



DET NORSKE VERITAS

Rapport Grunnlagsundersøkelse på Ra og Kon- Tiki 2012

GDF SUEZ E&P Norge AS



Grunnlagsundersøkelse på Ra og Kon-Tiki 2012	DET NORSKE VERITAS AS P.O.Box 300 1322 Høvik, Norway Tlf: 67 57 99 00 Faks: 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. nr.: NO 945 748 931 MVA
Oppdragsgiver: GDF SUEZ E&P Norge AS	
4066 Stavanger Norge	
Oppdragsgivers referanse: Jannecke A. Moe	

Dato for første utgivelse:	2013-09-27	Prosjektnr.:	PP042098
Rapportnr.:	2013-0330	Organisasjonsenhet:	Environmental Risk Management
Revisjon nr.:	01	Emnegruppe:	Marin overvåking
Sammendrag: Rapporten beskriver gjennomføringen og presenterer resultatene fra grunnlagsundersøkelsen på Ra og Kon-Tiki 2012. Undersøkelsen omfatter sedimentkarakterisering, kjemiske analyser samt tilstandsvurderinger av bunnfauna.			
Utarbeidet av:	<i>Navn og tittel</i> S.A. Nøland, H. Tvete, L. Brooks, C. Volan, F. Melsom, H. Karlsen	Signatur	<i>[Signature]</i>
Verifisert av:	<i>for</i> <i>Navn og tittel</i> Øyvind Fjukmoen Senior Consultant	Signatur	<i>[Signature]</i>
Godkjent av:	<i>Navn og tittel</i> Sarah D. Grøndahl Head of Section	Signatur	<i>[Signature]</i>

<input type="checkbox"/>	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, men fri distribusjon innen DNV etter 3 år	Indekseringstermer	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet	Nøkkelord	Sediment, bunnfauna, hydrokarboner, metaller
<input type="checkbox"/>	Strengt konfidensiell	Service-område	SHE Risk Management
<input type="checkbox"/>	Fri distribusjon	Markeds-segment	Energy

Revisjon nr. / Dato:	Årsak for utgivelse:	Utarbeidet av:	Godkjent av:	Verifisert av:



Innholdsfortegnelse

1	RESYMÉ / RESUMÉ	1
1.1	Resymé	1
1.2	Resumé	2
2	INNLEDNING	3
3	MATERIALE OG METODER.....	4
3.1	Feltarbeid.....	4
3.1.1	Prøvetakingsstrategi.....	5
3.1.2	Prøvetaking / Utstyr.....	5
3.1.3	Gjennomføring.....	6
3.1.4	Kvalitetssikring.....	7
3.2	Biologiske analyser	7
3.2.1	Makrobentos – en introduksjon	7
3.2.2	Sortering og artsbestemmelse	7
3.2.3	Statistiske metoder.....	8
3.2.4	Kvalitetssikring.....	9
3.3	Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering.....	10
3.3.1	Oversikt over analyseparametere.....	10
3.3.2	Sedimentkarakterisering	10
3.3.2.1	Kornstørrelsefordeling	10
3.3.2.2	Totalt organisk materiale.....	12
3.3.3	Kjemiske analyser.....	13
3.3.3.1	Hydrokarboner	13
3.3.3.2	Metaller	15
3.3.3.3	Kvantifiseringsgrenser	16
3.3.4	Kvalitetssikring.....	17
3.4	Avvik fra retningslinjene.....	17
4	RESULTATER	18
4.1	Fra prøvetakingen.....	18
4.2	Ra	18
4.2.1	Sedimentkarakterisering	18
4.2.2	Kjemiske analyser.....	20
4.2.3	Biologiske analyser.....	22
4.2.4	Konklusjon.....	27
4.3	Kon-Tiki.....	28
4.3.1	Sedimentkarakterisering	28



4.3.2	Kjemiske analyser.....	29
4.3.3	Biologiske analyser.....	32
4.3.4	Konklusjoner	36
5	REFERANSER	36

Appendiks A – E finnes på vedlagte CD bakerst i rapporten

- Appendiks A – *Toktrapport*
- Appendiks B – *Prøvingsrapport – biologi*
- Appendiks C – *Analyserapport - kjemi*
- Appendiks D – *Statistisk analysemetodikk*
- Appendiks E – *Undersøkelsesprogram*



Forord

Grunnlagsundersøkelsen på Ra og Kon-Tiki er utført i fellesskap av Det Norske Veritas og MOLAB, og har vært en del av et større oppdrag koordinert av Statoil v/ Endre Aas og Rolf C. Sundt. Kontaktperson hos GDF SUEZ har vært Jannecke A. Moe.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunssamfunnet på Ra og Kon-Tiki.

Medarbeidere

Feltarbeid:

Sam-Arne Nøland (DNV, toktleder)
Øyvind Fjukmoen (DNV, skiftleder)
Lee Hankinson (DNV, skiftleder)
Lars Ulvestad (DNV)
Tone Nøklegård (DNV)
Odd Strandvoll (MOLAB)
Thomas Trulsen (MOLAB)

Analyser:

Kornstørrelsefordeling:

Terje Kolberg, Eli Ellingsen

Totalt organisk materiale:

Terje Kolberg, Eli Ellingsen

Metaller:

Terje Pedersen, Gunn-Mari Michaelsen, Maja Lisa Olsen, Pål Torgersen, Hanna Skog Lillevik

THC:

Helene Tvete, Anita Wolff Kalstad, Harald Borud

NPD og PAH:

Helene Tvete

De kjemiske analysene er utført hos Molab AS, avdeling i Oslo, Mo i Rana og i Porsgrunn. Kornstørrelsesfordelingen er bestemt hos Molab AS, avdeling Glomfjord.

Biologiske analyser:

Thomas Møskeland og Jon Kristian Haugland (krepsdyr)
Amund Ulfsnes (pigghuder, bløtdyr)
Per-Bie Wikander, Molltax (bløtdyr)
Sue Hamilton (børstemark, varia)
Rozemarijn Keuning (varia)

Sortering er utført på DNVs Biolaboratorium på Høvik. Ludvig Søggen Jensen og Kasper Nøland har vært ansvarlig for sortering av biologiske prøver.

Univariate analyser:

Lucy Brooks, Thomas Møskeland, Christian Volan

Multivariate analyser:

Fredrik Melsom



Utarbeidelse av rapport:

Kjemi:

Helene Tvette, Hege Karlsen

Biologi:

Lucy Brooks, Christian Volan, Sam-Arne Nøland, Fredrik Melsom

Hovedrapport:

Sam-Arne Nøland

Verifikasjon:

Øyvind Fjukmoen

Prosjektleder:

Thomas Møskeland

1 RESYMÉ / RESUMÉ

1.1 Resymé

På de to planlagte leteboringslokalitetene Ra og Kon-Tiki ble det analysert for kornstørrelsesfordeling, innhold av totalt organisk materiale (TOM), totalmengde hydrokarboner (THC), NPD, PAH og metaller, samt tilstanden til bløtbunnssamfunnet.

Grunnlagsundersøkelsen på Ra og Kon-Tiki 2012 viser:

- Organisk innhold i sedimentene varierer fra 2,7 til 3,8 %.
- THC-konsentrasjonene varierer fra 2 til 7 mg/kg, og er på samme nivå som den regionale stasjonen.
- Ba-konsentrasjonene varierer fra 69 til 116 mg/kg, og er på samme nivå som den regionale stasjonen og lavere enn LSC.
- Bunnfaunaen på Ra og Kon-Tiki fremstår som artsrik og uforstyrret.
- Stasjonen GJ-R er velegnet som regional stasjon.

Ra	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	4 – 7	Alle stasjoner ligger på samme nivå som LSC og den regionale stasjonen Gj-R.
Ba (mg/kg)	69 – 92	Det er ikke påvist forhøyede Ba-verdier på noen av stasjonene på Ra. Alle stasjoner ligger på samme nivå som den regionale stasjonen Gj-R.
H'	5,2 – 5,8	Bunnfaunaen på Ra er artsrik og fremstår som uforstyrret.
ES ₁₀₀	43 - 47	Stasjonen GJ-R er velegnet som regional stasjon.

Kon-Tiki	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2-7	Alle stasjoner ligger på samme nivå som LSC og den regionale stasjonen Gj-R.
Ba (mg/kg)	78-116	Det er ikke påvist forhøyede Ba-verdier på noen av stasjonene på Kon-Tiki. 8 av 10 stasjoner har høyere Ba-konsentrasjoner enn den regionale stasjonen Gj-R.
H'	5,2 – 5,7	Bunnfaunaen på Kon-Tiki fremstår som artsrik og uforstyrret.
ES ₁₀₀	39 - 48	Sedimentene inneholder moderate mengder små spikler. Individantallet varierer betydelig uten at dette kommer til uttrykk i diversitetsindeksene. Den regionale stasjonen GJ-R er godt egnet som sammenligningsgrunnlag for Kon-Tiki.

1.2 Resumé

The sediments at the two planned spud locations at Ra and Kon-Tiki were analysed for grain size distribution, organic content (TOM), total hydrocarbon content (THC), NPD, PAH and metals. In addition the state of the benthic fauna was assessed.

The 2012 survey at Ra and Kon-Tiki shows:

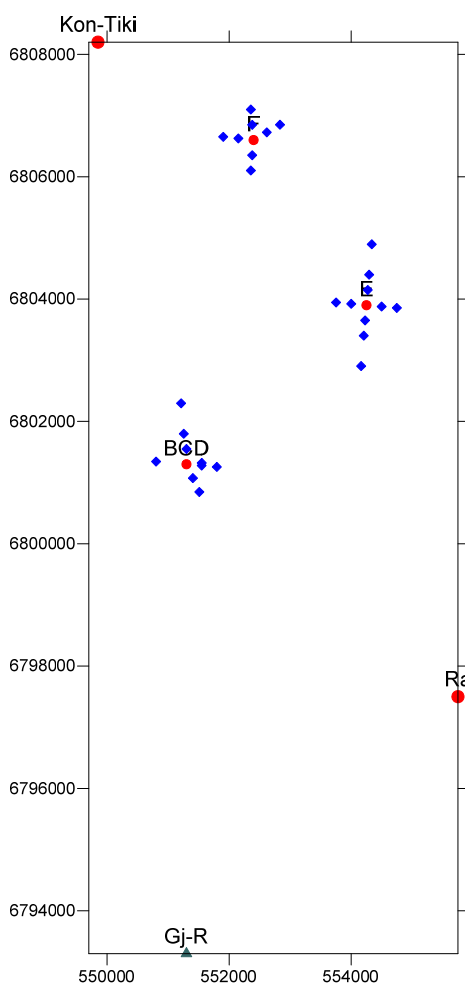
- The content of total organic material varies from 2.7 – 3.8 %.
- The level of THC varies from 2 – 7 mg/kg, this is the same level as the regional station.
- The concentration of Ba varies from 69 – 116 mg/kg, this is on the same level as the regional station and lower than LSC.
- The benthic fauna at Ra and Kon-Tiki is rich in species and undisturbed.
- The station Gj-R is well suited as a regional station.

Ra	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	4 – 7	All stations are on the same THC-level as LSC and the regional station Gj-R.
Ba (mg/kg)	69 – 92	There are no elevated levels of barium at Ra. All the stations are on the same level as the regional station Gj-R.
H'	5.2 – 5.8	The benthic fauna at Ra is diverse, and is regarded as undisturbed.
ES ₁₀₀	43 - 47	The sediments contain moderate amounts of small spicules. The abundance varies considerably between stations, which is not reflected in the diversity indices. The station GJ-R is well suited as a regional station.

Kon-Tiki	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	2-7	All stations are on the same THC-level as LSC and the regional station Gj-R.
Ba (mg/kg)	78-116	There are no elevated levels of Ba on Kon-Tiki. 8 out of 10 stations contain higher Ba-concentrations than the regional station Gj-R.
H'	5.2 – 5.7	The benthic fauna at Kon-Tiki is diverse, and is regarded as undisturbed. The sediments contain moderate amounts of small spicules. The abundance varies considerably between stations, which is not reflected in the diversity indices. The station GJ-R is well suited as a regional station.
ES ₁₀₀	39 - 48	

2 INNLEDNING

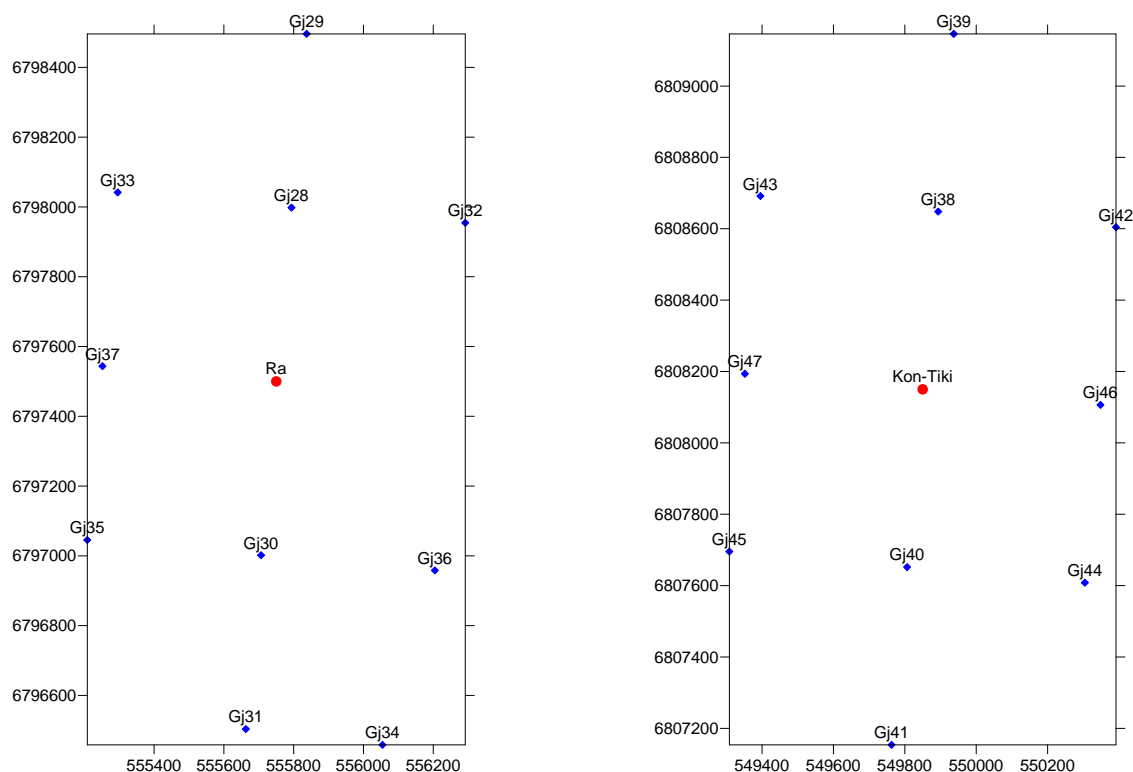
GDF SUEZ er operatør og planlegger leteboring på Ra (36/7-4, PL 636) og Kon-Tiki (35/9-9, PL 153), plassert ved Gjåa. For begge brønnene som skal letebores tar programmet for grunnlagsundersøkelsen utgangspunkt i et rutenett som kan dekke at borelokasjon kan flytte seg innenfor et område på ca. 100 x 100 m rundt oppsatt borelokasjon. Figuren under viser stasjoner fra tidligere undersøkelser i Gjåa-området (Unifob, 2008).



