



# **Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven – 2006**

**Revidert versjon, januar 2007**



## **Forord**

NIVA har i 2006 gjennomført overvåkning av bløtbunn med sedimentprofilfotografering (SPI) i indre delen av Oslofjorden innenfor overvåkningsprogrammet 'Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord' administrert av Fagrådet for indre Oslofjord og Statens forurensningstilsyn (SFT).

Ved NIVA har forsker Hans C Nilsson gjennomført feltarbeidet og ledet prosjektet. Rapporten er utarbeidet av Hans C Nilsson, NIVA på oppdrag fra SFT

Foreliggende rapport er en revidert versjon av SPI-rapporten fra desember 2006. Det er foretatt endringer i sammendraget og i kapittel 4.

SFT, Oslo, januar 2007  
Marit Kjeldby  
Direktør i Miljøoppfølgingsavdelingen

## Innhold

<b>1.</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Feltarbeid og metoder</b> .....	<b>6</b>
3.1	Prøvetaking .....	6
3.2	Sedimentprofilfotofering (SPI) .....	7
<b>4.</b>	<b>Resultater og diskusjon</b> .....	<b>8</b>
4.1	Sammenligning mellom før-situasjonen (2005) og under anleggsarbeidet (2006).....	8
4.2	Mudring- og planlagt tildekkingsområde.....	9
4.3	Deponeringsområdet på Malmøykalven og nærområdet .....	11
<b>5.</b>	<b>Litteratur</b> .....	<b>13</b>

## 1. Sammendrag

NIVA har tatt i bruk en ny metode for kartlegging og klassifisering av marin bløtbunn ved hjelp av sedimentprofilkamera (Sediment Profile Imaging; SPI). Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Resultatene fra sedimentfotograferingen behandles og en miljøtilstand basert på kjemiske sedimentkarakteristika og bunndyrs aktivitet framregnes. SPI-bildene kan dermed brukes til å karakterisere sedimentet med hensyn på biologisk aktivitet.

Overvåkingen med SPI-kamera i Oslo havn skal dokumentere eventuell spredning og økt avsetning/sedimentasjon av forurenset sediment til nærliggende områder i forbindelse med pågående mudringsarbeid i Oslo havn og deponering i dypvanndeponiet ved Malmøykalven. Videre skal den dokumentere forandringer i fauna og sedimentstruktur under og etter at tiltakene er avsluttet i hele området.

I undersøkelsesområdet varierte bunnforholdene fra meget god til meget dårlig kvalitet i henhold til det brukte klassifiseringssystemet for SPI-teknikken. En tydelig dybdegradient ble observert med dårligere forhold for bunnfaunaen med økende vanddyb og med en tydelig grense mot dårligere forhold ved ca. 50 m dyp i Bekkelagsbassenget og 25 m dyp i Havnebassenget.

I Bjørvika var generelt forholdene for bunnfaunaen gode i ytre delen, men sedimentene var påvirket i indre delen (mudringsområdet) og i dypere områdene. Ved fergeterminalene var det meste av det bløte sedimentet erodert bort som følge av påvirkning fra skipspropeller. Som forventet, var det dårlige forhold i selve mudringsområdet hvor sedimentene er kraftig forstyrret som følge av mudringen. Resultatene fra transektet fra Bjørvika (hvor mudring har pågått) og utover viser ingen unormal sedimentasjon eller negative effekter på biologisk aktivitet fra mudringsarbeidet utenfor selve mudringsområdet.

I deponiområdet ved Malmøykalven var generelt forholdene for bunnfaunaen dårlige på dyp under 50 m hvor det var bløte og oksygenfattige sedimenter. Bunnforholdene i det området hvor det foregår deponering, var som forventet dårlige, og vil nok også være dårlige under hele deponeringsperioden. Deponeringsområdet er derfor mer relevant for undersøkelser etter at deponeringsfasen er avsluttet. På grunnere vann i skråningen langs øyene i nærområdet til deponiet var forholdene for bunnfaunaen betydelig bedre. Det kan ikke påvises unormal sedimentasjon i områdene utenfor deponeringsområdet.

Billedanalysen indikerer en forbedring av forholdene for bunnfaunaen på flere stasjoner i undersøkelsesområdet (områder utenfor de som direkte er påvirket av mudring og deponering) sammenliknet med undersøkelsene i 2005. Dette skyldes mest sannsynlig forbedrede oksygenforhold i bunnvannet som følge av omfattende dypvannsutskiftning vinteren 2005/2006.

