

## Reker i Indre Oslofjord – overvåking i perioden 2000-2014

Av John Arthur Berge, NIVA, og Rita Amundsen, UiO

John Arthur Berge er cand.real. (marin zoologi) fra Universitetet i Oslo i 1977. Seniorforsker/forsker I ved Norsk institutt for vannforskning. Forsknings- og utredningsvirksomhet knyttet til marine økosystemer og forurensningseffekter på disse er en vesentlig del av hans arbeidsområde.

Rita Amundsen er cand.mag. i biologi og kjemi fra Universitetet i Oslo i 1982. Overingeniør ved seksjonen Aqua på institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo. Arbeidsområdet har i mange år vært knyttet til det marine miljø, både i felt i forbindelse med prøveinnsamling og i laboratorium knyttet til prøveopparbeiding, analyser og artsidentifisering.

### Summary

**Title: Shrimps in the Inner Oslo fjord – monitoring during the period 2000-2014**

Results of monitoring shrimps at 7 stations in the inner Oslofjord and Drøbak sound over a period of 15 years are presented. The most frequently observed species were *Pandalina profunda* followed by *Crangon allmanni* and *Pandalus borealis*. The number of shrimp species increased from the inner to the outer part of the fjord. Shrimps will normally not occur at oxygen concentrations below 1 ml/l. At oxygen concentrations between 1-2 ml/l, there may be some shrimps, while a concentration of 2.5-3 ml/l is necessary to achieve high individual and species numbers. *P. borealis* was caught commercially in Bunnefjorden early last century, but was not observed at all during the period 2000-2014. The oxygen conditions have to be improved in the Bunnefjord in order to reestablish an abundant population of *P. borealis*. Assessing the presence and abundance of shrimps has the potential for wider use in fjord monitoring.

### Sammendrag

Her presenteres resultatene av undersøkelser av forekomst av reker på 7 stasjoner i Indre Oslofjord og Drøbaksundet over en periode på 15 år. I alt ble det observert 15 ulike rekearter. Den mest hyppig observerte arten var *Pandalina profunda* etterfulgt av *Crangon allmanni* og dypvannsreken *Pandalus borealis*. Antall rekearter økte utover i fjorden. Ved oksygenkonsentrasjoner under 1 ml/l vil det normalt ikke forekomme reker. Ved oksygenkonsentrasjoner mellom 1-2 ml/l kan det forekomme noe reker, mens en må opp i konsentrasjoner på ca. 2,5-3 ml/l før en kan oppnå relativt høye individ- og artsantall. Dypvannsreken ble tidlig i forrige århundre fanget kommersielt i Bunnefjorden. På stasjonene i Bunnefjorden ble det i perioden 2000-2014 ikke registrert dypvannsreker. Sett over hele perioden 2000-2014 ble den største forekomsten av dypvannsreken observert i Gråøyrenna. Skal en få tilbake det rekefisket som engang var i Bunnefjorden, må oksygensituasjonen forbedres. Kartlegging av forekomster av reker har et potensial for bredere bruk ved overvåking av fjorder.

## Innledning

I fjorder ser en ofte en sammenheng mellom forekomst av bunnfauna og oksygeninnholdet i vannet (Beyer og Indrehus, 1995). Lave oksygenkonsentrasjoner gir redusert arts mangfold. Dette gjelder både for dyr som lever nede i sedimentet (infauna) og dyr som er knyttet til sedimentoverflaten og vannet umiddelbart over sedimentet (hyperbenthos) (Buhl-Mortensen et al., 2009, Seitz et al., 2009).

I terskelfjorder vil oksygeninnholdet i bunnvannet i ulike bassenger påvirkes av oksygenforbruket og graden og hyppigheten av vannutskiftninger. Oksygenkonsentrasjonen i innstrømmende vann er også av betydning for hvor lenge forholdene forblir gunstige for bunnfaunaen etter en vannutskiftning. I Indre Oslofjord er det en terskel på ca. 20 m ved Drøbak. For at en vannutskiftning i de dypere deler skal finne sted i et basseng innenfor terskelen må innstrømmende vann ha en egenvekt som er større enn det vannet det skal fortrenge.

Egenvekten i bunnvannet reduseres over tid gjennom vertikaldiffusjon, en prosess som blander tungt dypvann med lettere ovenforliggende vann. Omfanget av vertikaldiffusjonen er forskjellig i de ulike bassengene og er blant annet styrt av energien i såkalte interne bølger som dannes ved terskelen i Drøbak. Vertikaldiffusjonen er dermed en avgjørende faktor for vannutskiftningen i de ulike deler av Indre Oslofjord (Staalstrøm, 2015, Stigebrandt, 1976). Avgjørende er imidlertid også de krefter (vind) som genererer dypvannsfornyelsen vinterstid (Gade, 1968). I området nær og innenfor terskelen ved Drøbak har en utskiftning av bunnvannet flere ganger i året, mens det innerste området av fjorden (Bunnefjorden) har utskiftning ca. hvert 3. år. Indre Oslofjord er derfor en fjord som både i rom og tid har relativt betydelige forskjeller med hensyn til oksygenforholdene ved bunnen. I tillegg til at naturgitte forhold kan føre til perioder med oksygenbegrensning har den økte forurensningsbelastningen på fjorden forårsaket en negativ utvikling i fjorden gjennom 1900-tallet, frem til at belastningen ble redusert etter 1982. Allerede i 1950 var det imidlertid en alvorlig krise

for faunaen i Indre Oslofjord forårsaket av lave oksygenverdier (Beyer og Føyn, 1951).

Krepsdyr er en organismegruppe hvor det er funnet en relativt god korrelasjon mellom arts mangfold og oksygenforholdene i vannet (Buhl-Mortensen et al., 2009). Dette gjelder særlig hyperbentiske krepsdyr og i noe mindre grad krepsdyr som er en del av infaunaen (Buhl-Mortensen et al., 2009). For de ulike krepsdyrgruppene er det ulik sammenheng mellom oksygenforhold og arts mangfold. Korrelasjonsberegninger der en har brukt minimumsverdi for oksygen de siste 5 år som utgangspunkt gir en spesielt tydelig sammenheng mellom oksygen og arts mangfold for amphipoder, tanaider og ostracoder, mens decapodene (tifotkreps), hvor også reker hører med, viser en noe dårligere sammenheng. Bruker en derimot oksygenverdiene samme år som hyperbenthosprøvene ble tatt som utgangspunkt for korrelasjonsberegningene kommer decapodene ut som den krepsdyrgruppen som gir best korrelasjon mellom arts mangfold og oksygenforhold (Buhl-Mortensen et al., 2009, 2006).

Undersøkelser av foraminiferer (Dolven og Alve, 2010), en gruppe encellede dyr, tyder på at en på 1700- og 1800-tallet i hovedsak hadde akseptabel økologisk tilstand i dypområdene i Indre Oslofjord (unntatt enkelte sub-bassenger), men allerede i siste del av 1800-tallet antydes en tidvis oksygenvikt i Bunnefjorden. I begynnelsen av 1900-tallet tiltok imidlertid den negative utviklingen i Bunnefjorden og endte med etablering av anoksiske bunnsedimenter på 1940-tallet, noe som har vart frem til i dag (Dolven og Alve, 2010, se også Baalsrud og Magnusson, 2002).

Miljøforholdene i Indre Oslofjord har opp gjennom årene blitt undersøkt gjentatte ganger basert på studier av infauna. De to siste større undersøkelsene basert på grabbprøver ble gjennomført av Olsgard (1995) og Berge et al. (2011). Undersøkelsene til Berge et al. viste at det hadde skjedd en miljøforbedring fra 1993 til 2009 i form av økt arts og individantall. Totalt sett ga imidlertid ikke de vanligst brukte diversitetsindekser (Shannon-Wieners indeks H og Hurlberts

indeks, ES100, NQI1 og ISI) noe klart inntrykk av at den økologiske tilstanden på gjennomsnittsbasis hadde endret seg fra 1993 til 2009. Olsgard kunne imidlertid konkludere med at det har vært tydelig nedgang i artsriksommen fra 1914 frem til 1993, men at det fra 1970-tallet frem til 1993 hadde vært en bedring i indre del av fjorden og Vestfjorden.

