



DET NORSKE VERITAS

Rapport Grunnlagsundersøkelse Brynhild 2012

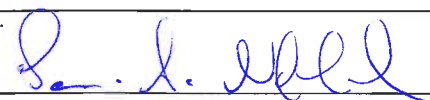


Lundin Norway AS

Grunnlagsundersøkelse Brynhild 2012	DET NORSKE VERITAS AS P.O.Box 300 1322 Høvik, Norway Tlf: +47 67 57 99 00 Faks: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. nr.:
Oppdragsgiver: Lundin Norway AS Strandveien 50 D 1366 LYSAKER STAVANGER Norway	
Oppdragsgivers referanse: Geir Olav Fjeldheim	

Dato for første utgivelse:	2013-09-27	Prosjektnr.:	PP042096
Rapportnr.:	2012-1574	Organisasjonsenhet:	Environmental Risk Management
Revisjon nr.:	01	Emnegruppe:	Marin overvåking

Sammendrag:

Det er utført grunnlagsundersøkelse på Brynhild i Region 1. Undersøkelsen omfattet 13 feltstasjoner samt tre nyetablerte regionale stasjoner der det er analysert for geofysiske og kjemiske parametere samt tilstanden til bunnfaunasamfunnet.

Utarbeidet av:	<i>Navn og tittel</i> Sam Arne Nøland, Helene Tvette, Lucy Brooks, Hege Karlsen, Christian Volan	<i>Signatur</i> 
Verifisert av: <i>for</i>	<i>Navn og tittel</i> Øyvind Fjukmoen Senior Consultant	<i>Signatur</i> 
Godkjent av:	<i>Navn og tittel</i> Sarah D. Grøndahl Head of Section	<i>Signatur</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	Sedimenter, hydrokarboner, fauna, benthos, 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.....	4
3.1.2	Prøvetaking / Utstyr.....	5
3.1.3	Gjennomføring.....	6
3.1.4	Kvalitetssikring.....	6
3.2	Biologiske analyser	6
3.2.1	Makrobentos – en introduksjon	6
3.2.2	Sortering og artsbestemmelse	7
3.2.3	Statistiske metoder.....	8
3.2.4	Kvalitetssikring.....	8
3.3	Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering.....	9
3.3.1	Oversikt over analyseparametere.....	9
3.3.2	Sedimentkarakterisering	10
3.3.2.1	Kornstørrelsefordeling	10
3.3.2.2	Totalt organisk materiale.....	12
3.3.3	Kjemiske analyser.....	12
3.3.3.1	Hydrokarboner	12
3.3.3.2	Metaller	14
3.3.3.3	Kvantifiseringsgrenser	15
3.3.4	Kvalitetssikring.....	16
3.4	Avvik fra retningslinjene.....	16
4	RESULTATER	17
4.1	Fra prøvetakingen.....	17
4.2	Sedimentkarakterisering.....	17
4.3	Kjemiske analyser	19
4.4	Biologiske analyser	22
5	KONKLUSJONER.....	28
6	REFERANSER	29

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 Brynhild 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 Lundin Norway AS har vært Geir Olav Fjeldheim.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunssamfunnet på Brynhild.

Medarbeidere

Feltarbeid:

Thomas Møskeland (DNV, toktleder)
Christian Volan (DNV, skiftleder)
Tormod Glette (DNV, skiftleder)
Jon Kristian Haugland (DNV)
Rozemarijn Keuning (DNV)
Gunn Mari Michaelsen (MOLAB)
Yngve Ildgruben (MOLAB)

Rolf C. Sundt var operatørens representant under toktet.

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 (krepsdyr)
Amund Ulfsnes (pigghuder, bløtdyr)
Per-Bie Wikander, Molltax (bløtdyr)
Fredrik Melsom (børstemark, 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:

Sam-Arne Nøland



Utarbeidelse av rapport:

Kjemi:	Helene Tvette, Hege Karlsen
Biologi:	Lucy Brooks, Christian Volan, Sam-Arne Nøland
Hovedrapport:	Sam-Arne Nøland
Verifikasjon:	Øyvind Fjukmoen
Prosjektleder:	Thomas Møskeland

1 RESYMÉ / RESUMÉ

1.1 Resymé

Sedimentene på Brynhild er karakterisert ved kornstørrelsesfordeling og innhold av totalt organisk materiale (TOM) samt analysert for innhold av totalmengde hydrokarboner (THC), NPD, PAH og metaller. På samme stasjoner er det utført undersøkelser av bunnfaunasamfunnet.

Grunnlagsundersøkelsen på Brynhild i 2012 viser at sedimentene hovedsakelig består av sand og TOM-nivået varierer fra 0,74 til 1,18 %. Sedimentkarakteristikken på de tre regionale stasjonene skiller seg ikke ut i forhold til feltstasjonene.

THC-innholdet på alle stasjonene ligger på samme nivå som de regionale stasjonene, og lavere enn LSC-verdien (terskelverdi for signifikant kontaminering) for Region 1 i 2011. Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunns-nivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, og i samme område som LSC-verdien beregnet i 2011.

En stasjon skiller seg ut med relativt høyt bariuminnhold (299 ± 137 mg/kg). Dette er omtrent ti ganger høyere enn de tilhørende regionale stasjonene. De øvrige stasjonene har bariumkonsentrasjoner under eller like over LSC fra 2011.

De øvrige metallene ligger på samme nivå som de regionale stasjonene, og på samme nivå eller lavere enn LSC fra 2011.

Bunnfaunaen på Brynhild er sammenlignbar med faunaen på de tre regionale stasjoner i området og viser arts mangfold som normalt for uforstyrret sediment i regionen.

De viktigste parametrene og variasjonen på Brynhild:

Brynhild	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	2-3	Det er ikke funnet THC-verdier over LSC-verdien for Region 1 som ble bestemt i 2011 for perioden 1996 til 2011. Alle stasjonene ligger på samme nivå som de tre nyetablerte regionale stasjonene.
Ba (mg/kg)	27-299	Alle stasjonene har høyere Ba-verdi enn de regionale stasjonene. Det er funnet Ba-verdier over $LSC_{Regl, 96-11}$ på 3 av de 13 stasjonene. En stasjon skiller seg ut med høy bariumkonsentrasjon (299 ± 137 mg/kg).
H'	4,1-4,9	Bunnfaunaen på Brynhild viser arts mangfold som normalt for uforstyrret sediment.
J	0,71-0,80	
ES ₁₀₀	30-40	

1.2 Resumé

The sediments at Brynhild are characterized by their grain size distribution and content of total organic matter (TOM) and analyzed for hydrocarbons THC, NPD, PAH and metals. Biological analyses of the benthic soft-bottom community were also carried out.

The baseline survey at Brynhild in 2012 shows that the sediments are dominated by sand and TOM is in the 0.74-1.18 % range. The sediment characteristics at the three regional stations are similar to the field stations.

THC-concentrations at all stations are in the same range as the regional stations, and lower than LSC (Level of Significant Contamination) calculated in 2011. All chromatograms show only natural background levels. The PAH and NPD levels are low and of the same magnitude as LSC from 2011.

One station differs from the other with a relatively high barium concentration (299 ± 137 mg/kg), which is ten times higher than the regional stations. The rest of the stations have barium concentrations below or of the same magnitude as LSC from 2011.

The other metals are at the same level as the regional stations, and below or at the same level as LSC from 2011.

