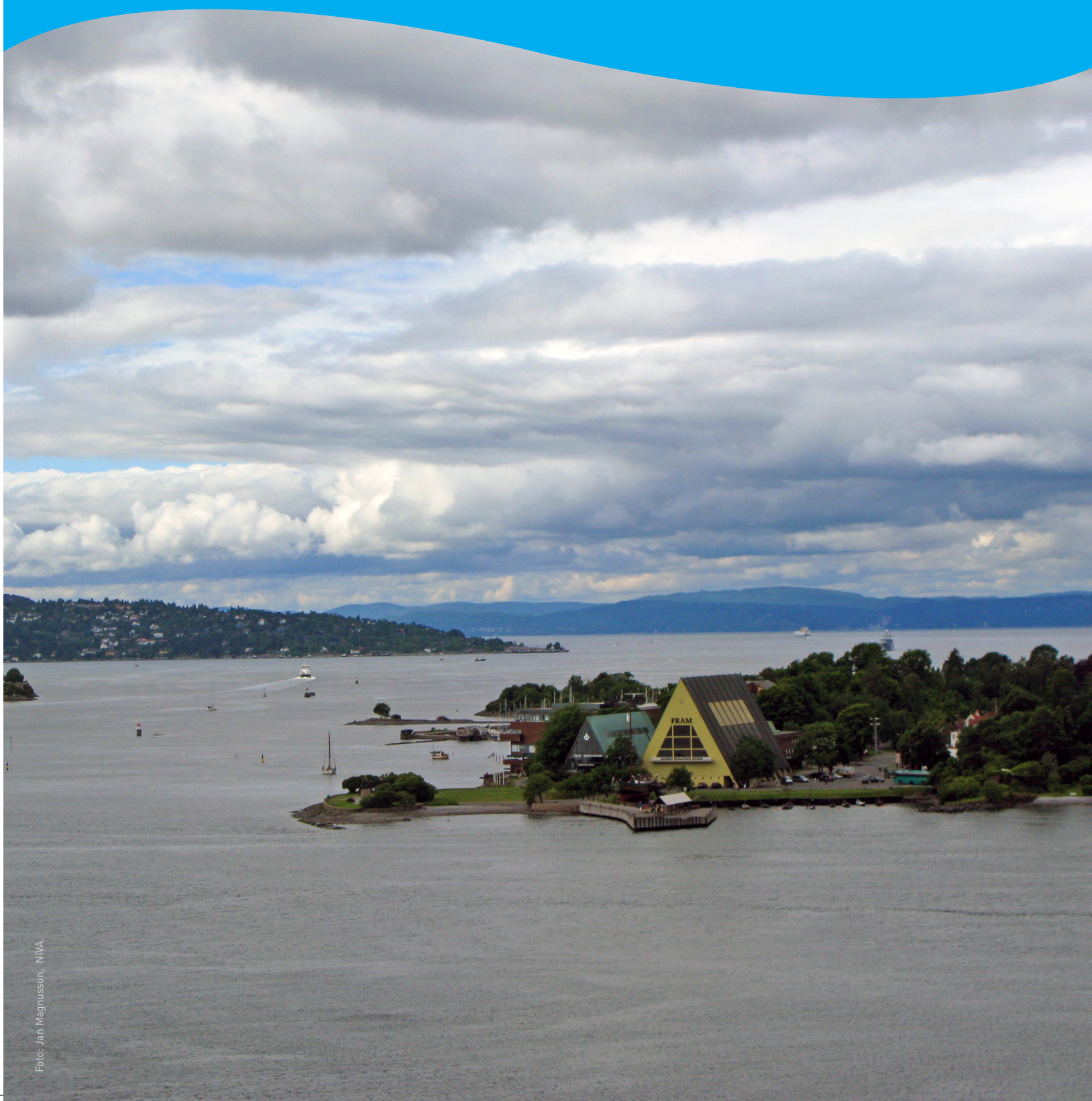




Overvåking av Indre Oslofjord i 2014



**Tittel:**

Overvåking av Indre Oslofjord i 2014

NIVA rapport l.nr 6833-2015

ISBN 978-82-577-6568-2

Prosjekt nr. O-14052

Forfattere:

John Arthur Berge, Rita Amundsen, Janne Gitmark, Hege Gundersen, Torbjørn M. Johnsen, Anna Birgitta Ledang, Evy R. Lømsland, Jan Magnusson, Andre Staalstrøm, David Allan Strand (alle fra NIVA).

Ketil Hylland og Tor Fredrik Holth (begge fra Institutt for Biovitenskap, Universitetet i Oslo).

Kvalitetssikring:

Morten Schaanning

Fagområde:

Marin forurensning

Geografisk område:

Oslo
Akershus
Buskerud

Oppdragsgiver:

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord

Layout og trykk:

CopyCat AS

Forsidefoto:

Jan Magnusson, NIVA

Utgitt 5. juni 2015

Forord

Rapporten gir en kort oversikt over resultatene fra overvåkingen foretatt i 2014 for Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. En mer utfyllende presentasjon av resultatene er gitt i en vedleggsrapport (NIVA rapport l.nr.6834-2015). Undersøkelsene omfatter fysiske, kjemiske og biologiske forhold. Overvåkingen i 2014 ble gjennomført av NIVA i samarbeid med Universitetet i Oslo.

Oslo 5/6-2015

John Arthur Berge
Prosjektleder

Morten Schaanning
Forskningsleder

Hovedkonklusjon

Indre Oslofjord er et innelukket fjordområde. Utslipp til fjorden vil dermed fort kunne medføre uønskede effekter som overgjødning og forhøyede nivåer av miljøgifter. Dette er påvirkninger som fremdeles er aktuelle, blant annet fordi områdene rundt Indre Oslofjord har hatt og ventes å få en betydelig befolkningsøkning i fremtiden med de økede tilførselsene som dette vil kunne medføre.

Tilførselsene av næringsalter til Indre Oslofjord har blitt betydelig redusert fra midten av 1970-tallet til 2003, men har siden økt eller ligget omtrent i samme nivå (perioden 2007-2010). De siste 3 årene var det imidlertid en svak nedgang i tilførselsene av fosfor, mens nitrogen tilførselsene steg svakt. Næringssaltreduksjonen frem til 2003 er i hovedsak en følge av forbedret rensesgrad på rensenanleggene. Arbeidet med bedre rensing av kommunalt avløpsvann har imidlertid vært en fortløpende prosess siden midten av 1970-tallet. Byggingen av "Midgardsormen" som ble åpnet i 2014 representerer et nytt tiltak som skal redusere tilførsler av forurenset avløpsvann til Oslofjorden etter langvarig eller kraftig nedbør. I rapport fra 2012 om strategi for areal og transport i Oslo og Akershus legges det til grunn at folketallet i Oslo og Akershus kan øke med 350000 i løpet av 20 år. For planlegging av infrastruktur, eksempelvis behovet for renskapasitet for kommunalt avløpsvann, må det tas høyde for denne veksten. En er også inne i en tid hvor mulige klimaendringer kan ha betydning for fjorden.

Lengre perioder med sterke nordlige vinder genererer dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord. Totalt sett ble ca. 75 % av vannet mellom 20 m og bunn fornyet i fjorden innenfor Drøbak mellom august 2013 og mai 2014. Stort sett var imidlertid fornyelsen begrenset til Vestfjorden. I hele 2014 har det derfor vært stagnerende forhold i Bunnefjordens dypvann. Dette medførte synkende oksygenkonsentrasjoner i dypvann og nivået lå i august 2014 mellom 0,5 og 1 ml/L fra ca. 80 m og dypere. Utover høsten sank oksygenkonsentrasjonen i dypvannet ytterligere slik at verdiene i de dypere områder lå i intervallet 0-0,5 ml/L, dvs. under det som tolereres av reker og en del fiskearter. Også i Vestfjorden sank oksygenkonsentrasjonen noe utover høsten 2014, men konsentrasjonene som ble observert representerte ingen trussel for reker eller fisk. Det nye Bekkelaget rensanlegg ble etablert høsten 2001. Etter etablering av det nye anlegget er oksygenkonsentrasjonene i Bekkelagsbassenget blitt betydelig bedre.

I Lysakerfjorden har oksygenkonsentrasjonen i de grunnere områder (10-40 m dyp) også blitt tydelig bedre siden 2000 og i de dypere deler siden ca. 2008. I Bærumsbassenget er det nærmest permanent forekomst av hydrogensulfidholdig vann i bassengets bunnvann, bare med enkelte korte opphold. Trolig må forekomsten av hydrogensulfid i bunnvannet oppfattes som "naturtilstanden" for området. I Drøbaksundet var oksygenkonsentrasjonen i 2014 hele tiden over 4 ml/L. Imidlertid har det over tid vært tendens til avtakende oksygenkonsentrasjoner på mellomdyp i de vannmasser som anses som mest sannsynlig kilde for nytt dypvann i Indre Oslofjord.

Siktdyp er et mål for partikkelmengden i vannet. Siktdypet har økt siden 1970-tallet og representerer en forbedring av fjordens tilstand.

Det er også observert tydelig forbedring/nedgang i mengden klorofyll a i fjorden. For periode etter 2002-2010 og frem til 2011-2014 ble det imidlertid observert en økning i klorofyllmengden. Dette kan tyde på at en nå har tatt ut «gevinsten» av de rensetiltakene en tidligere har satt i verk.

Sommeren 2014 ga rekordhøy temperatur i badevannet i fjorden. I løpet av 1 måned steg temperaturen i overflatevannet med bortimot 10 grader. I Bærumbassenget ble det 23. juli 2014 målt 24,9 grader. For badelivet i fjorden var den høye overflatetemperaturen til stor glede. For organismesamfunnene i fjæra var imidlertid den høye temperaturen trolig en stressfaktor, mens mer varmetolerante arter kan ha blitt begunstiget.

De senere år har en bare sporadisk observert reker i Bunnefjorden i dypområdene ved Svartskog og Hellviktangen, mens en lenger ut i fjorden normalt finner reker. De noe reduserte oksygenforholdene som en hadde i dypområdene i Bunnefjorden i 2014 gjorde at en dette året ikke observerte reker i dette fjordavsnittet. I 2014 ble det imidlertid på de øvrige stasjoner observert en forekomst av reker som var nær gjennomsnittet for perioden 2000-2012 med et mulig unntak for Drøbaksundet (Elle) der forekomsten var lavere enn perioden 2000-2012. I 2013 med relativt gode oksygenforhold ble det gjennomgående fanget langt flere reker i fjorden enn i 2014.

Det er gjennom flere år foretatt registreringer i strandsonen i Bunnefjorden for å lage naturtypekart. I 2014 har en foretatt en validering av materialet. Resultatet tyder på at kartet for Bunnefjorden kan anses som pålitelig for de fleste naturtyper. De naturtyper som ikke ble funnet troverdige utgjør imidlertid kun 2,4 % av det totale arealet under 30 meter.

Fisk er kanskje den viktigste biologiske ressursen i Indre Oslofjord. Fisk fanges kommersielt til konsum, som rekreasjon og til forskning. Kunnskap om fiskeforekomstene i Indre Oslofjord, særlig i dypvannet, har imidlertid vært fragmentarisk. Siden november 2011 har det derfor blitt fisket fire ganger årlig i Indre Oslofjord for å få informasjon om fiskepopulasjonene i fjorden. Antallet av de ulike artene i dypområdene varierer mellom år og tid på året. Øyepål dominerte i fangstene, særlig i august og november, der arten utgjør nesten halvparten av det totale antallet fisk. Øyepål har imidlertid ikke vært like dominerende i mai/juni og i noen perioder har andre arter vært mer vanlige, som gapeflyndre (februar 2013) og hvitting (mai/juni 2014). Arter som torsk, gapeflyndre og sølvtorsk er tilstede i fjorden til alle årstider. Artssammensetningen i 2014 var i store trekk lik den fra tidligere år, men med større innslag av hvitting og en relativt større andel torsk enn i 2012 og 2013.

