

Utlekking av rene
leirmasser i
Bekkelagsbassenget –
etterundersøkelse
2007



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Utlegging av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget - etterundersøkelse 2007	Løpenr. (for bestilling) 5540-2008	Dato 24.01.08
	Prosjektnr. Undernr. O-27307	Sider Pris 57
Forfatter(e) John Arthur Berge Hans Christer Nilsson Mats Walday	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oslofjorden	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Statens Vegvesen, Region Øst (SVRØ)	Oppdragsreferanse Marianne Aam Ness
---------------------------------------------------------	----------------------------------------

Sammendrag

Rene leirmasser (30000 m³) fra graving av trasé for senketunnel i Oslo havn ble i januar og februar 2007 deponert fra splitteløker på ca 50 m dyp i Bekkelagsbassenget. Hensikten var å bli kvitt rene overskuddsmasser og overdekke forurensete sedimenter. I følge utslippstillatelsen skulle det etter deponeringen foretas en etterundersøkelse slik at eventuelle effekter/miljøgevinster kunne dokumenteres. I denne rapporten redegjøres det for resultatene fra etterundersøkelsen. Undersøkelsen omfatter biologisk registrering ved bruk av sedimentprofilkamera (SPI), analyser av miljøgifter i sediment og semikvantitativ kartlegging av bunnfauna ved bruk av ROV/undervannsvideo. Etterundersøkelsen ble gjennomført høsten 2007 med de samme metoder som førundersøkelsen. Førundersøkelsen ble utført høsten 2006. Resultatene viser at miljøgiftkonsentrasjonen i deponeringsområdet har gått betydelig ned etter deponeringen og for enkelte miljøgifter også utenfor selve deponeringsområdet. Det ble 6-8 måneder etter deponeringen ikke registrert noen tydelig øket nedslamming på hardbunn i omkringliggende områder selv om en betydelig spredning av partikler trolig har funnet sted under selve deponeringen. Deponeringen har gitt en klar miljøgevinst i Bekkelagsbassenget i form av lavere miljøgiftkonsentrasjoner i overflatesedimentet. Deponeringen har trolig heller ikke ført til uheldige effekter av betydning for utslipsarrangementet til Bekkelaget renseanlegg.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Deponering	1. Deposition
2. Overdekking	2. Capping
3. Spredning	3. Dispersion
4. Miljøgifter	4. Contaminants



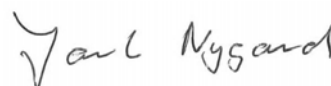
John Arthur Berge

Prosjektleder



Kristoffer Næs

Forskningsleder



Jarle Nygard

Fag- og markedsdirektør

Utlekking av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget

- etterundersøkelse 2007

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har tidligere vært engasjert av Statens Vegvesen, Region Øst (SVRØ) til å utføre en førundersøkelse i forbindelse med planlagt bruk av rene overskuddsmasser til deponering/overdekking av forurensede sedimenter i Bekklagsbassenget. Disse undersøkelsene er rapportert (Berge mfl. 2007b). NIVA ble så på basis av et nytt programforslag engasjert til å gjennomføre etterundersøkelsen i forbindelse med deponering/overdekking foretatt vinteren 2007.

Kontaktperson hos SVRØ har vært Marianne Aam Ness. Feltarbeidet knyttet til SPI-undersøkelsene og innsamling av sedimenter er gjennomført av Hans Christer Nilsson og John Arthur Berge ved bruk av forskningsfartøyet "Bjørn Føyn". Feltarbeidet knyttet til ROV-undersøkelsene er gjennomført av Tom Christian Mortensen, Theodor Olav Norendal og John Arthur Berge. Gjennomgangen av videoopptakene tatt under vann i og rundt deponeringsområdet er gjort av Mats Walday. Hovedansvaret for rapportering fra henholdsvis SPI-, sediment- og ROV-undersøkelsene har vært Hans Christer Nilsson, John Arthur Berge og Mats Walday.

Oslo, 24. januar 2008

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Feltarbeid og metoder	8
2.1 Feltarbeid	8
2.1.1 Sedimentprofilkamera og innsamling av sediment	8
2.2 Kjemiske analyser av sediment	10
2.3 ROV-undersøkelser	10
3. Resultater	12
3.1 Biologisk registrering ved bruk av sedimentprofilkamera	12
3.2 Kjemiske analyser av sediment	16
3.2.1 Metaller	18
3.2.2 Polyklorete bifenyler (PCB)	20
3.2.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	22
3.2.4 Tinnorganiske forbindelser	25
3.3 ROV-sammenligning av registreringer i 2006 og 2007	27
3.3.1 Ormøya	27
3.3.2 Rambergøy	29
3.3.3 Bleikøyflu S	32
3.3.4 Bleikøyflu N	34
3.3.5 Foto fra utslippsrør	36
3.3.6 Foto fra deponeringsområdet	40
4. Konklusjoner	44
5. Referanser	46
6. Vedlegg	47
6.1 Vedlegg A – Posisjoner for prøvetakingspunkter	48
6.2 Vedlegg B – Beskrivelse av sediment til analyse av miljøgifter	49
6.3 Vedlegg C – Dumpeposisjoner	50
6.4 Vedlegg D – ROV-registreringer Ormøya	51
6.5 Vedlegg E – ROV-registreringer Rambergøy	52
6.6 Vedlegg F – ROV-registreringer Bleikøyflu syd	54
6.7 Vedlegg G – ROV-registreringer Bleikøyflu nord	56
6.8 Vedlegg H – Rådata PAH	57

Sammen drag

Rene leirmasser (30 000 m³) fra graving av trasé for senketunnel i Oslo havn ble i januar og februar 2007 deponert fra splittlekter på ca 50 m dyp i Bekkelagsbassenget. Hensikten var å bli kvitt rene overskuddsmasser og overdekke forurensede sedimenter. I følge utslippstillatelsen skulle det etter deponeringen foretas en etterundersøkelse slik at eventuelle effekter/miljøgevinster kunne dokumenteres. I rapporten redegjøres det for resultatene fra etterundersøkelsen. Undersøkelsen omfatter biologisk registrering ved bruk av sedimentprofilkamera (SPI), analyser av miljøgifter i sediment og biologisk registrering ved bruk av ROV/undervannsvideo og ble gjennomført høsten 2007 med de samme metoder som førundersøkelsen fra høsten 2006.

SPI-registreringer og ROV-registreringer i deponiområdet: Ut fra klassifisering basert på bilder av sedimentet tatt med sedimentprofilkamera (SPI) varierte bunnforholdene i undersøkelsesområdet både i 2006 og 2007 mellom gode og meget dårlige med hensyn på biologisk aktivitet i sedimentene. På stasjoner i deponeringsområdet så en klare spor av deponeringen i form av leirklumper spredt utover bunnen. Klumpene hadde til dels sunket ned i det opprinnelige sedimentet. På andre registreringer i deponeringsområdet var ikke leiren så klart fremtredende og den kunne observeres som en integrert del av sedimentet. Videoopptak viste også at deponeringsområdet var preget av leirklumper i ulike størrelser som lå på eller delvis nede i bunnsedimentene. Registreringene viser at en viss rekolonisering med bunndyr har funnet sted på de deponerte massene. Noen av leirklumpene var tydeligvis såpass harde at de dannet substrat for nedslag av den opportunistiske sjøpungen *Ciona intestinalis*. Resultatene fra SPI-registreringene viser at en i deponiområdet har meget varierte forhold på bunnen. SPI-registreringene tyder på en forverring av tilstanden på 3 stasjoner nærmest utslippet fra renseanlegget i 2007. Den negative utviklingen på disse stasjonene har neppe med selve deponeringen å gjøre og for flertallet av stasjonene ble det ikke observert noen endring i tilstandsklasse fra 2006 til 2007.

Sedimentkjemi: Tørrstoffinnholdet og andelen finstoff i overflatesedimentet hadde økt fra 2006 til 2007. Innhold av organisk karbon var redusert i prøvene innsamlet i 2007 og særlig på stasjonene i deponiområdet. Ut fra sedimentets innhold av organisk karbon, kunne sedimentet i 2006 i hovedsak karakteriseres som i meget dårlig tilstand. Tilstanden var imidlertid vesentlig forbedret i 2007 og særlig på to stasjoner i deponiområdet hvor tilstanden i 2007 kunne karakteriseres som meget god. De lave konsentrasjonene av organisk karbon som ble observert i deponiområdet i 2007, skyldes tilførsel av leire til overflatesedimentet.

Metaller: På stasjonene i og nær deponeringsområdet hadde konsentrasjonen av alle metaller gått betydelig ned i 2007. Nedgangen tilsvarer en forbedring på opptil 2 tilstandsklasser. For 2 stasjoner lengst borte fra deponeringsområdet ble det ikke observert noen endring i tilstandsklasse fra 2006 til 2007 for noen av metallene selv om konsentrasjonen hadde gått noe ned også der. Basert på metallanalysene i sediment kan en slå fast at deponeringen har ført til en betydelig miljøgevinst i deponeringsområdet. En viss miljøgevinst i form av lavere metallkonsentrasjoner i overflatesedimentet ble også observert utenfor selve deponiområdet. Dette skyldes at finpartikulært materiale med lavt metallinnhold har sedimentert også utenfor deponeringsområdet og gitt en "tynnsjikttildekking".

PCB: Også for PCB ble det i 2007 observert lave nivåer eller en nedgang siden 2006 i PCB-konsentrasjonen i sedimentet i og nær deponiet. Nedgangen i konsentrasjon var imidlertid ikke like klar som for metaller. Resultatene reflekterer likevel at det har skjedd miljøforbedring på stasjonene nærmest deponeringsområdet.

PAH: Konsentrasjonen av Σ PAH hadde gått betydelig ned etter deponeringen på stasjonene i eller nær deponeringsområdet, mens konsentrasjonsnivået av Σ PAH i overflatesedimentet på stasjoner lengst borte fra deponeringsområdet lå omtrent som i 2006. Sedimentet i eller nær deponeringsområdet kunne karakteriseres som ubetydelig til moderat forurenset med PAH, mens stasjonen mer fjernt fra deponeringsområdet kunne karakteriseres som markert til sterkt forurenset

Det ble også observert en klar nedgang i konsentrasjonen av PAH-forbindelsen BaP på stasjonene i eller nær deponeringsområdet. Konsentrasjonen av BaP i sediment fra to mer fjerntliggende stasjoner lå omtrent i samme nivå begge år. Sedimentet i eller nær deponeringsområdet kunne karakteriseres som moderat forurenset med BaP, mens stasjonen mer fjernt fra deponeringsområdet kunne karakteriseres som markert til sterkt forurenset. Som for metaller og til dels også for PCB kan en slå fast at deponeringen har ført til en betydelig miljøgevinst i form av lavere konsentrasjoner av Σ PAH og BaP i overflatesedimentet i deponeringsområdet. Det er også observert tendenser til redusert konsentrasjon utenfor selve deponiområdet.

TBT og andre tinnorganiske forbindelser: Konsentrasjonene av tributyltinn (TBT) i deponiområdet var betydelig lavere i 2007 enn før deponeringen. Tilsvarende reduksjon/lave konsentrasjoner ble også observert for nedbrytningsproduktene DBT og MBT og trifenylylforbindelsene på stasjonene i og nær deponiområdet. Det ble imidlertid observert kun mindre endringer på 3 mer fjerntliggende stasjoner hvor sedimentet både i 2006 og 2007 kunne karakteriseres som meget sterkt forurenset med TBT. På samme måte som for metaller, PAH, BaP og til dels også PCB kan en slå fast at deponeringen har ført til en betydelig miljøgevinst i deponeringsområdet i form av lavere konsentrasjoner av TBT og andre tinnorganiske forbindelser i overflatesedimentet i deponeringsområdet.

ROV-registreringer på Ormøya, Rambergøy og Bleikøyflu: På alle tre stasjoner endret bunndyrsamfunnene seg med dyp. Dette var forventet siden det også var et større innslag av bløtbunn i de dypere områdene. Grovt sett fordelte prøvene seg slik at en hadde en gruppe med prøver fra dyp større enn ca 20 m med en viss innbyrdes likhet og en annen gruppe med prøver fra dyp grunnere enn ca 20 m.

Likhetsanalyse tyder på at faunaen ved Ormøya var relativt lik i 2006 og 2007. Ulikhetsanalyse viser likevel en noe større forekomst av trekantmark i 2007. Den registrerte forskjellen i nedslamming mellom de to årene på Ormøya var imidlertid liten. Registreringen ved Rambergøy viser noe større forskjeller mellom de to årene enn ved Ormøya. Forskjellen mellom de to årene på Rambergøy lå i vesentlig grad i større forekomster av kutlinger i 2006. Ved Rambergøy var det også noe mindre nedslamming i 2007 enn i 2006, men forskjellen var liten og indikerer ingen tydelige endringer i partikkelbelastning.

Bleikøyflu S representerer den delen av transektet som går fra grunnområdet midt på flua og i sydøstlig retning inn mot Bekkelagsbassenget, mens Bleikøyflu N går i nordlig retning hvor det er mindre sannsynlighet for påvirkning fra deponeringen. Analyse av ulikheten mellom 2006 og 2007 på Bleikøyflu S viser større forekomster av børstemarken cf. *Polydora ciliata* i 2007. På Bleikøyflu S var det også noe større grad av nedslamming i 2007 enn i 2006, men dette bidrar relativt lite til den forskjell en har registrert mellom de to årene. Registreringene på det nordre transektet fra Bleikøyflu (Bleikøyflu N) viser at større forekomster av kutlinger i 2006 gir det største bidraget til ulikheten mellom de to årene (tilsvarende som på Rambergøy). Også noe mer nedslamming i 2007 synes å gjøre seg gjeldende ved Bleikøyflu N.

På grunnlag av ROV-registreringene er det klart at en i hovedsak ikke kunne detektere noen store endringer i nedslamming eller forekomst av organismer mellom de to årene. En viss ulikhet mellom registreringene i 2006 og 2007 ble likevel registrert. De endringer som er registrerte var ikke entydige, verken i forhold til utvikling av miljøkvalitet eller til en eventuell kobling mot økt nedslamming. Endringer i nedslammingsgraden var også vanskelig å fastslå fordi det allerede i 2006 var et betydelig innslag av bløtbunn i transektene og fordi en også før deponeringen hadde en relativt stor partikkelbelastning på hardbunn i området.

Totalt sett har deponeringen gitt en klar miljøgevinst i Bekkelagsbassenget i form av lavere miljøgiftkonsentrasjoner i overflatesedimentet. Deponeringen har heller ikke ført til uheldige effekter av betydning for utslippsarrangementet til Bekkelaget renseanlegg.

1. Innledning

I forbindelse med graving av trasé for senketunnelen i Bispevika/Bjørvika tas det opp store mengder rene leirmasser. Disse massene var fortrinnsvis tenkt brukt til overdekking av forurensede sedimenter i indre område av Oslo havn. I tilfeller der slike områder ikke er klare for overdekking eller det av en eller annen grunn ikke er annen anvendelse for leirmassene, er de tenkt deponert i Bekkelagsbassenget med dertil følgende overdekking av de forurensede sedimentene i området. Tillatelse til deponering av dekkmasser i Bekkelagsbassenget er gitt i en utslippstillatelse av 21.06.06 fra SFT. Denne tillater deponering av inntil 650 000 m³ rene leir- og siltmasser. Totalt sett ble det imidlertid deponert langt mindre masser, anslagsvis ca 30 000 m³ på ca 50 m dyp. Deponeringen forgikk i januar og februar 2007.

Utslippstillatelsen av 21.06.06 fordret blant annet gjennomføring av en førundersøkelse. Førundersøkelsen omfattet biologisk registrering ved bruk av sedimentprofilkamera (SPI), analyser av miljøgifter i sediment og biologisk registrering ved bruk av undervannsvideo og ble gjennomført høsten 2006 og er rapportert (Berge mfl. 2007b). Førundersøkelsen ble gjennomført like etter at det var foretatt en prøvedumping av 5 lass med leire fra splittlekter (Berge et al 2007a). SPI-bildene fra det planlagte deponeringsområdet og i nærheten av prøvedeponeringsområdet viste at sedimentoverflaten var dekket av et 0,5-2 cm tykt lag av partikler oppvirvlet under prøvedeponeringen. Området som var påvirket av nedslammingen, anslås å strekke seg ut til 200-300 m fra selve deponeringspunktene. Sedimentene i det planlagte deponeringsområdet var meget bløte og inneholdt mye kadmium, kobber og kvikksølv (markert forurenset), PCB (moderat til sterkt forurenset), PAH (markert til sterkt forurenset) og TBT (sterkt forurenset). Registreringene med video viste en betydelig nedslamming i områder dypere enn ca 10 m. På basis av førundersøkelsen ble det konkludert med at det var usikkert i hvilken grad den planlagte deponeringen av leirmasser i Bekkelagsbassenget ville gi en miljøgevinst av betydning. Usikkerheten skyldes faren for oppvirvling av forurenset bunnmateriale som følge av deponeringen, samt i hvilken grad leiren vil synke ned i det eksisterende bunnsedimentet.

I følge utslippstillatelsen skal det etter deponeringen foretas en etterundersøkelse med samme metode som førundersøkelsen slik at eventuelle effekter/miljøgevinster kan dokumenteres

I den rapporten redegjøres det for resultatene fra etterundersøkelsen.

