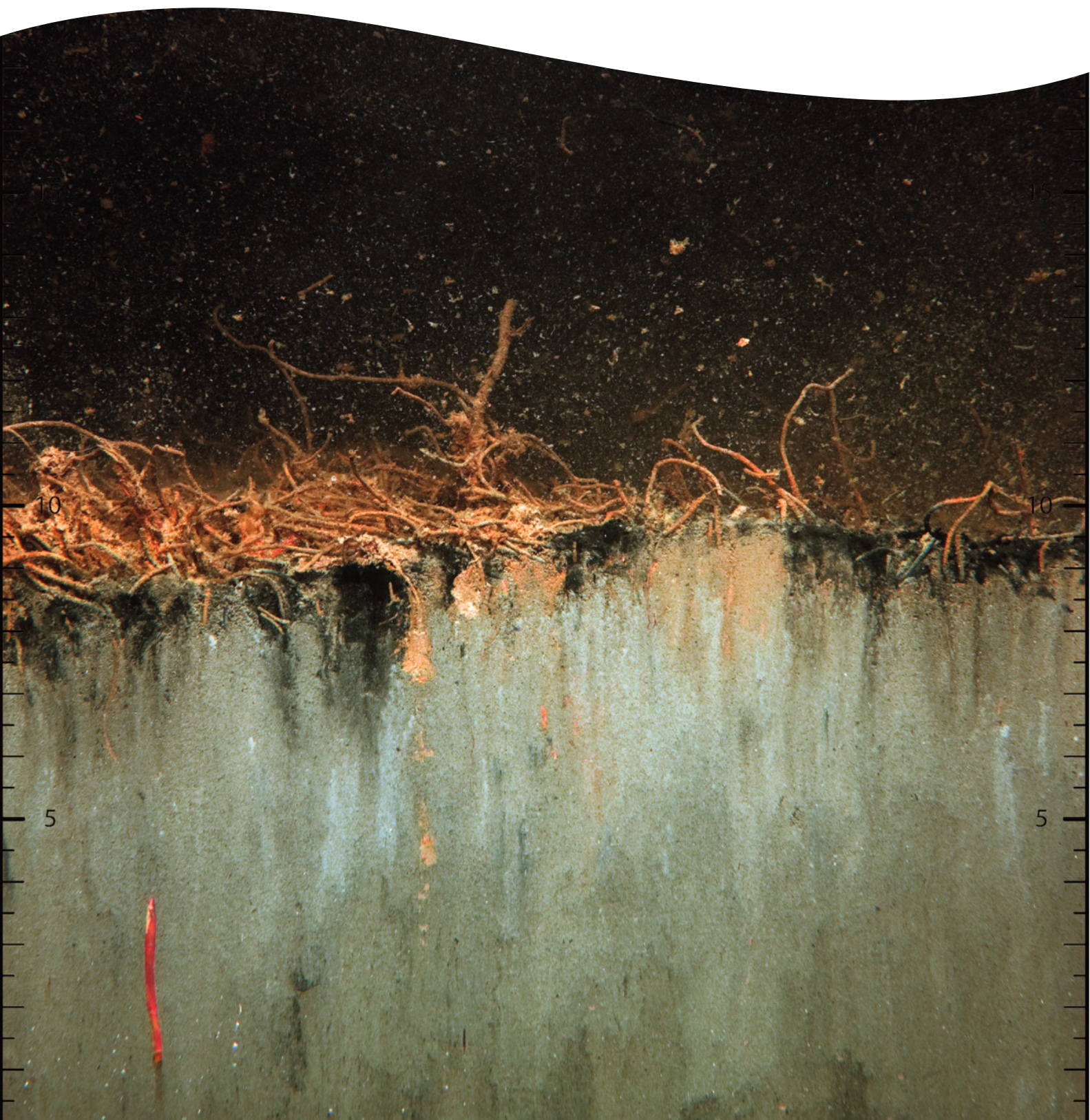


Kartlegging av bløtbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i Bunnefjorden 2008



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) 2218 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

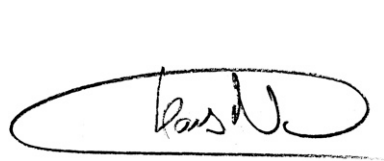
Tittel Kartlegging av bløtbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i Bunnefjorden 2008	Løpenr. (for bestilling) 5803-2009	Dato 20.05.2009
	Prosjektnr. Undernr. O-28052 10	Sider Pris 15
Forfatter(e) Hans C. Nilsson	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oslo/Akershus	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord	Oppdragsreferanse Knut Bjørnskau
---	-------------------------------------

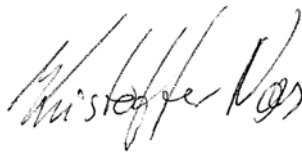
Sammendrag

25 stasjoner i indre Oslofjord ble undersøkt ved sedimentprofilfotoografering (SPI). Dypet på stasjonene var 7-139 m og de fleste stasjoner lå i Bunnefjorden. SPI er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnsfauna. Undersøkelsen viser at grensen mellom svært dårlige bunnforhold og bunn med bedre forhold og som inneholder bløtbunnsfauna ligger på ca. 60 m dyp i Bunnefjorden. Dette korrelerer med vanddybden for ≤ 1 ml/l oksygen i bunnvannet målt i Bunnefjorden rett før innsamling av sedimentprofilbildene ble utført.