I 2014 ble det ikke observert yngel av torsk verken i Indre Oslofjord eller i Drøbaksundet. Det ble heller ikke fanget noen voksen torsk i grunnområdene. 2014 var derfor et svært dårlig år for forekomst av torsk i Indre Oslofjords grunnområder. Fravær av torsk i grunnområdene kan ha sammenheng med ugunstige miljøforhold, eksempelvis for høy temperatur? Strandnotundersøkelsene tyder også på at det har vært et oppsving av varmekjære arter (ansjos, rødmulle) de siste 20 årene og at pelagiske arter overtar for mer bunnlevende arter. Sjøørret har hatt en generell økning i Skagerrak i perioden etter krigen og antallet ligger nå godt over langtidsgjennomsnittet. Selv om fangstene av ørret i Indre Oslofjord nå er bedre enn på lenge, er økningen mindre enn ellers på Skagerakkysten. Leppefisk er de siste årene blitt en kommersielt interessant gruppe fisk som avlusere i lakseindustrien. Det er i hovedsak bergnebb, berggyllt og grønngyllt som fiskes kommersielt til dette formål. Bergnebb har over år blitt fanget i relativt stabile mengder i Indre Oslofjord og følger trenden for Skagerrak. Grønngyllt var tidligere mindre tallrik, men har økt i mengde siden 70 tallet, mulig i sammenheng med økende temperatur i vannet. I Indre fjord har ikke økningen vært like markant. Siden litt før 2010 er det en tydeligere nedgang i mengde grønngyllt i Indre Oslofjord enn i Skagerrak generelt.

Innledning

Oslofjorden med øyer og strender er kanskje landets mest benyttede rekreasjonsområde. Fjorden har store verneverdier og stort biologisk mangfold både til lands og til vanns og er intenst brukt til friluftsliv, vannsport, fiske og fangst, transport, mottaker av avløpsvann og som leverandør av kjølevann. De senere årene har det også dukket opp havnenære byggeprosjekter hvor nærheten til fjorden og dets muligheter for fritidsaktiviteter har vært fremhevet som et trekkplaster. Slike prosjekter øker kravet om at også havneområdene skal ha god vannkvalitet. Trussel mot friluftsliv og rekreasjon knyttet til vann har vært mye av drivkraften bak iverksatte tiltak mot forurensning i fjorden.

I 2014 ble det ferdigstilt en oppdatert kunnskapssammenstilling knyttet til status, trusler og tiltak for Indre Oslofjord (Thaulow og Faafeng, 2014). Rapporten peker på fremtidige utfordringer og strategier og tiltak for å nå mål knyttet til a) rekreasjon og friluftsliv, b) fiske og fangst og c) økologi som tilfredsstillende vanddirektivet og mål for biologisk mangfold. Det er ikke noe enkelttiltak som fullt ut løser de miljøutfordringene en står overfor i Indre Oslofjord. Det er likevel enkelte tiltak som er viktigere enn andre. Viktige tiltak som kan bidra til å løse de miljøutfordringene en står overfor i Indre Oslofjord kan være øket kapasitet på de kommunale renseanleggene, dypvannsutslipp av hovedavløp, reduserte tilførsler av

næringsalter og miljøgifter og destabilisering av lagdelingen i bunnvannet i Bunnefjorden.

Hovedmålet med forvaltning av norsk vannmiljø gjennom Vannforskriften er å sørge for at alle vannforekomster på sikt skal oppnå minst god tilstand målt ut fra et sett med godkjente grenseverdier for ulike kvalitetskriterier. Som et ledd i prosessen frem mot målet om at alle vannforekomster skal oppnå minst god tilstand fikk en rekke industri- og næringsbedrifter i 2014 pålegg fra Miljødirektoratet om tiltaksrettet vannovervåking i vannforekomsten der de har utslipp. Flere av disse har utslipp til Indre Oslofjord. Hensikten med overvåkingen er å fremskaffe tilstrekkelig informasjon til å kunne avklare om det er behov for å sette i sving bedriftsrelaterte tiltak for å nå målet om god tilstand. Foreløpig er det i hovedsak kun industrien som har fått pålegg om tiltaksrettet overvåking. En må imidlertid håpe og forvente at tiltaksrettet overvåking også vil bli aktuell i forbindelse med utslipp fra andre sektorer (jordbruk, kommunale rensanlegg). Uten at effekten av de samlede utslipp vurderes og reduseres vil det bli vanskelig å tilfredsstille målene for fjorden.

Indre Oslofjord er en innelukket fjord på ca. 190 km² som kun kommuniserer med området utenfor gjennom det ca. 1 km smale Drøbaksundet som har en terskel på ca. 20 m dyp. Pga. fjordens innelukkede karakter vil utslipp til fjorden fort kunne medføre uønskede effekter i fjorden, eksempelvis som overgjødning (ved tilførsler av næringsalter) eller ved uønskede effekter hos organismer (ved tilførsler av miljøgifter). Dette er påvirkninger som fremdeles er aktuelle, særlig fordi områdene rundt Indre Oslofjord har hatt og ventes å få en betydelig befolkningsøkning i fremtiden med de økede tilførslene som dette vil medføre. I denne situasjonen er vanddirektivets krav om at alle vannforekomster skal oppnå minst god tilstand en utfordring.

Den tiltaksrettede overvåking som Miljødirektoratet nå har pålagt industrien skal i første omgang gjennomføres i 2015. Det er den enkelte bedrift som har ansvaret for å utforme programmet for den tiltaksrettede overvåkingen, i de fleste tilfeller med hjelp av en konsulent. Programmet skal imidlertid godkjennes av Miljødirektoratet. Det har i mange tilfeller vært en relativt stor utfordring å finne kvalitetselementer som er anvendelige til å påvise effekter av en enkelt bedrift. Dette har dels sammenheng med fjordens innelukkede karakter med begrenset vannutskiftning og at de enkelte utslipp kan ligge nær hverandre. Det er dermed vanskelig å skille effektene av hvert enkelt utslipp.

Indre Oslofjord dekker 7 vannforekomster inkludert Drøbaksundet sør for Drøbakterskelen. Overvåkingen som gjøres av Fagrådet i Indre Oslofjord berører all disse vannforekomstene, men i varierende grad og i hovedsak ikke i tilstrekkelig grad til å kunne avklare i hvilken grad enkeltbedrifter påvirker sitt nærmiljø. For å ivareta et slikt behov trengs et «skreddersydd» program for den enkelte bedrift, ofte med et tettere stasjonsnett innenfor et mindre område nær bedriften. Fagrådets overvåking har imidlertid gitt et godt bilde av den generelle situasjonen i fjorden og data fra programmets stasjoner er også anvendelig som referanse for den generelle situasjonen i vannforekomsten.

Overvåkingen i Indre Oslofjord slik den er gjort de senere årene i regi av Fagrådet er et redskap for å følge med på utviklingstendenser, kontrollere fjordens tilstand og samtidig få oversikt over viktige hendelser i fjorden, eksempelvis dypvannsutskiftninger. Uten overvåking har vi ikke mulighet til å vite om forholdene i fjorden er i bedring eller forverring. Overvåkingen gir også mulighet til å avklare om det er behov for tiltak for å bedre den generelle miljøsituasjonen i fjorden. Gjennomføres tiltak for å forbedre miljøsituasjonen vil overvåkingen også kunne fastslå i hvilken grad en oppnår den ønskede effekten i fjorden. Overvåking blir derfor indirekte et viktig redskap for å forbedre og opprettholde fjordens miljøkvalitet i en tid hvor tilstanden i fjordene trues av økede tilførsler fra en befolkning i vekst, men løser i seg selv ingen miljøutfordringer. Overvåkingen i regi av Fagrådet har hatt avgjørende betydning for beslutninger om de tiltak mot forurensninger som er gjennomført og har dermed i praksis hatt et tiltaksrettet aspekt, men ikke med den detaljeringsgrad som den tiltaksrettede overvåkingen som Miljødirektoratet nå har pålagt industrien.

Overvåkingen som Fagrådet har bidratt til i Indre Oslofjord har i hovedsak vært rettet mot tilførslene av næringsalter (nitrogen og fosfor) og organisk stoff, dvs. stoffgrupper som bidrar til overgjødning eller eutrofieringseffekter. Programmet har noen år også omfattet undersøkelser av forekomsten av miljøgifter i organismer og sedimenter. Miljøgiftovervåkingen i Indre Oslofjord har imidlertid i hovedsak vært gjennomført i regi av Miljødirektoratet

Programmet

Overvåkingen av Indre Oslofjord i 2014 ble gjennomført av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med Institutt for biovitenskap ved Universitetet i Oslo (UiO). Som et eget prosjekt har Havforskningsinstituttet også foretatt strandnottrekk (Espeland og Knutsen, 2014) og PURA (Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget – gjennomføring av EUs vannrammedirektiv) har finansiert undersøkelser av forekomst av algetoksiner i Åreungenelva.

I overvåkingen observeres fjordens dypvannsfornyelse, oksygenforhold (oksygenforbruk) og næringssaltinnhold ved 6 tokt pr. år. Overflatevannets kvalitet sommerstid blir målt ved ugentlige observasjoner av siktdyp, planteplankton og næringsalter. Planteplanktonmengden og næringsalter i fjordens overflatevann observeres med automatisk prøvetaking ombord på Color Fantasy når den passerer Vestfjorden (annenhver dag året rundt). Systemet om bord i Color Fantasy (se **Figur 1**) pumper inn vann fra 4 m dyp gjennom et hull i fergens skrog. Systemet måler klorofyll-a fluorescens som et mål for algetetthet, partikelmengden i form av turbiditet, temperatur, saltholdighet og oksygen. I tillegg til slike kontinuerlige målinger kan systemet ta vannprøver automatisk (f. eks for næringsalter).

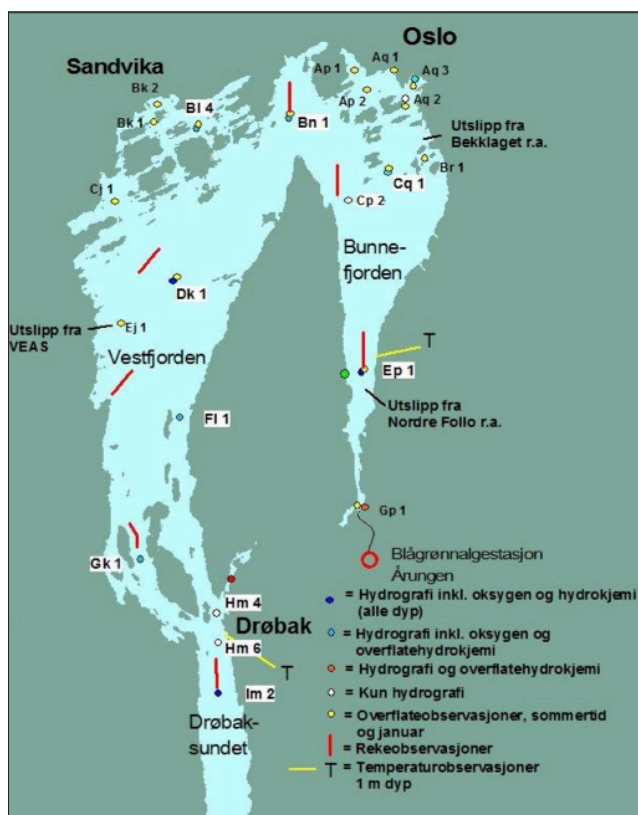


Figur 1. Overvåking med bruk av Color Fantasy. Sensorer i vann (Ferrybox) og på dekk, dataoverføring via satellitt.

