

**Innsamling og beskrivelse av kjerneprøver og grabbprøver
fra havbunnen i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen
2004 - 2008**

Ellen Johanne Eidem og Knut Landmark

Forsvarets forskningsinstitutt/Norwegian Defence Research Establishment (FFI)

18. desember 2008

FFI-rapport 2008/02035

1027

P: ISBN 978-82-464-1497-3

E: ISBN 978-82-464-1498-0

Emneord

Kjerneprøver

Sedimentprøver

Grabbprøver

Nordsjøen

Marine sedimenter

Godkjent av

Torgeir Svolsbru

Prosjektleder

Elling Tveit

Forskningsjef

John-Mikal Størdal

Avdelingsjef

Sammendrag

I forbindelse med oppmåling av havbunnen i Forsvarets øvingsfelt i den nordlige Nordsjøen har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) tatt 40 kjerneprøver og 37 grabbprøver for undersøkelser av havbunnens beskaffenhet. Øvingsfeltet ligger mellom innløpet til Bømlafjorden (59°30'N) og innløpet til Sognefjorden (61°00'N), og strekker seg fra kysten ut mot Nordsjøplatået (2°30'E).

Informasjon om havbunnen er svært viktig i militære operasjoner tilsjøs. Utbredelsen av lyd fra skip, eksplosive ladninger og sonarer er avhengig av både topografi og havbunnens geoakustiske egenskaper ved lave frekvenser eller i grunne farvann. Havbunnen består ofte av flere lag og geoakustiske egenskaper som blant annet lydshastighet, tetthet og lagtykkelse har betydning for lydutbredelsen. Ved prediksjoner av rekkevidden til sonarer vil det tilsvarende være en stor fordel å kjenne omgivelsene best mulig. På bakgrunn av kunnskaper om havbunnens geoakustiske egenskaper kan geografiske kart over områder med lave og høye lydutbredelsestap lages, og disse kan brukes taktisk i militære operasjoner. For bunning av ubåter eller minelegging er det viktig å vite bunntypen i aktuelle områder (leir, silt, sand, grus, steinbunn osv).

Forsvaret har utviklet og benytter det akustiske modelleringsverktøyet LYBIN for prediksjoner av lydbaner og sonarrekkevidder. Det er mulig å legge inn tilgang til LYBIN i Forsvarets taktiske geografiske informasjonssystem MARIA (noe FFI har gjort). I MARIA er det dessuten mulig å legge inn elektroniske kart over både bunntype, geoakustiske parametre og lydutbredelsestap. LYBIN kan bruke informasjonen fra de elektroniske kartene, og dermed gjøre prediksjonene av for eksempel sonarrekkevidde mer nøyaktige. I andre akustiske modelleringsverktøy er også informasjon om havbunnen vesentlig.

Denne rapporten gir en oversikt over bunnprøvene FFI har tatt i årene 2004 – 2008 i øvingsfeltet, og de eksperimentelle analysene som er foretatt (kornfordeling, lydshastighet, tetthet, magnetisk susceptibilitet og skjærstyrke). Bunnprøvene er beskrevet kvalitativt i rapporten. Prøvene er med et par unntak ikke rapportert av FFI tidligere, verken i toktrapper eller i andre rapporter. Tolkning av bunnprøvene og anbefalinger om ytterligere bunnprøver i øvingsfeltet er rapportert i [1]. Klassifisering av havbunnen i øvingsfeltet på bakgrunn av bunnprøvene og annen informasjon er rapportert i [2]. En foreløpig versjon av et elektronisk kart over bunntypene i øvingsfeltet er levert Forsvaret og er tilgjengelig for MARIA.

English summary

In connection with surveying the Navy's exercise area in the northern North Sea, Forsvarets forskningsinstitutt has taken 40 gravity cores and 37 grab samples to provide physical sediment samples from the sea floor. The exercise area lies between the inlet of Bømlafjorden (59°30'N) and the inlet of Sognefjorden (61°00'N), and stretches from the coast to the North Sea Plateau (2°30'E).

Information about the seafloor is of importance in military operations at sea. The propagation of sound from ships, explosive charges and sonars is dependent on both topography and the geoacoustic properties of the seabed at low frequencies or in shallow waters. The seabed consists often of several layers, and geoacoustic parameters such as sound velocity, density and layer thickness influences the sound propagation. In predictions of sonar performance, information about the environment is correspondingly a benefit. Based on knowledge about the geoacoustical properties of the seabed, maps with areas of low and high transmission losses are made for tactical use in military operations. When laying a submarine on the seabed, it is essential to know the bottom type (clay, silt, sand, gravel, rock etc).

The Navy has developed and uses the acoustical modelling tool LYBIN in predictions of sound paths and sonar performance. It is possible to access LYBIN from the Navy's geographical information system MARIA (FFI has this option). In MARIA it is possible to add electronic charts of bottom types, geoacoustic parameters and transmission losses. LYBIN may use information from the electronic charts to improve the predictions of the sonar performance. In other acoustic modelling tools information about the seabed is also essential.

This report summarises the bottom samples taken during the years 2004 – 2008 in the exercise area, and the experimental analyses undertaken (grain size distribution, sound velocity, density, magnetic susceptibility and shear strength). The bottom samples are described qualitatively in the report. The samples have with a few exceptions not been reported by FFI earlier, neither in cruise reports nor in other reports. Interpretation of the bottom samples and recommendations for further sampling in the exercise area are treated in [1]. Classification of the seabed based on the bottom samples and other information is reported in [2]. A preliminary version of an electronic chart of the bottom types in the exercise area has been delivered the Navy, and is available for MARIA.

Innhold

	Forord	6
1	Innledning	7
2	Eksperimentelt	8
2.1	Kjerneprøver	9
2.2	Grabbprøver	12
3	Oppsummering	15
	Appendix A Bunnprøver tatt i 2004	16
	Appendix B Bunnprøver tatt i 2005	21
	Appendix C Bunnprøver tatt i 2006	22
	Appendix D Bunnprøver tatt i 2007	23
	Appendix E Bunnprøver tatt i 2008	31
	Referanser	33