Hyperbenthos har vært brukt til overvåking av miljøtilstanden i Indre Oslofjord (Beyer og Indrehus, 1995). De observerte spesielt dårlige forekomster av reker i januar og februar 1962 og igjen på begynnelsen av 70-tallet. Fra høsten 1984 ble det imidlertid observert en forbedring. Beyer og Indrehus antok at oksygenforholdene var den viktigste faktoren som påvirket forekomsten av reker, men de tilla også substratets karakter en betydning. De hadde blant annet observert at sedimentene i Indre Oslofjord hadde blitt bløtere, særlig de dypeste partiene av Bunnefjorden. Dette skyldtes sannsynligvis nedslamming som trolig er et problem i Indre Oslofjord også i dag.

Reker er relativt mobile og har mulighet til å rømme unna dersom forholdene blir ugunstige og rekolonisere et område når forholdene igjen blir akseptable. Undersøkelsen til Beyer og Indrehus viser at rekearter som *Pandalina profunda* og *Pandalus borealis* relativt raskt (mindre enn 6 måneder) kan rekolonisere et bunnområde, i alle fall hvis det påvirkede område ikke er for stort.

På oppdrag for Fagrådet for Vann for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord (Fagrådet) har NIVA i samarbeid med UiO fra 2000 til 2014 gjennomført overvåking av forekomsten av hyperbenthos i Indre Oslofjord, med fokus på forekomst av ulike rekearter. Her gis en oversikt over overvåkingsresultatene, med hovedvekt på forekomst av reker i fjordens ulike hovedavsnitt, hvordan oksygenforholdene påvirker forekomsten og med en diskusjon om hvordan forholdene for reker kan forbedres. Fortrinnene ved å bruke forekomst av reker i overvåkingen av forholdene i en fjord diskuteres også.

## Metode

### Prøveinnsamling

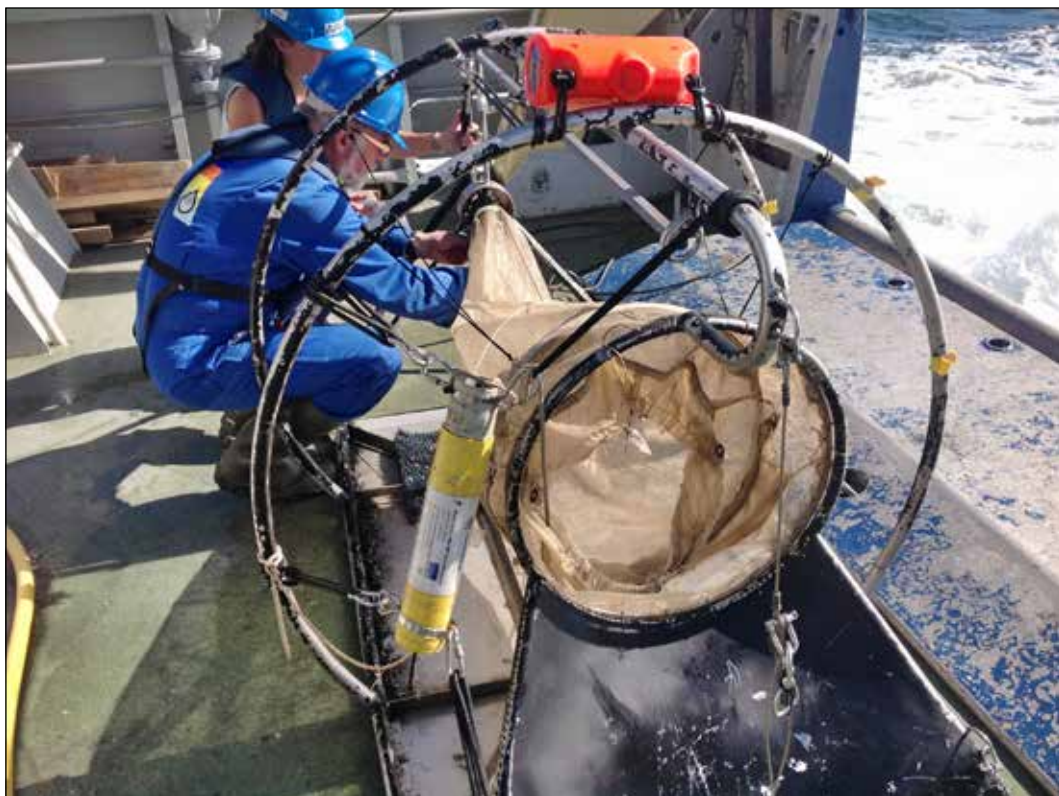
Prøvetaking foretas ved at en drar en slede med et påmontert nett, figur 1, på bunnen over en distanse på 1 km med en slepefart på ca. 1 knop. Til undersøkelser har UiO sitt forskningsfartøy «Trygve Braarud» vært benyttet. Sleden senkes baklengs ned mot bunnen. Før opphal lukkes nettet på sleden slik at den ikke fanger dyr under opphal. Dyr som lever nede i sedimentet kan forekomme, men fanges normalt ikke av sleden i større mengder. Sleden fanger derved i hovedsak dyr som befinner seg på og rett over sedimentet. Mange av dyrene som fanges er mobile (eksempelvis reker) og kan forflytte seg horisontalt i forhold til endringer i miljøforholdene ved bunnen. Nettet på sleden har et åpningsareal på 0,2 m<sup>2</sup> og en maskestørrelse 0,5 mm. Med en sleplengde på 1 km fanger hvert trekk dyr fra et vannvolum på 200 m<sup>3</sup>. For nærmere beskrivelse av innsamlingsmetodene henvises til Beyer og Indrehus (1995) og Magnusson et al. (2001).

Hvert år i perioden 2000-2014 i slutten av august eller begynnelsen av september har sleden vært benyttet på 7 lokaliteter (Elle i Drøbaksundet, dyp 190-200 m; Gråøyrennen, dyp ca. 110 m; Vesthullet utenfor VEAS, dyp ca. 100 m; Steilene, dyp ca. 100 m; Lysakerfjorden, dyp 70-75 m; Hellviktangen, dyp: ca. 90 m og Svartskog i Bunnefjorden, dyp ca. 150 m), se figur 2.

En mer detaljert lokalisering av de syv reke-trekkene er vist i årsrapporten for 2012 (Berge et al. 2013).

### Prøvebehandling

Materialet som fanges i nettet blir grovvasket ved spyling med saltvann umiddelbart etter opphal for å fjerne mindre partikler (<0,5 mm). Resterende materiale blir så fiksert med formalin (10 %), farget med Rosbengal rødt og lagret på formalin inntil dyrene blir plukket ut for identifisering og fotografering (se Magnusson et al., 2001). Undersøkelsen har fokusert på reker og det er i hovedsak disse som er identifisert til art. Andre organismer er kun bestemt til hovedgruppe og omtales ikke her, men en oversikt over disse er gitt i årsrapportene til Fagrådet (for 2014 se Berge et al., 2015).



Figur 1. Slede brukt til fangst av reker langs bunnen i dypområdene i Indre Oslofjord (Foto: Rita Amundsen). En transponder vært festet på toppen av sleden. Denne formidler dypet sleden. På siden av sleden er det festet en annen transponder som formidler sledens posisjon i horisontalplanet. Ved hjelp av transponderne kan en påse at sledens virkelig går på bunnen, få detaljert informasjon om hvor sleden til enhver tid befinner seg, unngå hindringer på bunnen og beregne slepelengde relativt nøyaktig.

### Oksygenmålinger

For å se sammenhengen mellom oksygenkonsentrasjonen i vannet og forekomst av reker har en benyttet oksygenmålinger fra vannprøver tatt ca. 1 m over bunnen i august måned (Svartskog, Lysakerfjorden, Steilene, Gråøyrenna, Elle) eller på vannprøver innsamlet på samme dag som sledetrekket (Hellvik og Vesthullet). Oksygenmålingene er foretatt med titrering etter Winklers metode.

