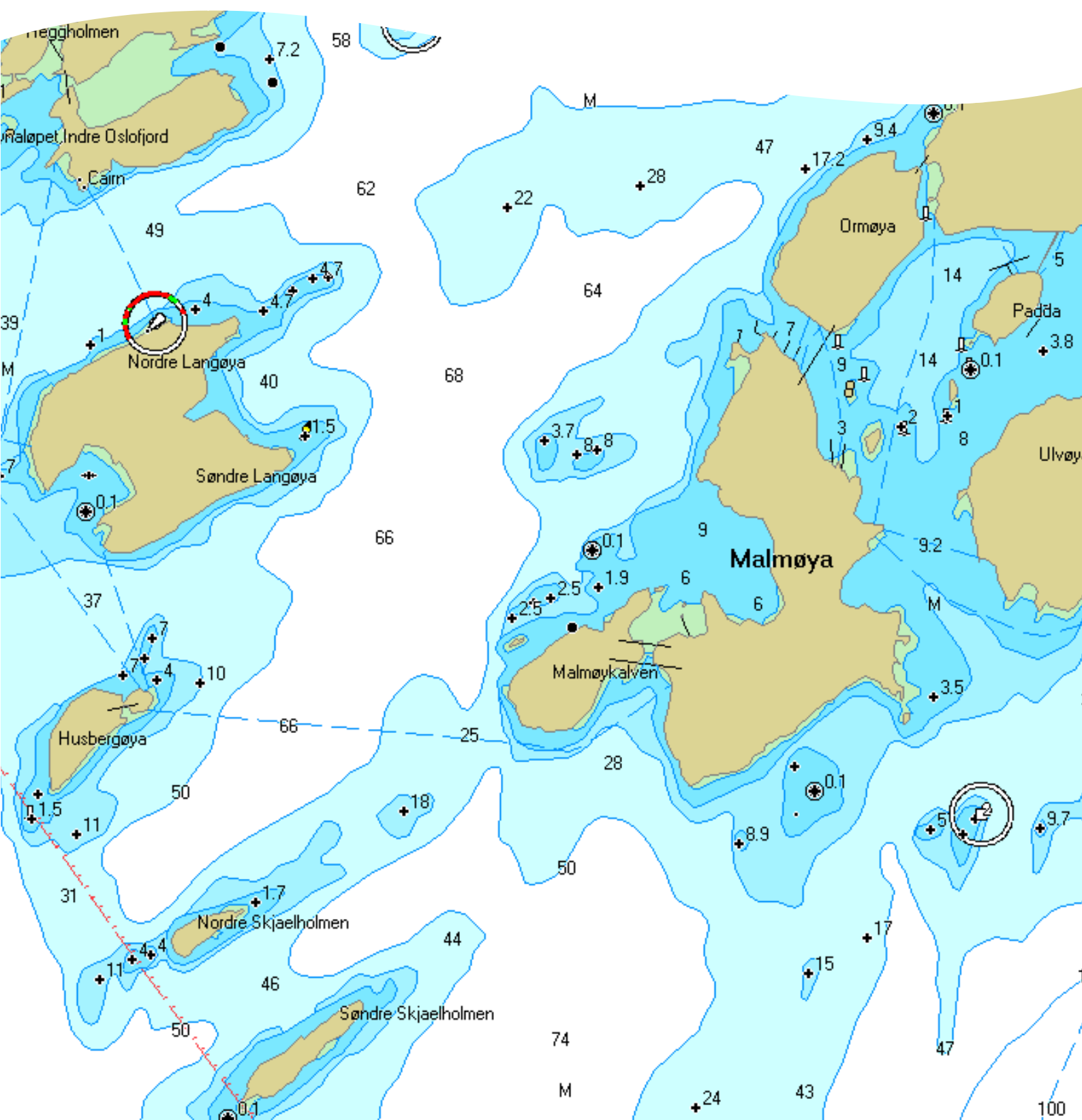


Potensielle bioturbatorer i deponiet ved Malmøykalven



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Potensielle bioturbatorer i deponiet ved Malmøykalven	Løpenr. (for bestilling) 6138-2011	Dato 22. mars 2011
	Prosjektnr. Udemr. O-10446	Sider Pris 41
Forfatter(e) John Arthur Berge, Gunhild Borgersen og Karl Norling	Fagområde Miljøgifter marint	Distribusjon FRI
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges Geotekniske Institutt/Oslo Havn KF	Oppdragsreferanse Brev av 25 okt. 2010
---------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Hensikten med studien har vært å belyse hvilke potensielle gravende organismer (bioturbatorer) som kan tenkes å opptre i tildekkingsmaterialet som er brukt i deponiet ved Malmøykalven og i hvilken grad disse utgjør noen trussel mot en effektiv isolering av de forurensede massene i deponiet. Bunnfaunaen i Bekkelagsbassenget er preget av små opportunistiske arter som vil bidra til å stabilisere overdekkingsmaterialet. Hoveddelen av de bunndyrene som er observert i Indre Oslofjord er heller ikke store gravende former. Vi forventer at den øverste delen av barrieren (anslagsvis 0-15/20cm) over tid kan påvirkes av den samlede effekten av de bioturbatorene som er identifisert i Indre Oslofjord og som også vil kunne opptre i overdekkingsmaterialet i deponiområdet. Vi forventer imidlertid ikke at bioturbasjon utgjør noen stor trussel mot den dypere delen av barrieren (anslagsvis 20-40 cm). Bioturbasjon vil derfor ikke ødelegge effekten av barriere mellom de forurensede sedimentene og den overliggende vannmassen. Vi anser dermed et overdekkingslag på 40 cm som tilstrekkelig for å hindre spredning av miljøgifter fra de deponerte massene. Vi kan likevel ikke utelukke at tildekkingen påvirkes noe dersom store dyptgravende bioturbatorer som <i>Nephrops</i>, <i>Calocaris</i>, <i>Callianassa</i> og <i>Upogebia</i> skulle finne seg til rette i deponiet. Uansett vil overflatesedimentene etter hvert bestå av en blanding av overdekkingsmateriale, nysedimentert materiale, samt forurensede masser slik at den gjennomsnittlige miljøgiftkonsentrasjonen i overflatesedimentet vil være kraftig redusert i forhold til i de deponerte massene.</p>

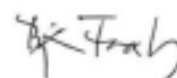
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bioturbatorer 2. Kolonisering 3. Sedimenter 4. Tildekking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bioturbators 2. Colonization 3. Sediments 4. Capping
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



John Arthur Berge
Prosjektleder



Torgeir Bakke
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Potensielle bioturbatorer i deponiet ved Malmøykalven

Forord

På bakgrunn av et tilbud fra NIVA til Norges Geotekniske Institutt (NGI) datert 25. august 2010 mottok NIVA en bestilling (datert 25. okt. 2010) på en utredning om de potensielle gravende organismene (bioturbatorer) som kan tenkes å opptre i materialet som er brukt til å dekke over de forurensede massene i deponiet ved Malmøykalven. I denne rapporten utredes problemstillingen.

Prosjektet er gjennomført av:

Gunhild Borgersen: Gjennomgang av bløtbunnsdata fra Oslofjorden og utplukk av bioturbatorer som kan tenkes i overdekkingsmaterialet
Karl Norling: Bioturbatorbiologi, krepsdyr, pigghuder bløtdyr m.m.
John Arthur Berge: Sammenfatting av rapporten

Ved NIVA har John Arthur Berge hatt prosjektlederansvaret. Oppdragsgivers representant har vært Arne Pettersen.

Oslo, 22. mars 2011

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	9
1.1 Bioturbasjon	9
1.2 Tildekkingslaget i deponiet ved Malmøykalven	11
1.3 Målsetning	11
1.4 Gjennomføring	12
2. Metode	13
2.1 Gjennomgang av bløtbunnsdata fra Oslofjorden	13
2.2 Bioturbatorbiologi	13
3. Resultater	14
3.1 Arter i Oslofjorden	14
3.1.1 Bekkelagsbassenget og nærliggende områder	14
3.1.2 Bunnefjorden	14
3.1.3 Vestfjorden	14
3.2 Arter fra andre områder som kan tenkes å opptre i Bekkelagsbassenget i fremtiden	15
3.3 Enkeltartenes biologi	15
3.3.1 Børstemark	15
3.3.2 Krepserdyr	20
3.3.3 Pigghuder	22
3.3.4 Andre	22
4. Diskusjon og konklusjoner	24
4.1 Diskusjon	24
4.2 Konklusjoner	28
5. Litteratur	30
6. Vedlegg	33
6.1 Vedleggstabell 1: Bunnfauna i Bekkelagsbassenget og nærliggende områder	33
6.2 Vedleggstabell 2: Bunnfauna i Bunnefjorden	36
6.3 Vedleggstabell 3: Bunnfauna i Vestfjorden	38
6.4 Vedleggstabell 4: Stasjonsdata	41

Sammendrag

De forurensete sedimentene som er deponert i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven skal i henhold til utslippstillatelse fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) overdekkes med 0,4 m ren sand. Ved tildekkingen ønsker en å danne en barriere mellom de forurensete sedimentene og de overliggende vannmassene slik at miljøgiftene i de forurensete massene blir værende og ikke transporteres til andre deler av miljøet. Bioturbasjon er omrøring og forflytninger av sedimentpartikler og porevann forårsaket av bunndyrenes ulike former for aktivitet. Bioturbasjon er en prosess som bidrar til å endre sedimentets fysiske struktur og stratifikasjon (lagdeling), samt sedimentets og porevannets kjemiske egenskaper. Bioturbasjon kan dermed bidra til å redusere effekten av en tildekking.

Hensikten med studien som her presenteres har vært å belyse hvilke bioturbatorer som kan tenkes å opptre i deponiet, antatt tetthet av disse og å vurdere i hvilken grad og til hvilken dybde disse vil kunne bioturbere dekk materialet og eventuelt også de deponerte masser. Informasjon om potensielle bioturbatorers utbredelse i Oslofjorden er hovedsaklig hentet fra NIVAs database for marine virvelløse dyr (bløtbunnsfauna).

Bunnsfaunaen i Bekkelagsbassenget er preget av små opportunistiske arter. De dominerende artene er børstemarkene *Pseudopolydora* og *Heteromastus filiformis*, samt muslingen *Thyasira sarsi*. Den bioturberende børstemarken *Polyphysia crassa* kan også opptre i høye tettheter. Det er i tillegg funnet individer av de bioturberende børstemarkene *Scalibregma inflatum*, *Nephtys ciliata*, *Nereis* og *Scoloplos armiger*. Ingen store bioturberende arter er observert i særlig omfang. Gravende pigghuder som *Brissopsis lyrifera* (lyresjømus), *Leptosynapta* (sjøpølse) og *Echinocardium* (sjømus) er observert, men med lav tetthet.

Bløtbunnsfaunaen i aktuelle dyp i Indre Oslofjord for øvrig er også i betydelig grad preget av små organismer som lever nær overflaten og som bygger rør på og nær sedimentets overflate. Slike organismer, som eksempelvis *Pseudopolydora*, opptrer i stor tetthet i Bekkelagsbassenget (ca. 5000-10000/m²) og vil snarere bidra til å stabilisere overdekkingsmaterialet enn å redusere dets effekt.

Den bioturberende børstemarken *Heteromastus filiformis* opptrer med en betydelig tetthet i Bekkelagsbassenget. Siden denne arten ikke graver så dypt som 40 cm og trolig heller ikke foretrekker det sandige overdekkingsmaterialet, tror vi ikke at denne arten utgjør noen vesentlig trussel. Enkelte fiskearter bygger gangsystemer i sediment. Vi anser imidlertid ikke at fisk utgjør noen trussel mot en effektiv isolering av de forurensete massene som er lagret i deponiet ved Malmøykalven. Hoveddelen av de bunndyrene som er observert i Indre Oslofjord er ikke store gravende former. En skal imidlertid være klar over at datagrunnlaget i hovedsak bygger på grabbprøver, som underestimerer forekomsten av eventuelle store, dyptgravende former som trollkrepsen *Upogebia deltaura* som kan ha gangsystemer som strekker seg minst 65 cm ned i sedimentet. Studier på verdensbasis tyder på at det dybdeskjiktet av sedimentet hvor den dominerende mengden biomasse og dermed også bioturbasjon forekommer varierer mye, dvs. fra ca. 2-30 cm med et middel på ca. 10 cm og et standardavvik på 4,5 cm.