Hver høst gjennomføres sledetrekking på bunnen i de ulike delene av fjorden for å kartlegge forekomsten av reker i fjorden som et uttrykk for miljøtilstanden. Det gjennomføres også regelmessige undersøkelser for å kartlegge forekomsten av bunnlevende alger. Slike undersøkelser var ikke en del av programmet i 2014. Mer sjeldent er det også gjennomført bløtbunnsundersøkelser, siste gang i 2009.

Programmet dekker også undersøkelser hvor målsetningen har vært å følge eventuelle effekter av miljøgifter på torsk i Indre Oslofjord samt å kartlegge forekomsten av ulike fiskeslag. Disse undersøkelsene gjennomføres av Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo, og innebærer blant annet innsamling og prøvetaking av torsk i Indre Oslofjord og utenfor Hvaler, men slike undersøkelser var ikke en del av programmet i 2014.

Oppblomstringen av blågrønnalger i Årungen sommeren 2007



Figur 2. Hoved stasjoner i Indre Oslofjord i 2014.

førte til en transport av algene til Bunnebotn innerst i Bunnefjorden, og det ble advart mot bading i fjordområdet da giftnivået var over anbefalt grense. I perioden 2008-2014 har det blitt foretatt en løpende overvåking av blågrønnalger i Årungenelva for å kunne advare mot bading når giftnivået eventuelt overstiger faregrensen. I 2014 ble slike undersøkelser finansiert av PURA. Ingen slik overskridelse av faregrensen ble observert i 2014.

For å følge med en langsiktig klimautvikling i fjorden ble hyppige observasjoner av temperaturen i fjordens overflatevann begynt i 2008. Observasjoner blir tatt 1 gang pr. time i Bunnefjorden og Drøbaksundet (Biologisk stasjon) på ca. 1 meters dyp. Temperaturen i fjordens dypvann følges ved de ordinære toktene i fjorden.

Programmet omfatter en viss beredskap for varsling av ekstreme hendelser i fjorden. I 2014 ble det ikke registrert slike hendelser.

I tillegg til de mer rutinemessige delene av programmet gjennomføres også spesielle undersøkelser etter behov.

Hovedstasjoner for overvåkingen ses i **Figur 2**.

Rensetiltak har ført til stadig bedre miljø i Indre Oslofjord, men befolkningstilveksten truer.

Tilførselen av næringssalter til Indre Oslofjord har blitt betydelig redusert siden midten av 1970-tallet til 2003, men har siden økt eller ligget omtrent i samme nivå (perioden 2007-2010) (se **Figur 3**). De siste 3 årene har det imidlertid vært en svak nedgang i tilførselen av fosfor, mens nitrogentilførselen steg svakt.

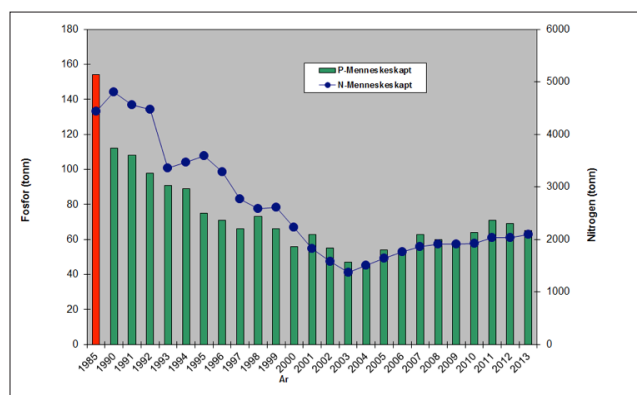
Mesteparten av tilførselen av næringssalter til Indre Oslofjord er menneskeskapt og stammer fra befolkningen.

Næringssaltreduksjonen frem til 2003 (se **Figur 3**) er i hovedsak en følge av forbedret rensegrad på renseanleggene. Siden høsten 2001 har det vært kjemisk/biologisk rensing på de tre store anleggene – VEAS (1995/96), Nordre Follo (1997) og Bekkelaget renseanlegg (2001). Renseanleggenes beliggenhet ses i **Figur 2**. Arbeidet med bedre rensing av kommunalt avløpsvann har imidlertid vært en fortløpende prosess siden midten av 1970-tallet. Byggingen av ”Midgardsormen” som ble åpnet i 2014 representerer et nytt tiltak som skal redusere tilførsler av forurenset avløpsvann til Oslofjorden etter langvarig eller kraftig nedbør. Anlegget vil trolig også redusere tilførselen fra akuttutslipp og utslipp via feilkoblinger på avløpsnett. Avløpssystemet vil også kunne fange opp eventuell miljøgifter bundet i partikler som tidligere ble sluppet ut ubehandlet fra overløpsledninger og direkte ut i fjorden og vassdragene.

Konsentrasjonen av total fosfor og total nitrogen i det øvre laget (0 til 16 meter) gir et godt bilde av hvordan tilførselen av menneskeskapt tilførsler til overflatelaget har endret seg.

Konsentrasjon av fosfor og nitrogen (**Figur 4 og Figur 5**) viser avtagende næringssaltkonsentrasjoner i fjorden fra begynnelse av 1980-tallet. For fosfor var det et minimum på slutten av 90-tallet, og etter dette har konsentrasjonen økt noe frem til 2003. Fra 2003 og frem til 2014 har konsentrasjonen hatt en svak nedgang og er i hovedsak i tilstandsklasse moderat (Veileder 02:2013), men med konsentrasjon høyere enn i 1999. For nitrogen ble det i 2011 observert et minimum for verdier midlet over tre år. Tilstandsklassen i 2011 var svært god (I), men konsentrasjonen har de tre påfølgende årene økt og i 2014 var tilstanden god (II) (**Figur 5**).

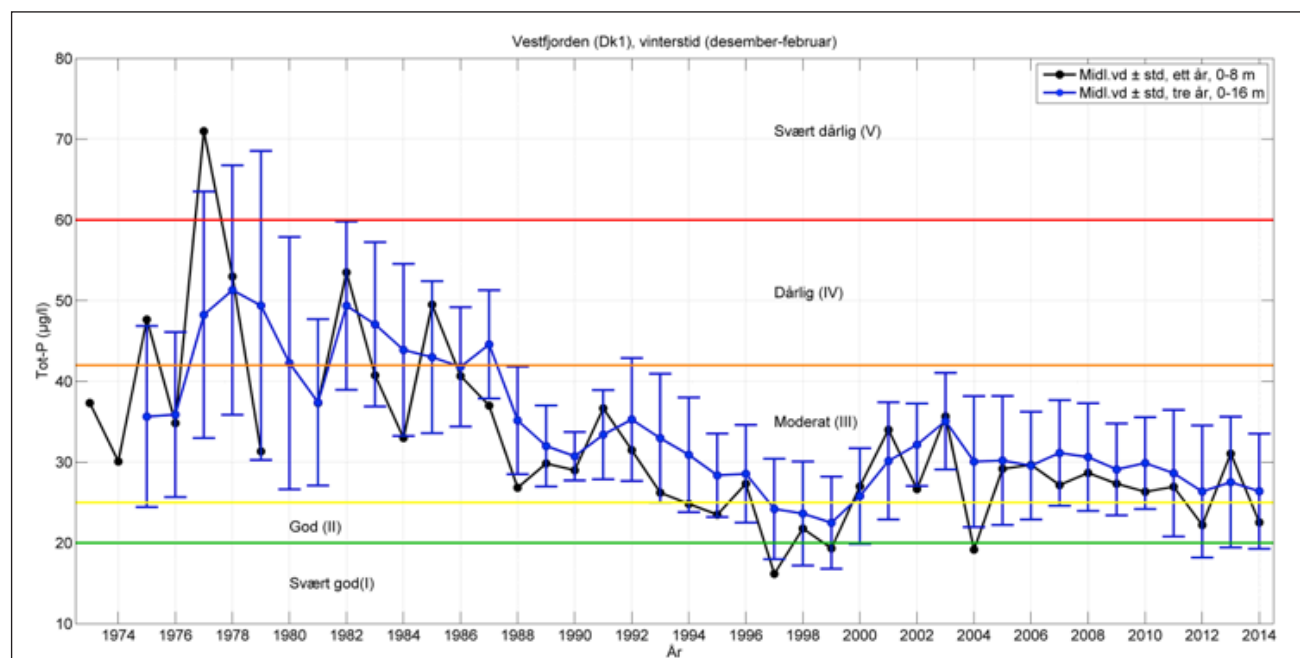
Frem til begynnelsen av 1980-tallet ble mesteparten av avløpsvannet sluppet ut til fjordens overflatevann, mens det i økende grad etter 1980-tallet har blitt tilført til fjordens mellomlag (30-50 meters dyp) og dermed i mindre grad enn tidligere kommer i kontakt med den del av vannsøylen der fotosyntesen kan foregå. Dette bidrar også til at overgjødningseffekten reduseres.



Den direkte og indirekte effekten av redusert lokal belastning av næringssalter er mindre intense planteplanktonoppblomstringer, klarere overflatevann samt mindre organisk belastning på de dypere vannmassene og derved redusert oksygenforbruk og bedre oksygenforhold. Den samlede effekten har gitt en klar positiv effekt på hele fjordens økosystem. Men, kapasiteten på renseanleggene er i ferd med å bli sprengt og det trengs derfor nye utbygninger for å møte fremtidens avløpsutfordringer.

I en nylig fremlagt (2012) strategi for areal og transport i Oslo og Akershus legges det til grunn at folketallet i Oslo og Akershus kan øke med 350000 i løpet av 20 år. For planlegging av infrastruktur, eksempelvis behovet for rensekapasitet for kommunalt avløpsvann, må det tas høyde for denne veksten. Befolkningsveksten rundt Oslofjorden er en utfordring og betyr at selv bare for å opprettholde dagens tilstand i fjorden så må rensekapasiteten og rensegraden totalt sett økes. Vi er også inn i en tid hvor mulige klimaendringer kan ha betydning for fjorden. Bl.a. kan det tenkes økt oksygenforbruk i dyplagene pga. høyere temperatur i det vannet som strømmer inn i fjorden ved dypvannsutskiftninger.

Figur 3. Menneskeskapt tilførsel av fosfor og nitrogen (tonn/år) 1990-2013 sammenlignet med tilførselene i 1985. Reduksjonen var omtrent 70 % i 2003 men har blitt noe mindre i de senere år.



