



---

# DET NORSKE VERITAS

---

## Rapport Grunnlagsundersøkelse Sverdrup (PL330) 2012

RWE Dea Norge AS



Grunnlagsundersøkelse Sverdrup (PL330) 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: RWE Dea Norge AS Postboks 243 Skøyen 0213 Oslo Norge	
Oppdragsgivers referanse: Kristin Nåvik	

Dato for første utgivelse:	2013-09-27	Prosjektnr.:	PP042098
Rapportnr.:	2013-0332	Organisasjonsenhet:	Environmental Risk Management
Revisjon nr.:	01	Emnegruppe:	

## Sammendrag:

Rapporten beskriver gjennomføringen og presenterer resultatene fra grunnlagsundersøkelsen på Sverdrup (PL330) 2012. Undersøkelsen omfatter sedimentkarakterisering, kjemiske analyser samt tilstandsvurderinger av bunnfauna.

Utarbeidet av:	Navn og tittel S.A. Nøland, H. Tvete, L. Brooks, C. Volan, F. Melsom, H. Karlsen	Signatur	
Verifisert av: <i>for</i>	Navn og tittel Øyvind Fjukmoen Senior Consultant	Signatur	<i>Thomas Nøland</i>
Godkjent av:	Navn og tittel Sarah D. Grøndahl Head of Section	Signatur	

<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

<b>1</b>	<b>RESYMÉ / RESUMÉ .....</b>	<b>1</b>
1.1	Resymé .....	1
1.2	Resumé .....	2
<b>2</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>4</b>
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.....	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.....	12
3.3.3.1	Hydrokarboner .....	12
3.3.3.2	Metaller .....	15
3.3.3.3	Kvantifiseringsgrenser .....	15
3.3.4	Kvalitetssikring.....	16
3.4	Avvik fra retningslinjene.....	17
<b>4</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>18</b>
4.1	Fra prøvetakingen.....	18
4.2	Sedimentkarakterisering.....	18
4.3	Kjemiske analyser .....	20
4.4	Biologiske analyser .....	22
4.5	Konklusjoner .....	27
<b>5</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>27</b>



## **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 – Undersøkellesprogram*



## Forord

Grunnlagsundersøkelsen på Sverdrup (PL330) 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 RWE Dea Norge AS har vært Kristin Nåvik.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunnsamfunnet på Sverdrup (PL330).

## 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)  
Øystein Stokland (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:

Fredrik Melsom

### Utarbeidelse av rapport:

#### Kjemi:

Helene Tvete, Hege Karlsen



---

Biologi:	Lucy Brooks, Christian Volan, Sam-Arne Nøland, Fredrik Melsom
Hovedrapport:	Sam-Arne Nøland
Verifikasjon:	Øyvind Fjukmoen
Prosjektleder:	Sam-Arne Nøland

## 1 RESYMÉ / RESUMÉ

### 1.1 Resymé

På den planlagte leteboringslokaliteten Sverdrup (PL330) ble det analysert for kornstørrelsesfordeling, innhold av totalt organisk materiale (TOM), totalmengde hydrokarboner (THC), NPD, PAH og metaller, samt tilstanden til bløtbunnssamfunnet.

Miljøundersøkelsen 2012 i på Sverdrup (PL330) viser:

- Innholdet av totalt organisk materiale varierer fra 1,2 – 2,1 % på de undersøkte stasjonene i region VII.
- Innholdet av THC ligger på <1 – 1 mg/kg, dette er på samme nivå som den nyetablerte regionale stasjonen i området.
- Innholdet av barium ligger på 28 -77 mg/kg, dette er på samme nivå eller noe høyere enn den regionale stasjonen.
- Til tross for at den nyetablerte stasjonen R7-1 ligger grunnere enn feltstasjonene, er både sedimentkarakteristikken og faunasammensetningen relativ lik den man finner på flere av stasjonene på Sverdrup (PL330), og stasjonen ansees som godt egnet som regional stasjon.

De viktigste parameterne og variasjonen på Sverdrup (PL330):

Sverdrup (PL330)	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	<1 – 1	THC-konsentrasjonene er på samme nivå som ved den regionale stasjonen REG7-1
Ba (mg/kg)	28 – 77	8 av 12 stasjoner har høyere nivå av Ba enn den regionale stasjonen REG7-1.
H'	5,3 – 6,1	Faunaen på Sverdrup (PL330) vitner om en heterogen sunn havbunn med småskala-variasjoner i nisjer for de mest dominerende artene.
ES <sub>100</sub>	44 - 56	

## 1.2 Resumé

The sediments at the planned spud location at Sverdrup (PL330) 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 Sverdrup (PL330) shows:

- The content of total organic material varies from 1.2 – 2.1 %
- The level of THC varies from <1 – 1 mg/kg, this is at the same level as the new regional station in the area.
- The concentration of Ba varies from 28 – 77 mg/kg, this is on the same level as the regional station.
- Despite that the station R7-1 is located at a shallower depth than the field stations, both sediment characteristics and fauna composition are relatively similar to several of the Sverdrup (PL330) stations, and R7-1 is regarded as well suited as a regional station.

The most important parameters and variations at Sverdrup (PL330):

Sverdrup (PL330)	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	<1 – 1	THC-concentrations are on the same level as the regional station REG7-1.
Ba (mg/kg)	28 – 77	8 out of 12 stations show higher levels of Ba than the regional stations REG7-1.
H'	5.3 – 6.1	The fauna analyses at Sverdrup (PL330) demonstrate a heterogeneous and healthy sea bed with small-scale variations in niches for the most dominating species.
ES <sub>100</sub>	44 - 56	



