Miljøovervåking av olje- og gassfelt i Region II i 2009

Kontraktsnummer: 4501751349



UNI RESEARCH AS

Seksjon for anvendt miljøforskning-marin

Høyteknologisenteret i Bergen

Thormøhlensgate 49B, 5006 Bergen

Telefon: 55 58 44 05 Telefaks: 55 58 45 25

Mars 2010

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra den 5. regionale miljøundersøkelsen i Region II på norsk sokkel i Nordsjøen. I rapporten beskrives prøvetaking, behandling av prøver og analysemetoder, samt behandling og dataanalyse av resultatene fra analyselaboratoriene. Resultatene viser hvordan metaller og hydrokarboner som kan komme fra olje- og gassvirksomheten fordeler seg rundt installasjonene i Region II og i hvilken grad dyrelivet i sjøbunnen påvirkes av aktiviteten. Mot slutten av rapporten summeres det hele opp og vi ser nærmere på tidsutviklingen på feltene i denne regionen.

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

UNI RESEARCH AS, Seksjon for anvendt miljøforskning – marin (SAM-marin) i Bergen har stått for undersøkelsen i samarbeid med EUROFINS Norsk Miljøanalyse AS i Moss.

Undersøkelsen ble utført etter oppdrag fra operatørene i Region II, Statoil ASA (ved kontraktinngåelse StatoilHydro as), ExxonMobil Exploration and Production Norway AS, Total E&P Norge AS, Talisman Energy Norge AS og Marathon Petroleum Company (Norway), under kontraktsnummer 4501751349.

Bergen, mars 2010
Seksjon for anvendt miljøforskning-marin

Tor Sverre Solberg

Forskningsleder

Takk

Prøveinnsamling, tokt
Helge Botnen (SAM-marin), Wenche Eide (SAM-marin), Tor Ensrud (SAM-marin), Inge Ingebriktsen (Eurofins), Arne Johannessen (SAM-limnisk), Gisle Vassenden (SAM-marin) og Lena Aamot, (Eurofins).

Sortering av bunndyrsprøver
Tom Alvestad, Amir E. Y. Amin, Tor Ensrud, Therese Kronstad, Gerd Nilsen, Susanne Håvardstun, Mari Heggernes Eilertsen, Tina Charlotte Bø Arnesen, Sharat Chandra Tumu, Kine Anfindsen Solberg, Natalia Korableva, Eirik Veivåg Tveit, Øydis Alme, Romualda Budvytyte, Erik Abelsen, Nanna Eltvik Kjer, Lillian Ensrud, Karen Stensland og Ragna Tveiten (alle fra SAM-marin)

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

Assistenter ved identifisering av bunndyr
Wenche Eide, Tor Ensrud, Tom Alvestad, Jon T. Hestetun, Amir E. Y. Amin og Tor Solberg.

Analyse av organiske forbindelser
Hege Grindheim, Lena Aamodt og Stig-Rune Marthinsen (Eurofins Norsk Miljøanalyse).

Metall analyser
Wenche Saugstad, Penelope Lorentzen og Jon Malcolmsen (Eurofins Norsk Miljøanalyse).

Godkjenning/kontroll av kjemisk analyse
Bjørn Tore Kildahl (Eurofins Norsk Miljøanalyse).

Sedimentanalyse
Helge Grønning (SAM-marin)

Dataanalyse
Erling Heggøy, Kristin Hatlen og Per-Otto Johansen (alle fra SAM-marin)

Rapportering
Per-Otto Johansen, Erling Heggøy, Kristin Hatlen, Per Johannessen og Helge Botnen (alle fra SAM-marin)

Vi ønsker også å takke offiserer, surveyere og mannskap ombord på *MS Libas* for all hjelp og assistanse i forbindelse med prøveinnsamlingstoktet.

INNHOLD

1 Sammendrag 1-1
1 Summary 1-1

2 Innledning 2-1

3 Materialer og metoder 3-1
3.1 Prøveinnsamlingstokt 3-1
3.2 Innsamlingsområdet 3-1
3.3 Innsamlingsprogram 3-1
3.4 Prøvebehandling i felt 3-2
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 3-4
3.6.1 Metode for bestemmelse av metaller 3-4
3.6.2 Prinsipp for olje hydrokarbon-analyse 3-6
3.6.3 Prinsipp for radioaktivitet-analyse 3-10
3.7 Grense for signifikant kontaminering, LSC (Limit of Significant Contamination) 3-10
3.8 Valg av tallmateriale til gjennomsnittsberegninger 3-11
3.9 Biologiske analyser 3-11
3.10 Statistiske metoder 3-12
3.10.1 Univariate metoder, bunndyr 3-12
3.10.2 Multivariate metoder 3-13
3.10.3 Sammenhengen mellom miljøvariabler og bunndyrsdata – Canoco 3-15
3.10.4 Dataprogrammer 3-15
3.11 Beregning av påvirket område 3-16
3.12 Kvalitetssikring 3-16
3.13 Lagring av prøver 3-16
3.14 Avvik og endringer i forhold til programmet 3-17

4 Regionale stasjoner 4-1
4.1. Introduksjon 4-1
4.2. Resultater og diskusjon 4-3
4.2.1 Oppdeling av regionen i subregioner og ”limit of significant contamination” (LSC) 4-3
4.2.2 Sedimentbeskrivelse 4-7
4.2.3 Oljehydrokarboner 4-10
4.2.4 Metaller 4-13
4.2.5 Radioaktivitet 4-17
4.2.6 Bunnfauna 4-18
4.3. Sammendrag og konklusjon 4-32

5 Rev (tidligere kalt Varg Sør) 5-1
5.1. Introduksjon 5-1
5.2. Resultater 5-3
5.2.1 Sediment beskrivelse 5-3
5.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Rev i 2009 5-5
5.2.3 Oljehydrokarboner 5-5
5.2.4 Metaller 5-7
5.2.5 Bunnfauna 5-10
5.2.6 Beregning av påvirket areal 5-20
5.3. Sammendrag og konklusjon 5-23

6 Varg 6-1
6.1. Introduksjon 6-1
6.2. Resultater 6-3
6.2.1 Sediment beskrivelse 6-3
6.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Varg i 2009 6-4
6.2.3 Oljehydrokarboner 6-5
6.2.4 Radioaktivitet 6-7
6.2.5 Metaller 6-7
6.2.6 Bunnfauna 6-10
6.2.7 Beregning av påvirket areal 6-18
6.3. Sammendrag og konklusjon 6-21

7 Sigyn 7-1
7.1. Introduksjon 7-1
7.2. Resultater 7-3
7.2.1 Sediment beskrivelse 7-3
7.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Sigyn i 2009 7-5
7.2.3 Oljehydrokarboner 7-5
7.2.4 Metaller 7-6
7.2.5 Bunnfauna 7-9
7.2.6 Beregning av påvirket areal 7-16
7.3. Sammendrag og konklusjon 7-19

8 Sleipner Vest 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 Sleipner Vest i 2009 8-3
8.2.3 Oljehydrokarboner 8-3
8.2.4 Metaller 8-5
8.2.5 Bunnfauna 8-7
8.2.6 Beregning av påvirket areal 8-7
8.3. Sammendrag og konklusjon 8-9

9 Sleipner Øst 9-1
9.1. Introduksjon 9-1
9.2. Resultater 9-3
9.2.1 Sediment beskrivelse 9-3
9.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Sleipner Øst i 2009 9-4
9.2.3 Oljehydrokarboner 9-5
9.2.4 Metaller 9-8
9.2.5 Bunnfauna 9-11
9.2.6 Beregning av påvirket areal 9-19
9.3. Sammendrag og konklusjon 9-23

10 Sleipner Alfa Nord 10-1
10.1. Introduksjon 10-1
10.2. Resultater 10-3
10.2.1 Sediment beskrivelse 10-3
10.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Sleipner Alfa Nord i 2009 10-3
10.2.3 Oljehydrokarboner 10-3
10.2.4 Metaller 10-4
10.2.5 Bunnfauna 10-7
10.2.6 Beregning av påvirket areal 10-7
10.3. Sammendrag og konklusjon 10-9

11 Glitne 11-1
11.1. Introduksjon 11-1
11.2. Resultater 11-3
11.2.1 Sediment beskrivelse 11-3
11.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Glitne i 2009 11-5
11.2.3 Oljehydrokarboner 11-5
11.2.4 Metaller 11-7
11.2.5 Bunnfauna 11-9
11.2.6 Beregning av påvirket areal 11-16
11.3. Sammendrag og konklusjon 11-19

12 Grane 12-1
12.1. Introduksjon 12-1
12.2. Resultater 12-3
12.2.1 Sediment beskrivelse 12-3
12.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Grane i 2009 12-5
12.2.3 Oljehydrokarboner 12-5
12.2.4 Metaller 12-7
12.2.5 Bunnfauna 12-9
12.2.6 Beregning av påvirket areal 12-16
12.3 Sammendrag og konklusjon 12-19

13 Balder 13-1
13.1. Introduksjon 13-1
13.2. Resultater 13-3
13.2.1 Sediment beskrivelse 13-3
13.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Balder i 2009 13-5
13.2.3 Oljehydrokarboner 13-5
13.2.4 Metaller 13-7
13.2.5 Bunnfauna 13-9
13.2.6 Beregning av påvirket areal 13-16
13.3 Sammendrag og konklusjon 13-19

14 Ringhorne 14-1
14.1. Introduksjon 14-1
14.2. Resultater 14-3
14.2.1 Sediment beskrivelse 14-3
14.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Ringhorne i 2009 14-4
14.2.3 Oljehydrokarboner 14-5
14.2.4 Metaller 14-7
14.2.5 Bunnfauna 14-10
14.2.6 Beregning av påvirket areal 14-19
14.3 Sammendrag og konklusjon 14-22

15 Jotun 15-1
15.1. Introduksjon 15-1
15.2. Resultater 15-3
15.2.1 Sediment beskrivelse 15-3
15.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Jotun i 2009 15-5
15.2.3 Oljehydrokarboner 15-5
15.2.4 Radioaktivitet 15-7
15.2.5 Metaller 15-7
15.2.6 Bunnfauna 15-10
15.2.7 Beregning av påvirket areal 15-18
15.3 Sammendrag og konklusjon 15-21

16 Vale 16-1
16.1. Introduksjon 16-1
16.2. Resultater 16-3
16.2.1 Sediment beskrivelse 16-3
16.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Vale i 2009 16-3
16.2.3 Oljehydrokarboner 16-3
16.2.4 Metaller 16-5
16.2.5 Bunnfauna 16-8
16.2.6 Beregning av påvirket areal 16-8
16.3 Sammendrag og konklusjon 16-10

17 Skirne 17-1
17.1. Introduksjon 17-1
17.2. Resultater 17-3
17.2.1 Sediment beskrivelse 17-3
17.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Skirne i 2009 17-3
17.2.3 Oljehydrokarboner 17-3
17.2.4 Metaller 17-5
17.2.5 Bunnfauna 17-8
17.2.6 Beregning av påvirket areal 17-8
17.3 Sammendrag og konklusjon 17-10

18 Byggve 18-1
18.1. Introduksjon 18-1
18.2. Resultater 18-3
18.2.1 Sediment beskrivelse 18-3
18.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Byggve i 2009 18-3
18.2.3 Oljehydrokarboner 18-3
18.2.4 Metaller 18-5
18.2.5 Bunnfauna 18-8
18.2.6 Beregning av påvirket areal 18-8
18.3 Sammendrag og konklusjon 18-10

19 Heimdal 19-1
19.1. Introduksjon 19-1
19.2. Resultater 19-3
19.2.1 Sediment beskrivelse 19-3
19.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Heimdal i 2009 19-3
19.2.3 Oljehydrokarboner 19-3
19.2.4 Metaller 19-5
19.2.5 Bunnfauna 19-7
19.2.6 Beregning av påvirket areal 19-7
19.3 Sammendrag og konklusjon 19-9

20 Volve 20-1
20.1. Introduksjon 20-1
20.2. Resultater 20-3
20.2.1 Sediment beskrivelse 20-3
20.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Volve i 2009 20-5
20.2.3 Oljehydrokarboner 20-5
20.2.4 Metaller 20-7
20.2.5 Bunnfauna 20-10
20.2.6 Beregning av påvirket areal 20-18
20.3 Sammendrag og konklusjon 20-21

21 Vilje 21-1
21.1. Introduksjon 21-1
21.2. Resultater 21-3
21.2.1 Sedimentbeskrivelse 21-3
21.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Vilje i 2009 21-4
21.2.3 Oljehydrokarboner 21-5
21.2.4 Metaller 21-7
21.2.5 Bunnfauna 21-10
21.2.6 Beregning av påvirket areal 21-20
21.3 Sammendrag og konklusjon 21-23

22 Alvheim 22-1
22.1. Introduksjon 22-1
22.2. Resultater 22-3
22.2.1 Sediment beskrivelse 22-3
22.2.2 LSC (Limit of Significant Contamination) for Alvheim i 2009 22-4
22.2.3 Oljehydrokarboner 22-5
22.2.4 Metaller 22-7
22.2.5 Bunnfauna 22-10
22.2.6 Beregning av påvirket areal 22-19
22.3 Sammendrag og konklusjon 22-22

23 Samlet vurdering og konklusjon 23-1

24 Anbefalinger 24-1

25 Forkortelser 25-1

26 Innhold vedlegg 26-1

27 Referanser 27-1

28 Vedlegg CD .....

1. Sammendrag

Operatørene Statoil ASA, ExxonMobil Exploration and Production Norway AS, Total E&P Norge AS, Talisman Energy Norge AS og Marathon Petroleum Norge AS bestilte våren 2009 en miljøovervåkingsundersøkelse av Region II hos UNI RESEARCH AS, Seksjon for anvendt miljøforskning - marin. Undersøkelsen dekker i alt 18 felt, samt regionen i helhet. Tilsvarende undersøkelser i Region II har tidligere blitt utført i 1997, 2000, 2003 og 2006.

I undersøkelsen i 2009 inngikk de 18 feltene: Rev, Varg, Sigyn, Sleipner Vest, Sleipner Øst, Sleipner Alfa Nord, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Vale, Skirne, Byggve, Heimdal, Volve, Vilje og Alvheim. Prøveinnsamlingen ble foretatt fra *MS Libas* i perioden 18.–27. mai 2009. I alt ble det samlet prøver fra 137 feltspesifikke stasjoner og 15 regionale stasjoner. Prøver til kjemisk analyse ble tatt fra alle stasjonene, mens prøver til biologi og geologi ble tatt fra 12 av feltene.

Med bakgrunn i resultatene fra undersøkelsen var det naturlig å dele Region II inn i tre subregioner: en relativ grunn sørlig subregion (77-96 m), en dypere sentral subregion (107-130 m) og en nordøstlig subregion med dybde fra 115 m til 119 m. I den grunne subregionen var det mer fin sand og litt mindre TOM og finstoff i sedimentet enn i den sentrale og den nordlige subregionen. Beregnet kontaminert areal med historiske data for de tre subregionene er vist i Tabell 1.1.

På feltene Sigyn, Sleipner Alfa Nord, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Skirne, Byggve, Vilje og Alvheim ble det ikke påvist kontaminering av THC. På de øvrige feltene var det stort sett kun mindre endringer i forhold til 2006.

Barium viste en økning i den sentrale subregionen i forhold til 2006 også på felt der det ikke hadde foregått boring i de seinere årene. Det er benyttet samme analyselaboratorium og samme analysemetode på de tre siste regionale undersøkelsene. Endringen i bariuminnhold kan ha sammenheng med stor variabilitet i barium- konsentrasjonen i sedimentet, noe som støttes av at gjennomsnittet på de regionale stasjonene i den sentrale subregionen har variert en del mellom overvåkingsundersøkelsene. På Rev, Glitne, Grane, Balder, Jotun, Skirne og Byggve ble det ikke påvist kontaminering av andre metaller. På de øvrige feltene var ble det stort sett registrert forbedring eller samme nivå som i 2006.

Prøvetakingen i 2009 nådde ikke alltid ut til rent sediment og dette gjorde noen av arealberegningene av kontaminert sediment usikre.

Faunasammensetningen ble undersøkt i 2009 på Rev, Varg, Sigyn, Sleipner Øst, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Volve, Vilje og Alvheim. Det forhøyede individantallet som ble registrert på mange regionale og feltspesifikke stasjoner i 2006, sank i 2009 som et resultat av naturlige svingninger i faunasammensetningen. Diversiteten var jevnt høy og det ble ikke påvist forstyrrelse av bunnfaunaen på noen av feltene.

I forbindelse med uttrenging av olje til sjøbunnen ble en ekstra stasjon undersøkt på Ringhorne. På denne stasjonen var THC-nivået høyt som i 2006 og bunnfaunen var påvirket i 2009.

Bunnforholdene fra uttrengningen påvirket imidlertid ikke områdene som ble omfattet av det øvrige stasjonsnettet.

Radioaktive isotoper ble undersøkt på Jotun og Varg i tillegg til de to regionale stasjonene RII06 og RII09. Verdiene var gjennomgående lave, med unntak av bly i ett hugg ved den regionale stasjonen RII09.

Tabell 1.1. Tabellen gir oversikt over kontaminert areal for THC, barium, og andre metaller samt areal for påvirkning av bunnfaunaen i perioden 1997-2009 i Region II. Når en vurderer summene må en ta i betraktning at summene ikke er direkte sammenliknbare siden noen av summene i 2009 er beregnet som minimumsverdier.

Område	År	THC	Ba	Andre metaller	Fauna
Nordlig subregion (Vale)	**2001**	0,00	0,00	0,00	0,00
	2003	0,00	1,77	0,39	0,00
	2006	0,00	0,05	0,10	0,00
	2009	0,05	0,59	0,25	-
Grunn subregion	**1997**	1,32	15,13	0,14	0,43
	2000	1,91	4,42	0,25	0,15
	2003	0,58	1,67	0,29	0,15
	2006	0,21	1,25	0,84	0,00
	2009	0,89	7,67	0,40	0,00
Sentral subregion	**1997**	2,40	6,69	3,76	0,59
	2000	3,17	13,08	1,25	0,62
	2003	8,08	10,37	5,22	0,12
	2006	0,33	1,48	1,14	0,00
	2009	0,08	3,47	1,12	0,00

1. Summary

The oil companies Statoil ASA, ExxonMobil Exploration and Production Norway AS, Total E&P Norge AS, Talisman Energy Norge AS and Marathon Petroleum Norge AS commissioned Section of Applied Environmental Research at UNI RESEARCH AS to undertake the monitoring survey of Region II in 2009. Similar monitoring surveys in Region II have been carried out in 1996, 2000, 2003 and 2006.

The survey in 2009 included in total 18 fields: Rev, Varg, Sigyn, Sleipner Vest, Sleipner Øst, Sleipner Alfa Nord, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Vale, Skirne, Byggve, Heimdal, Volve, Vilje og Alvheim. Sampling was conducted from the vessel *MV Libas* between May 18 and May 27. Samples were collected from in totally 137 sampling sites, of which 15 were regional sampling sites. Samples for chemical analysis were collected at all sites, whereas samples for benthos analysis were collected at 12 fields.

As in previous surveys, Region II is divided into natural sub-regions. One sub-region is shallow (77-96 m) sub-region, a central sub-region (107-130 m) and a northern subregion (115-119 m). The sediments of the shallow sub-region had relatively lower content of TOM and pelite and higher content of fine sand than the central and northern sub-regions. Calculated areas of contamination are shown for the sub-regions in Table 1.1.

The fields Sigyn, Sleipner Alfa Nord, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Skirne, Byggve, Vilje og Alvheim showed no contamination of THC. At the other fields there were minor changes from 2006.

The concentrations of barium increased in the central sub-region from 2006 to 2009, also at fields where no drilling had been undertaken during the last years. The same laboratory and methods are used during the three last regional investigations. The changes in barium concentrations may be due to high variability of barium concentrations in the sediments. This is supported by relatively large variations in average barium concentrations at the regional sampling sites in the central sub-region between the monitoring surveys. No contamination of other metals were observed at the fields Rev, Glitne, Grane, Balder, Jotun, Skirne and Byggve and at the other fields the concentrations were lower or stayed at the same levels as in 2006. In some cases, the sampling sites did not reach clean sediments and as a result the estimation of contaminated areas became uncertain.

The composition of the benthic fauna was examined at Rev, Varg, Sigyn, Sleipner Øst, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Volve, Vilje og Alvheim. The high numbers of individuals that were observed at field and regional sampling sites in 2006, decreased in 2009 as a result of natural oscillations in the fauna. Diversity was generally high and no disturbance was observed at any of the examined fields in 2009.

An extra sampling site was examined at Ringhorne in 2009, in connection to previous oil leakage from the sea-bottom. The THC-level was high at this sampling site as in 2006 and the bottom fauna was poor in 2009. However, the conditions at this site did not affect the areas that were covered by the grid of monitoring sites.

Radioactive isotopes were examined at Jotun and Varg in addition to two regional sampling sites RII06 and RII09. The radioactivity levels were generally low, with the exception of lead in one grab sample from RII09.

Table 1.1. The table shows estimated contamination of THC, barium and other metals and disturbance of benthic fauna in Region II from 1997 to 2009. When the areas are evaluated, it must be taken in consideration that some of the numbers from 2009 are calculated as minimum-areas.

Area	Year	THC	Ba	Other metals	Fauna
Northern sub-region (Vale)	**2001**	0,00	0,00	0,00	0,00
	2003	0,00	1,77	0,39	0,00
	2006	0,00	0,05	0,10	0,00
	2009	0,05	0,59	0,25	-
Shallow sub-region	**1997**	1,32	15,13	0,14	0,43
	2000	1,91	4,42	0,25	0,15
	2003	0,58	1,67	0,29	0,15
	2006	0,21	1,25	0,84	0,00
	2009	0,89	7,67	0,40	0,00
Central sub-region	**1997**	2,40	6,69	3,76	0,59
	2000	3,17	13,08	1,25	0,62
	2003	8,08	10,37	5,22	0,12
	2006	0,33	1,48	1,14	0,00
	2009	0,08	3,47	1,12	0,00

2 Innledning

Statoil ASA, Norsk Hydro Produksjon as, ExxonMobil Exploration and Production Norway AS, Total Exploration Norge AS, Talisman Energy Norge AS og Marathon Petroleum Company (Norway) bestilte i mai 2009 Uni Research (tidligere Unifob) AS ved Seksjon for anvendt miljøforskning-marin til å utføre en regional miljøundersøkelse av Region II i norsk sektor av Nordsjøen (kontraktsnummer: 4501751349).

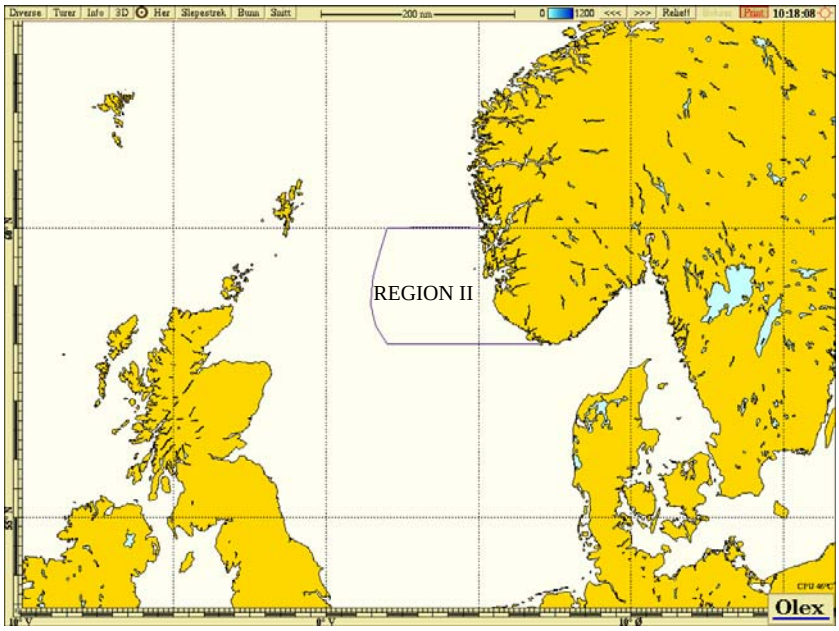
Tidligere har fire tilsvarende undersøkelser blitt gjennomført i regionen. Den første ble utført i 1997 (Mannvik & al. 1998), den andre i 2000 (Mannvik et. al. 2001), den tredje i 2003 (Botnen et. al. 2004) og den fjerde i 2006 (Botnen et. al 2007). Før de omfattende regionale undersøkelsene tok til ble det gjort feltspesifikke undersøkelser for de enkelte feltene i regionen. I forhold til undersøkelsen i 2006 er feltene Sleipner Alfa Sentral og Volund tatt ut, mens feltene Vilje, Volve og Alvheim er tatt inn.

Hensikten med overvåkingsundersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden for hele regionen og nærområdene rundt olje- og gass installasjonene som ligger i denne delen av Nordsjøen, samt å foreta en sammenligning med resultater fra tidligere regionale undersøkelser. I alt ble det samlet bunnprøver fra 137 feltspesifikke stasjoner, inklusive felttilknyttede regionale stasjoner og 7 regionale stasjoner uten og 8 med direkte felttilknytning. Prøvene har blitt undersøkt med hensyn på fysisk beskaffenhet, kjemisk innhold og bunnfauna.

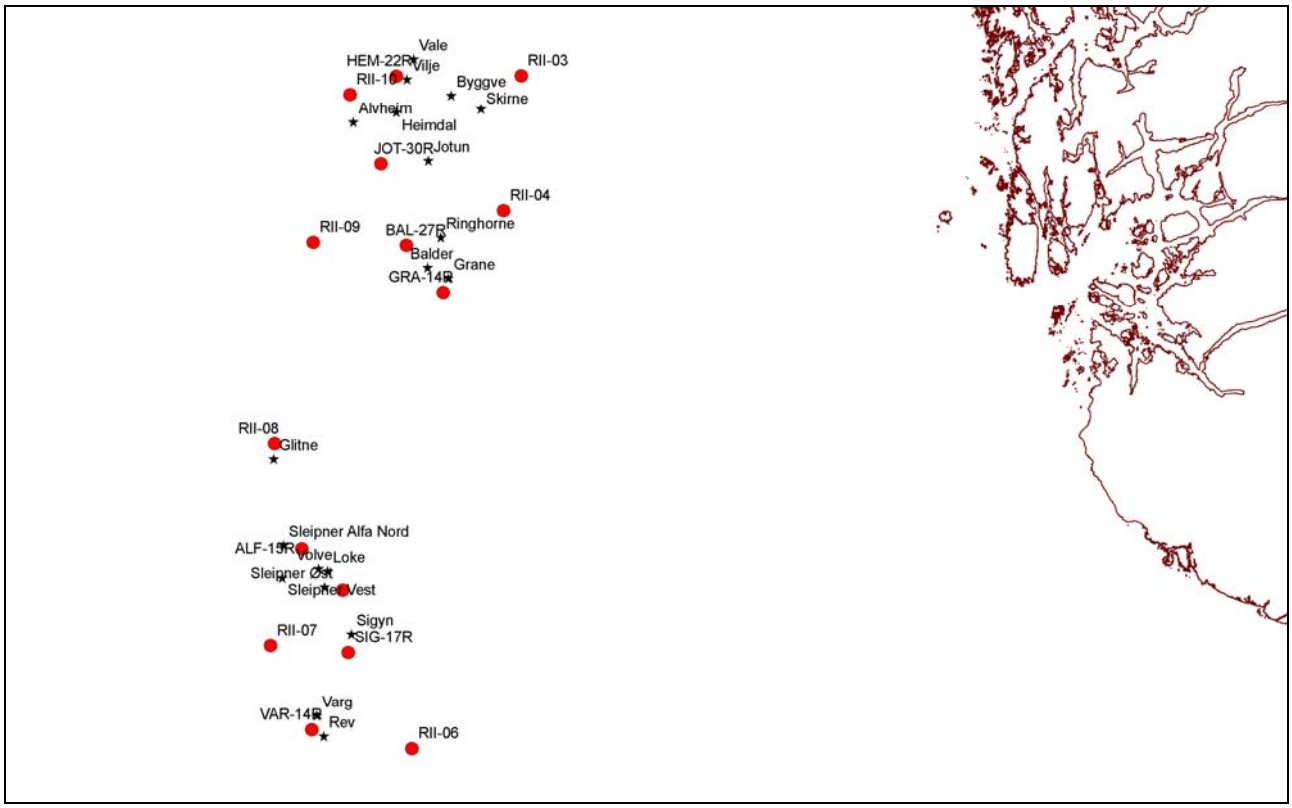
Tabell 2.1. Sammenstilling som viser selskap med operatør-status på de ulike feltene i Region II, samt undersøkelsestype ved hvert felt, antall prøvestasjoner ved hvert felt og feltets status i mai 2006.

Operatør	Felt	Type undersøkelse	Antall prøvestasjoner
Talisman	Varg	Overvåking	11
	Rev (Varg sør)	Overvåking	10
Statoil	Heimdal	Overvåking	6
	Vale	Overvåking	6
	Grane	Overvåking	8
	Sleipner Øst og Loke	Overvåking	13
	Sleipner Vest	Overvåking	3
	Sleipner Alfa Nord	Overvåking	6
	Glitne	Overvåking	5
	Volve	Overvåking	13
	Vilje	Overvåking	14
ExxonMobil	Balder	Overvåking	5
	Jotun	Overvåking	8
	Ringhorne	Overvåking	10
	Sigyn	Overvåking	5
Total	Skirne	Overvåking	5
	Byggve	Overvåking	6
Marathon	Alvheim	Overvåking	11
Alle	Regionale stasjoner		7[1]

[1] kun regionale stasjoner uten tilknytning til spesielle felt



Figur 2.1. Grovskisse av Nordsjøen med tilgrensende landområder med Region II avmerket. Kartkilde Olex.



Figur 2.2. Undersøkte felt (stjerne) og regionale stasjoner (rød sirkel) for Region II i 2009. Kartkilde ArcGIS.

3 Materialer 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 kapittelet Materiale og metoder.

3.1 Prøveinnsamlingstokt

Prøveinnsamlingen ble foretatt fra M/S *Libas* som var innleid til formålet fra Liegruppen AS av StatoilHydro ASA. Toktet startet fra Liaskjæret i Fjell, mandag 18. mai og ble avsluttet 27. mai på samme sted. På turen var det med prøvetakingsmannskap fra Uni Research AS og Eurofins Norsk Miljøanalyse AS. Prøveinnsamlingen begynte ved den regionale stasjonen RII-03 og ble avsluttet ved Varg og til sist Rev hvor noen stasjoner ble utsatt til slutten av toktet (se toktrapporten for undersøkelsene i Region II i 2009).

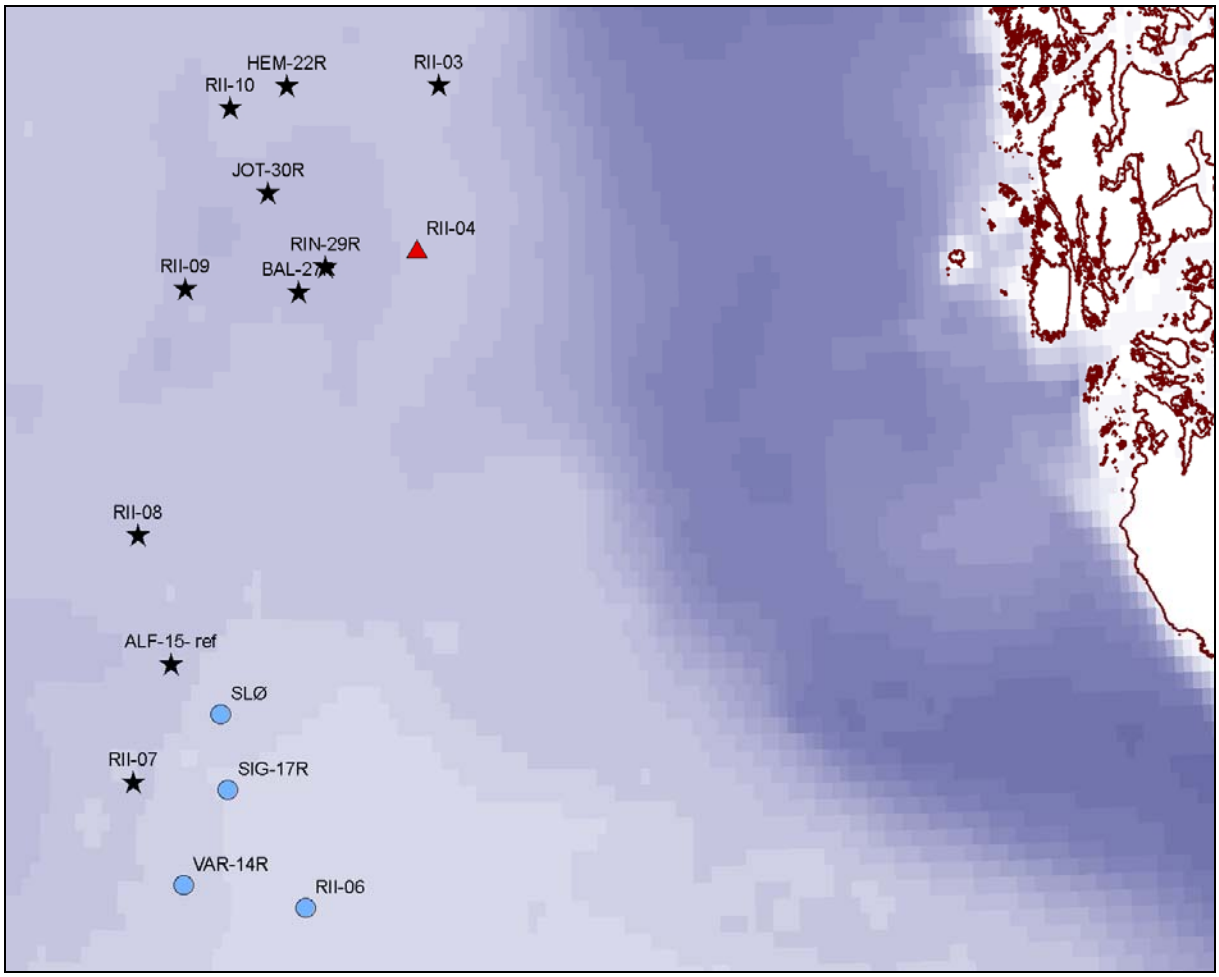
3.2 Innsamlingsområdet

Region II ligger mellom 58° og 60° N på norsk sokkel i Nordsjøen. I Figur 3.1 vises beliggenheten til de undersøkte feltene i forhold til norskekysten. Vanndypet varierte mellom 77 og 130 meter.

3.3 Innsamlingsprogram

Posisjonering av M/S *Libas* ble gjort i henhold til posisjonene som var opplyst i programmet for undersøkelsen (ED 50 UTM zone 31 N). Ved hjelp av DGPS og DP klasse 1 ble fartøyet holdt i posisjon (± 3 m). På grunn av konflikt mellom installasjoner på sjøbunnen, eller mye stein i prøvene ble opprinnelig posisjon for prøvetaking på 5 stasjoner flyttet (se toktrapport). Surveyer fra Fugro Survey AS holdt rede på posisjoneringen av fartøyet og beregnet nye retninger og distanser for posisjoner som ble endret. Posisjon for hver enkelt stasjon er gitt i vedlegget til toktrapporten. Vanndypet ble målt ved hjelp av fartøyets ekkolodd.

Prøvetaking ble foretatt på 137 feltspesifikke stasjoner og 7 uten og 8 med felt-tilknyting av regionale stasjoner. I undersøkelsen i 2009 inngikk en ekstra stasjon på Ringhorne. Fullt prøvesett fra en stasjon inkluderte 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. Det ble totalt samlet 545 prøver til biologisk analyse, 494 prøver til THC-analyse, 467 prøver til tungmetallanalyse (Cu, Cr, Zn, Ba,Pb og Cd), 155 prøver til Hg-analyse, 155 prøver til NPD/PAH-analyse og 109 prøver til geologiskanalyse. Det ble det også samlet inn 18 prøver for radioaktive isotop-analyser.



Figur 3.1. Plasseringen av de undersøkte regionale stasjonene i Region II i 2009. Stasjonen fra den nordlige subregionen er merket med rød trekant, fra den grunne subregionen med blå sirkler og fra den sentrale subregionen er merket med sorte stjerner. Kartkilde ARCGis.

3.4 Prøvebehandling i felt

Sedimentprøvene ble tatt med van Veen grabb med en åpning på 0,1 m^2 og et volum på 23 (langarmet) og 22 (kortarmet) liter. Noen av grabbhuggene ble også tatt med en kombi-grabb med to kamre hvor det ene er på 0,1 m^2 for biologisk prøvetaking. 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. Prøvene til radioaktivitet ble tatt fra øverste 0-2 cm. Etter innpakking og merking, ble prøvene frosset i medbrakt frys ved ÷20 °C. Prøvene ble oppbevart frosset inntil videre opparbeiding i laboratoriet på land 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 startet.

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 (ϕ=-4), 8mm (ϕ=-3), 4mm (ϕ=-2), 2mm (ϕ=-1), 1mm (ϕ=0), 0,5mm (ϕ=1), 0,250mm (ϕ=2), 0,125mm (ϕ=3) og 0,063mm (ϕ=4) (Buchanan 1984). De geologiske målingene ble utført ikke-akkreditert ved Seksjon for anvendt miljøforskning.

Sedimentets kornfordeling er presentert i kurveform og tabeller. 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 = Φ-verdi (Φ=-$\log_2$x)
Median partikkel diameter: Md Φ = Φ50. Dvs. Φ verdien (kornstørrelsen) ved 50 % punktet på de kumulative kornfordelingskurven.

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

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

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

«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 dataprogrammet GradiStat versjon 4.01 (Blott & Pye 2001).

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

3.5.3 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.

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 Atomabsorpsjonspetrofotometri (CVAAS) og kadmium som ble bestemt vha Grafittovn Atomabsorpsjonspetrofotometri (GFAAS).

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.

Oppslutting med salpetersyre
Oppsluttingen 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 oppsluttingen ble prøvene fortynnet til 50 mL.

Bestemmelse av metaller ved ICP-AES
Metallene bortsett fra kadmium og 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
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 kadmium med GFAAS
Kadmium ble bestem med et Varian 800 instrument. Det oppsluttede ekstraktet injiseres i et grafittrør hvor det tørkes, foraskes og atomiseres ved gradvis økende temperaturer. Atomisert kadmium detekteres så vha absorpsjon av lys fra en hulkatodelampe. Zeeman bakgrunns-korrekson justerer for evt interferenser.

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
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 Eurofins Norsk Miljøanalyse 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	0,003 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 på et Soxtec-system. Deretter ble ekstraksjonsvæsken ristet med pentan slik at petroleumshydrokarbonene ekstraherte over i pentanfasen. Pentanfasen ble dampet inn ved å bruke Rotavapor, og ble deretter ytterligere renset for polare forbindelser ved fast-fase-ekstraksjon. Fast-fasekolonnen ble eluert med pentan, og den oppsamlede væsken ble dampet inn til 1 mL med nitrogen flow. Den inndampede prøven ble delt i to. THC ble analysert ved gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor (GC/FID). Analyse av PAH-er og NPD-er 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 1500 rpm i 3 minutter for å fjerne vann. Mengde tørt stoff i den sentrifugerte prøven ble bestemt ved å veie en liten del (ca. 5 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 veid inn i cellulosefilteret og kokt i 1 time (i kokeposisjon) i 50 mL av en løsning av kaliumhydroksid i metanol (30 g/L). Denne løsningen inneholdt også interne standarder tilsvarende 1,0 mL per prøve. 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 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 100 mL engangsglass. Etter kjøling ble det tilsatt 25 mL pentan og flasken ble ristet i 10 minutter. Pentanfasen ble separert fra metanolfasen og samlet opp i en konisk kolbe. 25 mL ekstra pentan ble tilsatt til metanolfasen, ristet i 10 minutter, separert og samlet i den samme koniske kolben som den første pentanfasen. Pentan ble deretter dampet inn til ca 1 mL ved å benytte en rotavapor med vannbad som holdt 30 °C.

Fast-fase opprensing

Den siste opprensingen ble utført ved å benytte 500 mg silica fast-fase kolonner (Part no. 12102037 Varian). Kolonnene ble kondisjonert før bruk. Prøven ble tilsatt i kolonnen og deretter eluert med 2x8 mL pentan. Dette eluatet ble til slutt dampet inn til 1 mL med nitrogen flow og analysert ved GC/FID (THC) og GC/MS-SIM (PAH og NPD).

Kvantifisering av komponenter

THC

Innholdet av THC ble kvantifisert i kokepunktsområdet nC12-nC35 ved å benytte eksterne og interne standarder. Den eksterne standarden bestod av en løsning med n-alkaner i diklormetan (5 mg/L av hver komponent, Restek # 57257). Den eksterne standarden ble også benyttet til å etablere retensjonstidsvinduet. De interne standardene (brombenzen, o-terphenyl og squalan; alle 5 mg/L) ble tilsatt til prøven før koking. Også den eksterne standarden var tilsatt interne 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. Betingelser for GC/FID

GC system	Agilent Technologies 6890N Network GC System med split/splitless injektor, flamme ionisasionsdetektor
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	He, 1,0 mL/min
Injeksjon	2 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. Betingelser for GC/MS

GC system	Hewlett Packard HP 6890 Series GC System
MS	Hewlett Packard 5973 Mass Selective Detector
Kolonne	Agilent HP-5MS, 5% Phenyl Methyl Siloxane, lengde: 30 m, ID: 0,25 mm, film: 0,25 μm
Injektor temperatur	300°C
Temperatur program	60°C (2 min) - 12°C/min - 325°C (5 min)
Bæregass	He, 1,2 mL/min
Injeksjon	1 μL, splitless

Mengdene av PAH-er og NPD-er ble kvantifisert ved å benytte deuturerte PAH-forbindelser som internestandarder og kalibreringskurver laget fra tre nivåer av standarder som inneholder 16 EPA PAH-er og utvalgte NPD-er. De interne standardene ble tilsatt prøven før koking, også de eksterne standardene ble tilsatt interne standarder. De 16 standard EPA PAH-er var PAH-"coctail" ampuller fra Dr. Ehrenstorfer (PAH Mix 25) og Chemservice (PP-HC6JM). En NPD "coctail" som inneholder en 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-metylfenantren, 1,6-dimetylfenantren og 1,2,8-trimetylfenantren. Tabell 3.6 viser target ion, qualifier ion og den korresponderende internstandard for hver PAH-forbindelse og NPD-"cluster". Før den siste kvantifiseringen ble utført ble den korresponderende middelverdien av konsentrasjonen av blankprøver 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	184	139	Acenaphthylene-d10
Phenanthrene	178	176	Phenanthrene-d10
Anthracene	178	176	Phenanthrene-d10
C1-dibenzothiophene	198	197	Phenanthrene-d10
C1-phenanthrene	192	191	Phenanthrene-d10
C2-dibenzothiophene	212	197	Phenanthrene-d10
C2-phenanthrene	206	191	Phenanthrene-d10
Fluoranthene	202	101	Fluoranthene-d10
C3-dibenzothiophene	226	211	Fluoranthene-d10
Pyrene	202	101	Pyrene-d10
C3-phenanthrene/antracene	220	205	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	276	Benz[a]pyrene-d12
Benzo(ghi)perylene	276	274	Benzo(ghi)perylene-d12
Intern-standarder			
Naphthalene-d8	136	108	
Acenaphthylene-d10	160	159	
Phenanthrene-d10	188	186	
Fluoranthene-d10	212	111	
Pyrene-d10	212	106	
Benz[a]pyrene-d12	264	260	
Benzo(ghi)perylene-d12	288	286	

Nedre bestemmelsesgrense
Nedre bestemmelsesgrense er basert på gjenfinning av en kjent mengde THC, PAH eller NPD som er tilsatt rene sedimentprøver. Sediment har tørrstoff lik 100 %.
For THC ble det brukt en oppløsning av referanseoljen HDF-200, og prøvene ble laget med en konsentrasjon som tilsvarte 1,0 mg/kg TS for 10 g sediment. Dette er den ønskede nedre bestemmelsesgrensen for THC.
For PAH og NPD ble det brukt en standardblanding inneholdende de 16 EPA PAH'ene samt en representant for hver av NPD-ene. Konsentrasjonen var laget slik at den tilsvarte 0,0005 mg/kg TS for 10 g sediment, som er den ønskede nedre bestemmelsesgrensen for PAH og NPD.

Det ble laget ni parallelle prøver med referanseoljen HDF-200 og syv parallelle prøver med PAH/NPD. Disse ble opparbeidet etter vanlig prosedyre og analysert på henholdsvis GC/FID og GC/MS. Deretter ble blant annet gjenfinning og måleusikkerhet (M.U) beregnet. Dette er vist i Tabell 3.7:

Tabell 3.7. Nedre bestemmelsesgrense og måleusikkerheten for THC, PAH og NPD.

Forbindelse	**NBgrense** [mg/kg TS]	**M.U** [%]
THC:		
THC	1,0	40
PAH:		
Naphthalen	0,0005	40
Acenaphtylene	0,0005	40
Acenaphthene	0,0005	40
Fluorene	0,0005	40
Dibenzothiophene	0,0005	40
Phenanthrene	0,0005	40
Anthracene	0,0005	40
Fluoranthene	0,0005	40
Pyrene	0,0005	40
Benzanthracene	0,0005	40
Chrysene/triphenylene	0,0005	40
Benzo[bjk]fluoranthenes	0,0005	40
Benzo[a]pyrene	0,0005	40
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,0005	40
Dibenzo[ah]anthracene	0,0005	40
Benzo[ghi]perylene	0,0005	40
NPD:		
C1-naphthalene	0,0005	40
C2-naphthalene	0,0005	40
C3-naphthalene	0,0005	40
C1-dibenzothiophene	0,0005	40
C1-phenanthrene/anthracene	0,0005	40
C2-dibenzothiophene	0,0005	40
C2-phenanthrene/anthracene	0,0005	40
C3-dibenzothiophene	0,0005	40
C3-phenanthrene/anthracene	0,0005	40

Fryse-tørking

Hver prøve homogeniseres godt med en metallskje før frysetørking på en "Hetro Drywinner 3" fryse-tørker.

Ekstraksjon

Ca. 30 g homogenisert frysetørket sediment veies inn i en Soxhlet ekstraksjons hylser. Prøven reflukseres med diklormetan (200 ml) i ca. 14 t. Totalvolumet på diklormetanekstraktet reduseres til ca 0.5 ml.

Opprensing

Ekstraktene ble renset opp ved hjelp av kolonnekromatografi med Bond Elut fast fase ekstraksjonskolonner med 500 mg silika. Den oppkonsentrerte prøven ble kvantitativt overført til kolonnen og upolare komponenter eluert med 3x2 ml hexane og polare komponenter med 3x2 ml heksan/diklormetan (70:30) blanding.
Ekstraktene oppkonsentreres og overføres kvantitativt til prøveglass der de blir oppkonsentrert til nesten tørrhet ved hjelp av høyrenset nitrogen. Isooktan uvasol tilsettes og prøveglasset forsegles.
Alle prøvene ble lagret under -20 °C inntil analysene ble utført.

3.6.3 Prinsipp for radioaktivitet-analyse

De mottatte prøvene har blitt målt for innhold av ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{228}Th og ^{210}Pb ved hjelp av høyoppløselig gammaspektrometri etter tørking ved 105 ^{o}C. Rapportert usikkerhet er en utvidet usikkerhet basert på en standard usikkerhet multiplisert med en dekningsfaktor på 2, som gir et dekningsnivå på tilnærmet 95%.
Mengden ^{210}Pb ble bestemt direkte, mens mengden av ^{226}Ra, ^{228}Ra og ^{228}Th ble bestemt ved å måle aktiviteten til hhv ^{214}Pb, ^{214}Bi, ^{228}Ac og ^{212}Pb. Ved radioaktiv likevekt er aktivitetene av ^{226}Ra og ^{214}Pb og ^{214}Bi, og ^{228}Ra og ^{228}Ac, og ^{228}Th og ^{212}Pb like. Det ble tatt hensyn til selvabsorpsjon i prøven for ^{210}Pb. Ikke akkrediterte analyser ble foretatt ved Institutt For Energiteknikk (IFE). IFE deltar i nordiske og IAEA's intrekalibreringer og er kvalifisert medlem av IAEA's ALMERA (Analytical Laboratories for the Measurement of Environmental Radioactivity).

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

LSC ble beregnet på grunnlag av resultatene fra de regionale stasjonene. Beregningen ble utført både på datasettet fra 2009, og på det samlede datasettet fra 1996 til 2009.

I forkant av LSC bergningen ble det foretatt en PCA analyse av resultatene fra 2008 alene, og samlet for hele datasettet fra og med 1996. Resultatet av PCA analysen indikerer at det var 3 subregioner innen Region II. Basert på dette ble LSC beregnet for:

1) hele regionen (alle regionale stasjoner)
2) hver subregion (basert på utvalgte regionale stasjoner)
3) hver feltspesifikk regional stasjon

Grensen for signifikant kontaminering (LSC) ble beregnet etter følgende formel:

$$LSC > \overline{R} + t_{\alpha(1),v} \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{N_r}}$$

$\overline{R}$ = gjennomsnitt av stasjonsmiddelverdier for regionale stasjoner
$t_{\alpha(1),v}$ = kritisk verdi fra t-fordelingen med ensidig t-test med signifikansnivå α (=0,05) og v=N_r-1 frihetsgrader.
s = standardavvik for spredning mellom stasjonsgjennomsnitt
N_r = antall regionale stasjoner

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 deteksjonsgrensen.

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).

Bunndyrsfaunaen er hovedsaklig flerårig og lite mobil, 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 og biologiske interaksjoner 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 inkludert 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 harpactocider utelatt fra analysene. Krepsdyr, 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.

I den sentrale subregionen var det relativt mange juvenile individ av sjøpiggsvinsgruppen Spatangoida indet. som ble utelatt fra analysene i 2009 som i 2003 og i 2006. I

hovedrapporten er resultater hvor disse er utelatt presentert, mens resultater hvor individene er tatt med er vist i vedleggsdelen.

Resultatene fra bunndyrsanalysene er presentert ved bruk av følgende metoder:

- Fullstendig artsliste (se Vedlegget)
- Antall taksa og individer 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)
- Forventet antall arter per 100 individ (Hurlberts indeks ES_{100})
- Fordeling av arter i geometriske klasser
- Cluster-analyse basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957), etterfulgt av "Group average Sorting"
- MDS ordinasjon

3.10 Statistiske metoder

3.10.1 Univariate 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 områder 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 topper 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:

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

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 faunagradienter en respons på ulike typer av miljøgradienter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra "godt" til "dårlig" miljø. Gradienten kan være naturlig som 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:

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

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k
y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatrisen
y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatrisen 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: djk = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten djk gitt som:

$$\text{djk} = 100\left\{\frac{\sum_{i=1}^{p} |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^{p} (y_{ij} + y_{ik})}\right\}$$ 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 bunndyrsdata – 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.

3.10.4 Dataprogrammer

Samtlige dataanalyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer og makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Antall individer og taksa, diversitet (H'), jevnhet (J) og Hurlbert indeks (ES100) er beregnet ved hjelp av dataprogrammer i programpakken PRIMER 6. Inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI" som er laget av Knut Årrestad ved tidligere Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved Universitetet i Bergen.

Med hjelp av artsdata fra de fem grabbhuggene ble arts-akkumuleringskurver ("Art-areal-kurver") ble beregnet med hjelp av dataprogrammet EstimateS fra University of Connecticut. Kurvedataene er plottet ved randomisering av prøverekkefølgen og eliminerer følgen av hvilke av grabbhuggene som er det første. Den underliggende metodikken er beskrevet av Colwell & al. (2004).

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer i programpakken PRIMER 6 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 og 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

Prøveinnsamlingen i felt ble utført i henhold til SAM-marins interne prosedyrer for prøvetaking på bløtbunn, internasjonal referansestandard (ISO 16665) og *Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (Aktivitetsforskriften) Vedlegg 1: Krav til miljøovervåking av petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel*.

Det er ført detaljerte sjekklister for å sikre forberedelsen og utføringen av selve toktarbeidet. Sjekklister er fylt ut for å sikre sporbarheten til hver enkel prøve fra den ble tatt ombord i fartøyet til den ble sendt på lager hos Bergen Museum.

I felt ble bare grabber som var helt lukket og hvor det var rom mellom sedimentet og lokket i grabben akseptert. Dette sikret at fullstendige og uberørt sedimentprøver ble analysert. Det ble ført feltjournal for prøvene, hvor blant annet mengden sediment, farge og konsistens ble notert. Notatene fra feltjournalen er gjengitt i toktrapporten på vedleggs cd'en til denne rapporten.

For å sikre at sorteringen av biologiske prøver ble utført tilfredsstillende ble mer enn 5 % av de biologiske prøvene kontrollsortert (i henhold til interne prosedyrer 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.

Eurofins Norsk Miljøanalyse AS er akkreditert hos akkrediteringsorganene NA i henhold til NS-EN ISO/IEC-17025. Eurofins Norsk Miljøanalyse AS konsernet er også sertifisert etter ISO 9001 (kvalitet) og ISO 14001 (miljø). Dette betyr at støtteprosesser som logistikk og registrering av prøver internt og fra oppdragsgiver er underlagt kvalitetskontroll og utføres etter en overordnet miljøplan.

Akkrediteringsbevis finnes i Vedlegget.

3.13 Lagring av prøver

Sedimentprøvene som ble analysert for de kjemiske komponentene blir lagret hos Eurofins Norsk Miljøanalyse AS inntil undersøkelsen fra 2009 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:

Tabell 3.8. Stasjoner som er flyttet i forhold til programmet.

Felt	St. nr.	Ny aktuell posisjon				Kommentarer
		Grader	Avstand	East	North	
Rev	VARGS-14	200	1900	435821	6430684	Mye stein i dette området flyttet båten flere ganger, før hele stasjonen ble flyttet 100 m nærmere feltsenteret i 20^{o} retning.
Rev	VARGS-19 (erstatter VARGS-06)	20	2000	435227	6439956	Flyttet stasjonen 170 m i 112^{o} retning pga bunninstallasjon. Stasjonen i den nye posisjonen fikk navnet: VARGS-19.
Vilje	VILJE-1	152	215	459438	6613308	Stasjon flyttet 37 m i 312° retning pga ledning på sjøbunnen.
Alvheim	KNA-1	151,4	500	444808	6601175	Mye stein i sedimentet, vanskelig å få gode prøver, posisjon flyttet 20 m i 242° retning pga steinbunn på planlagt posisjon.
Alvheim	KNA-2	149,2	1020	445085	6600734	Mye stein i sedimentet, vanskelig å få gode prøver, posisjon flyttet 20 m i 150° retning pga steinbunn på planlagt posisjon

Avvik 2:

Jon Kongsrud ved Bergen Museum har identifisert Maldanidae indet. Dette arbeidet er ikke utført akkreditert.

Avvik 3:

Det er ikke dokumentert intern opplæring av personellet som ble benyttet på toktet fra Eurofins.

4 Regionale stasjoner

4.1 Introduksjon

Undersøkelsen i 2009 omfattet 7 stasjoner som ble kalt regionale stasjoner og 8 stasjoner som ble kalt feltspesifikke referansestasjoner. To av stasjonene, RII07 og RII08, har tidligere vært, og er fortsatt, tilordnet henholdsvis Glitne og Sleipner som feltspesifikke referansestasjoner. Etter revisjon av Vedlegg 1 i Aktivitetsforskriften blir det som tidligere var feltspesifikke referansestasjoner nå kalt for regionale stasjoner. I henhold til denne endringen ble det totalt samlet prøver fra 15 regionale stasjoner i 2009 (Tabell 4.1 og Figur 4.1).

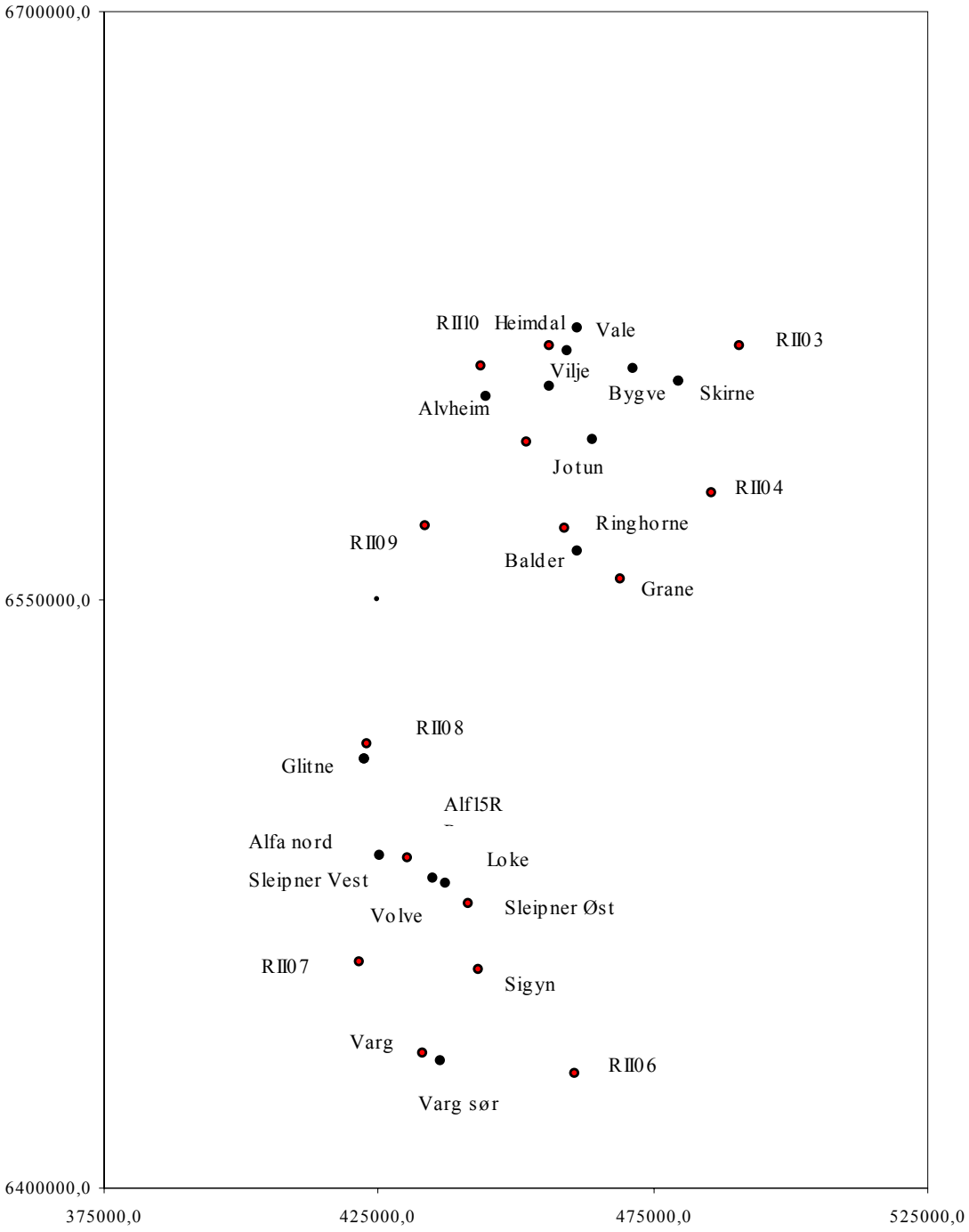
Fra tidligere er fire regionale undersøkelser gjennomført i denne delen av Nordsjøen. Den første ble utført i 1997 (Mannvik et al. 1998), deretter i 2000 (Mannvik et al. 2000), i 2003 (Botnen et al. 2004) og i 2006 (Botnen et al. 2007). I samtlige undersøkelser ble det konkludert med at sediment og bunnfauna på de regionale stasjonene var uforstyrret av petroleumsvirksomheten og at variasjonene som ble påvist i resultatene var innenfor naturlig variasjon.

Tabell 4.1. Regionale stasjoner med tilordnede felt i 2009.

Stasjonsnavn	**Tilordnet felt**
RII03	
RII04	
RII06	
RII07	Sleipner Vest
RII08	Glitne
RII09	
RII10	
VAR-14R	Varg
SIG-17R	Sigyn
SLE-41R	Sleipner Øst
ALF-15- ref	Sleipner Alfa Nord
GRA-14R	Grane
BAL-27R	Balder
JOT-30R	Jotun
HEM-22R	Heimdal

Stasjon	ED 50 UTM Sone 31		Dybde
	Ø	N	(m)
RII-03	490702	6614517	114
RII-04	485867	6577412	118
RII-06	460684	6429120	77
RII-07	421831	6457534	102
RII-08	422936	6513198	112
RII-09	433551	6568688	119
RII-10	443670	6609362	123
VAR-14R	433187	6434316	90

Stasjon	ED 50 UTM Sone 31		Dybde
	Ø	N	(m)
SIG-17R	443211	6455657	82
SLE-41R	441623	6472715	83
ALF-15- ref	430394	6484057	107
GRA-14R	469297	6554935	129
BAL-27R	459203	6567845	127
JOT-30R	452182	6590203	127
HEM-22R	456430	6614401	122



Figur 4.1. Plassering av de regionale stasjonene (røde punkt) og feltsentrene (sorte punkt) innen Region II i 2009. (Posisjoner i henhold til UTM Zone 31 CM 3° East, ED-1950).

4.2 Resultater og diskusjon

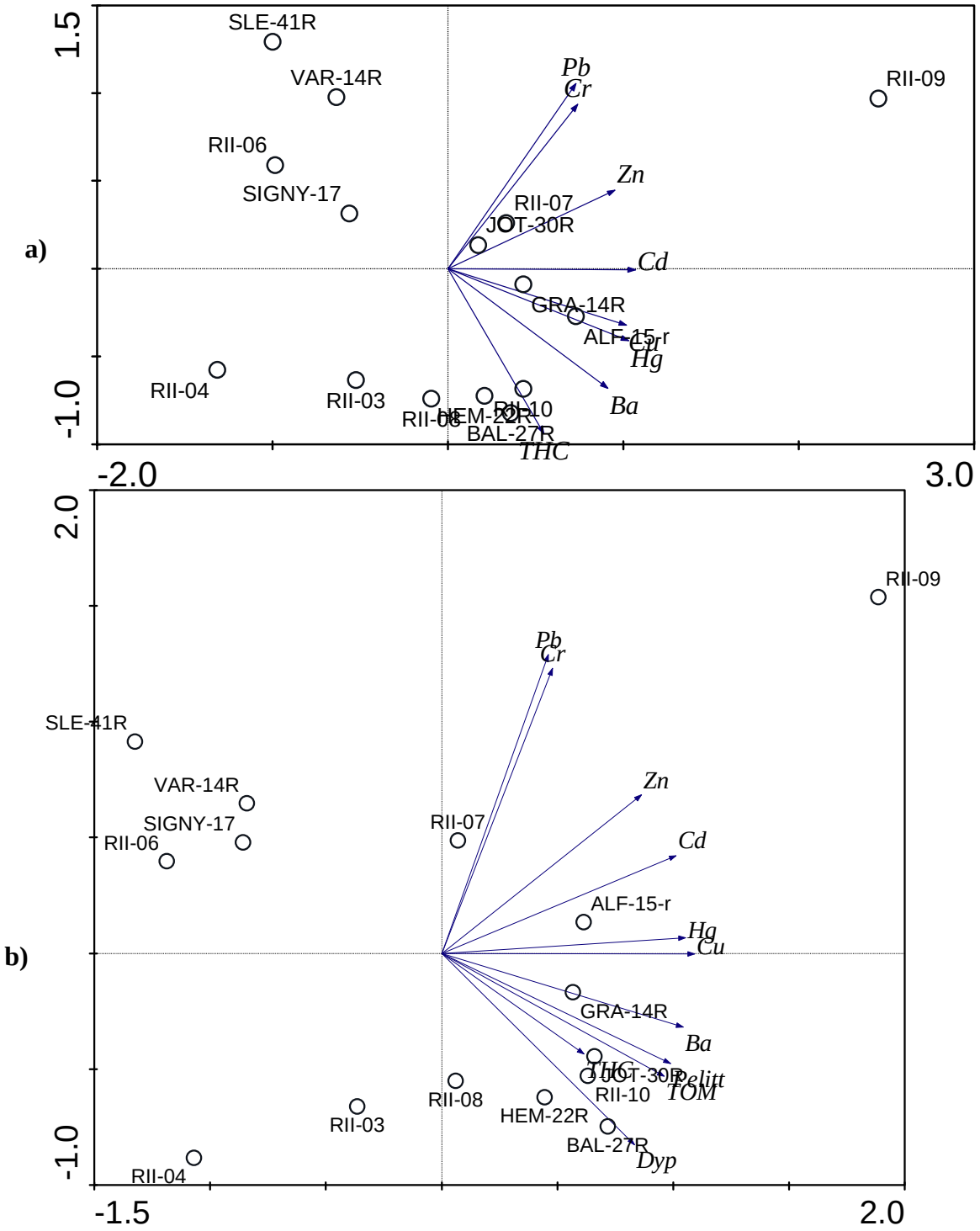
4.2.1 Oppdeling av regionen i subregioner og ”limit of significant contamination” (LSC)

Region II har tidligere blitt inndelt i subregioner. I 2000 ble regionen delt i 2 subregioner, i 2003 og 2006 i 3 subregioner. Inndelingene var basert på resultatene fra PCA-analyse av innholdet av kjemiske parametere i sediment (Figur 4.2). I tillegg ble resultatene fra de biologiske analysene benyttet til å underbygge konklusjonene fra PCA-analysene. Hensikten med inndelingen har vært å finne frem til stasjoner som naturlig hører sammen slik at det kan beregnes en ”limit of significant contamination” (LSC) som er tilpasset forholdene i hver subregion. LSC beregnes også for hele regionen for å anskueliggjøre effekten av inndeling i subregioner.

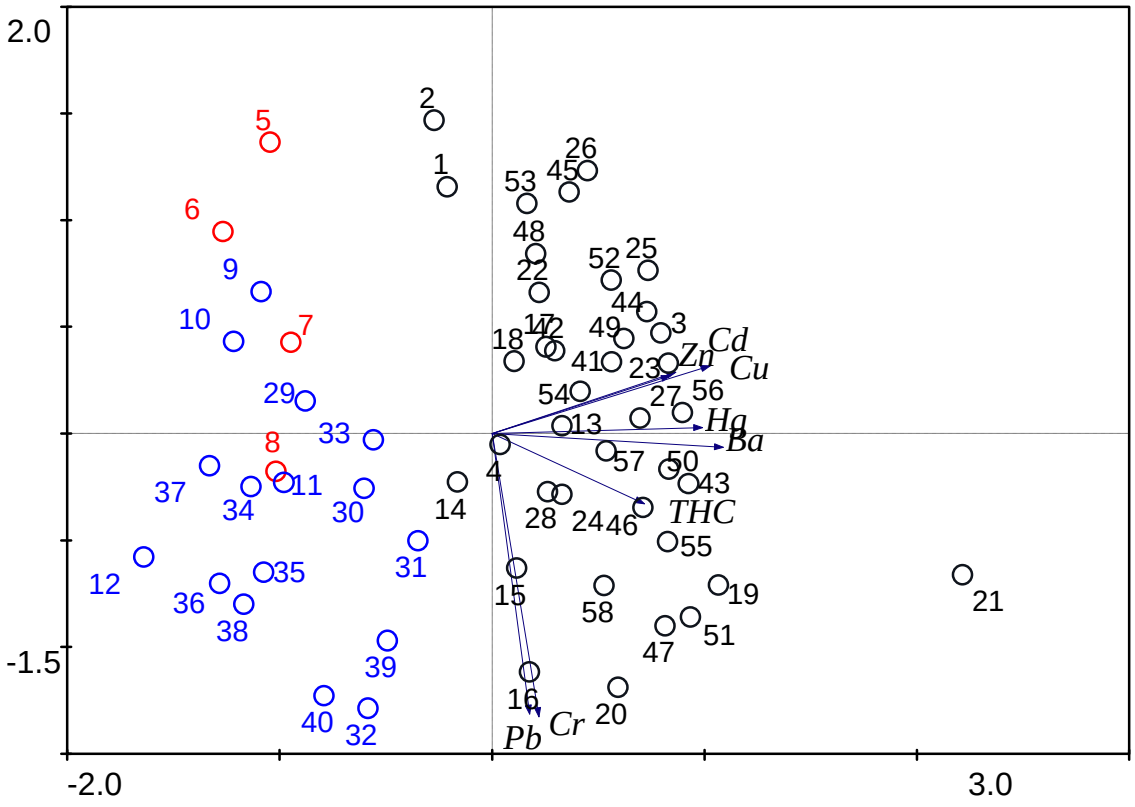
Materialet fra 2009 gir grunnlag til å opprettholde inndelingen i tre subregioner, som i 2003 og 2006 (Figurene 4.2-4.4). I den sørlige delen ligger en grunn subregion hvor vanndypet varierer mellom 77 og 96 m. Denne regionen består av Varg (VAR14R), Sigyn (SIG17R), Sleipner Øst (SLE41R) og den regionale stasjonen RII06. Det antas at Varg sør og Volve også tilhører denne subregionen, men data fra dette feltet er ikke inkludert i analysene som ligger til grunn for inndelingen, fordi feltet ikke har fått tilordnet en egen regional stasjon. Den grunne subregionen kan karakteriseres ved minst vanndyp, mer av fin sand, mindre av THC, TOM og pelitt, og mindre av metallene kvikksølv, barium, kobber og kadmium enn i den sentrale subregionen.

Den sentrale delen av Region II utgjør en egen subregion med vanndyp fra 107 til 130 m. Feltene Sleipner Vest (RII07), Sleipner Alfa Nord (ALF15R), Glitne (RII08), Grane (GRA14R), Balder (BAL27R), Ringhorne, Jotun (JOT30R), Heimdal (HEM22R), Byggve, Skirne, Alvheim og Vilje og de regionale stasjonene RII03, RII09 og RII10 tilhører den sentrale subregionen. Denne subregionen kan karakteriseres ved varierende vanndyp, mer THC og mer av metallene kvikksølv, barium og kobber enn i den grunne subregionen.

Mot nord og øst ligger det en subregion hvor vanndypet varierer fra 115 til 119 m. I denne regionen ligger Vale og den regionale stasjonen RII04. I 2006 omfattet denne subregionen fire regionale stasjoner. I 2009 ble flere stasjoner i denne regionen tatt ut og det gjenstår en regional stasjon, RII04. I 2003 og i 2006 ble stasjon RII04 plassert i ulike grupper i PCA- og i faunaanalysen. Siden RII04 i 2009 ikke typisk tilhører verken den sentrale eller den grunne subregionen er beregninger av LSC utført separat for RII04 (Tabell 4.2). Denne subregionen kan karakteriseres ved midlere vanndyp, lite av pelitt og TOM i sedimentet og lave verdier av krom og bly.

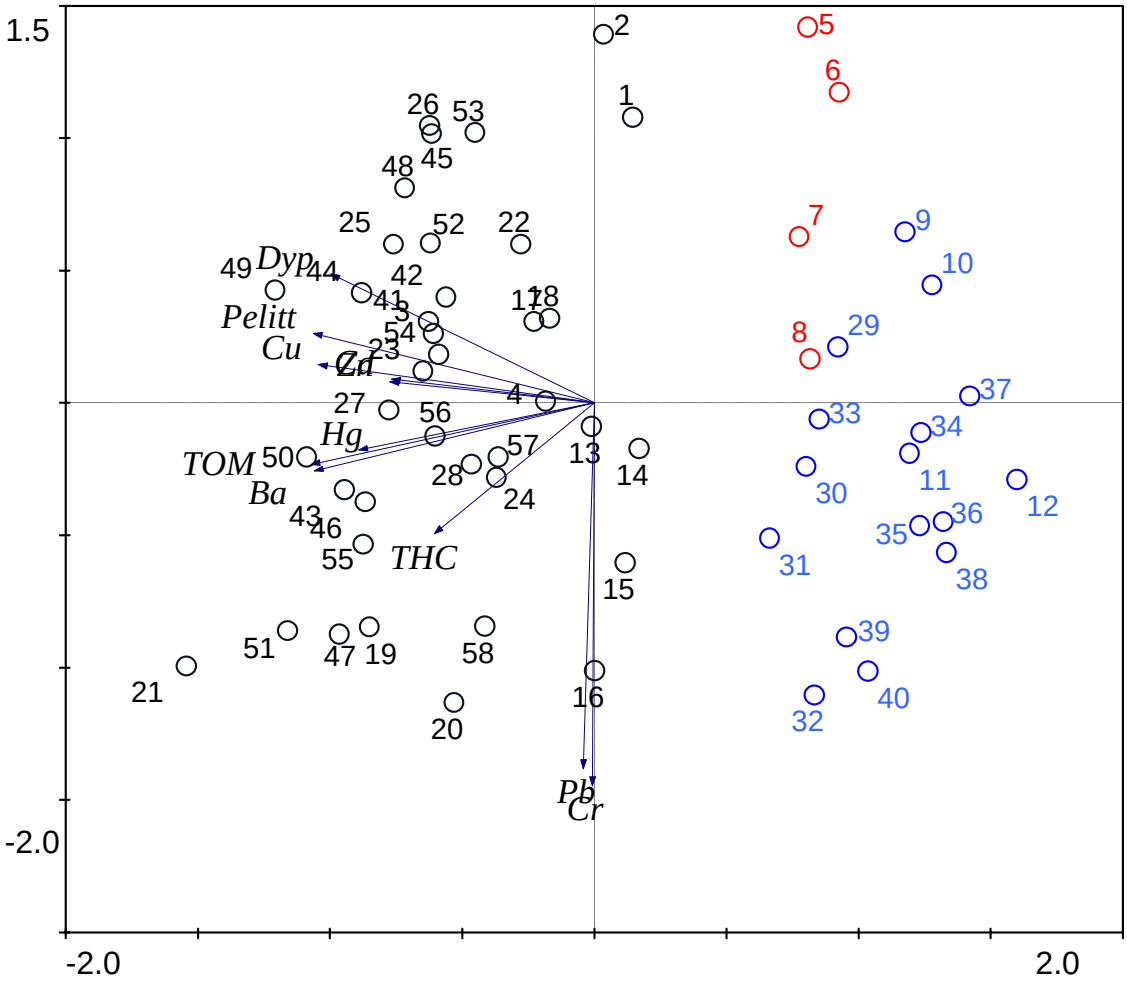


Figur 4.2. Resultatet fra PCA-analyse av data fra 2009. **a)** Plottet er basert på innholdet av THC, barium, kvikksølv, bly, kadmium, krom, kobber og sink i sedimentet fra de regionale stasjonene. 1. akse forklarer 63,3 % og 2. akse forklarer 22,6 % av variasjonen i datasetet. **b)** Plottet er basert på innholdet av THC, barium, kvikksølv, bly, kadmium, krom, kobber og sink i sedimentet fra de regionale stasjonene, samt vanndypet på stasjonene, og pelitt- og TOM-innholdet i 2009 prøvene. 1. akse forklarer 60,8 % og 2. akse forklarer 23,3 % av variasjonen i datasetet. Alle kjemi-data er log(x+1)-transformert.



1	**RII03-09**	13	**RII07-09**	25	**RII10-09**	37	**SLE41R-09**	49	**JOT30R-06**
2	**RII03-06**	14	**RII07-06**	26	**RII10-06**	38	**SLE41R-06**	50	**JOT30R-03**
3	**RII03-03**	15	**RII07-03**	27	**RII10-03**	39	**SLE41R-03**	51	**JOT30R-00**
4	**RII03-00**	16	**RII07-00**	28	**RII10-00**	40	**SLE41R-00**	52	**HEM22R-09**
5	**RII04-09**	17	**RII08-09**	29	**VAR14R-09**	41	**GRA14R-09**	53	**HEM22R-06**
6	**RII04-06**	18	**RII08-06**	30	**VAR14R-06**	42	**GRA14R-06**	54	**HEM22R-03**
7	**RII04-03**	19	**RII08-03**	31	**VAR14R-03**	43	**GRA14R-03**	55	**HEM22R-00**
8	**RII04-00**	20	**RII08-00**	32	**VAR14R-00**	44	**BAL27R-09**	56	**ALF15R -09**
9	**RII06-09**	21	**RII09-09**	33	**SIG17R-09**	45	**BAL27R-06**	57	**ALF15R-06**
10	**RII06-06**	22	**RII09-06**	34	**SIG17R-06**	46	**BAL27R-03**	58	**ALF15R-02**
11	**RII06-03**	23	**RII09-03**	35	**SIG17R-03**	47	**BAL27R-00**		
12	**RII06-00**	24	**RII09-00**	36	**SIG17R-00**	48	**JOT30R-09**		

Figur 4.3. Resultatet fra PCA-analyse av data fra perioden 2000 til 2009. Stasjonene i den grunne subregionene er markert med blått, stasjonene i den nordlige subregionen er markert med rødt og stasjonen i den sentrale subregionen er markert med svart. Plottet er basert på innholdet av THC, barium, kvikksølv, bly, kadmium, krom, kobber og sink i sedimentet fra de regionale stasjonene. 1. akse forklarer 43,3 % og 2. akse forklarer 23,2 % av variasjonen i datasetet.



1	**RII03-09**	13	**RII07-09**	25	**RII10-09**	37	**SLE41R-09**	49	**JOT30R-06**
2	**RII03-06**	14	**RII07-06**	26	**RII10-06**	38	**SLE41R-06**	50	**JOT30R-03**
3	**RII03-03**	15	**RII07-03**	27	**RII10-03**	39	**SLE41R-03**	51	**JOT30R-00**
4	**RII03-00**	16	**RII07-00**	28	**RII10-00**	40	**SLE41R-00**	52	**HEM22R-09**
5	**RII04-09**	17	**RII08-09**	29	**VAR14R-09**	41	**GRA14R-09**	53	**HEM22R-06**
6	**RII04-06**	18	**RII08-06**	30	**VAR14R-06**	42	**GRA14R-06**	54	**HEM22R-03**
7	**RII04-03**	19	**RII08-03**	31	**VAR14R-03**	43	**GRA14R-03**	55	**HEM22R-00**
8	**RII04-00**	20	**RII08-00**	32	**VAR14R-00**	44	**BAL27R-09**	56	**ALF15R -09**
9	**RII06-09**	21	**RII09-09**	33	**SIG17R-09**	45	**BAL27R-06**	57	**ALF15R-06**
10	**RII06-06**	22	**RII09-06**	34	**SIG17R-06**	46	**BAL27R-03**	58	**ALF15R-02**
11	**RII06-03**	23	**RII09-03**	35	**SIG17R-03**	47	**BAL27R-00**		
12	**RII06-00**	24	**RII09-00**	36	**SIG17R-00**	48	**JOT30R-09**		

Figur 4.4. Resultatet fra PCA-analyse av data fra perioden 2000 til 2009. Stasjonene i den grunne subregionene er markert med blått, stasjonene i den nordlige subregionen er markert med rødt og stasjonen i den sentrale subregionen er markert med svart. Plottet er basert på innholdet av THC, barium, kvikksølv, bly, kadmium, krom, kobber og sink i sedimentet fra de regionale stasjonene, samt vanndypet på stasjonene, pelitt- og TOM-innholdet i prøvene i perioden fra 2000 til 2009. 1. akse forklarer 50,9 % og 2. akse forklarer 18,6 % av variasjonen i datasetet. Alle kjemi-data er log(x+1)-transformert.

Tabell 4.2. "Limit of significant contamination" (LSC) for Region II i 2009. Alle verdier er oppgitt i mg/kg tørt sediment. i.b = ikke beregnet.

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Reg II 96-09	12,4	0,07	0,02	2,5	9,5	13,5	144,5	6,5	0,03	0,02
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02
Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$	6,9	0,02	0,02	1,0	9,8	10,4	16,7	6,3	0,02	0,01
Subregion $_{\text{nord RII 04 97-09}}$	4,0	0,03	0,06	1,2	6,9	11,3	28,2	5,7	0,02	0,01
RII03 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	19,1	0,07	0,03	1,9	7,6	11,5	121,9	6,1	0,03	0,01
RII04 97-09 $_{\text{nord 97-09}}$	4,0	0,03	0,06	1,2	6,9	11,3	28,2	5,7	0,02	0,01
RII06 97-09 $_{\text{grunn 97-09}}$	9,1	0,03	0,05	1,3	7,6	12,4	9,0	5,0	0,02	0,01
RII07/SLV 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	16,5	0,11	0,04	2,1	10,4	12,9	141,6	7,8	0,02	0,01
RII08/GLI 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	17,0	0,06	0,07	1,7	11,5	13,4	290,0	8,0	0,02	0,01
RII09 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	12,7	0,05	0,05	4,5	13,8	22,0	168,6	7,5	0,07	0,02
RII10 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	12,1	0,15	0,03	2,2	7,8	15,3	105,1	5,4	0,05	0,01
VAR14R 97-09 $_{\text{grunn 97-09}}$	11,4	0,07	0,01	1,0	9,2	12,8	38,9	7,4	0,03	0,01
SIG17R 00-09 $_{\text{grunn 97-09}}$	6,6	0,03	0,02	0,9	8,9	10,7	16,5	6,4	0,02	0,01
SLE41R 97-09 $_{\text{grunn 97-09}}$	8,1	0,04	0,03	1,2	10,6	10,7	24,7	7,0	0,02	0,01
GRA14R 03-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	24,1	0,14	0,02	3,4	9,0	12,3	113,6	5,3	0,03	0,02
BAL27R 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	19,5	0,09	0,02	2,2	11,9	11,7	166,0	7,6	0,05	0,01
JOT30R 96-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	15,5	0,08	0,06	2,9	10,4	17,2	141,4	7,9	0,03	0,05
HEM22R 97-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	11,8	0,07	0,09	2,5	8,5	10,0	146,1	6,7	0,03	0,01
ALF15R 02-09 $_{\text{sentral 96-09}}$	10,9	0,11	0,04	2,1	11,5	15,0	251,9	7,9	0,04	0,02

4.2.2 Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 4.3. I Figur 4.5 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

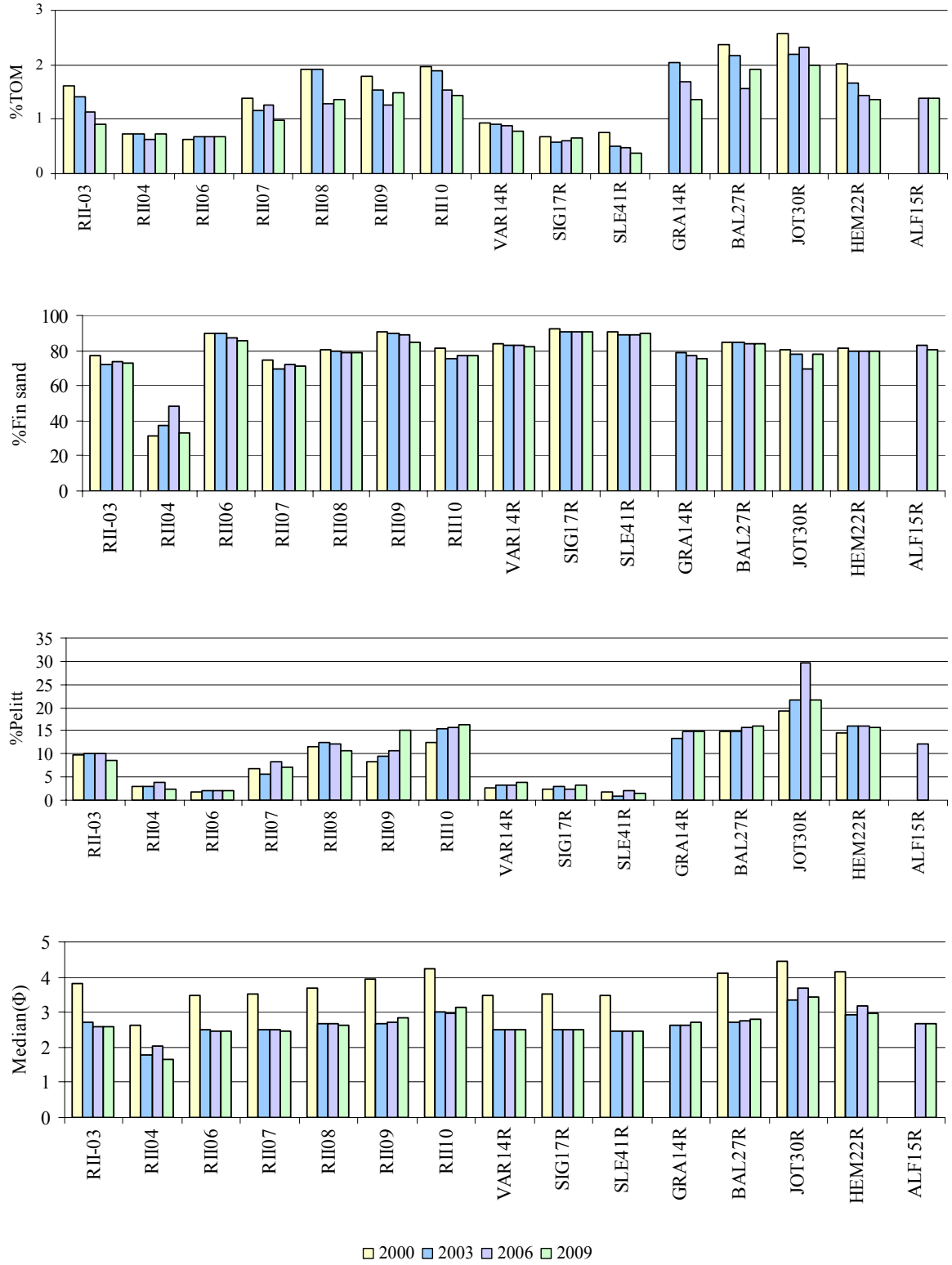
Sedimentet i regionen var sandig med et sandinnhold varierende fra 78,3 til 98,4 %. Pelittinnholdet varierte mellom 1,48 og 21,74 %. TOM varierte fra 0,39 til 1,98 %, og median (Φ) varierte mellom 1,64 og 3,42.

Det var bare mindre endringer i forhold til de tidligere målingene (Figur 4.5). Som tidligere var det mer pelitt og TOM, og litt mindre sand i sedimentet fra stasjonene i den sentrale subregionen enn på stasjonene i den grunne subregionen i sør og på RII04 (Tabell 4.3 og Figur 4.5). Finkornet sediment har høyere affinitet for kjemiske forbindelser og kan naturlig inneholde mer av ulike stoffer.

Tabell 4.3. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra de regionale stasjonene i 2009. Bak hvert stasjonsnavn er det opplyst hvilke subregion (nord, sentral eller grunn) stasjonen tilhører. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for de grunne og sentrale subregionen og samlet for hele regionen i 2009.

Site	TOM %	Gravel %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
RII-03$_{sentral09}$	0,92	0,50	90,86	8,64	2,58	1,24	0,16	2,05
RII-07 $_{sentral09}$	0,99	0,20	92,67	7,13	2,45	0,96	0,06	**2,18**
RII-08 $_{sentral09}$	1,35	**1,16**	88,16	10,68	2,65	1,14	0,37	2,07
RII-09 $_{sentral09}$	1,49	0,06	84,74	15,20	2,84	1,12	0,50	1,59
RII-10 $_{sentral09}$	1,44	0,03	83,67	16,31	3,12	1,23	0,24	1,61
GRA-14R $_{sentral09}$	1,36	0,21	85,07	14,72	2,71	1,31	0,36	1,97
BAL-27R $_{sentral09}$	1,92	0,02	83,95	16,03	2,79	1,15	**0,54**	1,65
JOT-30R $_{sentral09}$	**1,98**	**0,01**	**78,25**	**21,74**	**3,42**	**1,37**	0,40	1,87
HEM-22R $_{sentral09}$	1,37	0,08	84,19	15,73	2,96	1,15	0,38	1,52
ALF-15 ref $_{sentral09}$	1,39	0,43	87,73	11,84	2,66	1,11	0,45	2,08
RII-06$_{grunn09}$	0,69	0,04	97,89	2,06	2,45	0,45	**-0,18**	1,14
VAR-14R $_{grunn09}$	0,78	0,08	95,92	4,00	2,48	0,62	0,03	1,59
SIG-17R $_{grunn09}$	0,65	0,03	96,82	3,14	2,52	0,50	0,10	1,36
SLE-41R $_{grunn09}$	**0,39**	0,12	**98,40**	**1,48**	2,48	**0,44**	-0,14	1,14
RII-04$_{nord09}$	0,74	0,97	96,54	2,48	**1,64**	1,01	-0,03	**0,96**
snitt[1]	1,42	0,27	85,93	13,80	2,82	1,18	0,35	1,86
sd[1]	0,34	0,36	4,10	4,29	0,28	0,12	0,15	0,25
min[1]	0,92	0,01	78,25	7,13	2,45	0,96	0,06	1,52
maks[1]	1,98	1,16	92,67	21,74	3,42	1,37	0,54	2,18
snitt[2]	0,63	0,07	97,26	2,67	2,48	0,51	-0,04	1,31
sd[2]	0,17	0,04	1,11	1,12	0,03	0,08	0,13	0,21
min[2]	0,39	0,03	95,92	1,48	2,45	0,44	-0,18	1,14
max[2]	0,78	0,12	98,40	4,00	2,52	0,62	0,10	1,59
snitt[3]	1,16	0,26	89,66	10,08	2,65	0,99	0,22	1,65
sd[3]	0,47	0,36	6,39	6,46	0,39	0,32	0,23	0,38
min[3]	0,39	0,01	78,25	1,48	1,64	0,44	-0,18	0,96
max[3]	1,98	1,16	98,40	21,74	3,42	1,37	0,54	2,18

[1]Subregion$_{sentrale}$, [2]Subregion $_{grunne\ 09,\ 09}$ [3]RegionII $_{09}$



Figur 4.5. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra de regionale stasjonene i 2000, 2003, 2006 og 2009.

4.2.3 Oljehydrokarboner

I Tabell 4.4 oppsummeres resultatet fra målingen av oljehydrokarboninnholdet i prøvene. Komplett datasett er tilgjengelig i Vedlegget. Nivået av oljehydrokarbon i 2009 sammenlignes med tidligere målinger i Figur 4.6, hvor også resultater fra undersøkelser utenom de regionale undersøkelsene er tatt med.

Blant alle de regionale stasjonene varierte det gjennomsnittlige THC-innholdet i prøvene fra 0,1 til 9,8 mg/kg. I gjennomsnitt for alle de regionale stasjonene var det 4,0 ± 3,2 mg THC/kg tørt sediment. I den grunne subregionen var gjennomsnittlig THC-innhold 1,6 ± 2,1 mg/kg. I den sentrale subregionen var gjennomsnittlig THC-innhold 5,1 ± 3,1 mg/kg, på RII04 (nordlig) var det 2,8 ± 0,2 mg/kg. I forhold til målingene fra 2006 og var det bare små endringer og RII04 hvor det var på samme nivå som tidligere (Figur 4.6). Alle målingene lå under LSC for hver subregion. Figur 4.7 viser den relative fordelingen av THC blant de regionale stasjonene i 2009.

PAH ble påvist i mengder fra 0,009 til 0,074 mg/kg. I gjennomsnitt for de regionale stasjonene var det 0,039 ± 0,021 mg PAH/kg tørt sediment. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 0,014 ± 0,004 mg PAH/kg tørt sediment, og den sentrale subregionen og på RII04 henholdsvis 0,051 ± 0,015 og 0,022 ± 0,002.

I 2006 var gjennomsnittlig PAH nivå i mg/kg tørt sediment for hele regionen 0,037 ± 0,019, i den grunne subregionen 0,020 ± 0,007, i den sentrale subregionen 0,048 ± 0,014 og i den nordlige subregionen 0,014 ± 0,007 mg/kg.

NPD ble påvist i mengder fra 0,000 til 0,015 mg/kg. I gjennomsnitt for de regionale stasjonene var det 0,008 ± 0,005 mg NPD/kg tørt sediment. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 0,005 ± 0,004 mg NPD/kg tørt sediment, og den sentrale subregionen 0,01 ± 0,004 og på RII04 var det ikke målbare konsentrasjoner.

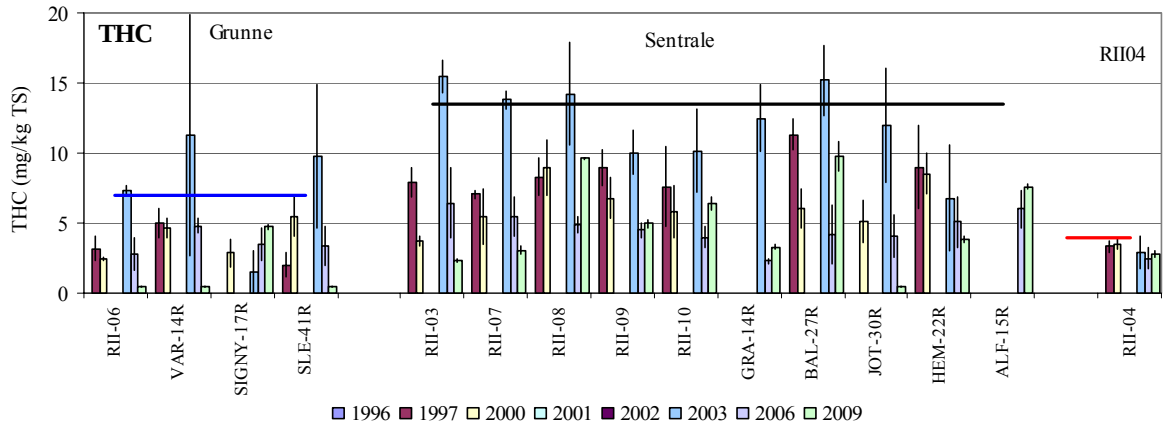
I 2006 var gjennomsnittlig NPD nivå i mg/kg tørt sediment for hele regionen 0,013 ± 0,005, i den grunne subregionen 0,010 ± 0,001, i den sentrale subregionen 0,016 ± 0,024 og i den nordlig subregionen 0,07 ± 0,002.

Det var bare små endringer i PAH og NPD nivået i 2009 for hele regionen i forhold til i 2006. Stasjonsutvalget var midlertid ikke nøyaktig det samme for de to undersøkelsene.

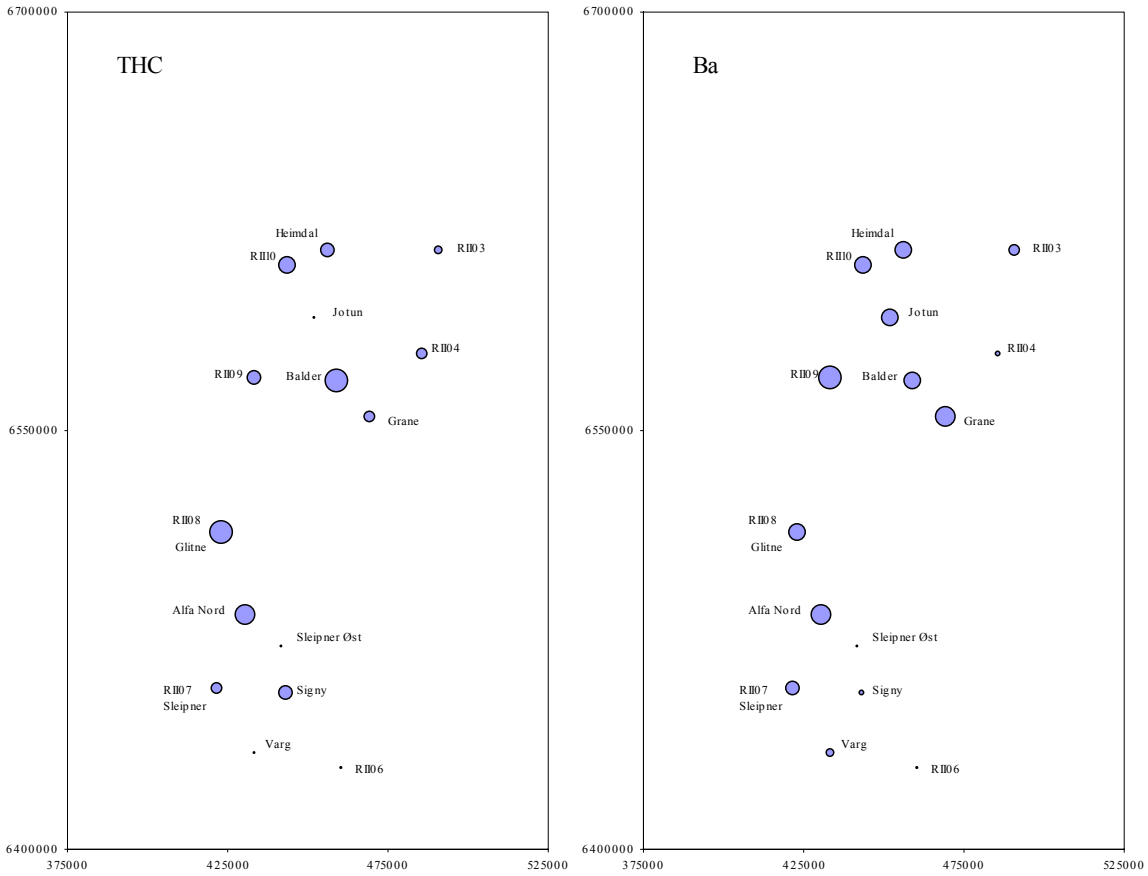
Tabell 4.4. Gjennomsnitt og standardavvik (sd), minimum (min) og maksimum (maks) innhold av THC, PAH og NPD i sediment fra de regionale stasjonene i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	THC		PAH		NPD	
Stasjon	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
RII-03	2,3	0,1	0,035	0,004	0,007	0,001
RII-04	2,8	0,2	0,022	0,002	0,000	0,000
RII-06	<0,1	-	0,015	0,002	0,000	0,000
RII-07	3,1	0,3	0,042	0,001	0,009	0,000
RII-08	9,6	0,1	0,057	0,004	0,012	0,002
RII-09	5,0	0,3	0,045	0,002	0,008	0,001
RII-10	6,4	0,5	0,074	0,003	0,013	0,002
ALF-15'-ref	7,6	0,2	0,068	0,001	0,015	0,001
BAL-27R	9,8	1,1	0,062	0,062	0,015	0,001
GRA-14R	3,3	0,2	0,032	0,032	0,010	0,001
HEM-22R	3,8	0,2	0,036	0,036	0,001	0,001
JOT-30R	<0,1	-	0,056	0,056	0,006	0,000
SIGNY-17R	4,7	0,2	0,012	0,012	0,006	0,000
SLE-41R	<0,1	-	0,009	0,009	0,006	0,000
VAR-14R	<0,1	-	0,019	0,019	0,009	0,000
snitt±sd[1]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[1]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	
snitt±sd[2]	1,6±2,1		0,014±0,004		0,005±0,004	
min-mak[2]	<0,1-4,7		0,009-0,019		0,000-0,009	
snitt±sd[3]	4,0±3,2		0,039±0,021		0,008±0,005	
min-maks[3]	<0,1-9,8		0,009-0,074		0,000-0,015	

[1]Subregion $_{\text{sentrale 09}}$, [2]Subregion $_{\text{grunne 09}}$, [3]RegionII $_{09}$



Figur 4.6. Gjennomsnittlig THC-innhold i sedimentet fra de regionale stasjonene fra 1996 til 2009. Linjene representerer LSC for de tre subregionene.

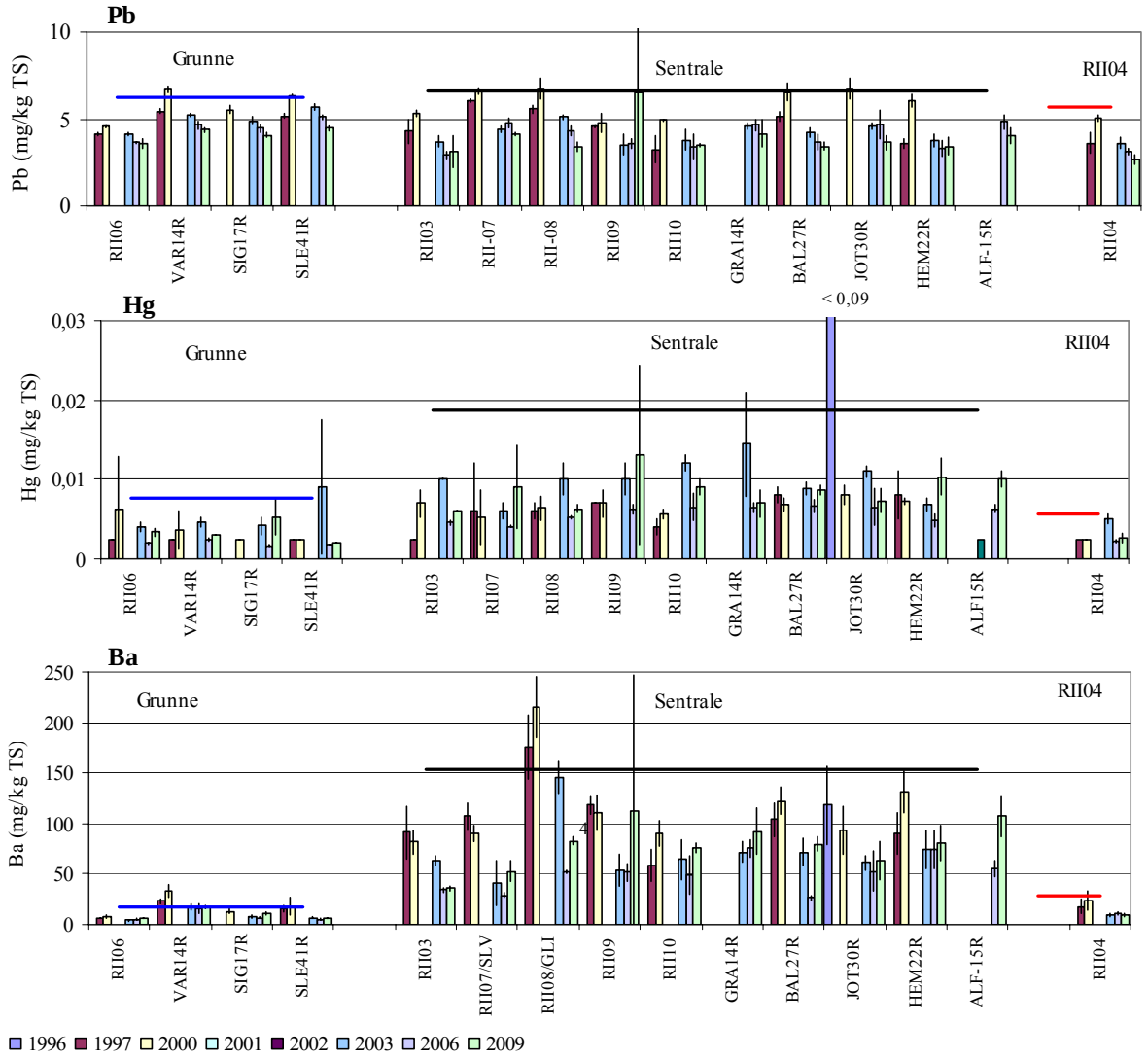


Figur 4.7. Fordelingen av THC og barium i sedimentet på de regionale stasjonene i 2009. Størrelsen på sirklene indikerer det relative innholdet på hver stasjon.

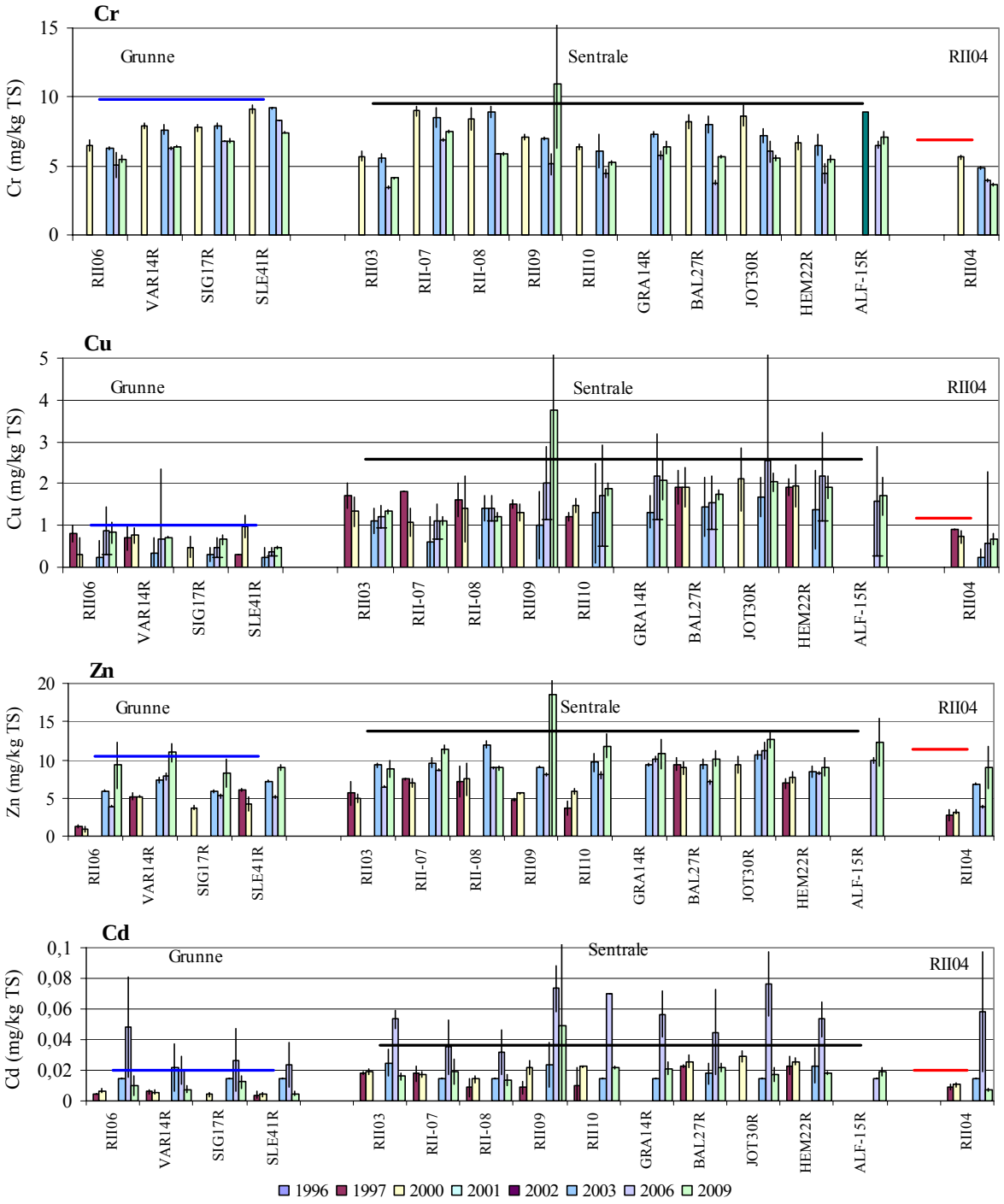
4.2.4 Metaller

Oppsummerte resultat fra tungmetall analysen finnes i Tabell 4.5. Komplett datasett er tilgjengelig i Vedlegget. I Figur 4.7 vises den relative fordelingen av barium blant de regionale stasjonene i 2006. Metallinnholdet vises i forhold til tidligere undersøkelser i Figurene 4.8-4.9.

Den ene parallelle prøven på stasjon RII09 hadde høyt innhold av metaller. Prøven ble reanalysert, men verdiene var fortsatt høye. Dette resulterte i et høyt gjennomsnitt og standardavvik for metallene på denne stasjonen.



Figur 4.8. Gjennomsnittlig metall i sediment fra de regionale stasjonene fra 1996 til 2009. Linjene representerer LSC for de tre subregionene.



Figur 4.9. Gjennomsnittlig metall i sediment fra de regionale stasjonene fra 1996 til 2009. Linjene representerer LSC for de tre subregionene.

Barium ble påvist i gjennomsnittlige konsentrasjoner fra 6,2 til 113,0 mg/kg tørt sediment. I gjennomsnitt for alle de regionale stasjonene var det 55,5 ± 38,2 mg Ba/kg tørt sediment i 2009. I den grunne subregionen var gjennomsnittlig bariuminnhold 10,2 ± 5,4 mg/kg. I den sentrale subregionen var gjennomsnittlig bariuminnhold 78,2 ± 23,4 mg/kg, og i den nordlige subregionen (RII04) 9,7 ± 1,5 mg/kg. Alle konsentrasjonene lå under LSC for gjeldende subregion, men viste en svak stigning i forhold til 2003 og 2006 på de fleste stasjonene i den sentrale subregionen (Figur 4.8).

Det gjennomsnittlige blyinnholdet (Pb) varierte mellom 2,6 og 6,5 mg/kg tørt sediment. Gjennomsnittlig blyinnhold for alle de regionale stasjonene i 2009 var 3,9 ± 0,9 mg/kg. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 4,1 ± 0,4 mg Pb/kg tørt sediment, og den sentrale- og den nordlige (RII04) subregionen henholdsvis 3,9 ± 1,0 og 2,6 ± 0,3. Blyinnholdet var omtrent som tidligere eller litt lavere enn i 2006 (Figur 4.9).

Det gjennomsnittlige kvikksølvinnholdet (Hg) varierte mellom 0,002 og 0,013 mg/kg tørt sediment. Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold for alle de regionale stasjonene i 2009 var 0,007 ± 0,003 mg/kg. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 0,003 ± 0,001 mg Hg/kg tørt sediment, og den sentrale- og den nordlige (RII04) subregionen henholdsvis 0,009 ± 0,002 og 0,003 ± 0,001. Alle verdiene lå under LSC, men det var en svak økning på en de fleste stasjonene i den sentrale og grunne subregionen i forhold til 2006 nivået. (Figur 4.9).

Det gjennomsnittlige krominnholdet (Cr) varierte mellom 3,7 og 10,9 mg/kg tørt sediment. Gjennomsnittlig innhold for alle de regionale stasjonene i 2009 var 6,2 ± 1,7 mg/kg. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 6,6 ± 0,8 mg Cr/kg tørt sediment, og den sentrale- og den nordlige (RII04) subregionen henholdsvis 6,4 ± 1,8 og 3,7 ± 0,5. Krominnholdet lå på omtrent samme nivå som tidligere (Figur 4.9).

Det gjennomsnittlige kobberinnholdet (Cu) i sedimentet varierte fra 0,5 til 3,8 mg/kg, i gjennomsnitt var kobberinnholdet 1,5 ± 0,8 mg/kg i 2009. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 0,7 ± 0,1 mg Cu/kg tørt sediment, og den sentrale- og den nordlige (RII04) subregionen henholdsvis 1,9 ± 0,7 og 0,7 ± 0,1. Kobberinnholdet var omtrent på samme nivå som tidligere (Figur 4.9).

Det gjennomsnittlige sinkinnholdet (Zn) varierte mellom 8,3 og 18,5 mg/kg tørt sediment. Gjennomsnittlig sinkinnhold for alle de regionale stasjonene i 2009 var 10,7 ± 2,6 mg/kg. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 9,4 ± 1,1 mg Zn/kg tørt sediment, og den sentrale- og den nordlige (RII04) subregionen henholdsvis 11,4 ± 2,8 og 9,0 ± 2,7. Sinkinnholdet viste en svak økning på de fleste stasjonene i forhold til i 2006. (Figur 4.9).

Det gjennomsnittlige kadmiuminnholdet (Cd) varierte mellom 0,005 og 0,049 mg/kg tørt sediment. Gjennomsnittlig kadmiuminnhold for regionen i 2009 var 0,017 ± 0,010 mg/kg. I den grunne subregionen var det i gjennomsnitt 0,009 ± 0,003 mg Cd/kg tørt sediment, og den sentrale- og den nordlige (RII04) subregionen henholdsvis 0,022 ± 0,010 og 0,007 ± 0,001. Kadmiuminnholdet hadde sunket betydelig på de fleste stasjonene i forhold til i 2006 (Figur 4.9).

Tabell 4.5 Gjennomsnitt og standardavvik (sd), minimum (min) og maksimum (maks) innhold av metaller i sedimentet fra de regionale stasjonene i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
Stasjoner	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
RII-03	35,8	2,1	3,1	0,9	0,016	0,002	1,3	0,1	4,1	0,2	0,006	0,000	8,8	1,2
RII-04	9,7	1,5	2,6	0,3	0,007	0,001	0,7	0,1	3,7	0,5	0,003	0,001	9,0	2,7
RII-06	6,2	0,3	3,6	0,3	0,010	0,006	0,8	0,2	5,5	0,4	0,003	0,001	9,3	3,0
RII-07	52,9	10,4	4,1	0,1	0,019	0,008	1,1	0,1	7,5	0,6	0,009	0,005	11,3	0,6
RII-08	82,6	4,1	3,4	0,3	0,014	0,004	1,2	0,1	5,8	0,4	0,006	0,001	9,0	0,3
RII-09	113,0	133,4	6,5	6,7	0,049	0,055	3,8	4,6	10,9	10,6	0,013	0,011	18,5	19,7
RII-10	75,9	5,2	3,5	0,1	0,022	0,001	1,9	0,2	5,2	0,2	0,009	0,001	11,8	1,6
ALF-15R	106,8	19,3	4,1	0,5	0,019	0,003	1,7	0,5	7,1	0,9	0,010	0,001	12,3	3,1
BAL-27R	79,9	6,9	3,4	0,3	0,022	0,003	1,7	0,1	5,7	0,2	0,009	0,001	10,1	1,0
GRA-14R	91,8	22,9	4,1	0,8	0,021	0,005	2,1	0,5	6,4	0,8	0,007	0,002	10,8	2,0
HEM-22R	80,2	17,2	3,4	0,5	0,018	0,001	1,9	0,3	5,5	0,5	0,010	0,002	9,0	1,2
JOT-30R	62,7	18,8	3,6	0,4	0,017	0,005	2,0	0,2	5,6	0,1	0,007	0,002	12,6	1,0
SIGNY-17R	10,4	1,6	4,1	0,1	0,012	0,004	0,7	0,1	6,8	0,3	0,005	0,002	8,3	1,8
SLE-41R	6,3	0,5	4,5	0,2	0,005	0,001	0,5	0,0	7,4	0,2	0,002	0,000	9,1	0,4
VAR-14R	17,8	1,7	4,4	0,1	0,007	0,002	0,7	0,0	6,4	0,2	0,003	0,000	10,9	1,2
snitt±sd[1]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[1]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	
snitt±sd[2]	10,2±5,4		4,1±0,4		0,009±0,003		0,7±0,1		6,6±0,8		0,003±0,001		9,4±1,1	
min-mak[2]	6,2-17,8		3,6-4,5		0,005-0,012		0,5-0,8		5,5-7,4		0,002-0,005		8,3-10,9	
snitt±sd[3]	55,5±38,2		3,9±0,9		0,017±0,010		1,5±0,8		6,2±1,7		0,007±0,003		10,7±2,6	
min-maks[3]	6,2-113,0		2,6-6,5		0,005-0,049		0,5-3,8		3,7-10,9		0,002-0,013		8,3-18,5	

[1]Subregion $_{\text{sentrale 09,}}$ [2]Subregion $_{\text{grunne 09}}$, [3]RegionII $_{09}$

4.2.5 Radioaktivitet

Fra seks utvalgte stasjoner ble det tatt tre parallelle sedimentprøver til analyse av radioaktivitet. Prøvene ble analysert hos Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller. Det ble foruten prøver fra Jotun og Varg tatt prøver fra de to regionale stasjonene RII06 og RII09. Resultatene presenteres i Tabell 4.6. Verdiene er generelt lave. Det ene hugget på RII09 hadde imidlertid noe høyere verdier for bly.

Tabell 4.6. Forekomsten av radioaktiv aktivitet av ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{210}Pb og ^{228}Th i sedimentprøver (Bq/kg tørrvekt) fra Region II i 2009.

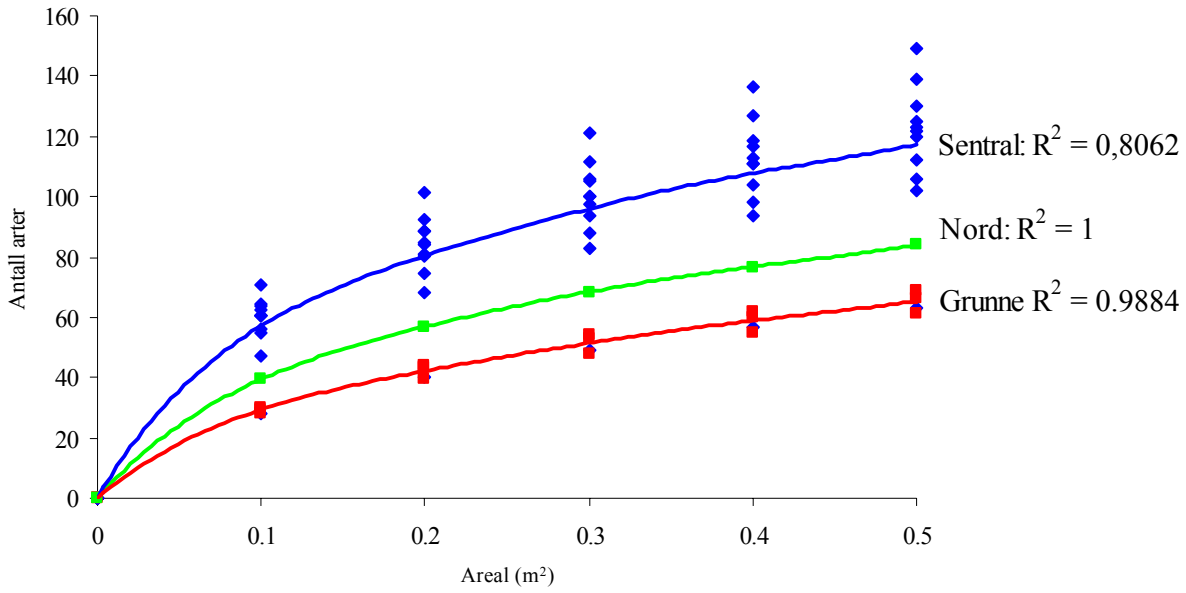
		Målt aktivitet (Bq/kg tørrvekt)			
Stasjon	**Hugg nr.**	**^{226}Ra**	**^{228}Ra**	**^{210}Pb**	**^{228}Th**
JOT-05	1	≤ 15,1	30 ± 15	62 ± 32	17,7 ± 5,4
	2	≤ 17,4	≤ 15,0	77 ± 24	≤ 6,0
	3	14,8 ± 5,1	16,5 ± 4,5	50 ± 12	15,3 ± 2,1
JOT-06	1	≤ 6,4	≤ 10,7	≤ 17	≤ 3,5
	2	≤ 13,8	≤ 24,5	91 ± 30	17,6 ± 5,2
	3	11,1 ± 2,2	≤ 8,9	56 ± 12	15,3 ± 2,5
RII-06	1	≤ 11,5	≤ 13,4	≤ 24	6,1 ± 2,6
	2	≤ 12,3	≤ 18,3	≤ 26	13,5 ± 6,6
	3	≤ 12,3	≤ 12,4	≤ 31	6,4 ± 2,3
RII-09	1	≤ 17,5	45 ± 26	438 ± 43	44,7 ± 7,3
	2	≤ 11,4	≤ 17,3	51 ± 14	10,8 ± 4,0
	3	≤ 5,2	≤ 6,8	53 ± 9	5,3 ± 1,6
VAR-09	1	≤ 5,4	≤ 5,9	32 ± 11	4,3 ± 2,0
	2	≤ 12,1	≤ 18,8	36 ± 20	7,9 ± 4,3
	3	≤ 7,9	≤ 15,7	32 ± 16	4,3 ± 2,4
VAR-10	1	≤ 5,8	≤ 5,4	39 ± 9	6,1 ± 1,2
	2	≤ 5,7	≤ 8,7	37 ± 15	5,2 ± 2,1
	3	≤ 9,9	≤ 4,1	31 ± 6	6,9 ± 0,7

4.2.6 Bunnfauna

Arts-akkumuleringskurvene for de regionale stasjonene er vist i Figur 4.10. En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 4.7, mens antall individ og arter, samt diversitet på hver av de regionale stasjonene er gitt i Tabell 4.8 og Figur 4.11 og 4.12. En komplett artsliste foreligger i Vedlegget.

Juvenile individer av pigghudene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra videre presentasjon og beregninger for å få sammenliknbare data med tidligere undersøkelser. De juvenile individene av Spatangoida hadde høy forekomst med henholdsvis 48021 individer i 2009. Individene er imidlertid tatt med i artslistene i Vedlegget.

Arts-akkumuleringskurvene viser at det gjennomgående var flere arter i hver prøve fra den sentral subregionen enn i den nordlige og den grunne subregionen (Figur 4.10). Dette var også tilfelle i 2003 og 2006 og skyldes naturlige forhold på hver av subregionene. Kurvene indikerer at 5 prøver gir et grovinntrykk av bunnfaunaen på stasjonene, men at ytterligere prøvetaking er nødvendig for å få en komplett oversikt over bunnfaunaen. Det antas at 5 replikate prøver fra hver stasjon er tilstrekkelig i forhold til formålet med undersøkelsen.



Figur 4.10. Artakkumuleringskurver for de regionale stasjonene i hver subregion i 2009. Juvenile individer fra pigghudgruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra tallmaterialet for å få sammenliknbart materiale med 2003 og 2006. Blå sirkler og blå linje = den sentrale subregionen, røde sirkler og rød linje = den grunne subregionen og svarte sirkler og grønn linje = den nordlige subregionen (RII04).

Fra de regionale stasjonene ble det til sammen identifisert 12881 individ fordelt på 317 taksa. Faunaen var tallmessig dominert av annelida (børstemark) som i 2009 utgjorde 59 % av alle individ og 44 % av alle taksa (Tabell 4.7), mot 67 % av alle individ og 45 % av alle taksa i 2006 og 56 % av individene og 45 % av alle taksa i 2003 og 69 % av alle individ og 55 % av alle taksa i 2000.

Fra de regionale stasjonene i den sentrale subregionen var det til sammen 11060 individ fordelt på 290 taksa. I denne subregionen utgjorde i 2009 annelida 61 % av alle individ og 46 % av alle taksa utgjorde annelida 62 % av alle individ og 46 % av alle taksa i 2006, mot henholdsvis 55 % av individene og 45 % av alle taksa i 2003.

Fra de regionale stasjonene i den grunne subregionen var det til sammen 1390 individ fordelt på 115 taksa. I denne subregionen utgjorde i 2009 annelida 48 % av alle individ og 44 % av alle taksa mot 83 % av alle individ og 47 % av alle taksa i 2006 og henholdsvis 41 % av individene og 47 % av alle taksa i 2003.

Fra de regionale stasjonene i den nordlige subregionen var det til sammen 431 individ fordelt på 84 taksa. I denne subregionen utgjorde annelida 58 % av alle individ og 57 % av alle taksa i 2009 mot 70 % av alle individ og 48 % av alle taksa i 2006 og 61 % av individene og 51 % av alle taksa i 2003.

Antall individ varierte fra 305 til 1677 og antall taksa varierte fra 61 til 150 per stasjon (Tabell 4.8). Artsdiversiteten (H') varierte mellom 4,63 og 5,60, ES_{100} varierte fra 31,0 til 44,6 og jevnheten varierte fra 0,69 til 0,85. I forhold til 2006 var det høyere artsdiversitet på RII06, VAR14R, SIG17R og SLE41R i 2009 og dette skyldes til dels en reduksjon i individantallet på disse stasjonene samt en økning i antall taksa på SLE41R (Fig 4.12).

Børstemarken *Owenia borealis* som forekom i størst tetthet på RII03, hadde en reduksjon i det relative antallet fra 43,8 % i 2006 til 24,2 % i 2009. For tre av stasjonene i den grunne subregionen (VAR14R, SIG17R og SLE41R) var det slangestjernen *Amphiura filiformis* som var den vanligste i 2009 mot børstemarken *Spiophanes bombyx* i 2006 (Tabell 4.9). Ved fem av stasjonene i den sentrale subregionen (ALF15R, HEM22R, JOT30R, GRA14R og RII10) var det børstemarken *Paramphinome jeffreysii* som dominerte i 2009 og ved tre av de sentrale og den nordlige (BAL27R, RII08, RII09 og RII04) var det børstemarken *Myriochele oculata* som dominerte i 2009. Det antas at variasjonene i tetthet av disse artene skyldes naturlig variasjon i bestanden.

Tabell 4.7. Fordelingen av individ og antall taksa på noen store taksonomiske grupper fra de regionale stasjonene i 2009. Juvenile individer fra pigghudgruppene Spatangoida (4821 individ) og Echinoida (430 individ) er utelatt.

Taksonomiske grupper Regional $_{RII\ 09}$	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	7622	59	141	44
Arthropoda	1478	11	84	26
Mollusca	1419	11	57	18
Echinodermata	1141	9	17	5
Diverse grupper	1221	9	18	6
Total	12881	100	317	100

Taksonomiske grupper Regional Subregion $_{sentral\ 09}$	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	6701	61	134	46
Arthropoda	1221	11	75	26
Mollusca	1319	12	49	17
Echinodermata	907	8	15	5
Diverse grupper	912	8	17	6
Total	11060	100	290	100

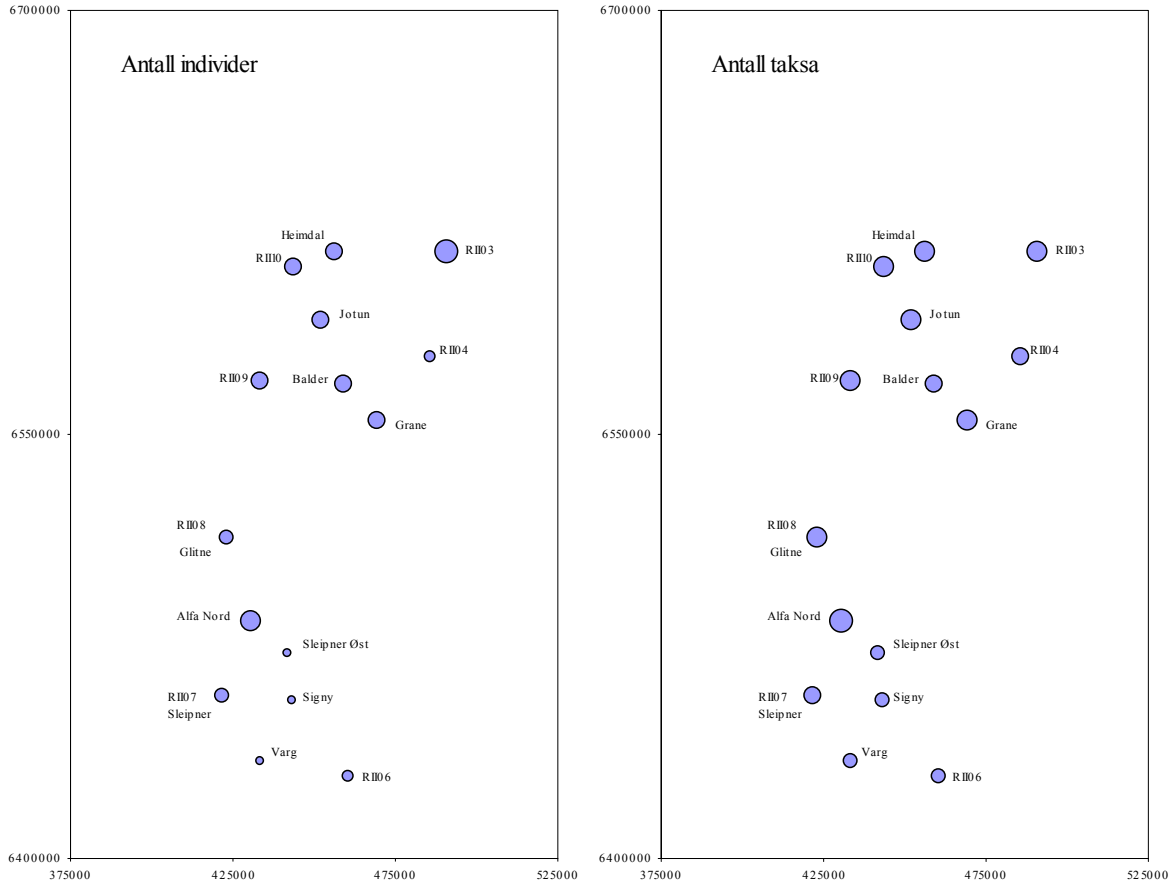
Taksonomiske grupper Regional Subregion $_{grunn\ 09}$	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	669	48	51	44
Arthropoda	175	13	26	23
Mollusca	71	5	20	17
Echinodermata	209	15	11	10
Diverse grupper	266	19	7	6
Total	1390	100	115	100

Taksonomiske grupper Regional Subregion nord $_{09}$	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	252	58	48	57
Arthropoda	82	19	18	21
Mollusca	29	7	5	6
Echinodermata	25	6	7	8
Diverse grupper	43	10	6	7
Total	431	100	84	100

Tabell 4.8. Antall individ og antall taksa og beregnet artsdiversitet, jevnhet, H'-max og ES_{100} på hver av de regionale stasjonene i 2009. Gjennomsnitt, standardavvik (sd), maks og minimum verdi for hele regionen og for hver av subregionene er listet på bunnen av tabellen. Juvenile individ fra Spatangoida og Echinoida er utelatt fra tallmaterialet.

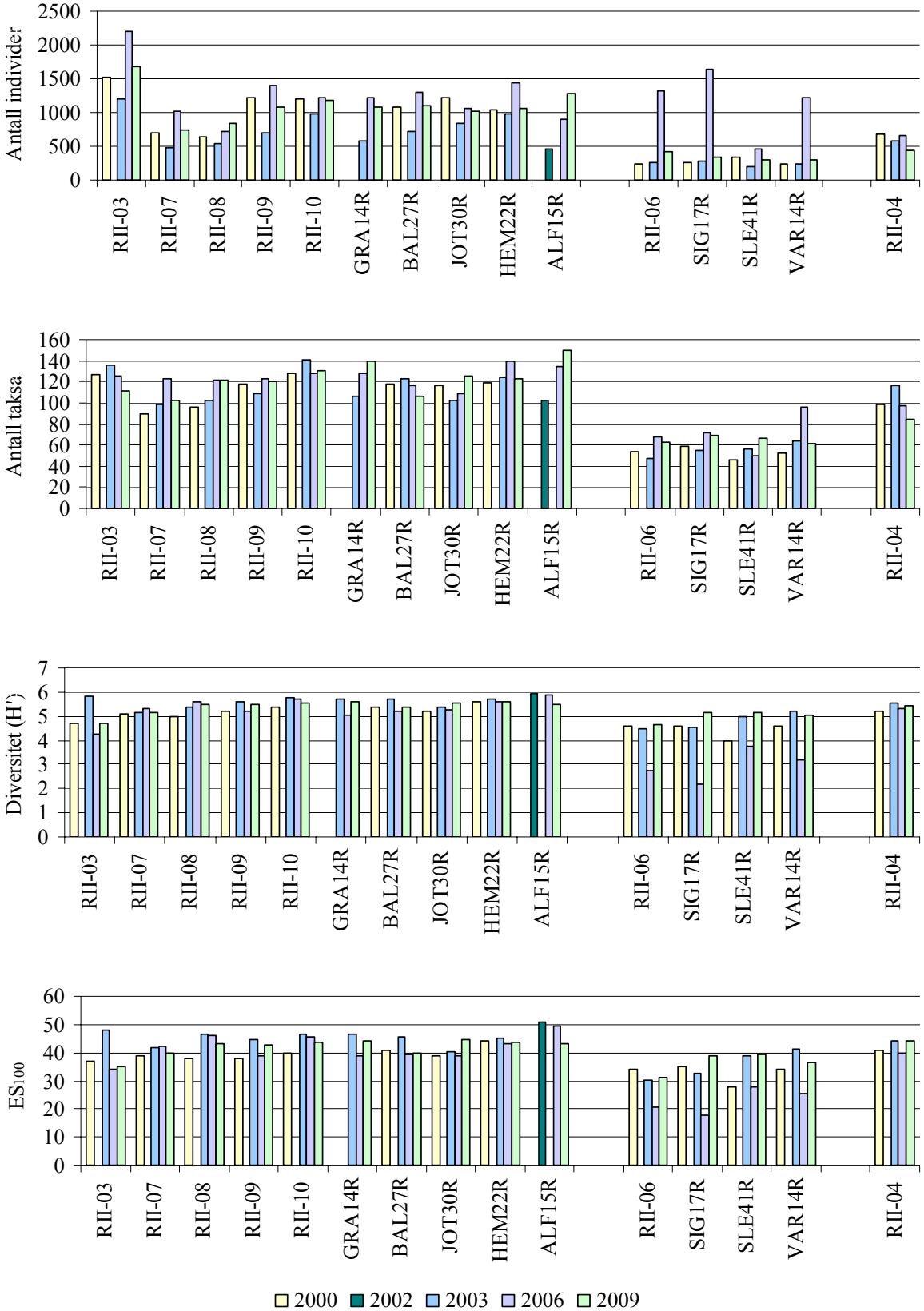
Stasjon	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES(100)
RII-03 $_{\text{Sentral}}$	1677	112	4,73	0,69	6,81	34,88
RII-07 $_{\text{Sentral}}$	740	103	5,13	0,77	6,69	39,61
RII-08 $_{\text{Sentral}}$	831	122	5,51	0,80	6,93	43,13
RII-09 $_{\text{Sentral}}$	1089	120	5,49	0,80	6,91	42,56
RII-10 $_{\text{Sentral}}$	1182	130	5,56	0,79	7,02	43,76
GRA-14R $_{\text{Sentral}}$	1086	139	5,58	0,78	7,12	44,11
BAL-27R $_{\text{Sentral}}$	1098	106	5,39	0,80	6,73	39,67
JOT-30R $_{\text{Sentral}}$	1012	125	5,57	0,80	6,97	44,61
HEM-22R $_{\text{Sentral}}$	1069	123	5,60	0,81	6,94	43,69
Alf-15ref- $_{\text{Sentral}}$	1276	150	5,47	0,76	7,23	43,43
RII-04 $_{\text{Nord}}$	431	84	5,45	0,85	6,39	44,10
RII-06 $_{\text{Grunn}}$	429	63	4,63	0,77	5,98	30,97
SIG-17R $_{\text{Grunn}}$	349	69	5,17	0,85	6,11	38,76
SLE-41R $_{\text{Grunn}}$	305	67	5,14	0,85	6,07	39,31
VAR-14R $_{\text{Grunn}}$	307	61	5,06	0,85	5,93	36,50
snitt ± sd[1]	1106 ± 254	123 ± 14	5,40 ± 0,27	0,78 ± 0,03	6,93 ± 0,17	41,9 ± 3,0
min-maks[1]	740 - 1677	103 - 150	4,73 - 5,60	0,69 - 0,81	6,69 - 7,23	34,9 - 44,6
snitt ± sd[2]	348 ± 58	65 ± 4	5,00 ± 0,25	0,83 ± 0,04	6,02 ± 0,08	36,4 ± 3,8
min-maks[2]	305 - 429	61 - 69	4,63 - 5,17	0,77 - 0,85	5,93 - 6,11	31,0 - 39,3
snitt ± sd[3]	859 ± 417	105 ± 29	5,30 ± 0,31	0,80 ± 0,04	6,65 ± 0,44	40,6 ± 4,0
min-maks[3]	305 - 1677	61 - 150	4,63 - 5,60	0,69 - 0,85	5,93 - 7,23	31,0 - 44,6

[1]Subregion $_{\text{sentral 09,}}$ [2]Subregion$_{\text{grunn 09}}$ og [3]RegionII $_{09}$

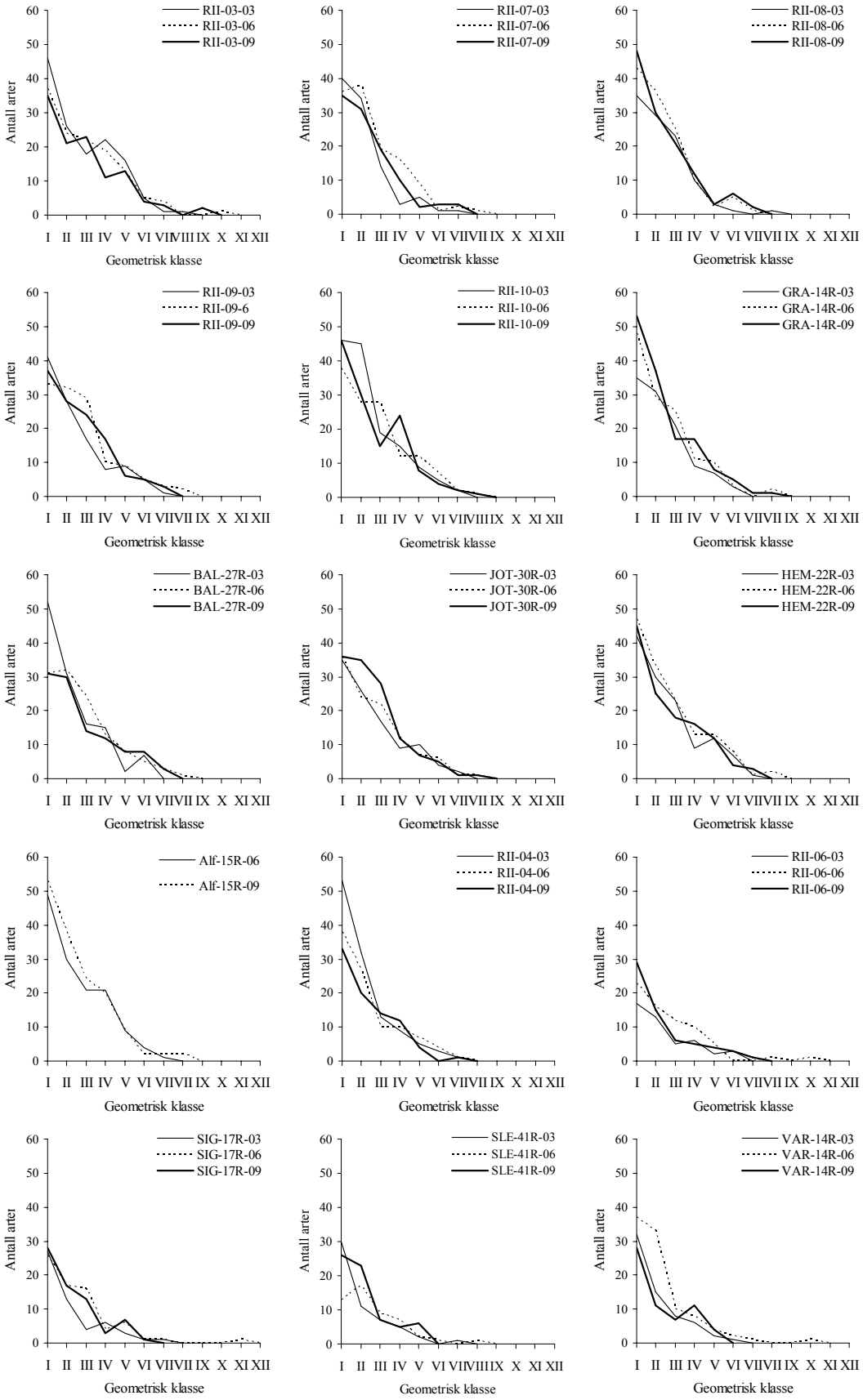


Figur 4.11. Den relative fordelingen av antall individ og antall taksa mellom de regionale stasjonene i region II i 2009. Juvenile individer fra pigghudgruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra tallmaterialet.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 4.13. Glatte kurver indikerer uforstyrret bunnfauna, mens ujevne kurver indikerer en forstyrret bunnfauna. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2009. Stasjonene fra den grunne subregionen skiller seg noe fra de øvrige ved at grafen er flatere, noe som har sammenheng med at det var færre arter i den grunne enn i den sentrale subregionen.