Planlagt plassering av Ra og Kon-Tiki i forhold til de tre aksekorsene fra grunnlagsundersøkelsen på Gjåa i Region IV i 2007. Den regionale stasjonen Gj-R var inkludert i den regionale undersøkelsen i 2011, og inngår i grunnlagsundersøkelsen.

Undersøkellesprogrammet (*Program for grunnlagsundersøkelser i Nordsjøen 2012 – DNV 2012*) ble utarbeidet mens feltet ble betegnet som Gjåa, og stasjonsnavnene fra det opprinnelige programmet er beholdt.

Stasjonsplasseringen for Ra og Kon-Tiki er vist i kartet under og som utbretttskart bakerst i rapporten. Avstanden fra planlagt borelokasjon til stasjonen i nord-sør retningen er 250m og 500m.



Rutenett for grunnlagsundersøkelse på Ra og Kon-Tiki 2012.

3 MATERIALE OG METODER

3.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med MOLAB fra fiske-/forskningsfartøyet "Christina E". Innsamlingen på Ra og Kon-Tiki var en del av et større tokt som omfattet sedimentovervåking i Region II og flere andre grunnlagsundersøkelser i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Toktet som helhet foregikk i perioden 21. mai til 2. juni 2012. Prøvetakingen på Ra og Kon-Tiki foregikk 5-6. juni.

Undersøkelsen omfattet innsamling og kjemiske og biologiske analyser av sedimenter, samt karakterisering av sedimentene. Prøvetaking og analyser er gjennomført iht. *Retningslinjer for Miljøovervåking* (TA 2848) og DNVs og MOLABs akkrediterte metoder for denne type arbeid (Test 083 og 032). Avvik fra retningslinjene er beskrevet i kapittel 3.4. Det er utarbeidet en egen toktrapport (DNV, 2012b), se Appendiks A i vedlagte CD. Toktrapporten inneholder en fullstendig oversikt over prøvetakingen, bl.a. stasjonskoordinater (UTM og grader/minutter), dyp, dato og klokkeslett for prøvetaking, volum av sedimenter til bløtbunnsanalyser, antall bomskudd, farge og enkelte kommentarer.

3.1.1 Prøvetakingsstrategi

Prøvetakingen er utført i henhold til *Program for grunnlagsundersøkelser i Nordsjøen 2012* (DNV, 2012a) (Appendiks E). Tabell 3.1-1 gir en oversikt over undersøkelsesprogrammet på Ra og Kon-Tiki. Som referansestasjon ble Gj-R fra undersøkelsen i 2008 benyttet.

Tabell 3.1-1 Analyseprogram for grunnlagsundersøkelsen på Ra og Kon-Tiki 2012.

Stasjon	ED50 UTM, sone 31		Bio	Korn/ TOM	THC	Met.	NPD/PAH
Ra	555750	6797500					
Gj28	555794	6797998	5	1	3	3	3
Gj29	555837	6798496	5	1	3	3	3
Gj30	555706	6797002	5	1	3	3	
Gj31	555663	6796504	5	1	3	3	
Gj32	556292	6797955	5	1	3	3	
Gj33	555296	6798042	5	1	3	3	
Gj34	556055	6796458	5	1	3	3	
Gj35	555208	6797045	5	1	3	3	
Gj36	556205	6796958	5	1	3	3	
Gj37	555252	6797544	5	1	3	3	
Kon-Tiki	549850	6808150					
Gj38	549894	6808648	5	1	3	3	3
Gj39	549937	6809146	5	1	3	3	3
Gj40	549806	6807652	5	1	3	3	
Gj41	549763	6807154	5	1	3	3	
Gj42	550392	6808605	5	1	3	3	
Gj43	549396	6808692	5	1	3	3	
Gj44	550305	6807608	5	1	3	3	
Gj45	549308	6807695	5	1	3	3	
Gj46	550348	6808106	5	1	3	3	
Gj47	549352	6808194	5	1	3	3	
Gj-R	551300	6793300	5	1	3	3	3
Sum			105	21	63	63	115

3.1.2 Prøvetaking / Utstyr

Detaljer om fiske-/forskningsfartøyet "Christina E" finnes i toktrapporten i Appendiks A.

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

- Langarmet van Veen grabb, offshore type (Delprodukter merket B15)
- Ekstra langarmet van Veen grabb, offshore type (Delprodukter merket B1)
- Langarmet van Veen grabb, lett offshore type (Delprodukter merket B22)
- Kortarmet van Veen grabb (B17)
- Kombigrabb – modifisert van Veen (0, 15m² overflateareal, tar kjemi- og biologiprøver i samme hugg) (merket B23)



- Kombigrabb – modifisert van Veen (0, 15m² overflateareal, tar kjemi- og biologiprøver i samme hugg) (merket B25)
- Lett fjordgrabb (Type KC merket B16)
- Mottaksbord i rustfritt stål
- Målesylinder
- Vaskebord
- Sikter (5 mm og 1,0 mm runde hull)
- Vinsj og aggregatpakke fra henholdsvis Uni Research og Cargotech.

Hviken grabb som ble benyttet til de ulike grabbprøvene er oppgitt i Appendiks A til toktrapporten. Et generelt mønster er at det ble benyttet kombigrabb på tre grabbhugg per stasjon (3 kjemi- og 3 biologiprøver). De to resterende biologiprøvene ble tatt med tradisjonell grabb. Denne fremgangsmåten ble benyttet for å spare tid og for å eliminere tidspress ved uttak av kjemiprøver. Et vanlig forløp på en stasjon var:

1. grabb: Kombigrabb (kjemi og bio), sjakles av umiddelbart og opparbeides
2. grabb: Tradisjonell grabb (kun bio) sendes ned mens grabb 1 opparbeides
3. grabb: Kombigrabb (kjemi og bio), sjakles av umiddelbart og opparbeides
4. grabb: Tradisjonell grabb (kun bio) sendes ned mens grabb 3 opparbeides
5. grabb: Kombigrabb (kjemi og bio)

Samme fremgangsmåte ble benyttet i tilsvarende undersøkelser i 2011. For å sjekke om bruk av to ulike grabber hadde betydning for biologieresultatene ble det clusteranalysene på grabbnivå fra hvert felt (i 2011) undersøkt mhp. fordelingen av grabbprøvene. Det ble ikke observert noen sammenheng eller systematisk mønster som kunne tyde på at de ulike grabbene ga ulike resultater.

De biologiske prøvene ble tilsatt formalinløsning (bufret med hexamin) med fargestoff (Bengalrosa). Prøvene ble oppbevart på plastspann, og lagret i finérkasser. Sedimentprøver til kjemiske analyser ble oppbevart i rilsanposer eller i plastbegere. Fire dypfrysere ble benyttet for lagring av prøver til kjemisk analyse.

I tillegg til innleid navigasjonssystem fra Fugro var det montert opp to separate navigasjonssystem (GPS fra Garmin og kartplotterprogram fra Nobeltec). Systemet gjør det greit å sjekke ut hvor fartøyet til enhver tid befinner seg, samt at alle posisjoner blir lagret hvert 10 min. Ett system ble plassert i arbeidscontaineren på dekk, og ett system hos toktleder for planlegging av den mest effektive seilingsrute.

3.1.3 Gjennomføring

Feltarbeidet ble gjennomført i henhold til programmet uten spesielle problemer. På Ra og Kon-Tiki ble grabbene B23 og B15 benyttet. Detaljer er gitt i en separat toktrapport (DNV, 2012b) i vedlagte CD.

3.1.4 Kvalitetssikring

Prøvetaking ble utført i henhold til akkrediterte prosedyrer beskrevet i *Håndbok for Biolaboratoriets Kvalitetssystem; Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser*. Det ble spesielt lagt vekt på at sedimentoverflaten i prøven var uforstyrret og at vasking/sikting av faunaprøvene ble utført skånsomt. Alle prøvene ble dobbeltmerket og pakket i solide kasser for å unngå skade på prøve-emballasjen.

3.2 Biologiske analyser

3.2.1 Makrobentos – en introduksjon

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

Metodene som er benyttet er i overensstemmelse med *Retningslinjer for Miljøovervåking* (TA 2848) og prosedyrene er beskrevet i DNVs Biolaboratoriets kvalitetssystem: "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser".

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

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

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

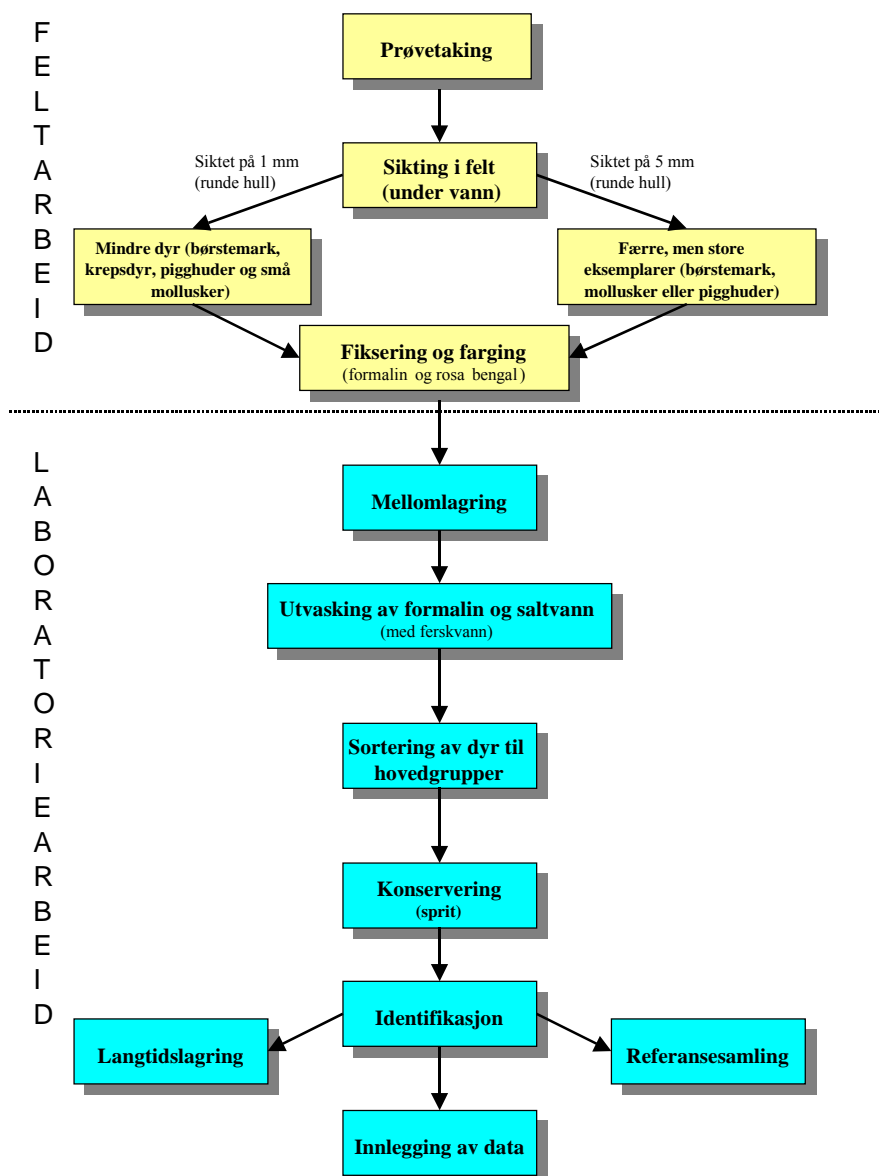
3.2.2 Sortering og artsbestemmelse

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

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

Med unntak av dyregruppene som er nevnt under, ble alle individer bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå (fortrinnsvis til artsnivå). Nematoda, Foraminafera og kolonidannende dyr (f.eks. Porifera og Bryozoa) ble kun registrert som tilstedeværende eller fraværende og ingen av disse er tatt med i analysene. Noen grupper (f.eks. Platyhelminthes, Nemertini, Tunicata, Tanaidacea) ble kvantifisert, men ikke bestemt videre til art.

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



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

3.2.3 Statistiske metoder

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

- Antall arter pr. arealenhet.
- Antall individer pr. art.
- Shannon-Wieners diversitetsindeks, H' (Shannon & Weaver 1963).

- Jevnhetsindeks kalkulert ved hjelp av Pielous evenness, J' (Pielou 1966).
- Forventet antall arter i per 100 individer (ES_{100}) (Sanders rarefaction 1968).
- Nevnte metoder/analyser er beregnet ut fra vedlagt artslister (på CD). Det er i tillegg benyttet ulike multivariate analyseteknikker (se nedenfor).
- Faunalikhet mellom stasjonene ved hjelp av Bray-Curtis likhets indeks δ_{jk} (Bray & Curtis 1957). Likhetsmatrisen ble benyttet i multivariate analyser for å se på gradienter og grupperinger stasjonene i mellom. Metodene som ble brukt var hierarkisk grupperings-teknikk som grupperer stasjoner etter gjennomsnittlig likhet (hierarchical agglomerative classification) (Lance & Williams 1967), og ordinasjon med “non-metric Multi-Dimensjonal Scaling (MDS), (Kruskal and Wish 1978).
- Klassifikasjon, MDS- og PCA-ordinasjon samt BIOENV og SIMPER ble gjennomført med programpakken PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research).
- Tabell over de 10 tallmessig dominerende arter ved hver stasjon.