## 2. Innledning

Helhetlig tiltaksplan for forurensede sedimenter i Oslo havnedistrikt ble vedtatt høsten 2005. Følgende visjon og forvaltningsmål for oppryddingen ble nedfelt i tiltaksplanen:

- ”Vi skal sørge for at miljøkvaliteten i indre Oslofjord og bruken av fjorden ikke påvirkes negativt av bunnsedimenter som er blitt forurenset. Neste generasjon skal oppleve en renere sjøbunn og et marint økosystem som er styrt av naturgitte rammebetingelser”
- ”Forurensede sedimenter skal ikke være til hinder for havnedrift, yrkesfiske, friluftsliv (fritidsbåter, fritidsfiske, bading og rekreasjon) og byutvikling. Bruken av indre Oslofjord skal ikke føre til langsiktige, negative effekter på økosystemet”

*Målsetting med overvåking av effekter av tiltaket i Oslo havn.*

Hovedmålet med overvåkingen i Oslo havn er:

- å dokumentere de økologiske effektene av mudringen i Oslo havn og dypvannsdeponeringen og tildekkingen i Malmøykalven.

Overvåkingen har følgende delmål:

- å kunne dokumentere eventuelle negative effekter i løpet av anleggsperioden (2 år), samt dokumentere den forventede, langsiktige forbedringen i hele indre Oslofjord (10 års perspektiv) som følge av disse tiltakene.

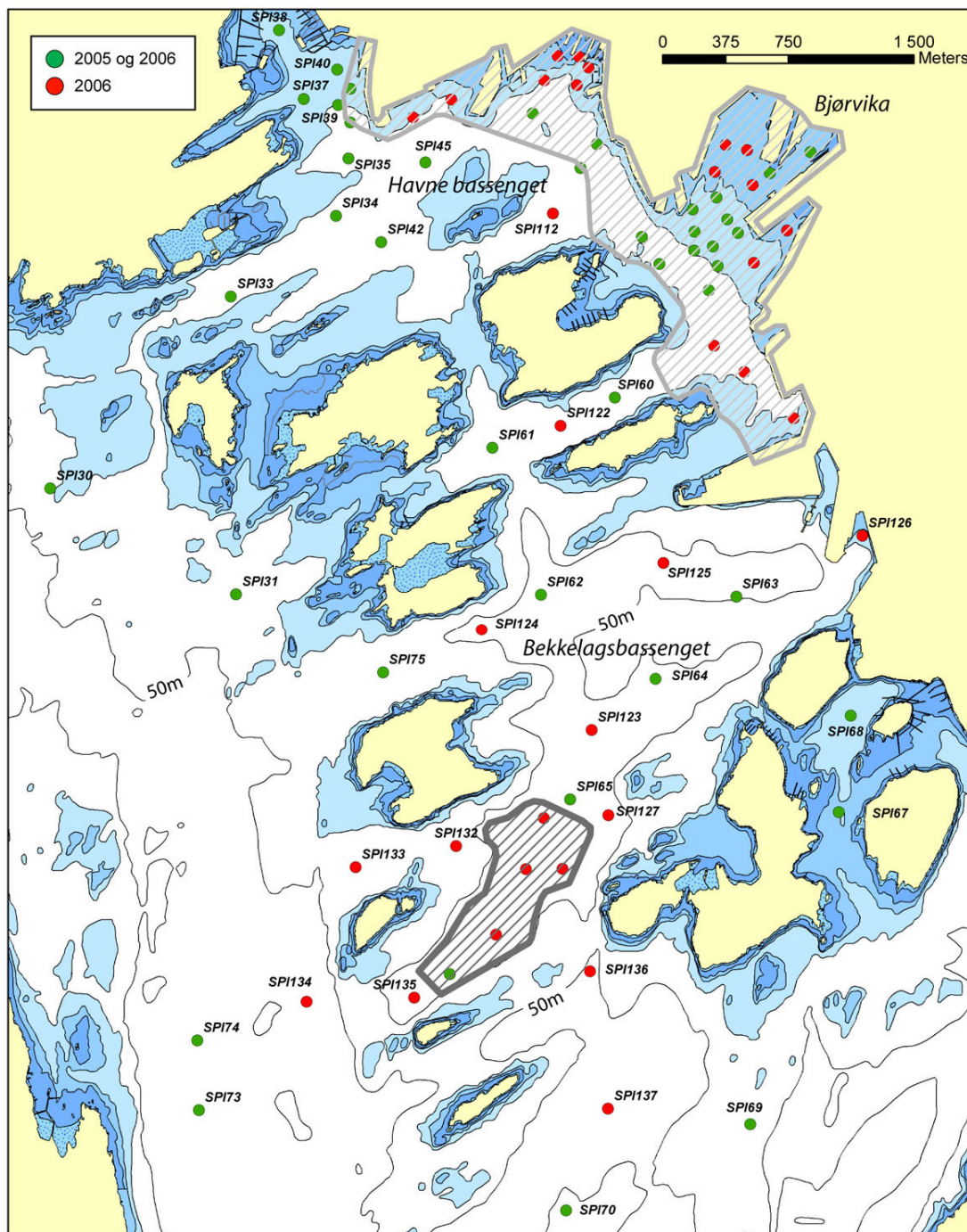
Overvåkingen med sedimentprofilfotografering (SPI) skal dokumentere eventuell spredning og avsetning av muddermasse i Oslo havneområde i forbindelse med mudring, deponering og tildekking, og forandringer i fauna og sedimentstruktur etter at tiltakene er avsluttet. I løpet av 2005 ble indre Oslofjord kartlagt med hjelp av en SPI-kamera i sammenheng med et internt forskningsprosjekt på NIVA (ikke rapportert). Denne kartleggingen viste store forskjeller mellom de ulike områdene og ga en indikasjon på tilstanden i sedimentene før tiltakene ble iverksatt.