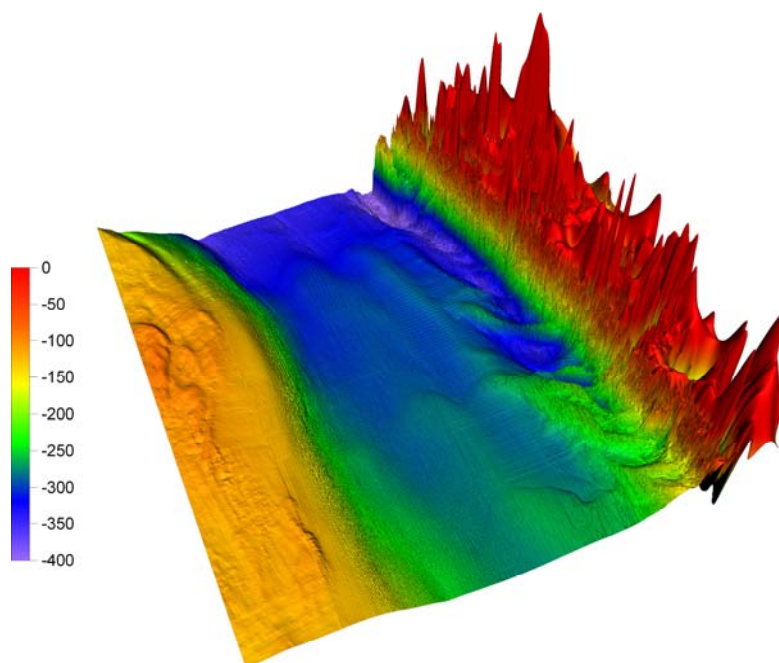
Forord

Det er mange ved FFI som har bidratt til denne rapporten. Bunnprøvene og fotografiene av disse er tatt av FFIs toktpersonell ombord i M/S H U Sverdrup II. Dette er tidkrevende arbeid som hovedsakelig har vært utført av ingeniører fra hydrografigruppen ved FFI. Knut Landmark ved FFI har analysert grabbprøvene sammen med fagekspertise fra Norges geologiske undersøkelse i 2006 og alene i 2007. Universitetet i Bergen har på oppdrag fra FFI gjort en stor jobb med eksperimentelle analyser på kjerneprøvene og fem av grabbprøvene. Ellen Johanne Eidem ved FFI har samlet inn og systematisert informasjonen om bunnprøvene og skrevet mesteparten av i kapittel 1 – 3. Arbeidet i denne rapporten er gjort under FFI-prosjektet Poseidon.

1 Innledning

I forbindelse med oppmåling av havbunnen i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) tatt kjerneprøver og grabbprøver for undersøkelser av bunnens beskaffenhet. Øvingsfeltet er definert som området mellom $59^{\circ}30' \text{ N} - 61^{\circ}00' \text{ N}$, og $002^{\circ}30' \text{ E}$ og kysten. Topografien er variert med Nordsjøplatået i vest, Norskerenna i midten og kysten i øst, se figur 1.1. FFI startet opp med havbunnskartleggingen av det aktuelle området i 2004 og vil etter planen bli ferdig i løpet av 2009. FFIs forskningsfartøy M/S H U Sverdrup II har vært plattform for innsamlingen av bunnprøver.

Denne rapporten gir en oversikt over bunnprøvene som er tatt i området i perioden 2004 – 2008. Prøvene er med et par unntak ikke rapportert tidligere av FFI, verken i toktrapper eller i andre rapporter. Denne rapporten er derfor viktig for senere bruk av bunnprøvene. I rapporten beskrives prøvene som er tatt av havbunnen, utstyret som er benyttet og de eksperimentelle analysene som er foretatt. I appendiks finnes posisjoner og beskrivelser av bunnprøvene. For grabbprøvene finnes dessuten fotografier som viser beskaffenheten. Tolkning av de eksperimentelle analysene av bunnprøvene er rapportert i [1]. Det foretas således ingen tolkninger i denne rapporten. Seismiske undersøkelser av området er rapportert i [3]. Klassifisering av havbunnen i øvingsfeltet basert på tolkning av bunnprøvene, og prosessering og tolkning av data fra enkeltstråleekkolodd og seismiske undersøkelser er rapportert i [2].



Figur 1.1 Topografien i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen sett fra sydvest. I vest sees Nordsjø-platået, i midten Norskerenna og i øst kysten med landtopografi.

2 Eksperimentelt

Totalt har FFI innsamlet 40 kjerneprøver og 37 grabbprøver fra havbunnen i Forsvarets øvingsområde i perioden 2004 – 2008. FFIs forskningsfartøy M/S H U Sverdrup II har vært plattform og vises i figur 2.1. I 2004 og 2008 ble det kun tatt grabbprøver, og i 2006 kun kjerneprøver. Fordelingen hvert år er gitt i tabell 2.1. Kjerneprøvetakeren og grabben som ble benyttet vises i figur 2.2. Kjerneprøvene har en diameter på 63 mm. De første årene ble det tatt mange kjerneprøver i midten av Norskerenna. I 2007 var det ønskelig å favne flere forskjellige typer sedimenter, og kjerneprøvene ble tatt på utvalgte steder basert på det vi hadde av informasjon om området. Informasjonen var tildels funnet i litteraturen, tildels gjennom prosessering og tolkning av dataene fra enkeltstråleekkoloddet som FFI hadde samlet inn i forbindelse med oppmålingen av øvingsfeltet. Vi forsøkte å ta flere kjerneprøver enn de 40 som er omhandlet i denne rapporten. Enkelte ganger kom sylinderen tom opp fra havet. Spesielt skjedde dette på Nordsjø-platået vest i øvingsfeltet, noe som antas å skyldes hovedsakelig ugjennomtrengelig skjellsand og/eller grove sedimenter. På Nordsjø-platået finnes derfor kun grabbprøver. Det hendte også at en grabbprøve ble mislykket, og vi forsøkte da å ta en kjerneprøve i stedet.

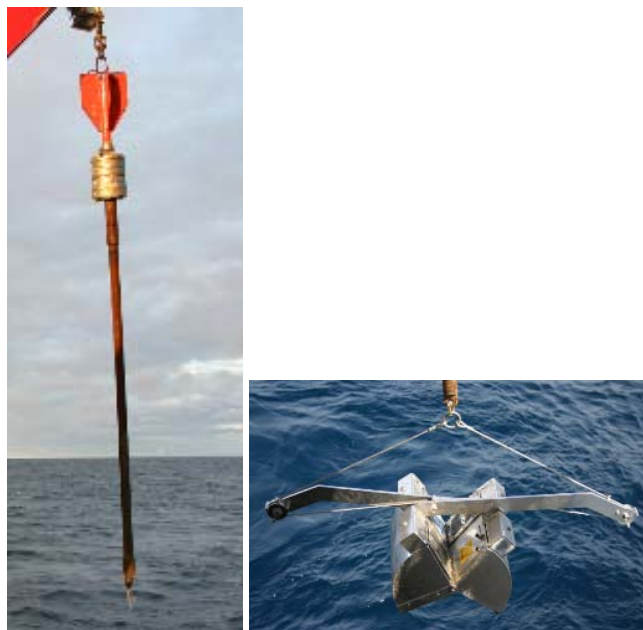
Posisjoner og beskrivelse av bunnprøvene er gitt i tabeller i appendiks A-E. Fotografier av de fleste av grabbprøvene er også gitt i appendiks. Grabbprøvene og kjerneprøvene fra 2007 fikk navn av FFIs toktpersonell ombord i M/S H U Sverdrup II. Navnene er knyttet til planleggingen som ble gjort i forkant av prøvene, og er tildels kryptiske for uinnvidde. Senere ble disse prøvene nummerert fortløpende. I appendiks er både navn og nummer oppgitt.