Figur 4.12. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på de regionale stasjonene fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 4.13. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene i 2003, 2006 og 2009. Rekkefølgen på figurene følger sentral, nordlig og grunn subregion.

Tabell 4.9. Antall individer og relativ forekomst i forhold til totalt individantall for de 10 mest tallrike taksa på hver av de regionale stasjonene i 2009. Juvenile individer fra pigghudgruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt fra materialet. Prøvestørrelse = 0,5 m².

RII-03-09	Antall	%	Kum %
Owenia borealis	405	24,2	24,2
Myriochele oculata	277	16,5	40,7
Eclysippe vanelli	73	4,4	45,0
Ampelisca tenuicornis	69	4,1	49,1
Prionospio cirrifera	66	3,9	53,1
Aonides paucibranchiata	43	2,6	55,6
NEMERTINI indet.	42	2,5	58,1
Myriochele fragilis	40	2,4	60,5
Prionospio dubia	39	2,3	62,9
Pseudopolydora paucibranchiata	31	1,8	64,7
Aricidea catherinae	31	1,8	66,5

BAL-27R-09	Antall	%	Kum %
Myriochele oculata	107	9,7	9,7
Paramphinome jeffreysii	89	8,1	17,9
PHORONIDA indet.	76	6,9	24,8
Thyasira equalis	63	5,7	30,5
Aricidea catherinae	57	5,2	35,7
Diplocirrus glaucus	48	4,4	40,1
Axinulus croulinensis	47	4,3	44,4
Spiophanes bombyx	43	3,9	48,3
NEMERTINI indet.	35	3,2	51,5
Ophiura affinis	32	2,9	54,4
Amphiura chiajei	32	2,9	57,3

RII-08-09	Antall	%	Kum %
Myriochele oculata	102	12,3	12,3
Eclysippe vanelli	82	9,9	22,1
Axinulus croulinensis	51	6,1	28,3
Amphiura filiformis	39	4,7	33,0
Amphiura chiajei	36	4,3	37,3
Notomastus latericeus	33	4,0	41,3
Paramphinome jeffreysii	32	3,9	45,1
Laonice sarsi	32	3,9	49,0
Spiophanes kroeyeri	31	3,7	52,7
Ampharete falcata	25	3,0	55,7

RII-09-09	Antall	%	Kum %
Myriochele oculata	116	10,7	10,7
Paramphinome jeffreysii	104	9,6	20,2
PHORONIDA indet.	99	9,1	29,3
Ophiura affinis	53	4,9	34,2
Owenia borealis	47	4,3	38,5
Amphiura filiformis	41	3,8	42,2
Spiophanes bombyx	39	3,6	45,8
NEMERTINI indet.	37	3,4	49,2
Aricidea catherinae	28	2,6	51,8
Myriochele fragilis	27	2,5	54,3

RII-10-09	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	171	14,5	14,5
Eclysippe vanelli	79	6,7	21,2
PHORONIDA indet.	64	5,4	26,6
Axinulus croulinensis	62	5,2	31,8
Aricidea catherinae	60	5,1	36,9
Myriochele oculata	58	4,9	41,8
Ampelisca tenuicornis	35	3,0	44,8
Diplocirrus glaucus	31	2,6	47,4
Mendicula ferruginosa	29	2,5	49,8
Amphiura chiajei	28	2,4	52,2

GRA-14R-09	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	171	15,7	15,7
PHORONIDA indet.	66	6,1	21,8
Cerianthus lloydii	59	5,4	27,3
Myriochele oculata	55	5,1	32,3
Nephasoma cf. Minutum	55	5,1	37,4
Axinulus croulinensis	45	4,1	41,5
Ophiura affinis	44	4,1	45,6
Thyasira equalis	31	2,9	48,4
NEMERTINI indet.	26	2,4	50,8
Arcturella dilatata	26	2,4	53,2

Tabell 4.9. forsetter

RII-07-09	Antall	%	Kum %
Ampharete falcata	113	15,3	15,3
Amphiura filiformis	98	13,2	28,5
Paramphinome jeffreysii	74	10,0	38,5
Myriochele oculata	37	5,0	43,5
PHORONIDA indet.	35	4,7	48,2
Scoloplos armiger	33	4,5	52,7
Pectinaria auricoma	18	2,4	55,1
Goniada maculata	18	2,4	57,6
Prionospio cirrifera	15	2,0	59,6
Ampelisca tenuicornis	13	1,8	61,4

JOT-30R-09	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	162	16,0	16,0
Axinulus croulinensis	72	7,1	23,1
Myriochele oculata	52	5,1	28,3
Thyasira equalis	45	4,4	32,7
PHORONIDA indet.	44	4,3	37,1
Aricidea catherinae	39	3,9	40,9
Diplocirrus glaucus	36	3,6	44,5
Amphiura chiajei	29	2,9	47,3
Eclysippe vanelli	29	2,9	50,2
Arcturella dilatata	23	2,3	52,5

HEM-22R-09	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	108	10,1	10,1
Axinulus croulinensis	93	8,7	18,8
Myriochele oculata	71	6,6	25,4
Ampelisca tenuicornis	62	5,8	31,2
Eclysippe vanelli	52	4,9	36,1
Aricidea catherinae	38	3,6	39,7
Mendicula ferruginosa	33	3,1	42,8
NEMERTINI indet.	27	2,5	45,3
Ophiura affinis	25	2,3	47,6
PHORONIDA indet.	24	2,2	49,9
Amphiura chiajei	24	2,2	52,1

Alf-15ref-09	Antall	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	205	16,1	16,1
Ampharete falcata	152	11,9	28,0
Notomastus latericeus	80	6,3	34,2
Laonice sarsi	76	6,0	40,2
Ampelisca tenuicornis	56	4,4	44,6
Echinocardium flavescens	33	2,6	47,2
Ophiura affinis	28	2,2	49,4
Amphiura filiformis	28	2,2	51,6
Cirratulus caudatus	27	2,1	53,7
Axinulus croulinensis	22	1,7	55,4
Tanaidacea indet.	22	1,7	57,1

RII-04-09	Antall	%	Kum %
Myriochele oculata	64	14,8	14,8
Myriochele fragilis	23	5,3	20,2
PHORONIDA indet.	19	4,4	24,6
Urothoe elegans	17	3,9	28,5
Spiophanes bombyx	17	3,9	32,5
Paramphinome jeffreysii	15	3,5	36,0
Ampelisca brevicornis	14	3,2	39,2
Owenia borealis	13	3,0	42,2
NEMERTINI indet.	12	2,8	45,0
Dentalium entalis	12	2,8	47,8

RII-06-09	Antall	%	Kum %
Edwardsia sp.	68	15,9	15,9
Myriochele oculata	46	10,7	26,6
Amphiura filiformis	39	9,1	35,7
Goniada maculata	33	7,7	43,4
PHORONIDA indet.	26	6,1	49,4
Owenia borealis	25	5,8	55,2
Aonides paucibranchiata	17	4,0	59,2
Sthenelais limicola	16	3,7	62,9
Scoloplos armiger	15	3,5	66,4
Nephtys longosetosa	15	3,5	69,9

Tabell 4.9. forsetter

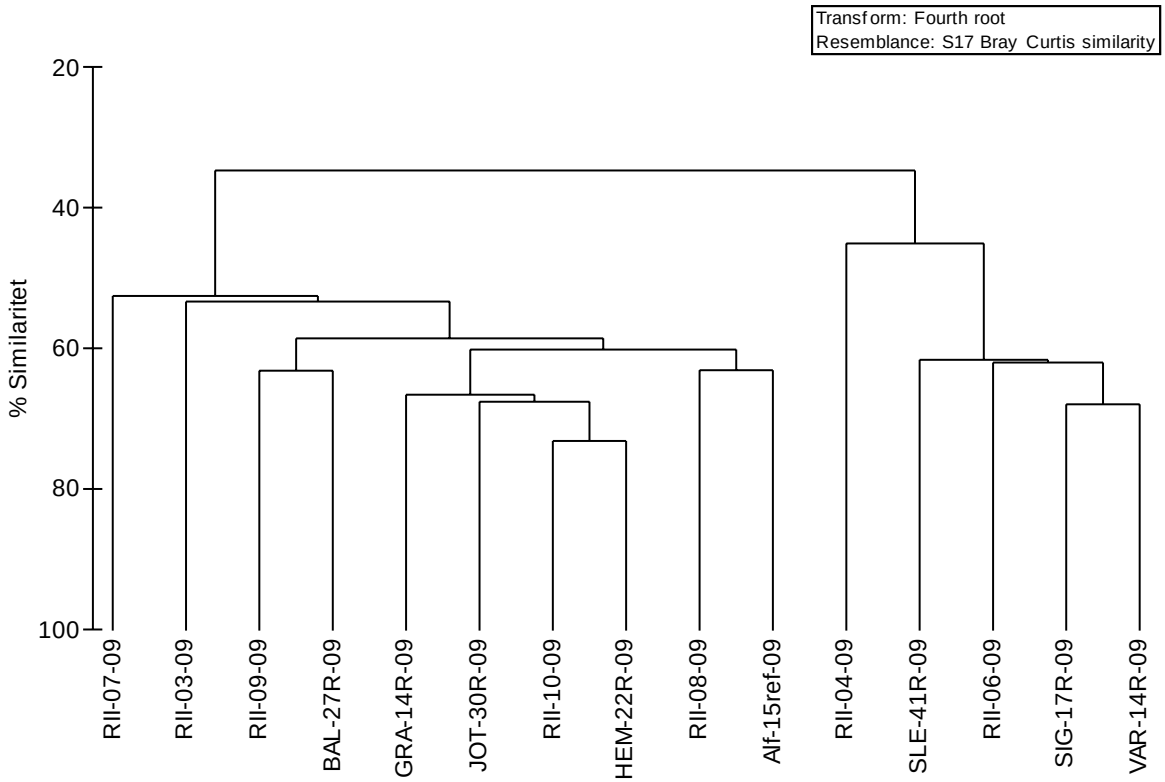
VAR-14R-09	Antall	%	Kum %
Amphiura filiformis	28	9,1	9,1
Goniada maculata	25	8,1	17,3
Paramphinome jeffreysii	25	8,1	25,4
Edwardsia sp.	16	5,2	30,6
Scoloplos armiger	15	4,9	35,5
Chaetozone sp.	15	4,9	40,4
Myriochele oculata	14	4,6	45,0
Owenia borealis	12	3,9	48,9
PHORONIDA indet.	12	3,9	52,8
Hyperiidae indet.	12	3,9	56,7

SLE-41R-09	Antall	%	Kum %
Amphiura filiformis	28	9,2	9,2
Ophiura affinis	27	8,9	18,0
Edwardsia sp.	24	7,9	25,9
Goniada maculata	19	6,2	32,1
Echinocyamus pusillus	19	6,2	38,4
Cerianthus lloydii	17	5,6	43,9
Scoloplos armiger	15	4,9	48,9
Owenia borealis	11	3,6	52,5
PHORONIDA indet.	9	3,0	55,4
Eudorellopsis deformis	9	3,0	58,4

SIG-17R-09	Antall	%	Kum %
Amphiura filiformis	34	9,7	9,7
Myriochele oculata	25	7,2	16,9
Goniada maculata	23	6,6	23,5
Owenia borealis	23	6,6	30,1
Scoloplos armiger	23	6,6	36,7
PHORONIDA indet.	18	5,2	41,8
Edwardsia sp.	17	4,9	46,7
Eudorellopsis deformis	17	4,9	51,6
Magelona filiformis	11	3,2	54,7
Cerianthus lloydii	10	2,9	57,6
NEMERTINI indet.	10	2,9	60,5

Bunnfaunaen på de regionale stasjonene ble sammenlignet ved hjelp av multivariate metoder for å finne eventuelle naturlige sammenhørende grupper av stasjoner, eller eventuelle gradienter i faunamaterialet innen Region II. I tillegg ble de målte miljøvariable koblet mot faunamaterialet for å undersøke om det var en sammenheng mellom de målte miljøvariablene og utbredelsen av bunndyr. Disse undersøkelsene ble først utført på materialet fra 2009. Deretter ble materialet fra 2003, 2006 og 2009 slått sammen og analysert.

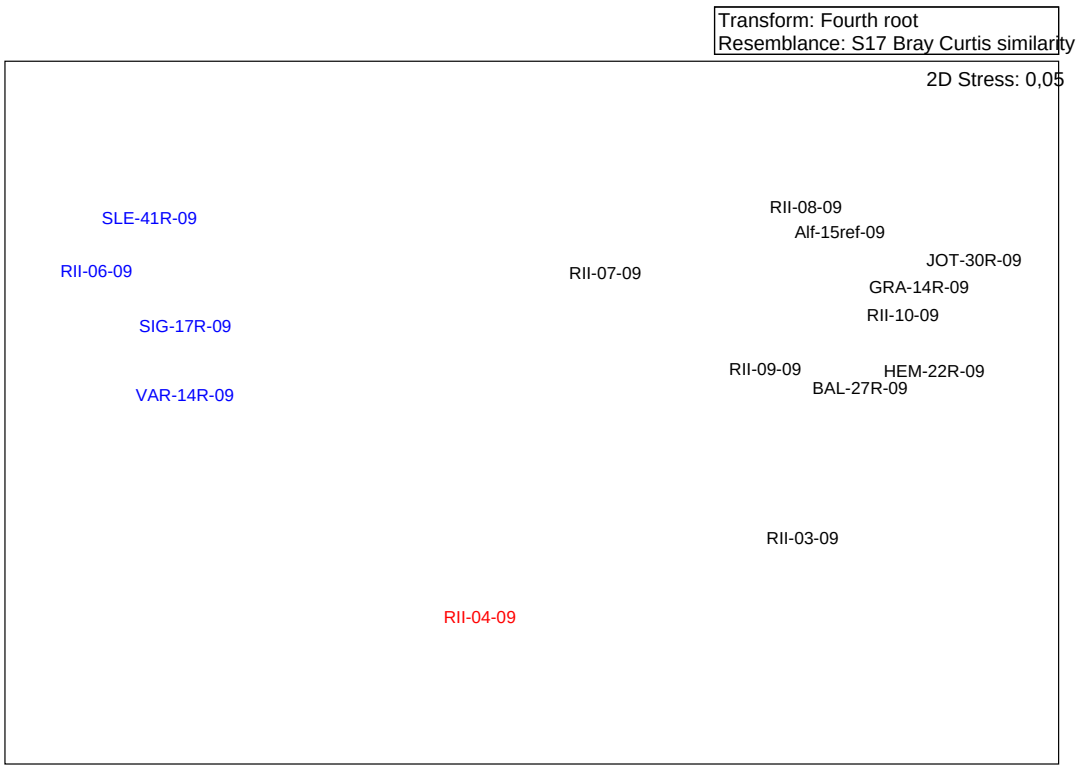
Bunnfaunaen fra 2009 grupperte seg i 3 hovedgrupper som sammenfalt med de tre subregionene som ble påvist ved hjelp av PCA-analyse av miljøvariablene. Bunnfaunaen fra VAR14R, SIG17R, SLE41R og RII06 dannet en gruppe, som sammenfalt med den grunne subregionen. Bunnfauna fra RII04 plasserte seg nærmere stasjonene fra den grunne subregionen enn den sentrale. (Figur 4.14). Bunnfauna fra resten av de regionale stasjonene dannet en gruppe, som sammenfalt med den sentrale subregionen.



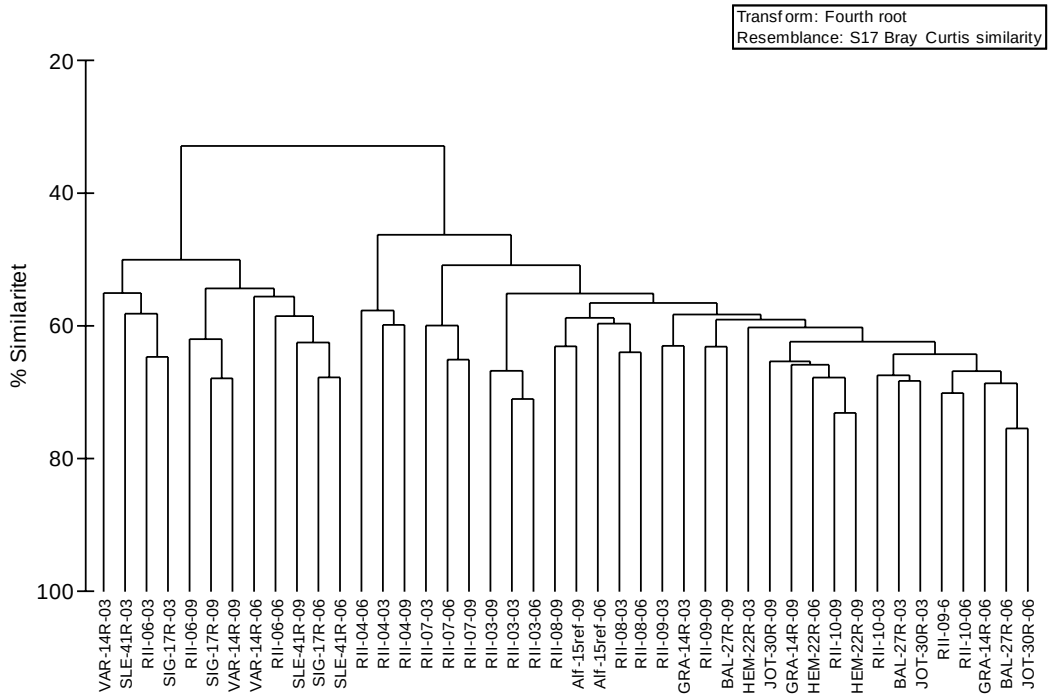
Figur 4.14. Dendrogram som viser hvordan de regionale stasjonene i 2009 grupperer seg i forhold til hverandre når faunainnholdet i prøvene sammenlignes. Juvenile Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen.

I MDS analysen av bunnfauna kom det tydelig frem at faunaen sprer seg langs en dybdegradient (Figur 4.15). I venstre del av plottet ligger de grunne stasjonene, mens de dypeste stasjonene samler seg i høyre del av plottet. Stasjon RII04 ligger for seg selv i midten av plottet.

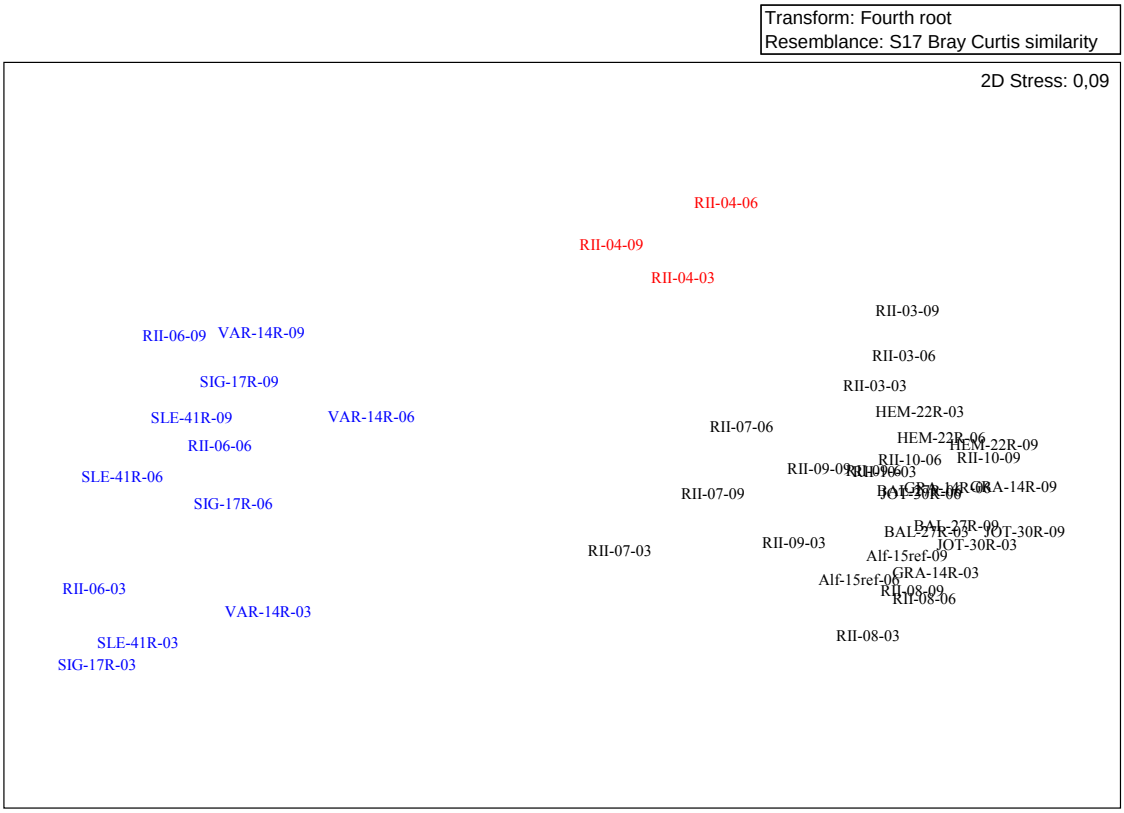
Resultatet fra RDA-analysene (Figur 4.18 og Figur 4.19) viste den samme inndelingen i subregioner som ble påvist ved hjelp av cluster- og MDS-analysene.



Figur 4.15. Et 2-dimensjonalt MDS-plott som viser hvordan de regionale stasjonene grupperer seg i forhold til hverandre når de sammenlignes med hensyn på bunnfauna fra 2009. Juvenile Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen.



Figur 4.16. Dendrogram som viser hvordan de regionale stasjonene grupperer seg i forhold til hverandre når bunnfaunamaterialet fra både 2003 (stasjonsidentitet med 03), 2006 (stasjonsidentitet med 06) og 2009 (stasjonsidentitet med 09) sammenlignes. Juvenile Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen. Kun de fem første replikatene ble brukt der det ble tatt 10 replikater i 2003.



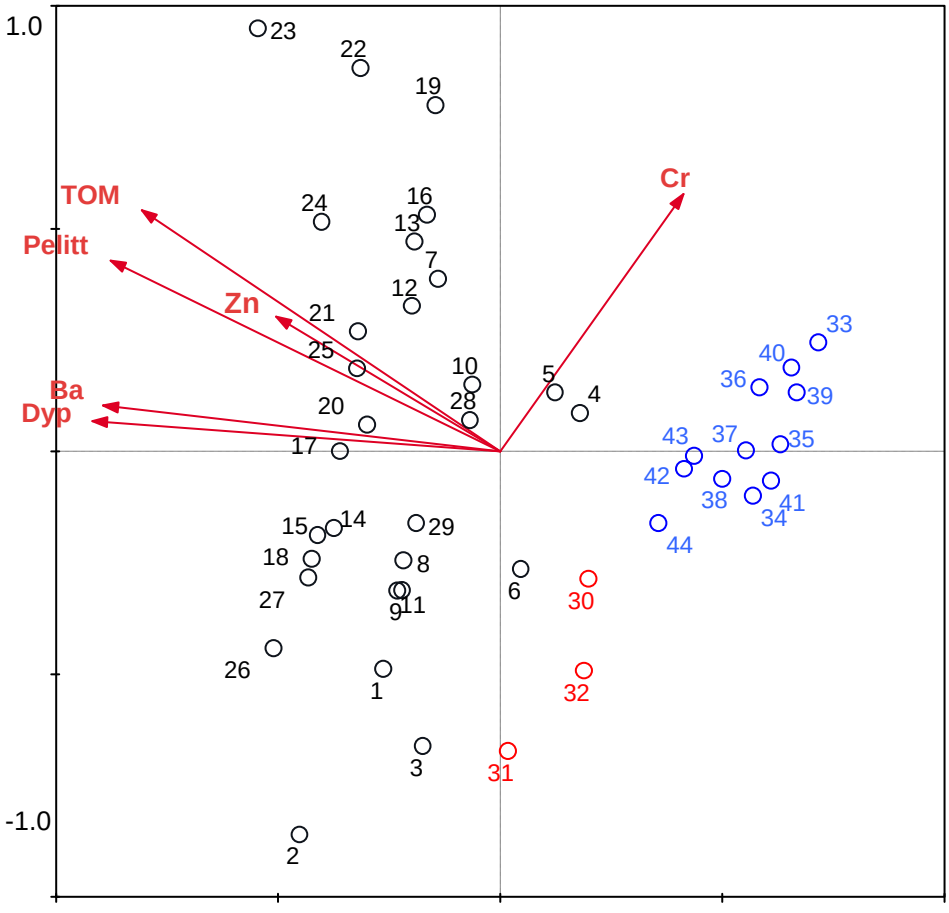
Figur 4.17. Et 2-dimensjonalt MDS-plott som viser hvordan de regionale stasjonene grupperer seg i forhold til hverandre når bunnfaunamaterialet fra både 2003 (stasjonsidentitet med -3), 2006 (stasjonsidentitet med -6) og 2009 (stasjonsidentitet med -9) sammenlignes. Juvenile Spatangoida og Echinoida er utelatt fra analysen. Kun de fem første replikatene ble brukt der det ble tatt 10 replikater i 2003.

De tre subregionene fremstod tydelig også når bunndyrsmaterialet fra 2003 og 2006 ble inkludert i de multivariate analysene (Figur 4.16, Figur 4.17 og Figur 4.19). Endringene mellom 2006 og 2009 antas å være naturlig variasjon.

Koblingen mellom bunnfauna og miljøvariabler ble foretatt ved hjelp av regresjon (CANOCO, Figur 4.18).

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2003 til 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=2,1). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at barium, sink, krom, dyp, pelitt og TOM var de miljøvariablene som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 4.18). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 30,7 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 6,3 %.

Resultatene viser at naturlige forhold som dyp og sedimenttype har betydning for fordeling av bunnfauna. Det er vist tidligere i PCA-analysen at mange av miljøvariablene har en fordeling som følger det mest finkornede sedimentet, som også har større affinitet på de målte variablene enn grovere sediment.



1	RII-03-03	12	RII-09-09	23	JOT-30R-06	34	RII-06-06
2	RII-03-06	13	RII-10-03	24	JOT-30R-09	35	RII-06-09
3	RII-03-09	14	RII-10-06	25	HEM-22R-03	36	SIG-17R-03
4	RII-07-03	15	RII-10-09	26	HEM-22R-06	37	SIG-17R-06
5	RII-07-06	16	GRA-14R-03	27	HEM-22R-09	38	SIG-17R-09
6	RII-07-09	17	GRA-14R-06	28	ALF-15R-06	39	SLE-41R-03
7	RII-08-03	18	GRA-14R-09	29	ALF-15R-09	40	SLE-41R-06
8	RII-08-06	19	BAL-27R-03	30	RII-04-03	41	SLE-41R-09
9	RII-08-09	20	BAL-27R-06	31	RII-04-06	42	VAR-14R-03
10	RII-09-03	21	BAL-27R-09	32	RII-04-09	43	VAR-14R-06
11	RII-09-06	22	JOT-30R-03	33	RII-06-03	44	VAR-14R-09

Figur 4.18. Biplot som viser resultatet fra RDA-analysen av utvalgte miljøvariabler og bunnfauna fra de regionale stasjonen fra 2003, 2006 og 2009. Fra materialet fra 2003 ble de 5 første bunndyrsprøvene benyttet fra de feltspesifikke referansestasjonen. Kjemidata og biologidata er log x+1 transformert.

4.3 Sammendrag og konklusjon

Som i tidligere undersøkelser antas det at de regionale stasjonene var upåvirket av utslipp fra oljevirksomheten og at bunnfaunen var uforstyrret. Resultatene beskriver naturtilstanden og den naturlige variasjonen som fantes i regionen i 2009, og de naturlige endringene som har funnet sted på stasjonene over tid.

En sammenstilling av resultatene fra kjemianalysene viste at det også i 2009 var grunnlag for å dele Region II inn i tre subregioner. I sør ligger en grunn subregion bestående av RII06, VAR14R, SIG17R og SLE41R, med vanndyp mellom 77-90 m. Mot nord og øst ligger den nordlige subregionen med vanndyp mellom 114-118 m, bestående av RII04 og feltet Vale hvor den regionale stasjonen ikke ble undersøkt i 2009. Den sentrale subregionen i Region II består av RII03, RII07, RII08, RII09, RII10, ALF15R, GRA14R, BAL27R, JOT30R, HEM22R med vanndyp mellom 101-129 m. Hver subregion har naturlige egenskaper som gjør det hensiktsmessig å beregne og benytte spesifikke LSC-verdier for subregionene. De aktuelle LSC-verdien benyttes videre under behandlingen av hvert enkelt felt i Region II.

Innen Region II ble det funnet sandholdig finkornet sediment med sandinnhold fra 78,3 til 98,4 %, pelitt-innhold fra 1,5 til 21,7 % og TOM-innhold fra 0,4 til 2,0 %. I den grunne subregionen var sandinnholdet 97,3 ± 1,1 %, pelittinnholdet 2,7 ± 1,1 % og TOM-innholdet 0,6 ± 0,2 %. I den nordlige subregionen (RII04) var sandinnholdet 96,5 %, pelittinnholdet 2,5 % og TOM-innholdet 0,7 %. I den sentrale subregionen var sandinnholdet 85,9 ± 4,1 %, pelittinnholdet 13,8 ± 4,3 % og TOM-innholdet 1,4 ± 0,3 %. Den grunne og nordlige subregionen hadde et mer sandholdig sediment med lavere TOM innhold enn i den sentrale subregionen. Finkornet sediment har større affinitet på ulike typer forbindelser enn grovere sediment, og det vil da være naturlig med noe høyere innhold av kjemiske element i sedimentet fra den sentrale subregionen enn fra de to andre subregionene.

Blant alle de regionale stasjonene varierte det gjennomsnittlige THC-innholdet i prøvene fra 0,1 til 9,8 mg/kg. I gjennomsnitt for alle de regionale stasjonene var det 4,0 ± 3,2 mg THC/kg tørt sediment. I den grunne subregionen var gjennomsnittlig THC-innhold 1,6 ± 2,1 mg/kg. I den sentrale subregionen var gjennomsnittlig THC-innhold 5,1 ± 3,1 mg/kg, på RII04 (nordlig) var det 2,8 ± 0,2 mg/kg. Alle THC konsentrasjonene i 2009 lå under LSC for hver subregion. I forhold til målingene fra 2006 var det bare små endringer.

Metallene kobber, krom, sink, barium, bly, kadmium og kvikksølv forekom i følgende minimum-maksimum-intervall på de regionale stasjonene i 2009: Kobber mellom 0,5 til 3,8 mg/kg, krom mellom 3,7 og 10,9 mg/kg, sink mellom 8,3 og 18,5 mg/kg, barium mellom 6,2 til 113,0 mg/kg, bly mellom 2,6 og 6,5 mg/kg, kadmium mellom 0,005 og 0,049 mg/kg og kvikksølv mellom 0,002 og 0,013 mg/kg tørt sediment. Konsentrasjonen av kadmium var lavere enn før, kobber, krom og bly var på samme nivå eller lavere enn før, sink, barium og kvikksølv var på samme nivå eller litt høyere.

Bunnfaunaen i prøven fra de regionale stasjonene bestod av 12881 individ fordelt på 317 taksa. Som i 2006 var det i gjennomsnitt flere taksa i den sentrale (123 taksa) enn i den grunne (65 taksa) og den nordlige (RII04) (84 taksa) subregionen. Det gjennomsnittlige individantallet var også størst i den sentrale (1106 individ), mens den grunne hadde 348 individer og den nordlige 431 individ. På de fleste stasjonene var artsdiversiteten på samme høye nivå som tidligere. I forhold til 2006 var det en økning i artsdiversitet og spesielt på

RII06, VAR14R, SIG17R og SLE41R i 2009 og dette skyldes hovedsakelig en reduksjon i individantallet på disse stasjonene. Reduksjonen i individer skyldes trolig naturlig variasjon i bestanden av enkeltarter. Multivariate analyser viste at bunnfaunaen følger den samme inndeling i subregioner som de kjemiske parametre. RDA-analysene viser at vanndyp og sedimenttype på stasjonen har betydning for denne inndelingen. I tillegg har de undersøkte kjemiske parametrene en betydning, men det ligger fortsatt restvariasjon i materialet som ikke kan forklares ut fra de undersøkte parametrene.

Det totale antallet regionale stasjoner, som ble undersøkt, var i 22 i 2003 og 23 i 2006 og ble redusert til 15 i 2009. I den grunne subregionen var det 4 regionale stasjoner ved disse tre undersøkelsene. I den sentrale subregionen var det henholdsvis 12, 14 og 10 regionale stasjoner i 2003, 2006 og 2009. Ved undersøkelsen i 2009 var det kun 1 regional stasjon i den nordlige subregionen, mens det var henholdsvis 6 og 5 i 2003 og 2006. Grunnlagsmaterialet for bestemmelse av bakgrunnsverdier for de ulike parametrene blir tynnere når en subregion inneholder kun en regional stasjon for bestemmelse av spennvidde, gjennomsnittsverdier og til beregninger av LSC. Endringer i utvalget av regionale stasjoner mellom år, kan også gi en skjev fordeling mht. disse verdiene med tanke på den naturlige variasjonen innen subregionen. Et fast utvalg av regionale stasjoner vil derfor gi et bedre grunnlag for vurderingene.

5. Rev (tidligere kalt Varg Sør)

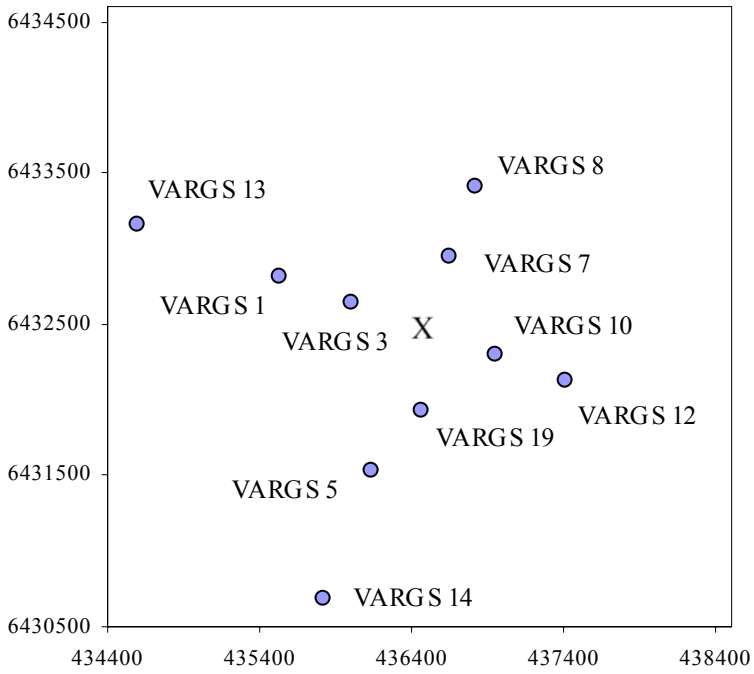
5.1 Introduksjon

Rev er en undervannsutbygging som ligger i blokk 25/12. Rev ligger 6 km sør for Varg og var det sørligste feltet i den grunne subregionen, som ble undersøkt i region II i 2009. Undersøkelsen i 2006 viste en upåvirket bunnfauna, men det ble påvist THC-kontaminering mot nord og bariumkontaminering mot nord, sør og vest, i tillegg til kobberkontaminering mot sør.

Prøvetakingen ble gjennomført, i henhold til prøvetakingsprogrammet, på stasjoner som var plassert i et prøvenett over feltet med to unntak. Stasjon VargS-19 (som erstatter av VARGS-06) ble flyttet i 2009 pga. bunninstallasjon og VargS-14 pga mye stein i sedimentet. Figur 5.1 viser prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret. Bore og utslippshistorikk fra 2006 til 2008 er vist i Tabell 5.1. Det er benyttet vannbasert boreslam og er ikke rapportert noen uhellsutslipp i denne perioden.

Tabell 5.1. Boring og utslipp fra drift og uhell på Rev.

Rev	**2006**	**2007**	**2008**
Antall borete brønner	1	4	1
Baritt (tonn)	525	151	0
Borekaks (tonn)	997	689	0
Oljebasert (tonn)	0	0	0
Syntetisk boreslam (tonn)	0	0	0
Vannbasert boreslam (tonn)	0,882	2,668	0
Sementeringskjemikalier (tonn)	-	-	-
Kompletteringskjemikalier (tonn)	-	-	-
Olje i produsert vann (tonn)	0	0	0
Uhellsutslipp (m^3)	-	-	-



Stasjon	ED50 UTM sone 31 Ø	N	Avstand (m)/ retning (°)	Dyp
Varg S-1	435535	6432815	1000/290	89
Varg S-3	436005	6432644	500/290	89
Varg S-5	436132	6431533	1000/200	90
Varg S-7	436646	6432942	500/20	89
Varg S-8	436817	6433412	1000/20	88
Varg S-10	436944	6432301	500/110	88
Varg S-12	437414	6432130	1000/110	89
Varg S-13	434592	6433153	2000/290	88
Varg S-14	435821	6430684	1900/200	87
Varg S-19	436460	6431935	532/180	88

Figur 5.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Varg Sør i forhold til senteret for stasjonsnettet (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

5.2 Resultater

5.2.1. Sedimentbeskrivelse

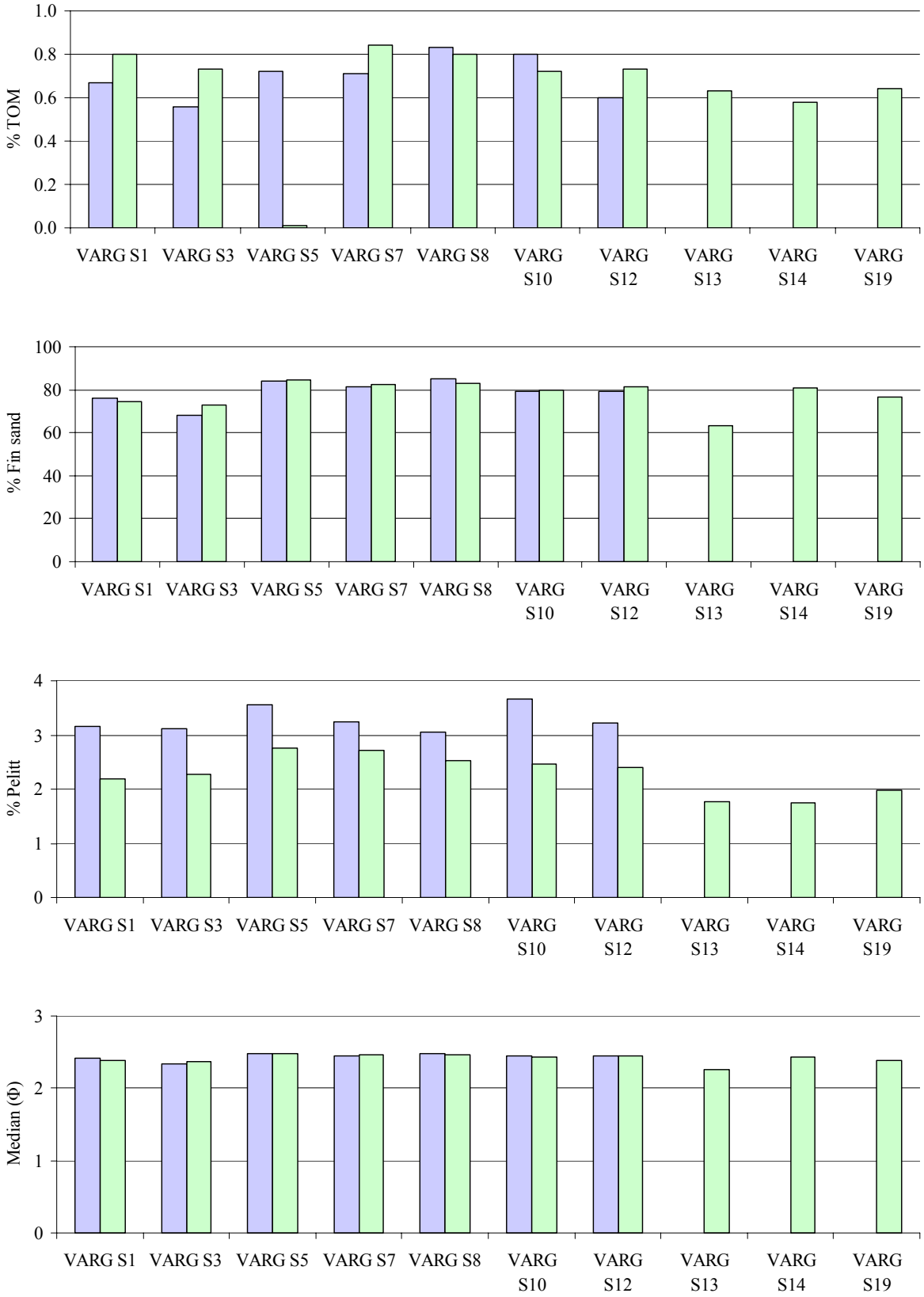
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 5.2. I Figur 5.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Rev hadde et TOM-innhold fra 0 % til 0,84 %. Sandinnholdet varierte fra 96,26 % til 97,84 % og pelittinnholdet varierte mellom 1,74 % og 2,76 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,25 og 2,48. VARGS13 skilte seg fra de øvrige stasjonene med et lavt innhold av fin sand og pelitt.

Tabell 5.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Rev i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet og for den grunne subregionen, som Rev tilhører.

Site	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median (f):	Sorting	Skewness	Kurtosis
Varg S-1	0,80	**1,56**	**96,26**	2,19	2,38	0,65	-0,21	1,28
Varg S-3	0,73	0,02	97,70	2,28	2,37	0,64	-0,17	1,23
Varg S-5	**0,01**	**0,00**	97,24	**2,76**	**2,48**	0,58	**0,00**	**1,51**
Varg S-7	**0,84**	0,03	97,24	2,72	2,46	0,59	-0,01	1,50
Varg S-8	0,80	0,05	97,42	2,52	2,46	**0,56**	-0,03	1,44
Varg S-10	0,72	0,02	97,52	2,46	2,43	0,59	-0,09	1,36
Varg S-12	0,73	0,58	97,02	2,40	2,45	0,59	-0,03	1,47
Varg S-13	0,63	0,61	97,62	1,77	**2,25**	**0,74**	**-0,31**	**0,95**
Varg S-14	0,58	0,42	**97,84**	**1,74**	2,43	0,56	-0,11	1,29
Varg S-19	0,64	1,10	96,92	1,98	2,39	0,60	-0,29	1,20
snitt[1]	0,65	0,44	97,28	2,28	2,41	0,61	-0,12	1,32
sd[1]	0,24	0,54	0,46	0,36	0,07	0,05	0,12	0,17
min[1]	0,01	0,00	96,26	1,74	2,25	0,56	-0,31	0,95
max[1]	0,84	1,56	97,84	2,76	2,48	0,74	0,00	1,51
snitt[2]	0,46	0,53	97,40	2,07	2,39	0,62	-0,18	1,24
sd[2]	0,31	0,46	0,41	0,48	0,10	0,08	0,15	0,23
min[2]	0,01	0,00	96,92	1,74	2,25	0,56	-0,31	0,95
maks[2]	0,64	1,10	97,84	2,76	2,48	0,74	0,00	1,51

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 5.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Rev 2009.

5.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Rev i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er presentert i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Rev benyttes LSC for den grunne subregionen (LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$	6,9	0,02	0,02	1,0	9,8	10,4	16,7	6,3	0,02	0,01

5.2.3. Oljehydrokarboner

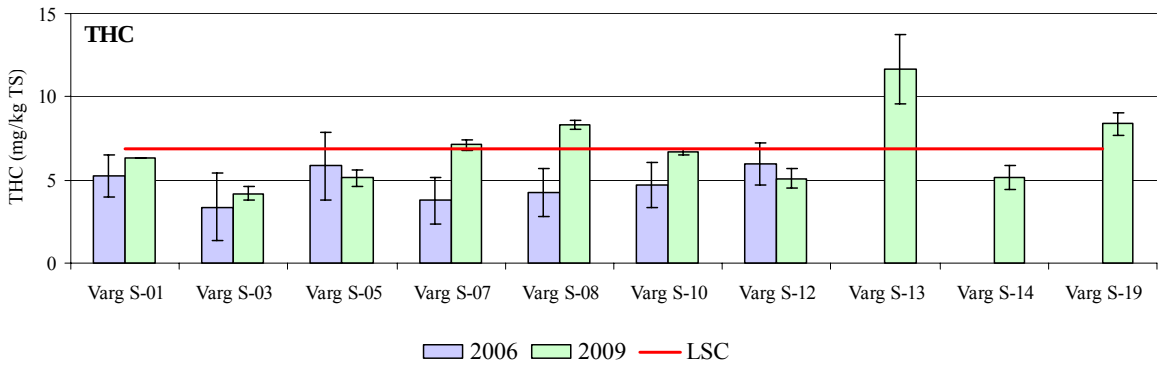
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 5.4. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 5.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 5.3 vises THC innholdet og i Figur 5.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 4,2 mg/kg (VARGS03) til 11,7 mg/kg (VARGS13). På VARGS07, VARGS08, VARGS13 og VARGS19, ble THC påvist over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$. Konsentrasjonen var høyest ved VARGS13, som ligger 2 km mot nordvest.

Ingen av prøvene som var tatt fra dybdeintervallene 0-1, 1-3 eller 3-6 cm i sedimentet på VARGS03 (500 m vest nordvest for senteret for stasjonsnettet) hadde THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ (Tabell 5.3).

Tabell 5.3. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på VARGS03 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
Varg S-03	(0-1cm)	3,7	0,018	0,008
	(1-3cm)	4,6	0,018	0,007
	(3-6cm)	4,5	0,018	0,008

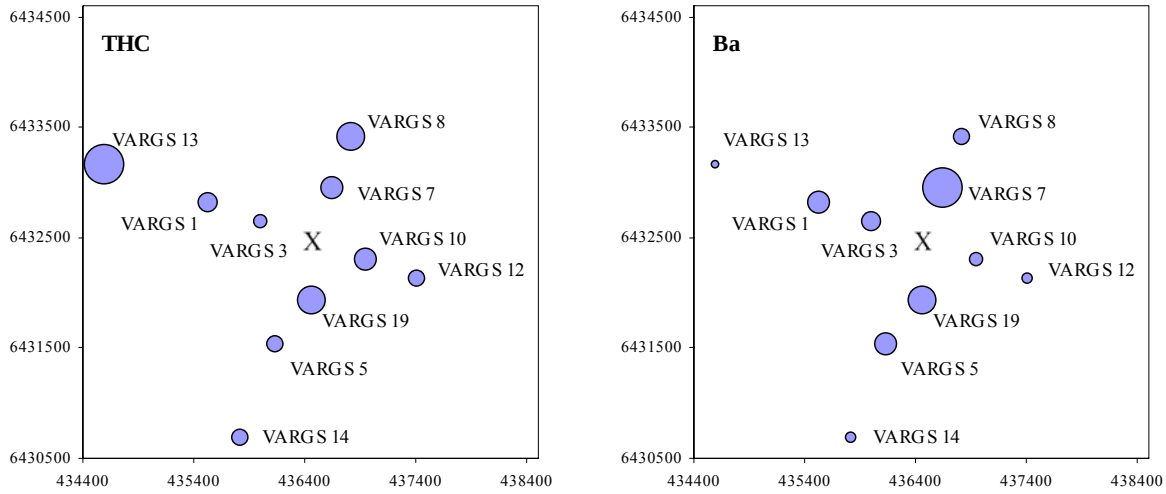


Figur 5.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Varg Sør i 2006 og 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-069}}$.

Tabell 5.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Varg Sør i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den grunne subregionen tatt med i tabellen.

	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Varg S-01	6,30	0,00	i.a.		i.a.	
Varg S-03	**4,17**	0,40	0,018	0,000	0,008	0,000
Varg S-05	5,13	0,51	i.a.		i.a.	
Varg S-07	7,10	0,30	i.a.		i.a.	
Varg S-08	8,30	0,26	i.a.		i.a.	
Varg S-10	6,70	0,17	i.a.		i.a.	
Varg S-12	5,10	0,62	i.a.		i.a.	
Varg S-13	**11,67**	2,08	i.a.		i.a.	
Varg S-14	5,17	0,71	i.a.		i.a.	
Varg S-19	8,37	0,67	i.a.		i.a.	
a.v.±s.d.[1]	6,80±2,21					
min-max.[1]	4,17-11,67					
a.v.±s.d.[2]	1,6±2,1		0,014±0,004		0,005±0,004	
min-max.[2]	<0,1-4,7		0,009-0,019		0,000-0,009	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 5.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Varg Sør i 2009. Senteret for stasjonsnettet er markert med x.

5.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 5.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 5.5 vises bariuminnholdet i 2006 og 2009 og i Figur 5.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 5.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i sedimentet i 2009.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 12,1 til 50,9 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 0,58 og 0,85 mg/kg. Krom varierte mellom 5,8 og 7,3 mg/kg, sink mellom 6,4 og 9,4 mg/kg, bly mellom 4,0 og 5,0 mg/kg, kadmium mellom 0,006 og 0,009 mg/kg, og kvikksølv ble målt til 0,004 mg/kg (Tabell 5.5).

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på VARGS01 (1000 m mot vest), VARGS03 (500 m mot vest), VARGS05 (1000 m mot sør sørvest), VARGS07 (500 m mot nord nordøst), VARGS08 (1000 m mot nord nordøst), VARGS10 (500 m mot øst) og VARGS19 (532 m mot sør). Siden 2006 har Bariumverdiene for LSC i den grunne subregionen, sunket fra 28,6 til 16,7 mg/kg TS. Dette fører til at stasjonene som har lavere verdier i 2009 enn i 2006, likevel står over LSC. Stasjoner med høyere bariumkonsentrasjon i 2009 i tillegg til at de overstiger LSC, er VARGS05, VARGS08 og VARGS10. Utover dette ble det ikke påvist metallkonsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.

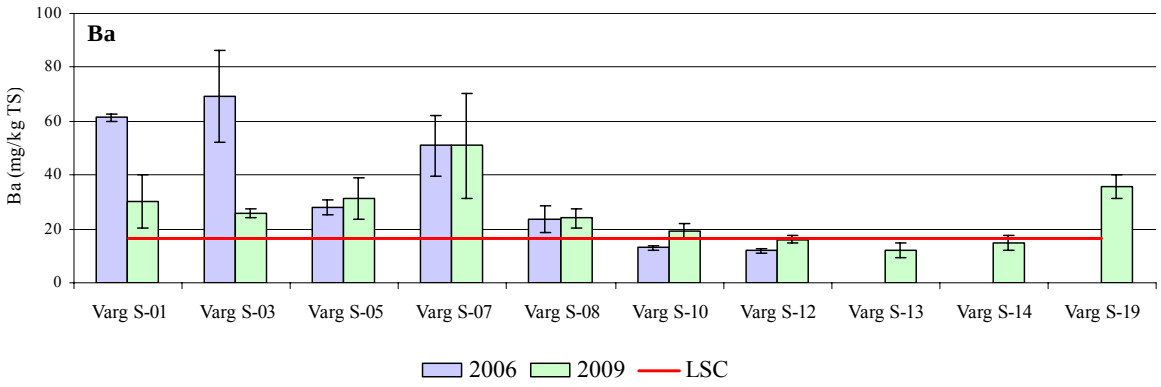
Tabell 5.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Varg Sør i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den grunne subregionen tatt med i tabellen.

	Cu		Cr		Zn		Ba		Pb		Cd		Hg	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Varg S-01	0,65	0,03	6,2	0,2	7,7	0,5	30,2	10,0	4,5	0,3	0,007	0,001	i.a.	
Varg S-03	0,66	0,01	6,3	0,2	7,9	0,4	25,8	1,5	4,4	0,3	0,007	0,002	0,004	0,001
Varg S-05	0,68	0,03	6,1	0,1	6,8	0,4	31,5	7,7	**4,0**	0,2	0,008	0,001	i.a.	
Varg S-07	0,76	0,01	6,4	0,3	8,5	0,9	**50,9**	19,6	4,6	0,1	0,008	0,002	i.a.	
Varg S-08	0,72	0,08	6,2	0,0	8,8	1,3	24,0	3,5	4,3	0,2	0,007	0,001	i.a.	
Varg S-10	**0,85**	0,31	6,6	0,2	8,1	0,6	19,1	2,8	4,3	0,2	**0,009**	0,003	i.a.	
Varg S-12	0,66	0,04	**7,3**	0,5	**9,4**	1,3	16,2	1,4	4,6	0,3	0,007	0,001	i.a.	
Varg S-13	0,61	0,03	6,6	0,1	9,0	0,9	**12,1**	3,0	4,2	0,3	0,007	0,001	i.a.	
Varg S-14	**0,58**	0,05	6,1	0,1	**6,4**	0,3	14,9	2,7	4,9	0,1	**0,006**	0,001	i.a.	
Varg S-19	0,64	0,03	**5,8**	0,1	7,9	0,3	35,7	4,6	**5,0**	0,1	**0,006**	0,001	i.a.	
snitt ± sd[1]	0,68±0,08		6,4±0,4		8,0±0,9		26,1±11,7		4,5±0,3		0,007±0,001			
min-maks[1]	0,58-0,85		5,8-7,3		6,4-9,4		12,1-50,9		4,0-5,0		0,006-0,009			
snitt±sd[2]	0,7±0,1		6,6±0,8		9,4±1,1		10,2±5,4		4,1±0,4		0,009±0,003		0,003±0,001	0,003±0,001
min-maks[2]	0,5-0,8		5,5-7,4		8,3-10,9		6,2-17,8		3,6-4,5		0,005-0,012		0,002-0,005	0,002-0,005

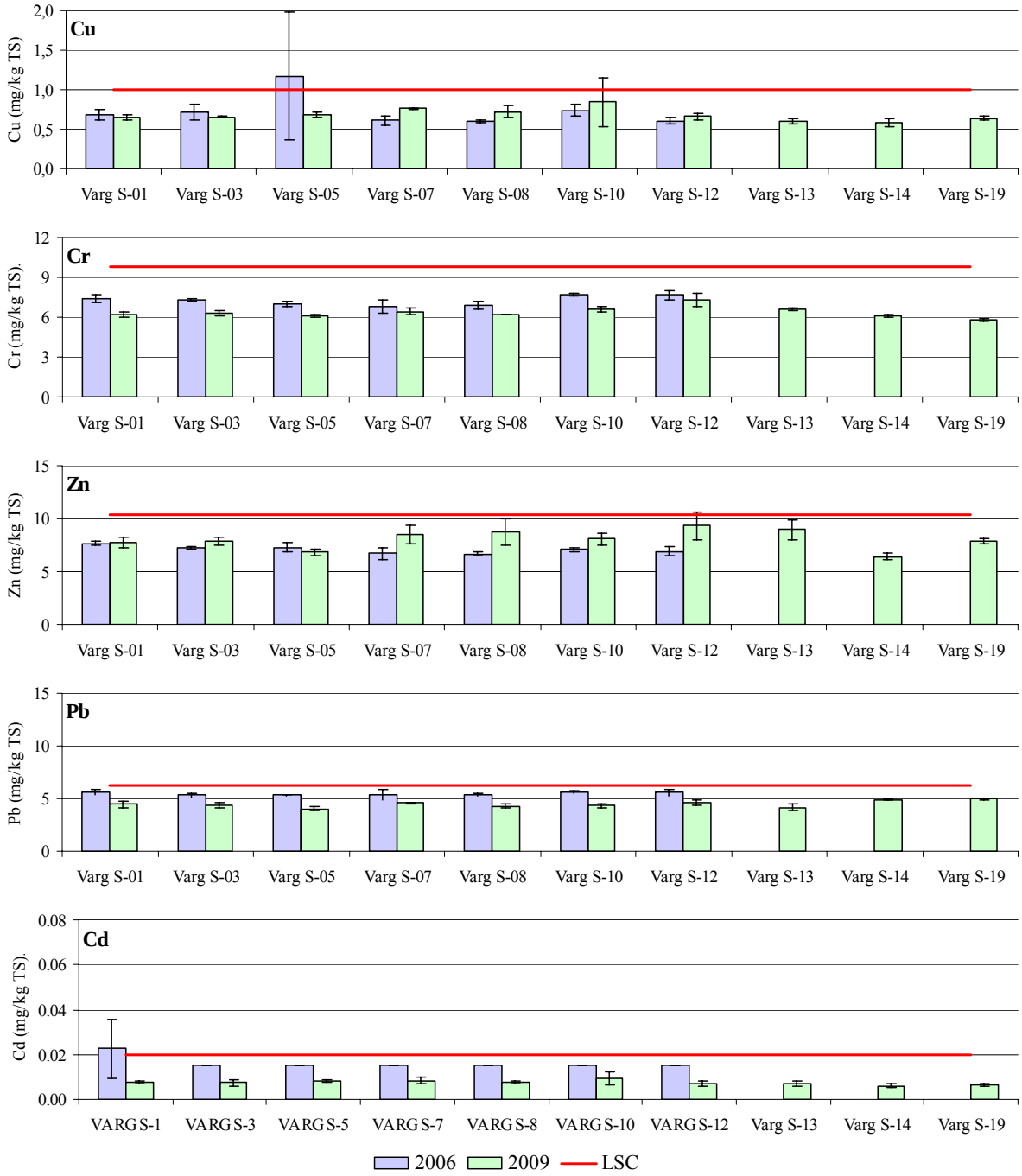
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen

Tabell 5.6. Vertikalfordelingen av metallene barium, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv og sink i sedimentet på VARGS03 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
Varg S-03	(0-1cm)	24	4,4	0,006	0,65	6,4	0,003	7,5
	(1-3cm)	56	4,2	0,008	0,72	5,9	0,004	7,1
	(3-6cm)	173	5,2	0,012	0,92	6,8	0,006	9,5



Figur 5.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Varg Sør i 2006 og 2009. Rød linje representerer LSC Subregion grunn 97-09.



Figur 5.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Varg Sør i 2006 og 2009. Rød linje representerer LSC Subregion grunn 97-09.

5.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 5.7. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 2 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Varg Sør. Totalt ble 5100 individer fordelt på 205 taksa identifisert i prøvene fra Varg Sør i 2009. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 44 % av alle individ og 42 % av alle taksa.

Tabell 5.7. Antall individ i prøvene fra Varg Sør i 2009 fordelt på noen større taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghuden Spatangoida (2 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	2263	44	86	42
Arthropoda	570	11	54	26
Mollusca	886	17	38	19
Echinodermata	560	11	14	7
Diverse grupper	821	16	13	6
Total	5100	100	205	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Varg Sør vises i Figur 5.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 5.8 og Figur 5.9. Høyest diversitet ble funnet på VARGS13. Antall individ varierte mellom 332 og 569, og antall taksa varierte mellom 67 og 102. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,03 og 5,62, og ES_{100} varierte mellom 35,84 og 44,63. Jevnheten varierte mellom 0,79 og 0,84. Verdiene ved Varg Sør var i samme intervall som ved de regionale stasjonene i den grunne subregionen. Børstemarken *Myriochele oculata* og sjøanemonen *Edwardsia sp.* var mest vanlige ved VargS (Tabell 5.9).

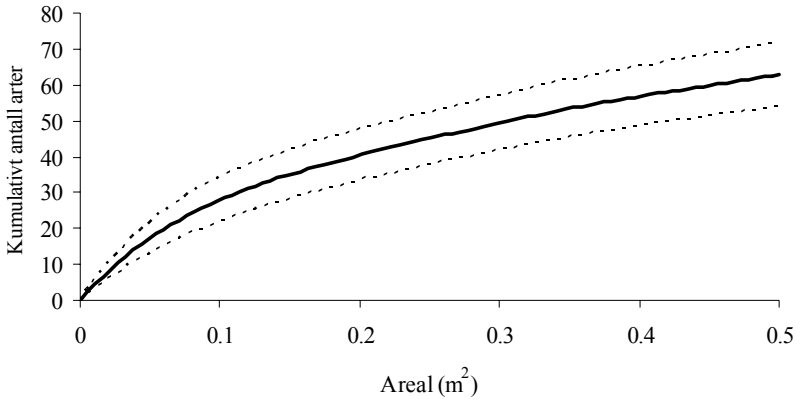
Individtallet per 0,5 m² har sunket kraftig siden 2006. Det samme gjelder i mindre grad antall arter, bortsett fra ved stasjon Varg Sør-07 hvor nivået var noe høyere i 2009. Dette fører til en høyere diversitetsindeks i 2009 enn 2006. Resultatene tyder på gode miljøforhold for bunnfaunaen.

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovinntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 5.7).

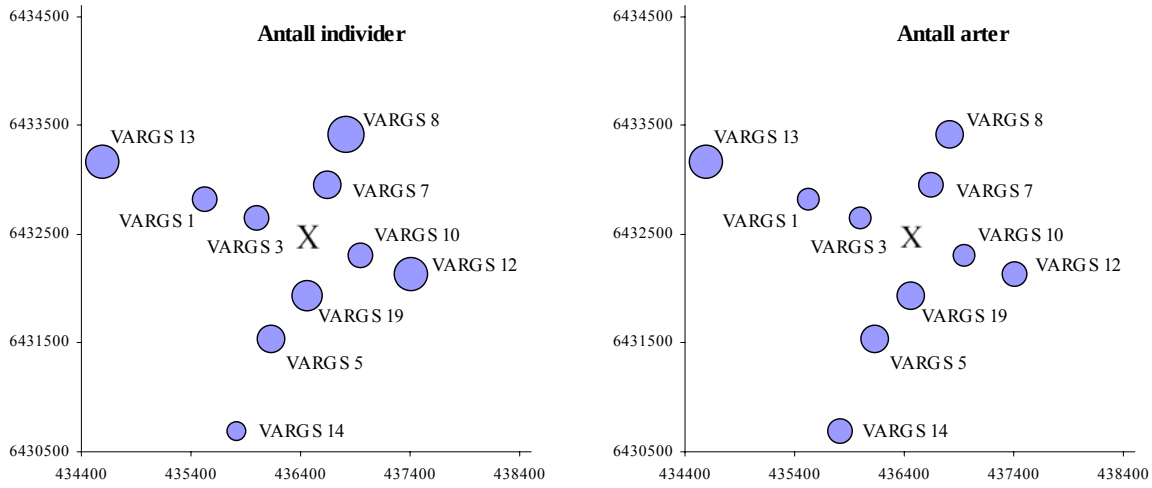
Tabell 5.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Varg Sør i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida er utelatt.

	Individer	Arter	H'	J	H'-max	ES(100)
VARG S-1-09	401	69	5,15	0,84	6,11	38,32
VARG S-3-09	382	**67**	5,06	0,83	**6,07**	**35,84**
VARG S-5-09	433	86	5,15	0,80	6,43	38,15
VARG S-7-09	440	80	5,17	0,82	6,32	37,46
VARG S-8-09	**569**	82	**5,03**	**0,79**	6,36	36,47
VARG S-10-09	408	69	5,08	0,83	6,11	37,02
VARG S-12-09	539	75	5,08	0,82	6,23	36,38
VARG S-13-09	537	**102**	**5,62**	**0,84**	**6,67**	**44,63**
VARG S-14-09	**332**	77	5,24	0,84	6,27	40,35
VARG S-19-09	473	83	5,16	0,81	6,38	38,32
snitt[1]	451	79	5,17	0,82	6,29	38,24
sd[1]	77	10	0,17	0,02	0,18	2,58
min[1]	332	67	5,03	0,79	6,07	35,84
maks[1]	569	102	5,62	0,84	6,67	44,63
snitt[2]	348	65	5,00	0,83	6,02	36,39
sd[2]	58	4	0,25	0,04	0,08	3,81
min[2]	305	61	4,63	0,77	5,93	30,97
maks[2]	429	69	5,17	0,85	6,11	39,31

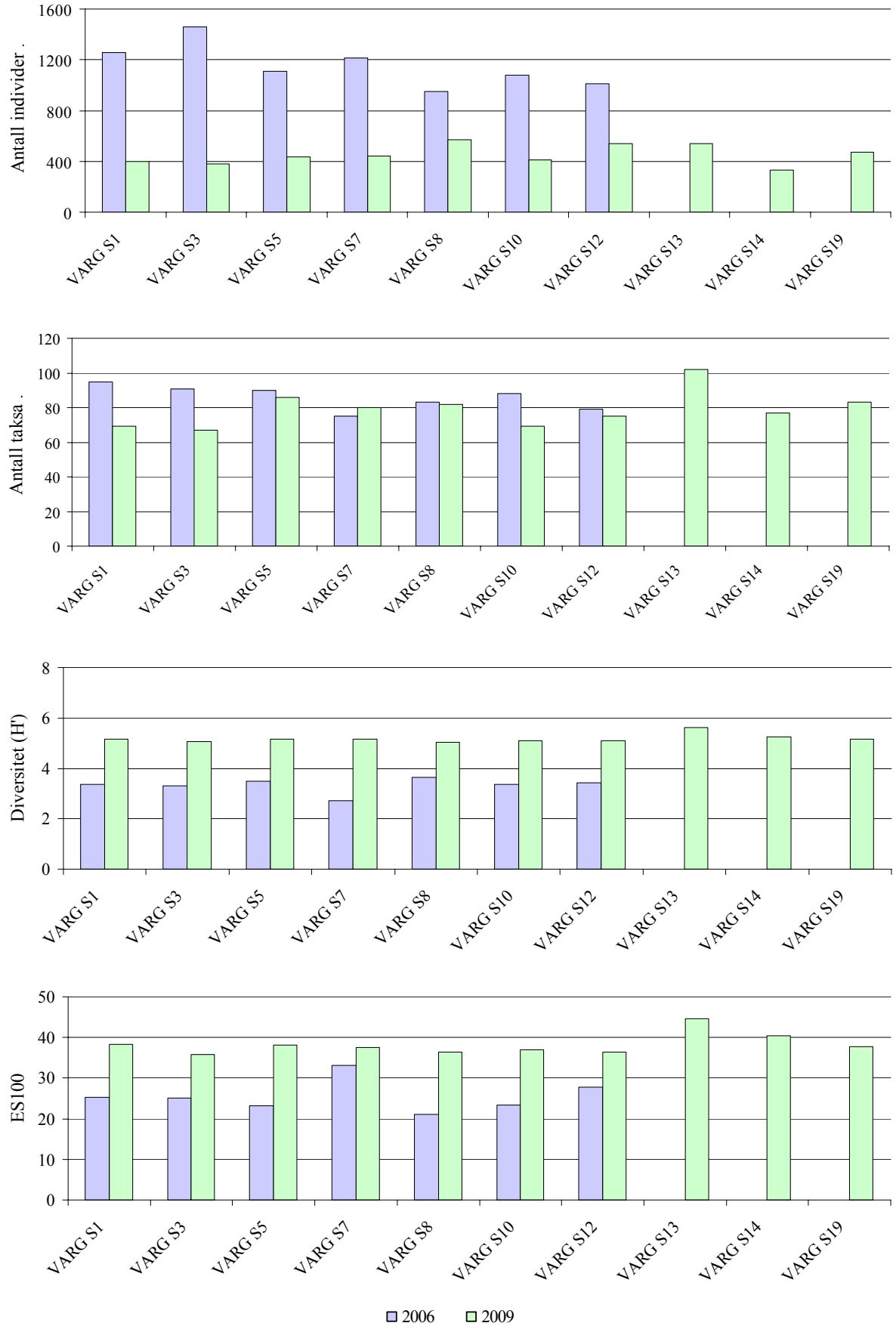
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 5.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for RII-06 i 2009. Uidentifiserte individer fra gruppen Spatangoida er utleatt.



Figur 5.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Varg Sør i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



Figur 5.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Varg Sør i 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Tabell 5.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Varg Sør i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

VARG S-1-09	Ant. Individer	%	Kum %
Amphiura filiformis	45	11.2	11.2
Edwardsia sp.	34	8.5	19.7
Myriochele oculata	25	6.2	25.9
Goniada maculata	22	5.5	31.4
Owenia borealis	21	5.2	36.7
Scoloplos armiger	18	4.5	41.1
Cerianthus lloydii	18	4.5	45.6
Paramphinome jeffreysii	17	4.2	49.9
Chaetozone sp.	17	4.2	54.1
Ampharete falcata	13	3.2	57.4

VARG S-3-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	31	8.1	8.1
Amphiura filiformis	30	7.9	16.0
Edwardsia sp.	28	7.3	23.3
Goniada maculata	25	6.5	29.8
Scoloplos armiger	22	5.8	35.6
Owenia borealis	20	5.2	40.8
Echinocardium flavescens	20	5.2	46.1
Paramphinome jeffreysii	19	5.0	51.0
Cerianthus lloydii	15	3.9	55.0
Eudorellopsis deformis	14	3.7	58.6

VARG S-5-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	51	11.8	11.8
Edwardsia sp.	37	8.5	20.3
Amphiura filiformis	36	8.3	28.6
Paramphinome jeffreysii	27	6.2	34.9
PHORONIDA indet.	24	5.5	40.4
Goniada maculata	21	4.8	45.3
Owenia borealis	18	4.2	49.4
Ampharete falcata	17	3.9	53.3
Scoloplos armiger	16	3.7	57.0
Hyperiidae indet.	16	3.7	60.7

VARG S-7-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	41	9.3	9.3
Edwardsia sp.	38	8.6	18.0
Amphiura filiformis	37	8.4	26.4
Ampharete falcata	26	5.9	32.3
Goniada maculata	22	5.0	37.3
Owenia borealis	19	4.3	41.6
PHORONIDA indet.	16	3.6	45.2
Cerianthus lloydii	16	3.6	48.9
Chaetozone sp.	16	3.6	52.5
Eudorellopsis deformis	16	3.6	56.1

VARG S-8-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	77	13.5	13.5
Edwardsia sp.	61	10.7	24.3
Ampharete falcata	40	7.0	31.3
Amphiura filiformis	39	6.9	38.1
Goniada maculata	35	6.2	44.3
Owenia borealis	24	4.2	48.5
PHORONIDA indet.	23	4.0	52.5
Scoloplos armiger	20	3.5	56.1
Echinocardium flavescens	19	3.3	59.4
Harpinia antennaria	15	2.6	62.0

VARG S-10-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	43	10.5	10.5
Edwardsia sp.	43	10.5	21.1
Ampharete falcata	29	7.1	28.2
Amphiura filiformis	28	6.9	35.0
Goniada maculata	17	4.2	39.2
PHORONIDA indet.	17	4.2	43.4
Scoloplos armiger	16	3.9	47.3
Chaetozone sp.	13	3.2	50.5
Eudorellopsis deformis	13	3.2	53.7
Sthenelais limicola	13	3.2	56.9

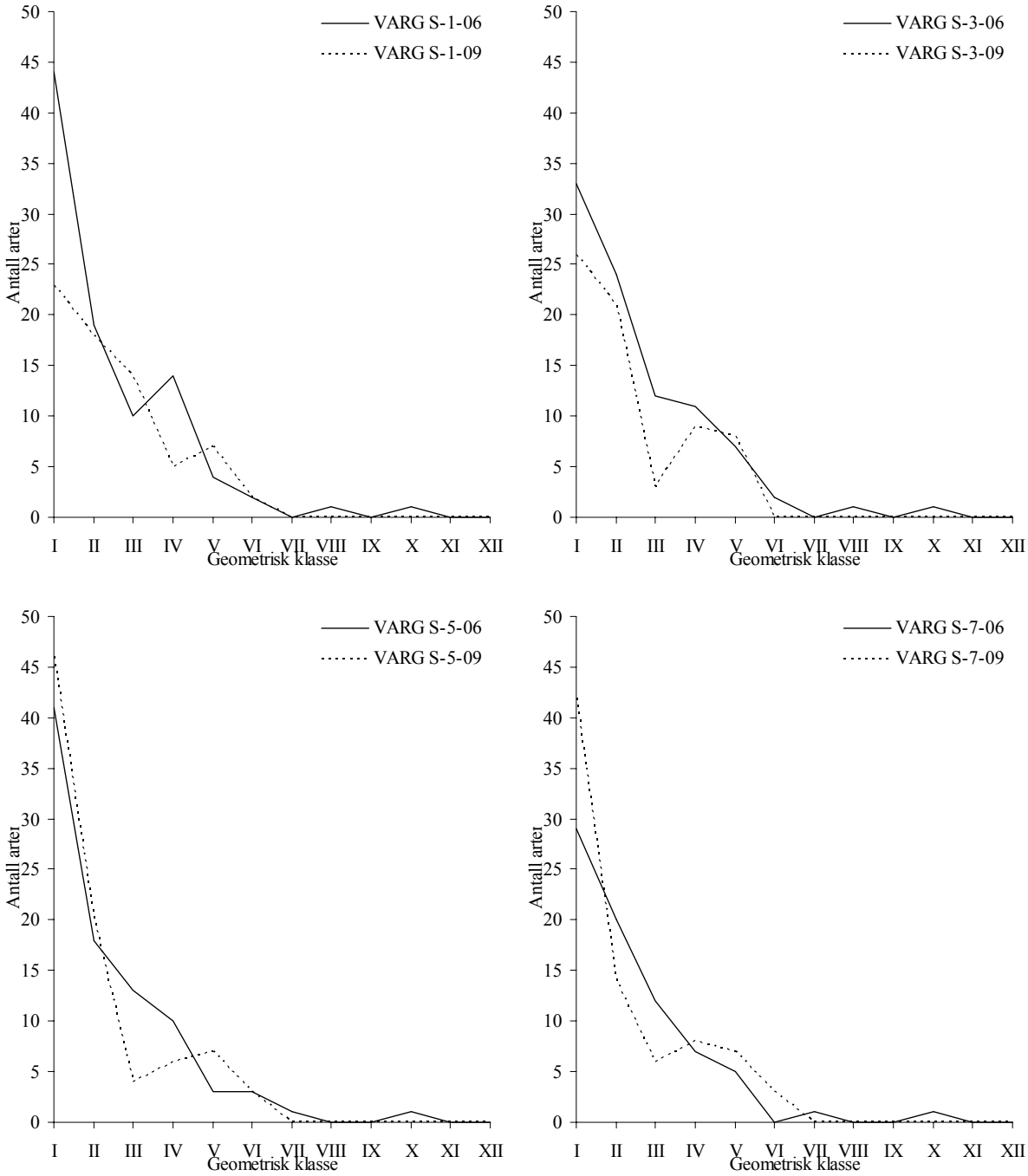
Tabell 5.9. fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Varg Sør i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

VARG S-12-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	64	11.9	11.9
Amphiura filiformis	46	8.5	20.4
Edwardsia sp.	39	7.2	27.6
Ampharete falcata	33	6.1	33.8
Owenia borealis	30	5.6	39.3
Goniada maculata	28	5.2	44.5
Paramphinome jeffreysii	24	4.5	49.0
Scoloplos armiger	20	3.7	52.7
PHORONIDA indet.	19	3.5	56.2
Cerianthus lloydii	16	3.0	59.2

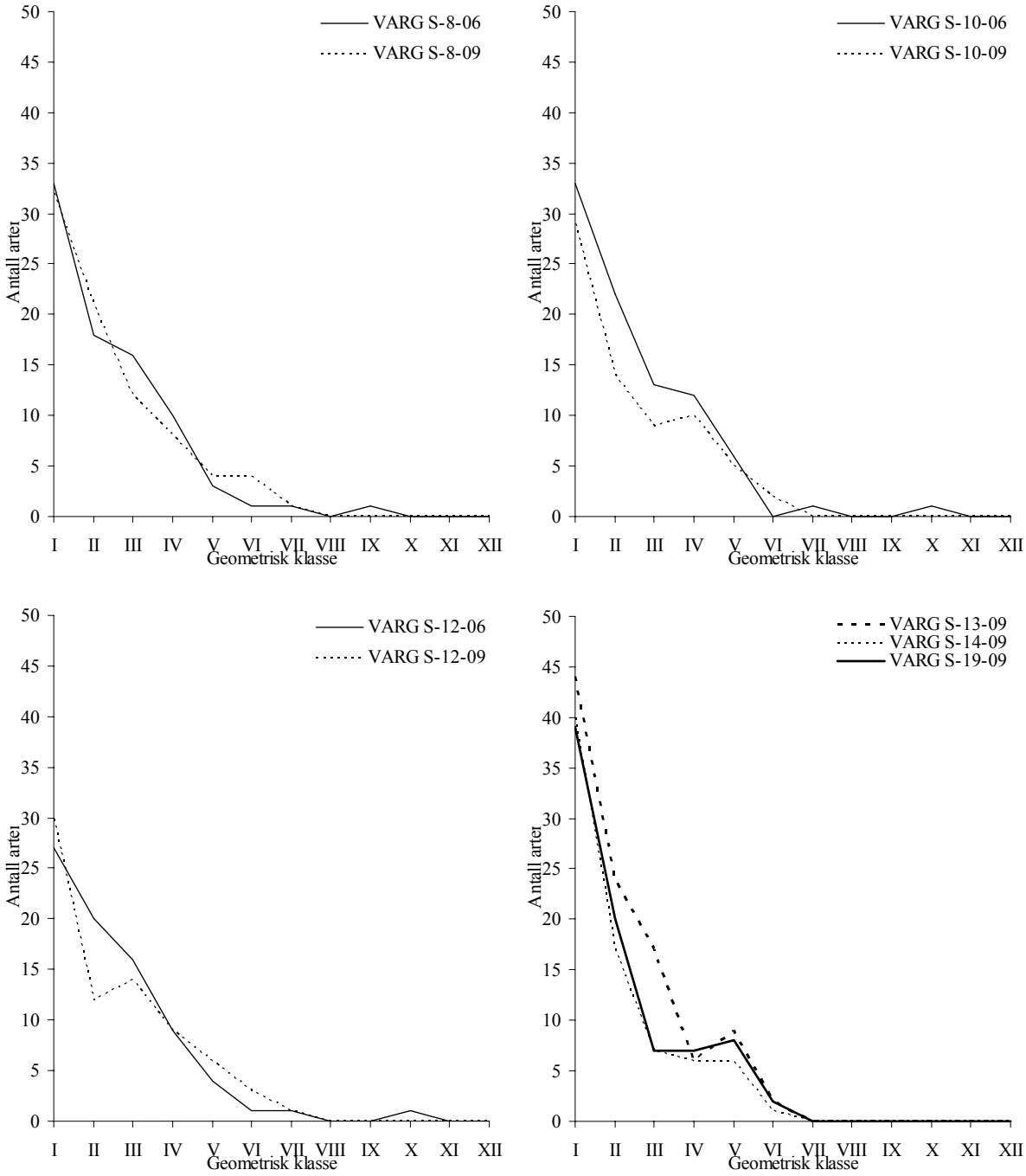
VARG S-13-09	Ant. Individer	%	Kum %
Edwardsia sp.	40	7.4	7.4
Cerianthus lloydii	36	6.7	14.2
Amphiura filiformis	31	5.8	19.9
Goniada maculata	27	5.0	25.0
Paramphinome jeffreysii	27	5.0	30.0
Aonides paucibranchiata	24	4.5	34.5
Hyperiidae indet.	23	4.3	38.7
Myriochele oculata	22	4.1	42.8
Ampharete falcata	22	4.1	46.9
Eudorellopsis deformis	19	3.5	50.5

VARG S-14-09	Ant. Individer	%	Kum %
Edwardsia sp.	33	9.9	9.9
Amphiura filiformis	25	7.5	17.5
Paramphinome jeffreysii	25	7.5	25.0
Myriochele oculata	24	7.2	32.2
Scoloplos armiger	17	5.1	37.3
Owenia borealis	17	5.1	42.5
Cerianthus lloydii	16	4.8	47.3
Eudorellopsis deformis	11	3.3	50.6
Goniada maculata	10	3.0	53.6
Ampharete falcata	10	3.0	56.6

VARG S-19-09	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	54	11.4	11.4
Amphiura filiformis	43	9.1	20.5
Edwardsia sp.	30	6.3	26.8
Paramphinome jeffreysii	28	5.9	32.8
Owenia borealis	25	5.3	38.1
Mysella bidentata	25	5.3	43.3
Cerianthus lloydii	22	4.7	48.0
Eudorellopsis deformis	20	4.2	52.2
Scoloplos armiger	19	4.0	56.2
Goniada maculata	16	3.4	59.6



Figur 5.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Varg Sør i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



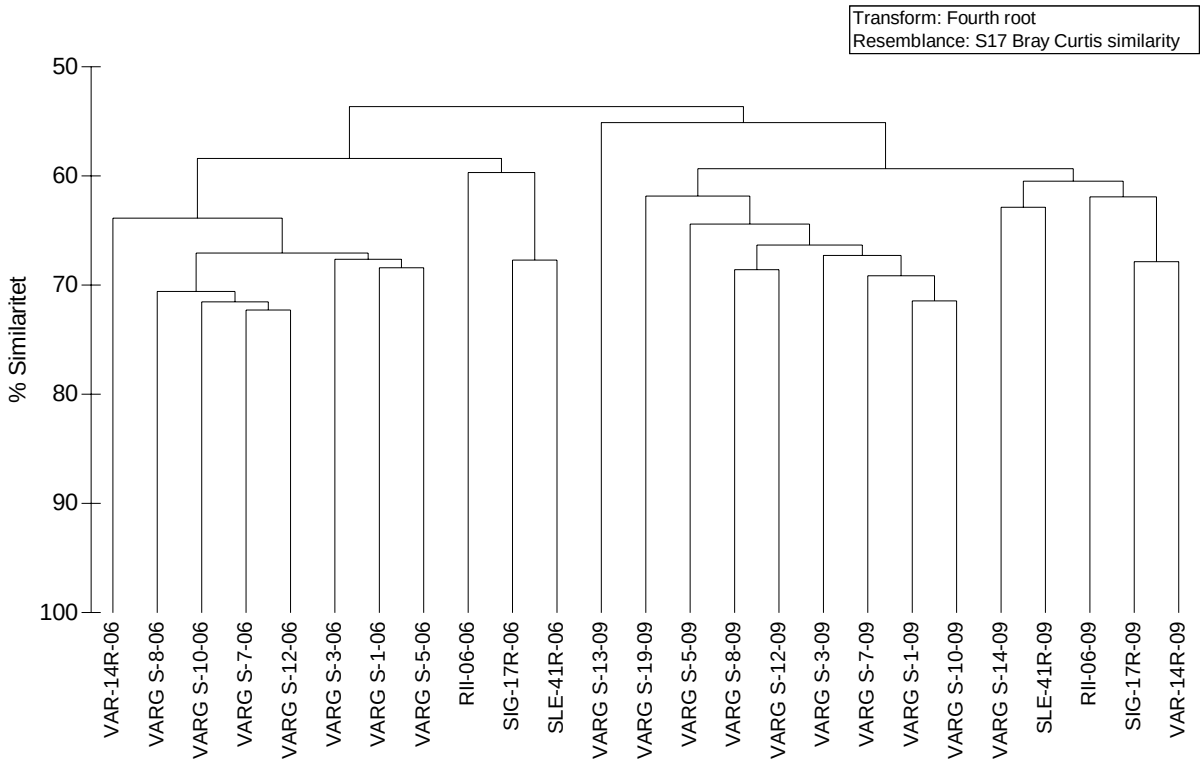
Figur 5.10. fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Varg Sør i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 5.10. Kurvene indikerer stort sett gode miljøforhold på stasjonene i 2009.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 5.11.

Cluster-analysen samlet alle de feltspesifikke stasjonene og regionale stasjonene fra den grunne subregionen fra 2006 og 2009 innenfor en faunalikhet på 54 %. Likheten innen de feltspesifikke stasjonene var på 55 %. Stasjonene VAR S13 og VAR S14 var mer lik de regionale stasjonene enn de resterende feltspesifikke, og uten disse samlet de feltspesifikke stasjonene seg innen en likhet på 62 %.

MDS-figurene støtter opp under resultatene fra cluster-analysen (se Vedlegg).



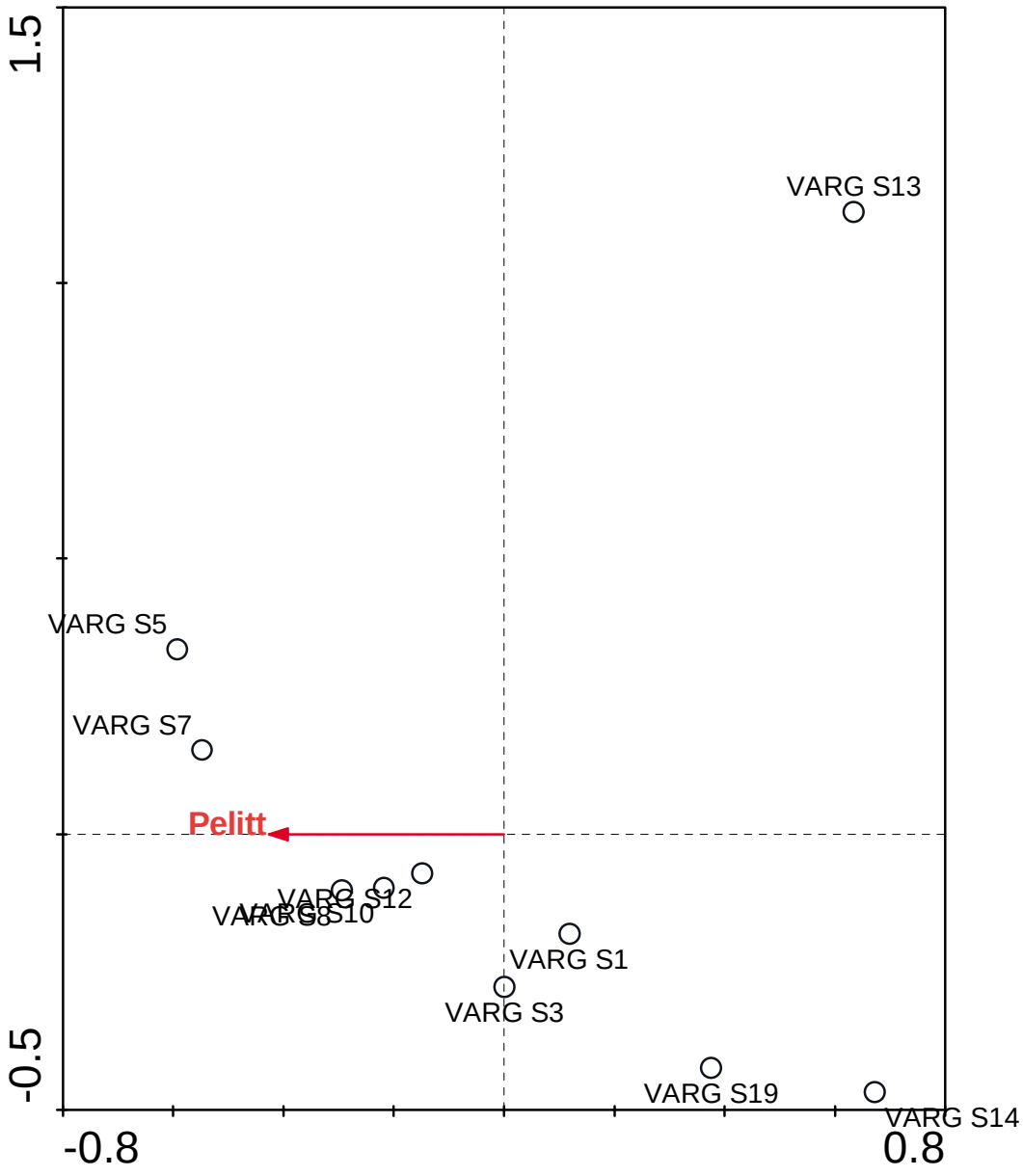
Figur 5.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Varg Sør sammen med de regionale stasjonene i den grunne subregionen i 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

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

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,47 og 1,30). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at dybden hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Se Vedlegg). I det første tvungne biplottet forklarer den første aksen 14,9 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 8,8 % og i det andre forklarer den første

aksen 18,2 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 19,4 %

De tre regionale stasjonene SLE41R, SIG17R og RII06 skilte seg fra de andre stasjonene ved at de ligger noe grunnere. I et plott hvor de regionale miljøfaktorene er ekskludert, er pelitt den viktigste faktoren som påvirker fordelingen av bunnfaunaen (Figur 5.12).



Figur 5.12. Plottet viser resultatet fra en RDA-analyse uten miljøfaktorene fra de regionale stasjonene. Pelitt hadde nå størst påvirkning på fordelingen av bunnfauna på Varg S-feltet. Den første aksen forklarer 18,2 %, mens den andre aksen forklarer 19,4 % av variasjonen i bunnfauna.

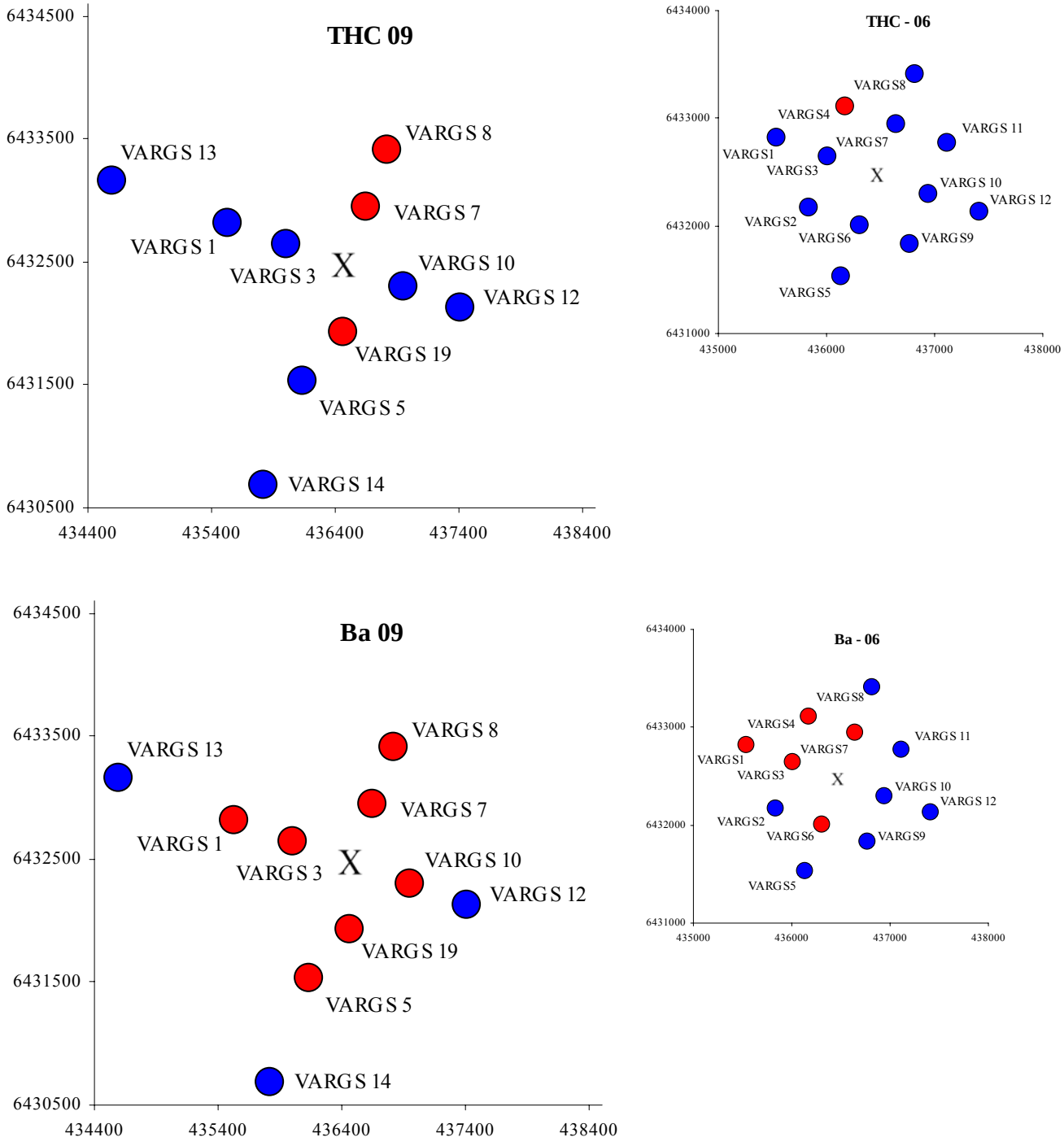
5.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 5.13 og Tabell 5.10. Tabell 5.10 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

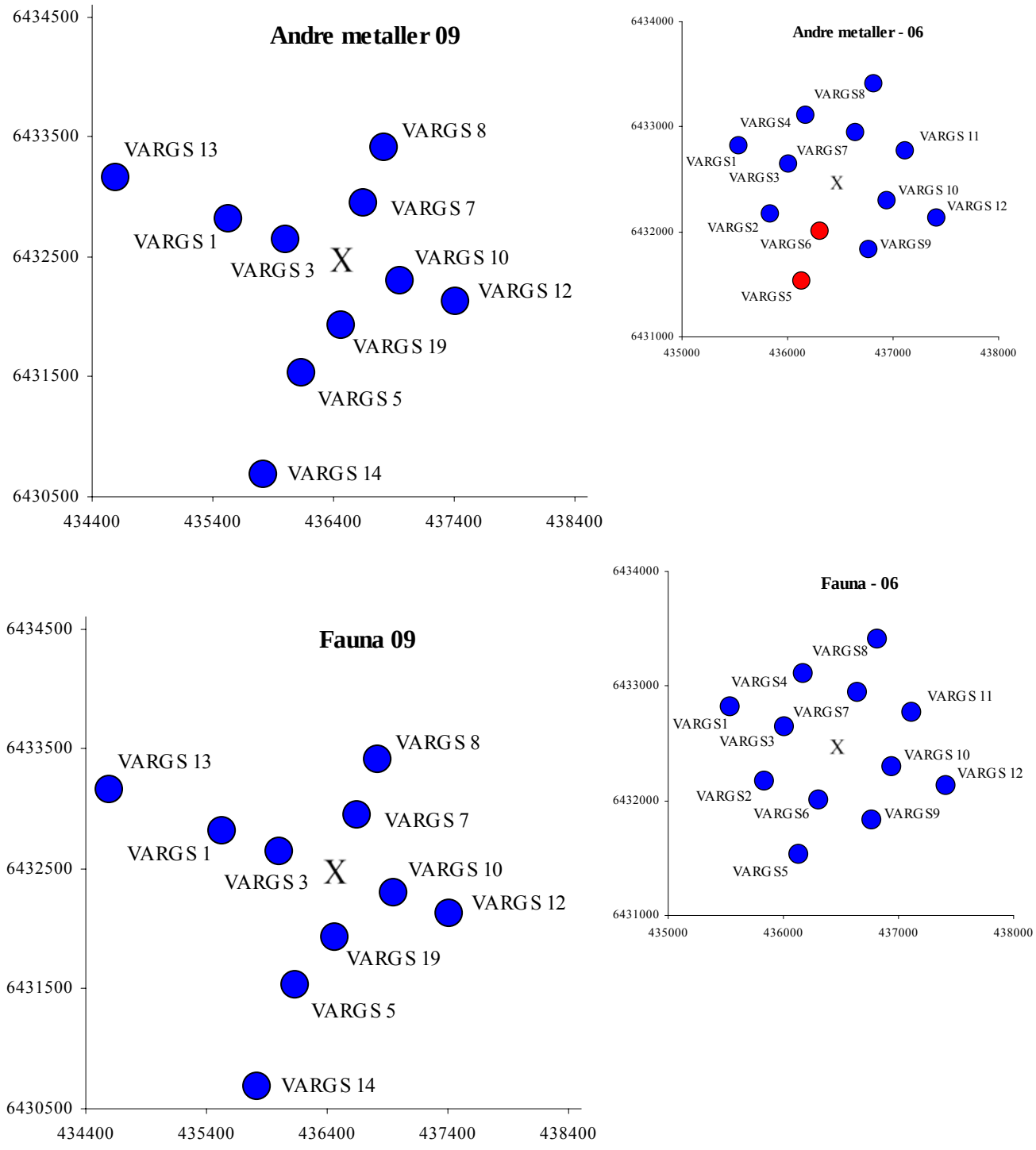
Det ble påvist THC kontaminering ved VARGS7 (500 m fra feltsenter), VARGS8 (1000 m fra feltsenter) mot nord og VARGS19 (532 m fra feltsenter) mot sør. Halve distansen mot VARGS3 ble benyttet for å beregne kontaminert areal av THC. Bariumkontamineringen strakte seg fra1000 m vest (VARGS1) til 500 m øst (VARGS10) og 1000 m i sør. Utstrekningen nordover er usikker ettersom ytterste stasjon var kontaminert (VARGS8, 1000 m). Disse dataene er påvirket av den sterke nedgangen i Bariumsverdien for LSC i den grunne subregionen. I realiteten er konsentrasjonene for Barium ved de feltspesifikke stasjonene i 2009 lavere eller omtrent på samme nivå som konsentrasjonene i 2006. Det ble ikke påvist kontaminering av andre metaller i 2009 og heller ingen forstyrret bunnfauna.

Tabell 5.10. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen i 2006 og 2009.*) Minimumsareal, I de tilfellene hvor det er kontaminering til ytterste stasjon, er det ikke mulig å beregne et eksakt kontaminert areal.

Varg Sør	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²
THC	1000	0	532	0	0,61*	0,14
Ba	1000	500	1000	1000	2,36*	0,95
Andre metall	0	0	0	0	0	0,20
Fauna	0	0	0	0	0	0,00



Figur 5.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler.



Figur 5.13 fortsetter. Ingen av stasjonene hadde konsentrasjoner av andre metall enn Barium over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09.}}$ Alle sirklene er derfor blå. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

5.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2006 er det er til sammen boret 6 brønner og det er ikke rapportert uhellsutslipp på Rev. To stasjoner ble flyttet ved undersøkelsen i 2009 (VARGS14 og VARGS19). Sedimentet hadde et høyt innhold av fin sand som tidligere, mens TOM innholdet var lavere i 2009. Barium lå over LSC 1000 m mot nord, vest og sør og THC lå over LSC 1000 m mot nord og 500 m mot sør. De øvrige metallene lå under LSC i 2009. Det ble ikke påvist faunaforstyrrelse i 2009. THC og barium nådde ikke ukontaminert sediment mot nord.

6. Varg

6.1 Introduksjon

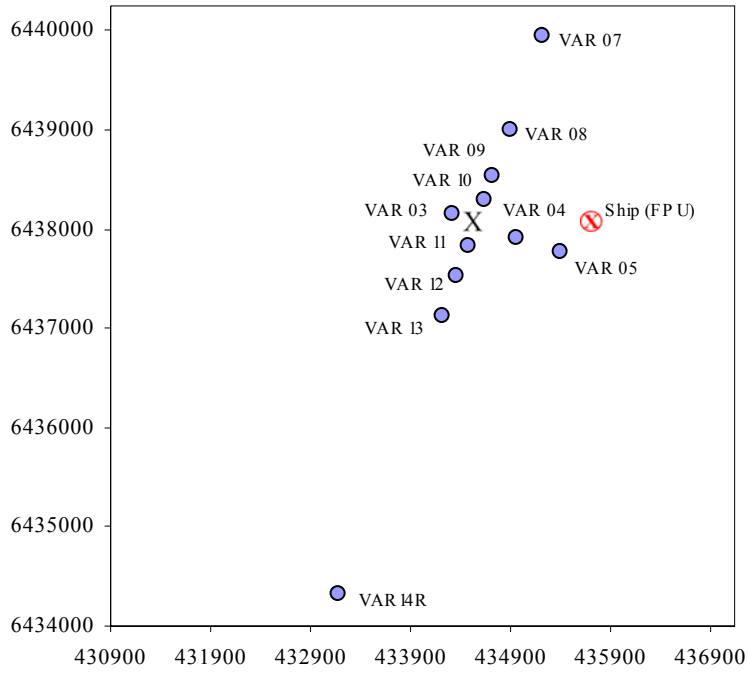
Varg ligger i blokk 15/12 i den sørligste delen av den grunne subregionen. Produksjonen på feltet startet i desember 1998. En grunnlagsundersøkelse ble foretatt på feltet i 1997 (Mannvik et al. 1998) og denne ble fulgt opp av overvåkingsundersøkelse i 2000 (Mannvik et al. 2001), 2003 (Botnen et al. 2004) og 2006 (Botnen et al. 2007). I grunnlagsundersøkelsen ble det påvist en uforstyrret bunnfauna, men kontaminering av THC ut til 1000 m mot nordøst, og ut til 500 m i de tre andre retningene. Barium ble påvist i forhøyede nivåer ut til 250 m mot nordøst og sørvest. I 2000 ble forstyrret bunnfauna og forhøyede nivåer av THC påvist ut til 250 m mot nordøst og sørvest. Mellom undersøkelsene i 2000 og i 2003 var det lite utslipp på feltet og resultatene fra undersøkelsen i 2003 viste lavere nivåer av barium og THC, men likevel over LSC på flere stasjoner, og bunnfaunaen var forstyrret ut til 250 m mot nordøst og sørvest. Størrelsen på arealet kontaminert med THC og barium, og forstyrret bunnfauna, hadde minsket fra 2003 til 2006, mens arealet med bly-, kobber- og sinkforurensing hadde økt i størrelse.

Utslippshistorikken på Varg 1997-2008 vises i Tabell 6.1. Siden forrige undersøkelse er det boret tre brønner i 2006 og en brønn i 2008. Figur 6.1 viser prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Tabell 6.1. Boring og utslipp fra drift og uhell på Varg. Verdiene er i tonn bortsett fra uhellsutslipp i 1998 og 1999, og for alle utslipp i 2004, som er i kubikkmeter.

Varg	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Antall borete brønner	1	4	5	0	0	0	2	4	3	3	0	1
Baritt	i.t.	i.t.	174	0	0	0	0	644	314	0	0	0
Borekaks	1615	3510	2671	0	0	0	0	0	1786	0	0	0
Oljebasert boreslam	-	1)	1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam	1810	6726	7106	0	0	0	121	8210	5646	0	0	0
Sementeringskjemikalier	160 2)	53	36	0	0	0	0	35	-	-	-	-
Kompletteringskjemikalier	-	4	5	0	0	0		-	-	-	-	-
Olje i produsert vann	-	-	1	0,45305 3)	0	0	12	3	5,44	8	15.4	10.2
Uhellsutslipp	-	0,250m^3 3)	0,329m^3	0,0425 4)	0	0	0,05	7,13	-	-	-	-

i.t. = ikke tilgjengelig
1) Benyttet, men fraktet tilbake til land. Mulig utslipp av 4862 tonn slam/borekaks (OBM) i 1999.
2) Beregnede verdier
3) 1. kvartal
4) Dieselutslipp på sjøoverflaten
- Ingen data



Stasjon	ED50 UTM sone 31 Ø	N	Avstand (m)/ retning (°)	Dyp
VAR-03	434325	6438160	250/290	88
VAR-04	434959	6437919	500/110	85
VAR-05	435407	6437762	1000/110	85
VAR-07	435227	6439956	2000/20	87
VAR-08	434899	6438997	1000/20	87
VAR-09	434733	6438543	500/20	87
VAR-10	434640	6438300	250/20	87
VAR-11	434478	6437835	250/200	86
VAR-12	434367	6437523	500/200	87
VAR-13	434219	6437115	1000/200	88
VAR-14R	433187	6434316	4000/200	90

Figur 6.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Varg i forhold til feltsenteret (x) og den flytende produksjonsenheten (FPU). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

6.2 Resultater

6.2.1. Sedimentbeskrivelse

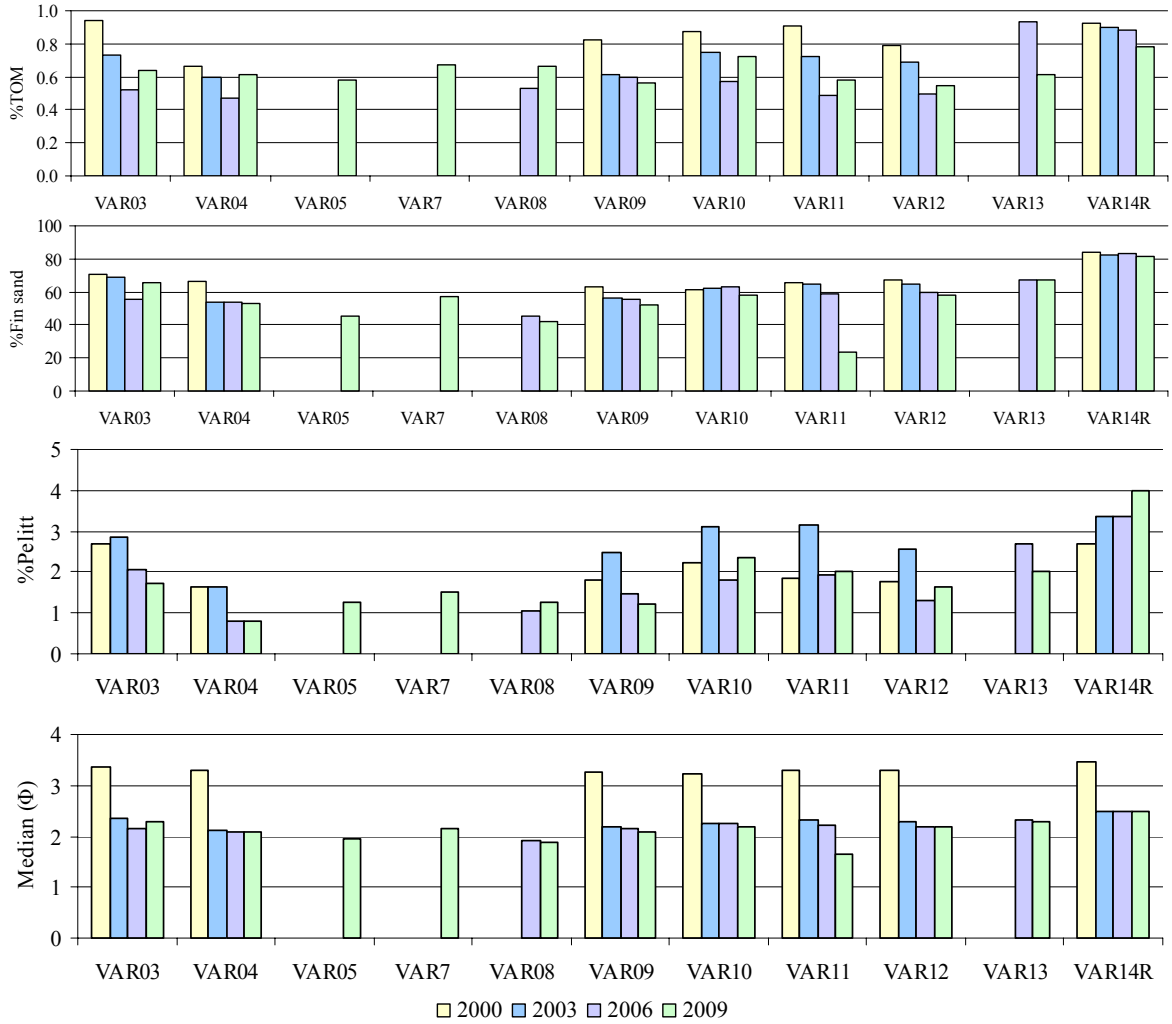
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 6.2. I Figur 6.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Varg hadde et TOM-innhold fra 0,55 % til 0,72 %. Sandinnholdet varierte fra 97,12 % til 98,88 % og pelittinnholdet varierte mellom 0,79 % og 2,35 %. Medianen (Φ) varierte mellom 1,660 og 2,299. TOM- og pelittinnholdet var på nivå med målingene fra 2003 og 2006 (Figur 6.2).

Tabell 6.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Varg i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus VAR-14R) og for den grunne subregionen, som Varg tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelite %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
VAR-03	0,64	0,09	98,20	1,71	2,28	0,68	-0,114	0,959
VAR-04	0,61	0,33	**98,88**	**0,79**	2,08	0,66	-0,051	**0,741**
VAR-05	0,58	0,02	98,72	1,26	1,94	0,66	0,086	0,742
VAR-07	0,67	0,03	98,45	1,52	2,17	0,66	-0,098	0,790
VAR-08	0,66	0,01	98,74	1,25	1,87	0,66	0,151	0,755
VAR-09	0,56	0,08	98,68	1,24	2,07	0,68	-0,002	0,781
VAR-10	**0,72**	**0,53**	**97,12**	**2,35**	2,19	**0,74**	-0,024	0,933
VAR-11	0,58	0,01	97,97	2,02	**1,66**	**0,60**	**0,298**	**1,115**
VAR-12	**0,55**	0,02	98,33	1,65	2,17	0,66	-0,099	0,791
VAR-13	0,61	0,01	97,98	2,00	**2,30**	0,65	**-0,176**	0,931
VAR 14-R	0,78	0,08	95,92	4,00	2,48	0,62	0,029	1,585
snitt[1]	0,62	0,11	98,31	1,58	2,07	0,66	-0,003	0,854
sd[1]	0,05	0,18	0,53	0,46	0,20	0,03	0,144	0,125
min[1]	0,55	0,01	97,12	0,79	1,66	0,60	-0,176	0,741
max[1]	0,72	0,53	98,88	2,35	2,30	0,74	0,298	1,115
snitt[2]	0,65	0,04	97,67	2,29	2,28	0,65	-0,09	1,02
sd[2]	0,10	0,03	1,18	1,16	0,15	0,02	0,09	0,38
min[2]	0,55	0,01	95,92	1,52	2,17	0,62	-0,18	0,79
maks[2]	0,78	0,08	98,45	4,00	2,48	0,66	0,03	1,59

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen VAR14R
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 6.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Varg 2009.

6.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Varg i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. Både den feltspesifikke LSC verdien for 2009 (LSC $VAR14R_{09}$), LSC for den grunne subregionen basert på data fra perioden 1997 til 2009 (LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$) og LSC verdien for hele Region II basert på data fra perioden 1996 til 2009 (LSC Region II $_{96\text{-}09}$). I teksten og figurene som omhandler Varg benyttes kun LSC for den grunne subregionen (LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$).

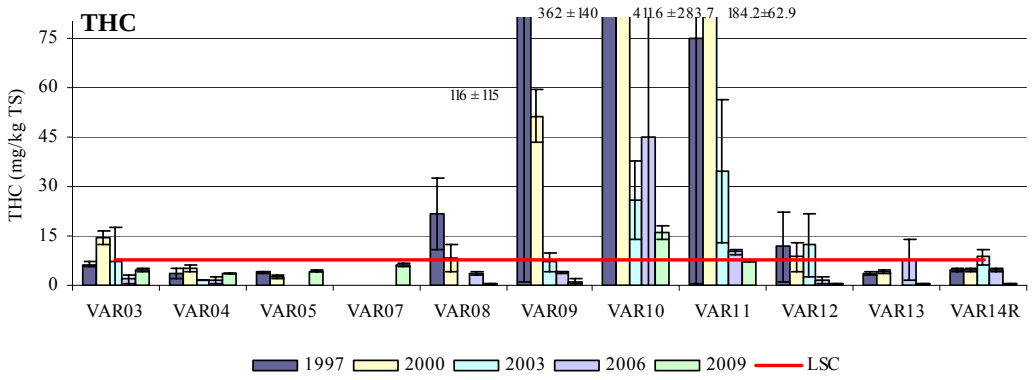
LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$	6,9	0,02	0,02	1,0	9,8	10,4	16,7	6,3	0,02	0,01

6.2.3. Oljehydrokarboner

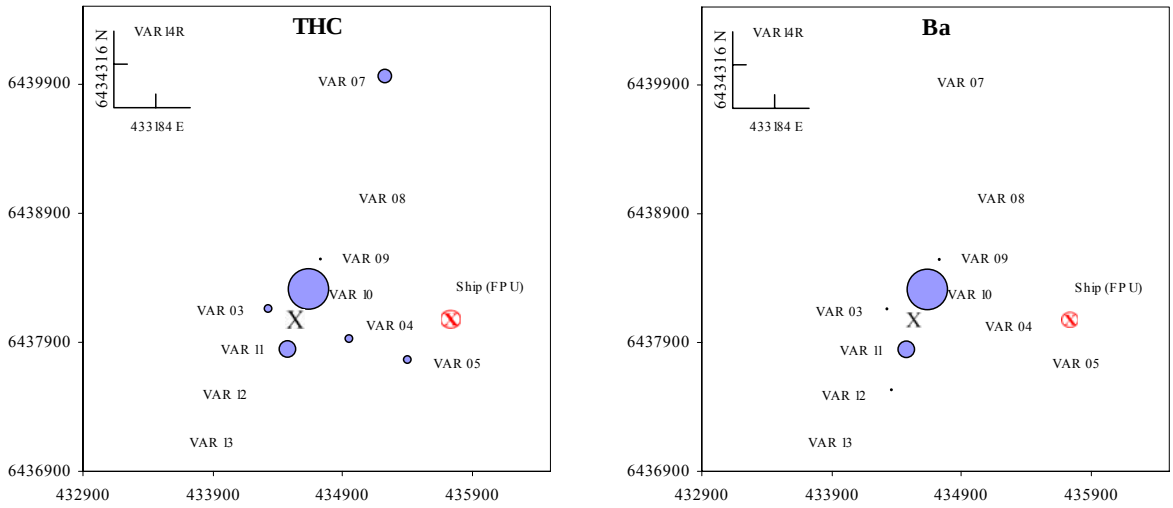
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 6.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 6.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 6.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 6.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC og NPD ble påvist over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på VAR10, 250 m mot nordøst. På flere stasjoner er det en jevn nedgang i THC sammenlignet med alle forutgående år, mens på VAR03/04/05 er det en økning sammenlignet med 2006 (Figur 6.3). THC innholdet hadde siden 2006 sunket på VAR10 og VAR 11, men lå fortsatt over LSC på VAR10.

På VAR10 var THC-innholdet over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ i alle de vertikale prøvene fra 0-6 cm dyp (Tabell 6.4). på alle stasjoner,



Figur 6.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Varg frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.



Figur 6.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium (Ba) i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Varg i 2009. Feltsenteret er markert med x og FPU (fartøy) er markert med ⊗.

Tabell 6.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Varg i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den grunne subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
VAR03	4,5	0,5	i.a.	-	i.a.	-
VAR04	3,6	0,2	i.a.	-	i.a.	-
VAR05	4,3	0,3	i.a.	-	i.a.	-
VAR07	6,1	0,6	i.a.	-	i.a.	-
VAR08	**<1**	0,0	i.a.	-	i.a.	-
VAR09	1,2	0,6	0,009	0,001	0,006	0,000
VAR10	**16,0**	2,0	0,015	0,002	0,023	0,001
VAR11	7,3	0,2	i.a.	-	i.a.	-
VAR12	**<1**	0,0	i.a.	-	i.a.	-
VAR13	**<1**	0,0	i.a.	-	i.a.	-
VAR14R	**<1**	0,0	0,019	0,019	0,009	0,000
snitt±sd[1]	4,5±4,7					
min-maks[1]	0,5-16					
snitt±sd[2]	1,6±2,1		0,014±0,004		0,005±0,004	
min-maks[2]	<0,1-4,7		0,009-0,019		0,000-0,009	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen VAR14R er utelatt
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen

Tabell 6.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på VAR09 og VAR10 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er skyggelagt.

Sjikt	VAR09	VAR10
(0-1cm)	1,7	18
(1-3cm)	<1	120
(3-6cm)	1,5	200

6.2.4 Radioaktivitet

Fra to utvalgte stasjoner ble det tatt tre parallelle sedimentprøver til analyse av radioaktivitet. Det ble foruten disse tatt prøver fra de to regionale stasjonene RII06 og RII09. Resultatene presenteres i Tabell 6.5. Ingen av de radioaktive isotopene på VAR-09 og VAR-10 skilte seg vesentlig fra de to regionale stasjonene. Radioaktiviteten på ene hugget på RII09 skilte seg imidlertid fra de to øvrige huggene med høyere verdier.

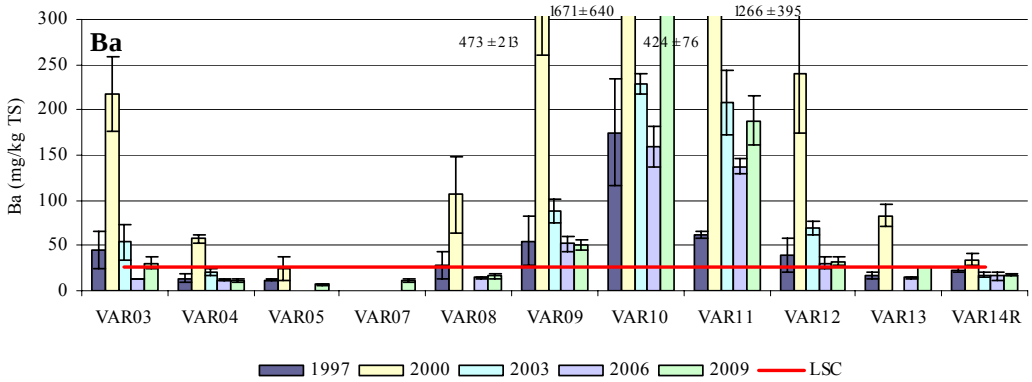
Tabell 6.5. Forekomsten av radioaktiv aktivitet av ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{210}Pb og ^{228}Th i sedimentprøver (Bq/kg tørrvekt) fra Region II i 2009.

		Målt aktivitet (Bq/kg tørrvekt)			
Lokalitet	**Hugg nr.**	**^{226}Ra**	**^{228}Ra**	**^{210}Pb**	**^{228}Th**
VAR-09	1	≤ 5,4	≤ 5,9	32 ± 11	4,3 ± 2,0
	2	≤ 12,1	≤ 18,8	36 ± 20	7,9 ± 4,3
	3	≤ 7,9	≤ 15,7	32 ± 16	4,3 ± 2,4
VAR-10	1	≤ 5,8	≤ 5,4	39 ± 9	6,1 ± 1,2
	2	≤ 5,7	≤ 8,7	37 ± 15	5,2 ± 2,1
	3	≤ 9,9	≤ 4,1	31 ± 6	6,9 ± 0,7
RII-06	1	≤ 11,5	≤ 13,4	≤ 24	6,1 ± 2,6
	2	≤ 12,3	≤ 18,3	≤ 26	13,5 ± 6,6
	3	≤ 12,3	≤ 12,4	≤ 31	6,4 ± 2,3
RII-09	1	≤ 17,5	45 ± 26	438 ± 43	44,7 ± 7,3
	2	≤ 11,4	≤ 17,3	51 ± 14	10,8 ± 4,0
	3	≤ 5,2	≤ 6,8	53 ± 9	5,3 ± 1,6

6.2.5 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 6.6. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 6.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 6.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 6.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på VAR02/08/09/10/11/13, Pb på VAR07/09/12, og Zn på VAR09-12 (Tabell 6.6 og Figurene 6.5 og 6.6). På disse stasjonene var det også høye konsentrasjoner tidligere år, men spesielt barium på VAR10 har en kraftig økning fra 2006. Kadmium viste en senkning, mens sink viste en generell økning på alle stasjonene og flere av disse viser i 2009 de høyeste nivåene av sink i hele tidsserien (Figur 6.5 og Figur 6.6).

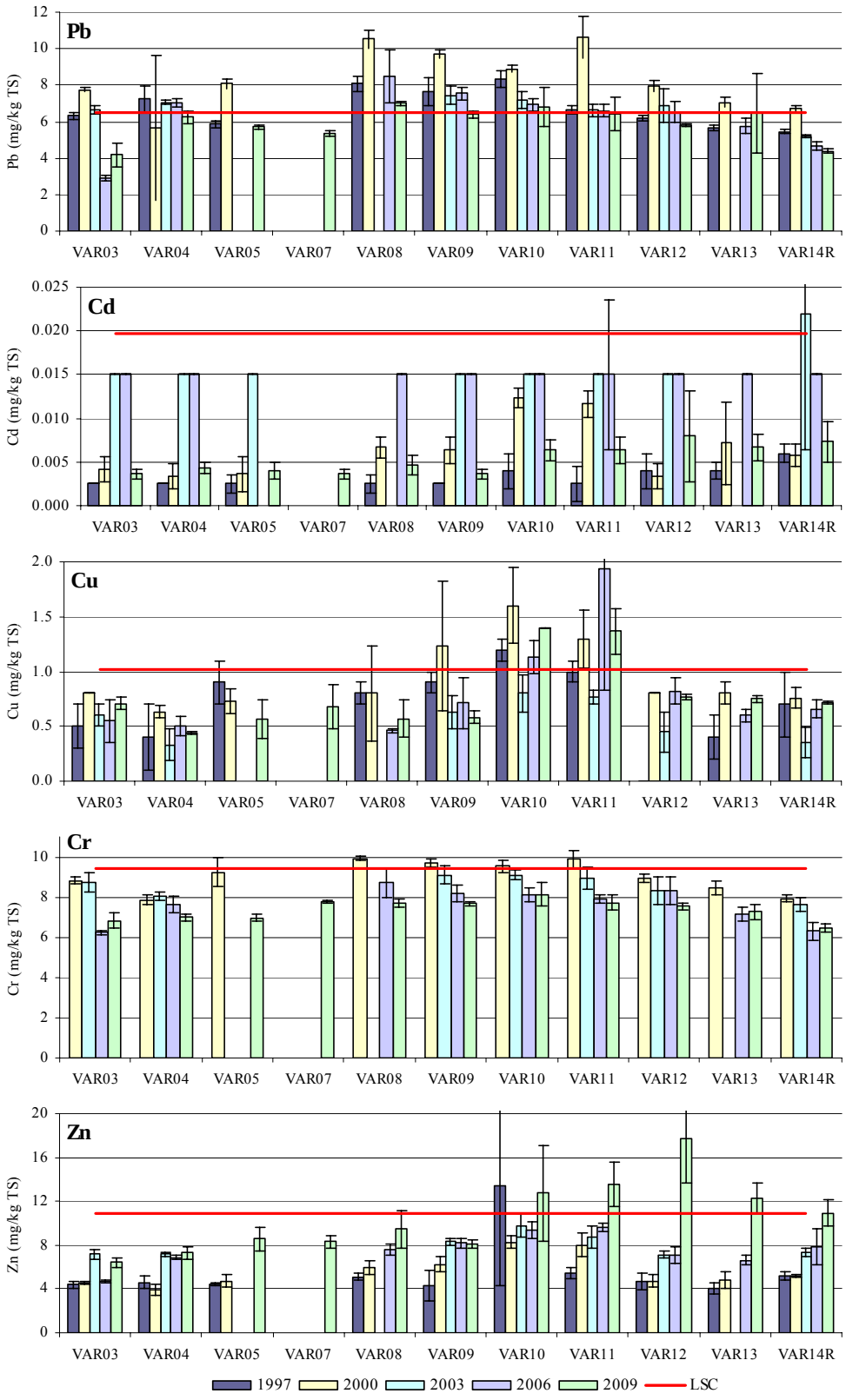


Figur 6.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Varg i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.

Tabell 6.6. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Varg i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den grunne subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
VAR03	11,7	2,3	6,2	0,3	0,004	0,001	**0,4**	0,0	7.0	0,2	i.a.	-	7,3	0,6
VAR04	**6,6**	1,0	5,7	0,1	0,004	0,001	0,6	0,2	7.0	0,2	i.a.	-	8,6	1,1
VAR05	11,5	2,0	5,4	0,2	0,004	0,001	0,7	0,2	7.8	0,1	i.a.	-	8,3	0,6
VAR07	16,0	2,7	**7,0**	0,1	0,005	0,001	0,6	0,2	7.7	0,2	i.a.	-	9,4	1,7
VAR08	50,7	5,3	6,4	0,2	0,004	0,001	0,6	0,1	7.7	0,1	0,003	0,000	8,1	0,4
VAR09	**424,0**	76,2	6,8	1,1	0,006	0,001	**1,4**	0,0	**8.1**	0,6	0,004	0,000	12,8	4,4
VAR10	188,3	26,4	6,4	0,9	0,006	0,002	**1,4**	0,2	7.7	0,4	i.a.	-	13,6	2,1
VAR11	32,7	5,4	5,8	0,1	0,008	0,005	0,8	0,0	7.5	0,2	i.a.	-	**17,7**	3,9
VAR12	26,5	0,4	6,5	2,2	0,007	0,002	0,8	0,0	7.3	0,4	i.a.	-	12,3	1,4
VAR13	30,4	6,2	**4,2**	0,6	0,004	0,001	0,7	0,1	**6.8**	0,4	i.a.	-	**6,4**	0,5
VAR14R	17,8	1,7	4,4	0,1	0,007	0,002	0,7	0,0	6.4	0,2	0,003	0,000	10,9	1.2
snitt ± sd[1]	79,8±132,2		6,0±0,8		0,005±0,002		0,8±0,3		7,5±0,4		0,004±0,001		10,4±3,5	
min-maks[1]	6,6-424,0		4,2-7,0		0,004-0,008		0,4-1,4		6,8-8,1		0,003-0,004		6,4-17, 7	
snitt±sd[2]	10,2±5,4		4,1±0,4		0,009±0,003		0,7±0,1		6,6±0,8		0,003±0,001		9,4±1,1	
min-maks[2]	6,2-17,8		3,6-4,5		0,005-0,012		0,5-0,8		5,5-7,4		0,002-0,005		8,3-10,9	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen VAR14R er utelatt
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 6.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Varg i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.

6.2.6 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 6.7. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 275 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Varg. Totalt ble 6679 individer fordelt på 217 taksa identifisert i prøvene fra Varg i 2009. Faunaen var tallmessig dominert av annelida (børstemark) med 43 % av alle individ og 47 % av alle taksa.

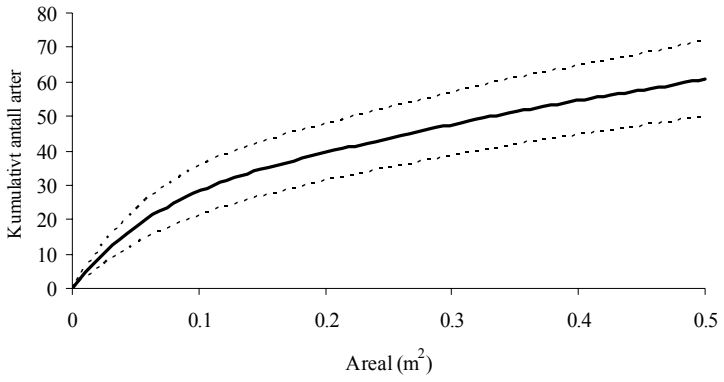
Tabell 6.7. Antall individ i prøvene fra Varg i 2009 fordelt på noen store taksonomiske grupper. Prøvene fra VAR14R er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (1 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	2872	43	84	47
Arthropoda	1761	26	68	25
Mollusca	482	7	42	6
Echinodermata	721	11	11	11
Diverse grupper	843	13	12	11
Totalt	6679	100	217	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovinntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 6.7).

Den horisontale fordelingen av individ og taksa (arter) på Vargfeltet i 2009 vises i Figur 6.8. Antall individ og taksa samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 6.8 og Figur 6.9. Antall individ på stasjonene varierte mellom 422 og 630, og antall taksa varierte mellom 70 og 87. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,00 og 5,46, og ES_{100} varierte mellom 37,89 og 43,08. Jevnheten varierte mellom 0,78 og 0,85. Antall individ og arter, i tillegg til ES_{100}, ved den tilknyttede regionale stasjonen (VAR14R) var litt lavere enn stasjonene ved hovedfeltet. Derimot lå diversitetsindeksen (H') og jevnhet (J) innenfor samme intervall.

Etter et svært høyt individantall i 2006, har verdiene sunket i 2009. Dette gjenspeiles i artsdiversiteten (H') og ES_{100} for 2009, hvor nivåene er på samme nivå som i 2003. Verdiene varierte lite mellom stasjonene. Resultatene tyder på gode miljøforhold for bunnfaunaen.

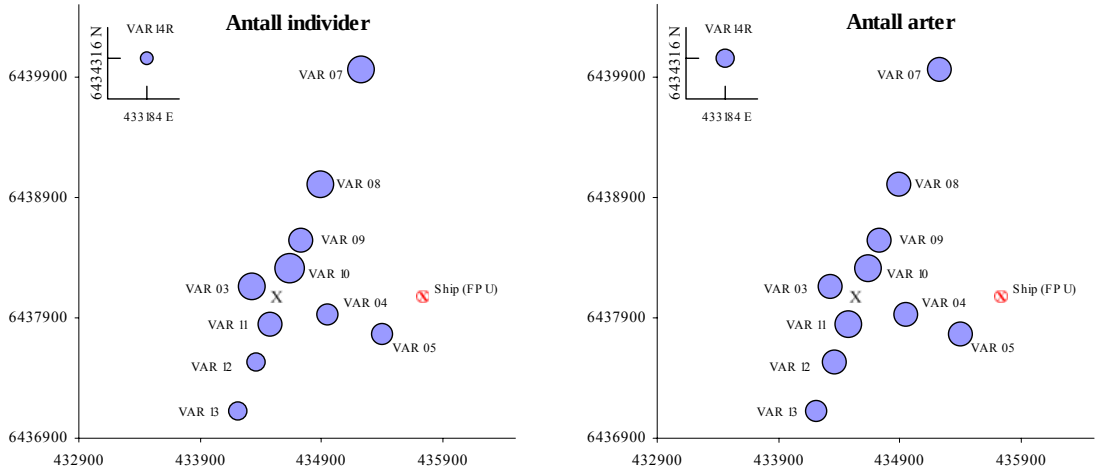


Figur 6.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for VAR-14R i 2009.

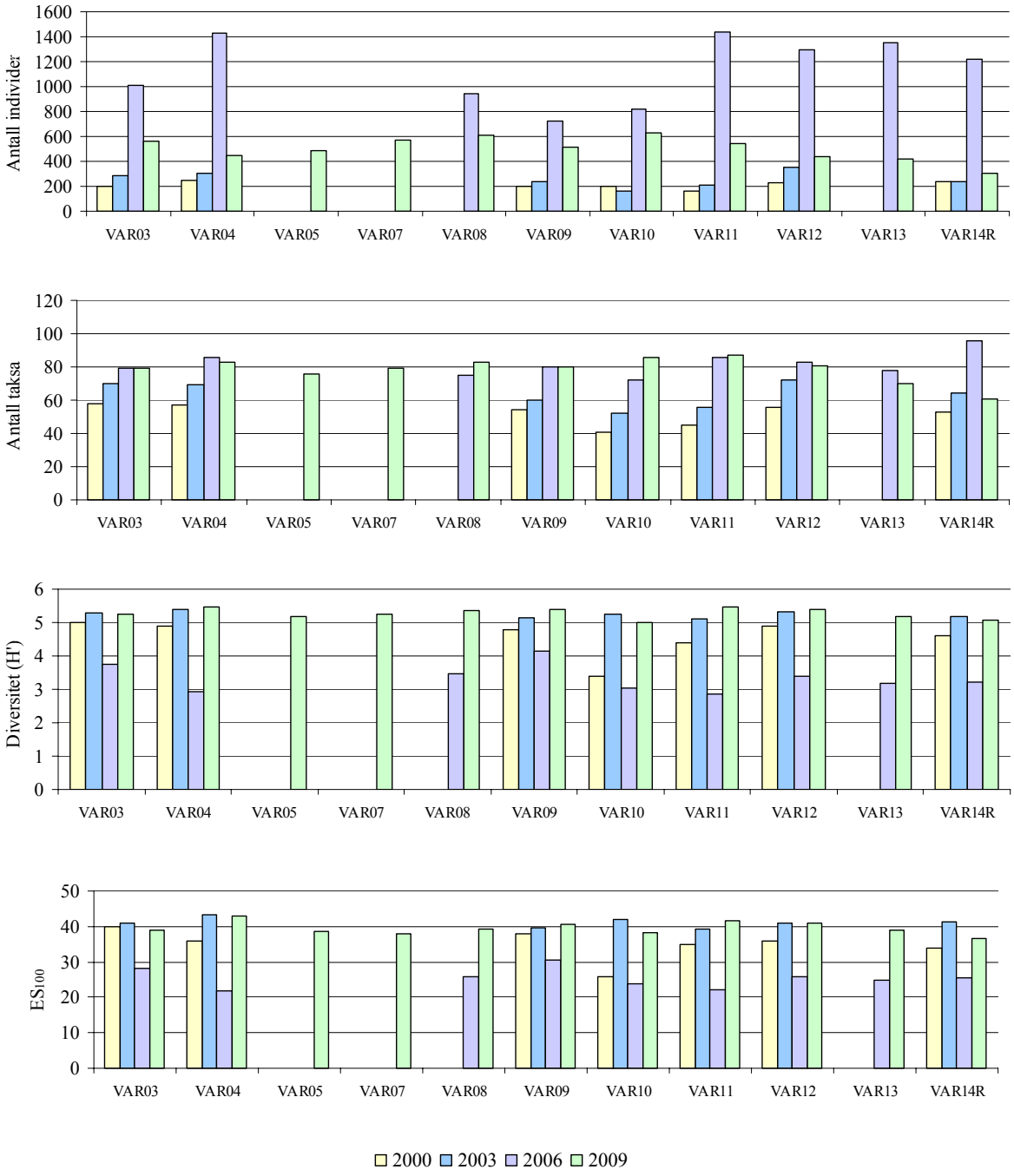
Tabell 6.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Varg i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida er utelatt.

	Individer	Arter	H'	J	H'-max	ES(100)
VAR-03-09	565	79	5,25	0,83	6,30	38,99
VAR-04-09	448	83	5,45	0,85	6,38	**43,08**
VAR-05-09	483	76	5,19	0,83	6,25	38,56
VAR-07-09	571	79	5,24	0,83	6,30	**37,89**
VAR-08-09	611	83	5,35	0,84	6,38	39,29
VAR-09-09	514	80	5,40	0,85	6,32	40,47
VAR-10-09	**630**	86	**5,00**	**0,78**	6,43	38,39
VAR-11-09	546	**87**	**5,46**	0,85	**6,44**	41,63
VAR-12-09	434	81	5,38	0,85	6,34	41,01
VAR-13-09	**422**	**70**	5,16	0,84	**6,13**	38,99
VAR-14R-09	307	61	5,06	0,85	5,93	36,5
snitt[1]	522	80	5,29	0,84	6,33	39,83
sd[1]	74	5	0,15	0,02	0,09	1,66
min[1]	422	70	5,00	0,78	6,13	37,89
maks[1]	630	87	5,46	0,85	6,44	43,08
snitt[2]	348	65	5,00	0,83	6,02	36,39
sd[2]	58	4	0,25	0,04	0,08	3,81
min[2]	305	61	4,63	0,77	5,93	30,97
maks[2]	429	69	5,17	0,85	6,11	39,31

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen VAR14R
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 6.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa over Vargfeltet i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



Figur 6.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Varg fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt i 2009.