The bottom fauna at Brynhild is comparable to the fauna at the three regional stations in the area, and shows a diversity as normal for undisturbed sediments in the region

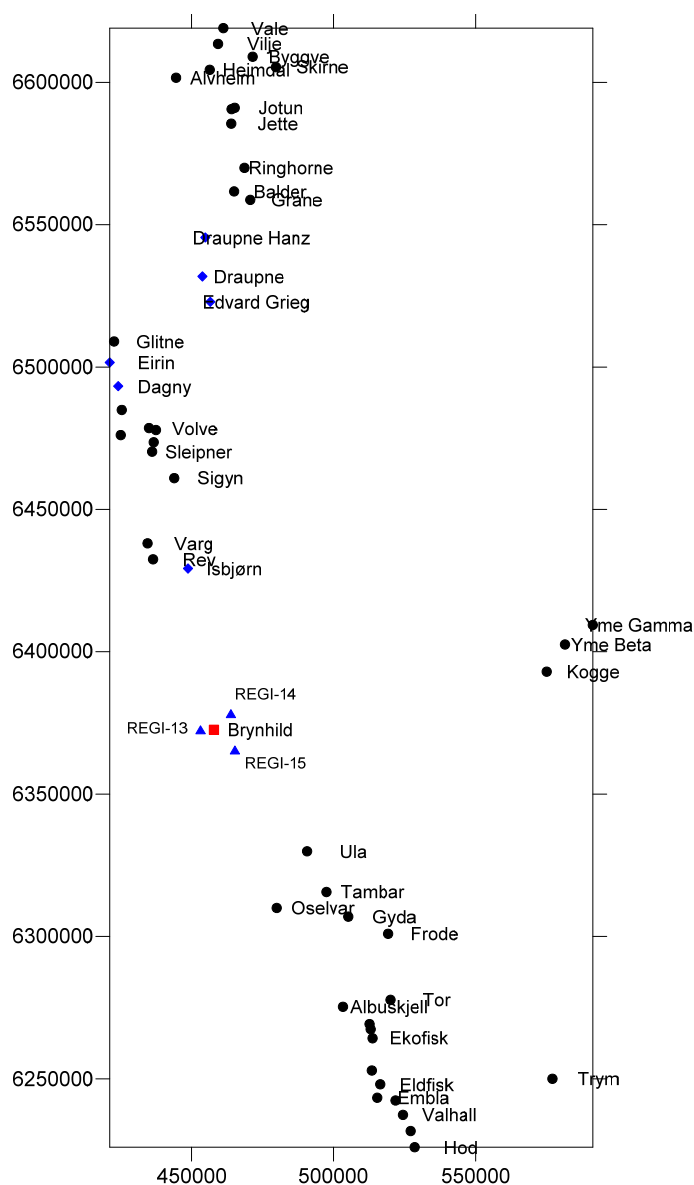
The most important parameters and variations at Brynhild

Brynhild	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	2-3	There are no THC concentrations higher than the LSC-value for Region 1 based on data from 1996 to 2011. All field stations have THC levels similar to the three new regional stations in the area.
Ba (mg/kg)	27-299	All field stations have higher Barium concentrations than the regional stations. Barium levels above the $LSC_{Regl, 96-11}$ have been found on 3 of the 13 stations. One station differs from the others with a relatively high barium concentration (299 ± 137 mg/kg).
H'	4.1-4.9	The benthic fauna community at Brynhild shows diversity indices as normal for undisturbed sediments.
J	0.71-0.80	
ES ₁₀₀	30-40	

2 INNLEDNING

Brynhild ligger i PL 148 i Region I i Nordsjøen, om lag 10 km fra sektorgrensen mot Storbritannia. Lundin Norway AS er operatør for feltet. Funnet ble gjort i 1992 i lisens 148. Planlagt produksjonsstart er i 4. kvartal 2013. Det planlegges å bygge ut Brynhild med en havbunnsramme. Brønnene skal knyttes opp mot det Shell-opererte Pierce-feltet i britisk sektor via nye rørledninger.

Lokasjonen til feltet, inkl. tre nye regionale stasjoner, er vist i Figur 1.2-1.



Figur 1.2-1 • Installasjoner i Region I og II ♦ Grunnlagsundersøkelser 2012 ■ Brynhild ▲ Regionale stasjoner nær Brynhild.

3 MATERIALE OG METODER

3.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med MOLAB fra fiske-/forskningsfartøyet "Christina E". Innsamlingen på Brynhild var en del av et større tokt som omfattet sedimentovervåking i Region II og flere andre grunnlagsundersøkelser. Toktet som helhet foregikk i perioden 21. mai til 3. juni 2012. Prøvetakingen på Brynhild foregikk 23-24. mai.

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 Brynhild. Tre nye referansestasjoner er knyttet til feltet, en plassert 5 000 m oppstrøms/vest for bunnrammen (REGI-13), en 8 000 m NØ (REGI-14) og en 10 000 m SØ (REGI-15), se Figur 1.2-1.

Tabell 3.1-1 Stasjonsnavn, koordinater og analyseparametre for grunnlagsundersøkelsen på Brynhild.

Stasjon	Retning	Avstand	Koordinater (E / N)		TOM	Kornstr.	THC	NPD/ PAH	Metaller	Biologi
Templat senter	0	0	458 195	6 372 600	-	-	-	-	-	-
REGI-13	270	5000	453 195	6 372 600	1	1	3	3	3	5
REGI-14	45	8000	463 852	6 378 257	1	1	3	3	3	5
REGI-15	135	10000	465 266	6 365 529	1	1	3	3	3	5
BRY-1	90	250	458 445	6 372 600	1	1	3	3	3	5
BRY-2	90	500	458 695	6 372 600	1	1	3	3	3	5
BRY-3	90	1000	459 195	6 372 600	1	1	3	-	3	5
BRY-4	90	2000	460 195	6 372 600	1	1	3	-	3	5
BRY-5	0	250	458 195	6 372 850	1	1	3	-	3	5
BRY-6	0	500	458 195	6 373 100	1	1	3	-	3	5
BRY-7	0	1000	458 195	6 373 600	1	1	3	-	3	5
BRY-8	270	250	457 945	6 372 600	1	1	3	-	3	5
BRY-9	270	500	457 695	6 372 600	1	1	3	-	3	5
BRY-10	270	1000	457 195	6 372 600	1	1	3	-	3	5
BRY-11	180	250	458 195	6 372 350	1	1	3	-	3	5
BRY-12	180	500	458 195	6 372 100	1	1	3	-	3	5
BRY-13	180	1000	458 195	6 371 600	1	1	3	-	3	5
Sum analyser			ED50 UTM 31		16	16	48	15	48	80

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 analyser. Det ble også tatt med ulike kjemikalier til utprøving som erstatning for formalin som fikseringsmiddel.

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 Brynhild ble grabbene B25 og B17 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 taksonomiske dyregrupper: børstemark (Polychaeta), krepsdyr (Crustacea), bløtdyr (Mollusca), pigghuder (Echinodermata) og Varia (samlegruppe for øvrige grupper). Kun dyr større enn 1 mm (makrobenthos) ble tatt med i undersøkelsen.

Metodene som er benyttet er i overensstemmelse med *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.