Figur 4. Vinterobservasjoner av Tot-P i Vestfjorden (Dk1) i 0, 4 og 8 meters dyp for perioden 1973 til 2014 (vist i sort), og i 0, 4, 8, 12 og 16 meters dyp for perioden 1975 til 2013 (vist i blått). Dataen vist i blått er mest i tråd med Veileder 02:2013 som anbefaler prøvedyp på 0 til 15 meter. Punktene i figuren er fremkommet ved at en først har beregnet middelverdi over dyp for hver dato, deretter har en beregnet gjennomsnitt over datoene innenfor hver vinterperiode. Verdiene i sort viser gjennomsnitt over ett år, mens verdiene i blått viser gjennomsnitt over tre år som er i henhold til Veileder 02:2013. Årstall gjelder månedene januar og februar, men hver vinterperiode omfatter også data fra desember året før. Mengden data bak hvert gjennomsnitt vil variere noe fra år til år. Verdiene fra enkelt år kan avvike sterkt som følge av lokale flommer, varierende grad av algeoppblomstring, eller varierende tidspunkt av dypvannsfornyelse. Utviklingen er sammenlignet med grenseverdiene i Veileder 02:2013

Dypvannsfornyelse

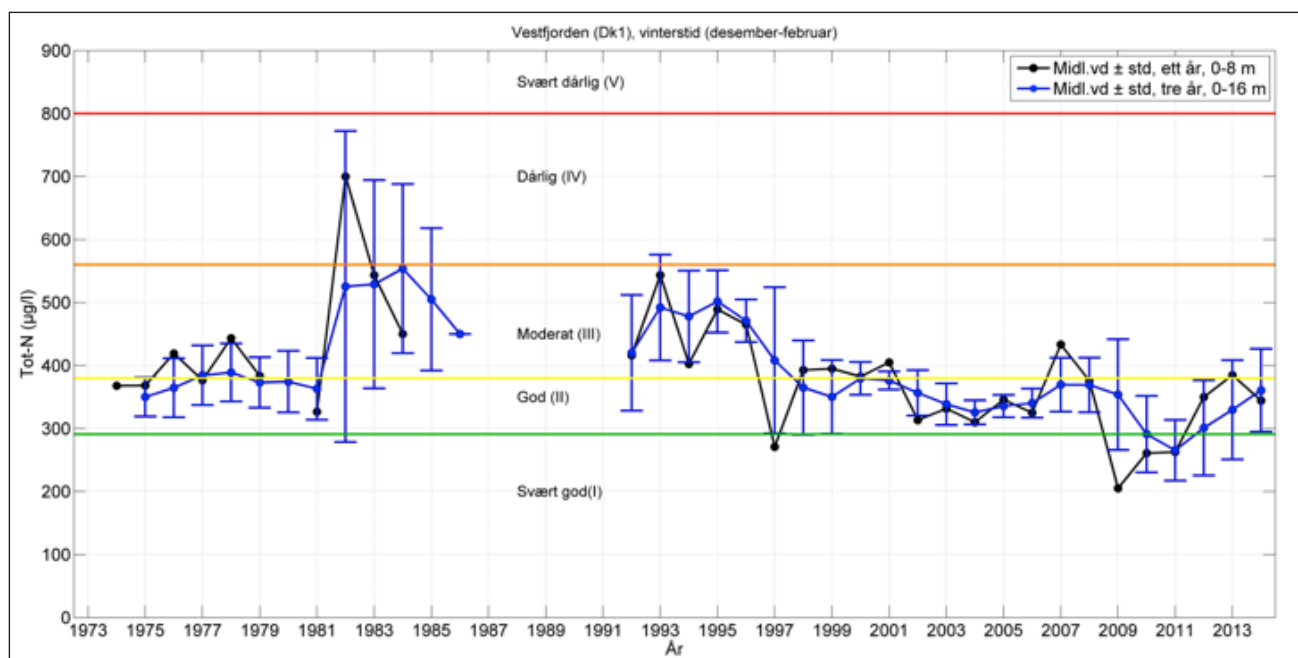
Totalt sett ble ca. 75 % av vannet mellom 20 m og bunn fornyet i fjorden innenfor Drøbak mellom august 2013 og mai 2014 (**Figur 7**). Stort sett var fornyelsen begrenset til Vestfjorden.

Dypvannsfornyelsen i 2013-2014 startet før oktober 2013 med en tilførsel av relativt varmt vann til Vestfjorden på mellomdyp. Frem til desember ble ytterligere vann tilført Vestfjorden, men nesten ikke noe nytt vann til Bunnfjorden. Temperaturen på det innstrømmende vannet var fortsatt relativt høy. Ved begge utskiftningene hadde det innstrømmende vannet relativt lavt oksygeninnhold (<5 ml/l). Mellom desember 2013 og februar 2014 nådde dypvannsfornyelsen bunn i Vestfjorden og noe også i mellomdyp i Bunnfjorden, men fornyelsen i Bunnfjorden var beskjeden. Dypvannsfornyelsen fortsatte til april, men fortsatt i beskjedene volumer, og i hovedsak begrenset til

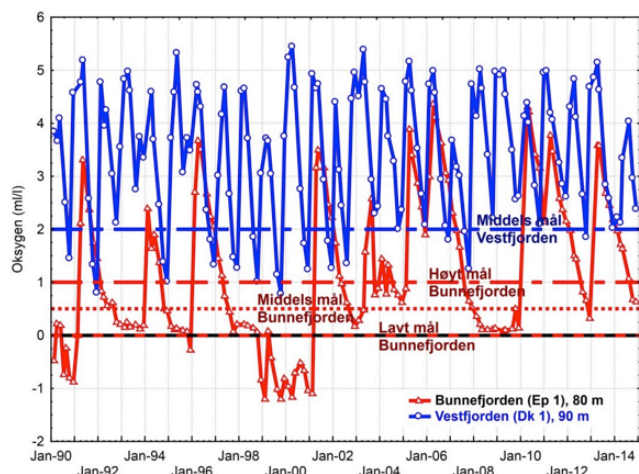
Vestfjorden. Til mai 2014 kom en større dypvannsfornyelse til Vestfjorden hvor hele vannmassen ble utskiftet, men i Bunnfjorden ble fortsatt bare mellomdyp berørt av det innstrømmende vannet.

Fra svingningene i oksygenkonsentrasjonen i 80 m i Bunnfjorden og 90 m i Vestfjorden ser vi at svingningene i oksygenkonsentrasjonen er mer hyppig i Vestfjorden enn i Bunnfjorden (**Figur 6**). Dett gir uttrykk for at en normalt har årlige dypvannsfornyelser i Vestfjorden, mens en i Bunnfjorden har utskiftning i gjennomsnitt ca. hvert 3. år.

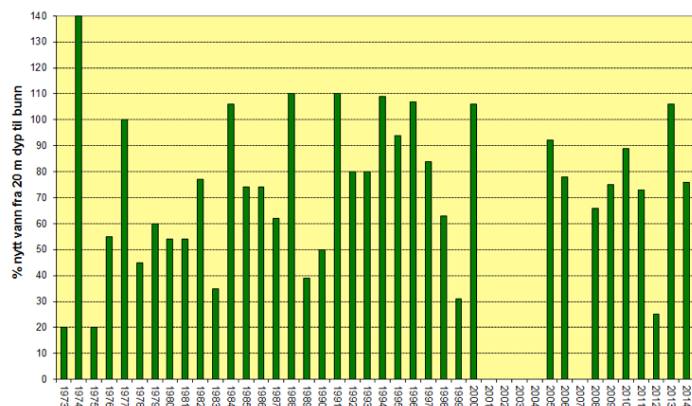
North Atlantic Oscillation (NAO) Index gir informasjon om variasjonen i lavtrykk og høytrykk forholdet i Nord-Atlanteren som også påvirker værforholdene i Norge. Positiv indeks fører mild og fuktig luft inn over Sør-Norge og sørlige vinder blir mer fremtredende, mens negativ indeks gir vinter med kald og tørr luft og større frekvens av nordlige vinder. Lengre perioder



Figur 5. Vinterobservasjoner av Tot-N i Vestfjorden (Dk1) i 0, 4 og 8 meters dyp for perioden 1973 til 2014 (vist i sort), og i 0, 4, 8, 12 og 16 meters dyp for perioden 1975 til 2013 (vist i blått). Dataen vist i blått er mest i tråd med Veileder 02:2013 som anbefaler prøvedyp 0 til 15 meter. For detaljert beskrivelse, se Figur 4. Utviklingen er sammenlignet med grenseverdiene i Veileder 02:2013.



Figur 6. Beregnet relativ dypvannsfornyelse (20 meters dyp til bunn) for hele Indre Oslofjord, 1973- 2000 samt 2005 -2014. Søylen viser fornyelse i % av totalt volum (20 m dyp til bunn). Det er ikke gjennomført beregninger for 2001-2004. Beregningene er ikke presise og normalt ligger et volum på størrelsen med Bekkelagsbassenget innenfor usikkerheten. Årets beregninger var ekstra usikre da egenskapene på innstrømmende vann ikke kunne direkte avleses av observasjoner utenfor terskelen, men måtte til dels anslås.

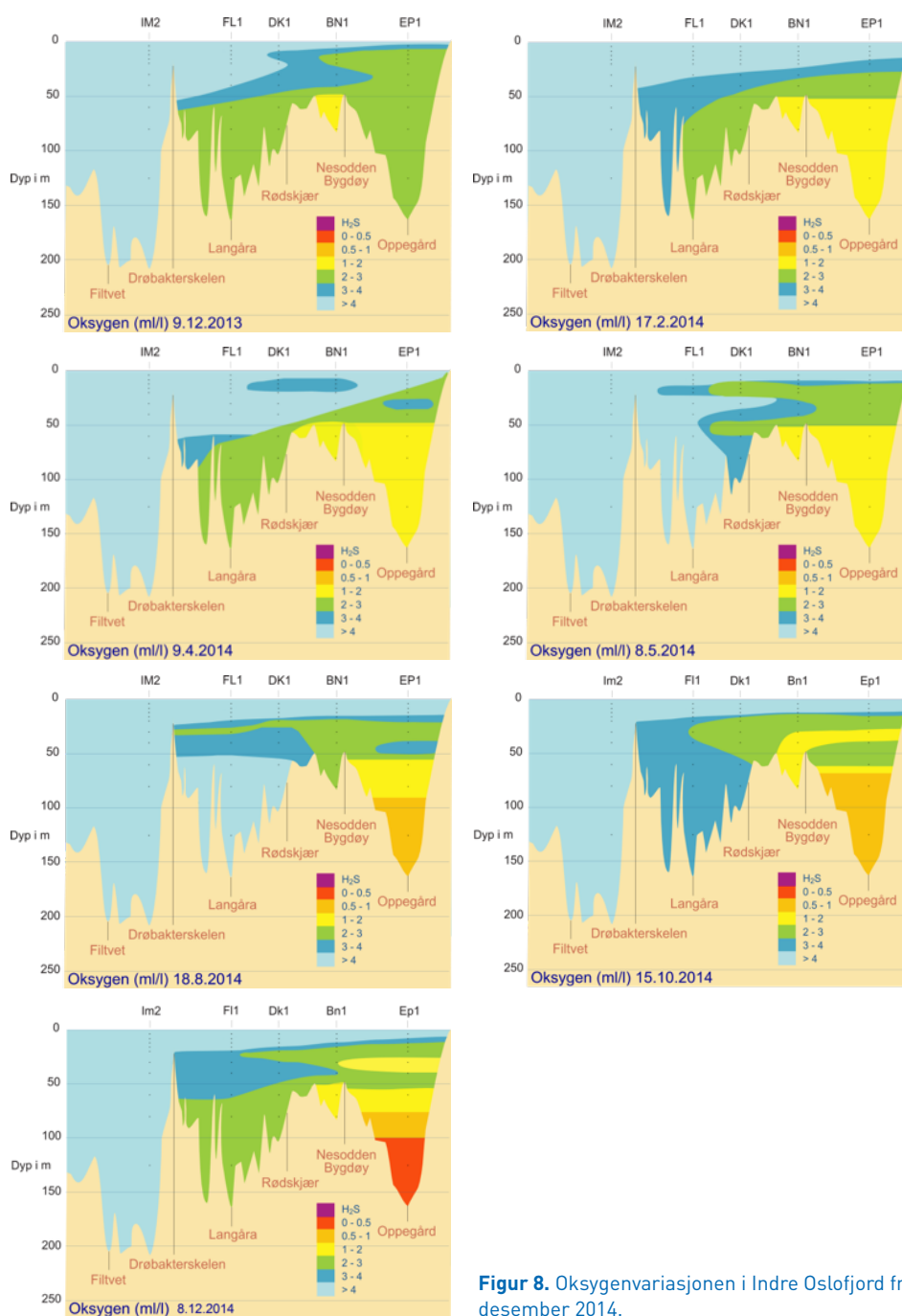


Figur 7. Oksygenkonsentrasjon ved 80 m dyp (Bunnfjorden) og ved 90 m dyp (Vestfjorden) fra 1990 til desember 2014.

med sterke nordlige vinder genererer dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord. Vinteren 2014 var NAO-indeksen positiv og det ble observert en dypvannsfornyelse i Vestfjorden, men ikke noen dypvannsfornyelse i Bunnfjorden annet enn i mellomlaget.