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

Rådata er lagret i miljøovervåkingsdatabasen (MOD) og finnes i appendiks B på vedlagte CD.

3.2.4 Kvalitetssikring

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

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

I korte trekk ble følgende gjennomført:

I felt ble alle prøver dobbeltmerket og journalført. Prøvene ble fraktet i spesialkasser, og i laboratoriet ble all sortering loggført (hvem som sorterte når, tidsforbruk for hver prøve, antall glass til oppbevaring, spesielle observasjoner). Hver prøve ble kontrollert av en på forhånd godkjent kontrollør.

Hver artsbestemmer har utarbeidet en egen referansesamling som ved tvil ble sammenlignet med DNVs referansesamling. Ved tvil i artsbestemmelsen er dette påpekt i artslisten. For å oppnå sporbarhet har hver artsbestemmer signert ut hvilke grabber og dyregrupper vedkommende har bestemt. Referansesamlingen er lagret hos DNV.

Alle registrerte artsnavn blir sjekket i WoRMS (World Register of Marine Species) for å oppdatere en kontinuerlig endrende artssystematikk. Alle artsnavn på listene i rapportens vedlegg er WoRMS validerte artsnavn (der parenteser i artsnavnene forekommer, er disse slik de er registrert i WoRMS), med tre unntak:

- Til tre arter blir suffiksen *complex* brukt: i) *Chaetozone setosa complex*- Grunnet flere arter som er vanskelige å skille fra hverandre under stereomikroskopet, blir disse sett

på som en vanskelig gruppe. For å kunne identifisere artene riktig trengs chaetae å eksamineres under et mikroskop. Definisjonen som blir brukt for denne gruppen er: «Bakre segmenter med en nesten komplett ring av modifiserte chaetae/kroker». ii) *Lumbrineris scopa complex* og iii.) *Lumbrineris aniara complex*. Etter ekskludering av andre arter som har lett gjenkjennelige morfologiske trekk under stereomikroskopet, som *Augenaria*, *Abyssoninoe* m.m., blir de øvrige registrert under “complex” gruppen. *Scopa complex*: spiss prostomium. *Aniara complex*: rund prostomium.

- Endelsen *juv.* Står for juvenile individer.
- *Cf* indikerer usikkerhet i artsbestemmelsen, brukt for arter som likner en kjent art men har noen forskjellige morfologiske trekk. eksempelvis indikerer *Byblis c.f. Gaimardii* at det trolig er denne arten men at det er usikkert på artsnivå (ikke slektsnivå)

Detaljer om kvalitetssikringsrutiner og -resultater er omtalt i Appendiks B.

3.3 Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering

3.3.1 Oversikt over analyseparametere

Analyse	Parameter
<u>Sedimentkarakterisering</u>	
Kornstørrelsefordeling:	<ul style="list-style-type: none"> - Fordeling av silt og leire (< 63µm) og sand (>63µm) - Kumulativ vekt% fordeling fra 63-2000µm - Median partikkeldiameter (Md), standard avvik (SD), skjevhet (Sk) og kurtosis (K)
Totalt organisk materiale:	- % TOM i sedimentet
<u>Kjemiske analyser</u>	
Hydrokarboner	<ul style="list-style-type: none"> - THC, sum C12-C35 - NPD, naftalener, fenantrener og dibenzotiofener, sum og enkeltforbindelser - PAH, 16 EPA forbindelser, sum og enkeltforbindelser
Metaller	- Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ti, Zn

3.3.2 Sedimentkarakterisering

3.3.2.1 Kornstørrelsefordeling

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

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

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

Formler brukt for beregninger av $Md\phi$, $SD\phi$, $Sk\phi$ og $K\phi$:

$Md\phi$ (median partikkel diameter):

$Md\phi$ = verdien til midtpunktet (dvs. 50 %) til den kumulative % vektkurven.

$SD\phi$ (standard avvik):

$SD\phi$ estimeres ved:

$$SD\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

$SD\phi$ gir et mål for spredning i partikkelstørrelse rundt $Md\phi$, og således et mål for sorteringsgraden.

$Sk\phi$ (skevhet):

$Sk\phi$ estimeres ved:

$$Sk\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2Md\phi}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2Md\phi}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

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

Kurtosis, $K\phi$:

$K\phi$ estimeres ved:

$$K\phi = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

$K\phi$ beskriver toppetheten til fordelingen, dvs. hvor tung halene er (uttrykt ved ϕ_5 og ϕ_{95} fraksjonene) sammenlignet med den sentrale delen av fordelingen. For en normal fordeling vil $K\phi$ verdien være 1,00.

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

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

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

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

Tabell 3.3-2 Tolkning av beskrivende størrelser.

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

3.3.2.2 Totalt organisk materiale

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 20 g vått sediment ble veid inn i en porselensdigel. Prøven ble tørket ved 105 °C i minst 20 timer, avkjølt og veid, og deretter glødet ved 480 °C i minst 16

timer. Prosent vekttap etter glødingen (glødetap) ble regnet ut, og vekttapet utgjør totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet. To sedimentstandarter med et kjent innhold av TOM ble analysert sammen med prøvene. For å kontrollere at karbonater ikke forsvinner ved glødingen, ble standarter av kalsium karbonat glødet sammen med sedimentprøvene, og vekttapet ble kontrollert.

3.3.3 Kjemiske analyser

3.3.3.1 Hydrokarboner

Den kjemiske analysen av organiske forbindelser omfatter bestemmelse av totalmengde hydrokarboner fra n-C₁₂ til n-C₃₅ (THC). De viktigste trinnene i analyseprosedyren er vist i Figur 3.3-1. Sedimentprøvene ble opparbeidet med forsåpning og deretter ekstraksjon med diklormetan. Ekstraktene ble rensset på en silika kolonne for å fjerne polare komponenter. Innholdet av hydrokarboner ble bestemt med bruk av gasskromatografi (GC/FID) og gasskromatografi/ massespektrometri (GC/MS). De instrumentelle betingelsene er gitt i Tabell 3.3-3 og Tabell 3.3-4 henholdsvis.

Opparbeiding:

Sedimentprøvene ble tatt og oppbevart i Rilsanposer. Homogenisering av prøvene ble foretatt ved omrøring i Rilsanposen. 50 g våt sedimentprøve (flere prøveuttak tilfeldig fra posen) ble veid inn, og steiner >0,5 mm ble unngått. Interne standarter ble tilsatt, 5 µg hver av naftalen-d₈, fenantren-d₁₀, pyren-d₁₀, krysen-d₁₂ og perylen-d₁₂. Disse ble benyttet til bestemmelse av NPD og PAH. Forsåpning: Prøven ble kokt med 50 mL 0,5 M metanolisk KOH under reflux i 2 timer. Blandingen ble så ekstrahert med totalt 100 mL diklormetan.

Diklormetanelekstraktet ble inndampet til ca. 1 mL. 1 mL heksan ble tilsatt, og ekstraktet ble på nytt inndampet til 1 mL. Dette ble gjentatt to ganger. Heksanløsningen ble rensset på Bond-Elut silica kolonner (Isolute, International Sorbent Technology). Eluatet ble konsentrert og analysert for innhold av hydrokarboner.

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

Kvantifisering:

THC (totalmengde hydrokarboner) ble bestemt med gasskromatografi i kokepunktområdet n-C₁₂ alkan til n-C₃₅ alkan. Kvantifiseringen ble utført med bruk av en ekstern standard av referanseoljen, boreslamsolje HDF 200 fra Statoil. Resultatene ble korrigert for bakgrunnsverdier fra blindprøver.

NPD og PAH ble bestemt med gasskromatografi/massespektrometri og registrering av enkeltioner. Kvantifiseringen ble foretatt i forhold til de tilsatte interne standardene med integrering av molekylionene. Følgende forbindelser ble bestemt: naftalen, fenantren, antracen, dibenzotiofen og deres C₁-, C₂- og C₃-alkylerte derivater, acenaften, acenaftilen, fluoren, pyren, fluoranten, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten/ benzo(j)fluoranten/benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren og

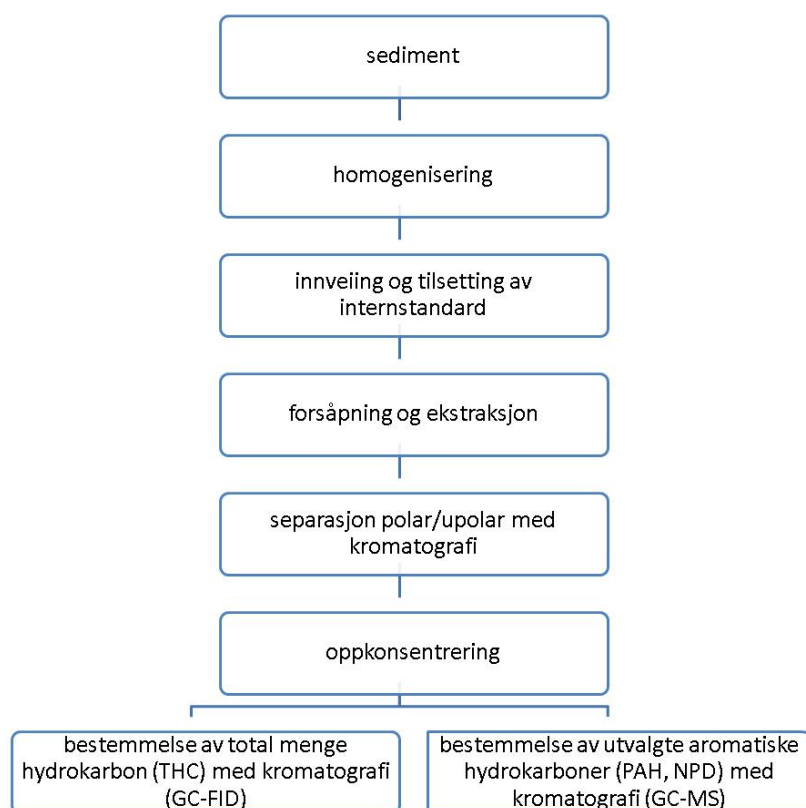
dibenzo(a,h)antracen. For hver av de C₁- C₃-alkylhomologe gruppene ble en av isomerene brukt som referanse for kvantifisering. De oppgitte verdiene er korrigert for bidrag fra løsningsmidlene (blindverdier).

Tabell 3.3-3 GC-FID betingelser

Gasskromatograf	:	Perkin Elmer Autosystem XL
Kolonne	:	12 m x 0,20 mm i.d., fused silica, crosslinked with dimethyl silicone
Temperaturer:		
kolonne	:	50 °C (2 min) - 20 °C/min - 300 °C (8 min)
injektor	:	320 °C
Bæregass	:	Helium
Injisert mengde	:	1 µL
Datasystem	:	TotalChrom 6.2
HDF 200	:	0,1 – 10 mg/mL hexane

Tabell 3.3-4 GC-MS betingelser

Massespektrometer	:	Clarus 500 og Clarus 600 Mass Spectrometer, Perkin Elmer
Datasystem	:	TurboMass
Gasskromatograf	:	Clarus 500 og Clarus 600 Gas Chromatograph, Perkin Elmer
Kolonne:	:	30 m fused silica, 0,25 µm DB-5ms
Temperaturer:		
kolonne	:	40 °C (2 min) - 20 °C/min - 120 °C 10 °C/min - 300 °C (15 min)
injektor	:	300 °C
ionekilde	:	180 °C
Bæregass	:	Helium
Ionisasjon	:	Elektronionisering, 70 eV
Masses (m/z):		
C ₀ -C ₃ naftalen	:	128, 141, 156, 170
C ₀ -C ₃ fenantren	:	178, 192, 206, 220
C ₀ -C ₃ dibenzotiofen	:	184, 198, 212, 226
PAH	:	152, 153, 166, 202, 228, 252, 276, 278
Deutererte standarder	:	136, 164, 188, 212, 240, 264
Injisert mengde	:	1 µL



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

3.3.3.2 Metaller

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

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

Det ble ved bestemmelsen av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb og Zn benyttet ICP-AES, induktivt koplet plasma optisk emisjonsspektrometer. Cd ble bestemt ved bruk av ICP-MS, induktivt koplet plasma massespektrometer (ICP-MS), mens Hg ble bestemt ved bruk av CV-AAS, atomadsorpsjon kald damp teknikk. Bestemmelsene av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb og Zn er utført i hht. NS-EN ISO 11885/ICP-AES. Bestemmelse av Cd er utført i hht. NS-EN 14385. Hg er bestemt etter intern metode i hht. NS-EN 1483.

ICP-AES:

Instrument: Thermo iCAP 6500

Analyselinjer: Ba: 455,403 nm, Cr: 267,716 nm, Cu: 324,754 nm, Zn: 213,856 nm, Pb: 220,353 nm og Ti: 336,12

ICP-MS:

Instrument: PerkinElmer Elan DRC II.

Masse: Cd: 111 og 114.

CVAAS:

Instrument: CETAC M-7500A

Analyselinje: Hg: 253,7 nm

3.3.3.3 Kvantifiseringsgrenser

Deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense

Deteksjonsgrensen (limit of detection LOD) og kvantifiseringsgrensen (limit of quantitation LOQ) er beregnet som henholdsvis 3 og 10 standardavvik over gjennomsnittsverdien for blindprøvene. Dette er kriterier gitt av ACS Committee on Environmental Improvements ("Guidelines for Data Acquisition and Data Quality Evaluation in Environmental Chemistry", Anal.chem. 52 (1980) p. 2242-2249). Deteksjonsgrensene (LOD) og kvantifiseringsgrensene (LOQ) kan finnes i Tabell 3.3-5.

Tabell 3.3-5 Deteksjonsgrenser (LOD) og kvantifiseringsgrenser (LOQ), hydrokarboner og metaller

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

* anslått ut fra analyse av blindprøver

3.3.4 Kvalitetssikring

Molab as er akkreditert av Norsk Akkreditering for kornstørrelsesfordeling og kjemiske analyser under akkrediteringsnr.: Test 032. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025. Detaljerte resultater finnes i Appendiks C.