Figur 2.1 FFIs forskningsfartøy M/S H U Sverdrup II har innsamlet 40 kjerneprøver og 37 grabbprøver fra havbunnen i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen i perioden 2004 – 2008.

Bunnprøver tatt år	2004	2005	2006	2007	2008	Totalt
Kjerneprøver analysert ved UiB		8	16	16		40
Grabbprøver analysert av FFI/NGU	12	3		17		32
Grabbprøver analysert ved UiB					5	5

Tabell 2.1 Antall kjerneprøver og grabbprøver tatt i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen i perioden 2004 – 2008.

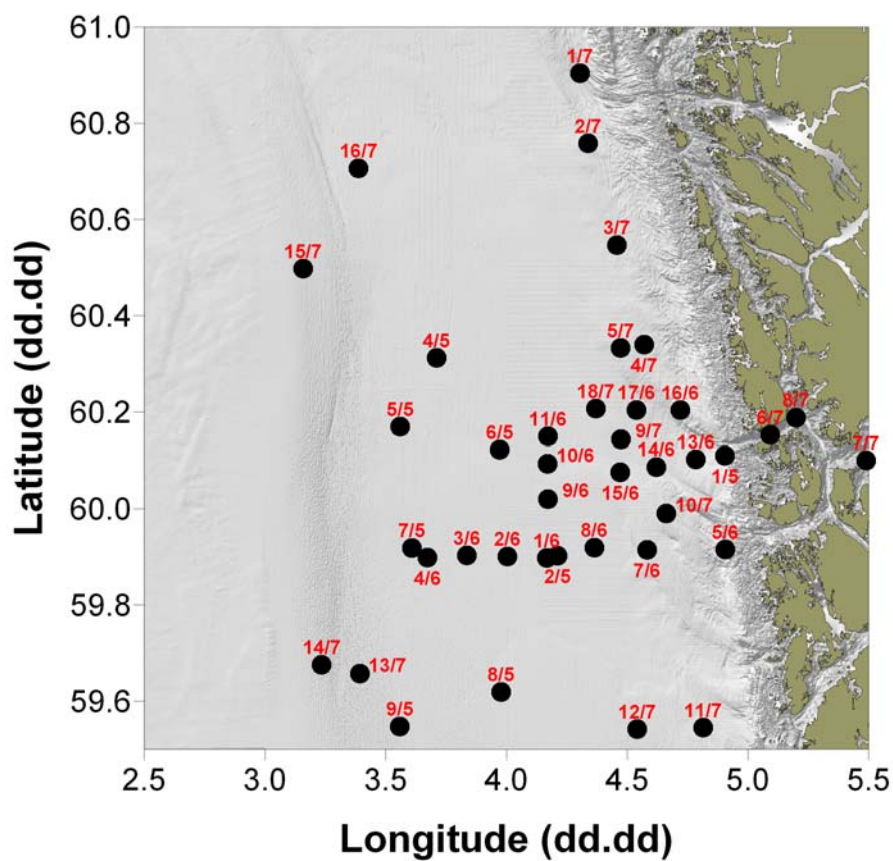


Figur 2.2 Kjerneprøvetaker og grabb ble benyttet til å ta bunnprøver fra M/S H U Sverdrup II.

2.1 Kjerneprøver

Alle kjerneprøvene ble sendt til Universitetet i Bergen (UiB) for eksperimentelle analyser. UiB har rapportert analysene i tre rapporter [4-6]. Hvilke prøver som er rapportert hvilket år er gitt i tabell 2.2. De åtte kjerneprøvene tatt i 2005 ble innsamlet på to forskjellige tokt. Prøvene 01/05 og 02/05 er fra et geofysikktokt i september 2005 (fase S-VII) [7], mens de resterende seks ble innsamlet på et hydrografitokt i desember 2005 (måleoppdrag 15/05). Tre av de åtte kjerneprøvene tatt i 2005 ble sendt UiB i april 2006, sammen med alle kjerneprøvene innsamlet på et geofysikktokt i februar 2006 (fase S-II). De fem resterende kjerneprøvene fra 2005 ble sendt UiB i august-september 2007 etter å ha vært lagret ved FFI i Horten i en lengre periode. Disse er rapportert i [5]. Kjerneprøvene tatt på hydrografitoktet i november 2007 ble sendt umiddelbart til UiB etter toktet. Figur 2.3 viser geografisk posisjon til kjerneprøvene.

Et gjennomgående problem for alle de 40 kjerneprøvene er at sedimentene ikke fyller opp sylindrene helt øverst. Det medfører at når prøvene lagres liggende flyter sedimentet noe utover og det oppstår sprekker nedover i kjernen som vist i figur 2.4. Dette synes verst for prøvene tatt i 2007.



Figur 2.3 Posisjoner til kjerneprøvene tatt av FFI i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen i perioden 2005 – 2007. Alle kjerneprøvene er analysert ved UiB.



Figur 2.4 To eksempler på dårlig fylling og sprekker i sedimentet. Foto fra Universitetet i Bergen.

Ved UiB ble kjerneprøvene sendt gjennom GEOTEK Multi Sensor Core Logger (MSCL) for detaljerte målinger av gammatetthet, lyd hastighet og magnetisk susceptibilitet. I 2006 ble kjerneprøvene splittet, og på bakgrunn av denne erfaringen ble prøvene ikke splittet i 2007 og 2008. I 2006 ble det tatt bilder av prøvene (mulig siden prøvene ble splittet). MSCL kalibreres før målingene ved hjelp av en vannfylt tube med aluminiumsblokker av trinnvis økende diameter [4-6;8]. Aluminium er valgt siden marine sedimenter ofte består av kvarts (2.65 g/cm^3) og kalsitt (2.71 g/cm^3) som har omtrent samme tetthet som aluminium (2.70 g/cm^3) [8]. Før målingene ble kjerneprøvene tilpasset romtemperatur ($18.6 - 18.9^\circ\text{C}$). Sedimenttemperaturen logges under målingene, men dataene ble ikke lagret.