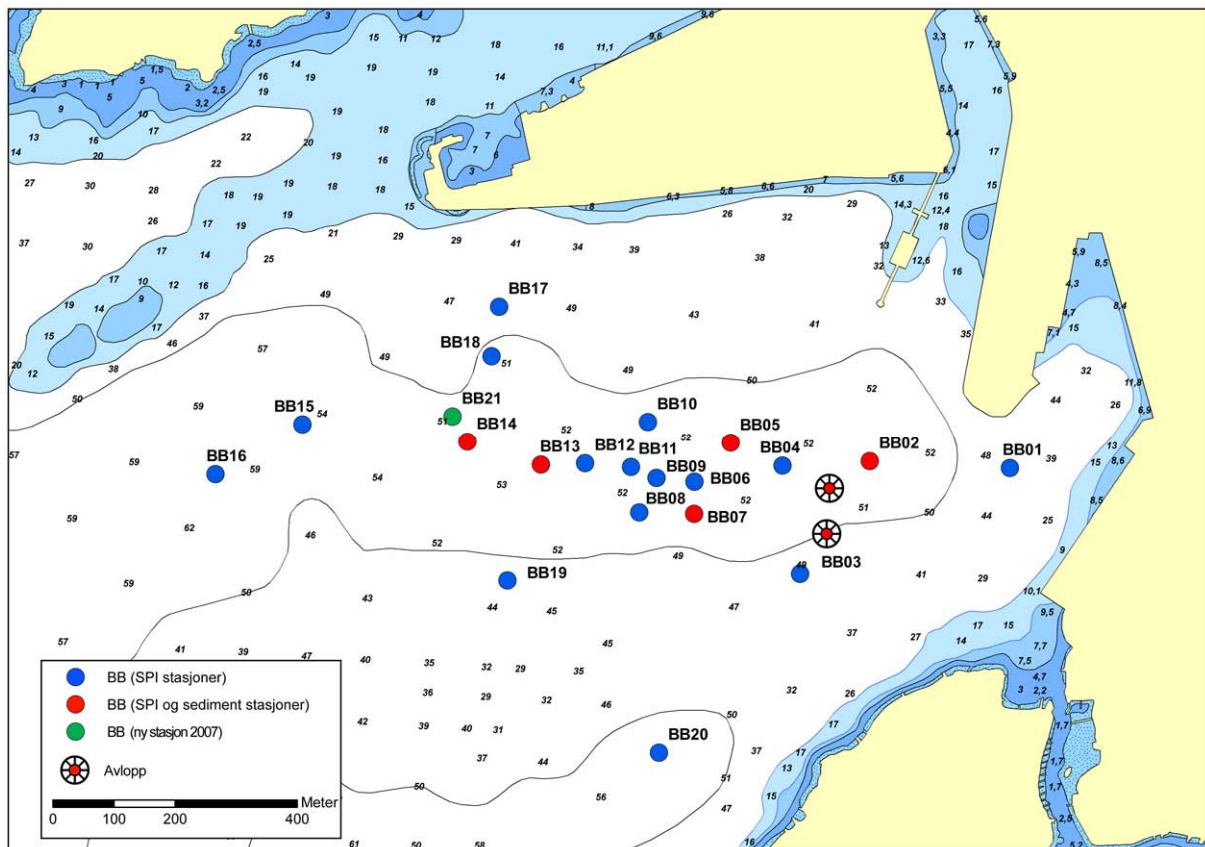
2. Feltarbeid og metoder

2.1 Feltarbeid

2.1.1 Sedimentprofilkamera og innsamling av sediment

Feltarbeidet knyttet til fotografering med sedimentprofilkamera (Sediment Profile Imaging; SPI) og innsamling av sedimenter for miljøgiftanalyse ble gjennomført 08. oktober 2007 fra 'Bjørn Føyn' tilhørende Universitetet i Oslo. Bilde av SPI-kamera ses på rapportens forside.

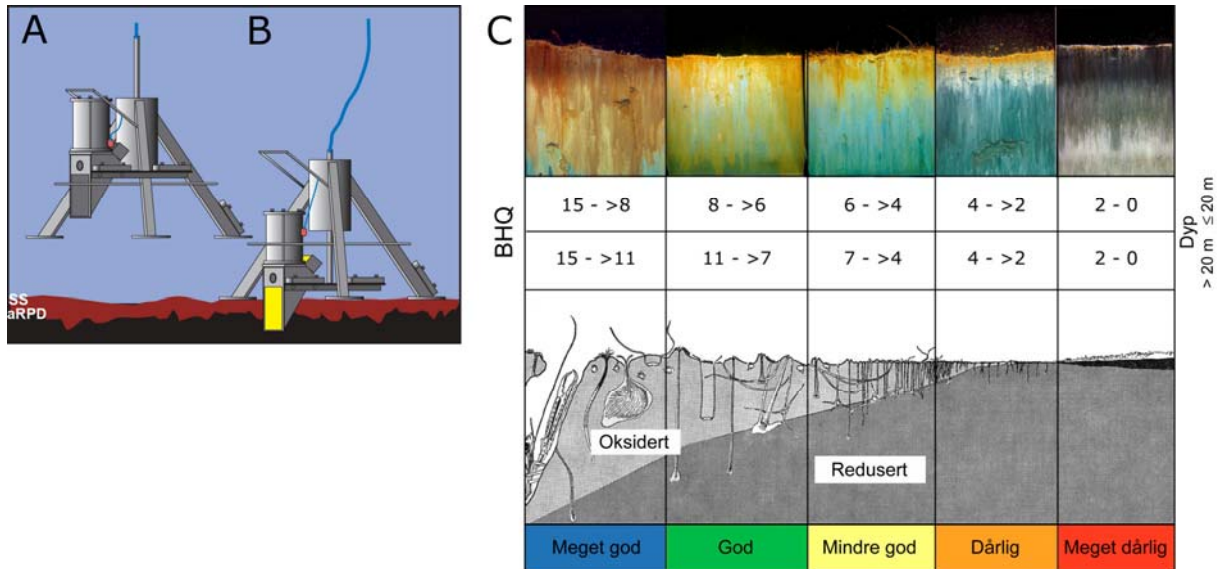
Stasjonsplasseringen er den samme som i 2006, men vi har inkludert en ny stasjon (BB21) midt i det som er blitt anvist som dumpeområdet og er vist i **Figur 1**. Posisjoner og vandndyp for stasjoner benyttet for analyse av SPI-bilde er gitt i vedlegg A. I **Figur 1** vises også lokalisering av de to utslippspunktene fra Bekkelaget renseanlegg. Selve dumpeområdet er vist i **Figur 4** og i vedlegg C.



Figur 1. Stasjonsplassering, type prøvetaking (SPI-bilde og prøvetaking av sediment), prøvedeposering og utslippspunkt for de to avløpene fra Bekkelagets renseanlegg.

Metoden som er benyttet i etterundersøkelsen er identisk med den som ble benyttet under førundersøkelsen for kartlegging og klassifisering av den marine bløtbunn. Teknikken (Sediment Profile Imaging; SPI) kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Bildet, som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben **Figur 2**. Denne senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ca. 20 cm ned i

sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil hvilket til sammen utgjør prismet. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet.



Figur 2. Prinsippskisse for SPI-kamera og bildeanalyse. (A) Kamera og rigg over bunnen (SS = sediment overflate og aRPD = grense mellom det bioturberte oksiderte sedimentlaget og redusert sediment [apparent redox potential discontinuity]). (B) Kamera med prismet som er presset ned i sedimentet og bildet eksponeres. (C) Figuren over viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dypt gravende fauna (Meget god) til en grunt levende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig). Sedimentprofilbilder er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert bioturbert sediment og sort sediment reduserte forhold. BHQ-miljøkvalitetsindeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m er i henhold til forslag til klassifisering under EUs vanddirektiv (Pearson og Rosenberg 1978, Nilsson og Rosenberg 1997, Rosenberg mfl. 2004, Nilsson og Rosenberg 2006).

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegrop og ekskrementhaug) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunagang og oksiderte tomrom i sedimentet) samt redox-forhold i sedimentet. Indeksen belyser derfor forekomsten av de bunnfaunarelaterte strukturer som opptrer i sedimentet og fysisk/kjemiske forhold. BHQ baserer seg imidlertid ikke på artsbestemmelse av de organismene som befinner seg i sedimentet, slik som tradisjonelle bløtbunnsundersøkelser. BHQ-indeksen varierer på en skala mellom 0 og 15 og kan sammenlignes med Pearson og Rosenbergs (1978) klassiske modell for faunaens suksessjon. Fra denne modellen klassifiseres bunnmiljøet i henhold til retningslinjer i EUs vannrammedirektiv (Rosenberg mfl. 2004). En mer detaljert beskrivelse av bruk av SPI-kamera og beregning av BHQ er gitt i Nilsson og Rosenberg 2006. For å vurdere effektene av deponeringen har vi sammenlignet resultatene fra de to undersøkelsene.

Det endelige formålet med registreringen var derfor å avdekke eventuell negativ påvirkning som nedslamming på hardbunnsområder fra overdekkingsarbeidene i Bekkelagsbassenget. For å kartlegge en eventuell nedslamming fra deponering/overdekkingsarbeidene må en ha et sammenligningsgrunnlag. Forundersøkelsen utgjør et slikt sammenligningsgrunnlag.

2.2 Kjemiske analyser av sediment

For å kartlegge konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet før deponering/overdekking ble det tatt sedimentkjerner på 6 punkter (**Figur 1**). Kjernene ble tatt med en Geminicorer som tar to parallelle sedimentprøver, hver med en diameter på 10 cm. På alle 5 kjernene ble de øverste 0-5 cm analysert. En blandprøve bestående av sediment fra 3 ulike kjerner ble analysert. Totalt ble det analysert for syv kongenerer av polyklorerte bifenyler (PCB), 16 ulike polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) inklusive benzo(a)pyren BaP, tinnorganiske forbindelser (derunder også tributyltinn TBT og trifenylytinn) og metaller (Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni). Som støtteparametere ble det også analysert for prosent tørrstoff, partikkelstørrelse (<63 µm fraksjon) og mengde total organisk karbon (TOC). Data for totalmengden organisk karbon korrigert for innholdet av finstoff (TOC_{korrt}) er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Til beregning av TOC_{korrt} er følgende formel benyttet: $TOC_{korrt} = TOC + 18(1-F)$ hvor F er andelen finstoff i sedimentet.

Analysene av metaller og organisk karbon ble foretatt av NIVA, mens analyse av PCB, PAH og tinnorganiske forbindelser ble foretatt av ALS Scandinavia NUF.

2.3 ROV-undersøkelser

Feltarbeidet knyttet til etterundersøkelsene ble gjennomført 6/11-07 og resultatene sammenlignet med tilsvarende undersøkelser utført 21/09-06. Under feltarbeidet ble det benyttet en mindre båt tilhørende NIVA. Transekter med ROV for registrering av flora og fauna samt graden av nedslamming ble kjørt på 3 lokaliteter (Ormøya, Søndre Langøya og Bleikøyflu) (**Figur 3**). Transektene ble lagt fra båt oppankret i et grunnområde med hardbunn og ned i retning av deponiområdet (Ormøya, Bleikøyflu). Transektet ved Rambergøy (til dels også den nordre delen av transektene ved Bleikøyflu) er i hovedsak ment som en kontrolllokalitet. På basis av filmene ble det ved en senere gjennomgang av bildene gjort nedtegninger av de dominerende hard- og bløtbunnsorganismene og graden av nedslamming.

Det ble også gjort ROV-registreringer ved utløpet av utslippsledningen(e) fra Bekkelaget renseanlegg, og på bunnen i nærheten av BB21.

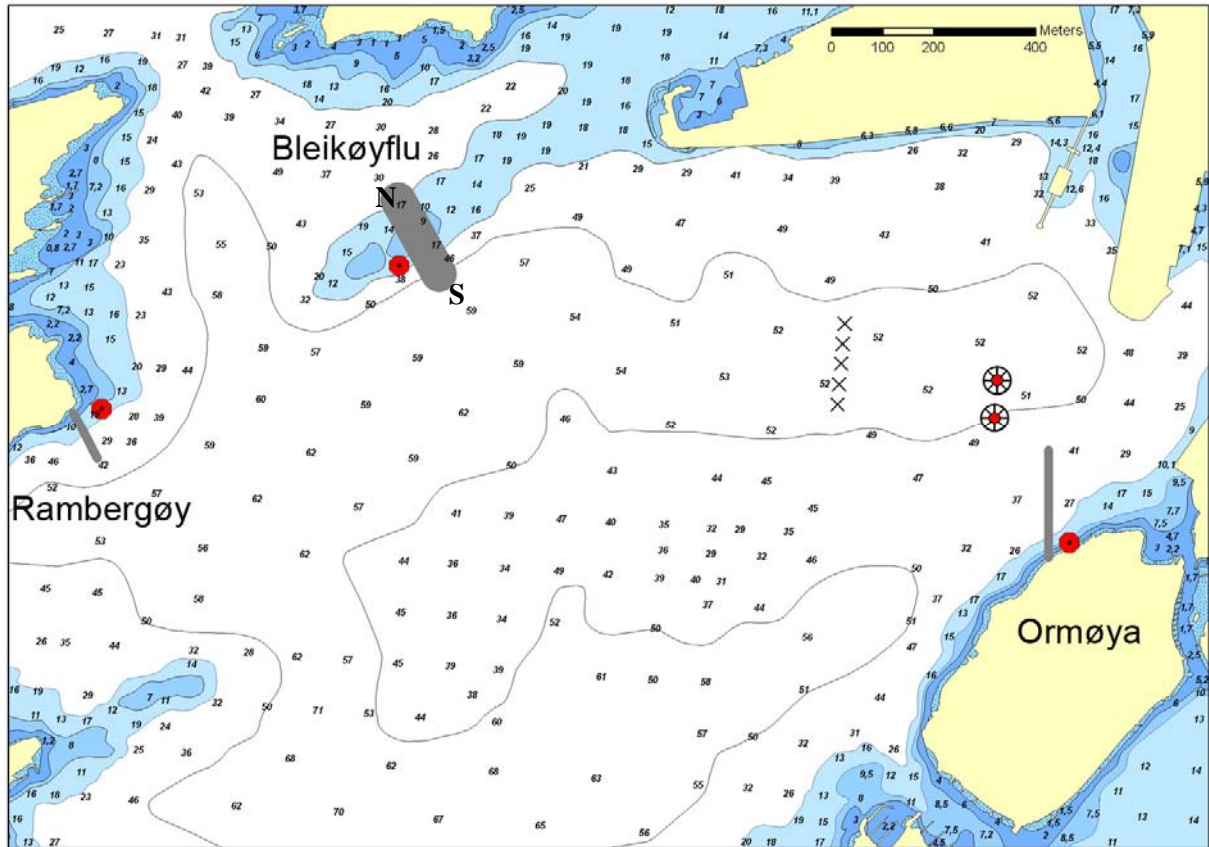
Registrering med ROV med et påmontert kamera ble gjennomført fordi undersøkelsene ifølge utslippstillatelsen også skal omfatte registrering av eventuell nedslamming av nærområder til deponiet. Det endelige formålet med registreringen var derfor å avdekke eventuell negativ påvirkning som nedslamming på hardbunnsområder fra overdekkingsarbeidene i Bekkelagsbassenget. Forundersøkelsen i 2006 ble gjort for å få et slikt sammenligningsgrunnlag.

Det er registreringene av ulike fastsittende og lite bevegelige dyrearter samt estimeringen av nedslamming på hardbunn som primært er mest interessant i denne sammenheng. Forekomst av organismer/nedslamming er kvantifisert som 1 = enkelte funn, 2 = spredt forekomst, 3 = vanlig forekomst, eller 4 = dominerende forekomst. Det er utført likhetsanalyser av de to årenes undersøkelser ved bruk av programvaren PRIMER. I analysene er substrat karakterisert i tre ulike kategorier; enten hardbunn, bløtbunn eller blandet bunn som består av bløtbunn med innslag av stein og/eller fjell.

Det er viktig å påpeke at de undersøkte lokalitetene ligger i et område som tilføres partikler i den grad at nedslamming av hardbunn i perioder vil være stor. Dette bekreftet også forundersøkelsen (2006) som viste hardbunn med til dels stor grad av nedslamming. Disse forhold medfører at den fauna som lever i hardbunnsområdene allerede er tilpasset og har toleranse overfor partikkelbelastning.

Undersøkelser med ROV kan sammenlignes med en befaring, hvor særlig kvantifiseringen av det som observeres vil ha en relativt stor grad av usikkerhet. Videre er posisjoneringen av ROVen slik at en

ikke kan være sikker på at det er helt de samme arealene som er undersøkt ved de to ulike anledningene. Det er derfor kun relativt store og tydelige endringer i forekomster av fauna og grad av nedslamming som kan detekteres med denne metodikk på de undersøkte lokalitetene.



Figur 3. Figur som viser områder/transekt for registrering med ROV i Bekkelagsbassenget. Runde røde punkter med sort senter angir oppankringspunkt for båt. Grå markering angir omtrentlig område for registrering. Kryss angir punkter der det tidligere er foretatt prøvedeposering. Hjulformet symbol med rødt senter angir utslippspunktet for avløp fra Bekkelaget renseanlegg. Posisjonen for BB21 ses i Figur 1.