Fire norske emneord 1. Bunnefjorden 2. Bløtbunnsfauna 3. Sediment 4. Sedimentprofilkamera	Fire engelske emneord 1. Bunnefjorden 2. Macrofauna 3. Sediment 4. Sediment profile imaging
---	---



Hans C Nilsson
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

**Kartlegging av bløtbunn med sedimentprofilbilder
(SPI) i Bunnefjorden 2008**

Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Knut Bjørnskau.

Hans C. Nilsson har vært prosjektleder og utført feltarbeidet. Han har også vært ansvarlig for rapporten og prosjektet i sin helhet.

Oslo, den 20. mai 2009

Hans C. Nilsson

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Materiale og metoder	7
3. Resultater og diskusjon	9
3.1 SPI-analyse	9
3.2 Sammenlikning med tidligere undersøkelser	12
4. Referanser	14
5. Vedlegg	15

Sammendrag

De første innsamlingene av bløtbunnfauna i Bunnefjorden og i Oslofjorden ble utført allerede i 1914. Den siste mer dekkende undersøkelsen av indre Oslofjorden ble utført i 1993. Det ble allerede i 1914 konkludert med at bunnfaunaen i de dypere deler av Bunnefjorden var utarmet og at sedimentet var svart. Utbredelsen av sulfidholdig (råtten) bunn kan variere betydelig avhengig av tilførsler av nedbrytbart organisk materiale og omfanget av dypvannsutskiftningen.

I denne undersøkelsen ble 25 stasjoner undersøkt fra 7 m til 139 m dybde med et sedimentprofilkamera. Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment i en dybde på ca 0-10 cm og bløtbunnfauna. Konklusjonen fra denne undersøkelsen er at grensen mellom svært dårlige bunnforhold og bunn med bedre forhold og som inneholder bløtbunnfauna, ligger på ca. 60 m dyp i Bunnefjorden. Dette korrelerer med vanndybden for ≤ 1 ml/l oksygen i bunnvannet målt i Bunnefjorden før innsamling av sedimentprofilbildene ble utført.

1. Innledning

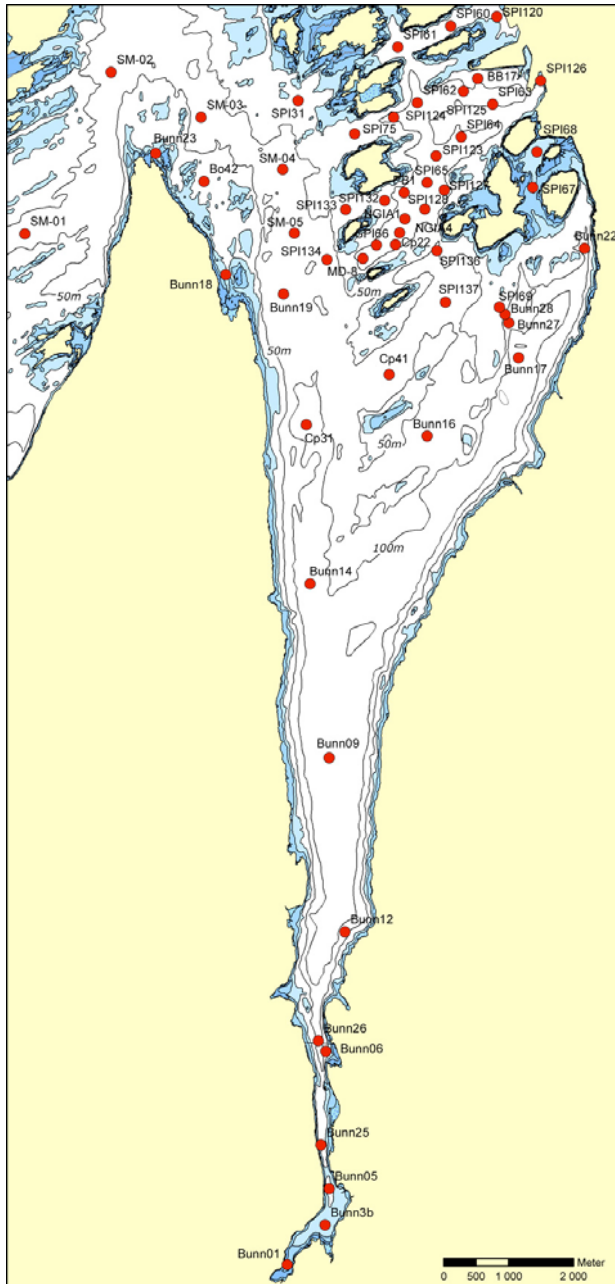
De første innsamlingene av bløtbunnsfauna i Bunnefjorden og i Oslofjorden ble utført i 1914 (Petersen 1915). Den siste mer dekkende undersøkelsen av indre Oslofjorden ble utført i 1993 (Olsgard 1995). I det mellomliggende tidsrom er bløtbunnsfauna innsamlet i Bunnefjorden i 1938, 1962, 1977 og 1985 (Olsgard 1995 med referanser). En større bløtbunnsundersøkelse er også påbegynt i 2009 og skal ferdigstilles i 2010.