Vi holder det for sannsynlig at den øverste delen av barrieren (anslagsvis 0-15/20cm) over tid kan påvirkes av den samlede effekten av de bioturbatorene som er identifisert i Indre Oslofjord og som trolig også vil opptre i overdekkingsmaterialet i deponiområdet. Vi forventer imidlertid ikke at bioturbasjon utgjør noen stor trussel mot den dypere delen av barrieren (anslagsvis 20-40 cm) selv om enkelte arter trolig vil grave gjennom hele dekklaget. Bioturbasjon vil derfor ikke ødelegge effekten av barrieren mellom de forurensete massene og det overliggende vann i særlig grad.

Vi er usikre på hva som vil skje dersom store dyptgravende bioturbatorer som *Nephrops*, *Calocaris*, *Callianassa* og *Upogebia*, skulle finne seg til rette i deponiet i fremtiden. Vi er også usikre på effekten dersom opportunistiske arter graver ned i dypere sedimentlag for å dra nytte av det organiske karbonet som måtte befinne seg der. I begge tilfelle vil overflatelaget etter hvert kunne bestå av en blanding av overdekkingsmateriale, nysedimentert materiale, samt forurensede masser, og gjennomsnittskonsentrasjonen av en gitt miljøgift i overflatesedimentet vil være betydelig lavere enn i de deponerte sedimentene.

Selv om det er en del usikkerhet rundt hva slags organismer som vil opptre i overdekkingsmaterialet og hvor dyp disse vil grave, så anser vi et overdekkingslag på 40 cm som tilstrekkelig for å hindre spredning av miljøgifter fra de deponerte massene. Vi konkluderer også med at bioturbasjon ikke vil påvirke barrieren i en slik grad at miljøgiftene i de forurensede massene i vesentlig grad transporteres opp til bunndyr i den øvre delen av overdekkingsmaterialet og de overliggende vannmassene.

Det anbefales likevel at utviklingen av bunnfaunasamfunnet og miljøgiftkonsentrasjonen i sedimentene i deponiområdet overvåkes inntil stabile forhold er etablert.

Summary

Title: Potential bioturbators in sand covering disposed contaminated sediments at Malmøykalven, SE Norway

Year: 2011

Author: John Arthur Berge, Gunhild Borgersen and Karl Norling

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5873-8

Contaminated sediments are disposed at approximately 60 m depth at Malmøykalven in the Inner Oslofjord, Norway. The disposed material shall according to The Climate and Pollution Agency in Norway be covered with a 0,4 m thick layer of sand in order to create a barrier between the contaminated sediments and the biota in the overlying sediments and water. Bioturbation is a process that may represent a threat to the reliable and long-lasting functioning of this barrier. The purpose of the study presented here has been to predict what kind of bioturbators that may occur in the sand barrier covering the contaminated sediments and to what extent and at what depth they will be able to bioturbate the sand. Information on the potential bioturbators distribution in the Oslofjord has mainly been taken from the NIVA database for marine invertebrates (soft bottom fauna).

Bottom fauna in the deep part of the Bekkelaget Basin is characterized by small opportunistic species, and no large bioturbating species are observed. The dominant species are polychaetes like *Pseudopolydora* and *Heteromastus filiformis*, and the bivalve *Thyasira sarsi*. *Polyphysia crassa* may also occur in high density. Subsurface deposit feeding echinoderms like *Brissopsis lyrifera*, *Leptosynapta* and *Echiocardium* are also present but in low density. Some individuals of the bioturbating polychaetes *Scalibregma inflatum*, *Nephtys ciliata*, *Nereis*, and *Scoloplos armiger* are also found in the area.

The soft bottom fauna in the deeper part of the Oslofjord is in general also dominated by small organisms that live near the surface and build tubes on and near the sediment surface. Such organisms and their tube building activity would probably strengthen and stabilize the covering material and not reduce its protecting effect.

The bioturbating polychaete *Heteromastus filiformis* occurs with a significant density in the Bekkelaget Basin. Since this species does not dig so deep as 40 cm and probably does not prefer the sandy covering material altogether, we do not anticipate that this species constitutes a significant threat to the barrier between the contaminated sediments and the overlying environment.

The majority of the benthic fauna species observed in the Inner Oslofjord are small or medium sized burrowing forms. One should however be aware that the data are mainly based on grab samples, which underestimate the occurrence of any large deep-burrowing forms such as the crustacean *Upogebia* which may build tubes that extend at least 65 cm into the sediment.

We anticipate that the top portion of the barrier (approximately 0-15/20cm) over time can be affected significantly by the overall effect of the bioturbators likely to occur in the covering material in the future. We expect however, that bioturbation activity will be low in the deeper part of the barrier (20-40 cm). Bioturbation will thus not reduce the overall effect of the barrier in isolating the contaminated masses from the overlying water and the majority of the sediment infauna.

Some fish species build tube systems in the sediment. We expect low densities of such fish in the Bekkelaget Basin. We therefore consider that the activity of fish does not pose any threat to an effective isolation of the contaminated masses stored at Malmøykalven.

We are uncertain to what extent large deep-burrowing bioturbators such as *Nephrops*, *Calocaris*, *Callianassa* og *Upogebia* will colonize the sandy cap and reduce the effect on retention of pollutants in the contaminated sediments at Malmøykalven. Either way, the surface sediments will over time consist of a mixture of covering material, settled particulate material and contaminated sediment. This will in any case give average pollutant concentrations in surface sediment that are substantially reduced compared to those in the disposed masses.

Despite some uncertainty regarding what kind of organisms that will occur in the sand covering the contaminated sediments and how deep they will penetrate, we also conclude that bioturbation will not affect the sand barrier to such an extent that pollutants in the contaminated sediments will be transported in significant amounts to the benthos in the upper part of the sand layer and to organisms in the overlying water column. We therefore also conclude that a layer of 40 cm of sand is sufficient to prevent the mobilization of pollutants.

Despite this, we recommend that the development of bottom fauna communities and pollutant concentrations in the sediments should be monitored until stable conditions are established.

1. Innledning

1.1 Bioturbasjon

Bioturbasjon er omrøring og forflytninger av sedimentpartikler og porevann forårsaket av bunndyrenes ulike former for aktivitet. En bioturbator er typisk en børstemark, krepsdyr, musling, snegler eller sjøpølser, som lever nede i sedimentet. Faunaaktiviteter, som graving, svelging og defekasjon av sediment, bygging og vedlikehold av gangsystem og gjenfylling av forlatte gangsystem og huler er viktige prosesser som bidrar til bioturbasjonen. Noen fiskearter kan også ved bygging av huler og gangsystem bidra til bioturbasjon.

Sediment-vann-grenseflaten påvirkes som følge av bioturbasjon og kan øke transporten av kjemiske forbindelser over denne grenseflaten og dermed utveksling av miljøgifter mellom sediment og vannsøyle. Noen organismer kan ytterligere forsterke den kjemiske utvekslingen ved å pumpe vann inn eller ut av hulene sine (bioirrigasjon) og dermed påvirke overliggende vann og porevann. Bioirrigasjon kan øke omsetting av porevann og løste forbindelser i sedimenter. En økning med en faktor fra 1,2 til 7 ganger er normalt i kystområder (Kristensen og Hansen 1999 med referanser). Bioturbasjon er altså en prosess som direkte eller indirekte bidrar til å endre sedimentets fysiske struktur og stratifisering, samt sedimentets og porevannets kjemiske egenskaper (Aller 1982, 1983). På den måten kan miljøgiftenes mobilitet også endres.

Studier med radionuklider verden over tyder på at det dybdeskiktet av sedimentet hvor den dominerende mengden biomasse og dermed også bioturbasjon forekommer (mixed depth) varierer mye (dvs. fra ca 2-30 cm) med et middel på ca 10 cm og et standardavvik på 4,5 cm (Boudreau, 1997).

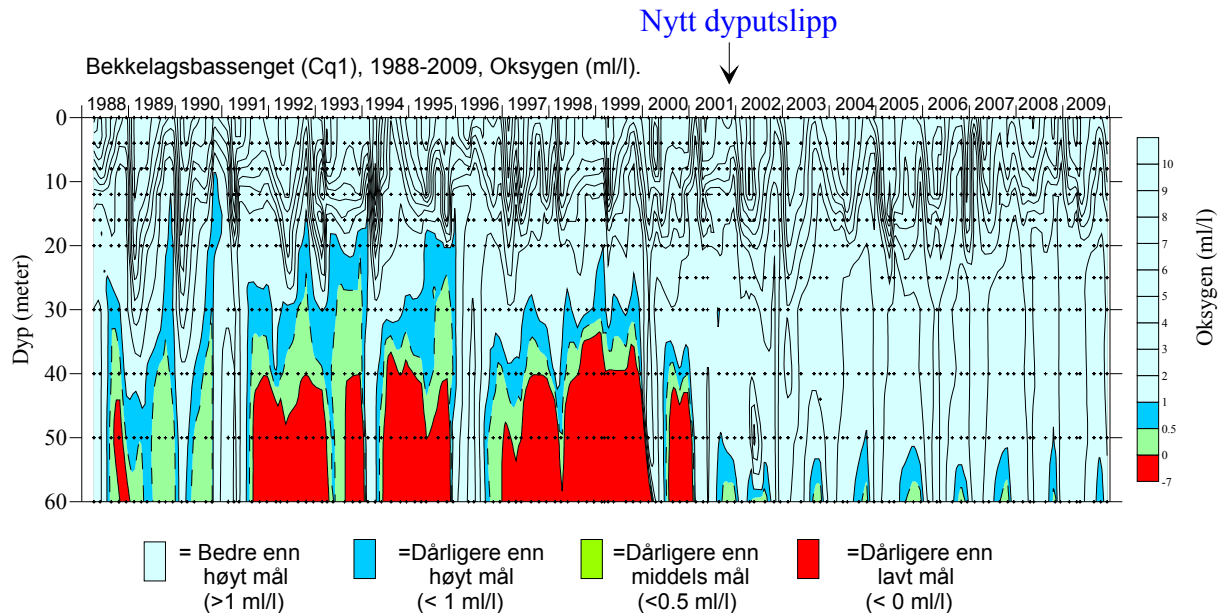
I områder uten oksygen i bunnvannet og dermed ingen makroskopisk fauna vil bioturbasjon ikke finne sted. I Bekkelagsbassenget har det skjedd en klar forbedring av oksygenforholdene etter at Bekkelagets nye renseanlegg tok i bruk et utslipp på ca. 50 meters dyp høsten 2001 (**Figur 1**). Hadde derfor bunnvannet i Bekkelagsbassenget vært anoksisk slik det var mesteparten av tiden før 2001 ville bioturbasjonen vært minimal i dette området.

I de fleste bunndyrsamfunn begrenses altså dyrene og dermed bioturbasjonen i hovedsak til de øvre 10 cm av sedimentet. Dette henger delvis sammen med at det er i de øvre 10 cm at dyrene finner organisk materiale med et tilstrekkelig høyt næringsinnhold: Det medfører også en økende energetisk kostnad å grave dypere. Men det finnes likevel dyr som graver betydelig dypere enn 10 cm: Noen arter helt ned til 50 cm og for noen ekstremarter dypere enn 1 meter (Dworschak, 1983). Bioturbasjonens effekt er likevel størst i den øverste delen av sedimentet (normalt 0-10 cm) der det er flest dyr. Lenger ned (normalt 10-30 cm) hvor det er færre dyr er bioturbasjonen mindre og under 30 cm er det normalt svært lite bioturbasjon.

Ved tildekking av forurenset sediment med et overdekkingsmateriale ønsker en å danne en barriere mellom de forurensete og de overliggende massene slik at miljøgiftene i de forurensete massene ikke transporteres opp i de overliggende massene. Det er en forutsetning at overdekkingsmaterialet ikke inneholde forurensninger av betydning og det finnes en egen veileder for hvordan slike masser skal vurderes og testes (TA-2143/2005) utarbeidet av Klif.