Tabell 6.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Varg i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

VAR-03	Ant. Ind	%	Kum. %
Myriochele oculata	57	10.1	10.1
Amphiura filiformis	55	9.7	19.8
Ampharete falcata	36	6.4	26.2
Owenia borealis	29	5.1	31.3
Goniada maculata	27	4.8	36.1
Edwardsia sp.	26	4.6	40.7
Aonides paucibranchiata	23	4.1	44.8
PHORONIDA indet.	21	3.7	48.5
Cerianthus lloydii	19	3.4	51.9
Ophiura affinis	17	3.0	54.9

VAR-04	Ant. Ind	%	Kum. %
Edwardsia sp.	43	9.6	9.6
Amphiura filiformis	34	7.6	17.2
Owenia borealis	32	7.1	24.3
Aonides paucibranchiata	23	5.1	29.5
Echinocyamus pusillus	20	4.5	33.9
Spiophanes kroeyeri	18	4.0	37.9
Myriochele oculata	16	3.6	41.5
Cerianthus lloydii	15	3.3	44.9
Bathyporeia sp.	13	2.9	47.8
Aricidea catherinae	13	2.9	50.7
Dentalium entalis	13	2.9	53.6

VAR-05	Ant. Ind	%	Kum. %
Mysella bidentata	51	10.6	10.6
Edwardsia sp.	48	9.9	20.5
Owenia borealis	35	7.2	27.7
Amphiura filiformis	30	6.2	34.0
Aonides paucibranchiata	21	4.3	38.3
Chaetozone sp.	20	4.1	42.4
Bathyporeia sp.	17	3.5	46.0
Cerianthus lloydii	15	3.1	49.1
Hyperiidae indet.	15	3.1	52.2
Spiophanes bombyx	15	3.1	55.3

VAR-07	Ant. Ind	%	Kum. %
Aonides paucibranchiata	43	7.5	7.5
Amphiura filiformis	42	7.4	14.9
Edwardsia sp.	38	6.7	21.5
Hyperiidae indet.	35	6.1	27.7
Paramphinome jeffreysii	35	6.1	33.8
Owenia borealis	29	5.1	38.9
Scoloplos armiger	29	5.1	44.0
Myriochele oculata	28	4.9	48.9
Goniada maculata	23	4.0	52.9
Spiophanes kroeyeri	18	3.2	56.0

VAR-08	Ant. Ind	%	Kum. %
Aonides paucibranchiata	53	8.7	8.7
Amphiura filiformis	39	6.4	15.1
Spiophanes kroeyeri	39	6.4	21.4
Edwardsia sp.	33	5.4	26.8
Echinocyamus pusillus	32	5.2	32.1
Aricidea catherinae	27	4.4	36.5
Hyperiidae indet.	23	3.8	40.3
Owenia borealis	23	3.8	44.0
Myriochele oculata	18	2.9	47.0
Ampharete falcata	18	2.9	49.9

VAR-09	Ant. Ind	%	Kum. %
Edwardsia sp.	32	6.2	6.2
Owenia borealis	30	5.8	12.1
Myriochele oculata	29	5.6	17.7
Ophiura affinis	29	5.6	23.3
Mysella bidentata	26	5.1	28.4
Aonides paucibranchiata	24	4.7	33.1
Amphiura filiformis	23	4.5	37.5
Ampharete falcata	21	4.1	41.6
Cerianthus lloydii	21	4.1	45.7
Paramphinome jeffreysii	20	3.9	49.6

Tabell 6.9. fortsetter

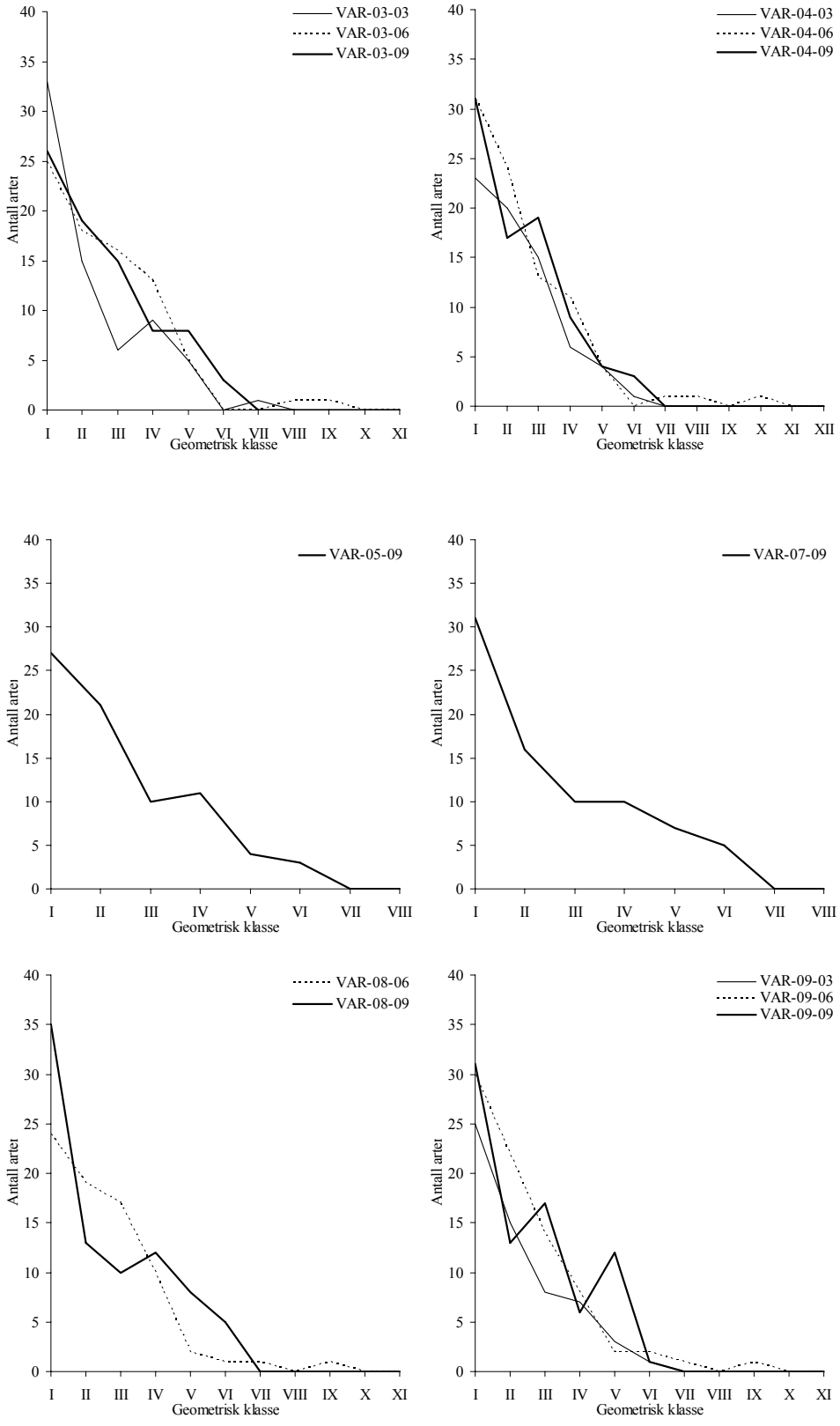
VAR-10	Ant. Ind	%	Kum. %
Ditrupa arietina	153	24.3	24.3
Edwardsia sp.	29	4.6	28.9
Aonides paucibranchiata	27	4.3	33.2
Ampharete falcata	26	4.1	37.3
Cerianthus lloydii	25	4.0	41.3
Myriochele oculata	24	3.8	45.1
Ophiura affinis	21	3.3	48.4
Paramphinome jeffreysii	21	3.3	51.7
NEMERTINI indet.	21	3.3	55.1
Chaetozone sp.	18	2.9	57.9

VAR-11	Ant. Ind	%	Kum. %
Myriochele oculata	46	8.4	8.4
Edwardsia sp.	32	5.9	14.3
Cerianthus lloydii	32	5.9	20.1
Ampharete falcata	27	4.9	25.1
Aonides paucibranchiata	25	4.6	29.7
Paramphinome jeffreysii	24	4.4	34.1
NEMERTINI indet.	23	4.2	38.3
Owenia borealis	22	4.0	42.3
Ophiura affinis	20	3.7	46.0
Amphiura filiformis	20	3.7	49.6

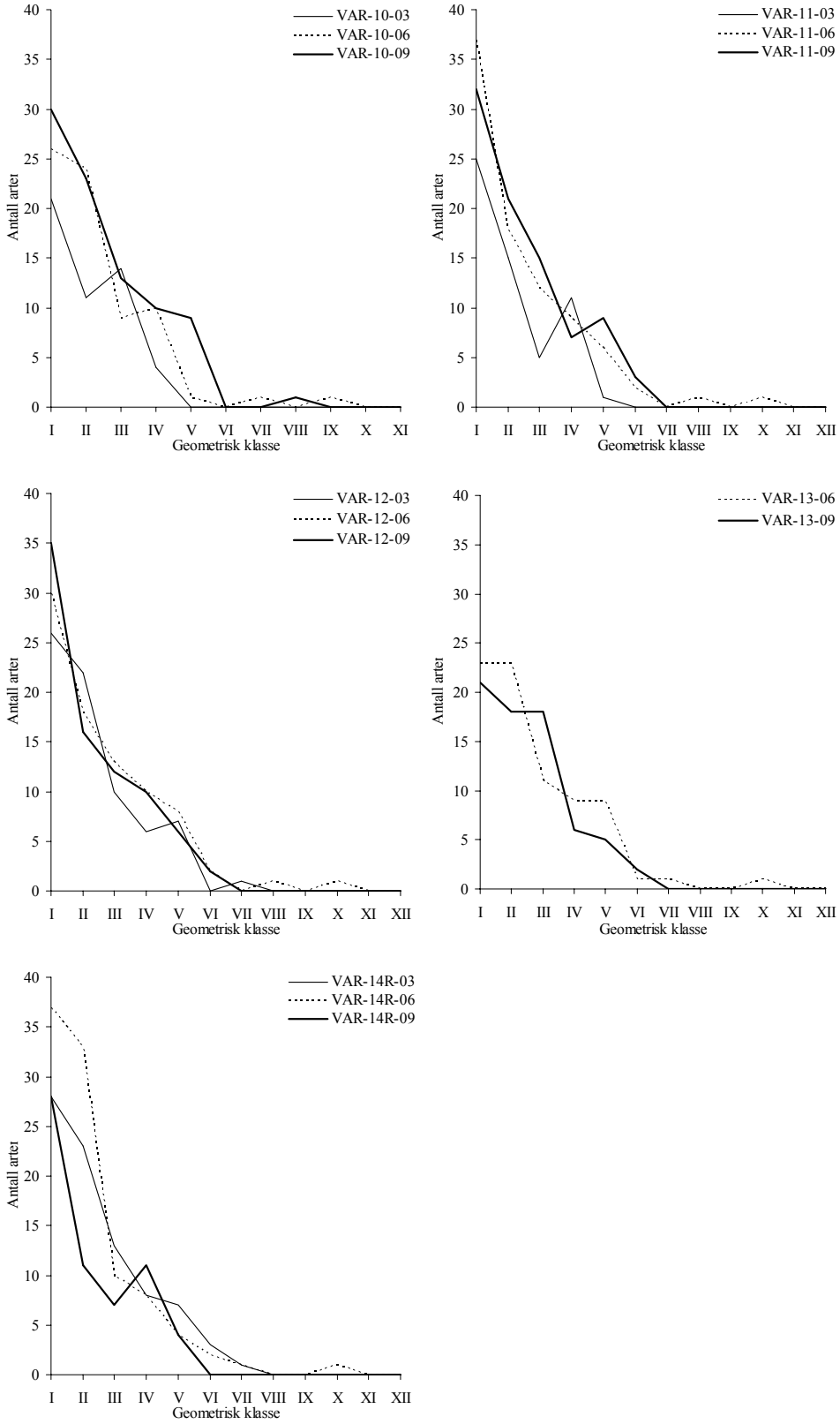
VAR-12	Ant. Ind	%	Kum. %
Myriochele oculata	36	8.3	8.3
Owenia borealis	35	8.1	16.4
Amphiura filiformis	25	5.8	22.1
Edwardsia sp.	23	5.3	27.4
Ampharete falcata	22	5.1	32.5
Cerianthus lloydii	18	4.1	36.6
Echinocyamus pusillus	17	3.9	40.6
Goniada maculata	16	3.7	44.2
Paramphinome jeffreysii	14	3.2	47.5
PHORONIDA indet.	14	3.2	50.7

VAR-13	Ant. Ind	%	Kum. %
Myriochele oculata	51	12.1	12.1
Ampharete falcata	39	9.2	21.3
Goniada maculata	26	6.2	27.5
Edwardsia sp.	25	5.9	33.4
Paramphinome jeffreysii	23	5.5	38.9
Amphiura filiformis	20	4.7	43.6
Aonides paucibranchiata	20	4.7	48.3
Owenia borealis	12	2.8	51.2
PHORONIDA indet.	12	2.8	54.0
Hyperiidae indet.	12	2.8	56.9

VAR-14R	Ant. Ind	%	Kum. %
Amphiura filiformis	28	9.1	9.1
Goniada maculata	25	8.1	17.3
Paramphinome jeffreysii	25	8.1	25.4
Edwardsia sp.	16	5.2	30.6
Scoloplos armiger	15	4.9	35.5
Chaetozone sp.	15	4.9	40.4
Myriochele oculata	14	4.6	45.0
Owenia borealis	12	3.9	48.9
PHORONIDA indet.	12	3.9	52.8
Hyperiidae indet.	12	3.9	56.7



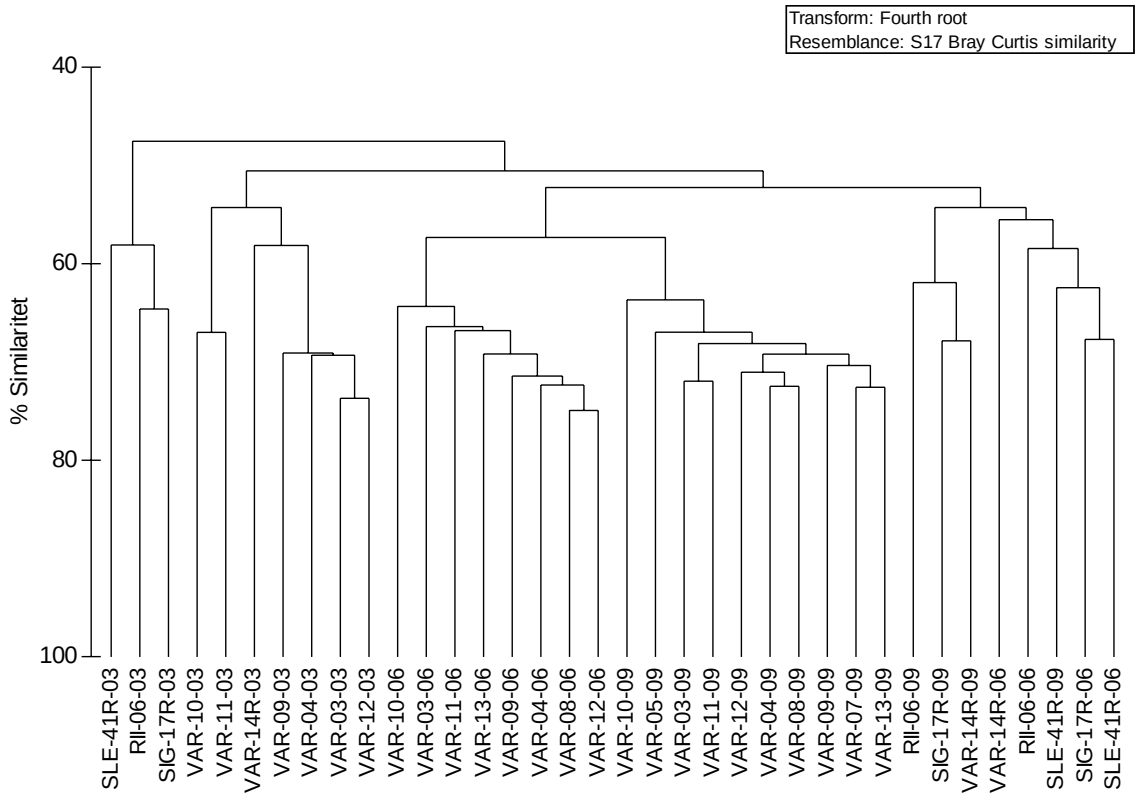
Figur 6.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Varg i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



Figur 6.10. Fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Varg i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 6.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på de feltspesifikke stasjonene i 2009 som i 2006.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 6.11. Cluster-analysen samlet alle stasjonene innen en faunalikhet på om lag 48 %. Likheten mellom alle de feltspesifikke stasjonene var ca. 64 %, mens den tilknyttede regionale stasjonen VAR14R delte 52 % likhet med disse. Stasjon VAR14R plasserte seg sammen med de andre regionale stasjonene fra tidligere år. VAR10 skiller seg svakt fra resten av de feltspesifikke stasjonene og skyldes trolig dominansen av børstemarken *Ditrupa arietina*. Ellers viser analysen et relativt jevnt bunnsamfunn på feltet. MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen og viser at årets materiale var uten tydelige gradienter (se Vedlegg).

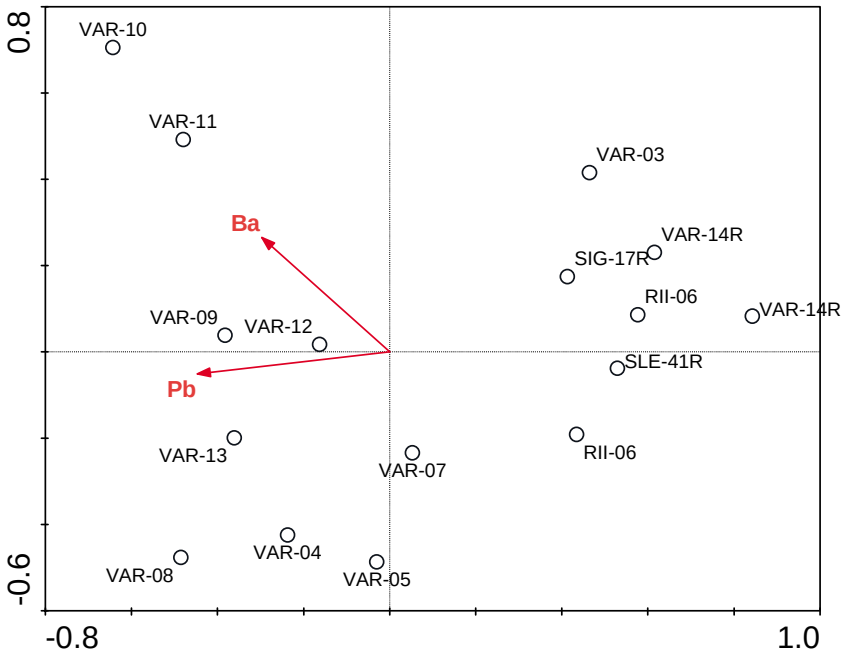


Figur 6.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Varg sammen med de regionale stasjonene i den grunne subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

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

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke-lineær analyse (sd=1,48). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at barium og bly var de miljøvariablene som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 6.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 20,4 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 12,4 %.

Resultatet tyder på en svak kobling mellom inkluderte miljøvariabler og bunnfauna.



Figur 6.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablene barium og bly hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen forklarer 20,4 % mens den andre aksen forklarer 12,4 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra 2009 fra feltet og tilhørende regionale stasjoner.

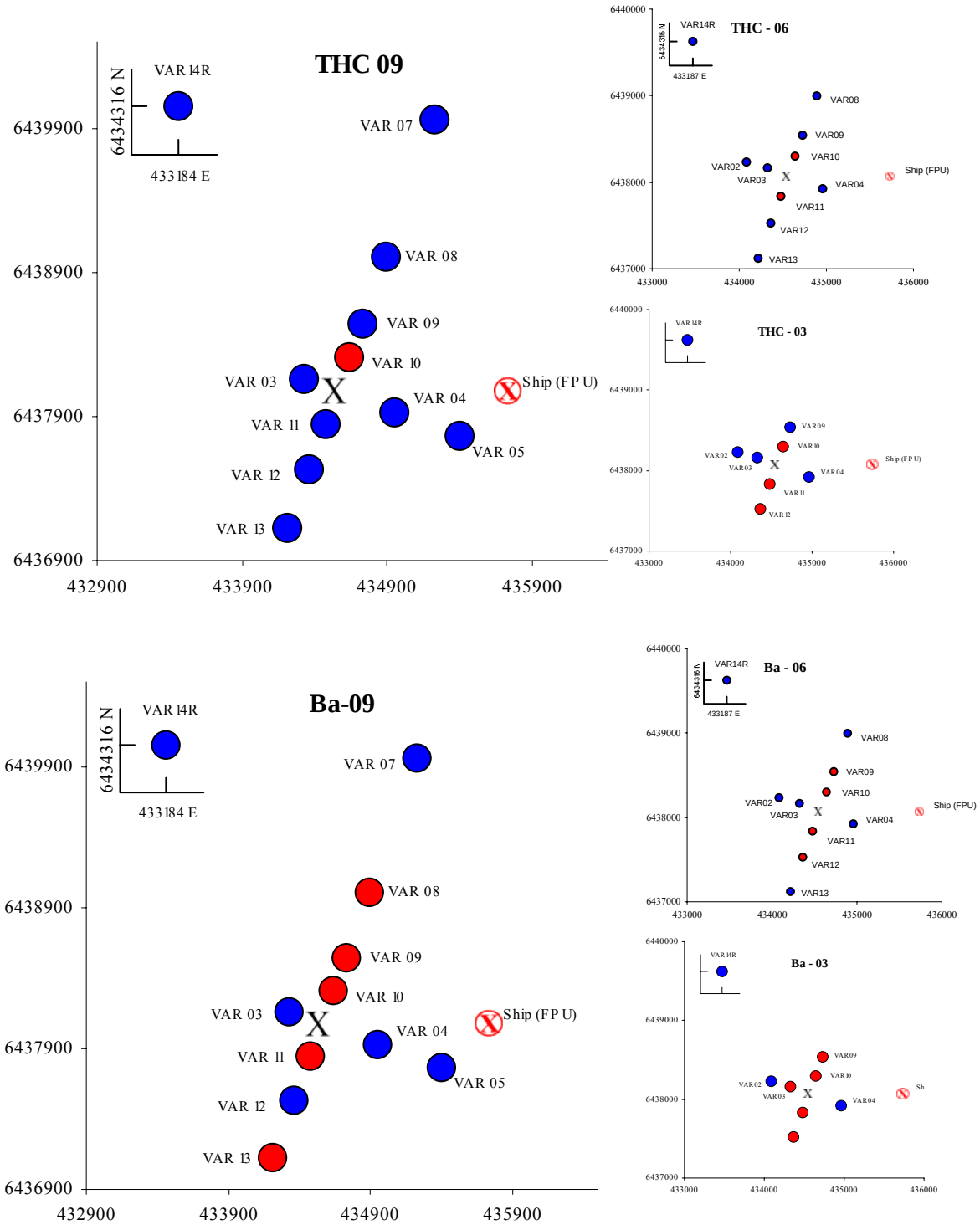
6.2.7 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 6.13 og Tabell 6.10. Tabell 6.10 inneholder også opplysninger som tørrelsen av areal som ble beregnet som påvirket.

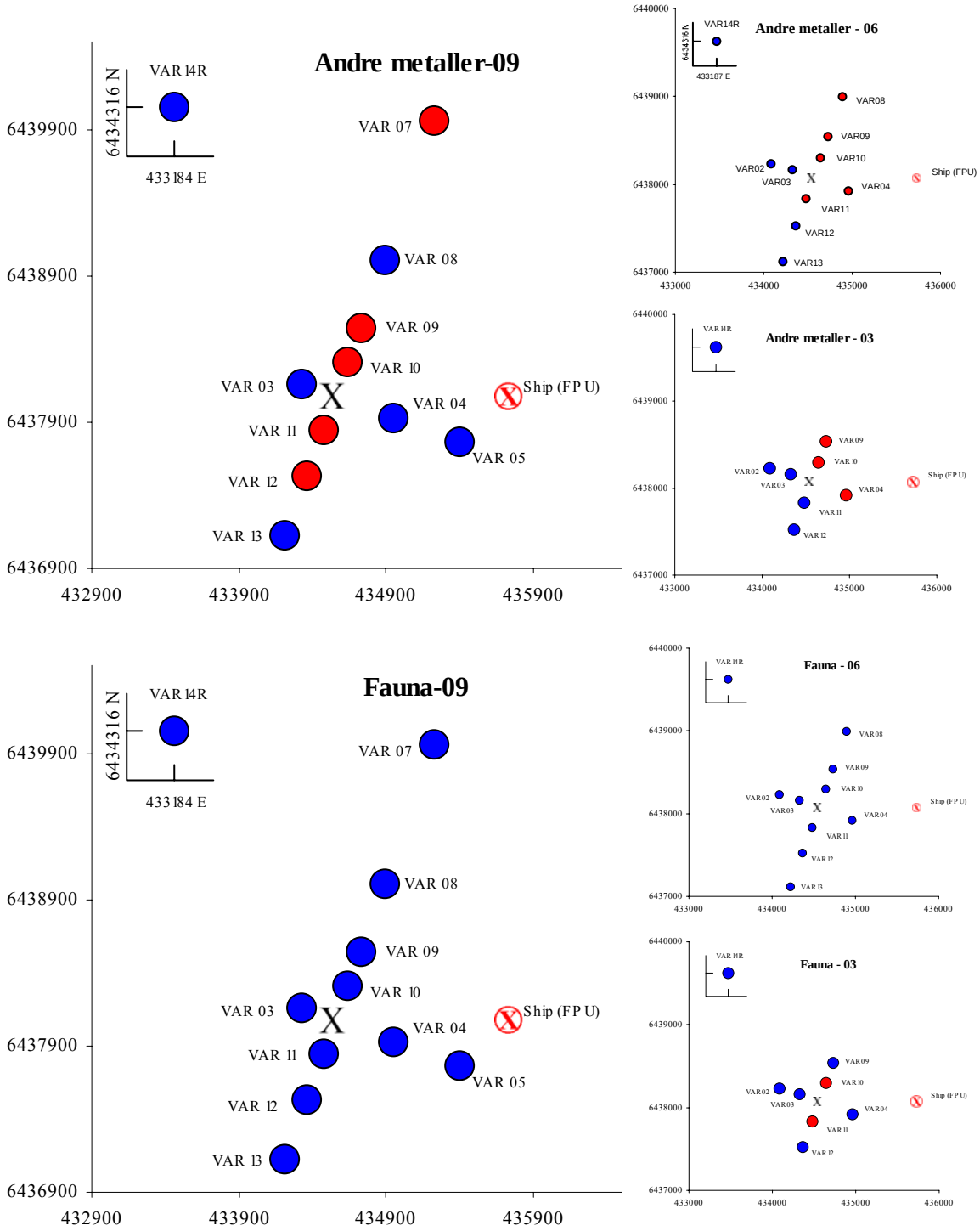
I 2009 ble det påvist kontaminering av THC på VAR10 som ligger nordøst for installasjonen. Barium hadde konsentrasjoner over LSC på VAR08, VAR09 og VAR10 som ligger mot nordøst og på VAR11 og VAR13 mot sørøst. Andre metaller viste kontaminering på VAR09, VAR10, VAR11 og VAR12 og dessuten på VAR07 som ligger 2 km mot nordøst.
Areal med kontaminering av THC og andre metaller var mindre i 2009 enn i 2006, mens arealet var litt større for barium.

Tabell 6.10. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen fra 1997 til 2006.

Varg	NØ m	SØ m	SV m	NV m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	250	0	0	0	0,025	0,05	0,07	1,33	1,18
Ba	1000	0	250	0	0,123	0,10	0,20	1,77	0,10
Andre metall	500	0	500	0	0,098	0,49	0,20	0,25	0,00
Fauna	0	0	0	0	0	0,00	0,05	0,15	0,00



Figur 6.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt til høyre av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsene i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner i 2006 og 2009.



Figur 6.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt til høyre av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsene i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner i 2006 og 2009.

6.3 Sammendrag og konklusjon

I perioden fra 2006 til 2008 har det blitt boret 4 nye brønner ved Varg. Bunnsedimentet består av fin sand, men innblanding av noe pelitt og TOM på samme nivå som tidligere. Innholdet av THC hadde sunket på VAR10 og VAR11 siden 2006, men lå fortsatt over LSC på VAR10. Barium økte på VAR10. Kadmium viste en generell nedgang, mens sink hadde en økning i forhold til 2006. Ingen av de radioaktive isotopene på VAR-09 og VAR-10 skilte seg vesentlig fra de to regionale stasjonene. Det var en betydelig reduksjon i individantall i prøvene fra 2006 i forhold i 2006 og en økning i diversitet. Denne variasjonen skyldtes en naturlig variasjon i forekomster av enkelte børstemark-arter og har ingen sammenheng med aktiviteten ved Varg. Bunnfaunen var generelt lik over hele feltet i 2009, som i 2006. Sammen med faunasammensetningen i prøvene viser dette gode miljøforhold ved Varg i 2009. Areal med kontaminering av THC og andre metaller var mindre i 2009 enn i 2006, mens det for barium var litt større.

7. Sigyn

7.1 Introduksjon

Sigyn ligger i blokk 16/7. Produksjonsstart var i desember 2002. Grunnlagsundersøkelse av feltet ble gjennomført i 2000 (Mannvik et al. 2001). Overvåkingsundersøkelser er gjennomført i 2003 (Botnen et al. 2004) og 2006 (Botnen et al. 2006).

I 2003 ble det påvist kontaminering av THC ut til 250 m mot vest, og metallkontaminering ut til 500 m mot nord og vest. Faunaforstyrrelse ble ikke påvist. I 2006 ble det påvist THC-kontaminering 250 m mot sør.

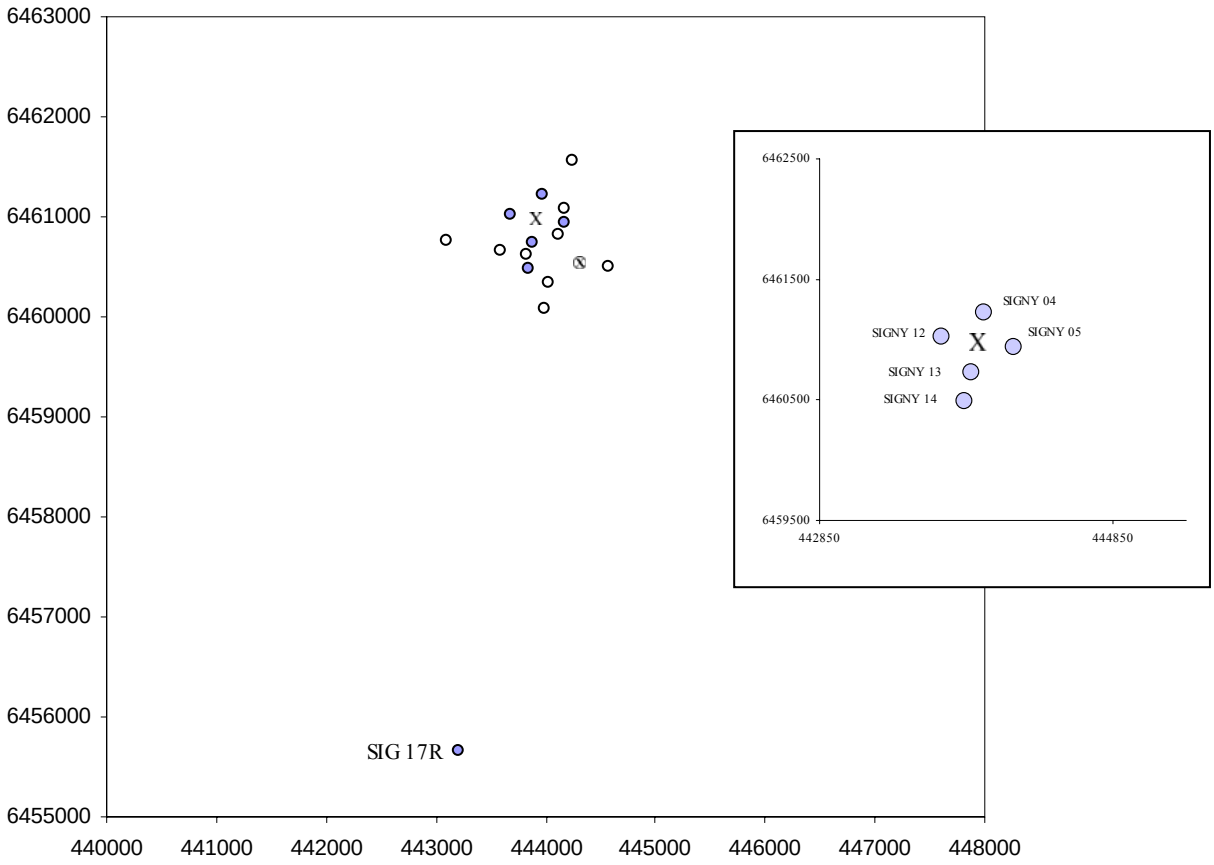
Feltsenteret til Sigyn har blitt flyttet siden 2006 og et nytt aksekors med prøvestasjoner er opprettet. De gamle stasjonene hadde betegnelsen SIG og de nye stasjonene har fått betegnelsen SIGNY.

Det har ikke vært boring ved Sigyn siden forrige overvåkingsundersøkelse. Bore- og utslippshistorikken 2002-2009 ved Sigyn vises i Tabell 7.1, og i Figur 7.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Tabell 7.1. Boring og utslipp ved Sigyn mellom 2002 og 2009.

Sigyn/Signy	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009¤**
Antall borete brønner	3	0	0	0	0	0	0	0
Baritt, tonn	691	0	0	0	0	0	0	0
Borekaks, tonn	1476	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, m³	3252	0	0	0	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier, tonn	1,5	0	0	0	0	0	0	0
Kompletteringskjemikalier, tonn	304	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	0	0,2	0,9	-	0	0	0	1,85**
Uhellsutslipp, m³	0	0	0	0	0	0	0	0

¤ perioden jan-mai 2009
* Sementerings- og andre kjemikalier
** Det slippes ikke ut produsert vann fra Sigyn (bunnramme). Produsert vann følger brønnstrømmen til Sleipner A der vannet skilles ut og går til sjø eller injeksjon (vanninjeksjon startet opp juni 2009).



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) /	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
SIGNY-04	443968	6461227	250/10	81
SIGNY-05	444171	6460938	250/100	81
SIGNY-12	443679	6461024	250/280	80
SIGNY-13	443882	6460735	250/190	81
SIGNY-14	443838	6460489	500/190	81
SIG17R	443211	6455657	5000/190	82

Figur 7.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Sigyn i 2009 i forhold til det nye feltsenteret (x) er markert med fylte sirkler. Det gamle feltsenteret er markert med ⊗ og tilhørende aksekors med åpne sirkler. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

7.2 Resultater

7.2.1. Sedimentbeskrivelse

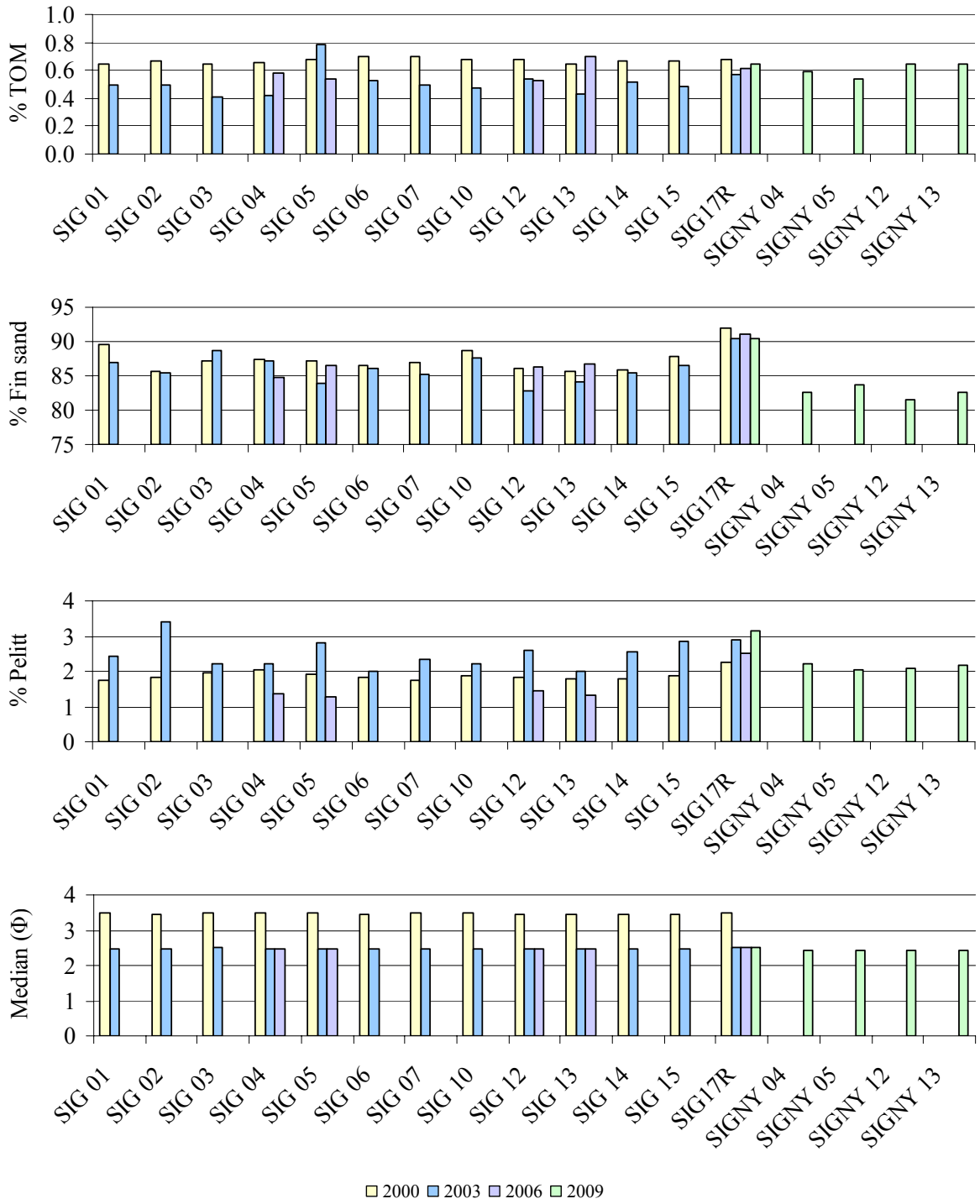
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 7.2. I Figur 7.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Sigyn hadde et TOM-innhold fra 0,54 % til 0,65 %. Sandinnholdet varierte fra 96,18 % til 97,72 % og pelittinnholdet varierte mellom 2,05 % og 3,14 %. Medianen (Φ) var mellom 2,43 og 2,52.

Tabell 7.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelite, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Sigyn i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus SIG17R) og for den grunne subregionen, som Sigyn tilhører.

	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
SIGNY-04	0,59	0,07	**97,72**	2,21	2,44	0,51	-0,13	1,27
SIGNY-05	**0,54**	0,37	97,57	**2,05**	2,44	**0,48**	-0,19	1,17
SIGNY-12	**0,65**	**1,75**	**96,18**	2,07	**2,43**	**0,52**	**-0,22**	1,25
SIGNY-13	**0,65**	0,21	97,63	2,17	2,44	0,49	-0,17	**1,20**
SIG-17R	**0,65**	**0,03**	96,82	**3,14**	**2,52**	0,50	**0,10**	**1,36**
snitt	0,62	0,49	97,19	2,33	2,45	0,50	-0,12	1,25
sd	0,05	0,72	0,66	0,46	0,04	0,01	0,13	0,07
min	0,54	0,03	96,18	2,05	2,43	0,48	-0,22	1,17
maks	0,65	1,75	97,72	3,14	2,52	0,52	0,10	1,36
snitt[2]	0,65	0,66	96,88	2,46	2,46	0,50	-0,10	1,27
sd[2]	0,00	0,94	0,72	0,59	0,05	0,01	0,17	0,08
min[2]	0,65	0,03	96,18	2,07	2,43	0,49	-0,22	1,20
maks[2]	0,65	1,75	97,63	3,14	2,52	0,52	0,10	1,36

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 7.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Sigyn i 2000, 2003, 2006 og 2009.

7.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Sigyn i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Sigyn benyttes kun LSC for den grunne subregionen (LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$	6,9	0,02	0,02	1,0	9,8	10,4	16,7	6,3	0,02	0,01

7.2.3. Oljehydrokarboner

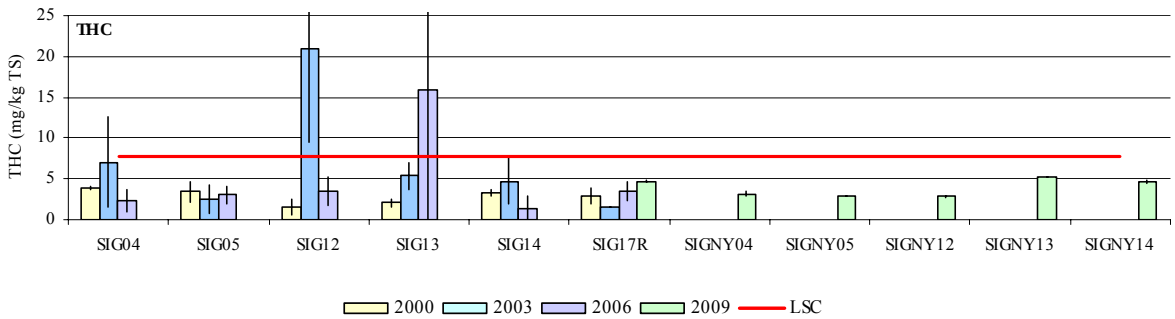
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 7.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 7.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 7.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$. I 2006 ble det målt forhøyede konsentrasjoner av THC på SIG12 og SIG13. Resultatene fra 2009 er ikke direkte sammenliknbare med de gamle stasjonene, men nivåene på SIGNY-stasjonene i 2009 ligger på samme nivå som SIG-stasjonene i 2003. (Figur 7.3).

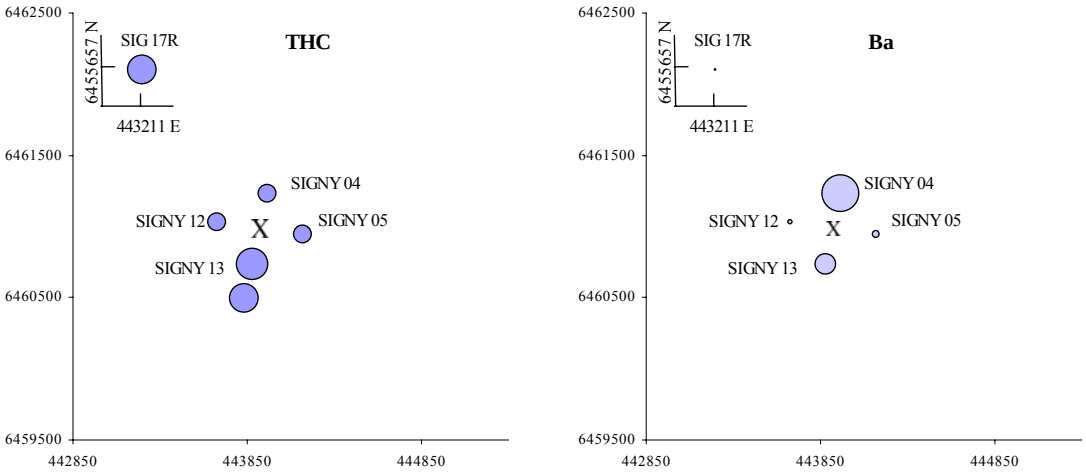
Tabell 7.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Sigyn i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den grunne subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Avstand (m) / retning (°)	THC snitt	THC sd
SIGNY04	250/10	3,1	0,3
SIGNY05	250/100	**2,9**	0,1
SIGNY12	250/280	**2,9**	0,1
SIGNY13	250/190	**5,3**	0,1
SIGNY14	500/190	4,7	0,2
SIG17R	5000/190	4,7	0,2
snitt±sd[1]		3,8±1,1	
min-maks[1]		2,9-5,3	
snitt±sd[2]		1,6±2,1	
min-maks[2]		<0,1-4,7	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 7.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Sigyn frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.



Figur 7.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Sigyn i 2009. Feltsenteret er markert med x.

7.2.4 Metaller

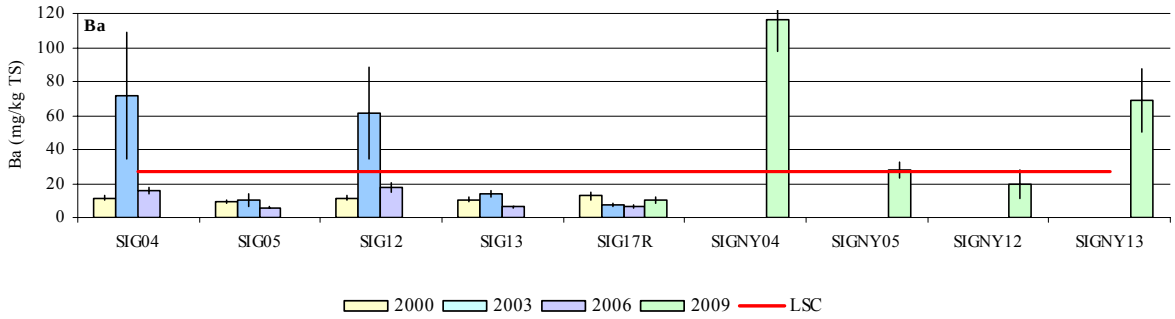
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 7.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 7.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 7.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 7.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium (SIGNY04/05/13) og sink (SIGNY13) forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ (Tabell 7.4 og Figurene 7.5 og 7.6). Verdiene for disse to metallene på SIGNY04 og SIGNY13 er høyere enn det som er tidligere målt på SIG-stasjonene. Innholdet av kobber (cf. Standardavvik SIGNY05/13) er også over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ (Figur 7.6). Pb, Cd og Cr viser nedgang i konsentrasjonene for SIGNY-stasjonene i 2009 sammenlignet med SIG-stasjonene i tidligere år.

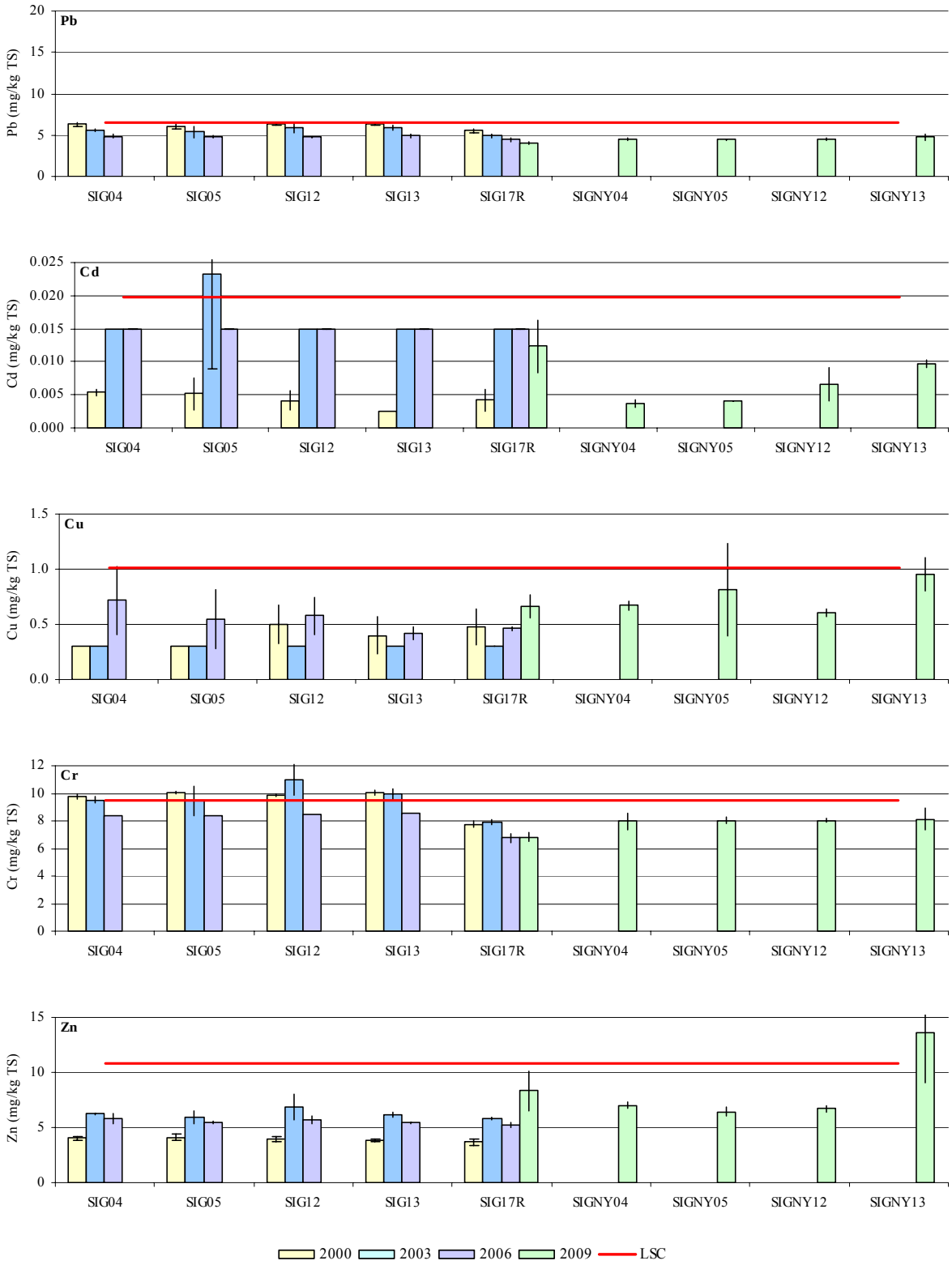
Tabell 7.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Sigyn i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den grunne subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
SIGNY04	**115,8**	18,5	4,6	0,2	**0,004**	0,001	0,7	0,0	8,0	0,6	i.a.	-	7,0	0,3
SIGNY05	27,8	4,9	**4,4**	0,1	**0,004**	0,000	0,8	0,4	8,0	0,2	i.a.	-	**6,4**	0,4
SIGNY12	**19,2**	8,4	4,5	0,1	0,007	0,003	**0,6**	0,0	8,0	0,2	i.a.	-	6,7	0,3
SIGNY13	68,7	18,4	**4,8**	0,4	**0,010**	0,001	**1,0**	0,2	8,1	0,8	i.a.	-	**13,6**	4,5
SIG17R	10,4	1,6	4,1	0,1	0,012	0,004	0,7	0,1	6,8	0,3	0,005	0,002	8,3	1,8
snitt ± sd[1]	46,3±46,3		3,7±2,0		0,005±0,004		0,6±0,4		6,4±3,6		-		6,8±4,8	
min-maks[1]	0-115,8		0-4,8		0-0,010		0-1,0		0-8,1		-		0-13,6	
snitt±sd[2]	10,2±5,4		4,1±0,4		0,009±0,003		0,7±0,1		6,6±0,8		0,003±0,001		9,4±1,1	
min-maks[2]	6,2-17,8		3,6-4,5		0,005-0,012		0,5-0,8		5,5-7,4		0,002-0,005		8,3-10,9	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 7.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sigyn i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.



Figur 7.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sigyn i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion grunn 97-09.

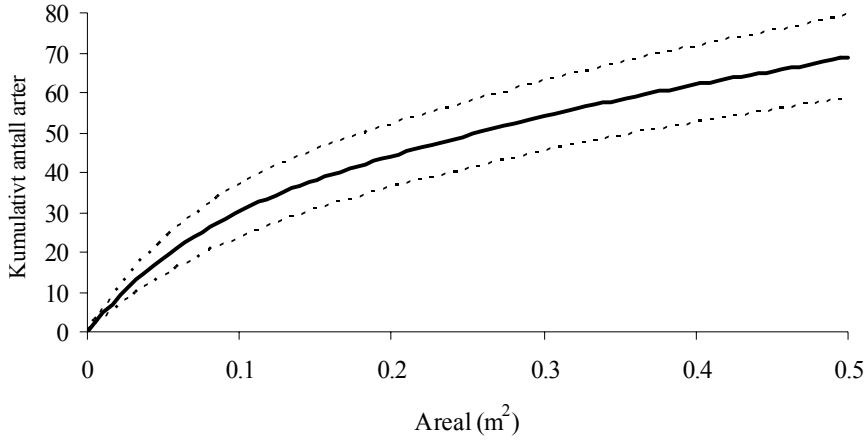
7.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 7.5. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 21 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Sigyn. Totalt ble 4247 individer fordelt på 150 taksa identifisert i prøvene. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 68 % av alle individ og 42 % av alle taksa.

Tabell 7.5. Antall individ i prøvene fra Sigyn i 2009 fordelt på noen store taksonomiske grupper. Prøvene fra SIG17R er inkludert. 21 juvenile individ av pigghuden Spatangoida er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	2876	68	63	42
Arthropoda	519	12	38	25
Mollusca	151	4	27	18
Echinodermata	297	7	13	9
Diverse grupper	404	10	9	6
Total	4247	100	150	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 7.7).

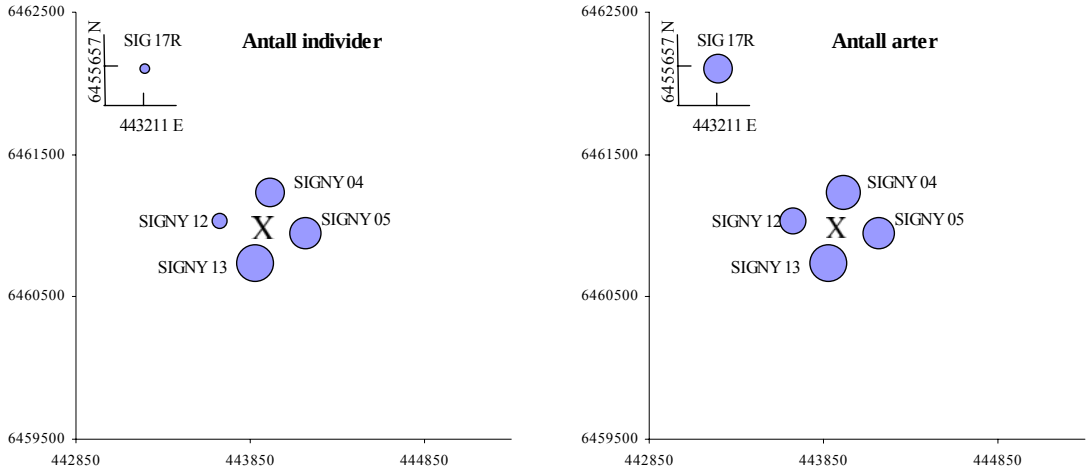


Figur 7.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for SIG-17R i 2009. Uidentifiserte juvenile individ av Spatangoida er ikke tatt med i tallmaterialet.

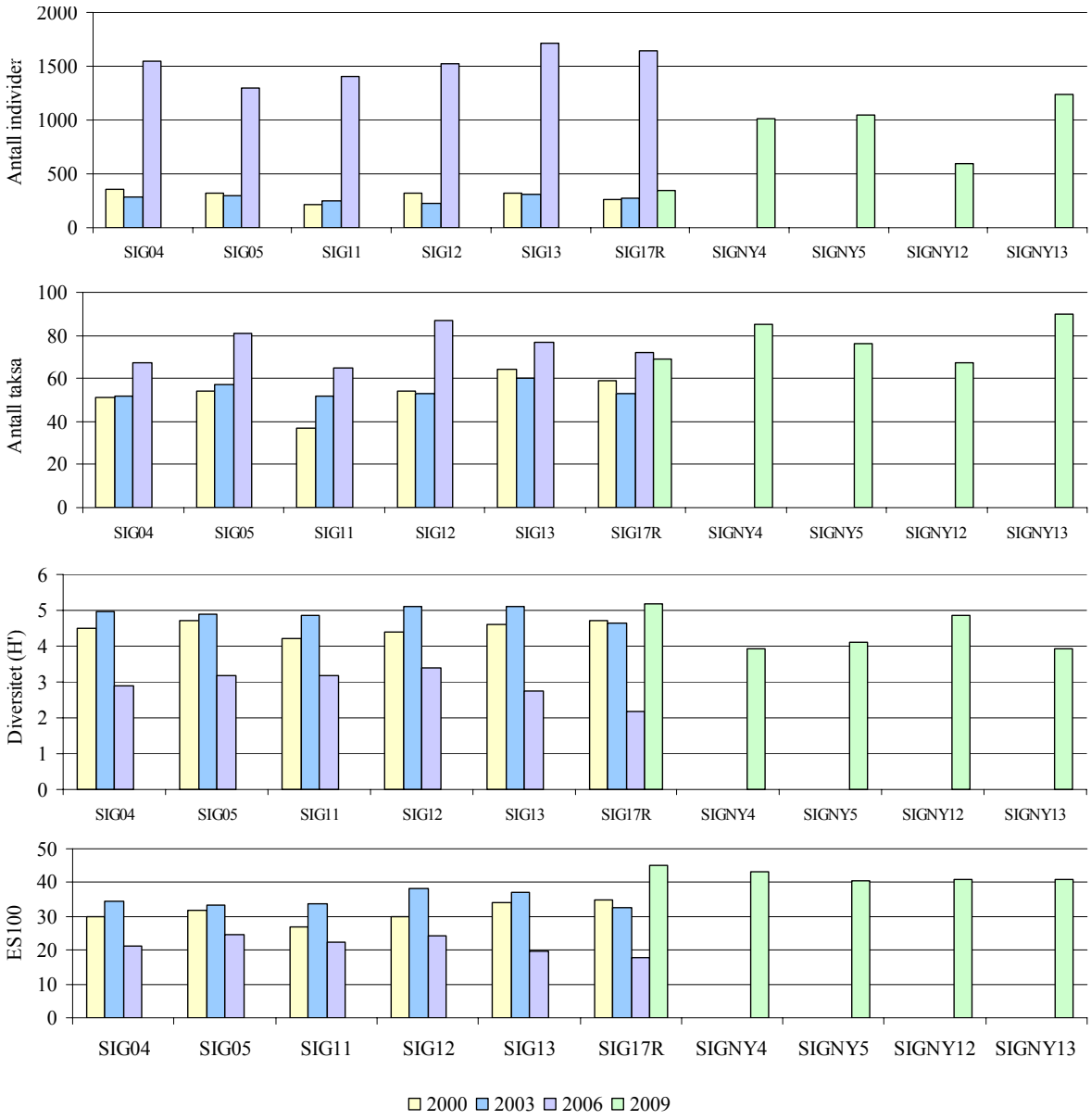
Tabell 7.6. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Sigyn i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Stasjoner	Individer	Arter	H'	J	H'-max	ES(100)
SIGNY-04-09	1016	85	**3,93**	**0,61**	6,41	**28,53**
SIGNY-05-09	1045	76	4,10	0,66	6,25	29,57
SIGNY-12-09	**596**	**67**	**4,86**	**0,80**	**6,07**	**33,76**
SIGNY-13-09	**1241**	**90**	**3,93**	**0,61**	**6,49**	28,98
SIG-17R-09	349	69	5,17	0,85	6,11	38,76
snitt[1]	975	80	4,20	0,67	6,30	30,21
sd[1]	271	10	0,44	0,09	0,19	2,40
min[1]	596	67	3,93	0,61	6,07	28,53
maks[1]	1241	90	4,86	0,80	6,49	33,76
snitt[2]	348	65	5,00	0,83	6,02	36,39
sd[2]	58	4	0,25	0,04	0,08	3,81
min[2]	305	61	4,63	0,77	5,93	30,97
maks[2]	429	69	5,17	0,85	6,11	39,31

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 7.8. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Sigyn i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 7.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Sigyn fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt i 2006 og 2009.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Sigyn vises i Figur 7.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 7.6 og Figur 7.9. Antall individ varierte mellom 596 og 1241, og antall taksa varierte mellom 67 og 90. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 3,93 og 4,86, og ES_{100} varierte mellom 28,53 og 33,76. Jevnheten varierte mellom 0,61 og 0,80. Individtallet og artsantallet var lavere ved den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R, mens diversiteten (H' og ES_{100}) og jevnheten var høyere.

Tabell 7.7 De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Sigyn i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

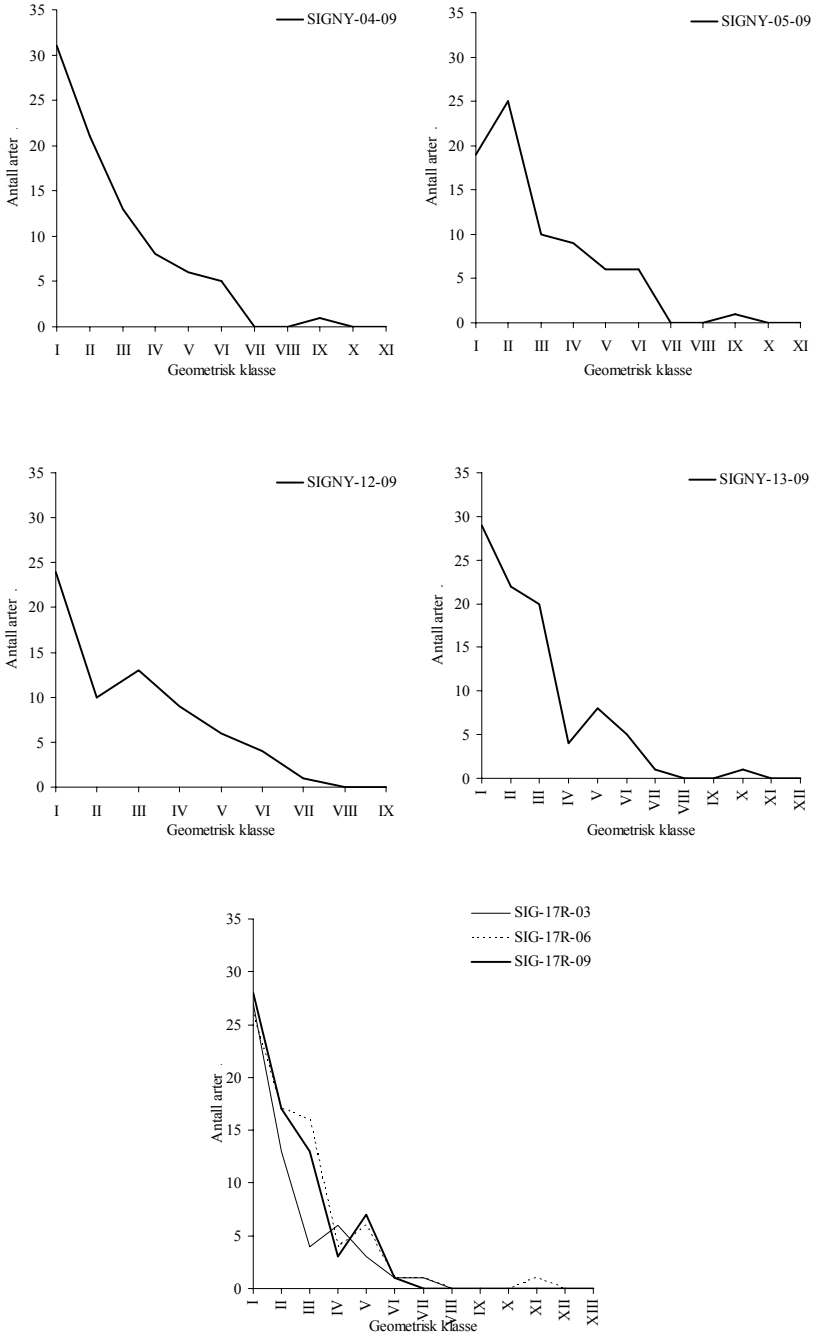
SIGNY-04-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	433	42.6	42.6
Cerianthus lloydii	57	5.6	48.2
Siphonocetes kroyeranus	57	5.6	53.8
Hydroides norvegica	51	5.0	58.9
Amphiura filiformis	41	4.0	62.9
Myriochele oculata	34	3.3	66.2
Goniada maculata	30	3.0	69.2
Paramphinome jeffreysii	24	2.4	71.6
Eudorellopsis deformis	23	2.3	73.8
Scoloplos armiger	17	1.7	75.5

SIGNY-05-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	412	39.4	39.4
Amphiura filiformis	54	5.2	44.6
Cerianthus lloydii	49	4.7	49.3
Hydroides norvegica	49	4.7	54.0
Siphonocetes kroyeranus	37	3.5	57.5
Goniada maculata	37	3.5	61.1
Myriochele oculata	33	3.2	64.2
Owenia borealis	29	2.8	67.0
Paramphinome jeffreysii	27	2.6	69.6
Scoloplos armiger	25	2.4	72.0

SIGNY-12-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	107	18.0	18.0
Owenia borealis	40	6.7	24.7
Cerianthus lloydii	37	6.2	30.9
Amphiura filiformis	36	6.0	36.9
Goniada maculata	35	5.9	42.8
Eudorellopsis deformis	31	5.2	48.0
Siphonocetes kroyeranus	22	3.7	51.7
Scoloplos armiger	21	3.5	55.2
PHORONIDA indet.	19	3.2	58.4
Myriochele oculata	18	3.0	61.4
Aonides paucibranchiata	18	3.0	64.4

SIGNY-13-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	540	43.5	43.5
Hydroides norvegica	90	7.3	50.8
Siphonocetes kroyeranus	60	4.8	55.6
Cerianthus lloydii	50	4.0	59.6
Amphiura filiformis	41	3.3	62.9
Goniada maculata	35	2.8	65.8
Paramphinome jeffreysii	33	2.7	68.4
Eudorellopsis deformis	23	1.9	70.3
NEMERTINI indet.	23	1.9	72.1
Spiophanes kroeyeri	23	1.9	74.0

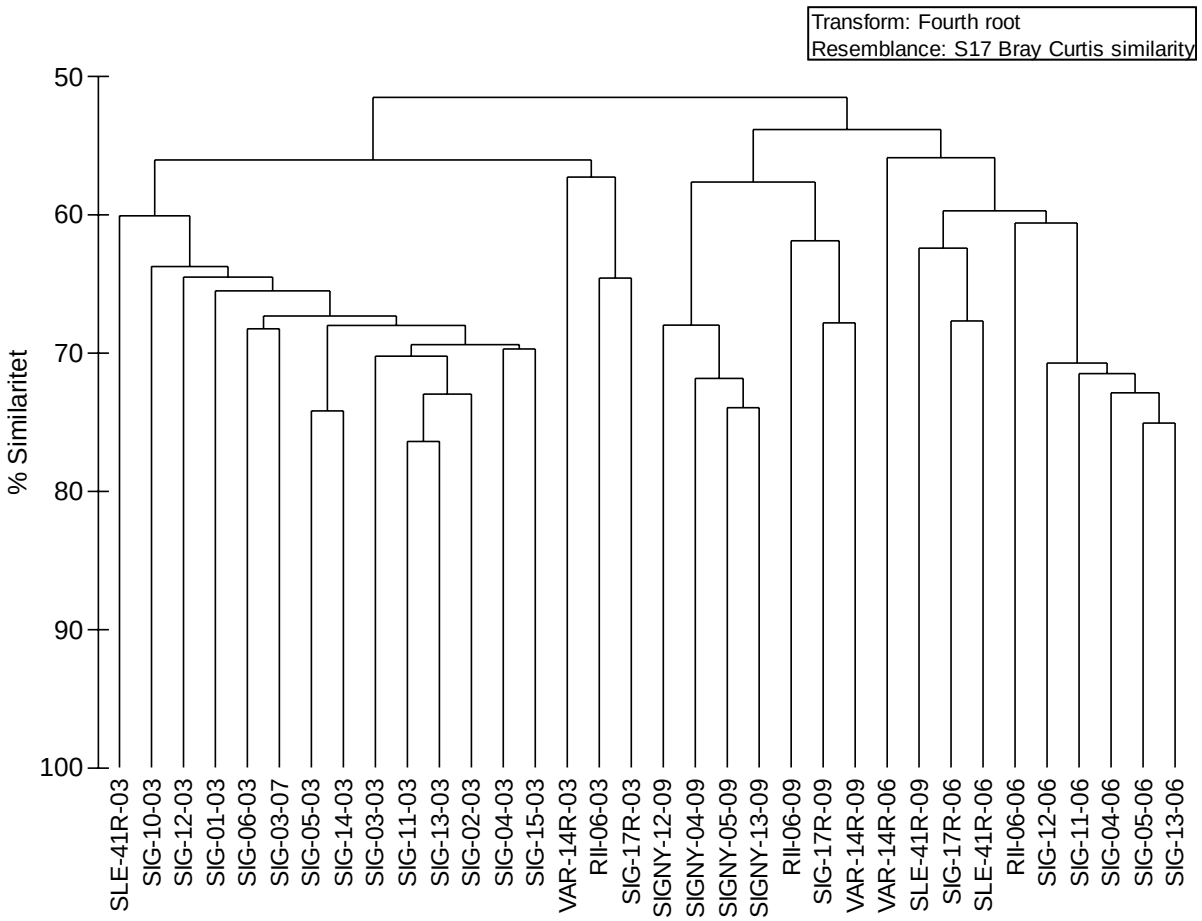
SIGNY-17R-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Amphiura filiformis	34	9.7	9.7
Myriochele oculata	25	7.2	16.9
Goniada maculata	23	6.6	23.5
Owenia borealis	23	6.6	30.1
Scoloplos armiger	23	6.6	36.7
PHORONIDA indet.	18	5.2	41.8
Eudorellopsis deformis	17	4.9	46.7
Edwardsia sp.	17	4.9	51.6
Magelona filiformis	11	3.2	54.7
Cerianthus lloydii	10	2.9	57.6
NEMERTINI indet.	10	2.9	60.5



Figur 7.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Sigyn i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Ettersom årets stasjoner er forflyttet i forhold til tidligere, er dataene ikke direkte sammenlignbare. Tidligere års observasjoner er likevel innlemmet for å gi et inntrykk av feltets faunafordeling. Individtallet og til en viss grad artstallet var lavere ved SIGYN 12 enn de andre feltspesifikke stasjonene. Det førte også til en høyere diversitet ved denne stasjonen. En grunn til dette er trolig børstemarken *Ditrupa arietina,* som dominerte ved alle de feltspesifikke stasjonene, men i mindre grad ved SIGNY 12. Derimot var slangestjernen *Amphiura filiformis* den dominerende arten på den tilknyttede regionale stasjonen SIG 17R. Det gjennomsnittlige individantallet hadde sunket til det halve fra 2006 til 2009, mens artsantallet var stabilt noe som trolig skyldes trolig naturlige endringer i bunnfaunaen.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser ved Sigyn i 2009 er vist i Figur 7.10. Siden kurvene starter på 20-30 arter i geometrisk klasse I både for de feltspesifikke stasjonen og for den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R, er dette trolig en naturlig fordeling i det aktuelle området.



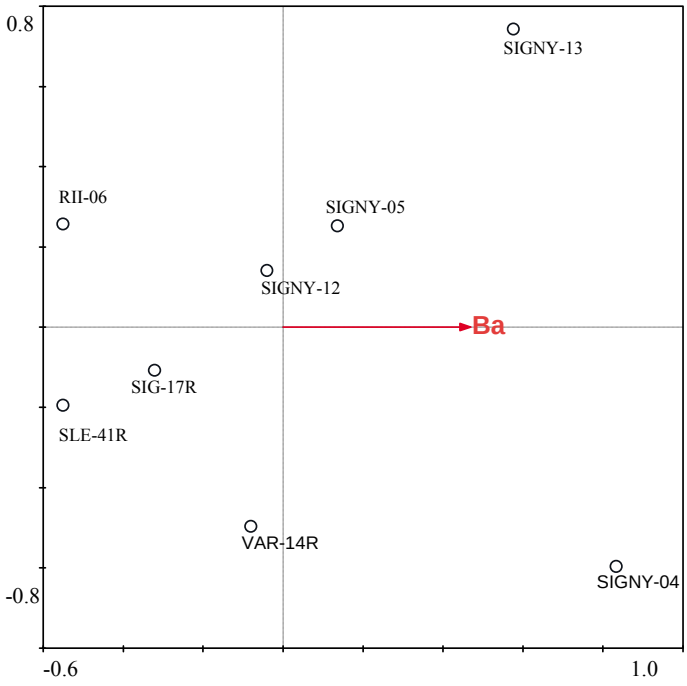
Figur 7.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Sigyn sammen med de regionale stasjonene i den grunne subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

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

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 7.11.Clusteranalysen viser at de feltpesifikke stasjonen samler seg i 2009 med en relativt høy likhet, på omtrent 68 %. Den tilknyttede regionale stasjonen SIG17R har en litt annerledes faunasammensetning og møter de feltspesifikke stasjonen med om lag 58 % likhet. Faunaen på SIGNY-stasjonene i 2009 hadde bare litt over 50 % likhet med SIG-stasjonene fra tidliger år. MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen og viser at endringene i faunasammensetningen på de feltspesifikke stasjonene og den regionale stasjonen fra 2006 og 2009 skyldes naturlige endringer (se Vedlegg).

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,8). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at barium var den miljøvariabelen som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 7.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 22 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den første frie aksen forklarer 17 %.

Resultatet tyder på at det finnes en svak kobling mellom barium og bunnfauna.



Figur 7.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablen barium hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen reflekterer artssammensetningen som kan forklares av barium (17 %), mens den andre aksen reflekterer den sterkeste gradienten i restvariasjonen (22 %).

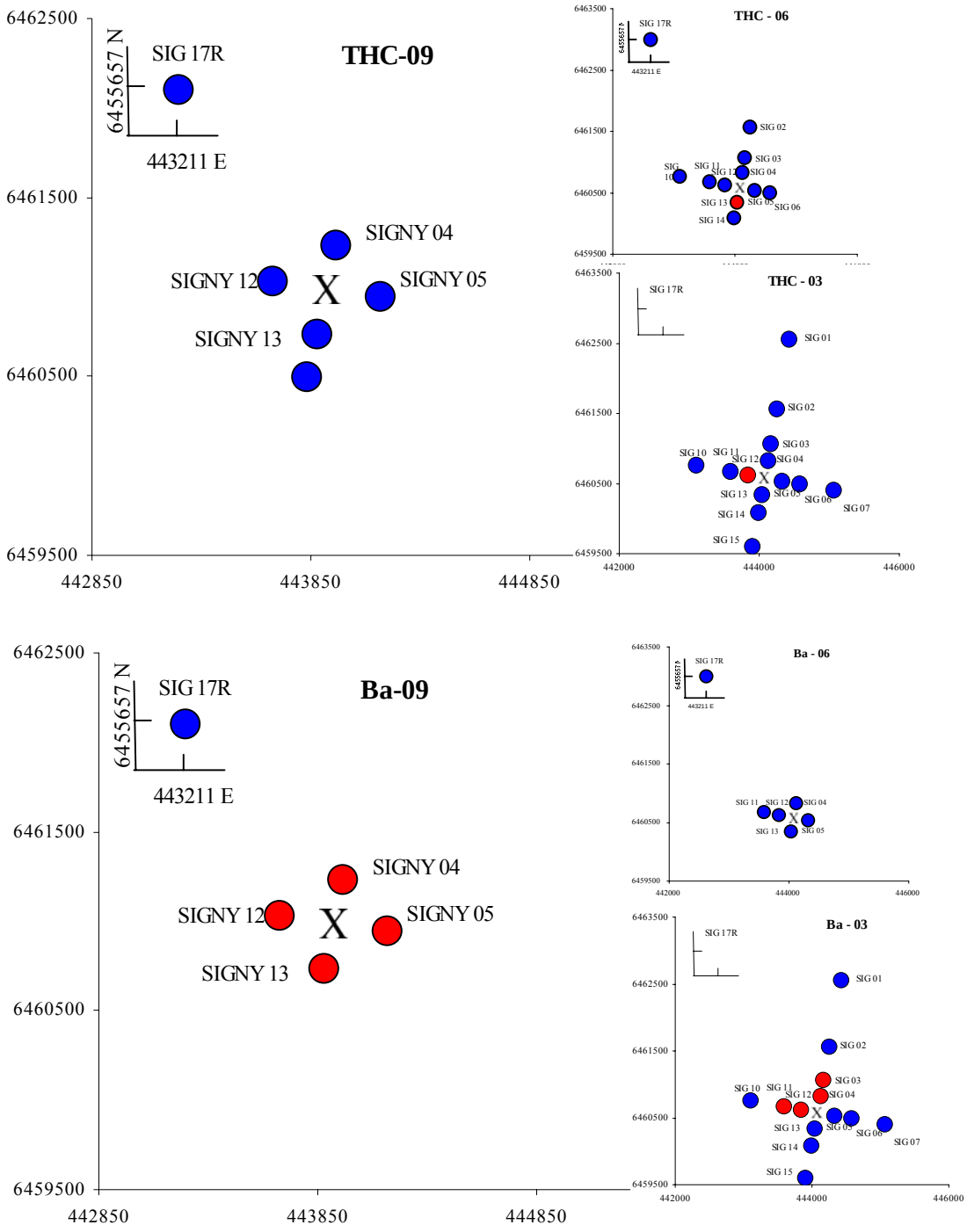
7.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 7.13 og Tabell 7.8. Tabell 7.8 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

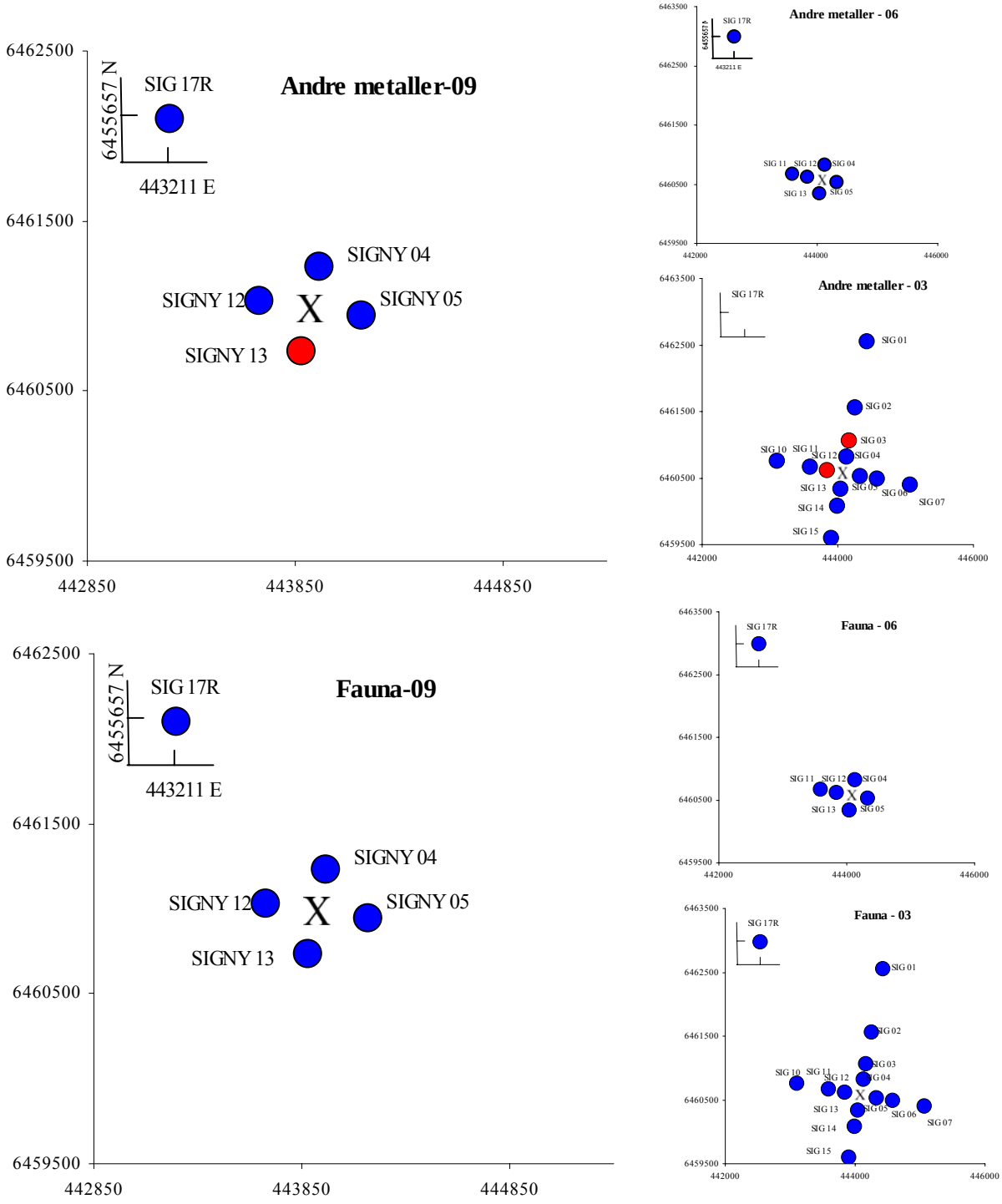
I 2006 ble det påvist THC-kontaminering ut til 250 m mot sør, mens det i 2009 ikke ble påvist kontaminering på noen av stasjonene. I 2009 var stasjonene kontaminert 250 m mot nord, øst og sør med barium og 250 m mot sør med andre metaller. Når beregnet areal sammenliknes med tidligere år må det tas høyde for at stasjonsnettet var forskjellig i 2009 i forhold til tidligere. Bunnfaunaen viste ingen tegn til forstyrrelse i 2009 som i 2003 og 2006.

Tabell 7.8. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009 (minimumsareal*), samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen fra 2000 til 2006.

Sigyn	N m	Ø m	S m	V m	2009* km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²
THC	0	0	0	0	0,00	0,02	0,02	0,00
Ba	250	250	250	0	0,10	0,00	0,20	0,00
Andre metall	0	0	250	0	0,03	0,00	0,02	0,00
Fauna	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00



Figur 7.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt til høyre av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er ny plassering av stasjonenene i 2009.



Figur 7.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Tilsvarende merking for forstyrret/uforstyrret bunnfuna. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt til høyre av figurene sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er ny plassering av stasjonene i 2009.

7.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2002 har det ikke vært boring ved Sigyn og kun små utslipp. Installasjonen er flyttet og aksekorset til stasjonene er dreid på dette feltet siden forrige undersøkelse. De nye stasjonene (SIGNY) er derfor ikke direkte sammenliknbare med de gamle (SIG) og kan forklare noen av de påviste endringene. Innholdet av fin sand, pelitt og TOM i bunnsedimentet på de nye stasjonene lå på omtrent samme nivå som på de gamle stasjonene. Innholdet av THC og metaller i sedimentet var lavere eller på samme lave nivåer som tidligere med unntak av sink som var høyere på SIGNY13. Barium lå over LSC på alle de undersøkte stasjonene
Det var i snitt lavere individantall i prøvene fra 2009 enn i 2006. Dette skyldes naturlig variasjon i bestanden av børstemarker og har ingen sammenheng med aktiviteten ved Sigyn. Bunnfaunen var generelt mer lik over hele feltet i 2009 og sammen med artssammensetningen i prøvene viser dette gode miljøforhold ved Sigyn. Arealet med kontaminering av THC på SIGNY-stasjonene i 2009 var mindre det som ble målt på SIG-stasjonene i 2006, mens det var en liten økning for barium og andre metaller. Bunnfaunaen var uforstyrret som i 2006.

8. Sleipner Vest

8.1 Introduksjon

Sleipner Vest ligger i blokk 15/6, i den sørvestlige delen av Region II. Produksjonen på feltet startet i august 1996. Sleipner Vest er bygget ut med to plattformer; brønnhodeplattformen Sleipner B og gassbehandlingsplattformen Sleipner T, samt bunnrammen Alfa Nord (se kapittel 10). Boreoperasjoner skjer på Sleipner B og tidligere også på Alfa Nord. Brønnstrøm sendes så videre til behandlingsplattformen Sleipner T for prosessering hvor det er ingen boring. Utslipp av produsert vann skjer fra Sleipner T. Grunnlagsundersøkelse ble gjennomført i 1994 (Gjøs & al. 1995) og overvåkingsundersøkelser har tidligere blitt gjennomført i 1997 (Mannvik & al. 1998), i 2000 (Mannvik & al. 2001), i 2003 (Botnen & al. 2004) og i 2006 (Botnen & al. 2007).

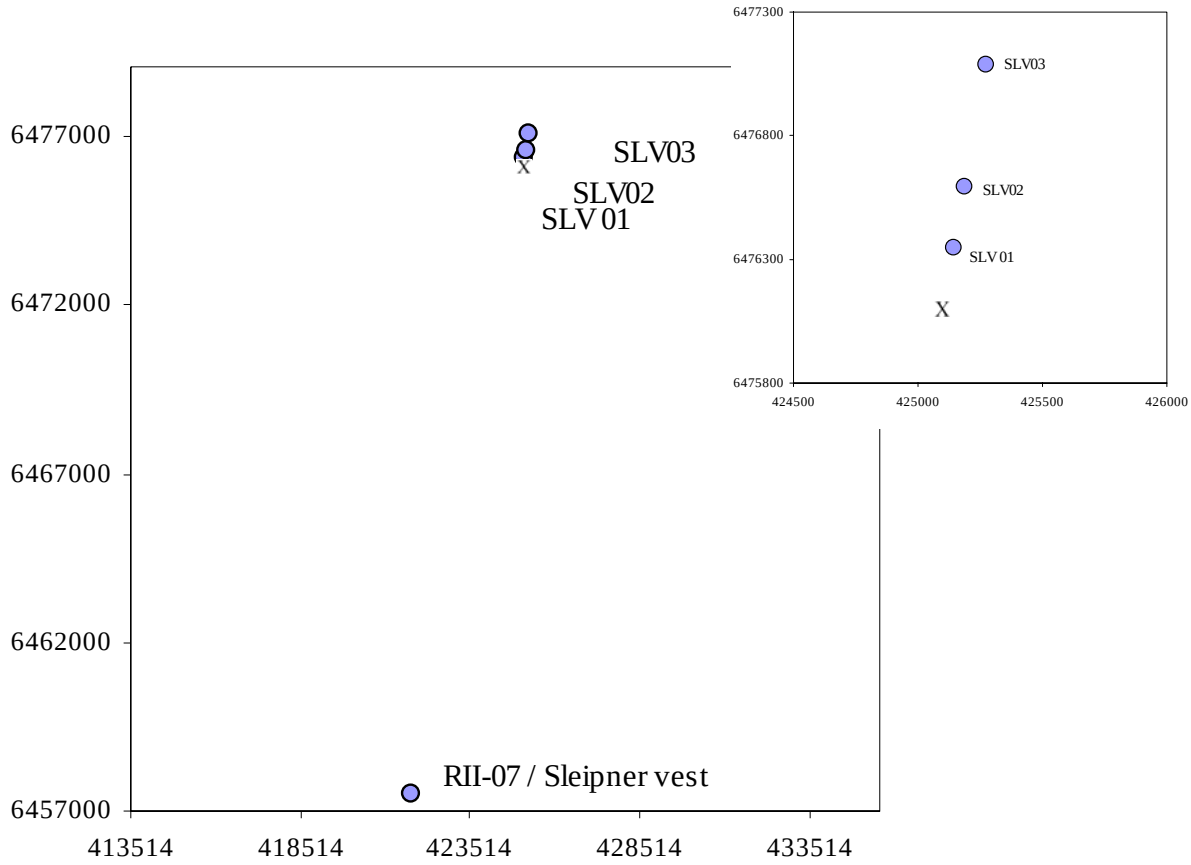
I 2003 ble det påvist kontaminering av THC ut til 2000 m mot nord og ut til 700 m mot øst, kontaminering av barium ble funnet på alle feltspesifikke stasjoner, og kontaminering av andre metall ble påvist ut til 1000 m mot nord. Forstyrrelse av bunnfauna ble funnet ut til 255 m mot nord. Det var lavere konsentrasjon av THC og metall i sedimentet i 2003 enn i 2000, og nedgangen fortsatte i 2006. I 2006 ble bunnfaunaen klassifisert som uforstyrret.

Det har ikke vært boreaktivitet ved, eller større utslipp fra Sleipner Vest siden 2000. Utslippshistorikken fra Sleipner Vest vises i Tabell 8.1, og i Figur 8.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Tabell 8.1. Boring og utslipp fra Sleipner Vest mellom 1997 og 2009.

Sleipner Vest	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baritt, tonn	2856	1148	302	579	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Borekaks, tonn	3429	2355	410	1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, (m^3)	7889	5919	2058	3192	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier, tonn	80	45	45	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kompletteringskjemikalier, tonn	0	714	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	1	2	1,8	0,82	0	0	1,3	0,6	0,9	0,9	1,3	1	0,45**
Andre utslipp, olje (m^3)	9	1,4	0	0,06	0	0	6	<0,1	<0,1	-	-	0,0005	0

* jan-mai 2009
** inkl drenasjevann



Stasjon	ED50 UTM sone 31 Ø	N	Avstand (m)/ retning (°)	Dyp (m)
SLV-01	425143	6476347	250/10	109
SLV-02	425186	6476593	500/10	109
SLV-03	425273	6477086	1000/10	109
RII-07/Sleipner Vest	421831	6457534		102

Figur 8.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Sleipner Vest i forhold til feltsenteret (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

8.2 Resultater

8.2.1. Sedimentbeskrivelse

Innsamling av prøver til geologi inngikk ikke i programmet for 2009.

8.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Sleipner Vest i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Sleipner Vest benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

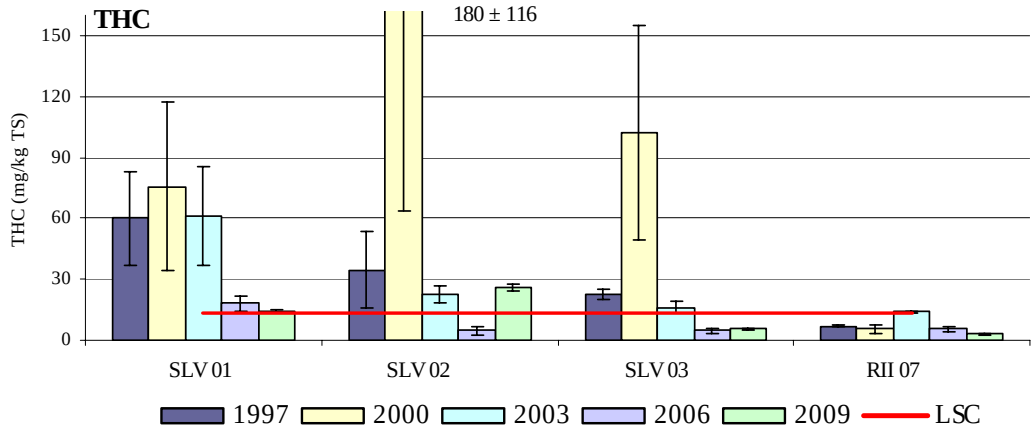
LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

8.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 8.2. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 8.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 8.2 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 8.3 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 5,7 mg/kg (SLV03) til 26,0 mg/kg (SLV02). THC ble påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på SLV01 og SLV02, henholdsvis 250 m og 500 m nord for feltsenteret. Innholdet av THC hadde gått opp på SLV02 sammenlignet med 2006. På de to andre stasjonene var det mindre endringer (Figur 8.2).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det funnet THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ i alle dybdeintervall på SLV02, 500 m nord for feltsenteret, og i 1-3 og 3-6 cm intervallet på SLV01, 250 m nord for feltsentret (Tabell 8.3).



Figur 8.2. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Sleipner Vest frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

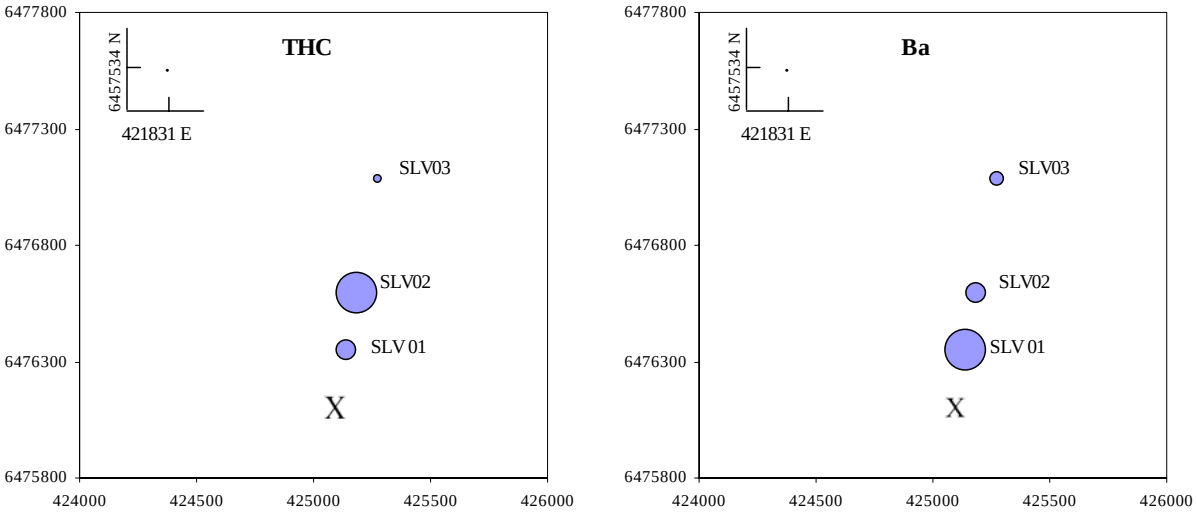
Tabell 8.2. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Sleipner Vest i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
SLV-01	14,0	1,0	0,063	0,001	0,026	0,000
SLV-02	**26,0**	1,7	0,055	0,003	0,081	0,010
SLV-03	**5,7**	0,3				
RII-07	3,1	0,3	0,042	0,001	0,009	0,000
snitt±sd[1]	15,2±10,2		0,059±0,006		0,053±0,039	
min-maks[1]	5,7-26,0		0,055-0,063		0,026-0,081	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen RII07
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 8.3. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på SLV01 og SLV02 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er skyggelagt.

Sjikt	SLV-01	SLV-02
(0-1cm)	13	28
(1-3cm)	14	97
(3-6cm)	15	130



Figur 8.3. Relativ konsentrasjon av THC og barium (Ba) i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Sleipner Vest i 2009. Feltsenteret er markert med x.

8.2.4 Metaller

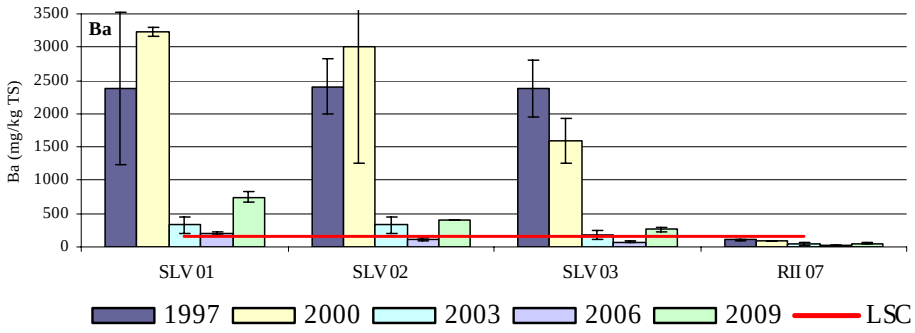
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 8.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 8.4 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 8.3 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 8.5 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 262 til 743 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 1,6 og 6,9 mg/kg. Krom varierte mellom 6,9 og 10,3 mg/kg, sink mellom 10,6 og 28,9 mg/kg, bly mellom 3,9 og 8,5 mg/kg, kadmium forekom fra 0,02 til 0,04 mg/kg, og kvikksølv ble målt til 0,008 og 0,013 mg/kg (Tabell 8.4).

Tabell 8.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Sleipner Vest i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	av	sd	av	sd	av	sd	av	sd	av	sd	av	sd	av	sd
SLV-01	**743,0**	80,0	**8,5**	1,6	**0,04**	0,00	**6,9**	2,2	**10,3**	0,7	0,013	0,003	**28,9**	2,6
SLV-02	405,7	5,0	4,8	0,6	0,03	0,00	2,4	0,7	7,1	0,4	0,008	0,001	16,4	3,2
SLV-03	**262,0**	30,8	**3,9**	0,1	**0,02**	0,00	**1,6**	0,2	**6,9**	0,7			**10,6**	0,8
RII-07	52,9	10,4	4,1	0,1	0,019	0,008	1,1	0,1	7,5	0,6	0,009	0,005	11,3	0,6
snitt±sd[1]	470,2±246,9		5,7±2,4		0,03±0,01		3,6±2,9		8,1±1,9		0,011±0,004		18,6±9,3	
min-max[1]	262,0-743,0		3,9-8,5		0,02-0,04		1,6-6,9		6,9-10,3		0,008-0,013		10,6-28,9	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

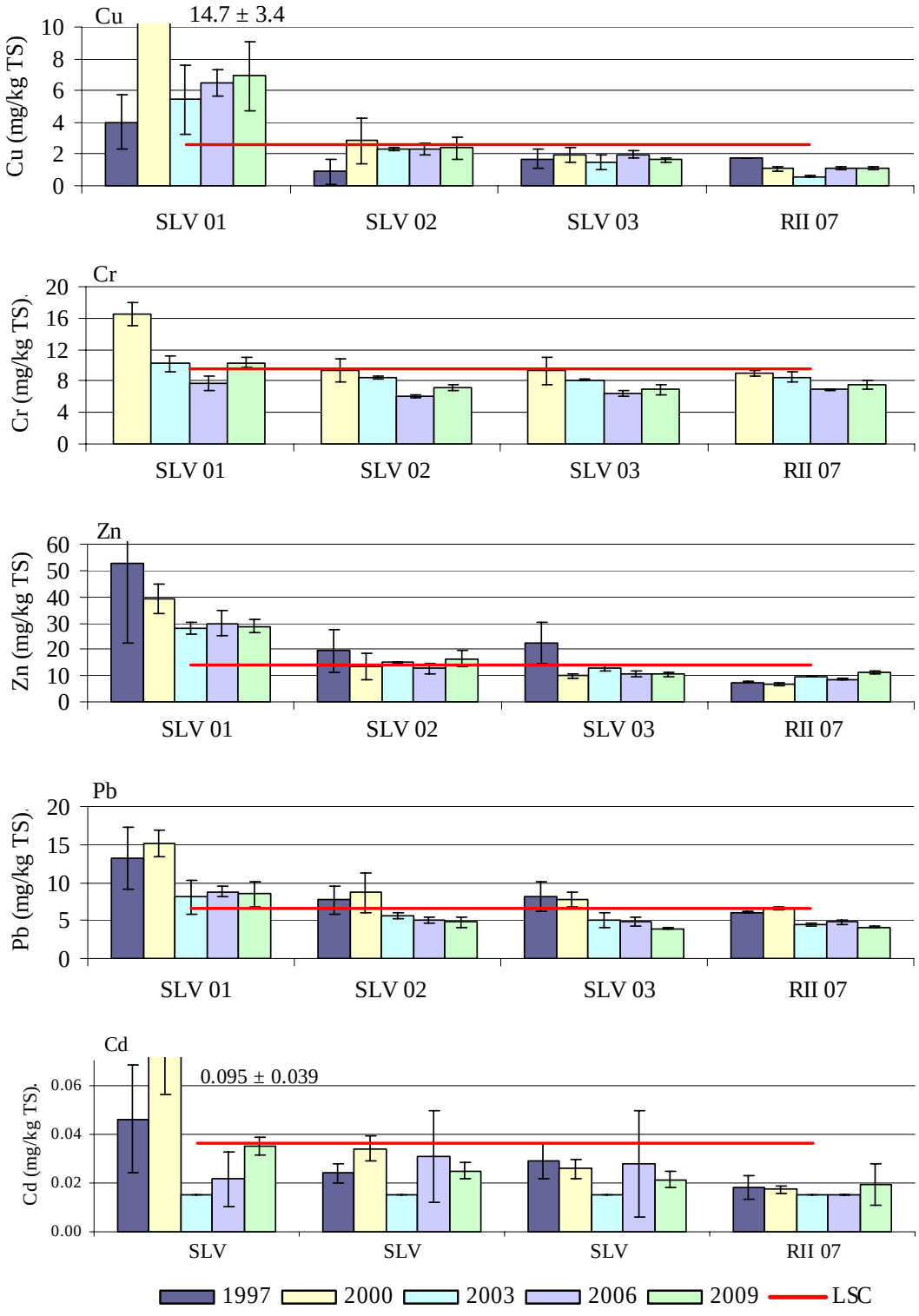
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen RII07
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 8.4. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sleipner Vest i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

Innholdet av barium hadde gått opp på de tre undersøkte stasjonene sammenlignet med 2006, og var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på alle tre. Kobber, sink, bly og krom forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på SLV01, 250 m nord for feltsenteret, og sink forekom over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på SLV02, 500 m nord for feltsenteret.

Av de andre metallene ble det målt en svak økning i innholdet av kadmium på SLV01. De andre målingene var på nivå med resultatene fra 2006 (Figur 8.5).



Figur 8.5. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sleipner Vest i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

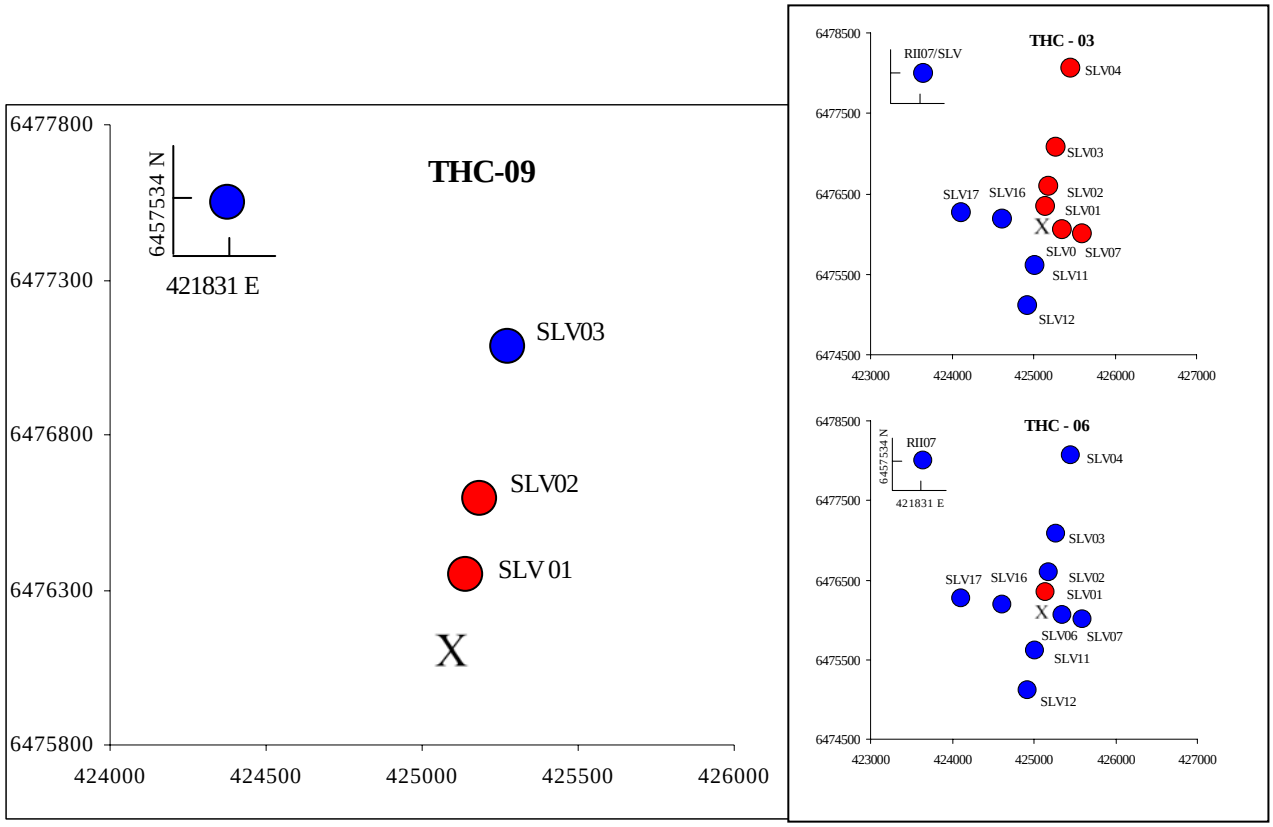
8.2.5 Bunnfauna

Prøver av sedimentet til bunndyrsanalyser inngikk ikke i programmet for 2009.

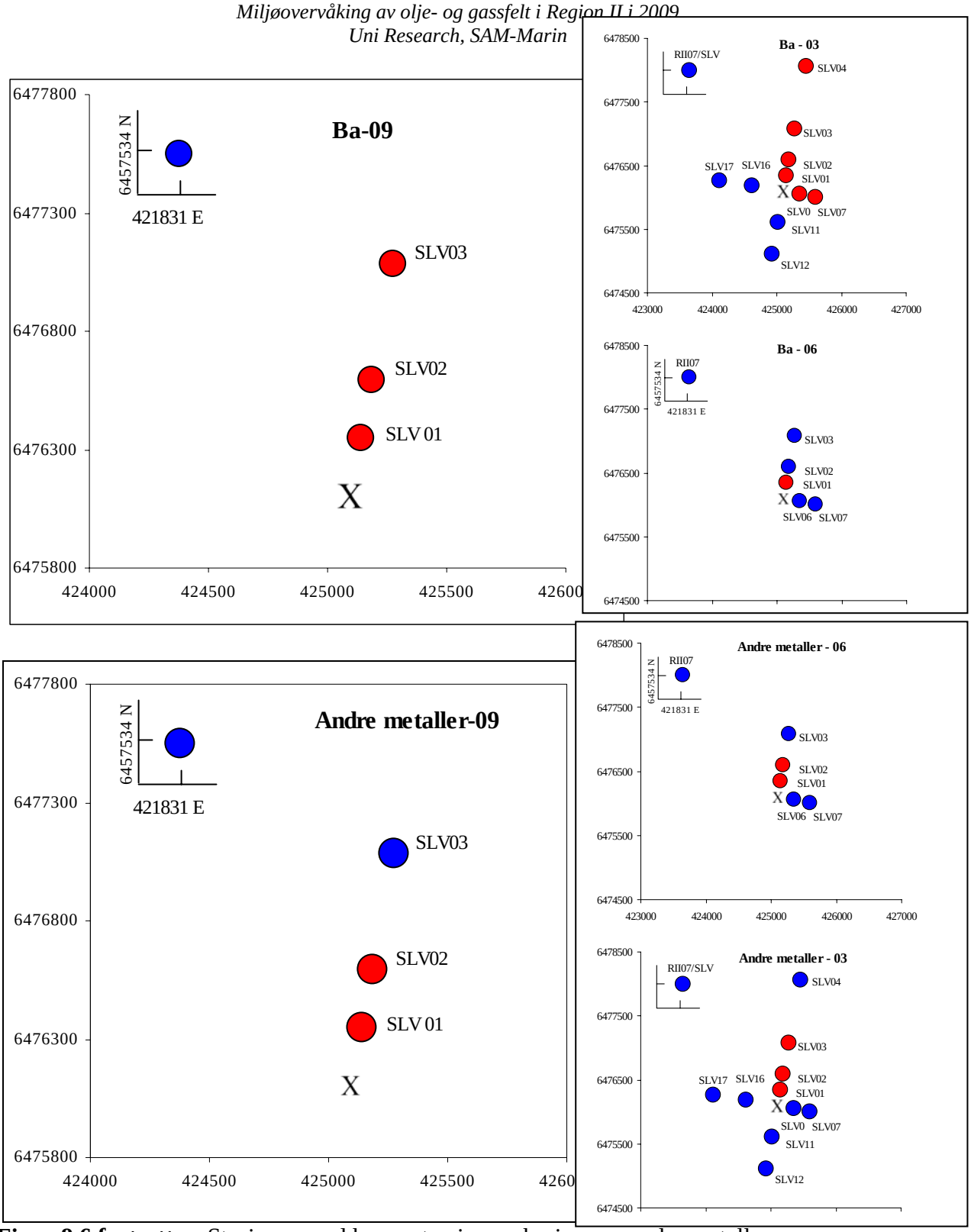
8.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall er vist i Figur 8.6 og Tabell 8.5. Tabell 8.5 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

I 2003 ble det påvist kontaminering av barium på alle undersøkte stasjoner og THC kontaminering langs hele transektet mot nord og mot øst. I 2006 ble det påvist THC-, barium-, sink- og blykontaminering ut til 250 m mot nord, og sink kontaminering ut til 500 m mot nord. I 2009 ble det påvist kontaminering av barium i hele transektet. THC og sink kontaminert sediment ble påvist ut til 500 m. Bly, kobber og krom kontaminering ble påvist ut til 250 m. Arealet med kontaminerte sediment var større i 2009 enn i 2006, men mindre enn hva som ble beregnet i 2003 (Tabell 8.5).



Figur 8.6. Stasjoner med konsentrasjon av THC over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt til høyre i figurene sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner i forhold til tidligere undersøkelser.



Figur 8.6 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av barium og andre metaller over LSC Subregion sentral 96-09 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion sentral 96-09 er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt til høyre sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner i forhold til tidligere undersøkelser.

Tabell 8.5. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC i 2009, samt beregnet areal med påvirkning rundt installasjonen fra 1997 til 2006. Det inngikk ikke faunaprøver i programmet fra Sleipner Vest i 2009. i.m: ikke målt.

Sleipner Vest	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	500	i.m	i.m	i.m	0,049	0,02	0,79	0,74	0,88
Ba	1000	i.m	i.m	i.m	0,098	0,02	3,53	3,14	3,14
Andre metall	500	i.m	i.m	i.m	0,049	0,05	0,10	0,74	3,14
Fauna	-	-	-	-	-	0,00	0,03	0,07	0,00

8.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2000 har det ikke vært boreaktivitet eller større utslipp fra Sleipner Vest. Ved undersøkelsen i 2009 ble det samlet prøver fra tre stasjoner i et nordlig transekt ut fra feltsenteret. Prøver til analyse av geologi og biologi inngikk ikke i programmet i 2009. THC var over LSC på SLV01 og SLV02. Det ble funnet en økning i innholdet av THC på SLV02 i forhold til i 2006. Bariuminnholdet hadde økt siden 2006 og var over LSC på alle tre stasjonene. Areal med kontaminering av THC, barium var større i 2009 enn i 2006, men lavere enn arealet som ble beregnet i 2003.

9. Sleipner Øst

9.1 Introduksjon

Sleipner Øst ligger i blokk 15/9 og består av Sleipner A plattformen (SLA) og de to brønnrammene Loke (LOK) og Sleipner Øst (SLE). Produksjonen ved Sleipner Øst startet i august 1993. Miljøforholdene ved feltet har tidligere blitt undersøkt i 1992 (Thorvaldsen & Jensen 1993), i 1993 (Neverdal & Stokland 1994), i 1997 (Mannvik & al. 1998), i 2000 (Mannvik & al. 2001), i 2003 (Botnen & al. 2004) og i 2006 (Botnen & al. 2007).

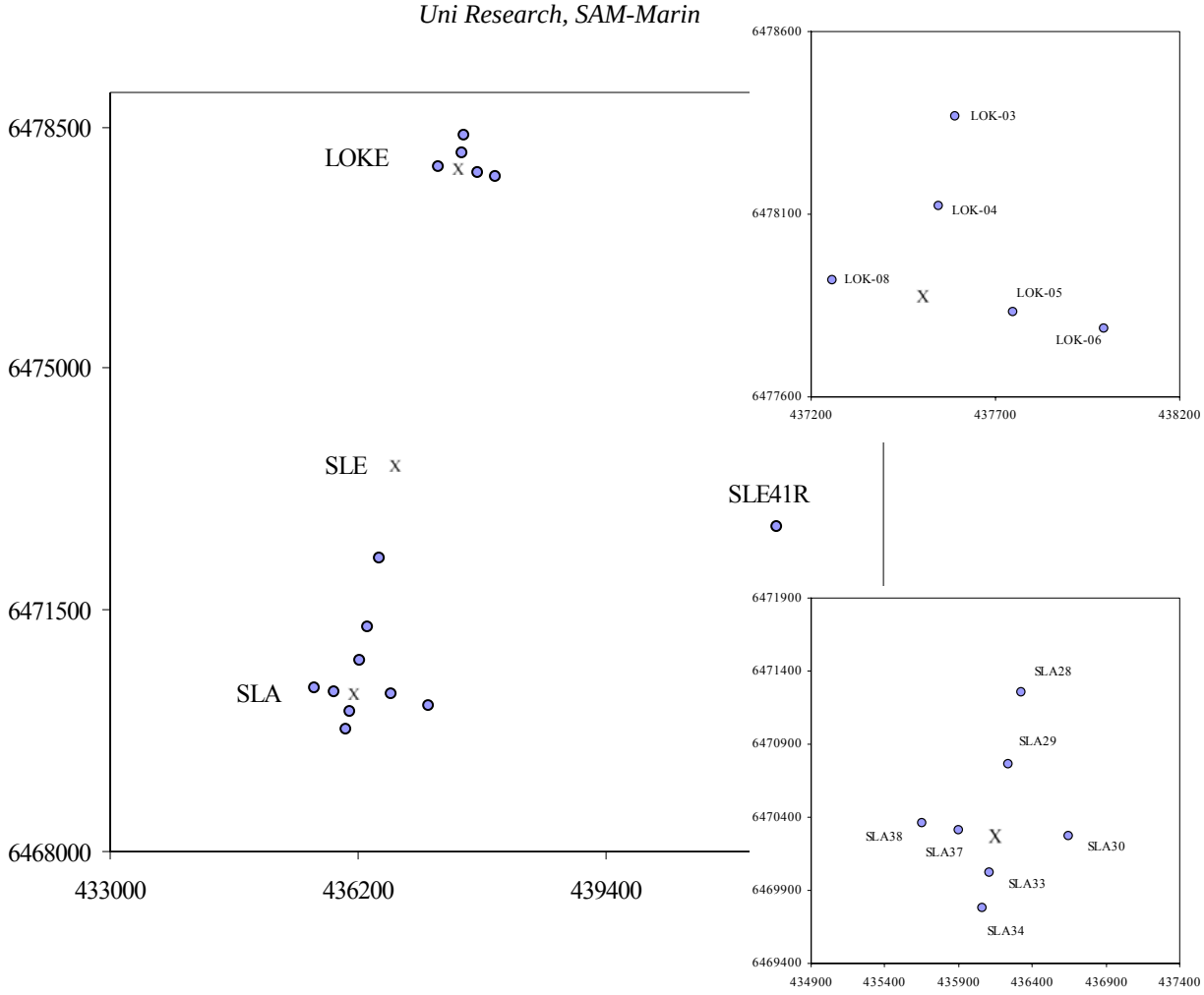
I 2003 ble det påvist kontaminering av THC på to stasjoner ved Loke, og ellers kontaminering av barium både ved Loke og Sleipner A plattformen. Faunaforstyrrelse ble påvist ved to stasjoner, henholdsvis 250 m sør og 250 m vest for Sleipner A plattformen. Areal kontaminert med THC og med påvist bariumnivå i tillegg til areal med forstyrret bunnfauna, hadde minsket fra 2003 til 2006. Samtidig hadde arealet kontaminert av andre metaller økt i størrelse.

I 2007 og 2008 og i første halvdel av 2009 ble det boret henholdsvis 1, 1, 4 brønner ved Sleipner A plattformen. Bore- og utslippshistorikken ved Sleipner Øst vises i Tabell 9.1, og i Figur 9.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Tabell 9.1. Boring og utslipp ved Sleipner Øst mellom 2000 og 2009.

Sleipner Øst	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	2	1	2	0	0	2	0	1	1	4
Baritt, tonn	2068	488	670	0	0	0	0	1317	1072	0
Borekaks, tonn	4390	1613	2118	0	0	0	0	3160	0	0
Annet boreslam, m³	321	241	150	0	0	0	0	0	0,16	0
Vannbasert boreslam, m³	3128	1929	1797	0	0	0	0	2851	0	0
Sementeringskjemikalier, tonn	127	30	30	0	0	16	0	46	22	2,5
Kompletteringskjemikalier, tonn	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	8,7	4,8	4,4	2,2	2	2,9	6,53	7,66	4	0,89**
Andre utslipp, olje, m³	6,9	1,9	5,6	0,8	<0,1	0,2	0,21	4,84	1,86	0,34

* jan-mai 2009 ** oppgitt for produsert vann + drenasjevann



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) /	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
LOK-03	437590	6478367	500/10	87
LOK-04	437546	6478121	250/10	87
LOK-05	437749	6477832	250/100	87
LOK-06	437995	6477788	500/100	87
LOK-08	437257	6477918	250/280	88
SLA-28	436323	6471256	1000/10	86
SLA-29	436236	6470763	500/10	85
SLA-30	436650	6470271	500/90	85
SLA-33	436106	6470025	250/190	85
SLA-34	436063	6469779	500/190	85
SLA-37	435903	6470314	250/280	85
SLA-38	435657	6470358	500/280	85
SLE-41R	441623	6472715	5000/100	83

Figur 9.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Sleipner Øst i forhold til feltsentrene (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

9.2 Resultater

9.2.1. Sedimentbeskrivelse

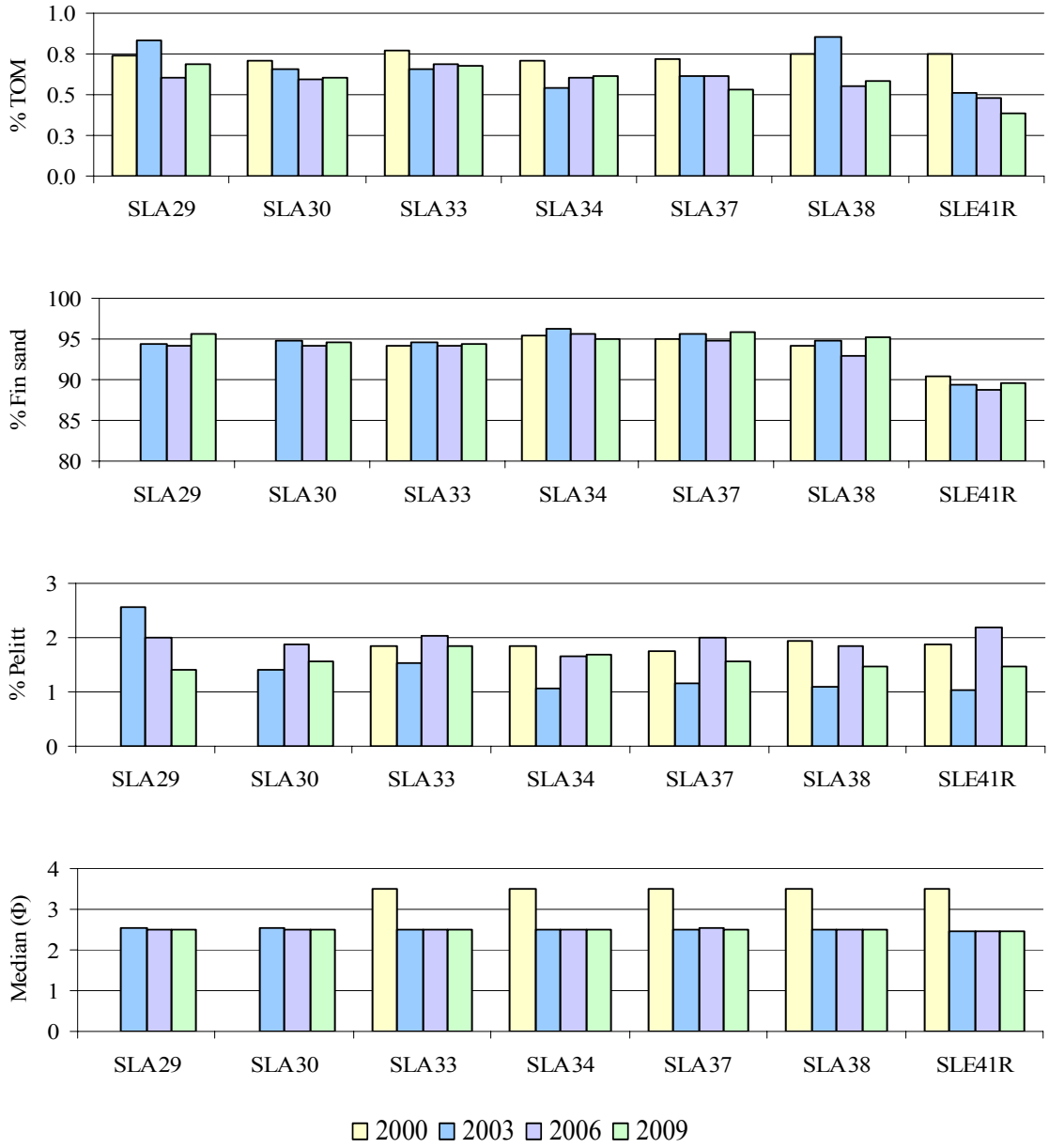
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 9.2. I Figur 9.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntykk av prøvene finnes i Vedlegget. Det ble i henhold til undersøkelses-programmet bare tatt prøver til kornstørrelse ved Sleipner A.

Sedimentet ved Sleipner A hadde et TOM-innhold fra 0,53 % til 0,69 %. Sandinnholdet varierte fra 98,1 % til 98,5 % og pelittinnholdet varierte mellom 1,40 % og 1,83 %. Medianen (Φ) 2,50 på SLA 34 og 2,51 på de andre undersøkte stasjonene. Det var ingen vesentlige endringer i forhold til tidligere undersøkelser (Figur 9.2).

Tabell 9.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Sleipner A i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus SLE41R) og for den grunne subregionen, som Sleipner A tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
SLA-29	**0,69**	0,05	**98,55**	**1,40**	2,51	0,34	**0,03**	**0,79**
SLA-30	0,60	0,02	98,43	1,55	2,51	0,34	0,01	0,75
SLA-33	0,68	0,02	**98,15**	**1,83**	2,51	0,34	0,00	0,74
SLA-34	0,61	0,03	98,27	1,70	**2,50**	0,33	0,00	0,74
SLA-37	**0,53**	**0,01**	98,43	1,56	2,51	0,33	0,00	0,74
SLA-38	0,58	**0,08**	98,45	1,47	2,51	0,33	0,00	0,74
SLE-41R	0,39	0,12	98,40	1,48	2,48	0,44	-0,14	1,14
snitt[1]	0,62	0,03	98,38	1,59	2,51	0,34	0,01	0,75
sd[1]	0,06	0,02	0,15	0,15	0,00	0,01	0,01	0,02
min[1]	0,53	0,01	98,15	1,40	2,50	0,33	0,00	0,74
maks[1]	0,69	0,08	98,55	1,83	2,51	0,34	0,03	0,79
snitt[2]	0,55	0,08	98,47	1,45	2,50	0,37	-0,03	0,89
sd[2]	0,15	0,04	0,08	0,04	0,02	0,06	0,09	0,22
min[2]	0,39	0,05	98,40	1,40	2,48	0,33	-0,14	0,74
max[2]	0,69	0,12	98,55	1,48	2,51	0,44	0,03	1,14

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen SLE-41R
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 9.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Sleipner A i 2000, 2003, 2006 og 2009.

9.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Sleipner Øst i 2009

Resultatet fra LSC-beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Sleipner A og Loke benyttes kun LSC for den grunne subregionen (LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$	6,9	0,02	0,02	1,0	9,8	10,4	16,7	6,3	0,02	0,01

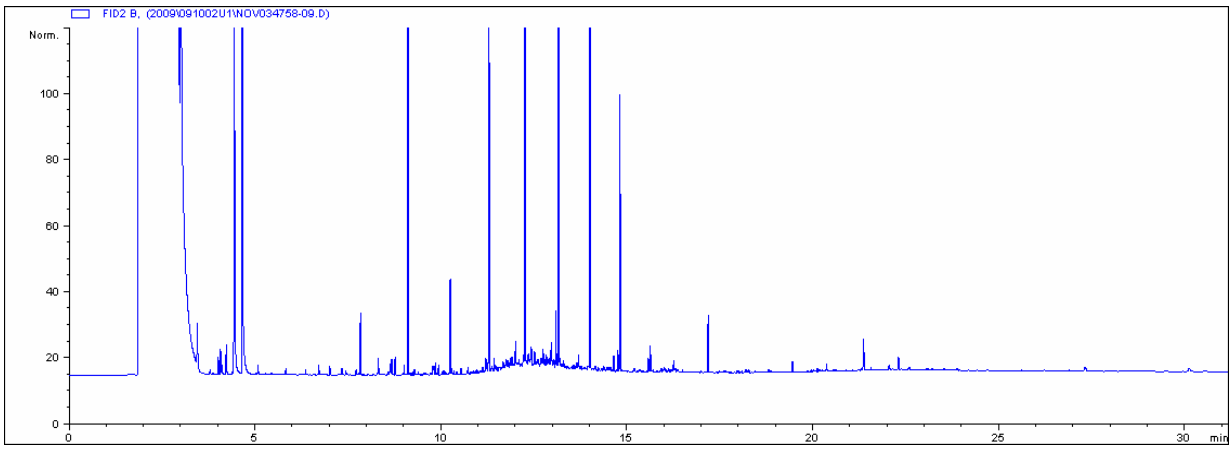
9.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 9.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 9.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 9.4 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 9.5 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

Ved Loke ble THC påvist i konsentrasjoner fra 3,1 mg/kg (LOK08) til 7,2 mg/kg (LOK04). THC nivået var over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på LOK-04. Innholdet av THC hadde endret seg lite siden 2006 (Figur 9.3).

Ved Sleipner A plattformen ble THC påvist i konsentrasjoner fra 0,5 mg/kg (SLA38) til 23,1 mg/kg (SLA33). THC nivået var over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på SLA 33, hvor det var en økning i innholdet av THC sammenlignet med tidligere. På SLA 38 og SLE 41R ble det målt mindre THC i sedimentet, sammenlignet med tidligere. På de andre stasjonene var det bare mindre endringer sammenlignet med 2006 (Figur 9.4).

Vertikalfordelingen av THC i sedimentet ble målt i dybdeintervallene 0-1, 1-3 og 3-6 cm 250 (LOK04) og 500 (LOK03) m nord for Loke og 500 (SLA29) og 1000 (SLA28) m nord for Sleipner A. THC-innholdet var over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ i alle dybdeintervall 250 m nord for Loke og i 1-3 og 3-6 cm intervallet 1000 m nord for Sleipner A (Tabell 9.4).



Figur 9.3. Kromatogram som viser THC-innhold på SLA33 (2. hugg).

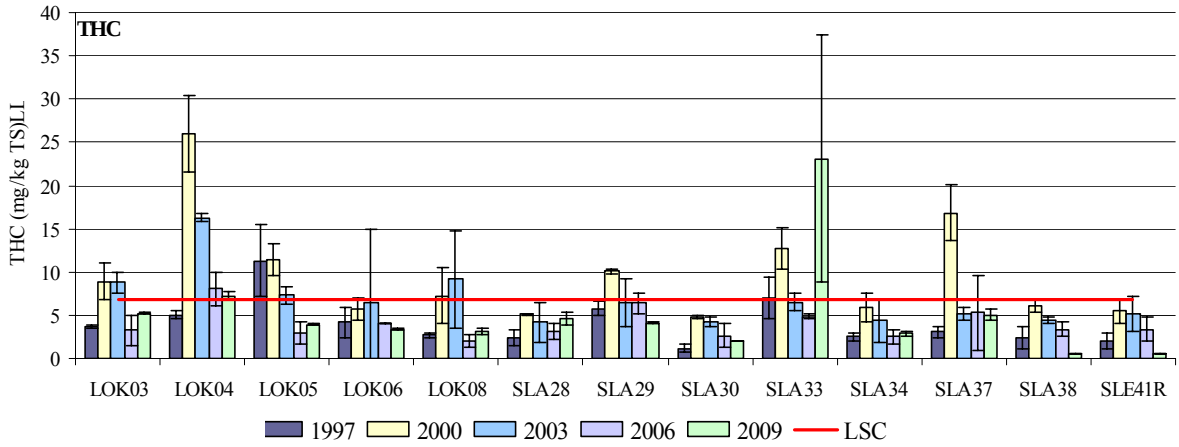
Tabell 9.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Sleipner Øst i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den grunne subregionen tatt med i tabellen.

	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
LOK-03	5,23	0,06	0,017	0,002	0,006	0,000
LOK-04	**7,20**	0,46	0,013	0,001	0,016	0,002
LOK-05	3,93	0,15				
LOK-06	3,40	0,10				
LOK-08	**3,13**	0,40				
SLA-28	4,63	0,72	0,010	0,000	0,006	0,000
SLA-29	4,13	0,06	0,015	0,002	0,006	0,000
SLA-30	2,10	0,00				
SLA-33	**23,13**	14,33				
SLA-34	2,87	0,25				
SLA-37	5,07	0,61				
SLA-38	**0,50**	0,00				
SLE-41R	0,50	0,00	0,009	0,001	0,006	0,000
LOK						
snitt±sd[1]	4,58±1,67					
min-maks[1]	3,13-7,20					
SLA						
snitt±sd[2]	6,06±7,69					
min-maks[2]	0,50-23,13					
snitt±sd[3]	1,6±2,1		0,014±0,004		0,005±0,004	
min-maks[3]	<0,1-4,7		0,009-0,019		0,000-0,009	

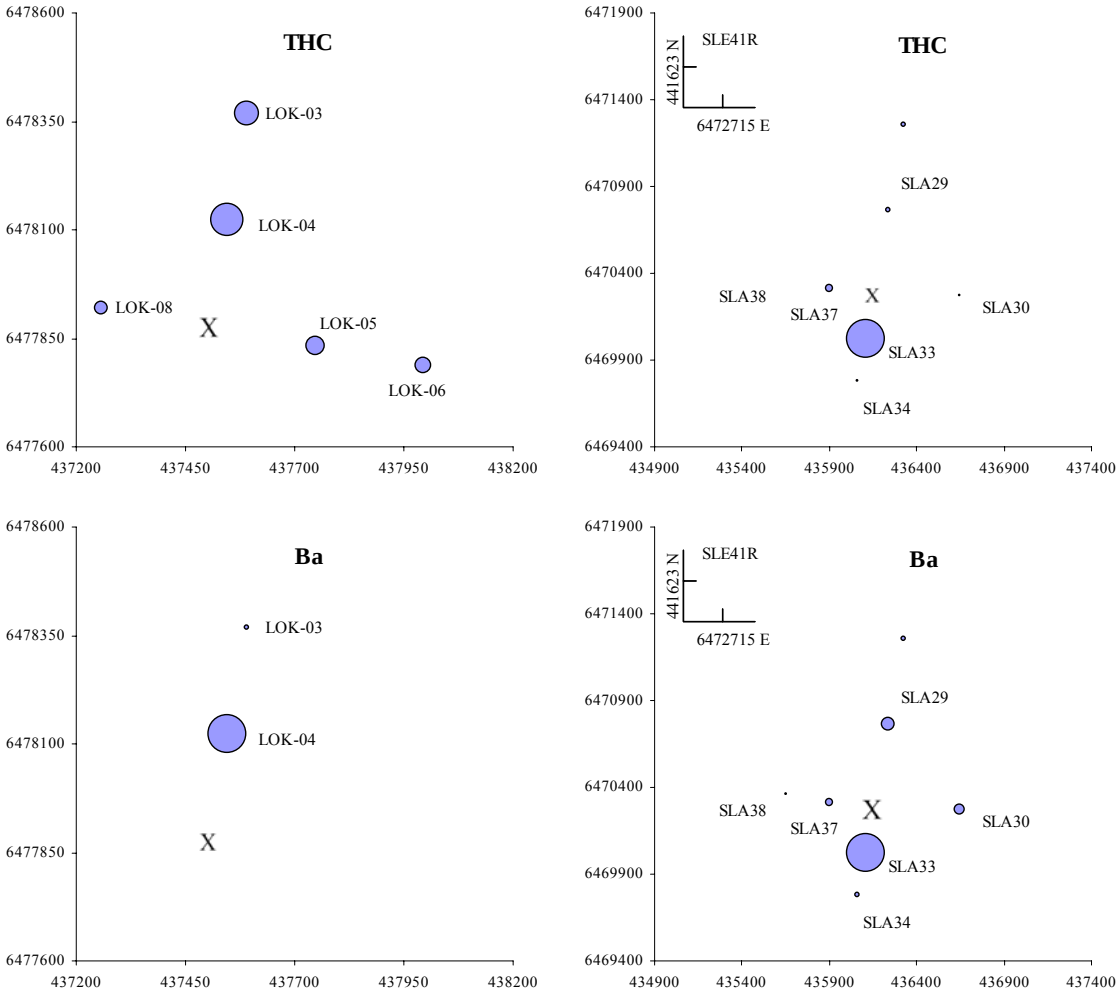
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogram for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene for Loke minus den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R
[2] de feltspesifikke stasjonene for SLA minus den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R
[3] de regionale stasjonene i den grunne subregionen

Tabell 9.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på LOK03, LOK04, SLA28 og SLA29 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er skyggelagt.

Sjikt	LOK-03	LOK-04	SLA-28	SLA-29
(0-1cm)	5,30	7,6	5,0	4,2
(1-3cm)	2,80	14,0	8,2	4,5
(3-6cm)	3,30	9,7	8,1	6,8



Figur 9.4. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørrstoff (TS) i sediment fra Sleipner Øst frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.



Figur 9.5. Relativ konsentrasjon av THC og barium (Ba) i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Sleipner Øst i 2009. Feltsenteret er markert med x.

9.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 9.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 9.6 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 9.5 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 9.7 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

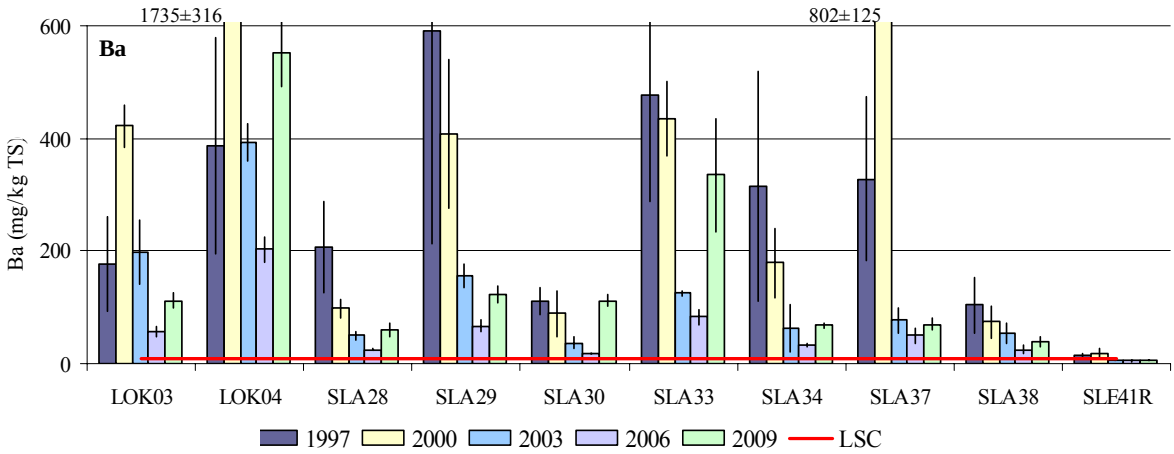
Ved Loke ble barium påvist i konsentrasjonene 111 og 552 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjonene 0,7 og 1,1 mg/kg. Krom ble målt til 5,7 og 5,8 mg/kg, sink til 6,4 og 7,2 mg/kg, bly til 3,9 og 4,4 mg/kg, kadmium var under deteksjonsgrensen på 0,006 mg/kg, og kvikksølv ble målt til 0,004 mg/kg (Tabell 9.5).

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på begge de undersøkte stasjonene, som ligger henholdsvis 250 og 500 m nord for feltsentret. Konsentrasjonen var høyest på stasjonen nærmest feltsenteret. Konsentrasjonen av kobber forekom over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ ut til 250 m mot nord (Tabell 9.5 og Figurene 9.6 og 9.7).

Ved Sleipner A ble barium påvist i konsentrasjoner fra 38 til 336 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 0,62 og 1,27 mg/kg. Krom varierte mellom 6,0 og 6,6 mg/kg, sink mellom 5,9 og 9,4 mg/kg, bly mellom 3,1 og 4,1 mg/kg, kadmium var under 0,003 mg/kg til 0,01, og kvikksølv ble målt til 0,003 mg/kg (Tabell 9.5).

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ på alle de undersøkte stasjonene i 2009. Kobber forekom over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ ut til 250 m mot sør (Tabell 9.5 og Figurene 9.6 og 9.7).

Ved Sleipner Øst var det generell økning i konsentrasjon av barium i forhold til i 2006, mens kobber og sink forekom omtrent på samme nivå som før, og krom, bly og kadmium hadde lavere verdier i 2009 (Figur 9.6 og Figur 9.7).

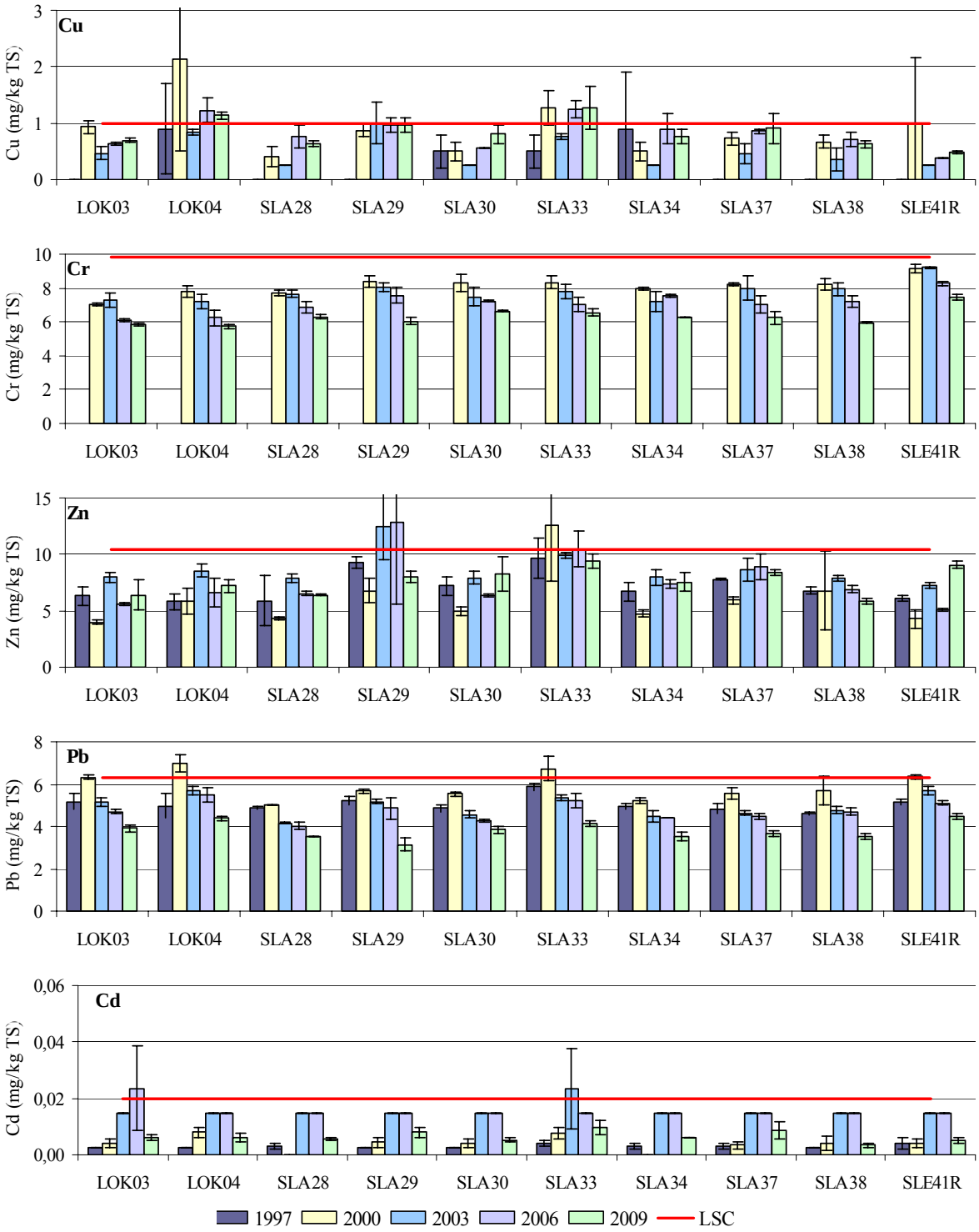


Figur 9.6. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sleipner Øst i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$.