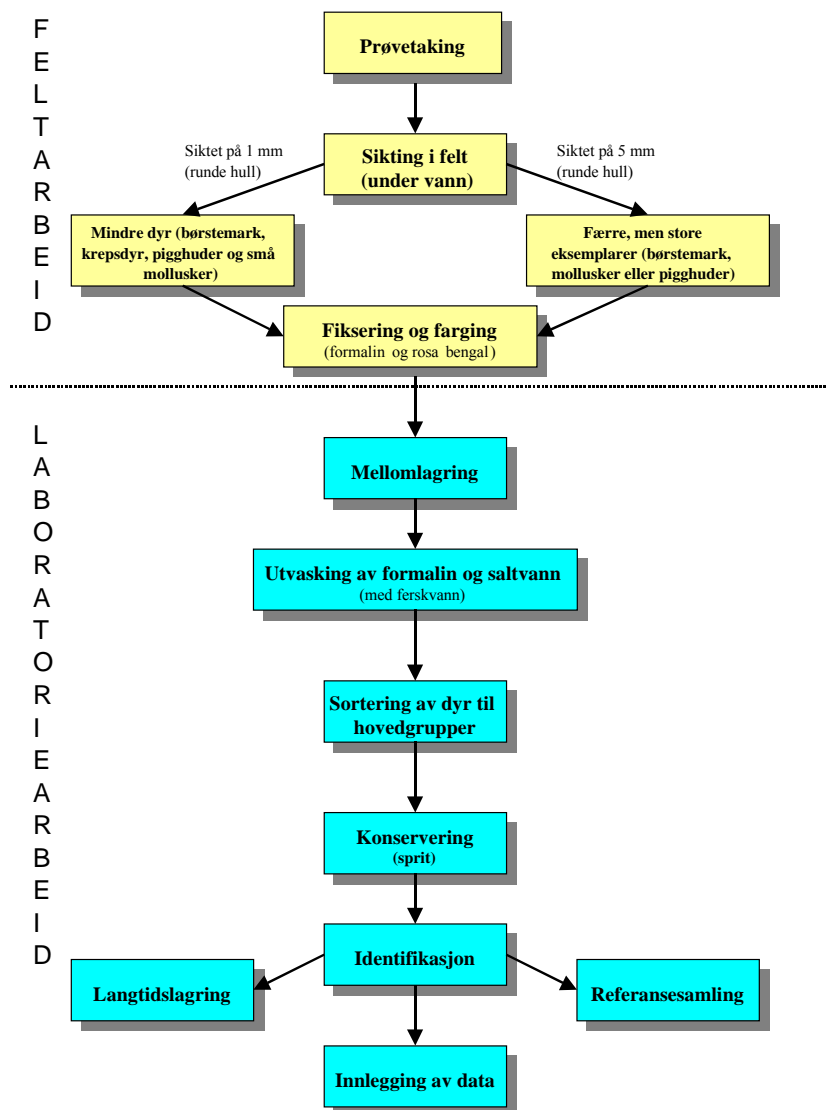
3.2.2 Sortering og artsbestemmelse

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 artsystematikk. 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:	- 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	- 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 ($> 63 \mu\text{m}$) fra silt og leire. Denne sandfraksjonen tørkes og siktes gjennom et sett med graderte sikter.

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 $63 \mu\text{m}$ sikt. En egen prøve ble innveid, tørket og tørrvekten ble bestemt. Prosent silt og leire ($< 63 \mu\text{m}$) 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.

$Sk\phi$ (skjevhet):

$Sk\phi$ 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 vekt tap 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.

Diklormetane ekstraktet 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, acenaftylen, fluoren, pyren, fluoranten, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten/benzo(j)fluoranten/benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylene, 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).

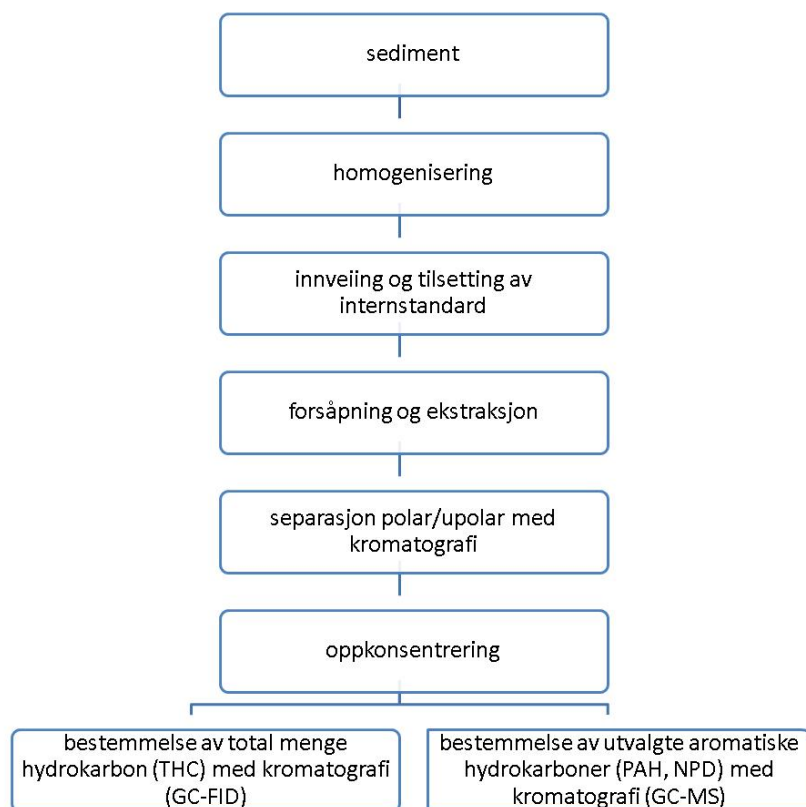
Tabell 3.3-3 GC-FID betingelser

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 salpetersyreopplutning (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 opplutningskolbe 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.

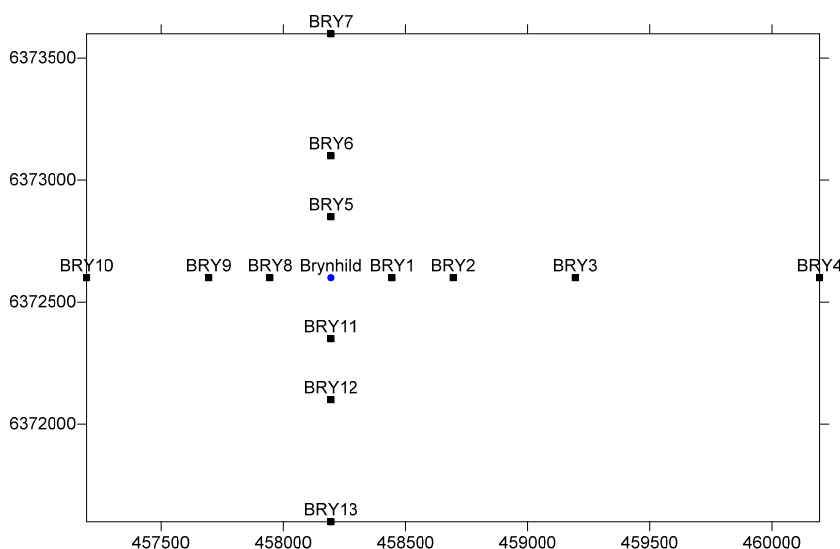
3.4 Avvik fra retningslinjene

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

4 RESULTATER

4.1 Fra prøvetakingen

Stasjonsplasseringen på Brynhildfeltet er vist i Figur 4.1-1. Det ble samlet inn prøver for biologiske og kjemiske analyser på alle stasjoner. Stasjonsdypet varierte fra 78 til 84 m, og sedimentet bestod hovedsakelig av olivengrønn/grågrønn fin sand med innslag av leire og silt. Prøvetakingen ble utført i henhold til programmet uten nevneverdige problemer. Det ble også tatt prøver på tre nyetablerte regionale stasjoner.



Figur 4.1-1 Stasjonsplassering Brynhild 2012. De tre regionale stasjonene REG1-13, -14 og -15 er ikke vist i figuren.

4.2 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. Sedimentene består av fin sand eller veldig fin sand, andel sand varierer fra 91,7 til 98,6 %. Den høyeste andel av silt og leire er målt ved BRY13 (8,3 %). Kornfordelingen på de tre regionale stasjonene R1-13, R1-14 og R1-15 skiller seg ikke ut fra feltstasjonene.

Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er vist i Tabell 4.2-1 og Figur 4.2-1. Innholdet av TOM er lavt og varierer fra 0,74 til 1,18 %. TOM-verdiene er på samme nivå som de tre regionale stasjonene.