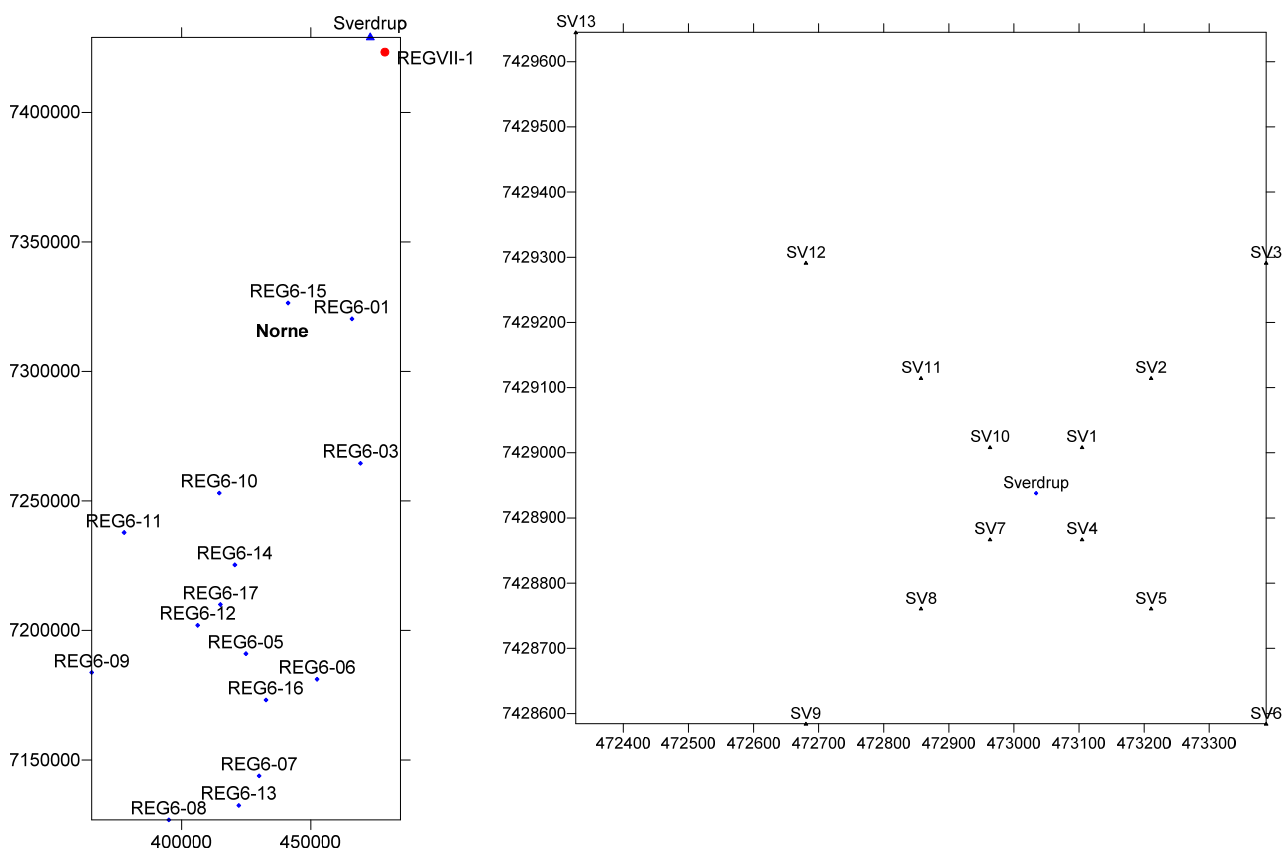
## 2 INNLEDNING

Sverdrup (PL330) spud lokasjon på PL330 er lokalisert i Region VII, og RWE Dea er operatør. Det er tidligere gjennomført visuell kartlegging på Sverdrup (PL330): Doc. ref. Site Survey NOCS 6608/1 & 6608/2, PL330, RD1102: Volume 2 of 2: Habitat Assessment Report. FSLTD/report No 00736V2.2.

Preliminære koordinater spud lokasjon på PL330 (PWL4):

Well 6608/1&2		Geodetic datum ED50, UTM Zone 32	
Latitude	66° 58' 30.663''	Northing	7428938 m N
Longitude	08° 22' 55.925''	Easting	473 034 m E

Sverdrup (PL330) ligger i Region VII, hvor det ikke er etablert regionale stasjoner fra tidligere. Plassering i forhold til eksisterende regionale stasjoner i Region VI samt stasjonsnett for Sverdrup (PL330), er vist i kartet under.



*Plassering av Sverdrup (PL330) i Region VII i forhold til regionale stasjoner i Region VI. Regional stasjon tilordnet Sverdrup er også inkludert.*

*Stasjonsnett for grunnlagsundersøkelse på Sverdrup (PL330) 2012, regional stasjon er ikke inkludert i figuren.*

### 3 MATERIALE OG METODER

#### 3.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med MOLAB fra fiske-/forskningsfartøyet "Christina E". Innsamlingen på Sverdrup (PL330) 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 Sverdrup (PL330) foregikk 9-10. 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 Norskehavet og Barentshavet 2012* (DNV, 2012a) (Appendiks E). Tabell 3.1-1 gir en oversikt over undersøkelsesprogrammet på Sverdrup (PL330). Programmet inkluderer en nyetablert regional stasjon; R7-1. Analyseprogram er vist i Tabell 3.1-1.

**Tabell 3.1-1** Analyseprogram for grunnlagsundersøkelse på Sverdrup (PL330)2012.

St. nr.	°	m	UTM ED50, sone 32		Ant. st.	Bio	Org./ korn	THC	Metall	NPD/ PAH
			E	N						
<b>Sverdrup(PL330)</b>			473034	7428938						
SV1	45	100	473105	7429009	1	5	1	3	3	
SV2	45	250	473211	7429115	1	5	1	3	3	
SV3	45	500	473388	7429292	1	5	1	3	3	
SV4	135	100	473105	7428867	1	5	1	3	3	
SV5	135	250	473211	7428761	1	5	1	3	3	
SV6	135	500	473388	7428584	1	5	1	3	3	
SV7	225	100	472963	7428867	1	5	1	3	3	
SV8	225	250	472857	7428761	1	5	1	3	3	
SV9	225	500	472680	7428584	1	5	1	3	3	
SV10	315	100	472963	7429009	1	5	1	3	3	3
SV11	315	250	472857	7429115	1	5	1	3	3	3
SV12	315	500	472680	7429292	1	5	1	3	3	
SV13	315	1000	472327	7429645	1	5	1	3	3	
R7-1	135	8000	478691	7423281	1	5	1	3	3	3

### 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, 15m<sup>2</sup> overflateareal, tar kjemi- og biologiprøver i samme hugg) (merket B23)
- Kombigrabb – modifisert van Veen (0, 15m<sup>2</sup> 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 biologiresultatene 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.

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

Sedimentet på Sverdrup (PL330) består hovedsakelig av grus, grov sand og stein, noe som vanskeliggjorde prøvetakingen. På enkelte stasjoner var det nødvendig å redusere antall prøver i forhold til programmet. Det ble benyttet en rekke ulike grabber pga. det vanskelig sedimentet. 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.