3. Resultater

3.1 Biologisk registrering ved bruk av sedimentprofilkamera

SPI - Resultater

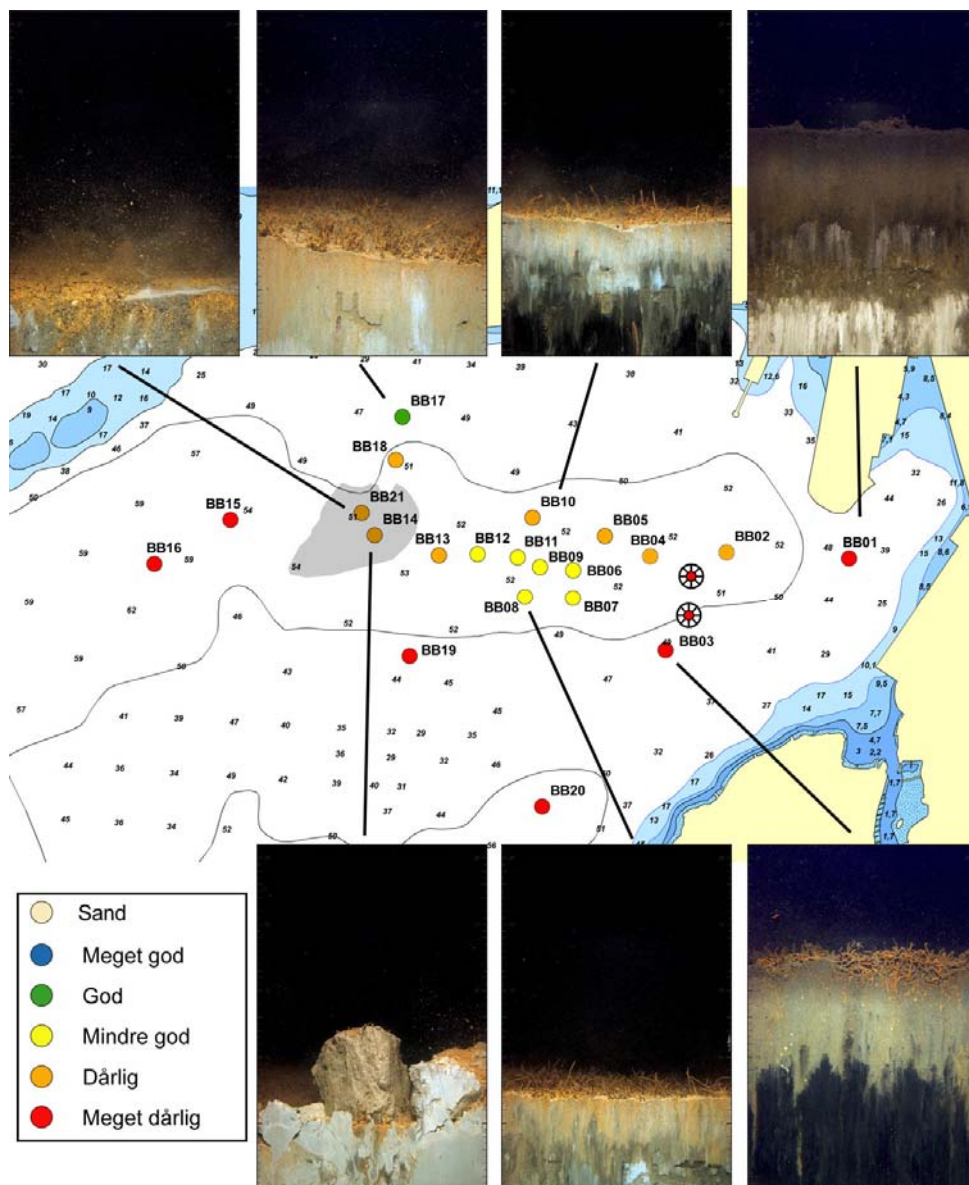
På totalt 21 stasjoner ble sedimentprofilbildene analysert for BHQ-indeks (**Figur 4**, se også **Tabell 1** og **Figur 5**). Bunnforholdene i området varierte mellom gode og meget dårlige. De beste forholdene ble observert på den grunneste stasjonen BB17 (46 m dyp) på skråningen mot Sjursøya.

Bunnforholdene var svært dårlige lengre ut og dypere i Bekkelagsbassenget (BB15 og 16). Svært dårlige bunnforhold ble også observert innenfor renseanleggets utløp (BB01) og lengst i sør (BB03 og BB19). I området i nærheten av der det i 2006 ble foretatt prøvetildekking (BB6, BB7, BB8, BB9 og BB11) var bunnforholdene litt bedre enn i de øvrige dypere delene av området. Sedimentene der hoveddeponeringen foregikk vinteren 2007 var flekkvis mye grovere (sand, grus og mindre stein: BB21) enn i de øvrige delene av området. I deponiområdet ble det også observert hele leirklumper (BB14, **Figur 4**). På BB14 var 3 av fire bilder slik som vist i **Figur 5** dvs. leire med noe materiale fra den opprinnelige sedimentoverflaten, mens en på det siste bildet fra stasjonen i hovedsak kun så leirklumper. Dette viser at sedimentet i deponiområdet var relativt heterogent.

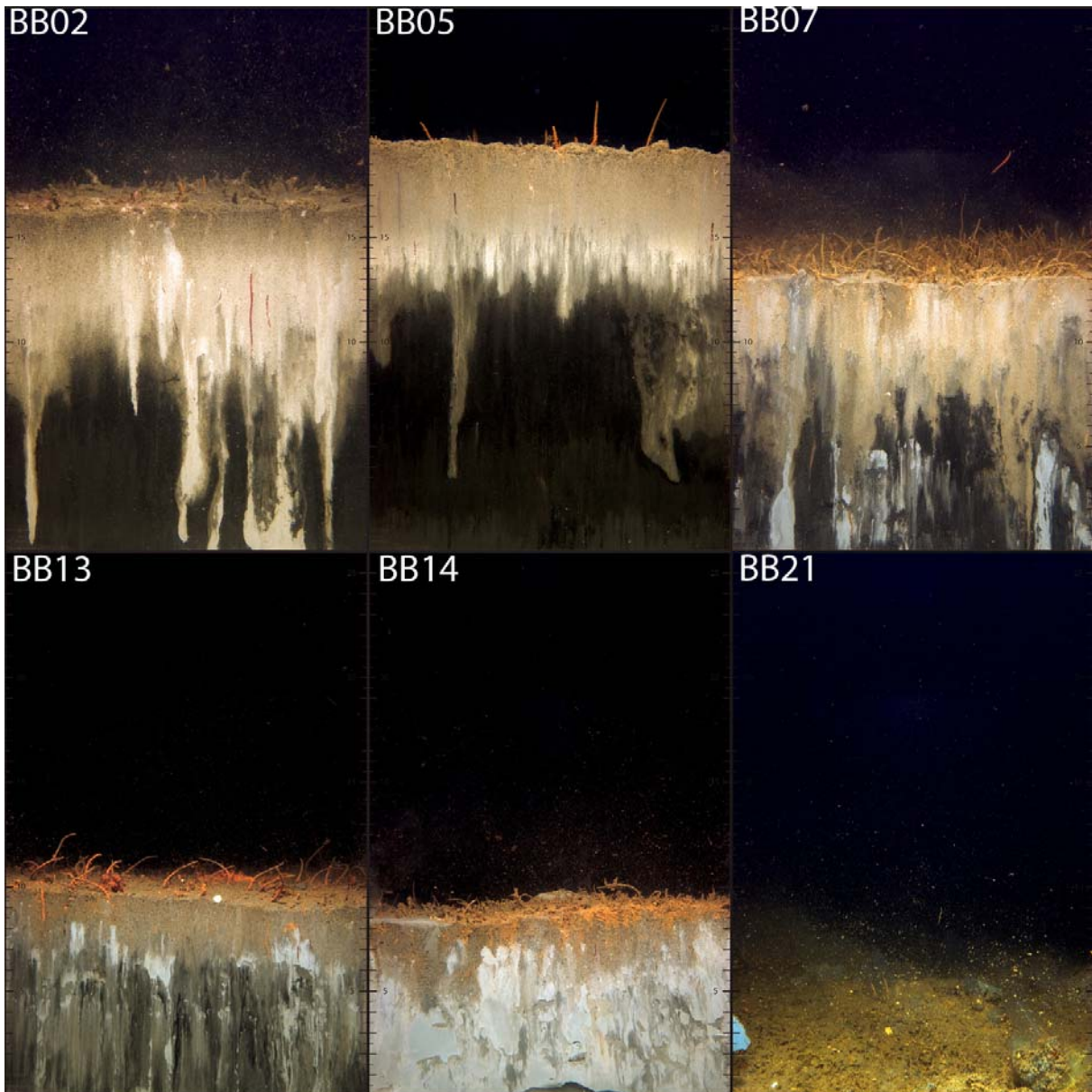
Det ble observert en forverring i tilstanden på stasjonen nærmest utslippet fra renseanlegget (BB1-3) og på stasjon BB19 og en forbedring på stasjon BB4, BB6 og BB12. For de øvrige stasjonene hvor det var gode registreringer begge år (BB5, BB7, BB13-BB17, BB20) ble det ikke observert noen endring i tilstandsklasse (**Tabell 1**). Det ser derfor ut til at deponeringen for flertallet av stasjonene ikke har gitt noen endret tilstand. Den negative utviklingen på BB1-3 har neppe med selve deponeringen å gjøre.

Tabell 1. Tilstandsklasse på sedimentene klassifisert fra SPI-bilder tatt i 2006 og 2007. 1=meget god, 2=God, 3=Mindre god, 4=dårlig, 5=meget dårlig (se også **Figur 2**)

Stasjon	2006	2007	2006-2007
BB01	2	5	-3
BB02	2	4	-2
BB03	4	5	-1
BB04	5	4	1
BB05	4	4	0
BB06	4	3	1
BB07	4	4	0
BB08	Dekkmasser	3	
BB09	Dekkmasser	3	
BB10	Dekkmasser	4	
BB11	Dekkmasser	3	
BB12	5	3	2
BB13	4	4	0
BB14	4	4	0
BB15	5	5	0
BB16	5	5	0
BB17	2	2	0
BB18	Sand	4	
BB19	3	5	-2
BB20	5	5	0
BB21	Ingen prøve	4	



Figur 4. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 2, Rosenberg m. fl. 2004) og eksempel på SPI-bilder fra forskjellige stasjoner. Deponiområdet (omtrentlig) er markert grått.

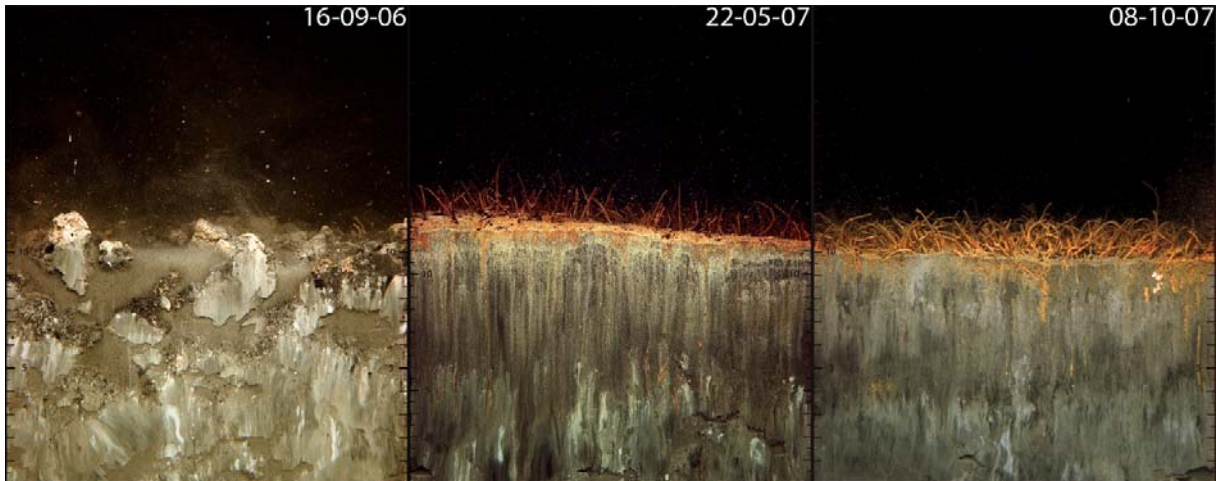


Figur 5. SPI-bilde fra stasjoner hvor det ble tatt sedimenter for miljøgiftanalyse i 2007. Merk at bildet fra BB14 er vesensforskjellig fra bildet i **Figur 4**.

Sedimentprofilbildene innsamlet i 2006 i prøvedeponiområdet viste at bunnen stedvis var dekket av et flere dm tykt lag av leirklumper. **Figur 6** viser en tidsserie av SPI-bilder innsamlet på stasjon BB11 i dette området. I september 2006 ble disse sedimentklumpene observert i hele prøvedeponiområdet og med et tynnere sjikt sort sediment, som tolkes som resedimentert opprinnelig sediment. Ved etterundersøkelsen og i forbindelse med undersøkelser i mai 2007 (prøvetatt ifm. supplerende tiltaksovervåking for SFT) var sedimentoverflaten blitt dekket av børstemarkrør og viste tegn på biologisk aktivitet (bioturbasjon). Spor av leirklumpene kunne også observeres dypere (10-15 cm) nede i sedimentet som grå flekker (fin leire) sammen med vannfylte hulrom.

Resultatene fra SPI-registreringene viser at en i deponiområdet har meget varierte forhold på bunnen. I noen områder er det massivt innslag av leire (BB14), mens det andre steder (BB21) også er en del av det opprinnelige sedimentet (se **Figur 4**).

ROV-kjøringen i området rundt BB21 bekrefter at bunnen i deponiområdet var flekkvis dekket av klumper med leire som hadde sunket ned i det opprinnelige sedimentet.



Figur 6. SPI-bilde fra stasjon BB11 innsamlet under førundersøkelsen (etter prøvedeponeringen), 8 måneder etter og 13 måneder etter (etterundersøkelsen). I bildet innsamlet 16. september 2006, direkte etter prøvedeponeringen er sedimentoverflaten dekket med svære leirklumper. I bildet innsamlet etter 8 og 13 måneder syns bare spor av disse leirklumpene og vannfylte hulrom ca. 5 cm nede i sedimentet. Sedimentoverflaten er bioturbert og tette matter av børstemarkrør ble observert ved de to siste observasjonene.

3.2 Kjemiske analyser av sediment

Prøvetakingen i 2006 avdekket at sedimentene var meget bløte med et lavt tørrstoffinnhold (Berge et al, 2007b). Tørrstoffinnholdet i overflatesedimentet hadde imidlertid økt i 2007, særlig på stasjon BB13 og BB14 (**Tabell 2**). Tørrstoffinnholdet på stasjon BB21 var også relativt høyt i 2007 (**Tabell 2**).

Også andel finstoff i overflatesedimentet hadde økt fra 2006 til 2007 og mest på stasjon BB2, BB5 og BB7 (**Tabell 2**). Sedimentene som ble analysert i 2006 hadde alle et høyt innhold av organisk karbon som imidlertid var redusert i prøvene innsamlet i 2007 og særlig på stasjonene BB13 og BB14. Også stasjon BB21 inneholdt relativt lite organisk karbon i 2007. Ut fra sedimentets innhold av organisk karbon (TOC_{korrt} , se **Tabell 2**) kunne sedimentet i 2006 i hovedsak karakteriseres som i meget dårlig tilstand (**Tabell 2**). Tilstanden var imidlertid vesentlig forbedret i 2007 og særlig på stasjon 13 og 14 hvor tilstanden nå kunne karakteriseres som meget god (**Tabell 2**).

Leiren som er deponert inneholder trolig lite organisk karbon. De lave konsentrasjonene av organisk karbon på stasjonene B21, BB14 og BB13 skyldes tilførsel av leire med lavt karboninnhold til overflatesedimentet.

Resultatene fra analyse av partikkelstørrelse tyder på tilførsel av partikulært materiale (leire) med en gjennomsnittlig partikkelstørrelse som er mindre enn det som sedimentet opprinnelig besto av. På de mer fjerntliggende stasjoner (BB2, BB7 og BB5) har denne tilførslen vært såpass beskjeden at det ikke har gitt seg utslag i redusert innhold av organisk karbon.

Tabell 2. Tørrstoffinnhold (TTS), kornstørrelse (mindre enn 63 µm fraksjonen), totalmengden organisk karbon (TOC), totalmengden organisk karbon korrigert for innholdet av finstoff (TOC_{korr}) i sediment fra stasjoner i Bekkelagsbassenget. For 3 av stasjonene er også dypereliggende lag av sedimentet analysert. Data for totalmengden organisk karbon korrigert for innholdet av finstoff (TOC_{korr}) er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997). Til beregning av TOC_{korr} er følgende formel benyttet: $TOC_{korr} = TOC + 18(1-F)$ hvor F er andelen finstoff i sedimentet.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

<20	I. Meget god	20-27	II. God	27-37	III. Mindre god	34-41	IV. Dårlig
<41	V. Meget dårlig		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres				

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	TTS		<63 µm fraksjonen	
		(%)		(% t.v.)	
		2006	2007	2006	2007
BB21	0-5	i.a.	66,6		77,6
BB14	0-5	23,4	63,5	49	65,4
BB14	5-10	29,5	i.a.	95	i.a.
BB14	10-20	25,6	i.a.	93	i.a.
BB13	0-5	19,6	62,6	83	86,5
BB13	5-10	27	i.a.	m	i.a.
BB13	10-20	21,9	i.a.	90	i.a.
BB7	0-5	28,9	41,3	69	95,1
BB5	0-5	23,2	38,9	82	98,6
BB5	5-10	32,1	i.a.	94	i.a.
BB5	10-20	25,4	i.a.	88	i.a.
BB2	0-5	25,3	27,5	61	98,2

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	TOC		TOC_{korr} µg/mg	
		(µgC/mg TS)			
		2006	2007	2006	2007
BB21	0-5		10		14,032
BB14	0-5	46,3	9,8	55,48	16,028
BB14	5-10	43,3	i.a.	44,2	
BB14	10-20	40,2	i.a.	41,46	
BB13	0-5	47,1	11,8	50,16	14,23
BB13	5-10	46,7	i.a.		
BB13	10-20	43,5	i.a.	45,3	
BB7	0-5	38,6	33,9	44,18	34,782
BB5	0-5	47,6	30,6	50,84	30,852
BB5	5-10	30,8	i.a.	31,88	
BB5	10-20	70,8	i.a.	72,96	
BB2	0-5	66,9	58,6	73,92	58,924







3.2.1 Metaller

Konsentrasjonen av metaller i sedimentet fra Bekkelagsbassenget ses i **Tabell 3**. For stasjonene i og nær deponeringsområdet (BB14, BB13) har konsentrasjonen av alle metaller gått betydelig ned. Også på stasjon BB21 som ikke ble undersøkt i 2006, men som ligger midt i deponeringsområdet var konsentrasjonen av alle metaller lave i 2007. Nedgangen i konsentrasjon har vært såpass stor på stasjonene BB14 og BB13 at det tilsvarer en forbedring på opptil 2 tilstandsklasser. For stasjonene lengst borte fra deponeringsområdet dvs. BB7, BB5 og BB2 ble det ikke observert noen endring i tilstandsklasse fra 2006 til 2007 for noen av metallene selv om konsentrasjonen hadde gått noe ned også der (**Tabell 3**).