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

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt & leire (%)	Sand (%)	Grus (%)	Median (Φ)
---------	----------------	----------------	------------	------------	----------------	---------------------	-------------	-------------	---------------

BRY1	90	250	82	0,94	Fin sand	5,1	94,9	0,0	2,50
BRY2	90	500	82	0,93	Fin sand	4,5	95,4	0,1	2,51
BRY3	90	1000	82.5	0,88	Fin sand	4,1	95,9	0,0	2,67
BRY4	90	2000	84	1,18	Veldig fin sand	6,9	93,1	0,0	3,00
BRY5	0	250	81	0,76	Fin sand	4,8	95,2	0,0	2,45
BRY6	0	500	82	0,82	Fin sand	3,9	96,1	0,0	2,45
BRY7	0	1000	82	0,83	Fin sand	5,2	94,8	0,0	2,55
BRY8	270	250	81	0,74	Fin sand	5,0	95,0	0,0	2,37
BRY9	270	500	81	0,80	Fin sand	3,6	96,4	0,0	2,34
BRY10	270	1000	81	1,08	Fin sand	1,3	98,6	0,1	2,27
BRY11	180	250	79	0,86	Fin sand	8,1	91,9	0,0	2,44
BRY12	180	500	80	0,82	Fin sand	4,6	95,4	0,0	2,38
BRY13	180	1000	81	0,83	Fin sand	8,3	91,7	0,0	2,46
R1-13	270	5000	81	0,82	Fin sand	3,0	97,0	0,1	2,54
R1-14	45	8000	78	0,82	Fin sand	6,6	93,4	0,0	2,80
R1-15	135	10000	78	0,77	Fin sand	3,4	96,6	0,1	2,72
Min.*				0,74		1,3	91,7	0,0	2,27
Max.*				1,18		8,3	98,6	0,1	3,00

*: Regionale stasjoner ikke medregnet



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

4.3 Kjemiske analyser

Hydrokarboner

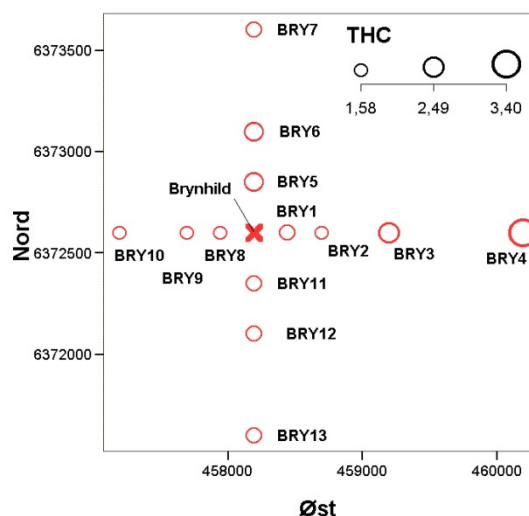
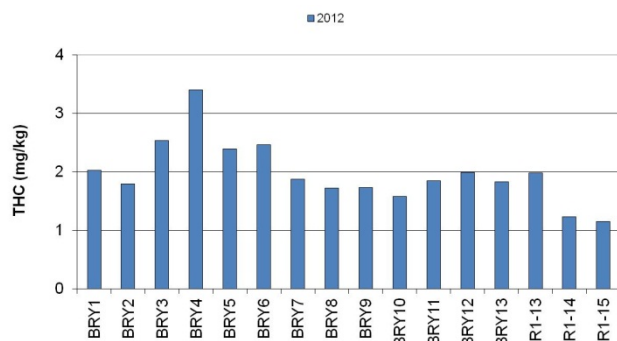
Hydrokarbonresultatene er gitt i

Tabell 4.3-1 og Figur 4.3-1. Figur 4.3-1 viser også fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

THC-konsentrasjonen (0-1 cm sjikt) på Brynhild ligger i området 2 – 3 mg/kg. Alle stasjonene ligger under LSC-verdien for REGI ($LSC_{REGI\ 96-11}$ 6,3 mg/kg THC) og på samme nivå som de regionale stasjonene. Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, PAH-konsentrasjonen er i samme område som $LSC_{REGI\ 96-11}$ (0,062 mg/kg PAH og 0,026 mg/kg NPD). Alle feltstasjonene ligger på samme nivå som de regionale stasjonene.

Tabell 4.3-1 Brynhild, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	THC snitt	SD	PAH snitt	SD	NPD snitt	SD
BRY1	90	250	2	0	0,033	0,010	0,01	0,01
BRY2	90	500	2	0	0,031	0,006	0,01	0,01
BRY3	90	1000	3	1				
BRY4	90	2000	3	0				
BRY5	0	250	2	0				
BRY6	0	500	2	0				
BRY7	0	1000	2	0				
BRY8	270	250	2	0				
BRY9	270	500	2	1				
BRY10	270	1000	2	0				
BRY11	180	250	2	0				
BRY12	180	500	2	0				
BRY13	180	1000	2	0				
R1-13	270	5000	2	1	0,032	0,003	0,01	0,00
R1-14	45	8000	1	0	0,020	0,002	0,01	0,00
R1-15	135	10000	1	0	0,022	0,001	0,01	0,01
Min.*			2		0,031		0,01	
Max.*			3		0,033		0,01	



Figur 4.3-1 Brynhild 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.

Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4.3-2 og Figur 4.3-2. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Figur 4.3-3 viser fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering.

Høyeste gjennomsnittlige Ba-verdi er målt ved BRY13 med 299 ± 137 mg/kg. Dette er omtrent ti ganger høyere enn de tilhørende regionale stasjonene. Alle metallene bortsett fra Ba på BRY13 ligger på samme nivå som R1-13, R1-14 og R1-15.

BRY1, BRY9 og BRY13 viser høyt standardavvik for Ba. Prøvene er re-analysert med samme resultat.

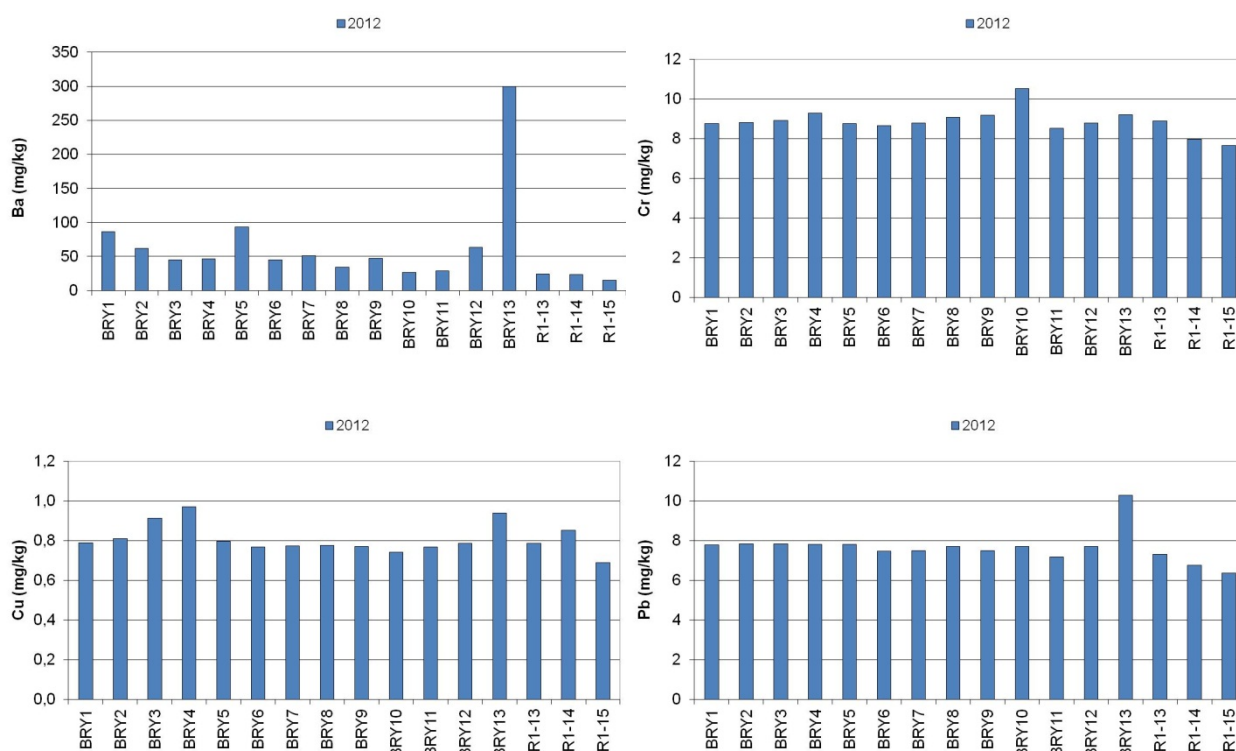
Ved sammenligning med $LSC_{REGI\ 96-11}$ (72,5 mg/kg Ba) viser årets undersøkelse på Brynhild forhøyede verdier for Ba på BRY1, BRY5 og BRY13. Ba-verdiene ligger på et noe høyere nivå enn de tre regionale stasjonene. De øvrige metallene ligger på samme nivå som de regionale stasjonene, og på samme nivå eller lavere enn $LSC_{REGI\ 96-11}$.