## Resultater og diskusjon

### Oksygen i bunnvannet

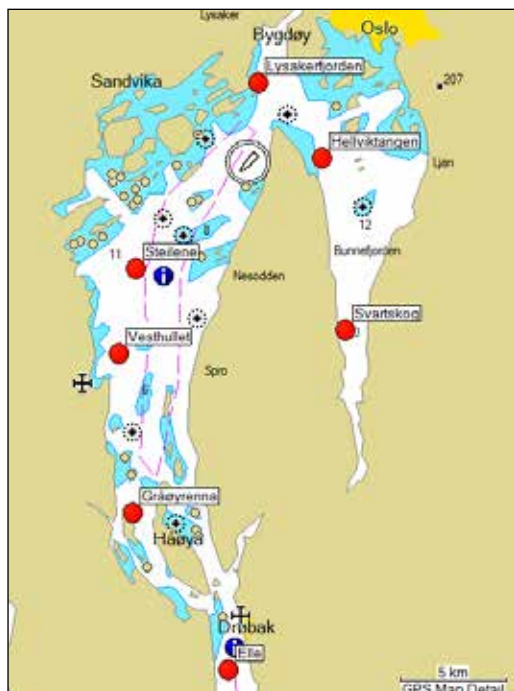
En sammenstilling av resultatene av oksygenmålingene ses i figur 3 og viser lave verdier ved Svartskog og Hellvikstangen i Bunnefjorden og suksessivt høyere verdier utover i fjorden. I

Bunnvannet ved Svartskog ble det observert hydrogensulfid i bunnvannet i 6 av de i alt 15 årene undersøkelsene ble foretatt. På ingen av de øvrige stasjonene ble observert hydrogensulfid. Oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet var relativt lik på stasjonene Steilene, Vesthullet og Gråøyrenn, men klart lavere enn i stasjonen i Drøbaksundet (Elle).

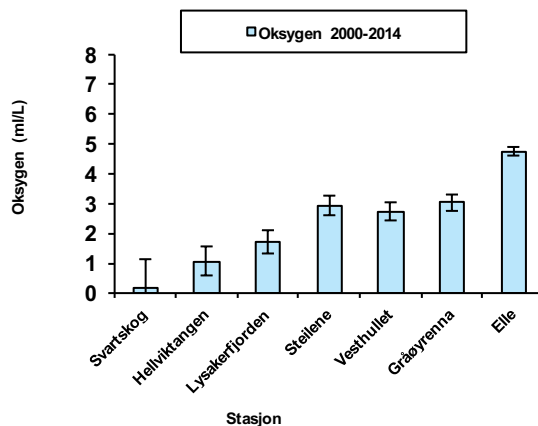
### Arter og individer

I perioden 2000-2014 ble det i alt observert 15 ulike rekearter i Indre Oslofjord og Drøbaksundet (Elle), tabell 1. Det totale antall arter observert et enkelt år for hele undersøkelsesområdet (7 stasjoner) varierte fra 5 til 10 og det var en svak tendens til at antall arter avtok i siste del av observasjonsperioden, figur 4 nedenfor.





Figur 2. Kart som viser hvor reketrekkene ble foretatt i Indre Oslofjord.

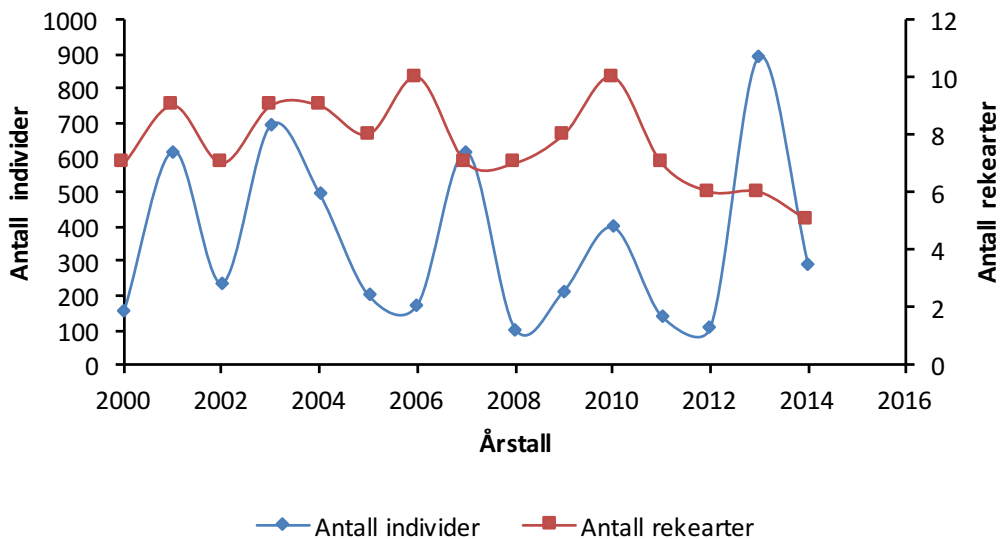


Figur 3. Gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet i august 2000-2014 på lokaliteter i Indre Oslofjord og Drøbakundet (Elle) hvor det er foretatt reketrekk. I figuren er 95 % konfidensintervall inntegnet. I figuren er stasjonene organisert fra innerst i fjorden (Svartskog) til ytterst (Elle).

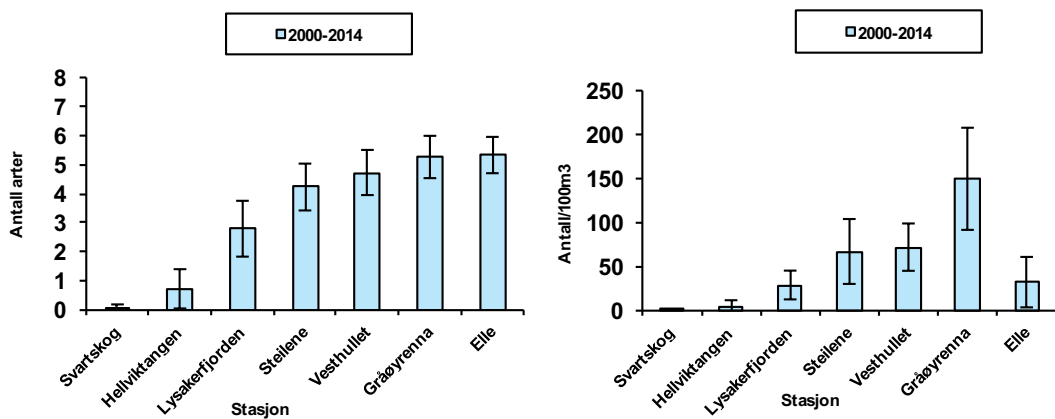
Art	Antall ganger den enkelte art er observert	Observasjonsprosent	Habitat ifølge Christiansen 1972
<i>Pandalina profunda</i>	77	73	Ikke oppgitt <sup>1)</sup>
<i>Crangon allmanni</i>	44	42	Skjellblandet mudderbunn
<i>Pandalus borealis</i>	44	42	Vanligst på bløtbunn
<i>Spirontocaris lilljeborgi</i>	38	36	Hard og bløtbunn
<i>Pontophilus norvegicus</i>	36	34	Vanligst på bløtbunn
<i>Pandalus propinquus</i>	32	30	Ikke oppgitt
<i>Crangon sp. Juv.</i>	24	23	Ikke oppgitt
<i>Lebbeus polaris</i>	9	9	Hard og bløtbunn
Ubestemt juvenil	9	9	Ikke oppgitt
<i>Pandalus montagui</i>	4	4	Vekslenne bunn
<i>Pashiphea sivado</i>	4	4	Pelagisk
<i>Crangon crangon</i>	3	3	Sandaktig bunn
<i>Pontophilus spinosus</i>	3	3	Sand og bløtbunn
<i>Athanas nitescens</i>	1	1	Sand og stenbunn
<i>Palaemon elegans</i>	1	1	Gruntvannsform
<i>Pasiphaea multidentata</i>	1	1	Pelagisk
<i>Philocheirus bispinosus</i>	1	1	Muddersand og grusbunn

<sup>1)</sup> Data i Støve (1985) tyder på at denne arten fortrinnsvis opptrer på mudderbunn eller blandingsbunn.