Olsgard konkluderte at allerede i 1914 var det påvist en utarmet bunnfauna og et svart bunnsediment i de dypere delene av Bunnefjorden. Før 1900 var det imidlertid ikke registrert sammenhengende perioder med oksygenfritt bunnvann i noen deler av indre Oslofjorden. I 1962 var størrelsen på arealet med livløs, sulfidholdig (råtten) bunn mangedoblet og omfattet størstedelen av Bunnefjorden. Allerede i 1965, etter noen år med god dypvannsutskiftning var imidlertid arealene med råtten bunn tilbake på 1938-nivå. Dette viser at utbredelsen av råtten bunn kan endre seg raskt avhengig av omfanget av dypvannsutskiftning. Undersøkelsene i 1993 viste livløs bunn på dyp dypere enn ca. 50m i Bunnefjorden.

I 2005 ble det gjennomført en sedimentprofilbilde-undersøkelse på mesteparten av de stasjonene som ble undersøkt i 1993 (Nilsson pers. komm.). Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnsfauna. Resultatene fra den undersøkelsen pekte på at det da var liknende forhold som i 1993 med kraftig forstyrret bunnforhold på dyp større enn 60 m. Det ble imidlertid observert spor av relativt nylig etablerte bløtbunnsfaunasamfunn på dyp så langt ned som til 90 m.

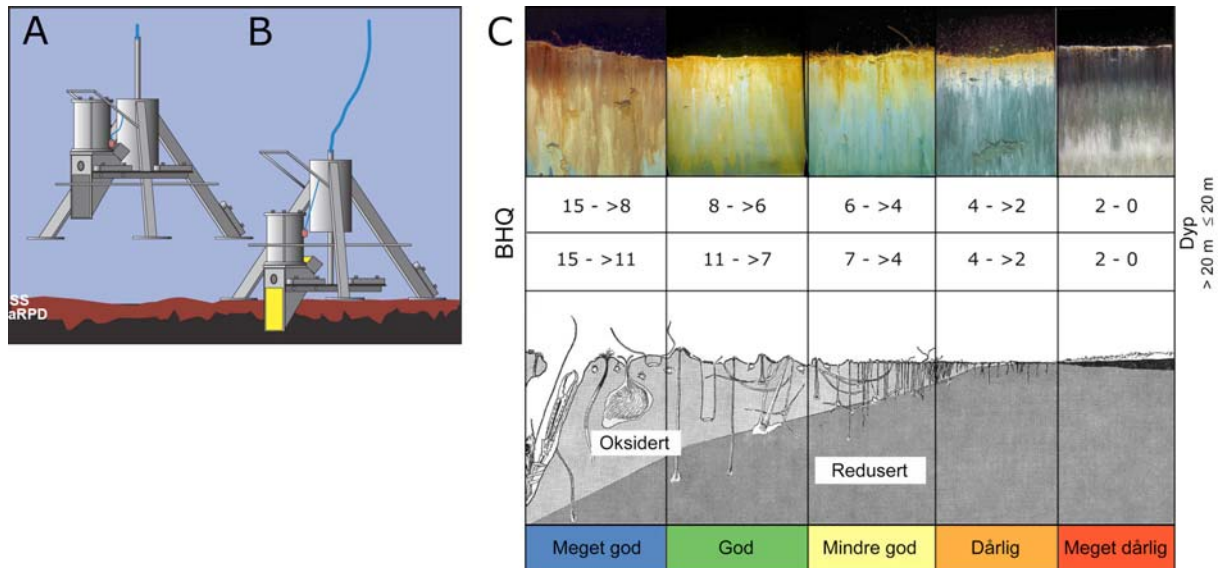
2. Materiale og metoder

Feltarbeidet ble gjennomført 20. og 21. mai 2008 fra 'Trygve Braarud' tilhørende Universitetet i Oslo. Stasjonsplasseringen er vist i **Figur 1, 4 og 6** mens posisjoner, vanndyp og analyse av SPI-bilder for alle stasjoner i denne undersøkelsen er gitt i Vedlegg A. Stasjonsutvalget er utført for å sammenlikne med tidligere studier, undersøkelser av bløtbunnsfauna 1993 (Olsgard 1995), undersøkelser av miljøgifter i sedimenter (Berge mfl. 2008) og kjemiske analyser av sedimentkjerner fra deponiområdet ved Malmøykalven og randområdene (Skei og Nilsson 2008).



Figur 1. Stasjonsplassering i Bekkelagsbassenget utført innom dette prosjekt og undersøkelser utført for SFT ved samme tidspunkt er innlagde i figuren { Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven – 2008, Nilsson 2008).