Kvalitetskontroll for kornstørrelsesfordeling

Metoden er sjekket med referanseprøver som er siktet ved et annet akkreditert laboratorium. En husstandard blir analysert for hver 10. prøve etter samme prosedyre som de reelle prøvene og resultatene blir plottet inn på kontrollkortet.

Kvalitetskontroll for totalt organisk materiale

Kalsiumkarbonat blir glødet ved 480 °C sammen med sedimentprøvene, og vekttapet blir kontrollert. Husstandarder ble analysert regelmessig i prosjektperioden.

Kvalitetskontroll for hydrokarboner

Analyseprosedyrene blir kontrollert regelmessig ved analyse av kvalitetssikringsprøver og blindprøver. Standardprøver med mineralolje analyseres hver gang det utføres en THC analyse. Husstandarder analyseres regelmessig, og resultatene plottes inn på kontrollkort. Sertifiserte referansematerialer analyseres for kontroll av nøyaktigheten.

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

Kvalitetskontroll for metaller

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

De sertifiserte verdiene gjelder total oppslutning. Sertifiserte verdier for NS 4770 (partiell oppslutning) finnes ikke. På laboratoriet er det imidlertid etablert en "referanseverdi" for partiell oppslutning ved analyse av det sertifiserte referansematerialet i perioden 1999-2012. Prøvene blir analysert på nytt dersom resultatene for referansematerialet ligger utenfor gitte krav.

Nøyaktighet og reproducerbarhet kontrolleres ved analyse av det sertifiserte referansematerialet.

3.4 Avvik fra retningslinjene

Datamaterialet fra stasjon GJ38 bestod av kun fire grabber pga. dårlig fiksering/konservering.

Det er for øvrig ikke registrert avvik fra retningslinjene (Klif, 2011).

4 RESULTATER

4.1 Fra prøvetakingen

Stasjonsdypet på Ra varierte fra 362 til 368m, og på Kon-Tiki fra 362 til 369m på de undersøkte stasjonene. Sedimentet bestod hovedsakelig av et brunt topplag og grå leire under dette. Leiren var noen steder relativt hard, og inneholdt små mengder av små spikler. På enkelte stasjoner var det en del stein i sedimentet, og det ble også observert svamp (Geodia). Prøvetaking ble utført i henhold til programmet uten nevneverdige problemer. Stasjonsplassering er vist i utbrettskart bakerst i rapporten. Typisk sediment fra området er vist til høyre.



4.2 Ra

4.2.1 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analysen av kornstørrelsesfordeling er gitt i Tabell 4.2-1 og Figur 4.2-1. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

Sedimentet på Ra består av veldig fin sand, bortsett fra Gj36 som består av silt og leire (56,7 %). Andel sand varierer fra 40,8 til 70,0 %. Sedimentet ved den stasjon Gj-R består av veldig fin sand, med en andel av silt og leire på 36,6 %.

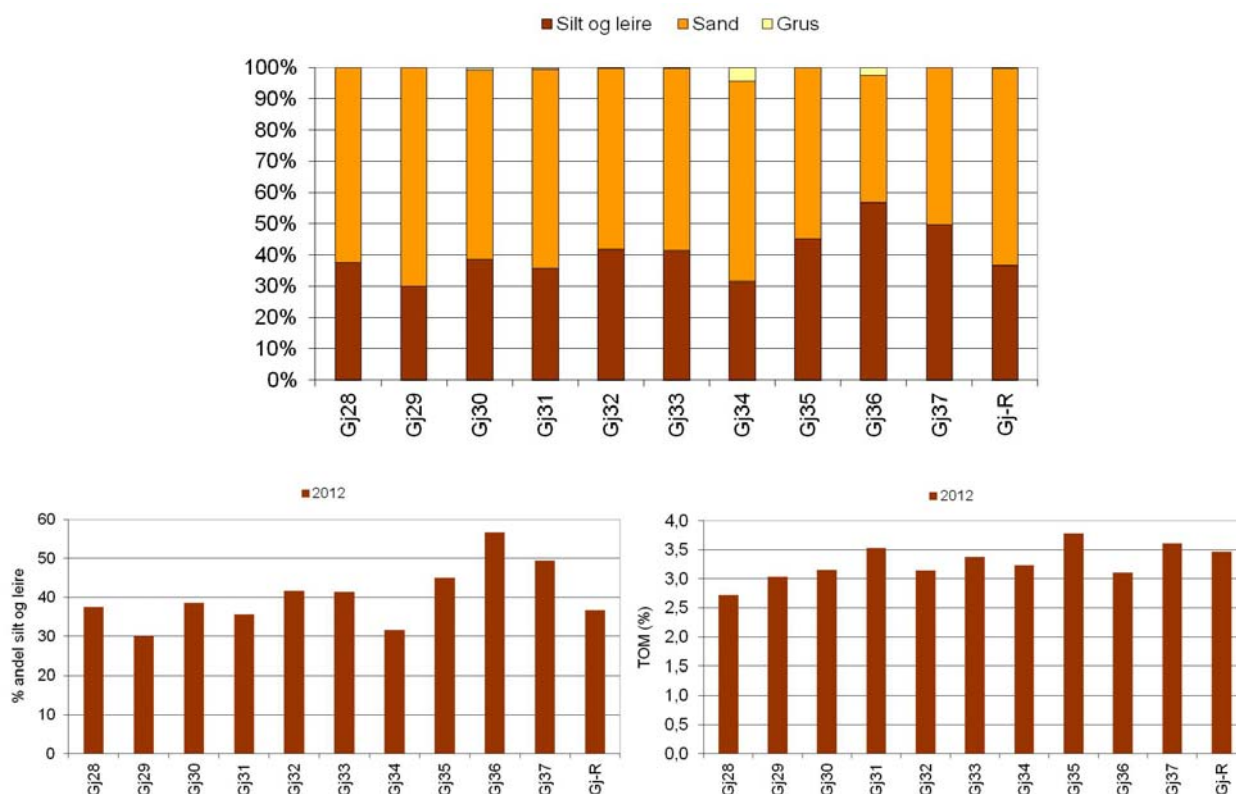
Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er vist i Tabell 4.2-1 og Figur 4.2-1. Innholdet av TOM varierer fra 2,72 til 3,78 %. Dette er på samme nivå som Gj-R (3,47 %).

Tabell 4.2-1 Ra 2012, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk material (TOM) i % av tørt sediment.

Stasjon	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt & leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
Gj28	368	2,72	Veldig fin sand	37,5	62,5	0,0	3,40
Gj29	362	3,03	Veldig fin sand	30,0	70,0	0,0	3,19
Gj30	363	3,15	Veldig fin sand	38,6	60,7	0,7	3,42
Gj31	365	3,53	Veldig fin sand	35,7	63,9	0,4	3,28
Gj32	366	3,14	Veldig fin sand	41,7	58,0	0,3	3,46
Gj33	365	3,38	Veldig fin sand	41,5	58,1	0,4	3,46
Gj34	364	3,23	Veldig fin sand	31,6	64,0	4,4	3,18
Gj35	364	3,78	Veldig fin sand	45,1	54,9	0,0	3,61
Gj36	365	3,10	Silt og leire	56,7	40,8	2,5	4,47
Gj37	365	3,62	Veldig fin sand	49,5	50,5	0,0	3,96
Gj-R	363	3,47	Veldig fin sand	36,6	63,1	0,3	3,40
Min.*		2,72		30,0	40,8	0,0	3,18
Max.*		3,78		56,7	70,0	4,4	4,47

*: Gj-R ikke medregnet

**Figur 4.2-1** Ra 2012, sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire). Andel silt og leire, sand og grus for 2012 er vist øverst.

4.2.2 Kjemiske analyser

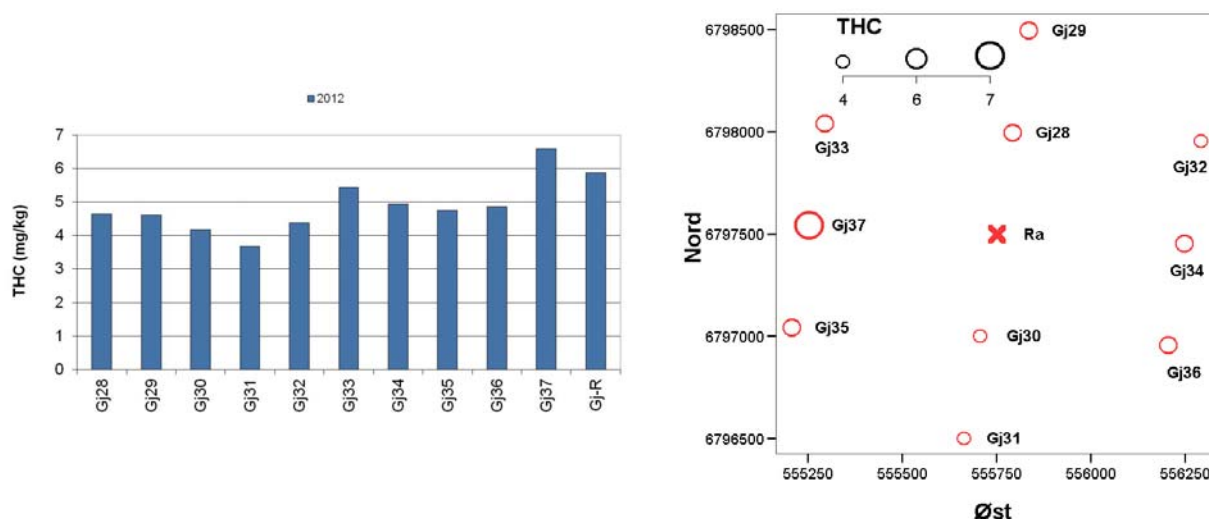
Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.2-2 og Figur 4.2-2. Figur 4.2-2 viser også fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.2-2 Ra 2012, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Gj28	5	1	0,060	0,009	0,03	0,01
Gj29	5	1	0,070	0,007	0,04	0,01
Gj30	4	1				
Gj31	4	0				
Gj32	4	0				
Gj33	5	2				
Gj34	5	0				
Gj35	5	0				
Gj36	5	0				
Gj37	7	2				
Gj-R	6	1	0,097	0,006	0,05	0,01
Min.*	4		0,060		0,03	
Max.*	7		0,070		0,04	

*: Gj-R ikke medregnet



Figur 4.2-2 Ra 2012, til venstre: THC-innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1cm) fra tre parallelle prøver. Til høyre: Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene.

THC-konsentrasjonen (0-1 cm sjikt) på Ra ligger i området 4 – 7 mg/kg. Alle stasjonene ligger under eller på samme nivå som LSC-verdien for REGIV (LSC_{subregion dyp, 96-11} 5,94 mg/kg THC) og på samme nivå som stasjon Gj-R (6 mg/kg). Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, lavere enn LSC_{subregion dyp, 96-11} (0,114 mg/kg PAH og 0,07 mg/kg NPD). Alle stasjoner ligger på samme PAH og NPD-nivå som Gj-R.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4.2-3 og Figur 4.2-3. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Figur 4.2-4 viser fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering.

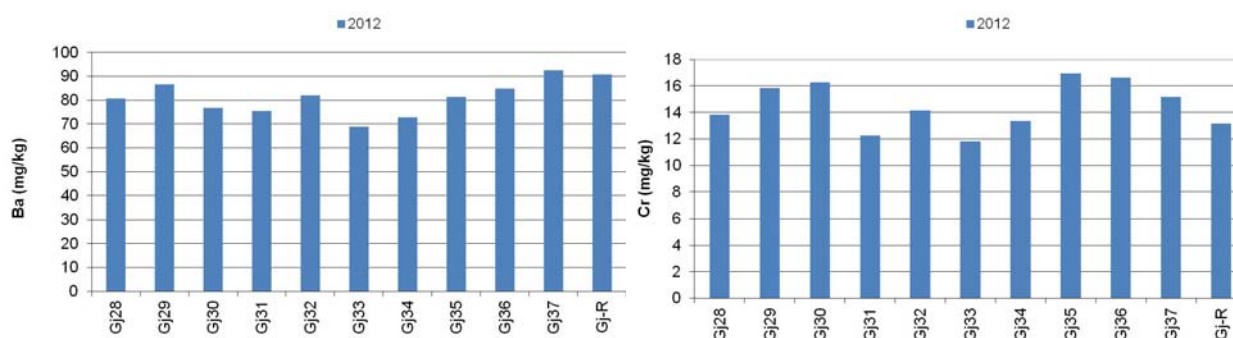
Høyeste gjennomsnittlige Ba-verdi er målt ved Gj37 med 92 mg/kg. Ba-resultatene ligger på samme nivå som stasjon Gj-R (91 mg/kg), og det samme er tilfelle for de øvrige metallene.

Alle feltstasjoner ligger på et lavere nivå enn LSC_{subregion dyp, 96-11} (435 mg/kg) når det gjelder Ba. Cr, Pb og Zn ligger på samme nivå eller høyere enn LSC_{subregion dyp, 96-11}. Cd, Cu og Hg ligger under LSC_{subregion dyp, 96-11}.