Tabell 1. Arter observert i Indre Oslofjord og Drøbakundet (Elle) i perioden 2000-2015 og antall ganger de er observert uavhengig av stasjon.



Figur 4. Totale antall rekearter og individer observert årlig i perioden 2000-2014 for alle 7 stasjoner. For antall individer vises summen av forekomsten (normalisert til et vannvolum på 100 m<sup>3</sup>) på hver av de syv stasjonene.



Figur 5. Forekomst av reker i Indre Oslofjord og Drøbaksundet (Elle) for perioden 2000-2014. Venstre: Gjennomsnittlig antall rekearter per sledetrekk for perioden 2000-2014. Høyre: Gjennomsnittlig antall individer av reker/100 m<sup>3</sup> trålt vannvolum for perioden 2000-2014. For begge figurer er 95% konfidensintervall inntegnet. I figuren er stasjonene organisert fra innerst i fjorden (Svartskog) til ytterst (Elle).

Alle artene er beskrevet å ha en utbredelse som dekker Oslofjorden (Christiansen 1972). Den desidert mest hyppig observerte arten var *P. profunda* etterfulgt av *Crangon allmanni*, dypvannsreken *P. borealis*, *Spirontocaris lilljeborgi*, *Pontophilus norvegicus* og *Pandalus propinquus*, tabell 1. For hele undersøkelsesområdet under

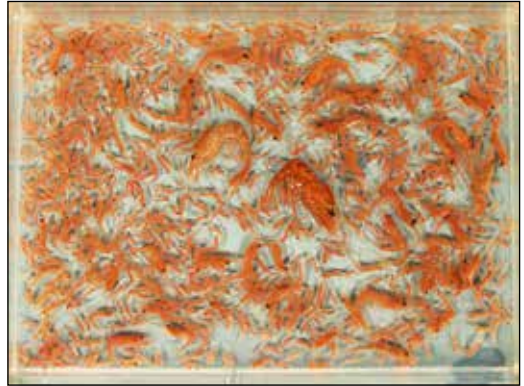
ett (7 stasjoner) varierte antall individer av reker mye fra år til år, uten at en total kunne se noen tidstrend, figur 4. Individantallet viste imidlertid en tendens til regulære fluktuasjoner, figur 4.

På samme måte som oksygen, se figur 3, øker antall rekearter utover i fjorden, figur 5 (venstre side), med svært få arter i Bunnefjorden, noen

Drøbaksundet 2013



Gråøyrenna 2013



Steilene 2013



Vesthullet 2013



Lysakerfjorden 2013



Hellviktangen 2013



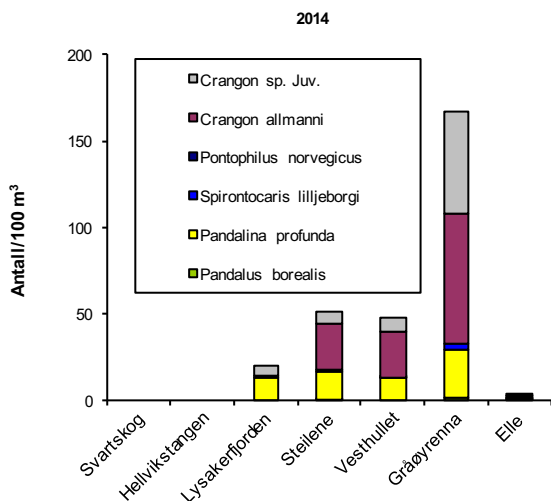
Figur 6. Reker i sledeprøver på 6 stasjoner i Oslofjorden i 2013. Hvert bilde viser rekene som ble samlet i et sledetrekk på 1 km. Foto: R. Amundsen.

flere i Lysakerfjorden og en videre økning til Vestfjorden (Steilene, Vesthullet og Gråøyrenna). Når det gjelder antall arter var det imidlertid ingen signifikant forskjell mellom Vestfjorden (Steilene, Vesthullet og Gråøyrenna) og Drøbaksundet (Elle).

Den geografiske fordeling av det totale individantallet har et litt annet forløp. I Drøbaksundet (Elle) er det generelt lavere individantall av reker enn i områdene i Vestfjorden (Gråøyrenna, Steilene og Vesthullet), figur 5 høyre side, og Gråøyrenna har det høyeste individantall. Opp

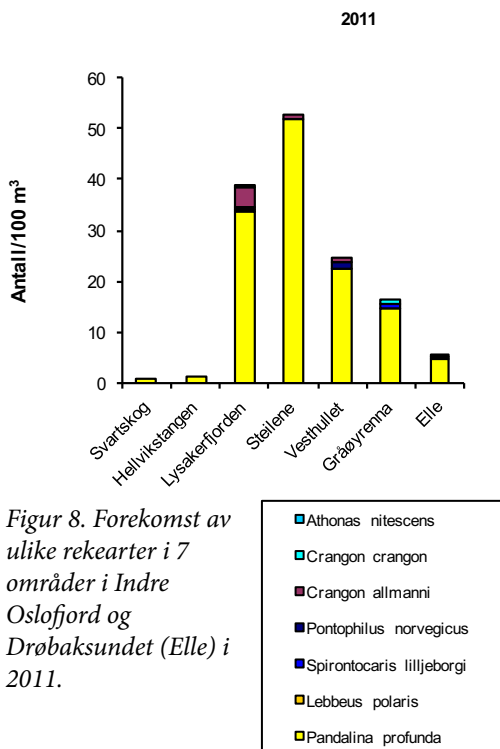
gjennom åren har en også sett en tendens til at reke fra Drøbaksundet har vært noe større enn reke fra Indre Oslofjord, figur 6.

Det eneste året det ble observert reker på alle stasjoner var i 2011, som også var det eneste året der en observert reker ved Svartskog. Dette skyldes at det både i 2011 og 2010 var relativt høye oksygenkonsentrasjoner i de dypere deler av Bunnefjorden. I dypområdet ved Hellvikstangen i Bunnefjorden ble det observert reker årene 2001, 2005, 2006, 2010, 2011 og 2013. På de øvrige stasjoner utenfor Bunnefjorden ble det observert reker alle årene i perioden 2000-2014. Dette betyr at en i flertallet av årene, slik som i 2014, ikke observert reker i dypområdene i Bunnefjorden, figur 7. I 2011 dominerte *P. profunda* på alle stasjoner, figur 8. Hvilken art som har dominert i prøvene har imidlertid variert. Den dominerende rekearten i 2014 var *C. allmanni* og juvenile av samme art, figur 7. Tilsvarende dominans av Crangon ble også observert i 2013, men da var de juvenile enda mer dominerende enn i 2014.



Figur 7. Forekomst av ulike rekearter i 7 områder i Indre Oslofjord og Drøbaksundet (Elle) i 2014.

Reketrekkene er bevisst lagt i områder med jevn flat bunn og bunnen består i hovedsak av mudder. I tråd med dette er de hyppigst forekommende artene også arter som ifølge Christensen 1972, fortrinnsvis opptrer over mudder-



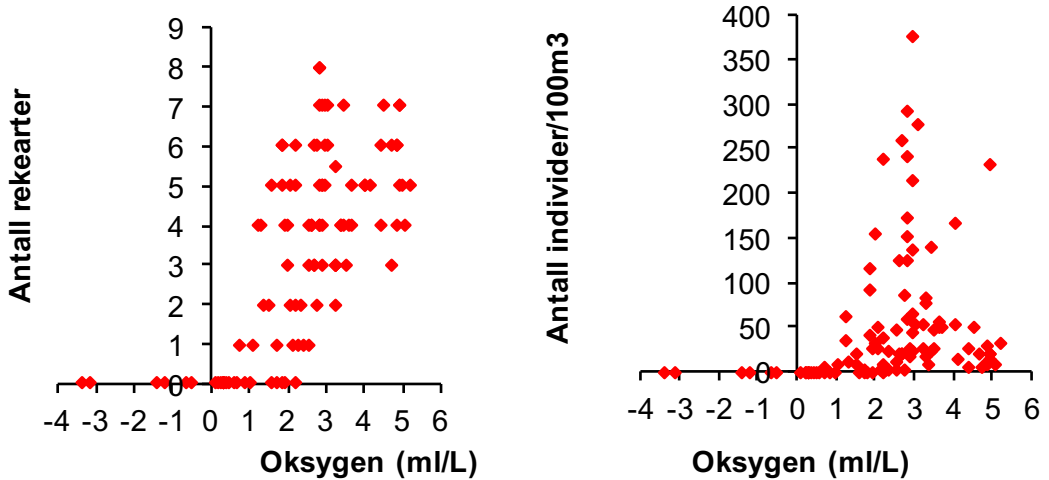
Figur 8. Forekomst av ulike rekearter i 7 områder i Indre Oslofjord og Drøbaksundet (Elle) i 2011.