Hensikten med de tiltakene som nå gjennomføres i Oslo havn, er å redusere konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentene og redusere spredning av miljøgifter i indre Oslofjord. Gjennom å kartlegge området med SPI-kamera med tanke på bløtbunnfaunsamfunn og dokumentere det øverste bunnsjiktets redoksforhold, kan forandringer av bløtbunnmiljøet kartlegges. På denne måten kan spredning og tilslamming av muddermasser fra mudring samt eventuell spredning og tilslamming fra deponeringen kartlegges. En avsetning av ”nytt” sediment i tildekkingsområdene og i områder utenfor mudringslokalitetene og deponeringsområdet kan måles med stor nøyaktighet (mm til cm).

### 3. Feltarbeid og metoder

#### 3.1 Prøvetaking

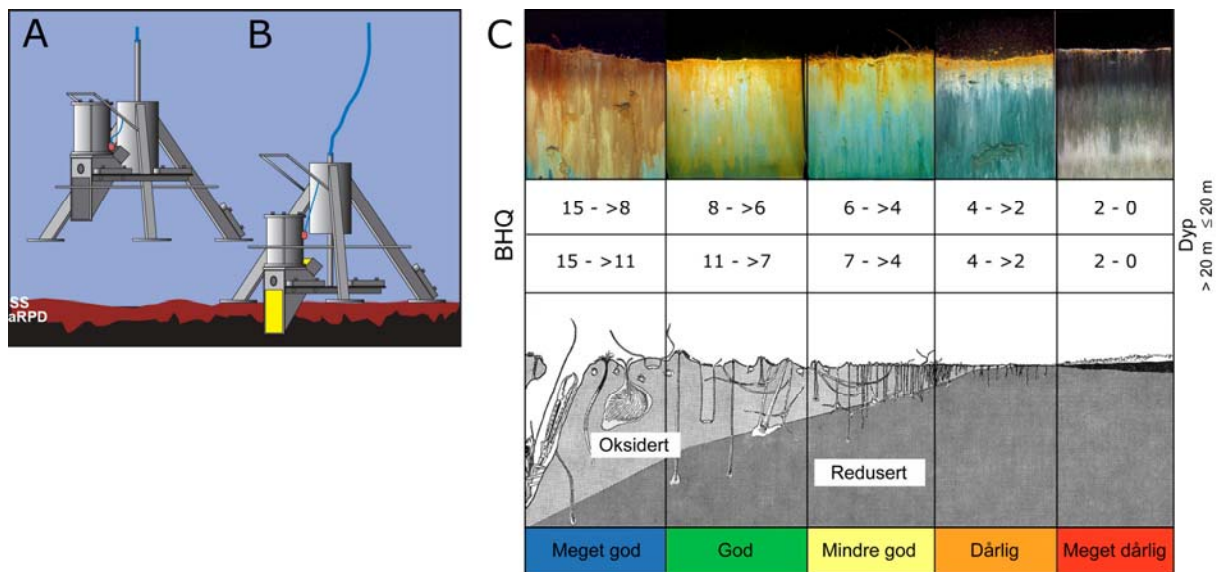
Feltarbeidet ble gjennomført 6. og 7. juni 2006 fra 'Trygve Braarud' tilhørende Universitetet i Oslo. Tidligere feltarbeid (forundersøkelse) ble gjennomført mellom 29. og 31. august 2005. Stasjonsplasseringen er vist i Figur 1, 4 og 6 mens posisjoner, vanddyb og analyse av SPI-bilder for alle stasjoner i denne undersøkelsen er gitt i Vedlegg A.