Hvis oksygenforholdene er tilfredsstillende, vil ethvert overdekkingsmateriale som benyttes (over tid) rekoloniseres av ulike typer organismer. Organismer som kun lever på overflaten av overdekkingsmaterialet vil i liten grad påvirke materialets egenskaper som barriere og vil også kunne virke forsterkende ved at de bygger rør, utsondrer slim og fanger opp suspenderte partikler og over tid

bygger opp en tykkere barriere. Bioturbatorer vil derimot kunne bidra til at barrierens struktur brytes opp og penetreres og dens effekt over tid kan dermed bli mindre. De ulike bioturbatorer påvirker substratet forskjellig. Eksempelvis vil et stort krepsdyr som sjøkreps (*Nephrops norvegicus*,) med sine relativt store gangsystem trolig være en større trussel enn eksempelvis en mindre gravende børstemark som *Heteromastus filiformis* (som kan forekomme i stort antall og som kan grave så langt ned som 30 cm (Cadèe, 1979), men som trolig ikke vil opptre i dekkmaterialer med sandig konsistens.



Figur 1. Oksygenkonsentrasjonen i Bekkelagsbassenget (Cq 1) 1988 – 2009 sammenlignet med tentative mål for konsentrasjonen. Bassenget oppfyller i dag nesten kravet til middels mål (Kilde: Berge et al 2010).

1.2 Tildekkingslaget i deponiet ved Malmøykalven

De forurensete sedimentene som er deponert i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven skal i henhold til utslippstillatelse fra Klif overdekkes med 0,4 m ren sand. Til dette formålet er knust stein, <8 mm fra Åsland pukkverk, fraktet med lastebil til kai i Oslo, hvorfra den er omlastet og videre distribuert med splittlekter. Tildekking ble i hovedsak gjennomført i løpet av første halvår 2009, men etter pålegg fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) har Oslo Havn KF i annen halvdel av 2010 gjenopptatt arbeidene for å supplere dekklaget i deler av området. Det er lagt ut sand i flere lag. Tildekkingen er fullført når hele deponiet ihht Klifs krav er dekket med minst 0,4 meter rene masser. Tildekkingen av dypvannsdeponiet skal etter planen ferdigstilles i løpet av våren 2011.

Tildekkingen har vært undersøkt med SPI-kamera (Nilsson og Schaanning, 2009, Berge og Nilsson, 2010), kjerneprøver (Pettersen og Eek, 2010), målepinner (Helland et al., 2010) og i tillegg har NGU gjort akustiske målinger i deponiområdet høsten 2009 (ikke rapportert?). Bilder tatt med SPI-kamera 7.-9. januar 2009 viste at etter utlegging av det første laget var 75 av 97 stasjoner tydelig dekket med et lag sand $\geq 0,9$ cm (Nilsson og Schaanning, 2009). På de øvrige stasjonene ble det ikke funnet sand eller det ble observert sand nedsunken i opprinnelig sediment eller deponerte masser. SPI-bilder tatt i mai 2009 viste at tildekkingsmasser fremdeles var blandet med underliggende sediment på en stasjon i den sydvestre enden av deponiområdet (Berge og Nilsson, 2010). 79 kjerneprøver tatt senhøstes 2009 (uke 46-49) viste sand på toppen av de deponerte massene i samtlige prøvepunkter og en gjennomsnittlig tykkelse av dekklaget på 25,7 cm (Pettersen og Eek, 2010). Nedsynking av tildekkingsmasser ble observert i 8 kjerner, hovedsakelig i randsonen i sydenden av deponiet (Pettersen og Eek, 2010). Helland et al., 2010, kom frem til en gjennomsnittlig tykkelse på 32 cm. Denne målingen var basert på digitaliserte analyser av bilder tatt av målepinner satt ut av Secora før tildekking. Med usikkerhet på ± 15 cm (Helland et al., 2010) var det en relativt god overensstemmelse mellom de to metodene benyttet for måling av dekklagets tykkelse. Begge undersøkelsene indikerer imidlertid et betydelig negativt avvik i forhold til det som kunne forventes på grunnlag av mengde utlagt masse.

Mange faktorer vil kunne bidra til at målt tykkelse blir mindre enn teoretisk tykkelse. Helland et al., 2010, antok at summen av svinn og kompaksjon etter utlegging kunne bidra til å redusere forventet tykkelse med 20 %. Rambøll påpekte også at unøyaktig deponering til et område 50 m på utsiden av deponigrensen ville kunne redusere forventet tykkelse med 25 %. I tillegg kan nedsynking av tildekkingsmasser i de deponerte massene ha ført til at overgangen mellom deponimassene og tildekkingslaget blir uskarp og vanskelig å bestemme nøyaktig. Kjerneprøvetaking av tildekkingslaget byr på spesielle utfordringer med såkalt ”plugging” (Pettersen og Eek, 2010, Helland et al., 2010) og kan iflg Helland et al., 2010, medføre ufullstendig prøvetaking og underestimering av dekklagets tykkelse.

1.3 Målsetning

Tildekkingen gjøres med sand som har en sammensetning for eksempel m.h.t. partikkelstørrelse og karboninnhold som er svært forskjellig fra omkringliggende områder. I dekkmassene vil det over tid etableres nye bunnfaunasamfunn i deponiet. Bunnfyndsamfunnene vil pga substratets karakter trolig få en annen struktur enn i omkringliggende sedimenter. Dette innebærer at det nye bunnfyndsamfunnet i deponiet ikke nødvendigvis får den samme bioturbasjonen som i omkringliggende områder.

Hensikten med studien som her presenteres har vært å gi en kvalitativ beskrivelse av hvilke bioturbatorer som kan tenkes å opptre i deponiet, antatt tetthet av disse og i hvilken grad og til hvilken dybde disse vil kunne bioturbere dekkmaterialet.

Sammenstillingen gir en oversikt over de vanligste store, sedimentlevende arter som med rimelighet vil kunne forventes å etablere seg i tildekkingsområdet. Det er også gitt en kort beskrivelse av de potensielt viktigste artene med vekt på hva som finnes av kunnskap om naturlig tetthet og aktivitet i forhold til vertikal transport av porevann og partikler. Numerisk modellering av forventet bioturbasjon var ikke del av denne studien.

1.4 Gjennomføring

Litteraturstudien er gjort ved at en har gått gjennom de data en har over potensielle bioturbatorer observert i Oslofjorden (se kap.2.1), men en har også med utgangspunkt i litteraturen plukket ut bioturbatorer som i dag ikke finnes lokalt, men som kan tenkes å opptre i dekkmaterialet i fremtiden. Det er også gjort en vurdering av det nye substratets betydning i forhold til rekolonisering.

Hvilke organismer som med rimelighet kan forventes å rekolonisere deponiområdet vil også være avhengig av fremtidige oksygenforhold i bunnvannet. Oksygenforholdene i dypvannet i Bekkelagsbassenget har tidligere vært dårlige. Det har imidlertid skjedd en klar forbedring av oksygenforholdene etter at Bekkelagets nye renseanlegg tok i bruk utslippet på ca. 50 meters dyp høsten 2001 (Berge et al. 2010). En har derfor også lagt til grunn at oksygenforholdene i bunnvannet vil være relativt gode i fremtiden og ikke til vesentlig hinder for etablering av eventuelle bioturbatorer i overdekkingsmaterialet.

2. Metode

2.1 Gjennomgang av bløtbunnsdata fra Oslofjorden

Informasjon om potensielle bioturbatorers utbredelse i Oslofjorden er hovedsakelig hentet fra NIVAs database for marine invertebrater (bløtbunnsfauna). Basen inneholder faunadata og fysiske og kjemiske data (ikke miljøgifter) fra sedimentprøver som er samlet inn med grabb, bokscorer eller corer, samt data om prøvetakingen og om stasjonen. Resultater av beregninger som er utført på rådata (aggregerte data, indekser) ligger i basen og er knyttet til prøve eller stasjon. Basen inneholder faunadata fra 1974 og frem til i dag.

Utvalget bygger på data fra flere ulike programmer, blant annet prosjektet Indre Oslofjord (2009), overvåkingen av Ytre Oslofjord og Kystovervåkingen (Ytre Oslofjord og Skagerrak). I Bekkelagsbassenget finnes kun data fra en stasjon på 54 meters dyp. I tillegg er det trukket ut stasjoner på 30-100 meters dyp fra Vestfjorden, Lysakerfjorden og Bunnefjorden, samt noen stasjoner vest for Bekkelagsbassenget. Alle disse stasjonene ble prøvetatt i 1993 og 2009.

Stasjonene i Ytre Oslofjord og Skagerrak strekker seg fra rett utenfor Drøbakerskelen og sørover i fjorden til Skagerrakskysten utenfor Arendal. Flere av disse stasjonene er prøvetatt over lengre tidsperioder, enkelte årlig siden 1990. Enkelte arter funnet på disse stasjonene anses som potensielle bioturbatorer i deponiet på lengre sikt, selv om de per i dag ikke er observert i Indre Oslofjord.

2.2 Bioturbatorbiologi

Den geologiske historien viser at en i lange perioder før Prekambrium ikke hadde noen bioturbasjon i det marine miljø. Dette førte til at store mengder sediment og organisk materiale akkumulerte i tynne urørte lag på bunn som under høyt trykk og over lang tid tilslutt ble omdannet til olje og gass.

Den første dokumenterte studien på effekter av bioturbasjon ble utført av Charles Darwin ("*The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habitats*") der han over en periode på 40 år undersøkte meitemarks adferd og økologi. Hovedobservasjonen var at kalkstein plassert på grenseflaten mellom jord og luft etter hvert vil bli tildekket av jord pga. meitemarkens "pløying" og transport av jord som deponeres oppå bakken.

Konklusjonen var som i flere av hans andre verk at selv liten biologisk aktivitet/forandring over lang tid kan gi overraskende konsekvenser. Den samme prosessen som Darwin observerte på land skjer når infauna i det marine miljø transporterer sedimenter til fødehauger på overflaten (**Figur 2**).

Bunnsedimenter er ofte et habitat med en meget artsrik fauna. Noen arter lever på sedimentoverflaten (epifauna) og andre nede i sedimentene (infauna). Dyrene har stor forskjell i utseende (morfologi) og aktivitet på grunn av evolusjonære begrensninger og muligheter.

3. Resultater

3.1 Arter i Oslofjorden

3.1.1 Bekkelagsbassenget og nærliggende områder

Bunnfaunaen i Bekkelagsbassenget var tidligere meget artsfattig, tilnærmet abiotisk, på grunn av de dårlige oksygenforholdene i dypvannet. I 1993 ble det kun funnet én art på stasjonen. Det har imidlertid skjedd en klar forbedring av oksygenforholdene etter at Bekkelagsbassens nye renseanlegg tok i bruk utslippet på ca. 50 meters dyp høsten 2001 (Berge et al., 2010), og dette har hatt en positiv effekt på bunnfaunaen slik at det i 2009 ble funnet 37 arter på den samme stasjonen.

Bunnfaunaen i Bekkelagsbassenget er fortsatt preget av små opportunistiske arter, og ingen store bioturberende arter er observert. De dominerende artene er børstemarkene *Pseudopolydora* (tetthet >9000 individer/m²) og *Heteromastus filiformis* (3000 individer/m²). Det er imidlertid også funnet noen bioturberende arter; muslingen *Thyasira sarsi* og børstemarkene *Polyphysia crassa* og *Scalibregma inflatum*. *T. sarsi* ble funnet i relativt store antall, >1600/m², mens børstemarkene kun opptrådte i små antall.

Området vest for Bekkelagsbassenget er også i stor grad preget av de små opportunistiske børstemarkene *Pseudopolydora* (fra 4000 til over 9000 individer/m²) og *Heteromastus filiformis* (>1000 individer/m²). Av bioturberende arter finner man også her muslingen *Thyasira* (600-700 individer/m²) og børstemarkene *Polyphysia crassa* og *Scalibregma inflatum*. I tillegg er det funnet gravende pigghuder som *Brissopsis lyrifera* (lyresjømus) og *Leptosynapta* (sjøpølse).