bunn eller blandingsbunn, tabell 1. Ifølge Støve (1985) er *P. profunda* i vestnorske fjorder hovedsakelig en detritusspiser. Små krepsdyr er imidlertid også viktige fødeemner for denne arten når slike finnes. Den hyppige forekomsten av *P. profunda* på mudderbunn i Indre Oslofjord, tabell 1, tyder på at dette er en art som fortrinnsvis opptrer på mudderbunn eller blandingsbunn. Det er også en tendens til at de minst hyppig forekommende artene er enten pelagiske (*Pasiphaea multidentata*) eller forekommer mest på bunn med innslag av sand og grus, tabell 1.

### Sammenheng mellom forekomst av reker og oksygen

En sammenstilling av alle data for oksygen i dypvannet og henholdsvis observert antall arter og individer, figur 9, tyder på at det ved oksygenkonsentrasjoner under 1 ml/l normalt ikke forekommer reker. Ved oksygenkonsentrasjoner mellom 1-2 ml/l kan det forekomme noe reker, mens en må opp i konsentrasjoner på ca. 2,5-3 ml/l før det er relativt høye individ- og artsantall.





Figur 9. Antall rekearter og antall individer av reke ved ulike oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet. Dataene representerer årlige observasjoner fra 2000-2014 på alt 7 stasjoner. Merk at punkter der oksygenkonsentrasjoner >4 ml/l representerer stasjonen Elle i Drøbaksundet, mens punkter der oksygenkonsentrasjonen er <4 ml/l representerer de 6 stasjonene i Indre Oslofjord. Negative verdier betyr at det er hydrogensulfid i vannet.

Infauna er antatt å tåle lavere oksygenkonsentrasjoner enn dyr som lever i vannmassene. Dette har sammenheng med at oksygenkonsentrasjonen i sedimenter, på grunn av oksydativ nedbrytning av organisk materiale, normalt er lavere i sedimentet enn i vannet over. Rosenberg et al. 1991 har eksempelvis vist at slangestjernene *Amphiura filiformis* og *Amphiura Chiajei* forlater sin beskyttede posisjon i sedimentet ved oksygenkonsentrasjoner på henholdsvis 0,85 og 0,54 ml/l.

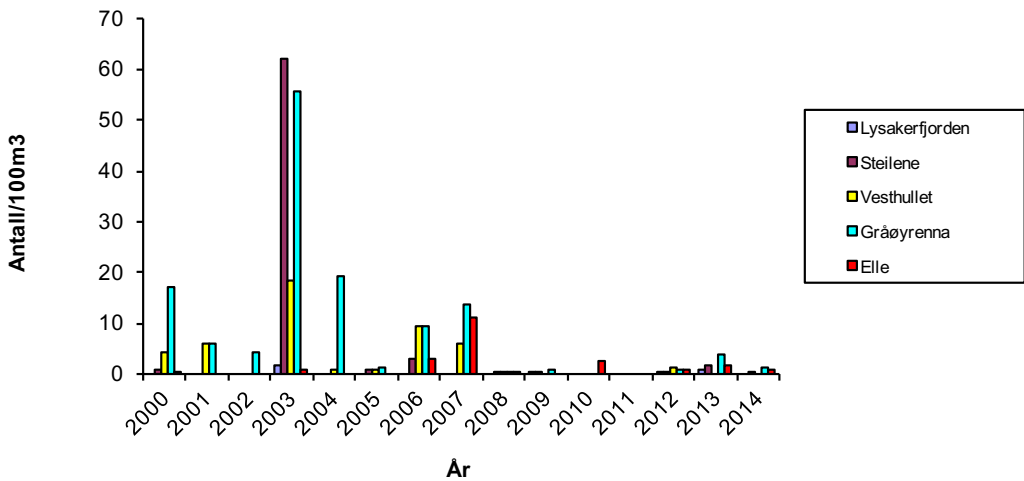
**Dypvannsreken**

Blant allmennheten er dypvannsreken *P. borealis* trolig best kjent av rekeartene fordi dette er den eneste rekearten som fanges kommersielt i Norge. Dypvannsreken var den 3. hyppigst observerte rekearten i Indre Oslofjord, tabell 1, og ble i perioden 2000-2015 gjennomsnittlig observert på 3 stasjoner hvert år og med en observasjonsprosent på 42, dvs. på linje med *C. allmanni*, tabell 1. Forekomsten av dypvannsreken varierte imidlertid betydelig både mellom år og mellom stasjoner. Største forekomst ble observert i 2003, figur 10, hvor dypvannsreker ble observert på 5 av stasjonene, med høyeste forekomst på Steilene

og i Gråøyrenna. På stasjonene i Bunnefjorden har en i perioden 2000-2014 ikke observert denne arten overhodet. I 2014 ble dypvannsreken *P. borealis* observert på 3 stasjoner og på 4 stasjoner i 2013, mens en i 2011 ikke observerte en eneste reke av denne arten. Figur 10 antyder en større forekomst av dypvannsreke før 2008 enn etter. Dette ses klart for Gråøyrenna og Vesthullet. En forklaring på dette kunne være reduserte oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet etter 2008. Våre oksygenmålinger viser imidlertid at oksygenforholdene i begge områder har vært relativt stabile i hele observasjonsperioden.

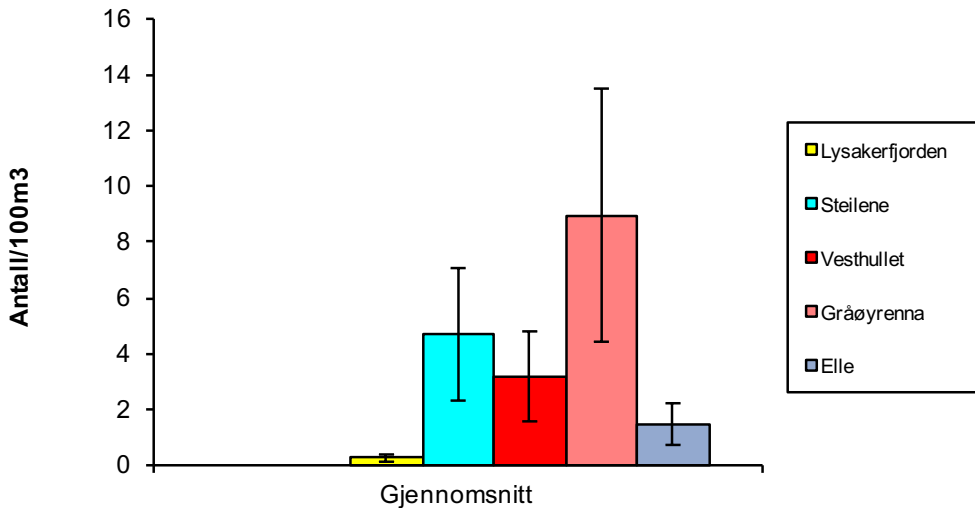
Dypvannsreken *P. borealis* ble tidlig i forrige århundre fanget kommersielt i Bunnefjorden (Wollebæk, 1906). Fangstene den gang ble ansett som gode, antagelig på grunn av at en i starten fanget på en akkumulert bestand (Beyer og Indrehus, 1996). Utover første del av forrige århundre avtok fangstene (Hjort og Ruud, 1938), men på hvilket tidspunkt fisket tok helt slutt er usikkert, antagelig før 1950 (se Beyer og Indrehus 1995). I Vestfjorden (eksempelvis i Gråøyrenna) har det helt opptil nåtid vært drevet noe kommersielt rekefiske, selv om det også der har vært perioder med dårlige fangster. Etter det en

**Pandalus borealis**



Figur 10. Forekomst av dypvannsreken (*Pandalus borealis*) på fem stasjoner i Indre Oslofjord i perioden 2000-2014.