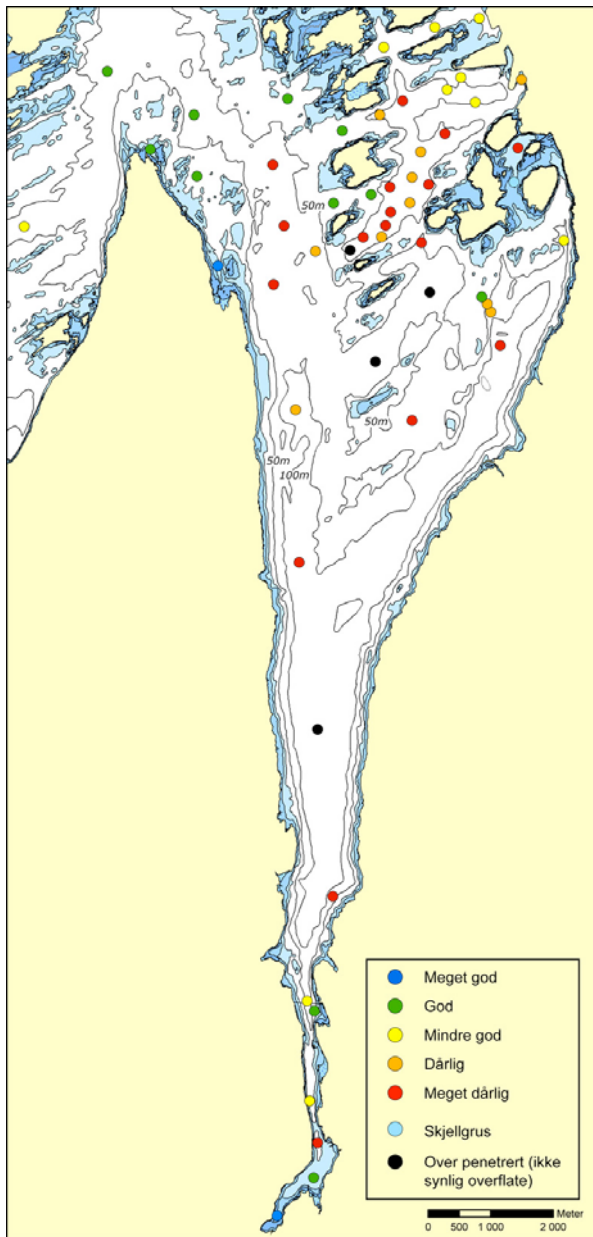
Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnsfauna. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Bildet som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten 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 og reduserte sedimentlaget [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 tilstand) til en grunnlevende, fattig fauna i påvirkede områder (meget dårlig tilstand). Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert, bioturbert sediment mens sortfarget sediment indikerer reduserte forhold. BHQ-miljøkvalitetsindeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m er i henhold til EUs vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson & Rosenberg 1978, Nilsson & Rosenberg 1997, Rosenberg mfl. 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 fra 0 til 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 mfl. 2004)

3. Resultater og diskusjon



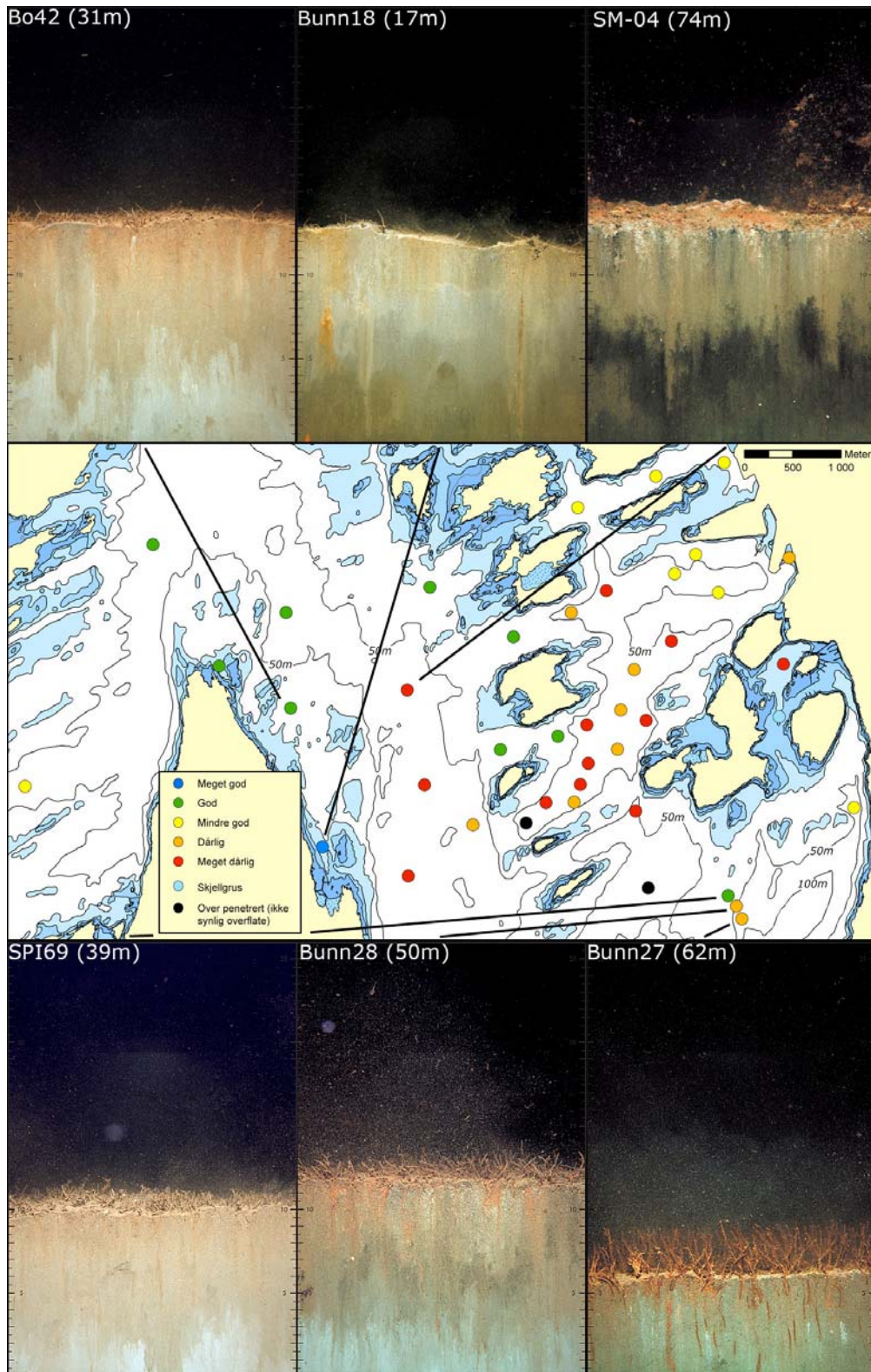
Figur 3. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 2, Rosenberg mfl. 2004). Klassifisering av bunnsbratet på stasjoner uten bløtbunn, men som inneholder skjellgrus er også gitt. Overpenetrert innebærer at kameraprismet har sunket for dypt ned i det bløte sedimentet slik at sedimentoverflaten ikke kan observeres og analyseres.