Tabell 9.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Sleipner Øst i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den grunne subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
LOK-03	111,7	13,3	3,9	0,2	0,006	0,001	0,70	0,05	5,8	0,1	0,004	0,001	6,4	1,3
LOK-04	552,0	60,1	4,4	0,1	0,006	0,002	1,13	0,06	5,7	0,2	0,004	0,001	7,2	0,6
SLA-28	60,2	12,0	3,5	0,0	0,006	0,001	0,64	0,06	6,3	0,1	0,0030	0,0010	6,4	0,1
SLA-29	122,0	15,1	**3,1**	0,3	0,008	0,002	0,97	0,13	**6,0**	0,2	0,0030	0,0000	8,0	0,5
SLA-30	112,3	9,8	3,8	0,2	0,005	0,001	0,81	0,17	**6,6**	0,1	i.a.	-	8,3	1,6
SLA-33	**335,7**	100,4	**4,1**	0,2	**0,010**	0,003	**1,27**	0,38	**6,6**	0,2	i.a.	-	**9,4**	0,7
SLA-34	68,0	4,7	3,6	0,2	0,006	0,000	0,77	0,13	6,3	0,0	i.a.	-	7,6	0,8
SLA-37	70,4	11,1	3,7	0,1	0,009	0,003	0,91	0,27	6,2	0,4	i.a.	-	8,4	0,3
SLA-38	**38,1**	9,1	3,5	0,1	**0,003**	0,001	**0,62**	0,06	**6,0**	0,1	i.a.	-	**5,9**	0,3
SLE-41R	6,3	0,5	4,5	0,2	0,005	0,001	0,48	0,03	7,4	0,2	0,0020	0,0000	9,1	0,4
LOK														
snitt ± sd[1]	331,8±311,4		4,2±0,4		0,006±0,000		0,92±0,31		5,8±0,1		0,0040±0,0005		6,8±0,6	
min-maks[1]	111,7-552,0		3,9-4,4		0,006-0,006		0,70-1,13		5,7-5,8		0,0037-0,0043		6,4-7,2	
SLA														
snitt ± sd[2]	115,2±101,5		3,6±0,3		0,007±0,002		0,86±0,22		6,3±0,2		0,0030±0,0000		7,7±1,2	
min-maks[2]	38,1-335,7		3,1-4,1		0,003-0,010		0,62-1,27		6,0-6,6		0,0030-0,0030		5,9-9,4	
snitt±sd[3]	10,2±5,4		4,1±0,4		0,009±0,003		0,7±0,1		6,6±0,8		0,003±0,001		9,4±1,1	
min-maks[3]	6,2-17,8		3,6-4,5		0,005-0,012		0,5-0,8		5,5-7,4		0,002-0,005		8,3-10,9	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogram for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene for Loke minus den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R
[2] de feltspesifikke stasjonene for SLA minus den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R
[3] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 9.7. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sleipner Øst i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

9.2.5 Bunnfauna

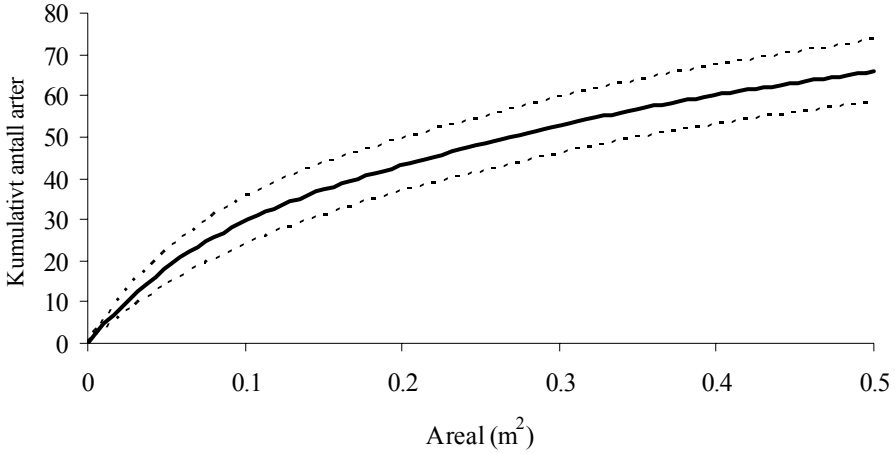
I henhold til innsamlingsprogrammet ble det bare samlet prøver til analyse av faunaen ved Sleipner A.

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 9.6. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 370 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Sleipner A. Totalt ble 4677 individer fordelt på 262 taksa identifisert i prøvene i 2009. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 65 % av alle individ og 40 % av alle taksa.

Tabell 9.6. Antall individ i prøvene fra Sleipner A i 2009 fordelt på noen store taksonomiske grupper. Prøvene fra SLE41R er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (370 individ) er utelatt.

Taksonomiske grupper	Ant. individer	%	Ant. taksa	%
Annelida	3025	65	106	40
Arthropoda	499	11	65	25
Mollusca	175	4	51	19
Echinodermata	512	11	16	6
Diverse grupper	466	10	24	9
Totalt	4677	100	262	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 9.8).

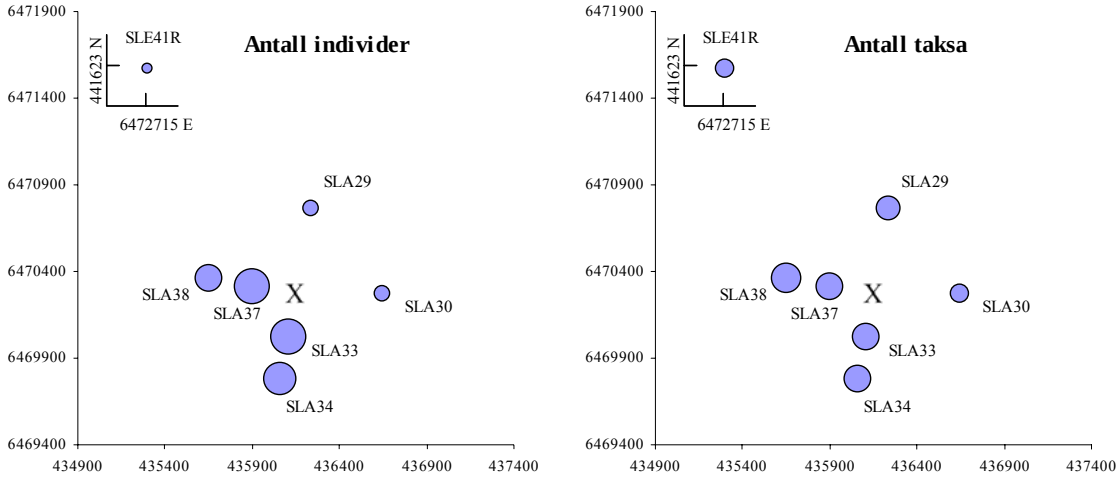


Figur 9.8. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for SLE-41R i 2009. Juvenile individ av Spatangoida er ikke tatt med i tallmaterialet.

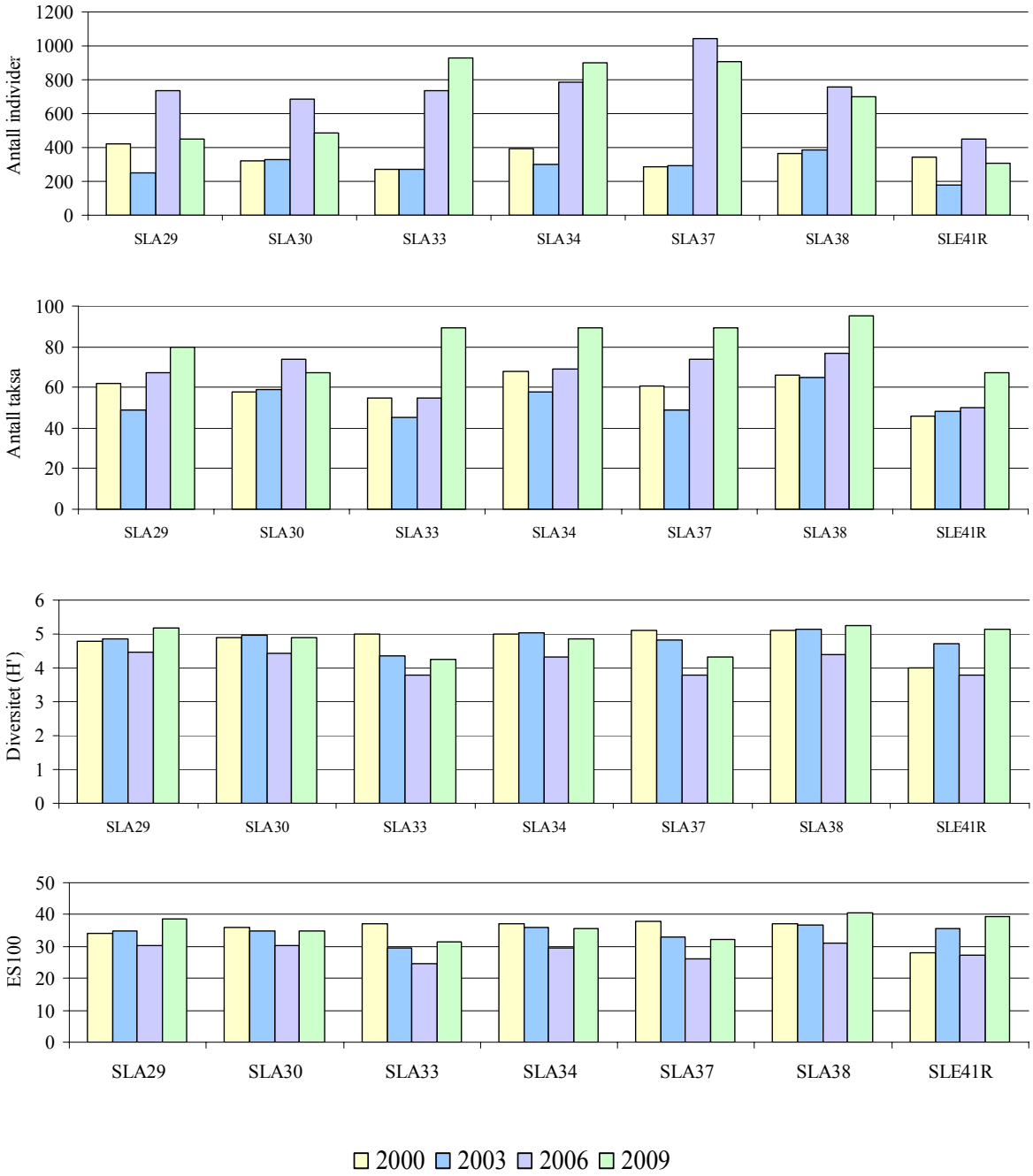
Tabell 9.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Sleipner A i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES_{100}
SLA-29-09	**448**	80	5,20	**0,82**	6,32	38,6
SLA-30-09	486	**67**	4,89	0,81	**6,07**	34,75
SLA-33-09	**928**	89	**4,27**	**0,66**	6,48	**31,3**
SLA-34-09	899	89	4,87	0,75	6,48	35,71
SLA-37-09	910	89	4,32	0,67	6,48	32,17
SLA-38-09	701	**95**	**5,26**	0,80	**6,57**	**40,49**
SLE-41R-09	305	67	5,14	0,85	6,07	39,31
snitt	729	85	4,80	0,75	6,40	35,50
sd	219	10	0,42	0,07	0,18	3,57
min	448	67	4,27	0,66	6,07	31,30
maks	928	95	5,26	0,82	6,57	40,49
snitt	348	65	5,00	0,83	6,02	36,39
sd	58	4	0,25	0,04	0,08	3,81
min	305	61	4,63	0,77	5,93	30,97
maks	429	69	5,17	0,85	6,11	39,31

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 9.9. Relativ fordeling av antall individer og antall taksa ved Sleipner A i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



Figur 9.10. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Sleipner A fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt i 2009.

Tabell 9.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Sleipner A i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

SLA-29-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Myriochele oculata	61	13.6	13.6
Ophiura affinis	27	6.0	19.6
Owenia borealis	27	6.0	25.7
Goniada maculata	26	5.8	31.5
Cerianthus lloydii	24	5.4	36.8
Scoloplos armiger	21	4.7	41.5
Hyperiidae indet.	19	4.2	45.8
Paramphinome jeffreysii	16	3.6	49.3
Chaetozone sp.	14	3.1	52.5
PHORONIDA indet.	13	2.9	55.4
NEMERTINI indet.	13	2.9	58.3

SLA-30-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Myriochele oculata	74	15.2	15.2
Owenia borealis	58	11.9	27.2
Cerianthus lloydii	36	7.4	34.6
Goniada maculata	26	5.3	39.9
Ophiura affinis	21	4.3	44.2
Amphiura filiformis	18	3.7	47.9
PHORONIDA indet.	17	3.5	51.4
Hyperiidae indet.	15	3.1	54.5
Eudorellopsis deformis	15	3.1	57.6
Scoloplos armiger	14	2.9	60.5

SLA-33-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	345	37.2	37.2
Chaetozone sp.	61	6.6	43.8
Ophiura affinis	49	5.3	49.0
Myriochele oculata	39	4.2	53.2
Hydroides norvegica	29	3.1	56.4
Aphelochaeta sp.	28	3.0	59.4
Owenia borealis	25	2.7	62.1
Goniada maculata	25	2.7	64.8
Cerianthus lloydii	24	2.6	67.3
Ampharete falcata	23	2.5	69.8

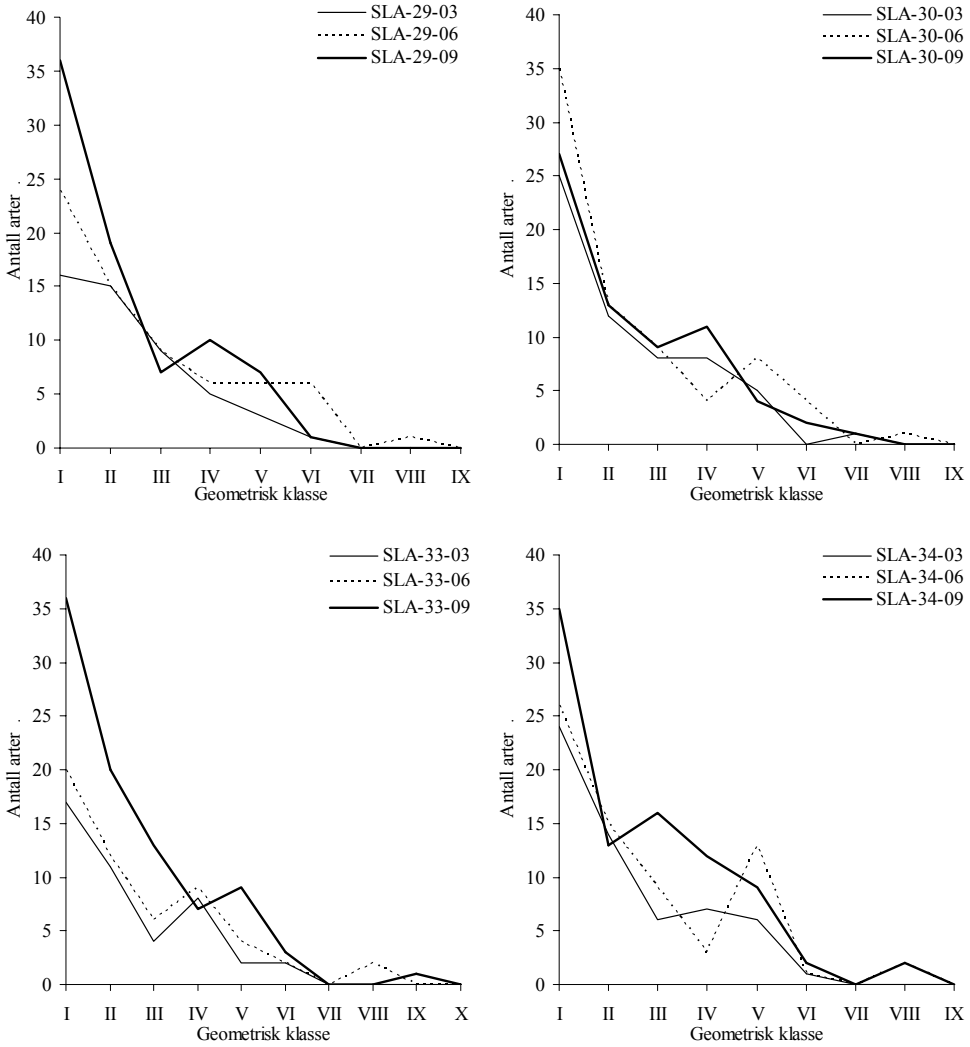
SLA-34-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	159	17.7	17.7
Myriochele oculata	152	16.9	34.6
Owenia borealis	50	5.6	40.2
Podoceropsis sophiae	35	3.9	44.0
Pectinaria auricoma	31	3.4	47.5
Amphiura filiformis	30	3.3	50.8
Ampharete falcata	27	3.0	53.8
Cerianthus lloydii	26	2.9	56.7
Goniada maculata	23	2.6	59.3
Hyperiidae indet.	21	2.3	61.6

SLA-37-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	329	36.2	36.2
Myriochele oculata	60	6.6	42.7
Ophiura affinis	55	6.0	48.8
Hydroides norvegica	47	5.2	54.0
Owenia borealis	46	5.1	59.0
Goniada maculata	25	2.7	61.8
Cerianthus lloydii	22	2.4	64.2
Verruca stroemi	19	2.1	66.3
Amphiura filiformis	17	1.9	68.1
Chaetozone sp.	17	1.9	70.0

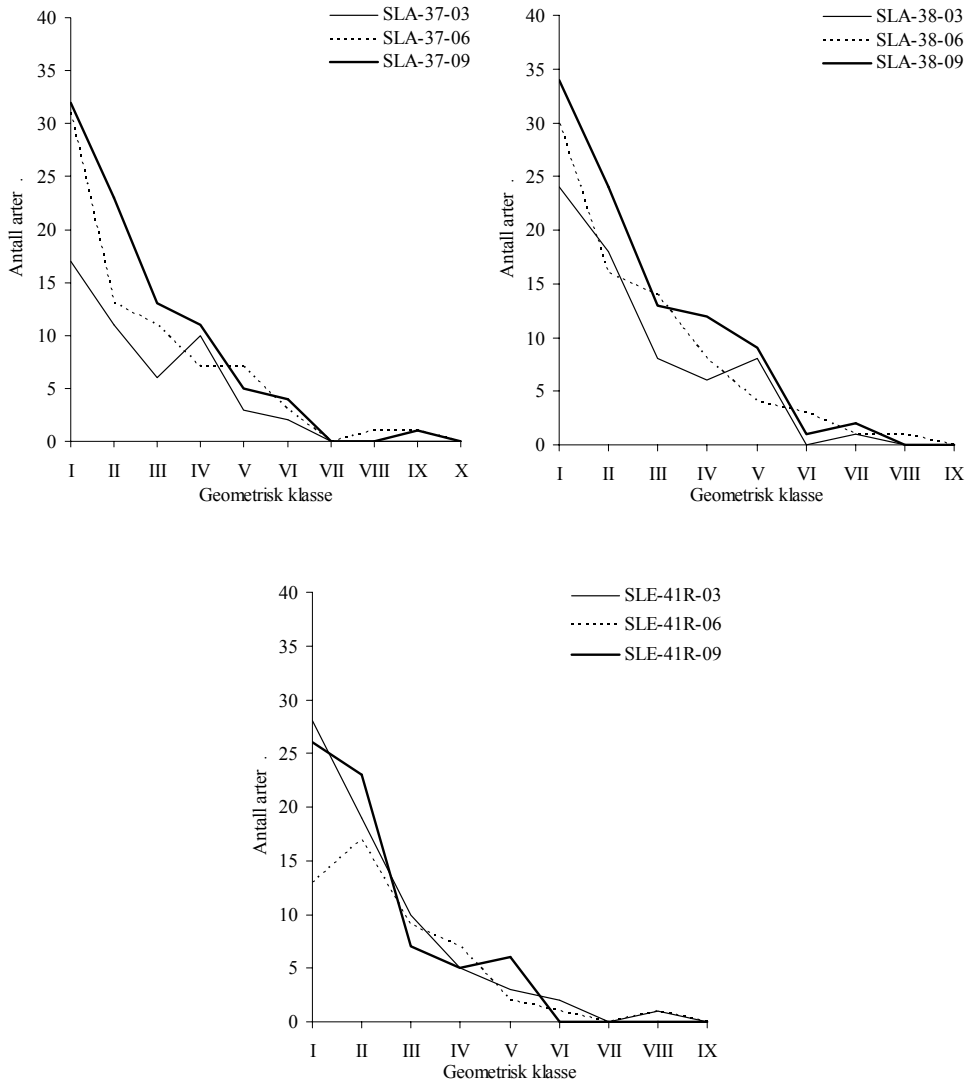
SLA-38-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Ditrupa arietina	115	16.4	16.4
Ophiura affinis	67	9.6	26.0
Myriochele oculata	44	6.3	32.2
Goniada maculata	26	3.7	35.9
Chaetozone sp.	26	3.7	39.7
Cerianthus lloydii	24	3.4	43.1
Amphiura filiformis	20	2.9	45.9
Ampharete falcata	20	2.9	48.8
Eudorellopsis deformis	18	2.6	51.4
Paramphinome jeffreysii	16	2.3	53.6
Echinocyamus pusillus	16	2.3	55.9
Hippomedon denticulatus	16	2.3	58.2

Tabell 9.8. forts

SLE-41R-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Amphiura filiformis	28	9.2	9.2
Ophiura affinis	27	8.9	18.0
Edwardsia sp.	24	7.9	25.9
Goniada maculata	19	6.2	32.1
Echinocyamus pusillus	19	6.2	38.4
Cerianthus lloydii	17	5.6	43.9
Scoloplos armiger	15	4.9	48.9
Owenia borealis	11	3.6	52.5
Eudorellopsis deformis	9	3.0	55.4
PHORONIDA indet.	9	3.0	58.4



Figur 9.11. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Sleipner A i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



Figur 9.11. fortsetter.

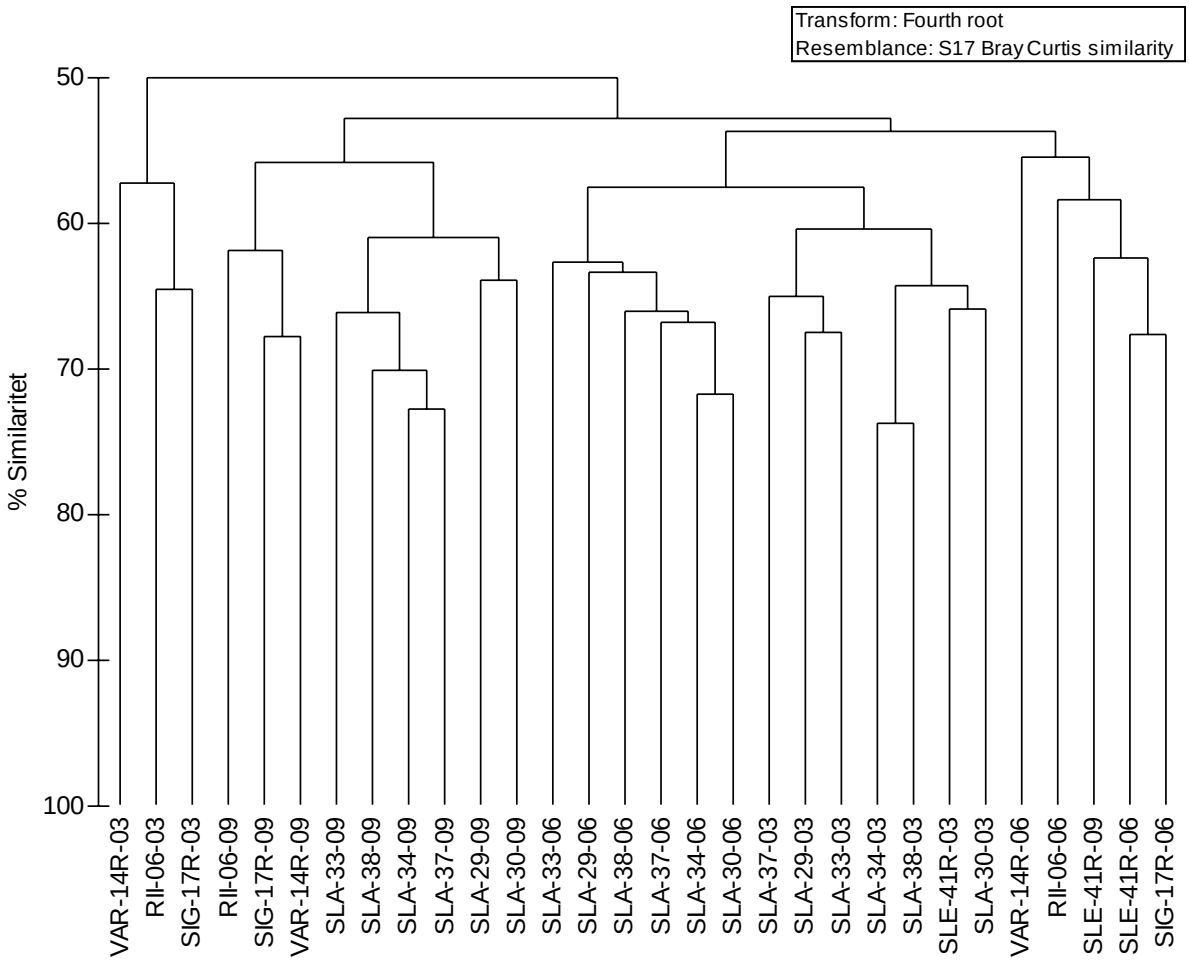
Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Sleipner A i 2006 vises i Figur 9.9. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 9.7 og Figur 9.10. Antall individ varierte mellom 448 og 928, og antall taksa varierte mellom 67 og 95. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 4,27 og 5,26, og ES_{100} varierte mellom 31,3 og 40,49. Jevnheten varierte mellom 0,66 og 0,82. Den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R hadde 305 individ fordelt på 67 taksa, med en diversitet (H') på 5,14. Jevnheten (J) og ES_{100}, var på henholdsvis 0,85 og 39,31. SLE41R skiller seg dermed ikke nevneverdig ut, bortsett fra et lavere individtall og en så vidt høyere jevnhet.

Individantallet var lavere i årets prøver enn i 2006, bortsett fra SLA33 og SLA34, men lå fortsatt høyere enn nivået i 2003 (Figur 9.10). SLA30 var den eneste stasjonen hvor antall taksa ikke var høyere i 2009 enn 2006. I prøvene fra SLA33 og SLA37 utgjorde børstemarken *Ditrupa arietina* over 50 % av det totale antallet individer på stasjonene (Tabell 9.8). Artsdiversiteten hadde imidlertid steget på disse to stasjonene fra 2006 til 2009. Ellers lå nivåene av både diversiteten og ES_{100} høyere i årets prøver enn i 2006. På de øvrige stasjonene dominerte børstemarkene *Myriochele oculata* og *Ditrupa arietina*, mens

slangestjernene *Amphiura filiformis* og *Ophiura affinis* var mest vanlig ved den tilknyttede regionale stasjonen SLE41R. Antall taksa og diversiteten viste en generell stigning fra 2006 til 2009 på de undersøkte stasjonene.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 9.11. Kurvene tilhørende SLA 29, 30, 33 og 34 har knekker som tyder på en viss forstyrrelse i bunnfaunaen. Likevel starter kurvene ved de fleste stasjonene høyere i 2009 enn foregående år, noe som tyder på en stimulering av bunnfaunaen.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 9.12. Cluster-analysen samlet alle de feltspesifikke stasjonene på Sleipner A innen en faunalikhet på om lag 61 %. Som i 2003 og 2006 ble det observert liten faunalikhet mellom de feltspesifikke og de regionale stasjonene. I 2009 var likheten mellom den tilknyttede regionale stasjonen, SLE41R, og de feltspesifikke stasjonene 53 %. Ved SLE41R fantes det mest slangestjerner, noe som trolig er grunnen til at den skiller seg ut. De feltspesifikke stasjonene deles inn i to grupper, med SLA 33, 34, 37 og 38 som domineres av børstemarken *Ditrupa arietina* og SLA 30 og 29 med *Myriochele oculata* som den mest tallrike arten. MDS-analysen støtter opp under resultatet fra clusteranalysen (Se Vedlegg).

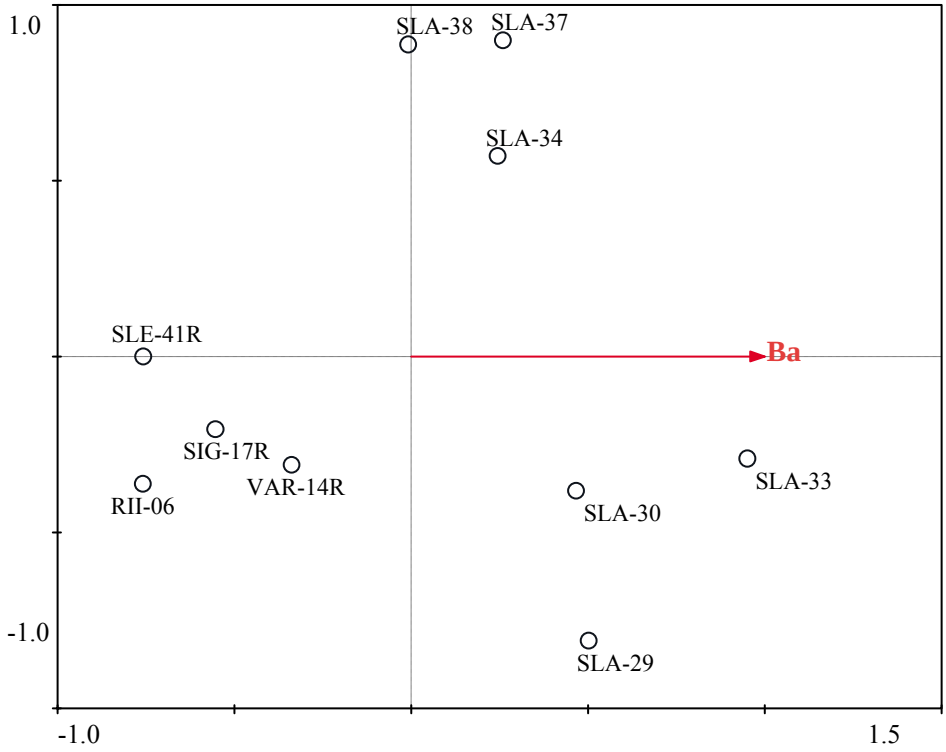


Figur 9.12. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Sleipner A sammen med de regionale stasjonene i den grunne subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna og de kjemiske og fysiske dataene fra 2009, ved Sleipner A og de tilknyttede subregionale stasjonene, ble undersøkt ved hjelp av RDA-analyse.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,3). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at barium var den miljøvariablen som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 9.13). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 17,2 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den første frie aksen forklarer 16,3 %.

Resultatet tyder på at det finnes en svak kobling mellom barium og bunnfauna.



Figur 9.13. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variabelen barium hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen reflekterer artssammensetningen som kan forklares av barium (17,2 %), mens den andre aksen reflekterer den sterkeste gradienten i restvariasjonen (16,3 %).

9.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 9.14 og Tabell 9.9. Tabell 9.9 inneholder også opplysninger om størrelsen på arealet som ble beregnet som påvirket.

I 2009 ble det påvist THC kontaminering 250 m nord for Loke og 250 m sør for Sleipner A, mens det i 2006 på disse ikke ble påvist THC kontaminerte arealer. Samtlige feltspsesifikke stasjoner ved Loke og Sleipner A var kontaminert av barium. Kontaminering av andre metaller ble påvist ut til 250 m sør for Sleipner A og 250 m nord og vest for Loke.

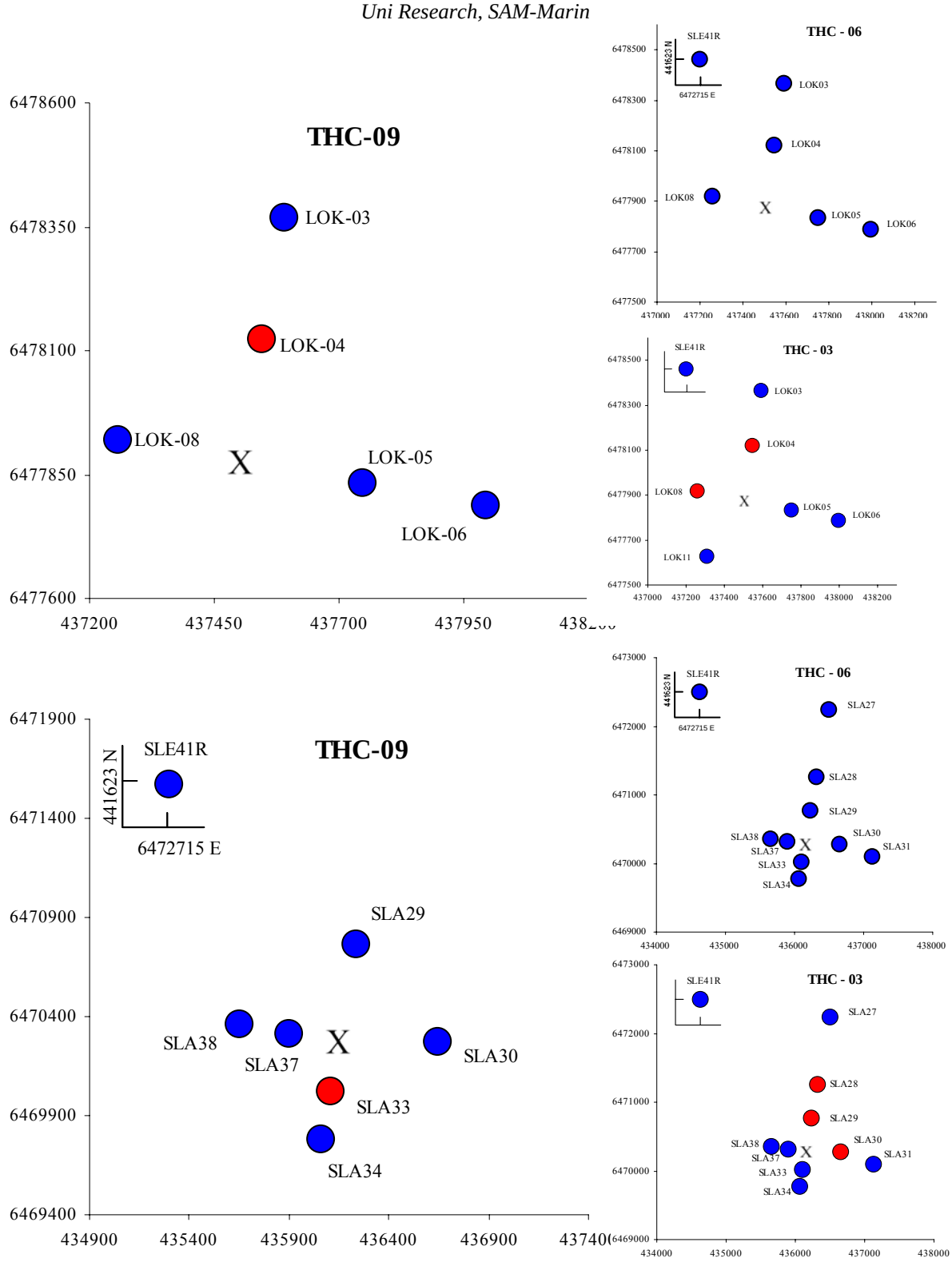
Areal kontaminert av THC, Ba og andre metaller var over hele feltet større eller likt som i 2006, bortsett fra en nedgang i størrelse på areal kontaminert av andre metall ved Sleipner A (Tabell 9.11). Det ble ikke påvist faunaforstyrrelse i 2009 ved Sleipner A.

Tabell 9.11. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2006, samt beregnet areal med påvirking rundt Loke og Sleipner A fra 1997 til 2006. Datagrunnlaget er for lite i 2006 til å foreta arealberegninger for barium og andre metall rundt Loke. Faunaprøver ble i henhold til innsamlingsprogrammet for 2006 ikke samlet ved Loke. ? = mangler data til å anslå distanse og areal.

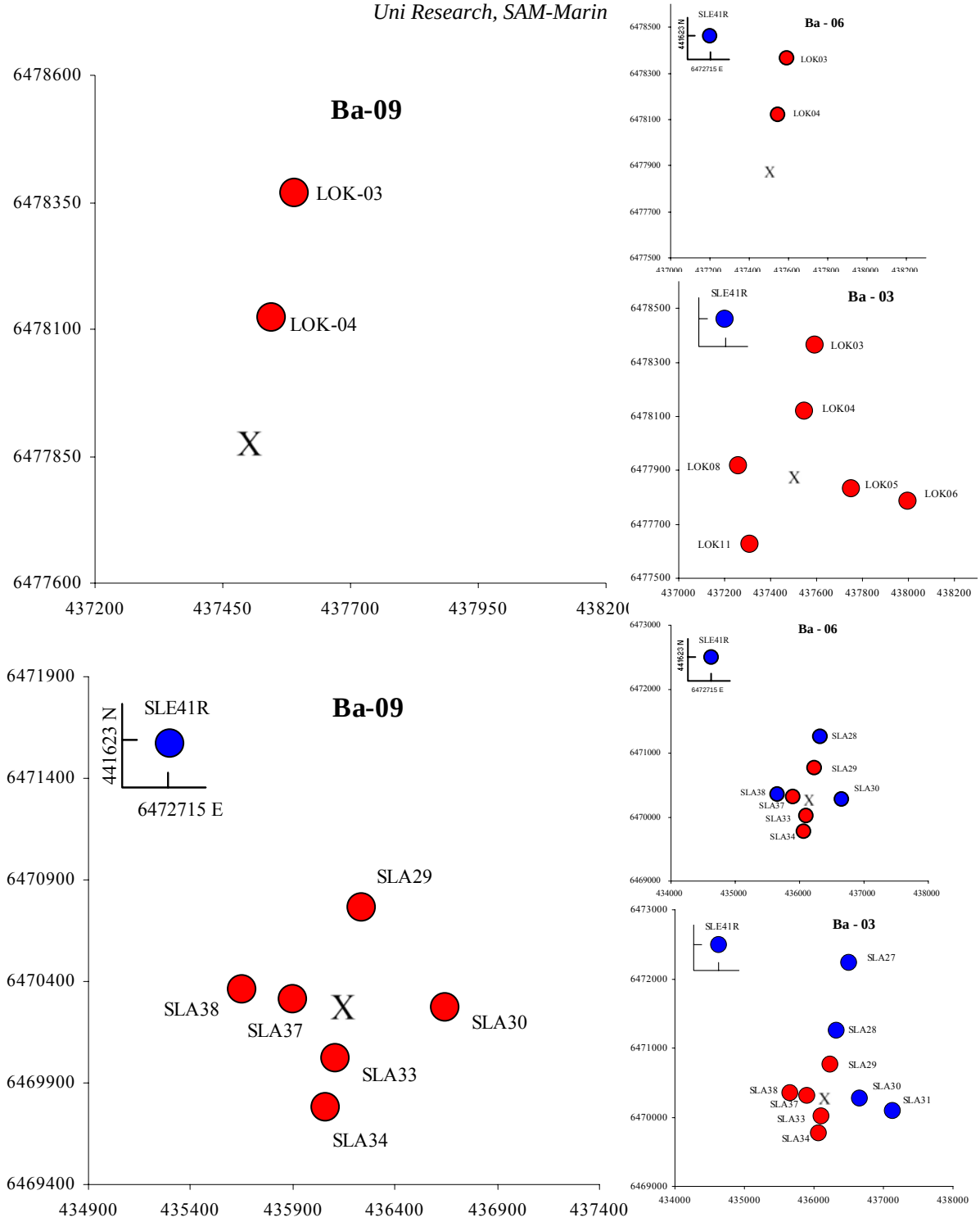
Loke	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	0	250	125	0	0,025	0,00	0,05	0,18	0,07
Ba	250	500	500	0	0,295	?	0,44	0,44	1,23
Andre metall	250	250	0	0	0,049	?	0,00	0,00	0,07
Fauna	-	-	-	-	-	-	0,05	0,00	0,07

Sleipner A	N (m)	Ø (m)	S (m)	V (m)	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	0	125	250	0	0,025	0,00	0,39	0,22	0,00
Ba	500	500	500	500	0,785	0,20	0,39	1,77	12,57
Andre metall	0	125	250	0	0,025	0,15	0,07	0,00	0,00
Fauna	0	0	0	0	0,000	0,00	0,05	0,00	0,29

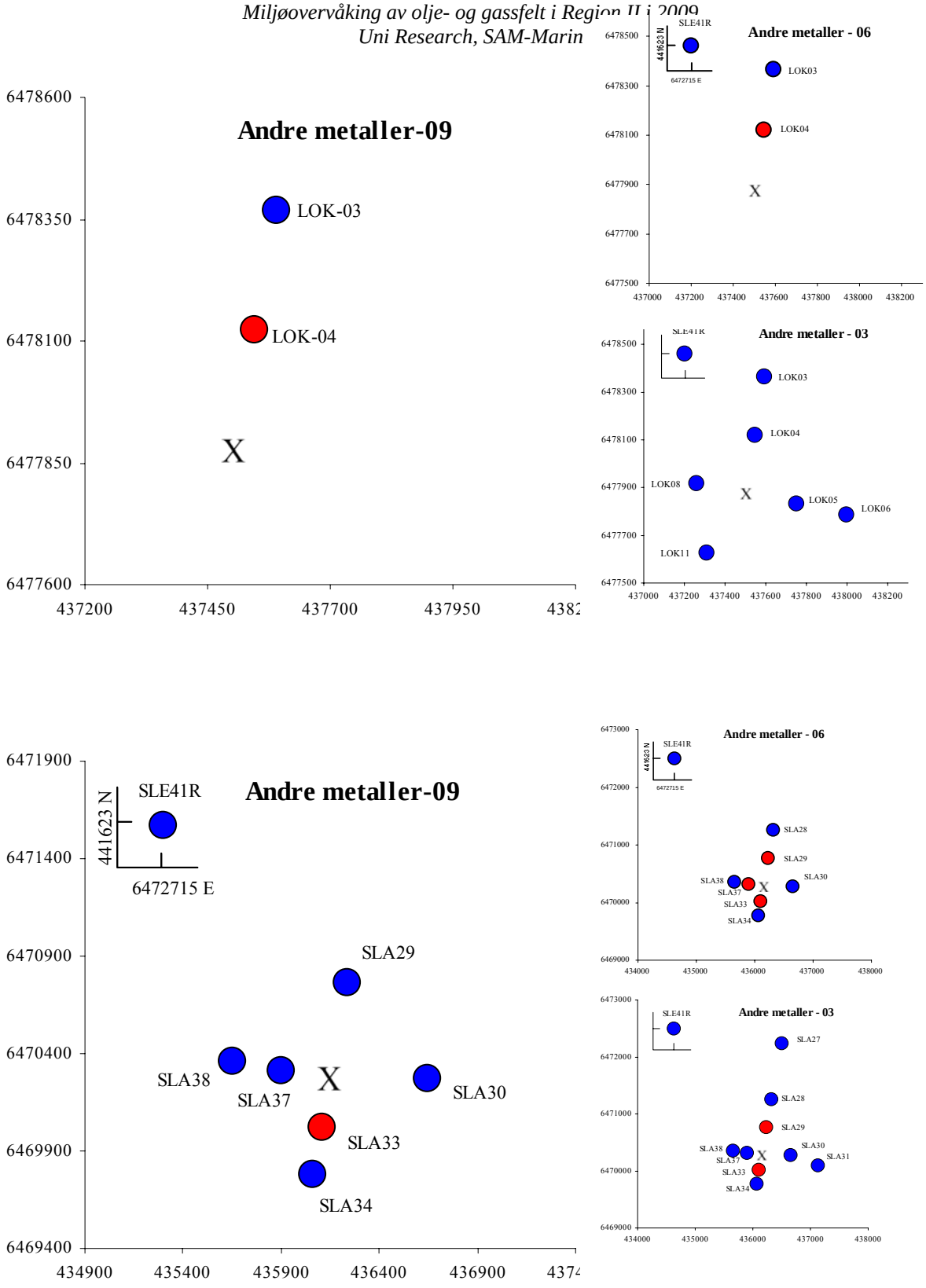
LOK + SLA	2009 km^2	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	0,050	0,00	0,44	0,40	0,07
Ba	1,080	?	0,83	2,21	13,80
Andre metall	0,074	?	0,07	0,00	0,07
Fauna	-	?	0,05	0,00	0,36



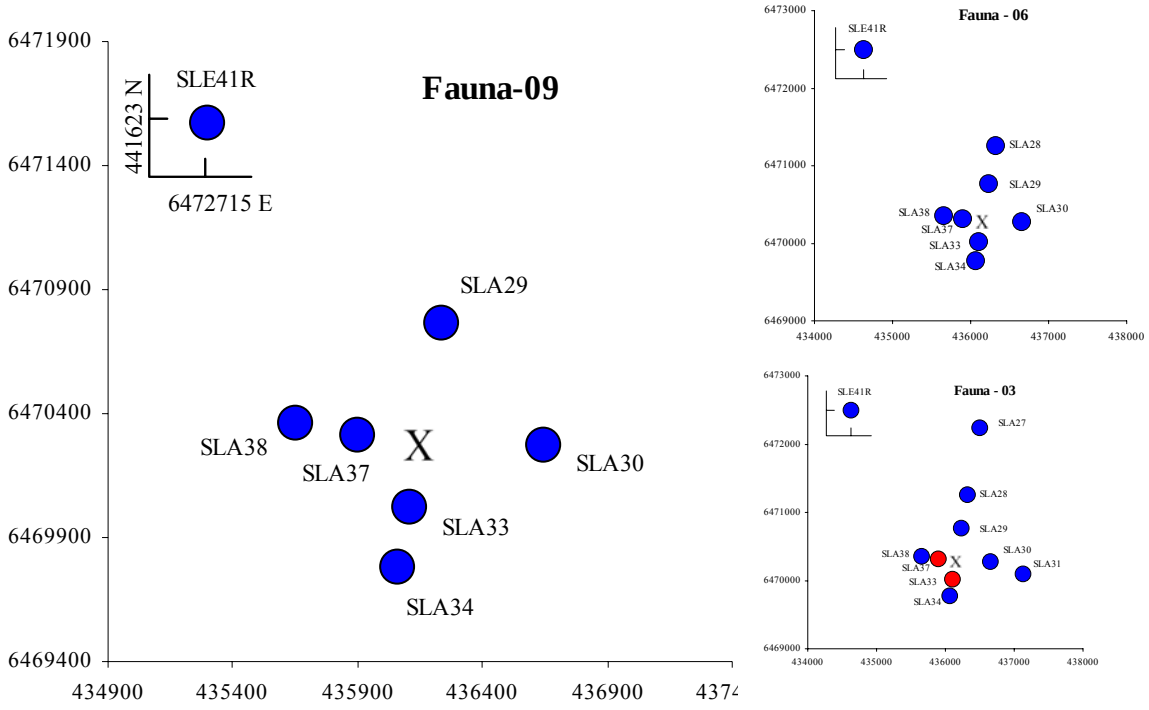
Figur 9.14. Stasjoner med konsentrasjon av THC over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt i øverste høyre hjørne av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.



Figur 9.14 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av barium over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt i øverste høyre hjørne av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.



Figur 9.14 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt i øverste høyre hjørne av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.



Figur 9.14 fortsetter. Stasjoner med forstyrret bunnfauna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt i øverste høyre hjørne av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2003 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner i 2006 og 2003.

9.3 Sammendrag og konklusjon

I 2007, 2008 og i første halvdel av 2009 ble det boret henholdsvis 1, 1, 4 brønner ved Sleipner A plattformen. Bunnsedimentet består hovedsakelig av fin sand med noe pelitt og TOM. Det ble fra 2006 til 2009 kun observert små endringer i THC-konsentrasjonen ved Sleipner A og Loke. Unntaket var SLA33, som med høye verdier bidro til å øke størrelsen på arealet kontaminert av THC. Ved Loke hadde også arealet kontaminert av THC økt. Både konsentrasjonen og kontaminert område av barium var likt eller høyere over hele Sleipner Øst i 2009, sammenlignet med 2006. Konsentrasjonen av andre metaller var omtrent uendret, men med en nedgang i kontaminert areal ved Loke. På de feltspesifikke stasjonene ved Sleipner A var børstemark mest vanlige, mens det på den tilknyttede regionale stasjonen fantes mest slangestjerner. Antall individer var ved de fleste av stasjonene lavere i 2009 enn 2006, mens antall taksa i tillegg til diversiteten stort sett hadde økt. Selv om det ble oppdaget en svak sammenheng mellom bariumforekomst og faunasammensetning, ble det ikke påvist forstyrret bunnfauna ved Sleipner A.

10. Sleipner Alfa Nord

10.1 Introduksjon

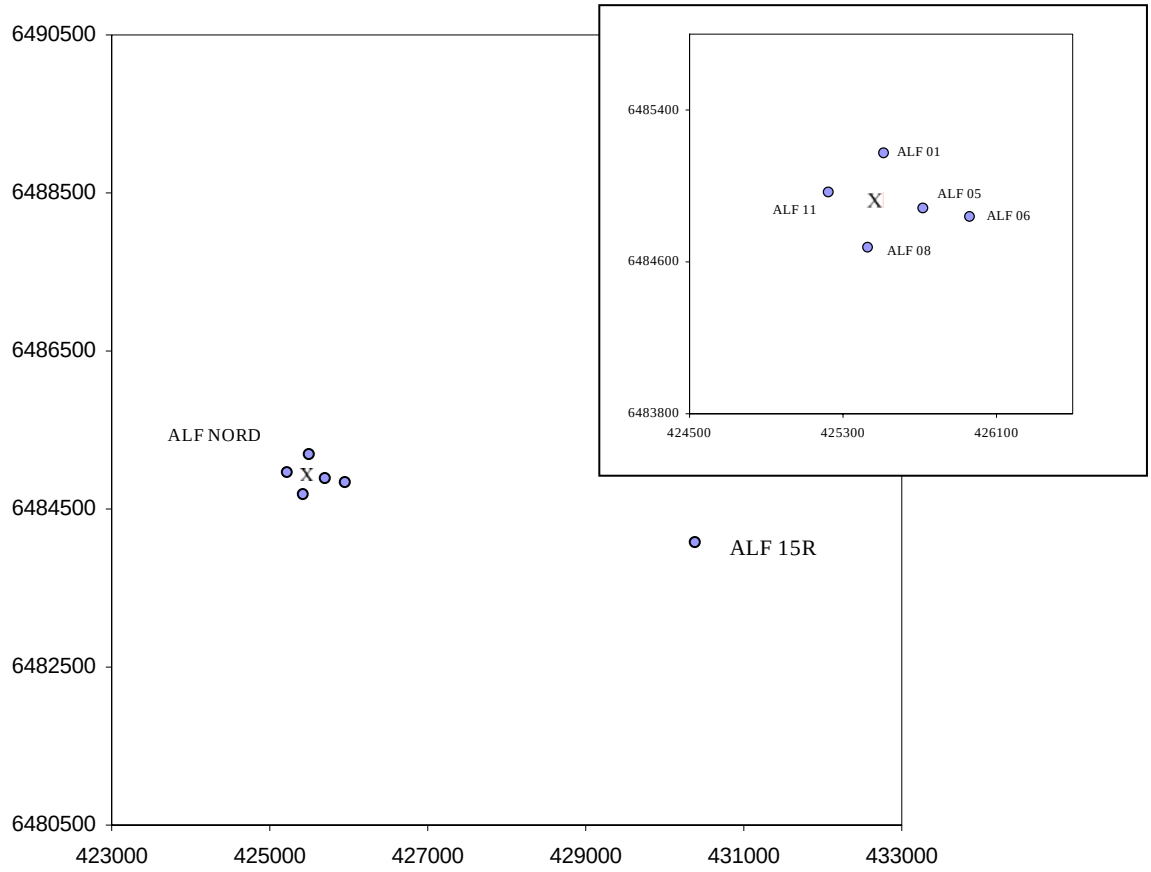
Sleipner Alfa Nord ligger i blokk 15/6 og er utbygget med en bunnramme og fire produksjonsbrønner.

Grunnlagsundersøkelsen ble gjennomført i 2002 (Rogalandsforskning 2003). Det har blitt påvist mer finkornet sediment ved Sleipner Alfa Nord (i snitt 16,7 % pelitt) enn på andre felt i område. Stor andel av pelitt gir seg ofte utslag i høyere andel av miljøgifter. I 2002 ble det påvist kontaminering av barium på 5 av 6 stasjoner. I 2006 ble det kun påvist THC-kontaminering 250m øst for installasjonen.

Siden 2005 har det ikke vært boring ved Sleipner Alfa Nord. Bore- og utslippshistorikken på Sleipner Alfa Nord vises i Tabell 10.1, og i Figur 10.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til bunnrammen og i forhold til hverandre.

Tabell 10.1. Boring og utslipp ved Sleipner Alfa Nord mellom 2003 og 2008.

Sleipner Alfa Nord	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Antall borete brønner	3	3	0	0	0	0
Baritt, tonn	1402	533	0	0	0	0
Borekaks, tonn	5803	2067	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, m³	6088	1786	0	0	0	0
Kompletteringskjemikalier, tonn	25	28	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	0	0	0	0	0	0
Andre utslipp, olje, m³	<0,1	<0,1	<0,1	0	0	0



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
ALF-1	425513	6485171	250/10	114
ALF-5	425557	6485417	250/100	113
ALF-6	425644	6485910	500/100	112
ALF-8	425817	6486895	250/190	113
ALF-11	425716	6484882	250/280	114
ALF-15R	425962	6484838	5000/100	107

Figur 10.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Sleipner Alfa Nord i forhold til bunnrammen (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

10.2 Resultater

10.2.1. Sedimentbeskrivelse

Prøver til sedimentbeskrivelse inngikk ikke i programmet for 2009.

10.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Sleipner Alfa Nord i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Sleipner Alfa Nord benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

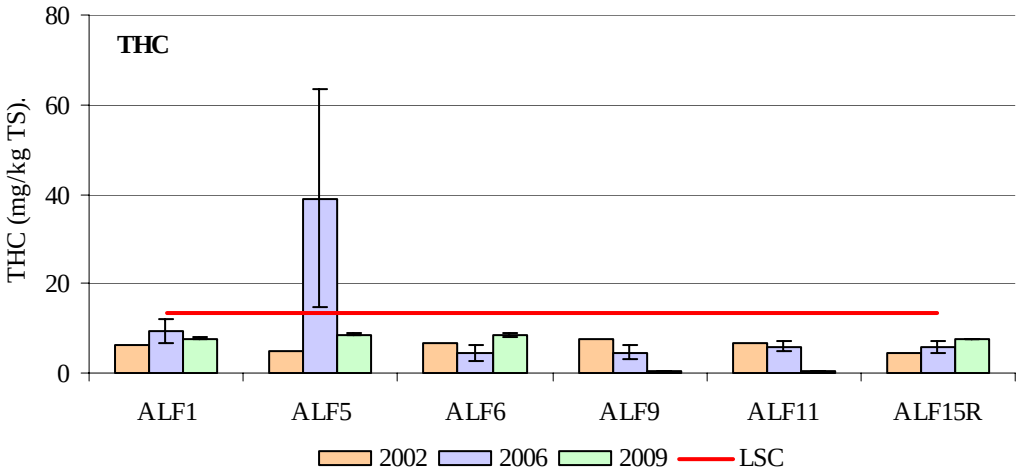
10.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 10.2. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 10.2 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 10.3 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009. THC ble ikke påvist i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

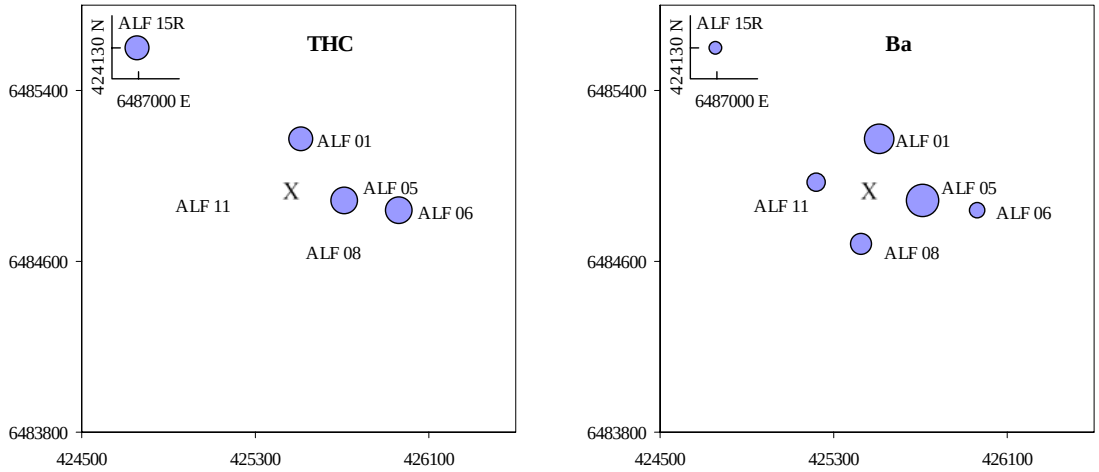
Tabell 10.2. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Sleipner Alfa Nord i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Eventuelle verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC	
	snitt	sd
ALF01	7,8	0,2
ALF05	**8,6**	0,2
ALF06	8,5	0,4
ALF09	**0,5**	0,0
ALF11	**0,5**	0,0
ALF15R	7,6	0,2
snitt±sd[1]	5,2±4,3	
min-maks[1]	0,5-8,6	
snitt±sd[2]	5,1±3,1	
min-maks[2]	<0,1-9,8	

[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen ALF15R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen.



Figur 10.2. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Sleipner Alfa Nord fra 2002 til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 10.3. Relativ konsentrasjon av THC og barium (Ba) i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Sleipner Alfa Nord i 2009. Bunnrammen er markert med x.

10.2.4 Metaller

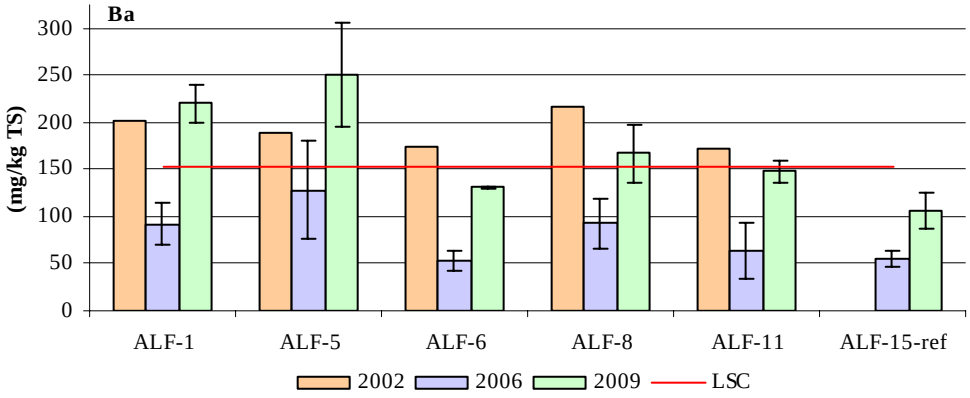
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 10.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 10.4 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 10.3 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 10.5 vises konsentrasjonene av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Det ble målt konsentrasjoner av barium og sink over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på flere stasjoner (Tabell 10.3 og Figurene 10.4 og 10.5) og flere av disse er også de høyeste konsentrasjonene i tidsserien. Også konsentrasjoner av krom (ALF-6) og kobber (ALF-5 og ALF-11) er rundt LSC (minst en av parallellene er over LSC, cf standardavvik). Konsentrasjoner målt i 2006 var jevnt over lavere enn de som ble målt i 2009 (Figur 10.4 og Figur 10.5).

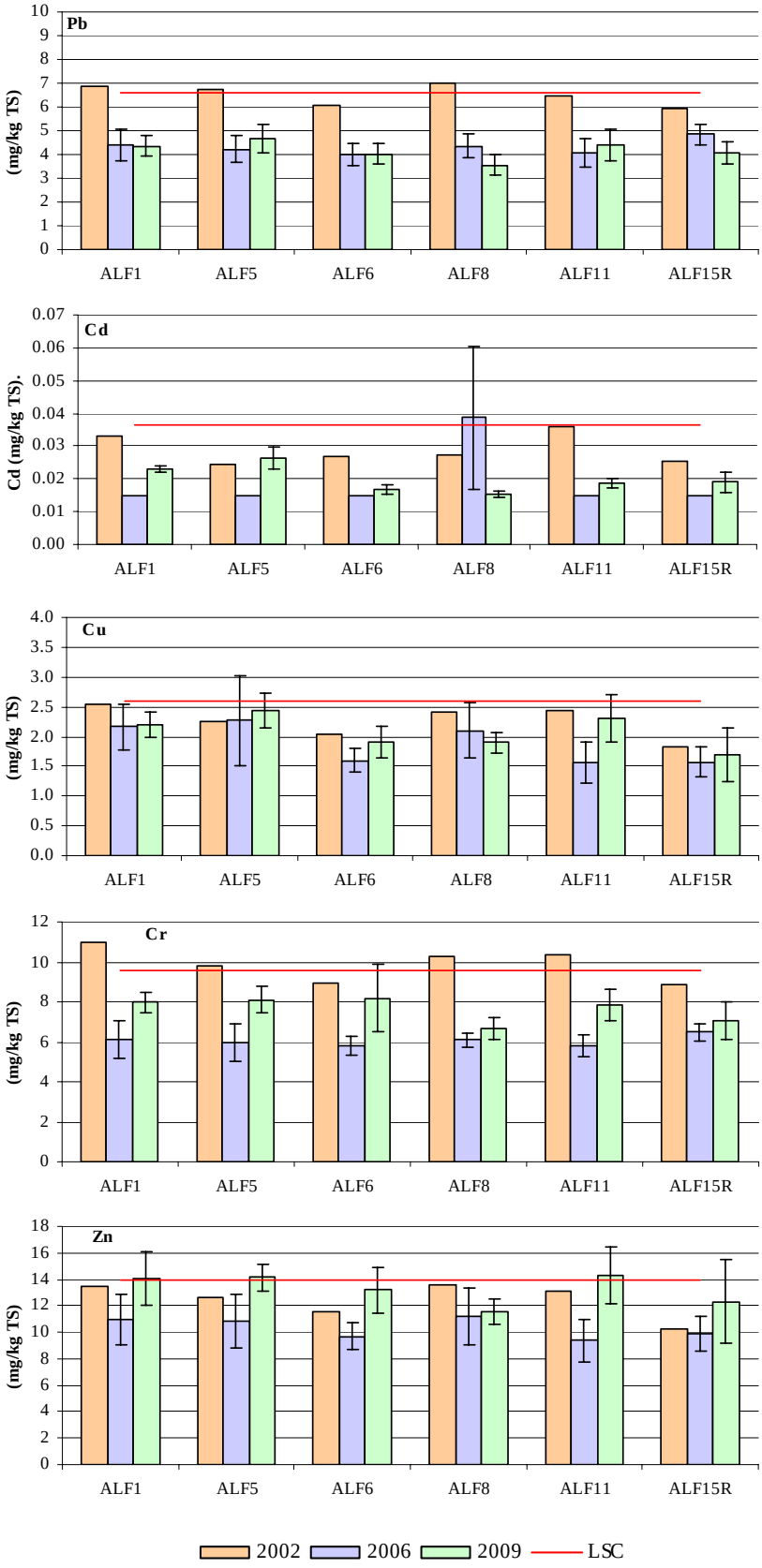
Tabell 10.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Sleipner Alfa Nord i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
ALF01	220,3	20,3	4,4	0,4	0,023	0,001	2,2	0,2	8,0	0,5	i.a.	i.a.	14,1	2,0
ALF05	**251,0**	54,7	**4,7**	0,6	**0,026**	0,003	**2,4**	0,3	8,1	0,7	i.a.	i.a.	14,2	1,0
ALF06	**131,0**	1,0	4,0	0,5	0,017	0,002	**1,9**	0,3	**8,2**	1,7	i.a.	i.a.	13,2	1,7
ALF08	167,0	30,0	**3,6**	0,5	**0,015**	0,001	**1,9**	0,2	**6,7**	0,6	i.a.	i.a.	**11,6**	1,0
ALF11	147,7	11,7	4,4	0,7	0,019	0,002	2,3	0,4	7,8	0,8	i.a.	i.a.	**14,3**	2,2
ALF15R	106,8	19,3	4,1	0,5	0,019	0,003	1,7	0,5	7,1	0,9	0,010	0,001	12,3	3,121
snitt±sd1	183,4±50,6		4,2±0,4		0,02±0,005		2,1±0,2		7,7±0,6				13,5±1,1	
min-maks1	131-251		3,6-4,7		0,015-0,026		1,9-2,4		6,7-8,2				11,6-14,3	
snitt±sd2	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks2	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Tilknyttet regional stasjon ALF15R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 10.4. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sleipner Alfa Nord i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 10.5. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Sleipner Alfa Nord i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

10.2.5 Bunnfauna

Prøver til analyse av bunnfaunaen inngikk ikke i programmet for 2009.

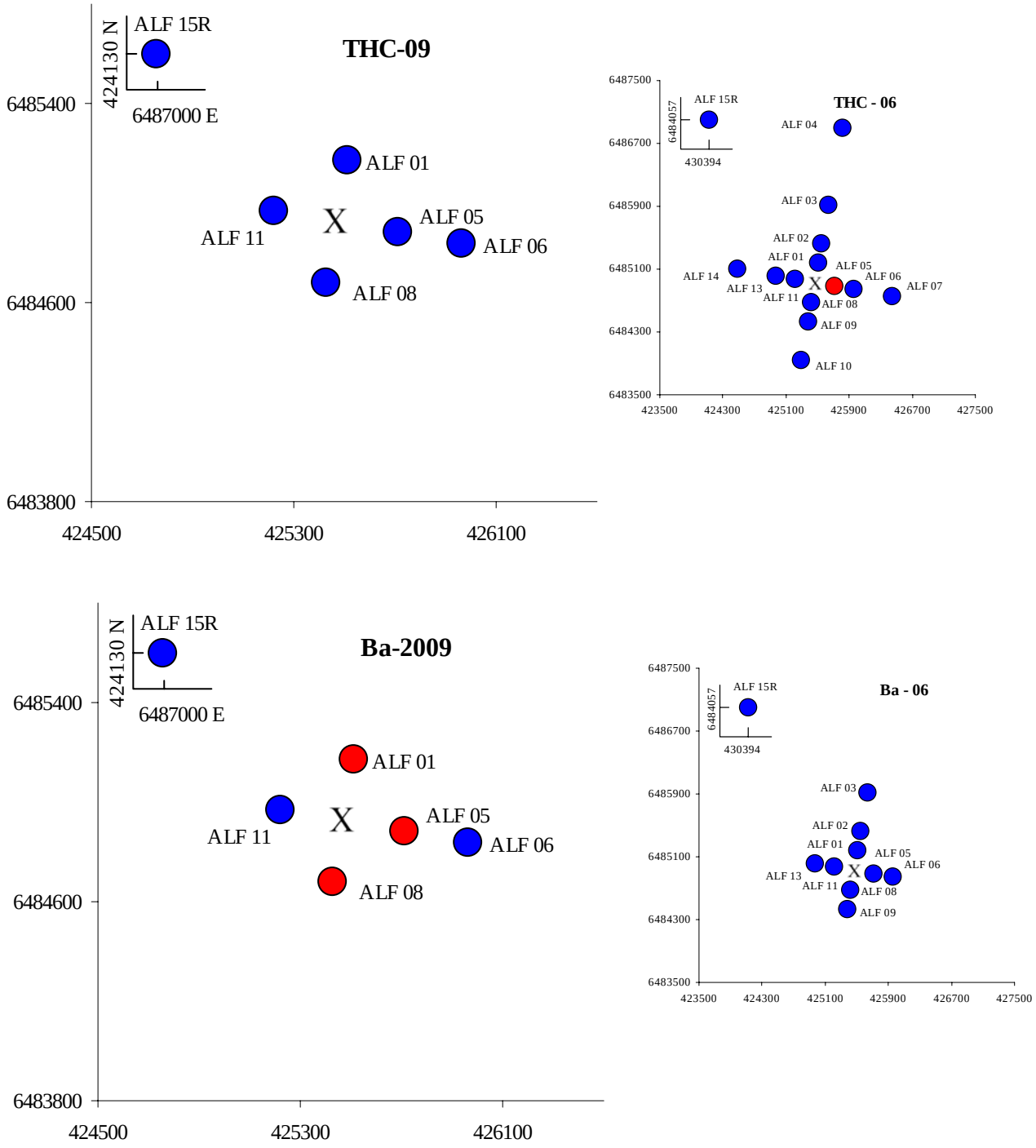
10.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall er vist i Figur 10.6 og Tabell 10.4. Tabell 10.4 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som kontaminert.

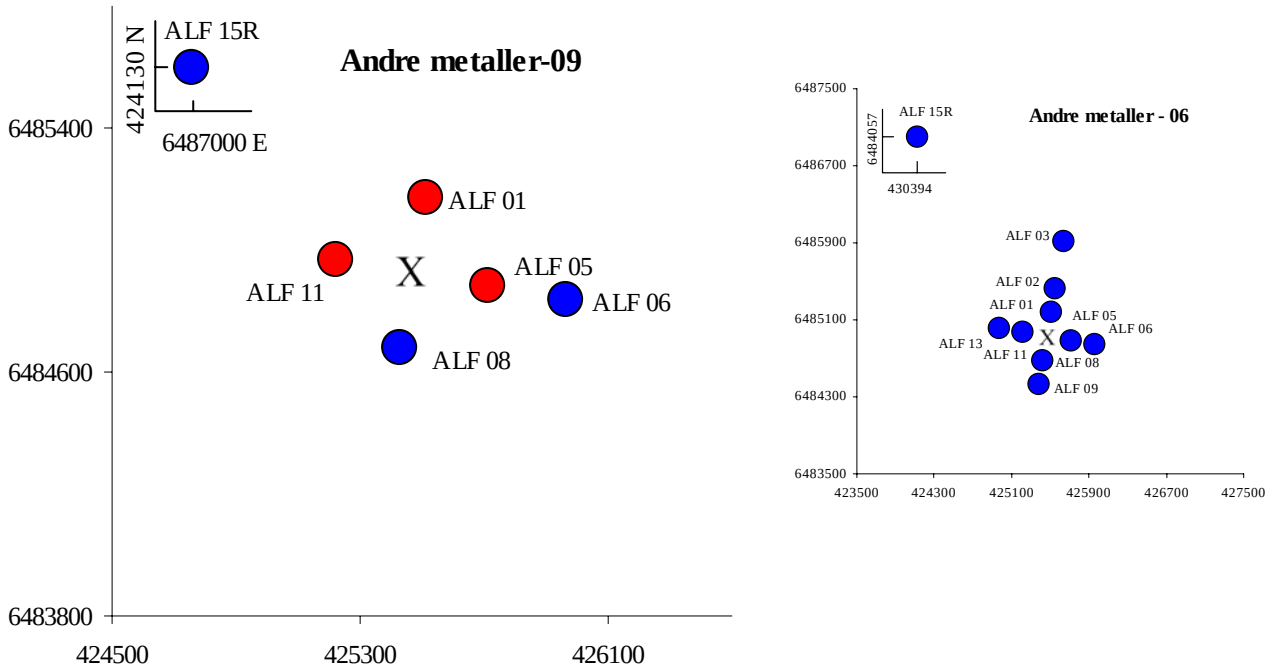
Det ble ikke påvist THC-kontaminering i noen retninger i forhold til bunnrammen i 2009. Barium ble påvist 250 m mot nord, øst og sør. Kontaminering av andre metaller ble påvist 250 m mot nord, vest og øst. Arealene med kontaminering av barium og andre metaller ble begge beregnet til 0,10 km².

Tabell 10.4. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium (Ba) og andre metaller over LSC samt beregnet areal med påvirking rundt Sleipner Alfa Nord i 2009.

Sleipner Alfa Nord	N (m)	Ø (m)	S (m)	V (m)	2009 (km^2)	2006 (km^2)
THC	0	0	0	0	0,00	0,03
Barium	250	250	250	0	0,10	0,00
Andre metall	250	250	0	250	0,10	0,00
Biologi	-	-	-	-	-	0,00



Figur 10.6. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. . Innfelt i høyre hjørne sees kontaminert areal fra 2006. Merk at antall stasjoner er forskjellig i 2006 og 2009.



Figur 10.6 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt i høyre hjørne sees kontaminert areal fra 2006. Merk at antall stasjoner er forskjellig i 2006 og 2009.

10.3 Sammendrag og konklusjon

I perioden fra 2006 til 2008 ble det ikke boret ved Sleipner Alfa Nord. Sedimentbeskrivelse og biologi inngikk ikke i programmet for 2009. THC-innholdet hadde sunket fra 2006 til 2009 på ALF05 og det ble ikke påvist kontaminering av THC i noen retninger i 2009. Det ble påvist kontaminering av barium 250 m mot nord, vest og sør samt kontaminering av andre metaller 250 m mot vest, nord og øst i 2009, mens det i 2006 ikke ble påvist kontaminering av barium eller andre metaller.

11. Glitne

11.1 Introduksjon

Glitne ligger i blokk 15/5, i den vestlige delen av Region II. Produksjonen på feltet startet i august 2001. I forbindelse med den regionale undersøkelsen i 2000 ble det foretatt en grunnlagsundersøkelse på feltet (Mannvik et. al. 2001). Grunnlagsundersøkelsen ble fulgt opp med overvåkingsundersøkelser i 2003 (Botnen et. al. 2004) og 2006 (Botnen et. al. 2007).

Etter grunnlagsundersøkelsen i 2000 ble posisjonene til bunnrammene endret noe før installasjon på feltet og i 2003 ble prøvetakingsstasjonene også flyttet og tilpasset de nye posisjonene til bunnrammene. I 2006 ble det samlet prøver fra de samme stasjonene som i 2003, men de to stasjonene GLI05 og GLI10 ble flyttet henholdsvis 50 m mot øst og 50 m mot vest på grunn av ankerkjetting på sjøbunnen. Resultatene fra 2000 antas å være representative som grunnlagsundersøkelse også for det nye feltsenteret.

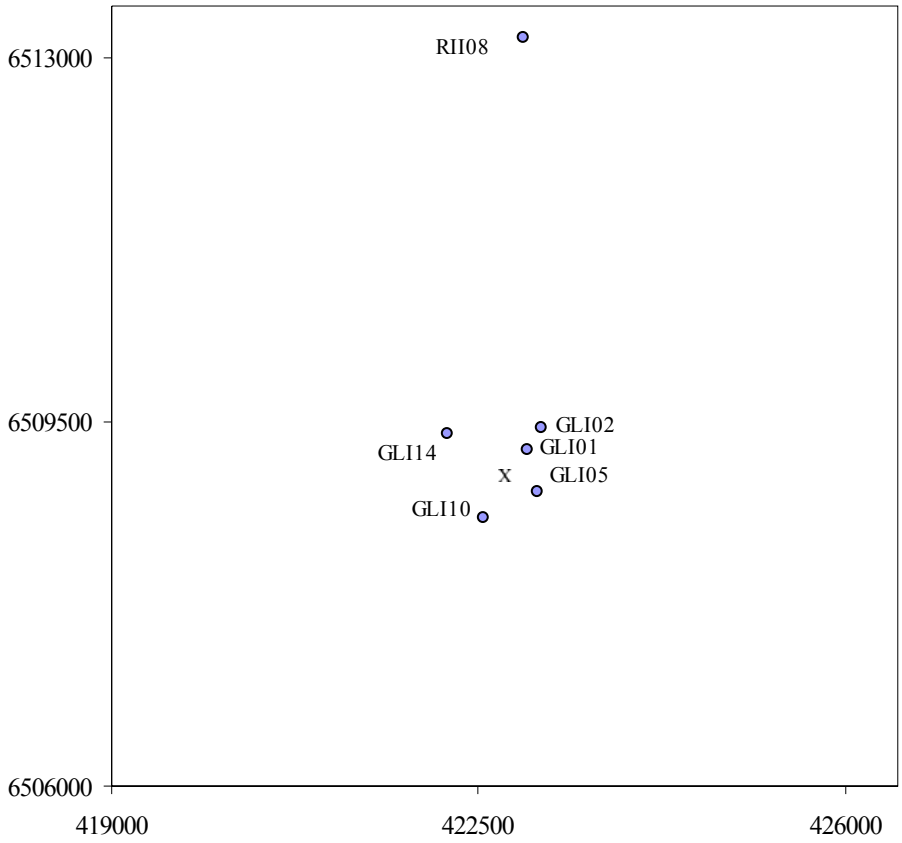
I grunnlagsundersøkelsen ble det påvist en uforstyrret bunnfauna, og lave nivåer av THC. I 2003 var det THC-kontaminering i nærområdet mot nordøst, nordvest og i nærområdet mot sørvest. Alle stasjonene mot sørvest og sørøst samt de tre nærmeste stasjonene mot nordøst var kontaminert med barium. Av andre metaller var stasjonene mot sørøst og nordvest og nærområdet mot nordøst kontaminert. Størrelsen på areal kontaminert av THC og andre metaller, var uendret eller lavere i 2006 sammenlignet med 2003. Det samme gjaldt konsentrasjonen av de samme stoffene. Bunnforholdene ble ansett som uforstyrret i både 2003 og 2006.

I 2007 ble det boret 1 brønn og deretter er det ikke boret på Glitne. Utslippshistorikken på Glitne vises i Tabell 11.1, og i Figur 11.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Tabell 11.1. Boring og utslipp fra Glitne mellom 2000 og 2009.

	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	3	2	0	1	1	0	0	1	0	0
Baritt, tonn	631	419	0	144	674	0	0	335	0	0
Borekaks, tonn	1864	1999	0	618	652	0	0	654	0	0
Vannbasert boreslam, m^3	3513	2754	0	1593	2048	0	0	1864	0	0
Sementeringskjemikalier, tonn	16,6	9,6	0	19	0	0	0	23	0	0
Kompletteringskjemikalier, tonn	687	566	0	44	37	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	0	0	5,2	18,6	20,2	19,4	3,63	3,14	2,73	2,48
Andre utslipp, olje m^3	0	0	0	1	<0,1	1,9	-	-	1,04	0

* jan-mai 2009



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	Retning (°)	(m)
GLI-01	422975	6509227	319/42,1	113
GLI-02	423100	6509443	566/36,8	113
GLI-05	423067	6508835	343/116,9	114
GLI-10	422550	6508577	464/207,1	114
GLI-14	422200	6509385	686/305,2	114
RII 08	422936	6513198	4213/2,4	114

Figur 11.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Glitne i forhold til feltsenteret (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

11.2 Resultater

11.2.1. Sedimentbeskrivelse

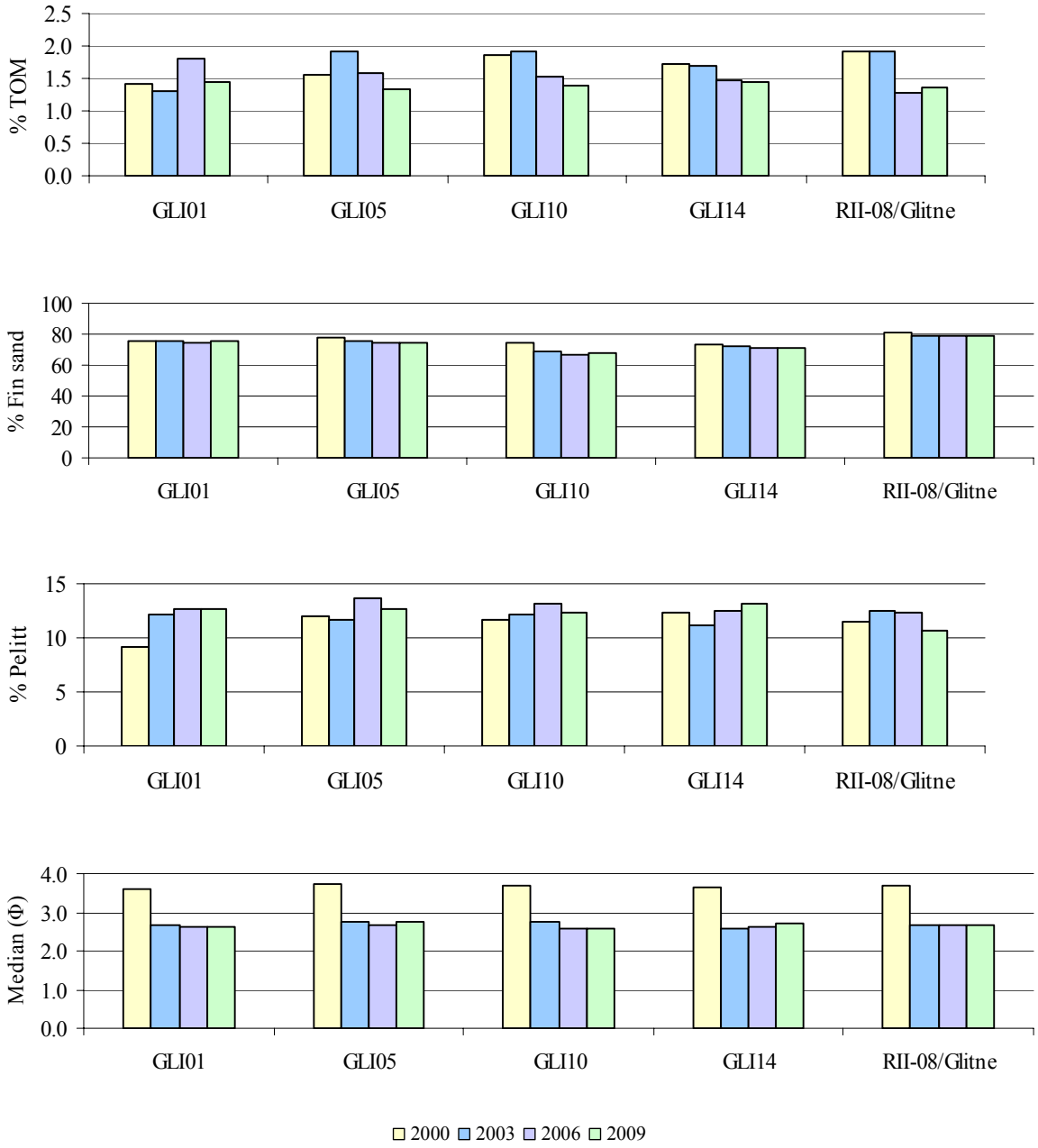
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 11.2. I Figur 11.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Glitne hadde et TOM-innhold fra 1,33 % til 1,44 %. Sandinnholdet varierte fra 86,77 % til 87,44 % og pelittinnholdet varierte mellom 12,34 % og 13,19 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,60 og 2,75. TOM var noe lavere i 2009 enn i 2006 (Figur 11.2).

Tabell 11.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Glitne i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus RII08) og for den sentrale subregionen, som Glitne tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
GLI-01	1,44	**0,02**	87,30	12,69	2,64	**1,20**	**0,41**	**2,13**
GLI-05	**1,33**	0,05	87,29	12,66	**2,75**	1,23	0,33	1,68
GLI-10	1,40	**0,21**	**87,44**	**12,34**	**2,60**	**1,29**	**0,31**	1,88
GLI-14	**1,44**	0,04	**86,77**	**13,19**	2,72	1,27	0,33	**1,66**
RII-08/Glitne	1,35	1,16	88,16	10,68	2,65	1,14	0,37	2,07
snitt[1]	1,40	0,08	87,20	12,72	2,68	1,25	0,35	1,84
sd[1]	0,05	0,09	0,29	0,35	0,07	0,04	0,04	0,22
min[1]	1,33	0,02	86,77	12,34	2,60	1,20	0,31	1,66
maks[1]	1,44	0,21	87,44	13,19	2,75	1,29	0,41	2,13
snitt[2]	1,38	0,37	87,42	12,22	2,68	1,23	0,34	1,82
sd[2]	0,05	0,54	0,57	1,08	0,07	0,07	0,02	0,19
min[2]	1,33	0,04	86,77	10,68	2,60	1,14	0,31	1,66
maks[2]	1,44	1,16	88,16	13,19	2,75	1,29	0,37	2,07

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen RII-08/Glitne
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 11.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Glitne i 2000, 2003, 2006 og 2009.

11.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Glitne i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Glitne benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

11.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 11.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 11.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 11.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 11.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Med unntak av GLI01 og GLI02 har alle stasjonene høyere konsentrasjoner av THC enn i 2006 (Figur 11.3). Det ble likevel ikke funnet THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ i noe dybdeintervall. Imidlertid er innholdet i sjikt 3-6 cm for GLI01 høyt og sannsynligvis resultat av de svært høye nivåene i grunnere intervall fra 2006 (spesielt 1-3cm). For GLI02 er det også nedgang i THC konsentrasjon for alle nivåer.

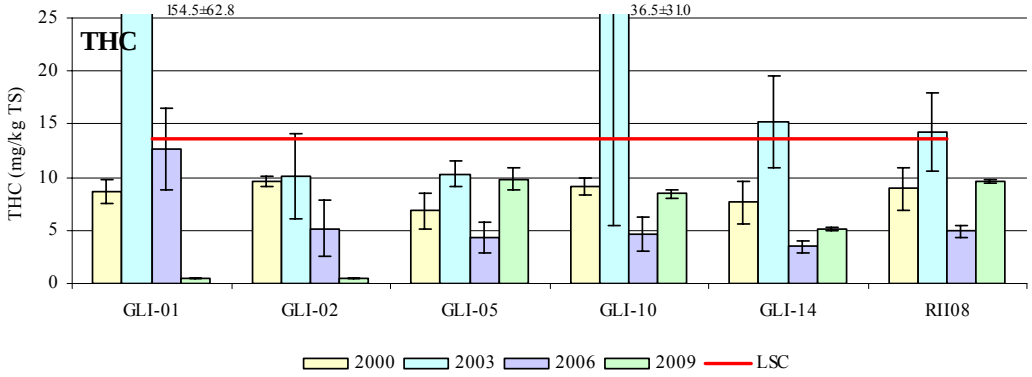
Tabell 11.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Glitne i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	**THC**		**PAH**		**NPD**	
	snitt	**sd**	**snitt**	**sd**	**snitt**	**sd**
GLI01	**<1,0**	0,0	0,0250	0,0020	0,0137	0,0015
GLI02	**<1,0**	0,0	0,0353	0,0025	0,0105	0,0000
GLI05	**9,8**	1,1	i.a.	-	i.a.	-
GLI10	8,4	0,4	i.a.	-	i.a.	-
GLI14	5,1	0,2	i.a.	-	i.a.	-
RII08	9,6	0,1	0,0567	0,0040	0,0117	0,0021
snitt±sd[1]	4,9±4,3					
min-maks[1]	<1,0-9,8					
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

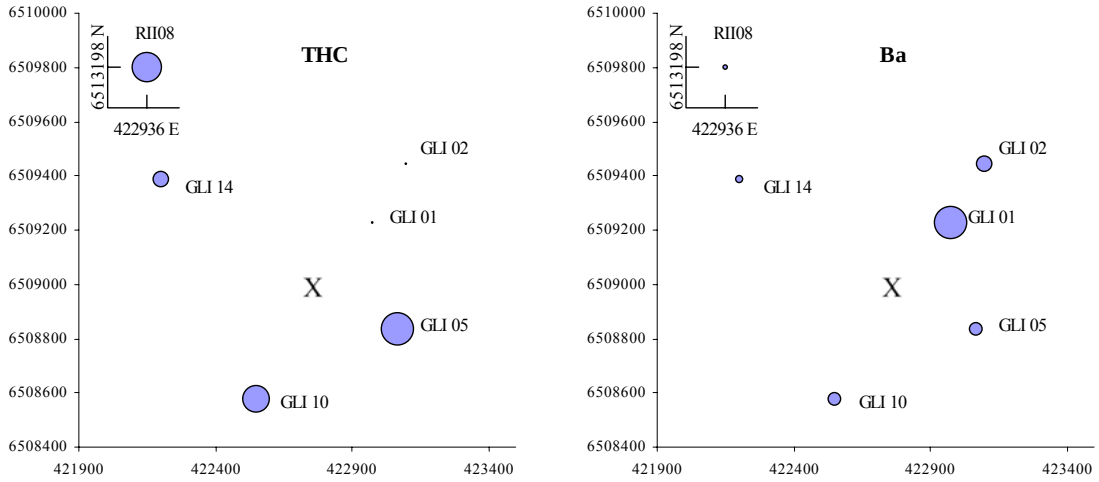
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen RII08 er utelatt
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 11.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på GLI01 og GLI02 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion sentral 96-09.

Sjikt	GLI01	GLI02
(0-1cm)	<1,0	<1,0
(1-3cm)	3,9	3,9
(3-6cm)	10	3



Figur 11.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Glitne frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09. For konsentrasjoner <1,0 er halve deteksjonsgrensen vist (0,5).



Figur 11.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Glitne i 2009. Feltsenteret er markert med x.

11.2.4 Metaller

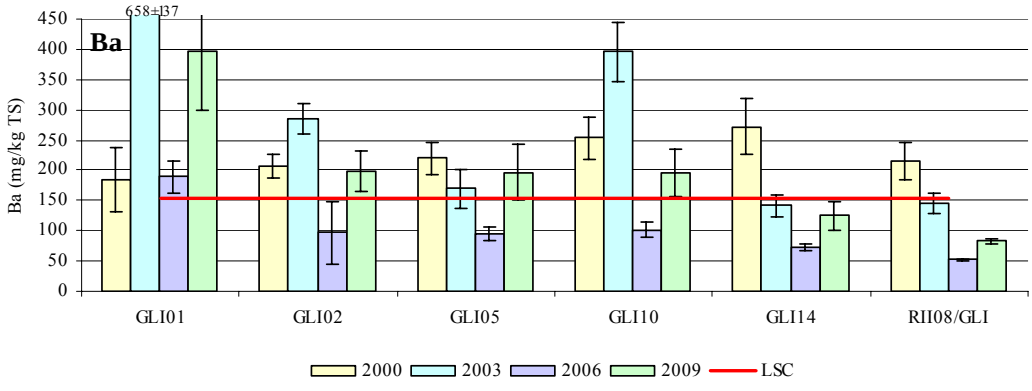
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 11.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 11.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 11.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 11.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ for alle stasjoner bortsett fra GLI14, og viser en generell oppgang fra 2006. Ellers ble det ikke målt metallkonsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på noen av de andre stasjonene (Tabell 11.5 og Figurene 11.5 og 11.6).

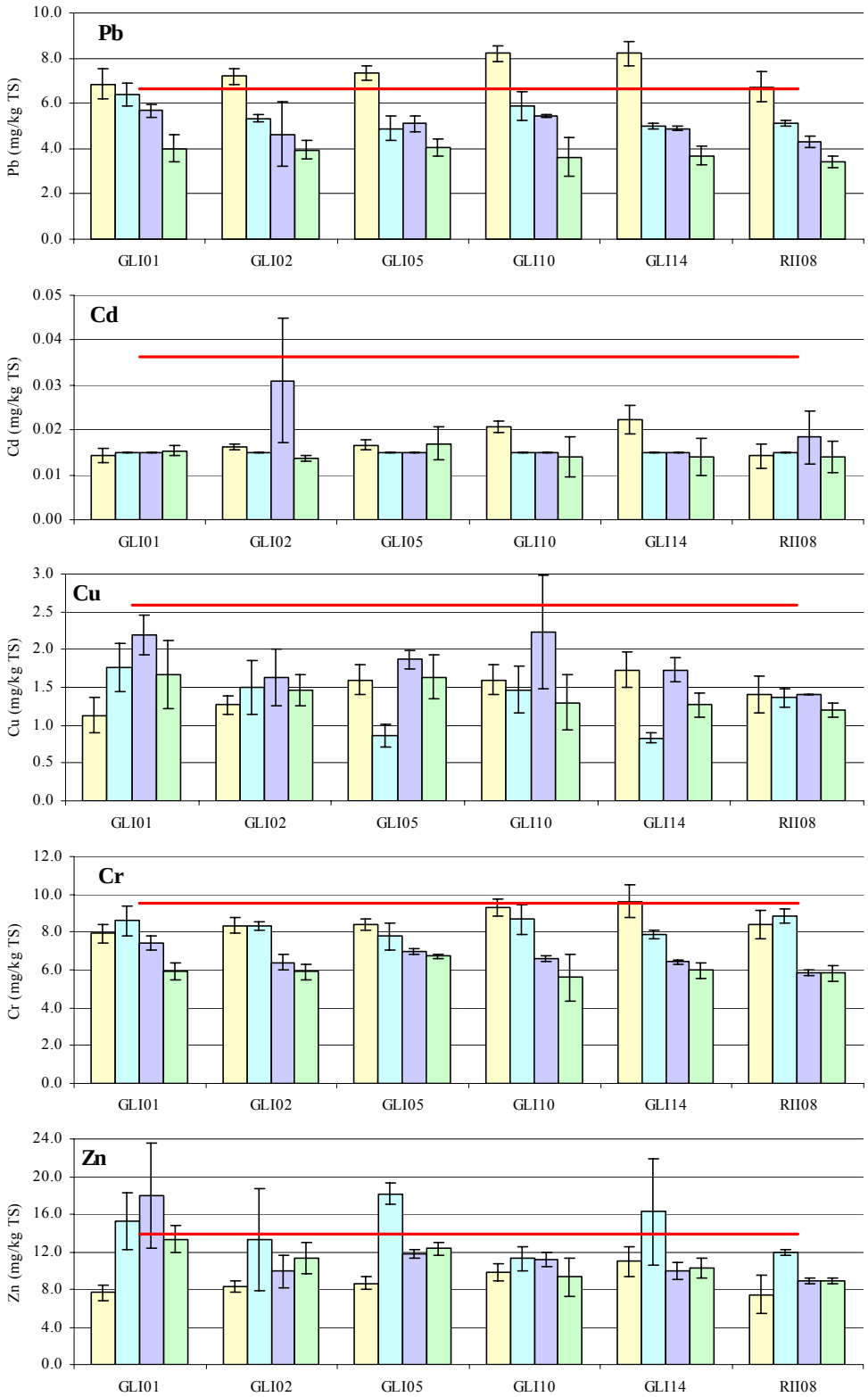
Tabell 11.6. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Glitne i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
GLI01	**398,0**	97,7	**4,0**	0,6	0,015	0,001	**1,7**	0,5	5,9	0,5	0,005	0,001	**13,3**	1,5
GLI02	198,3	33,0	3,9	0,4	**0,014**	0,001	1,5	0,2	5,9	0,4	0,005	0,001	11,3	1,7
GLI05	196,7	45,2	**4,0**	0,4	**0,017**	0,004	1,6	0,3	**6,7**	0,1	i.a.	-	12,3	0,7
GLI10	195,0	39,8	**3,6**	0,8	**0,014**	0,004	**1,3**	0,4	**5,6**	1,2	i.a.	-	**9,3**	2,1
GLI14	**125,0**	23,1	3,7	0,4	**0,014**	0,004	**1,3**	0,2	6,0	0,4	i.a.	-	10,3	1,0
RII08	82,6	4,1	3,4	0,3	0,0140	0,0036	1,2	0,1	5,8	0,4	0,0063	0,0006	9,0	0,3
snitt±sd[1]	222,6±102,9		3,9±0,2		0,015±0,001		1,5±0,2		6,0±0,4				11,3±1,6	
min-maks[1]	125-398		3,6-4,0		0,014-0,017		1,3-1,7		5,6-6,7				9,3-13,3	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. tilknyttet regionale stasjon RII08 er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 11.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Glitne i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 11.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Glitne i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

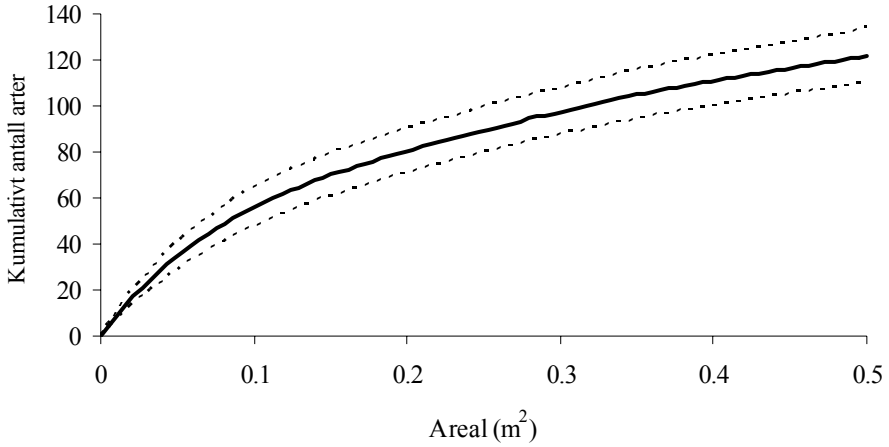
11.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 11.6. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble henholdsvis 1034 og 1 juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Glitne i 2009. Totalt ble 5442 individer fordelt på 212 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 67 % av alle individ og 50 % av alle taksa.

Tabell 11.6. Antall individ i prøvene fra Glitne i 2009 fordelt på noe taksonomiske grupper. Prøvene fra RII08 er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida og Echinoida (h.h.v. 1034 og 1 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	3659	67	106	50
Arthropoda	503	9	49	23
Mollusca	624	11	37	17
Echinodermata	475	9	8	4
Diverse grupper	181	3	12	6
Totalt	5442	100	212	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 11.7).



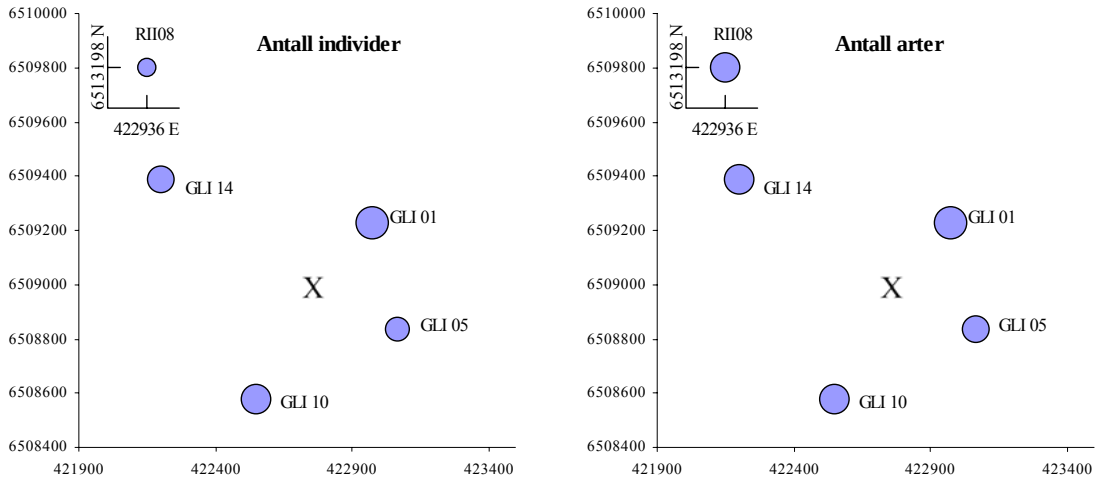
Figur 11.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for RII-08 i 2009. Uidentifiserte juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er ikke tatt med i tallmaterialet.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Glitnefeltet i 2009 vises i Figur 11.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 11.7 og Figur 11.9.

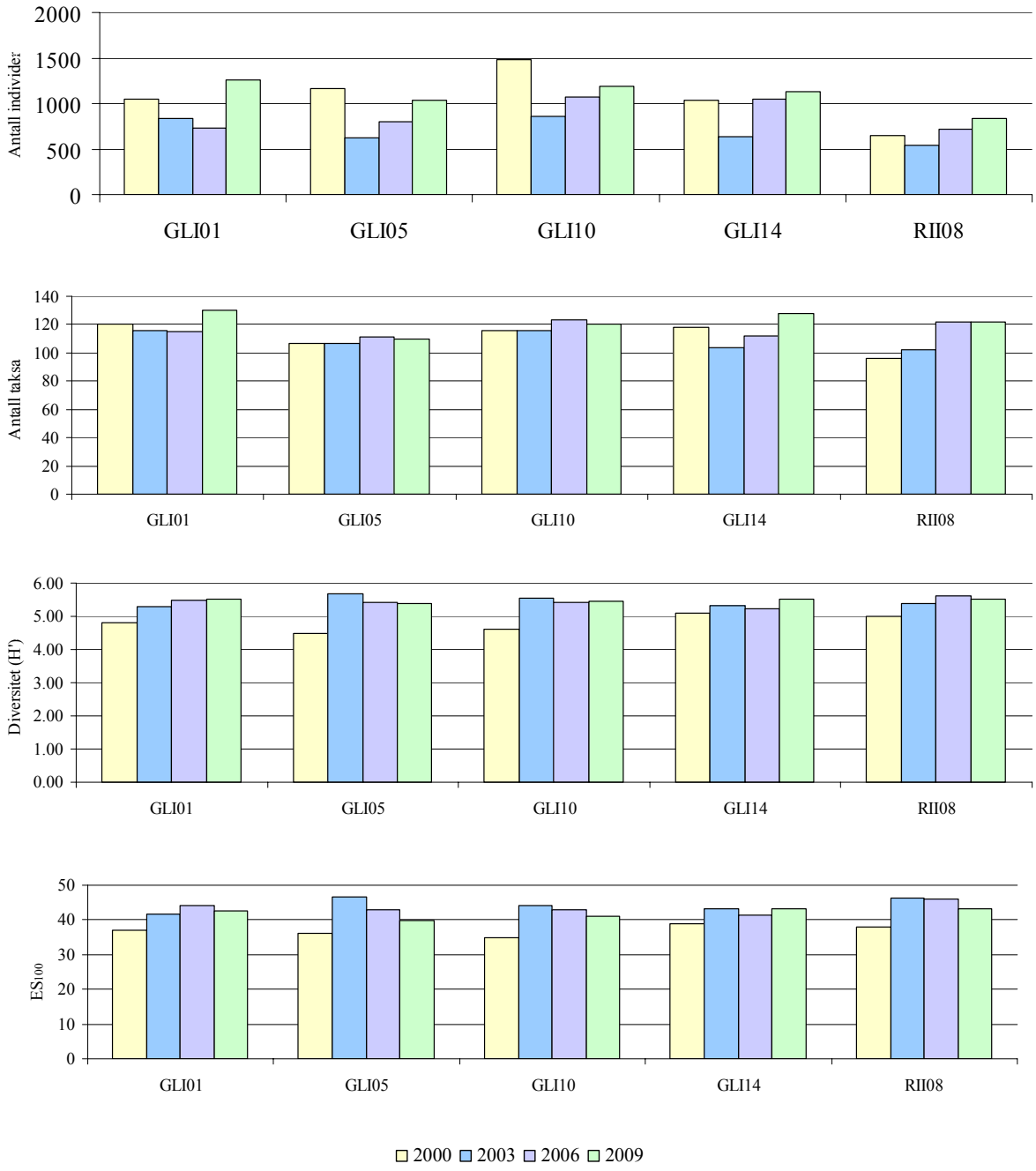
Tabell 11.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Glitne i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES100
GLI-01	**1262**	**130**	**5,52**	0,79	**7,02**	42,65
GLI-05	**1031**	**110**	**5,37**	0,79	**6,78**	**39,67**
GLI-10	1190	120	5,46	0,79	6,91	40,91
GLI-14	1128	128	5,52	0,79	7,00	**43,14**
RII-08	831	122	5,51	0,80	6,93	43,13
snitt[1]	1153	122	5,47	0,79	6,93	41,59
sd[1]	98	9	0,07	0,00	0,11	1,60
min[1]	1031	110	5,37	0,79	6,78	39,67
maks[1]	1262	130	5,52	0,79	7,02	43,14
snitt[2]	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd[2]	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min[2]	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks[2]	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen RII08
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 11.8. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Glitnefeltet i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 11.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) å stasjonene ved Glitne fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt i 2009.

Tabell 11.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Glitne i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

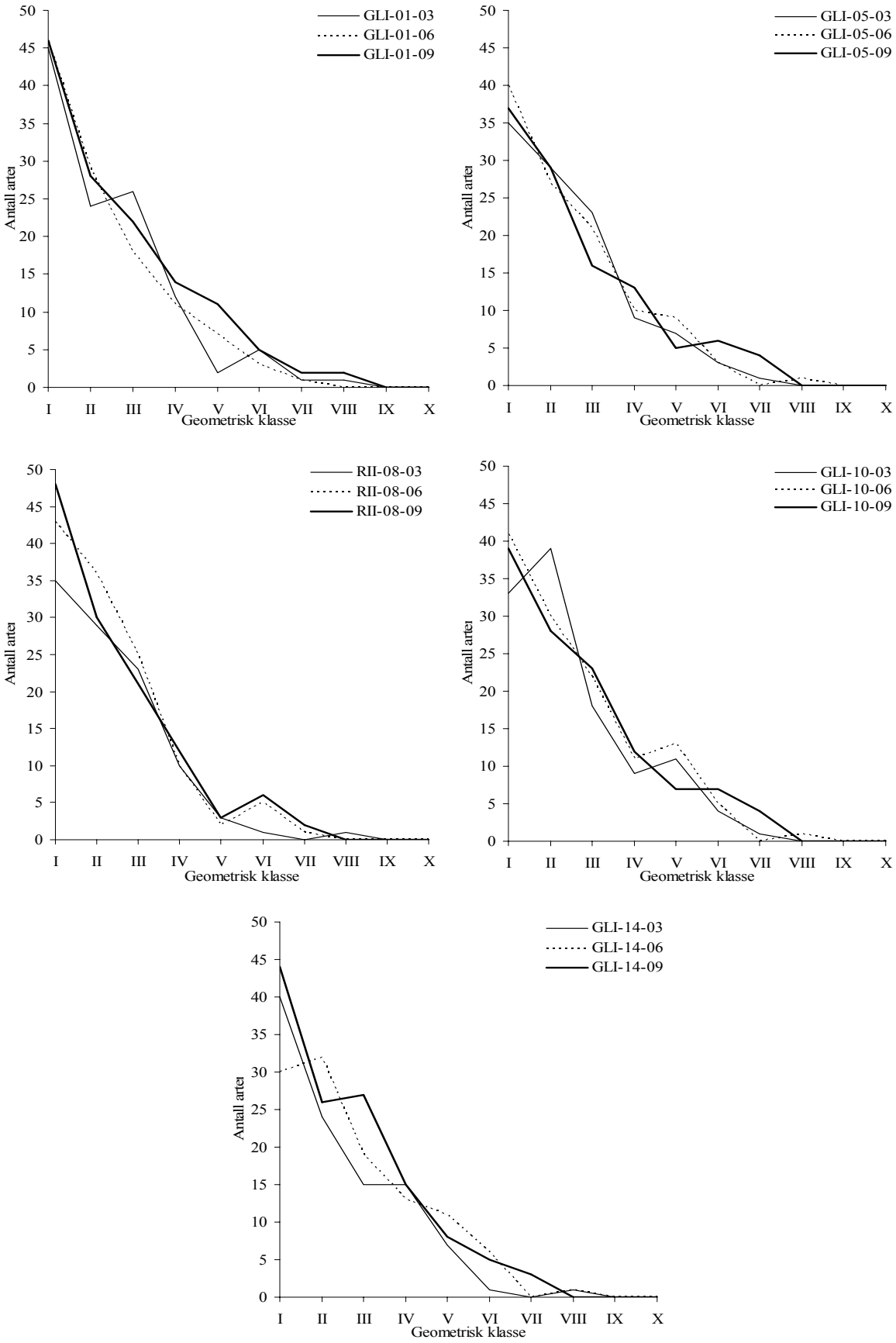
GLI-01-09	Ant. individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	142	9.9	9.9
Eclysippe vanelli	137	9.6	19.5
Myriochele oculata	77	5.4	24.9
Ampharete falcata	74	5.2	30.0
Axinulus croulinensis	49	3.4	33.5
Glycera lapidum	41	2.9	36.3
Praxillella affinis	38	2.7	39.0
Laonice sarsi	37	2.6	41.6
Spiophanes kroeyeri	36	2.5	44.1
Lumbrineridae indet.	30	2.1	46.2

GLI-05-09	Ant. individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	101	9.1	9.1
Eclysippe vanelli	83	7.5	16.6
Myriochele oculata	78	7.0	23.6
Amphiura chiajei	66	6.0	29.6
Axinulus croulinensis	48	4.3	33.9
Spiophanes kroeyeri	48	4.3	38.2
Amphiura filiformis	42	3.8	42.0
Praxillella affinis	41	3.7	45.7
Laonice sarsi	41	3.7	49.4
Ampharete falcata	32	2.9	52.3

GLI-10-09	Ant. individer	%	Kum. %
Myriochele oculata	103	8.1	8.1
Eclysippe vanelli	101	8.0	16.1
Paramphinome jeffreysii	98	7.7	23.8
Axinulus croulinensis	78	6.2	30.0
Amphiura chiajei	55	4.3	34.3
Notomastus latericeus	49	3.9	38.2
Spiophanes kroeyeri	46	3.6	41.8
Amphiura filiformis	43	3.4	45.2
Ampharete falcata	43	3.4	48.6
Praxillella affinis	36	2.8	51.5
Mendicula ferruginosa	36	2.8	54.3

GLI-14-09	Ant. individer	%	Kum. %
Myriochele oculata	124	9.1	9.1
Paramphinome jeffreysii	110	8.1	17.1
Eclysippe vanelli	104	7.6	24.7
Axinulus croulinensis	59	4.3	29.1
Amphiura chiajei	49	3.6	32.7
Laonice sarsi	42	3.1	35.7
Spiophanes kroeyeri	35	2.6	38.3
Praxillella affinis	33	2.4	40.7
Notomastus latericeus	31	2.3	43.0
Amphiura filiformis	28	2.0	45.0

RII-08-09	Ant. individer	%	Kum. %
Myriochele oculata	102	12.3	12.3
Eclysippe vanelli	82	9.9	22.1
Axinulus croulinensis	51	6.1	28.3
Amphiura filiformis	39	4.7	33.0
Amphiura chiajei	36	4.3	37.3
Notomastus latericeus	33	4.0	41.3
Paramphinome jeffreysii	32	3.9	45.1
Laonice sarsi	32	3.9	49.0
Spiophanes kroeyeri	31	3.7	52.7
Ampharete falcata	25	3.0	55.7



Figur 11.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Glitne i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

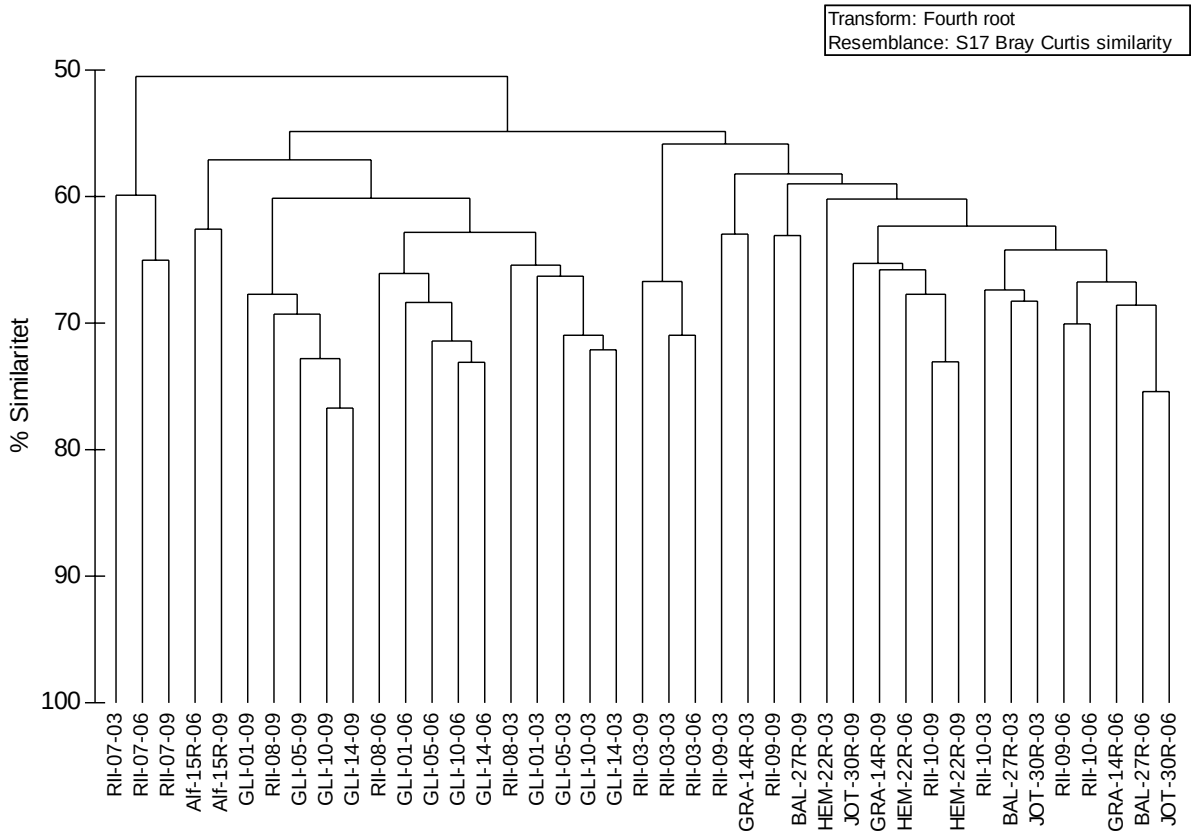
Antall individ varierte mellom 1031 og 1262, og antall taksa varierte mellom 110 og 130. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,37 og 5,52, og ES_{100} varierte mellom 39,67 og 43,14. Jevnheten var 0,79. På den tilknyttede regionale stasjonen RII08 var det 831 individer fordelt på 122 taksa, som gav Shannon-Wiener (H') på 5,51 og ES_{100} på 43,13 og jevnhet på 0,80. RII08 skilte seg ikke nevneverdig fra de feltspesifikke stasjonene, bortsett fra et lavere individtall.

Gjennomsnittlig antall individ på feltstasjonene var litt høyere i 2009 enn i 2006. Artsdiversiteten var generelt høy i 2009 som i 2006. Det høyeste antall arter ble funnet ved GLI01 og GLI14 med henholdsvis 130 og 128 arter. De to børstemarkene *Myriochele oculata* og *Paramphinome jeffreysii* var mest alminnelige på stasjonene med 15 til 22 % av alle individene. Resultatene har endret seg lite fra 2006 og viser jevnt godt miljø for en bunnfauna tilpasset de naturlige forholdene i sjøbunnen ved Glitne.

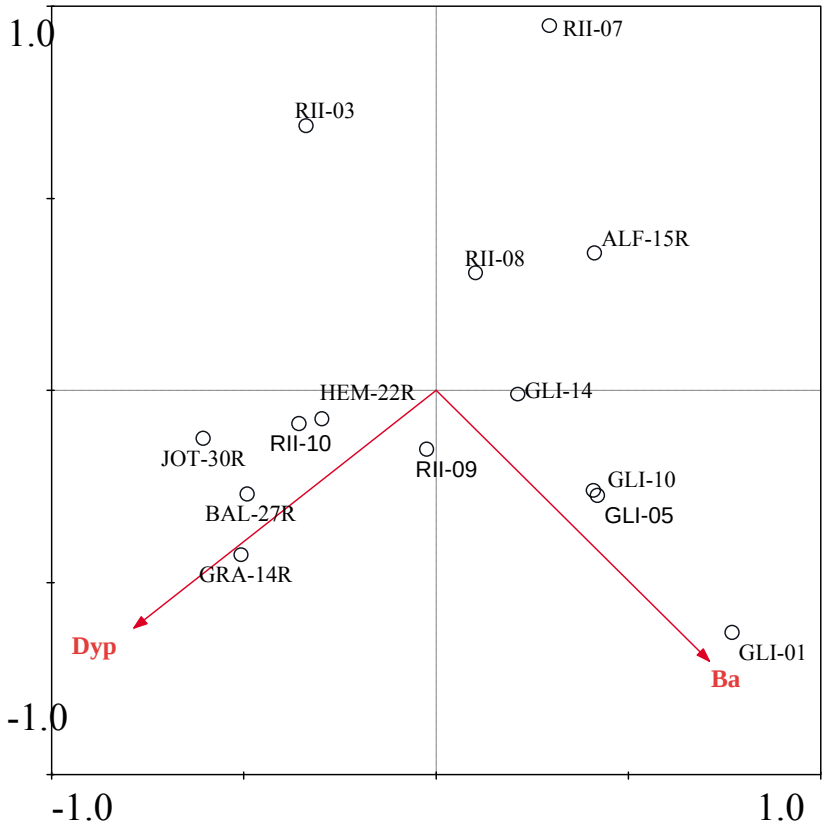
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 11.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2009 og har endret seg lite siden 2006.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 11.11. Cluster-analysen samlet alle de feltspesifikke i tillegg til RII-08 seg inne en likhet på 69 %. Likheten innen Glitne er dermed omtrent på samme nivå som i 2006. MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg).

En stabil og relativt lik bunnfauna over hele feltet tyder på jevne, og i dette tilfellet også gode miljøforhold, over hele feltet i 2009, som også ble observert i 2003 og 2006.



Figur 11.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Glitne sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt



Figur 11.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablene barium og vanndyp hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. I analysen inngår data fra 2009 fra feltet og tilhørende subregionale stasjoner.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna og de kjemiske og fysiske dataene, på feltet med tilknyttede subregionale stasjoner, ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke-lineær analyse (sd=1,2). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at av de undersøkte miljøvariablene hadde barium og vanndyp signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 11.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 13,4 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 9,8 %.

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

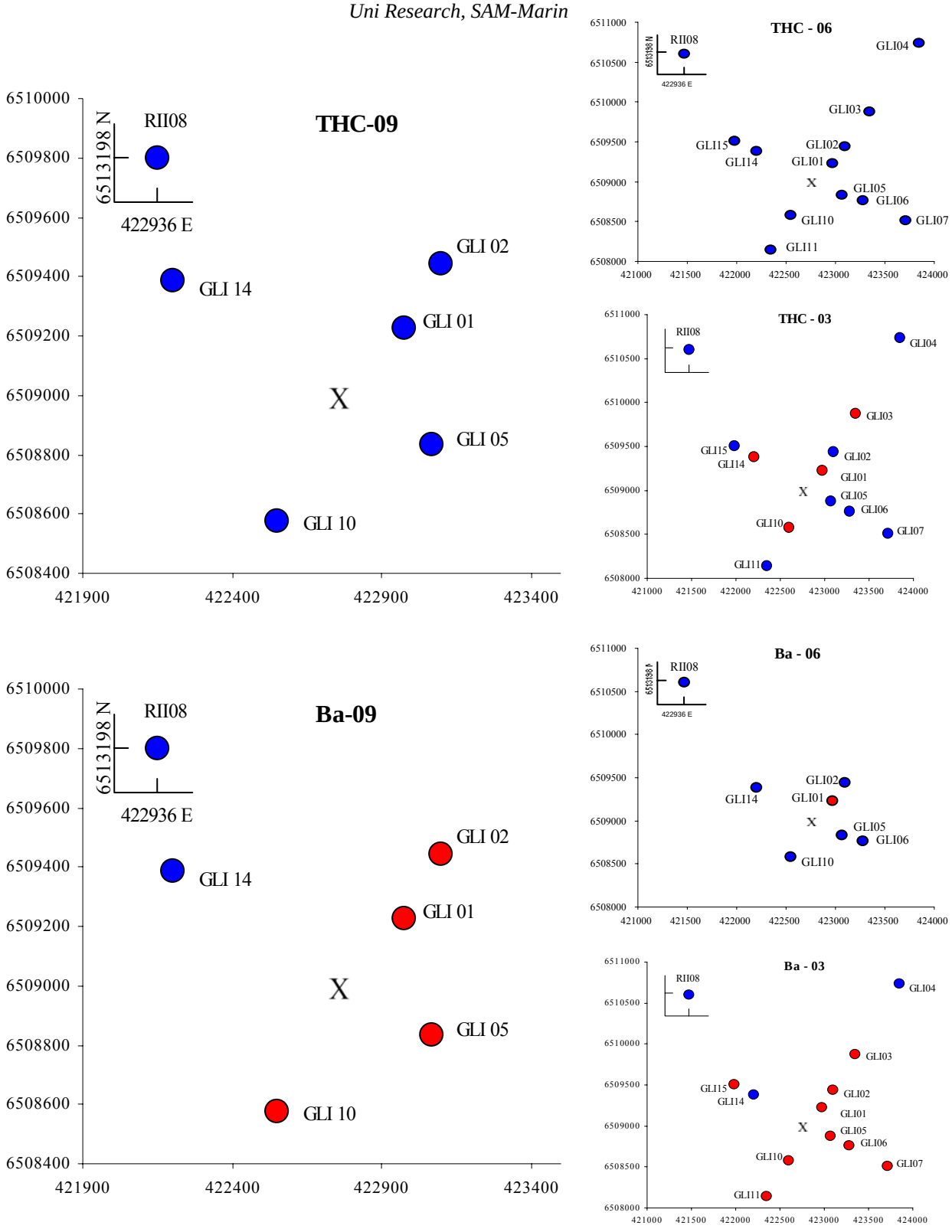
11.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 11.13 og Tabell 11.9. Tabell 11.9 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

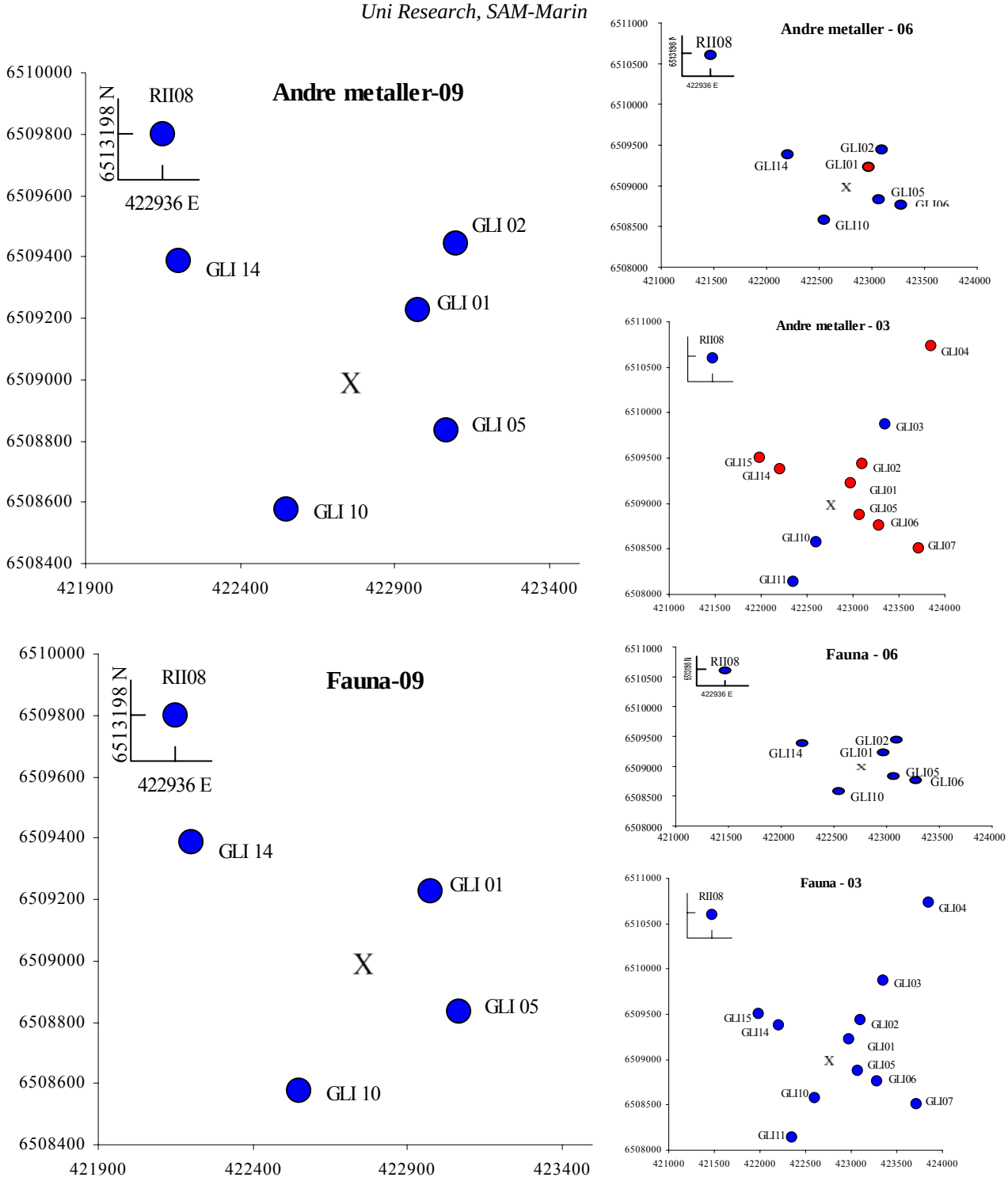
Konsentrasjonene av barium økte i 2009 på alle de undersøkte stasjonene i forhold til 2006. Det beregnede arealet av kontaminert sediment var 0,27 km^2 mot 0,04 km^2 i 2006, men mindre enn i 2003 da det var 3,14 km^2 (Tabell 11.9). Det ble ikke påvist forstyrret bunnfauna eller kontaminering av THC og andre metaller i 2009.

Tabell 11.9. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen fra 2000 til 2009.

Glitne	NØ m	SØ m	SV m	NV m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²
THC	0	0	0	0	0	0,00	0,88	0,00
Ba	566	343	464	0	0,28	0,04	3,14	0,00
Andre metall	0	0	0	0	0	0,04	0,79	0,00
Fauna	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00



Figur 11.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.



Figur 11.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.

11.3 Sammendrag og konklusjon

I 2007 ble det boret 1 brønn på Glitne. Bunnsedimentet består hovedsakelig av fin sand med litt pelitt. Innholdet av TOM var litt lavere på de feltspesifikke stasjonene enn i 2006. Det ble ikke funnet kontaminering av THC og andre metall i 2009, mens barium innholdet i sedimentet økte fra 2006 til 2009 og lå over LSC på stasjonene mot nordøst, sørøst og sørvest. Det var generelt høyt artsantall og artsdiversitet i 2009 som i 2006. Børstemark *Myriochele oculata* og *Paramphinome jeffreysii* var de mest vanlige artene. Bunnfaunen var fortsatt lik over hele feltet i 2009 som i 2006. Resultatet viste at det var gode miljøforhold ved Glitne og at bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret.

12. Grane

12.1 Introduksjon

Grane ligger i blokk 25/12. Produksjonen på feltet kom i gang i september 2003. Feltet ble tidligere kalt Hermod og en grunnlagsundersøkelse på dette feltet ble gjennomført i 1997 (Mannvik et al. 1998). Etter grunnlagsundersøkelsen ble feltsentret flyttet om lag 250 m mot nord og 1175 m mot øst, slik at overvåkingsundersøkelsen som ble gjennomført i 2003 (Botnen & al. 2004) ikke var direkte sammenlignbar med grunnlagsundersøkelsen. På grunn av installasjoner på sjøbunnen ligger prøvetakingspunktene ikke langs transekter i vanlig aksekors (Figur 12.1).

I 2003 ble det påvist kontaminering av THC og metaller på flere stasjoner ved feltet, men ingen forstyrrelse av bunnfauna.

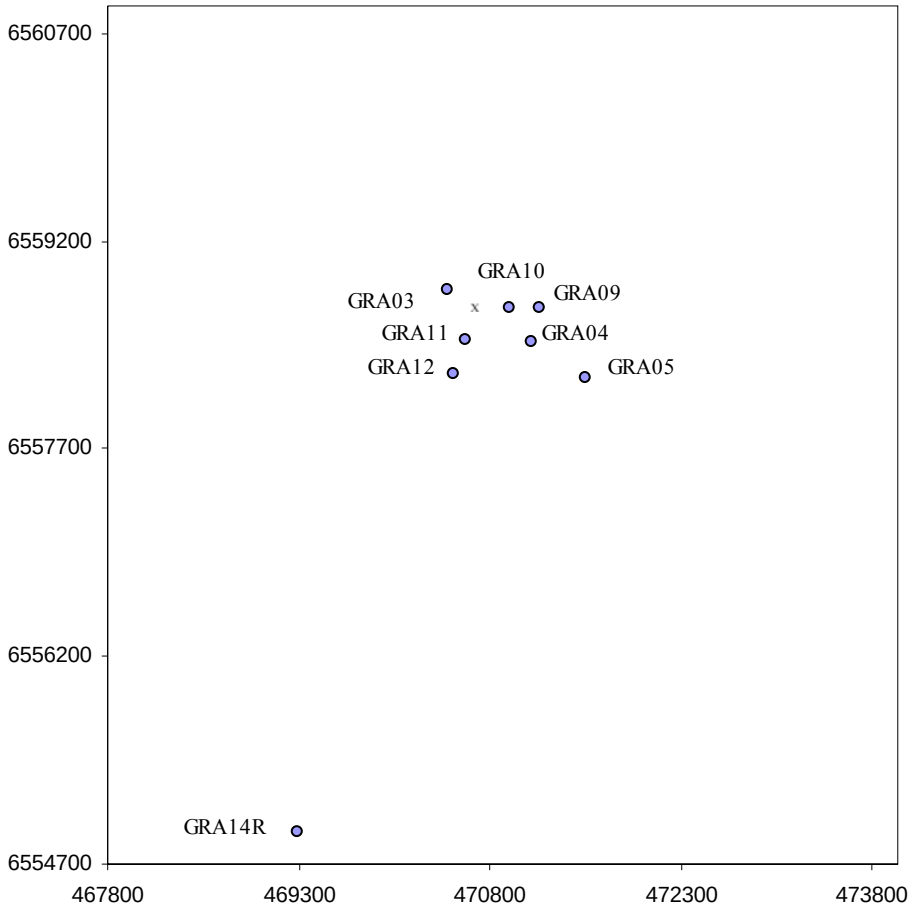
Konsentrasjonene av THC og metaller var i 2006 mindre eller likt som i 2003 og bunnfaunaen var fortsatt upåvirket.

I perioden 2007 til og med mai 2009 har 19 brønner blitt boret ved Grane. Bore- og utslippshistorikk ved Grane vises i Tabell 12.1, og i Figur 12.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til plattformen og i forhold til hverandre.

Tabell 12.1. Boring og utslipp ved Grane mellom 2001 og 2009.

	2001	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	4	10	1	5	-	7	5	2	5
Baritt, tonn	546,4	1399,5	6,7	1316	477	704	114	420	579
Borekaks, tonn	9685	16790	295,6	5889	5092	4714	3768	2628	2036
Oljebasert borevæske	-	-	-	-	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, m³	4774	-	-	17044	11319	8823	8278	5383	3865
Sementeringskjemikalier, tonn	2	-	-	-	-	0	0	0	40,15
Kompletteringskjemikalier, tonn	1	-	-	-	-	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	-	-	0,5	3,3	5,3	3,9	0,8	8,5	0,29
Andre utslipp, olje, m³	0	2	0,016	2,3811	0,128	2	0	0	-
Akutt utslipp, m³	-	-	-			130	1	0,02	0,1**

- ikke relevant * jan-mai 2009 ** oljebasert borevæske



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
GRA-03	470472	6558841	250/290	129
GRA-04	471122	6558466	500/110	129
GRA-05	471555	6558216	1000/110	129
GRA-09	471189	6558716	500/20	128
GRA-10	470959	6558716	250/20	129
GRA-11	470603	6558481	250/200	129
GRA-12	470518	6558246	500/200	129
GRA-14R	469297	6554935	4000/200	129

Figur 12.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Grane i forhold til plattformen (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

12.2 Resultater

12.2.1. Sedimentbeskrivelse

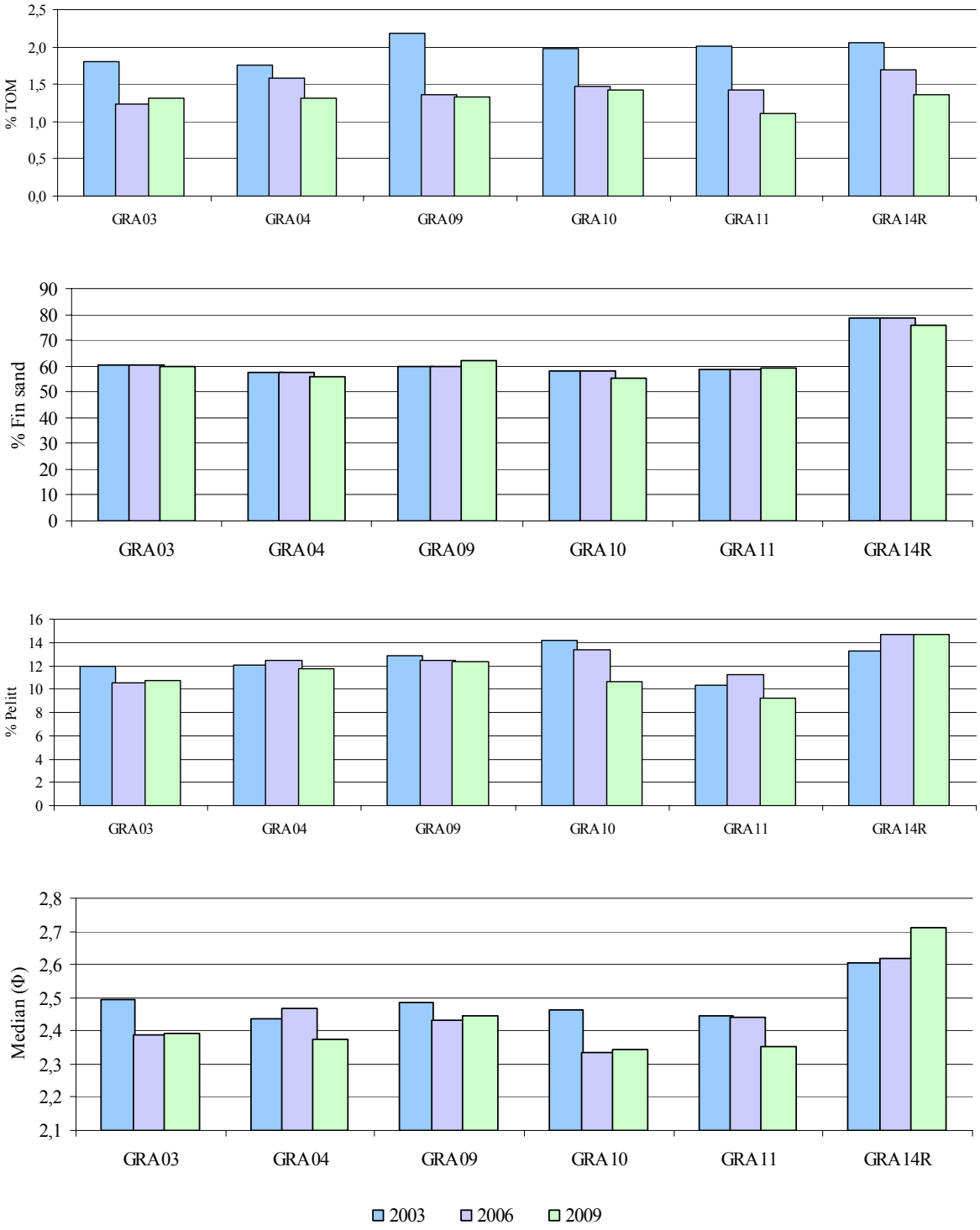
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 12.2. I Figur 12.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2003 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Grane hadde et TOM-innhold fra 1,10 % til 1,43 %. Sandinnholdet varierte fra 55,45 % til 62,22 % og pelittinnholdet varierte mellom 9,21 % og 12,35 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,34 og 2,45. TOM var noe lavere i 2009 enn i 2006 (Figur 12.2).

Tabell 12.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Grane i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus GRA14R) og for den sentrale subregionen, som Grane tilhører.

Stasjon	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
GRA-03	1,32	0,28	59,58	10,77	2,39	1,38	0,10	2,12
GRA-04	1,32	**0,03**	56,03	11,70	2,37	1,49	0,13	1,90
GRA-09	1,33	0,35	**62,22**	**12,35**	**2,45**	1,39	**0,19**	**2,58**
GRA-10	**1,43**	**0,59**	**55,45**	10,66	**2,34**	**1,52**	0,05	**1,74**
GRA-11	**1,10**	0,35	59,22	**9,21**	2,35	**1,29**	**0,01**	1,92
GRA-14R	1,36	0,21	75,67	14,72	2,71	1,31	0,36	1,97
snitt[1]	1,30	0,32	58,50	10,94	2,38	1,42	0,10	2,05
sd[1]	0,12	0,20	2,78	1,19	0,04	0,09	0,07	0,32
min[1]	1,10	0,03	55,45	9,21	2,34	1,29	0,01	1,74
maks[1]	1,43	0,59	62,22	12,35	2,45	1,52	0,19	2,58
snitt[2]	1,31	0,37	63,14	11,73	2,46	1,38	0,15	2,05
sd[2]	0,14	0,16	8,80	2,37	0,17	0,11	0,16	0,36
min[2]	1,10	0,21	55,45	9,21	2,34	1,29	0,01	1,74
maks[2]	1,43	0,59	75,67	14,72	2,71	1,52	0,36	2,58

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 12.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Grane i 2003, 2006 og 2009.

12.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Grane i 2009

Resultatet fra LSC-beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Grane benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

12.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 12.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 12.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 12.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 12.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Som i 2006 var det høyest konsentrasjon av THC på GRA03 som ligger 250 m mot nordvest. Nivåene ved samtlige stasjoner er tilnærmet uendret siden 2006 (Figur 12.3).

For prøvene fra dybdeintervallene er det økning i THC-konsentrasjonen i alle sjikt bortsett fra det grunneste på GRA09. Konsentrasjonen av THC i sjiktet 3-6 cm ved GRA10 ligger i 2009 over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ (Tabell 12.5).