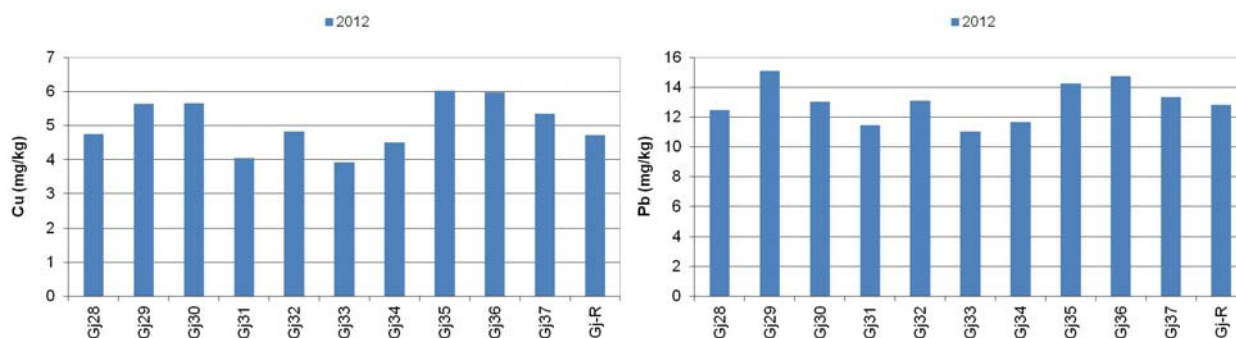
Tabell 4.2-3 Ra 2012, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Ti		Zn	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Gj28	81	5	0,02	0,00	13,8	0,5	4,8	0,2	0,02	0,00	12,5	0,8	196	4	27	2
Gj29	87	8	0,02	0,00	15,9	0,4	5,6	0,2	0,02	0,00	15,1	1,3	208	7	32	1
Gj30	77	10	0,02	0,00	16,3	2,2	5,6	0,8	0,02	0,00	13,0	1,4	211	23	31	4
Gj31	75	2	0,01	0,00	12,2	0,4	4,0	0,2	0,02	0,00	11,5	0,4	188	6	23	1
Gj32	82	9	0,02	0,00	14,1	0,5	4,8	0,3	0,02	0,00	13,1	0,5	196	8	27	1
Gj33	69	5	0,02	0,00	11,8	0,7	3,9	0,2	0,02	0,00	11,0	0,7	173	6	23	1
Gj34	73	5	0,01	0,00	13,4	1,8	4,5	0,7	0,02	0,00	11,7	1,1	190	16	26	4
Gj35	81	12	0,02	0,01	17,0	2,1	6,0	0,7	0,02	0,01	14,2	0,1	225	15	33	4
Gj36	85	9	0,01	0,00	16,6	0,8	6,0	0,2	0,02	0,00	14,8	1,4	223	21	33	1
Gj37	92	17	0,02	0,00	15,2	1,8	5,4	0,6	0,02	0,01	13,3	1,9	202	21	30	3
Gj-R	91	11	0,01	0,00	13,2	1,4	4,7	0,7	0,02	0,00	12,8	1,4	184	13	27	3
Min. *	69		0,01		11,8		3,9		0,02		11,0		173		23	
Max. *	92		0,02		17,0		6,0		0,02		15,1		225		33	

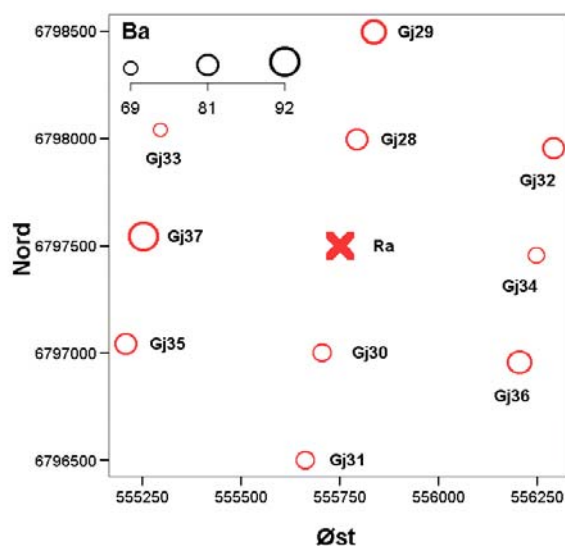
*: Reg ikke medregnet



Figur 4.2-3 Ra 2012, metallinnhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm) fra tre parallelle prøver. Forts.



Figur 4.2-3 forts.



Figur 4.2-4 Ra 2012. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirklene er proporsjonal med konsentrasjonen.

4.2.3 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

Tabell 4.2-4 viser antall individer og arter på Ra fordelt på dyregrupper. Figur 4.2-5 viser antall individer og arter på de enkelte stasjonene samt gjennomsnitt per grabb per stasjon. Juvenile Echinoidea er fjernet fra datasettet. Det ble registrert 62 juvenile individer på Ra, men disse er ikke inkludert i tabeller og figurer, med unntak av Tabell 4.2-5 som viser univariate indekser både med og uten juvenile.

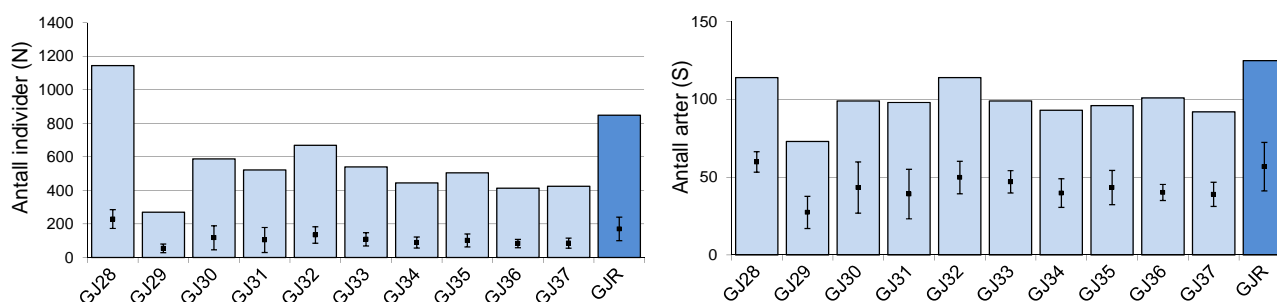
Polychaeta (børstemark) dominerer stasjonene på Ra med hensyn på antall individer (71 %) og bidrar til 49 % av totalt antall arter. Gj29 skiller seg ut ved med lav antall individer og arter. Det er generelt lavt antall i alle de fem grabbprøvene fra denne stasjonen, noe som indikerer at det ikke skyldes feil eller uhell i forbindelse med prøvetaking, sortering eller artsbestemmelse av én prøve. Hverken registreringene i toktlogg, sorteringslogg eller artsbestemmelseslogg gir noen

forklaring på det lave antallet. Heller ikke sedimentkarakteristikken på GJ29 skiller seg ut fra de øvrige stasjonene.

Under sortering ble det registrert spikler (opp til 2 liter) i de fleste av grabbprøvene.

Tabell 4.2-4 Antall individer (N) og arter (S) fordelt på dyregrupper (eks. juvenile), Ra 2012. Regionale stasjoner ikke inkludert.

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	363	6,6	13	5,3
Polychaeta	3937	71,4	120	49,2
Crustacea	726	13,2	70	28,7
Mollusca	322	5,8	24	9,8
Echinodermata	166	3,0	17	7,0
Totalt	5514	100,0	244	100,0



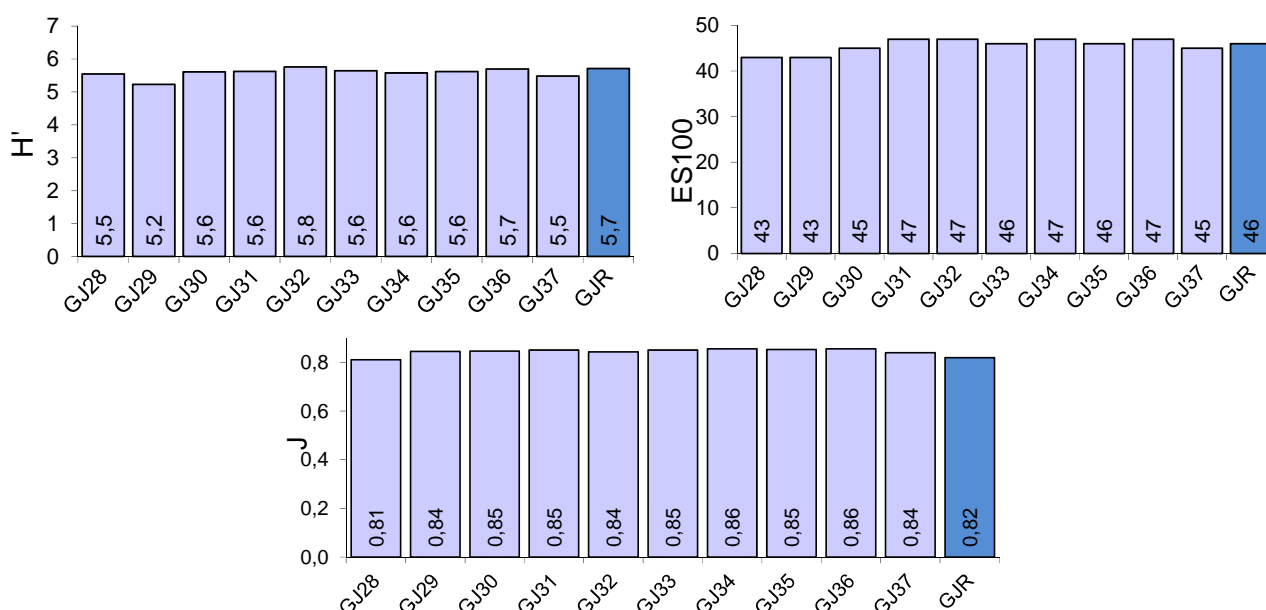
Figur 4.2-5 Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m², snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver (0,1m²)(juvenile ikke medregnet), Ra 2012.

Tabell 4.2-5 Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES₁₀₀) for hver stasjon, Ra 2012. Merk at i tilfellet «Med juvenile» behandles juvenile og voksne av samme art som separate arter, som påvirker størrelsen av S og indekser basert på S.

Stasjon	Dyp (m)	Uten juvenile					Med juvenile				
		S	N	H'	J	ES ₁₀₀	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
GJ28	368	114	1143	5,54	0,81	43	118	1153	5,58	0,81	43
GJ29	362	73	270	5,23	0,84	43	75	272	5,26	0,84	44
GJ30	363	99	588	5,61	0,85	45	102	593	5,65	0,85	46
GJ31	365	98	521	5,63	0,85	47	105	532	5,71	0,85	48
GJ32	366	114	668	5,76	0,84	47	118	673	5,79	0,84	48
GJ33	365	99	539	5,64	0,85	46	101	541	5,66	0,85	46
GJ34	364	92	443	5,58	0,86	47	94	445	5,60	0,85	47
GJ35	364	96	504	5,62	0,85	46	101	515	5,69	0,85	47
GJ36	365	101	413	5,69	0,86	47	104	421	5,75	0,86	48
GJ37	365	92	424	5,48	0,84	45	96	428	5,52	0,84	46
GJR	363	125	848	5,71	0,82	46	127	851	5,72	0,82	46

Figur 4.2-6 viser diversitetsindeksene H' , ES_{100} , og J for alle stasjoner på Ra samt den regionale stasjonen GJ-R. De ti mest tallrike artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.2-6. Diversitet og jevnhet er høy på alle stasjoner, og ingen av artene dominerer faunaen i vesentlig grad. På hver stasjon utgjør de ti mest tallrike taksa mellom 46 % og 56 % av totalt antallet individer.

Polychaetene *Chaetozone jubata* (cirratulid) og *Heteromastus filiformis* (capitellid) er blant de mest tallrike artene. De er kjent som opportunistiske arter som trives i forstyrrede områder og kan da opptre i høye antall. Andre vanlig arter på feltet er *Paradonis lyra* og *Terebellides stroemii*. *T. stroemii* kan regnes som intolerant mot forstyrrelser og tilstedeværelsen av denne indikerer en sunn havbunn.



Figur 4.2-6 Diversitet, ES_{100} og jevnhet på Ra 2012.

Tabell 4.2-6 De ti vanligste artene for hver stasjon, Ra 2012.

10 mest vanlige arter							
GJ28	Antall	%	Kum%	GJ29	Antall	%	Kum%
Chaetozone jubata	113	9,86	9,9	Haploops setosa	35	12,96	13,0
Terebellides stroemii	84	7,33	17,2	Chaetozone jubata	28	10,37	23,3
Euchone incolor	82	7,16	24,4	Paradoneis lyra	19	7,04	30,4
Paradoneis lyra	67	5,85	30,2	Terebellides stroemii	16	5,93	36,3
Trichobranchus sikorskii	59	5,15	35,3	Clymenura borealis	14	5,19	41,5
Heteromastus filiformis	55	4,8	40,1	Harpinia pectinata	9	3,33	44,8
Haploops setosa	42	3,66	43,8	Pista bansei	8	2,96	47,8
Exogone (Parexogone) longicirris	41	3,58	47,4	Onchnesoma steenstrupii	8	2,96	50,7
Caudofoveata	28	2,44	49,8	Heteromastus filiformis	8	2,96	53,7
Clymenura borealis	24	2,09	51,9	Echinocucumis hispida	7	2,59	56,3

Forts.

Figur 4.2-6 forts.

GJ30	Antall	%	Kum%	GJ31	Antall	%	Kum%
Chaetozone jubata	50	8,5	8,5	Chaetozone jubata	63	12,09	12,1
Heteromastus filiformis	48	8,16	16,7	Terebellides stroemii	36	6,91	19,0
Terebellides stroemii	43	7,31	24,0	Paradoneis lyra	33	6,33	25,3
Paradoneis lyra	35	5,95	29,9	Heteromastus filiformis	26	4,99	30,3
Trichobranchus sikorskii	27	4,59	34,5	Euchone incolor	20	3,84	34,2
Euchone incolor	27	4,59	39,1	Nemertea	16	3,07	37,2
Apseudes spinosus	19	3,23	42,4	Pista bansei	15	2,88	40,1
Pista bansei	15	2,55	44,9	Onchnesoma steenstrupii	13	2,5	42,6
Amythasides macroglossus	14	2,38	47,3	steenstrupii	13	2,5	45,1
Pterolysippe vanelli	12	2,04	49,3	Clymenura borealis	13	2,5	47,6
GJ32	Antall	%	Kum%	GJ33	Antall	%	Kum%
Heteromastus filiformis	54	8,06	8,1	Heteromastus filiformis	47	8,67	8,7
Terebellides stroemii	51	7,61	15,7	Chaetozone jubata	46	8,49	17,2
Chaetozone jubata	46	6,87	22,5	Terebellides stroemii	39	7,2	24,4
Paradoneis lyra	43	6,42	29,0	Pista bansei	26	4,8	29,2
Trichobranchus sikorskii	28	4,18	33,1	Paradoneis lyra	25	4,61	33,8
Pista bansei	26	3,88	37,0	Prionospio dubia	15	2,77	36,5
Echinocucumis hispida	21	3,13	40,2	Caudofoveata	14	2,58	39,1
Protodorvillea kefersteini	17	2,54	42,7	Onchnesoma steenstrupii	13	2,4	41,5
Amythasides macroglossus	14	2,09	44,8	steenstrupii	13	2,4	43,9
Onchnesoma steenstrupii	14	2,09	46,9	Aphelochaeta	12	2,21	46,1
GJ34	Antall	%	Kum%	GJ35	Antall	%	Kum%
Chaetozone jubata	53	11,96	12,0	Chaetozone jubata	53	10,5	10,5
Terebellides stroemii	34	7,67	19,6	Terebellides stroemii	42	8,32	18,8
Pista bansei	28	6,32	26,0	Paradoneis lyra	33	6,53	25,4
Heteromastus filiformis	22	4,97	30,9	Heteromastus filiformis	25	4,95	30,3
Paradoneis lyra	21	4,74	35,7	Euchone incolor	16	3,17	33,5
Harpinia pectinata	15	3,39	39,1	Caudofoveata	16	3,17	36,6
Trichobranchus sikorskii	13	2,93	42,0	Onchnesoma steenstrupii	15	2,97	39,6
Onchnesoma steenstrupii	10	2,26	44,2	steenstrupii	14	2,77	42,4
Levinsenia gracilis	10	2,26	46,5	Pista bansei	14	2,77	42,4
Euchone incolor	9	2,03	48,5	Amythasides macroglossus	12	2,38	44,8
GJ36	Antall	%	Kum%	GJ37	Antall	%	Kum%
Terebellides stroemii	32	7,73	7,7	Chaetozone jubata	54	12,74	12,7
Paradoneis lyra	28	6,76	14,5	Terebellides stroemii	39	9,2	21,9
Pista bansei	27	6,52	21,0	Heteromastus filiformis	25	5,9	27,8
Chaetozone jubata	26	6,28	27,3	Paradoneis lyra	22	5,19	33,0
Haploops setosa	17	4,11	31,4	Apseudes spinosus	19	4,48	37,5
Onchnesoma steenstrupii	16	3,86	35,3	Harpinia pectinata	18	4,25	41,8
steenstrupii	14	3,38	38,7	Notomastus latericeus	12	2,83	44,6
Heteromastus filiformis	14	3,38	38,7	Onchnesoma steenstrupii	10	2,36	46,9
Caudofoveata	12	2,9	41,6	steenstrupii	10	2,36	49,3
Eriopisa elongata	11	2,66	44,2	Trichobranchus sikorskii	10	2,36	51,7
Clymenura borealis	11	2,66	46,9	Clymenura borealis	10	2,36	51,7