Lyd hastigheten måles ved hjelp av 250-500 kHz piezoelektriske transdusere [4-6;8]. Gammatettheten (estimert våttetthet) beregnes ved å sammenligne dempningen av gammastråler gjennom kjerneprøven med dempningen av gammastråler gjennom aluminium. Kvaliteten på både gammatetthets- og lyd hastighetsverdiene avhenger av nøyaktig måling av sedimenttykkelse, graden av sedimentmetning og nærvær av luft mellom sediment og sylinder [4-6]. Maksimal signalamplitude på utsendt signal under lyd hastighetsmålingene var 100% i 2006 og 77% i 2007 og 2008. Grunnen til redusert maksimal signalamplitude i de to siste årene er uklart. På grunn av usikkerheten rundt måleresultatene kalibrerte UiB utstyret i november 2008 og foretok en ny måling av gammatetthet og lyd hastighet på kjerneprøve 04/07. Lyd hastigheten i opprinnelig og ny måling ble forbløffende like i hele kjerneprøven. Tettheten ble noe lavere i de øverste 50 cm av kjerneprøven sammenlignet med opprinnelig måling, men lenger nede i kjerneprøven er det stort samsvar. Ved den nye målingen av 04/07 kom signalamplituden opp i 92-93%. UiB konkluderer derfor med at de opprinnelige måleresultatene er korrekte, selv om signalamplituden er lavere enn vanlig. Kjerneprøvenes diameter er i minste laget for UiBs målemetoder og gir seg blant annet utslag i at lyd hastigheten ikke lar seg beregne i det øverste laget (den øverste delen av kjerneprøven).

Magnetisk susceptibilitet ble målt på kjerneprøver tatt i 2005 og 2006 ved hjelp av alternerende magnetfelt. Ved målinger på splittede kjerneprøver ble MSCLs punktsensor benyttet, og ved målinger på hele kjerneprøver ble MSCLs loopsensor benyttet.

Skjærstyrke ble målt med en fallende kjegleteknikk på utvalgte steder langs prøvene [9].

For måling av kornfordeling tar UiB ut delprøver avhengig av hvor homogene sedimentene er. Hver prøve som tas ut er 1 – 1.5 cm tykk. Prøvene behandles før de siles gjennom sikter med progressivt mindre maskevidder (1 mm, 0.25^1 mm , 0.15 mm^2 , 0.125 mm og 0.063 mm). En Micrometrics Sedigraph 5100³-analysator brukes til å analysere de fineste sedimentene (partikler mindre enn 0.063 mm). Nedre grense for Sedigraph-analysene er 2 μm for prøvene tatt i 2005 og 2006, og 1 μm for prøvene tatt i 2007. I rådatafilene skal det være mulig å lese ut data for 1 μm for de to første årene også, men dette har ikke vært vellykket.

¹ Kun kjerneprøver fra 2007

² Kun kjerneprøver fra 2005

³ Sedigraph III 5120 ble benyttet for analyse av prøvene tatt i 2007 og 2008

Etter ønske fra FFI ble den øverste delprøven til utvalgte kjerneprøver etteranalysert i 2008 for å finne andelen korn større enn 2 mm. Dette gjelder 01/05, 05/05, 05/06, 07/06, 16/06, 02/07, 05/07, 10/07, 11/07 og 12/07. I tillegg til ovennevnte prøver ble 05/05 ved en feil resikket på 2 mm helt unødvendig siden fraksjonen > 1 mm er ubetydelig. Kjerneprøve 08/06 som FFI også ønsket å etteranalysere ble ikke funnet ved UiB.

Oversikt over nummereringen av kjerneprøvene, hva som er gjort av analyser ved UiB og hvilke datafiler som inneholder analyseresultatene er gitt i tabell 2.3. Beskrivelse av de to øverste lagene i kjerneprøvene er gitt i appendiks. Dette er informasjon tatt fra UiBs rapporter [4-6].

Kjerneprøver tatt år	2005	2006	2007
Kjerneprøver rapportert år	2006 [4] 2007 [5]	2006 [4]	2008 [6]

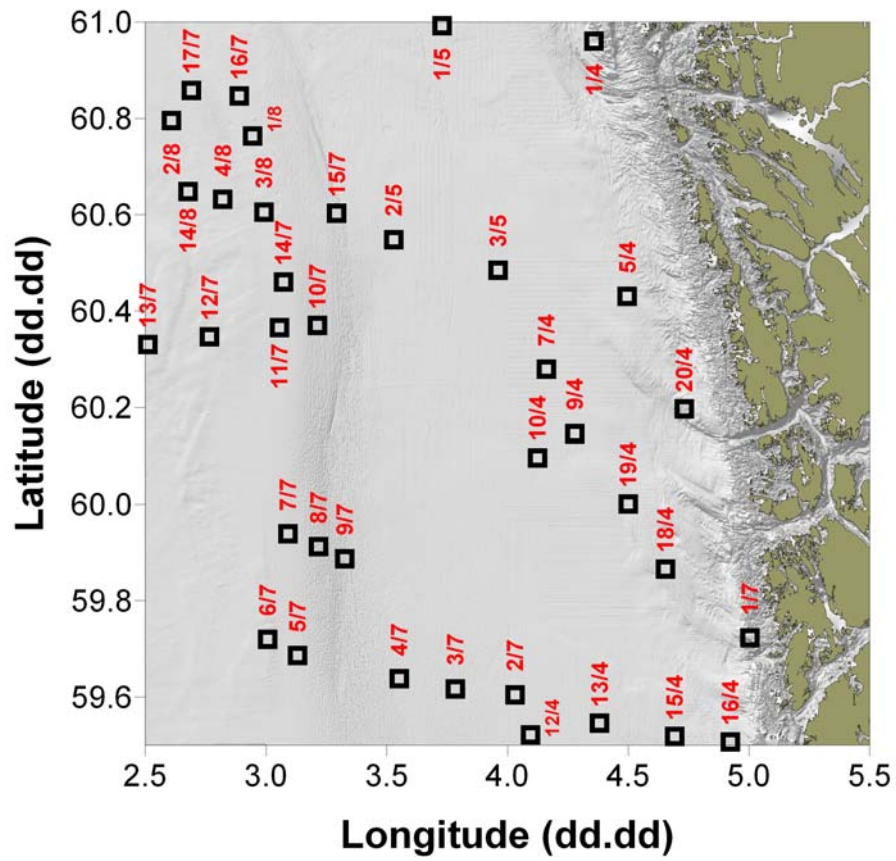
Tabell 2.2 Kjerneprøvene analysert ved Universitetet i Bergen er rapportert i tre omganger.