Tabell 12.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) sediment fra stasjonene ved Grane i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

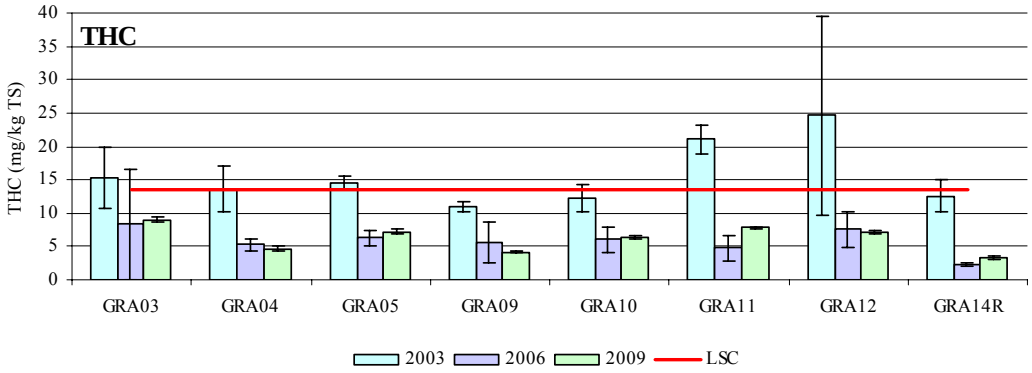
Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
GRA03	9,0	0,5	i.a.	-	i.a.	-
GRA04	4,7	0,3	i.a.	-	i.a.	-
GRA05	7,2	0,4	i.a.	-	i.a.	-
GRA09	4,1	0,2	0,0453	0,0021	0,013	0,000
GRA10	6,4	0,4	0,0533	0,0064	0,018	0,003
GRA11	7,8	0,1	i.a.	-	i.a.	-
GRA12	7,2	0,2	i.a.	-	i.a.	-
GRA14R	3,3	0,2	0,0323	0,0006	0,010	0,001
snitt±sd[1]	6,6±1,7		0,0493±0,0057		0,016±0,004	
min-maks[1]	4,1-9,0		0,0453-0,0533		0,013-0,018	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a. = ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R er utelatt.

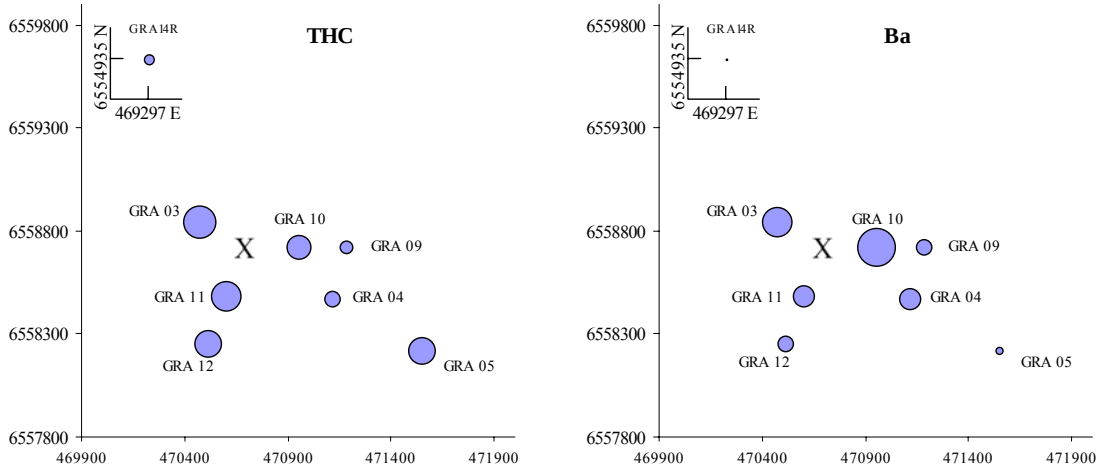
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 12.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på GRA09 og GRA10 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Sjikt	GRA09	GRA10
(0-1cm)	4,0	6,2
(1-3cm)	4,2	4,4
(3-6cm)	4,5	26,0



Figur 12.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Grane frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.



Figur 12.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Grane i 2009. Plattformen er markert med x.

12.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 12.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 12.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 12.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 12.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

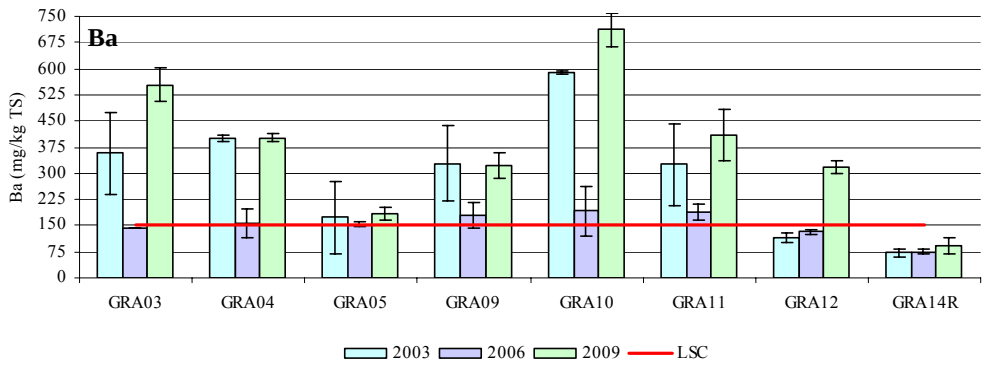
Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på alle stasjoner og den nedadgående trenden fra 2006 er dermed snudd (Tabell 12.5 og Figur 12.5).

Andre metaller forekom i lave konsentrasjoner, som tidligere, og det ble ikke påvist nivåer over LSC i 2009 (Figur 12.6).

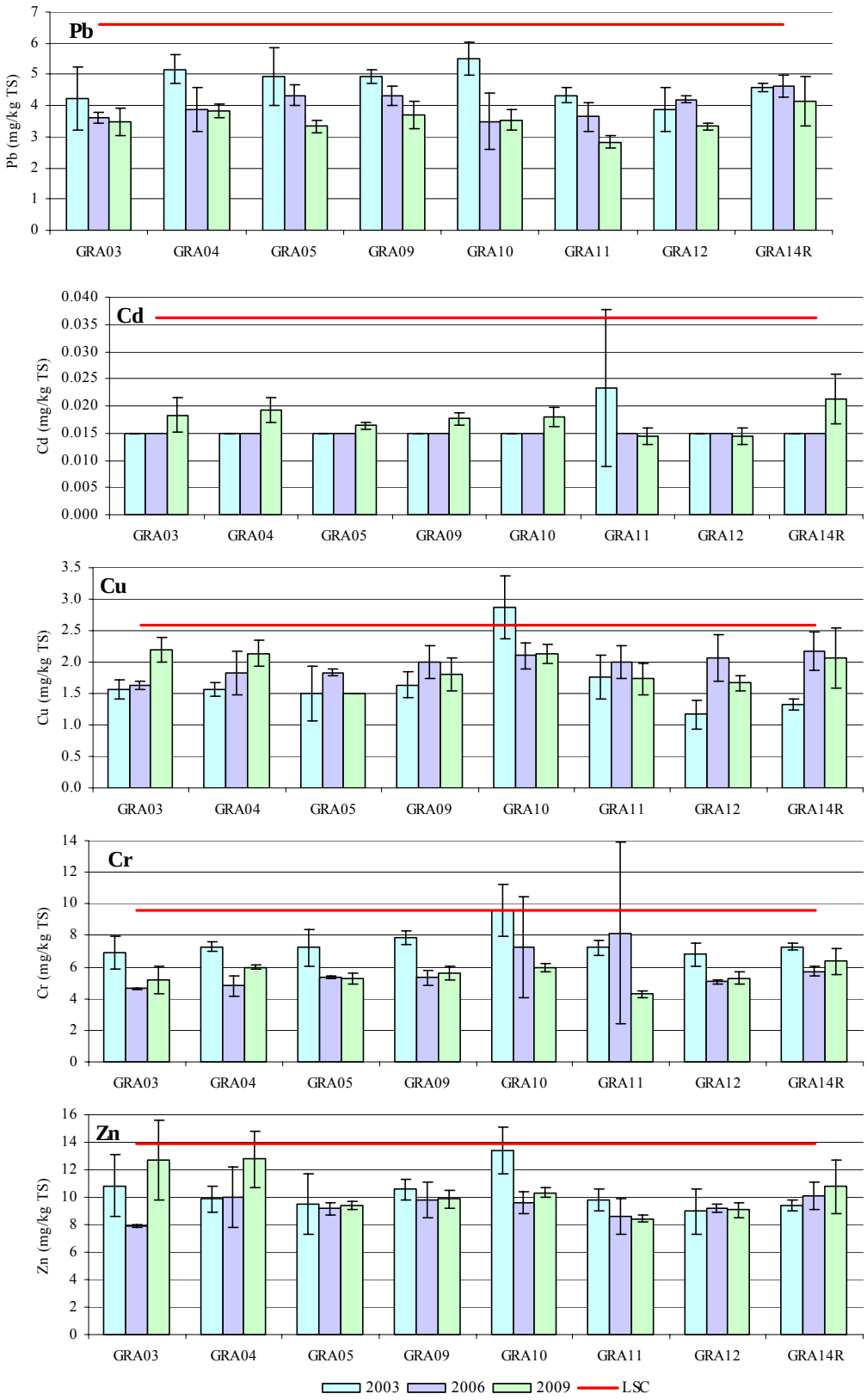
Tabell 12.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Grane i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
GRA03	553,3	47,3	3,5	0,5	0,018	0,003	**2,2**	0,2	5,2	0,9	i.a.	-	12,7	2,9
GRA04	400,7	11,7	**3,8**	0,2	**0,019**	0,002	2,1	0,2	6,0	0,1	i.a.	-	**12,8**	2,0
GRA05	**182,7**	18,0	3,3	0,2	0,016	0,001	**1,5**	0,0	5,3	0,3	i.a.	-	9,4	0,3
GRA09	322,3	35,5	3,7	0,5	0,018	0,001	1,8	0,3	5,6	0,4	0,0073	0,0012	9,9	0,7
GRA10	**711,3**	50,1	3,5	0,3	0,018	0,002	2,1	0,2	**6,0**	0,2	0,0070	0,0010	10,3	0,4
GRA11	409,3	75,3	**2,8**	0,2	**0,014**	0,002	1,7	0,3	**4,3**	0,2	i.a.	-	**8,4**	0,2
GRA12	319,3	18,1	3,3	0,1	**0,014**	0,002	1,7	0,1	5,3	0,4	i.a.	-	9,1	0,6
GRA14R	91,8	22,9	4,1	0,8	0,021	0,005	2,1	0,5	6,4	0,8	0.0070	0.0017	10,8	2,0
snitt±sd[1]	414,1±172,7		3,4±0,3		0,017±0,002		1,9±0,3		5,4±0,6				10,4±1,7	
min-maks[1]	182,7-711,3		2,8-3,8		0,014-0,019		1,5-2,2		4,3-6,0				8,4-12,8	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009.
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 12.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Grane i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 12.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Grane i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

12.2.5 Bunnfauna

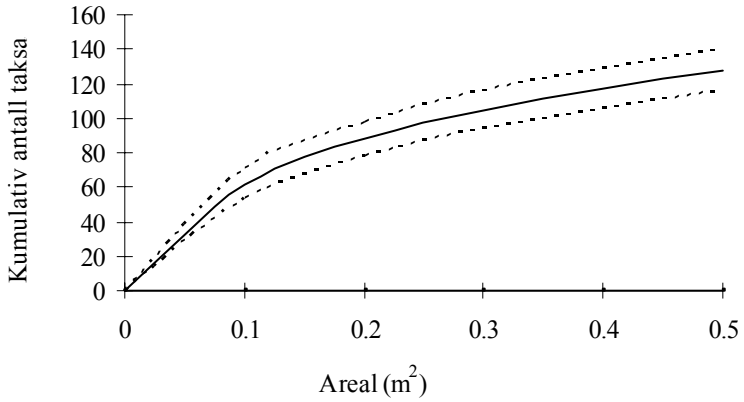
En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 12.7. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt 2785 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og 665 av Echinoidea, ble utelatt fra videre behandling av materialet fra Grane i 2009. Totalt ble 7233 individer fordelt på 262 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 53 % av alle individ og 40 % av alle taksa.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Granefeltet i 2009 vises i Figur 12.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 12.7 og Figur 12.9.

Tabell 12.7. Antall individ i prøvene fra Grane i 2009 fordelt på noe taksonomiske grupper. Prøvene fra GRA14R er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Echinoida (665 individ) og Spatangoida (2785 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Ant. individer	%	Ant. taksa	%
Annelida	3832	53	106	40
Arthropoda	820	11	71	27
Mollusca	849	12	48	18
Echinodermata	537	7	16	6
Diverse grupper	1195	17	21	8
Total	7233	100	262	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 12.8).

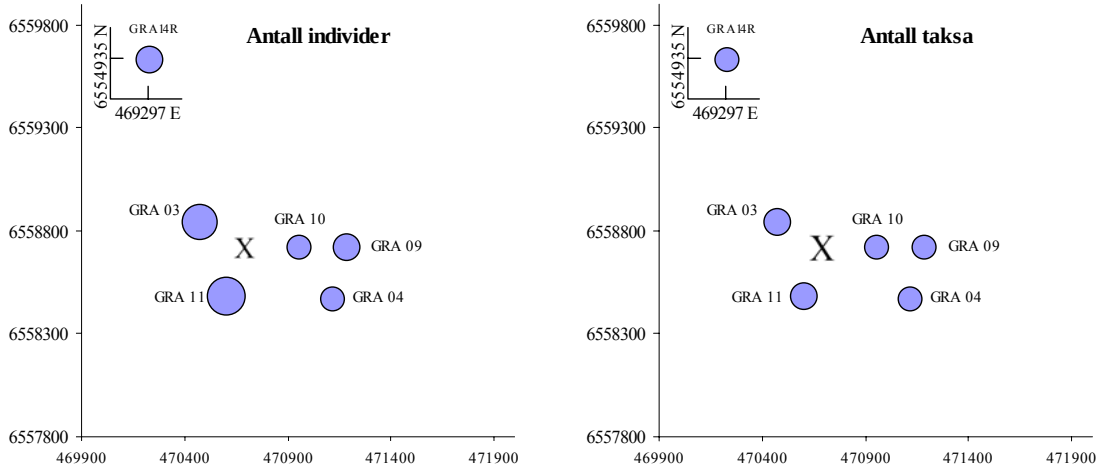


Figur 12.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for GRA-14R i 2009. Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er ikke tatt med i tallmaterialet.

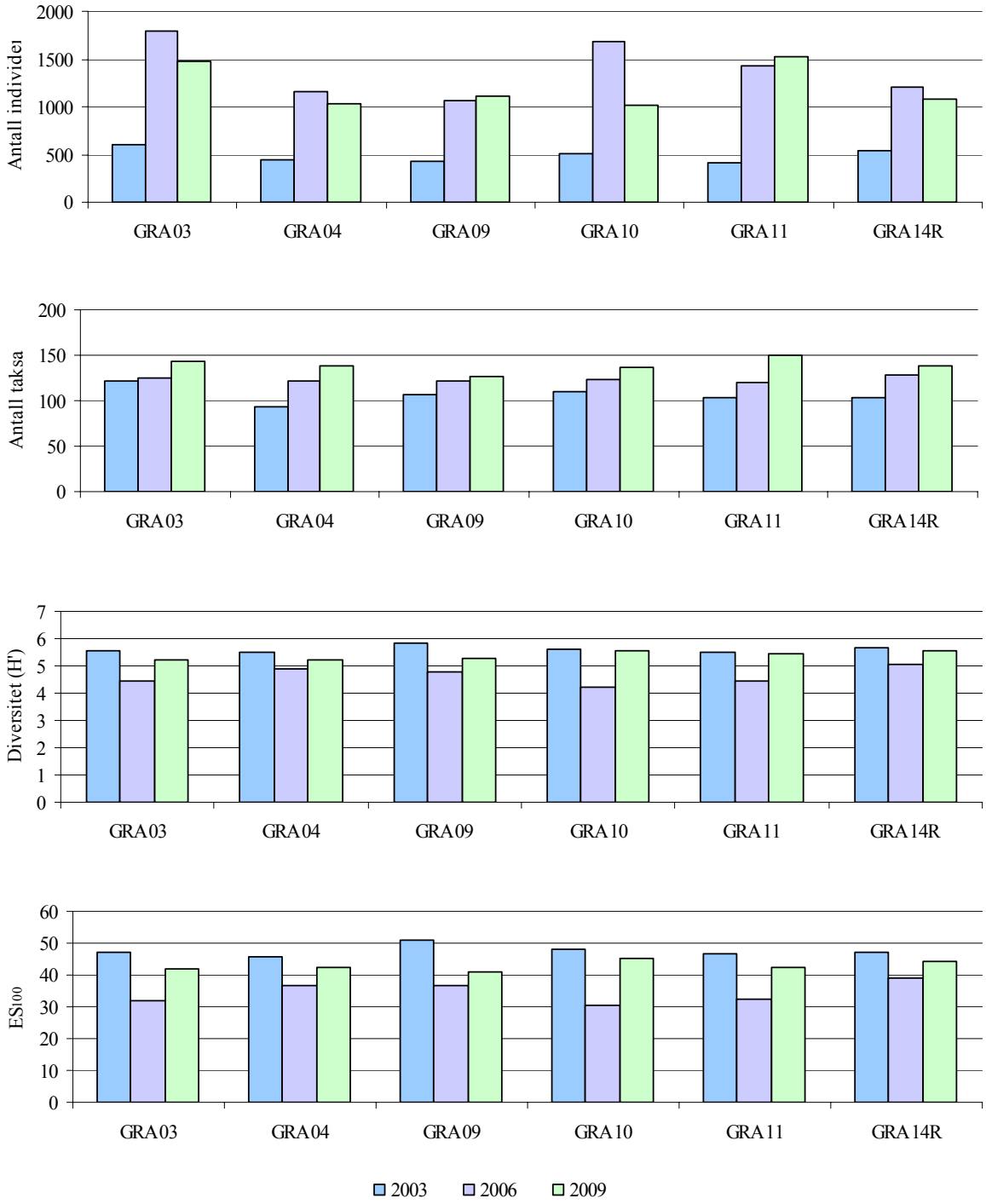
Tabell 12.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Grane i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Echinoida og Spatangoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES_{100}
GRA-03	1477	144	**5,24**	**0,73**	7,17	41,8
GRA-04	1024	139	5,25	0,74	7,12	42,49
GRA-09	1107	**126**	5,29	0,76	**6,98**	**40,75**
GRA-10	**1018**	137	**5,53**	**0,78**	7,10	**45,03**
GRA-11	**1521**	**150**	5,42	0,75	**7,23**	42,22
GRA-14R	1086	139	5,58	0,78	7,12	44,11
snitt[1]	1229	139	5,35	0,75	7,12	42,46
sd[1]	249	9	0,13	0,02	0,09	1,58
min[1]	1018	126	5,24	0,73	6,98	40,75
maks[1]	1521	150	5,53	0,78	7,23	45,03
snitt[2]	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd[2]	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min[2]	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks[2]	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 12.8. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Granefeltet i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.



Figur 12.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) å stasjonene ved Grane fra 2003, 2006 og 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Echinoida og Spatangoida er utelatt.

Tabell 12.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Grane i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Echinoida og Spatangoida er utelatt.

GRA-03-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	366	24,8	24,8
Cerianthus lloydii	108	7,3	32,1
Myriochele oculata	79	5,3	37,4
PHORONIDA indet.	77	5,2	42,7
NEMERTINI indet.	56	3,8	46,4
Axinulus croulinensis	53	3,6	50,0
Ophiura affinis	37	2,5	52,5
Pectinaria auricoma	33	2,2	54,8
Aricidea catherinae	30	2,0	56,8
Mendicula ferruginosa	24	1,6	58,4

GRA-04-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	272	26,6	26,6
Myriochele oculata	41	4,0	30,6
Axinulus croulinensis	41	4,0	34,6
Cerianthus lloydii	40	3,9	38,5
Ophiura affinis	39	3,8	42,3
PHORONIDA indet,	35	3,4	45,7
Pectinaria auricoma	33	3,2	48,9
Eclysippe vanelli	31	3,0	52,0
Mendicula ferruginosa	24	2,3	54,3
NEMERTINI indet,	23	2,2	56,5
Amphiura chiajei	23		

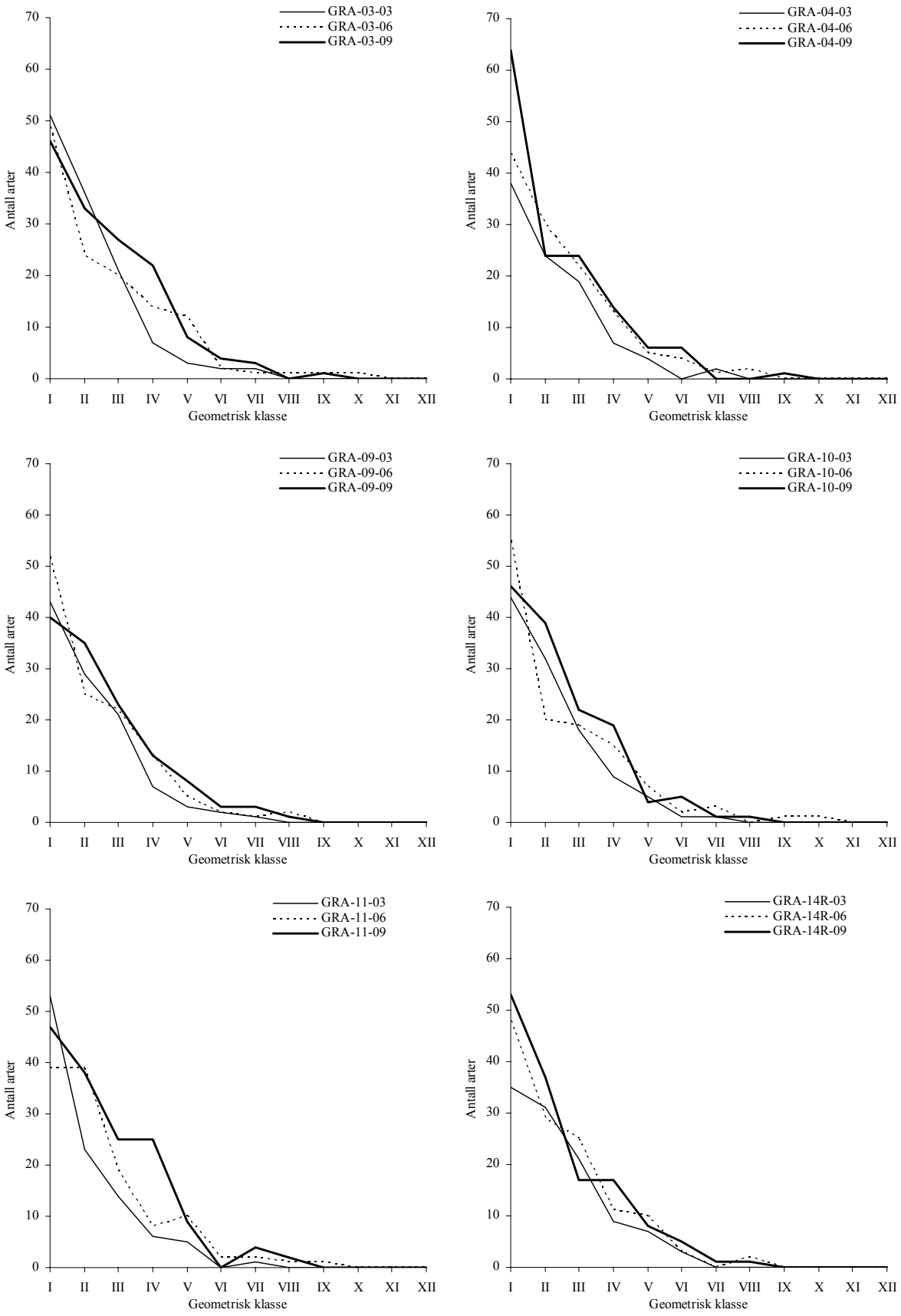
GRA-09-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	210	19,0	19,0
Pectinaria auricoma	79	7,1	26,1
Myriochele oculata	78	7,0	33,2
PHORONIDA indet.	66	6,0	39,1
Ophiura affinis	59	5,3	44,4
Axinulus croulinensis	57	5,1	49,6
NEMERTINI indet.	32	2,9	52,5
Cerianthus lloydii	22	2,0	54,5
Iphinoe serrata	22	2,0	56,5
Spiophanes bombyx	22	2,0	58,4

GRA-10-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	196	19,3	19,3
Myriochele oculata	68	6,7	25,9
Cerianthus lloydii	50	4,9	30,8
PHORONIDA indet,	46	4,5	35,4
Ophiura affinis	46	4,5	39,9
Axinulus croulinensis	38	3,7	43,6
NEMERTINI indet,	33	3,2	46,9
Mendicula ferruginosa	30	2,9	49,8
Amphiura chiajei	20	2,0	51,8
Eclysippe vanelli	18	1,8	53,5

GRA-11-09-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	222	14,6	14,6
Cerianthus lloydii	194	12,8	27,4
Myriochele oculata	115	7,6	34,9
Ophiura affinis	85	5,6	40,5
PHORONIDA indet.	75	4,9	45,4
NEMERTINI indet.	69	4,5	50,0
Eclysippe vanelli	31	2,0	52,0
Spiophanes bombyx	30	2,0	54,0
Arcturella dilatata	28	1,8	55,8
Pectinaria auricoma	27	1,8	57,6

GRA-14R-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	171	29,6	29,6
PHORONIDA indet,	66	11,4	41,0
Cerianthus lloydii	59	10,2	51,2
Myriochele oculata	55	9,5	60,7
Nephasoma cf, minutum	55	9,5	70,2
Axinulus croulinensis	45	7,8	78,0
Ophiura affinis	44	7,6	85,6
Thyasira equalis	31	5,4	91,0
NEMERTINI indet,	26	4,5	95,5
Arcturella dilatata	26	4,5	100,0

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 12.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2009.



Figur 12.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Grane i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Echinoida og Spatangoida er utelatt.

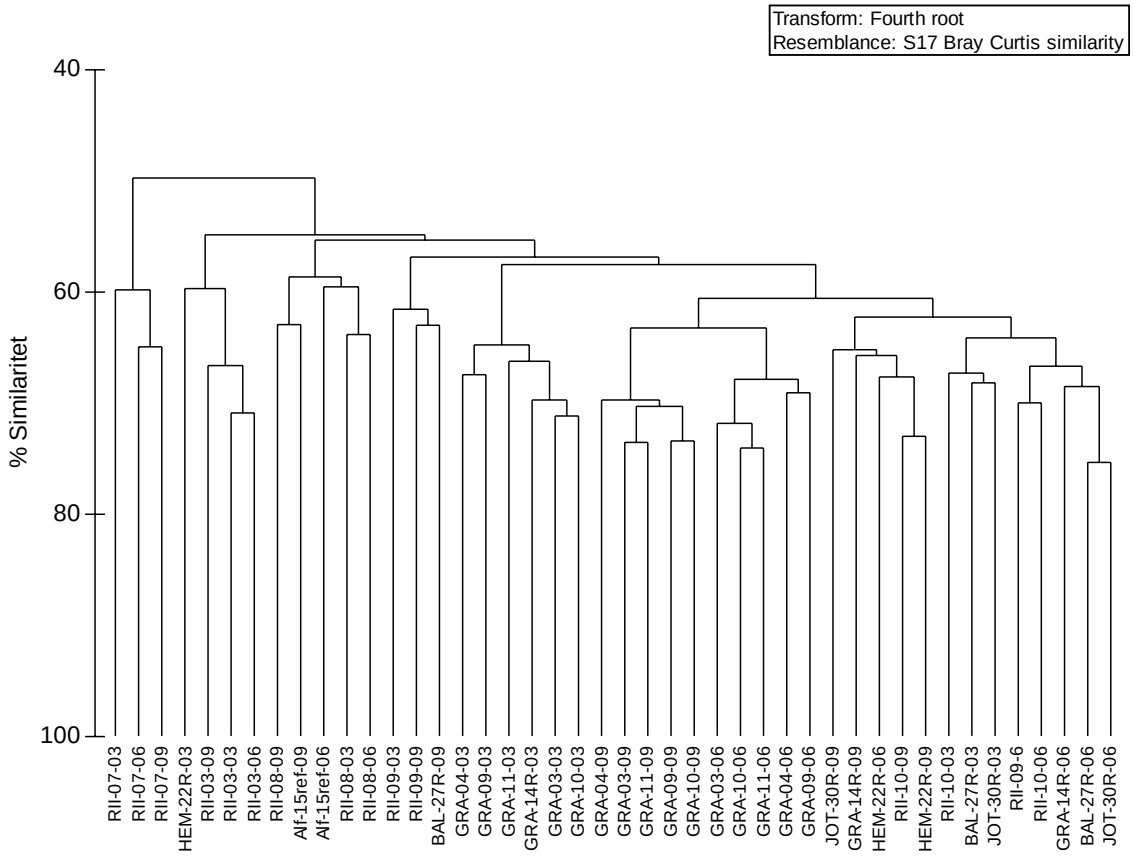
Antall individ varierte mellom 1018 og 1521, og antall taksa varierte mellom 126 og 150. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,2 og 5,5, og ES_{100} varierte mellom 40,75 og 45,03. Jevnheten varierte mellom 0,73 og 0,78. På den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R var det 1086 individer fordelt på 139 taksa, som gav Shannon-Wiener (H') på 5,58 og ES_{100} på 44,11 og jevnhet på 0,78. GRA14R skilte seg ikke nevneverdig fra de feltspesifikke stasjonene.

Antall taksa var noe høyere i 2009 enn i de to foregående undersøkelsene, mens antall individ var lavere enn i 2006 bortsett fra ved de to stasjonene GRA09 og GRA11 (Figur 12.9). Dette ga en noe høyere diversitet og ES_{100} i årets prøver enn i 2006.

Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* dominerte ved alle stasjonene og utgjorde fra 14,6 til 29,6 % av alle individene. Blant de ti vanligste arten forekom også koralldyret *Cerianthus lloydii,* hestesko-ormen Phoronida indet. og flere slangestjerner. Den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R skilte seg ikke ut med tanke på de mest tallrike artene.

Bunnfaunaen viste at det var gode miljøforhold på sjøbunnen ved Grane.

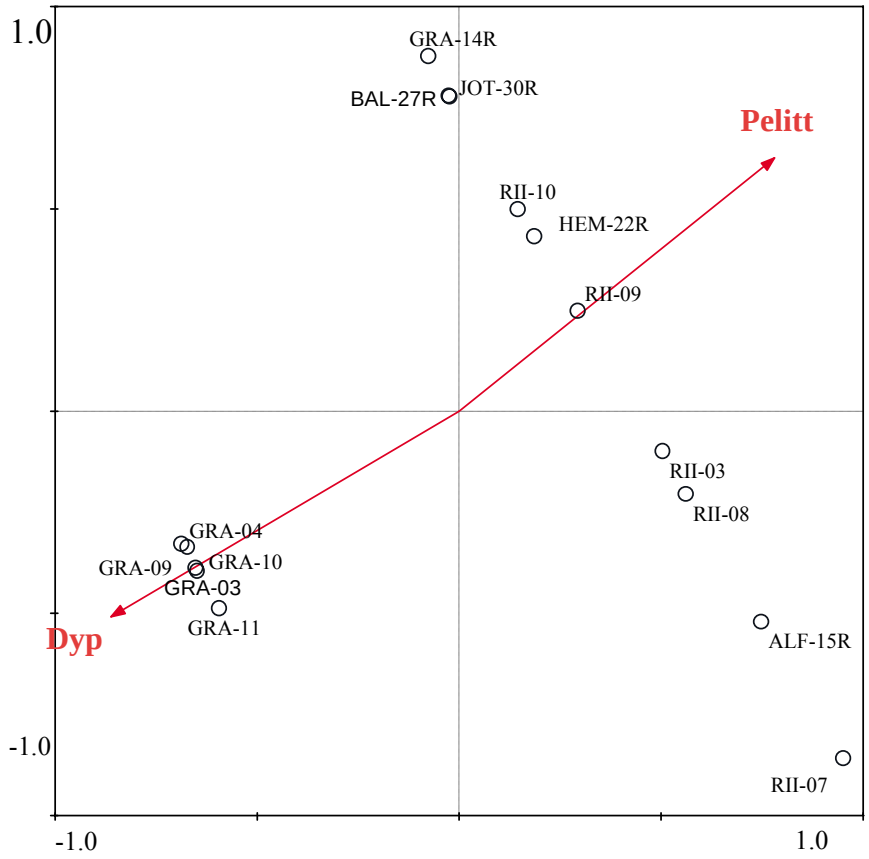
Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 12.11. Cluster-analysen samlet alle stasjonene ved Grane, inklusiv den tilknyttede regionale stasjonen GRA14R, innen en faunalikhet på om lag 61 %. Uten GRA14R var likheten 70 %. Dette var omtrent på samme likhetsnivå som de feltspesifikke stasjonene og den tilknyttede regionale stasjonene samlet seg på i 2006 (Figur 12.11). MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg). En stabil og relativt lik bunnfauna over hele feltet tyder på jevne, og i dette tilfellet også gode miljøforhold, over hele feltet i 2009, som i 2003 og 2006.



Figur 12.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Grane sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av Echinoida og Spatangoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene fra feltstasjoner og tilhørende regionale stasjoner fra 2009, ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,3). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at miljøvariablene vanndyp og pelitt hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 12.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 13,5 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 9,0 %.



Figur 12.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Av de målte miljøvariablene var det bare pelitt og vanndybden som hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen forklarer 13,5 % mens den andre aksen forklarer 9,0 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra 2009 fra feltet og tilhørende subregionale stasjoner.

12.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 12.13 og Tabell 12.9. Tabell 12.9 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

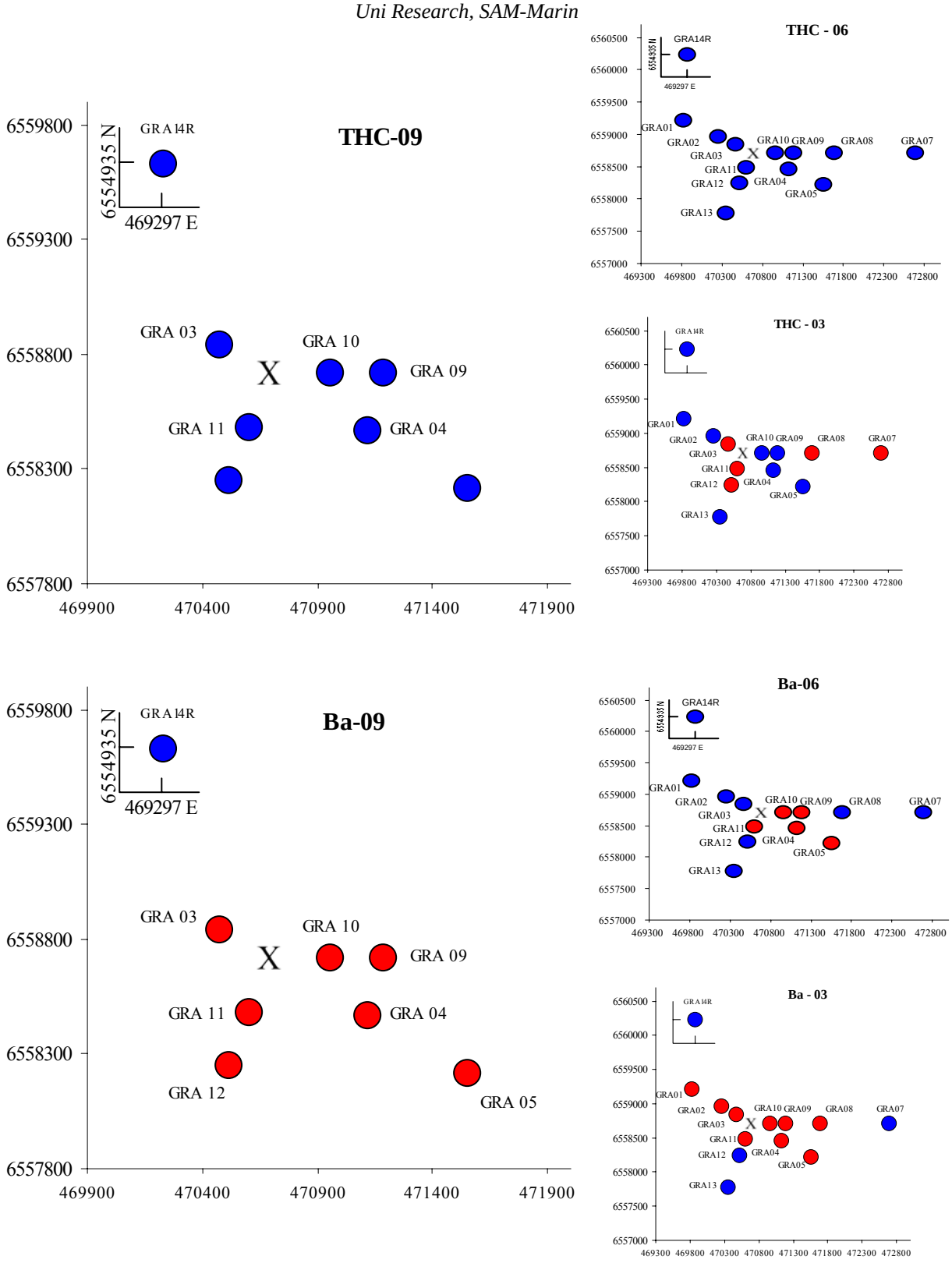
I 2003 ble det påvist kontaminering av barium på alle stasjoner mot sørøst (ut til 1000 m) og alle stasjoner mot nordvest (ut til 1000m), samt ut til 1000 m mot øst og ut til 250 m mot sør. Andre metaller (kobber, krom og sink) kontaminerte sedimentet ut til 500 m mot øst. THC-kontaminering ble påvist ut til 250 m mot nordvest og ut til 500 m mot sør. Dessuten var de to ytterste stasjonene mot øst (1000 og 2000 m) kontaminert av THC. Det ble ikke påvist faunaforstyrrelse i 2003.

I 2006 ble det påvist kontaminering av barium ut til 500 m mot øst, 1000 m mot sørøst og 250 m mot sør. Annen kontaminering ble ikke påvist, og det ble heller ikke påvist forstyrrelse av bunnfauna. Arealet med kontaminerte sediment var betydelig mindre i 2006 enn i 2003 (Tabell 12.9).

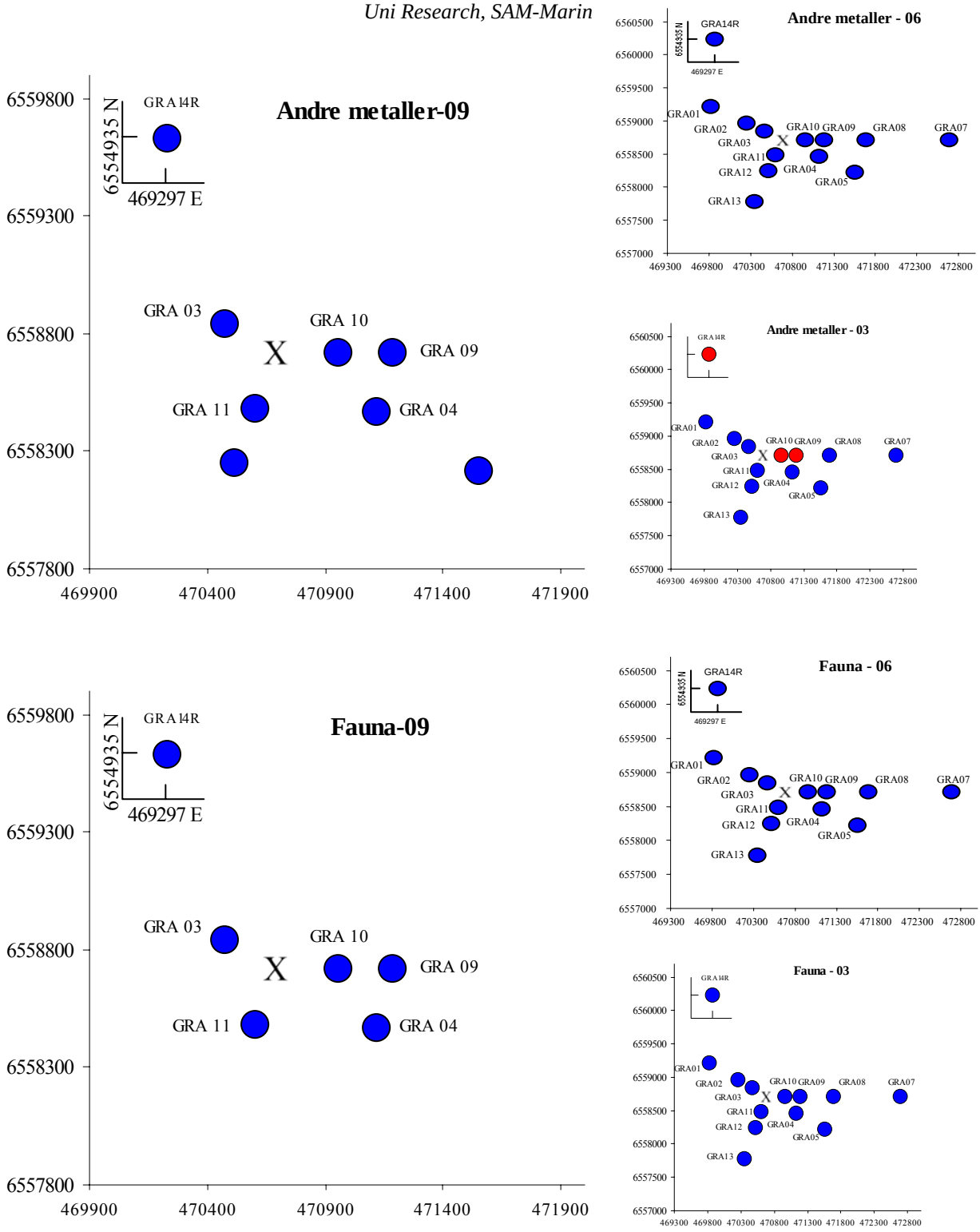
I 2009 ble det målt bariumverdier over LSC på samtlige stasjoner bortsett fra GRA14R, og dermed en utstrekning på minimum 500 m øst, 1000 m sørøst, 500 m sørvest og 250 m nordvest. Det ble imidlertid ikke påvist kontaminering av THC eller andre metaller på noen av de undersøkte stasjonene. Bunnfaunaen var ikke forstyrret på Granefeltet i 2009.

Tabell 12.11. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen i 2003, 2006 og 2009.

Grane	NV m	Ø m	SØ m	SV m	2009 km^2	2006 km^2	2003 km^2
THC	0	0	0	0	0,00	0,00	0,10
Ba	250	500	1000	500	0,98	0,59	0,98
Andre metall	0	0	0	0	0,00	0,00	0,05
Fauna	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00



Figur 12.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.



Figur 12.13. fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion sentral 96-09 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion sentral 96-09 er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.

12.3 Sammendrag og konklusjon

I perioden 2007 til og med mai 2009 har 19 brønner blitt boret ved Grane. Bunnsedimentet består fortsatt hovedsakelig av fin sand med noe pelitt. TOM-innhold var litt lavere enn i 2006. THC innholdet var lavt og lå på omtrent samme nivå som i 2006. Barium konsentrasjonene økte og hadde verdier over LSC på alle stasjonene i 2009. De øvrige metallene viste bare mindre endringer i forhold til 2006. Det var generelt lavere individantall og høyere artsantall i prøvene i 2009 enn i 2006. Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* og koralldyret *Cerianthus lloydii* var blant de mest vanlige artene i 2009 som i 2006. Resultatet viste at det var gode miljøforhold ved Grane og at bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret. Beregnet samlet areal med kontaminering var det samme i 2009 som i 2006, men prøvetakingen strakk seg ikke ut til ukontaminert område og ut fra dette kan det reelle arealet av bariumkontaminert område være større enn det som er angitt.

13. Balder

13.1 Introduksjon

Balder ligger i blokk 25/11 og består av Balder FPU (Floating Production Unit), samt fire undervanns brønnrammer (A, B, C og D). Produksjonen kom i gang i september 1999. Grunnlagsundersøkelse av feltet ble gjennomført i 1997, og det har senere vært overvåkingsundersøkelser i 2000 (Mannvik et al. 2001), i 2003 (Botnen et al. 2004) og i 2006 (Botnen et al. 2007).

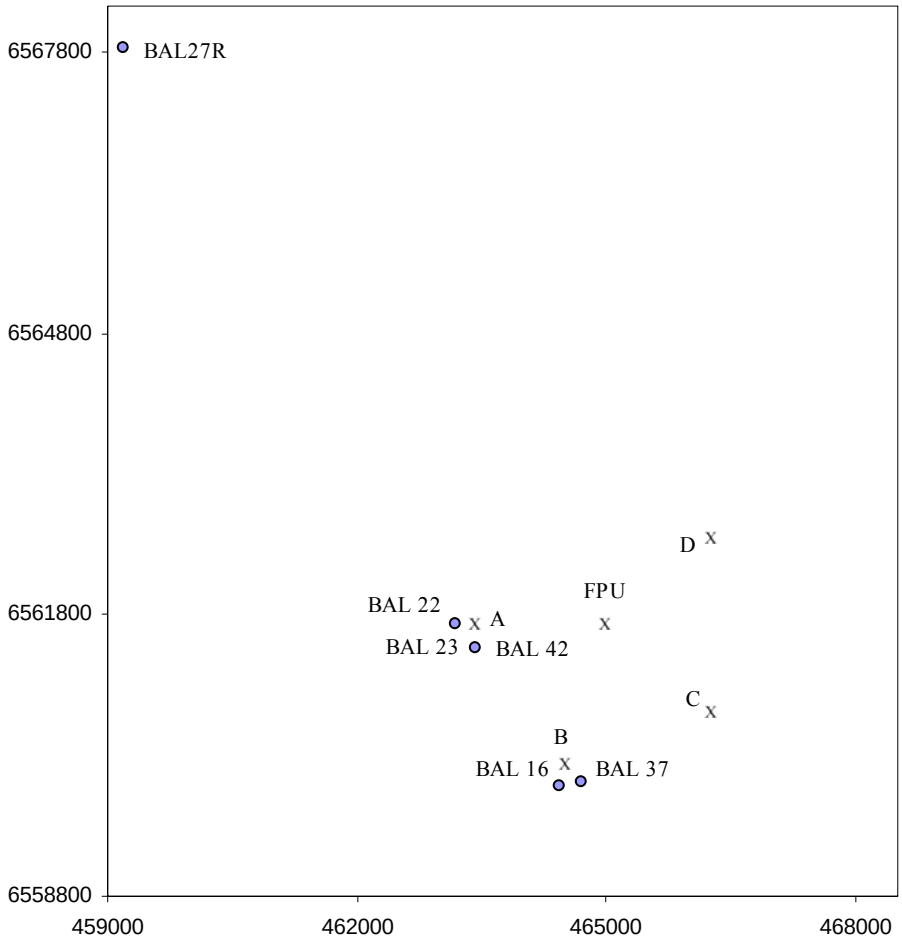
I 2003 ble det påvist økt kontaminering av THC flere steder ved brønnramme A og B, mens mengden THC ved brønnramme C og D var blitt lavere, og kontaminering kun ble påvist 250 m sørøst for brønnramme C. Kontaminering av barium og sink ble påvist ved alle brønnrammene. Faunaforstyrrelse ble påvist ut til 250 m sør for brønnramme A og ut til 250 m sørøst for brønnramme B. Bunnforholdene bedret seg frem mot 2006 og areal av THC-, barium- og kobberkontaminering var mindre i 2006 enn i 2003, og det ikke ble oppdaget kontaminering av sink. Det ble i 2006 påvist THC kontaminering 250 m sør for brønnramme A og metallkontaminering (kobber og barium) 250 m sørøst for brønnramme B. Konsentrasjonene av THC, bly, krom og barium var lavere enn i 2003, mens kobber, sink og kadmium lå på omtrent det samme nivået som tidligere. Det ble ikke påvist forstyrrelse i bunnfaunaen i 2006.

Det har ikke vært boring ved Balder siden 2001. Utslippshistorikken på Balder vises i Tabell 13.1, og i Figur 13.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Tabell 13.1. Boring og utslipp ved Balder mellom 2000 og mai 2009.

Balder	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
Baritt, tonn	0	490	0	0	0	0	0	0	0	0
Borekaks, tonn	0	25333	0	0	0	0	0	0	0	0
Baseolje (med kaks)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ester basert boreslam	0	221	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, m³	0	615	0	0	0	0	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier, tonn	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
Kompletteringskjemikalier, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	42	8	20	11,9	13,3	12,4	0	0	0	38,7
Andre utslipp, m³	0,07	6,64	0	675	1	15	0	0	0	0,12

* jan-mai 2009



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	Retning (°)	(m)
BAL-16	464436	6559964	250/198	127
BAL-22	463175	6561700	250/270	128
BAL-37	464690	6560025	250/135	127
BAL-42	463425	6561450	250/180	128
BAL-27R	459203	6567845	10000/315	127

Figur 13.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Balder i forhold til PFU, og fire undervanns brønnrammer (A, B, C og D). Det ble bare tatt prøver ved brønnramme A og B i 2009. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

13.2 Resultater

13.2.1. Sedimentbeskrivelse

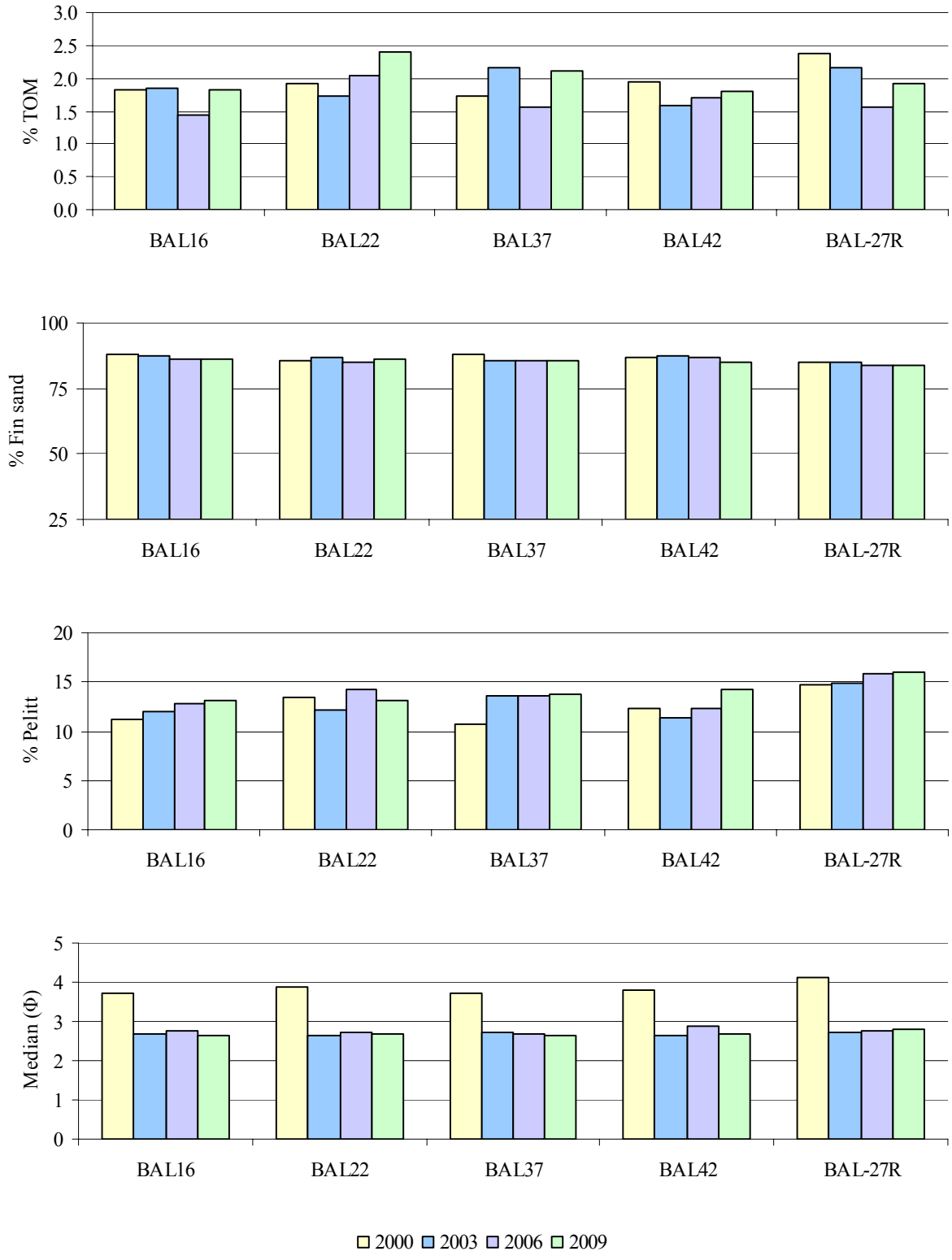
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 13.2. I Figur 13.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Balder hadde et TOM-innhold fra 1,81 % til 2,41 %. Sandinnholdet varierte fra 85,8 % til 86,9 % og pelittinnholdet varierte mellom 13,1 % og 14,2 %. Medianen (Φ) var 2,65 og 2,66. TOM var litt høyere i 2009 enn i 2006 (Figur 13.2).

Tabell 13.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Balder i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus BAL27R) og for den sentrale subregionen, som Balder tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
BAL-16	1,83	0,00	86,88	13,12	2,65	1,05	0,57	2,74
BAL-22	**2,41**	0,01	**86,94**	**13,06**	2,66	1,05	0,57	**2,68**
BAL-37	2,12	0,01	86,20	13,79	2,65	1,07	0,58	**2,80**
BAL-42	**1,81**	0,00	**85,83**	**14,17**	2,66	**1,09**	**0,59**	2,78
BAL-27R	1,92	0,02	83,95	16,03	2,79	1,15	0,54	1,65
snitt[1]	2,04	0,00	86,46	13,54	2,66	1,07	0,58	2,75
sd[1]	0,28	0,00	0,54	0,54	0,01	0,02	0,01	0,05
min[1]	1,81	0,00	85,83	13,06	2,65	1,05	0,57	2,68
maks[1]	2,41	0,01	86,94	14,17	2,66	1,09	0,59	2,80
snitt[2]	2,07	0,01	85,73	14,26	2,69	1,09	0,57	2,48
sd[2]	0,26	0,01	1,27	1,27	0,06	0,04	0,02	0,56
min[2]	1,81	0,00	83,95	13,06	2,65	1,05	0,54	1,65
maks[2]	2,41	0,02	86,94	16,03	2,79	1,15	0,59	2,80

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen BAL27R
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 13.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Balder i 2000, 2003, 2006 og 2009.

13.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Balder i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Balder benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

13.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 13.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 13.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 13.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 13.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble ikke funnet i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$, og konsentrasjonene har stabilisert seg eller er nedadgående sammenlignet med 2006. Tabell 13.4 viser at sedimentet var kontaminert av THC i sjikt 3-6 cm for BAL37 og 0-1 cm for BAL42, sistnevnte i kontrast til 2006 da ingen av prøvene i dette sjiktet var kontaminerte. Dette sjiktet er også kontaminert av PAH (BAL37 og BAL42) og NPD (BAL37) (Tabell 13.3).

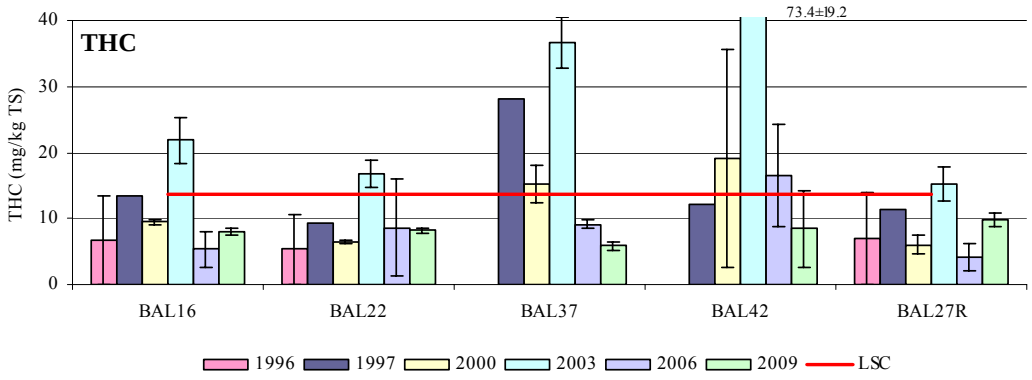
Tabell 13.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Balder i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
BAL16	7,9	0,5	i.a.	-	i.a.	-
BAL22	8,2	0,3	i.a.	-	i.a.	-
BAL37	**5,8**	0,6	0,077	0,018	0,022	0,003
BAL42	**8,4**	5,7	0,072	0,001	0,018	0,001
BAL27R	9,767	1,097	0,062	0,004	0,015	0,001
snitt±sd[1]	7,6±1,2					
min-maks[1]	5,8-8,4					
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

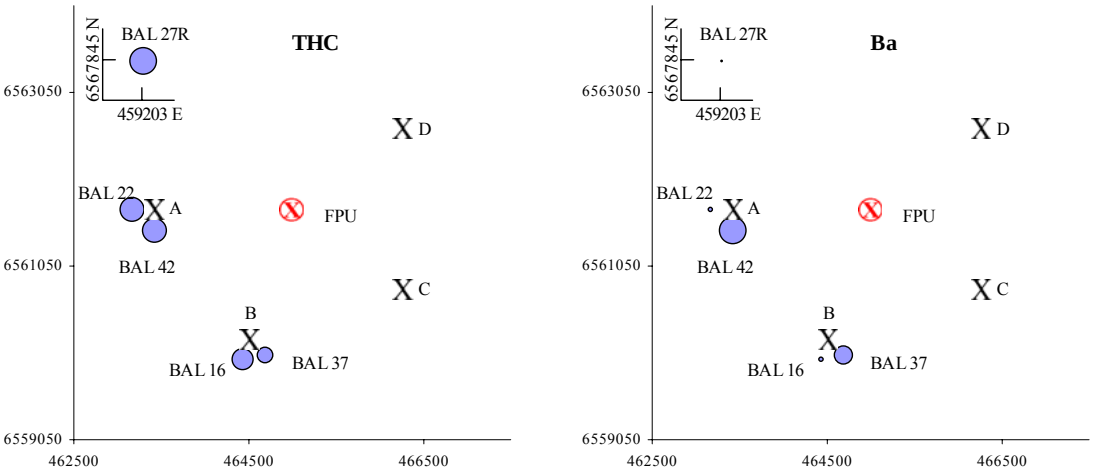
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen BAL27R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 13.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på BAL37 og BAL42 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion sentral 96-09 er skyggelagt.

Sjikt	BAL37	BAL42
(0-1cm)	6,50	15,00
(1-3cm)	9,20	6,10
(3-6cm)	19,00	7,80



Figur 13.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Balder frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.



Figur 13.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Balder i 2009. Feltsenterne og skipet (FPU) er markert med x.

13.2.4 Metaller

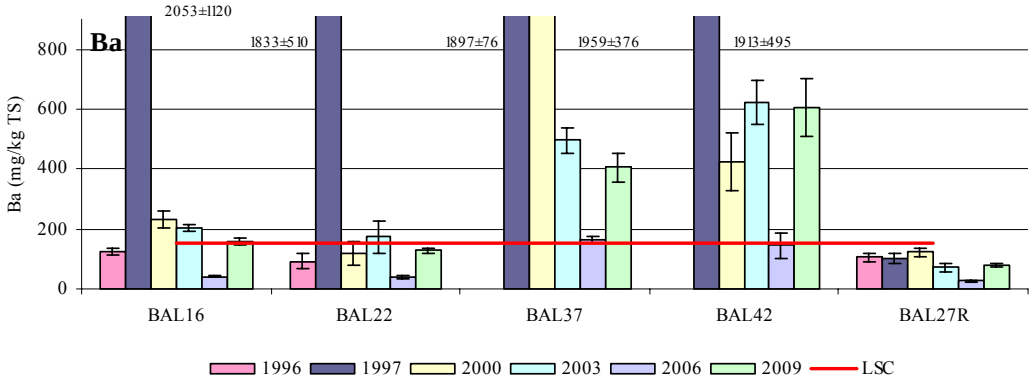
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 13.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 13.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 13.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 13.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

BAL37 og BAL42 skiller seg ut med høye bariumverdier (over LSC på BAL16/37/42), selv om det er en nedgang siden 2006. De øvrige metallene viser generelt relativt stabile konsentrasjoner sammenlignet med 2006, eller en liten oppgang (Cd, Cr og Zn) for noen stasjoner. Alle veridene er under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

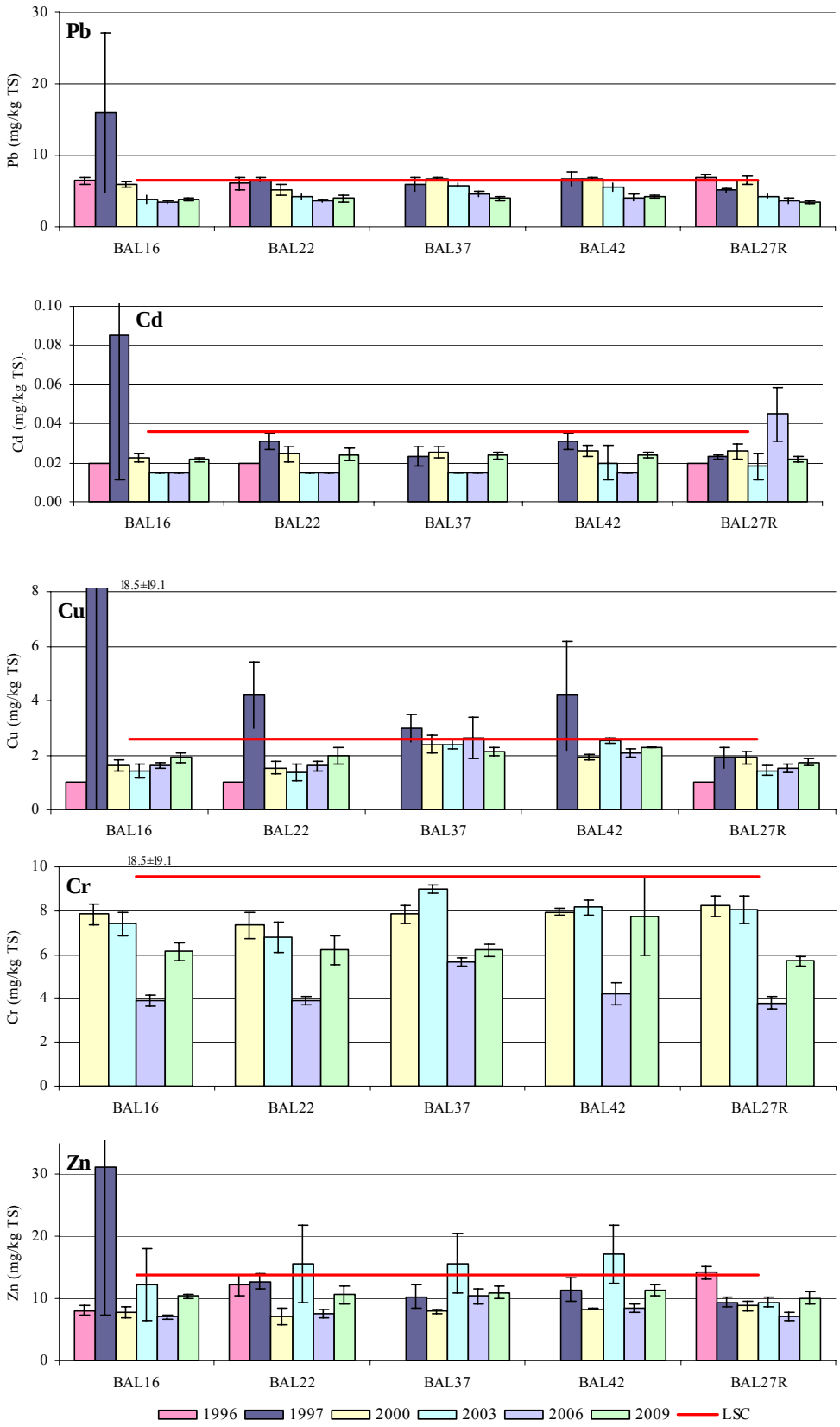
Tabell 13.6. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Balder i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
BAL16	159,3	10,7	**3,8**	0,2	**0,022**	0,001	**1,9**	0,2	**6,1**	0,4	i.a.	-	**10,4**	0,4
BAL22	**128,0**	10,5	4,0	0,6	**0,024**	0,005	2,0	0,3	6,2	0,7	i.a.	-	10,7	1,4
BAL37	405,0	47,6	4,0	0,3	**0,024**	0,005	2,1	0,2	6,2	0,3	0,009	0,002	11,0	1,0
BAL42	**607,0**	95,0	**4,2**	0,2	**0,024**	0,004	**2,3**	0,0	**7,8**	1,8	0,011	0,001	**11,3**	0,9
BAL27R	79,9	6,9	3,4	0,3	0,022	0,003	1,7	0,1	5,7	0,2	0,009	0,001	10,1	1,0
snitt±sd[1]	324,8±225,2		4,0±0,2		0,023±0,001		2,1±0,2		6,6±0,8		-		10,8±0,4	
min-maks[1]	128-607		3,8-4,2		0,022-0,024		1,9-2,3		6,1-7,8		-		10,4-11,3	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2006
[1] De feltspesifikke stasjonene. Den tilknyttede regionale stasjonen BAL27R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 13.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Balder i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 13.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Balder i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

13.2.5 Bunnfauna

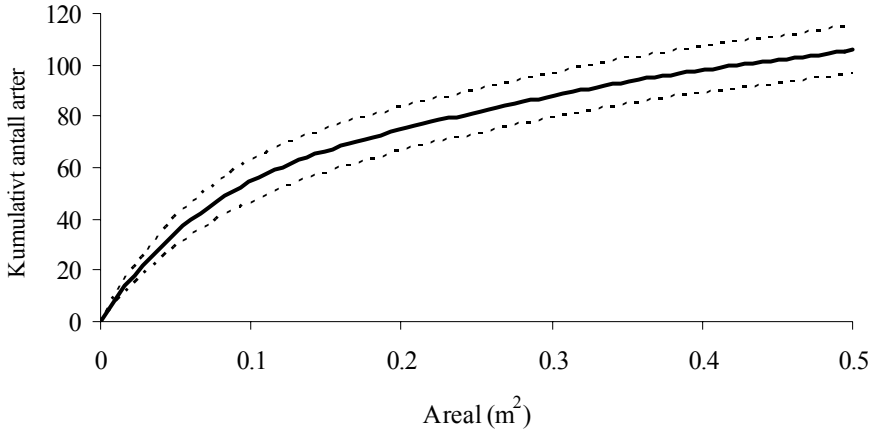
En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 13.7. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble henholdsvis 3514 og 160 juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Balder i 2009.

Totalt ble 10020 individer fordelt på 218 taksa identifisert. Annelida dominerte med 52 % av alle individer og 45 % av alle taksa.

Tabell 13.7. Antall individ i prøvene fra Balder i 2009 fordelt på noe taksonomiske grupper. Prøvene fra BAL27R er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	3302	52	98	45
Arthropoda	559	9	53	24
Mollusca	943	15	40	18
Echinodermata	483	8	10	5
Diverse grupper	1059	17	17	8
Total	6346	100	218	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 13.8).



Figur 13.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for stasjon Bal-27R i 2009. Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er ikke tatt med i tallmaterialet.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Balder i 2009 vises i Figur 13.9. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 13.7 og Figur 13.8.

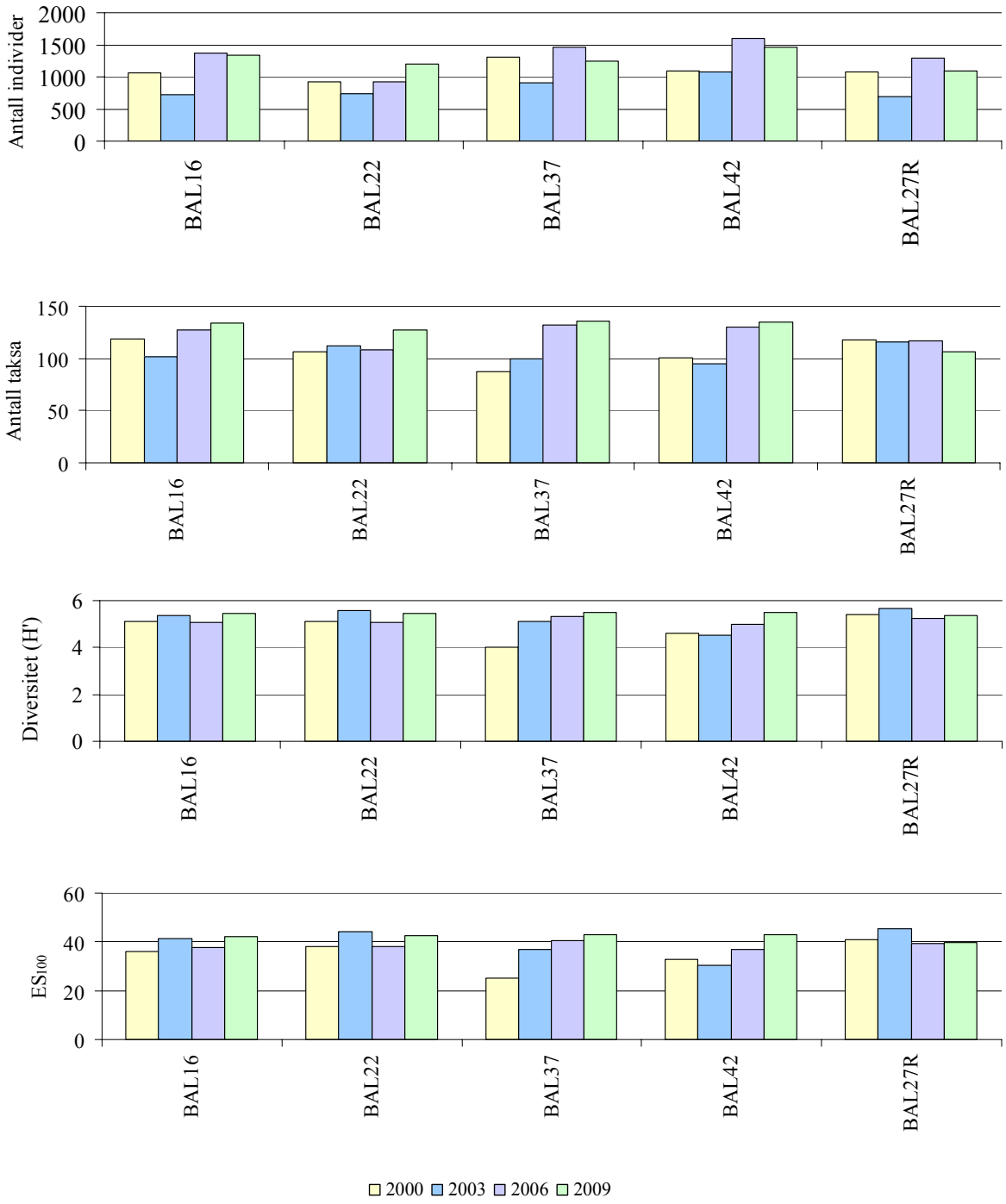
Antall individ varierte mellom 1207 og 1469, og antall taksa varierte mellom 127 og 136. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,43 og 5,48, og ES_{100} varierte mellom 42,10 og 42,98. Jevnheten varierte mellom 0,78 og 0,77. På den tilknyttede regionale stasjonen BAL27R var det 1098 individer fordelt på 106 taksa, som gav Shannon-Wiener (H') på 5,39 og ES_{100} på 39,67 og jevnhet på 0,80. BAL27R skilte seg ikke nevneverdig fra de feltspesifikke stasjonene, bortsett fra et noe lavere individ- og artsantall, i tillegg til lavere diversitet.

I 2009 var det var bare mindre endringer i antallet individer og arter i forhold til i 2006. Diversiteten (H' og Es_{100}) var fortsatt høy og viste en svak økning fra 2006 til 2009. (Figur 13.8). Dette tyder på gode miljøforhold på disse stasjonene i forhold til før. Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var, som i 2003 og 2006, den mest alminnelige arten, i tillegg til *Myriochele oculata* som dominerte ved BAL27R. I tillegg var hestesko-ormen Phoronida indet. også tallrik på stasjonene, mens den i 2006 var omtrent fraværende. Resultatet viser jevnt over et godt miljø ved Balder.

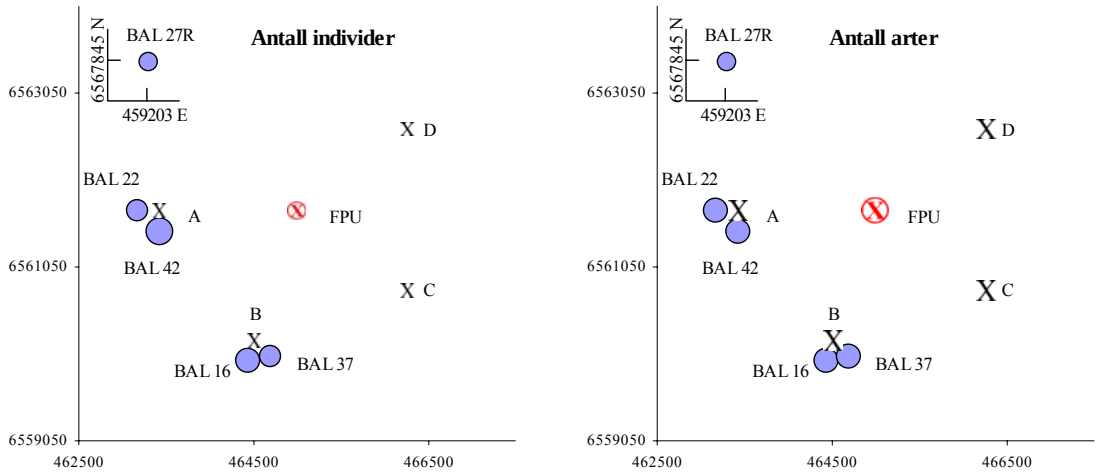
Tabell 13.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Balder i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES100
BAL-16-09	1331	134	**5,43**	0,77	7,07	**42,1**
BAL-22-09	**1207**	**127**	5,45	**0,78**	**6,99**	42,48
BAL-37-09	1241	**136**	5,48	0,77	**7,09**	**42,98**
BAL-42-09	**1469**	135	5,48	0,77	7,08	42,81
BAL-27R-09	1098	106	5,39	0,80	6,73	39,67
snitt	1312	133	5,46	0,77	7,05	42,59
sd	117	4	0,03	0,00	0,04	0,39
min	1207	127	5,43	0,77	6,99	42,10
maks	1469	136	5,48	0,78	7,09	42,98
snitt	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

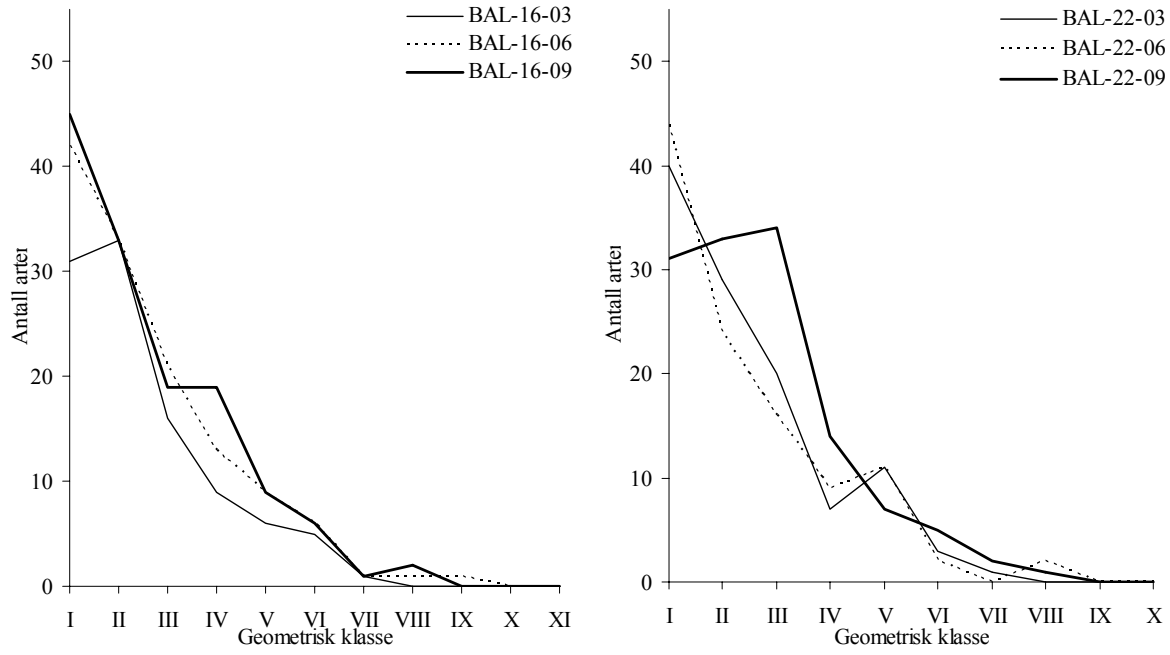
[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen BAL27R
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



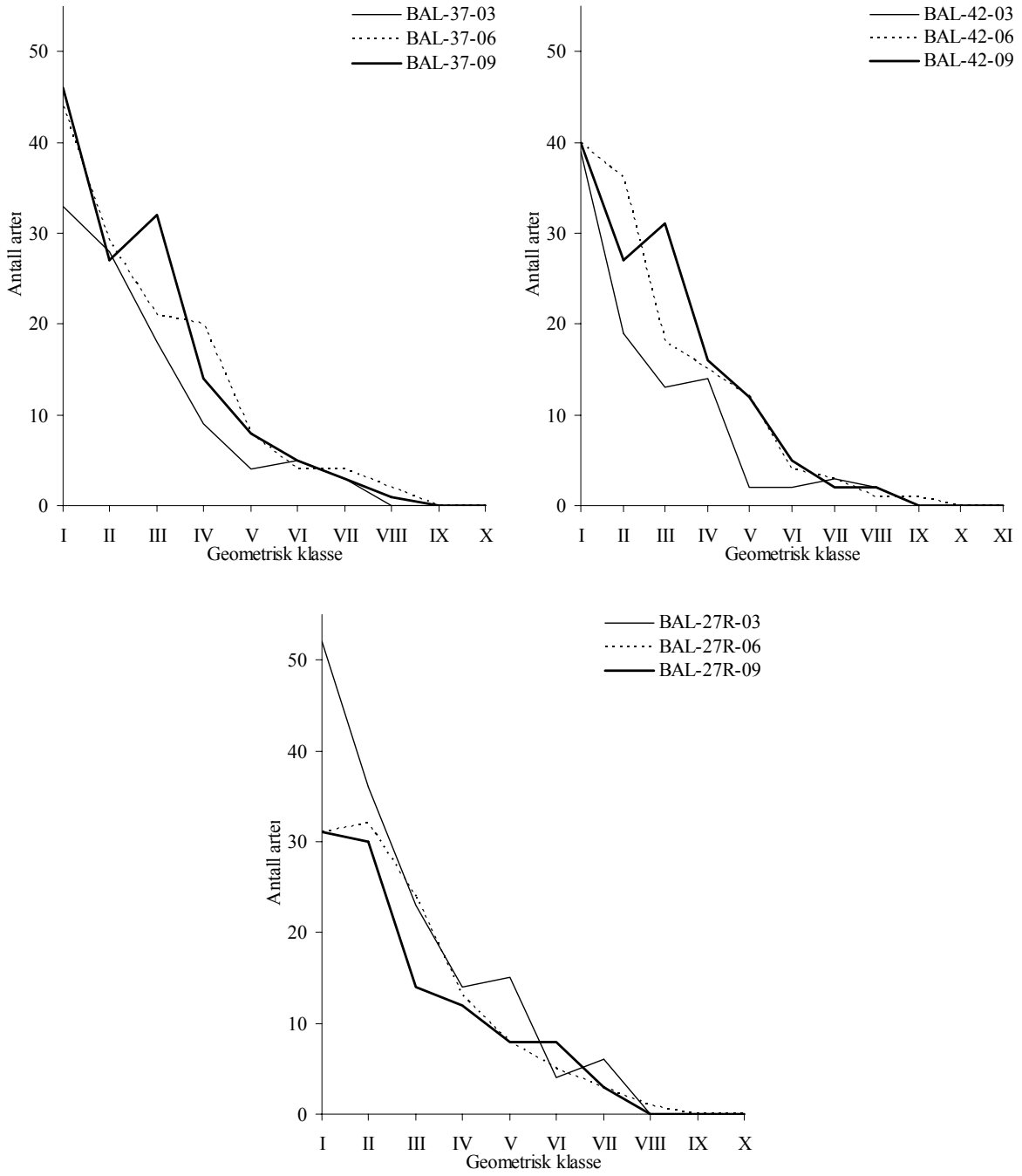
Figur 13.8. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) å stasjonene ved Balder fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt i 2006 og 2009.



Figur 13.9. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Balder i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 13.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Balder i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 13.10. fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Balder i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 13.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Balder i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

BAL-16-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	193	8.5	8.5
PHORONIDA indet.	129	5.7	14.2
Myriochele oculata	127	5.6	19.8
Thyasira equalis	51	2.2	22.0
Cerianthus lloydii	48	2.1	24.1
Axinulus croulinensis	43	1.9	26.0
Aricidea catherinae	38	1.7	27.7
Tanaidacea indet.	34	1.5	29.2
NEMERTINI indet.	33	1.5	30.6
Amphiura chiajei	31	1.4	32.0

BAL-22-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	169	8.2	8.2
PHORONIDA indet.	115	5.6	13.8
Cerianthus lloydii	109	5.3	19.1
Myriochele oculata	61	3.0	22.1
Axinulus croulinensis	53	2.6	24.7
Aricidea catherinae	52	2.5	27.2
Thyasira equalis	39	1.9	29.1
NEMERTINI indet.	33	1.6	30.7
Diplocirrus glaucus	28	1.4	32.1
Notomastus latericeus	24	1.2	33.3

BAL-37-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	206	10.6	10.6
PHORONIDA indet.	112	5.7	16.3
Thyasira equalis	65	3.3	19.7
Myriochele oculata	64	3.3	22.9
Eclysippe vanelli	49	2.5	25.5
Cerianthus lloydii	46	2.4	27.8
NEMERTINI indet.	40	2.1	29.9
Axinulus croulinensis	35	1.8	31.7
Aricidea catherinae	34	1.7	33.4
Glycera lapidum	29	1.5	34.9

BAL-42-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	225	9.5	9.5
PHORONIDA indet.	148	6.3	15.8
Myriochele oculata	88	3.7	19.5
NEMERTINI indet.	70	3.0	22.5
Pectinaria auricoma	57	2.4	24.9
Thyasira equalis	53	2.2	27.1
Amphiura chiajei	46	1.9	29.0
Diplocirrus glaucus	37	1.6	30.6
Spiophanes kroeyeri	33	1.4	32.0
Notomastus latericeus	31	1.3	33.3

BAL-27R-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Myriochele oculata	107	7.7	7.7
Paramphinome jeffreysii	89	6.4	14.2
PHORONIDA indet.	76	5.5	19.7
Thyasira equalis	63	4.6	24.2
Aricidea catherinae	57	4.1	28.4
Diplocirrus glaucus	48	3.5	31.8
Axinulus croulinensis	47	3.4	35.2
Spiophanes bombyx	43	3.1	38.4
NEMERTINI indet.	35	2.5	40.9
Amphiura chiajei	32	2.3	43.2
Ophiura affinis	32	2.3	45.5

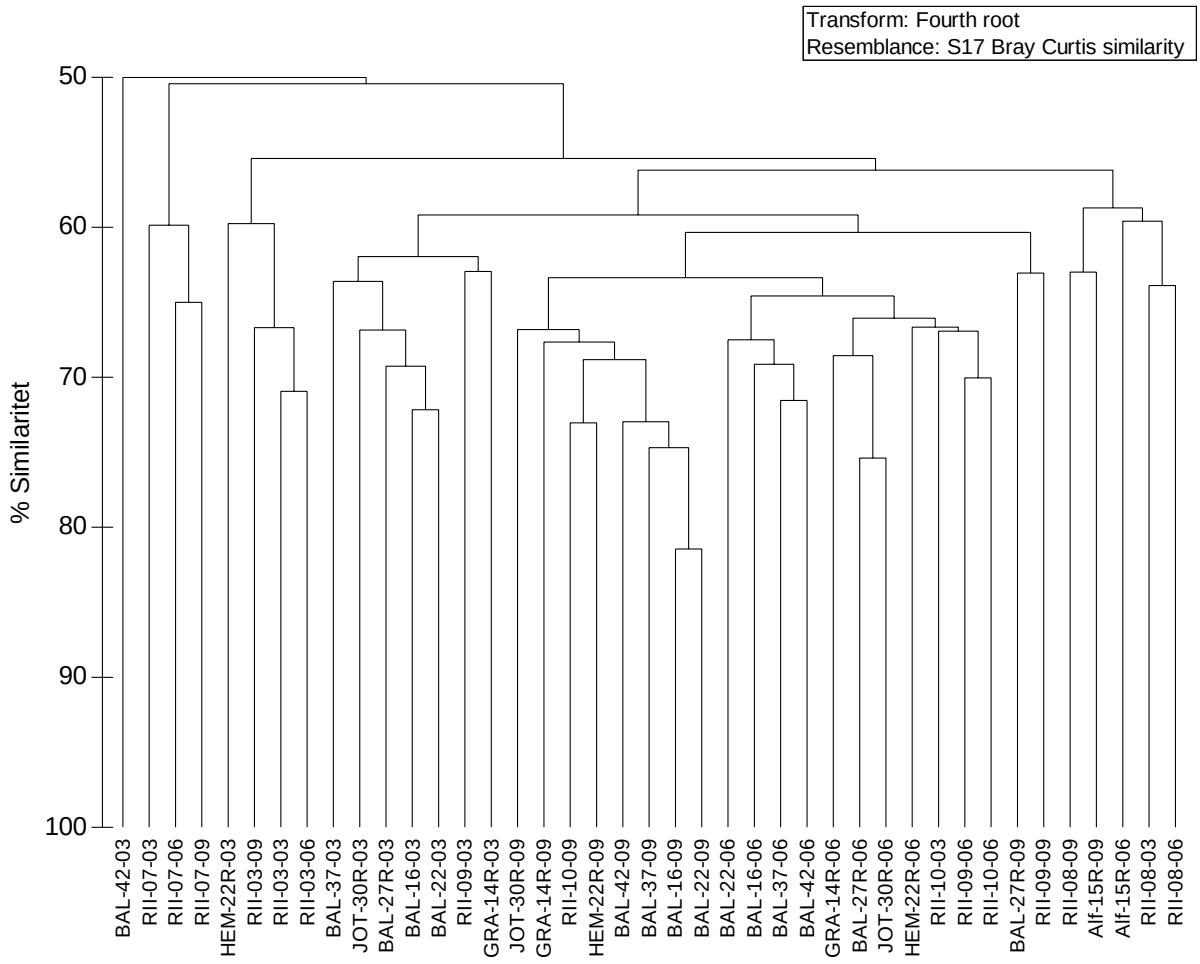
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 13.11. Knekkene i kurvene kan indikere en svak miljøpåvirkning i 2009, men grafene på feltet skiller seg ikke vesentlig fra den regionale stasjonen til feltet. Det kan derfor tyde på en naturlig faunatilstand på feltet.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 13.11.

Cluster-analysen samlet alle feltstasjonene ved Balder innen en faunalikhet på om lag 73 % og med den tilknyttede regionale stasjonen, BAL 27R, på ca 60 %. Likheten i faunasammensetningen mellom de feltspesifikke stasjonene har økt, mens likheten mellom disse og den tilknyttede regionale stasjonen er noe lavere, sammenlignet med 2006. Fortsatt er likheten såpass høy at de tyder på gode miljøforhold ved Balder (Figur 13.11 og Figur 13.12).

MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg).

En stabil og svært lik bunnfauna over hele feltet tyder på jevne, og i dette tilfellet også gode miljøforhold, over hele feltet i 2009.

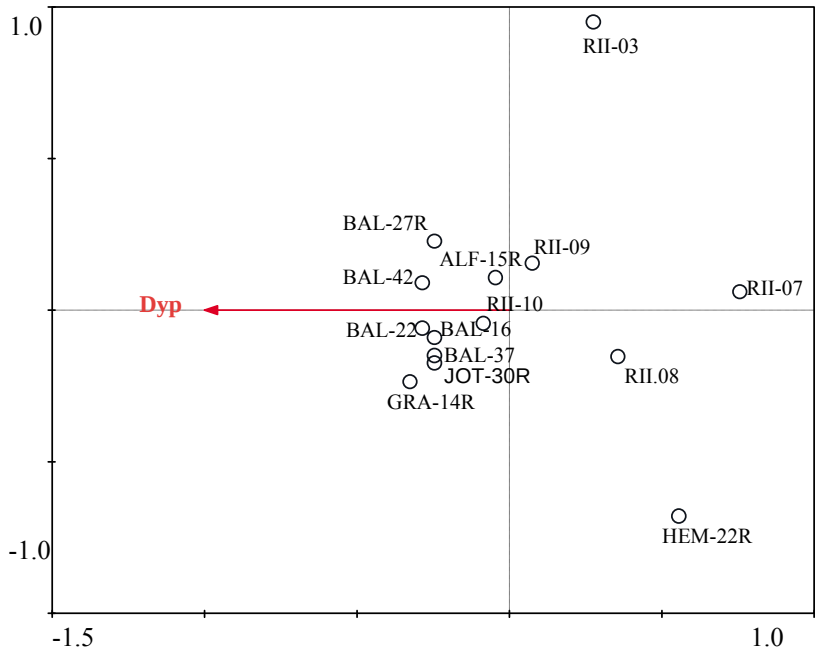


Figur 13.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Balder sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse. Datasattet som ble analysert gjelder feltstasjoner og tilknyttede subregionale stasjoner fra Balderfeltet i 2009.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,4). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at vanndyp var den miljøvariabelen som hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 13.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 13,8 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den første frie aksen forklarer 12,5 %.

Det ble ikke funnet noen kobling mellom bunnfaunaen og de undersøkte kjemiparametrene.

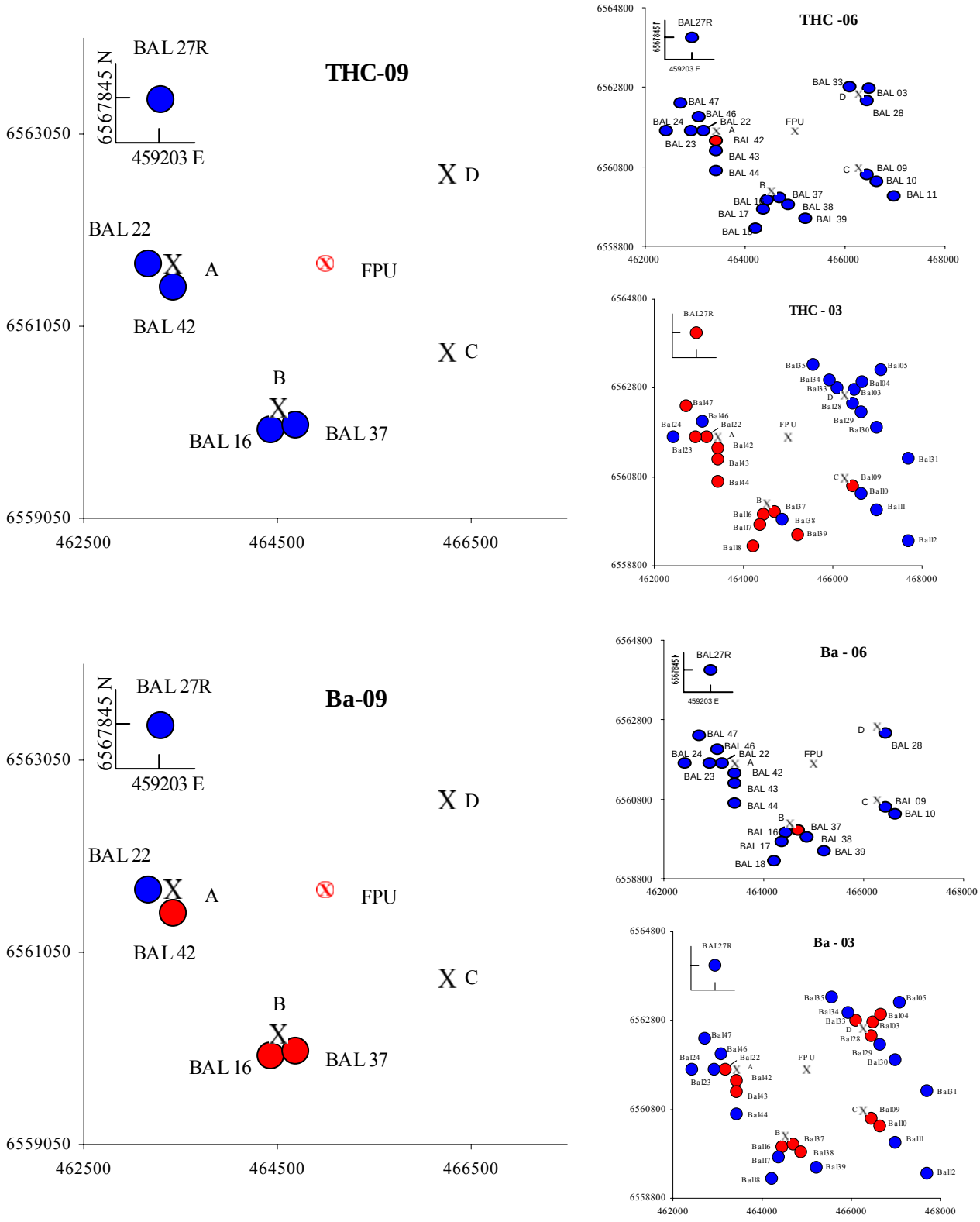


Figur 13.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablen vanndyp hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen reflekterer artssammensetningen som kan forklares av vanndyp (13,8 %), mens den andre aksen reflekterer den sterkeste gradienten i restvariasjonen (12,5 %).

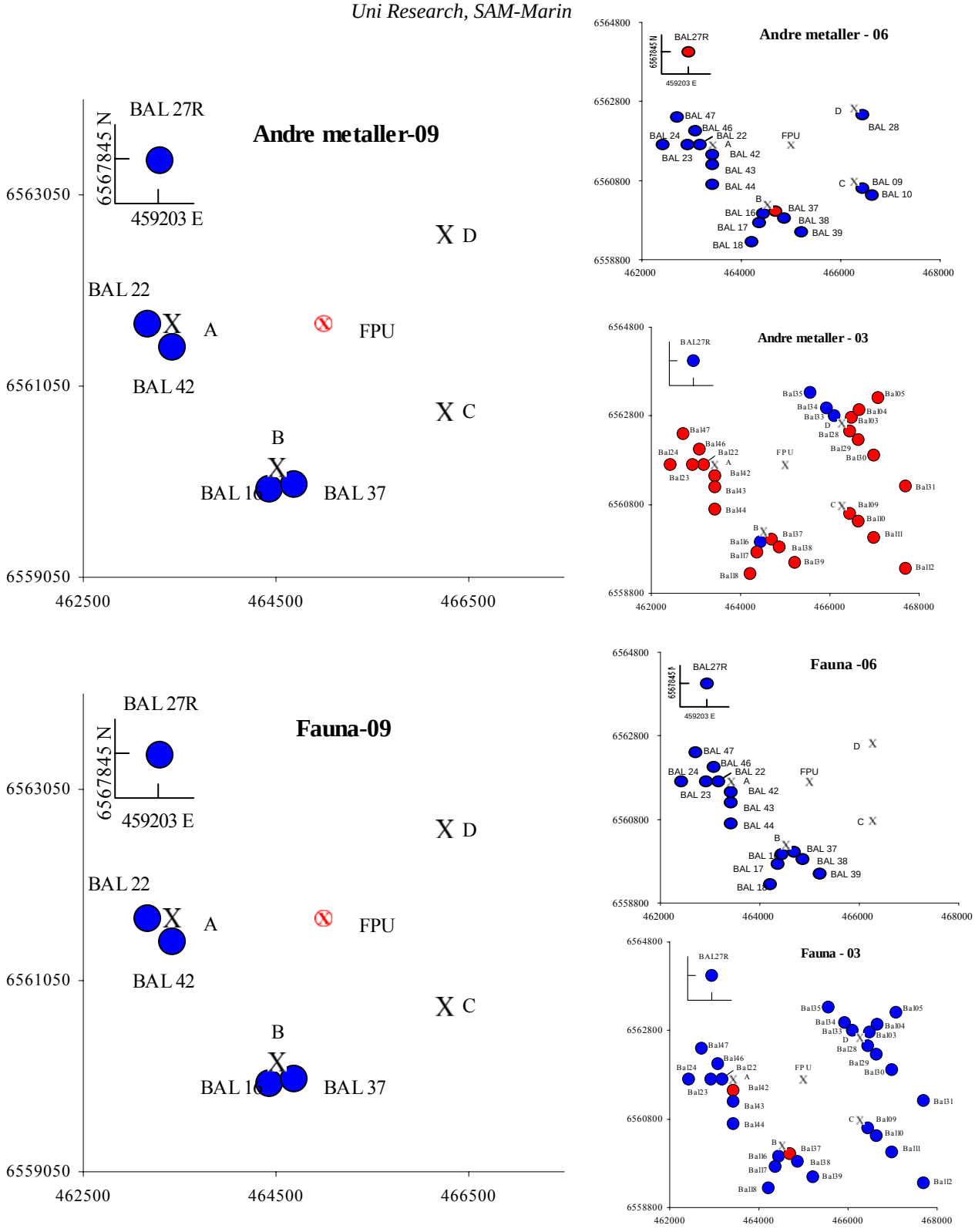
13.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 13.13 og Tabell 13.9. Tabell 13.9 inneholder også opplysninger om størrelsen på arealet som ble beregnet som påvirket.

I 2006 ble det påvist THC kontaminering 250 m sør for brønnramme A og metallkontaminering (kobber og barium) 250 m sørøst for brønnramme B. Det ble ikke påvist kontaminering av THC eller andre metaller ved Balder A og B i 2009. Begge stasjonene ved Balder B og en av stasjonene ved Balder A var kontaminert med barium i 2009. Verken i 2009 eller 2006, ble det påvist forstyrrelser i bunnfaunaen.



Figur 13.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom de tre samplingsårene.



Figur 13.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.

Tabell 13.9. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal (* minimumsareal) med påvirking rundt installasjonen fra 1997 til 2006.

Balder A	NV m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	0	0	0	0	0,00	0,25	0,79	0,25	0,29
Ba	0	0	250	0	0,03	0,00	0,10	0,12	0,49
Andre metall	0	0	0	0	0,00	0,00	1,57	0,00	0,15
Fauna	0	0	0	0	0,00	0,00	0,02	0,07	0,22

Balder B	N m	S m	SV m	V m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	0	0	0	0	0,00	0,00	1,57	0,07	0,55
Ba	0	250	250	0	0,05*	0,25	0,10	0,33	0,55
Andre metall	0	0	0	0	0,00	0,25	0,79	0,00	0,07
Fauna	0	0	0	0	0,00	0,00	0,02	0,07	0,11

Balder SUM	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC					0,00	0,25	2,38	0,54	1,09
Ba					0,08*	0,25	0,43	4,21	2,93
Andre metall					0,00	0,25	4,13	0,15	0,37
Fauna					0,00	0,00	0,04	0,37	0,48

13.3 Sammendrag og konklusjon

Det har ikke vært boring av brønner ved Balder siden 2001, og heller ingen store utslipp i de senere årene. Bunnsedimentet bestod som før hovedsakelig av fin sand med noe pelitt. Innholdet av TOM viste en svak økning i forhold til 2006. Bariumkontaminering ble påvist på tre stasjoner i 2009. Det var generelt lavere konsentrasjoner av THC og andre metaller i 2009 og ingen kontaminering ble påvist. Bunnfaunen var generelt blitt mer lik over hele feltet og det ble ikke påvist forstyrrelse hos bunnfauna i 2009 som i 2006. Arealberegningene med kontaminering av barium nådde ikke ut til rent sediment og må derfor forstås som et minimumsareal.

14. Ringhorne

14.1 Introduksjon

Ringhorne ligger i blokk 25/10 og produksjonen startet våren 2003. Grunnlagsundersøkelsen ble gjennomført samtidig med den regionale undersøkelsen i 2000 (Mannvik et al. 2001), og overvåkingsundersøkelser ble gjennomført i 2003 (Botnen et al. 2004) og 2006 (Botnen et al. 2007).

I 2003 ble det påvist økt mengde, og kontaminering av THC og barium på flere stasjoner. Kontaminering av sink ble påvist på to stasjoner i 500 m avstand mot henholdsvis nordvest og nordøst. Det ble ikke påvist forstyrrelse av bunnfauna. I 2006 var konsentrasjonen av THC og metaller lavere eller lik som i 2003 og bunnforholdene var uforstyrret.

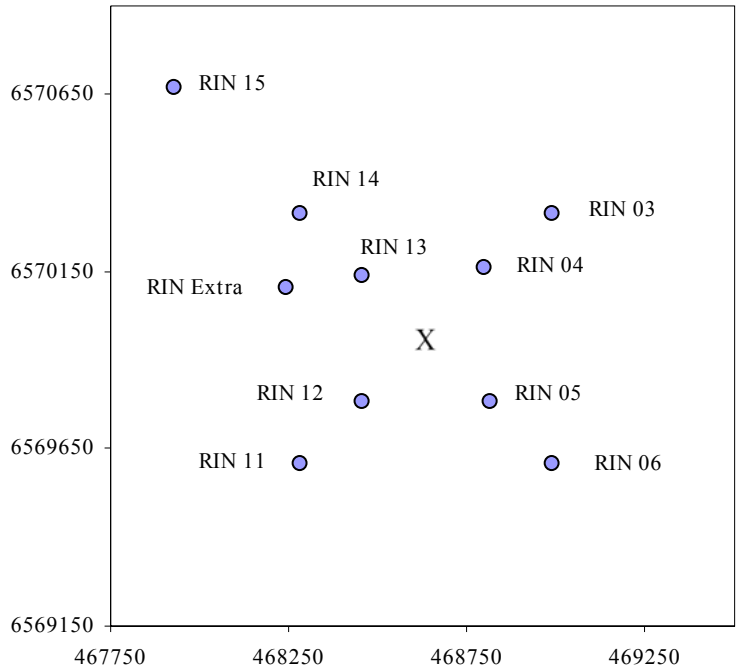
Siden forrige overvåkingsundersøkelse har det vært gjennomført boring ved Ringhorne i 2007. Utslipps- og borehistorikken på Ringhorne vises i Tabell 14.1. I Figur 14.1 vises prøvetakings-stasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Ved stasjonen RH-EKSTRA lekker det ut olje fra sjøbunnen og det ble i 2006 målt et svært høyt THC-innhold i sedimentet. I 2009 gjennomføres en full undersøkelse ved stasjonen.

Tabell 14.1. Boring og utslipp ved Ringhorne mellom 2002 og 2009.

	2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	1	8	8	9	0	2	0	0
Baritt, (tonn)	725	155	132	292	0	179	0	0
Borekaks, (tonn)	160	4347	2779	6604	0	1259	0	0
Oljebasert boreslam (tonn)	0	0	0	0	0	0	0	0
Sybtetisk basert boreslam (tonn)	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, (tonn)	1667	14041	8519	12808	0	3331	0	0
Sementeringskjemikalier, (tonn)	45	320	85,7	72,5	0	11	0	0
Kompletteringskjemikalier, (tonn)	18	447	23,9	0	0	0,085	0	0
Olje i produsert vann, (tonn)	0	0	0	0	0	NA	0	0
Andre utslipp, m³	0,06	0	0,304	0,025	0	NA	0	0

NA: 100% injeksjon av vann



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
RIN-03	468990	6570314	500/45	130
RIN-04	468800	6570160	259/38	130
RIN-05	468813	6569783	250/135	130
RIN-06	468990	6569606	500/135	130
RIN-11	468282	6569606	500/225	130
RIN-12	468459	6569783	250/225	130
RIN-13	468459	6570137	250/315	130
RIN-14	468282	6570314	500/315	130
RIN-15	467929	6570667	1000/315	130
RIN-Ekstra	468245,5	6570106,7	420/290	130

Figur 14.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Ringhorne i forhold til feltsenteret (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

14.2 Resultater

14.2.1. Sedimentbeskrivelse

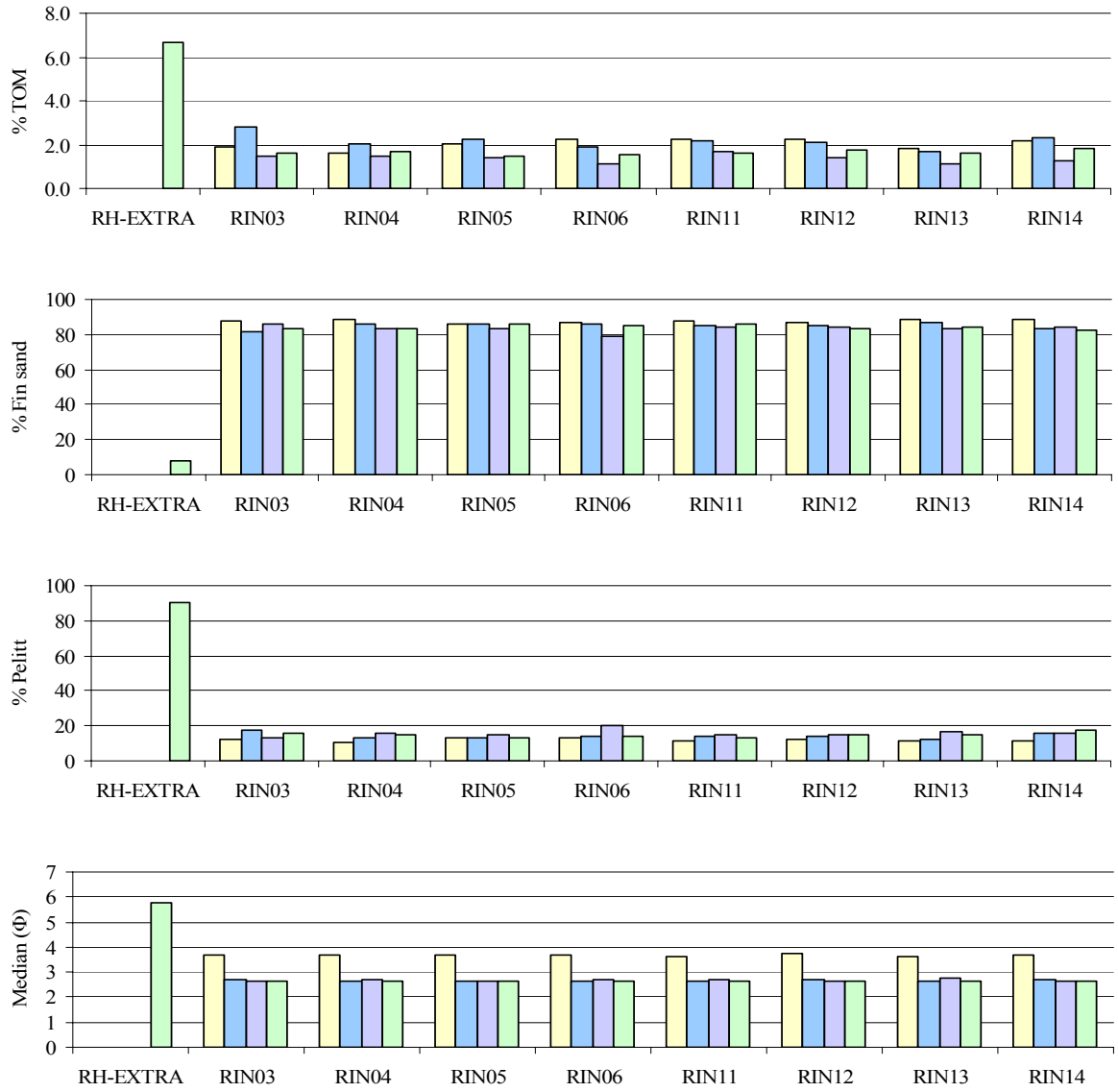
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 14.2. I Figur 14.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Ringhorne hadde et TOM-innhold fra 1,44 % til 6,67 %. Sandinnholdet varierte fra 9,9 % til 86,8 % og pelittinnholdet varierte mellom 13,2 % og 90,1 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,63 og 5,78. RIN-EKSTRA skiller seg ut med høy andel TOM og pelitt og lav andel fin sand. I tillegg er medianen høy, og skewness og kurtosis lav. Det var ingen større endringer i kornfordelingen sammenlignet med 2006 (Figur 14.2).

Tabell 14.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Ringhorne i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet og for den sentrale subregionen, som Ringhorne tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
RIN-EKSTRA	**6,67**	0,00	**9,90**	**90,10**	**5,78**	**1,45**	**-0,06**	**0,85**
RIN-03	1,59	0,00	83,83	16,17	2,65	1,17	0,63	**2,91**
RIN-04	1,69	0,07	84,61	15,32	2,66	1,13	0,60	2,80
RIN-05	**1,44**	0,00	86,55	13,45	2,63	**1,03**	0,57	2,89
RIN-06	1,53	0,04	85,57	14,39	2,63	1,08	0,60	2,91
RIN-11	1,59	0,00	**86,78**	**13,22**	2,64	1,04	0,57	2,82
RIN-12	1,73	**1,10**	83,83	15,08	2,64	1,12	0,60	2,87
RIN-13	1,59	0,03	85,11	14,86	2,64	1,11	0,60	2,89
RIN-14	1,83	0,00	82,88	17,12	2,67	1,24	**0,65**	2,73
snitt[1]	2,18	0,14	76,56	23,30	2,99	1,15	0,53	2,63
sd[1]	1,69	0,36	25,03	25,08	1,05	0,13	0,22	0,67
min[1]	1,44	0,00	9,90	13,22	2,63	1,03	-0,06	0,85
maks[1]	6,67	1,10	86,78	90,10	5,78	1,45	0,65	2,91
snitt[2]	2,49	0,19	72,35	27,46	3,17	1,17	0,49	2,51
sd[2]	2,05	0,44	30,62	30,71	1,28	0,15	0,27	0,82
min[2]	1,53	0,00	9,90	13,22	2,63	1,04	-0,06	0,85
maks[2]	6,67	1,10	86,78	90,10	5,78	1,45	0,65	2,91

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 14.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Ringhorne i 2000, 2003, 2006 og 2009.

14.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Ringhorne i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Ringhorne benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

14.2.3. Oljehydrokarboner

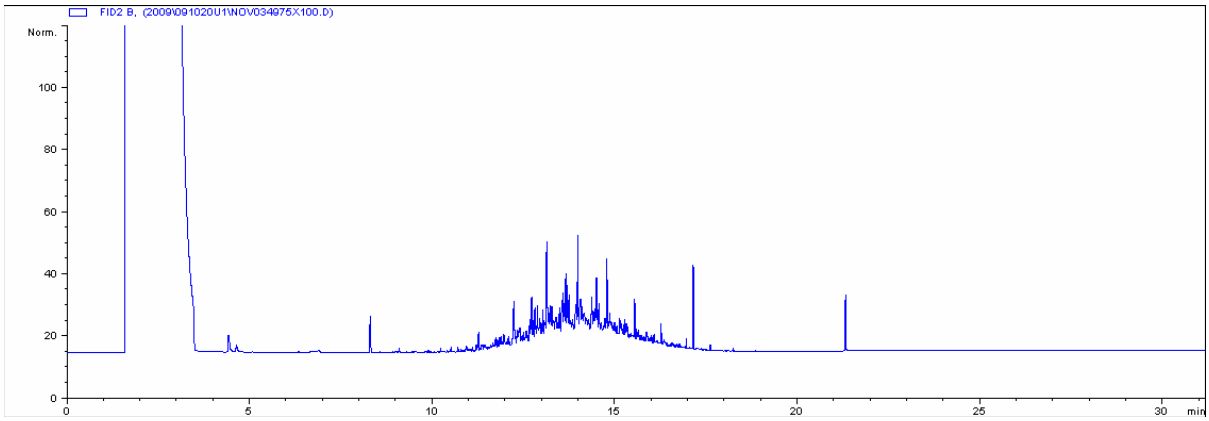
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 14.4. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 14.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. Figur 14.3 viser kromatogram fra GC/FID, som ligger til grunn for beregning av THC-innholdet i den første prøven fra RIN-Ekstra. I Figur 14.4 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 14.5 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

Det ble i 2009 ikke funnet konsentrasjoner av THC over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Konsentrasjonene var noe forhøyet på RIN03/12/14/15, men ellers var det en nedadgående trend (Figur 14.3). Ved RIN-Ekstra ble det målt THC- konsentrasjoner i snitt på 6767 mg/kg tørt sediment noe som er en økning på ca 1500 mg/kg siden 2006 da et svart, seigt oljeholdig toppsjikt i sedimentet ble observert (Tabell 14.4). På stasjon RIN-Ekstra hvor olje hadde trengt ut til sjøbunnen, var det fortsatt mye olje i prøvene og utstyret måtte vaskes med RSB/Aceton etter prøvetakingen (se kromatogram i figur 14.3).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet i 2009, ble det påvist THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{sentrale 96-09}}$ for RIN05 i sjikt 1-3cm (Tabell 14.3). I 2006 var alle dybdeintervall under kontamineringsgrensen, mens det i 2003 var over LSC Subregion $_{\text{sentrale 96-03}}$ i begge de to øverste intervallene på RIN05.

Tabell 14.3. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på RIN05 og RIN06 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdien var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.for sjikt 1-3cm på RIN05.

Sjikt	RIN05	RIN06
(0-1cm)	3,6	<1,0
(1-3cm)	15	<1,0
(3-6cm)	9	6,5

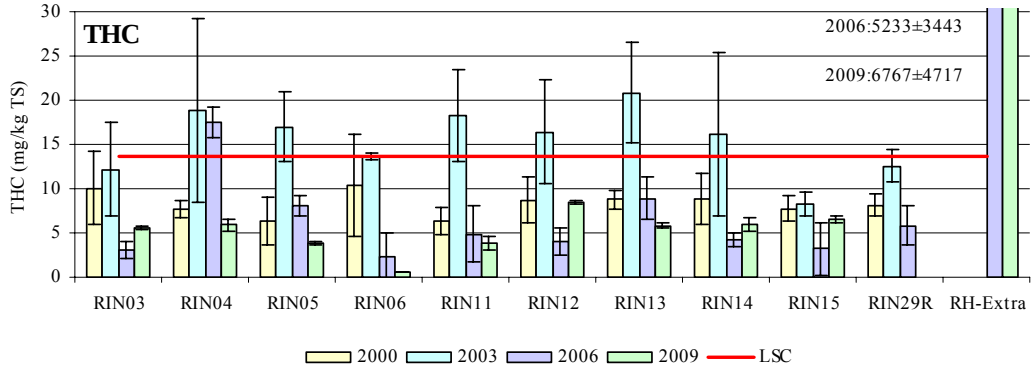


Figur 14.3. Kromatogram som viser THC-innhold på stasjon RIN-Ekstra (1. hugg).

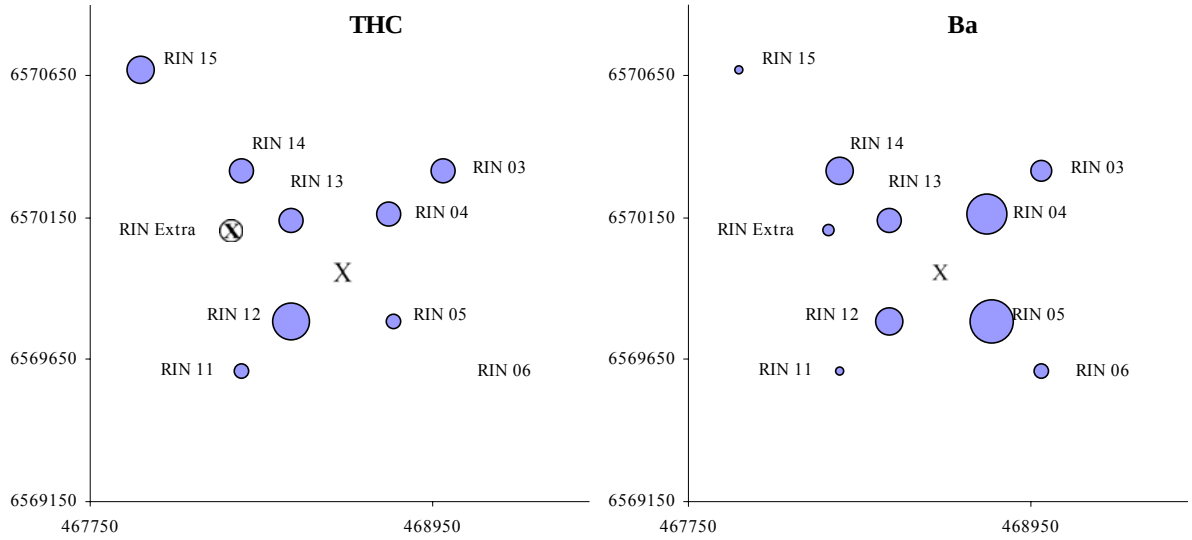
Tabell 14.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Ringhorne i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er skyggelagt. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
RIN03	5,6	0,2	i,a,	-	i.a.	-
RIN04	5,9	0,7	i,a,	-	i.a.	-
RIN05	3,8	0,2	**0,068**	0,004	**0,021**	0,006
RIN06	**0,5**	0,0	**0,047**	0,003	**0,011**	0,000
RIN11	3,8	0,8	i,a,	-	i.a.	-
RIN12	**8,5**	0,2	i,a,	-	i.a.	-
RIN13	5,8	0,3	i,a,	-	i.a.	-
RIN14	6,0	0,8	i,a,	-	i.a.	-
RIN15	6,5	0,4	i,a,	-	i.a.	-
RH Ekstra	6766,7	4717,3	1,295	1,295	11,451	0,885
snitt±sd[1]	5,2±2,2		0,0573±0,015		0,016±0,008	
min-maks[1]	0,5-8,5		0,047-0,068		0,011-0,021	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogram for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen RH Ekstra er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 14.4. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Ringhorne frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

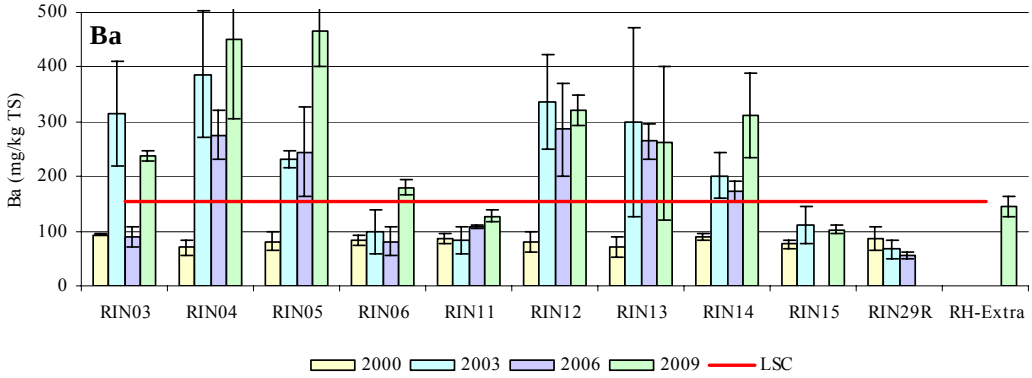


Figur 14.5. Relativ konsentrasjon av THC og barium (Ba) i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Ringhorne i 2009. Innholdet av THC på RH Ekstra var så høyt i forhold til de andre stasjonene at det er utelatt fra figuren, stasjonen er merket med Ⓧ. Feltsenteret er markert med x.

14.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 14.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 14.6 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 14.5 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 14.7 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på alle stasjoner bortsett fra RIN11/15 og for RIN04/05/14 er dette den høyeste konsentrasjonen i tidsserien (Tabell 14.6 og Figur 14.5). Også flere andre metaller og stasjoner (Pb: RIN05; Cd: RIN04/05; Cu: alle st. bortsett fra RIN11/15 og Zn: Alle stasjoner bortsett fra RIN15) hadde verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ og de fleste var også de høyeste i tidsserien (Tabell 14.5 og Figur 14.7). For Cr er konsentrasjonen under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ for alle stasjoner, men verdiene har generelt sett økt siden 2006 (Figur 14.7).

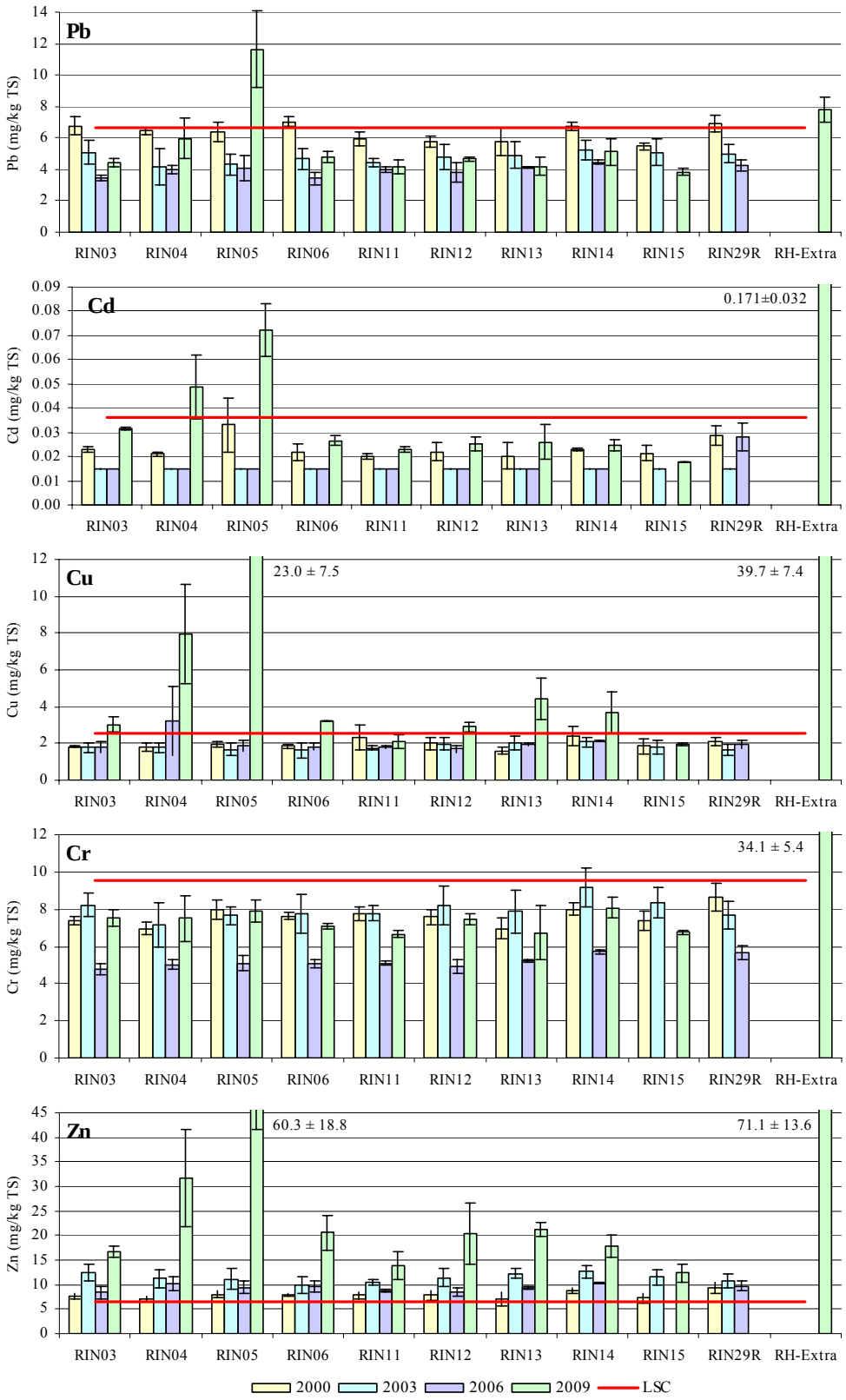


Figur 14.6. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Ringhorne i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

Tabell 14.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Ringhorne i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
RIN03	238,0	9,5	4,4	0,3	0,031	0,001	3,0	0,4	7,5	0,5	i.a.	-	16,6	1,1
RIN04	450,0	143,1	6,0	1,3	0,049	0,013	8,0	2,7	7,5	1,2	i.a.	-	31,7	9,9
RIN05	464,7	64,1	11,6	2,5	0,072	0,011	23,0	7,5	7,9	0,6	0,009	0,001	60,3	18,8
RIN06	180,5	13,4	4,8	0,4	0,027	0,002	3,2	0,0	7,1	0,1	0,009	0,001	20,6	3,6
RIN11	128,0	11,5	4,1	0,5	0,023	0,001	2,1	0,3	6,7	0,2	i.a.	-	13,9	2,9
RIN12	320,7	28,4	4,7	0,2	0,025	0,003	2,9	0,3	7,5	0,3	i.a.	-	20,4	6,2
RIN13	261,0	141,0	4,2	0,6	0,026	0,007	4,4	1,1	6,7	1,5	i.a.	-	21,2	1,3
RIN14	312,3	76,6	5,1	0,8	0,025	0,002	3,7	1,1	8,1	0,6	i.a.	-	17,7	2,3
RIN15	102,8	8,1	3,8	0,2	0,018	0,000	2,0	0,1	6,8	0,1	i.a.	-	12,4	1,8
RIN-Ekstra	144,3	18,6	7,8	0,8	0,171	0,032	39,7	7,4	34,1	5,4	0,047	0,005	71,1	13,6
snitt±sd[1]	273,1±128,4		5,4±2,4		0,033±0,017		5,8±6,7		7,3±0,5				23,9±14,8	
min-maks[1]	102,8-464,7		3,8-11,6		0,018-0,072		2,0-23,0		6,7-8,1				12,4-60,3	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogram for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen RIN-Ekstra er utelatt
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 14.7. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Ringhorne i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. På stasjoner hvor kadmium ikke ble detektert viser søylen halve deteksjonsgrensen.

14.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 14.6. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble henholdsvis 5706 og 1555 juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Ringhorne i 2009.

Totalt ble 12070 individer fordelt på 351 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 60 % av alle individ og 44 % av alle taksa.

Tabell 14.6. Antall individ i prøvene fra Ringhorne i 2009 fordelt på noe taksonomiske grupper. Prøvene fra RH Ekstra er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Taksonomiske grupper	Ant. individer	%	Ant. taksa	%
Annelida	7199	60	153	44
Arthropoda	900	7	91	26
Mollusca	2362	20	69	20
Echinodermata	598	5	14	4
Diverse grupper	1012	8	24	7
Total	12071	100	351	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Ringhorne i 2006 vises i Figur 14.10. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 14.8 og Figur 14.8.

Antall individ varierte mellom 1042 og 2022, og antall taksa varierte mellom 17 og 149. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 0,98 og 5,47, og ES_{100} varierte mellom 4,38 og 42,52. Jevnheten varierte mellom 0,24 og 0,76.

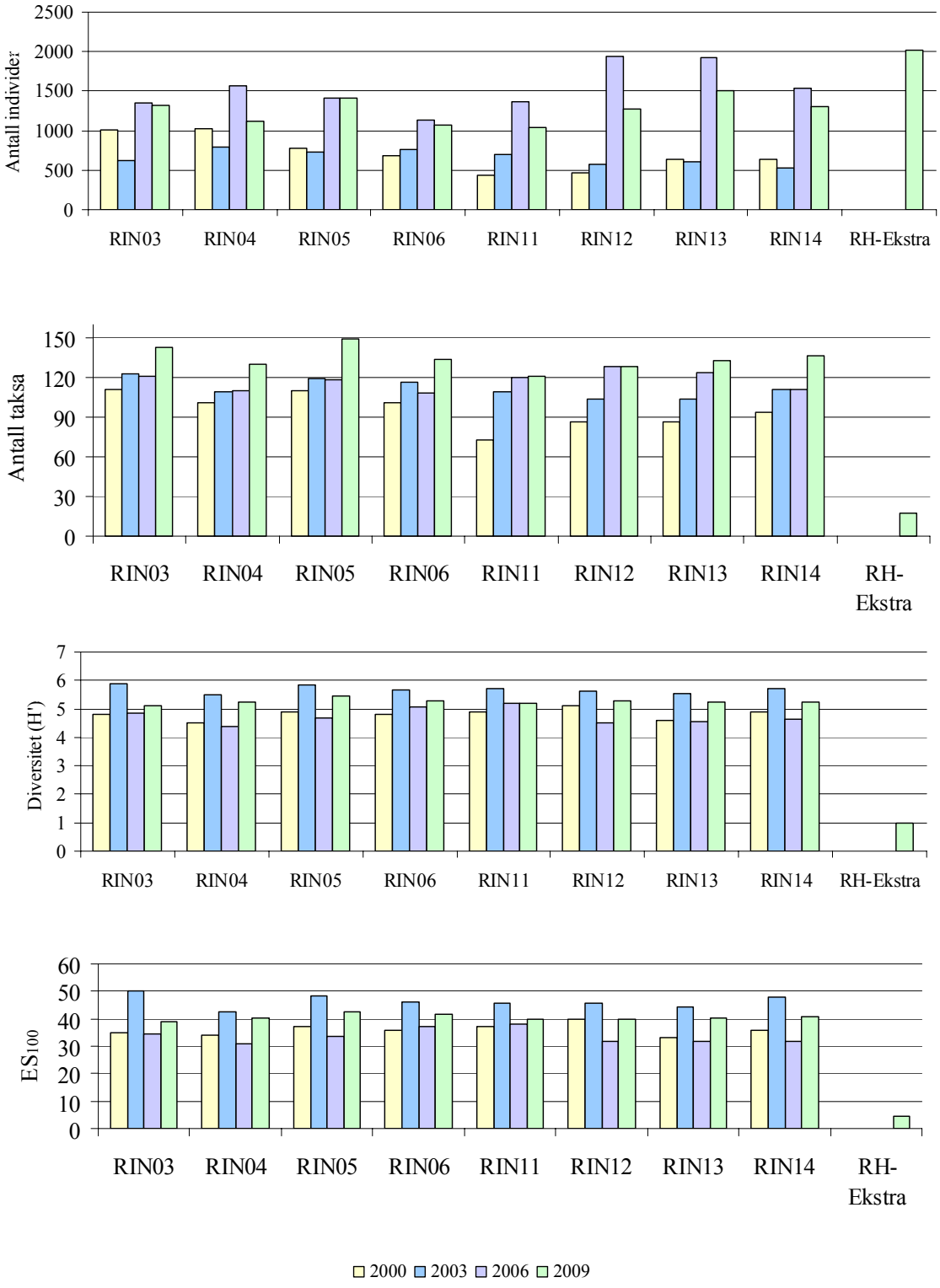
Individtallet var lavere ved alle årets stasjoner sammenlignet med 2006, mens antall arter var høyere eller uendret (Figur 14.8). Dette resulterte i en høyere diversitetesindeks i årets prøver. Stasjonen RIN-Ekstra skilte seg ut med et høyt individtall, lavt antsantall og lav artsdiversitet, sammenlignet med de andre stasjonene.

Som i 2006 dominerte børstemarken *Paramphinome jeffreysii* ved årets stasjoner. *Cerianthus lloydii* var også dominerende i 2006, mens den i år fantes i mye mindre antall. Resultatene viser et godt miljø ved Ringhorne. Unntaket var stasjonen RIN-Ekstra, hvor miljøforholdene ikke hadde bedret seg nevneverdig siden de ble rapportert i 2006. Ved denne stasjonen var børstemarken *Capitella capitata* sterkt dominerende med 1637 individer, tilsvarende 81 % av alle individer på stasjonen. Arten brukes som en indikator for organisk belastning.

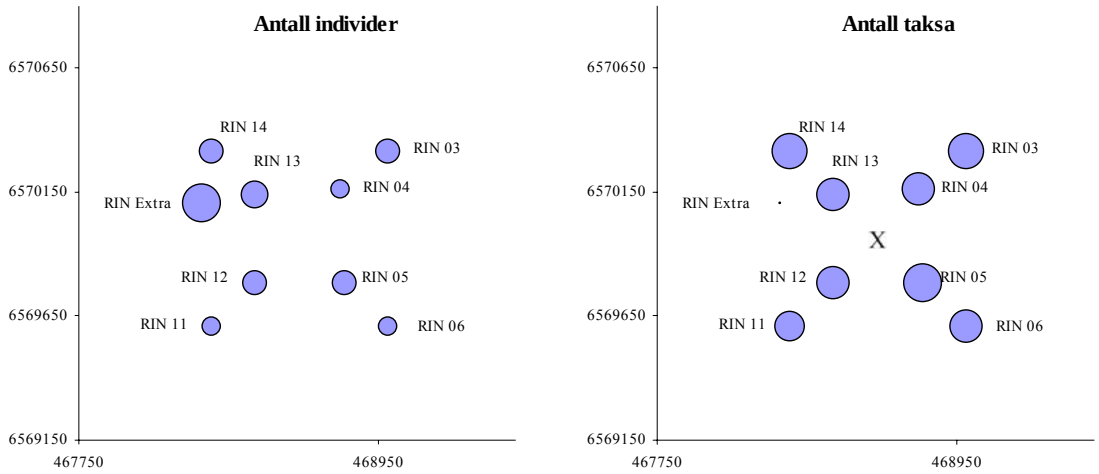
Tabell 14.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Ringhorne i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES_{100}
RIN-03	1324	143	5,13	0,72	7,16	38,80
RIN-04	1111	130	5,23	0,74	7,02	40,13
RIN-05	1406	**149**	**5,47**	**0,76**	**7,22**	**42,52**
RIN-06	1078	134	5,30	0,75	7,07	41,63
RIN-11	**1042**	121	5,21	0,75	6,92	39,68
RIN-12	1278	128	5,29	**0,76**	7,00	40,00
RIN-13	1508	133	5,22	0,74	7,06	40,42
RIN-14	1302	136	5,24	0,74	7,09	40,83
RIN-Ekstra	**2022**	**17**	**0,98**	**0,24**	**4,09**	**4,38**
Snitt[1]	1341	121	4,78	0,69	6,74	36,49
sd[1]	299	40	1,43	0,17	1,00	12,09
min[1]	1042	17	0,98	0,24	4,09	4,38
maks[1]	2022	149	5,47	0,76	7,22	42,52
snitt[2]	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd[2]	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min[2]	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks[2]	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 14.8. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) å stasjonene ved Ringhorne fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². I figuren er juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida utelatt i 2006 og 2009.



