere innhold av de kjemiske parametrene. For at ikke alle de kjemiske parametrene skal komme over LSC bør det opprettes en ny Regional stasjon. Ved fremtidige beregninger av LSC for den dype delen av Region IV, kan en vurdere å ta med verdier fra den dype delen av Region III, med tilsvarende dyp og pelitt innhold. Det bør likevel opprettes en ny regional stasjon i Region IV, da dataene fra Region III vil være fra et annet år.
2. Aktivitetsforskriften bør være konkret og entydig på enkelte områder slik at resultatene blir sammenlignbare uavhengig av konsulent, for eksempel på metode for beregning av påvirket areal. Skal ytre grense settes til den kontaminerte stasjonen, eller halve avstanden ut til neste stasjon? Hvor skal grensen settes når den ytterste stasjonen langs transektet er kontaminert? Hvordan beregnes areal når stasjonen nærmest installasjonen ikke er kontaminert, mens stasjonene lengre ute på transektet er kontaminert?

11 Referanser

- Blott SJ, Pye K. 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- Botnen H, Heggøy E, Johannessen P, Johansen P-O, Vassenden G. 2007. *Miljøovervåking av olje- og gassfelt i Region III 2006*. UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning, 499 pp.
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Clarke KR., Warwick RM. 1994. Similarity-based on testing for community pattern: the 2-way layout with no replication. *Mar. Biol.* 118:167-176.
- Folk RL, Ward WC, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary petrology* 27: 3-26.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. - *Sarsia* 53:15-18.
- Hulbert SH. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Mannvik HP., Pettersen A., Oug E. 2005. Miljøundersøkelse i Region II i 2004. – Akvaplan-niva AS report no: 411.3095-1.
- Mannvik, HP., Wassbotten IH., Fosshaug H., Oug E. 2006. Miljøundersøkelse i Region IV i 2005. – Akvaplan-niva AS report no: APN-411.3353.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Shannon CE, Weaver W. 1963. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Ter Braak CJF, Similauer P. 2002. *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canocical Community Ordinations (versjon 4.5)*. Microcomputer Power. Ithaca, NY, USA. 500 s.

12 Liste med forkortelser

Ba	Barium
CCA	Canonical Correspondence Analyse, se kapittel 3.10.4
Cd	Kadmium
Cr	Krom
Cu	Kobber
DCA	Detrended Correspondance Analyse, se kapittel 3.10.4
DANAK	Den Danske Akkrediterings- og Metrologifond
DP	Dynamisk posisjonering
DL	Deteksjonsgrense
EPA	United States, Environmental Protection Agency
CVAAS	Kald Damp Atom Absorbsjons Spektrometri
ED50	Europa 1950. Kartdatum
ES ₁₀₀	Forventet antall arter i en prøve av 100 individer (Hurlbert indeks, se kap.3.10.1)
GC/FID	Gasskromatografi med flamme ionisering detektor
GC/MS-SIM	Gasskromatografi med masseselektiv detektor med Single Ion Monitoring
GPS	Globalt Posisjonerings System
H'	Shannon-Wiener diversitet, se kap.3.10.1
Hg	Kvikksølv
ISO	International Organization for Standardization
J	Pielou's mål for jevnhet, se kap.3.10.1
ICP-AES	Induktivt Koplekt Plasma – Atom Emisjons Spektrometri
LSC	Grense for signifikant kontaminering (Limit of Significant Contamination)
MDS	Multidimensional scaling, se kapittel 3.10.2
NA	Norsk Akkreditering
NPD	Naftalen, Fenatren/Antracen, Dibenzotiofen og deres C ₁ -C ₃ alkylerte homologer
NS	Norsk Standard
OBM	Oljebasert mudder
PAH	Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner, inkl. NPD og 3-6 ring aromater
PCA	Principal Components Analysis, se kapittel 3.10.2
Pb	Bly
RDA	Redundancy Analysis, se kapittel 3.10.4
SD	Standardavvik
THC	Totalt Hydrokarbon Innhold
TOM	Totalt Organisk Materiale
Zn	Sink
UTM	Universal Transverse Mercator - kartprojeksjon
WGS84	World Geodetic System 84 - kartdatum

13 Innhold på Vedleggs CD

På vedlagt CD vil følgende være lagret:

- Grunnlagsundersøkelser ved Gjøa, Vega, Troll O2, Hild, Tune sør og Ragnarrock 2007 (Samlet rapport)

- Sammendrag
- Innledning
- Materiale og Metoder
- Ragnarrock
- Hild
- O2 Troll
- Gjøa
- Vega
- Referanser
- Forkortelser
- Innhold vedleggs CD
- Vedlegg
 - Akkrediteringsdokument
 - Biologi
 - Dokumenter fra iSurvey
 - Geologi
 - Kjemi
 - Toktrapport
 - Undersøkellesprogram