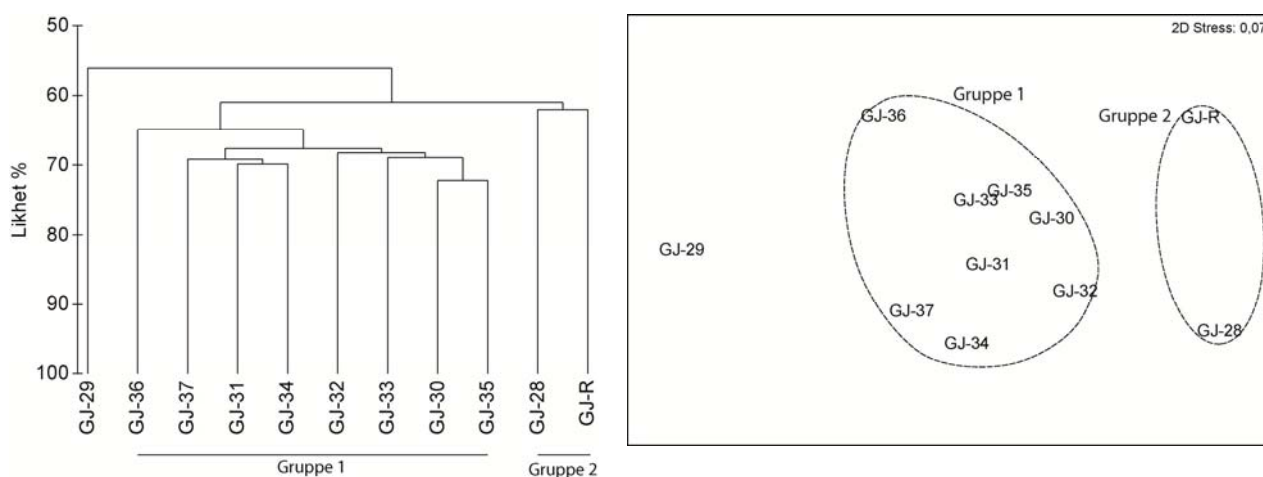
Forts.

Figur 4.2-6 forts.

GJR	Antall	%	Kum%
Chaetozone jubata	88	10,37	10,4
Heteromastus filiformis	76	8,95	19,3
Paradoneis lyra	54	6,36	25,7
Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	39	4,59	30,3
Terebellides stroemii	34	4	34,3
Aphelochaeta	34	4	38,3
Prionospio dubia	26	3,06	41,3
Ampelisca pusilla	24	2,83	44,2
Harpinia pectinata	24	2,83	47,0
Clymenura borealis	23	2,71	49,7

Likhetsanalyse

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS-plott er vist i Figur 4.2-7. Analysene viser at feltstasjonen GJ-29 skiller seg fra de andre stasjonene ved en likhet på 56 %, noe som viser at det er faunaforskjell mellom denne stasjonen og de øvrige. Resten av stasjonene danner to grupper ved en likhet på 61 %, også her er det noe forskjell mellom gruppene. Gruppe 2 består av feltstasjonen GJ-28 og den regionale stasjonen GJ-R, mens gruppe 1 består av de resterende feltstasjonene. Gruppe 1 har en innbyrdes likhet på 64 %, mens gruppe 2 har en innbyrdes likhet på 62 %. MDS-plottet underbygger inndelingen i dendrogrammet.

**Figur 4.2-7 Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Ra 2012.**

Hovedårsak til inndeling i faunagrupper er vist i Tabell 4.2-7. Feltstasjonen GJ-29 skiller seg fra de andre ved å ha færre arter og færre individer, Shannon Wieners diversitetsindeks ligger også noe under de andre, men er karakterisert som meget god. Gruppe 1 er karakterisert ved å ha mange arter med en relativ jevn individfordeling. Artene med høyest individtetthet var børstemarkene *C. jubata* og *T. stroemi*. Gruppe 2 skiller seg fra gruppe 1 ved å ha flere arter og flere individer og en noe mer ujevn fordeling. I gruppe 2 var det også børstemarken *C. jubata* som hadde høyest individtetthet, men i enda høyere antall.

Tabell 4.2-7 Inndeling i hovedfaunagrupper, Ra 2012.

Gruppe	Stasjon	Karakterisering
GJ-29	GJ-29	Færre arter og individer enn på de andre stasjonene..
1	GJ-30 – GJ-37	Mange arter med en relativ jevn individfordeling. Høyest tetthet av <i>C. jubata</i> og <i>T. stroemi</i> .
2	GJ-28 + GJ-R	Skiller seg fra gruppe 1 ved å ha flere arter og individer med en noe mer ujevn fordeling.

BioEnv-analysen på alle stasjonene ga en korrelasjonsverdi på 0,59 mellom fauna og miljøfaktorene dyp og Hg. Det er ingen nevneverdig forskjell mellom stasjonene på disse faktorene, og faunaforskjellene kan ikke knyttes til variasjoner i de undersøkte fysiske og kjemiske parameterne.

4.2.4 Konklusjon

Sedimentene på Ra er klassifisert som veldig fin sand eller silt og leire, og andel TOM varierer fra 2,72 til 3,78 %. THC-nivåene er like høye eller lavere enn LSC, og det er ikke påvist forhøyede verdier av PAH eller NPD. Innholdet av organiske komponenter er på samme nivå som den regionale stasjonen. Det er ikke påvist forhøyede verdier av Ba, og de fleste stasjoner har et noe lavere nivå av Ba enn den regionale stasjonen.

Bunnfaunaen på Ra er artsrik men polychaetene *Chaetozone jubata* (cirratulid) og *Heteromastus filiformis* (capitellid) er blant de mest tallrike artene, uten spesiell dominans. De er kjent som opportunistiske arter som trives i forstyrrede områder og kan da opptre i høye antall. Sedimentene på Ra inneholder moderate mengde små spikler. En stasjon skiller seg betydelig med færre antall individer uten at det er funnet noen forklaring. Stasjonen GJ-R er velegnet som regional stasjon.

4.3 Kon-Tiki

4.3.1 Sedimentkarakterisering

Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analysen av kornstørrelsesfordeling er gitt i Tabell 4.3-1 og Figur 4.3-1. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

Sedimentet på Kon-Tiki består i hovedsak av veldig fin sand, bortsett fra Gj44 som består av silt og leire (52,2 %). Andel sand varierer fra 47,7 til 71,8 %. Sedimentet ved den regionale stasjonen Gj-R består av veldig fin sand, med en andel av silt og leire på 36,6 %.

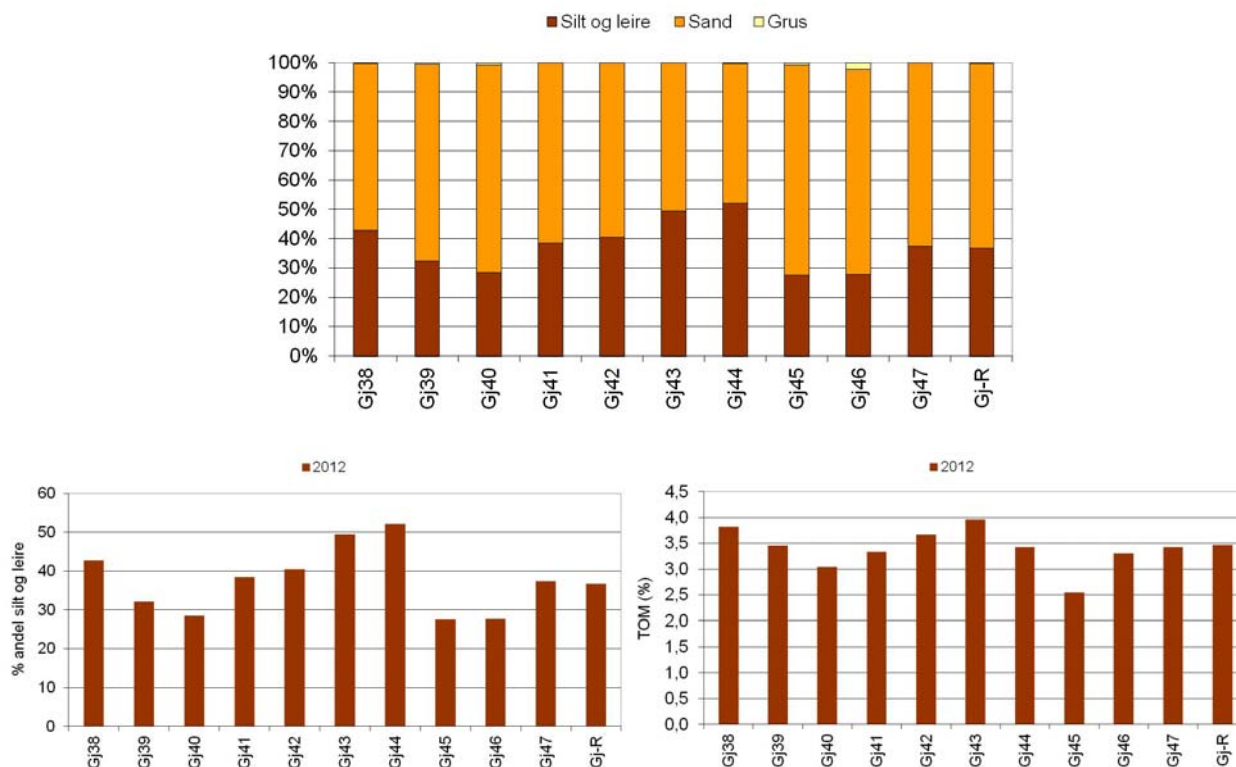
Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er vist i Tabell 4.3-1 og Figur 4.3-1. Innholdet av TOM varierer fra 2,55 til 3,97 %. Dette er på samme nivå som Gj-R (3,47 %).

Tabell 4.3-1 Kon-Tiki 2012, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk material (TOM) i % av tørt sediment.

Stasjon	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt & leire %	Sand %	Grus %	Median (Φ)
Gj38	364	3,82	Veldig fin sand	42,7	57,0	0,3	3,55
Gj39	362	3,46	Veldig fin sand	32,2	67,4	0,5	3,31
Gj40	369	3,04	Veldig fin sand	28,5	70,9	0,6	3,29
Gj41	364	3,34	Veldig fin sand	38,5	61,5	0,0	3,43
Gj42	365	3,67	Veldig fin sand	40,4	59,6	0,0	3,47
Gj43	362	3,97	Veldig fin sand	49,5	50,5	0,0	3,97
Gj44	365	3,43	Silt og leire	52,2	47,7	0,1	4,17
Gj45	362	2,55	Veldig fin sand	27,5	71,8	0,7	3,25
Gj46	364	3,30	Veldig fin sand	27,7	70,0	2,3	3,26
Gj47	362	3,43	Veldig fin sand	37,3	62,7	0,0	3,42
Gj-R	363	3,47	Veldig fin sand	36,6	63,1	0,3	3,40
Min.*		2,55		27,5	47,7	0,0	3,25
Max.*		3,97		52,2	71,8	2,3	4,17

*: Reg ikke medregnet



Figur 4.3-1 Kon-Tiki 2012, sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire). Andel silt og leire, sand og grus for 2012 er vist øverst.