Figur 1. Stasjonsplassering. Mudring- og tildekkingsområder er markert med lysgrå raster og deponeringsområdet er vist med mørkgrå raster.

### 3.2 Sedimentprofilfotofering (SPI)

NIVA har tatt i bruk en ny metode for kartlegging og klassifisering av bløtbunnfauna ved hjelp av sedimentprofilkamera (Sediment Profile Imaging; SPI). Teknikken 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 sediment lagret og reduserende sediment [apparent redox potential discontinuity]). (B) Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og bildet eksponeres. (C) Figuren over viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dyptgravende fauna (Meget god) til en gruntlevende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig).

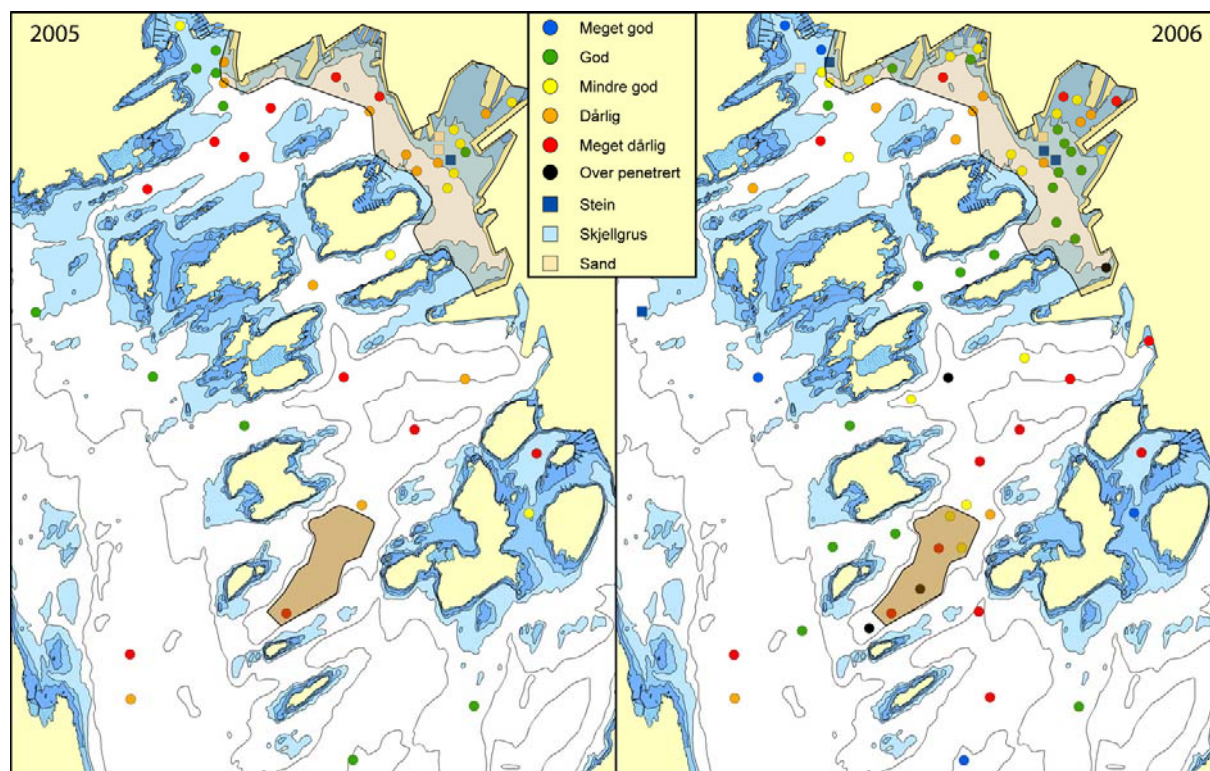
Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert bioturbert sediment og sorte reduserte forhold. BHQ-miljøkvalitets indeks for vanddyb  $\leq 20$  meter og  $> 20$  m er i henhold til EUs vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson & Rosenberg 1978, Nilsson & Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004, Nilsson & 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 varierer på en skala mellom 0 og 15. Denne indeksen kan siden sammenlignes med Pearson og Rosenbergs klassiske modell for faunaens suksessjon. Fra denne modellen klassifiseres bunnmiljøet i henhold til retningslinjer i EUs vannrammedirektiv (Rosenberg m. fl. 2004).