3.1 SPI-analyse

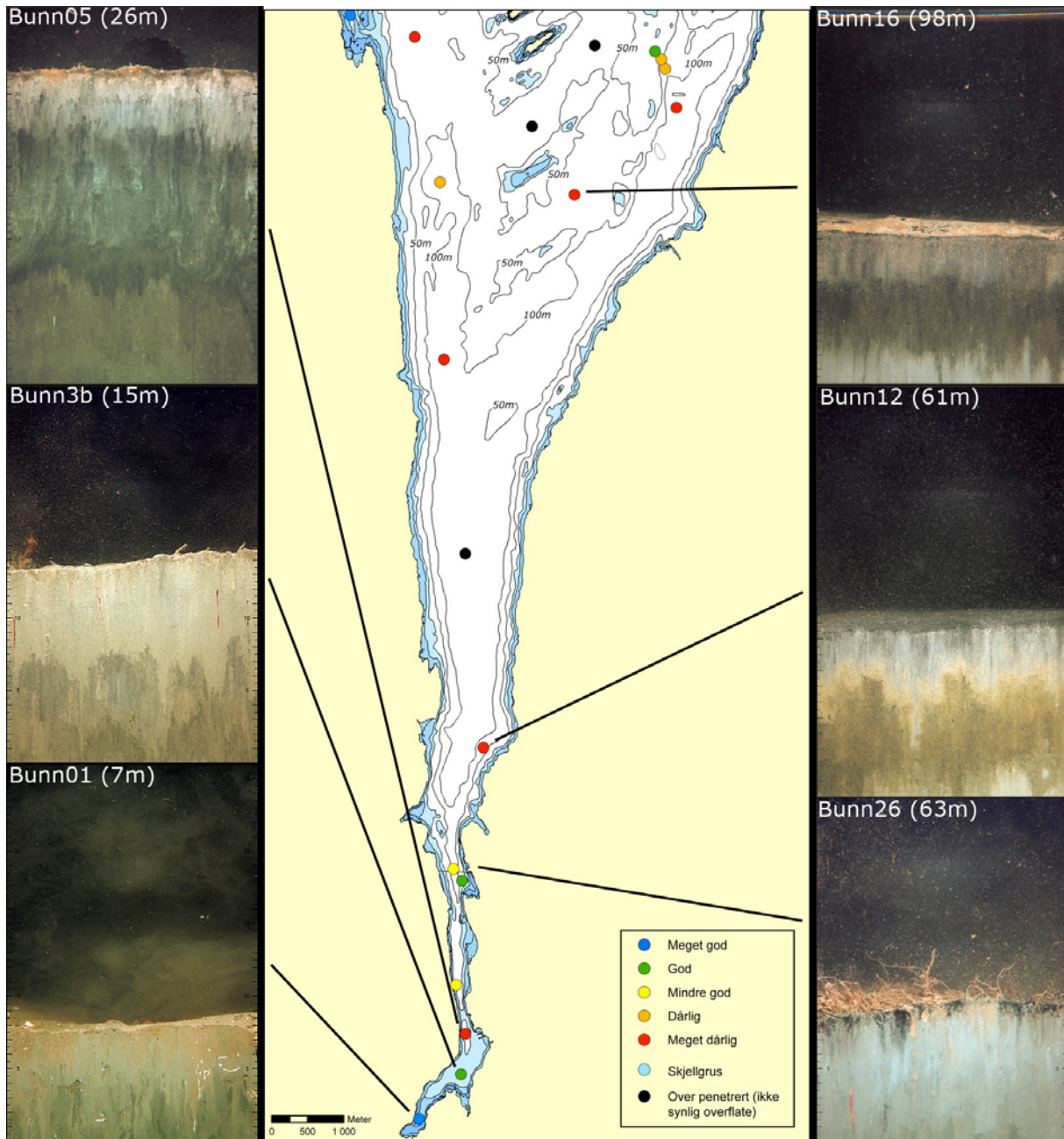
Analysen av sedimentprofilbilder i henhold til BHQ-indeksen og bunnsbratet er vist i **Figur 3, 4 og 5**. **Figur 3** viser en oversikt over bunnforhold i hele Bunnfjorden, Bekkelagsbassenget og undersøkte deler av Lysakerfjorden/Vestfjorden. Forholdene på samtlige stasjoner dypere enn 50 meter ble klassifisert som dårlige eller meget dårlige. Ved 3 stasjoner i Bunnfjorden og ved 1 stasjon i Bekkelagsbassenget var sedimentene svært bløte slik at kameraprismet sank for dypt ned i sedimentet til at sedimentoverflaten kunne observeres. Dette indikerer svært dårlige bunnforhold. Det generelle bildet er at bunnforholdene er svært dårlige på dyp større enn ca. 60 m i Bunnfjorden. Stasjonene Bunn26, Bunn27 ligger på 63 respektive 62 meters dyp og er klassifisert til dårlige. På grunt vann rundt øyene, lengst inn i Bunnfjorden og langs Nesodden er forholdene betydelig bedre enn i de dypere delene av Bunnfjorden.