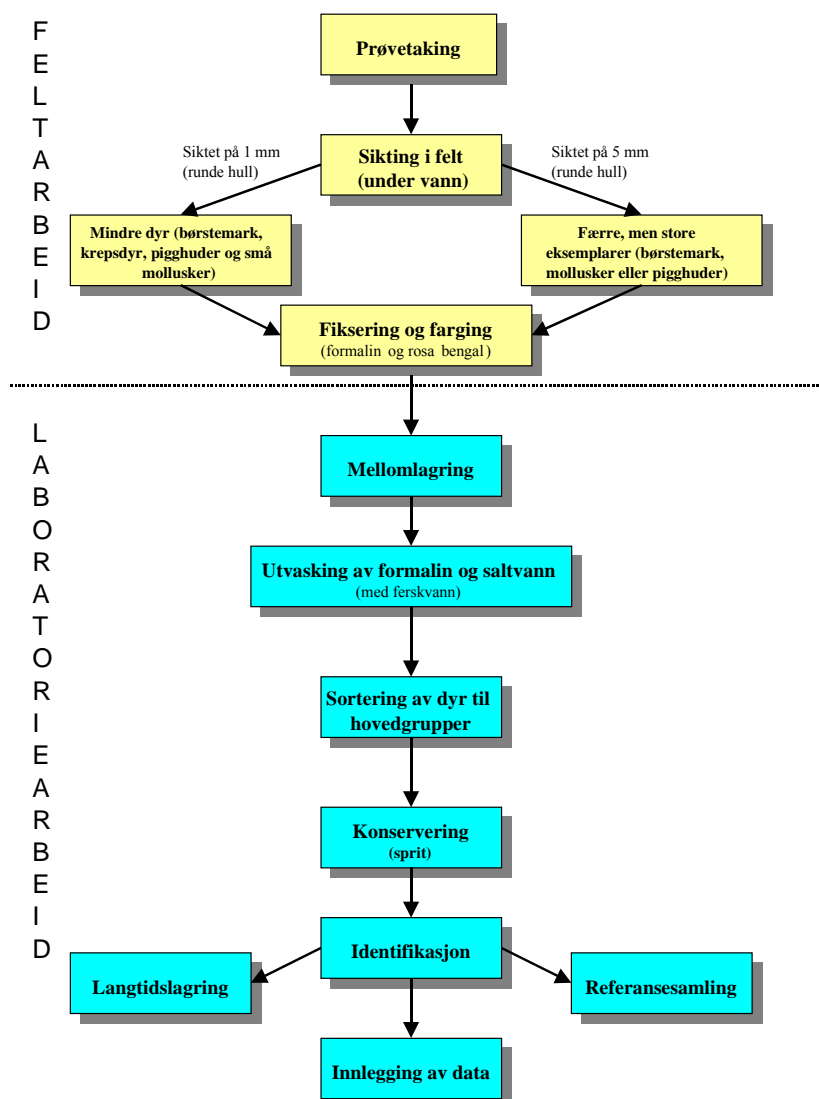
### 3.2.2 Sortering og artsbestemmelse

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.** Flytdiagram fra prøvetaking til innlegging av artsdata i programvare.

### 3.2.3 Statistiske metoder

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

- Antall arter pr. arealenhet.
- Antall individer pr. art.
- Shannon-Wieners diversitetsindeks,  $H'$  (Shannon & Weaver 1963).
- 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  $\delta_{jk}$  (Bray & Curtis 1957). Likhetsmatrisen ble benyttet i multivariate analyser for å se på gradienter og grupperinger stasjonene i mellom. Metodene som ble brukt var hierarkisk grupperingsteknikk som grupperer stasjoner etter gjennomsnittlig likhet (hierarchical agglomerative classification) (Lance & Williams 1967), og ordinasjon med “non-metric Multi-Dimensjonal Scaling (MDS), (Kruskal and Wish 1978).
- Klassifikasjon, MDS- og PCA-ordinasjon samt BIOENV og SIMPER ble gjennomført med programpakken PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research).
- 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 µm) 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 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 µm) 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 µm ble brukt. Prøven ble ristet på en Retsch KG testing sieve shaker i ti minutter. Vekten av hver fraksjon ble bestemt til nærmeste 0,01 g. En kumulativ vekt % fordeling ble beregnet, og beregningene ble videre brukt til å bestemme median partikkel diameter og avvik, skjevhet og kurtosis for partikkelstørrelsesfordelingen. Fordi partikkelstørrelsesfordelingen for fraksjonen < 63 µm ikke ble bestemt, ble  $\phi$ -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  $\phi_5$  og  $\phi_{95}$  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 ( $\mu\text{m}$ )	$\phi$	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)

$\phi$ -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 platykurtisk
	0,67-0,90	platykurtisk (flat-toppet)
	0,90-1,11	mesokurtisk (nærmest normal)
	1,11-1,50	leptokurtisk (overdreven toppet)
	1,50-3,00	meget leptokurtisk

### 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-C<sub>12</sub> til n-C<sub>35</sub> (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 rensert 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 standarder ble tilsatt, 5 µg hver av naftalen-d<sub>8</sub>, fenantren-d<sub>10</sub>, pyren-d<sub>10</sub>, krysen-d<sub>12</sub> og perylen-d<sub>12</sub>. 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-C<sub>12</sub> alkan til n-C<sub>35</sub> alkan. Kvantifiseringen ble utført med bruk av en ekstern standard av referanseolje, boreslamsolje HDF 200 fra Statoil. Resultatene ble korrigert for bakgrunnsverdier fra blindprøver.

NPD (Naftalen, Phenanthren, Dibenzotiofen) og PAH (Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner) ble bestemt med gasskromatografi/massespektrometri og registrering av enkeltioner.

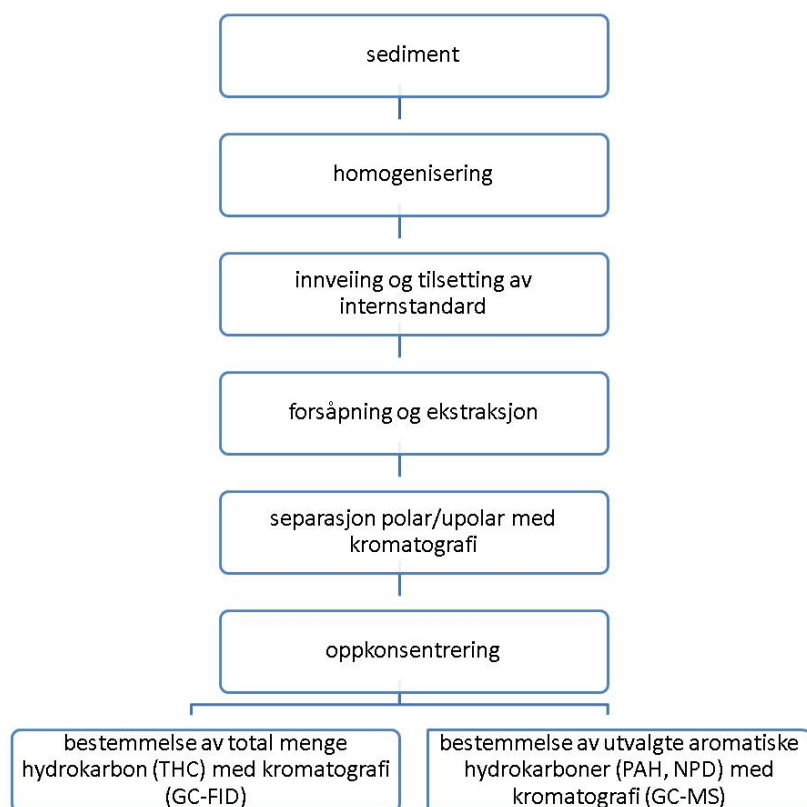
Kvantifiseringen ble foretatt i forhold til de tilsatte interne standardene med integrering av molekyllionene. Følgende forbindelser ble bestemt: naftalen, fenantren, antracen, dibenzotiofen og deres C<sub>1</sub>-, C<sub>2</sub>- og C<sub>3</sub>-alkylerte derivater, acenaften, acenaftylen, fluoren, 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 C<sub>1</sub>- C<sub>3</sub>-alkylhomologe gruppene ble en av isomerene brukt som referanse for kvantifiseringen. 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 <sub>0</sub> -C <sub>3</sub> naftalen	:	128, 141, 156, 170
C <sub>0</sub> -C <sub>3</sub> fenantren	:	178, 192, 206, 220
C <sub>0</sub> -C <sub>3</sub> 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 reproduserbarhet kontrolleres ved analyse av det sertifiserte referansematerialet.