Figur 14.9. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Ringhorne i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 14.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Ringhorne i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

RIN-03-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	305	23.0	23.0
Thyasira equalis	96	7.3	30.3
Myriochele oculata	89	6.7	37.0
PHORONIDA indet.	79	6.0	43.0
Axinulus croulinensis	70	5.3	48.3
Eclysippe vanelli	51	3.9	52.1
Amphiura chiajei	39	2.9	55.1
Glycera lapidum	30	2.3	57.3
Spiophanes kroeyeri	27	2.0	59.4
Diplocirrus glaucus	26	2.0	61.3

RIN-04-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	222	20.0	20.0
Thyasira equalis	95	8.6	28.5
Myriochele oculata	81	7.3	35.8
Axinulus croulinensis	61	5.5	41.3
PHORONIDA indet.	55	5.0	46.3
Diplocirrus glaucus	40	3.6	49.9
Eclysippe vanelli	33	3.0	52.8
Cerianthus lloydii	28	2.5	55.4
NEMERTINI indet.	24	2.2	57.5
Laonice sarsi	21	1.9	59.4

RIN-05-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	218	15.5	15.5
Myriochele oculata	141	10.0	25.5
Axinulus croulinensis	95	6.8	32.3
PHORONIDA indet.	92	6.5	38.8
Thyasira equalis	48	3.4	42.2
Diplocirrus glaucus	44	3.1	45.4
Ophiura affinis	36	2.6	47.9
NEMERTINI indet.	33	2.3	50.3
Eclysippe vanelli	31	2.2	52.5
Timoclea ovata	30	2.1	54.6

RIN-06-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	224	20.8	20.8
Myriochele oculata	78	7.2	28.0
Axinulus croulinensis	76	7.1	35.1
PHORONIDA indet.	64	5.9	41.0
Thyasira equalis	51	4.7	45.7
Diplocirrus glaucus	35	3.2	49.0
Mendicula ferruginosa	25	2.3	51.3
Ophiura affinis	24	2.2	53.5
NEMERTINI indet.	22	2.0	55.6
Amphiura chiajei	22	2.0	57.6

Tabell 14.8. fortsetter

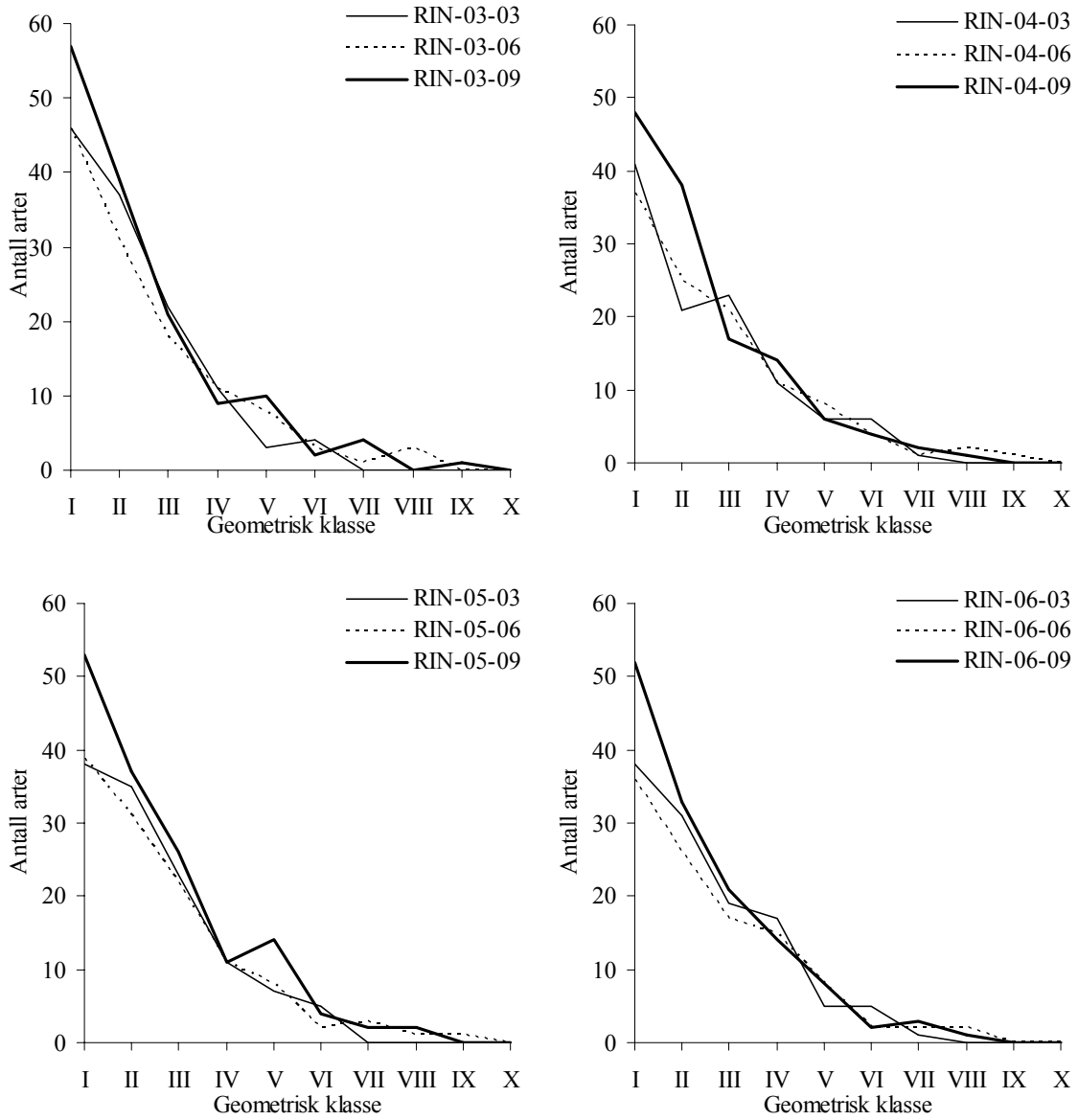
RIN-11-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	200	19.2	19.2
Myriochele oculata	76	7.3	26.5
PHORONIDA indet.	74	7.1	33.6
Axinulus croulinensis	67	6.4	40.0
Thyasira equalis	66	6.3	46.4
NEMERTINI indet.	47	4.5	50.9
Ophiura affinis	28	2.7	53.6
Diplocirrus glaucus	24	2.3	55.9
Amphiura filiformis	21	2.0	57.9
Aricidea catherinae	19	1.8	59.7

RIN-12-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	227	17.8	17.8
Axinulus croulinensis	111	8.7	26.4
PHORONIDA indet.	80	6.3	32.7
Myriochele oculata	77	6.0	38.7
Thyasira equalis	62	4.9	43.6
Eclysippe vanelli	44	3.4	47.0
Glycera lapidum	34	2.7	49.7
Cerianthus lloydii	31	2.4	52.1
Ophiura affinis	31	2.4	54.5
Mendicula ferruginosa	29	2.3	56.8

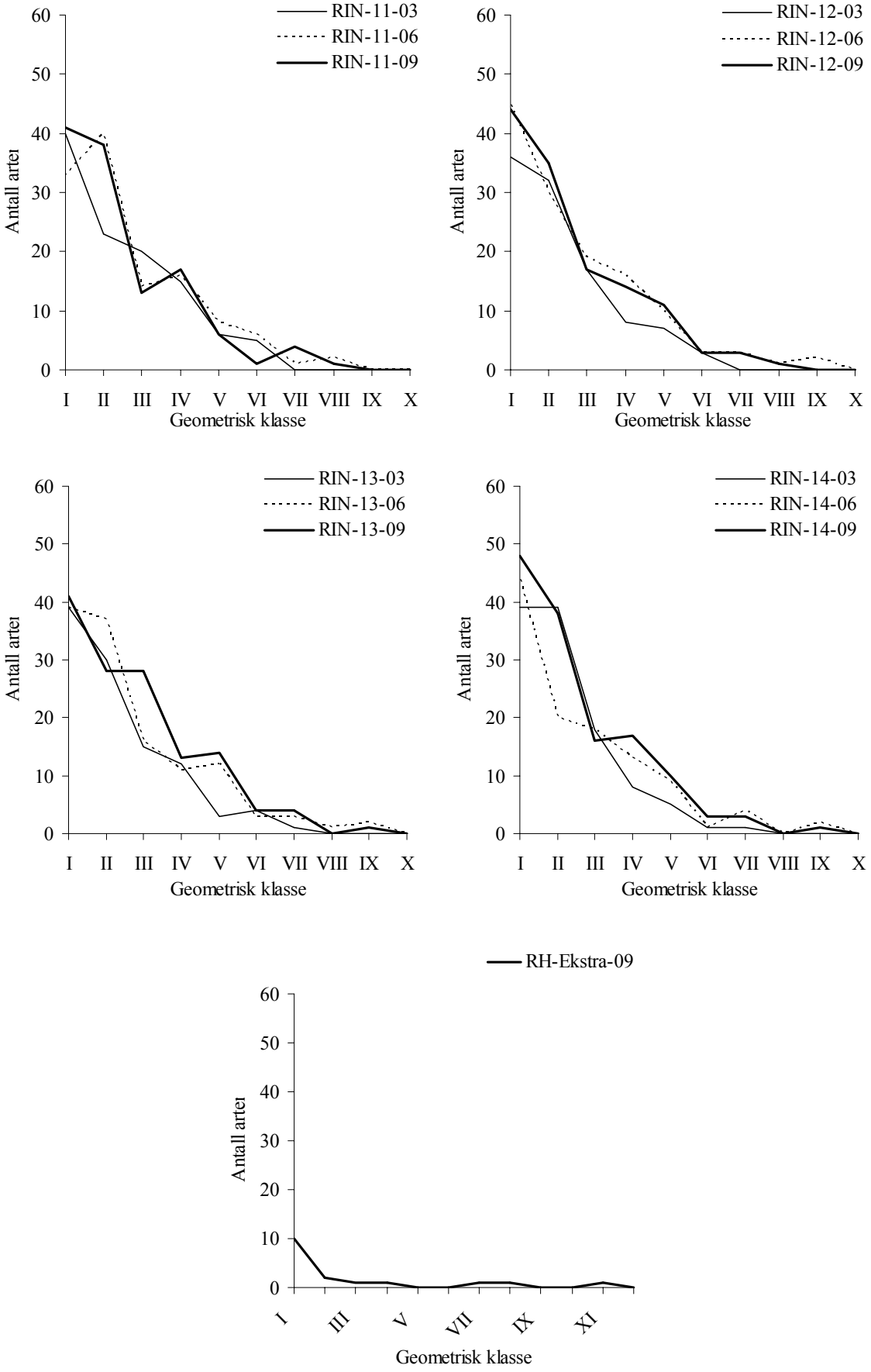
RIN-13-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	341	22.6	22.6
Axinulus croulinensis	105	7.0	29.6
Thyasira equalis	96	6.4	35.9
Myriochele oculata	72	4.8	40.7
Eclysippe vanelli	66	4.4	45.1
PHORONIDA indet.	54	3.6	48.7
NEMERTINI indet.	41	2.7	51.4
Diplocirrus glaucus	39	2.6	54.0
Mendicula ferruginosa	35	2.3	56.3
Lumbrineridae indet.	31	2.1	58.4

RIN-14-09	Ant. individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	284	21.8	21.8
Thyasira equalis	95	7.3	29.1
Axinulus croulinensis	91	7.0	36.1
PHORONIDA indet.	82	6.3	42.4
Myriochele oculata	52	4.0	46.4
NEMERTINI indet.	36	2.8	49.2
Eclysippe vanelli	34	2.6	51.8
Diplocirrus glaucus	28	2.2	53.9
Amphiura filiformis	23	1.8	55.7
Lumbrineridae indet.	22	1.7	57.4

RH-Ekstra-09	Ant. individer	%	Kum %
Capitella capitata	1637	81.0	81.0
Dodecaceria concharum	251	12.4	93.4
Thyasira sarsii	103	5.1	98.5
Cerianthus lloydii	11	0.5	99.0
Aporrhais spp.	5	0.2	99.3
Eteone longa	3	0.1	99.4
Diastyloides biplicata	2	0.1	99.5
PHORONIDA indet.	1	0.0	99.6
NEMERTINI indet.	1	0.0	99.6
Amphiura chiajei	1	0.0	99.7



Figur 14.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Ringhorne i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.



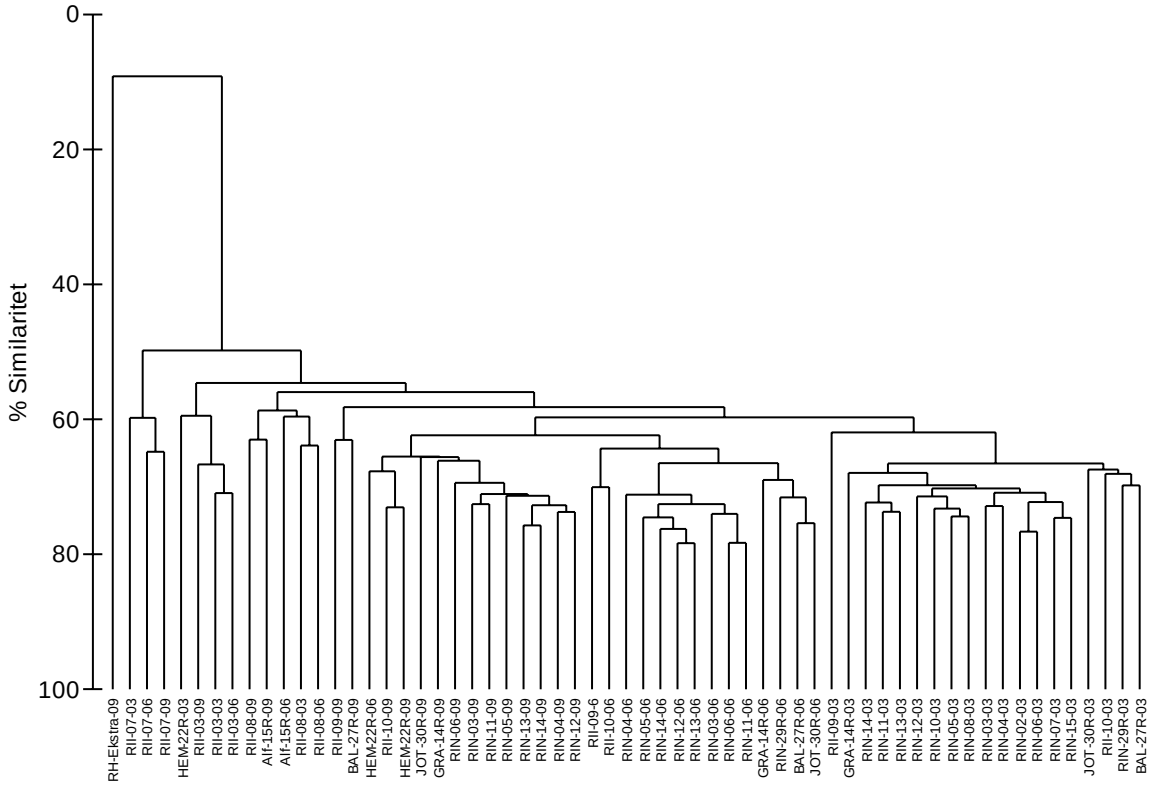
Figur 14.10. fortsetter

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 14.11. 2009-serien ved RIN 11 og RIN 13 er ujevn, noe som kan tyde på et mindre sundt bunnsamfunn. Likevel starter alle kurvene relativt høyt og indikerer dermed gode forhold. Grafen tilhørende RIN-Ekstra viser derimot svært dårlige forhold.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 14.11.

Cluster-analysen samlet Ringhornes stasjoner, inkludert de regionale stasjonene tilhørende den sentrale subregionen, innen en faunalikhet på om lag 69 %. Unntaket var RIN-Ekstra, med kun 9 % likhet med de resterende. Dette skyldes i stor grad den ekstreme dominansen av børstemarken *Capitella capitata*. Bortsett fra RIN-Ekstra, er bunnsamfunnet stabilt og relativt likt, og tyder på gode miljøforhold.

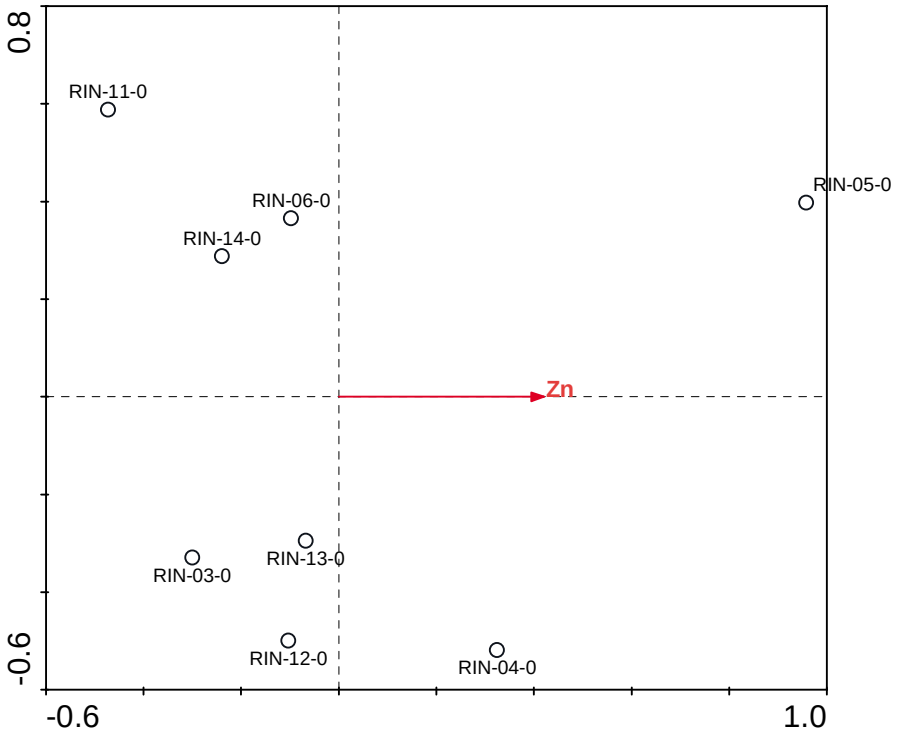
MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg).



Figur 14.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Ringhorne sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av CCA- og RDA-analyse. I analysene inngår data fra feltstasjoner i 2009 og fra tilhørende subregionale stasjoner og unntatt RIN Ekstra.

Forbehandlingen i CANOCO viste at det ene datasettet passet til en ikke-lineær analyse og det andre til en lineær analyse (graf 1: sd=3,8 og graf 2 sd= 1,04). CCA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at av de undersøkte miljøvariablene hadde pelitt og vanndyp signifikant sammenheng med bunnfauna. Ved å kjøre analysen uten RIN-Ekstra var det dypet som kom ut med signifikant påvirkning på bunnfaunaen (Se Vedlegg). RDA-analysen for feltstasjonene med Monte Carlo forward selections viste at av de undersøkte miljøvariablene hadde sink signifikant sammenheng med bunnfauna. (Figur 14.12).



Figur 14.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Av de målte miljøvariablene hadde vanndyp signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen forklarer 17,7 % mens den andre aksen forklarer 17,9 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra 2009 fra feltspesifikke stasjoner unntatt RIN Ekstra.

.

14.2.6 Beregning av påvirket areal

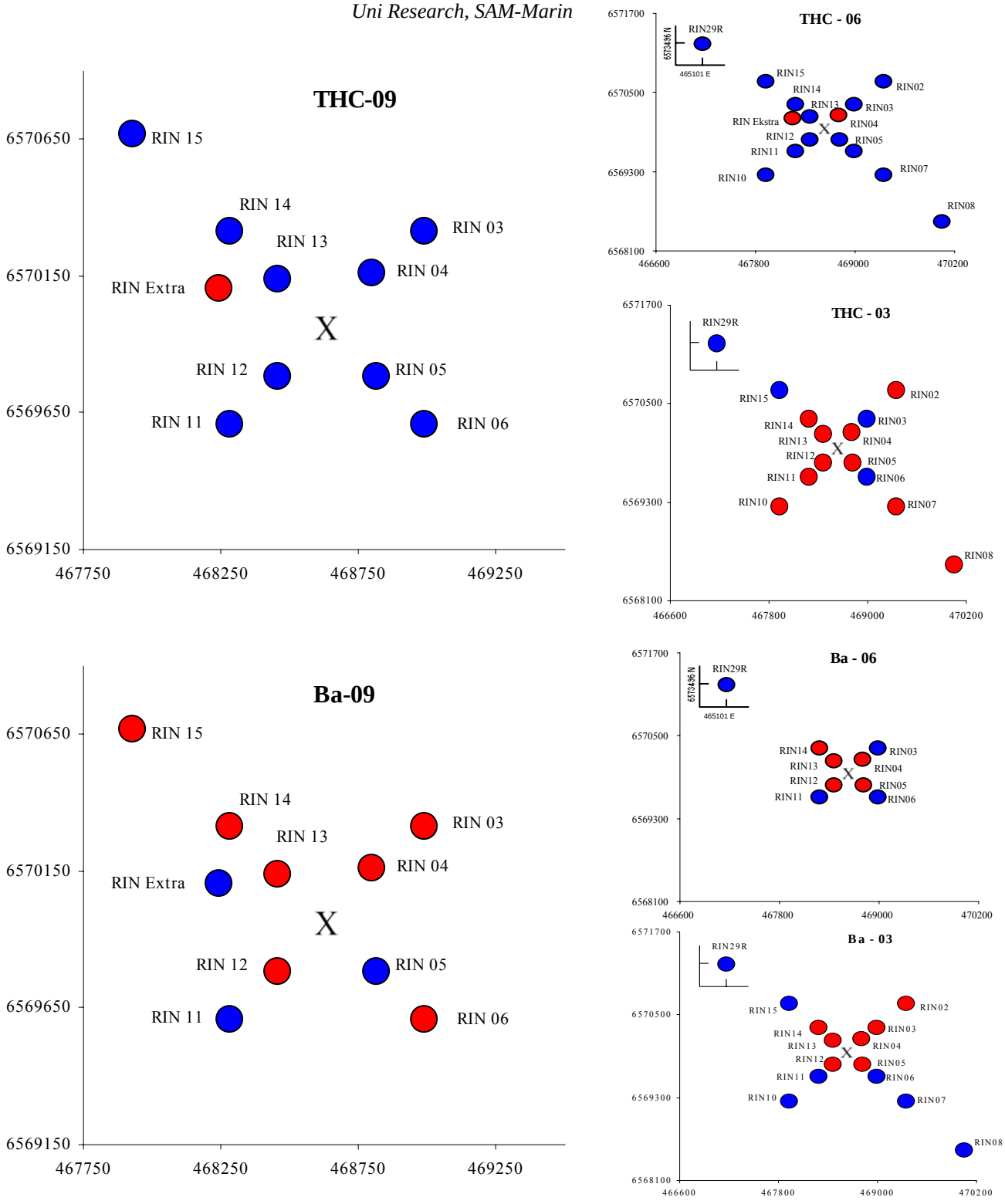
Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 14.13 og Tabell 14.9. Tabell 14.9 inneholder også opplysninger om størrelsen på arealet som ble beregnet som påvirket.

I 2006 var stasjonene som ligger 250 m fra feltsenteret samt stasjonen 500 m mot nordvest kontaminert med barium. I 2009 var det påvist bariumkontaminering 500 m mot nordøst, 250 m mot sørvest og 1000 m mot nordvest i tillegg til RIN06. THC kontaminering ble bare påvist 250 m mot nordøst i 2006 i tillegg til stasjonen RIN-Ekstra. I 2009 var det RIN-Ekstra. Som hadde THC-kontaminering. Andre metaller (Cu) var også kontaminert 250 m mot nordøst i 2006. I 2009 var alle stasjonene i avstand 500 m fra installasjonen kontaminert av andre metaller. Forstyrret bunnfauna ble ikke påvist verken i 2003, i 2006 eller 2009 rundt selve installasjonen. RIN-Ekstra hadde derimot forstyrret fauna i både 2006 og 2009 med anslått areal 0,05 km^2). Arealet med kontaminerte sediment med barium og andre metaller økte fra 2006 til 2009 (Tabell 14.9).

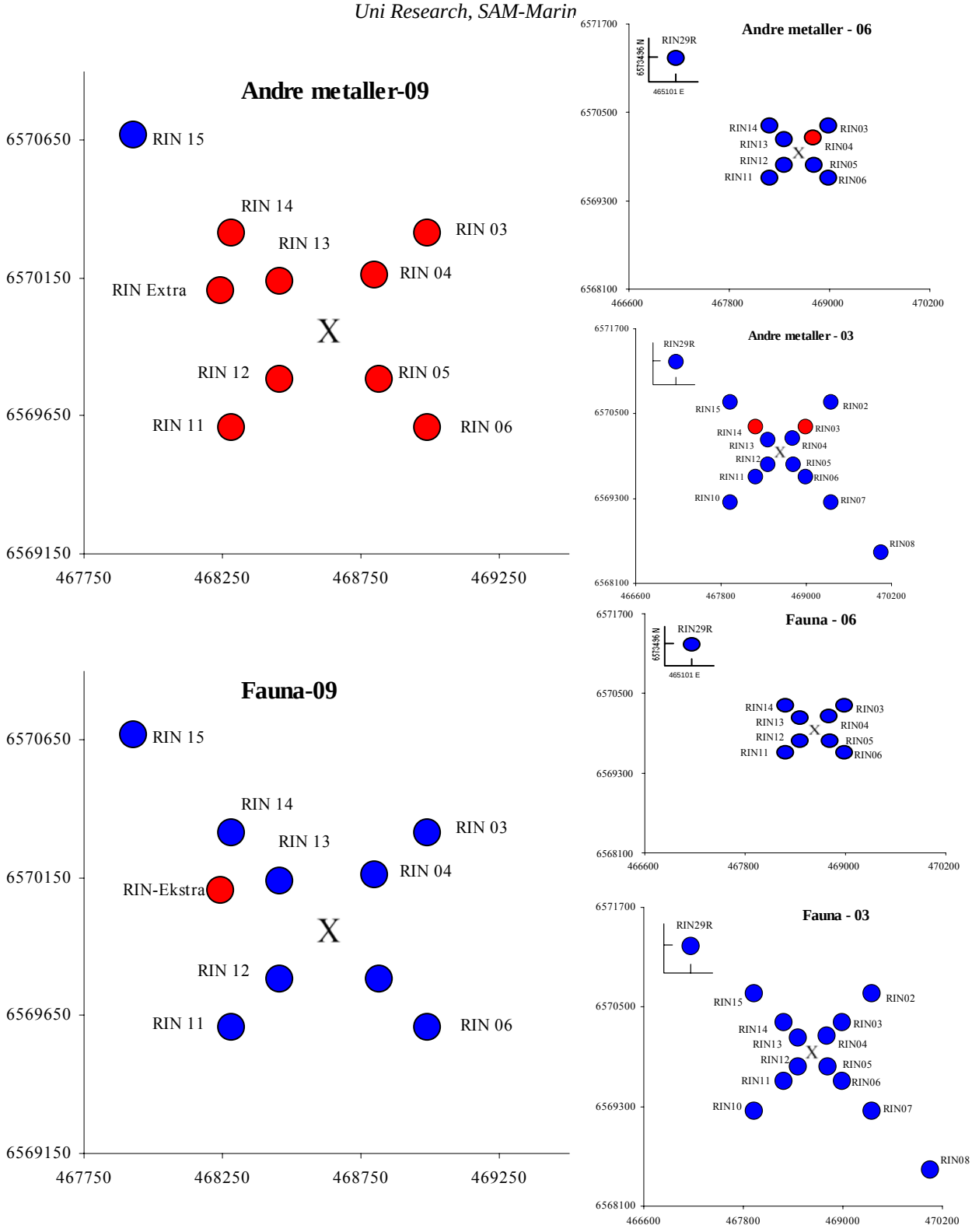
Tabell 14.11. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen fra 2000 til 2009.

Ringhorne	NØ m	SØ m	SV m	NV m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²
THC	0	0	0	0	0,00*	0,03	3,93	0,00
Ba	1000	500	250	0	0,49	0,30	0,74	0,00
Andre metall	500	500	500	500	0,79	0,03	0,00	0,00
Fauna	0	0	0	0	0,00*	0,00	0,00	0,00

* arealet er uten RIN-Ekstra (sirkulær modell for RIN-Ekstra med diameter 500 m gir 0,05 km^2).



Figur 14.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.



Figur 14.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.

14.3 Sammendrag og konklusjon

Siden forrige overvåkingsundersøkelse i 2006 har det vært gjennomført boring av 2 brønner ved Ringhorne i 2007. Bunnsedimentet består fortsatt av ca 80 % fin sand og ca 2 % TOM, mens det på RIN-Ekstra var det 90 % pelitt og 7 % TOM. Det ble funnet THC-konsentrasjoner over LSC på RIN-Ekstra. Arealet for kontaminering av barium og andre metaller økte fra 2006 til 2009. Flere av transektene nådde imidlertid ikke ut til ukontaminert sediment. Det var en nedgang i individantallet fra 2006 til 2009 på de fleste stasjonene, mens artsantallet og diversiteten viste en svak økning. Disse stasjonene ble dominert av børstemarken *Paramphinome jeffreysii* som i 2003 og 2006. Bunnfaunen var generelt like lik over hele feltet i 2009 som i 2006, med unntak av RIN-Ekstra. På RIN-Ekstra var diversiteten lav og individantallet høyt og denne stasjonen ble dominert av børstemarken *Capitella capitata*, med 81 %. Bortsett fra denne ene stasjonen, viste resultatene at det var gode miljøforhold ved Ringhorne i 2009 og at bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret.

15. Jotun

15.1 Introduksjon

Jotun ligger i blokk 25/7 og 25/8. Feltet er utbygget med FPSO Jotun A (Floating, Production, Storage & Offloading unit) og Jotun B (well head platform). Produksjonen på feltet startet i oktober 1999. Grunnlagsundersøkelse av feltet ble gjennomført i 1996, og det har seinere vært overvåkingsundersøkelser i 2000 (Mannvik & al. 2001), i 2003 (Botnen & al. 2004) og i 2006 (Botnen & al. 2007).

Feltsenteret på Jotun ble flyttet om lag 400 m mot nordvest mellom 1996 og 2000, og prøvetakingsstasjonene ble flyttet tilsvarende.

I 2003 ble det påvist kontaminering av THC og metaller (barium, sink og krom) på flere av de undersøkte stasjonene, men ingen forstyrrelse av bunnfauna. Nivåene av THC og metaller var lavere eller uforandret i 2006 og bunnfaunaen var fortsatt uforstyrret.

Siden 2006 er det boret 3 brønner på Jotun. Utslippshistorikken på Jotun vises i Tabell 15.1, og i Figur 15.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

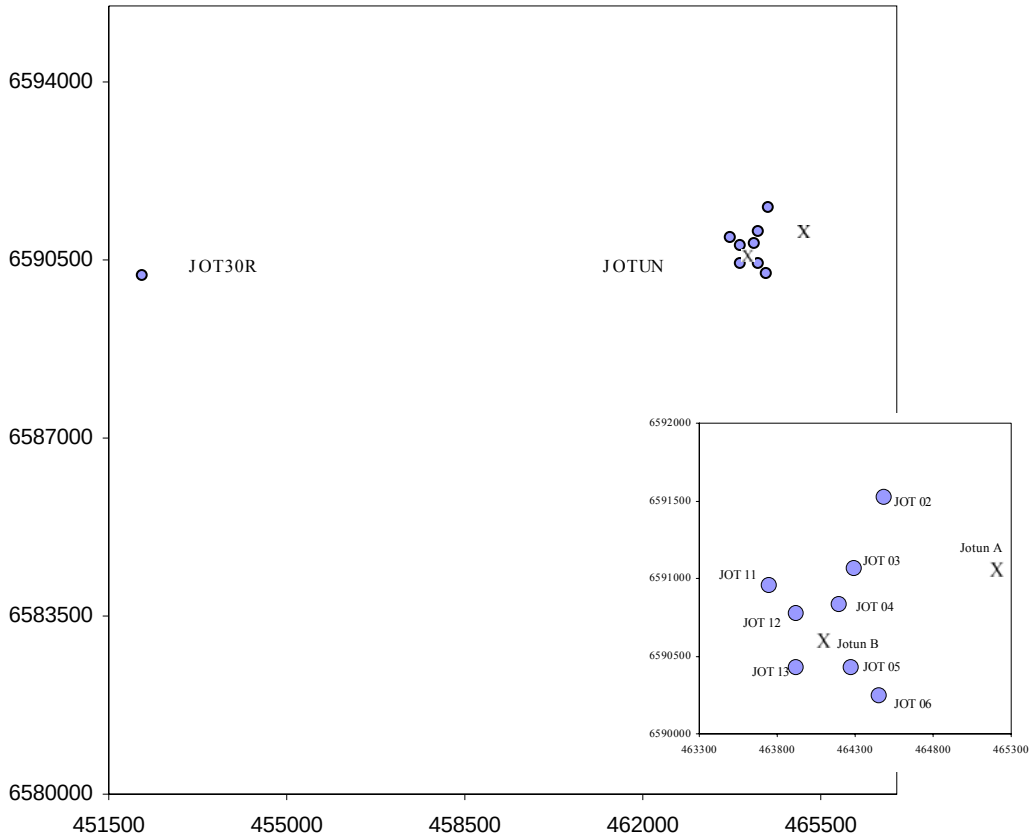
Tabell 15.1. Boring og utslipp fra Jotun mellom 2002 og mai 2009.

Jotun B	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	3	3	0	0	3	0	0	0
Baritt, (tonn)	77	26	0	0	81	0	0	0
Borekaks, (tonn)	874	470	0	0	1525	0	0	0
Oljebasert boreslam (tonn)	0	0	0	0	0	0	0	0
Sybtetisk basert boreslam (tonn)	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, (tonn)	2881**	1696**	0	0	5878	0	0	0
Sementeringskjemikalier, (tonn)	67	48	0	0	54	0	0	0
Kompletteringskjemikalier, (tonn)	1,1	0	0	0	0,011	0	0	0
Olje i produsert vann, (tonn)	54	45,4	39,2	55,4	NA	0	0	31,58
Andre utslipp, m³	3,37	0,07	0	0,23	NA	0	0	0,79

* jan-mai 2009

** kubikkmeter

NA: 100% injeksjon av vann



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) /	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
JOT-02	464483	6591524	1000/22,2	129
JOT-03	464291	6591062	500/22,2	129
JOT-04	464196	6590831	250/22,2	129
JOT-05	464277	6590423	250/135	129
JOT-06	464454	6590246	500/135	129
JOT-11	463746	6590954	500/315	129
JOT-12	463923	6590777	250/315	129
JOT-13	463923	6590423	250/225	130
JOT-30R	452182	6590203	11330/267,3	127

Figur 15.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Jotun i forhold til feltsentrene Jotun A og B (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

15.2 Resultater

15.2.1. Sedimentbeskrivelse

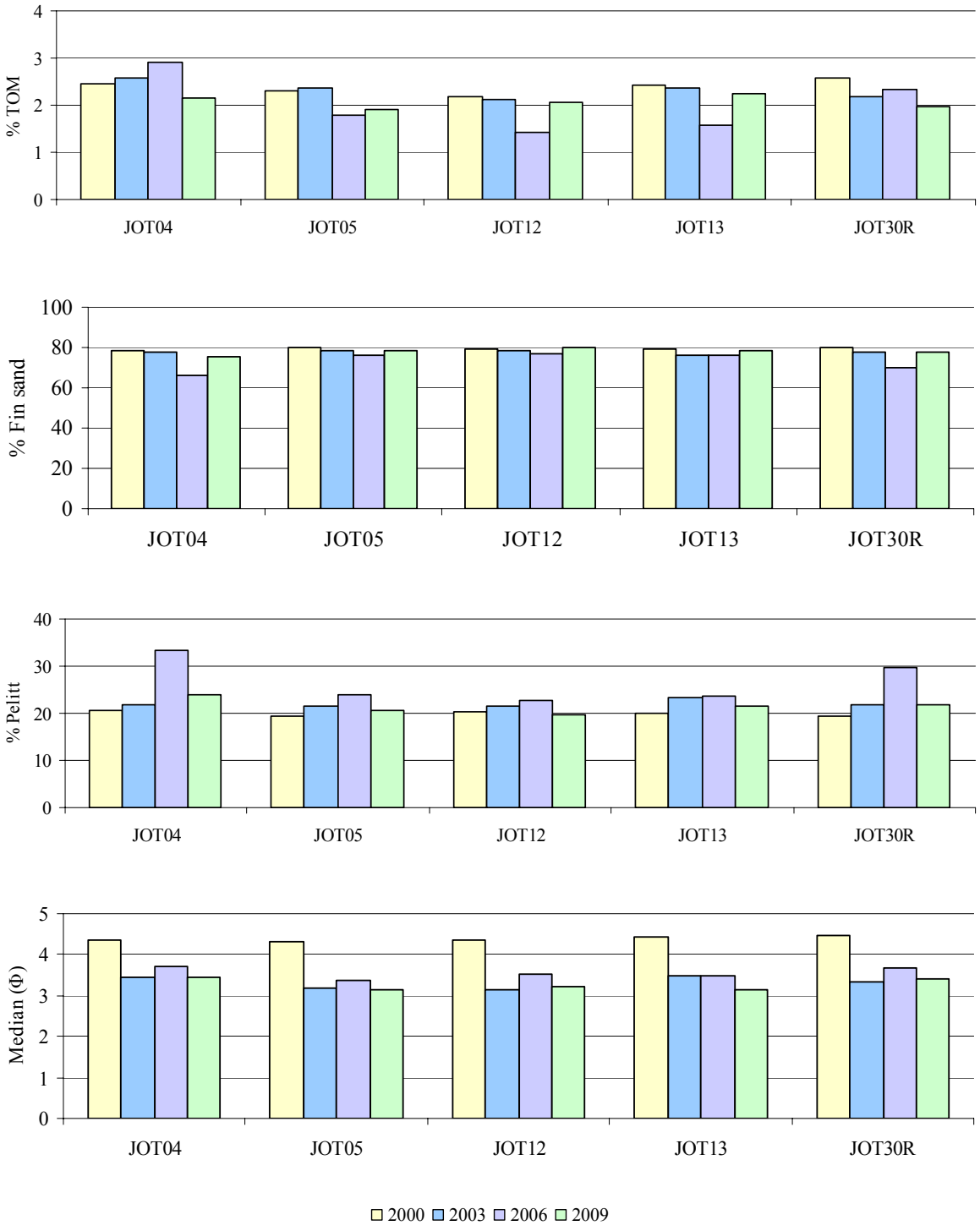
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 15.2. I Figur 15.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median vist for årene 2000, 2003, 2006 og 2009. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

Sedimentet på Jotun hadde et TOM-innhold fra 1,92 % til 2,25 %. Sandinnholdet varierte fra 76,0 % til 80,3 % og pelittinnholdet varierte mellom 19,7 % og 24,0 %. Medianen (Φ) varierte mellom 3,1 og 3,4. Sedimentsammensetningen hadde ikke endret seg vesentlig sammenlignet med tidligere (Figur 15.2).

Tabell 15.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Jotun i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet (minus JOT30R) og for den sentrale subregionen, som Jotun tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
JOT - 04	2,15	0,02	**75,99**	**24,00**	**3,44**	**1,46**	**0,42**	**1,82**
JOT - 05	**1,92**	**0,17**	79,29	20,53	**3,14**	1,38	0,48	1,54
JOT - 12	2,07	**0,01**	**80,31**	**19,68**	3,21	**1,33**	0,43	1,58
JOT - 13	**2,25**	0,04	78,37	21,59	3,15	1,42	**0,49**	**1,52**
JOT-30R	1,98	0,01	78,25	21,74	3,42	1,37	0,40	1,87
snitt[1]	2,10	0,06	78,49	21,45	3,23	1,40	0,45	1,62
sd[1]	0,14	0,08	1,85	1,87	0,14	0,06	0,04	0,14
min[1]	1,92	0,01	75,99	19,68	3,14	1,33	0,42	1,52
maks[1]	2,25	0,17	80,31	24,00	3,44	1,46	0,49	1,82
snitt[2]	2,06	0,06	79,05	20,89	3,23	1,38	0,45	1,63
sd[2]	0,14	0,08	0,96	0,97	0,13	0,04	0,04	0,16
min[2]	1,92	0,01	78,25	19,68	3,14	1,33	0,40	1,52
maks[2]	2,25	0,17	80,31	21,74	3,42	1,42	0,49	1,87

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen JOT-30R
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 15.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Jotun i 2000, 2003, 2006 og 2009.

15.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Jotun i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Jotun benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

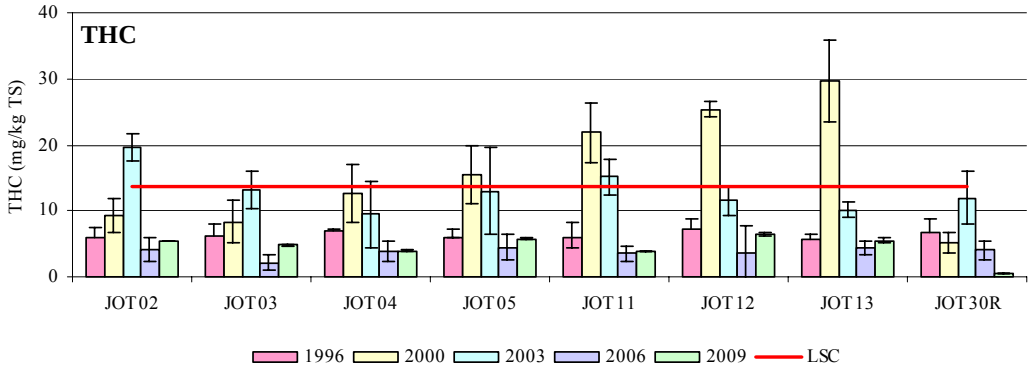
LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

15.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 15.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 15.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 15.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 15.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ og THC-innholdet i 2009 var omtrent likt som i 2006 (Figur 15.3).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det som 2003 og 2006, ikke påvist THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ (Tabell 15.5), men det ble påvist noe høyere verdi i sjikt 0-1cm enn i 2006.



Figur 15.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Jotun frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

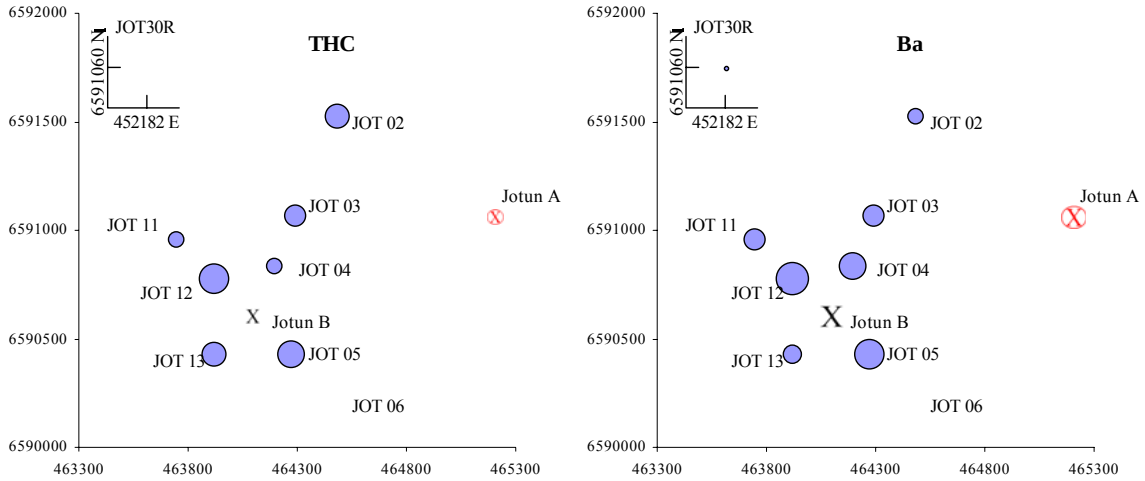
Tabell 15.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Jotun i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
JOT02	5,4	0,1	i,a,	-	i.a.	-
JOT03	4,9	0,2	i,a	-	i.a	-
JOT04	**4,0**	0,1	i,a	-	i.a	-
JOT05	5,8	0,1	0,066	0,003	0,017	0,002
JOT11	**4,0**	0,0	i,a	-	i.a.	-
JOT12	**6,4**	0,2	i,a	-	i.a	-
JOT13	5,5	0,4	i,a	-	i.a	-
JOT30R	0,5	0,0	0,056	0,005	0,011	0,000
snitt±sd[1]	5,13±0,9		-		-	
min-maks[1]	4-6,4		-		-	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen JOT30 er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 15.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på JOT05 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Sjikt	JOT05
(0-1cm)	5,7
(1-3cm)	5,7
(3-6cm)	6,9



Figur 15.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Jotun i 2009. Feltsenteret er markert med x.

15.2.4 Radioaktivitet

Fra to stasjoner ble det tatt tre parallelle sedimentprøver til analyse av radioaktivitet. Det ble foruten disse også tatt prøver fra de to regionale stasjonene RII06 og RII09. Resultatene presenteres i Tabell 15.5. Ingen av de radioaktive isotopene på JOT-05 og JOT-06 skilte seg vesentlig fra de to regionale stasjonene. Radioaktiviteten i ene hugget på RII09 skilte seg imidlertid fra de to øvrige huggene ved noe høyere verdier.

Tabell 15.5. Bequerel-nivået fra isotopene ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{210}Pb og ^{228}Th i sedimentprøver (Bq/kg tørrvekt) fra Region II i 2009.

		Målt aktivitet (Bq/kg tørrvekt)			
Lokalitet	**Hugg nr.**	**^{226}Ra**	**^{228}Ra**	**^{210}Pb**	**^{228}Th**
JOT-05	1	≤ 15,1	30 ± 15	62 ± 32	17,7 ± 5,4
	2	≤ 17,4	≤ 15,0	77 ± 24	≤ 6,0
	3	14,8 ± 5,1	16,5 ± 4,5	50 ± 12	15,3 ± 2,1
JOT-06	1	≤ 6,4	≤ 10,7	≤ 17	≤ 3,5
	2	≤ 13,8	≤ 24,5	91 ± 30	17,6 ± 5,2
	3	11,1 ± 2,2	≤ 8,9	56 ± 12	15,3 ± 2,5
RII-06	1	≤ 11,5	≤ 13,4	≤ 24	6,1 ± 2,6
	2	≤ 12,3	≤ 18,3	≤ 26	13,5 ± 6,6
	3	≤ 12,3	≤ 12,4	≤ 31	6,4 ± 2,3
RII-09	1	≤ 17,5	45 ± 26	438 ± 43	44,7 ± 7,3
	2	≤ 11,4	≤ 17,3	51 ± 14	10,8 ± 4,0
	3	≤ 5,2	≤ 6,8	53 ± 9	5,3 ± 1,6

15.2.5 Metaller

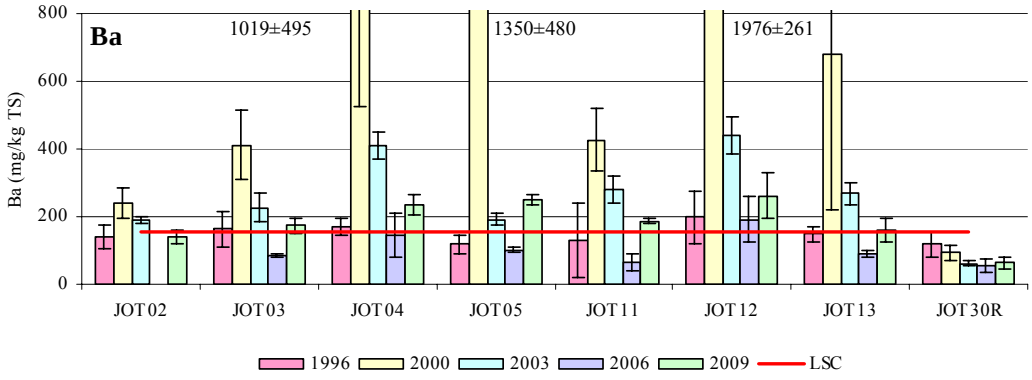
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 15.6. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 15.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 15.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 15.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium er over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ for alle stasjoner bortsett fra JOT02 (som forøvrig også har høy verdi) (Figur 15.5). For alle disse stasjonene er det en økning i nivå siden 2006. Bly derimot viser generell nedgang i konsentrasjon bortsett fra for JOT11 som øker sammenlignet med 2006. Når det gjelder Cd (JOT03), Cu (JOT03/11) og Zn (JOT11/12) er det påvist enkeltverdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09.}}$ Ellers er verdiene omtrent som i 2006 (Figur 15.6).

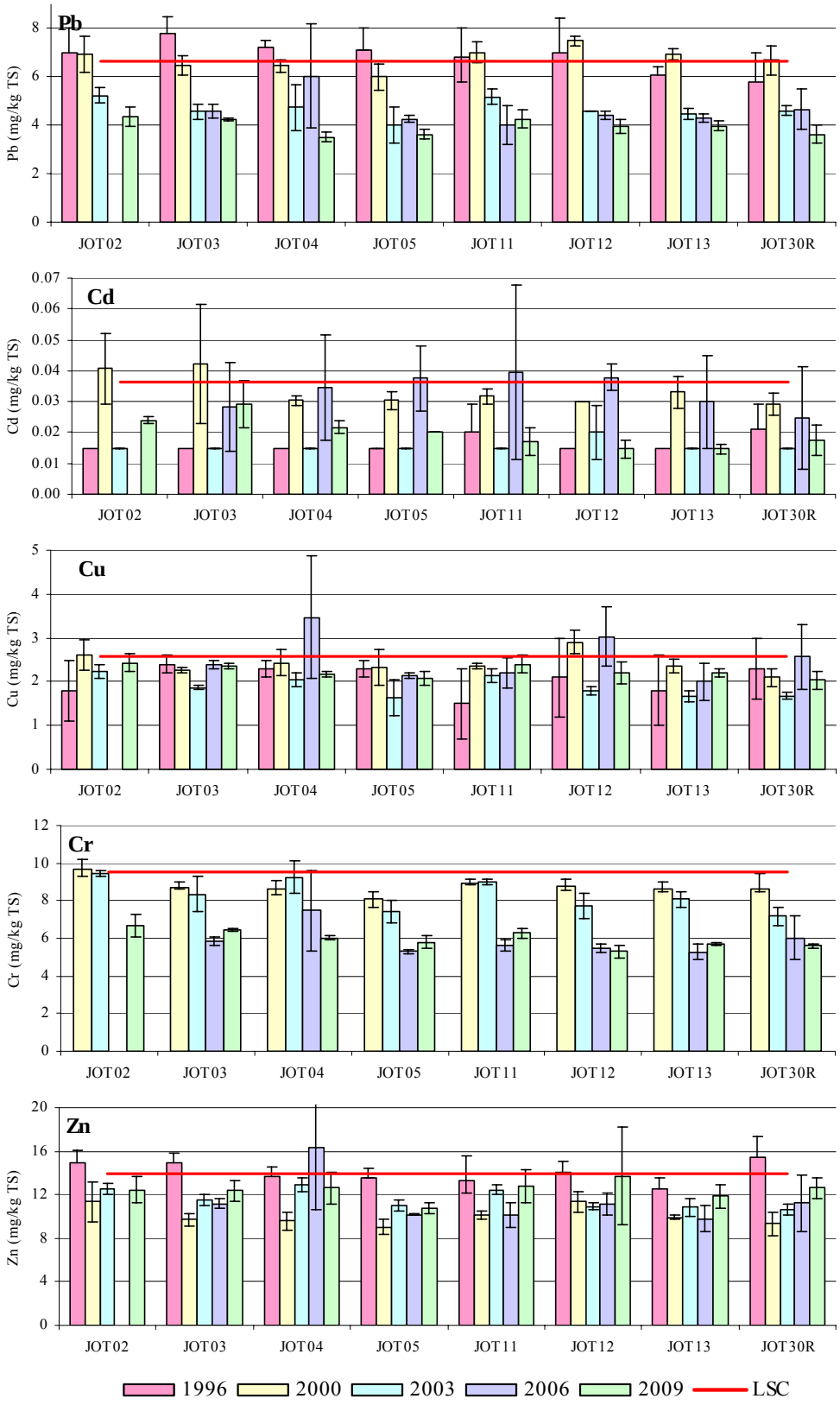
Tabell 15.7. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Jotun i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
JOT02	**140,7**	19,6	**4,4**	0,4	0,024	0,001	**2,4**	0,2	**6,7**	0,6	i.a.	-	12,5	1,3
JOT03	173,0	21,9	4,3	0,1	**0,029**	0,008	**2,4**	0,1	6,5	0,1	i.a.	-	12,4	1,0
JOT04	234,0	29,9	**3,5**	0,2	0,022	0,002	2,2	0,1	6,0	0,1	i.a.	-	12,6	1,5
JOT05	248,3	15,0	3,6	0,2	0,020	0,000	**2,1**	0,2	5,8	0,4	0,008	0,002	**10,7**	0,5
JOT11	186,7	8,1	4,3	0,4	0,017	0,005	**2,4**	0,2	6,3	0,3	i.a.	-	12,8	1,6
JOT12	**261,0**	67,4	4,0	0,3	0,015	0,003	2,2	0,3	**5,3**	0,4	i.a.	-	**13,7**	4,6
JOT13	161,3	35,3	4,0	0,2	**0,015**	0,002	2,2	0,1	5,7	0,1	i.a.	-	11,9	1,1
JOT30R	62,7	18,8	3,6	0,4	0,017	0,005	2,0	0,2	5,6	0,1	0,007	0,002	12,6	1,0
snitt±sd[1]	200,7±46,8		4,0±0,3		0,020±0,005		2,3±0,1		6,0±0,5		-		12,4±0,9	
min-maks[1]	140,7-261		3,5-4,4		0,015-0,029		2,1-2,4		5,3-6, 7		-		10,7-13,7	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen JOT30R er utelatt
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 15.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Jotun i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 15.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Jotun i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.

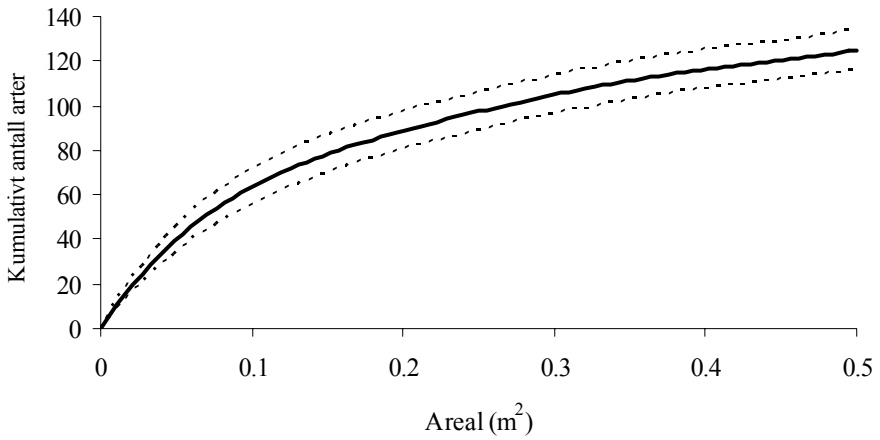
15.2.6 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 15.7. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 3066 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og 411 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Jotun i 2009. Totalt ble 7123 individer fordelt på 343 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 60 % av alle individ og 44 % av alle taksa.

Tabell 15.7. Antall individ i prøvene fra Jotun i 2009 fordelt på noe taksonomiske grupper. Prøvene fra JOT30R er inkludert. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (3066 individer) og Echinoida (411 individer) er utelatt.

Taksonomiske grupper	Ant. individer	%	Ant. taksa	%
Annelida	4301	60	151	44
Arthropoda	712	10	88	26
Mollusca	1120	16	65	19
Echinodermata	578	8	18	5
Diverse grupper	412	6	21	6
Totalt	7123	100	343	100

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver viser at dette prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 15.7).

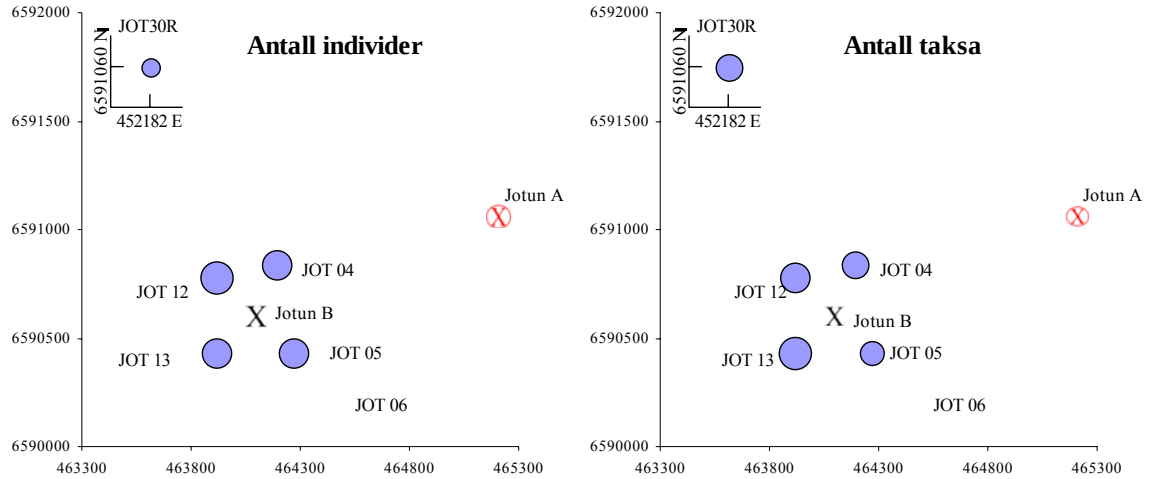


Figur 15.7. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for JOT-30R i 2009. Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er ikke tatt med i tallmaterialet.

Tabell 15.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Jotun i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet 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}
JOT-04	1498	126	**4,90**	**0,70**	6,98	**37,69**
JOT-05	1557	**116**	5,09	**0,74**	**6,86**	39,56
JOT-12	**1588**	132	4,99	0,71	7,04	38,63
JOT-13	**1468**	**141**	**5,26**	**0,74**	**7,14**	**40,98**
JOT-30R	1012	125	5,57	0,80	6,97	44,61
Snitt[1]	1528	129	5,06	0,72	7,00	39,22
sd[1]	55	11	0,16	0,02	0,12	1,40
min[1]	1468	116	4,90	0,70	6,86	37,69
maks[1]	1588	141	5,26	0,74	7,14	40,98
snitt[2]	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd[2]	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min[2]	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks[2]	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

[1] de feltspesifikke stasjonene minus den tilknyttede regionale stasjonen JOT30R
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



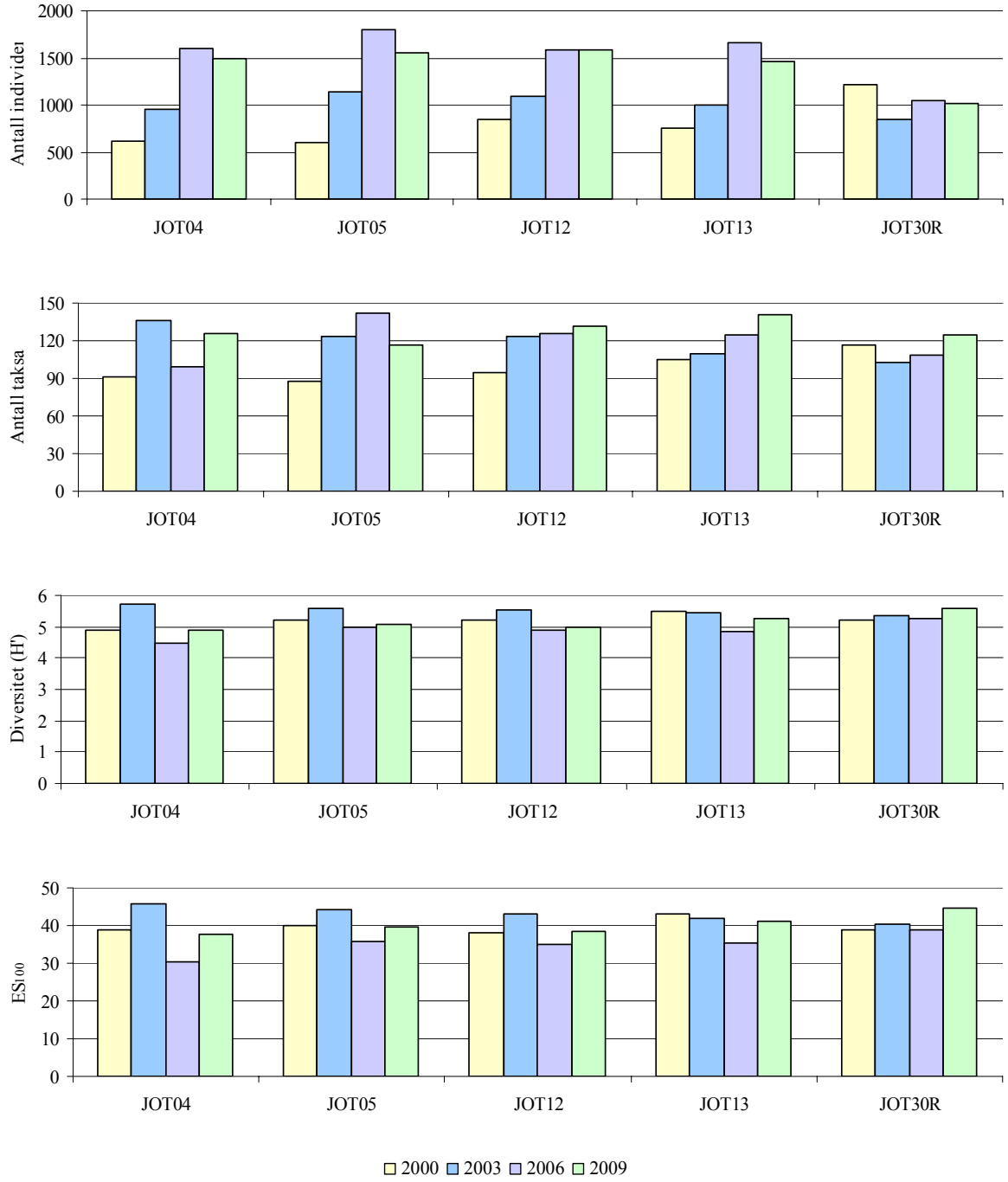
Figur 15.8. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Jotunfeltet i 2009 Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa ved Jotun i 2009 vises i Figur 15.8. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 15.8 og Figur 15.9.

Antall individ varierte mellom 1468 og 1588, og antall taksa varierte mellom 116 og 141. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 4,90 og 5,26, og ES_{100} varierte mellom 37,69 og 40,98. Jevnheten varierte mellom 0,70 og 0,74. På den tilknyttede regionale stasjonen JOT30R var det 1012 individer fordelt på 125 taksa, som gav Shannon-Wiener (H') på 5,57 og ES_{100} på 44,61 og jevnhet på 0,80. JOT30R skilte seg ikke nevneverdig fra de feltspesifikke stasjonene.

Antall taksa og antall individ var omtrent uendret fra 2006 til 2009, men med et noe høyere taksatall og noe lavere artsantall ved de fleste stasjonene i årets prøver. Som i 2003 og 2006, var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* den dominerende arten blant bunnfaunaen. Resultatet viser jevnt godt miljø i sjøbunnen ved Jotun.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 15.10. Kurvene tyder på gode miljøforhold på stasjonene i 2009.



Figur 15.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) å stasjonene ved Jotun fra 2000 til 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt i 2006 og 2009.

Tabell 15.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Jotun i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

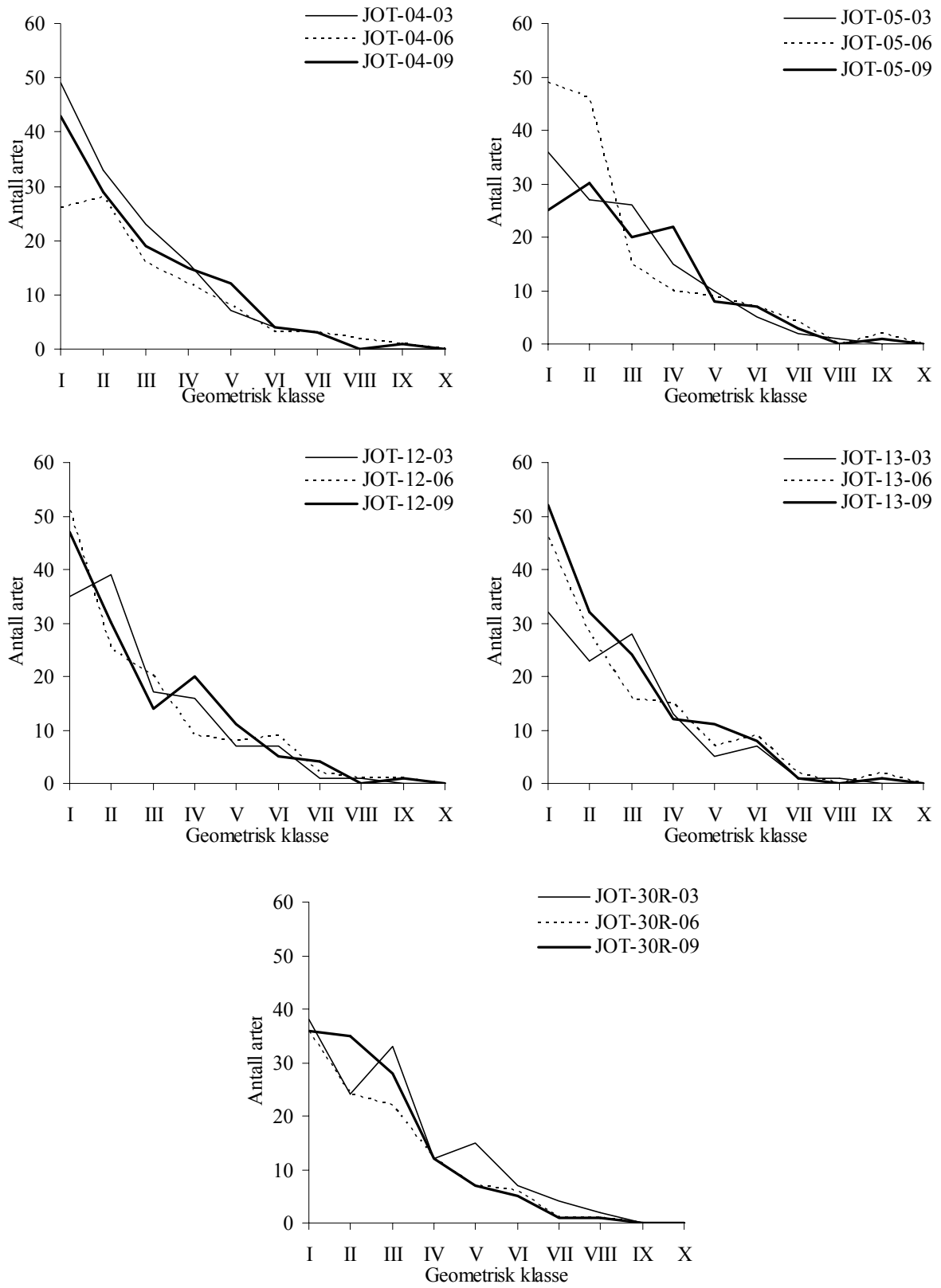
JOT-04-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	439	29.3	29.3
Axinulus croulinensis	83	5.5	34.8
Thyasira equalis	77	5.1	40.0
Amphiura chiajei	72	4.8	44.8
Diplocirrus glaucus	60	4.0	48.8
Myriochele oculata	58	3.9	52.7
Aricidea catherinae	48	3.2	55.9
PHORONIDA indet.	40	2.7	58.5
Lumbrineridae indet.	31	2.1	60.6
Glycera lapidum	26	1.7	62.3

JOT-05-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	402	25.8	25.8
Axinulus croulinensis	88	5.7	31.5
Myriochele oculata	81	5.2	36.7
Diplocirrus glaucus	65	4.2	40.8
Amphiura chiajei	60	3.9	44.7
Thyasira equalis	53	3.4	48.1
Eclysippe vanelli	46	3.0	51.1
Aricidea catherinae	41	2.6	53.7
Amphiura filiformis	36	2.3	56.0
PHORONIDA indet.	34	2.2	58.2

JOT-12-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	454	28.6	28.6
Axinulus croulinensis	91	5.7	34.3
Eclysippe vanelli	70	4.4	38.7
Myriochele oculata	64	4.0	42.8
Amphiura chiajei	64	4.0	46.8
Thyasira equalis	49	3.1	49.9
Aricidea catherinae	47	3.0	52.8
Lumbrineridae indet.	44	2.8	55.6
Amphiura filiformis	38	2.4	58.0
Diplocirrus glaucus	34	2.1	60.1

JOT-13-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	349	23.8	23.8
Axinulus croulinensis	78	5.3	29.1
Aricidea catherinae	61	4.2	33.2
Myriochele oculata	58	4.0	37.2
Amphiura chiajei	57	3.9	41.1
Eclysippe vanelli	50	3.4	44.5
Thyasira equalis	47	3.2	47.7
Glycera lapidum	47	3.2	50.9
PHORONIDA indet.	37	2.5	53.4
Lumbrineridae indet.	36	2.5	55.9

JOT-30R-09	Ant. Individer	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	162	16.0	16.0
Axinulus croulinensis	72	7.1	23.1
Myriochele oculata	52	5.1	28.3
Thyasira equalis	45	4.4	32.7
PHORONIDA indet.	44	4.3	37.1
Aricidea catherinae	39	3.9	40.9
Diplocirrus glaucus	36	3.6	44.5
Amphiura chiajei	29	2.9	47.3
Eclysippe vanelli	29	2.9	50.2
Arcturella dilatata	23	2.3	52.5

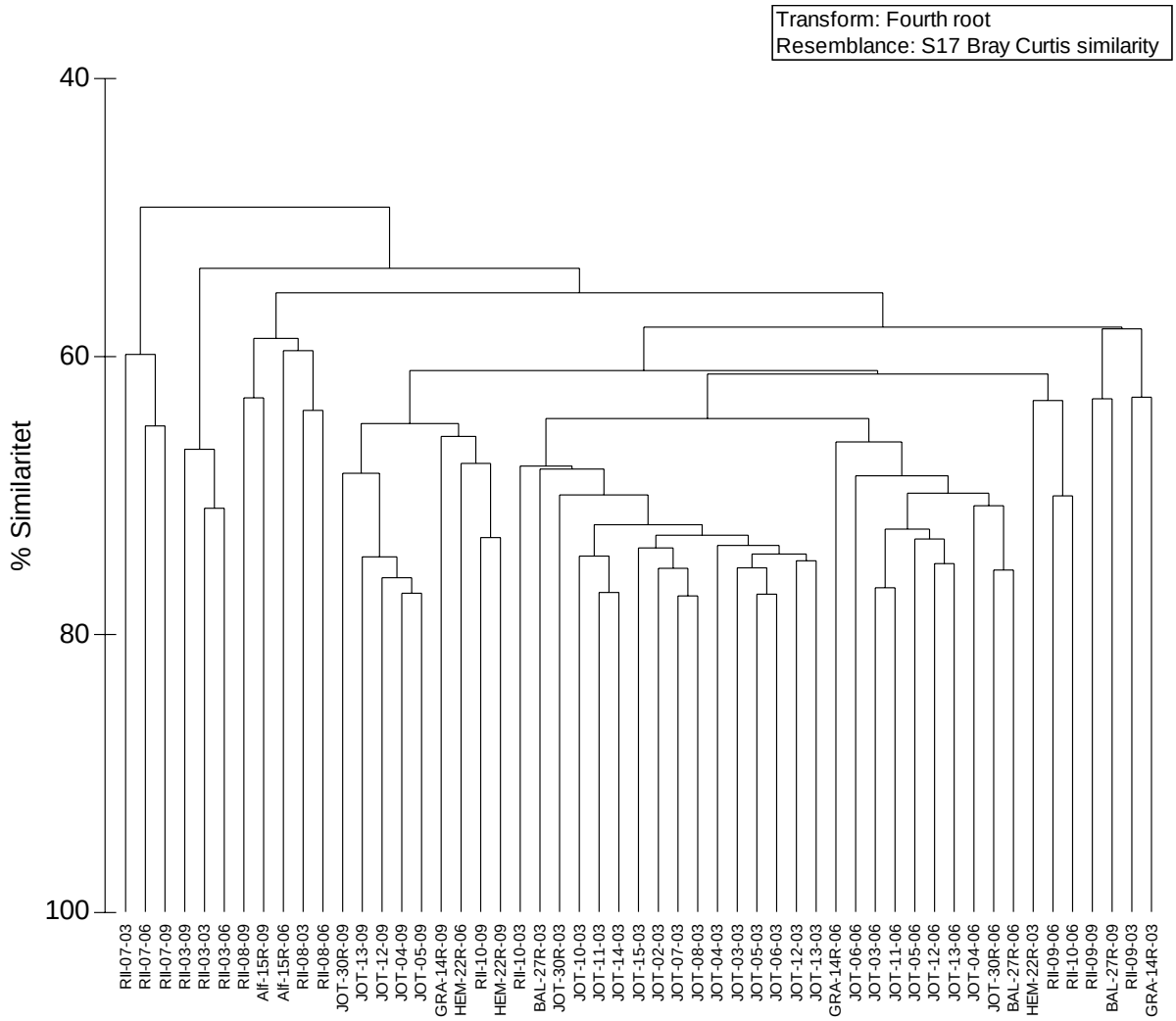


Figur 15.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Jotun i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Resultatet fra clusteranalyse vises i Figur 15.11.

Cluster-analysen samlet alle stasjonene ved Jotun, inklusiv den tilknyttede regionale stasjonen JOT30R innen en faunalikhet på om lag 68 %. Dette er litt høyere enn tidligere år og tyder på en jevnt og stabil bunnfauna over hele feltet (Figur 15.11).

MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg).

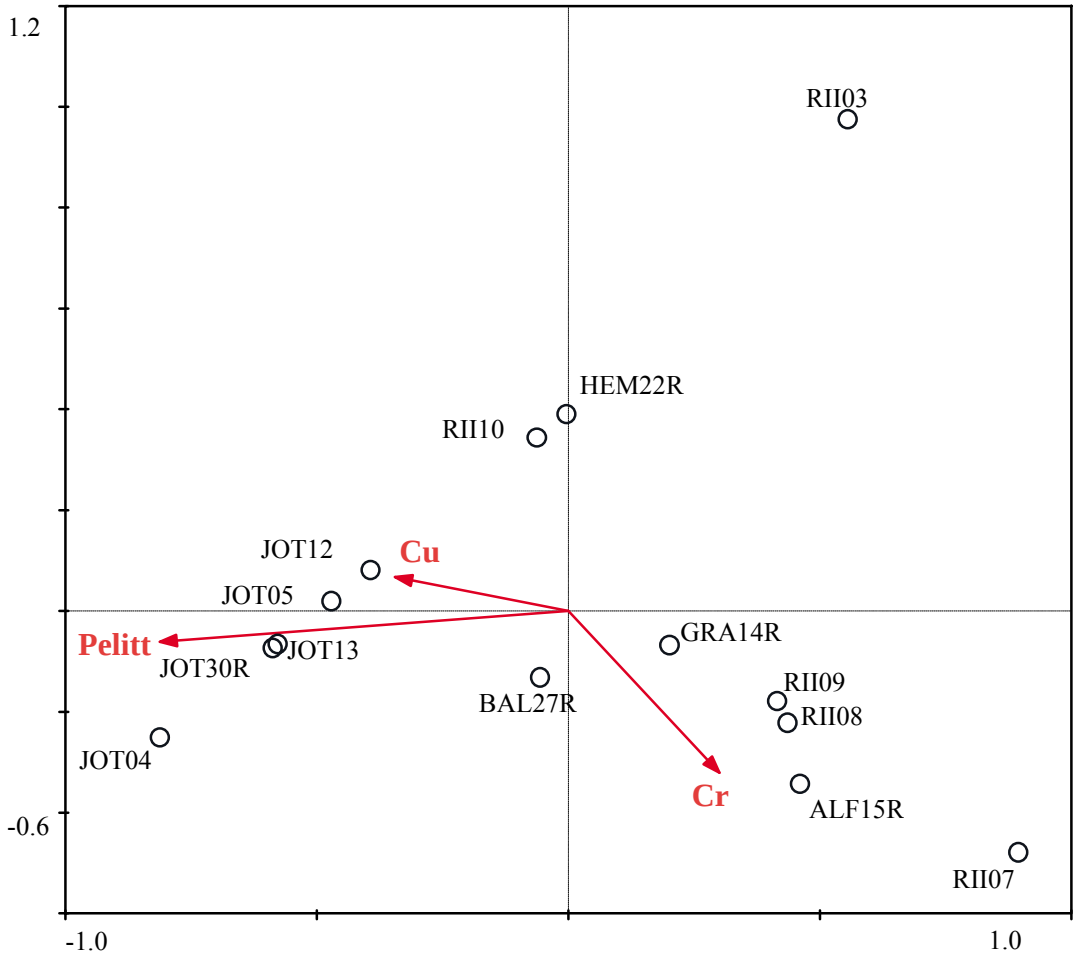


Figur 15.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Jotun sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen i 2003, 2006 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse. Analysen omfatter data fra 2009 fra feltstasjonene og tilhørende regionale stasjoner.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,6). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at krom, kobber og pelitt hadde signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 15.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 24,6 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 12,5 %.

Resultatet tyder på at det er svak kobling mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfaunaen.



Figur 15.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablene krom, kobber og pelitt hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen forklarer 24,6 % mens den andre aksen forklarer 12,5 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra 2009 fra feltet og tilhørende subregionale stasjoner.

15.2.7 Beregning av påvirket areal

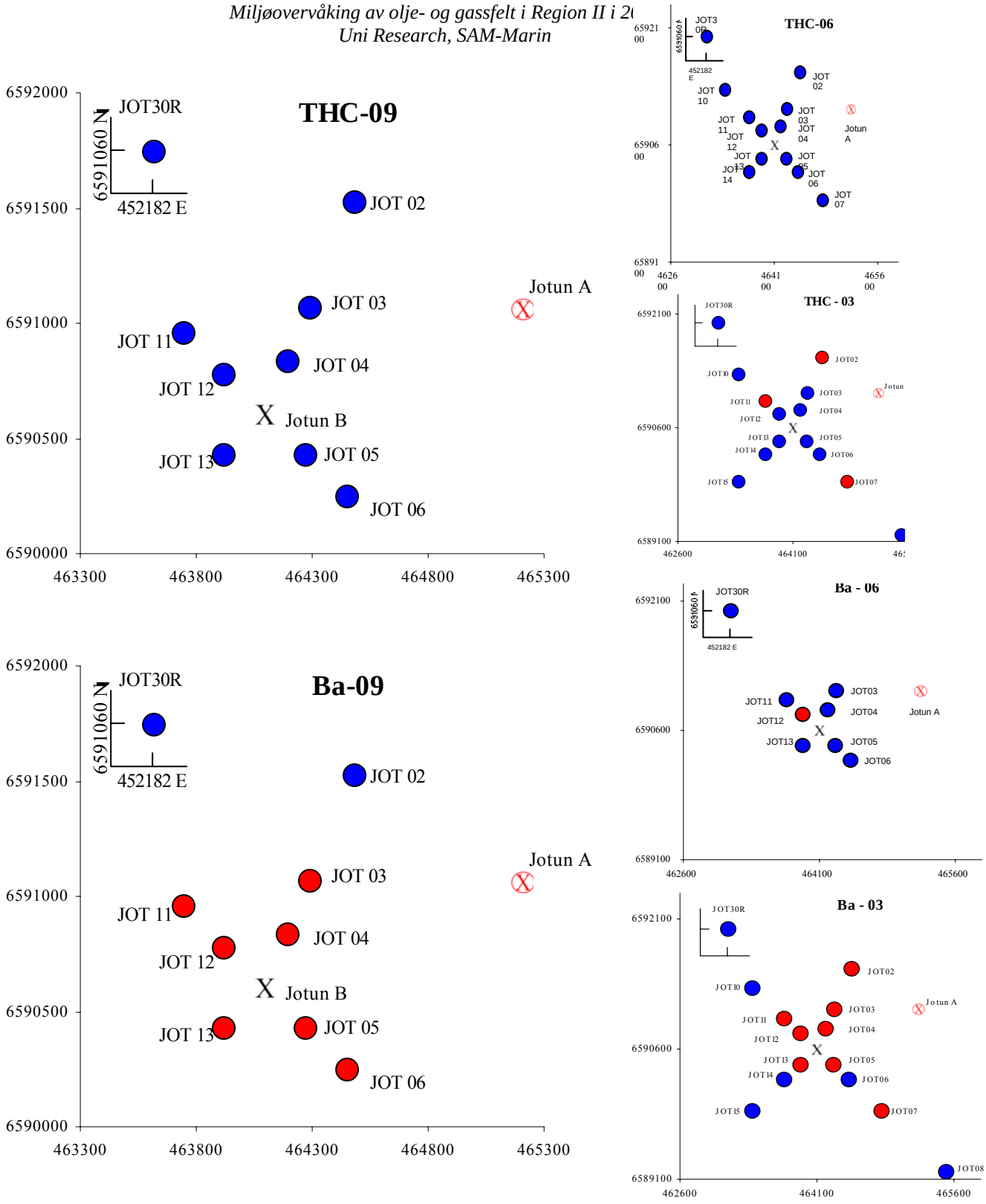
Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 15.13 og Tabell 15.10. Tabell 15.10 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

I 2006 ble det bare påvist kontaminering av barium ut til 250 m mot nordvest, og kontaminering av andre metall ut til 500 m mot nordøst og 250 m mot nordvest. Kontaminering av THC ble ikke påvist i 2006. I 2009 ble det ikke påvist kontaminering av THC eller andre metaller. Det var imidlertid kontaminering av barium 500 m mot nordvest og nordøst og sørøst og 250 m mot sørvest. Arealet nådde ikke rent sediment i tre av retningene på de ytterste stasjonene. Kontaminert areal av barium økte fra 2006 til 2009 (Tabell 15.10). Bunnfaunaen ble karakterisert som uforstyrret i 2009 som i 2006.

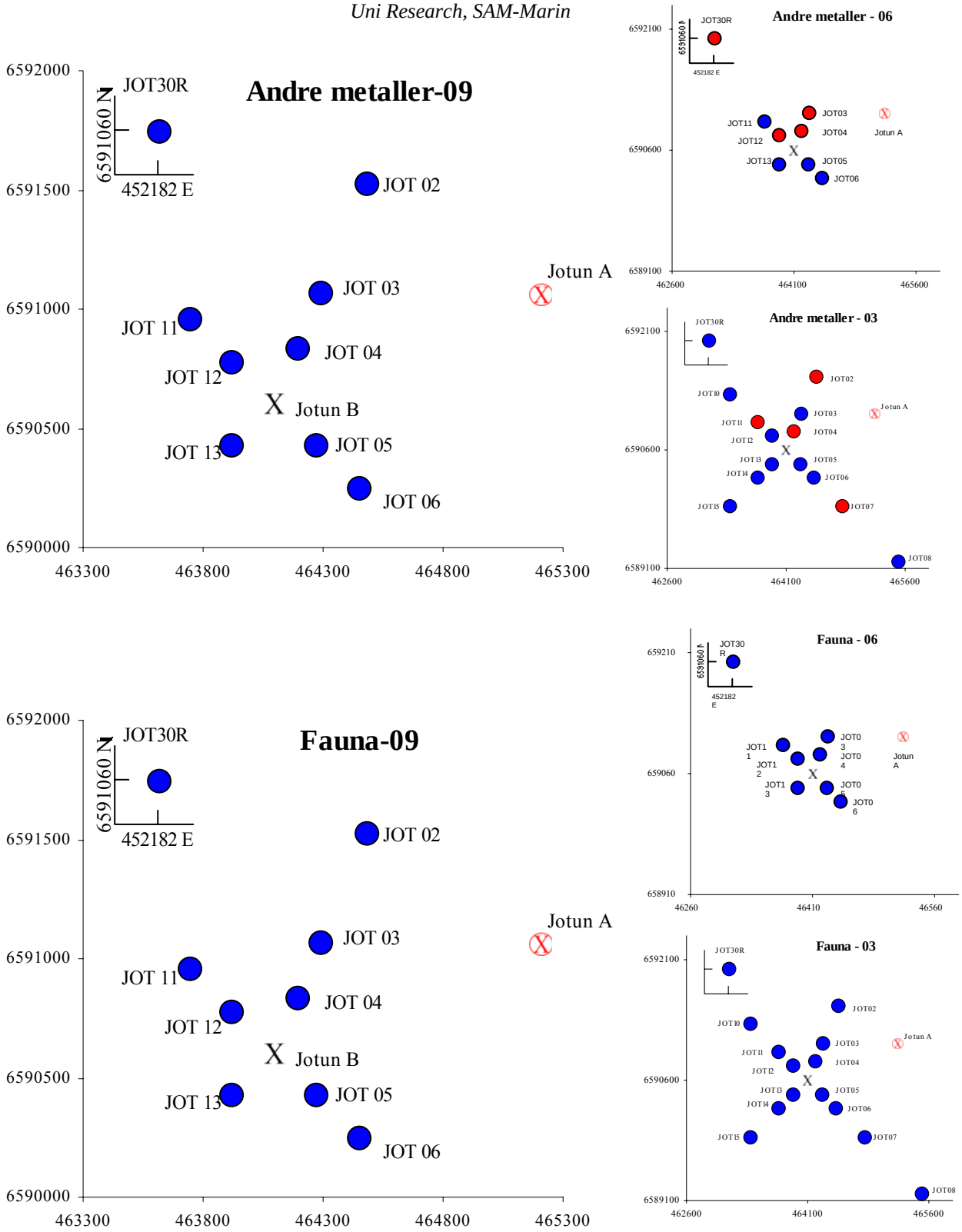
Tabell 15.10. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirkning rundt installasjonen fra 1996 til 2009.

Jotun	NØ m	SØ m	SV m	NV m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1996 km²
THC	0	0	0	0	0,00	0,00	ib	1,77	0,00
Ba	500	500	250	500	0,59	0,02	1,47	5,30	0,00
Andre metall	0	0	0	0	0,00	0,10	ib	0,07	0,00
Fauna	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ib = ikke beregnet



Figur 15.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion sentral 96-09 er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion sentral 96-09 er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.



Figur 15.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfauna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.

15.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2006 er det boret 3 brønner på Jotun. Bunnsedimentet består av ca 80 % fin sand og ca 2 % TOM. Arealet av kontaminert sediment økte for barium og sank for andre metaller fra 2006 til 2009. Transektet mot nordvest, sørvest og sørøst nådde ikke ut til sediment ukontaminert av barium. Det ble ikke påvist kontaminering av andre metaller eller THC i 2009. Faunaen var fortsatt uforstyrret i 2009 som i 2006. Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var som i 2003 og 2006 den mest vanlige arten i prøvene og bunnfaunen var generelt lik over hele feltet og den regionale stasjonen som tidligere. Ingen av de radioaktive isotopene på JOT-05 og JOT-06 skilte seg vesentlig fra de to regionale stasjonene.

16. Vale

16.1 Introduksjon

Vale ligger i blokk 25/4, og produksjonen startet i mai 2002. Grunnlagsundersøkelsen av feltet ble gjennomført i 2001 (Botnen et. al. 2002). Det er foretatt overvåkingsundersøkelser i 2003 (Botnen et al. 2004) og i 2006 (Botnen et. al. 2007). Mellom grunnlagsundersøkelsen og første overvåkingsundersøkelse ble aksekorset hvor prøvetakingsstasjonene ligger, snudd omlag 45° for å unngå konflikt med undervannsinstallasjoner. Resultatene fra 2001 er således ikke direkte sammenlignbare, selv om stasjonsnavnene er de samme.

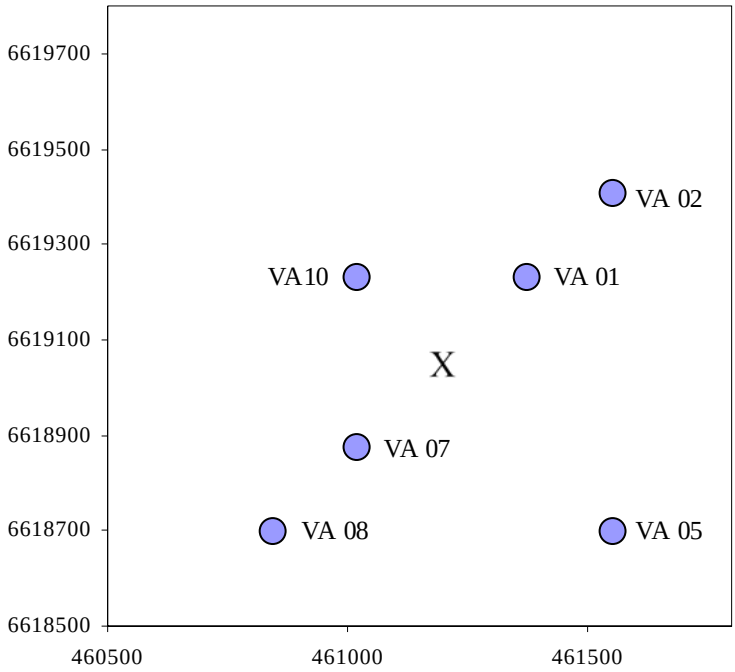
I 2003 ble det påvist kontaminering av metall rundt bunnrammen, men ingen kontaminering av THC eller forstyrrelse av bunnfauna. I 2006 ble det ikke funnet kontaminering av THC, men på to stasjoner var det kontaminering av barium og på tre stasjoner kontaminering av andre metaller. Faunaen var uforstyrret i 2003 og i 2006.

Det er ikke boret på Vale siden 2005. Bore- og utslippshistorikk ved Vale vises i Tabell 16.1, og i Figur 16.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til bunnrammen og i forhold til hverandre.

Tabell 16.1. Boring og utslipp ved Vale mellom 2001 og 2009.

Vale	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Baritt, tonn	977,5	51,52	-	-	-	-	-	-	0
Borekaks, tonn	987,6	-	-	-	0	-	-	-	0
Vannbasert boreslam, m³	2038	-	-	-	-	-	-	-	0
Sementeringskjemikalier, tonn	1	-	-	-	-	-	-	-	0
Uhellsutslipp, m³	0,07	0,03	0,005	-	-	-	-	-	0

* jan-mai 2009
- ikke data



Stasjon	ED50 UTM sone 31		Avstand (m) /	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
VA01	461376	6619229	250/45	117
VA02	461553	6619406	500/45	115
VA05	461553	6618698	500/135	116
VA07	461022	6618875	250/225	118
VA08	460845	6618698	500/225	119
VA10	461022	6619229	250/315	117

Figur 16.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene på Vale i forhold til bunnrammen som er markert med x. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

16.2 Resultater

16.2.1. Sedimentbeskrivelse

I henhold til programmet for 2009, ble det ikke tatt prøver av sedimentet ved Vale.

16.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Vale i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er presentert i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. Feltspesifikk LSC verdi er ikke beregnet da feltet ikke har tilordnet regionalstasjon. I teksten og figurene som omhandler Vale, benyttes kun LSC for den nordlige subregionen (LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$).

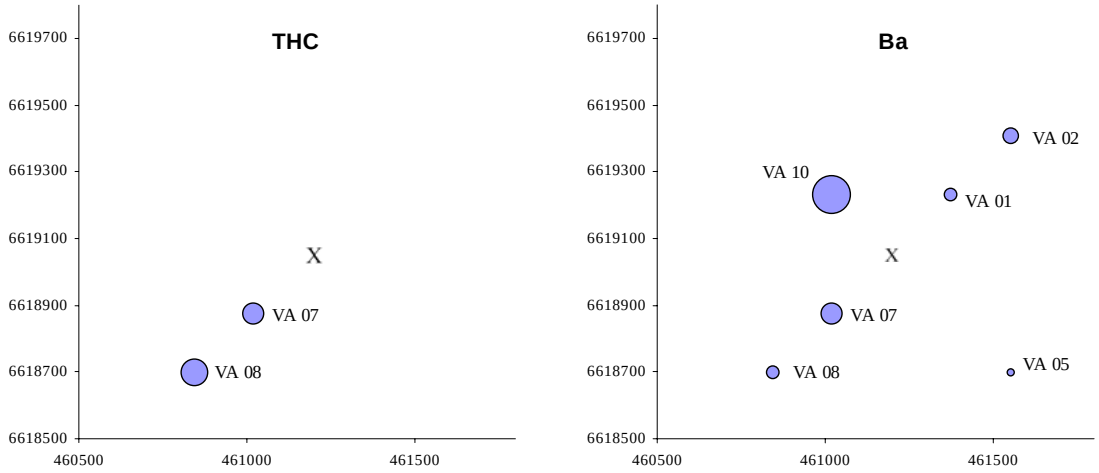
LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{nord RII 04 97-09}}$	4,0	0,03	0,06	1,2	6,9	11,3	28,2	5,7	0,02	0,01

16.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC er presentert i Tabell 16.2. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 16.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 16.2 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009 og i Figur 16.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 4.2 mg/kg (VA07) til 5.1 mg/kg (VA08). THC ble påvist over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ for begge de målte stasjonene. THC-innholdet var likevel lavere i 2009 enn tidligere år på disse to stasjonene (Figur 16.2).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det funnet THC-konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{nord 97-06}}$ i alle prøvene på VA07 (Tabell 16.3). I 2006 var THC-innholdet over LSC kun for sjikt 1-3cm, men sammenlignet med 2006 er det likevel en reduksjon i THC for alle sjikt i 2009.



Figur 16.2. Relativ konsentrasjon av THC og barium (Ba) i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Vale i 2009. Bunnrammen er markert med x.

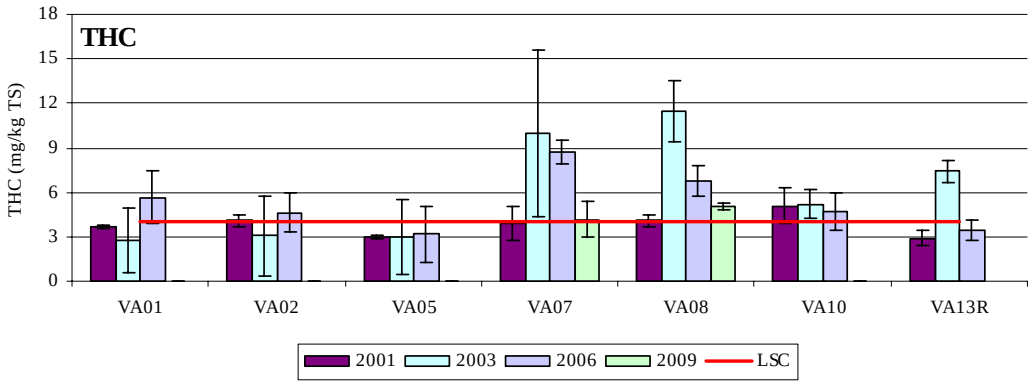
Tabell 16.2. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Vale i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Begge de målte verdiene var over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for den regionale stasjonen i den nordlige subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC	
	snitt	sd
VA01	i.a.	-
VA02	i.a.	-
VA05	i.a.	-
VA07	4,2	1,2
VA08	5,1	0,3
VA10	i.a.	-
snitt±sd[1]	4,6 ±0,6	
min-maks[1]	4,2-0,2	
snitt±sd[2]	2,8±0,2	
min-maks[2]	2,7-3,1	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet i 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] den regionale stasjonen, RII04, i den nordlige subregionen

Tabell 16.3. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på VA07 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ er skyggelagt.

Sjikt	VA07
(0-1cm)	4,9
(1-3cm)	5,5
(3-6cm)	5,0



Figur 16.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Vale frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$.

16.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 16.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 16.4 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 16.3 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 16.5 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 74 til 311 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 1.02 til 2.57 mg/kg. Krom varierte fra 3,3 til 4,8 mg/kg, sink fra 6,2 til 12,4 mg/kg, bly fra 2,4 til 5,4 mg/kg og kadmium forekom fra 0,0067 til 0,0207 mg/kg (Tabell 16.6).

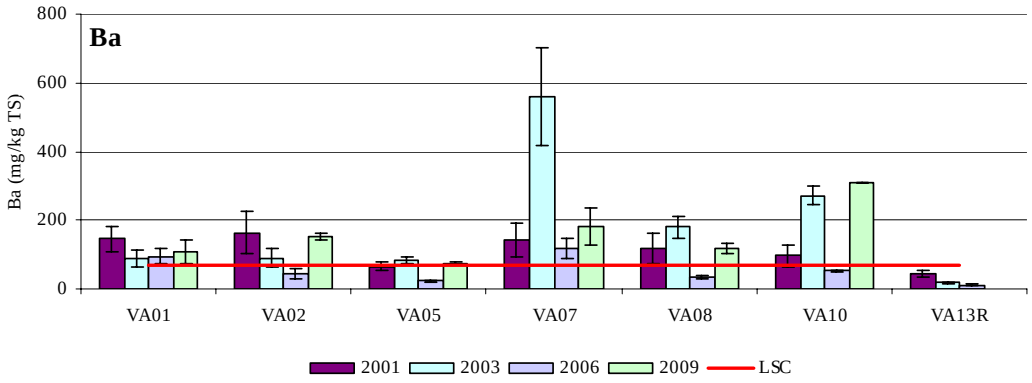
Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ på alle målte stasjoner. Sink forekom over LSC Subregion $_{\text{nordl 97-09}}$ på stasjon VA02, 500 m nordøst for bunnrammen. Kobber forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{nordl 97-09}}$ på stasjonenVA02, VA05, VA07 og VA08. Av parametrene kadmium krom og bly var ingen verdier over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ i 2009.

Generelt sett er årets konsentrasjoner innenfor tidligere års variasjoner, men noen stasjoner utmerker seg med de høyeste målingene totalt sett i 2009, som for eksempel barium på VA10, bly, kobber og sink på VA02, kobber på VA05 og VA08 (Figur 16.4 og Figur 16.5).

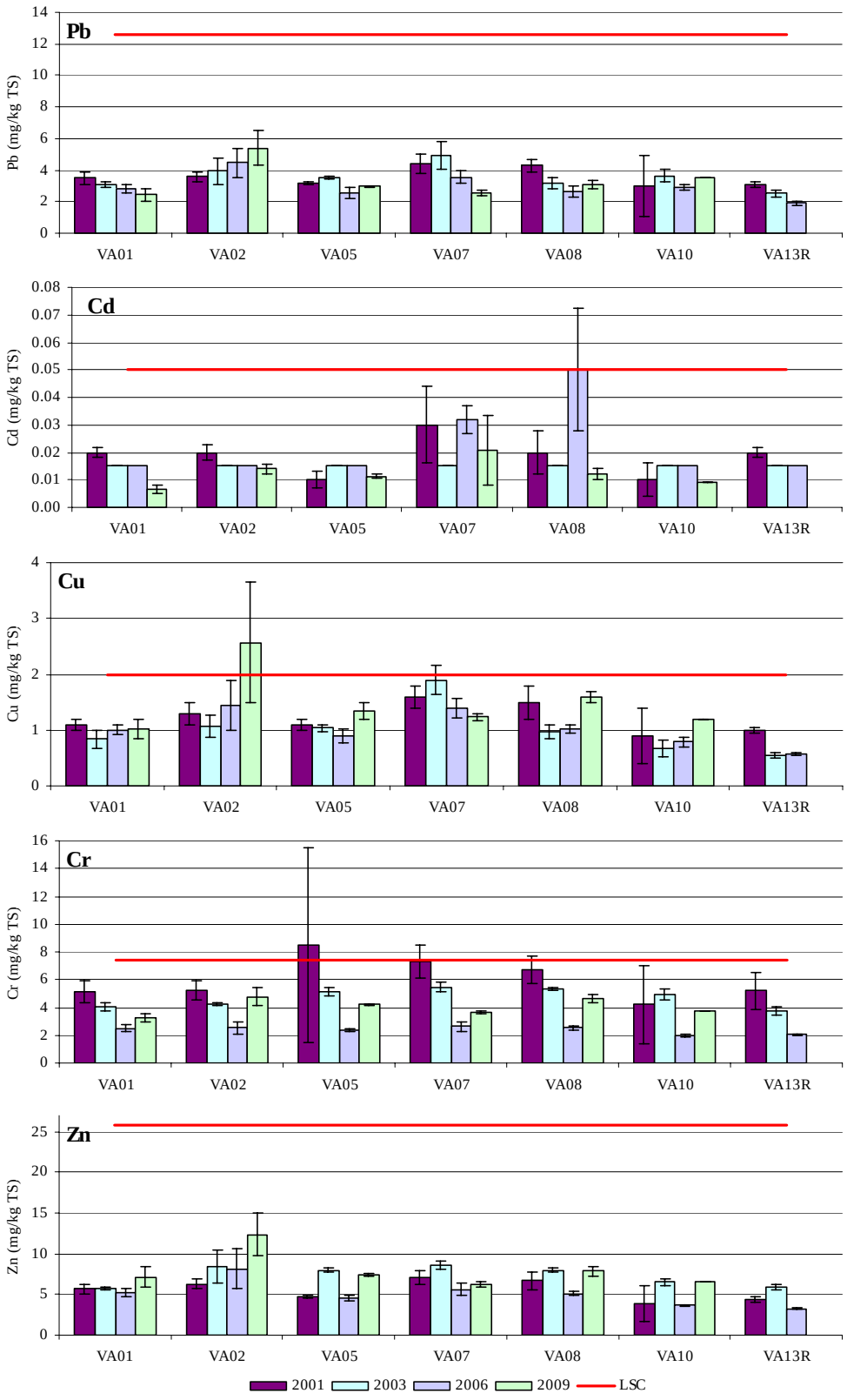
Tabell 16.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Vale i 2009. Maksimum- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion nord 97-09 er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonene og verdien for den regionale stasjonen (RII04) fra den nordlige subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
VA01	109,4	34,9	**2,4**	0,4	0,01	0,00	**1,02**	0,17	**3,3**	0,3	i.a.	i.a.	7,1	1,3
VA02	151,7	10,2	**5,4**	1,1	0,01	0,00	**2,57**	1,08	**4,8**	0,7	i.a.	i.a.	**12,4**	2,7
VA05	**73,7**	4,4	3,0	0,1	0,01	0,00	1,33	0,15	4,2	0,1	i.a.	i.a.	7,4	0,2
VA07	183,0	54,8	2,6	0,2	**0,02**	0,01	1,23	0,06	3,7	0,1	i.a.	i.a.	**6,2**	0,4
VA08	115,7	14,8	3,1	0,3	0,01	0,00	1,60	0,10	4,6	0,3	i.a.	i.a.	7,9	0,6
VA10	**311,0**	-	3,5	-	0,01	-	1,20	-	3,8	-	i.a.	i.a.	6,6	-
snitt±sd[1]	157,4±84,1		3,3±1,1		0,01±0,005		1,49±0,56		4,1±0,6				7,9±2,3	
min-maks[1]	73,7-311		2,4-5,4		0,01-0,02		1,02-2,57		3,3-4,8				6,2-12,4	
snitt±sd[1]	9,7±1,5		2,6±0,3		0,007±0,001		0,7±0,1		3,7±0,5		0,003±0,001		9,0±2,7	
min-maks[1]	-		-		-		-		-		-		-	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet i 2006
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] den regionale stasjonen i den nordlige subregionen



Figur 16.4. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Vale i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion nord 97-09.



Figur 16.5. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Vale i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$. På stasjoner hvor konsentrasjonene av kadmium var under deteksjonsgrensen (2001-2006: <0,03 og 2009: <0,01) viser søylen halve deteksjonsgrensen.

16.2.5 Bunnfauna

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver av bunnfauna.

16.2.6 Beregning av påvirket areal

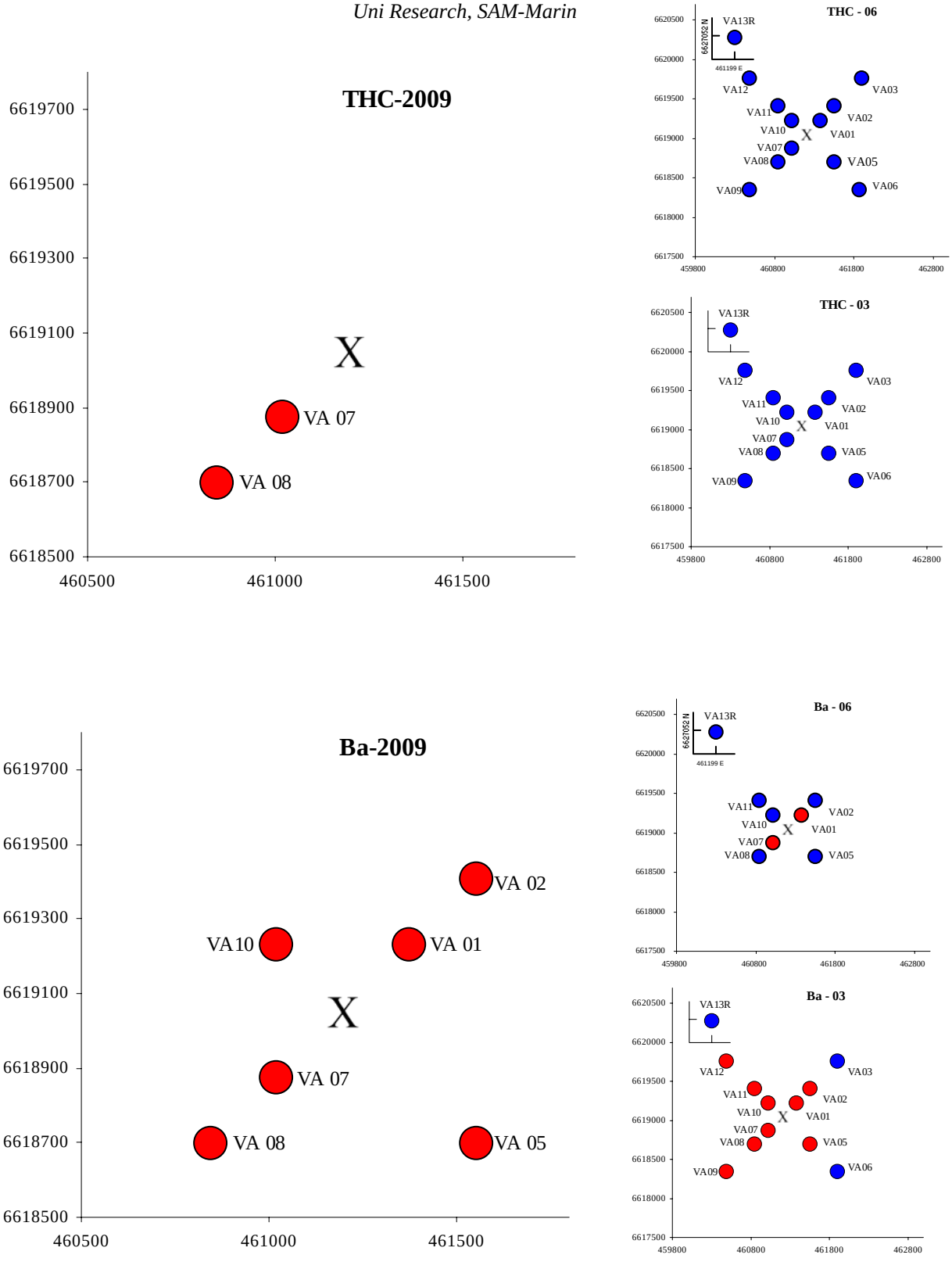
Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall er vist i Figur 16.6 og Tabell 16.5. Tabell 16.5 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

Tabell 16.5. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen fra 2001 til 2009. I arealberegningen for THC er halve distansen mot nordvest benyttet for å kunne beregne areal for THC, ettersom stasjonsmønsteret kun ga endimensjonal informasjon.

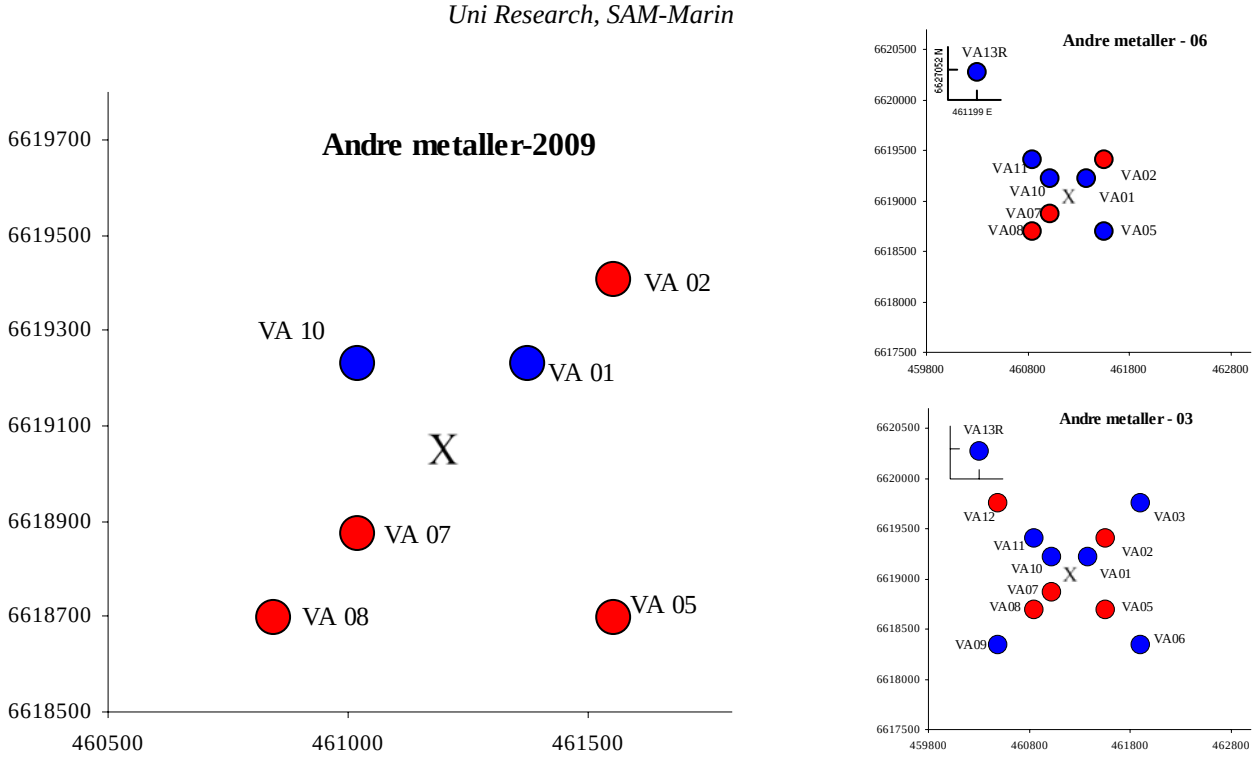
Vale	NØ m	SØ m	SV m	NV m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2001 km²
THC	0	0	500	0	0,05	0,10	0,00	0,00
Ba	500	500	500	250	0,59	0,05	1,77	0,00
Andre metall	500	500	500	0	0,39	0,10	0,39	0,00
Fauna	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00

LSC for Subregion nord var lavere i 2009 enn i 2006, spesielt for THC og barium. Disse endringene i LSC-verdier for denne regionen har sammenheng med at det bare var en regional stasjon som var tilknyttet dette feltet i 2009 og gav grunnlag for beregningene av LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$.

Konsentrasjoner høyere enn LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$, ble detektert på flere av de ytterste stasjonene (500 m). Dette gjør det vanskelig å beregne kontaminert areal, ettersom man ikke vet endepunktet for kontamineringen. THC ble undersøkt på VA7 og VA8. THC innholdet hadde sunket siden 2006, men hadde konsentrasjoner over LSC. Barium hadde økt på alle stasjonene og var kontaminert på VA2, VA5, VA7 og VA8 mot nordøst, sørøst og sørvest var kontaminert av andre metaller (Tabell 16.5).



Figur 16.6. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.



Figur 16.6 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{nord 97-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.

16.3 Sammendrag og konklusjon

Det har ikke vært boret på Vale siden 2005 da det ble boret en brønn. På dette feltet inngikk det ikke i 2009 sedimentundersøkelser av kornfordeling og fauna.

Det var i 2009 en nedgang i konsentrasjon av THC på VA07 og VA08 i forhold til 2006, men pga lavere LSC ble de to stasjonene karakterisert som kontaminerte. Derimot økte konsentrasjonene av barium på de fleste stasjonene og økte mest på VA10. Kobber og sink viste også en økning på stasjon VA02. Nøyaktig areal var vanskelig å beregne siden kontamineringen strakk seg til ytterste stasjon for flere av parametrene.

17. Skirne

17.1 Introduksjon

Gass- og kondensatfeltet Skirne ligger om lag 140 kilometer nordvest for Stavanger. Feltet ble oppdaget i 1990 og er bygget ut med to havbunnsbrønner, Skirne og Byggve som er knyttet sammen med en rørledning knyttet til Heimdal gass-senter for prosessering og eksport. Skirnefeltet, med produksjonslisens PL 102, er beliggende i blokk 25/5 øst for Heimdal på 120 meters vanndyp. Skirne ble påvist etter leteboring utført i perioden 1990-91. Produksjonsboring ble utført i 2003 og produksjonen startet i mars 2004. Grunnlagsundersøkelse på feltet ble gjennomført i 2002, og det ble da påvist høyere konsentrasjon av THC og barium på stasjonene nærmest stedet for prøveboringen (Tvedten et al. 2002a). Bunnfaunaen var uforstyrret, men forskjellig fra den som ble identifisert på den tilknyttede regionale stasjonen, og det ble anbefalt å flytte den regionale stasjonen nærmere feltet, trolig for at den skal bli mer representativ for feltet. I 2006 var bare en stasjon kontaminert av andre metaller på Skirne (Botnen et al. 2007).

I Figur 17.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til brønnrammen og i forhold til hverandre.

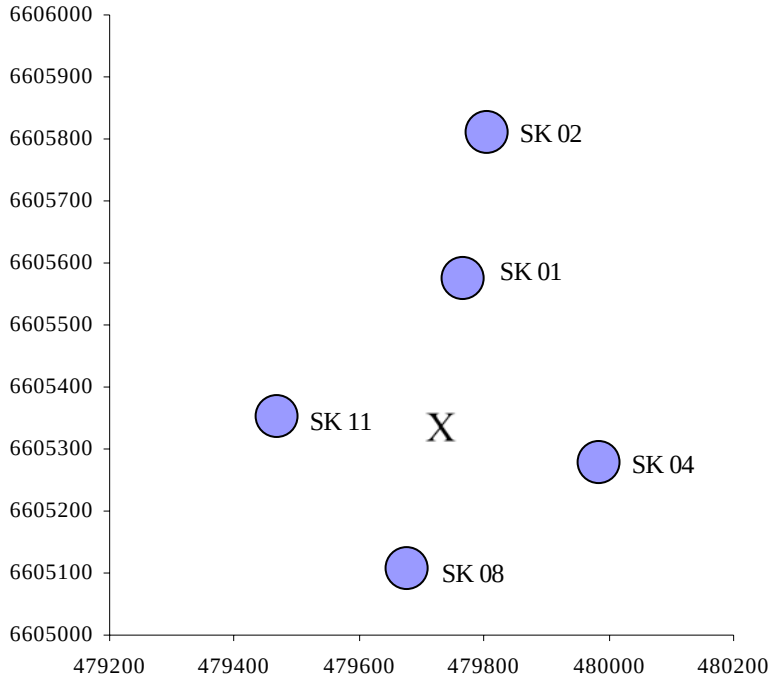
Det er ikke boret på Skirne siden 2003. Utslippshistorikken på Skirne er vist i Tabell 17.1.

I henhold til undersøkelsesprogrammet for 2009 ble det samlet prøver fra fem stasjoner til analyse av kjemi ved Skirne.

Tabell 17.1. Boring og utslipp fra Skirne i perioden 2003 til mai 2009.

Skirne (separate utslipp lagt til Heimdal)	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borede brønner	1	0	0	0	0	0	0
Akutt utslipp (m^3)	0,02	0	0	0	0	0	0

* jan-mai 2009



Stasjon	ED50 UTM sone 31 Ø	N	Avstand (m)/ retning (°)	Dyp (m)
SK01	479766	6605574	250/10	121
SK02	479807	6605810	500/10	121
SK04	479984	6605279	250/100	122
SK08	479678	6605108	250/190	121
SK11	479470	6605353	263/274	122

Figur 17.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Skirne i forhold til brønnrammen (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

17.2 Resultater

17.2.1. Sedimentbeskrivelse

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver til sedimentbeskrivelse.

17.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Skirne i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Skirne benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

17.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 17.2. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 17.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 17.2 vises THC innholdet i 2009 og i Figur 17.3 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 0,5 mg/kg (SK01) til 5,1 mg/kg (SK02). THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Høyest var konsentrasjonen på SK02 som ligger 500 m nord for brønnrammen (Figur 17.3). Konsentrasjonene var omtrent på nivå med det som ble funnet i 2006, bortsett fra SK01, hvor verdiene var noe lavere (Figur 17.2).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det funnet PAH-innhold over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ i det dypeste sjiktet (3-6 cm) ved SK02 (Tabell 17.3). Det ble ikke funnet forhøyede verdier av oljehydrokarboner i de andre sjiktene (0-1 cm og 1-3 cm).

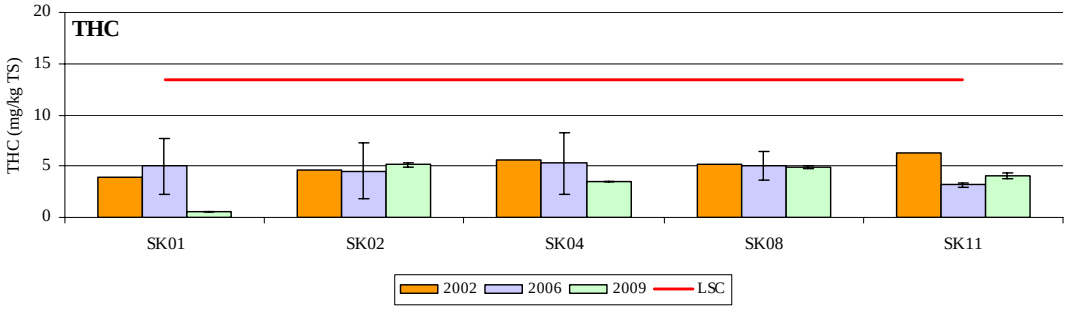
Tabell 17.2. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Skirne i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion sentral 96-09. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
SK01	**0,50**	0,00	0,02	0,001	0,006	0,000
SK02	**5,13**	0,21	0,05	0,003	0,009	0,001
SK04	3,50	0,00	i.a.		i.a.	
SK08	4,87	0,15	i.a.		i.a.	
SK11	4,07	0,31	i.a.		i.a.	
snitt±sd[1]	3,61	1,86	0,03	0,018	0,007	0,002
min-maks[1]	0,50	5,13	0,02	0,046	0,006	0,009
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

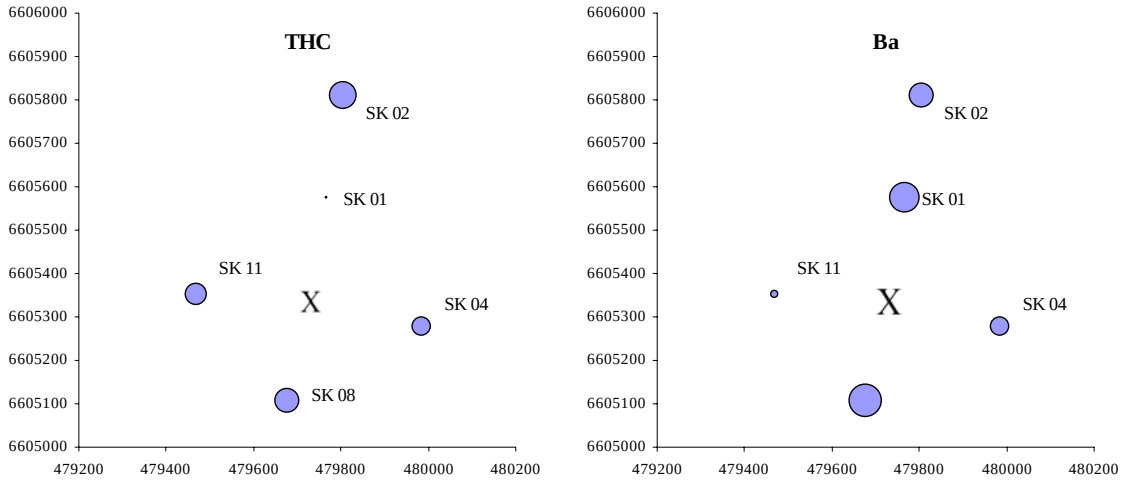
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 17.3. Vertikalfordelingen av THC, PAH og NPD i sedimentet på SK01 og SK02 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
SK01	(0-1cm)	0,50	0,0	0,006
	(1-3cm)	<1,0	0,0	0,006
	(3-6cm)	6,80	0,0	0,014
SK02	(0-1cm)	5,20	0,0	0,011
	(1-3cm)	<1,0	0,0	0,006
	(3-6cm)	<1,0	0,05	0,009



Figur 17.2. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Skirne i 2009. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.



Figur 17.3. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Skirne i 2009. Brønnrammen er markert med x.

17.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 17.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 17.4 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 17.3 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 17.5 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat. Vertikalfordelingen av metaller i sedimentet på BY01 og BY02 i 2009, vises i Tabell 17.5.

Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 96,4 til 304,7 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 1,5 og 2,3 mg/kg. Krom varierte mellom 4,6 og 6,1 mg/kg, sink mellom 9,1 og 11,8 mg/kg, bly mellom 3,0 og 3,7 mg/kg, kadmium forekom i konsentrasjoner fra under 0,015 mg/kg til 0,020 mg/kg. Kvikksølv ble målt til 0,010 mg/kg (Tabell 17.4). Barium med verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ ble registrert i alle vertikalsjiktene ved både SK01 og SK02. I tillegg ble det detektert forhøyede verdier av Sink fra 1-3 og 3-6 cm på SK01 (Tabell 17.5).

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på SK01 (250 m fra brønnrammen mot nord), SK02 (500 m mot nord), SK04 (250 m mot øst) og SK08 (250 m sør) (Tabell 17.4 og Figur 17.5). Prøvene fra SK01, SK02, SK04 og SK08 ble re-analysert 24. februar 2010 for barium, men ingen av de nye resultatene gav verdier under LSC. Konsentrasjonsvariasjonen i sedimentet er imidlertid ofte stor hos barium. De øvrige metallene lå under LSC i 2009. Alle konsentrasjonene av metaller var høyere i 2009 sammenlignet 2006. Unntakene var bly, nivåer omtrent som i 2002 og 2006 og kadmium, hvor konsentrasjonene stort sett var lavere. Barium skilte seg ut med forholdsvis høye verdier, sammenlignet med tidligere år (Figur 17.5 og 17.6).

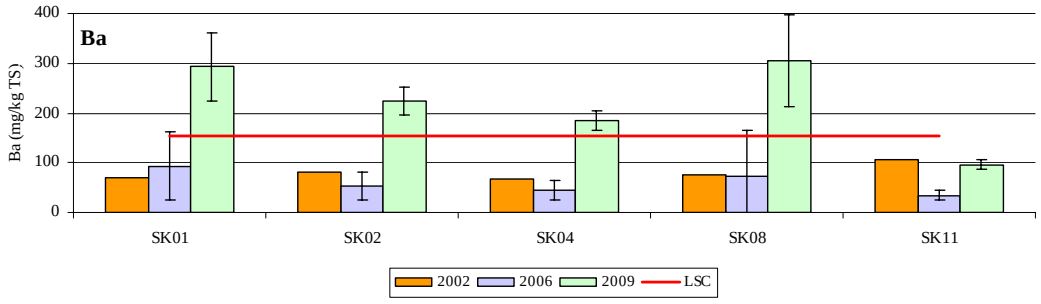
Tabell 17.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Skirne i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
SK01	292,7	68,5	3,6	0,2	0,019	0,004	**2,3**	0,2	**6,1**	0,4	0,010	0,002	**11,8**	1,2
SK02	223,3	28,3	3,4	0,1	**0,015**	0,001	1,8	0,1	5,5	0,2	0,010	0,003	9,5	0,3
SK04	184,0	19,7	**3,0**	0,2	0,017	0,003	**1,5**	0,1	**4,6**	0,3	i.a.	i.a.	**9,1**	0,2
SK08	**304,7**	93,1	**3,7**	0,4	**0,020**	0,001	2,2	0,1	**6,1**	0,4	i.a.	i.a.	10,9	0,6
SK11	**96,4**	9,3	3,4	0,3	**0,015**	0,002	1,8	0,3	4,8	0,5	i.a.	i.a.	9,5	1,0
snitt±sd[1]	220,2±85,2		3,4±0,3		0,017±0,002		1,9±0,3		5,4±0,7		0,010±0,000		10,2±1,2	
min-maks[1]	96,4-304,7		3,0-3,7		0,015-0,020		1,5-2,3		4,6-6,1		0,010-0,010		9,1-11,8	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

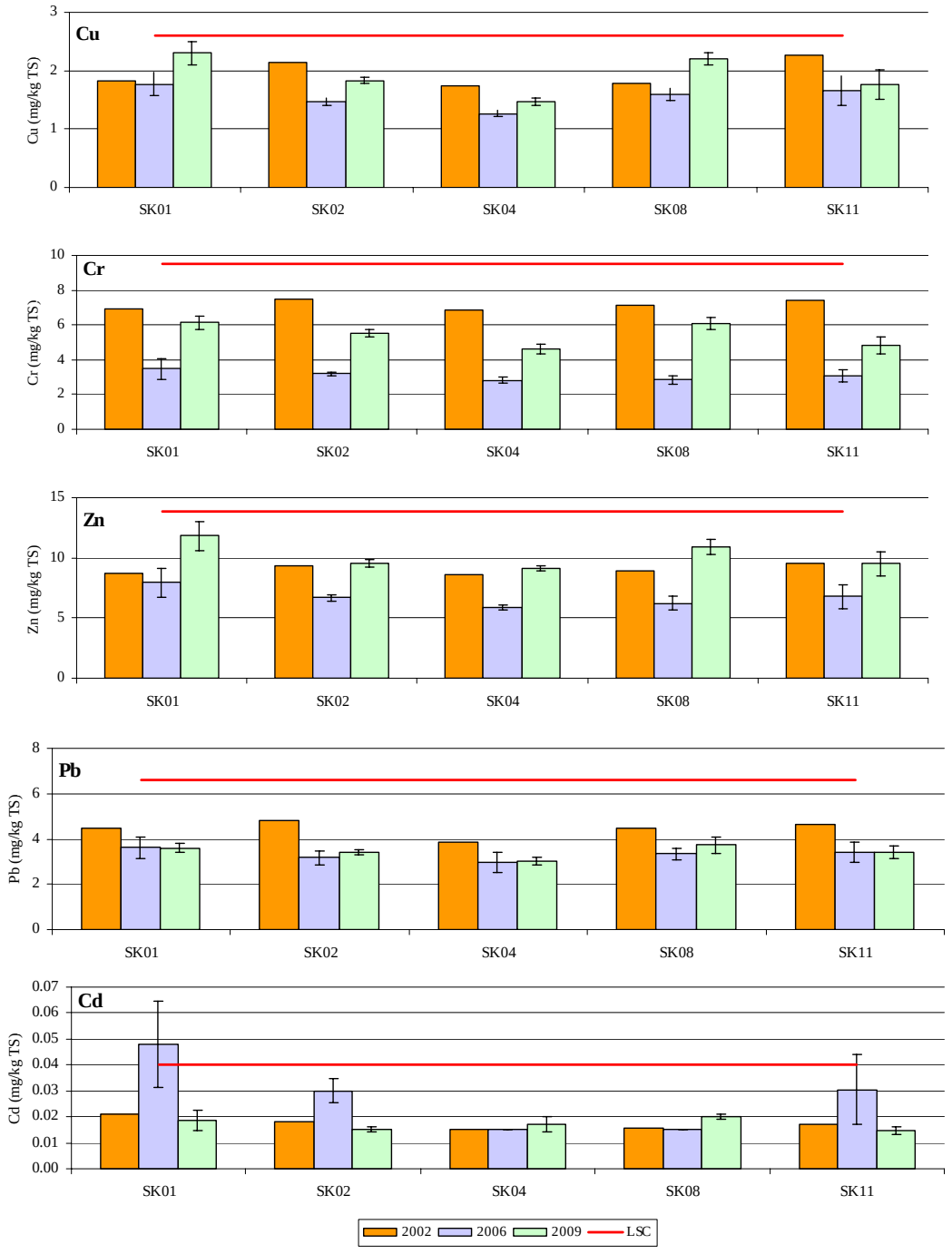
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 17.5. Vertikalfordelingen av metaller (mg/kg tørt sediment) på SK01 og SK02 i 2009.

Stasjon	Sjikt	Ba	Bly	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
SK01	(0-1cm)	216	3.4	0.023	2.5	6.5	0.013	13.1
	(1-3cm)	257	3.2	0.028	2.6	6	0.007	14.9
	(3-6cm)	357	3.8	0.027	2.6	6.1	0.008	14.8
SK02	(0-1cm)	192	3.5	0.016	1.9	5.6	0.013	9.7
	(1-3cm)	243	3.6	0.017	1.8	5.6	0.012	10.7
	(3-6cm)	279	3.6	0.02	1.8	5.6	0.008	10.2



Figur 17.4. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Skirne i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 17.5. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Skirne i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.

17.2.5 Bunnfauna

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver av bunnfauna.

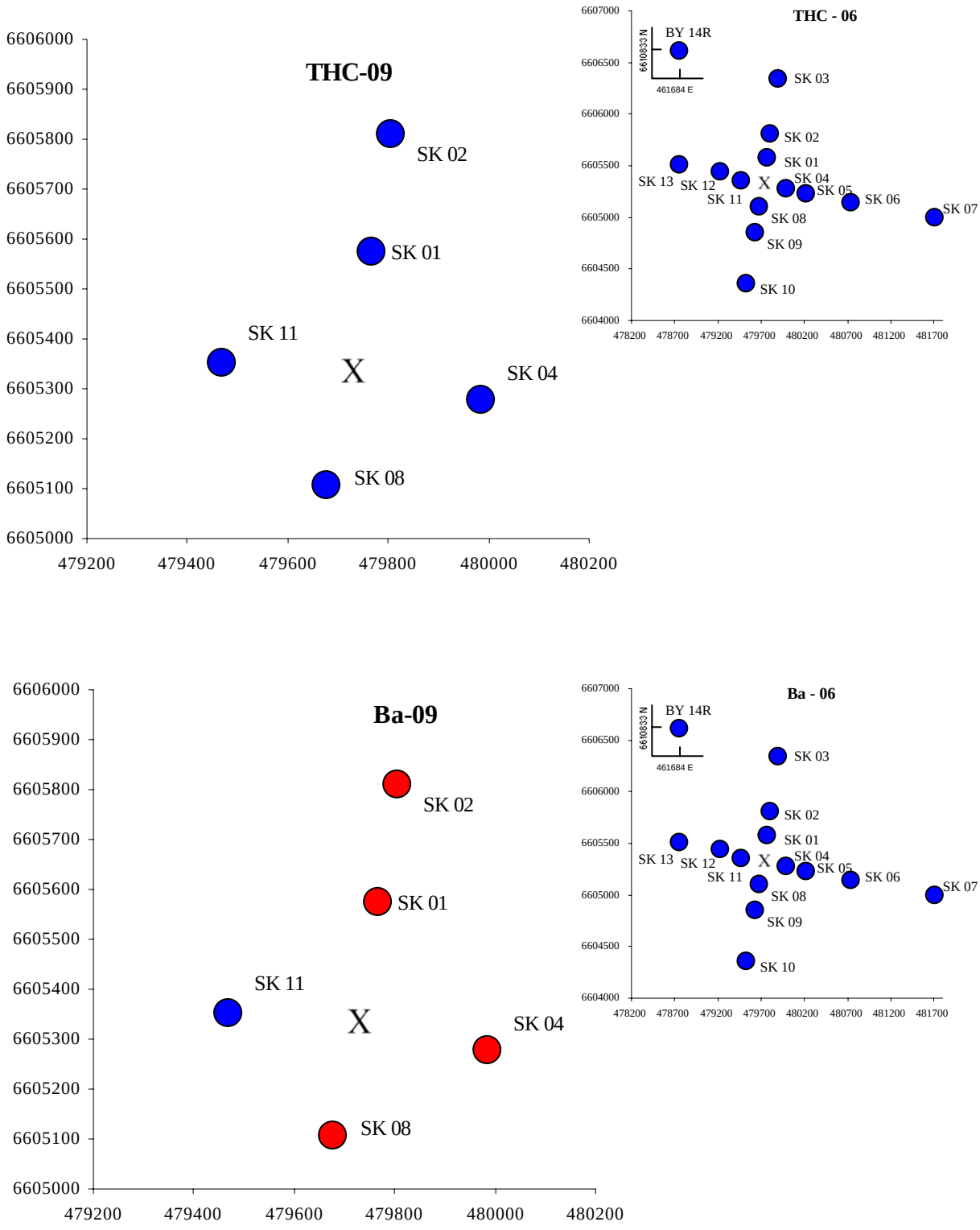
17.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 17.6 og Tabell 17.6. Tabell 17.6 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

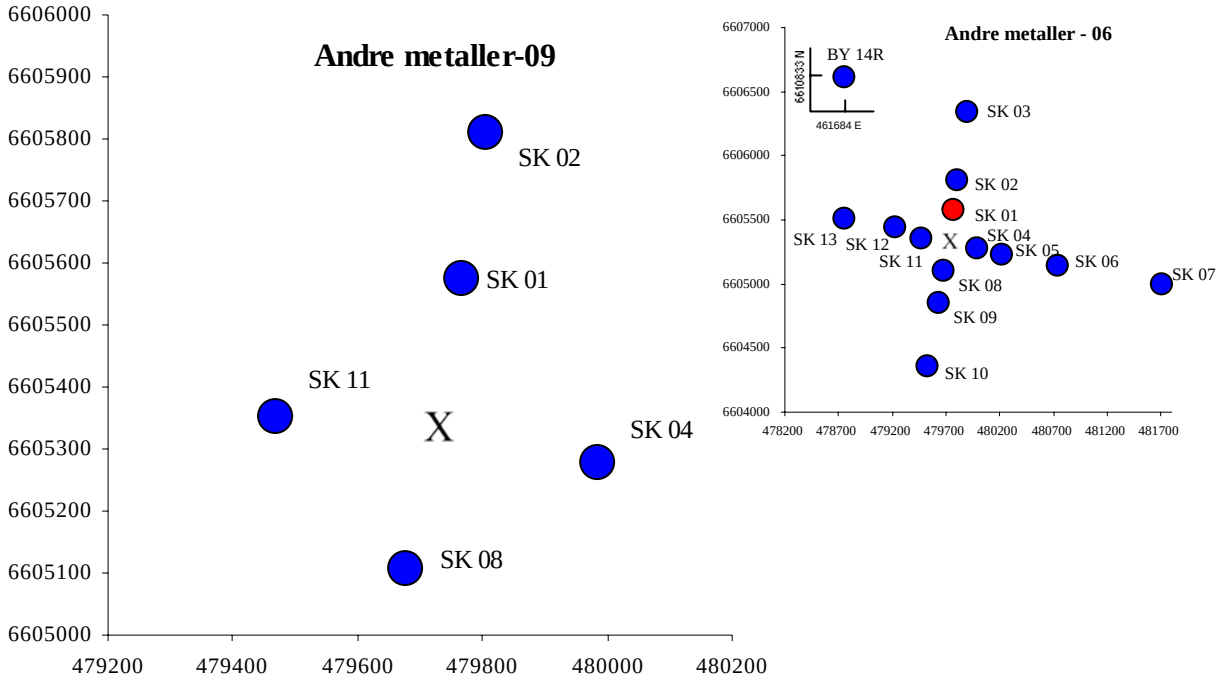
Det beregnede arealet av barium-kontaminert område økte fra 2006 til 2009. Dette skyldes økt innhold på samtlige stasjoner utenom SK11. Derimot er SK01 ikke lenger kontaminert av andre metaller, som den var i 2006.

Tabell 17.6. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal med påvirkning rundt installasjonen i 2009.

Skirne	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²
THC Ba Andre metall	0 0,5 0	0 0,25 0	0 0,25 0	0 0 0	0,00 0,15 0,00	0,00 0,00 0,02



Figur 17.6. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2006, med samme tegnforklaring. Merk færre stasjoner ble undersøkt i 2009.



Figur 17.65 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2006, med samme tegnforklaring. Merk færre stasjoner ble undersøkt i 2009.

17.3 Sammendrag og konklusjon

Skirne ligger i blokk 25/5. Det er ikke boret på feltet siden 2003. Grunnlagsundersøkelse på feltet ble gjennomført i 2002. Produksjonen startet i 2004. THC lå under LSC i alle retninger i 2009 og det var kun mindre endringer i forhold til i 2006. Bariumkonsentrasjonene økte fra 2006 til 2009 og viste kontaminering 500m mot nord og 250m mot vest og sør. De andre metallene var alle under LSC i 2009.

18. Byggve

18.1 Introduksjon

Byggve ligger i blokk 25/5, og er en del av Skirnefeltet (se kapittel 17 i denne rapporten). Det er en undervannsbrønn på feltet. Grunnlagsundersøkelsen ble gjennomført i 2002 uten at det ble påvist kontaminering eller gradienter som kan tilskrives aktiviteten på feltet (Tvedten & al. 2002b). I 2006 var en stasjon kontaminert av barium og en stasjon av andre metall.

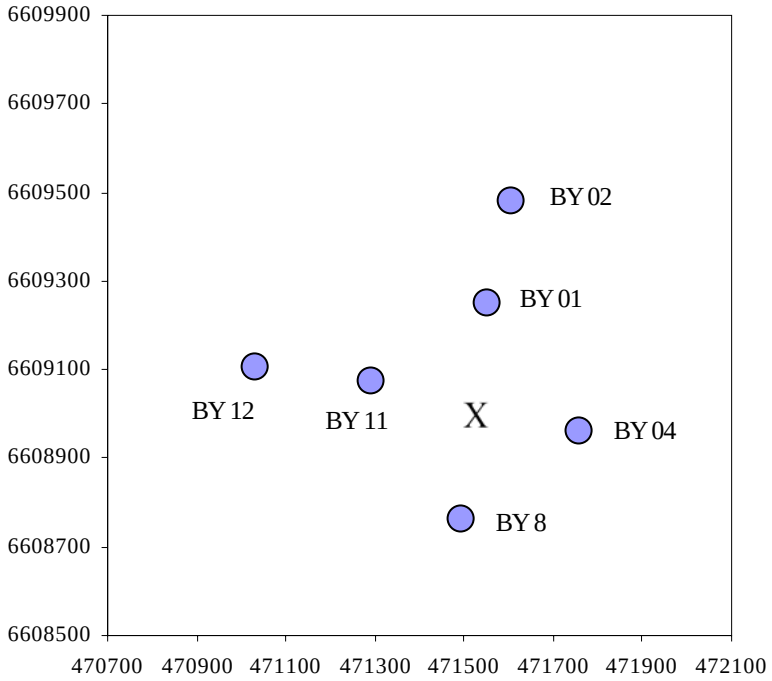
Det er ikke boret på Byggve siden 2003. Opplysninger om utslipp- og boreaktivitet ved Byggve er gitt i Tabell 18.1 (se også kapittel 17 i denne rapporten).

I Figur 18.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til brønnrammen og i forhold til hverandre. I 2006 ble stasjon BY11 ble flyttet 40 m lengre nord på grunn av rørledning.

Tabell 18.1. Boring og utslipp fra Byggve i 2003-2008.

Byggve (separate utslipp lagt til Heimdal)	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Antall borete brønner	1	0	0	0	0	0
Andre utslipp (liter)	0	0	0	0	70*	70*

*Utslipp av Monoetyleneglykol (MEG) under testing. MEG er en grønn-kategori kjemikalie.



Stasjon	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
BY1	471554	6609251	250/10	120
BY2	471605	6609481	500/10	120
BY4	471760	6608962	250/100	121
BY8	471492	6608762	250/190	121
BY11	471291	6609075	250/288	121
BY12	471030	6609106	500/280	120

Figur 18.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Byggve i forhold til brønnrammen (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

18.2 Resultater

18.2.1. Sedimentbeskrivelse

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver til sedimentbeskrivelse.

18.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Byggve i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Byggve benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

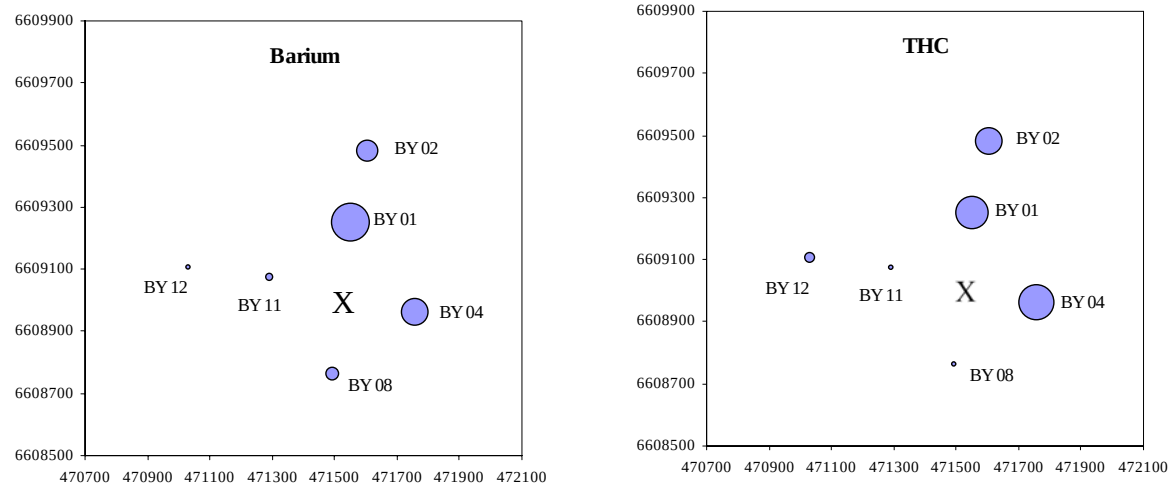
LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

18.2.3. Oljehydrokarboner

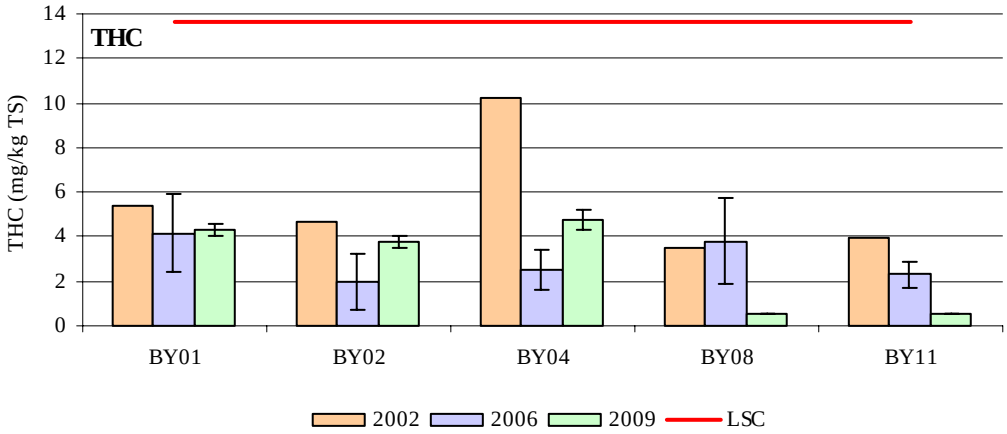
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 18.2. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 18.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 18.2 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009. I Figur 18.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere år.

THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Høyest var konsentrasjonen på BY04 som ligger 250m øst for brønnrammen (Figur 18.2). Konsentrasjonen i 2009 har steget noe på BY02 og BY04 sammenlignet med i 2006, og sunket betraktelig på BY08 og BY11 (Figur 18.2).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det ikke funnet THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ (Tabell 18.3).



Figur 18.2 Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Byggve i 2009. Brønnrammen er markert med x. BY11 og BY08 hadde verdier av THC lavere enn deteksjonsgrensen.



Figur 18.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Byggve i 2009 og tidligere år. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09

Tabell 18.2. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Byggve i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion sentral 96-09. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
BY01	4,3	0,3	0,037	0,005	0,012	0,007
BY02	3,8	0,3	0,065	0,001	0,012	0,001
BY04	**4,8**	0,5	i.a.	-	i.a.	-
BY08	**<1**	0,0	i.a.	-	i.a.	-
BY11	**<1**	0,0	i.a.	-	i.a.	-
BY12	1,7	0,1	i.a.	-	i.a.	-
snitt±sd[1]	2,8±2,1					
min-maks[1]	0,5-4,8		-		-	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 18.3. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på BY01 og BY02 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion sentral 96-09 er skyggelagt.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
BY01	(0-1cm)	4,3	0,032	0,009
	(1-3cm)	4,1	0,031	0,006
	(3-6cm)	4,0	0,030	0,006
BY02	(0-1cm)	4,0	0,065	0,013
	(1-3cm)	3,3	0,066	0,011
	(3-6cm)	3,4	0,066	0,013

18.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 18.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 18.4 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med resultater fra tidligere år, og i Figur 18.3 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 18.5 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat. I Tabell 18.5 vises vertikalforedelingen av metaller i sedimentet på BY01 og BY02 i 2009.

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på alle stasjoner bortsett fra BY11 og viser en betydelig økning fra tidligere år. Prøvene fra BY01, BY02, BY04 og BY08 ble re-analysert 24. februar 2010 for barium, men ingen av de nye resultatene gav verdier under LSC. Konsentrasjonsvariasjonen i sedimentet er imidlertid ofte stor hos barium.. Alle andre metaller var under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Stasjon BY11, som hadde et høye verdier for flere metaller i 2006, hadde konsentrasjoner lå på linje med de øvrige stasjonene i 2009. for øvrig var konsentrasjonene av metaller i 2009 omtrent som i 2006 (Figur 18.5 og Figur 18.6). Barium hadde verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ i alle vertikalsjiktene ved både BY01 og BY02, mens det ikke ble detektert forhøyede verdier av andre metall (Tabell 18.7).

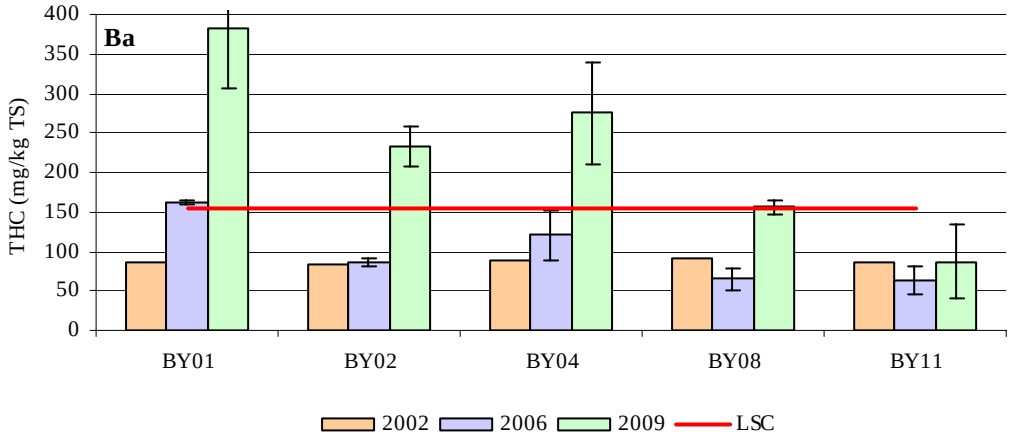
Tabell 18.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Byggve i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
BY01	**382,7**	76,6	3,2	0,5	**0,0203**	0,0015	**1,9**	0,4	**4,5**	0,4	0,011	0,002	9,5	1,1
BY02	232,3	25,1	3,3	0,1	0,0160	0,0017	**1,9**	0,3	**4,5**	0,2	0,008	0,001	**9,2**	0,3
BY04	275,3	64,0	3,2	0,3	0,0163	0,0015	**1,8**	0,2	**4,5**	0,4	i.a.	-	**9,2**	0,9
BY08	156,0	9,5	**3,6**	0,4	0,0167	0,0006	**1,9**	0,3	**4,8**	0,4	i.a.	-	**10,3**	1,9
BY11	86,6	46,6	**3,0**	1,0	0,0170	0,0044	**1,8**	0,4	4,7	0,3	i.a.	-	9,5	1,3
BY12	**67,7**	8,3	3,4	0,3	**0,0150**	0,0010								
snitt±sd[1]	200,1±120,3		3,3±0,2		0,0169± 0,018		1,8±0,1		4,6±0,2		0,010±0,002		9,5±0,4	
min-maks[1]	67,7-382,7		3,0-3,6		0,0250-0,0203		1,8-4,9		4,5-4,8		0,008-0,011		9,2-10,3	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

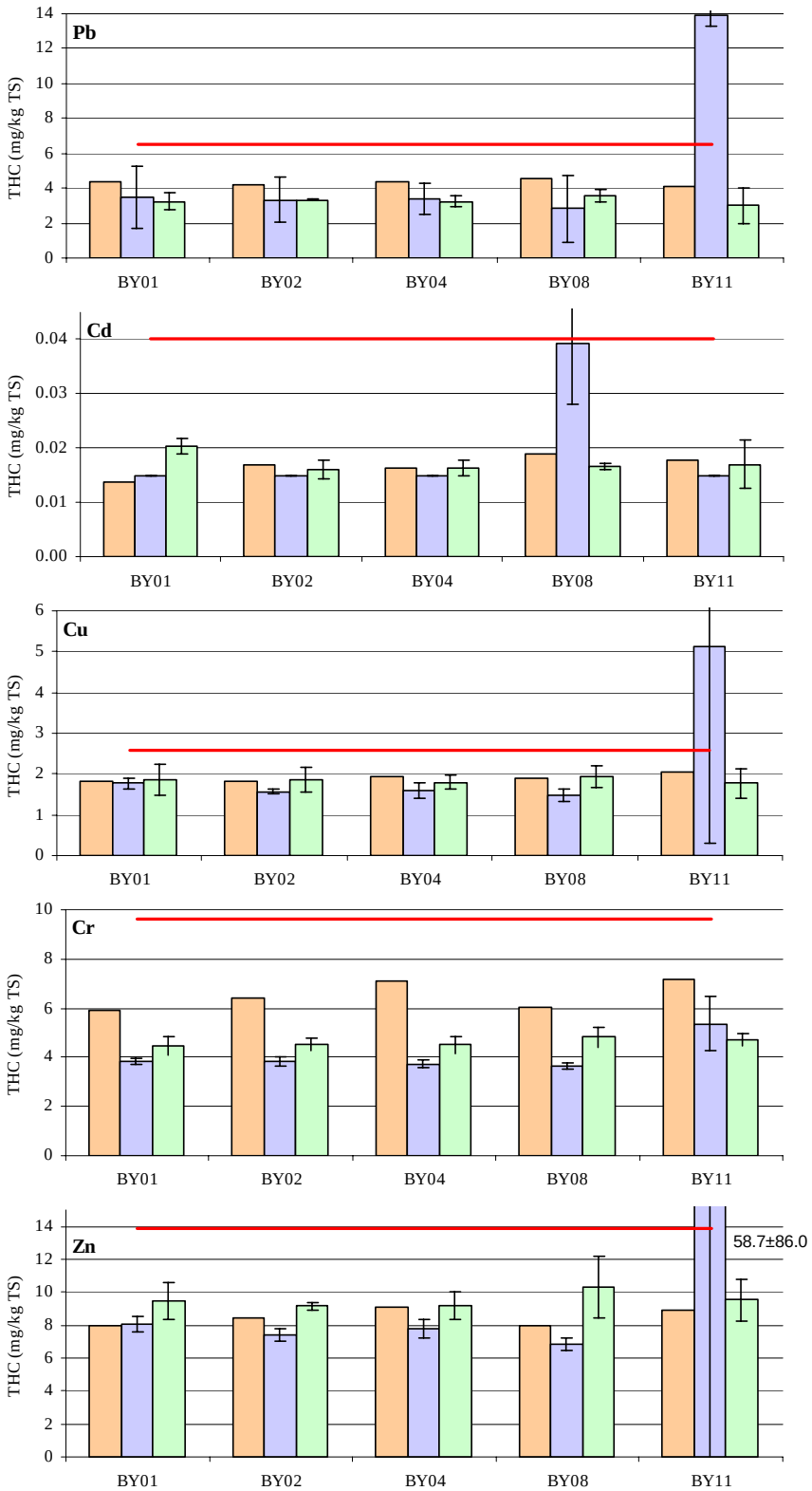
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 18.5. Vertikalfordelingen av metaller (mg/kg tørt sediment) på BY01 og BY02 i 2009. Alle verdier er presentert i mg/kg tørt sediment og skyggelagt over LSC Subregion sentral 96-09.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
BY01	(0-1cm)	343,0	2,8	0,019	1,6	4,1	0,013	8,4
	(1-3cm)	418,0	3,1	0,019	1,7	4,5	0,010	9,1
	(3-6cm)	520,0	3,9	0,023	2,0	4,8	0,008	11,0
BY02	(0-1cm)	226,0	3,4	0,015	1,6	4,4	0,007	8,9
	(1-3cm)	293,0	3,3	0,022	1,7	4,5	0,007	8,9
	(3-6cm)	268,0	3,8	0,023	2,3	4,4	0,008	9,4



Figur 18.4. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Byggve i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.



Figur 18.5. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Byggve i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. På stasjoner hvor konsentrasjonen av kadmium var lavere enn deteksjonsgrensen, viser søylen halve deteksjonsgrensen.

18.2.5 Bunnfauna

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver av bunnfauna.

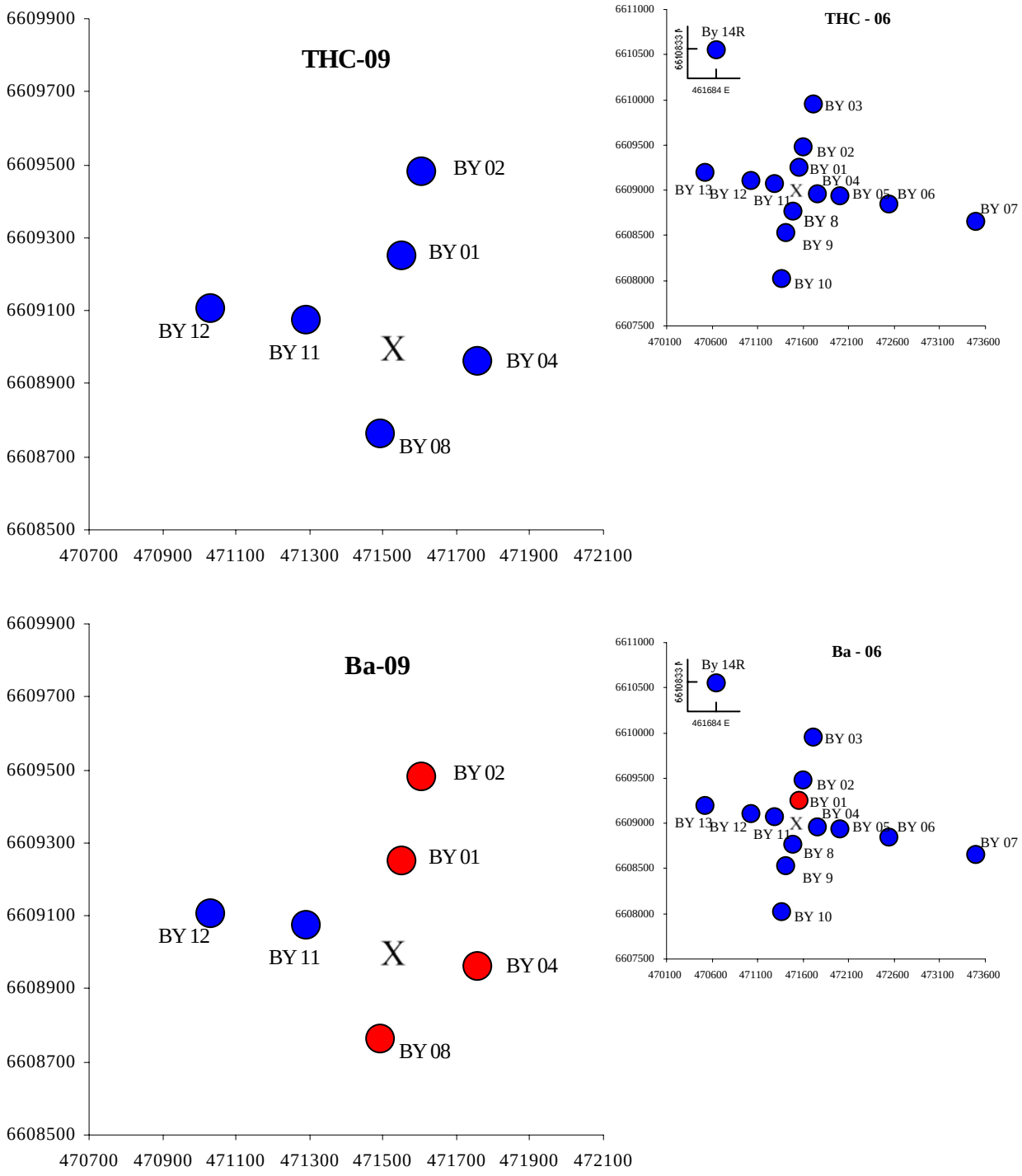
18.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 18.6 og Tabell 18.6. Tabell 18.6 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

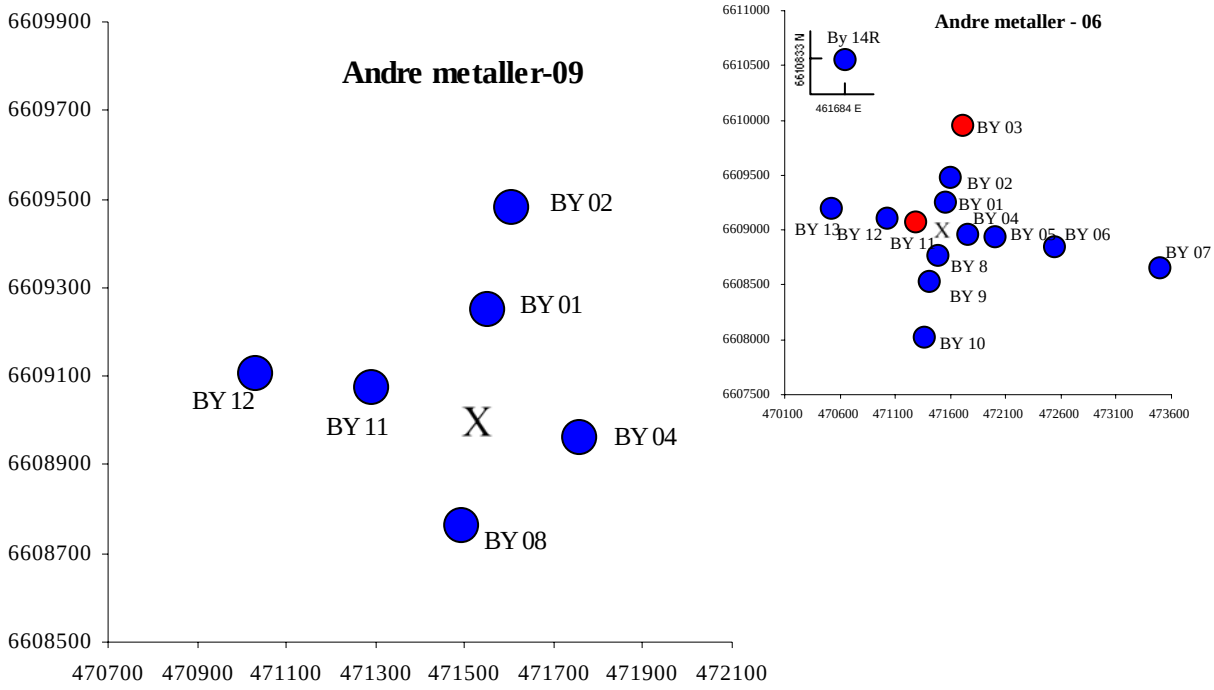
Tabell 18.6. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009.

Byggve	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²
THC	0	0	0	0	0,00	0,00
Ba	500	250	250	0	0,15	0,02
Andre metall	0	0	0	0	0,00	0,02

Beregnet kontaminert areal av barium økte fra 0,02 km^2 i 2006, til 0,15 km^2 i 2009. Annen kontaminering ble ikke påvist i 2009.



Figur 18.6. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-06}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-06}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.



Figur 18.6 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figur fra undersøkelsen i 2006, med samme tegnforklaring. Merk at det er forskjell i antall stasjoner mellom årene.

18.3 Sammendrag og konklusjon

Det er ikke boret på Byggve siden 2003. Undersøkelsen i 2009 er den andre overvåkingsundersøkelsen på Byggve. I 2009 inngikk ikke undersøkelser av bunnsediment og biologi. Det ble ikke påvist kontaminering i noen retninger av THC i 2009. Konsentrasjonene av barium viste en økning i forhold til i 2006 og var kontaminert ut til 500 mot nord og 250 m mot vest og sør. Konsentrasjonene av kadmium på BY08 og bly kobber og sink på BY11 sank betydelig fra 2006 til 2009.

19. Heimdal

19.1 Introduksjon

Heimdal ligger i blokk 25/4. Produksjonen på feltet startet i desember 1985. Miljøforholdene rundt plattformen ble undersøkt i forbindelse med regionale undersøkelser i 1997 (Mannvik et. al. 1998), 2000 (Mannvik et. al. 2001), 2003 (Botnen et. al. 2004) og i 2006 (Botnen et. al. 2007).

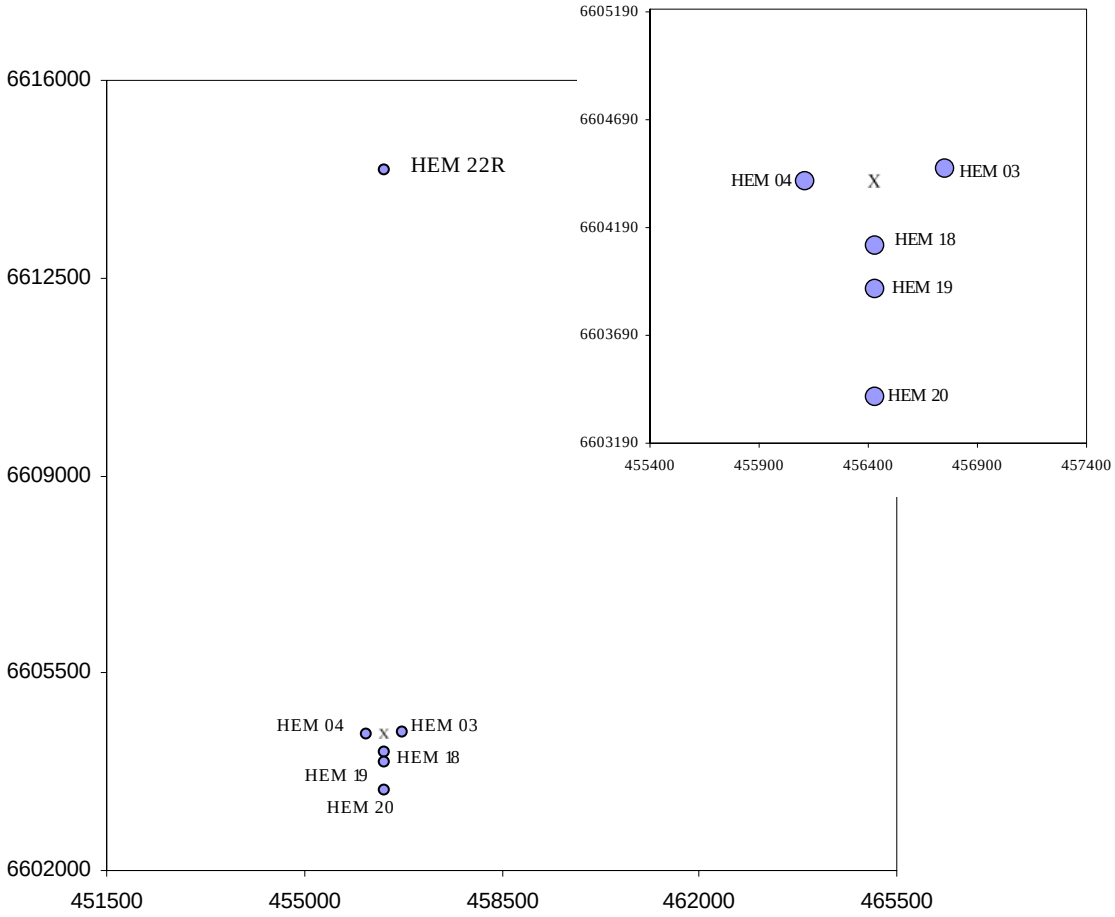
Det har ikke være boreaktivitet på feltet på mange år og bare små utslipp (Tabell 19.1). Miljøforholdene har gradvis blitt bedre, og i 2006 ble det ikke registrert noen forstyrrelse av bunnfauna. Flere av stasjonene fikk imidlertid påvist kontaminering av metall.

På grunn av installasjoner på sjøbunnen ble plasseringen av stasjonene rundt plattformen endret i 2003. I 2006 ble HEM02 og HEM03 flyttet henholdsvis 25 og 30 meter på grunn av nye undervannsinstallasjoner.

Tabell 19.1. Utslipp fra Heimdal mellom 2002 og 2009.

Heimdal, Vale, Skirne and Byggve	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	0	0	0	0	0	0	0	0
Baritt, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Borekaks, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Oljebasert borevæske, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Syntetisk boreslamt, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Sementeringskjemikalier, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Kompletteringskjemikalier, tonn	0	0	0	0	0	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	-	0,1	0,1	0,1	0,36	0,25	0,26	0,018
Akutt utslipp, liter	-	431	46301	308	33	150	2	0,005

* jan-mai 2009



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	retning (°)	(m)
HEM-03	456754	6604458	300/80	121
HEM-04	456110	6604401	320/270	123
HEM-18	456430	6604101	300/180	123
HEM-19	456430	6603901	500/180	124
HEM-20	456430	6603401	1000/180	124
HEM-22R	456430	6614401	10000/360	122

Figur 19.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Heimdal i forhold til plattformen (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

19.2 Resultater

19.2.1. Sedimentbeskrivelse

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver til sedimentbeskrivelse.

19.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Heimdal i 2009

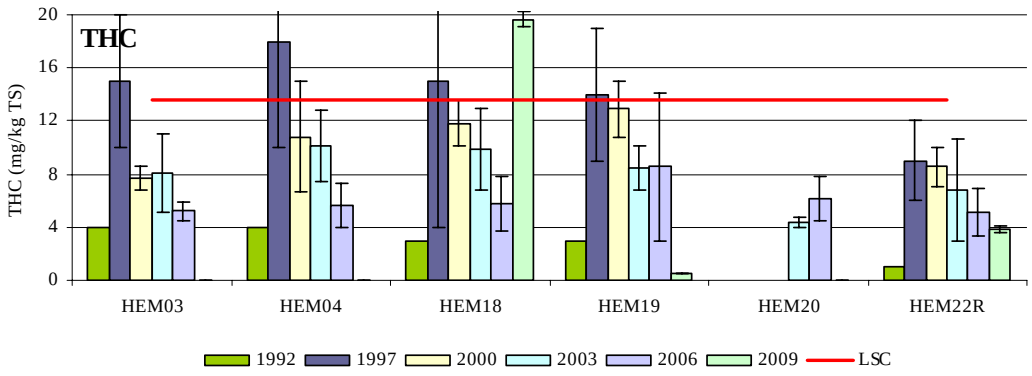
Resultatet fra LSC beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Heimdal benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

19.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 19.2. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 19.2 vises THC innholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 19.3 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ for HEM18 (Tabell 19.2) som dermed viser en sterk økning i verdi sammenlignet med tidligere år, men bortsett fra denne er det generell nedgang i THC konsentrasjon for de andre stasjonene (Figur 19.2). Også NPD ble påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ for HEM18 (Tabell 19.2). Dette stemmer overens med observasjoner av olje på HEM18.

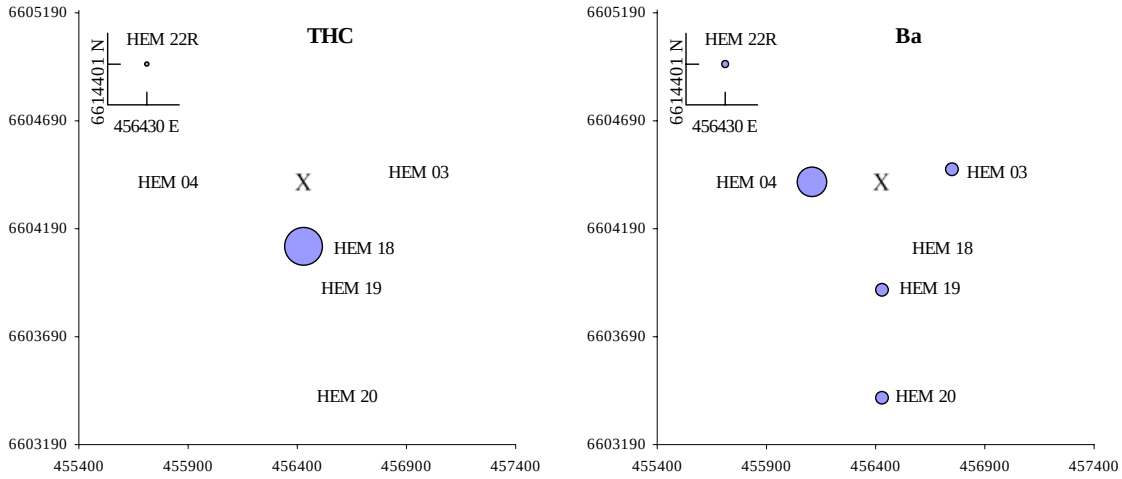


Figur 19.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Heimdal frem til 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.

Tabell 19.2. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Heimdal i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
HEM03	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
HEM04	i.a	-	i.a	-	i.a	-
HEM18	**19,7**	0,6	**0,046**	0,002	**0,036**	0,016
HEM19	**<1,0**	0,0	**0,029**	0,003	**0,008**	0,001
HEM20	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
HEM22R	3,8	0,2	0,036	0,001	0,007	0,001
snitt±sd[1]	10,1±13,6		0,038±0,012		0,02±0,02	
min-maks[1]	0,5-19,7		0,029-0,046		0,08-0,036	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen HEM22R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 19.3. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Heimdal i 2009. Plattformen er markert med x.

19.2.4 Metaller

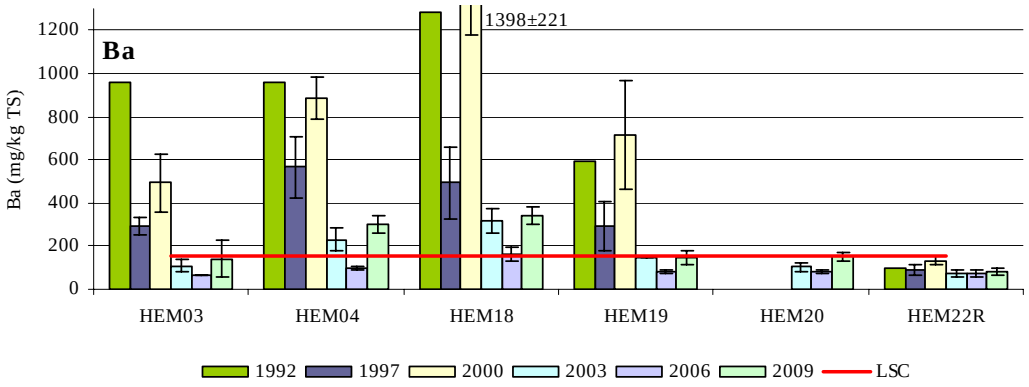
Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 19.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 19.4 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med tidligere resultater og i Figur 19.3 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 19.5 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med tidligere resultat.

Flere metaller ble påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-06}}$ for HEM04 (Ba, Cu og Zn) og HEM08 (Ba, Pb, Cu og Zn) (Tabell 19.3). Barium viser generelt høye verdier og en stigning sammenlignet med 2006 (Figur 19.4). Hvis vi ser bort i fra de høye konsentrasjonene for HEM04 og HEM08 som nevnt over er det en generell stabilisering eller nedgang i konsentrasjonene for Pb, Cd, Cu og Zn (Figur 19.5).

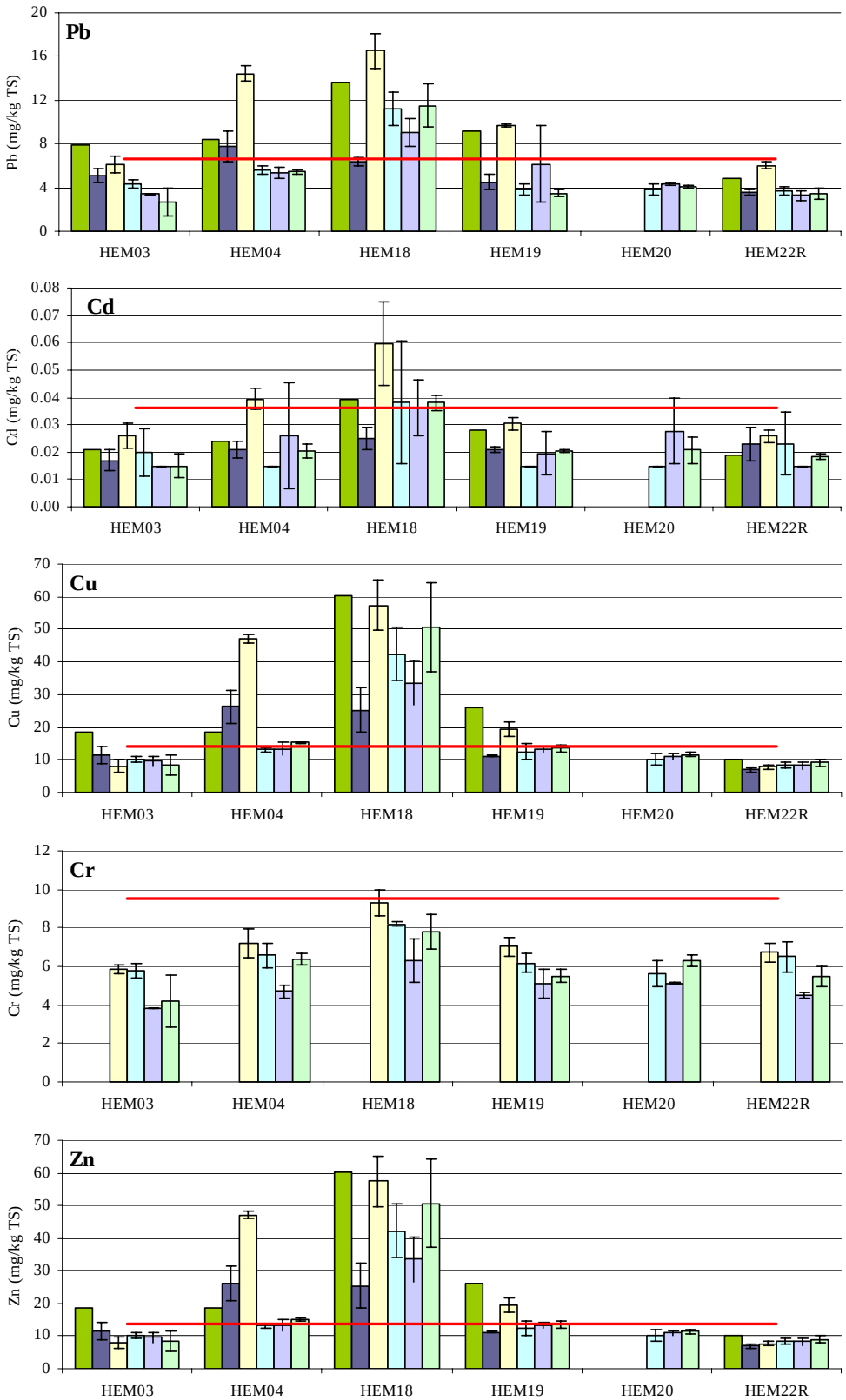
Tabell 19.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Heimdal i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
HEM03	**142,0**	88,0	**2,7**	1,3	**0,015**	0,004	**1,4**	0,6	**4,2**	1,4	i.a.	-	**8,4**	3,2
HEM04	297,3	40,2	5,4	0,2	0,020	0,003	3,4	0,5	6,4	0,3	i.a.	-	15,2	0,4
HEM18	**340,3**	41,8	**11,5**	2,0	**0,038**	0,003	**10,0**	3,0	**7,8**	0,9	**0,009**	0,001	**50,7**	13,7
HEM19	147,3	32,7	3,5	0,4	0,020	0,001	2,6	0,2	5,5	0,4	**0,009**	0,001	13,5	1,2
HEM20	151,3	19,1	4,1	0,2	0,021	0,005	2,4	0,2	6,3	0,3	i.a.	-	11,5	0,7
HEM22R	80,2	17,2	3,4	0,5	0,018	0,001	1,9	0,3	5,5	0,5	0,010	0,002	9,0	1,2
snitt±sd[1]	215,7±95,4		5,4±3,5		0,0237±0,009		4,0±3,4		6,0±1,3		-		19,9±17,4	
min-maks[1]	142,0-340,3		2,7-11,5		0,015-0,038		1,4-10,0		4,2-7,8		-		8,4-50,7	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene. den tilknyttede regionale stasjonen HEM22R er utelatt.
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 19.4. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Heimdal i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 19.5. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Heimdal i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09. På stasjoner hvor konsentrasjonen av kadmium var lavere enn deteksjonsgrensen, viser søylen halv deteksjonsgrense.

19.2.5 Bunnfauna

I henhold til programmet for 2009 ble det ikke samlet prøver av bunnfauna.

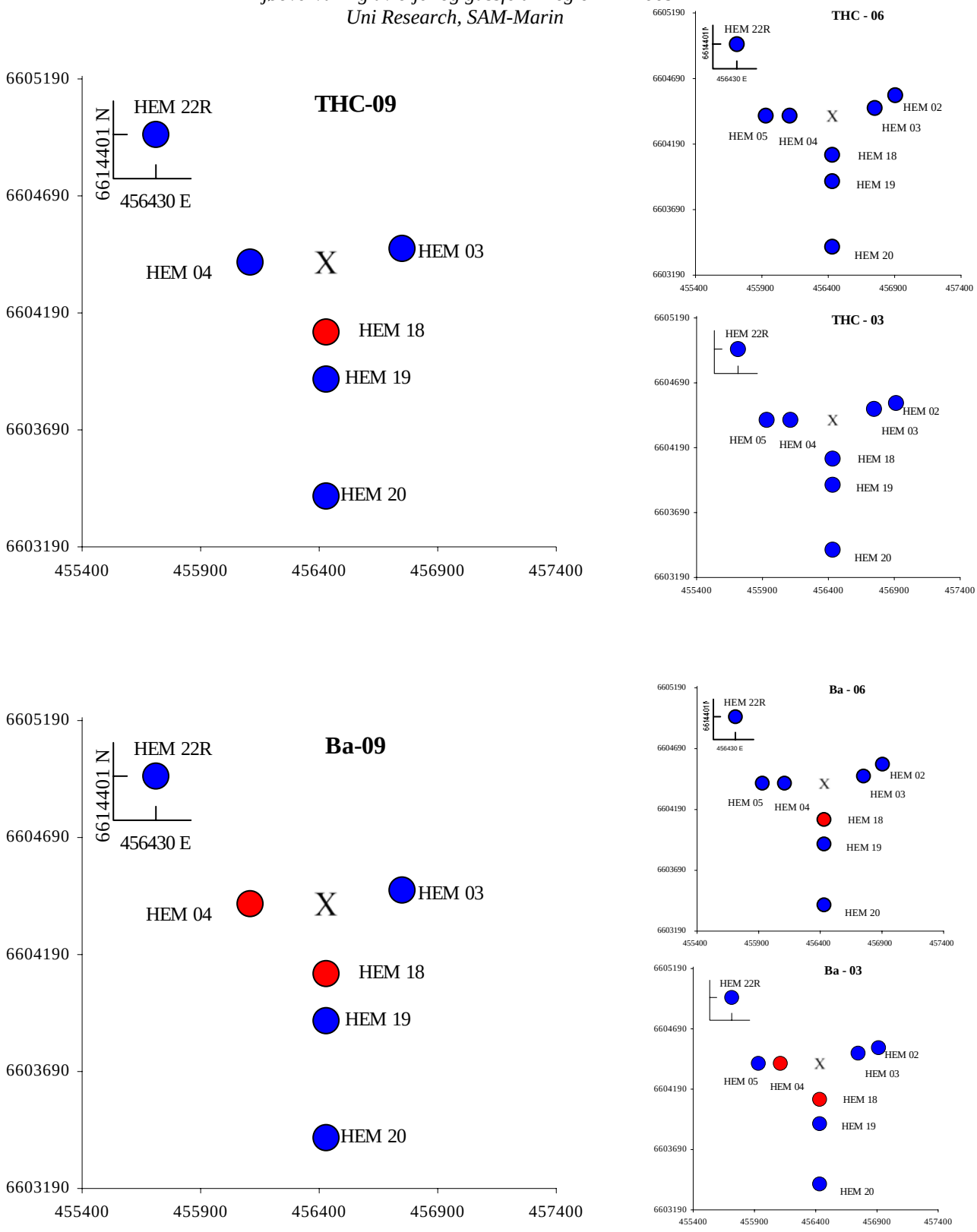
19.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 19.6 og Tabell 19.4. Tabell 19.4 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

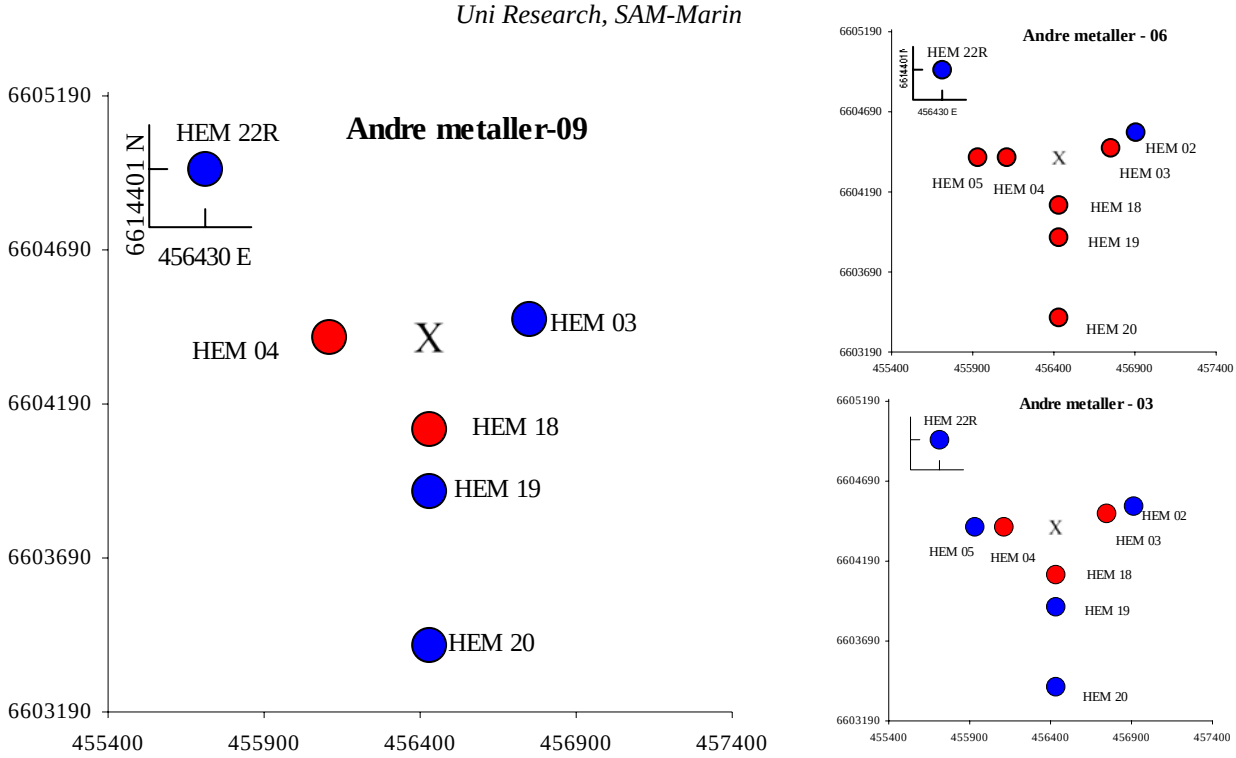
Tabell 19.4. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC i 2009, samt beregnet areal med påvirking rundt installasjonen fra 1997 til 2009. Merk at avstandene til stasjonene nærmest installasjonen er henholdsvis 300 m mot øst, 300 m mot sør og 320 m mot vest. Det var ingen stasjoner mot nord. Ettersom THC-kontaminering kun ble funnet mot sør, er halve distansen mot øst tatt med i arealberegningen for THC.

Heimdal	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²	2006 km²	2003 km²	2000 km²	1997 km²
THC	-	0	300	0	0,035	0,00	0,00	0,12	0,25
Ba	-	0	300	320	0,075	0,06	0,08	0,43	0,25
Andre metall	-	0	300	320	0,075	0,63	0,15	0,29	0,25
Fauna	-	-	-	-	-	0,00	0,05	0,18	0,11

THC kontaminering ut mot 300 m i sørlig retning i 2009. Kontamineringen av barium dekket i 2009 et like stort areal som i 2003, etter en nedgang i 2006. Av andre metaller var kontaminert areal mindre i 2009 sammenlignet med 2006 (Tabell 19.4).



Figur 19.6. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006 med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.



Figur 19.6 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Innfelt i øverste venstre hjørne sees status for den tilknyttede regionale stasjonen. Innfelt på høyre side av hver figur sees tilsvarende figurer fra undersøkelsen i 2003 og 2006, med samme tegnforklaring. Merk at antall stasjoner varierer mellom årene.

19.3 Sammendrag og konklusjon

Det har ikke vært boreaktivitet ved Heimdal på flere år og kun rapportert mindre utslipp fra driften. Undersøkelser av bunnsediment og biologi inngikk ikke i undersøkelsen i 2009. Fra 2006 til 2009 økte THC-konsentrasjonen på HEM18 med konsentrasjoner over LSC, mens det sank på HEM19. Sedimentet viste kontaminering for barium og andre metaller på stasjonene 320 m mot nordøst og 300 m mot sør. Areal med kontaminering økte for THC og barium og sank for andre metaller fra 2006 til 2009.

20. Volve

20.1 Introduksjon

Volve ligger omlag 200 km vest for Stavanger i den sørlige delen av norsk sokkel og startet produksjonen i februar 2008.

Oljen fra feltet produseres fra en oppjekkbar plattform. Gassen sendes til den Statoil-opererte Sleipner A-plattformen for sluttprosessering og eksport. Feltet forventes å produsere i fire til fem år. Utvinnbare reserver er beregnet til 78,6 millioner fat olje og halvannen milliard kubikkmeter gass.

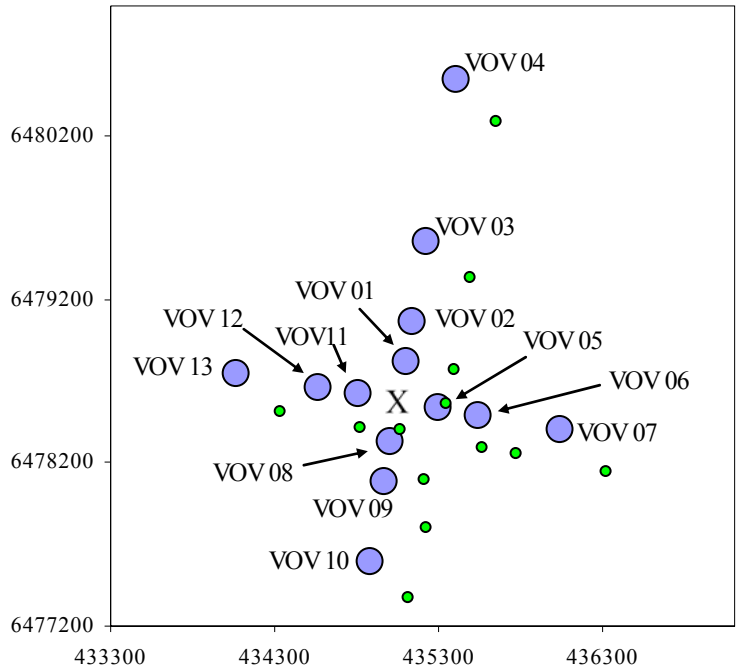
Siden 2007 er det boret 17 brønner på Volve. Utslippshistorikken på Volve vises i Tabell 20.1, og i Figur 20.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre. Grunnlagsundersøkelsen ble utført på Volve i 2002 (Eriksen et. al. 2003).

Det ble i 2002 gjennomført en grunnlagsundersøkelse ved Volve, men posisjonsnettet i 2009 er noe forskjøvet i forhold til dette. Stasjonene er derfor ikke direkte sammenlignbare, men tas med i enkelte figurer for å gi et inntrykk av miljøet før petroleumsaktivitet.

Tabell 20.1. Boring og utslipp på Volve mellom 2007 og mai 2009.

Volve	**2007**	**2008**	**2009***
Antall borete brønner	8	5	4
Baritt, tonn	2834	111	179,90
Borekaks, tonn	6570	588	1345,55
Oljebasert borevæske, tonn	0	0	0
Syntetisk boreslamt, tonn	0	0	0
Vannbasert boreslam, tonn	13441	644	1961,1
Sementeringskjemikalier, tonn	214	0,99	41,11
Kompletteringskjemikalier, tonn	0	0	0
Olje i produsert vann, tonn	0,02	0,001	1,23
Akutt utslipp, (m^3)	0	0,13	0,01

* jan-mai 2009



Stasjon	ED50 UTM sone 31 Ø	N	Avstand (m)/ Retning (°)	Dyp (m)	Stasjon	ED50 UTM sone 31 Ø	N	Avstand (m)/ Retning (°)	Dyp (m)
VOV1	435097	6478820	250/10	94	**Vol-1-02**	435341	6478561	250/10	88
VOV2	435141	6479066	500/10	94	**Vol-2-02**	435391	6478768	500/10	88
VOV3	435228	6479559	1000/10	94	**Vol-3-02**	435495	6479330	1000/10	88
VOV4	435401	6480544	2000/10	95	**Vol-4-02**	435652	6480289	2000/10	90
VOV5	435300	6478531	250/100	93	**Vol-5-02**	435562	6478287	250/100	89
VOV6	435546	6478487	500/100	92	**Vol-6-02**	435771	6478252	500/100	87
VOV7	436039	6478400	1000/100	90	**Vol-7-02**	436320	6478148	1000/100	85
VOV8	435011	6478328	250/190	93	**Vol-8-02**	435215	6478091	250/190	88
VOV9	434967	6478082	500/190	93	**Vol-9-02**	435229	6477805	500/190	87
VOV10	434880	6477589	1000/190	93	**Vol-10-02**	435118	6477368	1000/190	87
VOV11	434808	6478617	250/280	94	**Vol-11-02**	435061	6478400	250/280	90
VOV12	434562	6478661	500/280	95	**Vol-12-02**	434817	6478412	500/280	90
VOV13	434069	6478748	1000/280	96	**Vol-13-02**	434336	6478510	1000/280	85

Figur 20.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Volve i 2009 (merket VOV-stasjoner og merket med blå sirkler), og stasjonskoordinater fra grunnlagsundersøkelse på Volve i 2002 (kalt VOL-stasjoner i 2002 og merket med grønne sirkler), i forhold til feltsenteret (x). (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

20.2 Resultater

20.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 20.2. I Figur 20.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median presentert. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

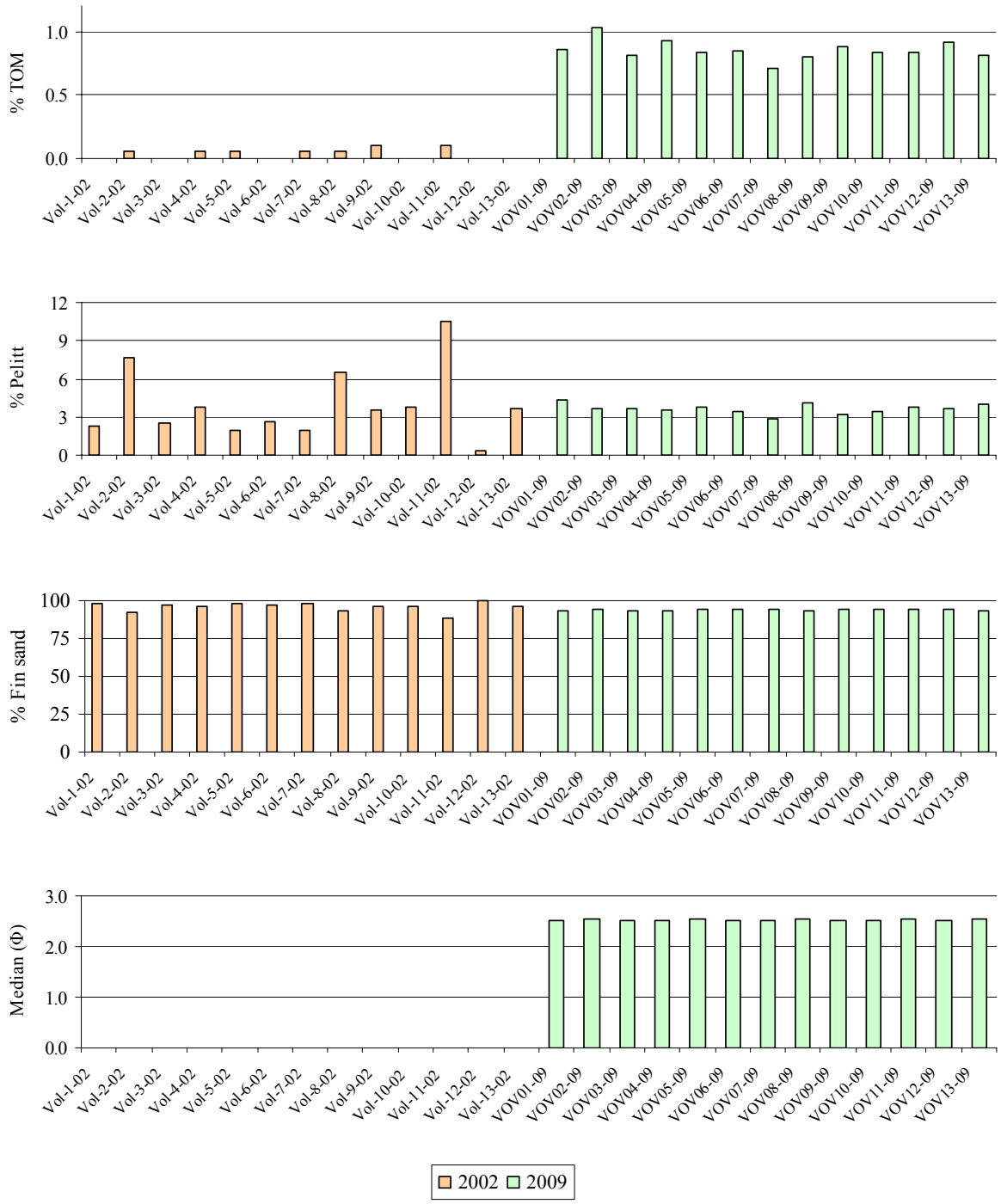
Sedimentet på Volve hadde et TOM-innhold fra 0,71 % til 1,03 %. Sandinnholdet varierte fra 95,65 % til 97,16 % og pelittinnholdet varierte mellom 2,84 % og 4,31 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,52 og 2,54.

VOV-stasjonene og VOL-stasjonene er ikke direkte sammenliknbare (Figur 20.2). TOM var generelt høyere i 2009 enn i 2002, mens innholdet av fin sand er omtrent på samme nivå.

Tabell 20.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Volve i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet og for den grunne subregionen, som Volve tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
VOV-1	0,86	0,03	**95,65**	**4,31**	2,53	**0,46**	**0,22**	**1,30**
VOV-2	**1,03**	0,04	96,24	3,71	**2,54**	**0,46**	0,21	1,26
VOV-3	0,81	0,02	96,38	3,61	2,52	0,43	0,18	1,16
VOV-4	0,93	0,00	96,43	3,57	2,53	0,44	0,19	1,20
VOV-5	0,83	0,04	96,20	3,76	2,53	0,44	0,20	1,23
VOV-6	0,85	0,00	96,59	3,41	2,52	0,41	0,17	1,11
VOV-7	**0,71**	0,00	**97,16**	**2,84**	2,52	**0,39**	**0,13**	**0,99**
VOV-8	0,80	0,01	95,88	4,12	2,53	0,45	0,21	1,28
VOV-9	0,88	0,02	96,76	3,22	2,52	0,40	0,15	1,06
VOV-10	0,83	0,01	96,56	3,43	2,53	0,43	0,18	1,17
VOV-11	0,84	0,00	96,27	3,73	2,53	0,45	0,20	1,24
VOV-12	0,92	**0,32**	96,08	3,60	2,53	0,43	0,19	1,17
VOV-13	0,81	0,00	95,99	4,01	2,53	**0,46**	0,21	1,27
snitt[1]	0,85	0,04	96,32	3,64	2,53	0,43	0,19	1,19
sd[1]	0,08	0,09	0,39	0,38	0,01	0,02	0,03	0,09
min[1]	0,71	0,00	95,65	2,84	2,52	0,39	0,13	0,99
maks[1]	1,03	0,32	97,16	4,31	2,54	0,46	0,22	1,30
snitt[2]	0,81	0,11	96,41	3,49	2,53	0,42	0,17	1,15
sd[2]	0,11	0,19	0,65	0,59	0,01	0,03	0,04	0,14
min[2]	0,71	0,00	95,99	2,84	2,52	0,39	0,13	0,99
maks[2]	0,92	0,32	97,16	4,01	2,53	0,46	0,21	1,27

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 20.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Volve 2009 (VOV) og fra grunnlagsundersøkelsen i 2002 (Vol).

20.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Volve i 2009

Resultatet fra LSC beregningene er presentert i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. På bakgrunn av vanndyp og kornfordeling Volve lå nærmest den grunne regionen. I teksten og figurene som omhandler Volve benyttes LSC for den grunne subregionen (LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$	6,9	0,02	0,02	1,0	9,8	10,4	16,7	6,3	0,02	0,01

20.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 20.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 20.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 20.3 vises THC innholdet i 2009, sammen med resultater fra grunnlagsundersøkelsen i 2002. I Figur 20.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

Tabell 20.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD med standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Volve i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den grunne subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
VOV01	**19,00**	0,00	i.a.		i.a.	
VOV02	8,50	0,17	i.a.		i.a.	
VOV03	7,77	0,31	i.a.		i.a.	
VOV04	5,17	0,42	i.a.		i.a.	
VOV05	4,47	0,16	i.a.		i.a.	
VOV06	5,63	0,15	i.a.		i.a.	
VOV07	**3,13**	0,23	i.a.		i.a.	
VOV08	3,80	0,40	**0,015**	0,002	**0,006**	0,000
VOV09	6,53	0,32	**0,013**	0,002	**0,006**	0,000
VOV10	6,77	0,12	i.a.		i.a.	
VOV11	8,40	0,20	i.a.		i.a.	
VOV12	4,20	0,20	i.a.		i.a.	
VOV13	4,40	0,56	i.a.		i.a.	
snitt±sd[1]	6,8±4,1		0,01±0,00		0,01±0,00	
min-maks[1]	3,1-19,0		0,01-0,02		0,01-0,01	
snitt±sd[2]	1,6±2,1		0,014±0,004		0,005±0,004	
min-mak[2]	<0,1-4,7		0,009-0,019		0,000-0,009	

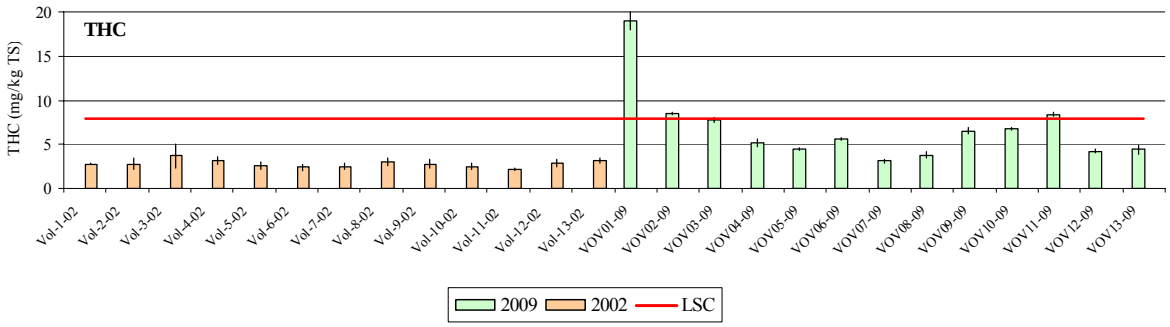
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen

Tabell 20.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på VOV08 og VOV09 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$ er skyggelagt.

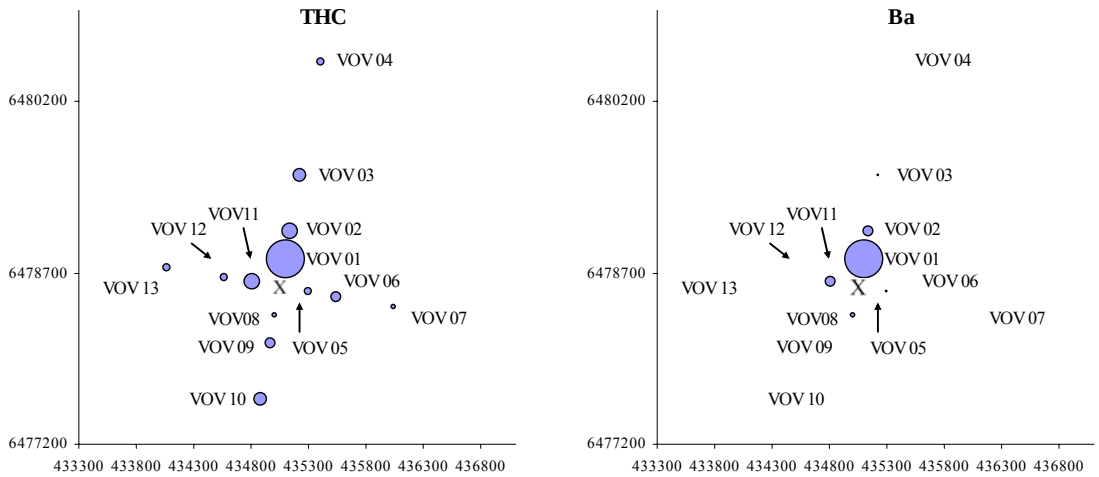
Sjikt	VOV08	VOV09
(0-1cm)	3,8	6,5
(1-3cm)	2.9	7.1
(3-6cm)	7.6	6.4

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 3,1 mg/kg (VOV07) til 19,0 mg/kg (VOV01). Det ble påvist konsentrasjoner av THC over LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$, ved VOV01 (250 m mot nord), VOV02 (500 m mot nord), VOV03 (1000 m mot nord) og VOV11 (250 m mot øst). Stasjonene fra 2009 hadde generelt høyere konsentrasjoner enn stasjonene fra grunnlagsundersøkelsen i 2002 (Figur 11.3).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det funnet THC-innhold over LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$ i dybdeintervallet 1-3 cm på VOV09 (Tabell 20.4).



Figur 20.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Volve i 2002 (grunnlagsundersøkelse) og 2009. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$.



Figur 20.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Volve i 2009. Feltsenteret er markert med x.

20.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 20.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 20.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med resultater fra grunnlagsundersøkelsen i 2002, og i Figur 20.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 20.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 og 2002.

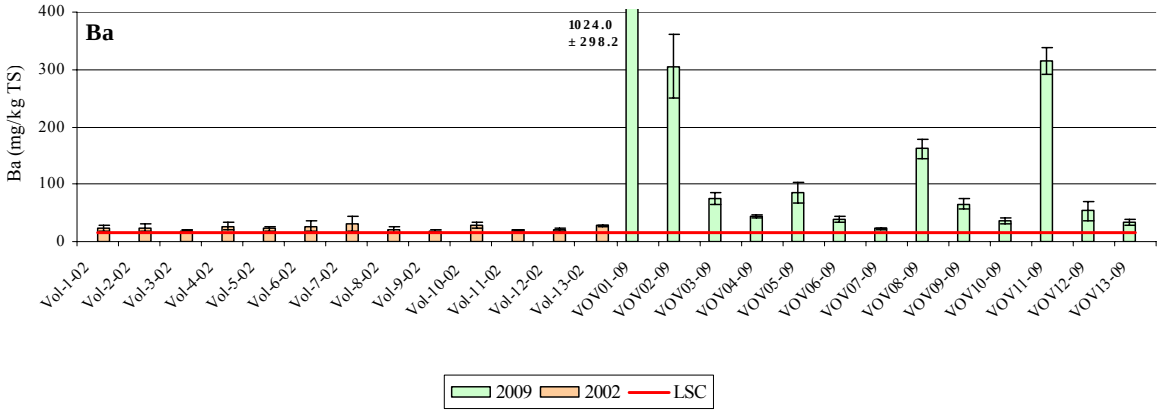
Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 1024,0 til 22,5 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 4,1 og 0,7 mg/kg. Krom varierte mellom 6,7 og 5,2 mg/kg, sink mellom 14,8 og 6,9 mg/kg, bly mellom 4,7 og 3,4 mg/kg, kadmium var 0,01 mg/kg, og kvikksølv ble målt til 0,0023 til 0,0020 mg/kg (Tabell 20.5).

Konsentrasjonen av barium, sink og i noen tilfelle kobber lå generelt på et høyere nivå i 2009 enn i 2002. Barium, sink og kobber hadde ved enkelte stasjoner viste største konsentrasjoner ved stasjonen VOV01 og VOV08. De øvrige lå ellers på et lavere nivå enn i 2002. (Tabell 20.5 og Figurene 20.5 og 20.6).

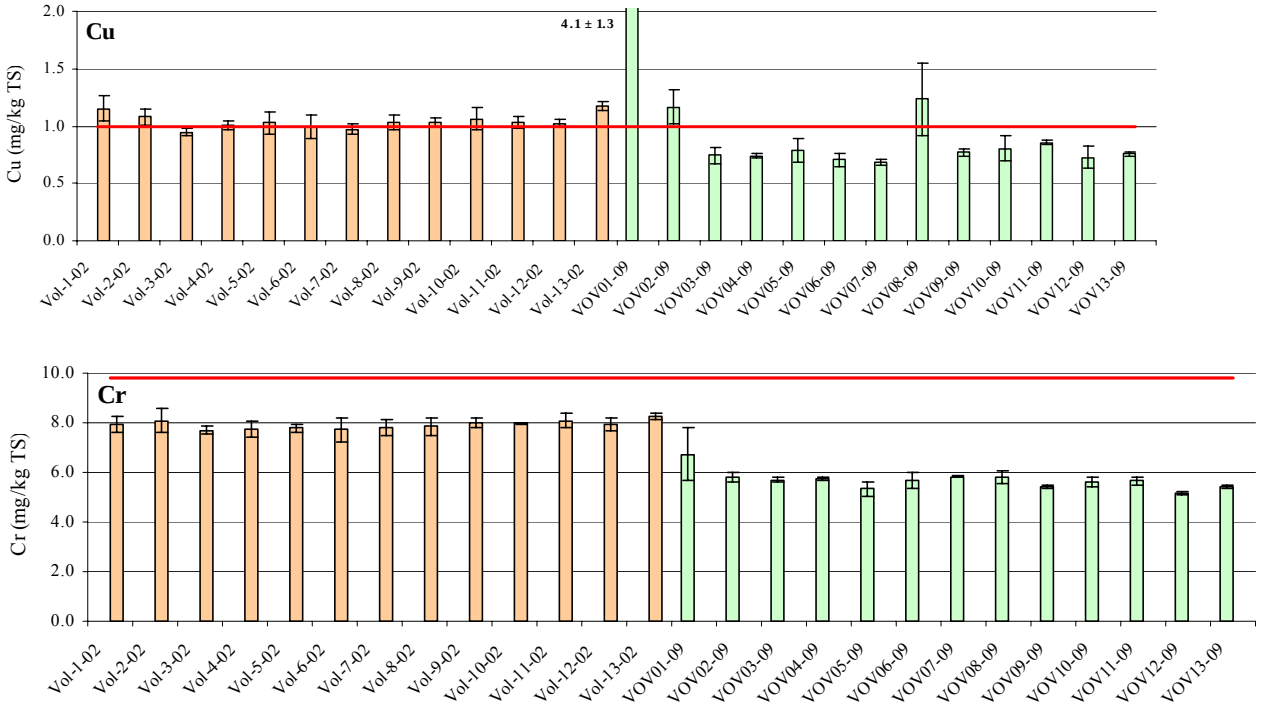
Tabell 20.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) med standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Volve i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den grunne subregionen tatt med i tabellen.

	Ba		Cu		Cr		Zn		Pb		Cd		Hg	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
VOV01	**1024,0**	298,2	**4,1**	1,3	**6,7**	1,1	13,0	2,9	**4,7**	0,4	**0,009**	0,000	i.a.	i.a.
VOV02	305,7	55,7	1,2	0,2	5,8	0,2	8,8	0,7	3,9	0,1	**0,005**	0,000	i.a.	i.a.
VOV03	75,9	10,4	0,7	0,1	5,7	0,1	10,4	1,8	3,6	0,2	0,006	0,001	i.a.	i.a.
VOV04	43,6	2,8	0,7	0,0	5,8	0,1	7,5	0,7	3,9	0,1	0,006	0,001	i.a.	i.a.
VOV05	84,0	18,0	0,8	0,1	5,3	0,3	**6,9**	0,3	**3,4**	0,2	0,005	0,001	i.a.	i.a.
VOV06	38,6	4,3	0,7	0,1	5,7	0,3	11,0	5,9	3,8	0,2	0,006	0,002	i.a.	i.a.
VOV07	**22,5**	1,4	0,7	0,0	5,8	0,1	8,2	2,2	3,8	0,1	**0,005**	0,001	i.a.	i.a.
VOV08	161,7	15,9	1,2	0,3	5,8	0,3	**14,8**	3,9	3,7	0,1	0,007	0,001	**0.0023**	0.0006
VOV09	65,7	9,7	0,8	0,0	5,4	0,1	11,4	11,4	3,6	0,1	0,007	0,002	**0.0020**	0.0000
VOV10	35,2	5,0	0,8	0,1	5,6	0,2	10,0	10,0	3,6	0,1	0,006	0,001	i.a.	i.a.
VOV11	315,7	23,4	0,9	0,0	5,7	0,2	8,7	8,7	3,7	0,1	0,007	0,001	i.a.	i.a.
VOV12	53,2	15,9	0,7	0,1	**5,2**	0,1	8,2	8,2	3,6	0,2	0,006	0,001	i.a.	i.a.
VOV13	34,4	5,2	0,8	0,0	5,4	0,1	10,5	10,5	3,8	0,2	0,007	0,000	i.a.	i.a.
snitt±sd[1]	173.9±274.0		1.1±0.9		5.7±0.4		10.0±2.2		3.8±0.3		0.006±0.005		0.0022±0.0002	
min-maks[1]	22.5-1024.0		0.7-4.1		5.2-6.7		6.9-14.8		3.4-4.7		0.005-0.009		0.0020-0.0023	
snitt±sd[2]	10,2±5,4		4,1±0,4		0,009±0,003		0,7±0,1		6,6±0,8		0,003±0,001		9,4±1,1	
min-mak[2]	6,2-17,8		3,6-4,5		0,005-0,012		0,5-0,8		5,5-7,4		0,002-0,005		8,3-10,9	

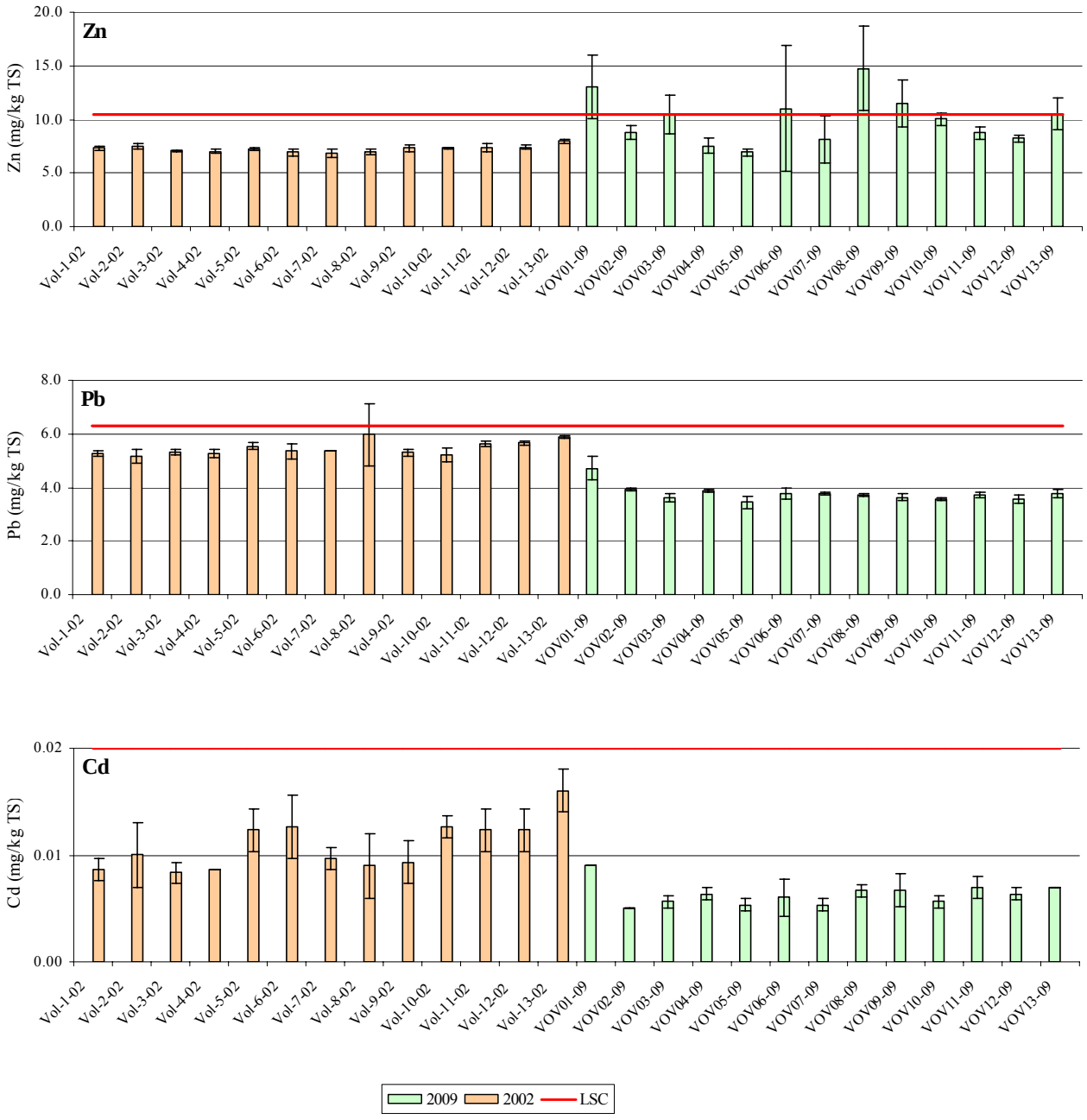
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen



Figur 20.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Volve i 2009 og 2002 (grunnlagsundersøkelse). Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$.



Figur 20.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Volvee i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$. På stasjoner hvor konsentrasjonen av kadmium var under deteksjonsgrensen, viser søylen halve deteksjonsgrensen.



Figur 20.6. fortsetter. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Volve i 2009 og tidligere. Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$. På stasjoner hvor konsentrasjonen av kadmium var under deteksjonsgrensen, viser søylen halve deteksjonsgrensen.

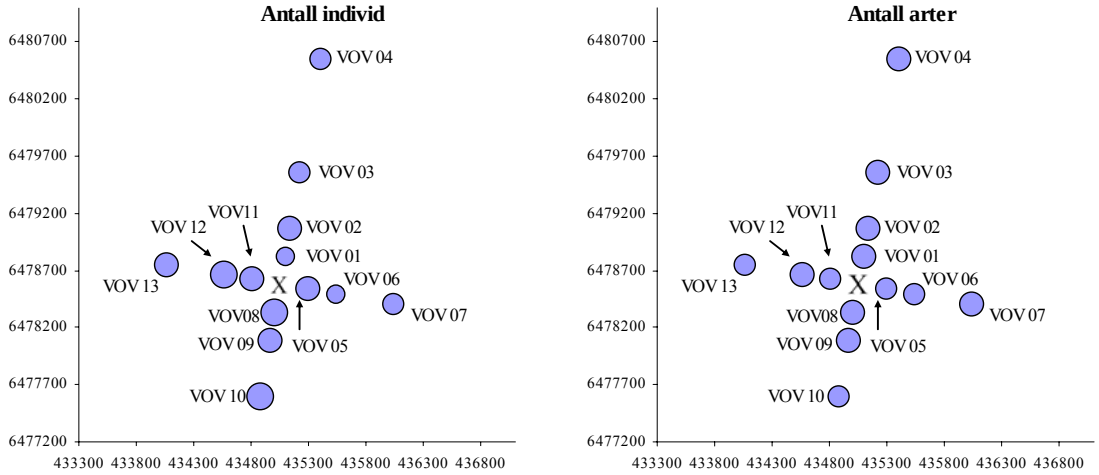
20.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 20.6. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 2699 juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Volve i 2009. Totalt ble 8414 individer fordelt på 209 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 58 % av alle individ og 43 % av alle taksa.

Tabell 20.6. Antall individ i prøvene fra Volve i 2009 fordelt på de største taksonomiske gruppene. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (2699 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Ant. individer	%	Ant. taksa	%
Annelida	4879	58	89	43
Arthropoda	758	9	44	21
Mollusca	644	8	45	22
Echinodermata	1339	16	17	8
Diverse grupper	794	9	14	7
Total	8414	100	209	100

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Volvefeltet i 2009 vises i Figur 20.7. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 20.7 og Figur 20.8.



Figur 20.7. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Volvefeltet i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Tabell 20.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Volve i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida er utelatt.

Stasjon	Individer	Arter	H'	J	H'-max	ES(100)
VOV-1-09	554	91	**5,36**	**0,82**	6,51	**41,17**
VOV-2-09	687	91	5,22	0,80	6,51	39,52
VOV-3-09	603	93	5,17	0,79	6,54	40,77
VOV-4-09	598	93	5,05	0,77	6,54	39,75
VOV-5-09	683	85	5,16	0,80	6,41	37,70
VOV-6-09	**554**	85	5,14	0,80	6,41	39,75
VOV-7-09	579	93	5,18	0,79	6,54	39,59
VOV-8-09	718	**95**	5,31	0,81	**6,57**	40,72
VOV-9-09	671	90	5,03	0,77	6,49	37,73
VOV-10-09	720	**82**	4,87	0,77	**6,36**	36,14
VOV-11-09	651	86	5,18	0,81	6,43	38,86
VOV-12-09	**740**	94	4,98	0,76	6,55	38,00
VOV-13-09	656	83	**4,70**	**0,74**	6,38	**35,26**
snitt[1]	647	89	5,11	0,79	6,48	38,84
sd[1]	64	4	0,18	0,02	0,07	1,80
min[1]	554	82	4,70	0,74	6,36	35,26
maks[1]	740	95	5,36	0,82	6,57	41,17
snitt[2]	348	65	5,00	0,83	6,02	36,39
sd[2]	58	4	0,25	0,04	0,08	3,81
min[2]	305	61	4,63	0,77	5,93	30,97
maks[2]	429	69	5,17	0,85	6,11	39,31

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den grunne subregionen

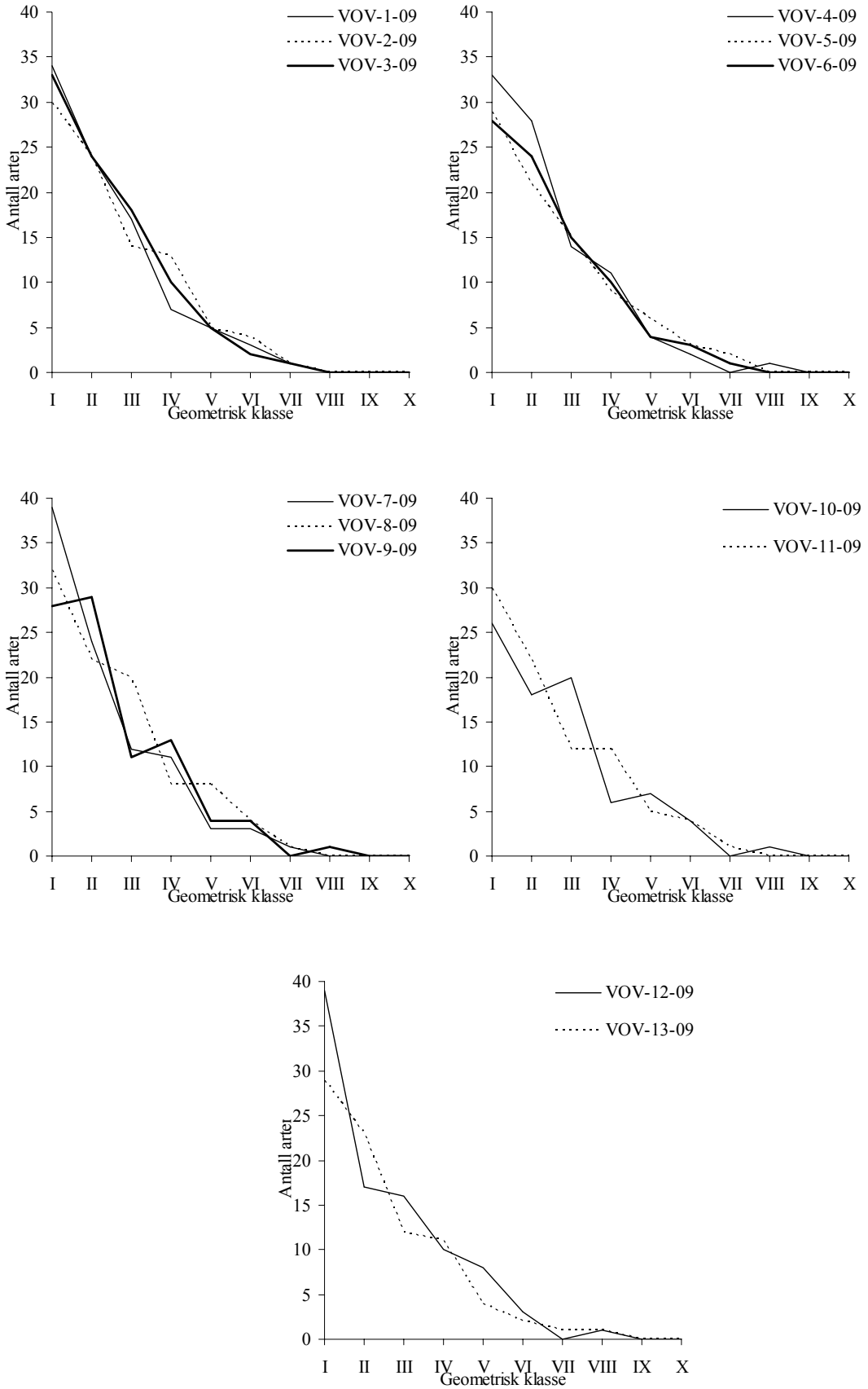
Antall individ varierte mellom 554 og 740, og antall taksa varierte mellom 95 og 82. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 4,70 og 5,36, og ES_{100} varierte mellom 35,26 og 41,17. Jevnheten varierte mellom 0,74 og 0,82.

Antall individer og antall taksa var høyere under innsamlingen i 2009 enn under grunnlagsundersøkelsen i 2002, mens diversiteten lå på samme nivå. På grunn av forskyvingen av stasjonene, er disse observasjonene ikke direkte sammenlignbare, men kan gi informasjon om den generelle tilstandsendringen ved feltet. Mens slangestjerner dominerte i 2002, var børstemarken *Myriochele oculata* mest alminnelig på stasjonene i 2009 (Tabell 20.8).

Resultatetene viser at aktiviteten på feltet ikke har endret bunnfaunaen på nevneverdig måte.



Figur 20.8. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) å stasjonene ved Volve i 2002 (VOL)og 2009 (VOV). Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt i 2009.



Figur 20.9. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Volve i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Tabell 20.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Volve i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

VOV-1-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	66	11.9	11.9
Chaetozone sp.	41	7.4	19.3
PHORONIDA indet.	36	6.5	25.8
Amphiura filiformis	36	6.5	32.3
Ophiura affinis	25	4.5	36.8
Goniada maculata	23	4.2	41.0
Owenia borealis	22	4.0	44.9
Cerianthus lloydii	21	3.8	48.7
Ampharete falcata	21	3.8	52.5
Cirratulus caudatus	15	2.7	55.2

VOV-2-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	100	14.6	14.6
Ophiura affinis	58	8.4	23.0
Amphiura filiformis	52	7.6	30.6
Ampharete falcata	45	6.6	37.1
PHORONIDA indet.	33	4.8	41.9
Owenia borealis	26	3.8	45.7
Goniada maculata	24	3.5	49.2
Chaetozone sp.	23	3.3	52.5
Cerianthus lloydii	17	2.5	55.0
Spiophanes bombyx	16	2.3	57.4

VOV-3-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	123	20.4	20.4
Amphiura filiformis	47	7.8	28.2
Ampharete falcata	36	6.0	34.2
PHORONIDA indet.	27	4.5	38.6
Owenia borealis	25	4.1	42.8
Ophiura affinis	23	3.8	46.6
Goniada maculata	20	3.3	49.9
Hyperiidae indet.	16	2.7	52.6
Edwardsia sp.	15	2.5	55.1
Abra prismatica	13	2.2	57.2

VOV-4-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	131	21.9	21.9
Ampharete falcata	56	9.4	31.3
Amphiura filiformis	44	7.4	38.6
Owenia borealis	28	4.7	43.3
PHORONIDA indet.	20	3.3	46.7
Goniada maculata	20	3.3	50.0
Chaetozone sp.	17	2.8	52.8
Cirratulus caudatus	14	2.3	55.2
Harpinia antennaria	13	2.2	57.4
Echinocyamus pusillus	11	1.8	59.2
Cerianthus lloydii	11	1.8	61.0

VOV-5-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	80	11.7	11.7
Amphiura filiformis	64	9.4	21.1
Ophiura affinis	53	7.8	28.8
Ampharete falcata	49	7.2	36.0
Owenia borealis	36	5.3	41.3
Goniada maculata	29	4.2	45.5
PHORONIDA indet.	26	3.8	49.3
Chaetozone sp.	25	3.7	53.0
Echinocyamus pusillus	20	2.9	55.9
Eudorellopsis deformis	20	2.9	58.9

VOV-6-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	97	17.5	17.5
Amphiura filiformis	53	9.6	27.1
Ophiura affinis	36	6.5	33.6
Ampharete falcata	33	6.0	39.5
Owenia borealis	21	3.8	43.3
Goniada maculata	20	3.6	46.9
PHORONIDA indet.	18	3.2	50.2
Harpinia antennaria	18	3.2	53.4
Echinocyamus pusillus	13	2.3	55.8
Cirratulus caudatus	12	2.2	57.9
Spiophanes kroeyeri	12	2.2	60.1

Tabell 20.8. fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Volve i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

VOV-7-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	100	17.3	17.3
Ampharete falcata	43	7.4	24.7
Ophiura affinis	41	7.1	31.8
Amphiura filiformis	35	6.0	37.8
PHORONIDA indet.	24	4.1	42.0
Goniada maculata	23	4.0	45.9
Harpinia antennaria	22	3.8	49.7
Owenia borealis	15	2.6	52.3
Eudorellopsis deformis	15	2.6	54.9
Scoloplos armiger	15	2.6	57.5

VOV-8-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	114	15.9	15.9
Amphiura filiformis	48	6.7	22.6
Ophiura affinis	39	5.4	28.0
PHORONIDA indet.	37	5.2	33.1
Chaetozone sp.	35	4.9	38.0
Paramphinome jeffreysii	31	4.3	42.3
Ampharete falcata	23	3.2	45.5
Owenia borealis	23	3.2	48.7
Cerianthus lloydii	22	3.1	51.8
Goniada maculata	19	2.6	54.5

VOV-9-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	131	19.5	19.5
Ampharete falcata	49	7.3	26.8
Amphiura filiformis	47	7.0	33.8
Owenia borealis	46	6.9	40.7
Ophiura affinis	35	5.2	45.9
PHORONIDA indet.	31	4.6	50.5
Goniada maculata	28	4.2	54.7
Chaetozone sp.	19	2.8	57.5
Harpinia antennaria	16	2.4	59.9
Eudorellopsis deformis	14	2.1	62.0

VOV-10-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	171	23.8	23.8
Amphiura filiformis	48	6.7	30.4
Ampharete falcata	46	6.4	36.8
PHORONIDA indet.	33	4.6	41.4
Ophiura affinis	32	4.4	45.8
Owenia borealis	26	3.6	49.4
Mysella bidentata	26	3.6	53.1
Harpinia antennaria	25	3.5	56.5
Goniada maculata	23	3.2	59.7
Chaetozone sp.	20	2.8	62.5

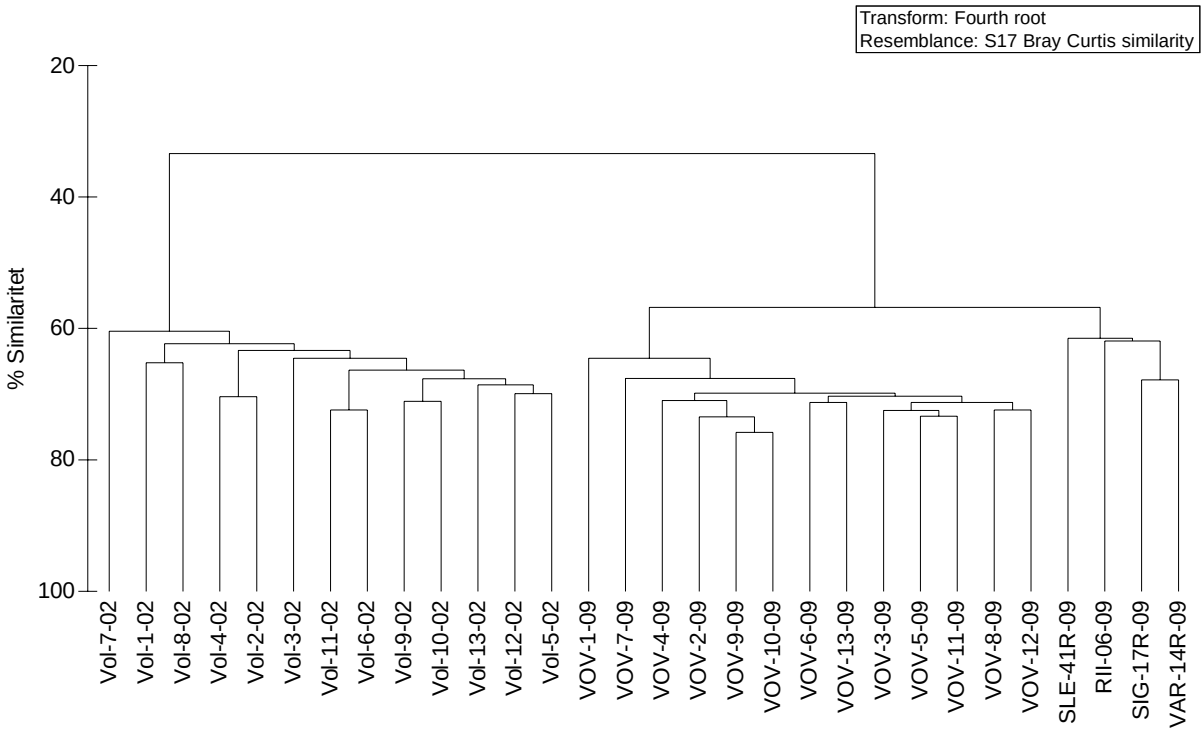
VOV-11-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	100	15.4	15.4
Ampharete falcata	51	7.8	23.2
Ophiura affinis	45	6.9	30.1
Amphiura filiformis	39	6.0	36.1
PHORONIDA indet.	32	4.9	41.0
Owenia borealis	25	3.8	44.9
Goniada maculata	22	3.4	48.2
Echinocyamus pusillus	21	3.2	51.5
Chaetozone sp.	19	2.9	54.4
Cirratulus caudatus	18	2.8	57.1

VOV-12-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	179	24.2	24.2
Amphiura filiformis	48	6.5	30.7
Owenia borealis	40	5.4	36.1
Ampharete falcata	33	4.5	40.5
PHORONIDA indet.	26	3.5	44.1
Cirratulus caudatus	26	3.5	47.6
Hyperiidae indet.	24	3.2	50.8
Ophiura affinis	23	3.1	53.9
Harpinia antennaria	22	3.0	56.9
Goniada maculata	21	2.8	59.7

Tabell 20.8. fortsetter. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Volve i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

VOV-13-09	Antall arter	%	Kum %
Myriochele oculata	166	25.3	25.3
Montacuta substriata	79	12.0	37.3
Amphiura filiformis	40	6.1	43.4
Owenia borealis	36	5.5	48.9
PHORONIDA indet.	26	4.0	52.9
Ampharete falcata	23	3.5	56.4
Cirratulus caudatus	16	2.4	58.8
Harpinia antennaria	16	2.4	61.3
Goniada maculata	15	2.3	63.6
Pectinaria auricoma	13	2.0	65.5

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 20.9. Kurvene starter gjennomgående like høyt eller høyere på x-aksen, sammenlignet med i 2002 (presentert i vedlegg), noe som indikerer at bunnforholdene ikke har blitt verre siden bedre produksjonen startet i 2008.



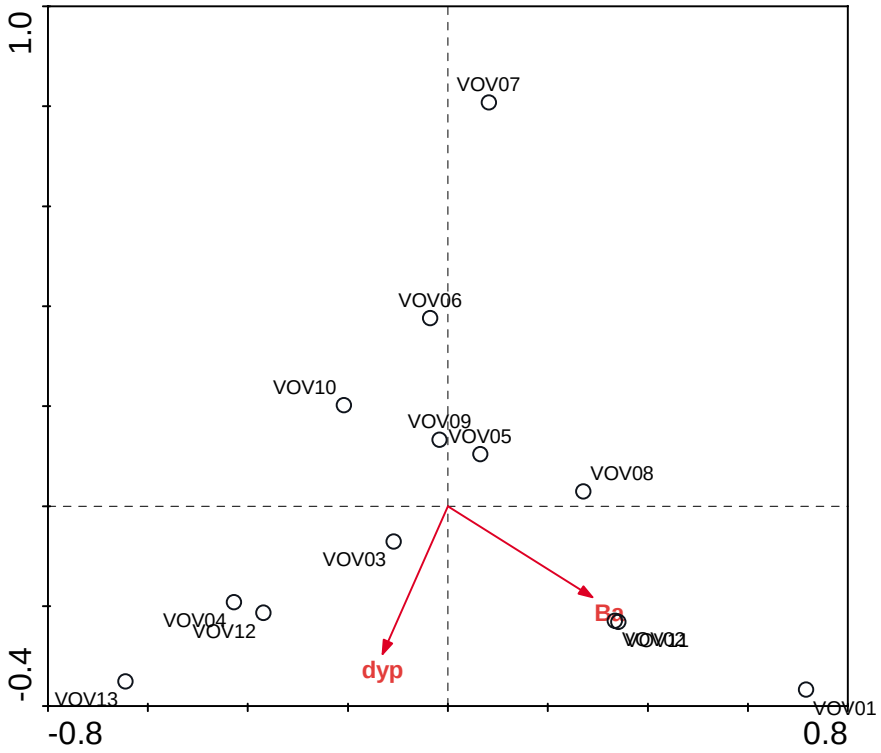
Figur 20.10. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Volve sammen med de regionale stasjonene i den grunne subregionen i 2002 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida er utelatt.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 20.10.

Cluster-analysen samlet alle stasjonene ved Volve, inklusiv de regionale stasjonene i 2009 med en faunalikhet på om lag 57 %. De feltspesifikke stasjonene samlet seg med en likhet på 65 %, mens feltspesifikke og regionale stasjoner fra 2009 sammen med feltspesifikke stasjoner fra 2002, ga en likhet på 33 %. Likheten innen de feltspesifikke stasjonene har dermed økt noe fra 2002 til 2009. Endringene er imidlertid innenfor det som må regnes som naturlig variasjon hos bunnfauna i løpet av en sjuårs periode.

MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg).

En stabil og relativt lik bunnfauna over hele feltet tyder på jevne, og i dette tilfellet også gode miljøforhold, over hele feltet i 2009.



Figur 20.11. Plottet viser resultatet fra RDA-analysene. I analysen inngår data fra feltet i 2009.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna, og de kjemiske og fysiske dataene ble studert ved hjelp av RDA-analyse i to plott, ett med (se Vedlegg) og ett uten regionale stasjoner (Figur 20.11).

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (henholdsvis sd=1,28 og 1,16). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at av de undersøkte miljøvariablene hadde barium, pelitt (med regionale stasjoner) og vanndyp signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 20.11 og Vedlegg). I plottet med de regionale stasjonene forklarer den første aksen i det tvungne biplottet 30,3 %

av variasjonen og den andre aksen 6,5 % i bunnfaunadatasettet (se Vedlegg). I plottet uten de regionale stasjonene forklarer den første aksen i det tvungne biplottet 12,4 % av variasjonen og den andre aksen 10,1 % i bunnfaunadatasettet (Figur 20.11).

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

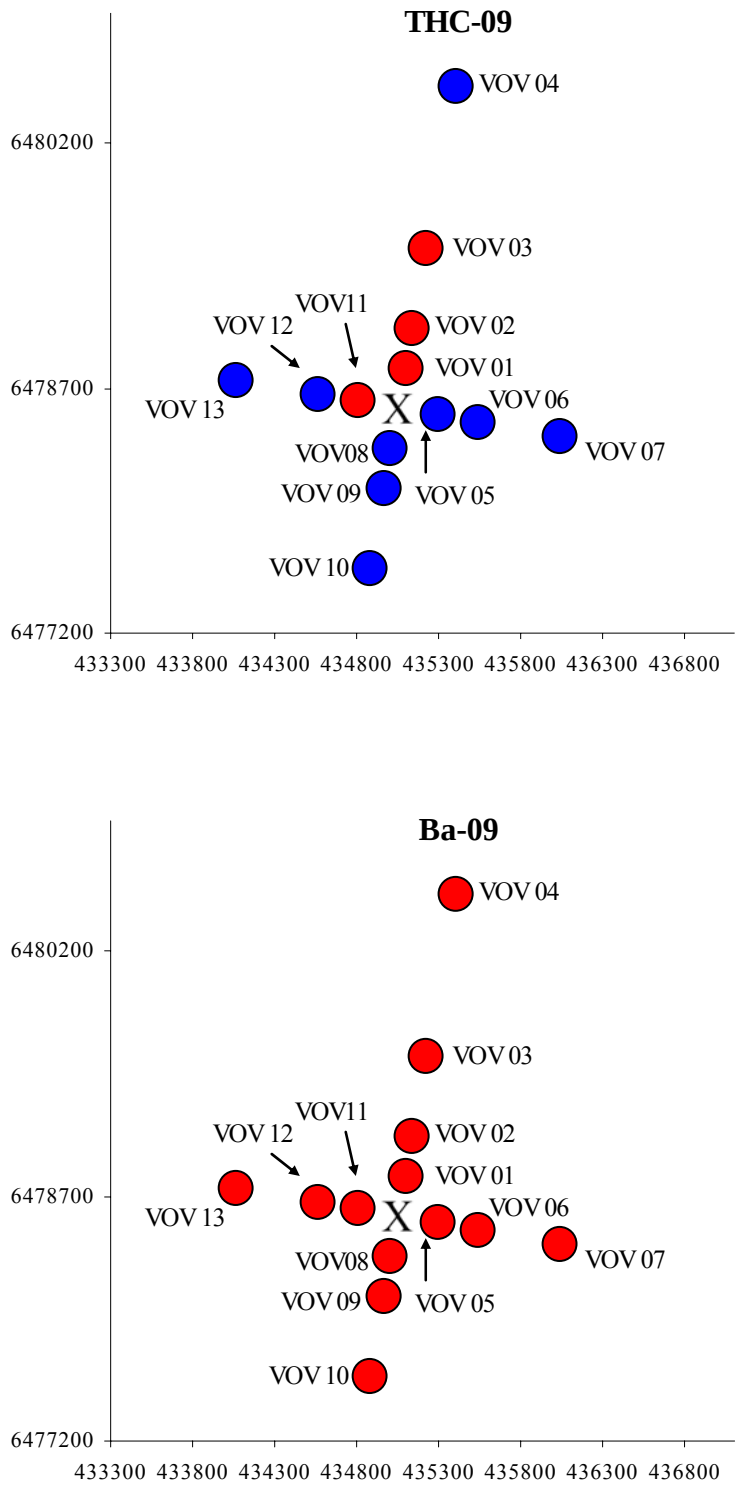
20.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 20.12 og Tabell 20.9. Tabell 20.9 inneholder også opplysninger størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

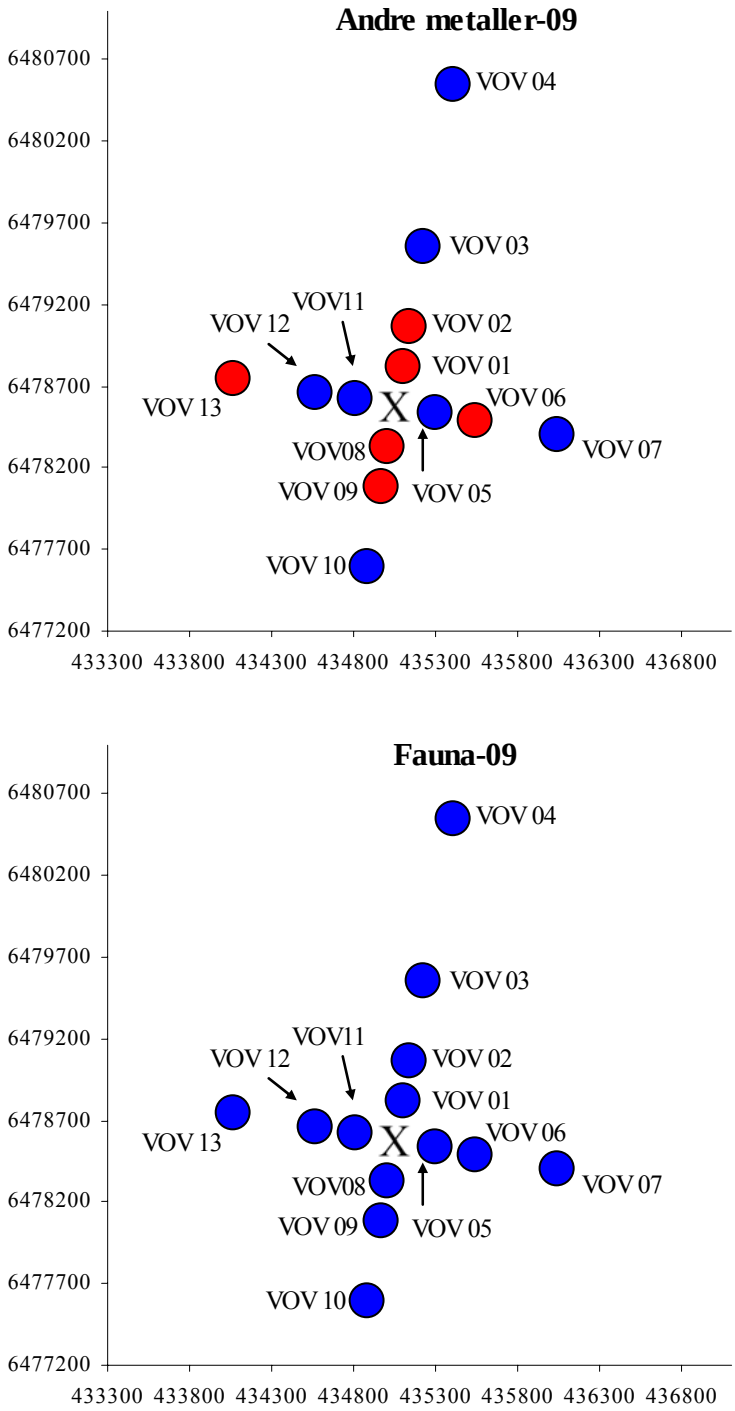
Det ble påvist konsentrasjoner av THC over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ opptil 1000 m mot nord og 250 m mot vest. Barium ble detektert over LSC ved samtlige stasjoner, og ettersom det kontaminerte området dermed kan strekke seg lenger ut i alle retninger, er det umulig å anslå et presist areal. Noen av stasjonene hadde konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{grunn 97-09}}$ for kobber og sink. Det ble ikke påvist forstyrret bunnfauna ved noen av stasjonene (Figur 20.13 og Tabell 20.9).

Tabell 20.9. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009. Merk at avstandene til stasjonene nærmest installasjonen er 250 m i hver himmelretning.*) Minimumsareal

Volve	N m	Ø m	S m	V m	2009 km²
THC	1000	0	0	250	0,20
Ba	2000	1000	1000	1000	4,71*
Andre metall	500	500	500	1000	0,20
Fauna	0	0	0	0	0



Figur 20.12. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn96-09}}$ er markert med blå sirkler.



Figur 20.12 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{grunn 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

11.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2007 har det blitt boret 17 nye brønner ved Volve. Bunnsedimentet hadde omtrent samme innhold av fin sand som ved grunnlagsundersøkelsen, mens TOM innholdet var høyere i 2009. Stasjonsnettet var flyttet noe i forhold til grunnlagsundersøkelsen i 2002. THC lå over LSC ut mot 1000 m mot nord og 250 m mot vest. Barium hadde konsentrasjoner over LSC ut mot 1000 m i alle retninger og høyeste konsentrasjoner ble funnet 500 m mot nord og 250 m mot vest. Noen stasjoner var også kontaminert av kobber og sink. Bunnfaunaen var fortsatt uforstyrret. Ikke alle transektene nådde ut til rene sediment.

21. Vilje

21.1 Introduksjon

Vilje-feltet ligger i den nordlige delen av Region II, rett nord for Heimdalfeltet. Produksjonen startet i august 2008. Feltet er bygget ut med to brønnrammer og produksjonsbrønner på havbunnen. Derfra går oljen i en ny 19 kilometer lang rørledning til Alvheim. Oljen på Vilje drives naturlig opp uten noen form for stimulans. Feltet står i forbindelse med en stor vannsone, og det er derfor ikke nødvendig med vanninjeksjon. Utvinnbare reserver for Vilje er beregnet til 52 millioner fat olje. Grunnlagsundersøkelsen på Vilje ble gjennomført i 2005 (Bakke et al. 2006).

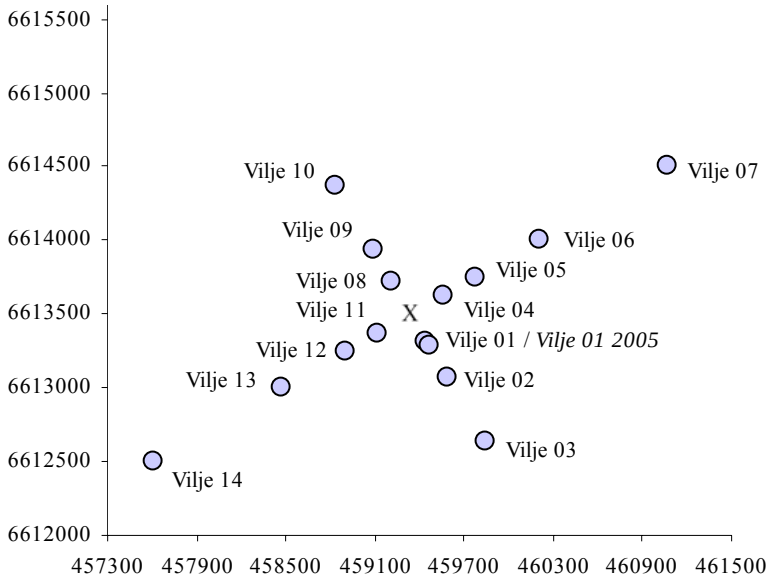
Siden 2006 er det boret 8 brønner på Vilje. Utslippshistorikken på Vilje vises i Tabell 21.1, og i Figur 21.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre.

Ettersom produksjonen nylig åpnet ved Vilje, kommer de eneste historiske dataene fra en grunnlagsundersøkelse gjennomført i 2005. Samtlige stasjoner er direkte sammenlignbare m.h.t. plassering (og dyp) med unntak av stasjon Vilje 1, hvor stasjonen ble flyttet 37 m i forhold til i 2005 pga en rørledning. Resultater fra grunnlagsundersøkelsen innlemmes i enkelte figurer for å gi et inntrykk av bunnmiljøets tilstand før produksjonsstart.

Tabell 21.1. Boring og utslipp fra Vilje mellom 2006 og mai 2009.

Vilje	2006	2007	2008	2009*
Antall borede brønner	2	6	0	0
Baritt (tonn)	238	1789	0	0
Borekaks (tonn)	2712	1565	0	0
Olje basert borevæske (tonn)	0	0	0	0
Syntetisk borevæske (tonn)	0	0	0	0
Vannbasert borevæske (m^3)	5507	1856	0	0
Sementerings- og andre kjemikalier (tonn)	13,48	1,63	0	0
Kompletterings kjemikalier (tonn)	0	0	0	0
Olje i produsert vann (tonn)	0	0,0024	0	0
Andre utslipp (m^3)	0	0	0	0

* januar-mai 2009



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	Retning (°)	(m)
Vilje 1	459438	6613308	215/152	124
Vilje 2	459590	6613067	500/150	124
Vilje 3	459840	6612634	1000/150	124
Vilje 4	459557	6613625	250/60	123
Vilje 5	459773	6613750	500/60	123
Vilje 6	460206	6614000	1000/60	120
Vilje 7	461072	6614500	2000/60	116
Vilje 8	459215	6613717	250/330	123
Vilje 9	459090	6613933	500/330	122
Vilje 10	458840	6614366	1000/330	122
Vilje 11	459123	6613375	250/240	124
Vilje 12	458907	6613250	500/240	123
Vilje 13	458474	6613000	1000/240	123
Vilje 14	457608	6612500	2000/240	122
Vilje 1 (2005)	459465	6613283	250/150	122

Figur 21.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Vilje i forhold til feltsenteret (x). Vilje 1 (2005) er tatt med ettersom dette var den eneste stasjonen hvor koordinatene fra 2005 og 2009 ikke er identiske. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

21.2 Resultater

21.2.1. Sedimentbeskrivelse

Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 21.2. I Figur 21.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median presentert. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget.

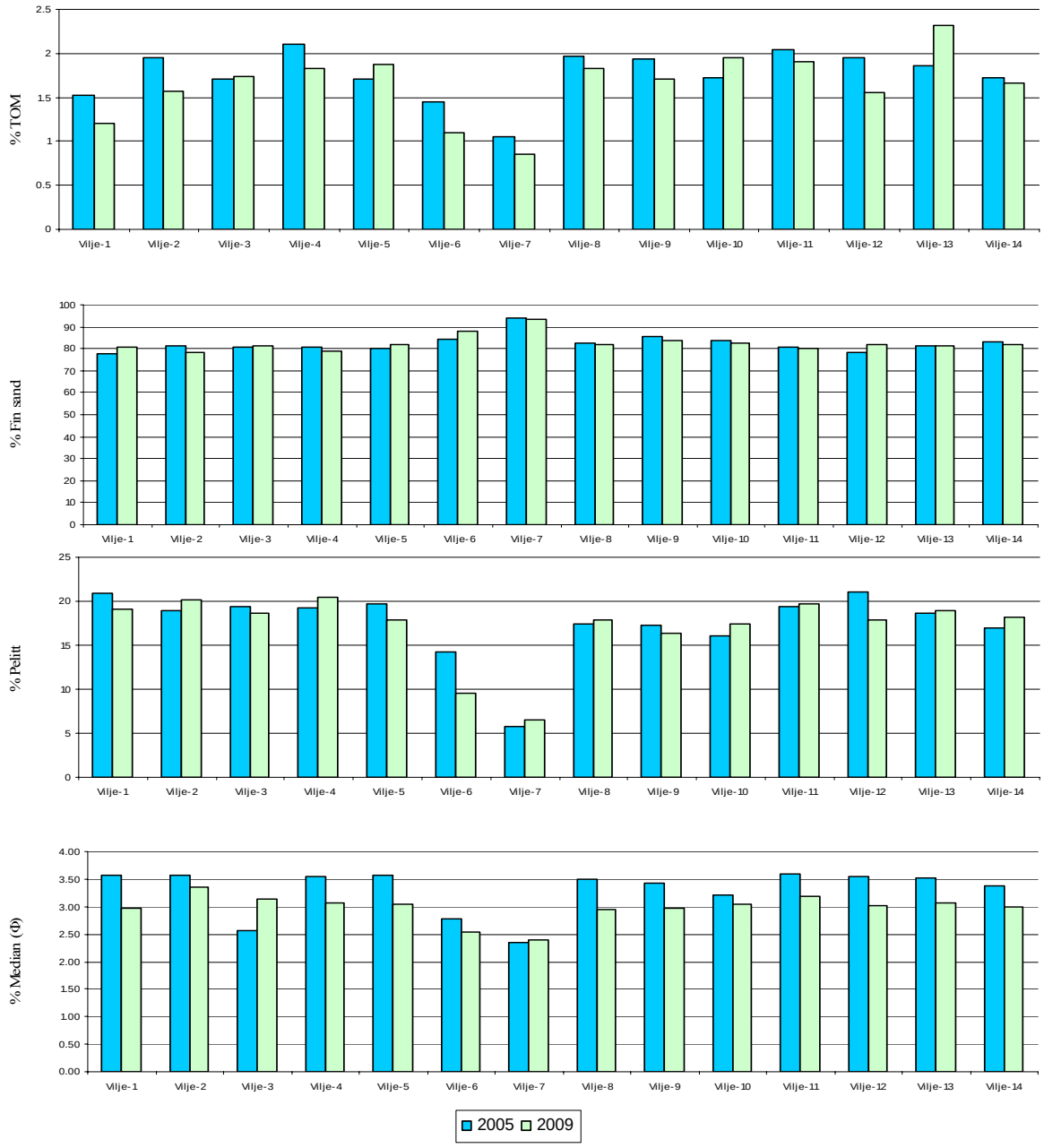
Sedimentet på Vilje hadde et TOM-innhold fra 0,85 % til 2,32 %. Sandinnholdet varierte fra 78,48 % til 93,38 % og pelittinnholdet varierte mellom 6,58 % og 20,52 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,39 og 3,36. Vilje 6 og spesielt Vilje 7 skilte seg ut med høyere innhold av fin sand, lavere innhold av pellitt og organisk materiale (TOM).

Det ble kun observert mindre endringer i sedimentsammensetningen fra 2005 til 2009.

Tabell 21.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Vilje i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet og for den sentrale subregionen, som Vilje tilhører.

	% TOM	% Grus	% Sand	% Pelitt	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
Vilje-1	1,20	0,11	80,74	19,15	2,97	1,34	**0,52**	1,50
Vilje-2	1,57	1,30	**78,48**	20,22	**3,36**	1,36	0,34	**1,75**
Vilje-3	1,74	0,07	81,34	18,60	3,14	1,31	0,40	1,54
Vilje-4	1,83	0,34	79,14	**20,52**	3,06	**1,41**	0,49	1,50
Vilje-5	1,88	0,00	82,16	17,84	3,04	1,26	0,44	1,53
Vilje-6	1,09	**2,58**	87,80	9,62	2,53	1,32	0,22	**1,22**
Vilje-7	**0,85**	0,04	**93,38**	**6,58**	**2,39**	**1,01**	**0,12**	1,55
Vilje-8	1,83	0,01	82,05	17,94	2,94	1,27	0,51	1,53
Vilje-9	1,7	0,10	83,52	16,38	2,97	1,22	0,37	1,56
Vilje-10	1,95	0,03	82,48	17,49	3,03	1,35	0,32	1,60
Vilje-11	1,9	0,04	80,33	19,62	3,18	1,34	0,42	1,56
Vilje-12	1,55	0,18	81,87	17,95	3,03	1,28	0,44	1,51
Vilje-13	**2,32**	0,00	81,11	18,89	3,07	1,32	0,46	1,53
Vilje-14	1,66	0,07	81,73	18,21	3,00	1,30	0,46	1,51
snitt[1]	1,65	0,35	82,58	17,07	2,98	1,29	0,39	1,53
sd[1]	0,38	0,73	3,79	4,00	0,25	0,09	0,11	0,11
min[1]	0,85	0,00	78,48	6,58	2,39	1,01	0,12	1,22
max[1]	2,32	2,58	93,38	20,52	3,36	1,41	0,52	1,75
snitt[2]	1,77	0,00	0,82	0,18	3,01	1,32	0,41	1,50
sd[2]	0,33	0,01	0,02	0,03	0,19	0,04	0,09	0,11
min[2]	1,09	0,00	0,79	0,10	2,53	1,26	0,22	1,22
maks[2]	2,32	0,03	0,88	0,21	3,18	1,41	0,49	1,60

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 21.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Vilje i 2009.

21.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Vilje i 2009

Resultatet fra LSC-beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Vilje benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

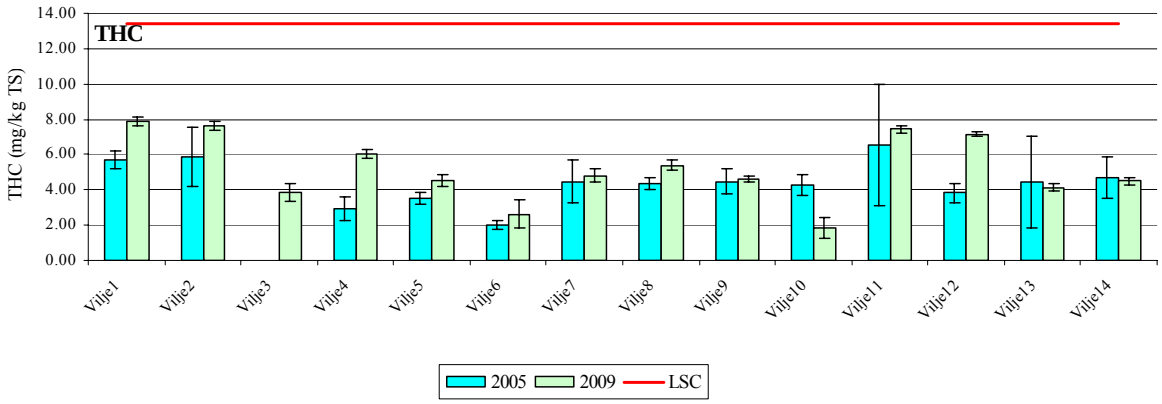
LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

21.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 21.4. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 21.3. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 21.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med resultater fra grunnlagsundersøkelsen i 2005, og i Figur 21.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 1,8 mg/kg (Vilje 10) til 7,9 mg/kg (Vilje 1). Ingen av stasjonene hadde konsentrasjoner av PAH som lå over LSC Subregion sentral 96-09. Konsentrasjonene fra 2009 var for det meste høyere enn konsentrasjonene fra grunnlagsundersøkelsen i 2005 (Figur 21.3).

Blant prøvene som ble samlet fra sjikt ned til 6 cm dybde i sedimentet, ble det ikke funnet THC-innhold over LSC Subregion sentral 96-06. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet i dybdeintervallet 0-1 cm ved Vilje 11. Sammenlignet med sjiktdataene fra 2005, var THC-konsentrasjonen høyere i 2009, med unntak av det øverste laget ved Vilje 12, som hadde en høyere THC-konsentrasjon i 2005 (Tabell 21.4).



Figur 21.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Vilje fra 2009 og grunnlagsundersøkelsen i 2005. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.

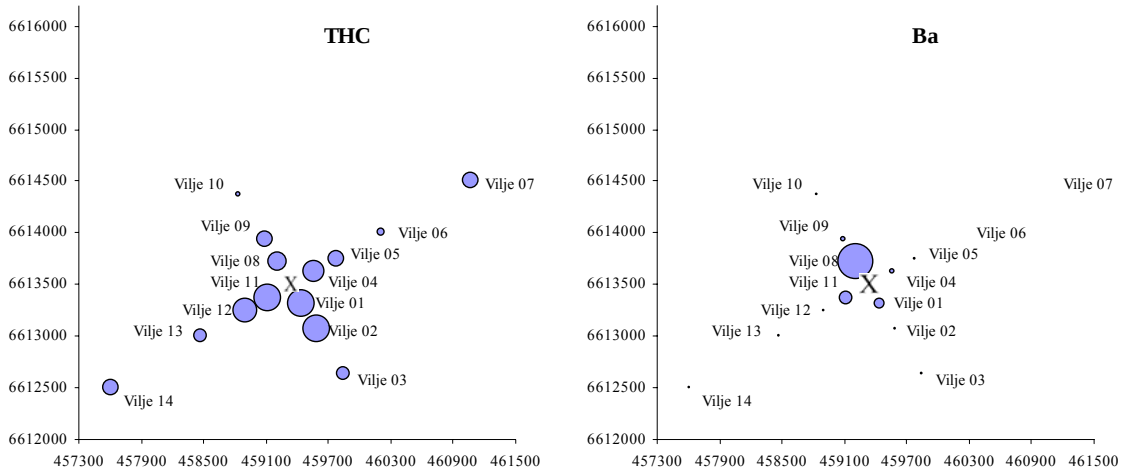
Tabell 21.3. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på Vilje11 og Vilje12 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion sentral 96-09.

	2009		2005	
Sjikt	Vilje11	Vilje12	Vilje 11	Vilje 12
(0-1cm)	7,6	7,1	3,6	10,5
(1-3cm)	7,4	4,4	4,9	3,8
(3-6cm)	5,2	3,0	4,7	3,7

Tabell 21.4. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Vilje i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene og for de regionale stasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Vilje1	**7,9**	0,3	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje2	7,6	0,3	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje3	3,9	0,5	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje4	6,0	0,3	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje5	4,5	0,3	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje6	2,6	0,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje7	4,8	0,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje8	5,4	0,3	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje9	4,6	0,2	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje10	**1,8**	0,6	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje11	7,4	0,2	0,059	0,059	0,011	0,001
Vilje12	7,2	0,1	0,062	0,062	0,012	0,001
Vilje13	4,1	0,2	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Vilje14	4,5	0,2	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
snitt±sd[1]	5,2±1,9		-		-	
min-maks[1]	1,8-7,9		-		-	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 21.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Vilje i 2009. Feltsenteret er markert med x.

21.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 21.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 21.5 vises bariuminnholdet i 2009 sammen med resultater fra grunnlagsundersøkelsen i 2005, og i Figur 21.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 21.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 sammen med resultater fra 2005.

Tabell 21.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Vilje i 2009. Maks- og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

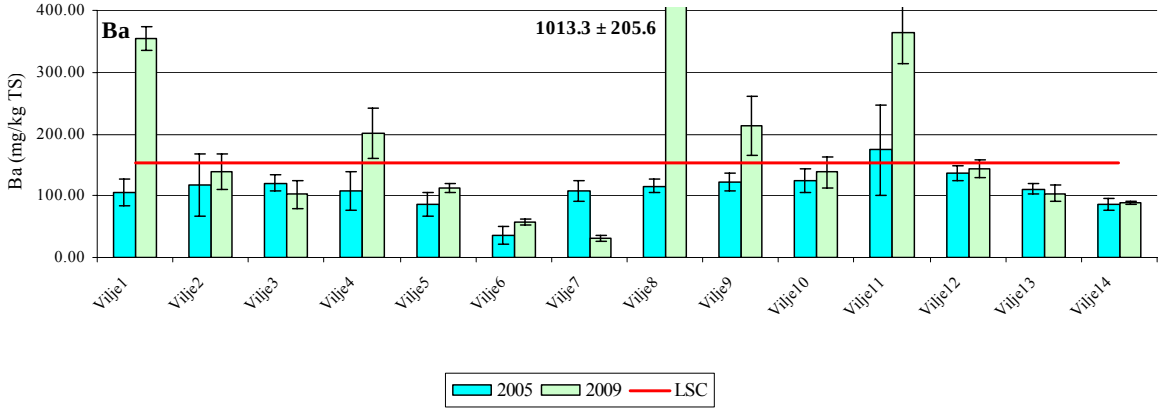
	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
Stasjon	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
Vilje1	354,3	19,6	3,6	0,1	0,02	0,00	2,4	0,1	4,8	0,1	i.a	i.a	12,4	0,5
Vilje2	139,3	29,0	3,4	0,4	0,02	0,00	2,0	0,1	4,6	0,2	i.a	i.a	12,4	2,0
Vilje3	102,6	22,5	3,3	0,3	0,02	0,00	2,0	0,1	4,5	0,1	i.a	i.a	15,1	1,7
Vilje4	200,3	41,0	3,4	0,2	0,02	0,00	2,0	0,2	4,6	0,5	i.a	i.a	14,9	1,0
Vilje5	112,3	7,1	3,3	0,1	0,02	0,00	1,9	0,0	4,4	0,1	i.a	i.a	14,0	2,4
Vilje6	57,6	4,2	2,9	0,2	**0,01**	0,00	2,1	1,4	3,6	0,6	i.a	i.a	9,5	1,1
Vilje7	**31,1**	5,0	**2,3**	0,3	0,01	0,00	**1,0**	0,0	**3,1**	0,1	i.a	i.a	**7,2**	0,8
Vilje8	**1013,3**	205,6	**4,2**	0,5	**0,02**	0,00	2,7	0,3	**5,0**	0,7	i.a	i.a	13,4	0,3
Vilje9	212,7	47,4	3,4	0,3	0,02	0,00	1,9	0,3	4,3	0,4	i.a	i.a	11,9	4,1
Vilje10	138,3	25,7	3,5	0,2	0,02	0,00	1,9	0,2	4,3	0,3	i.a	i.a	10,7	1,7
Vilje11	365,0	51,3	3,2	0,5	0,01	0,00	1,9	0,3	4,4	0,7	0,0083	0,0021	**15,5**	10,7
Vilje12	144,3	14,4	3,4	0,2	0,01	0,00	2,0	0,2	4,7	0,3	0,0120	0,0053	10,5	0,9
Vilje13	104,1	12,6	3,4	0,1	0,01	0,00	2,0	0,2	4,6	0,1	i.a	i.a	9,9	0,9
Vilje14	88,2	2,6	3,4	0,1	0,02	0,00	1,8	0,1	4,5	0,0	i.a	i.a	9,1	0,3
snitt±sd[1]	218,8±249,0		3,3±0,4		0,02±0,00		2,0±0,4		4,4±0,5		-		11,9±2,5	
min-maks[1]	31,1-1013,3		2,3-4,2		0,01-0,02		1,0-2,7		3,1-5,0		-		7,2-15,5	
snitt±sd[2]	78,2±23,4		3,9±1,0		0,022±0,010		1,9±0,7		6,4±1,8		0,009±0,002		11,4±2,8	
min-maks[2]	35,8-113,0		3,1-6,5		0,014-0,049		1,1-3,8		4,1-10,9		0,006-0,013		8,8-18,5	

i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

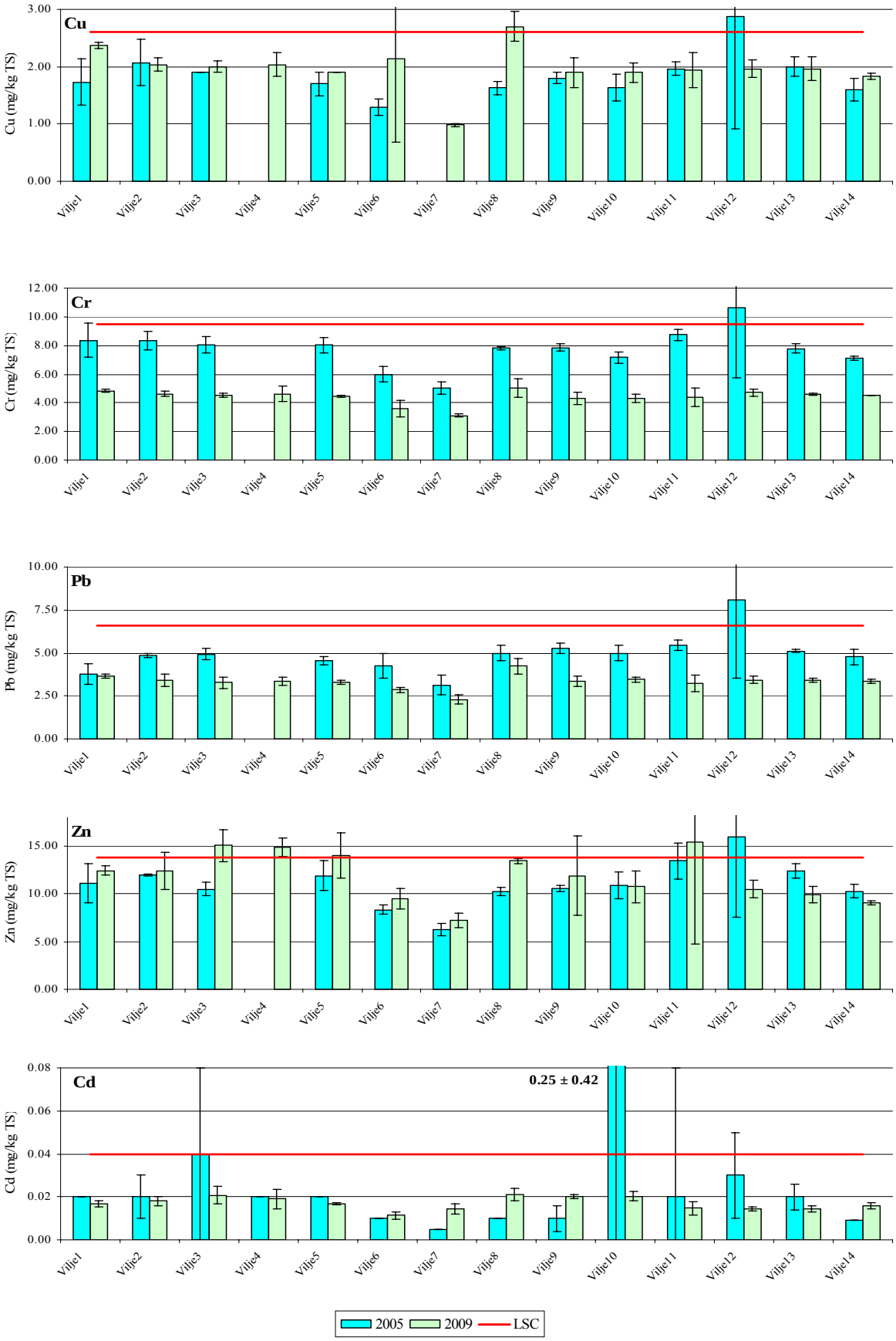
Barium ble påvist i konsentrasjoner fra 31,1 til 1013,3 mg/kg og kobber ble påvist i konsentrasjoner mellom 1,0 og 2,7 mg/kg. Krom varierte mellom 3,1 og 5,0 mg/kg, sink mellom 7,2 og 15,5 mg/kg, bly mellom 2,3 og 4,2 mg/kg, kadmium forekom fra 0,02 mg/kg og lavere, og kvikksølv ble målt til 0,0083 og 0,0120 mg/kg (Tabell 21.5).

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på Vilje1 (215 m sørøst), Vilje4 (250 m nordøst), Vilje8 (250 m nordvest), Vilje9 (500 m nordvest) og Vilje11 (250 m sørvest), kobber i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ ved Vilje8 og sink ved Vilje3 (1000 m sørøst), Vilje4, Vilje5 (500 m nordøst) og Vilje11. Ellers ble det ikke målt metallkonsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ (Tabell 21.5 og Figurene 21.5 og 21.6).

Innholdet av krom og bly, var lavere i 2009 enn i 2005, mens innholdet av kadmium, sink og kobber var omtrent som i 2005. Bariumkonsentrasjonen hadde økt i samme periode, og var høyere enn LSC på alle stasjoner i 250 m avstand fra feltsenteret og mot nordvest ut til 500 m (Figur 21.5 og Figur 21.6).



Figur 21.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Vilje i 2009 og 2005 (grunnlagsundersøkelse). Rød linje representerer LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$.



Figur 21.6. fortsetter. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Vilje i 2009 og 2005 (grunnlagsundersøkelse). Merk at posisjonen til Vilje 1-05 og Vilje 1-09 ikke er identisk. Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.

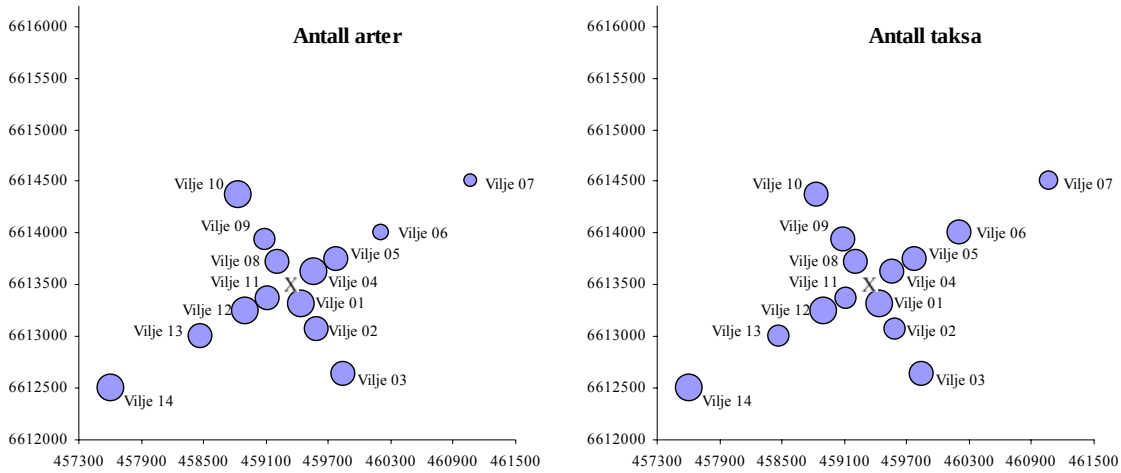
21.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 21.6. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 4124 og 469 juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Vilje i 2009. Totalt ble 19175 individer fordelt på 288 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (børstemark) med 53 % av alle individ og 43 % av alle taksa.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Viljefeltet i 2009 vises i Figur 21.7. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 21.7 og Figur 21.8. I tabell 21.8 er er de ti mest tallrike artene på hver stasjon listet opp.

Tabell 21.6. Antall individ i prøvene fra Vilje i 2009 fordelt på noen taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida og Echinoida (h.h.v. 4124 og 469 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Antall individer	%	Antall taksa	%
Annelida	10257	53	124	43
Arthropoda	1815	9	70	24
Mollusca	4051	21	49	17
Echinodermata	914	5	16	6
Diverse grupper	2138	11	29	10
Totalt	19175	100	288	100



Figur 11.7. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Viljefeltet i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 21.7. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Vilje i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida er utelatt.

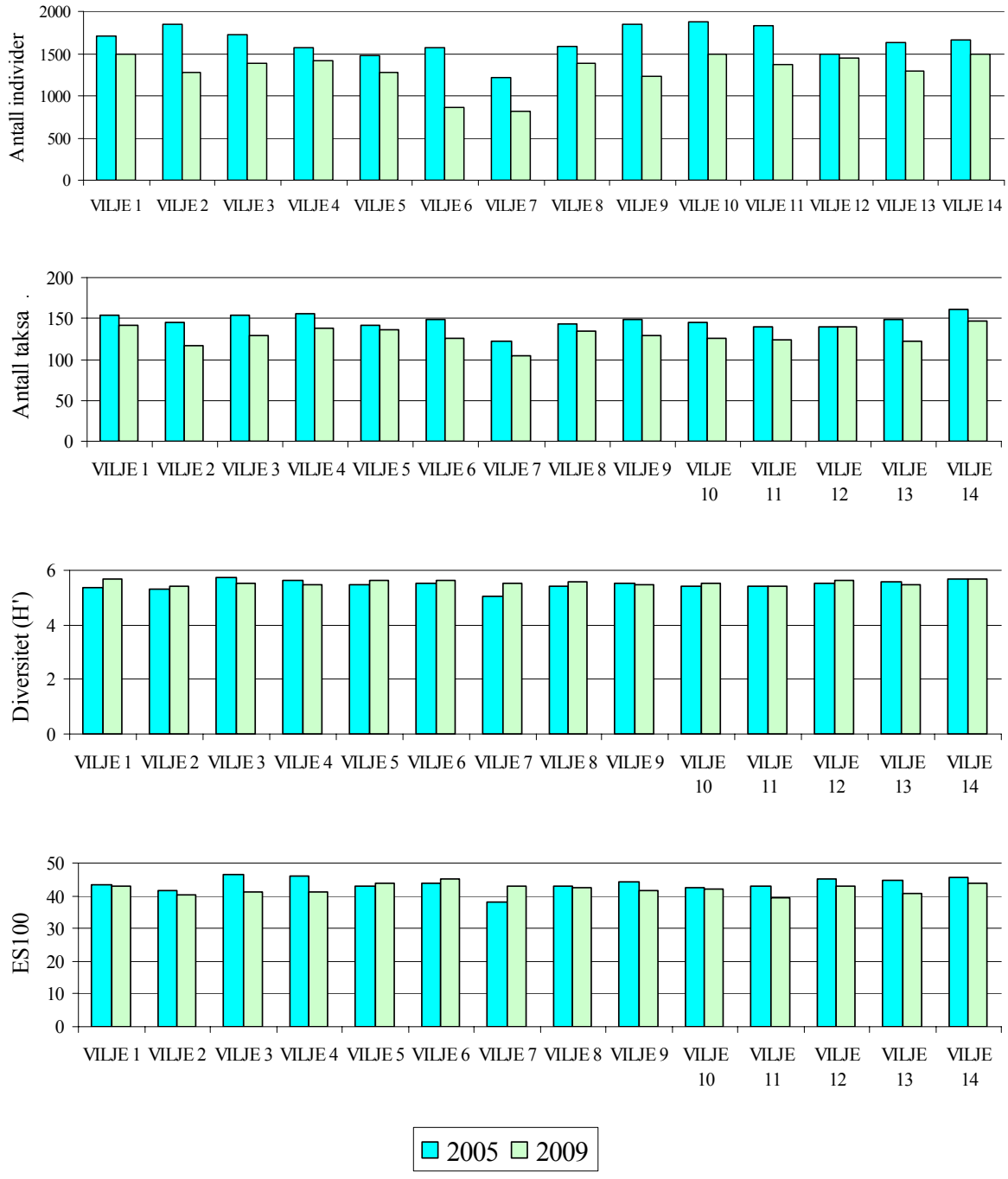
Stasjon	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES_{100}
VILJE 1	1487	142	5,66	0,79	7,15	43,05
VILJE 2	1284	117	5,44	0,79	6,87	40,41
VILJE 3	1385	130	5,50	0,78	7,02	40,99
VILJE 4	1423	138	5,47	**0,77**	7,11	41,08
VILJE 5	1284	136	5,65	0,80	7,09	43,91
VILJE 6	866	126	5,64	0,81	6,98	**45,09**
VILJE 7	**822**	**105**	5,51	**0,82**	**6,71**	43,12
VILJE 8	1386	135	5,59	0,79	7,08	42,41
VILJE 9	1229	130	5,48	0,78	7,02	41,51
VILJE 10	1487	126	5,51	0,79	6,98	42,21
VILJE 11	1374	124	**5,39**	0,78	6,95	**39,19**
VILJE 12	1442	140	5,61	0,79	7,13	43,02
VILJE 13	1292	122	5,47	0,79	6,93	40,68
VILJE 14	**1500**	**147**	**5,69**	0,79	**7,20**	43,97
Snitt[1]	1304	130	5,54	0,79	7,02	42,19
sd[1]	213	11	0,09	0,01	0,13	1,63
min[1]	822	105	5,39	0,77	6,71	39,19
maks[1]	1500	147	5,69	0,82	7,20	45,09
Snitt[2]	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd[2]	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min[2]	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks[2]	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

[1] de feltspesifikke stasjonene [2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen.