Figur 4 viser 6 SPI-bilder innsamlet i den nordre delen av Bunnfjorden. Bildene (Bunn27, Bunn28 og SPI69) ligger i en dybde gradient fra ca. 60 m dyp (Bunn 27) til grunnere områder (40m SPI 69) med bedre bunnforhold. Bildene fra stasjon (Bo42 og Bunn18) viser områder med gode bunnforhold, mens bildet fra stasjon SM-04 på 74 m dyp er uten makroskopisk liv.

Figur 5 viser 6 SPI-bilder innsamlet i den søndre delen av Bunnfjorden. Sedimentkvaliteten varierer mye (meget god til meget dårlig tilstand) på de 4 sydlige stasjoner som alle ligger grunnere enn ca 30 m. Sedimenttilstanden er god til meget god lengst inne i fjorden. Forholdene er også dårlige når vanddyppet øker og ved stasjon Bunn12 (61m) er forholdene svært anstrengt. Bildet fra stasjonen Bunn12 viser også helt reduserte forhold på sedimentoverflaten, mens bildet fra stasjon Bunn16 lenger nord viser en sedimentoverflate dekket av nylig sedimentert materiale. Begge bildene mangler spor av bløtbunnfauna.



Figur 4. Tilstandsklasser av bløtbunnsfauna i henhold til BHQ-indeksen (Figur 2, Rosenberg mfl. 2004). Overpenetrert innebærer at kameraprismet har sunket for dypt ned i det bløte sedimentet slik at sedimentoverflaten ikke kan observeres og analyseres. Bildene (Bunn27, Bunn28 og SPI169) viser dybdegradienten fra ca. 60 m dyp til grunnere områder med bedre bunnforhold. Bildene fra stasjon (Bo42 og Bunn18) viser områder med gode bunnforhold, mens bildet fra stasjon SM-04 viser at stasjonen mangler makroskopisk liv.



Figur 5. Tilstandsklasser av bløtbunnfauna i henhold til BHQ-indeksen (**Figur 2**, Rosenberg mfl. 2004). Overpenetrert innebærer at kameraprismet har sunket ned i det bløte sedimentet slik at sedimentoverflaten ikke kan observeres og analyseres. Bildet fra stasjon Bunn01 og Bunn3b viser gode forhold lengst inn i de grunnere delene av Bunnefjorden. Bunn05 viser dårlige forhold innenfor og dypere enn terskelen. Bildet fra stasjon Bunn26 (63m) viser svært anstrengte forhold med redusert sedimentoverflate. Bildet fra stasjonene Bunn12 viser på helt reduserte forhold på sedimentoverflaten, mens bildet fra stasjon Bunn16 viser en sedimentoverflate dekket av nylig sedimentert materiale. De to siste bildene mangler spor av bløtbunnfauna.