For fullstendig artsliste for Bekkelagsbassenget og de nærliggende områdene, se Vedleggstabell 1.

3.1.2 Bunnefjorden

Bunnfaunaen i 39-66 m dyp i Bunnefjorden skiller seg ikke vesentlig fra de øvrige områdene i Indre Oslofjord (se 6.1 -6.3). Det er generelt funnet store antall individer av *Pseudopolydora* (>16 000 individer/m² på en stasjon). Av de bioturberende artene finner man igjen *Polyphysia crassa* og *Scalibregma inflatum*, førstnevnte opp mot 250 individer/m², samt *Heteromastus filiformis*. *Thyasira* finnes i antall opp mot >1300 individer/m². De gravende pigghudene *Brissopsis lyrifera* og *Leptosynapta* er også funnet i Bunnefjorden.

Denne stasjonen har noe grovere sediment enn Bekkelagsbassenget (se Vedleggstabell 4). For fullstendig artsliste for Bunnefjorden, se Vedleggstabell 2.

3.1.3 Vestfjorden

I områdene lengst nord i Vestfjorden (f.eks. Lysakerfjorden) ble det funnet store mengder *Pseudopolydora* (>7000 individer/m²). Også *Heteromastus filiformis* er meget tallrik ved enkelte stasjoner. Flere av de bioturberende artene finnes i relativt høye antall ved enkelte lokaliteter i Vestfjorden, deriblant både *Polyphysia crassa* og *Scalibregma inflatum*. *P. crassa* er for eksempel funnet i tettheter opp mot 1500 individer/m². Også flere arter av den gravende muslingen *Thyasira* finnes i høye antall, >1000 individer/m². Det er i tillegg funnet individer av de bioturberende børstemarkene *Nephtys ciliata*, *Nereis* og *Scoloplos armiger*. Av de bioturberende pigghuder er det funnet *Echinocardium cordatum* (sandsjømus/vanlig sjømus) og sjøpølsen *Leptosynapta*.

For fullstendig artsliste for Vestfjorden, se Vedleggstabell 3.

3.2 Arter fra andre områder som kan tenkes å opptre i Bekkelagsbassenget i fremtiden

Større, gravende krepsdyr er det funnet lite av i Indre Oslofjord. Unntaket er langhalekrepsen *Upogebia deltaura* som er funnet i Bjørvika på 10 m dyp og ved Hovedøya havn på 8-12 m. Denne arten er hyppigst funnet ned til 70 meters dyp (Christiansen 2000), men finnes trolig også dypere. Det kan ikke utelukkes at denne arten vil kunne etablere seg i deponiet ved Malmøykalven (60-66m).

Også andre større krepsdyr lager ganger i sedimentet. Eksempler på dette er krepsdyr som *Calocaris*, som er funnet rett utenfor Drøbaksterskelen og på flere andre lokaliteter i Ytre Oslofjord og Skagerrak, og *Callianassa* som er funnet i Ytre Oslofjord og Skagerrak, sjøkreps (*Nephrops*) som finnes i ytre Oslofjord og krabben *Goneplax*. Vi vurderer det, imidlertid, som lite sannsynlig at dette er arter som vil etablere seg i Bekkelagsbassenget.

3.3 Enkeltartenes biologi

Kunnskapene om hvordan den enkelte art påvirker vertikal transport av sedimenter og porevann er generelt svært begrenset. Kvantitative data er usikre og finnes bare for noen få av de mest studerte artene.

3.3.1 Børstemark

Polyphysia crassa (familie Scalibregmatidae)

Kroppen er kort og tykk, pølseformet. Lengden er 40 mm i sammentrukket form, men kroppen er svært fleksibel og kan bli opptil 80 mm i utstrakt lengde. Arten lever hovedsakelig i mudderbunn og finkornet sediment, men forekommer også i blandet bunn, fra 30-2000 m dyp (Kirkegaard, 1996b). *P. crassa* har en vid utbredelse, og er funnet i store deler av Nordøstatlanteren, i tillegg til bl.a. Arktis og Middelhavet. Den er relativt vanlig i hele Oslofjorden og kan opptre i høye antall på enkelte lokaliteter, eksempelvis er det funnet over 1400 individer per 1 m² i Vestfjorden (vedlegg).

Arten lever gjerne i sediment med lavt oksygeninnhold og med relativt mye organisk materiale. Den graver u-formede ganger som pga dyras pumpebevegelser irrigeres med bunnvann og øker utveksling av kjemiske forbindelser med porevannet. Den tilbringer det meste av livet under sedimentoverflaten, og livnærer seg av detritus ved å spise sediment fra bunnens overflate (Hunter et al., 1983, Hunter og Elder, 1989, Kirkegaard, 1996b). *P. crassa* kan grave seg ned til 30-60 cm under sedimentoverflaten, men maximumsdybden vil avhenge av sedimentets sammensetning (Fauchald og Jumars, 1979).

Scalibregma inflatum (familie Scalibregmatidae)

Scalibregma inflatum er nært beslektet med *P. crassa*. Kroppen er ca. 50 mm lang, men kan bli opptil 100 mm og består av en bred, tykk forkropp og en lang slank bakkropp. I likhet med *P. crassa* holder den mest til i mudderbunn og finkornet sediment, men også i blandet bunn og mellom stein og skjell, fra 30-4000m dyp (Kirkegaard, 1996b). Arten har en kosmopolitisk utbredelse og finnes i alle havområder fra Arktis til Antarktis, langs Nordatlanterens kyster fra Island til Middelhavet, og i det Indiske hav og Stillehavet. Den er vanlig å finne i både indre og ytre deler av Oslofjorden, men ikke i like høye antall som *P. crassa*.

S. inflatum er en aktiv graver (**Figur 2**) og lever av å spise detritus i sedimentet. Den graver uregelmessige ganger ned til 30-60 cm dyp og bruker gangene til å forflytte seg rundt i sedimentet (Dorgan et al., 2006, Rouse og Pleijel, 2001). Gangenes maksimumsdybde er avhengig av sedimentets sammensetning (Fauchald og Jumars, 1979). Materiale fra overflaten transporteres raskt nedover i sedimentet; Blair et al., 1996, viste at *S. inflatum* kan transportere algemateriale fra overflaten og ned til 4-5 cm dyp i løpet av 1 ½ dag. Arten pumper store mengder vann ned i gangsystemet og sørger således for å tilføre oksygen til de dypere sedimentlagene. Eksperimenter med luminoforer har vist at *S. inflatum* ikke bare transporterer materiale nedover i sedimentet, men også motsatt vei fra de dypere lagene til overflaten (Gilbert et al., 2007).

Nephtys (familie Nephtyidae)

Dette er en relativt vanlig slekt, hvorav flere arter lever i Indre Oslofjord. *Nephtys ciliata* er et svært mobilt, gravende rovdyr og kan bli opptil 30 cm lange. Den lever nedgravd i sand, blandet bunn og i mudderbunn fra 5-1000 m dyp (Kirkegaard, 1996a). *N. ciliata* lager store og komplekse nettverk av tunneler i sedimentet (**Figur 3**), i tillegg til å opprettholde gamle tunneler. Den kan vrenge ut svelget og stikke det inn i sedimentet og midlertidig ”fortynne” sedimentet slik at de lettere kan bevege seg gjennom det. *N. ciliata* er en vanlig bioturbator i sublittorale, sandige sedimenter (Dashtgard et al., 2008).

Nephtys incisa er en annen vanlig *Nephtys*-art. Den kan bli opptil 15 cm lang og holder mest til i mudderbunn, men kan også finnes i fin sand (Kirkegaard, 1996a). Generelt graver denne arten aktivt i de øvre 10 cm av sedimentet (**Figur 3**), men det er vist at den kan grave dypere ved godt homogenisert sediment. Gangene som graves er ikke permanente, og etter at *N. incisa* har forlatt gangene fylles de av sediment eller organisk materiale, eller de overtas av andre arter (Michaud et al., 2010).

Scoloplos armiger (familie Orbiniidae)

Kroppen er lang og tynn og kan bli opptil 120 mm lang. Den er ikke av de vanligste artene i Oslofjorden, men er funnet ved enkelte stasjoner i Vestfjorden. Generelt har den en kosmopolittisk utbredelse og forekommer både i Atlanterhavet, Stillehavet, Det indiske hav, Arktis og Antarktis, fra 0-2000 m dyp (Kirkegaard, 1996b).

S. armiger lever både i sand, blandet bunn og fin mudderbunn. Den lever alltid nedgravd og lager lange, ikke-permanente ganger som den støtter med slim. De finnes som regel i de øverste 10-15 cm av sedimentet (Kirkegaard, 1996b).



Figur 2. En Scalibergma (børstemark) har etter fire uker i akvariet ($B=150$, $H=300$ og $W=12$ mm) laget ganger ned til ca 15cm (Foto:Karl Norling).

Heteromastus filiformis (familie Capitellidae)

H. filiformis har en lang og svært tynn kropp, opptil 180 mm i lengde. Arten er meget vanlig i Oslofjorden, og kan forekomme i svært høye tettheter, for eksempel i Bekkelagsbassenget hvor det ble registrert over 3000 individer per 1 m². Globalt har den en vid utbredelse og finnes både i Atlanterhavet og Stillehavet, fra 0 til 3000 m dyp (Kirkegaard, 1996b).

H. filiformis lever i sand med mudder og er meget tolerant overfor både forurensing og lav saltholdighet. De lever i forgrenede ganger støttet av slim som kan nå ned til 20-30 cm dyp (Kirkegaard, 1996b, Cadée, 1979). En populasjon på 500 individer/m² kan bringe 100 mL sediment til overflaten om dagen, noe som tilsvarer et ca 4 cm tykt sedimentlag i løpet av ett år (Cadée, 1979), som er mye sammenlignet med en normal årlig sediment-tilvekst på noen få mm pr år.

Capitella capitata er en opportunistisk art som er tilpasset å overleve under dårlige forhold og opptrer ofte i store tettheter områder med mye organisk materiale og relativt dårlige oksygenforhold. Arten er ikke noen typisk bioturbator, men kan trolig i område med stor tetthet ha en viss effekt i den øverste delen av sedimentet eller i lag med opplagret organisk material.

Nereis/Hediste (familie Nereididae)

Enkeltindivider av *Nereis* (*Hediste*) er funnet i Oslofjorden (for eksempel Vestfjorden), men aldri i høye tettheter. Nereidene er 60-120mm lang, med typisk ormeligende kropp. Arter som er registrert i Indre Oslofjord er *Hediste diversicolor* (tidligere *Nereis diversicolor*) og *Eunereis longissima* (tidligere *Nereis longissima*). Begge artene har en vid utbredelse i Atlanterhavet, men mens *E. longissima* lever på dyp fra 50-2000 m, lever *H. diversicolor* kun ned til 50 m dyp (Kirkegaard, 1996a).

Hediste diversicolor (tidligere *Nereis diversicolor*) lever nedgravd i semi-permanente gangsystemer, vanligvis nær sedimentets overflate, men kan finnes helt ned til ned til ca 30 cm dyp (Davey 1994). Gravedypet er en funksjon av kroppsstørrelse; større dyr graver generelt dypere, selv om også det motsatte er observert. I tillegg graves det gjerne dypere i sand enn i mudderbunn (Esselink og Zwarts, 1989).

Nereis virens er ikke like vanlig men kan bli opp til 400mm og har stor potensial for at grave ganger >50cm ned i bløtbunns sediment.



Figur 3. En *Nephtys* (borstemark) har etter fire uker i akvariet ($B=150$, $H=300$ og $W=12$ mm) som begrenser dess adferd til 2 dimensjoner laget flere horisontale ganger ned til ca 10c (Foto:Karl Norling).