2.2 Grabbprøver

Til sammen 32 av grabbprøvene ble analysert kvalitativt ombord i M/S H U Sverdrup II. Grabbprøvene tatt på et hydrografitokt mars-april 2004 (måleoppdrag 03/04) ble frosset ned og analysert samtidig med grabbprøvene tatt på et hydrografitokt i desember 2005 (måleoppdrag 15/05). Analysene ble utført av FFI i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse (NGU). En rudimentær analysemetode ble benyttet (se og føle, gni og klemme og eventuelt smake). Grabbprøvene tatt på et hydrografitokt i november 2007 ble analysert etter hvert som de ble tatt opp på samme måte, men av FFI alene. Grabbprøvene tatt på et hydrografitokt i mars 2008 (måleoppdrag 08/08) ble sendt umiddelbart til UiB for analyse av kornfordeling for å kunne sammenlignes med analysene av kjerneprøvene. Det ble benyttet maskevidder mellom 4 mm og 63 µm. På en av prøvene (01/08) ble det i tillegg foretatt en nødvendig Sedigraph-analyse for å bestemme fordelingen av de finere sedimentene. Det er ikke foretatt en rudimentær analyse på disse grabbprøvene.

De fleste av grabbprøvene som er analysert rudimentært har flere fraksjoner, og det er vanskelig å si hvilken fraksjon som er størst i slamprøvene. Mange slamprøver har et lite innslag av sand og dette er notert i beskrivelsen av prøvene. Selv små sandfraksjoner er lette å observere i ellers finkornige slamprøver. Flere av prøvene på Nordsjø-plataet er svært homogene sandprøver med svært lite finere partikler. I utgangspunktet er alt materiale større enn 2 mm notert som grus, også i større steiner. Dimensjonen på største stein i prøven er notert. Noen steder er termene *pebbles/boulders* benyttet.

Figur 2.5 viser hvor grabbprøvene er innsamlet.



Figur 2.5 Posisjoner til grabbprøvene tatt av FFI i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen i perioden 2004 – 2008. De fem prøvene tatt i 2008 på Nordsjøplatået ble sendt til analyse ved UiB.

Bunnprøver	Dokumentasjon fra UiB	Innhold
<p>2005 Kjerneprøve 01/05</p> <p>2005 Kjerneprøver 05/05, 06/05</p> <p>2006 Kjerneprøver 01/06, 02/06, 03/06, 04/06, 05/06, 07/06, 08/06, 09/06, 10/06, 11/06, 13/06, 14/06, 15/06, 16/06, 17/06, 18/06</p>	<p>Analyserapport fra 2006 [4]</p> <p>Datafiler: FFI Core Report_2006.pdf Figures_1-6_2006.pdf Figure_7-11_2006.pdf Figure_12-16_2006.pdf Figure_17-22_2006.pdf Grain size data set.xls Sedigraf_data_FFI_2006.xls Poseidon29.05_m.2mm.xls (2 mm kornfraksjon)</p>	<p>Beskrivelse og bilde av prøven, kumulativ kornstørrelse (1 mm – 2 µm), lydastighet, gamma-tetthet, magnetisk susceptibilitet, fraksjonert porøsitet, skjærstyrke</p> <p>2 mm fraksjon ble målt i ettertid for grove prøver (01/05, 05/05 (ekstra), 05/06, 07/06, 08/06 (fant ikke prøven) og 16/06)</p>
<p>2005 Kjerneprøve 02/05</p> <p>2005 Kjerneprøver 04/05, 07/05, 08/05, 09/05</p>	<p>Analyserapport fra 2007 [5]</p> <p>Datafiler: FFI Core Report_2007.pdf Poseidon 07_Grain size.xls</p> <p>Rtp-filer (rådata)</p> <p>Skjærstyrke_cores_2005-2007.xls (skjær)</p>	<p>Beskrivelse av prøven, kumulativ kornstørrelse (1 mm – 2 µm), lydastighet, gammatetthet, magnetisk susceptibilitet, fraksjonert porøsitet, vektfordeling Skjærstyrken ble målt i ettertid</p>
<p>2007 Kjerneprøver 01/07, 02/07, 03/07, 04/07, 05/07, 06/07, 07/07, 08/07, 09/07, 10/07, 11/07, 12/07, 13/07, 14/07, 15/07, 16/07</p>	<p>Analyserapport fra 2008 [6]</p> <p>Datafiler: Report_FFI_2008.pdf Grainsize_shear_FFI2008.xls Rtp-filer (rådata)</p> <p>Kornfordeling FFI 2008.xls</p> <p>Poseidon_08(09.06.08)_m.2m m.xls (2 mm fraksjon)</p>	<p>Beskrivelse av prøven, kumulativ kornstørrelse (1 mm – 1 µm), lydastighet, gammatetthet, fraksjonert porøsitet, skjærstyrke, vektfordeling</p> <p>2 mm fraksjon ble målt i ettertid for grove prøver (02/07, 05/07, 10/07, 11/07 og 12/07)</p>
<p>2008 Grabbprøver 01/08, 02/08, 03/08, 04/08, 14/08</p>	<p>Datafil: Sverdrup-0808 Grain size final.xls</p>	<p>Kumulativ kornstørrelse (4 mm – 63 µm / 2 µm)</p>

Tabell 2.3 Nummerering av kjerneprøver og grabbprøver sendt til analyse ved UiB, og tilhørende rapporter. I rapportene finnes også kjerneprøver fra Barentshavet.

3 Oppsummering

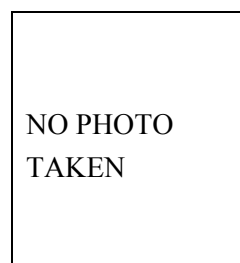
Omfattende undersøkelser av havbunnen i Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen er foretatt. Per august 2008 er det innsamlet 37 grabbprøver og 40 kjerneprøver. Kjerneprøvene er analysert ved Universitetet i Bergen (UiB) med tanke på kornfordeling, lydshastighet, gammatetthet, magnetisk susceptibilitet og skjærstyrke. For fem av grabbprøvene er kornfordelingen analysert ved UiB. De resterende grabbprøvene er analysert rudimentært av FFI delvis i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse.

Appendix A Bunnprøver tatt i 2004

Lengde- og breddegrad for grabbprøvene tatt i 2004 er listen i tabellen nedenfor. Fotografier av prøvene og beskrivelse finnes i figur A.1 – A.12 (prøve 01/04 ble det ikke tatt bilde av dessverre). Klassifisering av prøvene er foretatt av FFI i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse. Prøvene ble tatt på et hydrogratfokt 31/3 – 1/4 2004 (måleoppdrag 03/04).