## **3.4 Avvik fra retningslinjene**

På grunn av vanskelig sediment med mye stein og grus ble det ikke samlet inn fullstendig prøvemateriale fra alle stasjonene, se Tabell 4.1-1. På stasjon SV3 ble det kun tatt fire grabbprøver til fauna-analyser.

## 4 RESULTATER

### 4.1 Fra prøvetakingen

Stasjonsdypet på Sverdrup (PL330) varierte fra 306 til 315m. Stasjonsplassering er vist i utbrettskart bakerst i rapporten. I toktloggen er sedimentet beskrevet som hovedsakelig grus, grov sand og stein, noe som vanskeliggjorde prøvetakingen. På enkelte stasjoner var det nødvendig å redusere antall prøver i forhold til programmet. Det ble også tatt prøver på den nye regionale stasjonen R7-1. Havdypet her var 280m.

Analyseprogram er vist i Tabell 4.1-1. Kolonnen til høyre viser hvilke prøver som faktisk ble samlet inn.



**Tabell 4.1-1** Analyseprogram for grunnlagsundersøkelse på Sverdrup (PL330) 2012.

St. nr.	°	m	UTM ED50, sone E N	Ant. st.	Bio	Org./ korn	THC	Metall	NPD/ PAH	Komm.
<b>Sverdrup(PL330)</b>			473034 7428938							
SV1	45	100	473105 7429009	1	5	1	3	3		OK
SV2	45	250	473211 7429115	1	5	1	3	3		Kun kjemi
SV3	45	500	473388 7429292	1	5	1	3	3		Kun 4
SV4	135	100	473105 7428867	1	5	1	3	3		OK
SV5	135	250	473211 7428761	1	5	1	3	3		OK
SV6	135	500	473388 7428584	1	5	1	3	3		OK
SV7	225	100	472963 7428867	1	5	1	3	3		OK
SV8	225	250	472857 7428761	1	5	1	3	3		Kun kjemi
SV9	225	500	472680 7428584	1	5	1	3	3		OK
SV10	315	100	472963 7429009	1	5	1	3	3	3	Kun kjemi
SV11	315	250	472857 7429115	1	5	1	3	3	3	Ingen
SV12	315	500	472680 7429292	1	5	1	3	3		OK
SV13	315	1000	472327 7429645	1	5	1	3	3		Kun kjemi
R7-1	135	8000	478691 7423281	1	5	1	3	3	3	OK

### 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.

Analysematerialet består av en blandprøve fra 3 grabbskudd der det er tatt ut prøver fra 5 cm sedimentdyp, og inneholder ikke stein og større partikler. Prøvene siktes og klassifiseres som



finstoff/pelitt (silt og leire), sandfraksjoner (fra veldig fin til grov) og grus. Sedimentet på Sverdrup (PL330) består i hovedsak av fin sand, bortsett fra SV03 og SV09 som består av silt og leire og medium sand. Det er til dels store variasjoner mellom stasjonene. Andel sand varierer fra 46,8 til 87,5 %. Den høyeste andel av silt og leire er målt ved SV03 (51,5 %). Sedimentet ved den regionale stasjonen R7-1 består av fin sand (83,7 %) og har et sediment som er sammenlignbart med SV04, -07 og -09.

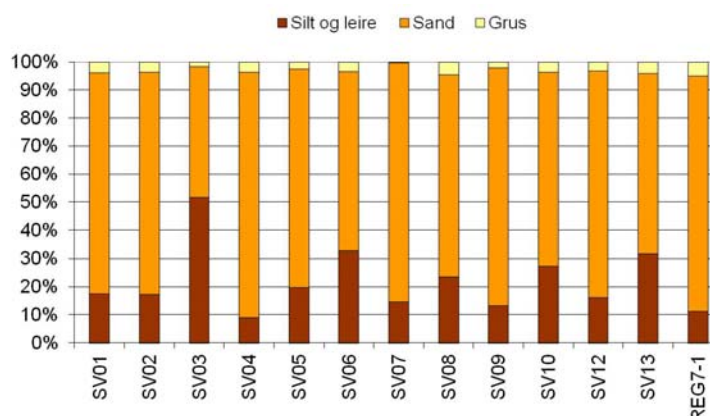
### Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er vist i Tabell 4.2-1 og Figur 4.2-1. Innholdet av TOM varierer fra 1,17 til 2,12 %. Dette er på samme nivå som den regionale stasjonen R7-1 (1,42 %).

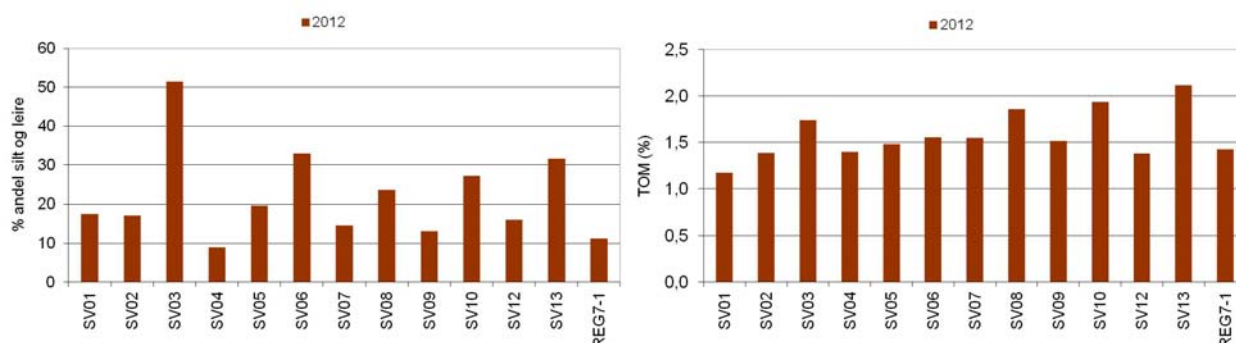
**Tabell 4.2-1** Sverdrup (PL330) 2012, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk material (TOM) i % av tørt sediment.