Basert på metallanalysene i sediment kan en slå fast at deponeringen har ført til en betydelig miljøgevinst i deponeringsområdet. En viss miljøgevinst i form av lavere metallkonsentrasjoner i overflatesedimentet er også observert utenfor selve deponeringsområdet. Dette skyldes at finpartikulært materiale med lavt metallinnhold har sedimentert også utenfor deponeringsområdet og gitt en ”tynnskikttildekking”.

Tabell 3. Konsentrasjonen ($\mu\text{g/g t.v.}$) av metaller i sediment fra stasjoner i Bekkelagsbassenget. Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres				

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	Cd ($\mu\text{g/g}$)		Cr ($\mu\text{g/g}$)		Cu ($\mu\text{g/g}$)		Hg ($\mu\text{g/g}$)	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
BB21			<0,2		27		18,3		0,02
BB14	0-5	2,3	<0,2	68,3	34,8	169	23,4	0,97	0,059
BB14	5-10	2,6	i.a	134	i.a	226	i.a	1,72	i.a
BB14	10-20	3,4	i.a	145	i.a	254	i.a	2,16	i.a
BB13	0-5	2,3	0,3	62,1	38,9	168	32,9	0,89	0,15
BB13	5-10	2,4	i.a	119	i.a	211	i.a	1,52	i.a
BB13	10-20	3,4	i.a	160	i.a	274	i.a	2,05	i.a
BB7	0-5	1,7	1,4	62,7	57,3	146	129	0,82	0,71
BB5	0-5	1,8	1,3	60,9	54,5	167	112	0,92	0,69
BB5	5-10	1,4	i.a	57,8	i.a	119	i.a	0,67	i.a
BB5	10-20	2,4	i.a	107	i.a	196	i.a	1,79	i.a
BB2	0-5	2,4	2,1	66,9	62,1	244	219	0,97	0,85

Tabell 3 (fortsettelse)

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	Ni (µg/g)		Pb (µg/g)		Zn (µg/g)	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007
BB21			23,6		11		55,9
BB14	0-5	41,8	29,8	104	14	382	78
BB14	5-10	44	i.a	108	i.a	366	i.a
BB14	10-20	43	i.a	157	i.a	524	i.a
BB13	0-5	41,1	30,5	100	23	392	98,9
BB13	5-10	43,5	i.a	102	i.a	358	i.a
BB13	10-20	42,2	i.a	166	i.a	513	i.a
BB7	0-5	44,1	36,2	95	73,1	314	280
BB5	0-5	45,1	36,8	94	65,5	366	255
BB5	5-10	49,6	i.a	88,6	i.a	286	i.a
BB5	10-20	43	i.a	94,5	i.a	362	i.a
BB2	0-5	45,7	42,4	99,3	81,6	433	377

3.2.2 Polyklorerte bifenyler (PCB)







Det er analysert for 7 ulike PCB-forbindelser (kongenerer). Disse betegnes som CB 28, CB 52, CB 101, CB 118, CB 138, CB 153 og CB 180 (ofte omtalt som Seven Dutch). Summen av konsentrasjonen av disse 7 kongenerer betegnes i det følgende som Σ PCB₇.

I 2007 varierte konsentrasjonen av Σ PCB₇ i overflatesedimentet fra <21 til 42,4. (**Tabell 4**) og med unntak av stasjonene BB7 og BB5 som kunne klassifiseres som markert forurenset ble det observert relativt lave konsentrasjoner i overflatesedimentet i 2007 (moderat forurenset på BB21, BB14 og BB13). Konsentrasjonen av Σ PCB₇ var klart redusert på stasjon BB14 i forhold til det som ble observert i 2006. Trolig var konsentrasjonen noe redusert også på stasjon BB13, men sedimentet på denne stasjonen (og stasjon BB2) inneholdt allerede i 2006 relativt lave konsentrasjoner av PCB slik at potensialet for reduksjon var noe mindre, dessuten lå deteksjonsgrensen for enkeltkomponentene også såpass høyt at en ikke med sikkerhet kunne avgjøre om konsentrasjonen var redusert. Konsentrasjonen av Σ PCB₇ var også relativt lav på stasjon BB21 midt i deponiet i 2007. Konsentrasjonen av PCB på stasjon BB7 lå omtent i samme nivå begge år og konsentrasjonen på BB5 lå noe høyere enn i 2007.

Nedgangen i konsentrasjon på stasjonene nærmest deponeringsområdet har ikke vært like klar som observert for metaller (**Tabell 3**). Resultatene reflekterer likevel at det har skjedd en viss reduksjon på stasjonene nærmest deponeringsområdet og at konsentrasjonsendringene har vært mindre på de til dels mer fjerntliggende stasjoner BB2, BB5 og BB7.

Tabell 4. Polyklorete bifenylar (PCB) i sediment ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) fra stasjoner i Bekkelagsbassenget. ΣPCB_7 = summen av 7 enkeltforbindelser (nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)Data fra de enkelte prøver er for ΣPCB_7 klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset	
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres					

2006									
Stasjon	Sedimentdyp (cm)	CB 28	CB 52	CB 101	CB 118	CB 153	CB 138	CB 180	ΣPCB_7
BB14	0-5	1,7	4,3	4,5	4,6	15	8,1	3,3	41,5
BB14	5-10	6,9	14	17	15	18	21	8,6	100,5
BB14	10-20	5,6	16	18	16	20	23	11	109,6
BB13	0-5	1,3	2,9	3,2	3,3	4,6	4,9	1,8	22
BB13	5-10	5,4	21	47	34	50	61	21	239,4
BB13	10-20	9,3	27	29	27	34	37	17	180,3
BB7	0-5	2,4	5,1	6,1	5,6	9,8	11	5,9	45,9
BB5	0-5	1,8	3	3,4	3,3	4,3	4,9	1,8	22,5
BB5	5-10	1,3	2,3	3	2,3	3,8	4,8	2	19,5
BB5	10-20	13	25	38	26	34	36	13	185
BB2	0-5	1,3	2	3	3,3	i	5,5	2	17,1

2007									
Stasjon	Sedimentdyp (cm)	CB 28	CB 52	CB 101	CB 118	CB 153	CB 138	CB 180	ΣPCB_7
BB21	0-5	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<21 [#]
BB14	0-5	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<21 [#]
BB14	5-10	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
BB14	10-20	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
BB13	0-5	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<21 [#]
BB13	5-10	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
BB13	10-20	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
BB7	0-5	3	4,8	6,6	5,6	8,1	9,2	5,1	42,4
BB5	0-5	<3	4	4,5	4,9	7,7	8	5,6	34,7
BB5	5-10	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
BB5	10-20	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
BB2	0-5	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<21 [#]

[#]Vi har her valgt å klassifisere verdiene <21 som klasse 2, men kan like gjerne være klasse I

3.2.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Det er analysert for 16 ulike PAH-forbindelser (se vedlegg H). Summen av konsentrasjonen av 15 av disse betegnes i det følgende som Σ PAH. De 15 komponentene som inngår i beregning av Σ PAH er de samme som inngår i SFTs klassifisering av miljøkvalitet for sediment (Molvær mfl. 1997).

I prøvene fra 2007 varierte konsentrasjonen av Σ PAH fra 262 μ g/kg t.v. til 3427 μ g/kg t.v. (**Tabell 5**). Konsentrasjonen hadde gått betydelig ned etter deponeringen på stasjonene i eller nær deponeringsområdet (BB14, BB13). Konsentrasjonen av PAH var dessuten også relativt lav på stasjon BB21 som ikke ble prøvetatt i 2006. Konsentrasjonen på stasjon BB7 hadde også gått ned i 2007, mens konsentrasjonsnivået av Σ PAH i overflatesedimentet på BB5 og BB2 lengst borte fra deponeringsområdet lå omtrent som i 2006 (**Tabell 5**). Sedimentet i eller nær deponeringsområdet (BB13, BB14, BB21) kunne karakteriseres som ubetydelig til moderat forurenset med PAH, mens stasjonen mer fjernt fra deponeringsområdet (BB2, BB5) kunne karakteriseres som markert til sterkt forurenset (**Tabell 5**).







Konsentrasjonen av benzo(a)pyren (BaP) observert i 2007 varierte fra <50 μ g/kg t.v. til 230 μ g/kg t.v. (**Tabell 5**). På tilsvarende måte som for Σ PAH ble det observert en klar nedgang i konsentrasjonen av BaP på stasjonene i eller nær deponeringsområdet (BB14, BB13) og på stasjon BB7. Konsentrasjonen av BaP i sediment fra på BB2 og BB5 lå omtrent i samme nivå begge år (**Tabell 5**). Sedimentet i eller nær deponeringsområdet (BB13, BB14, BB21) kunne karakteriseres som moderat forurenset med BaP, mens stasjonene mer fjernt fra deponeringsområdet (BB2, BB5 og BB7) kunne karakteriseres som markert (BB7) til sterkt forurenset (BB2 og BB5) (**Tabell 5**).

Komponentsammensetningen for PAH var omtrent den samme i alle prøver som ble analysert i 2006 (Berge et al 2007b). I prøvene fra 2007 lå konsentrasjonen av flertallet av komponentene i prøvene fra BB13, BB14 og BB21 under deteksjonsgrensen (se vedlegg H). Det var derfor ikke mulig å presentere komponentsammensetningen for disse prøvene. For prøvene fra BB2, B5 og B7 ble det imidlertid observert reelle konsentrasjoner for flertallet av de analyserte enkeltkomponentene slik at komponentsammensetningen kunne beregnes. En sammenligning av prøvene fra 2006 og 2007 viste at komponentsammensetningen var grovt sett den samme begge år, med unntak at det i 2007-prøvene var en tendens til noe større innslag av dibenzo(a,h)antracen (BDA3A) og benzo(ghi)perylene (BGHIP) og Indeno(123cd)pyren (ICDP) i BB2 og BB5 og noe mindre innslag av fluoranten (FLU) og pyren (PYR) (**Figur 7**).

På samme måte som for metaller og til dels også for PCB kan en slå fast at deponeringen har ført til en betydelig miljøgevinst i form av lavere konsentrasjoner av PAH og BaP i overflatesedimentet i deponeringsområdet. Det er også observert tendenser til redusert konsentrasjon utenfor selve deponeringsområdet særlig BB7 (**Tabell 5**) og til en viss grad også på BB2 og BB5. Dette skyldes at finpartikulært materiale med lavt innhold av PAH og BaP har sedimentert også utenfor deponeringsområdet og gitt en ”tynnsjiktstildekking”.

Tabell 5. Konsentrasjonen av benzo(a)pyren og Σ PAH ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) i sediment fra Bekkelagsbassenget. Data fra de enkelte prøver er for Σ PAH og B(a)P klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997).

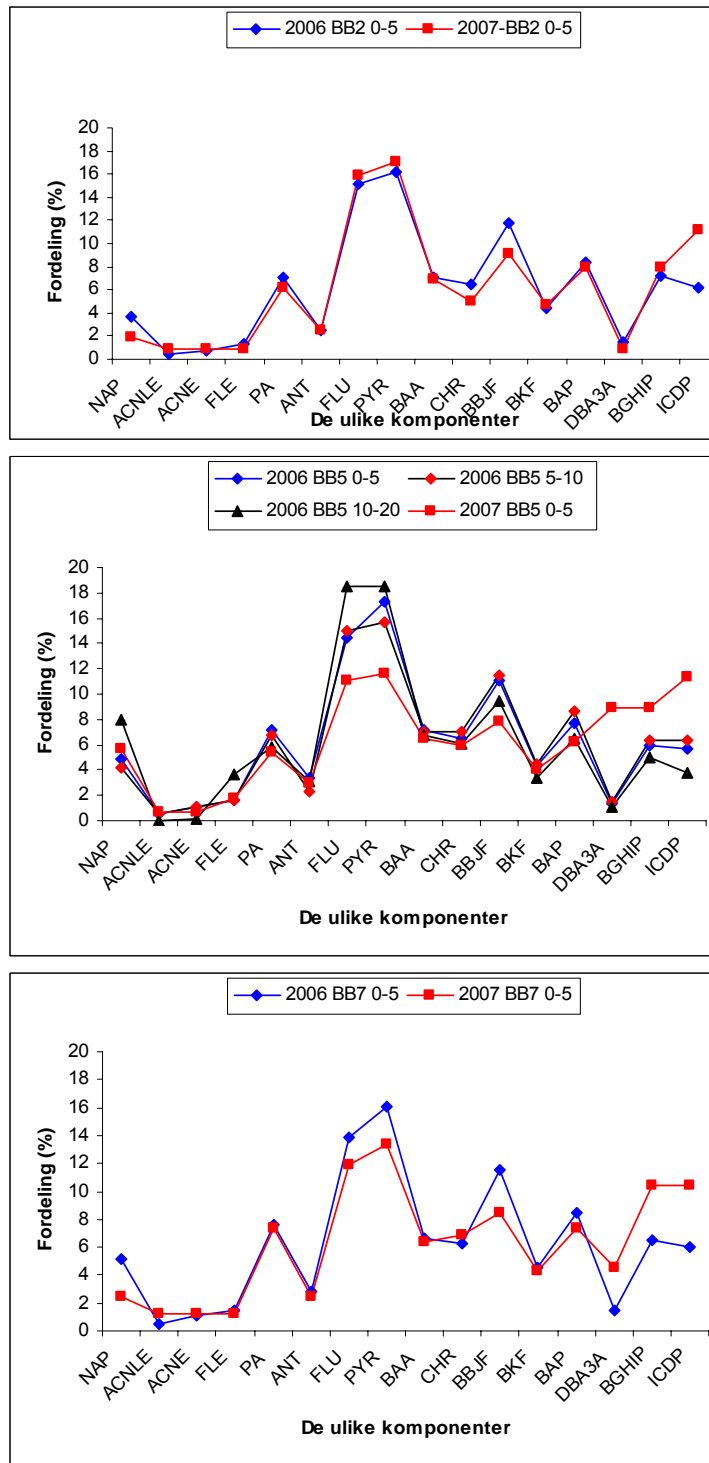
Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig-lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres				

	Sedimentdyp (cm)	BAP		Σ PAH	
		2006 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.	2007	2006 ¹⁾ $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.	2007 ²⁾
Stasjon					
BB21	0-5	i.a.	<50		482
BB14	0-5	350	<50	4124	126
BB14	5-10	320	i.a.	3586	i.a.
BB14	10-20	440	i.a.	5247	i.a.
BB13	0-5	210	<50	2472	262
BB13	5-10	300	i.a.	3283	i.a.
BB13	10-20	550	i.a.	5864	i.a.
BB7	0-5	730	150	8228	1897
BB5	0-5	270	230	3351	3427
BB5	5-10	450	i.a.	4997	i.a.
BB5	10-20	290	i.a.	4075	i.a.
BB2	0-5	300	220	3444	2609

¹⁾ **2006:** Følgene forbindelser inngår her i beregningen av Σ PAH: acenaftylene, acenaften, benzo(a)pyren, fluoren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibez(a,h)antracen, fenantren, benzo(ghi)perylene, antracen, benzo(b,j)fluoranten, fluoranten, chrysen, pyren, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen. Tallene som oppgis for 2006 er noe høyere enn tidligere rapportert. Dette skyldes at en ved en feil ikke hadde summert verdiene for chrysen og benzo(b,j)fluoranten.

²⁾ **2007:** Acenaftylene, acenaften, benzo(a)pyren, fluoren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibez(a,h)antracen, fenantren, benzo(ghi)perylene, antracen, benzo(b)fluoranten, fluoranten, chrysen, pyren, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen. Enkeltforbindelser hvor konsentrasjonen lå under deteksjonsgrensen er ikke tatt med ved summering.



Figur 7. Fordeling (%) av 16 PAH-forbindelser i prøver av overflatesediment (0-5 cm) fra 3 stasjoner i Bekkelagsbassenget i 2006 og 2007. For stasjon BB5 vises også prosentfordeling fra dybdeintervallene 5-10 cm og 10-20 cm i prøvene innsamlet i 2006. Forklaring til forkortelsene som er brukt for de enkelte komponenter finnes i vedlegg B.

3.2.4 Tinnorganiske forbindelser







Konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) i sediment varierte i 2007 fra <1 µg/kg t.v. til 470 µg/kg t.v. (**Tabell 6**). Konsentrasjonene av TBT i deponiområdet (BB13, BB14) var betydelig lavere i 2007 enn før deponeringen. Spesielt lav var konsentrasjonen av TBT på stasjon BB21 (**Tabell 6**). Tilsvarende reduksjon/lave konsentrasjoner ble også observert for nedbrytningsproduktene DBT og MBT og trifenylforbindelsene på stasjonene BB13, BB14 og BB21 (**Tabell 6**). Det ble imidlertid observert kun mindre endringer på stasjonene BB2, BB5 og BB7 hvor sedimentet både i 2006 og 2007 kunne karakteriseres som meget sterkt forurenset med TBT.