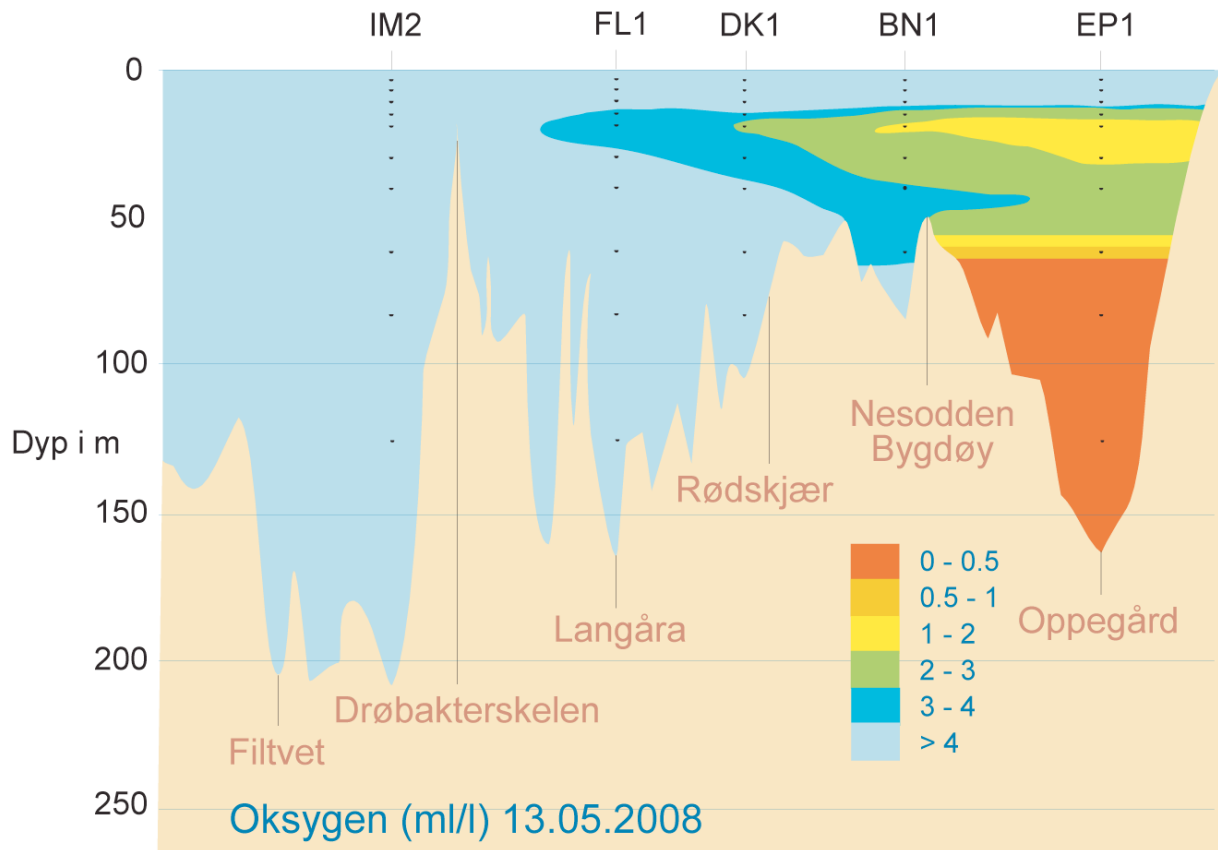
3.2 Sammenlikning med tidligere undersøkelser

I 1993 ble det gjennomført en grundig undersøkelse av bløtbunnsfauna på 51 stasjoner i indre Oslofjorden (Olsgard 1995), hvorav ett 10 talls stasjoner lå i Bunnefjorden. Resultater fra denne undersøkelsen ble sammenlignet med historiske undersøkelser så langt tilbake som Petersens undersøkelser i 1910-årene. Hovedkonklusjonene i rapporten til Olsgard 1995 var at de dypeste delene av Bunnefjorden har vært dårlige stort sett på hele 1900-tallet. Forholdene i mellomsjiktet (ca. 50m vanddybde) har imidlertid variert avhengig av næringssalttilførslene til fjorden og bunnvannsutskifting.

Olsgard (1995) rapporterte svært litt bløtbunnsfauna under 50m vanddyp i Bunnefjorden. I den aktuelle studien lå grensen for svært dårlige forhold (uten makroskopisk liv) på drøye 60 m vanddybde, men varierte lokalt. Bedre forhold på bløtbunn ble imidlertid observert ved en SPI-undersøkelse i 2005 i ytre Bunnefjorden på et tidspunkt hvor oksygensituasjonen i bunnvannet var bedre (Nilsson pers. komm, www.indre-oslofjord.no).

Konklusjonen fra denne undersøkelsen er at grensen mellom svært dårlige bunnforhold og bunn med bedre forhold og bløtbunnsfauna ligger på ca. 60m dybde i hoveddelen av Bunnefjorden. Målinger av oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet før innsamling av bildene ble utført, ga oksygenkonsentrasjoner på ≤ 1 ml/l oksygen i bunnvannet i Bunnefjorden (**Figur 6**). Slike grenseverdier har blitt undersøkt i flere tidligere studier og er sammenfattet av. Studier har vist at bløtbunnsfauna påvirkes direkte negativt ved oxygen-konsentrasjoner rundt 1 ml/l (Diaz og Rosenberg 1995).