Tabell 4.3-2 Brynhild 2012, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

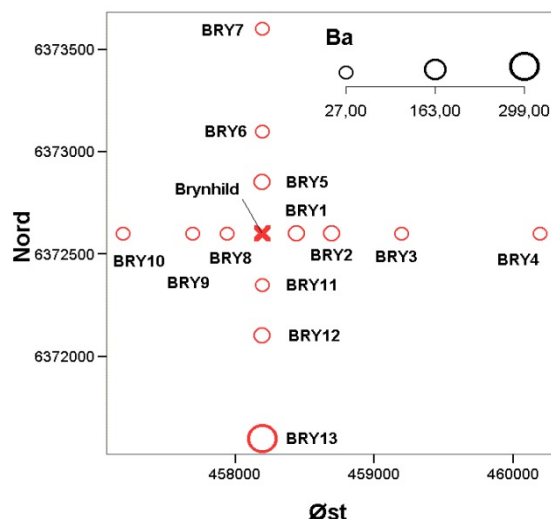
Stasjon		Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Ti		Zn	
	(°/m)	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD
BRY1	90/250	87	52	<0,01	-	8,8	0,2	0,8	0,0	<0,01	-	7,8	0,2	85	7	9	3
BRY2	90/500	62	12	<0,01	-	8,8	0,1	0,8	0,1	<0,01	-	7,8	0,2	83	3	9	1

BRY3	90/1000	45	3	<0,01	-	8,9	0,2	0,9	0,1	<0,01	-	7,8	0,2	90	3	9	1
BRY4	90/2000	46	7	0,01	0,00	9,3	0,2	1,0	0,2	0,01	0,00	7,8	0,3	97	3	10	2
BRY5	0/250	93	50	<0,01	-	8,8	0,6	0,8	0,0	<0,01	-	7,8	0,4	87	19	7	0
BRY6	0/500	45	13	<0,01	-	8,7	0,1	0,8	0,1	<0,01	-	7,5	0,3	80	8	9	4
BRY7	0/1000	51	15	<0,01	-	8,8	0,2	0,8	0,1	<0,01	-	7,5	0,2	79	5	9	3
BRY8	270/250	34	22	<0,01	-	9,1	0,7	0,8	0,2	<0,01	-	7,7	0,5	83	7	19	12
BRY9	270/500	47	46	<0,01	-	9,2	0,4	0,8	0,1	<0,01	-	7,5	0,7	91	11	7	1
BRY10	270/1000	27	10	<0,01	-	10,5	0,2	0,7	0,0	<0,01	-	7,7	0,4	99	8	7	0
BRY11	180/250	29	7	<0,01	-	8,5	0,3	0,8	0,0	<0,01	-	7,2	0,2	78	10	7	0
BRY12	180/500	64	13	<0,01	-	8,8	0,3	0,8	0,0	<0,01	-	7,7	0,5	90	5	7	0
BRY13	180/1000	299	137	<0,01	-	9,2	0,2	0,9	0,2	<0,01	-	10,3	0,3	85	2	8	0
R1-13	270/5000	24	4	<0,01	-	8,9	0,0	0,8	0,0	<0,01	-	7,3	0,1	81	12	8	2
R1-14	45/8000	23	6	<0,01	-	8,0	0,0	0,9	0,1	<0,01	-	6,8	0,1	96	1	11	6
R1-15	135/10000	15	2	<0,01	-	7,6	0,2	0,7	0,0	<0,01	-	6,4	0,2	85	8	6	0
Min. *		27		<0,01	-	8,5		0,7		<0,01		7		78		7	
Max. *		299		0,01		10,5		1,0		0,01		10		99		19	

*: Regionale stasjoner ikke medregnet



Figur 4.3-2 Brynhild 2012, metallinnhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm) fra tre parallelle prøver.



Figur 4.3-3 Brynhild 2012. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirklene er proporsjonal med konsentrasjonen.

4.4 Biologiske analyser

Diversitet og dominans

Tabell 4.4-1 viser antall individer og arter på Brynhild fordelt på dyregrupper. Figur 4.4-1 viser antall individer og arter på de enkelte stasjoner på feltet samt gjennomsnitt per grabb per stasjon. Juvenile Echinoidea (sjøpinnsvin) er fjernet fra datasettet. Det ble registrert 526 juvenile individer på Brynhild, og juvenile Ophiuroidea (slangestjerner) var blant de ti mest dominante arter på de fleste stasjonene.

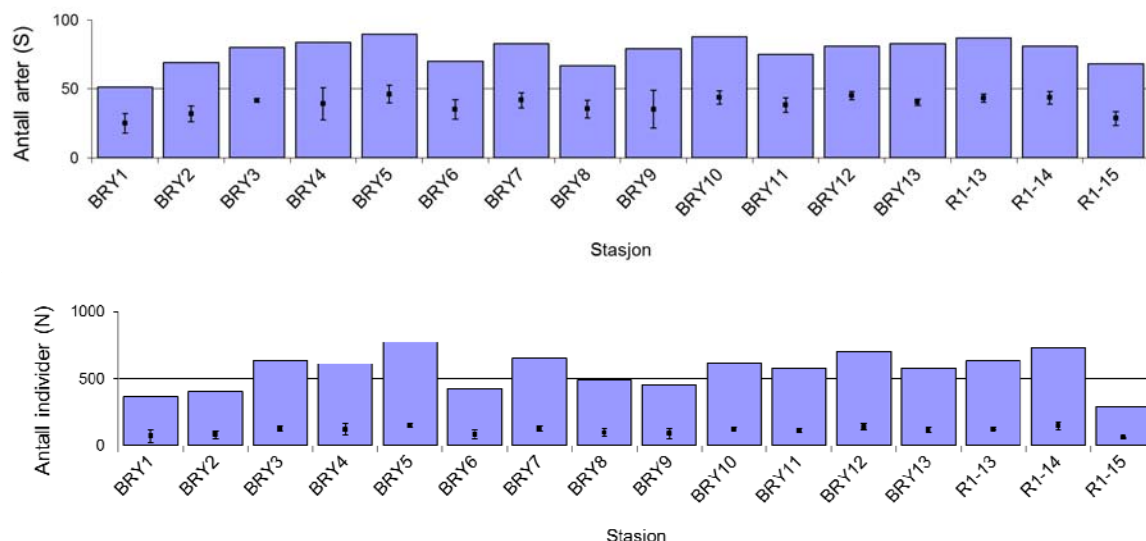
Juvenile er ikke inkludert i tabeller og figurer, med unntak av Tabell 4.4-2 som viser univariate indekser både med og uten juvenile.

Polychaeta dominerer feltet med hensyn på antall individer (74 % av total antall individer) og bidrar med 52 % av totalt antall arter. Alle dyregrupper (*Varia*, *Polychaeta*, *Crustacea*, *Mollusca*, og *Echinodermata*) er godt representert når det gjelder antall arter.

Tabell 4.4-1 Antall individer (N) og arter (S) fordelt på dyregrupper (eks. juvenile), Brynhild 2012.