Bunnfjordens dypvann har på ny et lavt innhold av oksygen

Ny tilførsel av oksygen til fjordens dypvann er langt på vei styrt av vannutskiftningen i fjorden som varierer fra år til år (Figur 7), mens nedgangen i oksygenkonsentrasjonen skyldes oksygenforbruket som drives av biologisk nedbrytning av organisk materiale. Oksygenkonsentrasjonen er et sentralt mål på tilstanden i en vannmasse. Ulike dyr har ulike krav til oksygen for å overleve eller trives. Reker krever over ca. 1 ml/l for å overleve og helst høyere konsentrasjoner. En oversikt



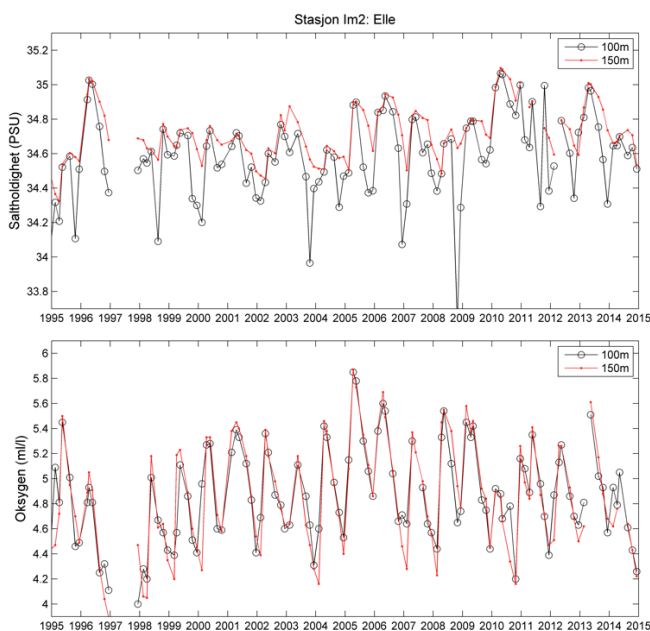
Figur 8. Oksygenvariasjonen i Indre Oslofjord fra desember 2013 til desember 2014.

over oksygenforholdene i Indre Oslofjord fra Bunnefjorden og ut til Drøbaksundet fra desember 2013 til desember 2014 ses i **Figur 8**. Fra desember 2013 og frem til februar 2014 ble noe av vannet på mellomdyp i Vestfjorden fornyet, mens det skjedde lite endring i oksygenforholdene frem til april 2014. Deretter og frem til 18. august 2014 fant det sted en videre utskiftning av bunnvannet innover i Vestfjorden. I hele denne perioden var det stagnerende forhold i Bunnefjordens dypvann uten utskiftning av bunnvannet. Dette medførte at oksygenkonsentrasjonen sank og den lå i august 2014 mellom 0,5 og 1 ml/L fra ca. 80 m og dypere. Utover høsten sank oksygenkonsentrasjonen i dypvannet ytterligere i Bunnefjorden slik at verdiene i de dypere områder lå i intervallet 0-0,5 ml/l, dvs. under det som tolereres av reker og en del fiskearter. Også i Vestfjorden sank oksygenkonsentrasjonen noe utover høsten 2014, men konsentrasjonene som ble observert representerte foreløpig ingen trussel for reker eller stedegen fisk.

I hele perioden har oksygenforholdene i Drøbaksundet vært relativt gode (>4 ml/l) i alle dyp, men figuren viser ikke variasjon i konsentrasjonen over 4 ml/l. **Figur 9** viser variasjonen i dypvannet i Drøbaksundet, og vi kan se at vannet her også er inne i en stagnasjonsperiode hvor saltholdigheten og innhold av oksygen i 2014 minker. Konsentrasjonen i dypvannet er på vei ned mot 4 ml/l, og det vil være interessant å følge denne utviklingen i 2015.

I desember 2014 ble det ikke observert vannmasser i Vestfjorden som var tunge nok til å kunne fornye bunnvannet under terskeldyp (~ 50 m) i Bunnefjorden. Det er derfor nødvendig at en får en dypvannsfornyelse i Vestfjorden før det kan skje noen dypvannsfornyelse i Bunnefjorden.

Oksygenforholdene i de to største og viktigste bassengene i Indre Oslofjord (Vestfjorden, Bunnefjorden) over et lengre tidsperspektiv ses i **Figur 10** og **Figur 11**. I Vestfjorden har det skjedd en forbedring siden 2001 på dyp > ca. 20 meter (**Figur 10**). Etter 2003 har middels mål stort sett vært oppfylt ned til 90 m dyp, med et kortvarig unntak i 2007.



Forholdene i Vestfjorden varierer ganske regelmessig med årstid; minimumsverdiene om høsten har stort sett holdt seg omkring middels mål, med et unntak i 2007 da det var i en periode var under middels mål. De siste 4 årene har oksygenforholdene i Vestfjorden stort sett oppfylt høyt mål, med unntak av kortere perioder, blant annet vinteren 2013-2014, hvor bare middels mål har vært oppfylt.

Det var ingen utskiftning av dypvannet i Bunnefjorden i 2014 eller 2012, men derimot en større vannutskiftning i 2013 (**Figur 11**). For hele tidsperioden 1973-2014 har det i Bunnefjordens dypvann ikke vært noen entydig positiv utvikling; tilsvarende lange perioder med gode forhold som i 2010-2011 har også forekommet tidligere. I vannmassen mellom 20 og 60/70 meters dyp synes det imidlertid å ha inntrådt et skifte omkring år 2000; mens det før regelmessig var <0.5 ml/l oksygen, har det etter 2000 stort sett alltid vært bedre enn dette.

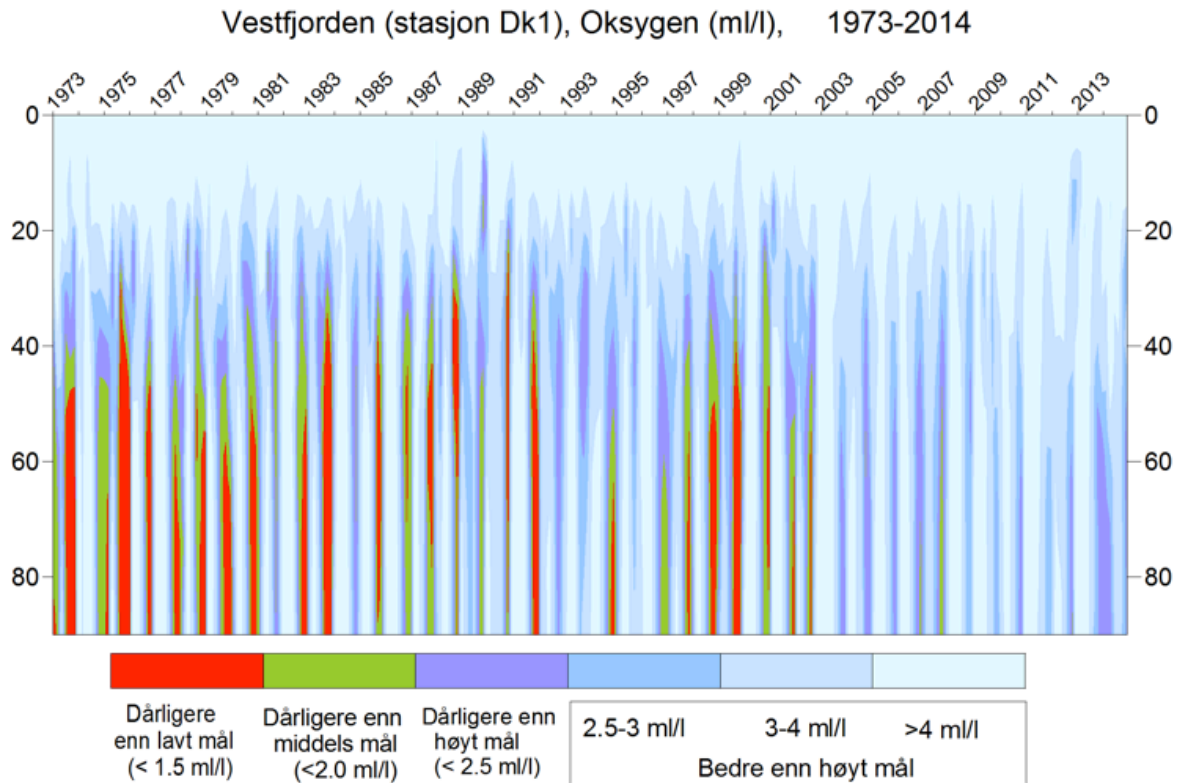
Det nye Bekkelaget renseanlegg ble etablert høsten 2001. Før dette var det ofte hydrogen-sulfidholdig vann og dårlige oksygenforhold i Bekkelagsbassenget. Etter etablering av det nye anlegget, som har et rensedyp på vel 1 m³/s ferskvann på 50 m dyp, er oksygenkonsentrasjonene blitt betydelig bedre.

I Lysakerfjorden (Bn1) har oksygenkonsentrasjonen i de grunnere områder (10-40 m dyp) blitt tydelig bedre siden 2000 og i de dypere deler siden ca. 2008. Også her faller endringen sammen med dyputslippet i Bekkelagsbassenget; en nærmere analyse av data kan kanskje si mer om det er en årsakssammenheng.