Lagis/Pectinaria (Familie Pectinariidae)

Flere arter tilhørende denne slekten er relativt vanlige i Oslofjorden, både indre og ytre deler; *Lagis* (*Pectinaria*) *koreni*, *Pectinaria auricoma* og *Pectinaria belgica*. *Lagis* (*Pectinaria*) *koreni* og *Pectinaria auricoma* blir opptil 50 mm lang, mens *Pectinaria belgica* (mindre vanlig enn de to andre) blir opptil 90 mm lang (Kirkegaard, 1996b). Alle har en kort, konisk kroppsform. Artene har en vid utbredelse i hele Atlanterhavet, fra Barentshavet til Elfenbenskysten, samt Canada og Middelhavet.

Lagis/Pectinaria lever i rør som er bygget av sandkorn, og finnes både i mudderbunn og i fin til grov sand. Den graver med hodet nedover i sedimentets overflatelag ved hjelp av spesielle grave-børster (paleer) til den er fullstendig dekket, eller med bakre enden av røret stikkende opp (Rouse og Pleijel, 2001). Årlig kan *Pectinaria* (*californiensis*) bioturbere 8,6 kg sediment (tørrvekt) per 1 m² Nichols, 1974). Men Whitlatch, 1974, viste (for den mer sørlig utbredte slektningen *P. gouldii*) at arten ikke graver så mye dypere i sedimentet enn sin egen kroppslengde, dvs. for Oslofjorden vil maksimale gravedyp være ca. 5 cm (9 cm for *P. belgica*).

3.3.2 Krepsdyr

Flere krepsdyp lager ganger i mudder og fine sedimenter. Fem arter av Thalassinidea finnes langs den Norske kysten (*Calocaris macandreae*, *Calocarides cornatus*, *Upogebia deltaura* og *U. stellata*, *Callianassa subterranea* (Christiansen 2000). Noen arter tifotkreps lever og kan dominere tidevannsonen på enkelte steder (*Callianassa* og *Upogebia*) men de er mer vanlig på dypere vann. Antall funn av artene har økt de siste 20 årene, men det finnes stor usikkerhet fordi flere av disse artene normalt lever under det sedimentdyp som blir innsamlet med standard prøvetakingsutstyr (grabb).

Blind Mudderreke *Calocaris macandreae* ("burying shrimp") kan bli ca 50-80 mm lang og har to kraftige klør på første bein par som den bruker til å spise, grave og til forsvar. Den lever som navnet antyder på bløtbunn, men forekommer også på blandet bunn på dyp fra 15-1400m dyp og er vanlig i mudder fra Skandinavia til Afrika. Graveaktiviteten til *C. macandreae* har blitt beskrevet i en rekke studier og det er observert at den kan grave flere meter ned i bunnen (Ref). Eksperimenter har vist at *Calocaris macandreae* transporterer store mengder materiale oppover fra de dypere lagene til overflaten når den bygger sine komplekse gangsystemer (Nash et al. 1984, Norling 2007, Pinn & Atkinson 2010), se Figur 4.

Upogebia deltaura kan bli ca 150mm men normalt 80mm i lengde. Lever ned till 190 m, men er vanligere grunnere enn 70m. Det første beinparet har kraftige sakser som den bruker til å transportere sedimenter fra ganger den lager i substratet. *Upogebia deltaura* er vidt utbredt og finnes fra svenske vestkysten til Sognefjorden, Den har en stor potensial for å grave dype gangsystemer. Slektning *Upogebia major* kan grave over 200cm ned i sediment (Kinoshita 2002). *Upogebia stellata* er en mindre form som blir ca 50mm med lik økologi, men grunnere utbredelse til ca 40m dyp.

Callianassa subterranea spiser sediment og lever av organisk materiale og mikroorganismer som finnes på partiklene (Stamhuis et al. 1998). Larvestadier av *C. subterranea* har blitt registrert i Oslofjorden, men den unngår ofte prøvetaking fordi den lever dypt ned i sedimenter. Vanddyp 5-100m.

Sjøkreps *Nephrops norvegicus* kan bli ca 150 mm med enkelte hanndyr (250mm) og hundyr (200mm). Denne arten bruker sine to store klør til å spise, forsvare seg og grave seg ned i bunnen. Sjøkreps lever på bløtbunn med leire eller sandig mudder fra Kattegatt til Nord-Norge mellom ca 20 og 800m (Moen

& Svendsen 2009). Den graver ganger der den ligger beskyttet på dagtid og søker primært mat om natten. Sjøkrebs kan ha en tetthet på ett halvt gravsystem per kvadratmeter og kan ha en stor effekt på blandingen av sediment i ulike dyp (Nash 1984).



Figur 4. Blind Mudderreke *Calocaris macandreae* har etter to uker i akvariet ($B=150$, $H=300$ og $W=24$ mm som begrenser dens adferd til 2 dimensjoner) laget et svært komplekst gangsystem (Foto:Karl Norling).

3.3.3 Pigghuder

Det finnes 7 arter av irregulære sjøpiggsvin (Spatangoida) og *Echinocardium cordatum* er den vanligste i slekten. *Echinocardium*, kan bli opp til 90mm og finnes ned til 250 m langs hele Norges kyst. *E. cordatum* graver ned til 10-15 cm dyp i ren sand og noe grunnere (5-10cm) i leire (Forster-Smith, 1978).

Slangestjernene (Ophiuroidea) *Amphiura filiformis* og *A. chiajei* kan være dominant i fjordsedimenter og skape fullstendig blanding og oksygenering av overflate sedimentet ned til 3-8 cm (Rosenberg et al. 1987).

3.3.4 Andre

Cerianthus lloydi finnes fra svenskegrensen til Troms mellom 2-100m på vanlig bløtbunn. Den kan bli over 200mm i lengde og lager omtrent tilsvarende lange sylindformede rør i sedimentet. Arten er observert i Bekkelagsbassenget.

Pachycerianthus multiplicatus finnes i Kattegatt, Skagerrak til midt-Norge mellom 15-200m på vanlig bløtbunn. Total lengde med den gravende foten kan bli over 300mm (skaftets diameter kan bli 50mm) og grave ned stor del av totallengden i sedimentet.

Skjell (Bivalvia) av slekten *Thyasira* lever i mudder og sandblandet mudder fra ca 20 m dyp. Arter av slekten er blant de vanligste molluskene i Oslofjorden. *T. flexuosa* og *T. sarsi* graver seg ned til ca 8 cm i sedimentet, men i tillegg bruker de sin marklignende fot til at skape kanaler dypere ned i sedimenter til ca 20 cm (**Figur 5**). Denne gruppe muslinger skaper ikke så stor sedimentomrøring, men de pumper vann fra overflaten til gropen og ut i kanalene (Dauer and Southward 1986, Dufour and Felbeck 2003).



Figur 5. Tre individer av *Thyasira sarsii* har etter fire uker i akvariet ($B=150$, $H=300$ og $W=12$ mm) laget kanaler med sin fot ned til ca 18cm. *Thyasira* er trolig viktigere for bioirrigation enn for sedimentmiksning (Foto:Karl Norling).

4. Diskusjon og konklusjoner

4.1 Diskusjon

Overdekkingsmaterialet skal fungere som en barriere slik at de deponerte miljøgiftene blir værende i det forurensete sedimentet og ikke transporteres opp i de overliggende vannmasser. En ønsker også i størst mulig grad å isolere de forurensete massene fra dyr som lever i sedimentet. Det er to hovedgrunner til dette. Den ene er at forurensete bunndyr kan bidra til å spre miljøgifter i fjordsystemet når disse eventuelt blir spist av andre mer mobile organismer. Det andre er at dyrenes aktivitet ved bioturbasjon kan ødelegge den barrieren som overdekkingsmaterialet representerer og dermed bidra til spredning av miljøgiftene.

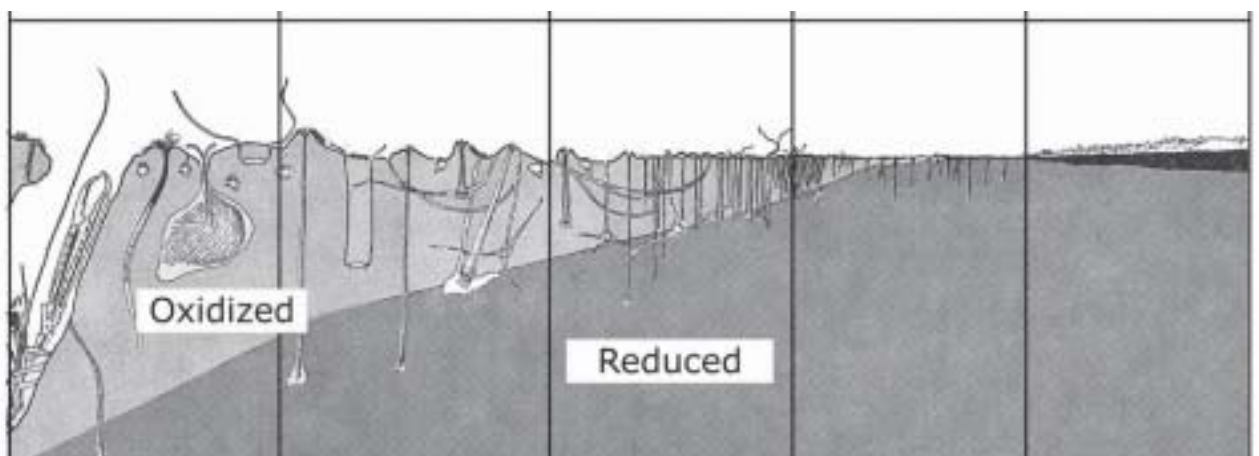
Sedimentasjon er en prosess som potensielt bidrar til øke tykkelsen på barrieren som skiller de forurensete massene fra bunnvannet. I Indre Oslofjord er sedimentasjonsraten i størrelsesorden 2-4 mm/år (beregnet på grunnlag av daterte kjerner, Dolve og Alve 2010, Alve, Helland og Magnusson 2009). Forutsatt at det sedimenterende materialet inneholder lite miljøgifter vil en derfor over tid få en naturlig tildekking av eventuell forurenset bunn. At slike prosesser er viktige i Indre Oslofjord viser undersøkelser fra blant annet Bunnefjorden og Bærumsbassenget som begge viser at konsentrasjonen av miljøgifter har blitt redusert de senere årene (Berge et al. 2008, Berge et al. 2009) selv uten tiltak på bunnen. Denne type prosess vil også gjøre seg gjeldende i deponiområdet og bidrar til en kontinuerlig forsterking av barrieren.

Bløtbunnsfaunaen i Indre Oslofjord er i betydelig grad preget av mindre organismer som lever nær overflaten og som bygger rør på og nær sedimentets overflate. Slike organismer (eksempelvis *Pseudopolydora*, se **Figur 6**) som opptrer i stor tetthet i Bekkelagsbassenget (ca 5000-10000/m²) vil således bidra til å øke akkumulasjonen av materiale på sedimentoverflaten gjennom biodeposisjon, samt å stabilisere den øverste delen av overdekkingsmaterialet ved byggingen av rør og slimdannelse.



Figur 6. SPI-bilde av bunnen i Bekklagsbassenget. Bilde viser stor tetthet av rørbyggende børstemark (trolig *Pseudopolydora* sp.) (Foto:NIVA).

Pearson og Rosenbergs (1978) suksesjonsmodell (**Figur 7**) viser at en under dårlige miljøforhold (lite oksygen) så vil bunnsfaunaen være preget av små individer som lever nær sediment overflaten. Ved bedre forhold øker størrelsen på bunndyrene og de graver dypere. Overdekning med sand med lavt innhold av organisk materiale kan på kort sikt bidra til at oksygenforholdene bedres noe i dypvannet slik at en får inn et større innslag av større gravende former, dvs. et bunndyrsamfunn som er mindre preget av den eutrofisituasjonen en har i fjordområdet. I så tilfelle vil dominansen av mindre rørbyggende former kunne bli redusert.



Figur 7. Suksesjon av fauna langs en gradient av økt forstyrrelse. Høyre: sterkt forstyrret (lavt oksygen). Venstre: Uforstyrret (rikelig med oksygen)(Pearson & Rosenberg 1978).