***Pandalus borealis*  
Gjennomsnitt 2000-2014**



Figur 11. Gjennomsnittlig antall dypvannsreker pr 100 m<sup>3</sup> sjøvann på ulike stasjoner i Indre Oslofjord for perioden 2001-2014. For hver stasjon er 95 % konfidensintervall inntegnet

kjenner til foregår det kommersielle fisket etter reker i Oslofjorden nå hovedsakelig utenfor indre Oslofjord og da fortrinnsvis mellom Filtvet og Horten for det som selges ved kai i Oslo. Dessverre har det ikke vært mulig å frem-

skaffe fangstdata for det kommersielle rekefisket i Indre Oslofjord.

Sett over hele perioden 2000-2014 ble den største forekomsten av dypvannreken observert i Gråøyrenna og med Steilene som nummer to,

figur 11. Lysakerfjorden viste signifikant lavere forekomst enn de øvrige stasjonene der det ble observert dypvannsreke. I Drøbaksundet (Elle) var forekomsten av reker signifikant mindre enn i Gråøyrenna.

### Restituering

Vi har vist at forekomst av reker er avhengig av relativt gode oksygenforhold, figur 9. I figur 3 ser en at oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet i Bunnefjorden (Svartskog og Hellviktangen) i hovedsak er lavere enn det som skal til for at det skal opptre reker. Skal en få tilbake det rekefiske som engang var i dette fjordbassenget, må oksygensituasjonen forbedres. Uten at en gjør spesielle tiltak som forbedrer oksygensituasjonen er det trolig lite realistisk at skal kunne oppnå stabile og tilstrekkelig høye oksygenkonsentrasjoner i Bunnefjorden til at en fiskbar bestand av reker kan etableres. Selv om oksygenkonsentrasjonen skulle øke er det fremdeles mye oksygenforbrukende organisk materiale i sedimentene. Dette fører til at en vil få en viss tidsforsinkelse med hensyn til restituering av bunnfaunaen.

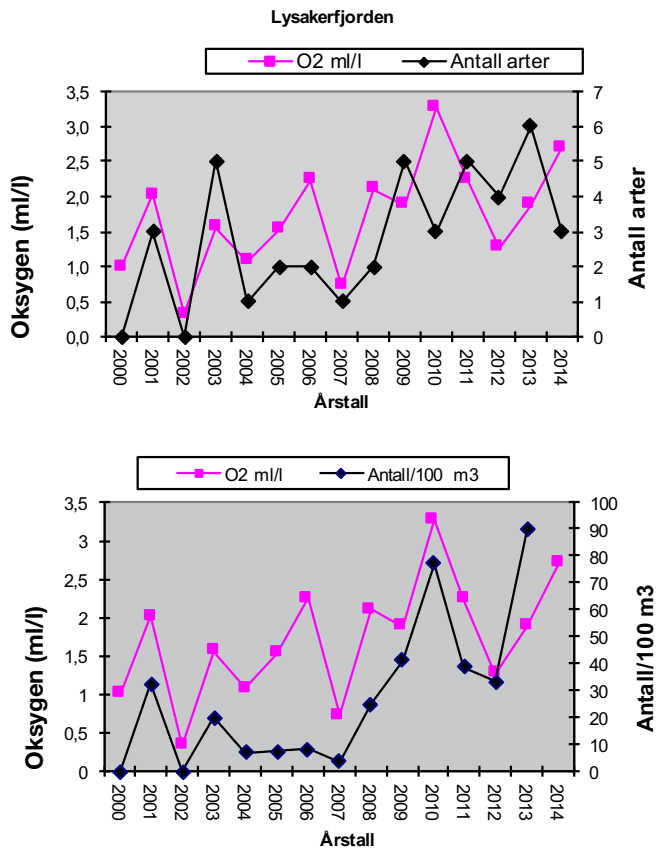
Selv om det er flere forhold som viser at en har hatt en forbedret miljøtilstand i Indre Oslofjord, blant annet reduserte næringssaltkonsentrasjoner, økt siktdyp og bedre oksygenforhold, som følge av gjennomførte rensetiltak (se Berge et al. 2015), så foreligger nye trusler, blant annet knyttet til befolkningsøkningen som ventes rundt fjorden. I en vedtatt strategi for areal og transport i Oslo og Akershus legges det til grunn at folketallet kan øke med 350 000 i løpet av 20 år, og økningen i belastningen på renseanleggene er anslått til ca. 170 000 og 300 000 personer i hhv. 2020 og 2030 (se Thaulow og Faafeng, 2014). En slik økning vil gi økte utslipp og dermed trolig også dårligere oksygenforhold. Eventuelle klimaendringer som kan påvirke dypvannsfornyelsen og øke oksygenforbruket (temperatureffekter) i bunnvannet vil også gi negative effekter.

I Bekkelagsbassenget har oksygenforholdene i bunnvannet blitt bedre etter at en flyttet ferskvannsutslippet fra Bekkelaget renseanlegg fra 20 til ca. 50 m dyp (Berge et al. 2015). Dette bidro

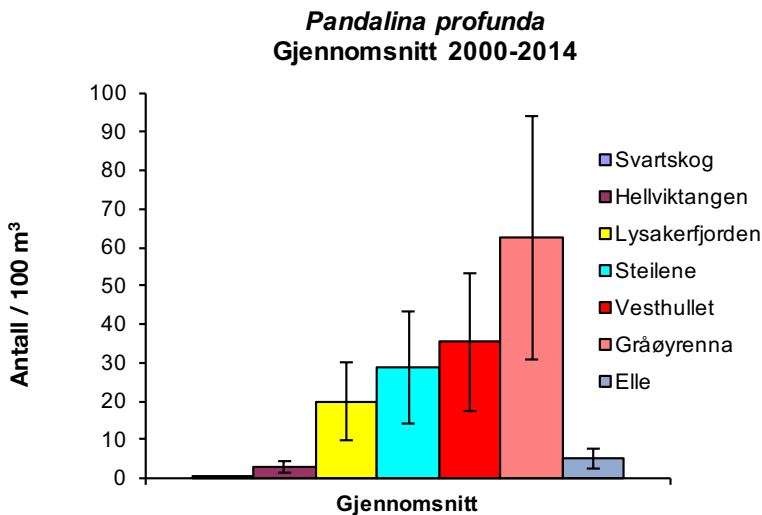
til å redusere bunnvannets egenvekt og ga hyppigere vannutskiftning. Nedpumping av ferskvann eller overflatevann i de dypere deler av Bunnefjorden vil trolig gi hyppigere vannutskiftning og bedre oksygenforhold der (se Bjerkeng og Magnusson, 2000), men om dette er tilstrekkelig til at en igjen kan få et fiske etter dypvannsreke i fjorden er vanskelig å si og er også avhengig av den mengden ferskvann en har tilgjengelig for nedpumping. Det er imidlertid sannsynlig at det da hyppigere vil opptre reker i dette fjordområdet.

Lysakerfjorden viser lavere artsantall og individantall enn tilfellet er ute i Vestfjorden (Steilene, Vesthullet og Gråøyrenna), men klart mer enn i Bunnefjorden (Hellviktangen, Svartskog), se figur 5. Lysakerfjorden har derfor en intermediær stilling i fjorden, med oksygenkonsentrasjoner som varierer innenfor et område som gjør at forekomsten av reker hyppig påvirkes. I figur 12 ser vi hvordan både antall arter og antall individer i betydelig grad svinger med oksygenkonsentrasjonen. Figuren viser også at det siden 2004 har vært en økende oksygenkonsentrasjon i bunnvannet og samtidig en økning i forekomsten av reker. Årsaken til dette er trolig sammensatt. Flyttingen av utslippet Bekkelaget renseanlegg til dypere vann kan ha hatt en positiv effekt også utenfor Bekkelaget renseanlegg (Berge et al. 2014). Dette kan være noe av forklaringen på forbedringen i Lysakerfjorden. Et annet moment er at VEAS har økt kapasiteten, slik at de kan ta imot mer avløpsvann i en flomsituasjon, – vann som ellers ville ha rent ut ved Lysaker.