I 2007 ble det gjennomført undersøkelser av miljøgifter i sediment på en del av de stasjonene som er undersøkt i denne gangen (Berge mfl. 2008). Disse undersøkelsene viste at miljøgiftene kunne gi toksiske effekter på bunnfauna, men viste ingen klar sammenheng mellom dyp og konsentrasjonen av miljøgifter i overflatesedimentet. De største variasjonene ble i hovedsak funnet i grunnområdene. Mangel på bunnfauna i dypområdene i Bunnefjorden er derfor trolig styrt av oksygenforholdene og i mindre grad av miljøgiftkonsentrasjonen. I de mer grunne områdene kan imidlertid miljøgifter ha en medvirkende betydning



Figur 6. Oksygen i mai måned observert av overvåkningsprogrammet "Overvåkning av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord" (www.indre-oslofjord.no).

4. Referanser

- Berge, J.A., Magnusson, J., Schøyen, M., Skei, J. (2008). Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Bunnefjorden. NIVA-rapport L.nr.5583.
- Diaz, R.J., Rosenberg, R. (1995) Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. In: *Oceanography And Marine Biology - An Annual Review*, Vol 33, Vol 33, p 245-303
- Nilsson, H.C. (2008) Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilde (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven – 2008. SFT Rapport TA-2434 /2008, 21 s.
- Nilsson, H.C., 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, H.C., Rosenberg R. (2006) Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models. NIVA Rapport L.nr. 5200.
- Olsgard, F. (1995) Overvåkning av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord. Undersøkelser av bløtbunnfauna 1993., Universitetet i Oslo, Oslo
- Petersen, C.G.J. (1915) On the animal communities of the sea bottom in the Skagerak, the Christiania Fjord and the Danish waters. *Rep Dan biol Stn* 23:1-28
- Pearson, T.H., 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, H.C., 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
- Skei, J., Nilsson, H.C. (2008) Kjemiske analyser av sedimentkjerner fra deponiområdet ved Malmøykalven og randområdene. NIVA Rapport L.nr. 5614.

5. Vedlegg

Stasjon	Latitud	Longitud	Dyp	Prøvetak	BHQ indeks	TK SPI	RPD	Penet. dyp	Substrat	SPInot
Bo42	59,86810	10,67438	31	SPI 16,8 kg	9,3	2	2,8	12,2	Siltig leire	
Bunn01	59,71907	10,71653	7	SPI 16,8 kg	8,7	1	1,9	9,2	Siltig leire	
Bunn05	59,72995	10,72662	26	SPI 16,8 kg	1,7	5	0,1	21,3	Mudder, fin leire	
Bunn06	59,74892	10,72332	29	SPI 16,8 kg	8,3	2	2,6	9,8	Siltig leire	
Bunn09	59,78952	10,71897	153	SPI 5,6 kg					Mudder	Overpenet.
Bunn12	59,76562	10,72645	61	SPI 16,8 kg	0,0	5	0,0	9,8	Siltig leire	Beggiatoa
Bunn14	59,81344	10,71063	139	SPI 5,6 kg	1,0	5	0,0	19,5	Leire	
Bunn16	59,83492	10,74012	98	SPI 5,6 kg	0,3	5	0,0	8,2	Siltig leire	
Bunn17	59,84655	10,76387	107	SPI 5,6 kg	0,7	5	0,0	15,3	Leire	
Bunn18	59,85542	10,68200	17	SPI 16,8 kg	8,7	1	2,7	11,5	Siltig leire	
Bunn19	59,85323	10,69822	89	SPI 5,6 kg	1,0	5	0,0	7,8	Sandig, siltig leire	Beggiatoa
Bunn22	59,86227	10,78000	54	SPI 5,6 kg	5,0	3	0,9	4,0	Sandig, siltig leire	
Bunn23	59,87155	10,66062	17	SPI 16,8 kg	7,7	2	2,3	12,2	Siltig leire	
Bunn25	59,73595	10,72357	26	SPI 16,8 kg	5,3	3	0,9	8,8	Siltig leire	
Bunn26	59,75032	10,72102	63	SPI 5,6 kg	4,3	3	0,1	8,0	Siltig leire	
Bunn27	59,85128	10,76052	62	SPI 5,6 kg	4,0	4	0,6	5,8	Sandig, siltig leire	
Bunn28	59,85243	10,75940	50	SPI 16,8 kg	4,0	4	0,5	12,2	Siltig leire	
Bunn3b	59,72492	10,72617	15	SPI 16,8 kg	8,0	2	2,2	13,2	Siltig leire	
Cp22	59,86110	10,72805	66	SPI 5,6 kg	3,0	4	0,4	23,5	Mudder, fin leire	
Cp31	59,83538	10,70682	101	SPI 5,6 kg	2,7	4	0,6	10,0	Siltig leire	
Cp41	59,84307	10,72862	77	SPI 5,6 kg					Mudder	Overpenet.
SM-01	59,85922	10,62612	62	SPI 16,8 kg	7	3	1,9	17,5	Leire	
SM-02	59,88240	10,64690	80	SPI 5,6 kg	7,8	2	2,5	9,0	Siltig leire	
SM-04	59,87047	10,69577	74	SPI 16,8 kg	1,0	5	0,0	15,5	Leire	
SM-05	59,86180	10,70015	86	SPI 16,8 kg	1,3	5	0,0	17,3	Leire	

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no