Hoveddelen av de bunndyrene som er observert i Indre Oslofjord både i og utenfor Bekkelagsbassenget er små former som ikke utgjør en stor risiko med hensyn til å kunne redusere effekten av dekklaget på deponiet i Malmøykalven. En skal imidlertid være klar over at de bunndyrundersøkelsene som er gjort i overvåkingsammenheng er tatt med grabb. Dette er et redskap som normalt kun tar organismer ned til ca 10-20 cm under sedimentoverflaten. Det kan derfor tenkes at dataene en sitter inne med underestimerer forekomsten av eventuelle former som lever og bioturberer dypere enn ca 10-20 cm. Eksempelvis er det vist at det gravende krepsdyret *Upogebia deltaura*, som er funnet i Oslofjorden, har gangsystemer som strekker seg minst 65 cm ned i sedimentet (Tunberg, 1986). På den annen side skulle en tro at unge individer som ikke graver så dypt ville ha blitt fanget opp.

Spisshalet kutling (*Lesueurigobius friesii*) opptrer på sand- eller mudderbunn. Fisken graver huler i mudderet på bunn (5-10 cm ned i sedimentet) som den bruker som skjulested. Spisshalet kutling er derfor en fiskeart som potensielt kunne ha bidratt til å bioturbere den øverste delen av sedimentet i Bekkelagsbassenget. Arten finnes i regionen (Skagerak), men vi har ingen sikre opplysninger om forekomst av denne arten i Bekkelagsbassenget. Mest sannsynlig utgjør denne arten og heller ikke andre fiskearter noen trussel mot en effektiv isolering av de forurensede massene som er lagret i deponiet ved Malmøykalven.

Selv om en bioturbator som *Heteromastus* ikke enkeltvis utgjør noen stor trussel mot en effektiv isolering av de forurensede massene så kan de opptre i svært stor tetthet i Bekkelagsbassenget (ca 1000-3000/m²). Enkelte individer av opportunistiske arter kan også grave relativt dypt (**Figur 8**). Til sammen kan derfor *Heteromastus* og andre mer opportunistiske arter føre til en omrøring av sedimentet. Fra tidevannssonen er det vist at med en tetthet på 500/m² kan *Heteromastus* bidra med å transportere sediment fra dypereliggende lag (ca 10-20 cm) til overflaten tilsvarende en sedimentfylde på 4 cm pr år og ved høyere tetthet tilsvarende mer (Cadée, 1979). Siden denne arten normalt ikke graver så dypt som 40 cm og trolig heller ikke foretrekker det sandige overdekkingsmaterialet anser vi det for lite sannsynlig at denne bioturbatoren utgjør noen stor trussel.



Figur 8. SPI-bilde fra 2006 i Bekklagsbassenget. Bilder viser oppertunistisk fauna (trolig børsemark) som graver dypt (ca 25 cm ned i sedimentet) (se nederst til venstre) (Foto:NIVA).

En må også ta hensyn til tidsaspektet. Selv en bioturbator som opptrer i et lite antall vil over tid kunne bioturbere substratet betydelig. Studier tyder på at det dybdeskiktet av sedimentet hvor den dominerende mengden biomasse og dermed også bioturbasjon forekommer varierer mye fra ca 2-30 cm med et middel på ca 10 cm og et standardavvik på 4,5 cm. Dersom oksygenforholdene i deponiområdet holder seg over 0,5 -1 ml/L, dvs. levelige forhold for bunnfauna, vil en i løpet av noen år kunne få en tilnærmet fullstendig omrøring av overdekkingsmaterialet i de øverste anslagsvis 10-15/20 cm av sedimentet, men neppe i særlig grad ned til dyp tilsvarende tykkelsen på overdekkingsmaterialet.

Selv om noen arter vil kunne grave dypere enn 40 cm og den øverste delen av barrieren (anslagsvis 0-20 cm) kan påvirkes betydelig av den samlede effekten av bioturbatorer som er identifisert i Indre Oslofjord og som vil kunne opptre i overdekkingsmaterialet i deponiområdet er det lite trolig at bioturbasjon utgjør noen stor trussel mot den dypere delen av barrieren (anslagsvis 20-40 cm). Bioturbasjon vil derfor trolig ikke i særlig grad ødelegge effekten av barrieren mellom de forurensede massene og det overliggende vann.

Usikkerheter

Dekkmassene inneholder lite organisk karbon og er derfor i utgangspunktet lite attraktivt for organismer som ernærer seg på organisk karbon fra sedimentet, men kan likevel være attraktivt for organismer som tar sin næring fra vannmassene eller fra nysedimentert naturlig materiale.

Enkelte opportunistiske arter av typen ”sub surface deposit feeders” vil kunne grave unormalt dyp for å dra nytte av det organiske karbonet som måtte finnes i de deponerte forurensede massene, men det er lite trolig at dette vil kunne medføre betydelige transport av forurenset sediment opp i dekklaget og eventuelt til sedimentoverflaten

Det kan heller ikke utelukkes at store dyptgravende bioturberende krepsdyr som *Nephrops*, *Calocaris*, *Callianassa* og *Upogebia* eventuelt andre vil opptre i deponiområdet i fremtiden. Skulle slike opptre vil også forurenset sediment kunne bli blandet inn i dekklaget og eventuelt til sedimentoverflaten, men sannsynligheten for at dette vil medføre betydelig utlekking fra deponiet anses som relativt liten. Utviklingen bør overvåkes dersom disse artene etablerer seg i deponiet .

Selv om noe forurenset sediment skulle blandes opp i dekklaget vil overflatesedimentene etter hvert bestå av en blanding av overdekkingsmateriale, nysedimentert materiale, samt forurensede masser. For en hypotetisk forurensningskomponent kaller vi konsentrasjonene i overdekkingsmateriale, nysedimentert materiale, samt forurensede masser for henholdsvis O, N og F. Konsentrasjonen i topplaget C vil til enhver tid være en blanding av O, N og F.

Selv i en slik situasjon vil imidlertid miljøgiftkonsentrasjonene i gjennomsnitt være langt lavere enn i de deponerte massene (F mg/kg). Mengdeforholdene dem imellom og dermed også miljøgiftkonsentrasjonen i overflatesedimentet vil avhengig hvor langt frem i tid en tenker seg. På kort sikt (<1 år) vil C = O, dvs. lav (O mg/kg). På lang sikt (20-50 år) vil C nærme seg N (N mg/kg) og topplaget i sedimentene utenfor deponiområdet. På mellomlang sikt (anslagsvis 1-20 år) vil C være et sted mellom O og N dersom barrieren holdes. Dersom barrieren brytes og forurenset materiale når overflaten vil C kunne bli større enn N, men alltid mindre enn F. Hvor stor C vil kunne bli beror på hvor stor bioturbasjonen er. Stor C innebærer samtidig at dekkmasser er blandet ned i det forurensete sedimentet slik at tykkelsen av barrieren (laget med blanding av dekkmasse, nysedimentert materiale og forurenset sediment) er øket mer enn tilveksten som følge av ny sedimentasjon. Vi antar at selv om bioturbasjonen blir stor så vil C være betydelig lavere enn F fordi bioturbasjonen samtidig med at den transporterer forurenset sediment opp mot overflaten bidrar til en sterk fortykning med overdekkingsmateriale og nysedimentert materiale.

4.2 Konklusjoner

- Overdekkingsmaterialet skal fungere som en barriere mellom de forurensede massene og det overliggende vann slik at de deponerte miljøgiftene blir værende og ikke transporteres opp i de overliggende vannmasser.
- Sedimentasjon er en prosess som potensielt bidrar til å øke tykkelsen på barrieren som skiller de forurensede massene fra bunnvannet. Denne type prosess vil også gjøre seg gjeldende i deponiområdet og bidra til en forsterking av barrieren.
- Bløtbunnsfaunaen i Indre Oslofjord er i betydelig grad preget av organismer som lever nær overflaten og som bygger rør. Slike organismer vil bidra til å stabilisere overdekkingsmaterialet.

- Hoveddelen av de bunndyrene som er observert i Indre Oslofjord er ikke store gravende former. En skal imidlertid være klar over at datagrunnlaget i hovedsak bygger på grabbprøver, som underestimerer forekomsten av eventuelle former som *Upogebia deltaura* som lever dypere og kan ha gangsystemer som strekker seg minst 65 cm ned i sedimentet.
- Fisk utgjør liten risiko mot en effektiv isolering av de forurensede massene som er lagret i deponiet ved Malmøykalven.
- Den bioturberende børstemarken *Heteromastus filiformis* opptrer med en betydelig tetthet i Bekkelagsbassenget. Siden denne arten ikke graver så dypt som 40 cm og trolig heller ikke foretrekker det sandige overdekkingsmaterialet antar vi at denne bioturbatoren ikke utgjør noen vesentlig risiko.
- Studier på verdensbasis tyder på at det dybdeskiktet av sedimentet hvor den dominerende mengden biomasse og dermed også bioturbasjon forekommer varierer mye, dvs. fra ca 2-30 cm med et middel på ca 10 cm og et standardavvik på 4,5 cm
- Vi antar at den øverste delen av barrieren (anslagsvis 0-15/20 cm) over tid kan påvirkes betydelig av den samlede effekten av de bioturbatorene som er identifisert i Indre Oslofjord og som trolig også vil opptre i overdekkingsmaterialet i deponiområdet. Vi tror imidlertid ikke at bioturbasjon utgjør noen stor trussel mot den dypere delen av barrieren (anslagsvis 20-40 cm) selv om enkelte arter vil kunne grave ned til minst 40 cm. Bioturbasjon vil derfor trolig ikke ødelegge effekten av barrieren mellom de forurensede massene og det overliggende vann i særlig grad.
- Det kan ikke utelukkes at store dyptgravende bioturberende krepsdyr som *Nephrops*, *Calocaris*, *Callianassa* og *Upogebia* eventuelt andre vil opptre i deponiområdet i fremtiden
- Det kan heller ikke utelukkes at opportunistiske arter kan komme til å grave unormalt dyp for å dra nytte av det organiske karbonet som måtte befinne seg der.
- Ved en eventuell opptreden av dyptgravende organismer vil overflatesedimentet etter hvert bestå av en blanding av overdekkingsmateriale, nysedimentert materiale, samt forurensede masser og gjennomsnitt konsentrasjonen for en gitt miljøgift i overflatesedimentet vil være betydelig lavere enn i de deponerte sedimentene.
- Dersom sterkt bioturberende arter skulle etablere seg i tildekkingslaget og gi en dokumentert økning av konsentrasjonen av miljøgifter i dekklaget er det relativt enkelt å forsterke dekklaget med ytterligere tilførsler av ren sand.
- Det anbefales at utviklingen av bunnfaunasamfunnet og konsentrasjonen i sedimentene i deponiområdet overvåkes inntil stabile samfunn er etablert.