## 4. Resultater og diskusjon

### 4.1 Sammenligning mellom før-situasjonen (2005) og under anleggsarbeidet (2006)

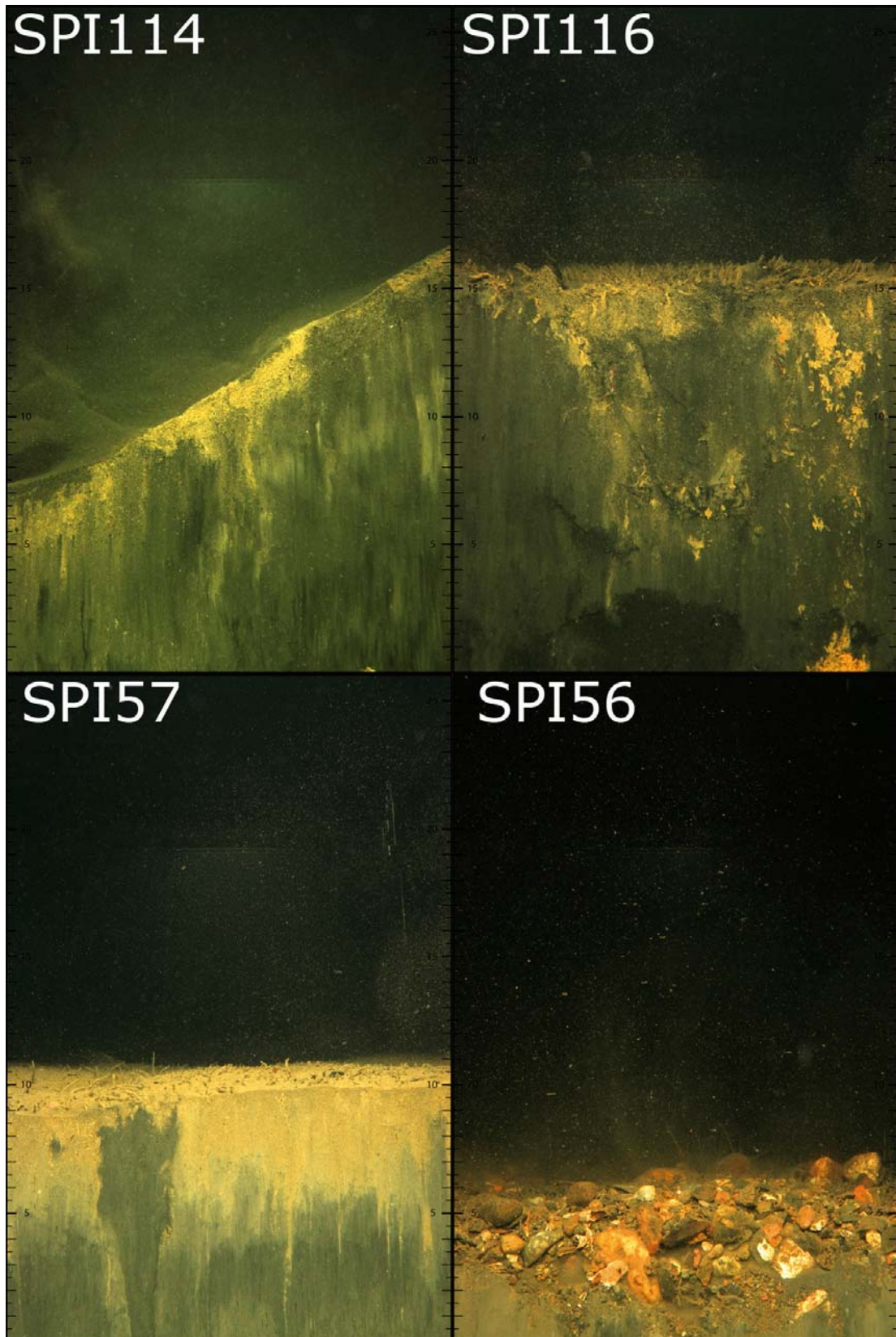
Analysen av sedimentprofilbilder (SPI) er vist i Figur 3, 5 og 7. Bunnforholdene innenfor området varierte mellom meget god og meget dårlig i henhold til klassifiseringssystemet illustrert i fig.2. En tydelig dybdegradient ble observert med dårligere forhold på større dyp, og med en tydelig grense ved ca. 50 m dyp i Bekkelagsbassenget og 25 m dyp i Havnebassenget. Forholdene i de dypere delene av områdene besto generelt av mye bløte sedimenter med dårlige oksygenforhold. Dette tyder på høy organisk belastning (sorte sedimenter). Dårlige bunnforhold ble likeså observert i de indre havneområdene (f. eks. i indre Bjørvika). I mudrings- og deponeringsområdene forventes dårlige forhold nå mens arbeidet pågår og i en periode etter gjennomført opprydding, og frem til at det etableres en ny bløtbunnfauna. Kun små forskjeller i bløtbunnfauna mellom 2005 og 2006 ble observert i området i sin helhet. En forbedring ble dog observert i området rundt Hovedøya og ytre Bispevika. Forskjell mellom enkelte stasjoner mellom år i områder rundt kaier kan skyldes småskala variasjon avhengig av aktivitet langs kaier og oppvirvling av sediment ved skipsanløp. En annen forklaring til de bedre forholdene ved prøvetakingen i 2006 i dypere områder skyldes trolig de gode oksygenforholdene i dypvannet som følge av stor dypvannsutsiftning vinteren 2005/2006.