På samme måte som for metaller, PAH, BaP og til dels også PCB kan en slå fast at deponeringen har ført til en betydelig miljøgevinst i deponeringsområdet i form av lavere konsentrasjoner av TBT og andre tinnorganiske forbindelser i overflatesedimentet.

Tabell 6. Konsentrasjonen av tinnorganiske forbindelser ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$) i sediment fra Bekkelagsbassenget. TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, TPhT=trifenyltinn, DPhT=difenyltinn, MPhT=monofenyltinn.

Data fra de enkelte prøver er for TBT klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres				

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	MBT ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$)		DBT ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$)		TBT ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$)	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007
BB21	0-5		<1,00		<1,00		<1,00
BB14	0-5	36	1,9	93	2,5	440	6,1
BB14	5-10	8,7	i.a.	57	i.a.	100	i.a.
BB14	10-20	14	i.a.	76	i.a.	210	i.a.
BB13	0-5	15	4,5	73	13	440	27
BB13	5-10	23	i.a.	75	i.a.	130	i.a.
BB13	10-20	11	i.a.	59	i.a.	210	i.a.
BB7	0-5	21	41	98	170	450	470
BB5	0-5	10	34	47	140	490	400
BB5	5-10	7,6	i.a.	38	i.a.	220	i.a.
BB5	10-20	15	i.a.	73	i.a.	260	i.a.
BB2	0-5	24	48	120	200	480	420

Stasjon	Sedimentdyp (cm)	MPhT ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$)		DPhT ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$)		TPhT ($\mu\text{g}/\text{kg t.v.}$)	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007
BB21	0-5		<1,00		<1,00		<1,00
BB14	0-5	7,5	1	i	<1,00	16	<1,00
BB14	5-10	7	i.a.	i	i.a.	4,8	i.a.
BB14	10-20	18	i.a.	i	i.a.	i	i.a.
BB13	0-5	9,8	1,4	i	1,4	16	<1,00
BB13	5-10	8,2	i.a.	i	i.a.	12	i.a.
BB13	10-20	7,4	i.a.	i	i.a.	5	i.a.
BB7	0-5	17	16	i	32	13	21
BB5	0-5	5,5	12	i	16	4,9	10
BB5	5-10	6,4	i.a.	i	i.a.	3,5	i.a.
BB5	10-20	7,1	i.a.	i	i.a.	8	i.a.
BB2	0-5	1,7	12	i	30	6,9	16

3.3 ROV-sammenligning av registreringer i 2006 og 2007

Det har ikke vært mulig å detektere noen store endringer i nedslamming eller forekomst av organismer mellom de to årene. De endringer som er registrert er heller ikke entydige, verken i forhold til utvikling av miljøkvalitet eller til en eventuell kobling mot økt nedslamming.

For 2006 er det tidligere gitt en beskrivelse av substratforhold og biologi på de ulike lokalitetene (Berge mfl. 2007b). Nedenfor er det foretatt en sammenligning av tilstanden på de undersøkte lokalitetene i 2006 og 2007. Sammenligningen baserer seg på observasjoner og registreringer som er gjort fra videoopptakene med ROV 21. september 2006 (Berge mfl. 2007b) og 6. november 2007. Utskrifter fra videoregistreringene er gitt i Vedlegg D-G.

3.3.1 Ormøya

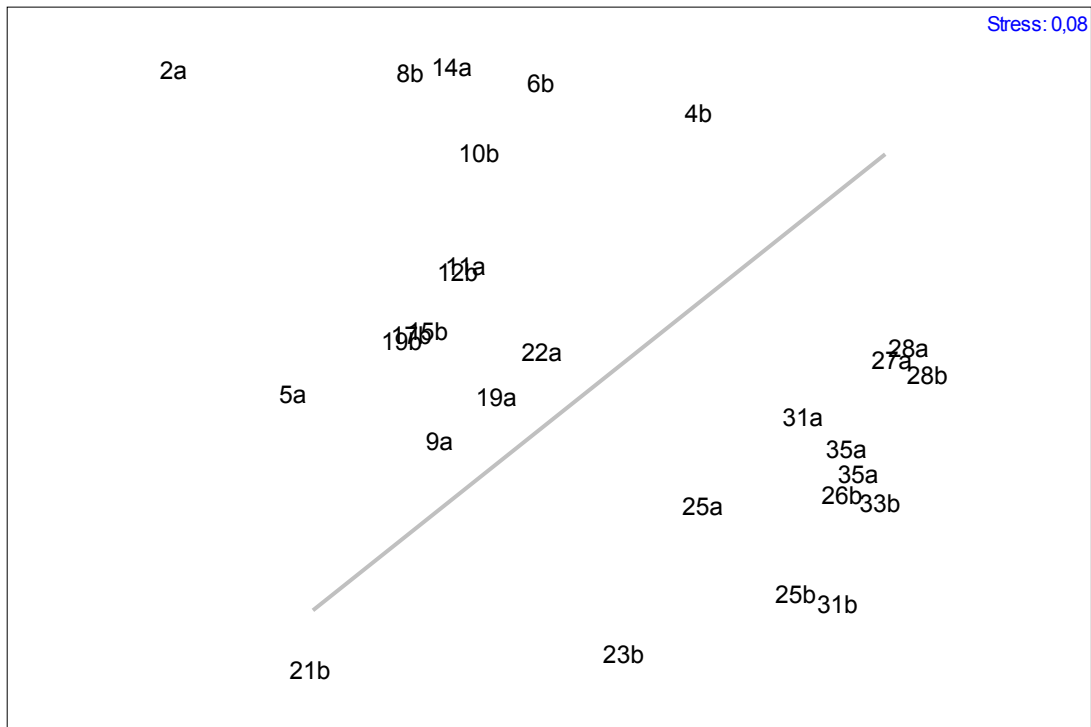
Utvalgte foto av bunnforholdene ved Ormøya i 2006 og 2007 er vist i **Figur 8**. Resultater fra likhetsanalyser er presentert som MDS-plott i **Figur 9** og **Figur 10**.



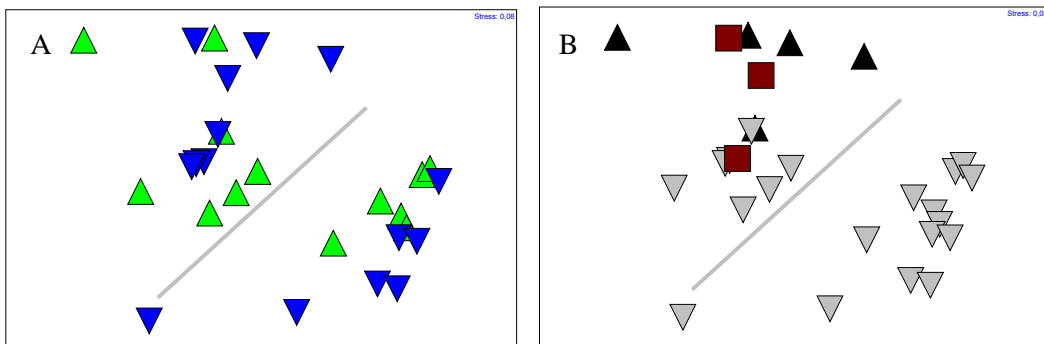
Figur 8. Transekt ved Ormøya 2006 og 2007. A og B: Grusbunn på 14 m med sjønellik på fast substrat. C og D: sediment dekket av bakterien *Beggiatoa sp.* Bakterien var begge årene vanlig dypere enn 26 m og indikerer dårlige oksygenforhold.

Som ventet endrer bunndyrsamfunnet på Ormøya seg med dypet. **Figur 9** viser at en grovt sett har en gruppe med prøver fra dyp større enn 20 m nede til høyre i figuren og de grunnere prøvene oppe til venstre. Stor avstand mellom prøver i figuren viser stor ulikhet. Det er ingen tydelig gruppering av de to årene, dette er visualisert i **Figur 10 A**, mens det er en tydelig, og naturlig gruppering av prøvene i forhold til den type substrat de er registrert på (**Figur 10 B**). Generelt så endrer substratet seg mot et større innslag av bløtbunn med økende dyp.

Ormøya



Figur 9. Likhetsanalyse av prøver fra Ormøya. Tallet indikerer dyp. Bokstav år; a=2006, b=2007. Like prøver ligger nær hverandre. Skillet mellom grunnere (<20m) og dype (>20m) prøver er indikert med den grå streken.



Figur 10. Likhetsanalyse av prøver fra Ormøya. A: Prøverne gruppert etter årstall. Grønn ▲ =2006, blå ▼ =2007. B: Prøverne gruppert etter type substrat. Grå ▼ =bløtbunn, svart ▲ =hardbunn, brun ■ =blanding av hard- og bløtbunn.

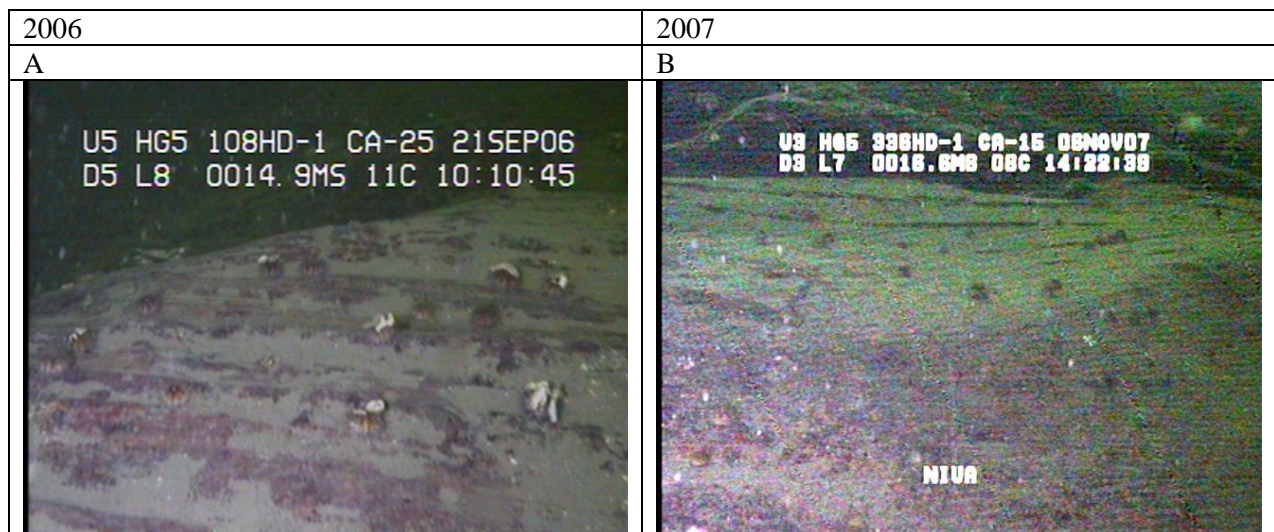
Figur 10 A tyder på at faunaen var relativt lik de to undersøkelsesårene. En viss ulikhet ble likevel registrert. Ulikhetsanalyse viser at større forekomst av trekantmark i 2007 gir det største bidraget til ulikheten (**Tabell 7**). Den registrerte forskjellen i nedslamming mellom de to årene er liten.

Tabell 7. Ormøya. Simper-analyse av ulikhet mellom grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn i 2006, og grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn 2007. De kategorier som ligger høyest i bidragsprosent betyr mest for ulikheten.

Art/kategori	2006	2007	Bidrag%	Kum.%
	Sn.forek.	Sn.forek.		
trekantmark	1,00	2,40	13,20	13,20
sylindersjørose	1,00	0,80	11,71	24,91
muslingskall	0,67	0,60	8,48	33,39
trådf. alger	1,00	0,00	8,37	41,76
blåskjell	1,00	0,00	8,37	50,14
sjønellik	1,33	1,40	7,41	57,55
hydroide indet.	0,00	0,80	7,36	64,91
tangkutling	0,67	0,40	6,94	71,86
nedslamming	1,33	1,60	6,94	78,80

3.3.2 Rambergøy

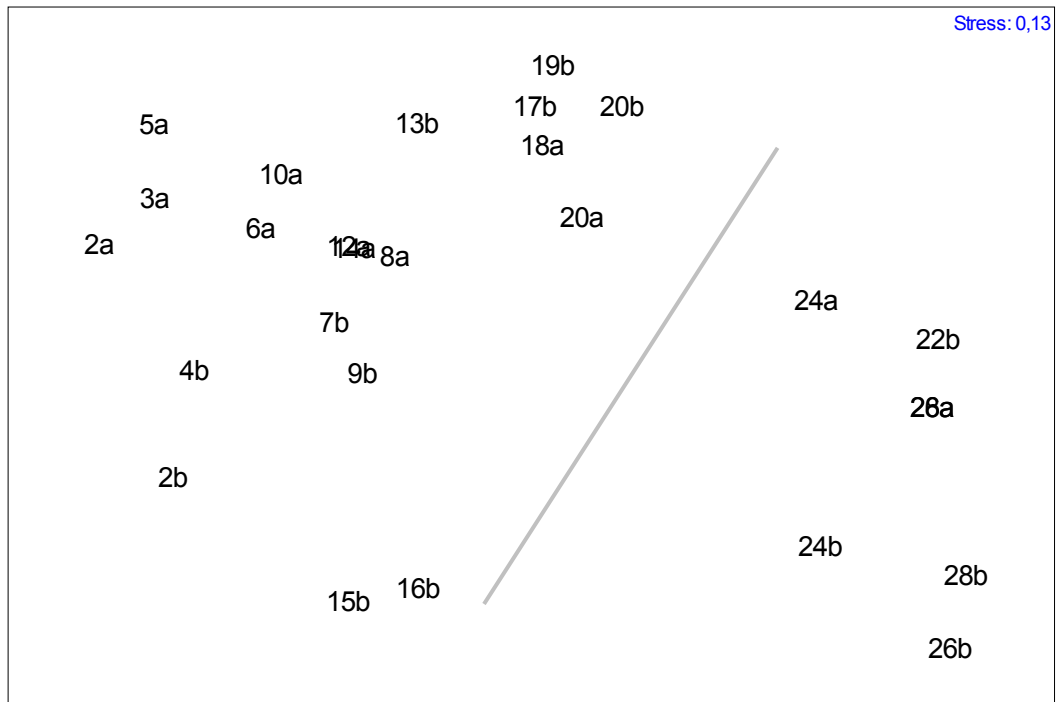
Foto av bunnforhold ved Rambergøy i 2006 og 2007 er vist i **Figur 11**. Resultater fra likhetsanalyser er presentert som MDS-plott i **Figur 12** og **Figur 13**.



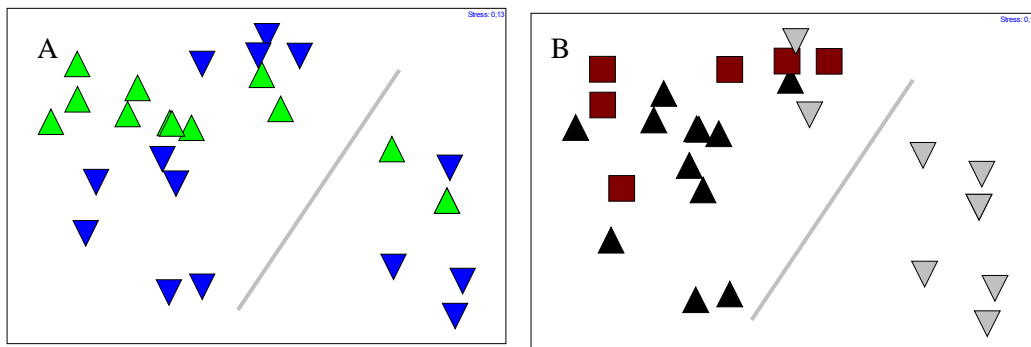
Figur 11. Transekt ved Rambergøy 2006 og 2007. A og B: nedslammet fjellbunn med kråkeboller på ca 15 m dyp.

Prøvene fra Rambergøy ble i likhet med Ormøya, stort sett gruppert etter dyp (**Figur 12**), med prøver fra dyp større enn 20 m nede til høyre i figuren og de grunnere prøvene oppe til venstre. Stor avstand mellom prøver i figuren viser stor ulikhet. Det er noe mer gruppering av de to årene enn ved Ormøya, dette er visualisert i **Figur 13 A**, men det er også her en tydelig, og naturlig gruppering av prøvene i forhold til den type substrat organismene er registrert på (**Figur 13 B**).

Rambergøy



Figur 12. Likhetsanalyse av prøver fra Rambergøy. Tallet indikerer dyp. Bokstav år; a=2006, b=2007. Like prøver ligger nær hverandre. Skillet mellom grunne (<20m) og dype (>20m) prøver er indikert med den grå streken.



Figur 13. Likhetsanalyse av prøver fra Rambergøy. A: Prøvene gruppert etter årstall. Grønn ▲ =2006, blå ▼ =2007. B: Prøvene gruppert etter type substrat. Grå ▼ =bløtbunn, svart ▲ =hardbunn, brun ■ =blanding av hard- og bløtbunn.

En analyse av ulikheten mellom 2006 og 2007 på Rambergøy viser noe større forekomster av kutling i 2006 og det er dette som gir det største bidraget til ulikheten mellom de to årene (**Tabell 8**). Det er noe mindre nedslamming i 2007 enn i 2006, men forskjellen er liten og indikerer ingen endringer i partikkelbelastning.

Tabell 8. Rambergøy. Simper-analyse av ulikhet mellom grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn i 2006, og grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn 2007. De kategorier som ligger høyest i bidragsprosent betyr mest for ulikheten.