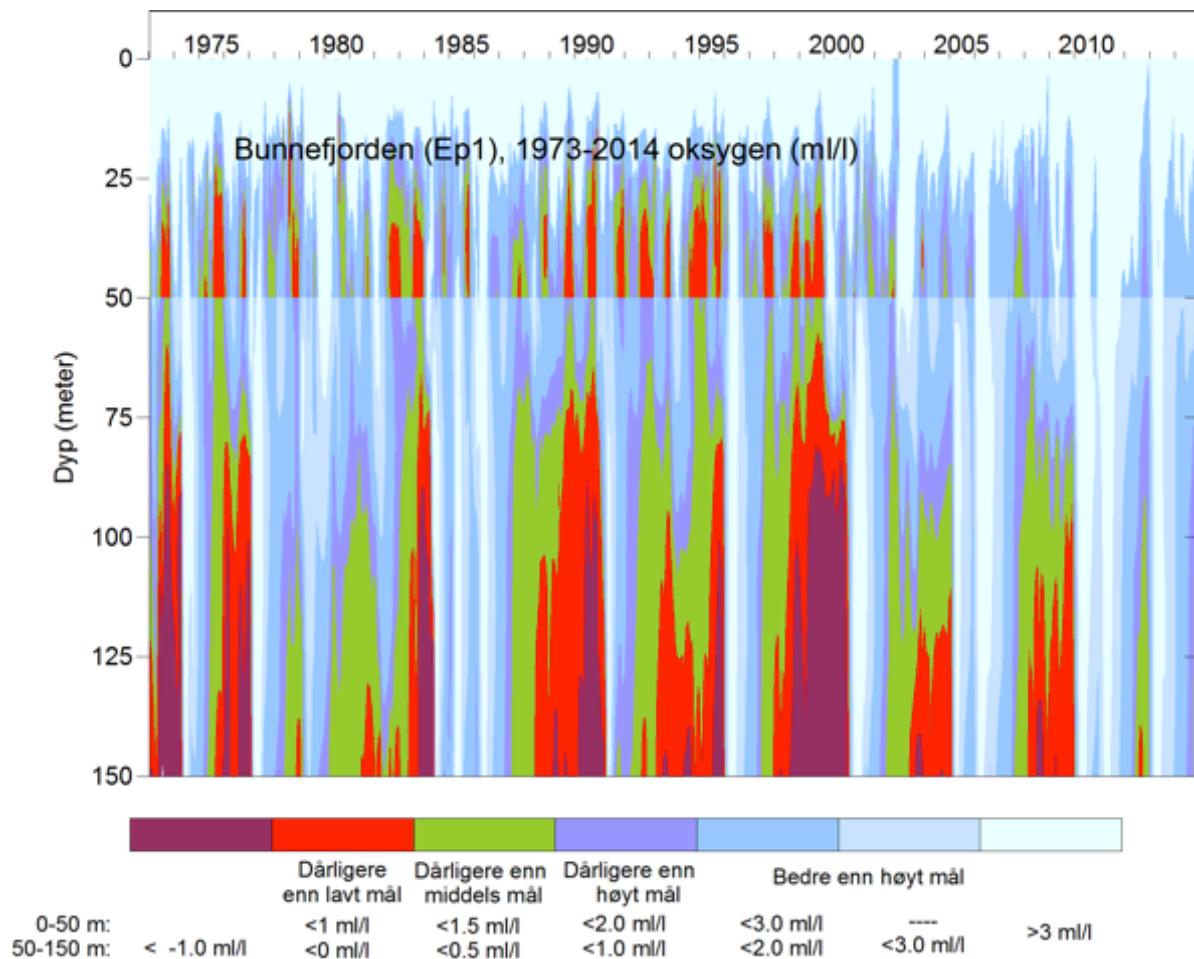
I Bærumsbassenget er det nærmest permanent forekomst av hydrogensulfidholdig vann i bassengets bunnvann, bare med enkelte korte opphold, som i 2011. Trolig må forekomsten av hydrogensulfid i bunnvannet oppfattes som "naturtilstanden" for området (Alve mfl. 2009) og forbedringer kan kun forventes dersom det settes i gang nedpumping av ferskvann for å bedre vannforyelsen, slik dyputslippet fra Bekkelaget renseanlegg har bidratt til i Bekkelagsbassenget.

I Drøbaksundet var oksygenkonsentrasjonen i 2014 hele tiden over 4 ml/l. Imidlertid har det over tid vært tendens til avtakende oksygenkonsentrasjoner på mellomdyp i de vannmasser som anses som mest sannsynlig kilde for nytt dypvann i Indre Oslofjord. **Figur 9** viser at oksygenkonsentrasjonen i dypvannet i 2014 er på vei nedover mot 4 ml/l, siden vannmassene er inne i en stagnasjonsperiode. **Figur 12** viser at disse relativt lave nivåene finnes så grunt som 40 m. Figuren viser også at konsentrasjonen under terskelnivå (dvs. ca. 20 m) er klart lavere enn det som tidligere (1973-1982) har vært målt. En slik nedgang vil bety at konsentrasjonen i dypvannet i Indre Oslofjord etter en dypvannsfornyelse starter på et lavere nivå, slik at oksygenforbruket gir tilsvarende lavere konsentrasjoner mot slutten av stagnasjonsperioden.

Figur 9. Øverst vises variasjonen i saltholdighet i dypvannet i Drøbaksundet i perioden 1995-2014. Under vises oksygenkonsentrasjonens utvikling på samme dyp og for samme periode.



Figur 10. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden [Dk1] 1973-2014, sammenlignet med tentative miljømål. Bare variasjoner under 4 ml/l er vist på figuren.



Figur 11. Oksygenkonsentrasjon i Bunnefjorden (Ep1) 1973-2014, sammenlignet med miljømål for oksygen. Bare variasjoner under 3 ml/l er markert. Miljømålene setter høyere krav til oksygen i vannmassen mellom 20-50 meters dyp enn fra 50 meter til bunn.

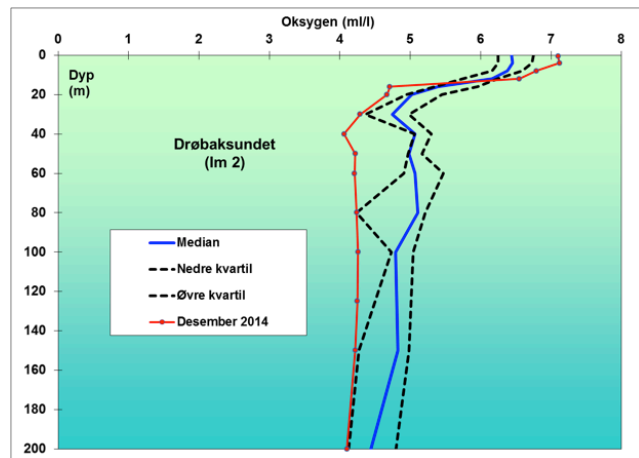
Fremdeles forbedringer i store deler av fjorden - større siktdyp og mindre klorofyll

Rensetiltakene som er gjennomført i Indre Oslofjord etter 1980-tallet med utslipp av avløpsvann til fjordens mellomlag og dermed vekk fra de dypene hvor fotosyntesen kan foregå, samt økende rensesgrad på avløpsvannet har gitt tydelig forbedringer i fjorden. Åpningen av Midgardsormen vil også trolig gi bedre vannkvalitet i de mer bynære områdene. Forbedringen kommer tydelig frem i målingene i Indre Oslofjord av vannkvalitetselementene siktdyp og klorofyll a, men også som reduserte næringsstoffs-konsentrasjoner i overflatelaget.

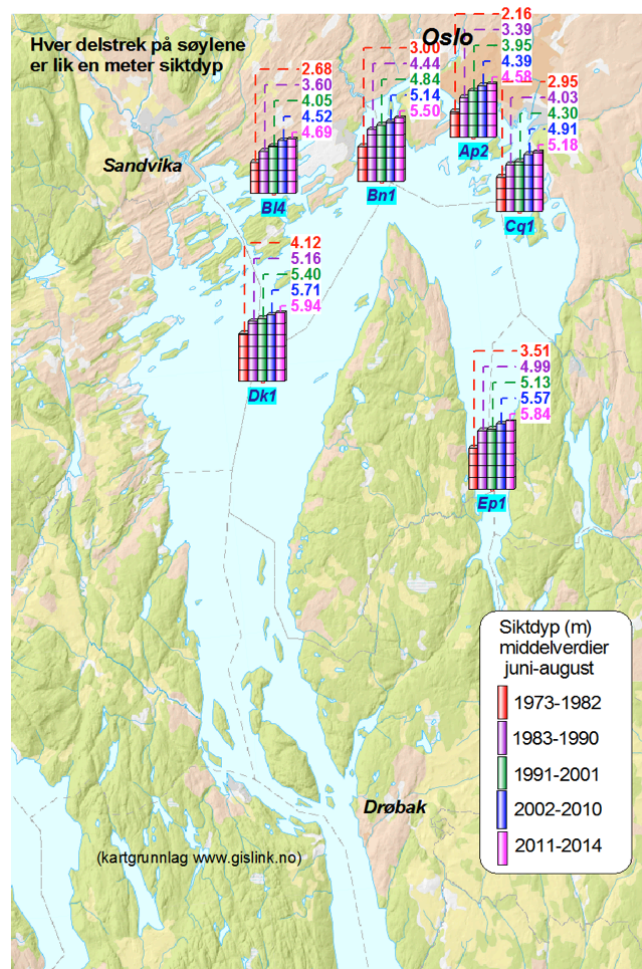
I **Figur 13** og **Figur 14** vises den historiske utviklingen av siktdyp og klorofyll a gjennom søyler presentert som middelverdier for perioden fra juni til august over fire «tiår» samt middelverdier fra juni til august for perioden 2011-2014. Siktdyp har blitt kraftig forbedret. Dette vises ved at det fra 1973 har blitt observert økende siktdyp i hele fjorden (**Figur 13**). Det ble også observert tydelig forbedring for klorofyll a. Forbedringen ses som en nedgang i klorofyll a mengden i hele fjorden frem til perioden 2002-2010 (**Figur 14**). Fra siste «tiårsperiode» (2002-2010) og frem til 2011-2014 ble det observert en viss økning i klorofyll a mengden. Den langsiktige reduksjonen i klorofyll a skyldes lavere næringsstofftilførsel samt at næringsstoffførselen er mindre i dyp hvor fotosyntese kan finne sted. Økningen fra perioden 2002-2010 til perioden 2011-2014 kan muligens tyde på en nå har tatt ut «gevinsten» av de rensetiltakene en tidligere har satt i verk.

Rekordvarmt badevann i 2014

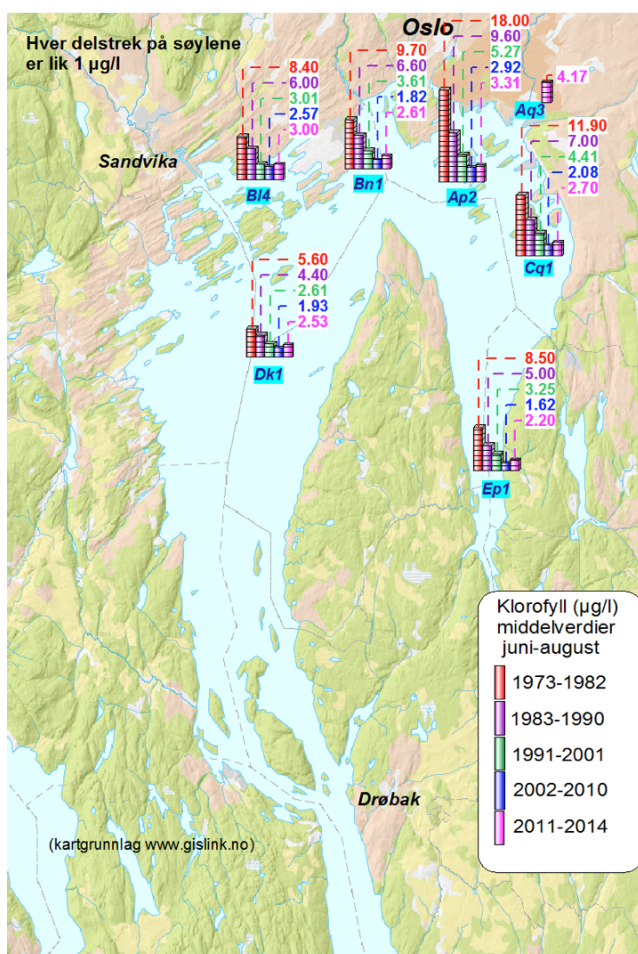
På sommertoktene gjennomføres det temperaturmålinger i overflatevannet (se **Figur 15**). Temperaturen var fra midten av juli til godt ute i august meget høy. I løpet av 1 måned steg temperaturen i overflatevannet med bortimot 10 grader. I Bærumsbassenget ble det 23. juli 2014 målt hele 24,9 grader. For badelivet i fjorden var den høye overflatetemperaturen en «velsignelse». For en del grunnvannsorganismer var imidlertid den høye temperaturen trolig en stressfaktor, mens mer varmtolerante arter som den introduserte stillehavsøstersen kan ha blitt begunstiget.



Figur 12. Konsentrasjonen av oksygen i desember 2014 i Drøbaksundet i ulike dyp. I figuren er også medianverdien for årene 1973-1982 (inkludert nedre og øvre kvartil) inntegnet.



Figur 13. Historisk utvikling av siktdyp i Indre Oslofjord presentert som middelverdier for fire «tiår» samt middelverdi fra juni til august for perioden 2011-2014.



Figur 14. Historisk utvikling av klorofyll a i Indre Oslofjord presentert som middelverdier for fire «tiår» samt middelverdi fra juni til august for perioden 2011-2014.