Figur 3. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 2, Rosenberg m. fl. 2004). De er også vist en klassifisering av bunnsbratet på stasjoner uten bløtbunn, men som inneholder stein, skjellgrus eller sand. Overpenetrert innebærer at kameraprismet har sunket for dypt ned i det bløte sediment så sedimentoverflaten ikke kan observeres og analyseres. Mudrings-, tildekkings- og deponeringsområdet er markert, se Figur 1.



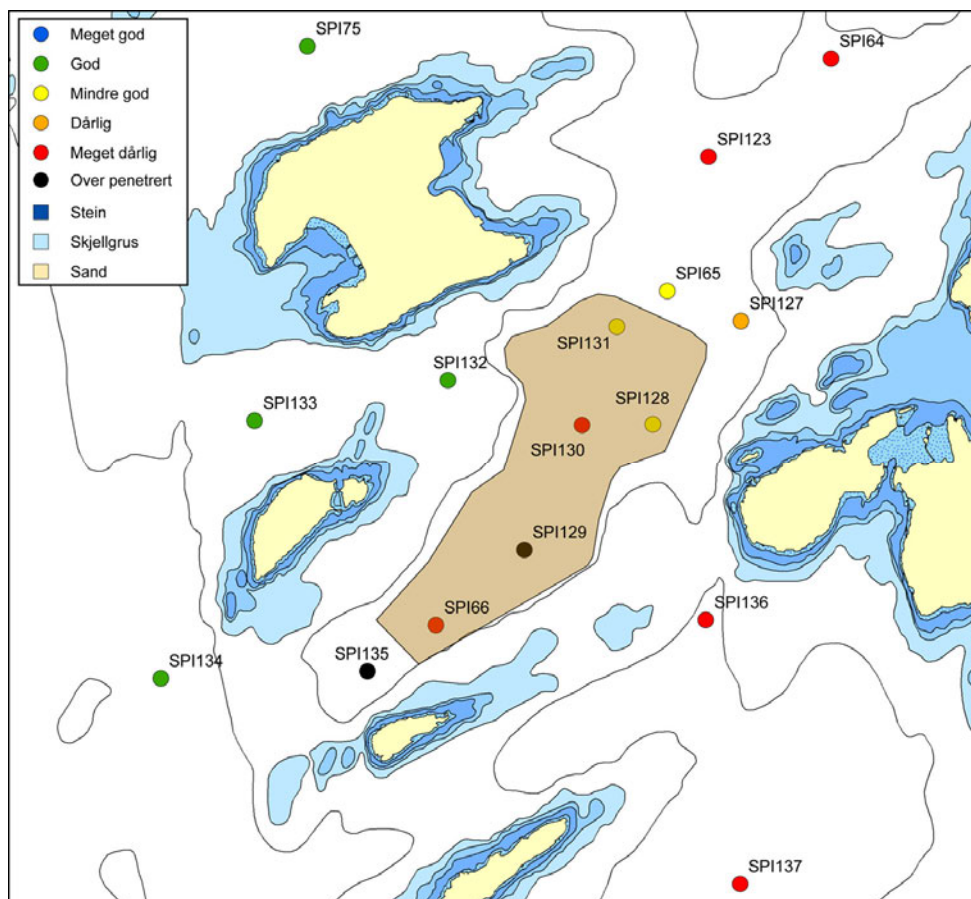