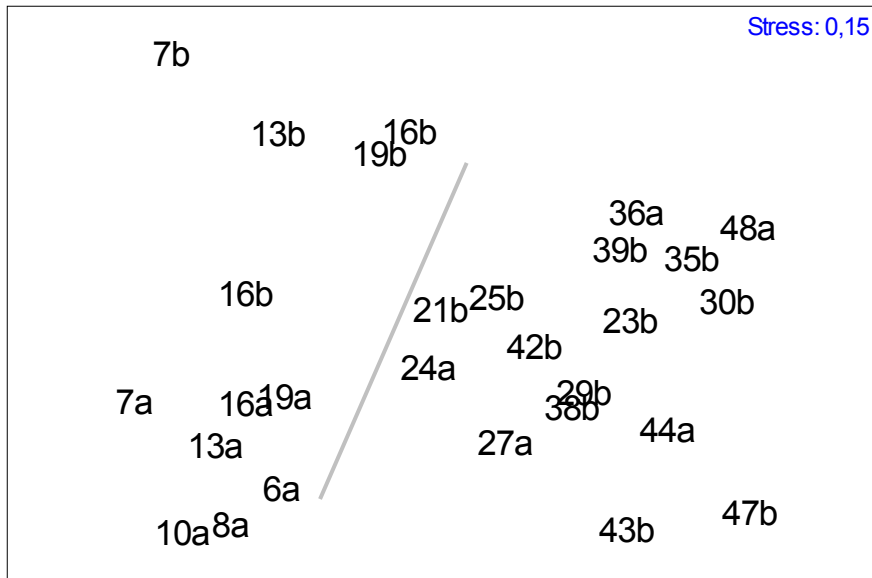
Art/kategori	2006 Sn.forek.	2007 Sn.forek.	Bidrag%	Kum.%
tangkutling	1,44	0,00	10,04	10,04
muslingskall	2,33	1,44	10,03	20,07
trekantmark	2,22	2,00	9,24	29,31
drøbakkråkebolle	1,33	1,78	8,24	37,54
kalkskall/-rester	1,11	1,67	7,70	45,25
nedslamming	2,33	1,89	6,85	52,10
trådf. alger	0,33	0,56	5,36	57,46
hydroide indet.	0,22	0,67	4,76	62,22
syndersjørose-lys	0,22	0,44	4,33	66,55
sjøstjerne (A. rubens)	0,56	0,33	3,74	70,29

3.3.3 Bleikøyflu S

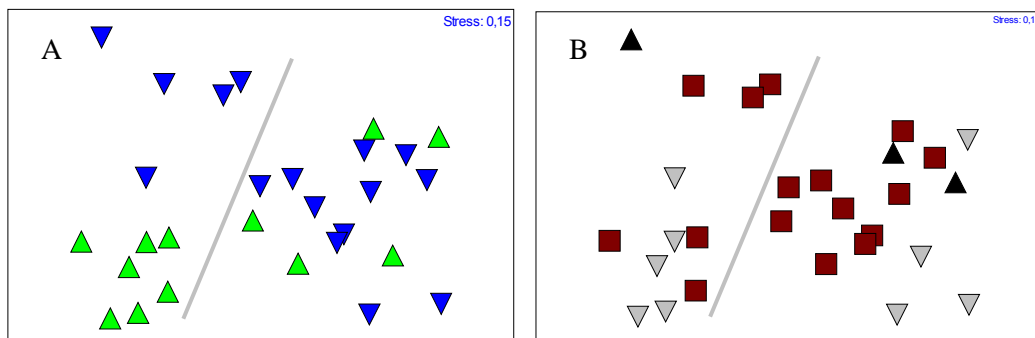
Bleikøyflu S representerer den delen av transektet som går fra grunnområdet midt på flua og i sydøstlig retning inn mot Bekkelagsbassenget (**Figur 3**). Potensielt skulle området kunne bli påvirket av partikler som eventuelt virvles opp ved deponeringen. Utvalgte foto av bunnforhold i dette transektet (Bleikfluøy S) i 2006 og 2007 ses i **Figur 14**. På samme måte som ved de to andre lokalitetene så er resultater fra likhetsanalyser presentert som MDS-plott (**Figur 15** og **Figur 16**). Plottene viser en fordeling av prøver etter dyp, grovt sett fra venstre mot høyre med økende dyp, og med antydning til gruppering etter år (**Figur 16A**).



Figur 14. Transekt ved Bleikøyflu S 2006 og 2007, A og B: sjønellik på blandet bunn på ca 8 m dyp. C: sjørosen *Protanthea simplex*, påfuglmark, sylindersjørose og cf. *Polydora ciliata* på 23,7 m dyp. D: høy tetthet av sylindersjøroser på bløtbunn på 20,2 m dyp.



Figur 15. Likhetsanalyse av prøver fra Bleikøyflu S. Tallet indikerer dyp. Bokstav år; a=2006, b=2007. Like prøver ligger nær hverandre. Skillet mellom grunne (<20m) og dype (>20m) prøver er indikert med den grå streken. Merk at det er 2 prøver merket 16b, begge er tatt på 16m dyp i 2007, men på ulike sted i transektet, se vedlegg F.



Figur 16. Likhetsanalyse av prøver fra Bleikøyflu S. A: Prøvene gruppert etter årstall. Grønn ▲ =2006, blå ▼ =2007. B: Prøvene gruppert etter type substrat. Grå ▼=bløtbunn, svart ▲=hardbunn, brun ■ =blanding av hard- og bløtbunn.

En analyse av ulikheten mellom 2006 og 2007 på Bleikøyflu S viser at større forekomster av børstemarken cf. *Polydora ciliata* i 2007 gir det største bidraget til ulikheten mellom de to årene (**Tabell 9**). Flere dype prøver fra blandet bunn i 2007 enn i 2006 er sannsynlig årsak til større registrert forekomst av børstemarken i 2007. Det er en noe større grad av nedslamming i 2007 enn i 2006, men denne bidrar relativt lite til den forskjellen som er registrert mellom de to årene (**Tabell 9**).

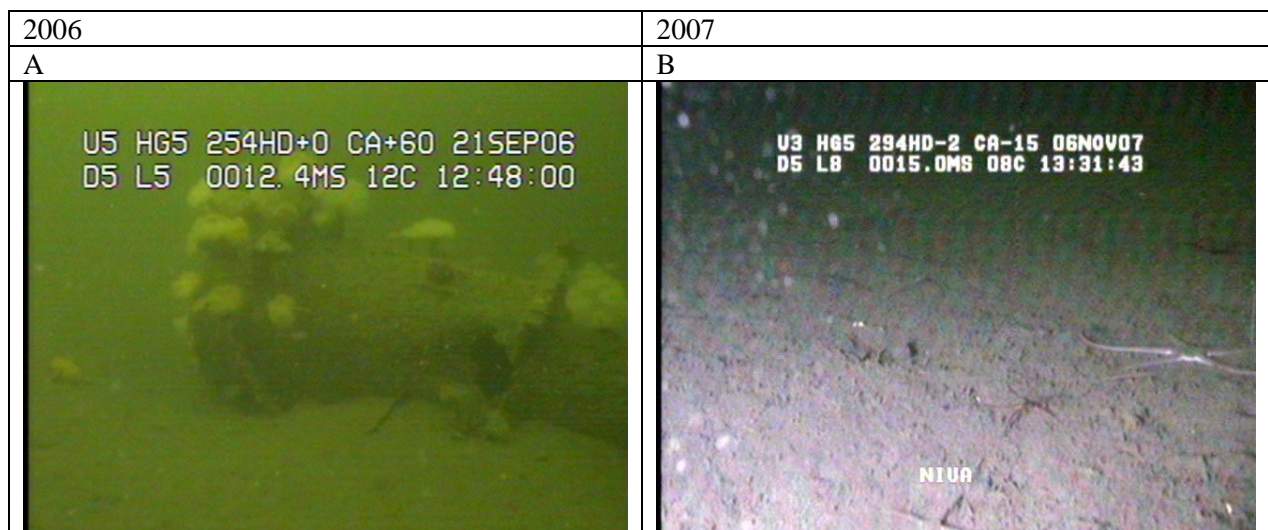
Tabell 9. Bleikøyflu S. Simper-analyse av ulikhet mellom grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn i 2006, og grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn 2007. De kategorier som ligger høyest i bidragsprosent betyr mest for ulikheten.

Art/kategori	2006	2007	Bidrag%	Kum.%
	Sn.forek.	Sn.forek.		
cf Polydora ciliata	1,67	2,15	11,76	11,76
Muslingskall	1,83	0,00	10,74	22,50
sylindersjørose-lys	1,17	0,85	7,88	30,38
kalkskall/-rester	2,33	1,38	7,48	37,86
Ciona intestinalis	0,33	1,38	7,37	45,23
Sjønellik	1,50	1,00	7,23	52,46
Påfuglmark	1,17	0,31	6,59	59,05
Detritus	1,33	0,92	5,78	64,83
Nedslamming	2,17	3,00	5,44	70,27

3.3.4 Bleikøyflu N

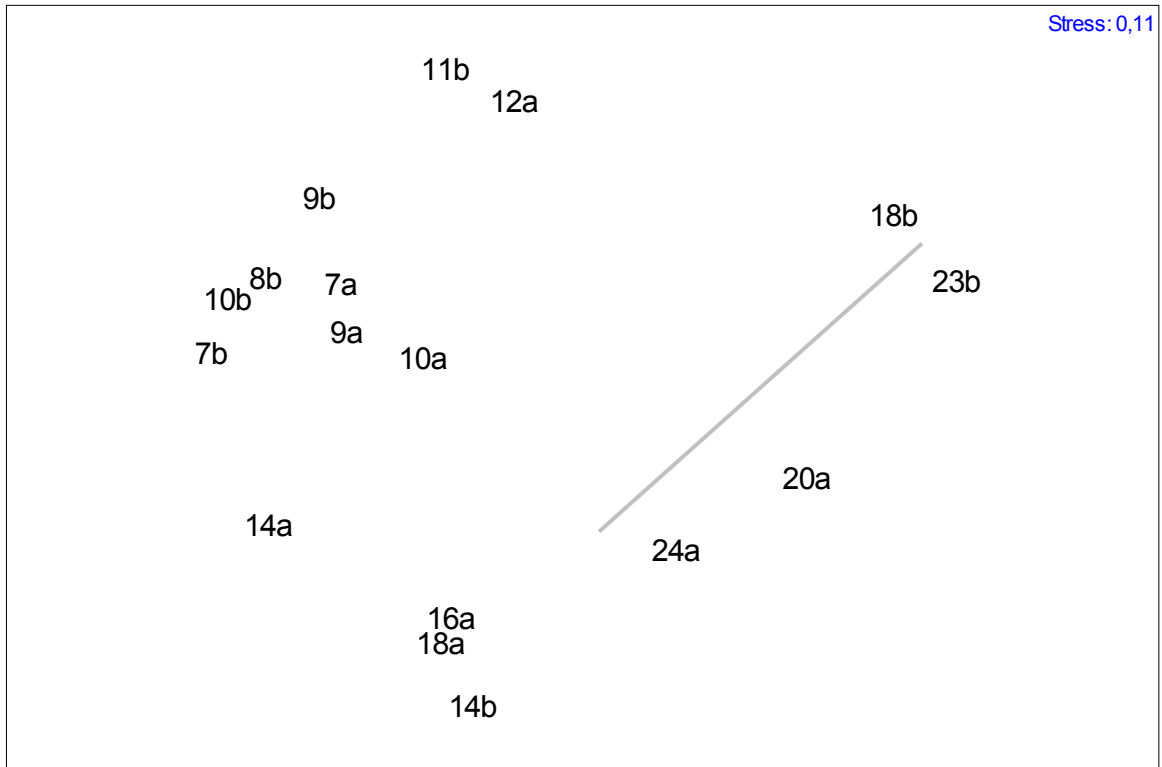
Bleikøyflu N representerer den delen av transektet som går fra grunnområdet midt på flua og i nordvestlig retning i retning Bleikøya (**Figur 3**). Potensielt skulle området ikke eller i svært begrenset grad kunne bli påvirket av partikler som eventuelt virvles opp ved deponeringen.

Det er vist et foto av bunnforhold ved Bleikøflu N i 2006 og 2007 i **Figur 17**. Resultater fra likhetsanalyser er presentert som MDS-plott i **Figur 18** og **Figur 19**. Det er også på denne stasjonen en sortering av prøver etter dyp, fra venstre mot høyre. Merk at det ikke er noen rene hardbunnsregistreringer i verken 2006 eller 2007 (**Figur 19b**).

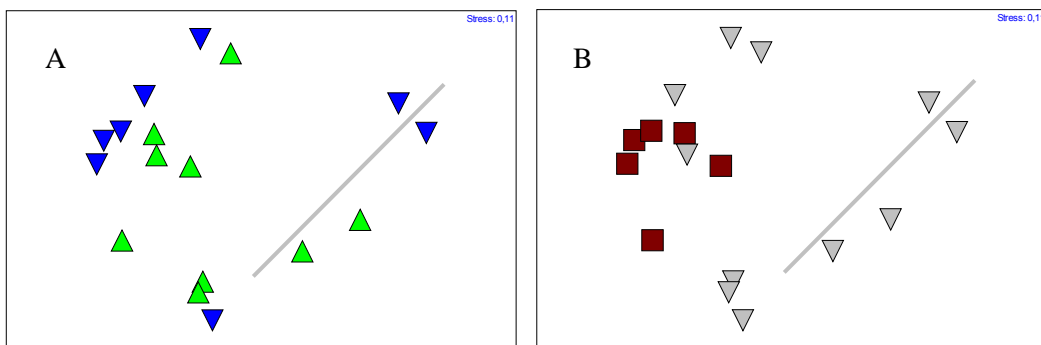


Figur 17. Bleikøyflu N, A: Gammelt avløpsrør på bløtbunn på ca. 15 m dyp. En stor torsk hadde tilholdssted inne i røret. B: bløtbunn med slangestjerner på 15 m dyp.

Bleikøyflu N



Figur 18. Likhetsanalyse av prøver fra Bleikøyflu N. Tallet indikerer dyp. Bokstav år; a=2006, b=2007. Like prøver ligger nær hverandre. Skillet mellom grunne (<20 m) og dype (>20 m) prøver er indikert med den grå streken.



Figur 19. Likhetsanalyse av prøver fra Bleikøyflu N. A: Prøvene gruppert etter årstall. Grønn ▲ =2006, blå ▼ =2007. B: Prøvene gruppert etter type substrat. Grå ▼ =bløtbunn, svart ▲ =hardbunn, brun ■ =blanding av hard- og bløtbunn.

En analyse av ulikheten mellom 2006 og 2007 på Bleikøyflu N viser at større forekomster av kutlinger i 2006 gir det største bidraget til ulikheten mellom de to årene (**Tabell 10**). Større grad av nedslamming i 2007 gir også et omtrent like stort bidrag til ulikheten som forskjellen i forekomst av kutlinger. Fraværet av ren hardbunn gjør kvantifiseringen av nedslamming vanskelig og derfor mer usikker enn på de øvrige stasjonene.

Tabell 10. *Bleikøyflu N. Simper-analyse av ulikhet mellom grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn i 2006, og grupper av prøver fra hardbunn og blandet bunn 2007. De kategorier som ligger høyest i bidragsprosent betyr mest for ulikheten.*

Art/kategori	2006 Sn.forek.	2007 Sn.forek.	Bidrag%	Kum.%
kutling indet.	2,00	0,00	11,81	11,81
nedslamming	0,67	2,67	11,77	23,58
detritus	0,33	2,00	9,76	33,34
kalkskall/-rester	1,33	2,33	8,49	41,83
trekantmark	1,33	2,67	8,12	49,95
hydroide indet.	0,00	1,33	7,41	57,36
slangestjerne indet.	1,00	0,00	6,15	63,50
muslingskall	1,67	2,00	5,72	69,23
sylandersjørose-mørk	0,67	0,33	4,40	73,63