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	455	5,1	17	8,2
Polychaeta	6637	74,1	108	51,9
Crustacea	736	8,2	43	20,7
Mollusca	610	6,8	30	14,4
Echinodermata	523	5,8	10	4,8

Totalt	8961	100	208	100
---------------	-------------	------------	------------	------------

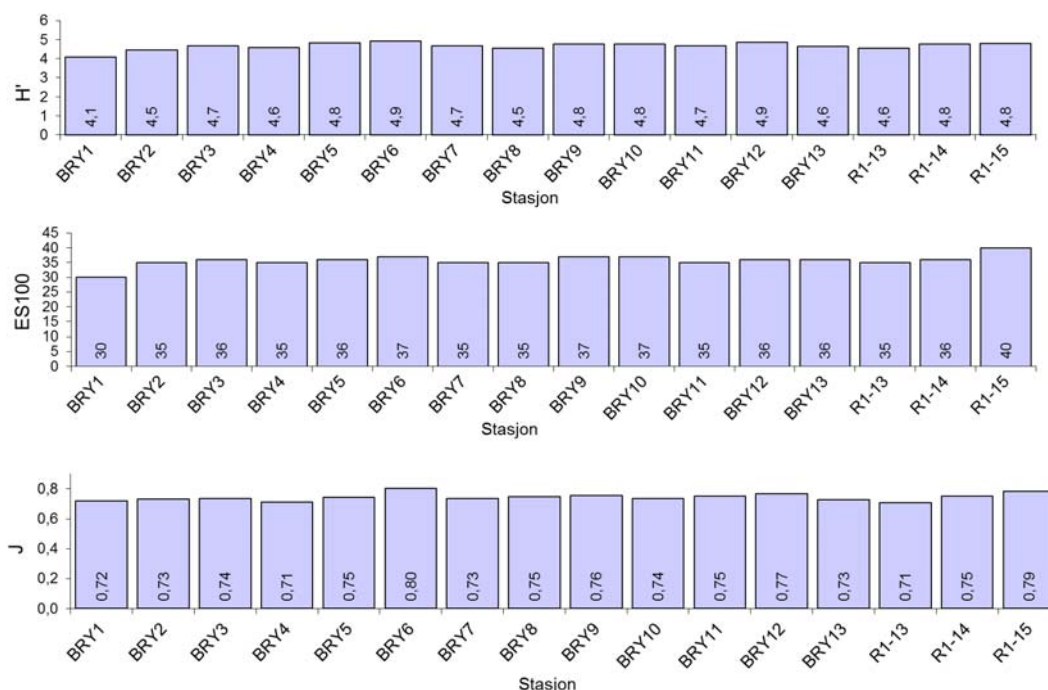


Figur 4.4-1 Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m², snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver (0,1m²) (juvenile ikke medregnet), Brynhild 2012.

Tabell 4.4-2 og Figur 4.4-2 viser diversitetsindeksene H', J og ES₁₀₀ for hver av stasjonene på Brynhild i 2012. Indeksene (uten juvenile) er høye på alle stasjonene, med Shannons diversitet (H') som varierer fra 4,1 (BRY1) til 4,9 (BRY6, BRY12); og ES₁₀₀ fra 30 (BRY1) til 40 (R1-15). Indeksene gjenspeiler sunn uforstyrret havbunn med komplekse faunasamfunn.

Tabell 4.4-2 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, Brynhild 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	Retn (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	Uten juvenile					Med juvenile				
				S	N	H'	J	ES ₁₀₀	S	N	H'	J	ES ₁₀₀
BRY1	90	250	82	51	363	4,07	0,72	30	53	376	4,16	0,73	30
BRY2	90	500	82	69	404	4,46	0,73	35	71	416	4,54	0,74	35
BRY3	90	1 000	82,5	80	639	4,66	0,74	36	82	665	4,74	0,74	37
BRY4	90	2 000	84	84	612	4,56	0,71	35	86	627	4,63	0,72	35
BRY5	0	250	81	90	774	4,84	0,75	36	93	808	4,92	0,75	36
BRY6	0	500	82	70	427	4,92	0,80	37	73	446	5,00	0,81	38
BRY7	0	1 000	82	83	652	4,68	0,73	35	86	667	4,76	0,74	36
BRY8	270	250	81	67	492	4,55	0,75	35	68	497	4,58	0,75	36
BRY9	270	500	81	79	459	4,77	0,76	37	82	472	4,84	0,76	38
BRY10	270	1 000	81	88	619	4,76	0,74	37	90	704	4,75	0,73	36
BRY11	180	250	79	75	577	4,68	0,75	35	78	605	4,79	0,76	36
BRY12	180	500	80	81	704	4,86	0,77	36	83	710	4,90	0,77	36
BRY13	180	1 000	81	83	579	4,65	0,73	36	85	664	4,65	0,73	35
R1-13	270	5 000	81	87	636	4,55	0,71	35	89	681	4,63	0,71	35
R1-14	45	8 000	78	81	730	4,77	0,75	36	84	834	4,86	0,76	36
R1-15	135	10 000	78	68	294	4,78	0,79	40	70	315	4,86	0,79	40



Figur 4.4-2 Diversitet, jevnhet og ES_{100} (juvenile ikke medregnet), Brynhild 2012.

De ti mest tallrike artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.4-3. På hver stasjon utgjør de ti mest dominerende taksa mellom 60 % (R1-15) og 73 % (BRY1) av det totale antallet individer. Børstemarkene *Galathowenia oculata* og *Spiophanes bombyx* (filter- og sedimentpisere) er to av de mest dominerende artene på alle stasjonene, og bidrar til sammen med rundt 30 % eller mer av totalt antall individer på hver stasjon. At *G. oculata*, er vanlig på alle stasjonene indikerer et uforstyrret habitat. Børstemarkene *Paramphinoe jeffreysii* og *Owenia fusiformis*, samt slangestjernen *Amphiura filiformis* er blant de ti vanligste artene på alle stasjonene.

Både *S. bombyx* og *O. fusiformis* trives godt i sandig sediment. *S. bombyx* utvikler ofte rør som stikker frem fra havbunnen, mens *O. fusiformis* hovedsakelig filtrerer ut partikler fra vannmassene. Molluskfaunaen domineres av *Antalis entalis*. Arten kan regnes som intolerant mot forstyrrelser og tilstedeværelsen av denne indikerer en sunn havbunn.

Tabell 4.4-3 De ti mest vanlige artene for hver stasjon (juvenile ikke medregnet), Brynhild 2012.

10 mest vanlige arter							
BRY1	Antall	%	Kum%	BRY2	Antall	%	Kum%
<i>Spiophanes bombyx</i>	94	25,9	25,9	<i>Galathowenia oculata</i>	106	26,24	26,2
<i>Galathowenia oculata</i>	84	23,14	49,0	<i>Spiophanes bombyx</i>	68	16,83	43,1
<i>Amphiura filiformis</i>	16	4,41	53,4	<i>Owenia fusiformis</i>	26	6,44	49,5
<i>Spiophanes kroyeri</i>	13	3,58	57,0	<i>Galathowenia fragilis</i>	20	4,95	54,5

Paramphinome jeffreysii	12	3,31	60,3		Goniada maculata	12	2,97	57,4
Aonides paucibranchiata	12	3,31	63,6		Amphiura filiformis	11	2,72	60,2
Owenia fusiformis	11	3,03	66,7		Ampharete falcata	10	2,48	62,6
Scoloplos (Scoloplos) armiger	9	2,48	69,2		Spiophanes kroyeri	7	1,73	64,4
Caudofoveata	7	1,93	71,1		Scoloplos (Scoloplos) armiger	7	1,73	66,1
Antalis entalis	6	1,65	72,7		Nemertea	7	1,73	67,8
BRY3	Antall	%	Kum%		BRY4	Antall	%	Kum%
Galathowenia oculata	181	28,33	28,3		Galathowenia oculata	187	30,56	30,6
Spiophanes bombyx	74	11,58	39,9		Spiophanes bombyx	51	8,33	38,9
Amphiura filiformis	30	4,69	44,6		Amphiura filiformis	45	7,35	46,2
Myriochele danielsseni	29	4,54	49,1		Thyasira flexuosa	22	3,59	49,8
Owenia fusiformis	22	3,44	52,6		Owenia fusiformis	22	3,59	53,4
Harpinia antennaria	17	2,66	55,2		Paramphinome jeffreysii	20	3,27	56,7
Spiophanes kroyeri	15	2,35	57,6		Myriochele danielsseni	19	3,1	59,8
Paramphinome jeffreysii	13	2,03	59,6		Terebellides stroemii	17	2,78	62,6
Abra prismatica	12	1,88	61,5		Levinsenia gracilis	15	2,45	65,0
Goniada maculata	11	1,72	63,2		Prionospio cirrifera	13	2,12	67,2

Forts.