Antall individ varierte mellom 822 og 1500, og antall taksa varierte mellom 105 og 147. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,39 og 5,69, og ES_{100} varierte mellom 39,19 og 45,09. Jevnheten varierte mellom 0,77 og 0,82.

Antall arter og individer var relativt jevnt fordelt utover stasjonene, med unntak av et lavere individtall ved Vilje6 og Vilje7, hvor der var mindre pelitt i sedimentet enn på de andre stasjonene. Både artsantallet og individantallet hadde sunket siden grunnlagsundersøkelsene i 2005, mens diversiteten og jevnheten var omtrent uforandret. Resultatet viser at aktiviteten i området ikke har påvirket miljøet ved Vilje nevneverdig.

Fordelingen av taksa blant geometriske klasser for 2009, sammenlignet med resultatene fra grunnlagsundersøkelsen i 2005, er vist i Figur 21.9. Kurvene er relativt jevne og avviker lite fra tidligere og indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2009.



Figur 21.8. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Vilje fra 2009, samt stasjonene fra grunnlagsundersøkelsene i 2005. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 21.8. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Vilje i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

VILJE 1	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	125	8.4	8.4
Axinulus croulinensis	100	6.7	15.1
Myriochele oculata	83	5.6	20.7
Thyasira equalis	81	5.4	26.2
Mendicula ferruginosa	78	5.2	31.4
Diplocirrus glaucus	76	5.1	36.5
Eclysippe vanelli	67	4.5	41.0
Amphiura chiajei	52	3.5	44.5
Natatolana borealis	47	3.2	47.7
Aricidea catherinae	44	3.0	50.6

VILJE 2	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	145	11.3	11.3
Axinulus croulinensis	98	7.6	18.9
Myriochele oculata	81	6.3	25.2
Eclysippe vanelli	81	6.3	31.5
Thyasira equalis	61	4.8	36.3
Amphiura chiajei	52	4.0	40.3
Mendicula ferruginosa	50	3.9	44.2
PHORONIDA indet.	45	3.5	47.7
Aricidea catherinae	39	3.0	50.8
NEMERTINI indet.	37	2.9	53.7

VILJE 3	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	139	10.0	10.0
Axinulus croulinensis	97	7.0	17.0
Myriochele oculata	86	6.2	23.2
Eclysippe vanelli	84	6.1	29.3
Mendicula ferruginosa	77	5.6	34.9
Aricidea catherinae	76	5.5	40.4
Lumbrineridae indet.	48	3.5	43.8
Amphiura chiajei	44	3.2	47.0
Thyasira equalis	42	3.0	50.0
PHORONIDA indet.	41	3.0	53.0

VILJE 4	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	154	10.8	10.8
Axinulus croulinensis	137	9.6	20.4
Thyasira equalis	102	7.2	27.6
Eclysippe vanelli	79	5.6	33.2
Myriochele oculata	73	5.1	38.3
Mendicula ferruginosa	63	4.4	42.7
Amphiura chiajei	59	4.1	46.9
PHORONIDA indet.	52	3.7	50.5
Aricidea catherinae	51	3.6	54.1
Ampelisca tenuicornis	40	2.8	56.9

VILJE 5	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	154	12.0	12.0
Axinulus croulinensis	90	7.0	19.0
Myriochele oculata	69	5.4	24.4
Eclysippe vanelli	58	4.5	28.9
Aricidea catherinae	57	4.4	33.3
Mendicula ferruginosa	50	3.9	37.2
Thyasira equalis	46	3.6	40.8
Amphiura chiajei	46	3.6	44.4
PHORONIDA indet.	43	3.3	47.7
Ampelisca tenuicornis	41	3.2	50.9

VILJE 6	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	117	13.5	13.5
Myriochele oculata	54	6.2	19.7
PHORONIDA indet.	54	6.2	26.0
Axinulus croulinensis	50	5.8	31.8
Mendicula ferruginosa	30	3.5	35.2
Ampelisca tenuicornis	30	3.5	38.7
Amphiura filiformis	27	3.1	41.8
Eclysippe vanelli	25	2.9	44.7
NEMERTINI indet.	25	2.9	47.6
Ampharete falcata	24	2.8	50.3

Tabell 21.9. fortsetter

VILJE 7	Ant. Individer	%	Kum %
Myriochele oculata	110	13.4	13.4
Paramphinome jeffreysii	45	5.5	18.9
Axinulus croulinensis	45	5.5	24.3
PHORONIDA indet.	44	5.4	29.7
Amphiura filiformis	42	5.1	34.8
NEMERTINI indet.	32	3.9	38.7
Aricidea catherinae	31	3.8	42.5
Myriochele fragilis	22	2.7	45.1
Tmetonyx cicada	22	2.7	47.8
Ampelisca tenuicornis	21	2.6	50.4

VILJE 8	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	130	9.4	9.4
Axinulus croulinensis	123	8.9	18.3
Myriochele oculata	79	5.7	24.0
Eclysippe vanelli	76	5.5	29.4
Diplocirrus glaucus	61	4.4	33.8
Amphiura chiajei	56	4.0	37.9
Thyasira equalis	54	3.9	41.8
Aricidea catherinae	50	3.6	45.4
Mendicula ferruginosa	45	3.2	48.6
PHORONIDA indet.	44	3.2	51.8

VILJE 9	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	149	12.1	12.1
Axinulus croulinensis	114	9.3	21.4
Eclysippe vanelli	70	5.7	27.1
Myriochele oculata	58	4.7	31.8
PHORONIDA indet.	56	4.6	36.4
Thyasira equalis	52	4.2	40.6
Ampelisca tenuicornis	50	4.1	44.7
Aricidea catherinae	48	3.9	48.6
Mendicula ferruginosa	46	3.7	52.3
Diplocirrus glaucus	35	2.8	55.2

VILJE 10	Ant. Individer	%	Kum %
Axinulus croulinensis	159	10.7	10.7
Paramphinome jeffreysii	157	10.6	21.3
Myriochele oculata	90	6.1	27.3
Eclysippe vanelli	80	5.4	32.7
Aricidea catherinae	62	4.2	36.9
Mendicula ferruginosa	61	4.1	41.0
PHORONIDA indet.	58	3.9	44.9
Ampelisca tenuicornis	54	3.6	48.5
Amphiura chiajei	42	2.8	51.3
Lumbrineridae indet.	34	2.3	53.6

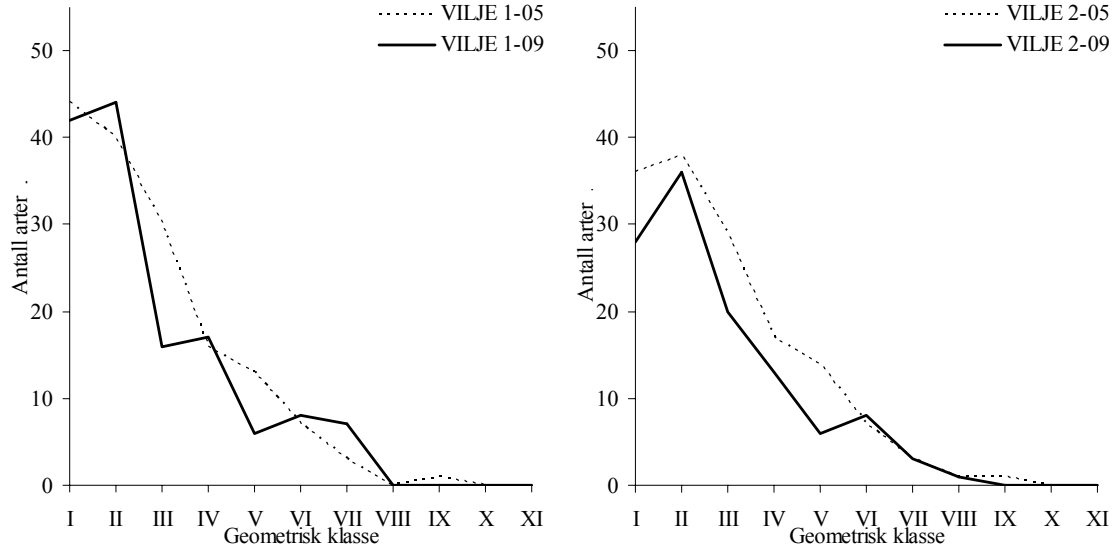
VILJE 11	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	150	10.9	10.9
Axinulus croulinensis	116	8.4	19.4
Eclysippe vanelli	83	6.0	25.4
Thyasira equalis	72	5.2	30.6
Myriochele oculata	67	4.9	35.5
Amphiura chiajei	58	4.2	39.7
Aricidea catherinae	56	4.1	43.8
Diplocirrus glaucus	55	4.0	47.8
Mendicula ferruginosa	53	3.9	51.7
Ampelisca tenuicornis	46	3.3	55.0

VILJE 12	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	155	10.7	10.7
Axinulus croulinensis	114	7.9	18.7
Myriochele oculata	80	5.5	24.2
Eclysippe vanelli	71	4.9	29.1
Thyasira equalis	71	4.9	34.0
Mendicula ferruginosa	70	4.9	38.9
Amphiura chiajei	57	4.0	42.9
Ampelisca tenuicornis	56	3.9	46.7
Aricidea catherinae	48	3.3	50.1
PHORONIDA indet.	47	3.3	53.3

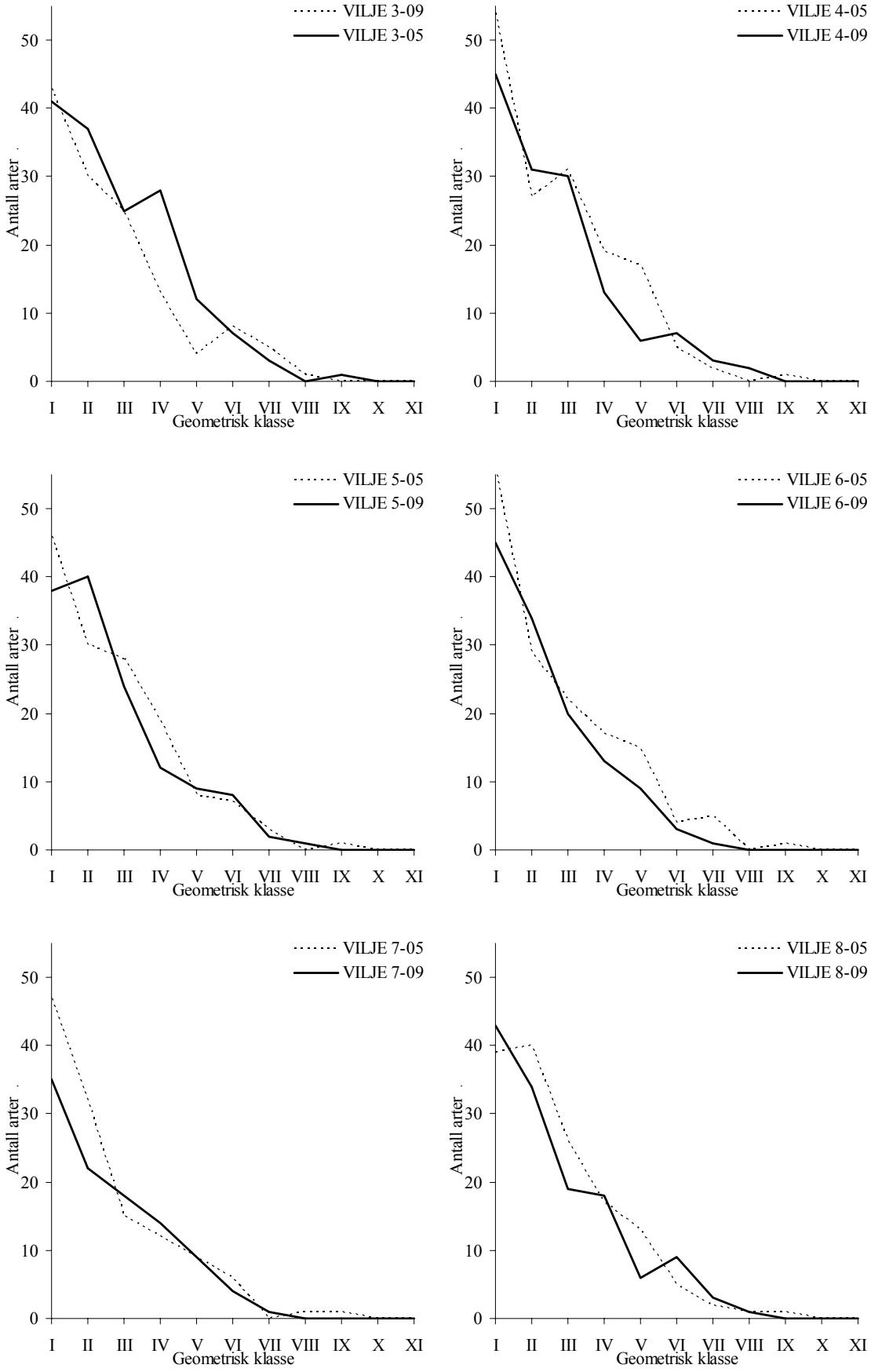
Tabell 21.9. fortsetter

VILJE 13	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	134	10.4	10.4
Axinulus croulinensis	105	8.1	18.5
Eclysippe vanelli	80	6.2	24.7
PHORONIDA indet.	68	5.3	30.0
Thyasira equalis	63	4.9	34.8
Aricidea catherinae	59	4.6	39.4
Myriochele oculata	54	4.2	43.6
Amphiura chiajei	52	4.0	47.6
Mendicula ferruginosa	47	3.6	51.2
Ampelisca tenuicornis	44	3.4	54.6

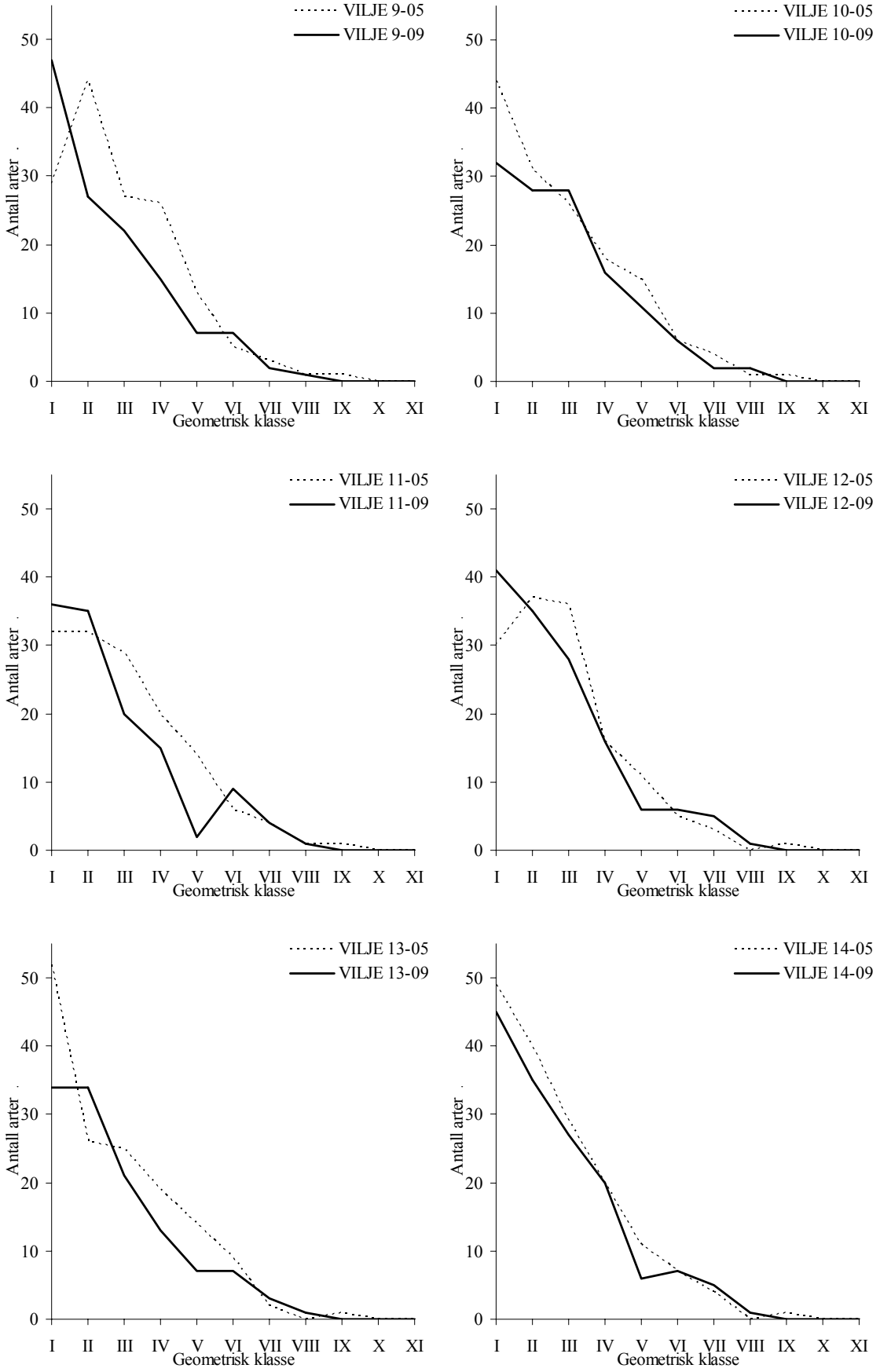
VILJE 14	Ant. Individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	133	8.9	8.9
Axinulus croulinensis	110	7.3	16.2
Eclysippe vanelli	106	7.1	23.3
Myriochele oculata	85	5.7	28.9
PHORONIDA indet.	82	5.5	34.4
Ampelisca tenuicornis	64	4.3	38.7
Amphiura chiajei	54	3.6	42.3
Mendicula ferruginosa	53	3.5	45.8
Thyasira equalis	42	2.8	48.6
Aricidea catherinae	40	2.7	51.3



Figur 21.9. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Vilje i 2009, sammenlignet med grunnlagsundersøkelsen fra 2005. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.



Figur 21.9. fortsetter

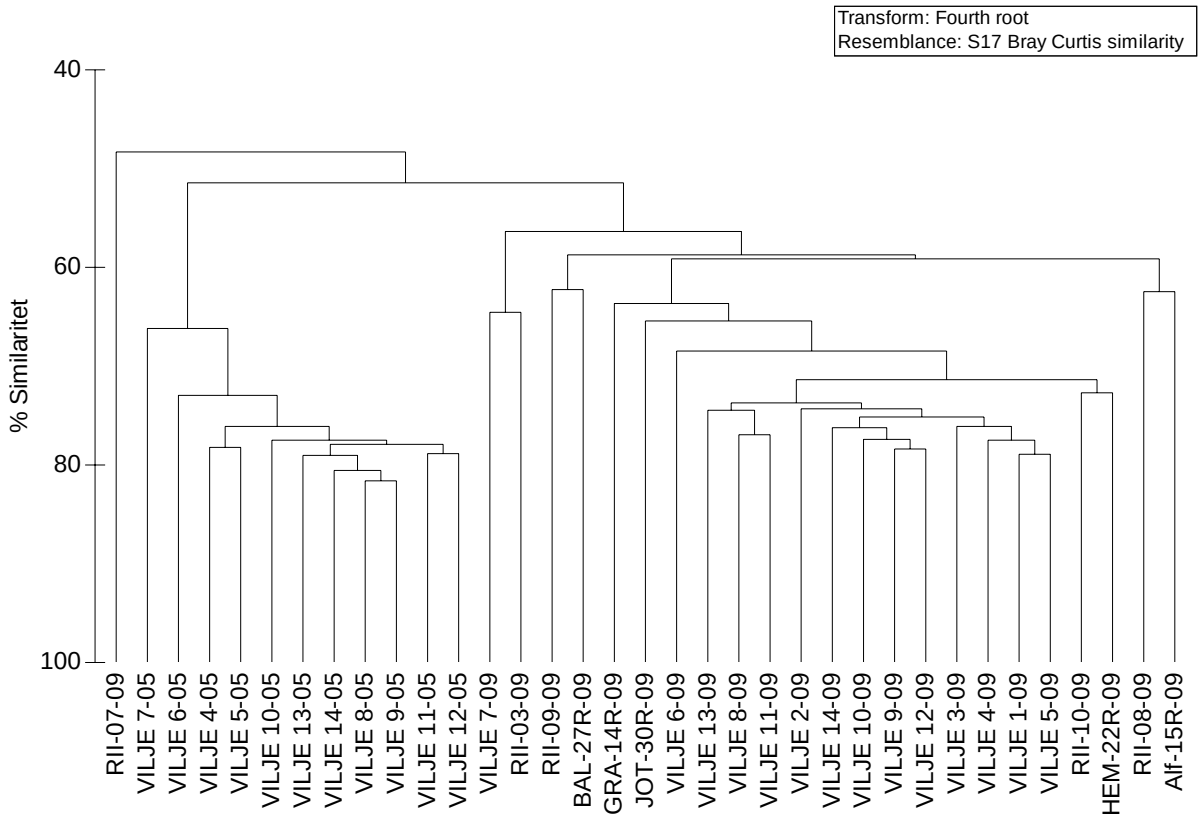


Figur 21.9. fortsetter

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 21.10.

Cluster-analysen samlet alle de feltspesifikke stasjonene ved Vilje innen en faunalikhet på om lag 69 % med unntak av Vilje 7 som hadde større likhet med den regionale stasjonen RII03. Denne forskjellen skyldes trolig at disse stasjonene hadde høyt innhold av fin sand og lavt innhold av TOM og pelitt. Faunasammensetingen på feltet i 2009, var noe ulik faunaen som ble rapportert etter grunnlagsundersøkelsen i 2005 (51 % likhet). Dette skyldes naturlig variasjon over en femårsperiode.

MDS-analysen støtter opp under resultatene fra cluster-analysen (se Vedlegg), og tyder på et jevnt, og i dette tilfellet også godt miljø på Viljefeltet i 2009.

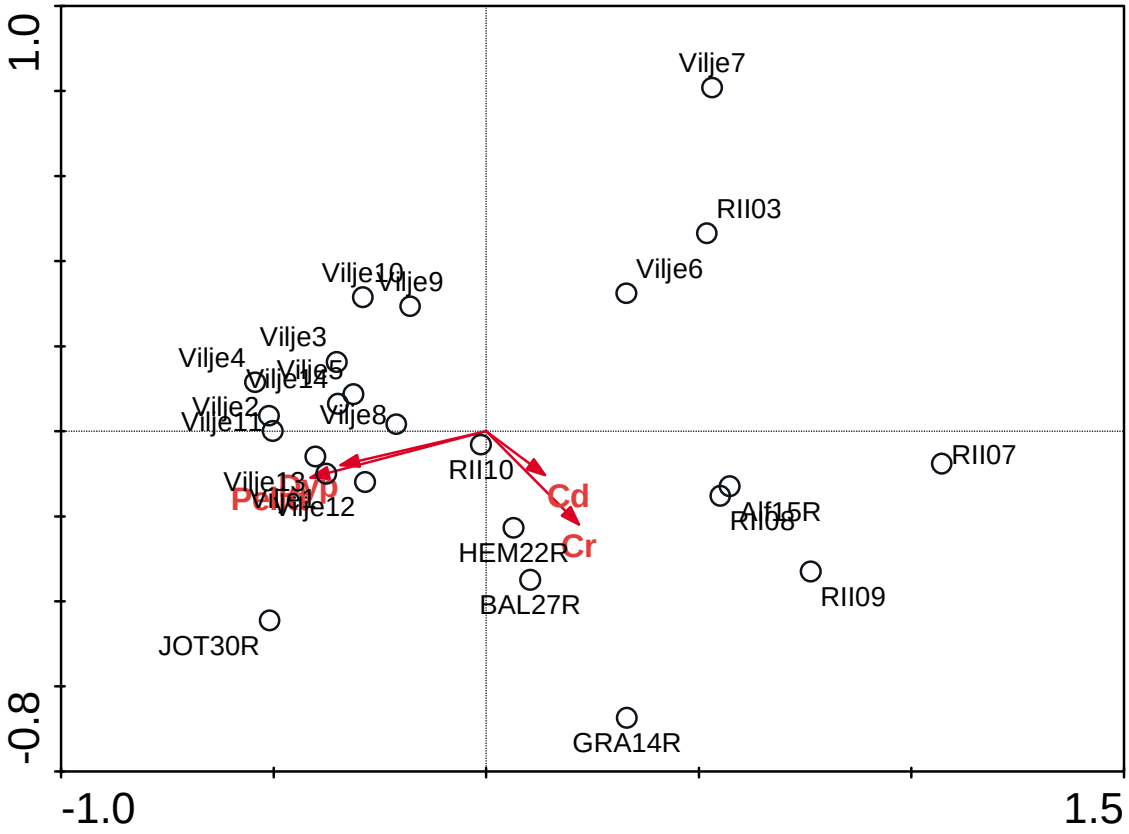


Figur 21.10. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Vilje fra 2005 (grunnlagsundersøkelse) og 2009, sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna og de kjemiske og fysiske dataene fra 2009 ved Viljefeltet i tillegg til tilknyttete subregionale stasjoner, ble undersøkt ved hjelp av RDA-analyse.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,32). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at av de undersøkte miljøvariablene hadde kadmium, krom, pelitt og vanndyp signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 21.11). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 21,3 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 9,3 %.

Resultatet tyder på at det er svak kobling mellom undersøkte miljøvariabler og bunnfauna.



Figur 21.11. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablene krom, kadmium, vanndyp og pelitt hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen forklarer 21,3 % mens den andre aksen forklarer 9,3 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra 2009 fra feltet og tilhørende subregionale stasjoner.

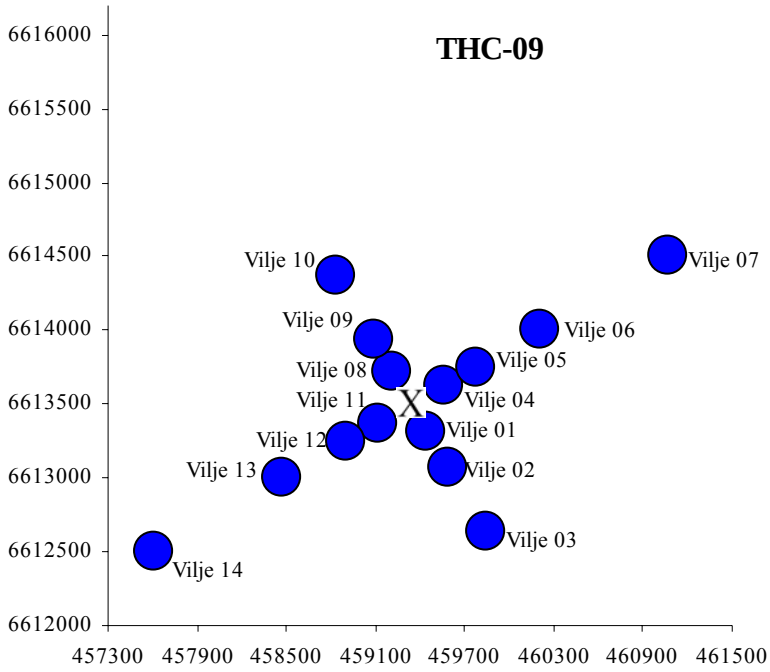
21.2.6 Beregning av påvirket areal

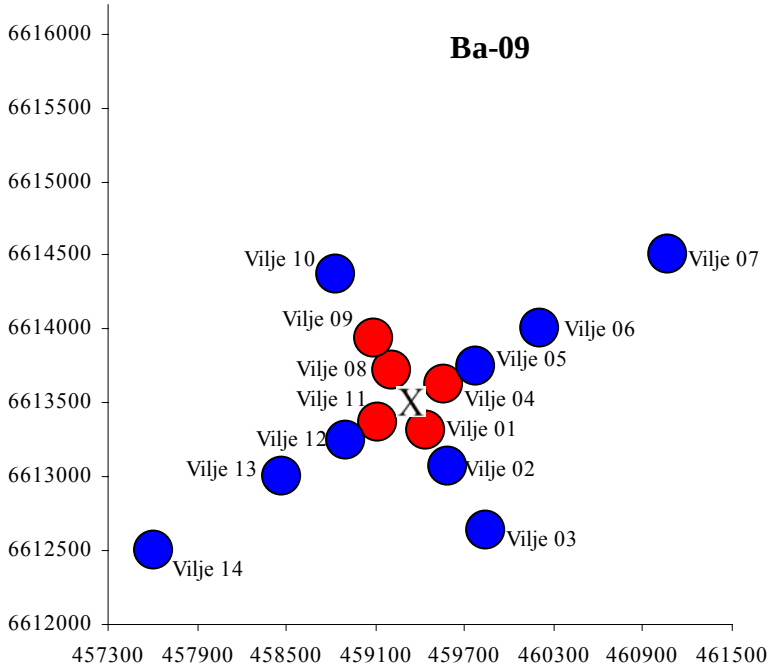
Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 21.12 og Tabell 21.19. Tabell 21.19 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

I 2009 ble det ikke påvist kontaminering av THC ved noen av stasjonene. Bariumkontaminering ble påvist på de fire nærmeste stasjonene mot feltsenteret i tillegg til Vilje 9, som ligger 500 m nordvest. Kontaminering av andre metaller ble påvist nordøst ved Vilje 4 og Vilje 5 og sørvest ved Vilje 11. Ettersom det ikke ble funnet forhøyede verdier av andre metaller ved Vilje 1 og Vilje 2, er ikke Vilje 3 tatt med i beregningen av kontaminert areal, selv om verdiene av sink var høyere enn LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Isteden er halve distansen mot Vilje 1 tatt med for å kunne beregne arealet (Tabell 21.19).

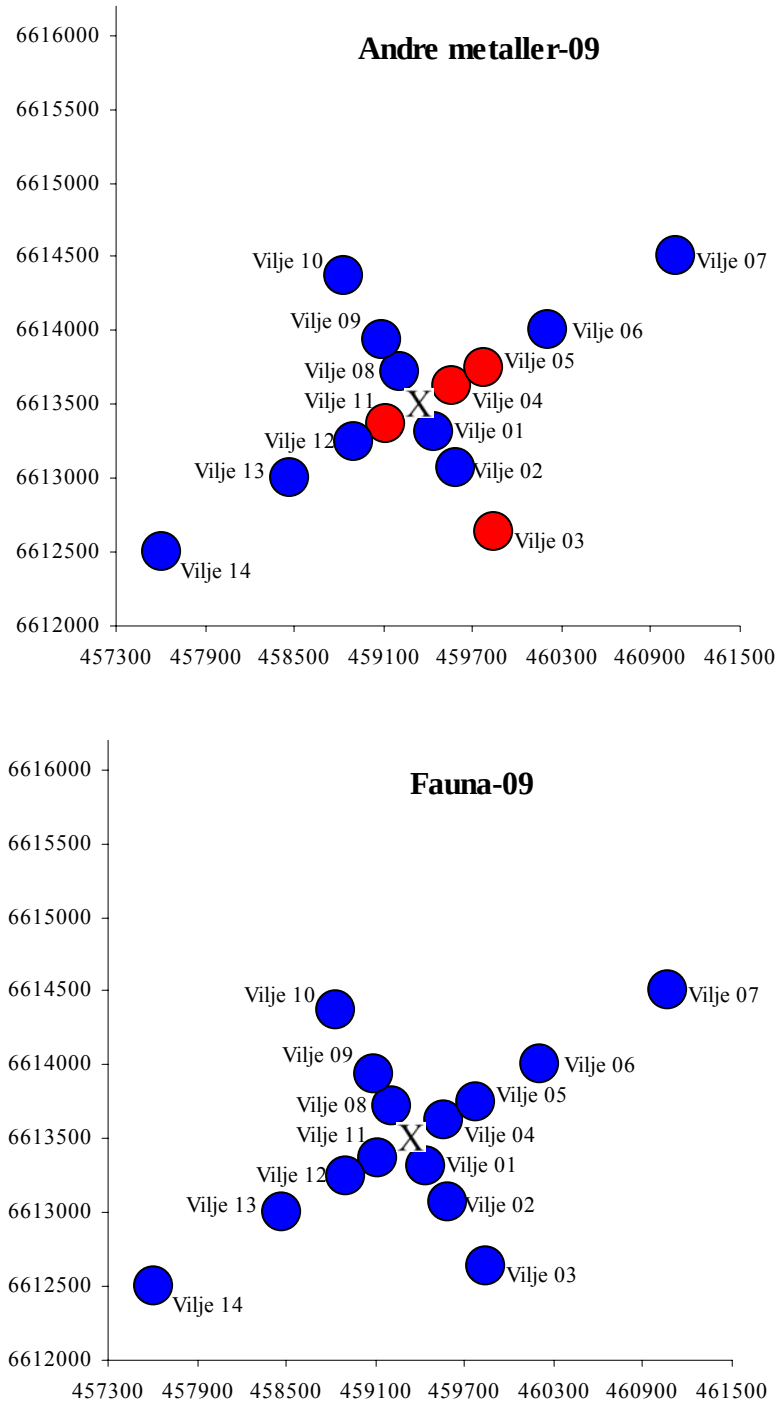
Tabell 21.19. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet kontaminert areal rundt installasjonen. Avstandene til stasjonene nærmest installasjonen er henholdsvis 250 m mot nordvest, 250 m mot nordøst, 215 m mot sørøst og 250 m mot sørvest.

Vilje	NV m	NØ m	SØ m	SV m	2009 km²
THC	0	0	0	0	0,00
Ba	500	250	220	250	0,28
Andre metall	0	0,25	0	0,25	0,04
Fauna	0	0	0	0	0,00





Figur 21.12. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler.



Figur 21.12 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

21.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2006 er det boret 8 brønner på Vilje. Bunnsedimentet har høyt innhold av fin sand og lavt innhold av TOM. Det var lavt innhold av THC og alle stasjonene hadde THC-verdier som lå under LSC. Sedimentet var kontaminert med barium 215 m mot sørøst, 250 m mot nordøst og sørvest, samt 500 m mot nordvest. Sedimentet var kontaminert med andre metaller (kobber og sink) 250 m mot sørvest og 500 m mot nordøst. Konsentrasjonene for bly og krom var generelt lavere enn i 2005. Både antall individer og antall arter var lavere, mens diversiteten var noe høyere i 2009 i forhold til 2005. Endringene er ikke større enn det som oppfattes som naturlig variasjon. Børstemark (*Paramphinome jeffreysii*) var den mest vanlige arten i prøvene og bunnfaunen var generelt lik over hele feltet i 2009 som i 2005. Resultatene viste at det var gode miljøforhold ved Vilje og bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret. Alle transektene nådde ut til rene sediment.

22. Alvheim

22.1 Introduksjon

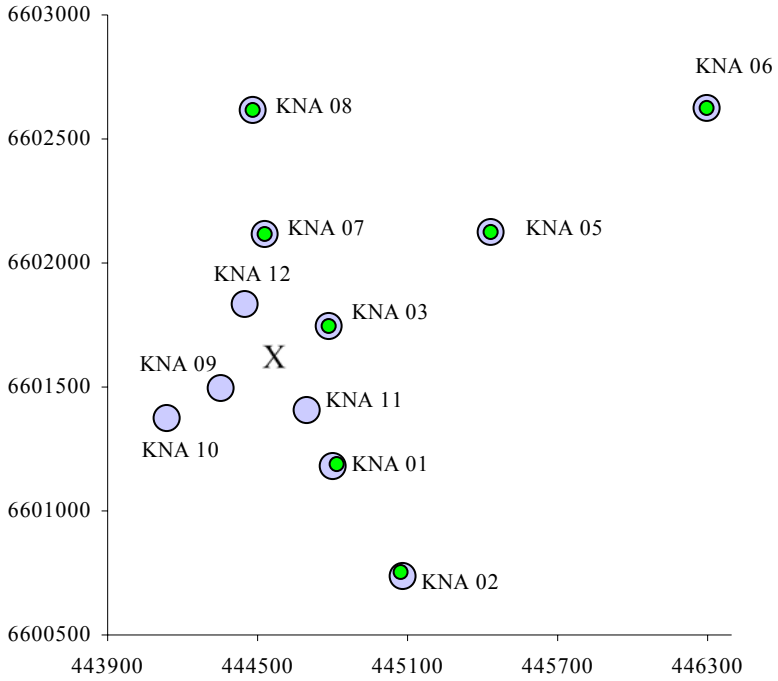
Alvheim ligger i den nordlige delen av Region II, nær grensen til britisk sektor. Alvheim området er sammensatt av Kneler, Boa og Kameleon feltene. Produksjonen fra feltet tok til i juni 2008. Oljen blir eksportert med tankskip. Prosessert rikgass går i en rørledning fra Alvheim til Scottish Area Gas Evacuation (SAGE)-systemet på britisk sektor.

Det ble foretatt en grunnlagsundersøkelse på Alvheim i 2004 (Mannvik et al 2005). Posisjonene er noe forskjøvet fra grunnlagsundersøkelsen til 2009-undersøkelsen.

Siden 2006 er det boret 19 brønner på Alvheim. Utslippshistorikken på Alvheim vises i Tabell 22.1, og i Figur 22.1 vises prøvetakingsstasjonenes beliggenhet i forhold til feltsenteret og i forhold til hverandre. I tillegg er posisjonene fra grunnlagsundersøkelsen i 2004 tatt med.

Tabell 22.1. Boring og utslipp fra Alvheim mellom 2006 og 2009.

Alvheim	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Antall borete brønner	4	10	5	0
Baritt, tonn	1017	1559		
Borekaks, tonn	2174	3189	997	
Oljebasert borevæske, tonn	0	0	0	0
Syntetisk boreslamt, tonn	0	0	0	0
Vannbasert boreslam, tonn	8226,9	16139,3	8910	
Sementeringskjemikalier, tonn	3016	5733	246,5	
Kompletteringskjemikalier, tonn	0	0	3000	0
Olje i produsert vann, tonn	0	0	0,0055	3,99
Akutt utslipp, liter	0	0	0	1,5



	ED50 UTM sone 31		Avstand (m)/	Dyp
	Ø	N	Retning (°)	(m)
KNA1	444808	6601175	500/151	116
KNA2	445085	6600734	1020/149	116
KNA3	444792	6601742	250/60	119
KNA5	445441	6602117	1000/60	121
KNA6	446307	6602617	2000/60	123
KNA7	444531	6602115	500/330	122
KNA8	444488	6602613	1000/330	122
KNA 9	444358	6601492	250/240	123
KNA 10	444142	6601367	500/240	123
KNA11	444700	6601400	250/150	119
KNA12	444450	6601834	250/330	121

Figur 22.1. Plasseringen av prøvetakingsstasjonene ved Alvheim (blått, store sirkler) i forhold til feltsenteret (x). I tillegg vises posisjonene for grunnlagsundersøkelsen gjennomført i 2004 (grønt, små sirkler). Avviket av stasjonsposisjoneringen på KNA01 og KNA 02 mellom de to årene er så lite, at de i denne rapporten blir presentert med samme stasjonsnavn for undersøkelsene i 2004 og 2009. (Posisjoner i henhold til UTM sone 31 CM 3° East, ED-1950).

22.2 Resultater

22.2.1. Sedimentbeskrivelse

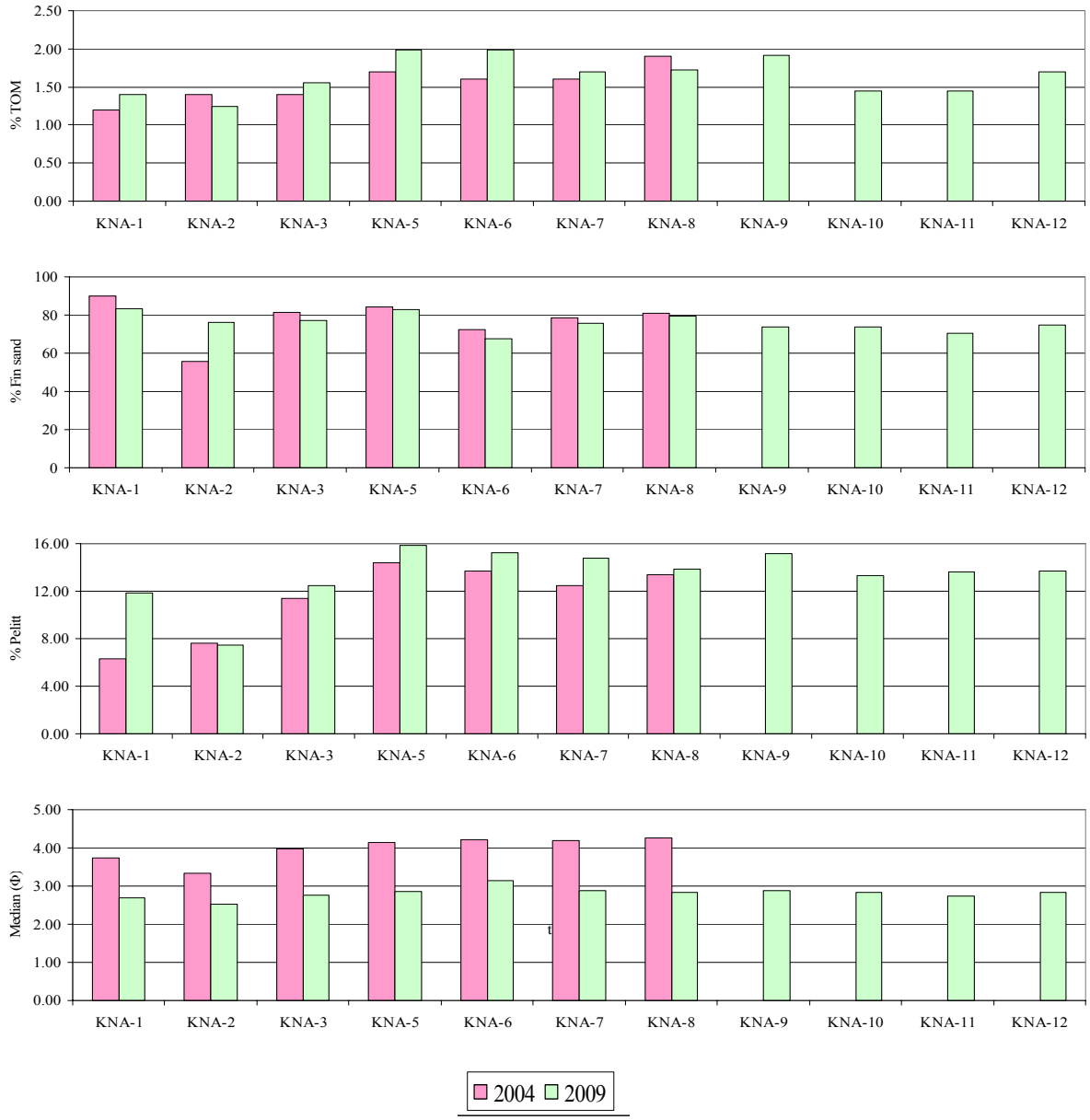
Den relative andelen av TOM, grus, sand og pelitt, sammen med median, sorting, skewness og kurtosis for 2009 er vist i Tabell 22.2. I Figur 22.2 er relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median presentert. Tilleggsinformasjon om farge, lukt og generelt inntrykk av prøvene finnes i Vedlegget. Stasjonene KNA01 og KNA02 ble flyttet noe pga mye stein i sedimentet og dette kan forklare forskjeller i forhold til grunnlagsundersøkelsen.

Sedimentet på Alvheim hadde et TOM-innhold fra 1,24 % til 1,99 %. Sandinnholdet varierte fra 84,07 % til 92,45 % og pelittinnholdet varierte mellom 7,42 % og 15,85 %. Medianen (Φ) varierte mellom 2,52 og 3,14. Stasjonene fra 2009 hadde høyere prosent TOM, lavere prosentandel fin sand og høyere prosentandel pelitt, enn i 2004. Unntaket var KNA02, som skilte seg ut ved at den hadde noe lavere % TOM i 2009 enn i 2004, høyere prosentandel fin sand og omtrent lik prosentandel pelitt. I tillegg hadde KNA08 lavere % TOM i 2009 enn 2004 (Figur 22.2).

Tabell 22.2. Relativ andel av TOM, grus, sand og pelitt, samt median (Φ), sorting og skewness og kurtosis i sedimentet fra stasjonene ved Alvheim i 2009. For sammenligning er det beregnet gjennomsnitt, standardavvik (sd) og maksimum (**maks**) og minimum (**min**) for feltet og for den sentrale subregionen, som Alvheim tilhører.

Site	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %	Median (Φ)	Sorting	Skewness	Kurtosis
KNA-1	1,40	0,06	88,11	11,83	2,69	1,05	**0,51**	1,86
KNA-2	**1,24**	0,12	**92,45**	**7,42**	**2,52**	**0,94**	0,25	**2,17**
KNA-3	1,56	**1,55**	85,99	12,46	2,75	1,21	0,34	1,74
KNA-5	1,98	0,08	**84,07**	**15,85**	2,85	1,14	0,49	**1,57**
KNA-6	**1,99**	**0,03**	84,73	15,25	**3,14**	**1,36**	**0,05**	1,57
KNA-7	1,70	0,17	85,05	14,78	2,89	1,25	0,30	1,66
KNA-8	1,72	0,10	86,04	13,86	2,82	1,17	0,40	1,62
KNA-9	1,91	0,55	84,33	15,12	2,88	1,28	0,28	1,65
KNA-10	1,45	0,16	86,53	13,31	2,84	1,26	0,27	1,63
KNA-11	1,45	0,03	86,36	13,61	2,74	1,31	0,30	1,70
KNA-12	1,70	0,59	85,71	13,70	2,83	1,27	0,28	1,69
snitt[1]	1,65	0,31	86,31	13,38	2,81	1,20	0,32	1,71
sd[1]	0,25	0,45	2,34	2,32	0,15	0,12	0,13	0,17
min[1]	1,24	0,03	84,07	7,42	2,52	0,94	0,05	1,57
maks[1]	1,99	1,55	92,45	15,85	3,14	1,36	0,51	2,17
snitt[2]	1,55	0,39	86,94	12,67	2,76	1,19	0,33	1,76
sd[2]	0,21	0,51	2,46	2,33	0,12	0,13	0,09	0,18
min[2]	1,24	0,03	84,33	7,42	2,52	0,94	0,25	1,62
maks[2]	1,91	1,55	92,45	15,12	2,88	1,31	0,51	2,17

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 22.2. Relativ andel av TOM, fin sand og pelitt, samt median i sediment fra stasjonene ved Alvheim i 2004 og 2009.

22.2.2. LSC (Limit of Significant Contamination) for Alvheim i 2009

Resultatet fra LSC-beregningene er vist i sin helhet i kapittelet som omhandler de regionale stasjonene. I teksten og figurene som omhandler Alvheim benyttes kun LSC for den sentrale subregionen (LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$).

LSC	THC	PAH	NPD	Cu	Cr	Zn	Ba	Pb	Cd	Hg
Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$	13,4	0,07	0,02	2,6	9,5	13,8	153,7	6,6	0,04	0,02

22.2.3. Oljehydrokarboner

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av THC, PAH og NPD er presentert i Tabell 22.3. Den vertikale fordelingen av THC nedover i sedimentet (0-1, 1-3 og 3-6 cm) er vist i Tabell 22.4. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 22.3 vises THC innholdet i 2009 sammen med resultater fra grunnlagsundersøkelsen i 2004 og i Figur 22.4 vises den relative fordelingen av THC mellom stasjonene i 2009.

THC ble påvist i konsentrasjoner fra 1,7 mg/kg (KNA 02) til 8,7 mg/kg (KNA 11). THC ble ikke påvist over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. Høyest var konsentrasjonen på KNA 11, som ligger 250 m sørøst for feltsenteret. Det var bare små endringer i forhold til grunnlagsundersøkelsen i 2004 (Figur 22.3).

Det ble ikke funnet konsentrasjoner av oljehydrokarboner som oversteg LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$, i dybdeprøvene fra 0-6 cm på KNA 03. Den høyeste konsentrasjonen av THC ble funnet på 1-3cm (Tabell 22.4).

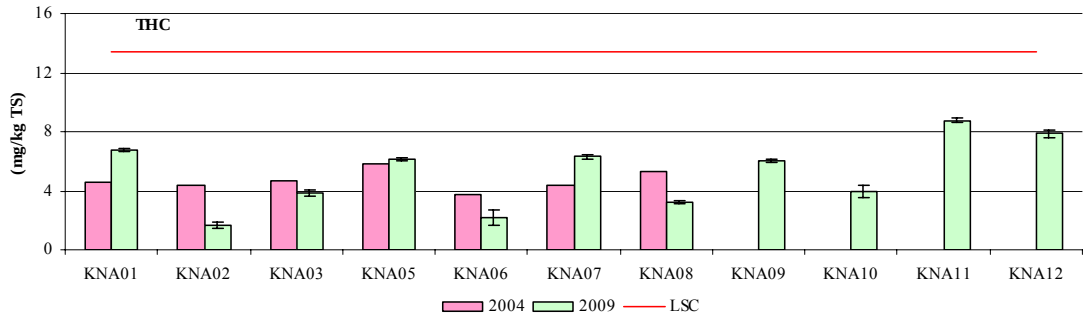
Tabell 22.3. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) av THC, PAH og NPD og standardavvik (sd) i sediment fra stasjonene ved Alvheim i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Ingen verdier var over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$. For sammenligning er gjennomsnitt for feltstasjonene i den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
KNA01	6,8	0,1	i.a.	-	i.a.	-
KNA02	**1,7**	0,2	i.a.	-	i.a.	-
KNA03	3,8	0,2	0,068	0,004	0,021	0,006
KNA05	6,1	0,1	i.a.	-	i.a.	-
KNA06	2,2	0,5	i.a.	-	i.a.	-
KNA07	6,3	0,2	i.a.	-	i.a.	-
KNA08	3,2	0,1	i.a.	-	i.a.	-
KNA09	6,0	0,1	i.a.	-	i.a.	-
KNA10	3,9	0,5	i.a.	-	i.a.	-
KNA11	**8,7**	0,2	i.a.	-	i.a.	-
KNA12	7,9	0,3	i.a.	-	i.a.	-
snitt±sd[1]	5,2±2,3		-		-	
min-maks[1]	1,7-8,7		-		-	
snitt±sd[2]	5,1±3,1		0,051±0,015		0,010±0,004	
min-maks[2]	<0,1-9,8		0,032-0,074		0,001-0,015	

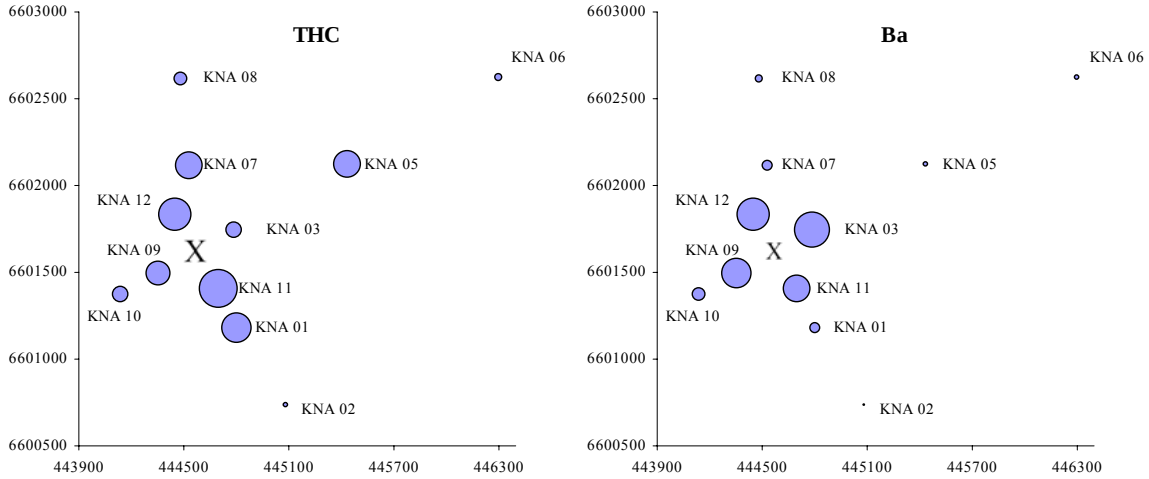
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 22.4. Vertikalfordelingen av THC i sedimentet på KNA03 i 2009. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Eventuelle verdier over LSC Subregion sentral 96-09 er skyggelagt.

Stasjon	Sjikt	THC	PAH	NPD
KNA03	(0-1cm)	7,1	0,047	0,017
	(1-3cm)	11,0	0,053	0,015
	(3-6cm)	10,0	0,062	0,015



Figur 22.3. Gjennomsnittlig THC innhold og standardavvik i mg/kg tørt sediment ved Alvheim i 2009 og 2004 (grunnlagsundersøkelse). Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.



Figur 22.4. Relativ konsentrasjon av THC og barium i sedimentoverflaten (0-1 cm) ved Alvheim i 2009. Feltsenteret er markert med x.

22.2.4 Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik av metallinnholdet på hver enkelt stasjon presenteres i Tabell 22.5. Komplett datasett inkludert replikater finnes i Vedlegget. I Figur 22.5 vises bariuminnholdet i 2009 og fra grunnlagsundersøkelsen i 2004, og i Figur 22.4 vises den relative fordelingen av barium mellom stasjonene i 2009. I Figur 22.6 vises konsentrasjonen av kobber, krom, sink, bly og kadmium i 2009 og 2004.

Barium forekom i konsentrasjoner over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på KNA01 (500 m sørøst), KNA03 (250 m nordøst), KNA07 (500 m nord), KNA09 (250 m sørvest), KNA10 (500 m sørvest), KNA11 (250 m sørøst) og KNA12 (250 m nordvest). Forhøyede verdier av kobber, krom og sink, ble påvist ved KNA10. I tillegg forekom kobber med verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ på KNA09 og KNA03 (Tabell 22.5 og Figurene 22.5 og 22.6).

Det var generelt sett små endringer i metallkonsentrasjonene mellom 2004 og 2009, men KNA10 (2009) skilte seg ut med høye konsentrasjoner av samtlige målte metaller, bortsett fra bly (Figur 22.5 og Figur 22.6).

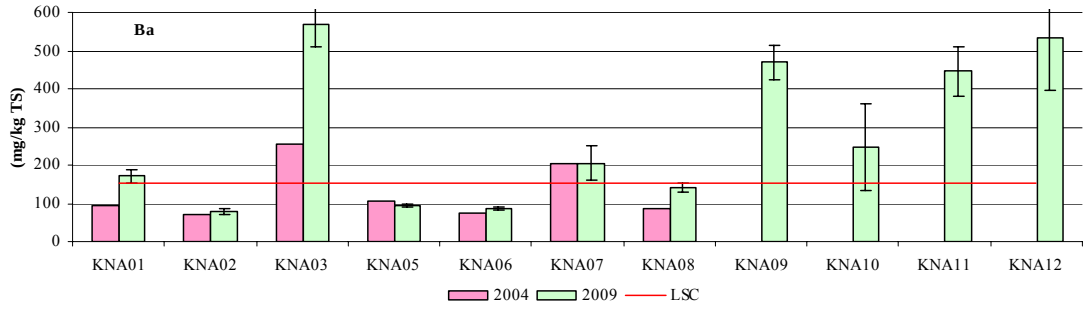
Tabell 22.5. Gjennomsnittskonsentrasjon (snitt) og standardavvik (sd) av metaller i sediment fra Alvheim i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle verdier i mg/kg tørt sediment. Verdier over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med mørk skygge. Til sammenligning er gjennomsnitt og standardavvik for feltstasjonen og de regionale stasjonene fra den sentrale subregionen tatt med i tabellen.

Stasjon	Ba		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd	snitt	sd
KNA01	170,7	18,1	3,4	0,1	0,013	0,001	1,8	0,3	5,5	0,1	i.a.	-	8,9	0,4
KNA02	**77,1**	7,5	**3,0**	0,1	**0,009**	0,001	**1,3**	0,1	**4,5**	0,1	i.a.	-	**7,2**	0,3
KNA03	**567,0**	56,6	4,5	0,4	0,016	0,001	2,8	0,6	6,2	0,3	0,009	0,001	10,8	18,8
KNA05	94,3	3,8	3,5	0,3	0,014	0,002	1,7	0,2	6,1	0,5	i.a.	-	9,9	1,1
KNA06	85,7	2,9	3,5	0,0	0,015	0,002	2,0	0,1	6,1	0,2	i.a.	-	12,8	2,0
KNA07	205,7	46,1	3,4	0,7	0,019	0,007	2,1	0,8	5,9	0,8	i.a.	-	11,6	3,1
KNA08	140,7	11,9	3,4	0,3	0,016	0,002	1,9	0,2	6,1	0,4	i.a.	-	11,4	0,2
KNA09	469,3	45,3	3,6	0,3	0,021	0,011	2,8	1,0	6,2	0,2	i.a.	-	13,1	1,5
KNA10	248,0	114,5	**6,4**	1,5	**0,037**	0,016	**4,0**	0,7	**12,1**	0,9	i.a.	-	**18,7**	2,0
KNA11	446,0	65,2	3,8	0,4	0,014	0,001	2,3	0,4	6,6	0,1	i.a.	-	12,3	2,3
KNA12	534,7	137,0	3,6	0,6	0,016	0,002	2,6	1,2	5,9	0,8	i.a.	-	12,6	2,8
snitt±sd[1]	276,3±190,23		3,8±0,9		0,017±0,007		2.3±0.7		6.5±1.9				16,2±14,9	
min-maks[1]	77,1-567,0		3,0-6,4		0,009-0,037		1.3-4.0		4.5-12.1				7,2-60,3	
snitt±sd[2]	55,5±38,2		3,9±0,9		0,017±0,010		1,5±0,8		6,2±1,7		0,007±0,003		10,7±2,6	
min-maks[2]	6,2-113,0		2,6-6,5		0,005-0,049		0,5-3,8		3,7-10,9		0,002-0,013		8,3-18,5	

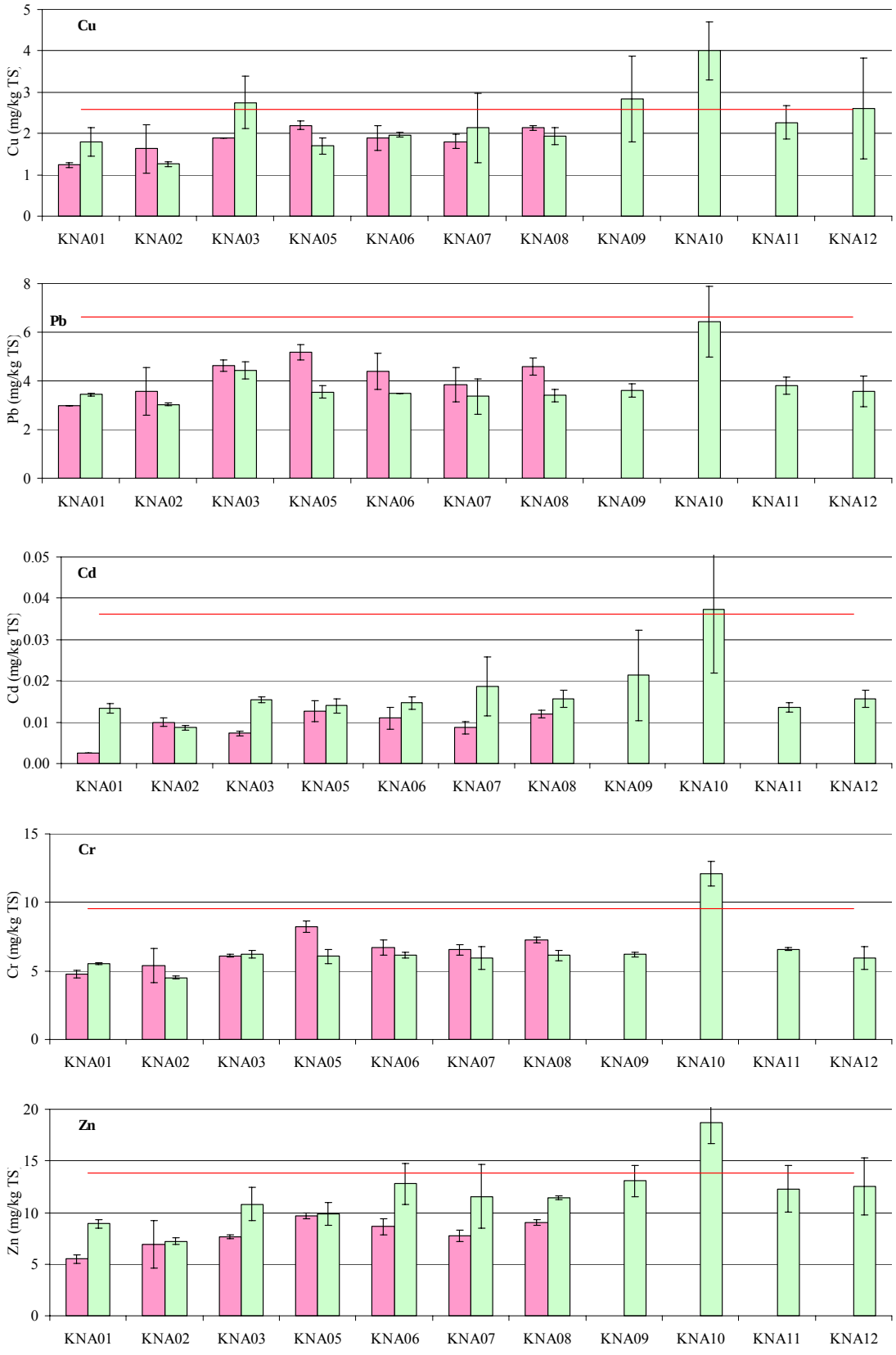
i.a.= ikke analysert i henhold til prøvetakingsprogrammet for 2009
[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen

Tabell 22.6. Vertikalfordelingen av metaller (mg/kg tørt sediment) på KNA03 i 2009.

Stasjon	Sjikt	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn
KNA03	(0-1cm)	356,0	2,9	0,036	1,7	4,8	0,006	7,8
	(1-3cm)	531,0	4,1	0,022	1,8	5,4	0,011	7,5
	(3-6cm)	387,0	3,7	0,017	1,7	5,4	0,007	8,2



Figur 22.5. Gjennomsnittlig bariuminnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Alvheim i 2009 og 2004 (grunnlagsundersøkelse). Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09.



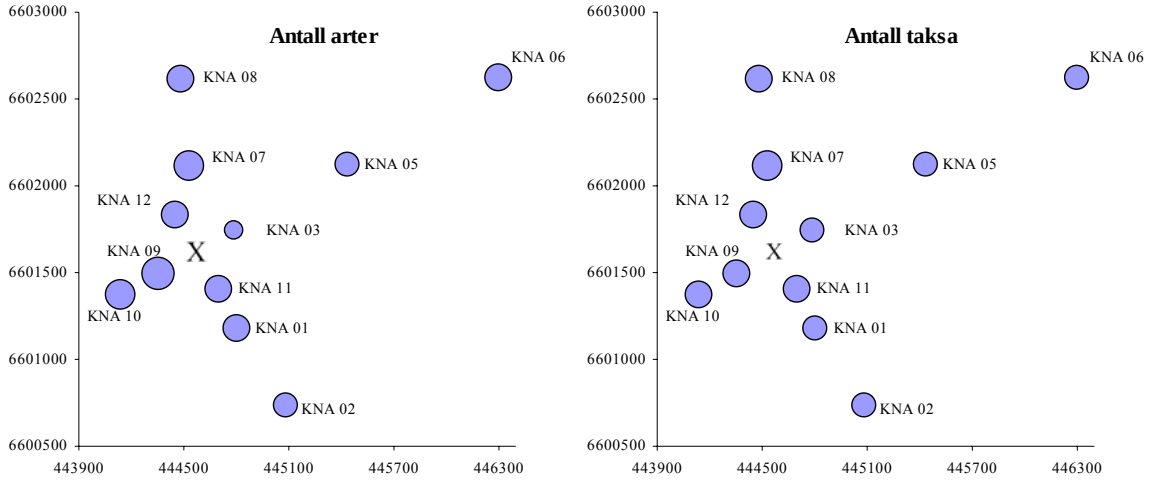
Figur 22.6. Gjennomsnittlig metallinnhold og standardavvik i sediment fra stasjonene ved Alvheim i 2009 og 2004 (grunnlagsundersøkelse). Rød linje representerer LSC Subregion sentral 96-09. På stasjoner hvor konsentrasjonen av kadmium var under deteksjonsgrensen, viser søylen halve deteksjonsgrensen.

22.2.5 Bunnfauna

En oppsummering av antall individer og fordeling blant noen taksonomiske grupper gis i Tabell 22.7. Komplett artsliste er tilgjengelig i Vedlegget. I alt ble 5444 og 2478 juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida utelatt fra videre behandling av materialet fra Alvheim i 2009. Totalt ble 13912 individer fordelt på 264 taksa identifisert. Faunaen var tallmessig dominert av Annelida (leddormer) med 51 % av alle individ og 44 % av alle taksa.

Tabell 22.7. Antall individ i prøvene fra Alvheim i 2009 fordelt på noe taksonomiske grupper. Juvenile individ av pigghudene Spatangoida (5444 individ) og Echinoida (2478 individ) er utelatt.

Store taksonomiske grupper	Ant. individer	%	Ant. taksa	%
Annelida	7071	51	116	44
Arthropoda	1895	14	73	28
Mollusca	2227	16	48	18
Echinodermata	1088	8	13	5
Diverse grupper	1631	12	14	5
Total	13912	100	264	100



Figur 22.7. Relativ fordeling av antall individ og antall taksa over Alvheimfeltet i 2009. Størrelsen på sirklene antyder relativt antall individ og taksa. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Den horisontale fordelingen av individ og taksa på Alvheimfeltet i 2009 vises i Figur 22.7. Antall individ og taksa (arter) samt beregnet artsdiversitet (H' og ES_{100}) vises i Tabell 22.8 og Figur 22.9.

Art-akkumuleringskurven som er basert på fem bunnprøver, viser at dette prøveantallet gir et grovt inntrykk av bunnfaunaen i området. Kurvens stigning indikerer at artsmaterialet vil bli mer omfattende med mer prøvetaking (Figur 22.8).

Antall individ på stasjonene varierte mellom 891 og 1509, og antall taksa varierte mellom 126 og 154. Artsdiversiteten målt ved Shannon-Wiener (H') varierte mellom 5,51 og 5,79 og ES_{100} varierte mellom 41,7 og 47,0. Jevnheten varierte mellom 0,77 og 0,83.

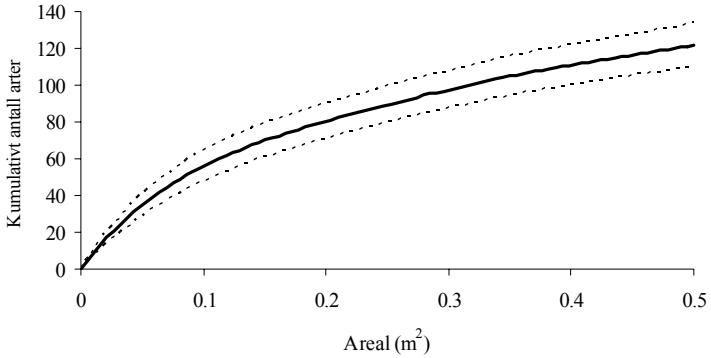
Mellom 2004 og 2009, var individtallet redusert ved samtlige stasjoner, mens antall arter og dermed også diversiteten hadde økt (Figur 22.9). Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var vanligst ved alle stasjonene, bortsett fra KNA02, hvor *Myriochele oculata*, også en børstemark, var mest tallrik. Phoronida (hesteskoorm) var relativt sterkt representert over hele feltet.

Resultatet viser jevnt godt miljø for en bunnfauna tilpasset de naturlige forholdene i sjøbunnen ved Alvheim.

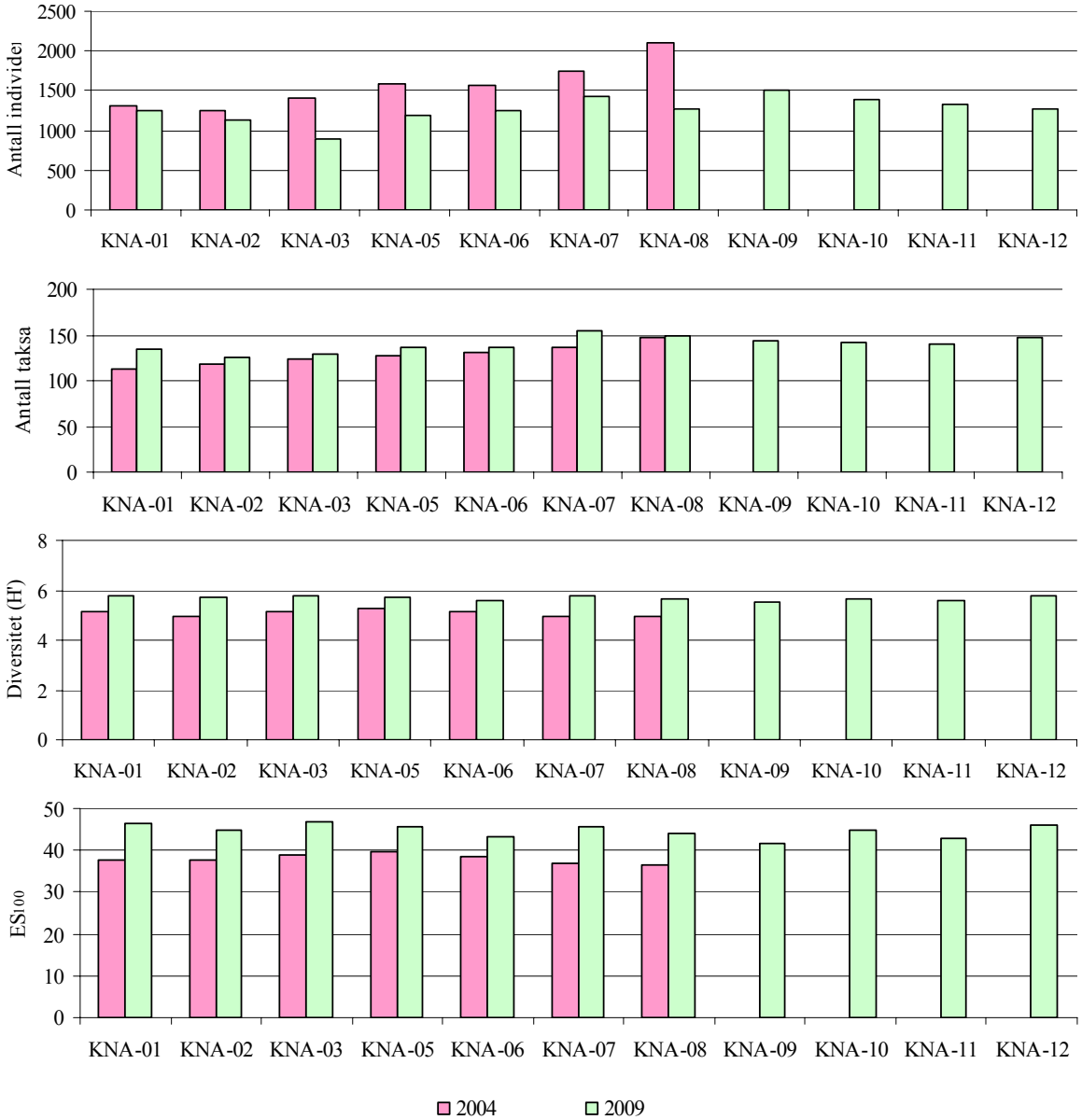
Tabell 22.8. Antall individer og taksa (arter), samt artsdiversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og ES_{100} på stasjonene ved Alvheim i 2009. Maks og minimumsverdier er markert med fet skrift. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Stasjon	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	ES100
KNA-01	1249	135	**5,79**	0,82	7,08	46,36
KNA-02	1133	**126**	5,71	0,82	**6,98**	44,95
KNA-03	**891**	129	**5,79**	**0,83**	7,01	**46,96**
KNA-05	1181	137	5,73	0,81	7,10	45,55
KNA-06	1246	137	5,57	0,79	7,10	43,26
KNA-07	1424	**154**	5,75	0,79	**7,27**	45,63
KNA-08	1278	150	5,65	0,78	7,23	44,03
KNA-09	**1509**	143	**5,51**	**0,77**	7,16	**41,67**
KNA-10	1398	142	5,68	0,79	7,15	44,9
KNA-11	1332	140	5,56	0,78	7,13	42,8
KNA-12	1271	147	5,75	0,80	7,20	45,88
snitt[1]	1265	140	5,68	0,80	7,13	44,73
sd[1]	165	8	0,10	0,02	0,09	1,62
min[1]	891	126	5,51	0,77	6,98	41,67
maks[1]	1509	154	5,79	0,83	7,27	46,96
snitt[2]	1106	123	5,40	0,78	6,93	41,95
sd[2]	254	14	0,27	0,03	0,17	3,03
min[2]	740	103	4,73	0,69	6,69	34,88
maks[2]	1677	150	5,60	0,81	7,23	44,61

[1] de feltspesifikke stasjonene
[2] de regionale stasjonene i den sentrale subregionen



Figur 22.8. Arts-akkumuleringskurve (hel linje) med ± 95 % konfidensintervall (stiplete linjer) for RII-08 i 2009. Uidentifiserte juvenile individ av Spatangoida er ikke tatt med i tallmaterialet.



Figur 22.9. Antall individ og antall taksa, samt diversitet (H' og ES_{100}) på stasjonene ved Alvheim fra 2004 (grunnlagsundersøkelse) og 2009. Alle tall per 0,5 m². Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Tabell 22.9. De ti mest tallrike taksa på hver av stasjonene ved Alvheim i 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

KNA-01-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	109	5.1	5.1
Eclysippe vanelli	89	4.1	9.2
Amphiura filiformis	83	3.9	13.1
PHORONIDA indet.	64	3.0	16.1
NEMERTINI indet.	61	2.8	18.9
Axinulus croulinensis	51	2.4	21.3
Mendicula ferruginosa	47	2.2	23.5
Myriochele oculata	41	1.9	25.4
Aricidea catherinae	33	1.5	26.9
Urothoe elegans	29	1.4	28.3

KNA-02-09	Antall individer	%	Kum %
Myriochele oculata	89	4.3	4.3
Paramphinome jeffreysii	84	4.1	8.4
PHORONIDA indet.	73	3.5	11.9
Montacuta substriata	62	3.0	14.9
Eclysippe vanelli	58	2.8	17.7
Amphiura filiformis	47	2.3	20.0
NEMERTINI indet.	41	2.0	22.0
Axinulus croulinensis	41	2.0	23.9
Ampelisca tenuicornis	34	1.6	25.6
Amphiura chiajei	27	1.3	26.9

KNA-03-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	70	5.8	5.8
NEMERTINI indet.	70	5.8	11.7
PHORONIDA indet.	57	4.7	16.4
Axinulus croulinensis	48	4.0	20.4
Myriochele oculata	40	3.3	23.7
Mendicula ferruginosa	39	3.2	27.0
Diplocirrus glaucus	37	3.1	30.1
Eclysippe vanelli	33	2.7	32.8
Aricidea catherinae	27	2.2	35.1
Amphiura filiformis	21	1.7	36.8

KNA-05-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	101	6.3	6.3
PHORONIDA indet.	100	6.3	12.6
Eclysippe vanelli	80	5.0	17.6
Myriochele oculata	70	4.4	21.9
Axinulus croulinensis	68	4.3	26.2
Amphiura filiformis	51	3.2	29.4
NEMERTINI indet.	39	2.4	31.8
Mendicula ferruginosa	33	2.1	33.9
Aricidea catherinae	32	2.0	35.9
Praxillella affinis	27	1.7	37.6

KNA-06-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	158	8.9	8.9
Eclysippe vanelli	89	5.0	13.9
PHORONIDA indet.	87	4.9	18.8
Axinulus croulinensis	68	3.8	22.6
Myriochele oculata	58	3.3	25.9
Amphiura chiajei	50	2.8	28.7
Amphiura filiformis	40	2.3	31.0
NEMERTINI indet.	38	2.1	33.1
Mendicula ferruginosa	33	1.9	35.0
Aricidea catherinae	33	1.9	36.8

KNA-07-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	161	6.8	6.8
Axinulus croulinensis	96	4.1	10.9
Diplocirrus glaucus	83	3.5	14.4
Mendicula ferruginosa	82	3.5	17.9
Eclysippe vanelli	76	3.2	21.1
PHORONIDA indet.	76	3.2	24.4
Myriochele oculata	48	2.0	26.4
NEMERTINI indet.	42	1.8	28.2
Aricidea catherinae	38	1.6	29.8
Amphiura chiajei	31	1.3	31.1
Thyasira equalis	31	1.3	32.4

Tabell 22.9. fortsetter

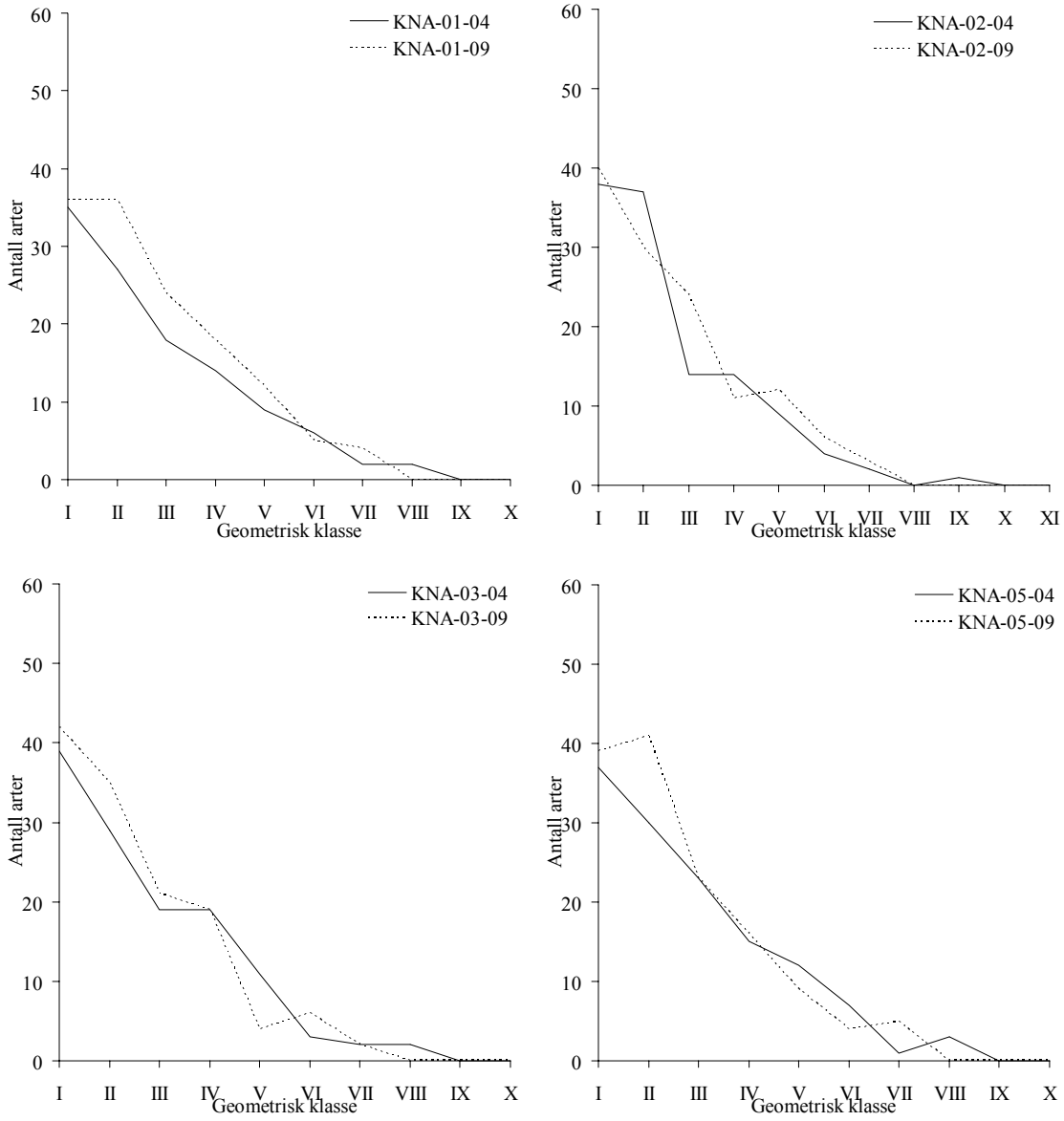
KNA-08-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	148	8.2	8.2
PHORONIDA indet.	110	6.1	14.4
Eclysippe vanelli	82	4.6	18.9
Myriochele oculata	74	4.1	23.1
Axinulus croulinensis	63	3.5	26.6
Mendicula ferruginosa	45	2.5	29.1
Amphiura filiformis	44	2.5	31.5
Aricidea catherinae	36	2.0	33.5
Lumbrineridae indet.	36	2.0	35.5
Diplocirrus glaucus	35	1.9	37.5

KNA-09-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	173	7.3	7.3
Diplocirrus glaucus	112	4.7	12.0
NEMERTINI indet.	110	4.6	16.7
Myriochele oculata	101	4.3	20.9
Eclysippe vanelli	100	4.2	25.2
PHORONIDA indet.	68	2.9	28.0
Axinulus croulinensis	57	2.4	30.4
Aricidea catherinae	45	1.9	32.3
Mendicula ferruginosa	41	1.7	34.1
Thyasira equalis	36	1.5	35.6

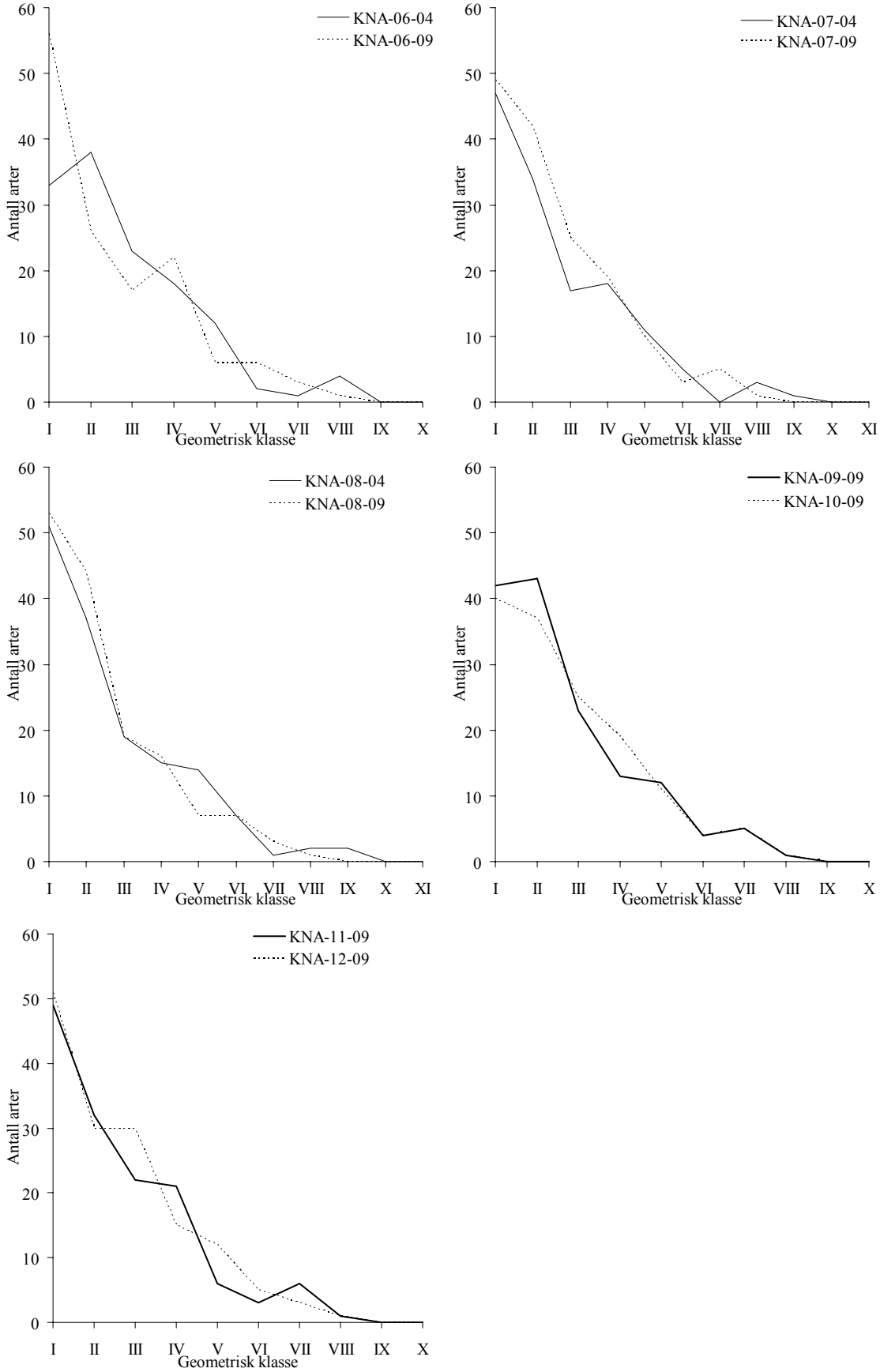
KNA-10-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	170	7.3	7.3
PHORONIDA indet.	95	4.1	11.3
Myriochele oculata	92	3.9	15.2
Diplocirrus glaucus	73	3.1	18.4
Axinulus croulinensis	72	3.1	21.4
NEMERTINI indet.	68	2.9	24.3
Eclysippe vanelli	61	2.6	26.9
Aricidea catherinae	36	1.5	28.5
Mendicula ferruginosa	34	1.5	29.9
Amphiura filiformis	33	1.4	31.3

KNA-11-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	158	7.5	7.5
PHORONIDA indet.	69	3.3	10.8
Myriochele oculata	49	2.3	13.1
Diplocirrus glaucus	84	4.0	17.1
Axinulus croulinensis	76	3.6	20.8
NEMERTINI indet.	65	3.1	23.8
Eclysippe vanelli	101	4.8	28.7
Aricidea catherinae	35	1.7	30.3
Mendicula ferruginosa	67	3.2	33.5
Amphiura filiformis	27	1.3	34.8
Ampelisca tenuicornis	27	1.3	36.1

KNA-12-09	Antall individer	%	Kum %
Paramphinome jeffreysii	154	7.4	7.4
Diplocirrus glaucus	96	4.6	12.0
PHORONIDA indet.	67	3.2	15.2
Eclysippe vanelli	67	3.2	18.5
NEMERTINI indet.	56	2.7	21.2
Mendicula ferruginosa	46	2.2	23.4
Axinulus croulinensis	41	2.0	25.3
Amphiura chiajei	36	1.7	27.1
Myriochele oculata	34	1.6	28.7
Amphiura filiformis	31	1.5	30.2
Laonice sarsi	31	1.5	31.7



Figur 22.10. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Alvheim i 2009 og 2004. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Merk at de to siste grafene kun innholder data fra 2009.



Figur 22.10. fortsetter. Fordelingen av taksa (arter) mellom geometriske klasser på stasjonene ved Alvheim i 2009 og 2004. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppene Spatangoida og Echinoida er utelatt. Merk at de to siste grafene kun inneholder data fra 2009.

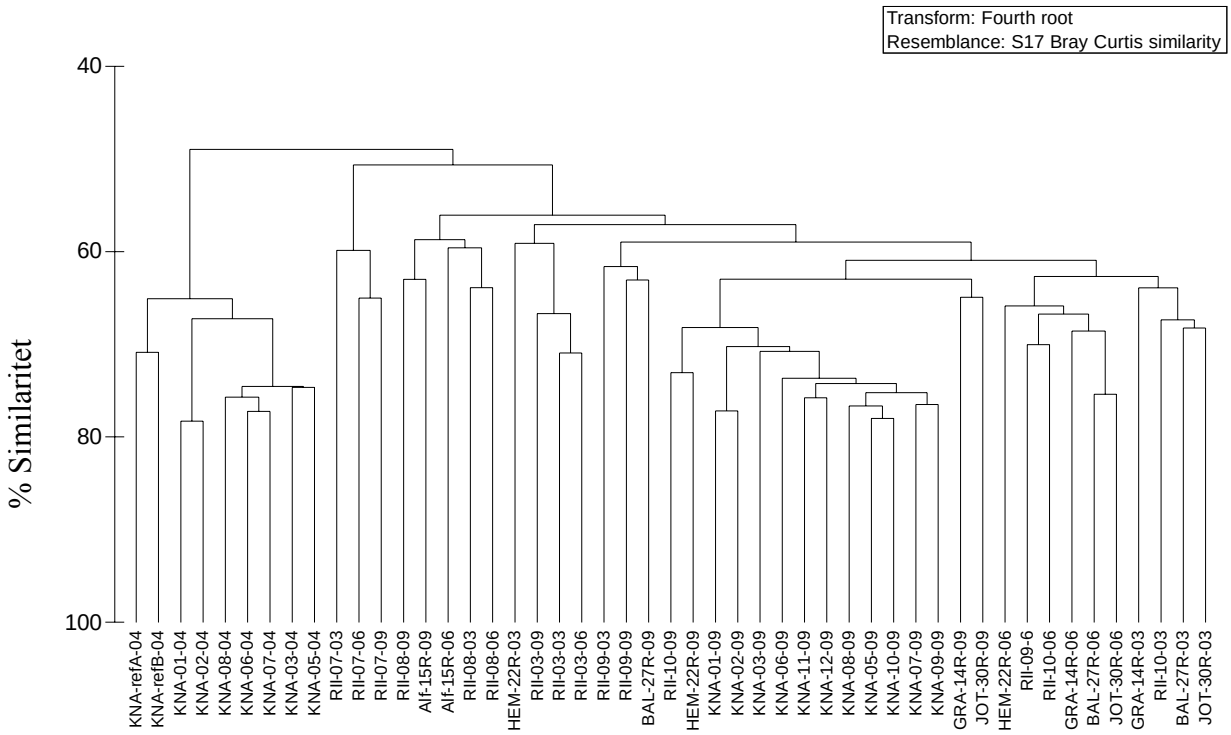
Fordelingen av taksa blant geometriske klasser er vist i Figur 22.10. Kurvene indikerer gode miljøforhold på stasjonene i 2009, og kurvene starter gjennomgående høyere på x-aksen i 2009 enn i 2004, noe som tyder på at bunnfaunaen er upåvirket av petroleumsaktiviteten i området.

Resultatet fra clusteranalysene vises i Figur 22.11.

Cluster-analysen indikerer en faunalikhet på om lag 49 % mellom stasjonene ved Alvheim fra 2004 og 2009. At ikke likheten er høyere, kan være grunnet naturlige variasjoner over tid. De feltspesifikke stasjonene hadde i 2009 en likhet på om lag 70 %, omtrent som i 2004. Som i grunnlagsundersøkelsen, skilte KNA01 og KNA02 seg ut fra resten av de feltspesifikke stasjonene (Figur 22.11). Disse to var flyttet noe i forhold til 2004 pga mye stein i sedimentet. De nye prøvene inneholdt fortsatt noe stein, noe som kan føre til en annerledes bunnfauna.

MDS-analysen støtter opp under resultatet fra cluster-analysen (se Vedlegg).

En stabil og temmelig lik bunnfauna over hele feltet tyder på jevne, og i dette tilfellet også gode miljøforhold, i 2009.

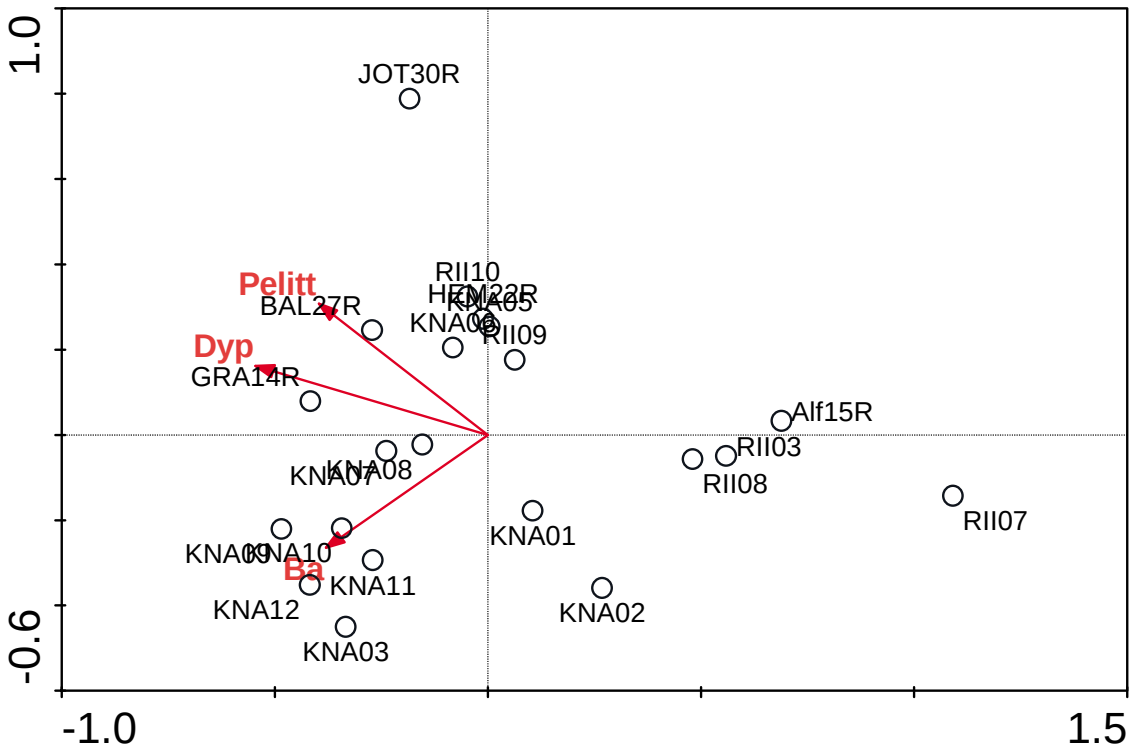


Figur 22.11. Dendrogram som viser faunalikheten mellom bunnfauna fra stasjonene ved Alvheim sammen med de regionale stasjonene i den sentrale subregionen i 2004 og 2009. Juvenile individ av sjøpiggsvingruppen Spatangoida og Echinoida er utelatt.

Sammenhengen mellom bunndyrsfauna og de kjemiske og fysiske dataene på de feltspesifikke og regionale stasjonene fra den sentrale subregionen, ble foretatt ved hjelp av RDA-analyse.

Forbehandlingen i CANOCO viste at datasettet fra 2009 passet bedre til lineær analyse enn en ikke lineær analyse (sd=1,34). RDA-analysen med Monte Carlo forward selections viste at av de undersøkte miljøvariablene hadde barium, pelitt og vanndyp signifikant sammenheng med bunnfauna (Figur 22.12). Den første aksen i det tvungne biplottet forklarer 16,1 % av variasjonen som finnes i bunnfaunadatasettet, mens den andre aksen forklarer 8,1 %.

Resultatet tyder på at det er svak kobling mellom de undersøkte miljøvariablene og bunnfauna over hele Alvheim.



Figur 22.12. Plottet viser resultatet fra RDA-analysen. Variablene barium, vanndyp og pelitt hadde signifikant sammenheng med fordelingen hos bunnfauna. Den første aksen forklarer 16,1 % mens den andre aksen forklarer 8,1 % av variasjonen i bunnfaunaen. I analysen inngår data fra 2009 fra feltet og tilhørende subregionale stasjoner.

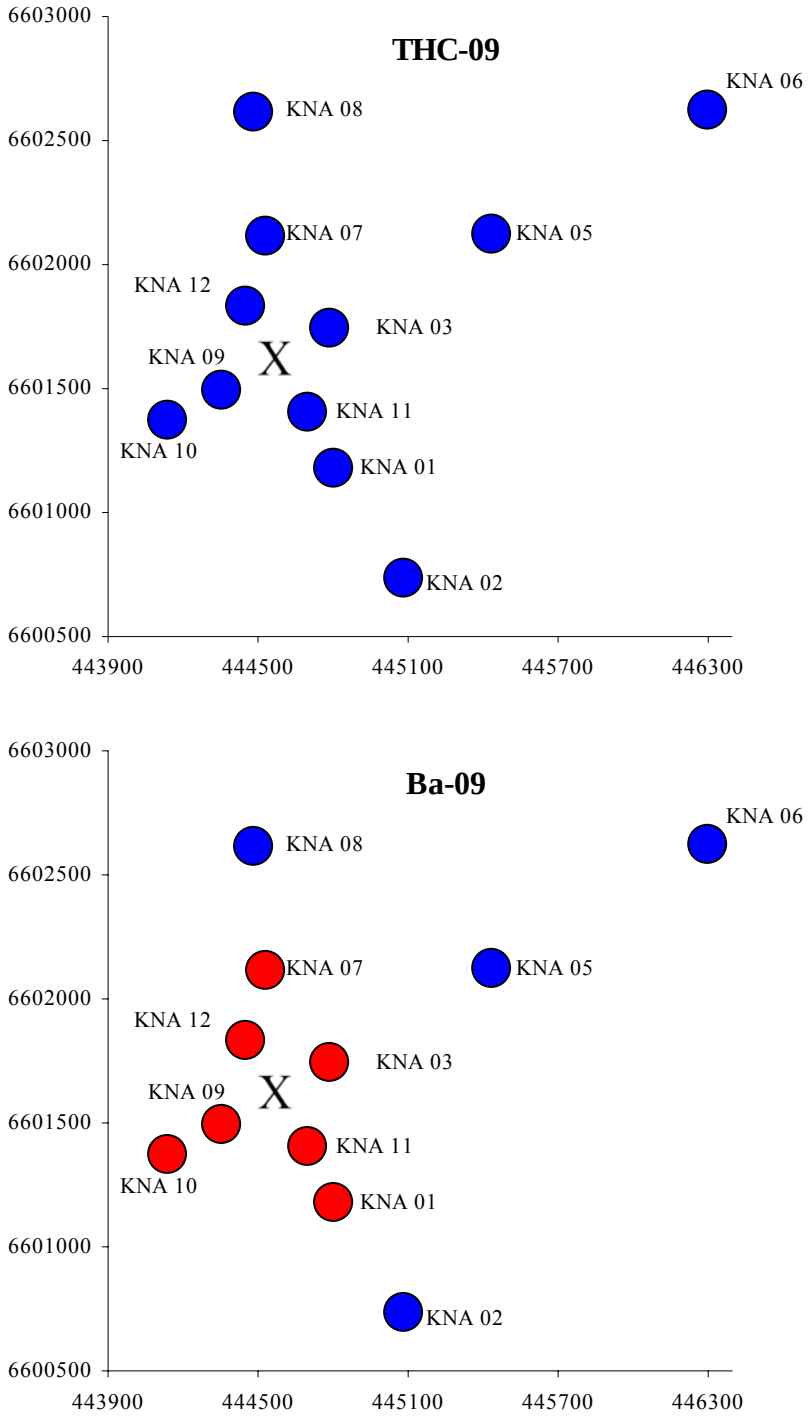
22.2.6 Beregning av påvirket areal

Utstrekningen av kontaminering av THC, barium og andre metall, samt utstrekningen av forstyrrelse hos bunnfauna er vist i Figur 22.13 og Tabell 22.10. Tabell 22.10 inneholder også opplysninger om størrelsen på areal som ble beregnet som påvirket.

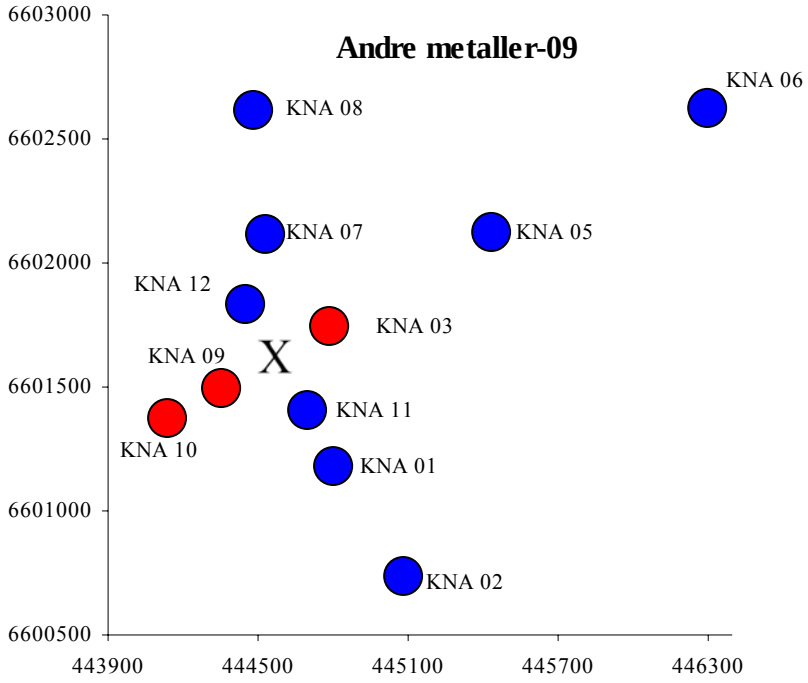
Det ble ikke påvist kontaminering av THC ved noen av stasjonene i 2009. Kontaminering av barium ble påvist ut til 500 m nord (KNA07), 250 m nordøst (KNA03) og 500 m sørøst (KNA01). Ettersom den ytterste stasjonen mot sørvest (KNA10, 500 m fra feltsenter) var kontaminert, er grensen i denne retningen uviss. Det samme gjelder den ytterste grensen for kontaminering av andre metaller, hvor KNA10 også er kontaminert. I tillegg ble det påvist kontaminering av andre metaller i motsatt retning, mot KNA03 i nordvest. Tross dette, ble det ikke påvist forstyrrelser i bunnfaunaen.

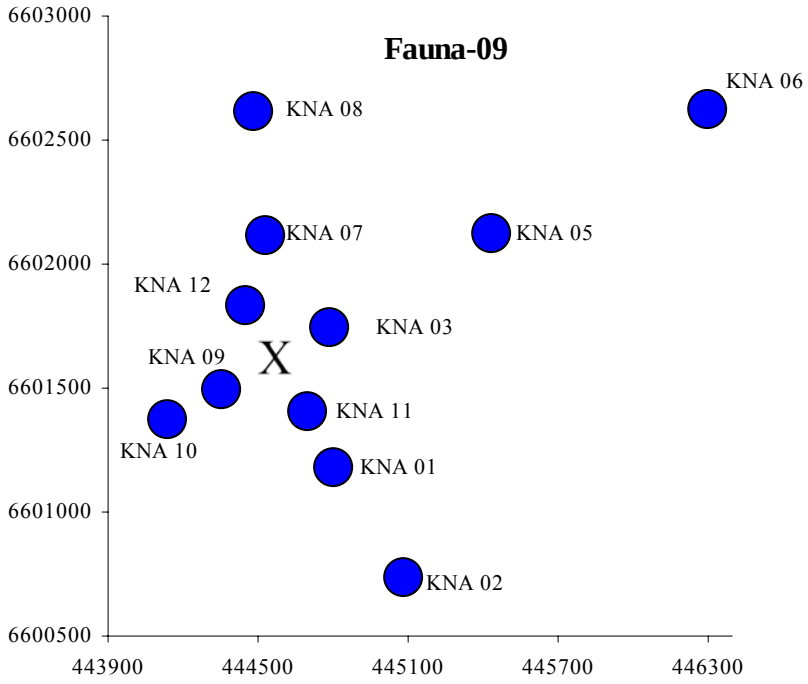
Tabell 22.10. Distanse med konsentrasjoner av THC, barium og andre metaller over LSC og forstyrret bunnfauna i 2009, samt beregnet areal kontaminert rundt installasjonen. Merk at avstandene til stasjonene nærmest installasjonen er henholdsvis 250 m mot nordøst, 250 m mot nordøst, 250 m mot sørøst og 250 m mot sørvest. Ved beregningen av areal kontaminert av andre metall, er halve distansen mot KNA 11 brukt, i retningen sørøst.

Alvheim	N m	NØ m	SØ m	SV m	2009 km²
THC	0	0	0	0	0,00
Ba	500	250	500	500	0,59
Andre metall	0	250	125	500	0,07
Fauna	0	0	0	0	0,00



Figur 22.13. Stasjoner med konsentrasjon av THC og barium over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler





Figur 22.13 fortsetter. Stasjoner med konsentrasjon av andre metaller over LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med røde sirkler. Stasjoner med konsentrasjoner under LSC Subregion $_{\text{sentral 96-09}}$ er markert med blå sirkler. Stasjoner med forstyrret bunnfuna er markert med røde sirkler, og stasjoner med uforstyrret bunnfauna er markert med blå sirkler.

22.3 Sammendrag og konklusjon

Siden 2006 er det boret 19 brønner på Alvheim. Bunnsedimentet består av fin sand og har et lavt innhold av TOM. To av stasjonene (KNA01 og KNA 02) ble flyttet i 2009 pga mye stein i sedimentet gjorde prøvetakingen ikke mulig. Konsentrasjonene av THC var lavere enn LSC på alle stasjonene. Barium lå over LSC 500 m mot nord, sørvest og sørøst samt 250m mot nordøst. Sedimentet var kontaminert 500 m mot sørvest og 250 m mot nordøst av andre metaller (kobber, krom og sink). Ikke alle transektene nådde ut til ukontaminert sediment. Det var generelt en nedgang i individantallet og en økning i artsantallet og diversiteten i 2009 i forhold til 2004, men ikke mer enn det som oppfattes som naturlig variasjon. Børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var den mest vanlige arten i prøvene. Bunnfaunen var generelt lik over hele feltet i 2009 og faunasammensetningen viste at det var gode miljøforhold ved Alvheim og bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret.

23 Samlet vurdering og konklusjon for Region II i 2009

Feltene

Siden 2006 er det er til sammen boret 6 brønner og det er ikke rapportert uhellsutslipp på **Rev**. To av stasjonene ble flyttet ved undersøkelsen i 2009. Sedimentet hadde et høyt innhold av fin sand som tidligere, mens TOM innholdet var lavere i 2009. Barium lå over LSC 1000 m mot nord, vest og sør og THC lå over LSC 1000 m mot nord og 500 m mot sør. De øvrige metallene lå under LSC i 2009. Det ble ikke påvist faunaforstyrrelse i 2009. THC og barium nådde ikke ukontaminert sediment mot nord.

I perioden fra 2006 til 2008 har det blitt boret 4 nye brønner ved **Varg.** Bunnsedimentet består av fin sand, med innblanding av noe pelitt og TOM på samme nivå som tidligere. Innholdet av THC hadde sunket, men lå fortsatt over LSC 250 m mot nord. Barium lå over LSC 1000 m mot nord og 250 m mot sør. Andre metaller ble påvist i konsentrasjoner over LSC 500 m mot nord og sør. Ingen av de radioaktive isotopene på feltstasjonene viste høye verdier. Det var en betydelig reduksjon i individantall i prøvene fra 2009 i forhold i 2006 og en økning i diversitet. Denne variasjonen skyldtes en naturlig variasjon i forekomster av enkelte børstemark-arter og har ingen sammenheng med aktiviteten ved Varg. Bunnfaunen var generelt ensartet over hele feltet i 2009, som i 2006. Faunasammensetningen i prøvene viser med dette gode miljøforhold ved Varg i 2009. Areal med kontaminering av THC og andre metaller var mindre i 2009 enn i 2006, mens det for barium var litt større.

Siden 2002 har det ikke vært boring ved **Sigyn** og kun små utslipp. Installasjonen er flyttet og aksekorset til stasjonene er dreid på dette feltet siden forrige undersøkelse. De nye stasjonene (SIGNY) er derfor ikke direkte sammenliknbare med de gamle (SIG) og kan forklare noen av de påviste endringene. Innholdet av fin sand, pelitt og TOM i bunnsedimentet på de nye stasjonene lå på omtrent samme nivå som på de gamle stasjonene. Innholdet av THC og metaller i sedimentet var lavere eller på samme lave nivåer som tidligere med unntak av sink som var høyere 250 m mot sør. Barium lå over LSC på alle de undersøkte stasjonene.
Det var i snitt lavere individantall i prøvene fra 2009 enn i 2006. Dette skyldes naturlig variasjon i bestanden av børstemarker og har ikke sammenheng med aktiviteten ved Sigyn. Bunnfaunen var generelt ensartet over hele feltet i 2009. Arts-sammensetningen i prøvene viser at det er gode miljøforhold ved Sigyn. Arealet med kontaminering av THC på SIGNY-stasjonene i 2009 var mindre enn det som ble målt på SIG-stasjonene i 2006, mens det var en liten økning for barium og andre metaller. Bunnfaunaen var uforstyrret som i 2006.

Siden 2000 har det ikke vært boreaktivitet eller større utslipp fra **Sleipner Vest**. Ved undersøkelsen i 2009 ble det samlet prøver fra tre stasjoner i et nordlig transekt ut fra feltsenteret. Prøver til analyse av geologi og biologi inngikk ikke i programmet i 2009. THC var over LSC 500 m mot nord. Bariuminnholdet hadde økt siden 2006 og var over LSC ut til 1000 m mot nord. Areal med kontaminering av THC, barium var større i 2009 enn i 2006, men lavere enn arealet som ble beregnet i 2003.

I 2007 og 2008 og i første halvdel av 2009 ble det boret henholdsvis 1, 1, 4 brønner ved **Sleipner Øst og Loke.** Bunnsedimentet består fortsatt hovedsakelig av fin sand med noe pelitt og TOM. Innholdet av THC i sedimentet hadde økt spesielt 250 m mot sør i 2009 i forhold tidligere. Innholdet av barium økte på alle stasjonene på Loke og Sleipner Øst. Konsentrasjonen av andre metaller var stort sett som tidligere. Kobberinnholdet lå imidlertid over LSC på noen stasjoner. Det var i 2009 et lavere individantall i prøvene enn i 2006. Dette

skyldes naturlige variasjoner i faunaen og har ingen sammenheng med aktiviteten ved Sleipner Øst. Antallet taksa økte på de fleste stasjonene i 2009. Areal med kontaminering av THC og barium, økte fra 2006 til 2009, mens arealet med kontaminering av andre metaller sank. Det ble ikke påvist forstyrret bunnfauna i 2009. I 2006 var det ikke var mulig å beregne kontaminert areal på Loke. Areal med kontaminering av THC og barium sank på Loke fra 2003 til 2009, mens andre metall økte noe.

I perioden fra 2006 til 2008 ble det ikke boret ved **Sleipner Alfa Nord**. Sedimentbeskrivelse og biologi inngikk ikke i programmet for 2009. Det ble ikke påvist kontaminering av THC i noen retninger i 2009. Det ble påvist kontaminering av barium 250 m mot nord, vest og sør samt kontaminering av andre metaller 250 m mot vest, nord og øst i 2009, mens det i 2006 ikke ble påvist kontaminering av barium eller andre metaller.

I 2007 ble det boret 1 brønn på **Glitne.** Bunnsedimentet består fortsatt hovedsakelig av fin sand med litt pelitt. Innholdet av TOM var litt lavere på de feltspesifikke stasjonene enn i 2006. Det ble ikke funnet kontaminering av THC og andre metall. Barium innholdet i sedimentet økte fra 2006 til 2009 og lå over LSC på stasjonene mot nordøst, sørøst og sørvest. Det var generelt høyt artsantall og artsdiversitet i 2009 som i 2006. Bunnfaunen var generelt ens over hele feltet i 2009 som i 2006. Resultatet viste at det var gode miljøforhold ved Glitne og bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret.

I perioden 2007 til og med mai 2009 har 19 brønner blitt boret ved **Grane.** Bunnsedimentet består fortsatt hovedsakelig av fin sand med noe pelitt. TOM-innholdet var litt lavere enn i 2006. THC innholdet var lavt og lå på omtrent samme nivå som i 2006. Barium konsentrasjonene økte og hadde verdier over LSC på alle stasjonene i 2009. De øvrige metallene viste bare mindre endringer i forhold til 2006. Det var generelt lavere individantall og høyere artsantall i prøvene i 2009 enn i 2006. Resultatet viste at det var gode miljøforhold ved Grane og at bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret. Prøvetakingen strakk seg ikke ut til område uten bariumskontaminering og ut fra dette kan det reelle arealet av kontaminert område være større enn det som er angitt.

Det har ikke vært boring av brønner ved **Balder** siden 2001, og heller ingen store utslipp i de seinere årene. Bunnsedimentet bestod som før hovedsakelig av fin sand med noe pelitt. TOM-innholdet viste en svak økning i forhold til 2006. Bariumkontaminering ble påvist på tre stasjoner i 2009. Det var generelt lavere konsentrasjoner av THC og andre metaller i 2009 og ingen kontaminering ble påvist. Bunnfaunen var generelt blitt mer ensartet over hele feltet og det ble ikke påvist forstyrrelse hos bunnfauna i 2009 som i 2006. Arealberegningene med kontaminering av barium nådde ikke ut til rent sediment og må derfor forstås som et minimumsareal.

Siden forrige overvåkingsundersøkelse har det vært gjennomført boring av 2 brønner ved **Ringhorne** i 2007. Bunnsedimentet på overvåkingsstasjonene i består i snitt av 84,9 % fin sand og 1,6 % TOM. På stasjonen der det har vært uttrenging av olje fra sjøbunnen (RIN-Ekstra) var det 9,9 % fin sand og 6,7 % TOM og det ble funnet THC-konsentrasjoner over LSC. Arealet for kontaminering av barium og andre metaller økte fra 2006 til 2009. Transektene for barium og andre metaller nådde imidlertid ikke ut til rent sediment. Det var en nedgang i individantallet fra 2006 til 2009 på de fleste stasjonene, mens artsantallet og diversiteten viste en svak økning. Disse stasjonene ble dominert av børstemarken *Paramphinome jeffreysii* som i 2003 og 2006. Bunnfaunen var generelt ensartet over hele

feltet i 2009 som i 2006, med unntak av RIN-Ekstra. På RIN-Ekstra var diversiteten lav og individantallet høyt og denne stasjonen ble dominert av børstemarken *Capitella capitata*. Bortsett fra denne ene stasjonen, viste resultatene at det var gode miljøforhold ved Ringhorne i 2009 og at bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret.

Siden 2006 er det boret 3 brønner på **Jotun**. Bunnsedimentet består av ca 80 % fin sand og ca 2 % TOM. Det ble ikke påvist kontaminering av THC eller andre metaller i 2009. Arealet av kontaminert sediment økte for barium og sank for andre metaller fra 2006 til 2009. Transektet mot nordvest, sørvest og sørøst nådde ikke ut til sediment ukontaminert av barium. Faunaen var fortsatt uforstyrret i 2009 som i 2006. Bunnfaunen var generelt ensartet over hele feltet og den regionale stasjonen som tidligere og viste ingen tegn til påvirkning. Det ble kun målt lave verdier av radioaktive isotoper ved Jotun.

Det har ikke vært boret på **Vale** siden 2005 da det ble boret en brønn. På dette feltet inngikk det ikke i 2009 sedimentundersøkelser av kornfordeling og fauna. Det var i 2009 en nedgang i konsentrasjon av THC 500 m mot sør i forhold til 2006, men pga lavere LSC i 2009 ble de to stasjonene karakterisert som kontaminerte. Derimot økte konsentrasjonene av barium på de fleste stasjonene og nådde ikke ukontaminert sediment. Andre metaller lå over LSC mot nordøst, sørøst og sørvest. Nøyaktig areal var vanskelig å beregne siden kontamineringen strakk seg til ytterste stasjon for flere av parametrene.

På **Skirne** er det ikke boret siden 2003. Grunnlagsundersøkelse på feltet ble gjennomført i 2002. Sedimentbeskrivelse og biologi inngikk ikke i programmet for 2009. Produksjonen startet i 2004. THC lå under LSC i alle retninger i 2009 og det var kun mindre endringer i forhold til i 2006. Bariumkonsentrasjonene økte fra 2006 til 2009 og viste kontaminering 500 m mot nord og 250 m mot vest og sør. De andre metallene lå alle under LSC i 2009.

Det har ikke vært boreaktivitet på **Byggve** siden 2003. Undersøkelsen i 2009 er den andre overvåkingsundersøkelsen på Byggve. I 2009 inngikk ikke undersøkelser av bunnsediment og biologi i programmet. Det ble ikke påvist kontaminering i noen retninger av THC i 2009. Konsentrasjonene av barium viste en økning i forhold til i 2006 og var kontaminert ut til 500 mot nord og 250 m mot vest og sør. Konsentrasjonene av andre metaller sank fra 2006 til 2009 og ingen kontaminering ble påvist i 2009.

Det har ikke vært boreaktivitet ved **Heimdal** på flere år og kun rapportert mindre utslipp i forbindelse med driften. Undersøkelser av bunnsediment og biologi inngikk ikke i undersøkelsen i 2009. I 2009 ble det påvist THC-konsentrasjoner over LSC 300 m sør for feltsenteret. Sedimentet viste kontaminering for barium og andre metaller på stasjonene 320 m mot nordøst og 300 m mot sør. Areal med kontaminering økte for THC og barium og sank for andre metaller fra 2006 til 2009.

Siden 2007 har det blitt boret 17 nye brønner ved **Volve.** Bunnsedimentet hadde omtrent samme innhold av fin sand som ved grunnlagsundersøkelsen, mens TOM innholdet var høyere i 2009. Stasjonsnettet var flyttet noe i forhold til grunnlagsundersøkelsen i 2002. THC lå over LSC ut mot 1000 m mot nord og 250 m mot vest. Barium hadde konsentrasjoner over LSC ut mot 1000 m i alle retninger og de høyeste konsentrasjonene ble funnet 500 m mot nord og 250 m mot vest. Noen stasjoner var også kontaminert av kobber og sink. Bunnfaunaen var fortsatt uforstyrret. Ikke alle transektene nådde ut til rene sediment.

Siden 2006 er det boret 8 brønner på **Vilje**. Grunnlagsundersøkelsen på feltet ble gjennomført i 2005. Bunnsedimentet har høyt innhold av fin sand og lavt innhold av TOM. Det var lavt innhold av THC og alle stasjonene hadde verdier som lå under LSC. Sedimentet var kontaminert med barium 215 m mot sørøst, 250 m mot nordøst og sørvest, samt 500 m mot nordvest. Sedimentet var kontaminert med andre metaller (kobber og sink) 250 m mot sørvest og 500 m mot nordøst. Konsentrasjonene for bly, kadmium og krom var generelt lavere enn i 2005. Både antall individer og antall arter sank, mens diversiteten økte svakt i 2009 i forhold til 2005. Endringene er ikke større enn det som oppfattes som naturlig variasjon. Bunnfaunen var generelt ensartet over hele feltet i 2009 som i 2005. Resultatene viste at det var gode miljøforhold ved Vilje og bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret. Alle transektene nådde ut til rene sediment.

Siden 2006 er det boret 19 brønner på **Alvheim.** Grunnlagsundersøkelsen på feltet ble gjennomført i 2004. Bunnsedimentet består av fin sand og hadde et lavt innhold av TOM. To av stasjonene på feltet ble flyttet i 2009. Konsentrasjonene av THC var lavere enn LSC på alle stasjonene. Barium lå over LSC 500 m mot nord, sørvest og sørøst samt 250 m mot nordøst. Sedimentet var kontaminert 500 m mot sørvest og 250 m mot nordøst av andre metaller (kobber, krom og sink). Det var generelt en nedgang i individantallet og en økning i artsantallet og diversiteten i 2009 i forhold til 2004, men ikke mer enn det som oppfattes som naturlig variasjon. Bunnfaunen var generelt ens over hele feltet i 2009 og faunasammensetningen viste at det var gode miljøforhold ved Alvheim og bunnfaunaen fortsatt var uforstyrret. Ikke alle transektene nådde ut til rene sediment, med hensyn til de analyserte parametrene.

Regionen

For å få et mål på naturtilstanden i regionen tas det prøver fra de regionale stasjonene. Denne kunnskapen benyttes til grensesetting mellom kontaminert og ukontaminert sediment. Videre benyttes denne informasjonen som grunnlag for oppdeling av en større region i subregioner slik at grenseverdiene som benyttes kan justeres og tilpasses de naturgitte forholdene ved hver enkelt installasjon. Alt dette forutsetter at de regionale stasjonene er upåvirket av utslipp fra olje- og gassaktivitet i området.

Siden norsk sokkel ble inndelt i regioner med hensyn på miljøovervåking har Region II blitt undersøkt fem ganger, inklusive undersøkelsen i 2009. De foregående undersøkelsene ble utført i 1997, 2000, 2003 og 2006. Før dette ble miljøovervåking utført ved hvert enkelt felt, uten det omfattende referansematerialet som ligger i en regional undersøkelse. Omfanget på undersøkelsen gjør det mulig å få satt miljøforholdene ved hvert enkelt felt inn i en større sammenheng og derved også få en mer nøyaktig vurdering av forholdene. Basert på resultatene fra de kjemiske og biologiske analysene ble Region II inndelt i tre subregioner, en grunn subregion, en sentral subregion og en nordlig subregion.

Undersøkelsen i 2009 omfattet 18 felt: Rev, Varg, Sigyn, Sleipner Vest, Sleipner Øst, Sleipner Alfa Nord, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Vale, Skirne, Byggve, Heimdal, Volve, Vilje og Alvheim.

Størrelsen til arealene som beregnes avhenger både av konsentrasjonen til de aktuelle forbindelsene i sedimentet og av at prøvetakingen rundt installasjonene er tilstrekkelig til å avdekke utbredelsen til de aktuelle forbindelsene (Tabell 23.1 og Figur 23.1). Dette har vist seg vanskelig i noen tilfeller når antall prøvetakingspunkt rundt installasjonene varierer

mellom undersøkelsene og når det ikke blir påvist ukontaminerte sediment i området rundt en installasjon. De beregnede arealene bør derfor oppfattes mer som et anslag enn som et absolutt resultat.

Naturlige forhold resulterer i at gjennomsnittsverdiene for antall individ, antall arter og diversitet er lavere i den grunne subregionen enn i den sentrale (Tabell 23.2). Innholdet av fin sand i sedimentet var høyere og pelitt- og TOM-innholdet var lavere i den grunne subregionen enn i den sentrale og nordlige subregionen. I tillegg til ulik boreaktivitet, kan også forskjeller i pelitt-innhold medvirke til og forklare noe av variasjonen mellom subregionene i bl.a. metall-innhold.

Faunasammensetningen ble undersøkt i 2009 på Rev, Varg, Sigyn, Sleipner Øst, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Volve, Vilje og Alvheim. Det forhøyede individantallet som ble registrert på flere regionale og feltspesifikke stasjoner i 2006, sank i 2009 som et resultat av naturlige svingninger i faunasammensetningen. Diversiteten var jevnt høy og det ble ikke påvist forstyrrelse av bunnfaunaen på noen av feltene.

Barium viste i 2009 en generell økning i forhold til 2006 i alle subregionene. Barium hadde størst økning i den sentrale subregionen, også på felt der det ikke hadde foregått boring i de seinere årene. Analysemetodikken og laboratoriet var som før. Endringene kan ha sammenheng med en høy variabilitet for barium i sedimentene. Dette støttes av gjennomsnittet for barium på de regionale stasjonene i den sentrale subregionen, som i 2003 ble målt til 66±31 mg/kg, i 2006 til 49,3±16,5 mg/kg og i 2009 til 78,2±23,4 mg/kg. I tillegg var spennvidden for de målte bariumkonsentrasjonene på de regionale stasjonene smalere i 2006 enn i de øvrige undersøkelsene (Tabell 23.3).

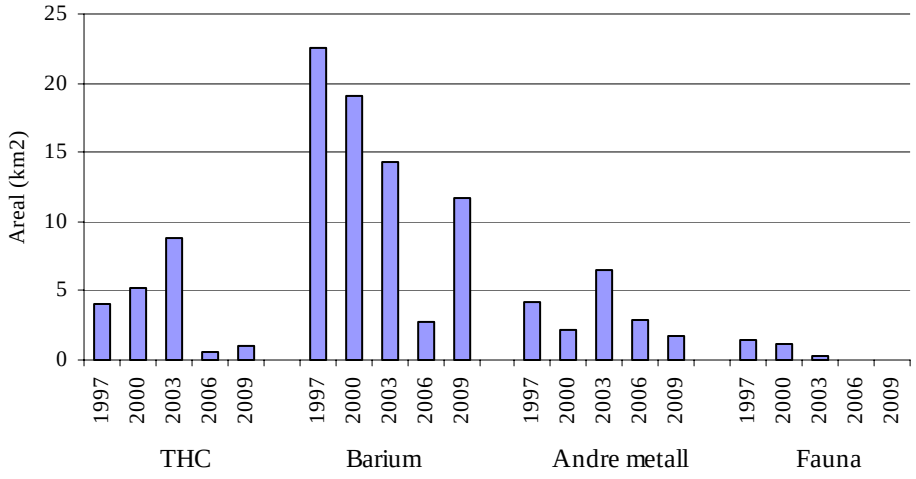
På Rev, Glitne, Grane, Balder, Jotun, Skirne og Byggve ble det ikke påvist kontaminering av andre metaller. På de øvrige var ble det stort sett registrert forbedring eller samme nivå som i 2006. Radioaktive isotoper av bly, radium og thorium ble undersøkt på Jotun og Varg i tillegg til de to regionale stasjonene RII06 og RII09. Prøvene med radioaktive isotoper fra de to feltene skilte seg ikke vesentlig fra de regionale prøvene. Verdiene var gjennomgående lave, med unntak av bly i ett hugg ved den regionale stasjonen RII-09.

På feltene Sigyn, Sleipner Alfa nord, Glitne, Grane, Balder, Ringhorne, Jotun, Skirne, Byggve, Vilje og Alvheim ble det ikke påvist kontaminering av THC. Nivået av THC var generelt lavt i regionen med unntak av ekstrastasjonen på Ringhorne hvor det har vært uttrengning av olje fra sjøbunnen.

Spennviddene fra de regionale og feltspesifikke stasjonene er vist i Tabell 23.3. De regionale stasjonene reflekterer normaltilstanden med naturlige variasjoner i regionen, mens de feltspesifikke stasjonene gir informasjon om forholdene rundt installasjonene. I 2009 var antallet regionale stasjoner og feltspesifikke stasjoner redusert i forhold til tidligere (Tabell 23.4). Diversiteten på både de regionale og de feltspesifikke stasjonene lå jevnt høyere i 2009 enn ved den foregående undersøkelsen. Spennvidden for de feltspesifikke stasjonene gikk høyere for barium i 2009 enn ved de to siste undersøkelsene, men var lavere enn før 2003. Maksimalverdien for THC ved de feltspesifikke stasjonene lå lavere i 2009 enn i perioden fra 1997 til 2006.

Tabell 23.1. Tabellen gir oversikt over kontaminert areal for THC, barium, og andre metaller samt areal for påvirkning av bunnfaunaen i perioden 1997-2009 i Region II. Når en vurderer summene må en ta i betraktning at summene ikke er direkte sammenliknbare siden utvalget er forskjellig og det enkelte år mangler verdier på noen felt og er beregnet minimumsverdier.

Område	År	THC	Ba	Andre metaller	Fauna
Nordlig subregion (Vale)	**2001**	0,00	0,00	0,00	0,00
	2003	0,00	1,77	0,39	0,00
	2006	0,00	0,05	0,10	0,00
	2009	0,05	0,59	0,25	-
Grunn subregion	**1997**	1,32	15,13	0,14	0,43
	2000	1,91	4,42	0,25	0,15
	2003	0,58	1,67	0,29	0,15
	2006	0,21	1,25	0,84	0,00
	2009	0,89	7,67	0,40	0,00
Sentral subregion	**1997**	2,40	6,69	3,76	0,59
	2000	3,17	13,08	1,25	0,62
	2003	8,08	10,37	5,22	0,12
	2006	0,33	1,48	1,14	0,00
	2009	0,08	3,47	1,12	0,00



Figur 23.1. Anslag over utviklingen av totalt kontaminert areal av THC, barium og andre metaller samt påvirkning av fauna i Region II i perioden 1997-2009.

Tabell 23.2. Oversiktstabell som viser gjennomsnittet med standardavvik (**sd**) og spennvidde (maks-min) av de undersøkte parametre (kornfordeling, kjemi og biologi) i 2009 for regionale og feltstasjoner i de tre subregionene. I den nordlige regionen (Vale) ble det ikke tatt prøver for biologi og kornfordeling i 2009.

REGIONALE		THC	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Zn	Antall individer	Antall taksa	Diversitet (H')	ES(100)	TOM %	Grus %	Sand %	Pelitt %
grunn	**snitt**	1,6	55,5	3,9	0,017	1,5	6,2	0,007	10,7	348	65	5,0	36,4	0,63	0,07	97,26	2,67
	sd	2,1	38,2	0,9	0,01	0,8	1,7	0,003	2,6	58	4	0,25	3,8	0,17	0,04	1,11	1,12
	min	0,1	6,2	2,6	0,005	0,5	3,7	0,002	8,3	305	61	4,63	31	0,39	0,03	95,92	1,48
	maks	4,7	113	6,5	0,049	3,8	10,9	0,013	18,5	429	69	5,17	39,3	0,78	0,12	98,4	4
sentral	**snitt**	5,1	78,2	3,9	0,022	1,9	6,4	0,009	11,4	1106	123	5,4	41,9	1,42	0,27	85,93	13,8
	sd	3,1	23,4	1	0,01	0,7	1,8	0,002	2,8	254	14	0,27	3,0	0,34	0,36	4,1	4,29
	min	0,1	35,8	3,1	0,014	1,1	4,1	0,006	8,8	740	103	4,73	34,9	0,92	0,01	78,25	7,13
	maks	9,8	113	6,5	0,049	3,8	10,9	0,013	18,5	1677	150	5,6	44,6	1,98	1,16	92,67	21,74
nordlig (RII04)	**snitt**	2,8	9,7	2,6	0,007	0,7	3,7	0,003	9,0	431	84	5,45	44,1	0,74	0,97	96,54	2,48
FELT																	
grunn	**snitt**	6,0	109	4,5	0,006	0,9	6,5	0,004	9,0	614	83	5,04	37,68	0,69	0,20	97,37	2,43
	sd	4,2	181	1,0	0,002	0,5	0,9	0,001	2,5	194	9	0,39	3,53	0,16	0,39	0,94	0,92
	max	23,1	1024	7,0	0,010	4,1	8,1	0,004	17,7	1241	102	5,62	44,63	1,03	1,75	98,88	4,31
	min	<1	7	3,1	0,003	0,4	5,2	0,000	5,9	332	67	3,93	28,53	0,01	0,00	95,65	0,79
sentral	**snitt**	6,0	259	4,0	0,020	2,6	6	0,009	13,6	1287	133	5,46	42,25	1,66	0,23	81,72	15,03
	sd	3,8	173	1,5	0,009	2,7	1,4	0,002	7,9	187	10	0,21	2,14	0,33	0,47	8,53	3,67
	max	26,0	1013	11,6	0,072	23	12,1	0,013	60,3	1588	154	5,79	46,96	2,41	2,58	93,38	24,00
	min	<1	31	2,3	0,009	<1	3,1	0,000	7,2	822	105	4,90	37,69	0,85	0,00	55,45	6,58
nordlig (RII04)	**snitt**	4,7	157	3,3	0,012	1,5	4,1	-	7,9	-	-	-	-	-	-	-	-
	sd	0,6	84	1,1	0,004	0,6	0,6	-	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
	max	5,1	311	5,4	0,020	2,6	4,8	-	12,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	min	4,2	74	2,4	0,010	<1	3,3	-	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabell 23.3. Oversiktstabell som viser de høyeste og laveste verdier av undersøkte parametre (kornfordeling, kjemi og biologi) for de regionale stasjonene og de feltspesifikke stasjonene fra 1997 til 2009.

REGIONALE

Parametre	1997	2000	2003	2006	2009
Totalt antall stasjoner	23	22	22	23	15
Dyp (m)	71-123	71-123	77-129	77-129	77-123
Median kornstørrelse	1,6-3,9	1,6-4,5	1,8-3,7	2,0-3,7	1,64-3,42
Bly (mg/kg)	2,5-6,1	3,1-6,9	2,1-5,7	1,7-5,1	2,6-6,5
Kadmium (mg/kg)	0,003-0,023	0,004-0,035	<0,03	<0,03-0,04	0,005-0,049
Barium (mg/kg)	6-176	8-215	5-146	5-75	6,2-113,0
THC (mg/kg)	2,0-11,3	2,2-8,9	<3-15,5	2,3-6,4	<0,1-9,8
Diversitet H'	3,2-6,1	3,4-5,6	3,5-5,9	2,2-5,9	4,63 - 5,60
Antall taksa per stasjon	67-158	46-149	47-141	50-146	61 - 150
Antall individer per stasjon	402-2744	236-2994	181-1749	451-2299	305 - 1677

FELT

Parametre	1997	2000	2003	2006	2009
Totalt antall stasjoner	168	217	172	212	137
Dyp (m)	78-126	78-126	79-130	75-130	80-130
Median kornstørrelse	2,3-4,1	2,7-4,5	2,1-3,5	1,9-3,7	1,66-3,44
Bly (mg/kg)	2,0-26,3	3,2-31,0	2,6-43,7	2,6-13,9	2,3-11,6
Kadmium (mg/kg)	0,005-0,085	0,003-0,095	<0,03-0,045	<0,03-0,05	0,003-0,072
Barium (mg/kg)	11-2480	9-3942	8-709	5,9-286	6,6-1024
THC (mg/kg)	1,1-418	1,6-412	<3-154	1,0-45	<1-26
Diversitet H'	3,9-5,9	3,1-5,9	4,1-5,9	2,8-5,9	3,93-5,79
Antall taksa per stasjon	54-173	37-154	45-146	55-157	67-154
Antall individer per stasjon	235-3748	165-2635	162-1549	373-2669	332-1588

24 Anbefalinger

1) Dersom arealberegningene skal bli nøyaktige, må yttergrensen for prøvetakingen strekkes ut til ukontaminert område.

2) Utvalget av regionale stasjoner bør ta hensyn til tidligere inndelinger i subregioner. Det bør være et utvalg av faste regionale stasjoner for hele regionen.

25 Liste med forkortelser

Ba	Barium
CCA	Canonical Correspondence Analyse, se kapittel 3.10.4
Cd	Kadmium
CM	Sentral-meridian i kartutsnitt
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)
FPU	Flytende produksjonsenhet
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 Koplet Plasma – Atom Emisjons Spektrometri
LSC	Grense for signifikant kontaminering (Limit of Significant Contamination)
MDS	Multidimensional scaling, se kapittel 3.10.2
NA	Norsk Akkreditering
NILU	Norsk institutt for luftforskning
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
PFAS	Perfluorerte alkylerte stoffer
PFOS	Perfluoroktan sulfonat
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

26 Innhold på Vedleggs CD

På vedlagt CD vil følgende være lagret. Under "Vedlegg felt" finnes data for hvert enkelt felt.

Hovedrapport
Sammendragsrapport – Norsk
Summary report – English
Toktrapport
Programmet for undersøkelsen i 2009
Vedlegg fra feltene
- Biologi
- Kjemi
- Geologi

Akkrediteringsdokument
Analysebevis

27 Referanser

Bakke SM, Rustad I, Brinchmann KM, Nøland SA Jensen T. 2006. Environmental baseline survey Vilje 2005. *Report no 2006-034.* Det norske Veritas.45 sider

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. 2004. *Environmental monitoring survey of oil and gas fields in Region II, 2003.* UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning, 443 pp.

Botnen H, Heggøy E, Johannessen P, Johansen P-O, Vassenden G. 2005. *Grunnlagsundersøkelse av sedimentene rundt Norne satellittene Svale og Stær*. UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning., 119 sider.

Botnen, H.B., G. Vassenden, P-O. Johansen, E. Heggøy, P. Johannessen, K. Julshamn 2002. *Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene på havbunnen ved Vale i april 2001*. UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning. 110 sider.

Botnen, H.B., G. E. Heggøy,Vassenden, P-O. Johansen, P. Johannessen, 2007. *Miljøovervåking av olje- og gassfelt i Region II i 2006.* UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning. 502 sider.

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.

Colwell RK, Mao CX, Chang J. 2004. Interpolating, extrapolating and comapring incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85(10):2717-2727.

Eriksen V, Westelund S, Tvedten Ø. Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Volve i 2002. – *Rapport RF2003/ 084* Rogalandsforskning 53 sider..

Field JG, Clarke KR, Warwick RM. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. - *Marine Ecology Progress Series* 8:37-52.

Folk RL, Ward WC, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary petrology* 27: 3-26.

Gjøs N, Smith J, Hobbs G. 1995. Miljøundersøkelse på Sleipner Vest 1994. SINTEF report no. STF27 F94056. 120 sider.

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.

Loring DH, Rantala RTT. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended matter. *Earth-Science Reviews*, 32 (1992) 235-283.

Mannvik, HP., Pearson TH, Carrol M, Pettersen A, Lie Gabrielsen K, Palerud R, 1998. Environmental monitoring survey Region II 1997. – Akvaplan-niva AS report no: 411.97.1224-1

Mannvik, HP., Pettersen A, Lyngmo V, Mikkola F, Lie Gabrielsen K, 2001. Environmental monitoring survey of oil and gas fields in Region II, 2000. – Akvaplan-niva AS report no: APN-411.1890

Mannvik, HP., Pettersen A, Oug.E K, 2001. Environmentalbaseline survey at the Alvheim field in 2004. – Akvaplan-niva AS report no: APN-411.3095-3

Neverdal, G. & Ø. Stokland 1994. Miljøundersøkelsen av det marine miljø på Sleipner/Loke 1993. IKU report 94.047. 273 sider.

Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in bentic 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.

Rogalandsforskning 2003. Grunnlagsundersøkelse av forholdene rundt Alfa Nord i 2002. RF-Rapport-2003/085 39 pp + Appendix.

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 Canocial Community Ordinations* (*versjon 4.5*). Microcomputer Power. Ithaca, NY, USA. 500 s.

Thorvaldsen B, Jensen T. 1993. Grunnlagsundersøkelse av det marine miljø på Sleipner/Loke 1992; Fysisk, kjemisk og biologisk karakterisering av overflatesedimenter. IKU report no. 93.006. 245 pp.

Tvedten ØF, Eriksen E, Westerlund S. 2002b. Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Byggve 2002. *Rapport RF* – 2003/086., 34 sider.

Tvedten ØF, Westerlund S, Eriksen E. 2002a. Grunnlagsundersøkelse av miljøforholdene ved Skirne 2002. *Rapport RF* – 2003/087., 38 sider.