4.3.2 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

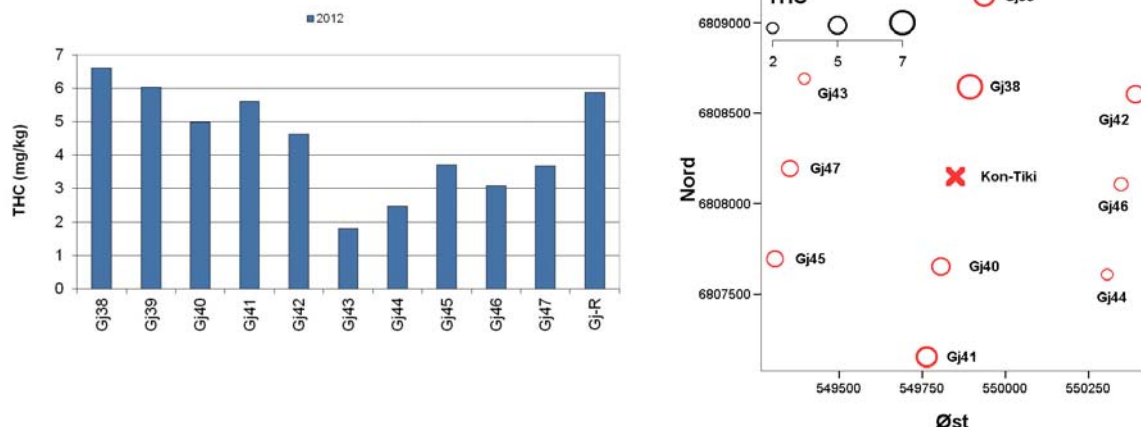
Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.3-2 og Figur 4.3-2. Figur 4.3-2 viser også fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

Tabell 4.3-2 Kon-Tiki 2012, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	THC		PAH		NPD	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Gj38	7	1	0,078	0,023	0,05	0,01
Gj39	6	1	0,087	0,029	0,05	0,01
Gj40	5	1				
Gj41	6	0				
Gj42	5	1				
Gj43	2	2				
Gj44	2	0				
Gj45	4	2				
Gj46	3	0				
Gj47	4	1				
Gj-R	6	1	0,097	0,006	0,05	0,01
Min.*	2		0,078		0,05	
Max.*	7		0,087		0,05	

*: Reg ikke medregnet

THC-konsentrasjonen (0-1 cm sjikt) på Kon-Tiki ligger i området 2 – 7 mg/kg. Alle stasjonene ligger under eller på samme nivå som LSC-verdien for REGIV (LSC_{subregion dyp, 96-11} 5,94 mg/kg THC) og på samme nivå som den regionale stasjonen Gj-R (6 mg/kg). Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, konsentrasjonene er i samme område som LSC_{subregion dyp, 96-11} (0,114 mg/kg PAH og 0,07 mg/kg NPD). Alle stasjoner ligger på samme PAH og NPD-nivå som Gj-R.



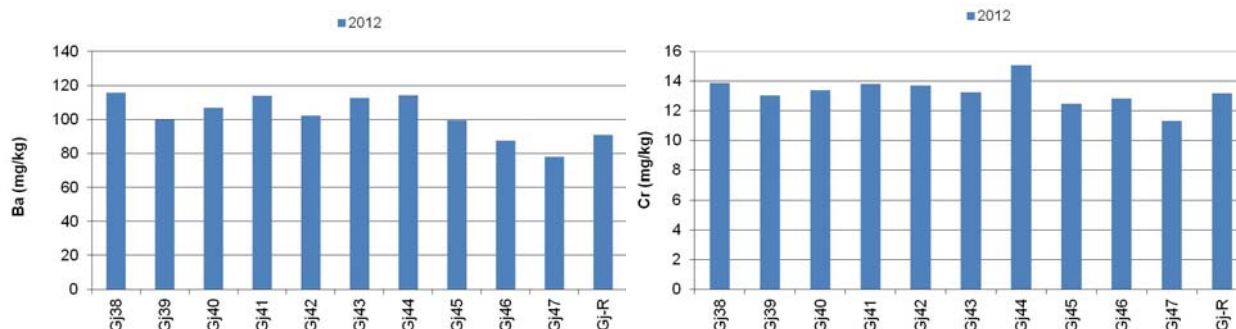
Figur 4.3-2 Kon-Tiki 2012, til venstre: THC-innhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm) fra tre parallelle prøver. Til høyre: Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene.

Metaller

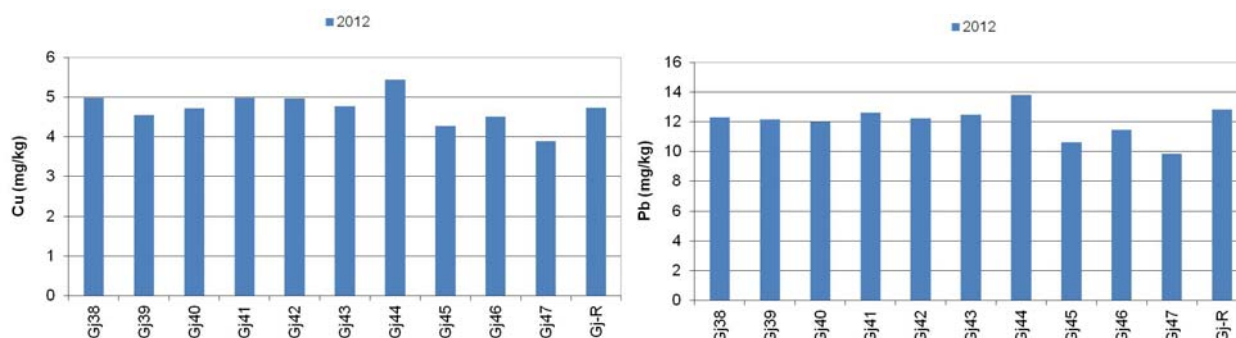
Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4.3-3 og Figur 4.3-3. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Figur 4.3-4 viser fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering.

Høyeste gjennomsnittlige Ba-verdi er målt ved Gj38 med 116 mg/kg. Ba resultatene ligger på samme nivå som Gj-R (91 mg/kg). De øvrige metallene ligger også på samme nivå som den regionale stasjonen.

Alle feltstasjoner ligger på et lavere nivå enn LSC_{subregion dyp, 96-11} (435 mg/kg) for Ba. Cr, Pb og Zn ligger på samme nivå eller høyere enn LSC_{subregion dyp, 96-11}. Cd, Cu og Hg ligger under LSC_{subregion dyp, 96-11}.



Figur 4.3-3 Kon-Tiki 2012, metallinnhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm) fra tre parallelle prøver. Forts.

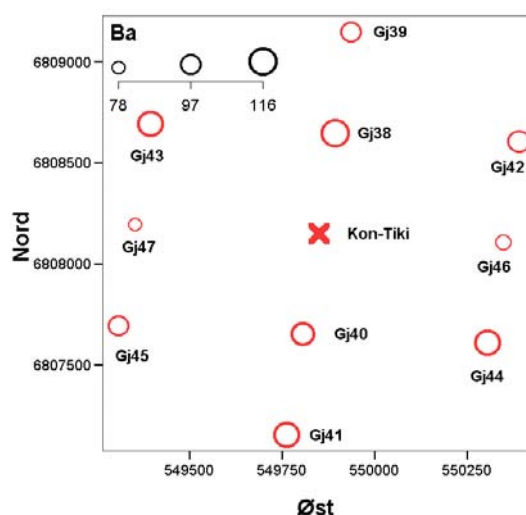


Figur 4.3-3 forts.

Tabell 4.3-3 Kon-Tiki 2012, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Ti		Zn	
	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
Gj38	116	7	0,02	0,00	13,9	1,4	5,0	0,6	0,02	0,00	12,3	1,1	188	12	28	3
Gj39	100	7	0,01	0,00	13,0	1,1	4,5	0,4	0,02	0,00	12,1	0,9	175	8	26	2
Gj40	107	17	0,02	0,00	13,4	1,6	4,7	0,6	0,02	0,00	12,0	0,8	184	11	27	4
Gj41	114	16	0,02	0,00	13,8	0,4	5,0	0,2	0,02	0,00	12,6	0,5	189	13	28	1
Gj42	102	1	0,02	0,00	13,7	0,8	5,0	0,3	0,02	0,00	12,2	0,3	182	6	28	1
Gj43	113	10	0,01	0,00	13,3	0,7	4,8	0,4	0,02	0,01	12,5	0,5	186	1	27	2
Gj44	114	7	0,01	0,00	15,0	0,9	5,4	0,3	0,02	0,00	13,8	0,2	197	13	31	1
Gj45	99	17	0,01	0,00	12,5	2,3	4,3	1,0	0,02	0,00	10,6	1,3	188	21	24	5
Gj46	87	12	0,01	0,00	12,8	1,7	4,5	0,6	0,02	0,00	11,5	1,2	176	14	25	4
Gj47	78	24	0,02	0,00	11,3	1,9	3,9	0,8	0,02	0,00	9,8	1,6	163	24	24	4
Gj-R	91	11	0,01	0,00	13,2	1,4	4,7	0,7	0,02	0,00	12,8	1,4	184	13	27	3
Min. *	78		0,01		11,3		3,9		0,02		9,8		163		24	
Max. *	116		0,02		15,0		5,4		0,02		13,8		197		31	

*: Reg ikke medregnet



Figur 4.3-4 Kon-Tiki 2012. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirklene er proporsjonal med konsentrasjonen.

4.3.3 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

Tabell 4.3-4 viser antall individer og arter på Kon-Tiki fordelt på dyregrupper. Figur 4.3-5 viser antall individer og arter på de enkelte stasjonene samt gjennomsnitt per grabb per stasjon.

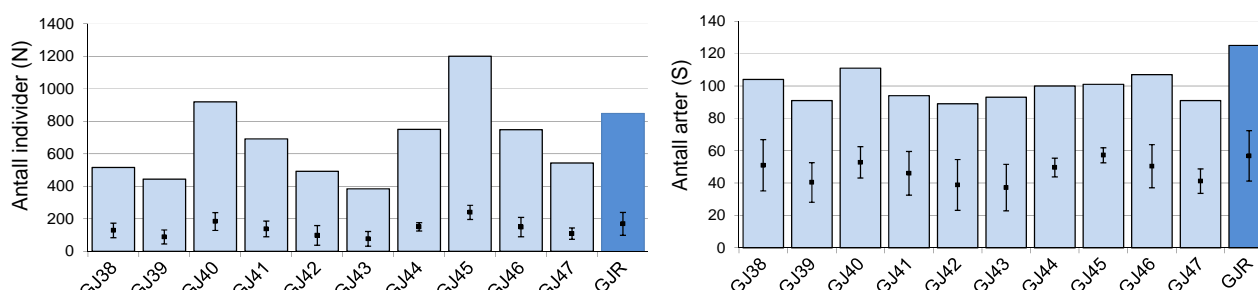
Juvenile Echinoidea er fjernet fra datasettet. Datamaterialet fra stasjon GJ38 bestod av kun fire grabber pga. dårlig fiksering/konservering.

Det ble registrert 88 juvenile individer på Kon-Tiki. Juvenile er ikke inkludert i tabeller og figurer, med unntak av Tabell 4.3-5 som viser univariate indekser både med og uten juvenile.

Polychaeta (børstemark) dominerer stasjonene på Kon-Tiki med hensyn på antall individer (70 %) og bidrar til 48 % av totalt antall arter. Det var betydelig variasjon i individantallet. Under sorteringen ble det registrert spikler (opp til 1,5 liter) i de fleste av grabbprøvene.

Tabell 4.3-4 Antall individer (N) og arter (S) fordelt på dyregrupper (eks. juvenile), Kon-Tiki 2012. Regionale stasjoner ikke inkludert.

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	379	5,7	12	5,1
Polychaeta	4678	69,9	112	47,7
Crustacea	959	14,3	60	25,5
Mollusca	527	7,9	36	15,3
Echinodermata	152	2,3	15	6,4
Totalt	6695	100,0	235	100,0

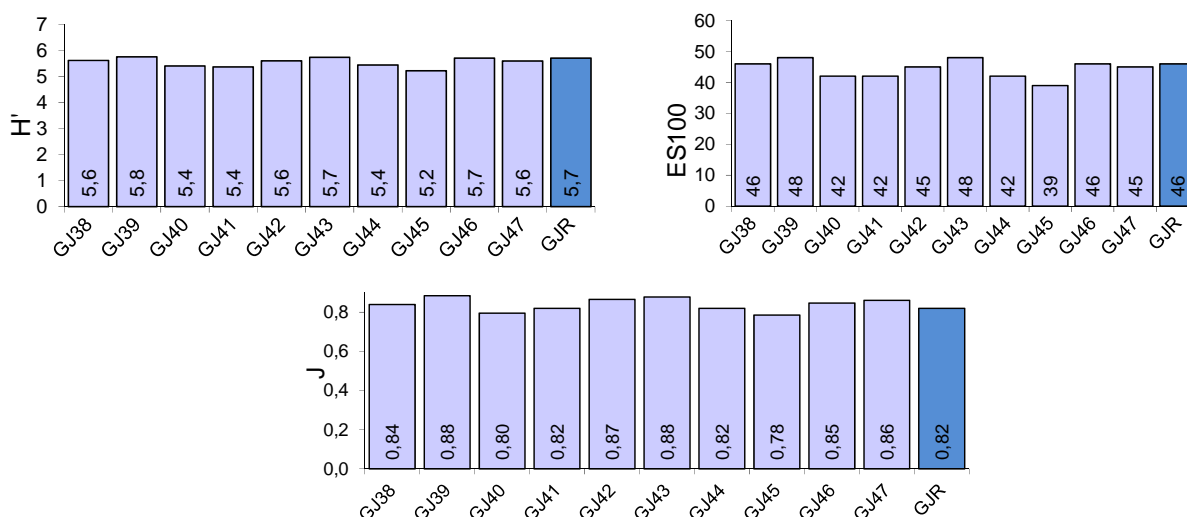


Figur 4.3-5 Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m², snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver (0,1m²)(juvenile ikke medregnet), Kon-Tiki 2012.

Figur 4.3-6 viser diversitetsindeksene H', ES₁₀₀, og J for alle stasjoner på Kon-Tiki samt den regionale stasjonen GJR. De ti mest tallrike artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.3-6. Diversitet og jevnhet er høy på alle stasjonene, og ingen arter dominerer faunaen i vesentlig grad, og individantallet er relativt jevnt fordelt utover de ulike artene. På hver stasjon utgjør de ti mest dominerende artene mellom 42 % og 56 % av totalt antall individer. Polychaetene *Chaetozone jubata*, *Heteromastus filiformis*, *Paradoneis lyra*, *Terebellides stroemii* og *Euchone incolor* er blant de mest tallrike artene, uten spesiell dominans. *Chaetozone jubata* og *Heteromastus filiformis* er kjent som opportunistiske arter som trives i forstyrrede områder og kan da opptre i høye antall. De ti mest dominerende artene utgjør en blanding av opportunistiske og sensitive arter som sammen med høy jevnhet indikerer en sunn havbunn.

Tabell 4.3-5 Antall arter (*S*), antall individer (*N*) per 0,5m², Shannon-Wieners diversitetsindeks (*H'*), Pielous jevnhetsindeks (*J*) og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert *ES*₁₀₀) for hver stasjon, Kon-Tiki 2012. Merk at i tilfellet «Med juvenile» behandles juvenile og voksne av samme art som separate arter, som påvirker størrelsen av *S* og indekser basert på *S*.