5. Litteratur

- Aller, R.C., 1982. The Effects of Macrobenthos on Chemical Properties of Marine Sediment and Overlying Water. Chapter 2 (pp 53-102) in *Animal-Sediment Relations*, McCall and Tevesz (eds.), Plenum Publishing Corporation, 1982.
- Aller, R.C., 1983. The importance of the diffusive permeability of animal burrows linings in determining marine sediment chemistry. *J. Mar Res.* 41, 299-322.
- Alve, Elisabeth, Helland, A., Magnusson, J., 2009. Bærumsbassenget et naturlig anoksisk basseng. NIVA-rapport nr. 5735, 30s.
- Berge, J.A., Alve, Elisabeth og Helland, A. 2009. Miljøgifter i sediment fra en datert kjerne fra Bærumsbassenget. NIVA-rapport nr. 5825-2009, 39s.
- Berge, J.A., Magnusson, J., Schøyen, M., Skei, J. 2008. Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Bunnefjorden. NIVA-rapport nr.5583, 58 s.
- Berge, J.A. og Nilsson, H.C., 2010. Kartlegging av sjøbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i indre Oslofjord knyttet til mudring og tildekking i Oslo havn og dypvannsdeponering ved Malmøykalven – 2009. SFT/TA-2638/2010. NIVA rapport 5920-2010. 59s.
- Berge, J.A., Amundsen, R., Bjerkeng, B., Bjerknes, E., Espeland, S.H., Gittmark, J., Holt, T.F., Hylland, K., Imrik, C., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Nilsson, H.C., Rohrlack, T., Sørensen, K. og Walday, M., 2010. Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord 2009. NIVA-rapport nr. 5985, 145s.
- Boudreau, B.P., 1997. Mean mixed depth of sediments: The wherefore and the why. *Limnol. Oceanogr.*, 43(3), 524-526.
- Blair, N.E., Levin, L.A., De Master, D.J., Plaia, G. 1996. The shortterm fate of fresh algal carbon in continental slope sediments. *Limnol Oceanogr* 41, 1208-1219.
- Cadèe, G.C. 1979. Sediment reworking by the polychaete *Heteromastus filiformis* on a tidal flat in Dutch Wadden Sea. *Neth J Sea Res*, 13(3/4), 441-456.
- Christiansen M.E. 2000. On the occurrence of *Thalassinidea* (Decapoda) in Norwegian waters. *Journal of Crustacean Biology* 20, Special number 2:230-237
- Dashtgard, S.E., Gingras, M.K., Pemberton, S.G. 2008. Grain-size controls on the occurrence of bioturbation. *Palaeogeogr Palaeoclimatol* 57, 224-243.
- Dauer P.R. and Southward A.J. 1986 Chemoautotrophy in bivalve
- Dolve, J.K og Alve, E, 2010. ”Naturtilstanden ” i Indre Oslofjord: Sluttrapport 21. mai 2010.
- Dorgan, K.M., Jumars, P.A., Johnson, B.D., Boudreau, B.P. 2006. Macrofaunal burrowing: the medium is the message. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 44, 85-121.

- Dufour S.C., Felbeck H. 2003 Sulphide mining by the superextensile foot of symbiotic thysirid bivalves. *Nature* 426:65-67.
- Dworschak, P. C., 1983. The Biology of *Upogebia pusilla* (Petagna) (Decapoda, Thalassinidea) I. The Burrows. *Mar Ecol.* 4 (1), 19-43.
- Esselink, P., Zwarts, L. 1989. Seasonal trend in burrow depth and tidal variation in feeding activity of *Nereis diversicolor*. *Mar Ecol Prog Ser* 56, 243-254.
- Fauchald, K., Jumars, P.A. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 17, 193-284.
- Gilbert, F., Hulth, S., Grossi, V., Poggiale, J.C., Desrosiers, G., Rosenberg, R., Gérino, M., François-Carcaillet, F., Michaud, E., Stora, G. 2007. Sediment reworking by marine benthic species from the Gullmar Fjord (Western Sweden): Importance of faunal biovolume. *J Exp Mar Biol Ecol* 348, 133-144.
- Helland, A., Brinchmann, K. og T.Jahren. Overdekning av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Sluttrapport og vurdering av etterkontroll. Rambøll rapport M-RAP-001-1060036D, 27.05.2010, 33s + vedlegg.
- Hunter, R.D., Moss, V.A., Elder, H.Y. 1983. Image analysis of the burrowing mechanisms of *Polyphysia crassa* (Annelida: Polychaeta) and *Priapulidus caudatus* (Priapulida). *J Zool* 199, 305-323.
- Hunter, R.D., Elder, H.Y. 1989. Burrowing dynamics and energy cost of transport in the soft-bodied marine invertebrates *Polyphysia crassa* and *Priapulidus caudatus*. *J Zool* 218, 209-222.
- Kinoshita K. 2002. Burrow Structure of the Mud Shrimp *Upogebia major* (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae). *J Crustacean Biol* 22:474-480.
- Kirkegaard, J.B. 1996a. Danmarks fauna: Havbørsteorme I. Errantia. Dansk naturhistorisk forening, København.
- Kirkegaard, J.B. 1996b. Danmarks fauna: Havbørsteorme I. Sedentaria. Dansk naturhistorisk forening, København.
- Kristensen, E. og Hansen, K. 1999. Transport of carbon dioxide and ammonium in bioturbated (*Nereis diversicolor*) coastal, marine sediments. *Biogeochemistry*, 45:147-168.
- Michaud, E., Aller, R.C., Stora, G. 2010. Sedimentary organic matter distributions, burrowing activity, and biogeochemical cycling: Natural patterns and experimental artefacts. *Estuar Coast Shelf S* 90, 21-34.
- Nash R.D.M., Chapman C.J., Atkinson, R.J.A., Morgan P.J. 1984. Observations on the burrow behaviour of *Calocaris macandreae* (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Journal of Zoological Society of London*.
- NGI Ukerapporter, 2009. Produksjonskontroll av dekkmasser. 15 ukerapporter fra perioden 2.mars - 24.juni 2009. <http://www.renoslofjord.no>.
- Nichols, F.H. 1974. Sediment turnover by a deposit-feeding polychaete. *Limnol Oceanogr* 19, 945-950.

- 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
- Nilsson, H.C. og M. Schaanning, 2009. Undersøkelse av tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med Sedimentprofilkamera. NIVA rapport LNR 5775-2009. 17 s.
- 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
- Pearson T.H., and Rosenberg R. (1987) Feast and Famine: Structuring factors in marine benthic communities. In: Gee J.H.R. and Giller P.S. (eds) *Organization of communities, past and present. The 27th Symposium of The British Ecological Society Aberystwyth 1986*, Blackwell Scientific Publications, Oxford p 373-395.
- Pettersen, A. og E.Eek, 2010. Oslo Havn KF – Overvåking av forurensing ved mudring og deponering. Kontroll av tildekkingslagets tykkelse. Byggherres egenkontroll. NGI rapport 20051785-00-513-R, 26. februar 2010. 24 s + vedlegg.
- Rice, A. L. Johnstone, A. D. F., 1972. The Burrowing Behaviour of the Gobiid Fish *Lesueurigobius friesii* (Collett). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 30, 431-438.
- Rouse, G.W., Pleijel, F. 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press, London.
- Skei J 2002. Tildekking av forurensede sjøsedimenter. TA-1865. 63 s.
- Skei, J. og H.C.Nilsson, 2008. Kjemiske analyser av sedimentkjerner fra deponiområdet ved Malmøykalven og randområdene. NIVA rapport LNR 5614-2008, 39 s.
- Stamhuis, E.J., Dauwe, B., Videler, J.J. 1998. How to bite the dust: morphology, motion pattern and function of the feeding appendages of the deposit feeding thalassinid shrimp *Callinassa subterranean*. *Marine Biology* 132:43-58.
- Tunberg, B, 1986. Studies on the Population Ecology of *Upogebia deltaura* (Leach) (Crustacea, Thalassinidea), *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 22, 753-765.
- Whitlatch, R.B. 1974. Food-resource partitioning in the deposit feeding polychaete *Pectinaria gouldii*. *Biol Bull* 147: 227-235.

6. Vedlegg

6.1 Vedleggstabell 1: Bunnfauna i Bekkelagsbassenget og nærliggende områder

Fullstendig artsliste fra stasjon Bq41 i Bekkelagsbassenget og Bo21 og Bo41 vest for Bekkelagsbassenget. Antall individer av hver art er gitt i høyre kolonne under stasjonsnavnet, og er oppgitt per 0,4 m². Stasjonen er på 54 m dyp og faunadata er fra prøvetaking i 2009.

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bq41	Bo21	Bo41
ANTHOZOA		Anthozoa indet		2	
NEMERTINEA		Nemertinea indet	13	101	170
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp		4	3
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone sp	2	1	
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eulalia bilineata	1		
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce maculata	1		
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce sp	5	2	
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodocidae indet		1	
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Sige fusigera	1	1	1
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe minuta	28	22	46
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis sp		1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		9	17
POLYCHAETA	Hesionidae	Ophiodromus flexuosus		1	1
POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae indet		2	1
POLYCHAETA	Syllidae	Typosyllis cornuta		17	4
POLYCHAETA	Syllidae	Typosyllis variegata	4	11	8
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	14	7	17
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera sp		1	1
POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata		6	2
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp		3	
POLYCHAETA	Dorvilleidae	Dorvilleidae indet	1		
POLYCHAETA	Trochochaetidae	Trochochaeta multisetosa	3		
POLYCHAETA	Spionidae	Polydora caulleryi	29		
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	1	51	33
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	1	44	9
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio steenstrupi		2	
POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora sp	3700	3823	1870
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri	30	32	4
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus		4	4
POLYCHAETA	Ctenodrilidae	Raricirrus beryli	162		
POLYCHAETA	Cirratulidae	Aphelochaeta sp		1	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella sp			1
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	123	50	2
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet	98		
POLYCHAETA	Cossuridae	Cossura longocirrata		1	
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus		7	6

Vedleggstabell 1 (fortsettelse)

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bq41	Bo21	Bo41
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Flabelligeridae indet	1	5	1
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Polyphysia crassa	24	51	80
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	3	1	6
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina acuminata			4
POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata	2		
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	1193	697	534
POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis			2
POLYCHAETA	Capitellidae	Notomastus sp			1
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	3	4	3
POLYCHAETA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri	2	3	2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis		7	3
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata		3	
POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi	1		
POLYCHAETA	Ampharetidae	Sabellides octocirrata	1	2	3
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus cf. norvegicus			1
POLYCHAETA	Terebellidae	Scionella lornensis	2	10	15
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemi		11	7
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus		1	
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone sp	10	1	
POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet	1	9	3
OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet	2		
PROSOBRANCHIA	Hydrobiidae	Hydrobiidae indet			1
OPISTHOBANCHIA	Philineidae	Philine scabra			6
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet		7	9
BIVALVIA	Montacutidae	Tellimya ferruginosa		2	
BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis		3	3
BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa		5	
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. sarsi	651		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira flexuosa/sarsi/equalis		273	251
BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata		18	
BIVALVIA	Lasaeidae	Tellimya ferruginosa		2	
BIVALVIA	Lasaeidae	Tellimya tenella		2	
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	1		
BIVALVIA	Arcticidae	Arctica islandica		1	1
BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba		1	22
CUMACEA	Diastylidae	Diastylidae indet			2
CUMACEA	Diastylidae	Diastylis cornuta		1	2
CUMACEA	Diastylidae	Diastylis sp		2	2
CUMACEA	Diastylidae	Leptostylis sp		1	1
AMPHIPODA		Amphipoda indet		1	1
AMPHIPODA	Amphilochoidea	Amphilochoidea cf. pusillus		1	
AMPHIPODA	Melitidae	Cheirocratus sp		1	2
AMPHIPODA	Melitidae	Melitidae indet			1
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula		3	4
AMPHIPODA	Isaeidae	Gammaropsis cf. maculata	1		

Vedleggstabell 1 (fortsettelse)

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bq41	Bo21	Bo41
AMPHIPODA	Isaeidae	Gammaropsis cf. sophiae	1		
AMPHIPODA	Isaeidae	Gammaropsis sophiae			10
AMPHIPODA	Caprellidae	Caprella sp	1		
DECAPODA		Decapod juvenil			1
SIPUNCULIDA		Phascolion strombus		6	4
SIPUNCULIDA		Phascolionidae indet		3	
SIPUNCULIDA		Golfingia sp		2	13
SIPUNCULIDA		Sipunculida indet			8
ECHIUROIDEA		Echiuroidea indet		1	
PRIAPULIDA		Priapulus caudatus			1
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea indet		1	1
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura filiformis		1	
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp		1	
ECHINOIDEA	Fibulariidae	Echinocyamus pusillus		1	
ECHINOIDEA	Brissidae	Brissopsis lyrifera		2	2
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buski		5	1
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Leptosynapta sp		1	1
ASCIDIACEA		Ascidiacea indet		1	
VARIA		Varia indet			1
VARIA		Vermiformis indet			3

6.2 Vedleggstabell 2: Bunnfauna i Bunnefjorden

Fullstendig artsliste fra tre utvalgte stasjoner i Bunnefjorden. Antall individer av hver art er gitt i høyre kolonner under stasjonsnavnet, og er oppgitt per 0,4 m². Stasjonene er på henholdsvis 66 m, 41 m og 39 m dyp, og faunadata er fra prøvetaking i 2009.