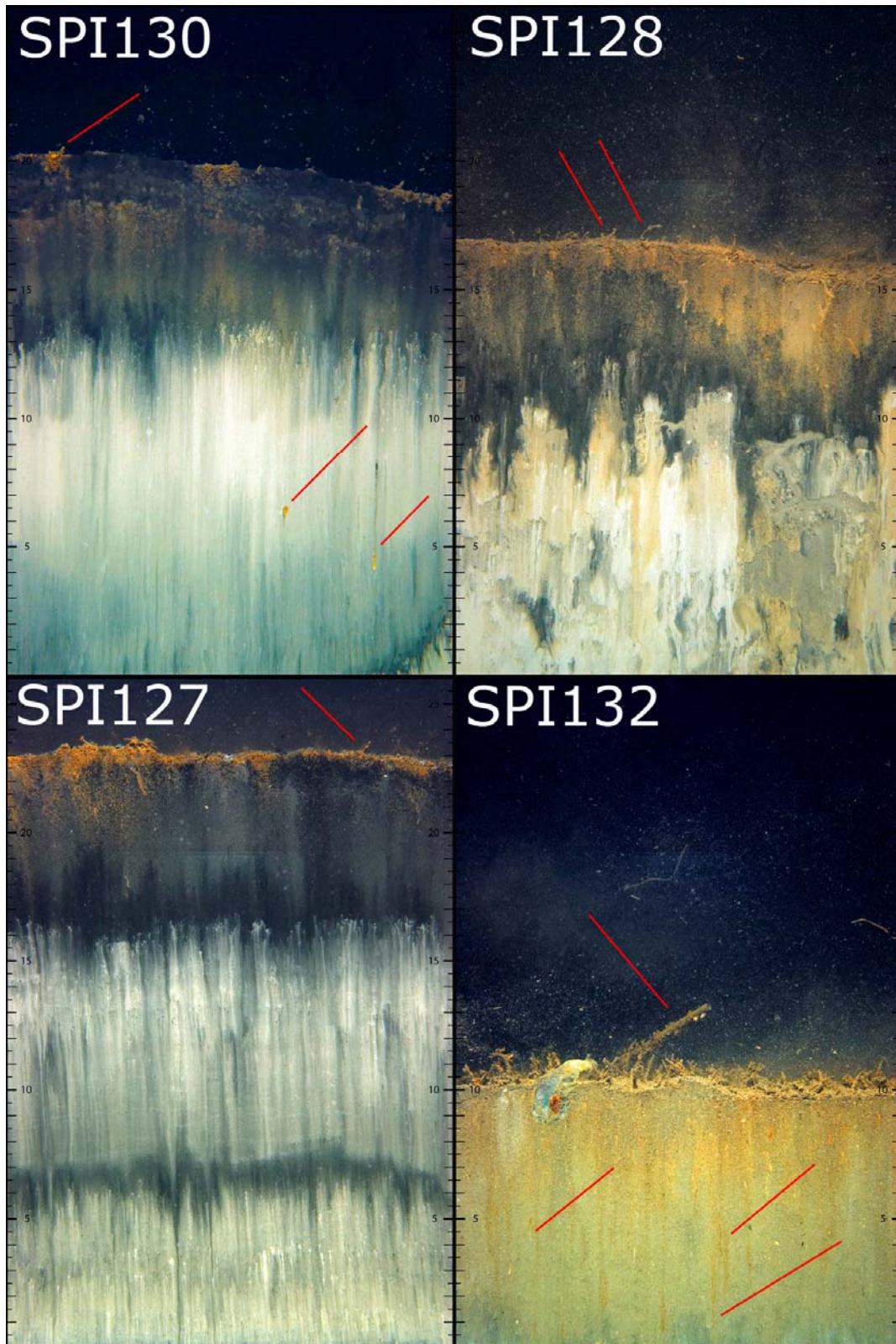
*Figur 5. Sedimentprofilbilde fra et transekt fra Bjørvika. SPI114 viser forstyrret sediment ved kai. SPI116 er fotografert på området der mudringsarbeidene allerede er startet, noe som vises av den ujevne overflaten. SPI 116 viser likeså søppel funnet i sedimentene nær kaiområdene. Bunnforholdene ved stasjon SPI57 er betydelig bedre en lengre inn i vika. Utenfor fergeterminalen er alt løst sediment spylt vekk (SPI56).*