Grab #	Longitudo (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Classification (description)
01/04	4.359	60.961	Silty clay with minor sand
05/04	4.496	60.431	Silty-clayey sand with gravel ≤ 1 cm (Mud with sand and gravel and tiny shell fragments)
07/04	4.161	60.279	Silty clay (Clay with tiny shell fragments)
09/04	4.278	60.146	Silty clay with minor sand (Clay with silt and sand, some shell fragments)
10/04	4.124	60.097	Silty clay
12/04	4.095	59.522	Silty clay
13/04	4.381	59.546	Clayey silt with minor sand (Clay and silt with sand and some gravel ≤ 1 cm)
15/04	4.692	59.518	Sandy mud (clay + silt) with shell fragments and gravel (≤ 4 cm).
16/04	4.923	59.507	Silty-clayey sand with gravel (≤ 2 cm).
18/04	4.654	59.866	Sandy-clayey silt (Sandy mud with shell fragments)
19/04	4.500	60.001	Sandy-clayey sand (Mud and coarser material, lots of shell fragments)
20/04	4.731	60.197	Silty-clayey sand with gravel (≤ 4 cm).

Tabell A.1 Grabbprøver tatt i 2004.



Figur A.1 Grab 01/04, 31.03.2004, 60°57,6573' N, 004°21,5187' E
Sticky, fine-grained material with some sand grains. Olive gray color (hue 5Y 5/3⁴).
Classification: Silty clay with minor sand.

⁴ Color code from Munsell's soil color chart



*Figur A.2 Grab 05/04, 31.03.2004, 60°25,8303' N, 004°29,751' E
Heterogeneous muddy sample with well-sorted sand and some gravel and tiny shell fragments. Dark-grayish brown color (2.5Y 4/2), oxidized surface. Classification: Silty-clayey sand with gravel (≤ 1 cm).*



*Figur A.3 Grab 07/04, 31.03.2004, 60°16,7604' N, 004°09,6596' E
Clay with tiny shell fragments. Very little sand. Dark gray color (2.5Y 4/1). Classification: Silty clay.*



*Figur A.4 Grab 09/04, 31.03.2004, 60°08.7702' N, 004°16.6771' E
Sticky clay with silt and sand. Low water content. Some fine shell fragments. Dark gray color (5Y 4/1). Classification: Silty clay with minor sand.*



*Figur A.5 Grab 10/04, 31.03.2004, 60°05,8015' N, 004°07,4561' E
Homogenous material, mainly clay with substantial fraction of silt. No or very little sand. Some organic material. Very dark grayish brown color (2.5Y 3\2).
Classification: Silty clay.*



*Figur A.6 Grab 12/04, 31.03.2004, 59°31,2920' N, 004°05,6868' E
Silt and clay. Gray color (5Y 4\1). Classification: Silty clay.*



*Figur A.7 Grab 13/04, 01.04.2004, 59°32,7450' N, 004°22,8352' E
Clay and silt with sand and some gravel (≤ 1 cm). Dark grayish brown color (2.5Y 4\2). Classification: Clayey silt with minor sand.*



*Figur A.8 Grab 15/04, 01.04.2004, 59°31,1005' N, 004°41,5186' E
Heterogeneous mix of gravel, sand, shell fragments and fine-grained, sticky material. Dark-grayish brown color (2.5Y 4/2). Classification: Sandy mud (clay + silt) with shell fragments and gravel (≤ 4 cm).*



*Figur A.9 Grab 16/04, 01.04.2004, 59°30,4446' N, 004°55,3889' E
Sand and some gravel with muddy matrix. Dark gray color (5Y 4/1), with brownish surface. Classification: Silty-clayey sand with gravel (≤ 2 cm).*



*Figur A.10 Grab 18/04, 01.04.2004, 59°51,9514' N, 004°39,2641' E
Sandy mud with shell fragments. Olive brown color (2.5Y 4/4). Classification: Sandy-clayey silt.*



*Figur A.11 Grab 19/04, 01.04.2004, 60°00,0570' N, 004°30,0154' E
A mix of mud and coarser material. Lots of shell fragments. Dark grayish brown color (2.5Y 4\2). Classification: Sandy-clayey sand.*



*Figur A.12 Grab 20/04, 01.04.2004, 60°11,8113' N, 004°43,8768' E
Soft, muddy sand with high water content. Some organic material. Olive brown color (2.5Y 4\4). Classification: Silty-clayey sand with gravel (≤ 4 cm).*

Appendix B Bunnprøver tatt i 2005

Lengde- og breddegrad for grabbprøver og kjerneprøver tatt i 2005 er listet i tabell B.1 og tabell B.2 nedenfor. Klassifisering av grabbprøvene er foretatt av FFI i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse. Kjerneprøvene listet i tabell B.2 er analysert ved UiB og rapportert i [4;5]. Beskrivelsen av de to øverste lagene gitt i tabell B.2 er tatt fra [4;5]. Kjerneprøvene 01/05 og 02/05 ble tatt på et geofysikktokt (fase S-VII) 12. september 2005 [7]. Grabbprøvene og de øvrige kjerneprøvene ble tatt på et hydrografitokt 3/12 – 4/12 2005 (måleoppdrag 15/05).

Grab #	Longitudo (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Description
01/05	3.728	60.992	Silty clay with minor sand
02/05	3.528	60.548	Clayey-sandy silt
03/05	3.961	60.485	Silty clay

Tabell B.1 Grabbprøver tatt i 2005.

Core #	Longitudo (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Layer 1	Layer 2	Comments	Water depth (m)	Core length (cm)
01/05	4.905	60.110	Silty sand w/gravel	Clayey silt		240	122.9
02/05	4.211	59.902	Clayey silt w/sand	Clayey silt		285	155.0
04/05	3.710	60.313	Clayey silt w/sand	Clayey silt	Empty barrel at the top	298	193.1
05/05	3.560	60.170	Sandy silt	Silty		292	103.6
06/05	3.972	60.122 (60.013)	Not described	Silty		279	125.5
07/05	3.608	59.919	Silty w/sand	Clayey silt	Empty barrel at the top	280	189.5
08/05	3.978	59.620	Clayey silt	Silty clay		274	275.8
09/05	3.558	59.548	Silty w/sand	Clayey silt w/sporadic sand	Empty barrel at the top	247	190.4

Tabell B.2 Kjerneprøver tatt i 2005. Beskrivelse av øverste og nest øverste lag i henholdsvis kolonne 4 og 5.

Appendix C Bunnprøver tatt i 2006

Lengde- og breddegrad for kjerneprøver tatt i 2006 er listet i tabell C.1. Kjerneprøvene er analysert ved UiB og rapportert i [4;5]. Beskrivelse av de to øverste lagene gitt i tabellen er tatt fra [4;5]. Prøvene ble tatt på et geofysikktokt 1. – 3. februar 2006 (fase S-II).