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt & leire (%)	Sand (%)	Grus (%)	Median (Φ)
SV01	45	100	310	1,17	Fin sand	17,5	78,5	4,0	2,04
SV02	45	250	310	1,39	Fin sand	17,2	79,1	3,8	2,21
SV03	45	500	311	1,74	Silt og leire	51,5	46,8	1,7	4,12
SV04	135	100	308	1,40	Fin sand	8,9	87,5	3,6	2,11
SV05	135	250	306	1,48	Fin sand	19,6	77,8	2,6	2,02
SV06	135	500	309	1,55	Fin sand	33,0	63,5	3,5	2,77
SV07	225	100	310	1,55	Fin sand	14,6	85,1	0,3	2,35
SV08	225	250	310	1,86	Fin sand	23,6	71,9	4,5	2,60
SV09	225	500	309	1,51	Medium sand	13,1	84,8	2,1	1,64
SV10	315	100	312	1,94	Fin sand	27,2	69,0	3,8	2,69
SV12	315	500	314	1,38	Fin sand	16,0	80,8	3,2	2,06
SV13	315	1000	315	2,12	Fin sand	31,7	64,2	4,2	2,40
R7-1	135	8000	280	1,42	Fin sand	11,2	83,7	5,1	2,39
Min.*				1,17		8,9	46,8	0,3	1,64
Max.*				2,12		51,5	87,5	4,5	4,12

\*: Reg ikke medregnet



**Figur 4.2-1** Sverdrup (PL330) 2012, sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire). Andel silt og leire, sand og grus for 2012 er vist øverst. Forts.



Figur 4.2-1 forts.

### 4.3 Kjemiske analyser

#### Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.3-1. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

**Tabell 4.3-1** Sverdrup (PL330) 2012, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	THC snitt	SD	PAH snitt	SD	NPD snitt	SD
SV01	45	100	1	2				
SV02	45	250	<1	-				
SV03	45	500	<1	-				
SV04	135	100	<1	-				
SV05	135	250	<1	-				
SV06	135	500	1	1				
SV07	225	100	<1	-				
SV08	225	250	1	2				
SV09	225	500	<1	-				
SV10	315	100	<1	-	0,018	0,006	0,01	0,00
SV12	315	500	<1	-				
SV13	315	1000	<1	-				
R7-1	135	8000	<1	-	0,010	0,002	<0,01	-
Min.*			<1		0,018		0,01	
Max.*			1		0,018		0,01	

\*: Reg ikke medregnet

THC-konsentrasjonen (0-1 cm sjikt) på Sverdrup (PL330) ligger i området <1 – 1 mg/kg. Alle stasjoner ligger på samme nivå som den regionale stasjonen R7-1 (<1 mg/kg). Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave og på samme nivå som den regionale stasjonen.

## Metaller

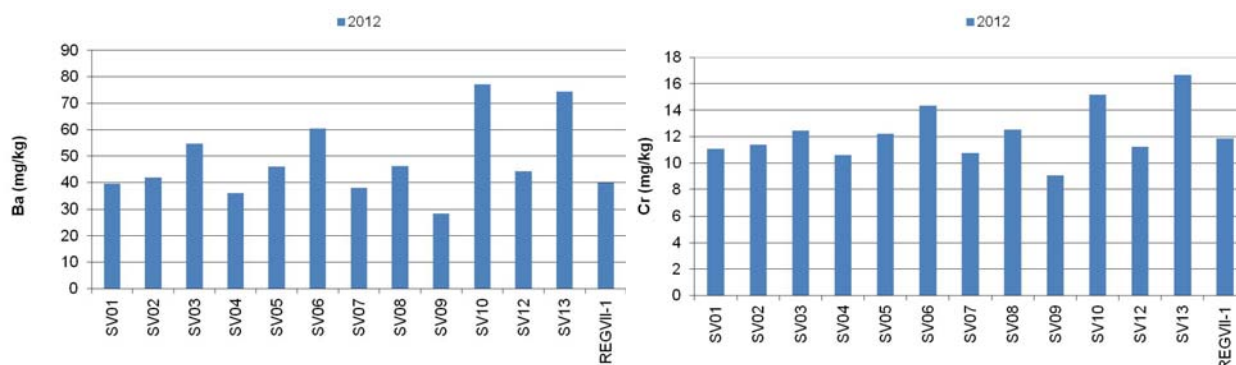
Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4.3-2 og Figur 4.3-1. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Figur 4.3-2 viser fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering.

Høyeste gjennomsnittlige Ba-konsentrasjon er målt ved SV10 med 77 mg/kg. De fleste Ba-resultatene er høyere enn den regionale stasjonen R7-1 (40 mg/kg). Stasjonene SV03, -06, -10 og -13 har jevnt over noe høyere metallkonsentrasjoner enn de øvrige, noe som henger sammen med at disse stasjonene har en høyere andel av silt/leire. De øvrige metallene ligger omtrent på samme nivå som R7-1 som også har en relativt lav andel av silt/leire. Cd-resultatene på SV01 har høyt standardavvik. Ekstraktet er analysert på ICP-MS to ganger med likt resultat begge ganger (0,231; 0,033 og 0,028 mg/kg Cd).

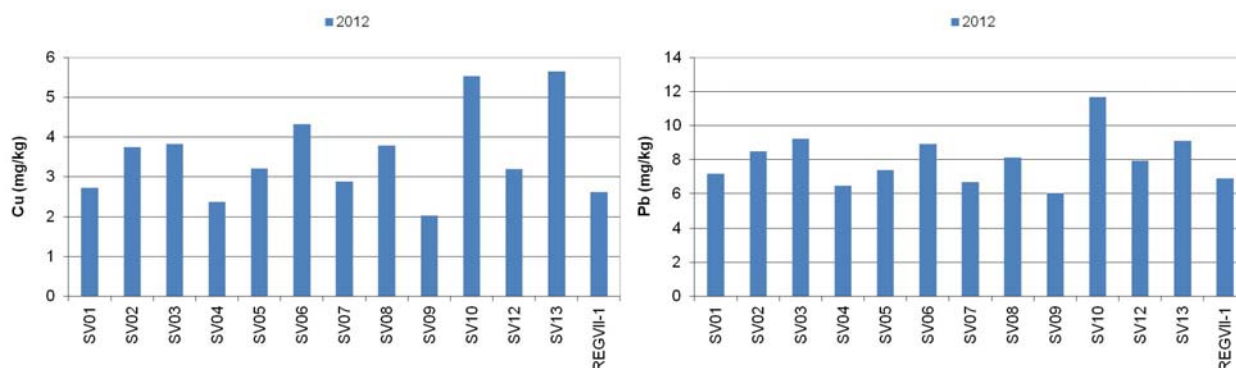
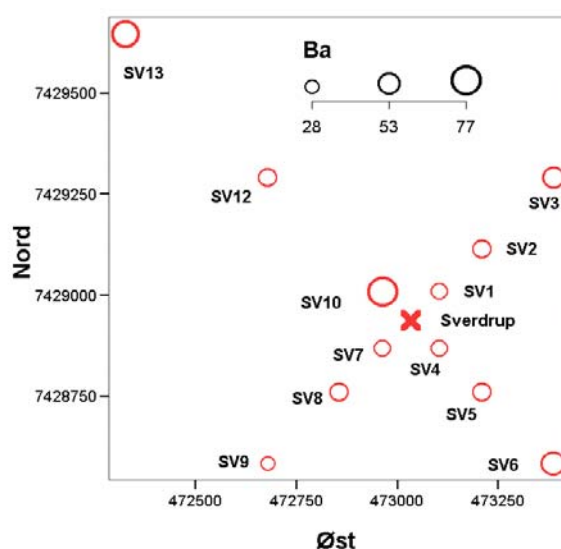
**Tabell 4.3-2** Sverdrup (PL330) 2012, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