Tabell 4.4-3 *Forts.*

BRY5	Antall	%	Kum%		BRY6	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	150	19,38	19,4		Spiophanes bombyx	72	16,86	16,9
Galathowenia oculata	124	16,02	35,4		Galathowenia oculata	56	13,11	30,0
Antalis entalis	37	4,78	40,2		Eudorellopsis deformis	23	5,39	35,4
Paramphinome jeffreysii	37	4,78	45,0		Amphiura filiformis	21	4,92	40,3
Amphiura filiformis	31	4,01	49,0		Owenia fusiformis	20	4,68	45,0
Owenia fusiformis	29	3,75	52,7		Paramphinome jeffreysii	19	4,45	49,4
Eudorellopsis deformis	25	3,23	55,9		Goniada maculata	14	3,28	52,7
Pectinaria (Amphictene) auricoma	23	2,97	58,9		Pectinaria (Amphictene) auricoma	13	3,04	55,7
Harpinia antennaria	23	2,97	61,9		Myriochele danielsseni	13	3,04	58,8
Spiophanes kroyeri	19	2,45	64,3		Phoronis	10	2,34	61,1
BRY7	Antall	%	Kum%		BRY8	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	137	21,01	21,0		Spiophanes bombyx	148	30,08	30,1
Galathowenia oculata	107	16,41	37,4		Galathowenia oculata	51	10,37	40,5
Paramphinome jeffreysii	39	5,98	43,4		Goniada maculata	20	4,07	44,5
Amphiura filiformis	39	5,98	49,4		Paramphinome jeffreysii	18	3,66	48,2
Owenia fusiformis	33	5,06	54,5		Amphiura filiformis	15	3,05	51,2
Eudorellopsis deformis	27	4,14	58,6		Owenia fusiformis	14	2,85	54,1

Goniada maculata	13	1,99	60,6	Aonides paucibranchiata	11	2,24	56,3
Antalis entalis	13	1,99	62,6	Eudorellopsis deformis	10	2,03	58,3
Ampharete falcata	12	1,84	64,4	Antalis entalis	10	2,03	60,4
Scoloplos (Scoloplos) armiger	12	1,84	66,3	Pectinaria (Amphictene) auricoma	10	2,03	62,4
BRY9	Antall	%	Kum%	BRY10	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	119	25,93	25,9	Spiophanes bombyx	166	26,82	26,8
Galathowenia oculata	44	9,59	35,5	Galathowenia oculata	75	12,12	38,9
Paramphinome jeffreysii	27	5,88	41,4	Paramphinome jeffreysii	35	5,65	44,6
Eudorellopsis deformis	22	4,79	46,2	Pectinaria (Amphictene) auricoma	17	2,75	47,3
Owenia fusiformis	21	4,58	50,8	Owenia fusiformis	17	2,75	50,1
Amphiura filiformis	18	3,92	54,7	Eudorellopsis deformis	17	2,75	52,8
Pectinaria (Amphictene) auricoma	17	3,7	58,4	Aonides paucibranchiata	16	2,58	55,4
Spiophanes kroyeri	13	2,83	61,2	Scoloplos (Scoloplos) armiger	14	2,26	57,7
Myriochele danielsseni	9	1,96	63,2	Cerianthus lloydii	14	2,26	59,9
Antalis entalis	9	1,96	65,1	Amphiura filiformis	14	2,26	62,2
BRY11	Antall	%	Kum%	BRY12	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	144	24,96	25,0	Spiophanes bombyx	133	18,89	18,9
Galathowenia oculata	77	13,34	38,3	Galathowenia oculata	99	14,06	33,0
Amphiura filiformis	29	5,03	43,3	Ophiosten affinis	38	5,4	38,4
Paramphinome jeffreysii	25	4,33	47,7	Paramphinome jeffreysii	37	5,26	43,6
Owenia fusiformis	22	3,81	51,5	Amphiura filiformis	35	4,97	48,6

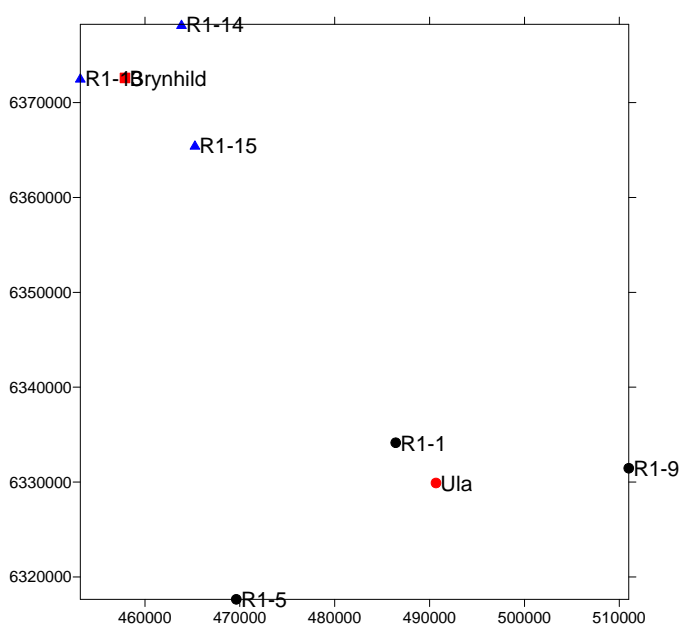
Forts.

Tabell 4.4-3 Forts.

Myriochele danielsseni	16	2,77	54,3	Myriochele danielsseni	28	3,98	52,6
Eudorellopsis deformis	16	2,77	57,0	Pectinaria (Amphictene) auricoma	23	3,27	55,8
Spiophanes kroyeri	15	2,6	59,6	Scoloplos (Scoloplos) armiger	18	2,56	58,4
Phoronis	14	2,43	62,1	Phoronis	17	2,41	60,8
Scoloplos (Scoloplos) armiger	11	1,91	64,0	Aonides paucibranchiata	16	2,27	63,1
BRY13	Antall	%	Kum%	R1-13	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	151	26,08	26,1	Galathowenia oculata	141	22,17	22,2
Galathowenia oculata	87	15,03	41,1	Spiophanes bombyx	139	21,86	44,0
Paramphinome jeffreysii	41	7,08	48,2	Amphiura filiformis	29	4,56	48,6
Amphiura filiformis	25	4,32	52,5	Paramphinome jeffreysii	28	4,40	53,0
Owenia fusiformis	14	2,42	54,9	Owenia fusiformis	25	3,93	56,9
Spiophanes kroyeri	13	2,25	57,2	Eudorellopsis deformis	22	3,46	60,4
Pectinaria (Amphictene) auricoma	13	2,25	59,4	Pectinaria (Amphictene) auricoma	19	2,99	63,4
Eudorellopsis deformis	13	2,25	61,7	Myriochele danielsseni	13	2,04	65,4
Goniada maculata	12	2,07	63,7	Goniada maculata	10	1,57	67,0
Scoloplos (Scoloplos) armiger	10	1,73	65,5	Kurtiella bidentata	8	1,26	68,2
R1-14	Antall	%	Kum%	R1-15	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	171	23,42	23,4	Spiophanes bombyx	82	27,89	27,9