3.3.5 Foto fra utslippsrør

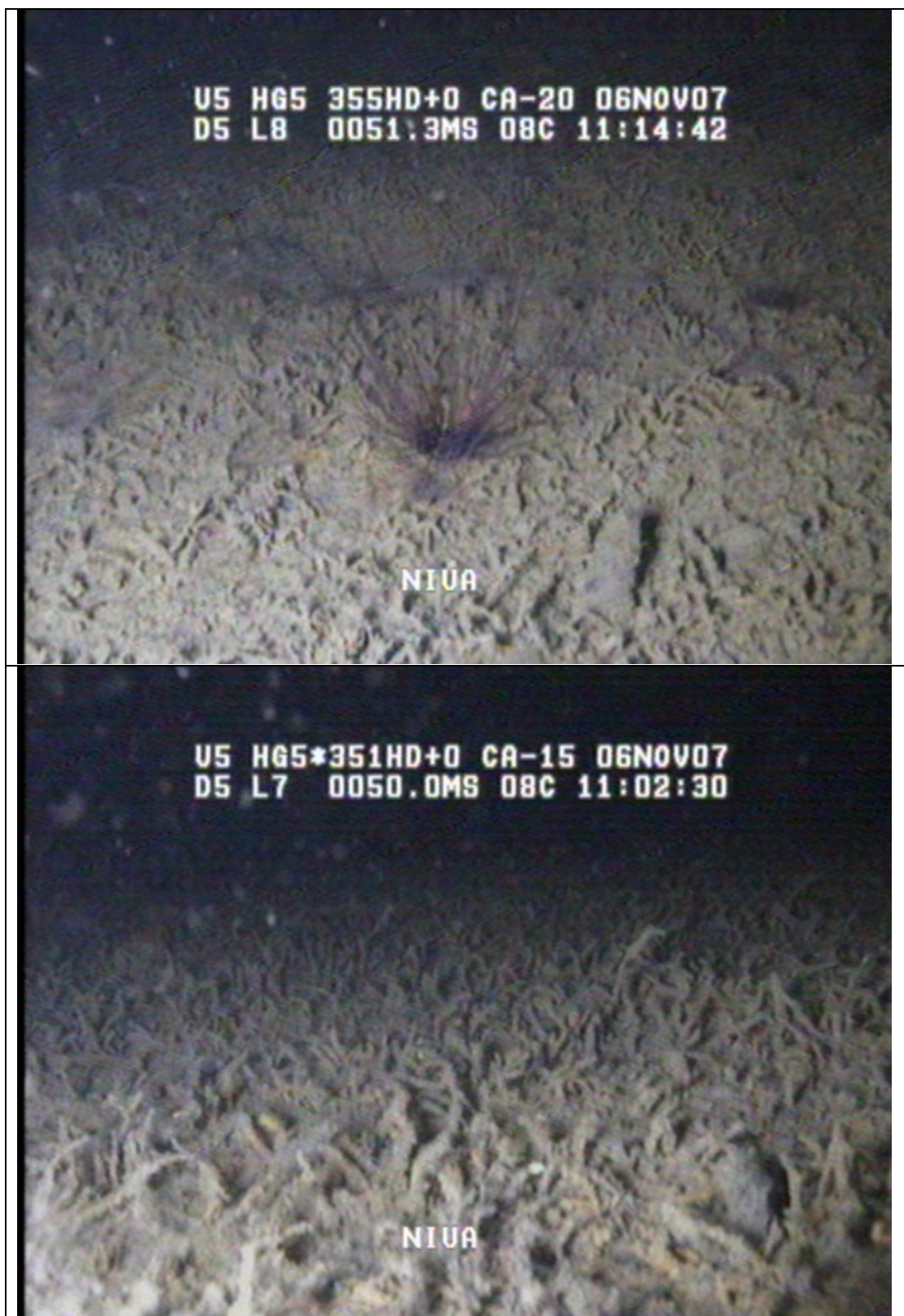
Noen utvalgte foto fra ROV-registreringene på utslippsrøret er vist i **Figur 20** til **Figur 22**. Registreringene tyder på stor tetthet av en del dominerende arter. Artene som ble observert på utslippsarrangementet var i hovedsak de samme som i førundersøkelsen (se angivelse av de observerte artene i teksten til **Figur 20** til **Figur 22**) og bestod i hovedsak av hardbunnsorganismer, men blåskjell som ble observert rundt ett av hullene i utslippsarrangementet i 2006 ble ikke observert i 2007. I 2006 var et stykke av rørledningen så godt som uten begroing (se Figur 21 i Berge et al 2007b). Tilsvarende ble ikke observert i 2007. Dette kan skyldes at området nå er dekket pga naturlig rekolonisering av det bare substratet eller at vi ikke har registrert på akkurat samme sted på røret. Registreringene og spesielt det store innslaget av hardbunnsorganismer tyder på at det ikke har vært noen nedslamming av utslippsarrangementet av betydning ut over det som en observerte under førundersøkelsen. Hullene i utslippsarrangementet og selve rørledningen (**Figur 24** øverst) synes heller ikke å være tilstoppet.



Figur 20. Utvalgte foto fra ROV-registreringene av ett av utslippsrørene til renseanlegget på Bekkelaget. Øverst: rørbyggende børstemark (påfuglmark, cf. *Sabella sp.*), sjørosen *Protanthea simplex*. Nederst: sjørosen *Protanthea simplex*, og rør av påfuglmark.



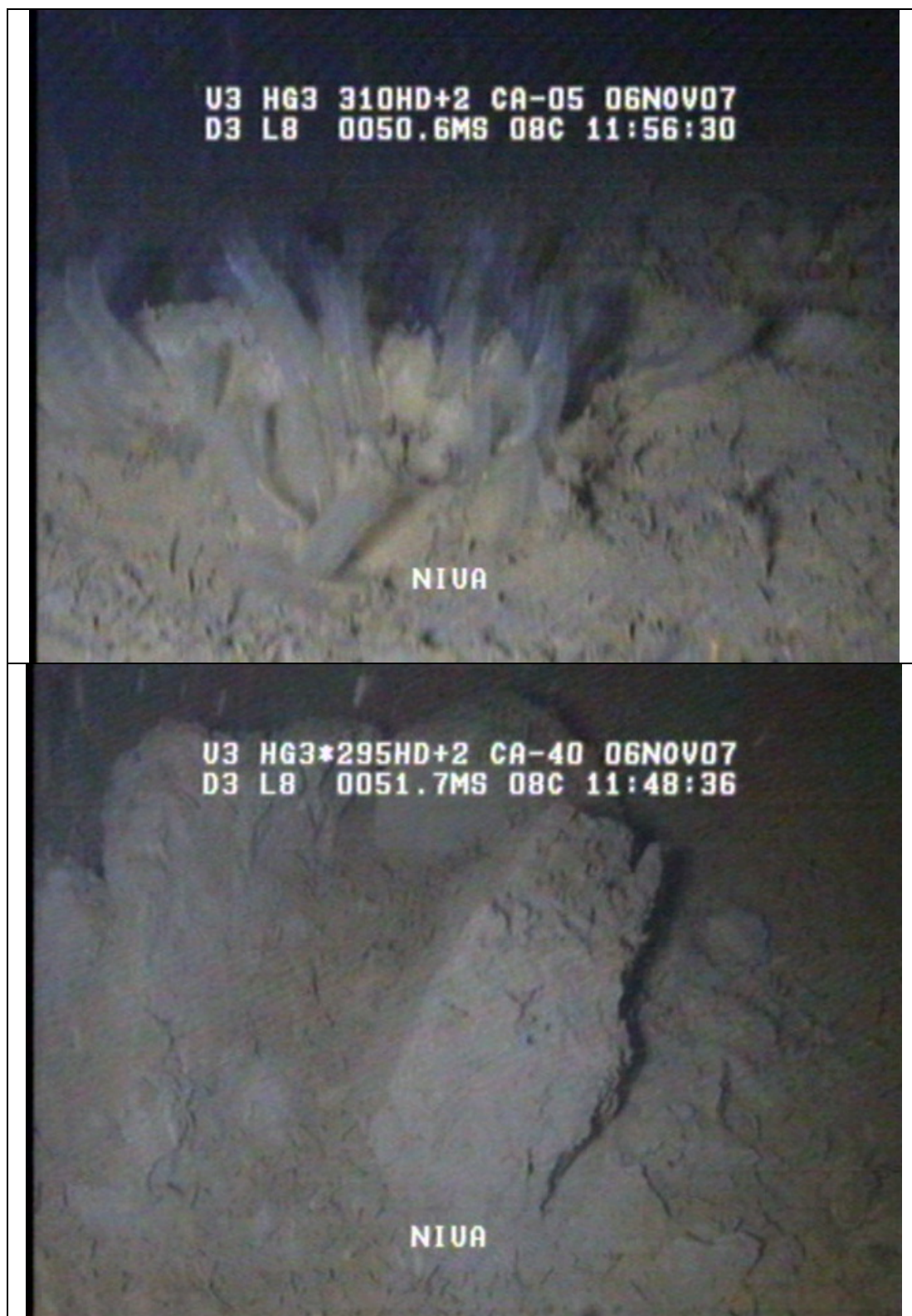
Figur 21. Utvalgte foto fra ROV-registreringene på ett av utslippsrørene til renseanlegget på Bekkelaget. Øverst: Her ses et av utslippshullene og en rørbyggende børstemark (påfuglmark, cf. *Sabella sp.*) som fanger partikler med sine vifteformede tentakler. Nederst: sekkdyr (*Ciona intestinalis*), sjønnellik (*Metridium senile*) og sjørosen *Protanthea simplex*.



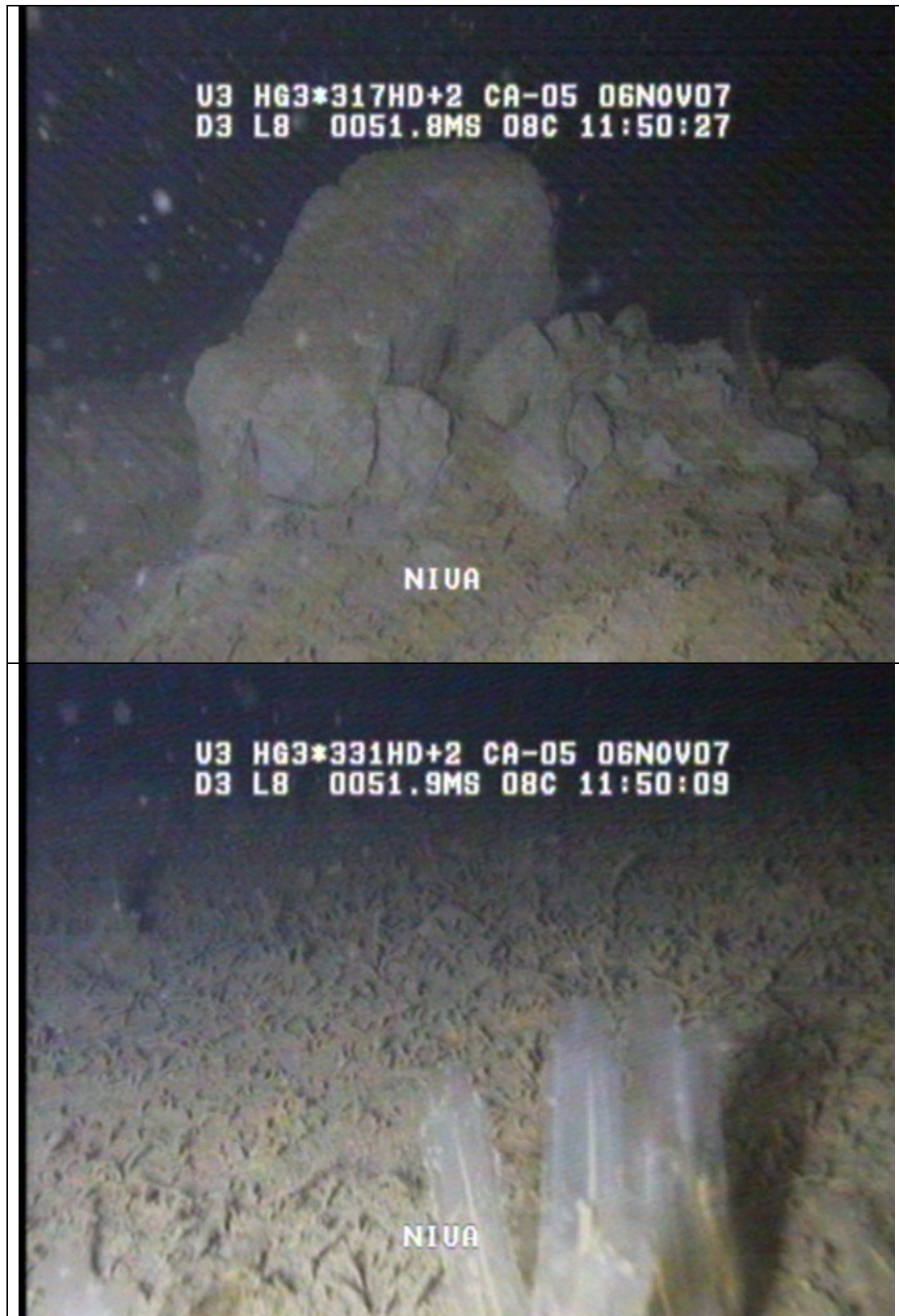
Figur 22. Utvalgte foto fra ROV-registreringene på bunnen noen få meter fra utslippsrøret, Øverst: Sylinder sjørose (cf. *Cerianthus lloydii*) i en tett matte av børstemarkrør (*Polydora sp.*). Nederst: tett matte av børstemarkrør (*Polydora sp.*).

3.3.6 Foto fra deponeringsområdet

Registreringen på bunnen der det ble deponert rene leirmasser vinteren 2007 (i området rundt BB21) viser leirklumper som er spredt utover (**Figur 23** til **Figur 25**). Noen jevn tildekning ble ikke observert. Registreringene viste heller spredte klumper som kan være toppen av større enheter av leire som hadde sunket ned i den opprinnelige bunnen. Større deler av den opprinnelige bunnen synes også å være uberørt. Alternativt er den blitt tilført finpartikulært materiale som er inkorporert i det opprinnelige sedimentet og senere rekolonisert av børstemark. Sekkdyret *Ciona intestinalis* som egentlig er en organisme som krever hardt substrat har også slått seg ned på leiren enkelte steder (**Figur 23**, **Figur 24**).



Figur 23. Utvalgte foto fra ROV-registreringene på bunnen i deponeringsområdet. Øverst: Sjøpungen Ciona intestinalis på harde klumper av deponert leire. Nederst: Leirklumper på bunnen.



Figur 24. Utvalgte foto fra ROV-registreringene på bunnen i deponeringsområdet.
Øverst: Leirklumper på bunnen. Nederst: Tett matte av børstemarkrør (*Polydora sp.*) med sjøpungen *Ciona intestinalis* i forgrunnen.



Figur 25. Utvalgte foto fra ROV-registreringene på bunnen i deponeringsområdet. På begge bilder ses leirklumper på bunnen med matter av børstemark (*Polydora* sp.) rundt. Nederst: Noen sjøpunger kan også ses.

4. Konklusjoner

Deponeringen i Bekkelagsbassenget ble i rapporten fra førundersøkelsen vurdert å gi en miljøgevinst dersom en i overflatesedimentet etter deponeringen oppnår vesentlig lavere miljøkonsentrasjoner enn før deponeringen og deponeringen ikke fører til vesentlig øket nedslamming i nærområdet. Etterundersøkelsene viser klart at miljøgiftkonsentrasjonen i deponeringsområdet har gått betydelig ned og for enkelte miljøgifter også utenfor selve deponeringsområdet. Det ble heller ikke 6-8 måneder etter deponeringen registrert noen tydelig nedslamming lokalt selv om en betydelig oppvirvling av sedimentene trolig har funnet sted i deponeringsperioden. Vi konkluderer dermed med at deponeringen har gitt en klar miljøgevinst i Bekkelagsbassenget i form av lavere miljøgiftkonsentrasjoner i overflatesedimentet. Deponeringen har heller ikke ført til uheldige effekter av betydning for utslippsarrangementet til Bekkelaget renseanlegg.

SPI-registreringer og ROV-registreringer i deponeringsområdet: På stasjoner i deponeringsområdet så en klare spor av deponeringen i form av leirklumper spredt utover bunnen. Klumpene hadde til dels sunket ned i det opprinnelige sedimentet. På andre registreringer i deponeringsområdet var ikke leiren så klart fremtredende og den kunne observeres som en integrert del av sedimentet. Videoopptak viste også at deponeringsområdet var preget av leirklumper i ulike størrelser spredt på eller delvis nede i bunnsedimentene. En viss rekolonisering med bunndyr hadde funnet sted på de deponerte massene.

Resultatene fra SPI-registreringene viser at en i deponeringsområdet har meget varierte forhold på bunnen. For flertallet av SPI-stasjonene ble det ikke observert noen endring i tilstandsklasse fra 2006 til 2007.

SPI-registreringene tyder imidlertid på en forverring av tilstanden på 3 stasjoner nærmest utslippet fra renseanlegget. Den negative utviklingen på disse stasjonene har neppe med selve deponeringen å gjøre.

Sedimentkjemi: Tørrestoffinnholdet og andelen finstoff i overflatesedimentet hadde økt fra 2006 til 2007. Innhold av organisk karbon var redusert i prøvene innsamlet i 2007 og særlig på stasjonene i deponiområdet. Ut fra sedimentets innhold av organisk karbon var tilstanden i sediment i deponiområdet vesentlig forbedret i 2007. De lave konsentrasjonene av organisk karbon som ble observert i deponiområdet i 2007 skyldes tilførsel av leire til overflatesedimentet.

Metaller: På stasjonene i og nær deponeringsområdet hadde konsentrasjonen av alle metaller gått betydelig ned i 2007 (en forbedring på opptil 2 tilstandsklasser). For 2 stasjoner lengst borte fra deponeringsområdet ble det ikke observert noen endring i tilstandsklasse fra 2006 til 2007 for noen av metallene selv om konsentrasjonen hadde gått noe ned også der. Dette skyldes at finpartikulært materiale med lavt metallinnhold har sedimentert også utenfor deponeringsområdet og gitt en ”tynnsjikttildekking”.

PCB: Også for PCB ble det i 2007 observert lave eller en nedgang i PCB-konsentrasjonen i sedimentet i og nær deponiet.

PAH: Konsentrasjonen av Σ PAH og BaP hadde gått betydelig ned etter deponeringen på stasjonene i eller nær deponeringsområdet, mens konsentrasjonsnivået i overflatesedimentet på stasjoner lengst borte fra deponeringsområdet lå omtrent som i 2006. Sedimentet i eller nær deponeringsområdet kunne karakteriseres som ubetydelig til moderat forurenset med Σ PAH, mens stasjoner mer fjernt fra deponeringsområdet kunne karakteriseres som markert til sterkt forurenset. Sedimentet i eller nær deponeringsområdet kunne i 2007 karakteriseres som moderat forurenset med BaP, mens stasjonen mer fjernt fra deponeringsområdet kunne karakteriseres som markert til sterkt forurenset av denne enkeltforbindelse.

TBT og andre tinnorganiske forbindelser: Konsentrasjonene av tributyltinn (TBT) i deponiområdet var betydelig lavere i 2007 enn før deponeringen. Tilsvarende reduksjon/lave konsentrasjoner ble også observert for nedbrytningsproduktene DBT og MBT og trifenylforbindelsene på stasjonene i og nær deponiområdet.