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
SV01	45/100	40	3	0,10	0,12	11,1	0,3	2,7	0,0	0,01	0,00	7,2	0,1	359	8	18	1
SV02	45/250	42	8	0,04	0,01	11,4	1,0	3,7	1,6	0,01	0,00	8,5	2,3	353	20	19	3
SV03	45/500	55	12	0,03	0,01	12,4	0,8	3,8	0,4	0,01	0,00	9,2	0,9	386	13	22	1
SV04	135/100	36	11	0,03	0,01	10,6	1,3	2,4	0,8	0,01	0,00	6,5	1,2	331	49	17	3
SV05	135/250	46	9	0,02	0,00	12,2	1,2	3,2	0,5	0,01	0,00	7,4	0,7	396	78	20	3
SV06	135/500	60	21	0,03	0,02	14,3	2,4	4,3	1,1	0,01	0,00	8,9	1,3	466	90	25	5
SV07	225/100	38	7	0,03	0,00	10,7	1,1	2,9	0,8	0,01	0,00	6,7	1,1	338	16	19	3
SV08	225/250	46	5	0,04	0,01	12,5	0,7	3,8	0,3	0,01	0,00	8,1	2,1	374	10	22	2
SV09	225/500	28	5	0,03	0,01	9,0	0,6	2,0	0,6	0,01	0,00	6,0	1,9	315	19	14	2
SV10	315/100	77	31	0,08	0,04	15,2	3,8	5,5	2,0	0,01	0,00	11,7	2,8	413	66	30	8
SV12	315/500	44	11	0,04	0,01	11,2	1,1	3,2	0,8	0,01	0,00	7,9	1,9	334	45	19	3
SV13	315/1000	74	19	0,07	0,01	16,7	1,5	5,6	0,6	0,01	0,00	9,1	1,7	598	119	31	3
R7-1	135/8000	40	4	0,02	0,00	11,8	0,5	2,6	0,2	0,01	0,00	6,9	0,3	379	27	19	1
Min. *		28		0,02		9,0		2,0		0,01		6,0		315		14	
Max. *		77		0,10		16,7		5,6		0,01		11,7		598		31	

\*: Reg ikke medregnet



**Figur 4.3-1** Sverdrup (PL330) 2012, metallinnhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm) fra tre parallelle prøver. Forts.

Figur 4.3-1 *forts.*

Figur 4.3-2 Sverdrup (PL330) 2012. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirklene er proporsjonal med konsentrasjonen.

## 4.4 Biologiske analyser

### Diversitet og dominans

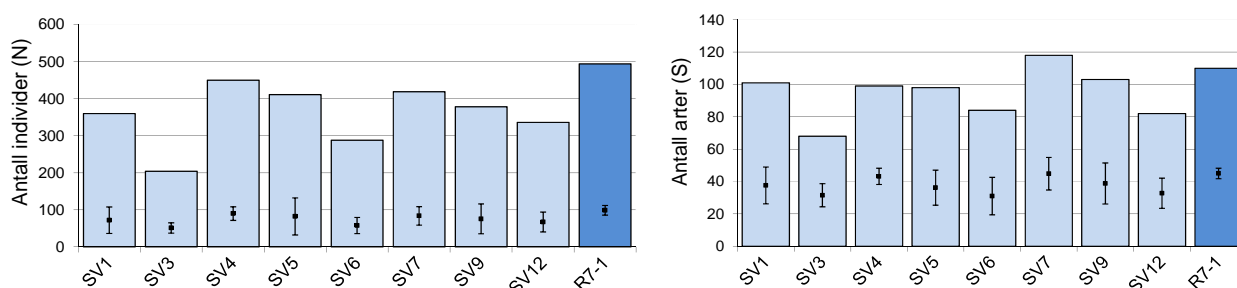
Tabell 4.4-1 viser antall individer og arter på Sverdrup (PL330) fordelt på dyregrupper. Figur 4.4-1 viser antall individer og arter på de enkelte stasjonene samt gjennomsnitt per grabb per stasjon. Juvenile Echinoidea er fjernet fra datasettet. På stasjon SV3 ble det kun tatt fire grabbprøver til fauna-analyser.

Det ble registrert 64 juvenile individer på Sverdrup (PL330). Disse er ikke inkludert i tabeller og figurer, med unntak av Tabell 4.4-2 som viser univariate indekser både med og uten juvenile.

Polychaeta (børstemark) dominerer sedimentet på Sverdrup (PL330) med hensyn på antall individer (63 %) og bidrar til 38 % av totalt antall arter. Alle dyregrupper (*Polychaeta*, *Crustacea*, *Mollusca*, *Echinodermata* og *varia*) er godt representert når det gjelder antall arter.

**Tabell 4.4-1** Antall individer (N) og arter (S) fordelt på dyregrupper (eks. juvenile), Sverdrup (PL330) 2012. Regionale stasjon R7-1 ikke inkludert.

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	204	7,2	12	5
Polychaeta	1790	62,9	92	38,3
Crustacea	351	12,3	76	31,7
Mollusca	388	13,6	44	18,3
Echinodermata	113	4,0	16	6,7
<b>Totalt</b>	<b>2846</b>	<b>100</b>	<b>240</b>	<b>100</b>



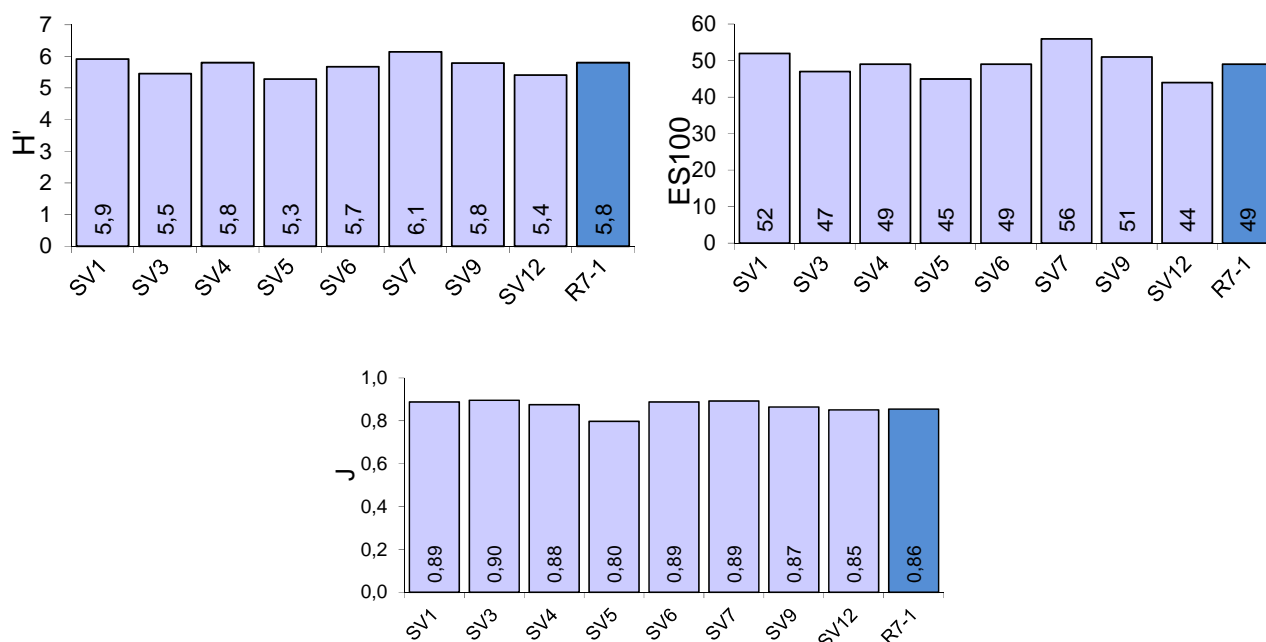
**Figur 4.4-1** Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m<sup>2</sup>, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver (0,1m<sup>2</sup>)(juvenile ikke medregnet), Sverdrup (PL330) 2012.