Core #	Longitude (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Layer 1	Layer 2	Water depth (m)	Core length (cm)
01/06	4.167	59.898	Silty w/sand	Silty	277	182.0
02/06	4.003	59.901	Silty w/sand	Silty w/sand and clay	277	116.8
03/06	3.836	59.903	Not described	Silty	283	114.3
04/06	3.673	59.899	Sandy silt	Clayey silt	280	116.6
05/06	4.906	59.915	Not described	Silty sand w/gravel	199	42.0
07/06	4.582	59.915	Silty sand w/sand and clay	Sandy	243	198.0
08/06	4.364	59.920	Sandy silt	Clayey silt w/sand	283	203.5
09/06	4.172	60.020	Clayey silt w/sand	Clayey silt	283	156.5
10/06	4.171	60.094	Clayey silt w/sand	Clayey silt	291	167.0
11/06	4.171	60.150	Clayey silt w/sand	Clayey silt	294	138.0
13/06	4.784	60.103	Not described	Sandy silt	321	208.0
14/06	4.620	60.087	Clayey silt	Clayey silt w/sand	312	123.5
15/06	4.472	60.076	Silty sand	Silty clay w/sand	274	192.5
16/06	4.719	60.204	Silty sand	Not described	285	52.5
17/06	4.538	60.204	Clayey silt w/sand	Clayey silt	315	149.0
18/06	4.370	60.207	Clayey silt w/sand	Clayey silt	284	158.0

Tabell C.1 Kjerneprøver tatt i 2006. Beskrivelse av øverste og nest øverste lag i henholdsvis kolonne 4 og 5.

Appendix D Bunnprøver tatt i 2007

Tabell D.1 og tabell D.2 lister lengde- og breddegrad for henholdsvis kjerneprøvene og grabbprøvene tatt i 2007 i øvingsfeltet. Navn på prøvene ble gitt under planleggingen og er uforståelig for uinnvidde. Kjerneprøvene er analysert ved UiB og rapportert i [6]. Beskrivelse av de to øverste lagene i kjerneprøvene er gitt i tabell D.1 og tatt fra [6]. I figur D.1 – D.17 vises fotografier av grabbprøvene. Beskrivelse av grabbprøvene ble foretatt av FFI ombord i M/S H U Sverdrup II. Prøvene ble tatt på et hydrografitokt 4. – 15. november 2007 (delvis under måleoppdrag 27/07).

Core #	Longitude (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Layer 1	Layer 2	Name	Water depth (m)	Core length (cm)
01/07	4.304	60.904	Silty clay w/sporadic sand, stones	Clayey silt	02	434	231.7
02/07	4.338	60.758	Sandy w/silt and clay, stone and shell fragments	Sandy silt	15	326	199.5
03/07	4.457	60.547	Silty clay	Sandy silt	16	317	142.1
04/07	4.570	60.340	Sandy silty clay	Silty clay	03	295	213.7
05/07	4.473	60.333	Sandy silt	Silty clay	04	275	148.1
06/07	5.093	60.153	Sand silty clay	Silty clay	100	615	230.9
07/07	5.489	60.100	Silty clay w/sporadic sand	Silty clay	102	590	163.7
08/07	5.199	60.188	Silty clay w/sand	Empty barrel	101	672	171.9
09/07	4.474	60.144	Silty clay w/sand	Clayey silt w/sand	01	289	148.8
10/07	4.663	59.990	Silty sand, stone	Sandy silt w/clay	17	236	51.2
11/07	4.814	59.545	Silty sand	Sandy silty-clay	06	211	44.2
12/07	4.541	59.542	Silty sand	Silty clay w/sand	05	260	55.6
13/07	3.392	59.657	Sandy silt	Silty w/sand and clay	EM09	220	90.4
14/07	3.235	59.676	Sandy silt	Silty clay	EM08	168	237
15/07	3.158	60.498	Silty sand	Clayey silt	08	168	142.5
16/07	3.388	60.707	Sandy silt	Silty clay	07	324	131.0

Tabell D.1 Kjerneprøver tatt i 2007. Beskrivelse av øverste og nest øverste lag i henholdsvis kolonne 4 og 5. Alle kjernene unntatt 14/07 er tomme de øverste 5-10 cm av cylinderen. Navn på prøvene ble gitt under planleggingen og er uforståelig for uinnvidde.

Grab #	Longitude (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Name	Classification (description)	Water depth (m)
01/07	5.003	59.723	Grab 03	Silty sand and gravel with many pebbles and boulders, a few small shells	101
02/07	4.031	59.605	Grab EM12	Very soft, fine clay, no sand	274
03/07	3.784	59.617	Grab EM11	Very soft silty clay, no sand, almost a (viscous) "fluid"	269
04/07	3.552	59.638	Grab EM10	Silt, sticky, dense sample	249
05/07	3.131	59.686	Grab EM07	Fine, silty sand w/one small chunk of silty clay, some biological material	135
06/07	3.007	59.720	Grab EM06	Medium-fine sand, no silt or clay, a few shells and a nice sea porcupine	110
07/07	3.091	59.939	Grab EM03	Fine, silty sand	133
08/07	3.218	59.912	Grab EM04	Fine, silty sand	178
09/07	3.325	59.888	Grab EM05	Sandy silt	238
10/07	3.213	60.370	Grab EM02	Silty clay on the surface, sandy silt and silty, fine sand in the interior w/some biological material => Sandy silt	185
11/07	3.056	60.366	Grab "Core 09"	Very fine sand, a few small organisms	121
12/07	2.766	60.347	Grab "Core 10"	Very fine sand, mixed with tiny shell fragments, some animals.	103
13/07	2.511	60.331	Grab "Core 11"	Medium-fine sand, tiny shell fragments and two large, live clamshells	95
14/07	3.073	60.461	Grab EM01	Fine sand, small shell fragments	129
15/07	3.293	60.603	Grab "Core 14"	Silt- partly soft, partly sandy	273
16/07	2.889	60.847	Grab "Core 13"	Very fine, silty sand	195
17/07	2.690	60.858	Grab "Core 12"	Medium sand, no silt or clay	125

Tabell D.2 Grabbprøver tatt i 2007. Klassifiseringen er foretatt av FFI ombord i M/S H U Sverdrup II. Navn på prøvene ble gitt under planleggingen og er uforståelig for uinnvidde.



Figur D.1 Grab 01/07, "Grab 03", 13/11-07 12:59, 59°43.380' N, 5°00.180' E, 101 m, Silty sand and gravel with many pebbles and boulders (size 1-8 cm.). A few small shells. Very heterogeneous sample of glacial material (moraine).



Figur D.2 Grab 02/07, "EM12", 13/11-07 19:43, 59°36.295' N, 4°01.868' E, 274 m, Very soft, fine clay, No sand, full sample, completely homogeneous.



Figur D.3 Grab 03/07, "EM11", 13/11-07 21:08, 59°37.032' N, 3°47.068' E, 269 m, Very soft silty clay, no sand, almost a (viscous) "fluid". Homogeneous sample.