Mengden av planktonalger var i 2014 vesentlig høyere enn middelverdien for perioden 2006-2013

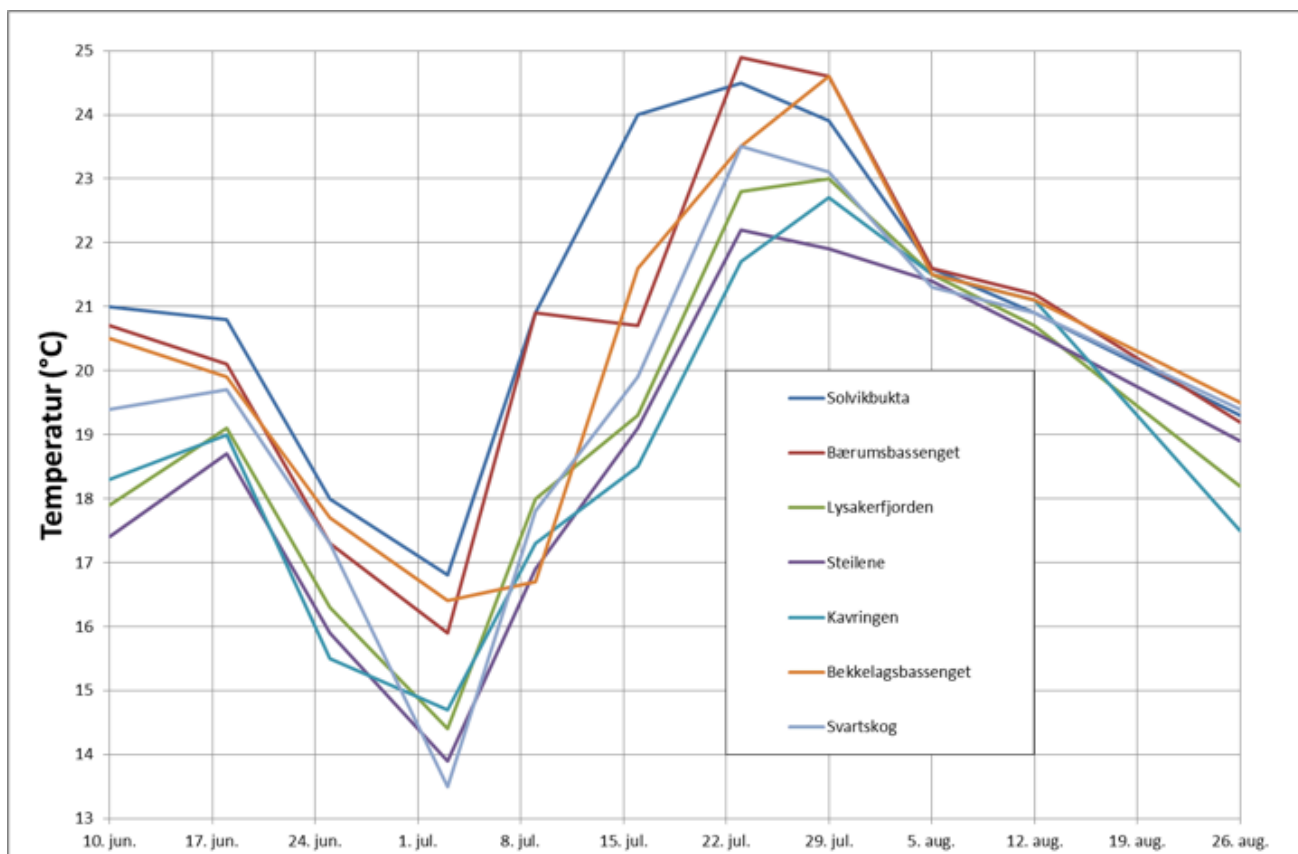
Den totale algemengden i form av cellekarbon integrert over hele året var i 2014 ca. 79 % høyere enn forrige år og lå på omtrent samme nivå som i 2009 (**Tabell 1**). Blomstringsforløpet i 2014 (se **Figur 16**) var tilnærmet det samme som i 2013 (**Figur 17**), men algemengdene var større i 2014. Det ble registrert tre biomassetopper. Den første var en sen våroppblomstring i midten av april. Algeprøve mangler fra akkurat dette tidspunktet, men andre prøver sannsynliggjør at våroppblomstringen var dominert av *Skeletonema*. I slutten av mai startet en 3 måneder lang blomstringsperiode der spesielt kiselalger, men også periodevis dinoflagellater var framtrædende. Kiselalgeforekomstene var svært høye i første del av denne perioden da spesielt *Dactylioslen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica* og *Skeletonema* bidro til svært høy biomasse i form av cellekarbon. Siste del av blomstringsperioden var preget av et mer blandet algesamfunn uten klart dominerende arter eller algeklasser med unntak av en episode der kiselalgen *Chaetoceros minimus/thronsenii* var framtrædende. I løpet av denne blomstringsperioden ble det registrert to blomstringsepisoder av dinoflagellater. Den første i slutten av mai med en svak blomstring av *Ceratium tripos* som ble avløst av den potensielt fisketoksiske *Karlodinium veneficum*, mens den andre ble registrert i midten av juli og var dominert av den potensielt fisketoksiske *Alexandrium pseudogniaulax* som nå synes å ha blitt et årvisst fenomen i Oslofjorden. Dette var den høyeste registreringen av denne arten siden masseblomstringen i 2009. En ny kort blomstringsperiode startet i slutten av oktober da flagellaten *Vicicitus globosus* (synonym: *Chattonella globosa*) dominerte. Årets registrering er den høyeste som er gjort for denne arten i Indre Oslofjord innenfor dette prosjektet. Sammen med *Dictyocha fibula* preget den på senhøsten 2014 algeforekomstene i Skagerrak og videre nord til Hordaland. *Vicicitus globosus* hadde i 2007 og 2008 masseblomstringer i våre farvann, inkludert i indre Oslofjord, og forårsaket da fiskedød på Vestlandet. Det har også i år vært assosiert fiskedød i forbindelse med forekomstene. Det ble ikke registrert forekomster av humantoksiske alger over faregrensene.

Tabell 1. Cellekarbon (µg C/liter/år) integrert over året for årene 2006-2014.

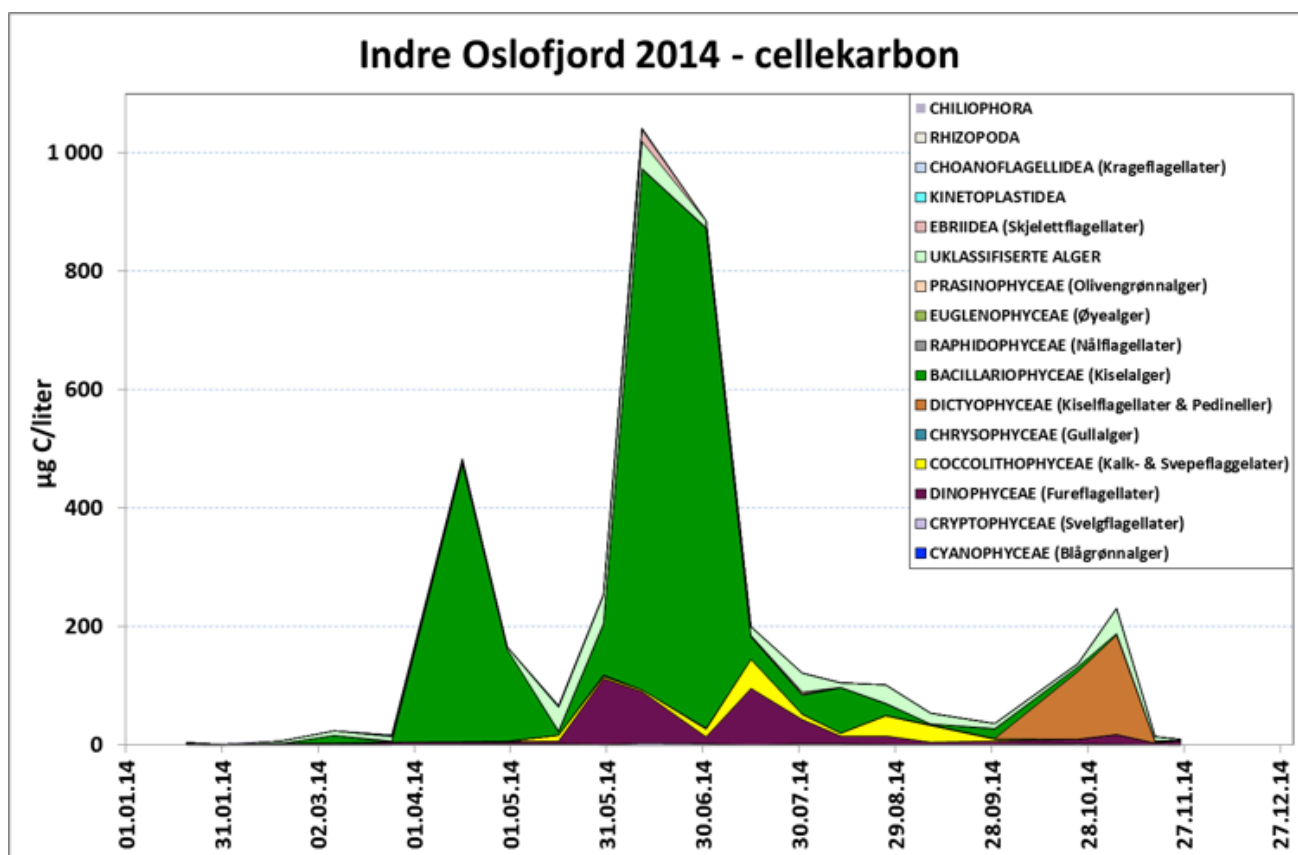
År	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Integrert algekarbon (gC/liter/år)	30,6	51,9	59,2	66,5	20,4*	39,8	39,1	35,4	63,4**

*) Integrert over perioden april-desember.