Galathowenia oculata	104	14,25	37,7	Amphiura filiformis	19	6,46	34,4
Paramphinome jeffreysii	39	5,34	43,0	Galathowenia oculata	19	6,46	40,8
Eudorelloopsis deformis	29	3,97	47,0	Caudofoveata	11	3,74	44,6
Amphiura filiformis	27	3,70	50,7	Pectinaria (Amphictene) auricoma	11	3,74	48,3
Owenia fusiformis	24	3,29	54,0	Paramphinome jeffreysii	9	3,06	51,4
Spiophanes kroyeri	16	2,19	56,2	Spiophanes kroyeri	9	3,06	54,4
Goniada maculata	15	2,05	58,2	Magelona filiformis	6	2,04	56,5
Tmetonyx cicada	15	2,05	60,3	Goniada maculata	6	2,04	58,5
Pectinaria (Amphictene) auricoma	15	2,05	62,3	Scoloplos (Scoloplos) armiger	5	1,70	60,2

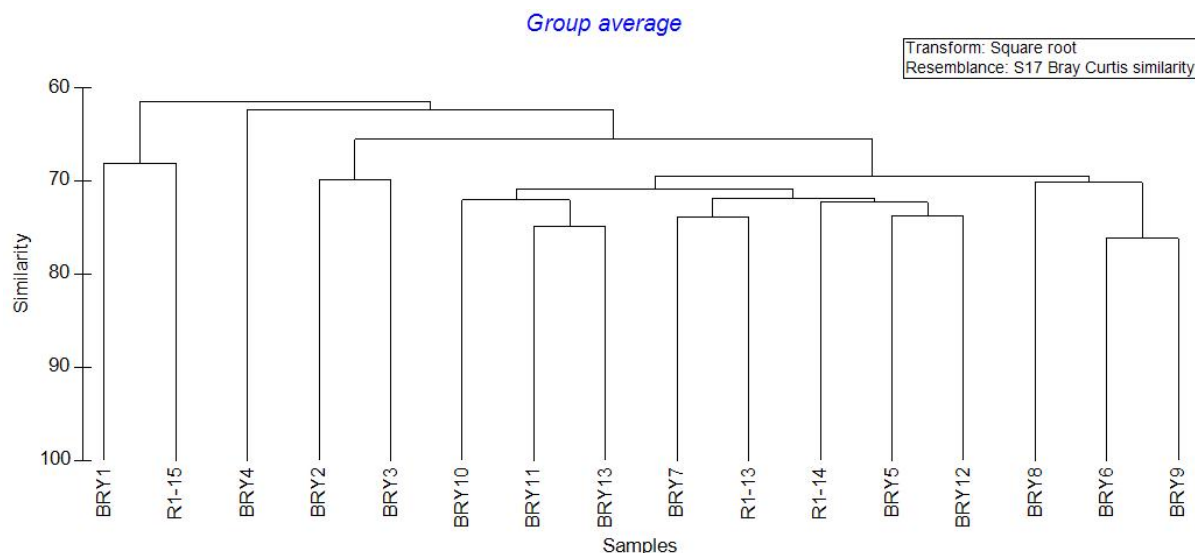
Brynhild ligger relativt langt fra andre felt og regionale stasjoner, og det finnes ikke relevante fauna-data å sammenligne med. De nærmeste eksisterende regionale stasjonene i Region 1 er i nærheten av Ula, dvs. mer enn 40 km sør for Brynhild (Figur 4.4-3). Av de regionale stasjonene som inngikk i den regionale overvåkingen i 2011 var det kun de tre nordligste (R1-1, -5 og -9) som på lik linje med Brynhildstasjonene hadde diversitetsindekser (H') større enn 4 (Akvaplan-niva 2012). Dette er de regionstasjonene som ligger nærmest Brynhild (se Figur 1.2-1).



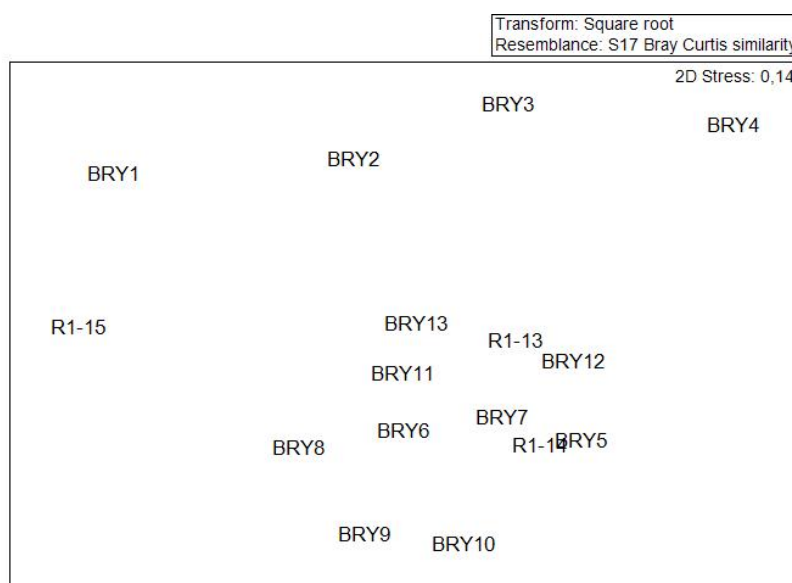
Figur 4.4-3 Brynhildfeltet med nyetablerte regionale stasjoner (R1-13, -14 og -15) og eksisterende regionale stasjoner sist undersøkt i 2011 (R1-1, -5 og -9).

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.4-4. Generelt er det små forskjeller i faunasammensetningen mellom de ulike stasjonene på feltet. De tre nyetablerte regionale stasjonene, plassert 500, 8000 og 10 000m fra Brynhild senter, grupperer seg sammen med feltstasjonene, noe som tyder på homogene forhold over et stort område. Alle de tre stasjonene ansees å være godt egnet som regionale stasjoner tilordnet Brynhild.

BioEnv-analysen viser en lav korrelasjonskoeffisient (0,45), og det er ikke påvist noen sammenheng mellom variasjonene i de abiotiske faktorene og variasjonene i faunaen på Frode. Faunaen på BRY13, som hadde høyere bariumkonsentrasjoner enn de andre stasjonene, skiller seg ikke ut i likhetsanalysene.



Figur 4.4-4 Clusterdiagram og MDS-plot, Brynhild inkl. REGI-13, -14 og -15 2012. Forts.



Figur 4.4-4 Forts,

5 KONKLUSJONER

Grunnlagsundersøkelsen på Brynhild i 2012 viser at sedimentene hovedsakelig består av sand og TOM-nivået varierer fra 0,74 til 1,18 %. Sedimentkarakteristikken på de tre regionale stasjonene skiller seg ikke ut i forhold til feltstasjonene.

THC-innholdet på alle stasjonene ligger på samme nivå som de regionale stasjonene, og lavere enn LSC-verdien for Region 1 i 2011. Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, og i samme område som LSC-verdien beregnet i 2011.

En stasjon skiller seg ut med relativt høyt bariuminnhold (299 ± 137 mg/kg). Dette er omtrent ti ganger høyere enn de tilhørende regionale stasjonene. De øvrige stasjonene har bariumkonsentrasjoner under eller like over LSC fra 2011. De øvrige metallene ligger på samme nivå som de regionale stasjonene, og på samme nivå eller lavere enn LSC fra 2011.

Bunnfaunaen på Brynhild er sammenlignbar med faunaen på de tre regionale stasjoner i området og viser artsmangfold som normalt for uforstyrret sediment i regionen.

6 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.

Akvaplan-niva 2012. *Miljøundersøkelse Region 1, 2011*. Rapport nr. 5339.02 ver-2

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. Toktrapport – *Miljøovervåking Region 2 2012 og grunnlagsundersøkelser i omkringliggende regioner*. DNV Rapp.nr. 2012-1200.

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.

VEDLEGG

CD

På vedlagte CD finnes følgende:

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

- 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