Stasjon	Dyp (m)	Uten juvenile					Med juvenile				
		<i>S</i>	<i>N</i>	<i>H'</i>	<i>J</i>	<i>ES</i> ₁₀₀	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>H'</i>	<i>J</i>	<i>ES</i> ₁₀₀
GJ38	364	104	516	5,62	0,84	46	107	522	5,66	0,84	46
GJ39	362	91	445	5,75	0,88	48	97	455	5,83	0,88	49
GJ40	369	111	920	5,40	0,80	42	116	936	5,47	0,80	43
GJ41	364	94	692	5,37	0,82	42	99	704	5,43	0,82	43
GJ42	365	89	493	5,60	0,87	45	91	498	5,64	0,87	46
GJ43	362	93	385	5,74	0,88	48	96	390	5,78	0,88	49
GJ44	365	100	751	5,44	0,82	42	103	756	5,47	0,82	42
GJ45	362	101	1200	5,22	0,78	39	105	1219	5,28	0,79	40
GJ46	364	107	749	5,71	0,85	46	111	755	5,74	0,85	46
GJ47	362	91	544	5,60	0,86	45	94	548	5,63	0,86	46



Figur 4.3-6 Diversitet, *ES*₁₀₀ og jevnhet på Kon-Tiki 2012.

Tabell 4.3-6 De ti vanligste artene for hver stasjon, Kon Tiki 2012.

10 mest vanlige arter							
GJ38	Antall	%	Kum%	GJ39	Antall	%	Kum%
Chaetozone jubata	43	8,33	8,3	Euchone incolor	28	6,29	6,3
Terebellides stroemii	42	8,14	16,5	Chaetozone jubata	26	5,84	12,1
Paradoneis lyra	37	7,17	23,6	Terebellides stroemii	22	4,94	17,1
Heteromastus filiformis	33	6,4	30,0	Paradoneis lyra	22	4,94	22,0
Caudofoveata	25	4,84	34,9	Heteromastus filiformis	21	4,72	26,7
Euchone incolor	19	3,68	38,6	Harpinia pectinata	18	4,04	30,8
Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	16	3,1	41,7	Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	14	3,15	33,9
Haploopsis setosa	15	2,91	44,6	Prionospio dubia	14	3,15	37,1

Forts.

Tabell 4.3-6 *forts.*

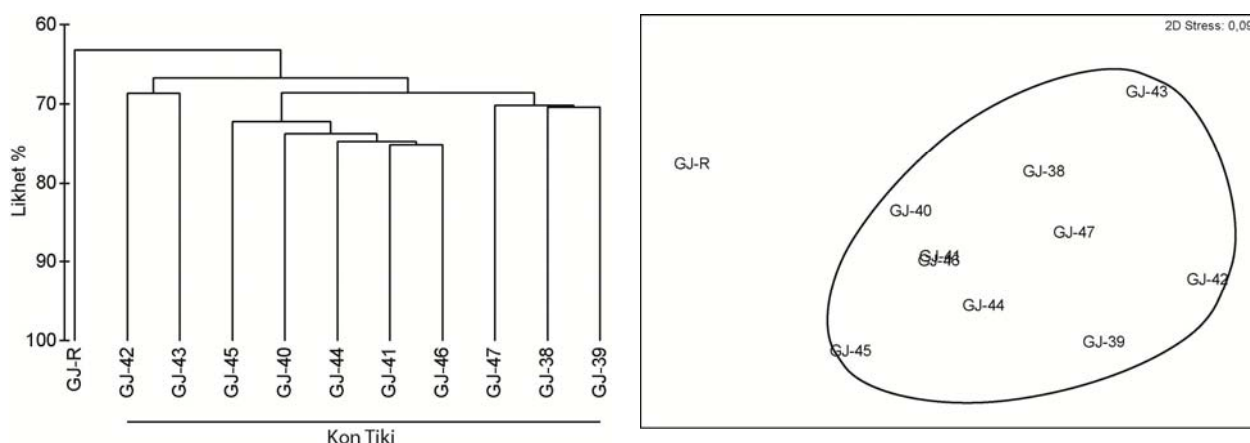
10 mest vanlige arter						
Apseudes spinosus	15	2,91	47,5	Haploops setosa	13	2,92 40,0
Pista bansei	14	2,71	50,2	Ischnomesus bispinosus	12	2,7 42,7
GJ40	Antall	%	Kum%	GJ41	Antall	% Kum%
Chaetozone jubata	120	13,04	13,0	Chaetozone jubata	90	13,01 13,0
Paradoneis lyra	85	9,24	22,3	Paradoneis lyra	60	8,67 21,7
Terebellides stroemii	58	6,3	28,6	Terebellides stroemii	46	6,65 28,3
Euchone incolor	56	6,09	34,7	Heteromastus filiformis	45	6,5 34,8
Heteromastus filiformis	55	5,98	40,7	Euchone incolor	28	4,05 38,9
Trichobranchus sikorskii	38	4,13	44,8	Apseudes spinosus	26	3,76 42,6
Harpinia pectinata	32	3,48	48,3	Harpinia pectinata	22	3,18 45,8
Pista bansei	28	3,04	51,3	Onchnesoma steenstrupii	19	2,75 48,6
Haploops setosa	19	2,07	53,4	Haploops setosa	18	2,6 51,2
Caudofoveata	18	1,96	55,3	Pista bansei	17	2,46 53,6
GJ42	Antall	%	Kum%	GJ43	Antall	% Kum%
Chaetozone jubata	39	7,91	7,9	Paradoneis lyra	28	7,27 7,3
Euchone incolor	32	6,49	14,4	Chaetozone jubata	27	7,01 14,3
Haploops setosa	29	5,88	20,3	Terebellides stroemii	26	6,75 21,0
Heteromastus filiformis	24	4,87	25,2	Haploops setosa	18	4,68 25,7
Terebellides stroemii	23	4,67	29,8	Echinocucumis hispida	14	3,64 29,4
Paradoneis lyra	23	4,67	34,5	Heteromastus filiformis	14	3,64 33,0
Abra longicallus	20	4,06	38,5	Clymenura borealis	11	2,86 35,8
Harpinia pectinata	17	3,45	42,0	Aphelochaeta	10	2,6 38,4
Trichobranchus sikorskii	15	3,04	45,0	Apseudes spinosus	10	2,6 41,0
Apseudes spinosus	15	3,04	48,1	Harpinia pectinata	9	2,34 43,4
GJ44	Antall	%	Kum%	GJ45	Antall	% Kum%
Chaetozone jubata	79	10,52	10,5	Euchone incolor	200	16,67 16,7
Euchone incolor	63	8,39	18,9	Chaetozone jubata	117	9,75 26,4
Paradoneis lyra	56	7,46	26,4	Paradoneis lyra	76	6,33 32,8
Terebellides stroemii	46	6,13	32,5	Heteromastus filiformis	59	4,92 37,7
Heteromastus filiformis	43	5,73	38,2	Terebellides stroemii	50	4,17 41,8
Trichobranchus sikorskii	26	3,46	41,7	Prionospio dubia	37	3,08 44,9
Clymenura borealis	21	2,8	44,5	Harpinia pectinata	35	2,92 47,8
Harpinia pectinata	21	2,8	47,3	Exogone (Parexogone) longicirris	31	2,58 50,4
Pista bansei	19	2,53	49,8	Onchnesoma steenstrupii	31	2,58 53,0
Spiophanes kroyeri	19	2,53	52,3	Trichobranchus sikorskii	30	2,5 55,5
GJ46	Antall	%	Kum%	GJ47	Antall	% Kum%
Chaetozone jubata	65	8,68	8,7	Paradoneis lyra	48	8,82 8,8
Paradoneis lyra	46	6,14	14,8	Chaetozone jubata	46	8,46 17,3
Terebellides stroemii	46	6,14	21,0	Heteromastus filiformis	32	5,88 23,2
Heteromastus filiformis	43	5,74	26,7	Euchone incolor	28	5,15 28,3

Tabell 4.3-6 *forts.*

10 mest vanlige arter							
Euchone incolor	37	4,94	31,6	Haploops setosa	22	4,04	32,4
Trichobranchus sikorskii	25	3,34	35,0	Clymenura borealis	19	3,49	35,9
Harpinia pectinata	25	3,34	38,3	Terebellides stroemii	17	3,13	39,0
Pista bansei	20	2,67	41,0	Trichobranchus sikorskii	15	2,76	41,7
Golfingiidae	18	2,4	43,4	Apseudes spinosus	15	2,76	44,5
Apseudes spinosus	18	2,4	45,8	Harpinia pectinata	14	2,57	47,1
GJR	Antall	%	Kum%				
Chaetozone jubata	88	10,37	10,4				
Heteromastus filiformis	76	8,95	19,3				
Paradoneis lyra	54	6,36	25,7				
Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	39	4,59	30,3				
Terebellides stroemii	34	4	34,3				
Aphelochaeta	34	4	38,3				
Prionospio dubia	26	3,06	41,3				
Ampelisca pusilla	24	2,83	44,2				
Harpinia pectinata	24	2,83	47,0				
Clymenura borealis	23	2,71	49,7				

Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS-plott er vist i Figur 4.3-7. Analysene viser at den regionale stasjonen GJ-R skiller seg fra feltstasjonene ved en likhet på 63 %, noe som tilsier at det er noe variasjon i faunasammensetning mellom denne og feltstasjonene. Feltstasjonene har en innbyrdes likhet på 67 %. MDS-plottet underbygger inndelingen i dendrogrammet.



Figur 4.3-7 Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Kon Tiki 2012.

Hovedårsak til inndelingen i faunagrupper er vist i Tabell 4.3-7. Feltstasjonene er karakterisert med mange arter og en jevn fordeling av individer. Høyest individtetthet finner man av børstemarkene *C. jubata*, *E. incolor* og *P. lyra*. Den regionale stasjonen GJ-R skiller seg fra

feltstasjonene ved å ha flere arter og høyere individtetthet av børstemarkene *H. filiformis* og *C. jubata* og lavere tetthet av *E. incolor*. «Hovedgruppen» i senter av dendrogrammet (GJ-40, -41, -44, -45 og -46) er de mest individrike stasjonene, og er plassert i den sørøstlige delen av undersøkelsesområdet.

Tabell 4.3-7 Inndeling i hovedfaunagrupper, Kon-Tiki 2012.

Gruppe	Karakterisering
Kon Tiki	Jevn fordeling av individer over artene. Høyest tetthet hos børstemarkene <i>C. jubata</i> , <i>E. incolor</i> og <i>P. lyra</i> .
GJ-R	Har flere arter enn for feltstasjonene. Høyere tetthet av børstemarkene <i>H. filiformis</i> og <i>C. jubata</i> og lavere tetthet av <i>E. incolor</i> .

BioEnv-analysen på alle stasjonene ga en korrelasjonsverdi på 0,26 mellom fauna og miljøfaktorene TOM og Hg. Dette viser at det er en lav korrelasjon mellom fauna og miljøfaktorer.

4.3.4 Konklusjoner

Sedimentene på Kon-Tiki er klassifisert som veldig fin sand eller silt og leire, og andel TOM varierer fra 2,55 til 3,97 %. THC-nivåene er like høye eller lavere enn LSC, og det er ikke påvist forhøyede verdier av PAH eller NPD. Innholdet av organiske komponenter er på samme nivå som den regionale stasjonen. Det er ikke påvist forhøyede verdier av Ba, og de fleste stasjoner har et noe høyere nivå av Ba enn den regionale stasjonen.

Bunnfaunaen på Kon-Tiki fremstår som artsrik og uforstyrret. *Chaetozone jubata* og *Heteromastus filiformis* (kjent som opportunistiske arter som trives i forstyrrede områder) er blant de vanligste art men viser ikke spesiell dominans. Vanligste art utgjør en blanding av opportunistiske og sensitive arter som sammen med høy jevnhet indikerer en sunn havbunn.

Sedimentene inneholder moderate mengder små spikler. Individantallet varierer betydelig uten at dette kommer til uttrykk i diversitetsindeksene. Den regionale stasjonen GJ-R er godt egnet som sammenligningsgrunnlag for Kon-Tiki.

5 REFERANSER

ACS Committee on Environmental Improvements (1980). *Guidelines for Data Acquisition and Data Quality Evaluation in Environmental Chemistry*, Anal.chem. 52 (1980) p. 2242-2249.

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

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

DNV, 2012a. *Program for grunnlagsundersøkelser i Nordsjøen 2012*. DNV Rapp.nr. 2012-0668.

DNV, 2012b *Grunnlagsundersøkelser i Region IV, Norskehavet og Barentshavet 2012*. Toktrapport. DNV-rapport 2012-1152



Faksness, L. G., 1998. *Miljøundersøkelser Vøring og Barentshavet 1998: Kornstørrelsesfordeling*. Sintef rapport STF66 F98151.

Klif 2011. *Retningslinjer for miljøovervåking*. TA 2848.

Kruskal, J.B. & M. Wish. 1978. *Multidimensional scaling*. Sage Publishers. California. 93s.

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

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

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

Unifob, 2008. *Grunnlagsundersøkelser ved Gjøa, Vega, Troll O2, Hild, Tune sør og Ragnarrock i 2007*.

Uni Research, 2012. *Miljøovervåking av olje- og gassfelt I Region IV I 2011*, Endring nr. 1.

- o0o -

Det Norske Veritas:

Det Norske Veritas (DNV) er en ledende, uavhengig leverandør av tjenester for risikostyring, med global virksomhet gjennom et nettverk av 300 kontorer i 100 ulike land. DNVs formål er å arbeide for sikring av liv, verdier og miljø.

DNV bistår sine kunder med risikostyring gjennom tre typer tjenester: klassifisering, sertifisering og konsulentvirksomhet. Siden etableringen som en uavhengig stiftelse i 1864 har DNV blitt en internasjonalt anerkjent leverandør av ledelsestjenester og tekniske konsulent- og rådgivningstjenester, og er et av verdens ledende klassifiseringsselskaper. Dette innebærer kontinuerlig utvikling av ny tilnærming til helse-, miljø- og sikkerhetsledelse, slik at bedrifter kan fungere effektivt under alle forhold.

Global impact for a safe and sustainable future:

Besøk vår internettside for mer informasjon: www.dnv.com