ROV-registreringer på Ormøya, Rambergøy og Bleikøyflu: På alle tre stasjoner endret bunndyrssamfunnene seg med dyp. Grovt sett fordelte prøvene seg slik at en hadde en gruppe med prøver fra dyp større enn ca 20 m med en viss innbyrdes likhet, og en annen gruppe med prøver fra dyp grunnere enn ca 20 m.

På grunnlag av ROV-registreringene er det klart at en i hovedsak ikke kunne detektere noen store endringer i nedslamming eller forekomst av organismer mellom de to årene. En viss ulikhet mellom registreringene i 2006 og 2007 ble likevel registrert. De endringer som er registrert var ikke entydige, verken i forhold til utvikling av miljøkvalitet eller til en eventuell kobling mot økt nedslamming. Endringer i nedslammingsgraden var også vanskelig å fastslå fordi det allerede i 2006 var et betydelig innslag av bløtbunn i transektene og fordi en også før deponeringen hadde en relativt stor partikkelbelastning i området.

5. Referanser

- Berge, J.A., J. Høkedal og A. Helland. 2007a. Prøvedeponering i Bekkelagsbassenget 7 september 2006, NIVA-notat av 12. februar 2007.
- Berge, J.A., H.C. Nilsson og M. Walday. 2007b. Utlegging av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget – førundersøkelse. NIVA-rapport l.nr. 5338.
- Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson., B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997.
- Nilsson, H.C. og R. Rosenberg. 1997. Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. *J. Mar. Systems*. 11, 249-264.
- Nilsson, H.C. og R. Rosenberg. 2006. Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models. NIVA-rapport l.nr. 5200.
- Pearson T.H. og R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16:229-311.
- Rosenberg R., M. Blomqvist, H.C. Nilsson, H. Cederwall and A. Dimming. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.* 49: 728-739.

6. Vedlegg

6.1 Vedlegg A – Posisjoner for prøvetakingspunkter

Vedleggstabell 1. Posisjoner for prøvetakingspunktene. Penetreringsdyp for SPI og beregnede indekser (2007) er også vist.

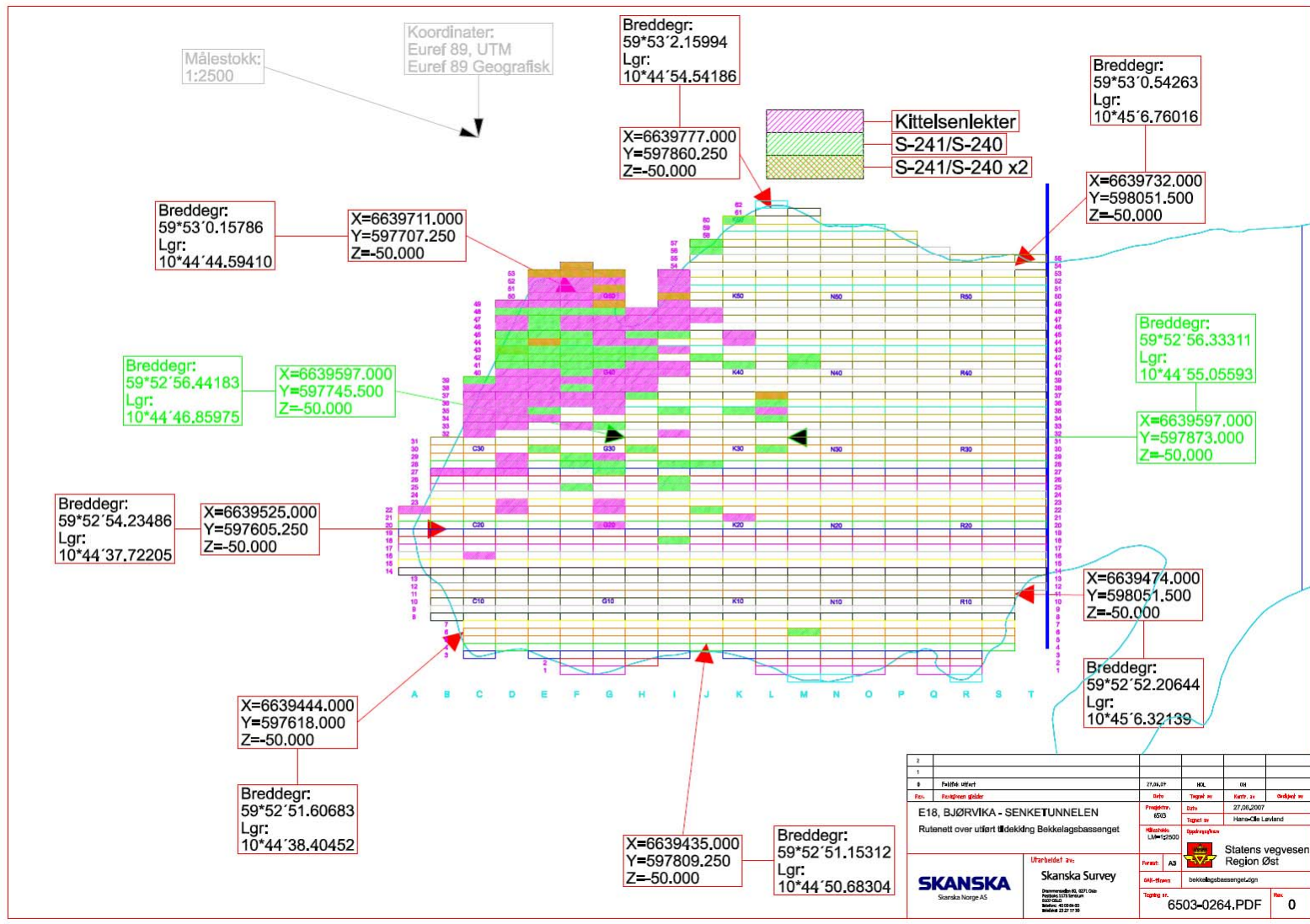
Stasjon	Latitud	Longitud	Dyp	Prøvetak	Penet. dyp	RPD	BHQ indeks	TK SPI
BB01	59,88276	10,76285	42,0	SPI 5,6 kg	20,0	0,0	0,7	5
BB02	59,88273	10,75875	45,0	SPI 5,6 kg	13,7	1,3	4,0	4
BB03	59,88101	10,75693	47,0	SPI 5,6 kg	16,5	0,0	1,7	5
BB04	59,88258	10,75621	52,5	SPI 5,6 kg	17,7	0,3	4,0	4
BB05	59,88287	10,75466	52,5	SPI 5,6 kg	18,8	0,6	4,3	3
BB06	59,88226	10,75368	52,5	SPI 5,6 kg	12,2	0,5	6,0	3
BB07	59,88179	10,75373	51,0	SPI 5,6 kg	14,7	0,6	5,3	3
BB08	59,88176	10,75213	51,0	SPI 5,6 kg	9,0	0,8	5,3	3
BB09	59,88228	10,75257	52,5	SPI 5,6 kg	8,7	0,5	4,3	3
BB10	59,88310	10,75221	51,0	SPI 5,6 kg	10,5	0,5	5,0	3
BB11	59,88242	10,75180	52,5	SPI 5,6 kg	7,5	0,5	5,3	3
BB12	59,88243	10,75046	52,9	SPI 5,6 kg	7,8	0,4	5,3	3
BB13	59,88237	10,74917	53,6	SPI 5,6 kg	9,5	0,5	3,0	4
BB14	59,88264	10,74698	53,2	SPI 5,6 kg	8,5	0,1	3,3	4
BB15	59,88274	10,74214	52,5	SPI 5,6 kg	22,7	0,0	0,0	5
BB16	59,88192	10,73970	60,0	SPI 5,6 kg	15,0	0,0	0,0	5
BB17	59,88465	10,74766	46,0	SPI 5,6 kg	7,0	1,2	8,0	2
BB18	59,88392	10,74753	49,0	SPI 5,6 kg	7,7	0,2	3,7	4
BB19	59,88064	10,74841	49,0	SPI 5,6 kg	22,0	0,0	1,3	5
BB20	59,87826	10,75315	52,5	SPI 5,6 kg	25,5	0,0	2,0	5
BB21	59,88300	10,74650	50,4	SPI 5,6 kg	3,0	0,6	4,0	4

6.2 Vedlegg B – Beskrivelse av sediment til analyse av miljøgifter

Stasjon	Dyp	Sedimentbeskrivelse
BB 21	50,7	Ingen lukt. En del grus. En av tre corere inneholdt leire (ca 50 % av prøvematerialet)
BB 14	53,2	Ingen lukt, 0-1 cm: Brunt sediment, polychaetrør; 1-5 cm: Grått sediment med leirklumper
BB 13	53	Ingen lukt, 0-0,5 cm: Brunt sediment, polychaetrør; 0,5-5 cm: grått sediment med litt leire
BB 7	51,1	Ingen lukt. 0-5 cm: Noe leire iblandet sort materiale, brun overflate. Dypere enn 5 cm: sort "grøt"
BB 7 (corer 2)	52,1	Litt H ₂ S lukt. 0-3 cm: brunt sediment med polychaetrør. Dypere enn 3 cm: sort "grøt"
BB 2	48,2	Lukt ikke registrert. 0-1,5 cm: brunt sediment med polychaetrør. Dypere enn 1,5-5 cm: gråsort sediment med noe leire

6.3 Vedlegg C – Dumpeposisjoner

Kart over dumpeområdet tilsendt fra oppdragsgiver.



6.4 Vedlegg D – ROV-registreringer Ormøya

ROV registreringer fra Ormøya 2006 og 2007. Semikvantitativ forekomst; 1= enkelte funn, 2= spredte funn, 3= vanlig forekomst, 4= dominerende forekomst.

Dato: ROV Bekkelagsbassenget sted: ormøya dyp bunn helning nedslamming detritus kalkskall/-rester <u>Beggiatoa</u> sp trådf. alger blåskjell trekantmark muslingskall strandkrabbe sjønellik sylindersjørose- mørk små kråkeboller sjøstjerne (A. rubens) <u>Ciona intestinalis</u> drøbakkråkebolle cf <u>Polydora ciliata</u> skrubbe tangkutling bergnebb kutling indet. hydroide indet. eremittkreps slangestjerne indet. <u>Ophiothrix fragilis</u>	210906														61107														
	2	5	9	11	14	19	22	25	27	28	31	35	35	4	6	8	10	12	15	17	19	21	23	25	26	28	31	33	
	st	sa	sa/gr	fj/gr	st/gr	bl	bl	bl	bl	bl	bl	bl	bl	st	st	sa/st	sa/st	sa/gr	bl/gr	gr/bl	bl/gr	bl	bl	bl	bl	bl	bl	bl	
			1	1	2	2	2	2								2	2	2	1	2	2	3							
						2	1		2	2	2	2	1	2											1	1			
		2	2	2		2												2	2	2	2	1	1						
								2	3	4	3	3	3										2	3	4	3	3		
	3	2																											
	3	2																											
	2			1										3	3	2	2	1	2	1	1								
		3	2	2		3	4	2										2	3	2	2								
	1																												
				2	2									1	2	2	2	2											
					3	1											2		2	2	2								
						2																							
						1																							
								1			2						2		2	2	2								
								3			2	2	2											4	3	2		3	2
										1																			
	2													2															
		1																											
			1																					2	2			2	
														2	2														
																						1	1						
																2													
																													1

6.6 Vedlegg F – ROV-registreringer Bleikøyflu syd

ROV-registreringer fra Bleikøyflu i 2006 og 2007. Semikvantitativ forekomst; 1= enkelte funn, 2= spredte funn, 3= vanlig forekomst, 4= dominerende forekomst.

sted	210906												61107																	
	Bleikøyflu																													
dyp	6	8	13	16	19	24	27	36	44	48	7	10	7	13	16	19	23	29	35	38	43	47	42	39	35	30	25	21	16	
bunn	sa/st	bl	bl	bl	bl/fj	bl/fj	bl/st	bl/fj	bl	bl	bl/st	bl/sa	fj	sa/st	sa/st	bl/fj	bl/fj	bl/fj	fj/bl	fj/bl	bl	bl	fj/bl	fj	fj	fj	fj	fj/bl	bl/fj	bl/gr
helning													2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2
nedslamming	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3			3	3	4	4	4	3	2	
detritus	2	2	2	2	2	2	1					1						2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	
kalkskall/-rester	3	3	2	3	3	2	2	1	1		3	2		1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1			2	3	3	
<u>Beggiatoa</u> sp									2	1																				
trådf. alger		1	1																											
trekantmark											3		2	2	2												1	2		
muslingskall	2	2	2	2	2	2	2				3	2																		
strandkrabbe																														
sjønellik	3	3	2	1	2	1	1		1		2	2	2	2	2			1	1	1		2					2	2	3	
syndersjørose- mørk			2	2			1		1																				2	
syndersjørose- lys			2	3	3	3		1						2	2	3											2	2	3	
små kråkeboller																														
sjøstjerne (A. rubens)	1	1	1							1	2	1			1															
<u>Ciona intestinalis</u>						1		1							2	2	1		2	2	2	2	3	2		2	2			
drøbakkråkebolle cf <u>Polydora</u>							1	2		1				2	2			1					1	1	1	1				
<u>ciliata</u>						2	4	4	4	4							3	3	4	4	4	4	4	4	2	3	4	3	2	
skrubbe											1																			
tangkutling											3	2																		
bergnebb	1	1	1																											
kutling indet.		2	2	2	2						2	2																		
hydroide indet.													2																	
dødningehånd																												1		

6.7 Vedlegg G – ROV-registreringer Bleikøyflu nord

Bleikøyflu N 2006 og 2007. Semikvantitativ forekomst; 1= enkelte funn, 2= spredte funn, 3= vanlig forekomst, 4= dominerende forekomst.

tid (kl):	Bleikøyflu kjøring 6									Bleikøyflu 061107 (B)							
	1241	1244	1245	1247	1249	1251	1252	1252	1254	1323	1325	1328	1328	1329	1331	1332	1334
dyp	7	9	10	12	14	16	18	20	24	10	7	8	9	11	14	18	23
bunn	bl/st	bl	bl/st	bl	bl/rør	bl	bl	bl	bl	sa/st	sa/st	sa/st	sa	sa/bl	bl	bl	bl
helning	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
nedslamming					2					3	3	2					
detritus			1	1						2	2	2	1	1		1	1
kalkskall/-rester	3	2	1	1						2	2	3	3	1	1		
<u>Beggiatoa</u> sp																2	2
trekantmark	2	2			2					2	3	3	2				
muslingskall	3	3	2							2	2	2	3	1			
strandkrabbe																	
sjønellik	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	3	3	2	1			
syndersjørose-mørk					2	2	2		2		1				2		
syndersjørose-lys										1	1						
små kråkeboller										1							
sjøstjerne (A. rubens)	1	1	1		2	1	1	1	1	1	1	1			1		
<u>Ciona intestinalis</u>																	1
drøbakkråkebolle							1										
cf <u>Polydora ciliata</u>									4	4						3	4
skrubbe										1							
tangkutling											2						
kutling indet.	2	3	2	2	2											1	
hydroide indet.										2	2						
dødningshånd																	
eremittkreps										1					1	2	
slangestjerne indet.		1	3			2	2								2		
påfuglmark									2	3							
<u>Protanthea simplex</u>					2												
bentiske diatomeer																	2
torsk					1												
båtvrak?											1						

6.8 Vedlegg H – Rådata PAH

Konsentrasjonen (mg/kg t.v.) av de ulike PAH forbindelser i sedimentprøver (0-5 cm) fra 6 stasjoner Bekkelagsbassenget i 2007 etter deponering av rene leirmasser.

Forbindelse/Stasjon	2007 BB2	2007 BB5	2007 BB7	2007 BB13	2007 BB14	2007 BB21
Naftalen	0,051	0,21	0,05	<0,050	<0,050	0,33
Acenaftylen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acenaften	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,072
Fluoren	<0,050	0,067	<0,050	<0,050	<0,050	0,093
Fenantren	0,17	0,2	0,15	0,05	<0,050	0,24
Antracen	0,069	0,11	0,05	<0,050	<0,050	<0,050
Fluoranten	0,44	0,41	0,24	0,082	0,058	0,077
Pyren	0,47	0,43	0,27	0,13	0,068	<0,050
Benzo(a)antracen	0,19	0,24	0,13	<0,050	<0,050	<0,050
Chrysen	0,14	0,22	0,14	<0,050	<0,050	<0,050
Benzo(b)fluoranten	0,25	0,29	0,17	<0,050	<0,050	<0,050
Benzo(k)fluoranten	0,13	0,15	0,086	<0,050	<0,050	<0,050
Benzo(a)pyren	0,22	0,23	0,15	<0,050	<0,050	<0,050
Dibenzo(ah)antracen	<0,050	0,33	0,091	<0,050	<0,050	<0,050
Benzo(ghi)perylene	0,22	0,33	0,21	<0,050	<0,050	<0,050
Indeno(123cd)pyren	0,31	0,42	0,21	<0,050	<0,050	<0,050

Forklaring på forkortelsene benyttet for de ulike PAH komponenter

Forkortelse	Komponent	Forkortelse	Komponent
NAP	Naftalen	BKF	Benzo(k)fluoranten
ACNLE	Acenaftylen	BEP	Benzo(e)pyren
ACNE	Acenaften	BAP	Benzo(a)pyren
FLE	Fluoren	ICDP	Indeno(1,2,3-cd)pyren
DBTHI	Dibenzotiofen	DBA3A	Dibenz(a,h)anthracene
PA	Fenantren	BGHIP	Benzo(ghi)perylene
ANT	Antracen	BBJF	Benzo(b,j)fluoranten
FLU	Fluoranten	CHR	Chrysen
PYR	Pyren		
BAA	Benzo(a)antracene		