*Figur D.4 Grab 04/07, "EM10", 14/11-07 07:59, 59°38.301' N, 3°33.121' E, 249 m
Silt. Sticky, dense sample. Used core barrel to collect sample (grab failed). Analyzed top part of core, but core sample was discarded afterwards.*



*Figur D.5 Grab 05/07, "EM07", 14/11-07 12:09, 59°41.178' N, 3°07.840' E, 135 m
Fine, silty sand. One small chunk of silty clay. Some biological material.*



*Figur D.6 Grab 06/07, "EM06", 14/11-07 13:13, 59°43.228' N, 3°00.413' E, 110 m
Medium-fine sand. No silt or clay. Brownish-yellowish tint. A few shells and a nice sea porcupine.*



*Figur D.7 Grab 07/07, "EM03", 14/11-07 15:12, 59°56.344' N, 3°05.468' E, 133 m
Fine, silty sand. Olive greenish tint.*



*Figur D.8 Grab 08/07, "EM04", 14/11-07 16:23, 59°54.742' N, 3°13.073' E, 178 m
Fine, silty sand.*



*Figur D.9 Grab 09/07, "EM05", 14/11-07 17:24, 59°53.256' N, 3°19.515' E, 238 m
Sandy silt. Predominantly silty but with a fraction of fine sand.*



*Figur D.10 Grab 10/07, "EM02", 14/11-07 21:03, 60°22.223' N, 3°12.794' E, 185 m
Silty clay on the surface. Sandy silt and silty, fine sand in the interior. Some biological material. Classified as sandy silt in this report.*



*Figur D.11 Grab 11/07, "Core 09", 15/11-07 07:27, 60°21.960' N, 3°03.360' E, 121 m
Very fine sand. Homogeneous sample with a few small organisms. Grab for core (core was empty).*



*Figur D.12 Grab 12/07, "Core 10", 15/11-07 09:13, 60°20.827' N, 2°45.965' E, 103 m
Very fine sand. Sand mixed with tiny shell fragments. Brownish tint. Some animals.
Grab for core (core was empty).*



*Figur D.13 Grab 13/07, "Core 11", 15/11-07 10:26, 60°19.860' N, 2°30.660' E, 95 m
Medium-fine sand. Brownish tint. Tiny shell fragments and two large, live
clamshells. Grab for core (core was empty).*



*Figur D.14 Grab 14/07, "EM01", 15/11-07 13:08, 60°27.647' N, 3°04.366' E, 129 m
Fine sand. Brownish tint. Small shell fragments. Small sample.*



*Figur D.15 Grab 15/07, "Core 14", 15/11-07 16:04, 60°36.180' N, 3°17.580' E, 273 m
Silt - partly soft, partly sandy. Grab for core (core was empty).*



*Figur D.16 Grab 16/07, "Core 13", 15/11-07 21:34, 60°50.795' N, 2°53.343' E, 195 m
Very fine, silty sand. Grab for core (core was empty).*



*Figur D.17 Grab 17/07, "Core 12", 15/11-07 22:49, 60°51.509' N, 2°41.423' E, 125 m
Medium sand, no silt or clay. Grab for core (core was empty).*

Appendix E Bunnprøver tatt i 2008

Tabell E.1 lister lengde- og breddegrad for grabbprøvene tatt i 2008 i øvingsfeltet. Figur E.1 – E.5 viser fotografier av prøvene (bilde mangler dessverre av prøve 01/08). Det er ikke foretatt en rudimentær analyse av prøvene, og en beskrivelse av prøvene er således ikke tilgjengelig. Prøvene ble sendt til analyse ved UiB. Prøvene ble tatt på et hydrografitokt 12. – 13. mars 2008 (måleoppdrag 08/08).

Grab #	Longitudo (dd.dd)	Latitude (dd.dd)	Water depth (m)
01/08	2.944	60.764	183.5
02/08	2.609	60.796	123.6
03/08	2.991	60.606	139.3
04/08	2.821	60.632	109.2
14/08	2.677	60.648	106.3

Tabell E.1 Grabbprøver i 2008.



Figur E.1 Grab 01/08, 60° 45' 50"N, 02° 56' 38"E, 183.5 m.



Figur E.2 Grab 02/08, 60° 47' 46"N, 02° 35' 94"E, 123.6 m.



Figur E.3 Grab 03/08, 60° 35' 83"N, 02° 58' 88"E, 139.3 m.



Figur E.4 Grab 04/08, 60° 34' 234"N, 02° 45' 257"E, 109.2 m.



Figur E.5 Grab 14/08, 60° 34' 291"N, 02° 32' 517"E, 106.3 m.

Referanser

- [1] E. J. Eidem, "Tolkning av sedimentprøver fra Forsvarets øvingsfelt i nordlige Nordsjøen innsamlet 2004 - 2008," FFI-rapport 2008/02041, 2008.
- [2] E. J. Eidem and K. Landmark, "Seabed classification of the Navy's exercise area in the northern North Sea," FFI-rapport 2008/02135, 2008.
- [3] K. Landmark, "Seafloor sediments, bedrock geology and seismic velocity - some results from two surveys in the northern North Sea," FFI report 2008/02110 (exempt from public disclosure), 2008.
- [4] H. Haflidason, J. A. Vikebø, and M. Andersson, "Multi Sensor Core Logging and Geotechnical Analysis of Marine Cores from the Norwegian-Barents Seas. Report to Forsvarets forskningsinstitutt," University of Bergen, Department of Earth Science, Report No. 100-02/06, 2006.
- [5] H. Haflidason, J. A. Vikebø, and V. Hope, "Multi Sensor Core Logging and Grainsize Analysis of Cores from the Norwegian Channel & the Barents Sea. Report to Forsvarets forskningsinstitutt," University of Bergen, Department of Earth Science, Report No. 100-03/07, 2007.
- [6] H. Haflidason, H. Kjennbakken, M. Andersson, J. A. Vikebø, and V. C. Hope, "Multi Sensor Core Logging and Geotechnical Analysis of Marine Cores from the Norwegian Channel," University of Bergen, Department of Earth Science, Report No. 100-02/08, 2008.
- [7] Solberg Connie Elise, "Project Poseidon: Cruise Report R/V H U Sverdrup II, Phase S-VII 2005 - Geophysics," Forsvarets forskningsinstitusjon, FFI-rapport 2005/02979 (Exempt from public disclosure), 2005.
- [8] A. I. Best and D. E. Gunn, "Calibration of marine sediment core loggers for quantitative acoustic impedance studies," *Marine Geology*, vol. 160, pp. 137-146, 1999.
- [9] S. Hansbo, "A new approach to the determinations of the shear strength of clay by the fall-cone test," *Royal Swedish Geotechnical Institute Proceedings*, vol. 14, pp. 7-47, 1957.