**Tabell 4.4-2** Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m<sup>2</sup>, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES<sub>100</sub>) for hver stasjon, Sverdrup (PL330) 2012.

Stasjon	Retn (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	Uten juvenile					Med juvenile <sup>1</sup>				
				S	N	H'	J	ES <sub>100</sub>	S	N	H'	J	ES <sub>100</sub>
SV1	45	100	310	101	360	5,91	0,89	52	102	363	5,93	0,89	53
SV3	45	500	311	68	204	5,45	0,90	47	71	210	5,53	0,90	48
SV4	135	100	308	99	450	5,80	0,88	49	103	457	5,86	0,88	50
SV5	135	250	306	98	411	5,28	0,80	45	102	419	5,34	0,80	46
SV6	135	500	309	84	288	5,67	0,89	49	86	291	5,71	0,89	49
SV7	225	100	310	118	419	6,14	0,89	56	123	433	6,22	0,90	57
SV9	225	500	309	103	378	5,79	0,87	51	106	388	5,84	0,87	51
SV12	315	500	314	82	336	5,41	0,85	44	85	343	5,48	0,85	45
R7-1	135	8000	280	110	494	5,80	0,86	49	113	500	5,84	0,86	49

Figur 4.4-2 viser diversitetsindeksene H', ES<sub>100</sub>, og J for alle stasjoner på Sverdrup (PL330) samt den regionale stasjonen R7-1.

<sup>1</sup> Indekser der juvenile er inkludert kan i noen tilfeller være basert på at juvenile og adulte individer av samme art registreres som to ulike arter.



**Figur 4.4-2** Diversitet,  $ES_{100}$  og jevnhet på Sverdrup (PL330) 2012.

De ti mest tallrike artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.4-3. Diversitet og jevnhet er meget høy på all stasjonene; og ingen av artene dominerer faunaen i vesentlig grad, og individantallet er relativt jevnt fordelt utover de ulike artene. Det vitner om en heterogen sunn havbunn med småskala-variasjoner i nisjer for de mest dominerende artene. På hver stasjon utgjør de ti mest tallrike artene mellom 36 % og 54 % av totalt antall individer.

**Tabell 4.4-3** De ti vanligste artene for hver stasjon, Sverdrup (PL330) 2012.

10 mest vanlige arter						
SV1	Antall	%	Kum%	SV3	Antall	%
Trypanosyllis (Trypanosyllis) coeliaca	31	8,61	8,6	Sabellides octocirrata	16	7,84
Amphipholis squamata	21	5,83	14,4	Trypanosyllis (Trypanosyllis) coeliaca	14	6,86
Spiophanes wigleyi	14	3,89	18,3	Galathowenia oculata	12	5,88
Spiophanes kroyeri	14	3,89	22,2	Golfingiidae	10	4,9
Heteromastus filiformis	14	3,89	26,1	Spiophanes kroyeri	9	4,41
Syllis variegata	13	3,61	29,7	Spiophanes wigleyi	9	4,41
Janira maculosa	12	3,33	33,1	Amphipholis squamata	9	4,41
Pista cristata	12	3,33	36,4	Sosanopsis wireni	7	3,43
Terebellides stroemii	11	3,06	39,4	Eunice	7	3,43
Sabellides octocirrata	10	2,78	42,2	Janira maculosa	6	2,94
SV4	Antall	%	Kum%	SV5	Antall	%
Spiophanes kroyeri	39	8,67	8,7	Limopsis minuta	101	24,57
Spiophanes wigleyi	36	8	16,7	Syllis variegata	15	3,65
Terebellides stroemii	17	3,78	20,4	Spiophanes wigleyi	14	3,41

Forts.