Vi vet at oksygenforholdene i fjorden varierer og at dette har betydning for forekomsten av reker. Reke kan trekke ut av områder som har ugunstige forhold og returnere når forholdene er gunstige igjen. Denne dynamikken ser vi blant annet i Lysakerfjorden i perioden 2000-2003, se figur 12, hvor forekomsten av reker svinger fra ingen i 2000 og 2002 (hvor oksygenkonsentrasjon var henholdsvis 1 og 0,3 ml/l), mens det er rimelig bra med reker i mellomliggende år, dvs. 2001 (hvor oksygenkonsentrasjonen var 2,0 ml/l). Lineær korrelasjon over hele observasjonsperioden viser at det for dataene fra Lysakerfjorden er



Figur 12. Forekomst av reker og oksygen ved bunnen i Lysakerfjorden for perioden 2000-2014. Øverst vises antall arter og nederst antall individer.



Figur 13. Gjennomsnittlig antall individer av *Pandalina profunda* pr 100 m<sup>3</sup> sjøvann på ulike stasjoner i Indre Oslofjord for perioden 2001-2014. For hver stasjon er 95 % konfidensintervall inntegnet. I figuren er stasjonene organisert fra innerst i fjorden (Venstre/Svartskog) til ytterst (Høyre/Elle).



en signifikant korrelasjon ( $p=0,01$ ) mellom oksygen og antall individer, mens korrelasjonen mellom oksygen og antall arter ikke er så klar ( $0=0,065$ ).

I 2001 var det *P. profunda* som dominerte i prøven fra Lysakerfjorden, men med noe innslag av *Pandalus propinquus* og *C. allmanni*. Rekolonisering er imidlertid avhengig av størrelsen på de ugunstige arealene/vannvolumene og at det er nærliggende områder med akseptable forhold hvor rekeene kan overleve og rekruttere fra som adulte eller som pelagiske larver.

I Indre Oslofjord øker forekomsten av *P. profunda* jevnt fra Bunnfjorden og ut til Gråøyrenne, figur 13. I vestnorske fjorder synes det å være en sammenheng mellom forekomsten av *P. profunda* og kontakten med kystvannet, og i lokaliteter i indre fjordavsnitt er det redusert sannsynlighet for å finne populasjoner av denne arten (Støve, 1985). Grunne terskler synes også å redusere muligheten for å få etablert en populasjon innenfor terskelen (Støve, 1985). Støves observasjoner er forenlig med en antagelse av at *P. profunda* hovedsakelig sprer seg som planktonisk larve i kystvannet. I områder med lite tilgang på kystvann vil sannsynligheten for å finne populasjoner av *P. profunda* dermed være mindre.

Terskelen ved Drøbak ligger på ca. 20 m og representerer et element som reduserer kontakten med kystvannet i Skagerak. Likevel er *P. profunda* den hyppigst forekommende rekearten i Indre Oslofjord og en observerer flere individer av denne arten på de nærmeste stasjoner innenfor terskelen ved Drøbak enn utenfor (Elle), se figur 13. Dette kan tyde på at rekrutteringen skjer fortrinnsvis internt i indre fjord og ikke i samme grad som i vestnorske fjorder ved regelmessig kontakt med kystvannet.

På bakgrunn av overvåkingen vi har gjort de siste 15 årene har vi ansett Gråøyrenna som det området som har størst potensial som «reservoar» for reetablering av rekeforekomster i andre deler av fjorden etter en eventuell desimering.

### Reker i overvåking

På grunn av sammenhengen mellom oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet og forekomst av

reker, se figur 9 og figur 12, kan det være fristende å hevde at det i overvåkingssammenheng er tilstrekkelig å måle oksygenkonsentrasjonen alene for å kunne fastslå tilstanden. Spørsmålet er imidlertid hva en da går glipp av? Reker er viktige byttedyr for fisk. Skal en bruke overvåkingen til å forklare økologiske sammenhenger (eksempelvis byttedyr/fisk-relasjoner og endringer i disse) i en fjord er det ikke tilstrekkelig kun å overvåke oksygenkonsentrasjonen i vannet. Sammensetningen av rekesamfunnene og forekomst av enkeltarter (eksempelvis dypvannsreken) kan i tillegg til det naturhistoriske også være interessant fra et kommersielt perspektiv, og det er da viktig å vite hvor det er størst forekomst av slike arter, figur 11. Heller ikke i en slik sammenheng er oksygenmålinger alene tilstrekkelig.

Reker kan eksponeres for miljøgifter via føde, vann og ved kontakt med bunnsubstratet. Reker spises av fisk og kan derfor være kilde for transport og opptak av miljøgifter fra sediment og videre overføring til fisk. I Indre Oslofjord har det vært foretatt analyse av miljøgifter i dypvannsreke fra Steilene (Berge 2014). Analysene viste at rekeene inneholdt relativt lave konsentrasjoner av miljøgifter. For polyklorerte bifenylar (Sum PCB7) lå konsentrasjonen på ca. 3 µg/kg våtvekt (Berge 2014), dvs. relativt nær det som antas å være bakgrunnsnivå i blåskjell i kun difust belastede områder (dvs. 4 µg/kg v.v. ifølge Moldvær et al. 1997). Kartlegging og kvantifisering av ulike opptaksveier for en miljøgift i en organisme er en komplisert prosess, som også omfatter informasjon om forekomst av viktige byttedyr og konsentrasjonen av den angjeldende miljøgift i disse. I torskelever fra Steilene har en over lang tid observert relativt høye nivåer av Sum PCB7 (se Green et al. 2014). I hvilken grad dypvannsreken er hovedkilden for de relativt høye nivåene av PCB en har observert i torskelever fra Steilene er svært usikkert og bør utredes nøyere. For å ha mulighet til å sette i verk effektive tiltak for å redusere miljøgiftkonsentrasjonen i miljøet, er det påkrevet med mye informasjon om både det fysiske miljøet og de enkelte økosystemkomponenter. For torsk hvor reker kan være en betydelig del av dietten, kan infor-

masjon om forekomst av reker være en viktig brikke for å kunne iverksette rett tiltak.

Vanddirektivet fokuserer i betydelig grad på biologiske kvalitetselementer når det gjelder klassifisering av miljøtilstand. Kjemiske parametere, som oksygen, anvendes i hovedsak som støtteparametere. Bløtbunnsfauna tatt med grabb med beregning av ulike biologirelaterte indekser/kvalitetselementer (se Veileder 02-2013) er en overvåkingmetode som er godt etablert. Dagens indekser for klassifisering av bløtbunnsfauna er i hovedsak basert på artssammensetningen, diversitet og dominans og fanger opp effekter av en rekke former for påvirkning, men er best egnet for organisk belastning (Oug et al. 2013). For tradisjonelle bløtbunnsundersøkelser er det i likhet med for rekeundersøkelsene i hovedsak eutrofi-relaterte parametere som oksygenforhold, som slår ut. I industrifjorder er det lite sammenheng mellom miljøgiftkonsentrasjonen i sedimentet og infauna (Oug et al. 2013). Oug et al. (2013) konkluderer også med at dersom bløtbunnsfauna skal kunne benyttes til å gi spesifikke vurderinger av effekter av miljøgifter, må nye parametere eller indekser med fokus på miljøgifter utvikles. I industrifjorder er det det ikke gjort systematiske undersøkelser for å se på en eventuell sammenheng mellom forekomst av reker og miljøgifter. En forventer imidlertid at forekomst av reker er mer påvirket av forholdene i vannet over sedimentet enn av eventuelle miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentet.

Dietten til bunnfisk tenderer til å bestå mer av hyperbenthos enn infauna når det er gode oksygenforhold, men betydningen av hyperbenthos reduseres ved lave oksygenkonsentrasjoner (Pihl, 1994). Under slike forhold er det normalt også sparsomt med tradisjonell bløtbunnsfauna, men enkelte opportunistiske arter som lever på eller like under sedimentoverflaten kan forekomme.