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Cp22	Cq11	Cq21
ANTHOZOA		Anthozoa indet			1
ANTHOZOA	Cerianthidae	Cerianthus lloydi		1	12
ANTHOZOA	Edwardsiidae	Edwardsia sp			1
NEMERTINEA		Nemertinea indet	1	4	9
POLYCHAETA		Terebellomorpha indet			1
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp		2	13
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce groenlandica		1	1
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce maculata		1	1
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce rosea	2		
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe minuta	2	26	38
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata	3		1
POLYCHAETA	Hesionidae	Ophiodromus flexuosus		2	
POLYCHAETA	Syllidae	Typosyllis cornuta		7	5
POLYCHAETA	Syllidae	Typosyllis variegata		9	
POLYCHAETA	Nereidae	Nereidae indet		1	
POLYCHAETA	Sphaerodoridae	Sphaerodorum flavum			1
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	2	9	11
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera sp	3		
POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	1	3	15
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp			1
POLYCHAETA	Dorvilleidae	Protodorvillea kefersteini			1
POLYCHAETA	Trochochaetidae	Trochochaeta multisetosa		2	
POLYCHAETA	Spionidae	Polydora caulleryi	2	6	
POLYCHAETA	Spionidae	Polydora sp	1		
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	1		1
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax		3	1
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio sp		1	
POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora sp	538	4562	6640
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri	4	2	1
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus		1	5
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella sp		2	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	48	53	4
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet	1		2
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus		5	
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Flabelligeridae indet			1
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Pherusa cf. flabellata		1	
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Polyphysia crassa		92	69
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum		1	
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp		1	
POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata	10		

Vedleggstabell 2 (fortsettelse)

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Cp22	Cq11	Cq21
POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella sp	1		
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	66	14	1
POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis	32		1
POLYCHAETA	Maldanidae	Maldane sarsi			7
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata			8
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete sp			1
POLYCHAETA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri		2	5
POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis		1	7
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata			28
POLYCHAETA	Terebellidae	Eupolymnia cf. nebulosa			1
POLYCHAETA	Terebellidae	Eupolymnia cf. nesidensis			1
POLYCHAETA	Terebellidae	Scionella lornensis		3	8
POLYCHAETA	Trichobrachidae	Terebellides stroemi			1
POLYCHAETA	Sabellidae	Chone collaris		2	
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone sp	1	3	1
POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet		4	11
OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet		7	
PROSOBRANCHIA	Aporrhaidae	Aporrhais pespelecani		1	
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet			1
BIVALVIA		Bivalvia indet		1	
BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis			9
BIVALVIA	Mytilidae	Modiolus modiolus	1		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. sarsi	106	539	104
BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata	6	3	1
BIVALVIA	Lasaeidae	Tellimya ferruginosa		3	
BIVALVIA	Tellinidae	Macoma calcarea		21	20
BIVALVIA	Tellinidae	Macoma sp		2	
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida		1	
BIVALVIA	Myidae	Mya cf. arenaria		2	
BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba		1	
BIVALVIA	Hiatellidae	Hiatella arctica		1	
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea indet		1	2
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea indet		1	2
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei		1	
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp			12
ECHINOIDEA	Brissidae	Brissopsis lyrifera			1
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buski		4	10
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Leptosynapta sp		1	16

6.3 Vedleggstabell 3: Bunnfauna i Vestfjorden

Fullstendig artsliste fra seks utvalgte stasjoner i Vestfjorden (inkludert Lysakerfjorden). Antall individer av hver art er gitt i høyre kolonner under stasjonsnavnet, og er oppgitt per 0,4 m². Dypet på stasjonene er fra 31-100 m, og faunadata er fra prøvetaking i 2009.

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bm31	Bn11	Bn31	Cj31	Cl31	Dk21
ANTHOZOA	Cerianthidae	Cerianthus lloydi	7		2	1		
NEMERTINEA		Nemertinea indet	63	1	34	36	25	33
POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata	1			1		
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp			2	2	2	1
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Chaetoparia nilssoni						2
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone sp	2	1				
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce citrina		1				
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce maculata		1				
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce rosea		8	1			
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce sp					1	
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodocidae indet		4		1	2	5
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Sige fusigera		9		4		
POLYCHAETA	Tomopteridae	Tomopteris helgolandica					1	
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe minuta	7	13		8	9	1
POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis sp		2				
POLYCHAETA	Hesionidae	Hesionidae indet						2
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		26		5	2	
POLYCHAETA	Hesionidae	Ophiodromus flexuosus		1		2		
POLYCHAETA	Syllidae	Exogone sp				1	1	7
POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae indet		4				
POLYCHAETA	Syllidae	Typosyllis cornuta	4			3		3
POLYCHAETA	Syllidae	Typosyllis variegata	1	34		6		
POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni						1
POLYCHAETA	Nereidae	Nereis sp	1					
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys ciliata						1
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	8	16	4	16	12	8
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera sp		10				
POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	24	1	2	4	4	16
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cf. scopa						7
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris scopa						3
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp	4			35	2	2
POLYCHAETA	Dorvilleidae	Dorvilleidae indet			2			
POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos armiger	3					
POLYCHAETA	Paraonidae	Cirrophorus cf. lyra						4
POLYCHAETA	Trochochaetidae	Trochochaeta multisetosa					1	
POLYCHAETA	Spionidae	Polydora caulleryi		156	11		67	
POLYCHAETA	Spionidae	Polydora sp		100			2	
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	16	3	11	54	44	8
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio dubia				36		

Vedleggstabell 3 (fortsettelse)

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bm31	Bn11	Bn31	Cj31	Cl31	Dk21
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	61	3		20	3	5
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio ockelmanni			2			
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio sp		1				
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio steenstrupi	6			2		
POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora sp	21	2850	1120		2345	33
POLYCHAETA	Spionidae	Scolelepis foliosa						1
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri	2	4	70	21	34	626
POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	2		17	12		9
POLYCHAETA	Ctenodrillidae	Raricirrus beryli		147				
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulleriella sp	7			1		
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	56	147		20	64	16
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet	1	28			1	
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulus cirratus	6					
POLYCHAETA	Cossuridae	Cossura longocirrata	1		5			1
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Brada villosa			4		5	
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	5		1	4	7	7
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Flabelligeridae indet	1		3	2	2	5
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Polyphysia crassa	29		142	4	575	
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	8	1	35	1	95	
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina acuminata			2		1	
POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina cylindricaudata						1
POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata		125				
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	15	828	1	70		264
POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis		33	90			
POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni						12
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	7		3	3		
POLYCHAETA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri	2		2			3
POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis	13	2		4		8
POLYCHAETA	Ampharetidae	Eclysippe vanelli				1		
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cf. elizabethae				1		
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata			3	5		24
POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna elizabethae						14
POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi				1	1	9
POLYCHAETA	Ampharetidae	Sabellides octocirrata			16	5	2	12
POLYCHAETA	Ampharetidae	Sabellides sp						2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Sosanopsis wireni				1		8
POLYCHAETA	Terebellidae	Amaeana trilobata			4	14	5	1
POLYCHAETA	Terebellidae	Eupolymnia nebulosa	1					
POLYCHAETA	Terebellidae	Eupolymnia sp		1				
POLYCHAETA	Terebellidae	Pista cristata			1	1		2
POLYCHAETA	Terebellidae	Pista sp		1				3
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus cf. medusa					1	
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus norvegicus	2			2		
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus plumosus				7	6	
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus sp					1	
POLYCHAETA	Terebellidae	Scionella lornensis			44		15	3

Vedleggstabell 3 (fortsettelse)

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bm31	Bn11	Bn31	Cj31	Cl31	Dk21
POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma bairdi						3
POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma intestinalis			1			1
POLYCHAETA	Terebellidae	Terebellidae indet					2	
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemi	3		35	18	18	8
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus	1		1	16	1	16
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus sp					1	
POLYCHAETA	Sabellidae	Chone cf. collaris					1	
POLYCHAETA	Sabellidae	Chone collaris					3	
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone sp			4	2	7	13
POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet	4	3	20	9	15	49
OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet		81				
PROSOBRANCHIA	Turridae	Thesbia nana				1		
OPISTOBRANCHIA	Philinidae	Philine scabra			1		1	
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet			8	1		2
BIVALVIA		Bivalvia indet		9				1
BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis	17		1	43	4	27
BIVALVIA	Nuculanidae	Nuculana pernula	1					3
BIVALVIA	Mytilidae	Modiolus modiolus						1
BIVALVIA	Mytilidae	Mytilus edulis		1				
BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus						2
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis						40
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis/flexuosa				33		
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira flexuosa/sarsi	43	408	111		256	
BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata		66				
BIVALVIA	Astartidae	Astarte montagui				3		
BIVALVIA	Astartidae	Astarte sp				1		
BIVALVIA	Tellinidae	Macoma calcarea				1		
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	22					6
BIVALVIA	Arcticidae	Arctica islandica						1
BIVALVIA	Myidae	Mya sp	1					
BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba			10		20	
BIVALVIA	Hiatellidae	Hiatella arctica	1					
SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium entale						1
OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes cf. globosus				1		
OSTRACODA	Cypridae	Macrocypris minna						1
CUMACEA	Diastylidae	Diastylis cf. tumida				1		
CUMACEA	Diastylidae	Diastylis cornuta				1	1	
CUMACEA	Diastylidae	Diastylis sp	1					
AMPHIPODA	Lysianassidae	Tryphosites longipes						1
AMPHIPODA	Ampeliscidae	Haploops tubicola						1
AMPHIPODA	Melitidae	Cheirocratus sp		1	2			
AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata						3
AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula	3		1	1	1	
AMPHIPODA	Atylidae	Atylus sp			1			
AMPHIPODA	Isaeidae	Gammaropsis sophiae			3			2

Vedleggstabell 3 (fortsettelse)

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	Bm31	Bn11	Bn31	Cj31	Cl31	Dk21
AMPHIPODA	Isaeidae	Gammaropsis sp		1				
AMPHIPODA	Caprellidae	Caprella sp		1				
SIPUNCULIDA		Golfingia sp	1				6	
SIPUNCULIDA		Phascolion strombus	1					2
SIPUNCULIDA		Sipunculida indet			3		13	1
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea indet				2		1
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea indet				2		1
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei	5					
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura filiformis	8					
OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica						1
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp	1		1			
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura texturata	1			1		
ECHINOIDEA		Irregularia indet					1	
ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum	3					
ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium sp	4					
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buski						1
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Leptosynapta sp	1					
ASCIDIACEA		Ascidia cf. mentula	1					
ASCIDIACEA		Ascidia indet		2				
VARIA		Vermiformis indet		1				1
ASCIDIACEA		Ascidia indet		2				
VARIA		Vermiformis indet		1				

6.4 Vedleggstabell 4: Stasjonsdata

Stasjonsdata for stasjonene i Indre Oslofjord, inkludert stasjonens dyp og geografiske koordinater, fordelingen av sedimentets kornstørrelse (% av sediment med kornstørrelse under 63 μ), innhold av organisk karbon (TOC) samt året stasjonen er prøvetatt.

STASJON	BREDDEGRAD	LENGDEGRAD	DYP	%<63	TOC	ÅR
Bq41	10,7519	59,882385	54	81	20,5	2009
Bo21	10,665433	59,890701	54	50	41,6	2009
Bo41	10,672566	59,877048	60	40	44,4	2009
Cp22	10,728	59,861065	66	33	7,8	2009
Cq11	10,733017	59,853115	41	41	41,4	2009
Cq21	10,756984	59,8531	39	51	36,2	2009
Bm31	10,604411	59,87010567	31	43	33,1	2009
Bn11	10,64756667	59,901187	55	41	43,6	2009
Bn31	10,646816	59,880333	84	56	38,5	2009
Cj31	10,510067	59,844734	58	59	34,8	2009
Cl31	10,5786	59,843399	73	59	36,3	2009
Dk21	10,564883	59,817719	100	59	28,2	2009

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 samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

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