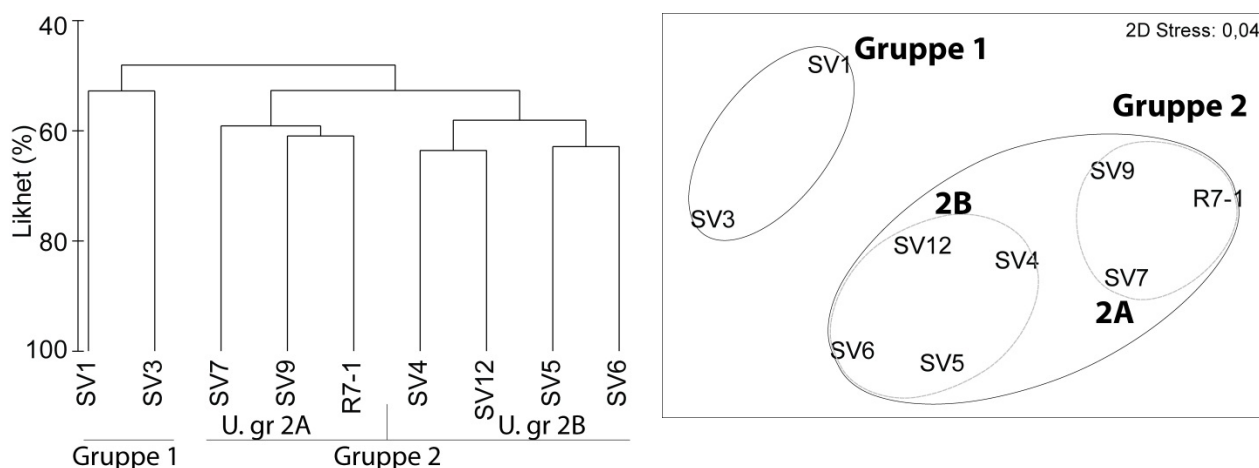
Tabell 4.4-3 *forts.*

10 mest vanlige arter							
Trypanosyllis (Trypanosyllis) coeliaca	17	3,78	24,2	Sabellides octocirrata	13	3,16	34,8
Heteromastus filiformis	13	2,89	27,1	Terebellides stroemii	13	3,16	38,0
Eunice	13	2,89	30,0	Heteromastus filiformis	13	3,16	41,1
Oligochaeta	13	2,89	32,9	Octobranhus floriceps	13	3,16	44,3
Notomastus latericeus	13	2,89	35,8	Amythasides macroglossus	12	2,92	47,2
Nemertea	12	2,67	38,4	Galathowenia oculata	12	2,92	50,1
Aphelochaeta	11	2,44	40,9	Pista cristata	10	2,43	52,6
SV6	Antall	%	Kum%	SV7	Antall	%	Kum%
Golfingiidae	18	6,25	6,3	Spiophanes kroyeri	35	8,35	8,4
Sosanopsis wireni	17	5,9	12,2	Spiophanes wigleyi	24	5,73	14,1
Sabellides octocirrata	17	5,9	18,1	Galathowenia fragilis	15	3,58	17,7
Amythasides macroglossus	15	5,21	23,3	Nemertea	14	3,34	21,0
Galathowenia oculata	14	4,86	28,1	Aphelochaeta	13	3,1	24,1
Spiophanes wigleyi	14	4,86	33,0	Onchnesoma steenstrupii	12	2,86	27,0
Heteromastus filiformis	13	4,51	37,5	Notomastus latericeus	10	2,39	29,4
Eunice	8	2,78	40,3	Sabellides octocirrata	10	2,39	31,7
Oligochaeta	8	2,78	43,1	Parvicardium minimum	10	2,39	34,1
Spiophanes kroyeri	7	2,43	45,5	Amythasides macroglossus	9	2,15	36,3
SV9	Antall	%	Kum%	SV12	Antall	%	Kum%
Spiophanes kroyeri	43	11,38	11,4	Spiophanes wigleyi	35	10,42	10,4
Spiophanes wigleyi	25	6,61	18,0	Limopsis minuta	30	8,93	19,4
Amythasides macroglossus	21	5,56	23,5	Spiophanes kroyeri	22	6,55	25,9
Pista cristata	17	4,5	28,0	Galathowenia oculata	19	5,65	31,6
Parvicardium minimum	13	3,44	31,5	Trypanosyllis (Trypanosyllis) coeliaca	16	4,76	36,3
Notomastus latericeus	13	3,44	34,9	Terebellides stroemii	15	4,46	40,8
Nemertea	12	3,17	38,1	Syllis variegata	13	3,87	44,6
Terebellides stroemii	11	2,91	41,0	Sosanopsis wireni	12	3,57	48,2
Thyasira succisa	9	2,38	43,4	Pista cristata	10	2,98	51,2
Chaetozone setosa complex	8	2,12	45,5	Sabellides octocirrata	9	2,68	53,9
R7-1	Antall	%	Kum%				
Amythasides macroglossus	38	7,69	7,7				
Octobranhus floriceps	35	7,09	14,8				
Spiophanes kroyeri	34	6,88	21,7				
Spiophanes wigleyi	25	5,06	26,7				
Aphelochaeta	20	4,05	30,8				
Parvicardium minimum	19	3,85	34,6				
Terebellides stroemii	19	3,85	38,5				
Nemertea	16	3,24	41,7				
Notomastus latericeus	12	2,43	44,1				
Notoproctus	11	2,23	46,4				



### Likhetsanalyser

Klassifikasjon og ordinasjon er gjennomført på stasjonsnivå. Den regionale stasjonen R7-1 inngår i analysene. Dendrogram og MDS-plott er vist i Figur 4.4-3. Det er noe variasjon i faunasammensetning mellom de ulike stasjonene. Analysene viser at stasjonene kan deles inn i to hovedgrupperinger ved 50 % likhet. Gruppe 2 kan deles inn i to undergrupper ved 55 % likhet. Analysen gjenspeiler et heterogent faunasamfunn med noe forskjeller i faunasammensetning mellom de ulike stasjoner.



**Figur 4.4-3** Dendrogram og MDS-plott stasjonsnivå, Sverdrup (PL330) 2012

Hovedårsak til inndeling i faunagrupper er vist i Tabell 4.4-4. Generelt er det mer individer i gruppe 2 enn i gruppe 1 (SV03 bestod kun av 4 grabbprøver). Gruppe 2 er dessuten dominert av muslingen *Limopsis minuta*, mens denne er registrert i lave antall i gruppe 1. Faunaen på den regionale stasjonen R7-1 legger seg i samme gruppe som feltstasjonene i gruppe 2 og er velegnet som sammenligningsgrunnlag for faunaen på Sverdrup (PL330).

**Tabell 4.4-4** Inndeling i hovedfaunagrupper, Sverdrup (PL330) 2012.

Gruppe	Stasjoner	Karakterisering	U.gruppe	Karakterisering
1	SV1 og SV3	Mer av børstemarkene <i>Trypanosyllis coeliaca</i> og slangestjernen <i>Amphipholis squamata</i> enn gruppe 2. SV1 har mer av disse enn SV3.		
2	SV4 til SV7, SV9, SV12 og R7-1	Generelt mer individrik enn gruppe 1. Mye mer av muslingen <i>Limopsis minuta</i> . Overvekt av børstemarkene <i>Spiophanes Kroeyeri</i> og <i>S. wigleyi</i> .	2A	Overvekt av <i>L. minuta</i> og børstemarken <i>Galathowenia oculata</i>
			2B	Overvekt av børstemarkene <i>S. kroeyeri</i> og <i>Amythasides macroglossus</i>

BioEnv-analysen på alle stasjonene ga en korrelasjonsverdi på 0,5 mellom fauna og miljøfaktorene dyp, TOM, mengde sand og metaller. Det er en relativt lav korrelasjon mellom miljøvariablene og faunasammensetning. Verdiene er lave og varierer litt mellom de ulike stasjoner og også innen gruppene i likhetsanalysen.



## 4.5 Konklusjoner

Sedimentene på Sverdrup (PL330) er heterogene med hyppige innslag av stein og grus, noe som vanskeliggjør prøvetaking i området. Sedimentene er i hovedsak klassifisert som fin sand, og andel TOM varierer fra 1,17 til 2,12 %. Innholdet av THC, PAH og NPD er lavt ( $<1 - 1$  mg/kg THC), og på samme nivå som den regionale stasjonen R7-1. Ba-nivåene er også lavt og på samme nivå som den regionale stasjonen.

Faunaen på Sverdrup (PL330) vitner om en heterogen sunn havbunn med småskala-variasjoner i nisjer for de mest dominerende artene.

Til tross for at den regionale stasjonen R7-1 ligger grunnere enn feltstasjonene, er både sedimentkarakteristikken og faunasammensetningen relativ lik den man finner på flere av stasjonene på Sverdrup (PL330), og stasjonen ansees som godt egnet som regional stasjon.

## 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 Norskehavet og Barentshavet 2012*. DNV-rapport 2012-0731.

DNV, 2012b. Toktrapport – *Grunnlagsundersøkelser i Region VI, Norskehavet og Barentshavet 2012*. DNV Rapp.nr. 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.

- 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](http://www.dnv.com)