Er fokus på hva som opptrer av organismer på bunnen ved lave oksygenkonsentrasjoner kan en ty til tradisjonelle bløtbunnsundersøkelser for overvåking. Er en mer interessert i hva som spises av fisk gir trolig hyperbenthosundersøkelser et godt supplement til tradisjonelle bløtbunnsundersøkelser.

Hyperbenthos brukes i dag bare unntaksvis i overvåkingssammenheng, mens bruk av bløtbunnsfauna er «normalen». Hyperbenthos og særlig reker er et overvåkingselement som vi mener har et potensiale for bredere bruk for overvåking av fjorder. Metoden kan imidlertid videreutvikles slik at en kan få utarbeidet ulike indekser i retning av det en har gjort for bløtbunnsundersøkelser.

## Takk til

En takk rettes til avdøde universitetslektor Fredrik Beyer, som var den som utviklet den hyperbentiske sleden som er benyttet og som introduserte oss til bruken av denne. Vi vil også takke båtfører Sindre Holm på Universitetet i Oslos forskningsfartøy «F/F Trygve Braarud» og mannskapet der for profesjonelt sjømannskap under gjennomføring av feltarbeidet. Vi vil også takke nå pensjonerte forsker Brage Rygg, som i de første årene bidro med artsbestemmelser og pensjonert forsker Jan Magnusson, som har bidratt med gode innspill underveis og dessuten har vært prosjektleder i store deler av overvåkingperioden. Til slutt vil vi takke Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord, som har finansiert overvåkingen.

## Referanser

- Baalsrud, K. og Magnusson, J., 2002. Indre Oslofjord Natur og Miljø, Fagrådet for Indre Oslofjord, ISBN 9788299632508.
- Berge, J.A., Amundsen, R. Gitmark, J., Gundersen, H., Hylland, K., Johnsen, T.M., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E.R., Staalstrøm, A. og Strand, D.A., 2015. Overvåking av Indre Oslofjord i 2014 - Vedleggsrapport, NIVA rapport nr. 6834-2015, 104 s.
- Berge, J.A., Amundsen, R., Bratrud, T., Bølling, N., Erdahl, E., Gitmark, J., Gundersen, H., Hinchcliffe, C., Holt, T.F., Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T. M., Kroglund, T., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E., Staalstrøm, A., Wisbech, C., Wolf, R., 2014. Overvåking av Indre Oslofjord i 2013 – Vedleggsrapport. NIVA rapport nr. 6698-2014, 131s.
- Berge, J.A., Amundsen, R., Fredriksen, L., Bjerkgeng, B., Gitmark, J., Holt, Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T.M., Kroglund, T., Ledang, A.B., Lendrink, A., Lømsland, E.R., Norli, M., Magnusson, J., Rohrlack, T., Sørensen, K., Wisbech, C. 2013. Overvåking av Indre Oslofjord i 2012 – Vedleggsrapport. NIVA-rapport nr 6534, 142s.

- Berge, J.A., Amundsen, R., Bjerkeng, B., Borgersen, G., Bjerknes, E., Gittmark, J, Gjosæter, J., Grung, M., Gundersen, H., Holt, T.F., Hylland, K., Johnsen, T., Knutsen, H., Ledang, A.B., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Nerland, L., Olsen, E.M., Pulsen, Ø., Rohrlack, T., Sørensen, K. og Walday, M., 2011. Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord 2010. NIVA-rapport nr. 6181, 137s.
- Berge, J.A., 2014. Mudring og deponering i Oslo Havn – Langsiktig overvåking av miljøgifter i blåskjell, reker og fisk i perioden 2006-2013 Sluttrapport. NIVA rapport nr 6720, 115s.
- Beyer, F. og Indrehus, J., 1995. Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord. Effekter av forurensning og dypvannsutskiftning på faunaen langs bunnen av Oslofjorden basert på materiale samlet siden 1952. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 621/95 (Del I og del II). Biologisk institutt, UiO. NIVA-rapport nr. 3324.
- Beyer, F og Føyn, E., 1951. Surstoffmangel i Oslofjorden. En kritisk situasjon for fjordens dyrebestand. Naturen, 10:289-306.
- Bjerkeng, B.; Magnusson, J., 2000. Forbedring av dypvannsfornytelsen i Bunnefjorden. Niva-rapport nr. 4266, 52 s.
- Buhl-Mortensen, L., Oug, E. and Aure, J., 2009. The Response of Hyperbenthos and Infauna to Hypoxia in Fjords along the Skagerrak: Estimating Loss of Biodiversity Due to Eutrophication, in Integrated Coastal Zone Management (eds E. Moksness, E. Dahl and J. Støttrup), Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Buhl-Mortensen, L., Aure, J., Alve, E., Hasum, K., Oug, E., 2006. Effekter av oksygensvikt på fjordfauna: Bunnfauna og miljø i fjorder på Skagerakkysten. Fisker og Havet nr. 3, 2006, 108 s.
- Christiansen, M.E., 1972. Bestemmelsestabeller over Crustacea Decapoda Tifotkreps, Universitetsforlaget, Oslo/Bergen/Tromsø, 71s.
- Dolven, J.K. og Alve, E., 2010. Naturtilstanden i indre Oslofjord. Institutt for geofag, Universitetet i Oslo, 86 s.
- Gade, H.G., 1968. Horizontal and vertical exchange and vertical diffusion in the water masses of the Oslofjord. Helgoländer wiss. Meeresunters. 17:462-475.
- Green, N. W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Allan, I., Hjermand, D. Ø., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å. K. G., Tveiten, L.A., 2014. Contaminants in coastal waters of Norway 2013, NIVA-rapport nr. 6728, 172s.
- Hjort, J. og Ruud, J.T., 1938. Rekefiske som naturhistorie og samfundssak. Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser V (4):1-158.
- Magnusson, J., Berge, J.A., Bjerkeng, B., Bokn, T., Gjosæter, J, Johnsen, T., Lømsland E.R., Schram, T.A., og Solli, A., 2001. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord i 2000. Fagrådsrapport nr. 85. Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkingsrapport nr. 825/01. NIVA-rapport nr. 4387, 86 s.
- Molvær, J. Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning 97:03. Miljødirektoratets rapportserie TA 1467/1997
- Olsgard, F., 1995. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord. Undersøkelser av bløtbunnsfauna 1993. (Overvåkingsrapport 622/95) TA nr. 1258/1995,106s.
- Oug, E., Ruus, A., Norling, K., Bakke, T., 2013. Klassifisering av miljøtilstand i industrifjorder – hvor godt samsvarer miljøgifter og bløtbunnsfauna? NIVA rapport nr. 6594, 48 s.
- Pihl, L., 1994. Changes in the diet of demersal fish due to eutrophication-induced hypoxia in the Kattegat, Sweden. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 321-336.
- Rosenberg, R., Hellman, b. og Johansson, B., 1991. Hypoxic tolerance of marine benthic fauna. Mar. Ecol. Prog. Ser., 79:127-131.
- Seitz, R.D., Dauer, D.M., Llanso, R.J. og Long, W.C., 2009. Broad-scale effects of hypoxia on benthic community structure in Chesapeake Bay, USA. J. Exper. Mar. Biol. Ecol. 281: 4-12.
- Stigebrandt, A., 1976. Vertical diffusion driven by internal waves in a sill fjord. J. Phys. Oceanogr. 6:486-495.
- Støve, T., 1985. Bidrag til *Pandalina profunda* (Holthuis) sin biologi og økologi, Hovedfagsoppgave i marinbiologi våren 1985, Universitetet i Bergen, 133 s.
- Staalstrøm, A., 2015. Betydningen av indre bølger i Oslofjorden, Vann, nr. 3 (2015), pp259-266
- Thaulow, H., Faafeng, B., 2014. Indre Oslofjord 2013 – status, trusler og tiltak. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport nr. 6593, 103 s.
- Veileder 02-2013: Klassifisering av økologisk tilstand i vann – Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 263s.
- Wollebæk, A., 1906. Nogle statistiske opplysninger om fisket etter dypvannsræker (*Pandalus borealis*) i Kristianiafjorden indenfor Drøbak. Norsk Fiskeritidende 1906, 11: 471-480.