### 4.3 Deponeringsområdet på Malmøykalven og nærområdet

Figur 6 viser analysen av SPI-bildene fra stasjoner i deponeringsområdet og i nærområdet til dette fotografert etter at deponeringen startet i 2006. Generelt er faunaforholdene dårlige på dyp under 50 m hvor mye det er bløte sedimenter. Litt grunnere på skråningen langs øyene i nærområdet til deponiet er forholdene svært mye bedre (SPI132). I den delen av deponiet der deponering allerede har blitt utført før prøvetakingen i juni 2006, er bunnen svært bløt og SPI kameraet har sunket ned i slammets slik at sedimentoverflaten ikke kan observeres og analyseres. Dette innebærer at sedimentoverflaten ikke vises på bildet og BHQ-indeksen er ikke mulig å beregne. Bunnforholdene i det område hvor det deponeres vil nok være dårlige under hele deponeringsperioden, og er derfor mer relevante å undersøke etter at deponeringsfasen er avsluttet. Ved stasjon SPI65 i nærområdet til deponiet har bunnforholdene blitt betydelig bedre enn i 2005. Dette bildet bekreftes også av de to nye stasjonene (SPI131 og SPI128). Årsaken kan være at tilgangen på oksygen i bunnvannet i området har vært gode siden prøvetakingen i 2005. Som påpekt tidligere, kan økt sedimentasjon av organiskrike partikler generelt føre til en stimulering av faunaaktiviteten. Imidlertid i dette området, er økt oksygentilgang den mest sannsynlige forklaringen til den økte faunaaktiviteten. Vi kan heller ikke med SPI-undersøkelsen påvise økt sedimentasjonen utenfor deponeringsområdet.



Figur 6. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 2, Rosenberg m. fl. 2004). Det er også vist en klassifisering av bunnsbratet på stasjoner uten bløtbunn, men som inneholder stein, skjellgrus eller sand. Overpenetrert innebærer at kameraprismet har sunket for dypt ned i det bløte sedimentet slik at sedimentoverflaten ikke kan observeres og analyseres. Deponeringsområdet er markert som mørkebrunt.



Figur 7. Sedimentprofilbilde fra dypvanndeponiet ved Malmøykalven (SPI130 og SPI128) og fra nærområdet til deponiet (SPI127 og SPI132). Bunnforholdene i hele bassenget er påvirket av høy organisk belastning. Likevel ble det observert bløtbunnfauna eller spor etter fauna ved alle stasjoner (analyserte) i området (se røde piler i SPI bilde). SPI132 i nærområdet til deponiet viser at det er gode bunnforhold langs skråningene mot øyene i området.

## **5. Litteratur**

Nilsson HC, Rosenberg R (1997) Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. *Journal of Marine Systems* 11:249-264

Nilsson HC, Rosenberg R (2006) Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models. Report No. 5200-2006, NIVA

Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 16:229-311

Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson HC, Cederwall H, Dimming A (2004) Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49:728-739



Statens forurensningstilsyn (SFT)  
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: postmottak@sft.no  
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning	Kontaktperson SFT Ingvild Marthinsen	ISBN-nummer 82-577-5065-4
--	---	------------------------------

	Avdeling i SFT Miljøoppfølgingsavdelingen, Sedimentseksjonen	TA-nummer TA-2215/2006
--	---	---------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Hans C Nilsson	År 2006	Sidetall 14	SFTs kontraktnummer
--	------------	----------------	---------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA Rapport 5331-2007	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
--	--

Forfatter(e) Hans C Nilsson
--------------------------------

Tittel - norsk og engelsk  
Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven – 2006. Revidert versjon, januar 2007

Monitoring of the sea bed of inner Oslofjord using SPI in connection with dredging at Oslo harbour area and deep water disposal at Malmøykalven – 2006. Revised version, January 2007

Sammendrag – summary  
Overvåkingen med sediment profil fotografering (SPI) skal dokumentere eventuell spredning og avsetning av muddermasser i randområdene til mudringsområdet og i randområdet til dypvanndeponiet ved Malmøykalven under anleggsperioden, samt forandringer i fauna og sedimentstruktur. Bunnforholdene i området varierte mellom meget god og meget dårlig i henhold til et klassifiseringssystem for bunnfauna (Rosenberg et al. 2004). En tydelig dybdegradient ble observert med dårligere forhold på større dyp, og med en tydelig grense ved ca. 50 m dyp i Bekkelagsbassenget og 25 m dyp i Havnebassenget. Generelt er faunaforholdene gode i Bjørvika, men sedimentene er påvirket av mudringsaktiviteten og av havneaktiviteten innerst i havnebassenget. Ved fergeterminalene er det meste av det bløte sedimentet erodert bort. Resultatene fra transektet i Bjørvika viser ingen negative effekter av mudringsarbeidet i Bjørvika utenfor selve mudringsområdet. Generelt er faunaforholdene dårlige på dyp under 50 m ved dypvannsdeponiområdet på Malmøykalven med svært bløte sedimenter. I nærområdet til deponiet i de litt grunnere områdene på skråningen langs øyene, er forholdene betydelig bedre. Det kan ikke påvises unormal sedimentasjon i områdene utenfor deponeringsområdet.

4 emneord Overvåkning Oslo havn Malmøykalven Dypvanndeponi	4 subject words Monitoring Oslo harbour Malmøykalven Deep water disposal
--	--

Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven - 2006 (TA-2215/2006)