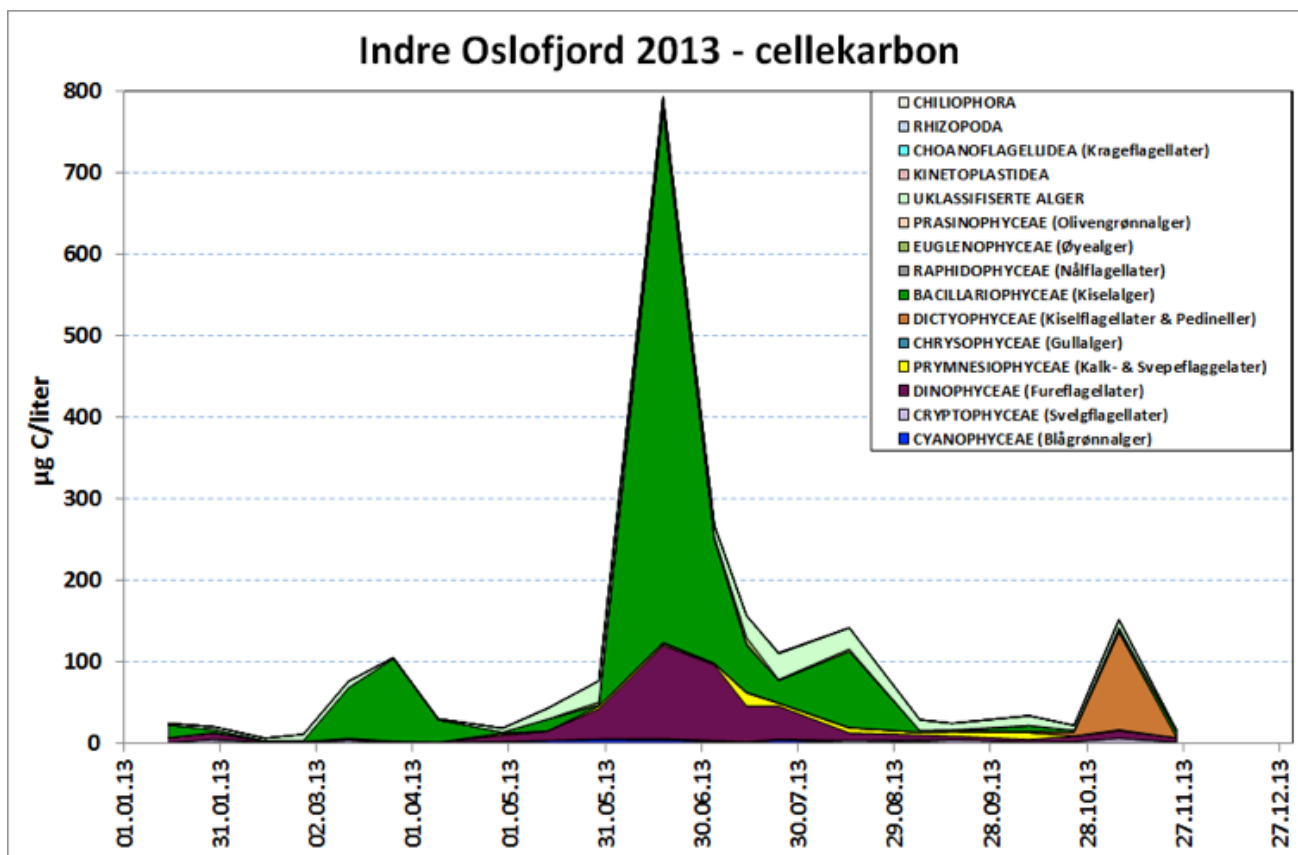
**) Cellekarbon for våroppblomstringstoppen 16.04.14 er estimert ut fra klorofyll a verdi denne dato, mens for de resterende datoene er beregningene basert på celletall.



Figur 15. Temperaturen i overflatevannet på syv stasjoner i Indre Oslofjord i perioden juni til august 2014.



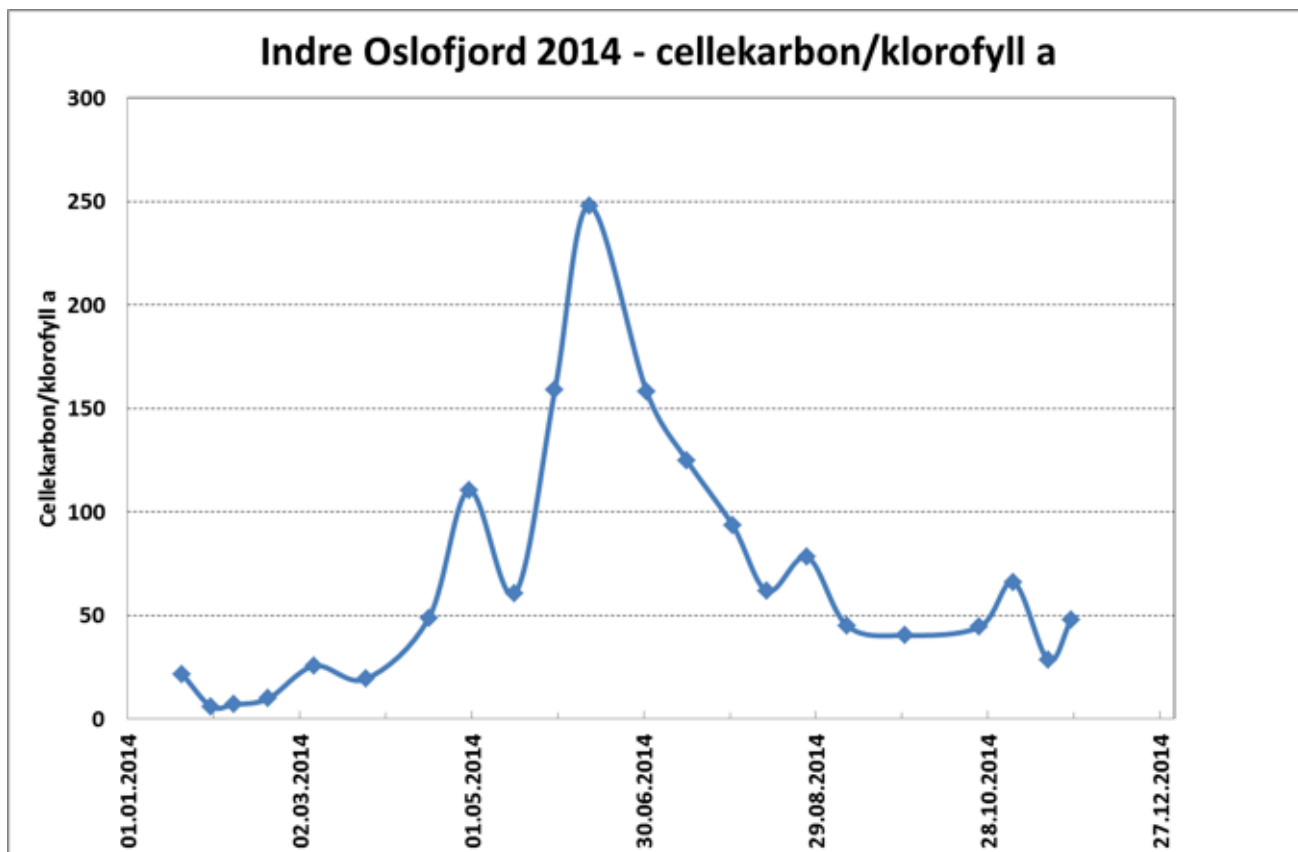
Figur 16. Algebiomasse i form av cellekarbon [$\mu\text{g C/L}$] for 2014. Prøver fra ca. 4 meters dyp i Vestfjorden ved Steilene automatisk samlet inn med MS «Color Festival». Mengden cellekarbon for 16. april er estimert ut fra klorofyll a verdi.



Figur 17. Algebiomasse i form av cellekarbon ($\mu\text{g C/L}$) for 2013. Prøver fra ca. 4 meters dyp i Vestfjorden automatisk samlet inn med MS «Color Festival» ved Steilene.

Figur 18 viser hvordan forholdet mellom beregnet cellekarbon og klorofyll a øker fra våren til sommeren og avtar igjen utover høsten. Årsaken til dette er at autotrofe planktoniske alger

tilpasser klorofyll a-nivået i cellene til lysttilgangen slik at pigmentmengden reduseres når lysmengden øker.



Figur 18. Utviklingen av forholdet mellom cellekarbon og klorofyll a gjennom året på stasjon Dk1 i 2014.

Liten transport av giftige blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden i 2014

Overgjødslingen fra menneskeskapte kilder er en av årsakene til at masseutviklinger av blågrønnalger er et vanlig fenomen i Norge, gjerne på sensommeren. Mange blågrønnalger kan produsere giftstoffer som kan påvirke human helse. Hver sommer transporteres giftproduserende blågrønnalger fra Årungen via Åreungenelva til Bunnefjorden.

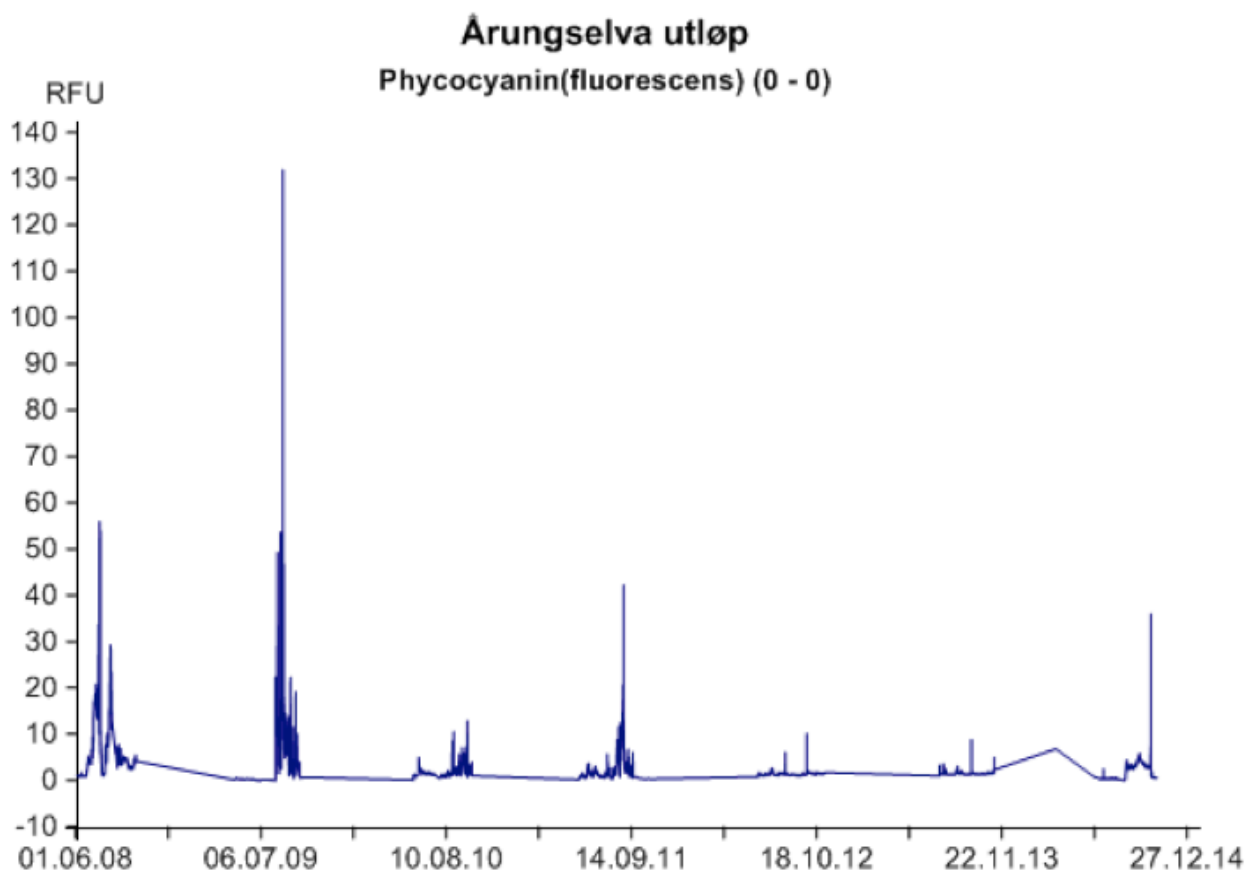
Tidligere trodde man at algene dør ved kontakt med saltvann. Observasjoner i august 2007 viste imidlertid at blågrønnalger overlever i noen tid i sjøvann og kan opptre i deler av Bunnefjorden og forringe badevannskvaliteten der (det ble advart mot bading). I 2008 ble det derfor satt i gang overvåking av transport av blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden på en stasjon i Åreungenelva (**Figur 19**).

Overvåkingen av transport av giftproduserende blågrønnalger gjøres kontinuerlig ved bruk av en sensor som måler mengden av alger direkte. I perioden 2008-2014 har en slik sensor vært i drift i Åreungenelva. Målingene ble i 2014 finansiert av PURA.

Også i 2014 ble det observert algeoppblomstringer i Årungen (**Figur 20**), men produksjonen var relativt liten og det ble ikke observert transport av algetoksiner av betydning fra Årungen og ut i Bunnefjorden. Det var derfor ikke nødvendig å gå ut med noen advarsler mot bading i Bunnefjorden slik som i 2007.



Figur 19. Stasjon for måling av blågrønnalger i Åreungenelva.

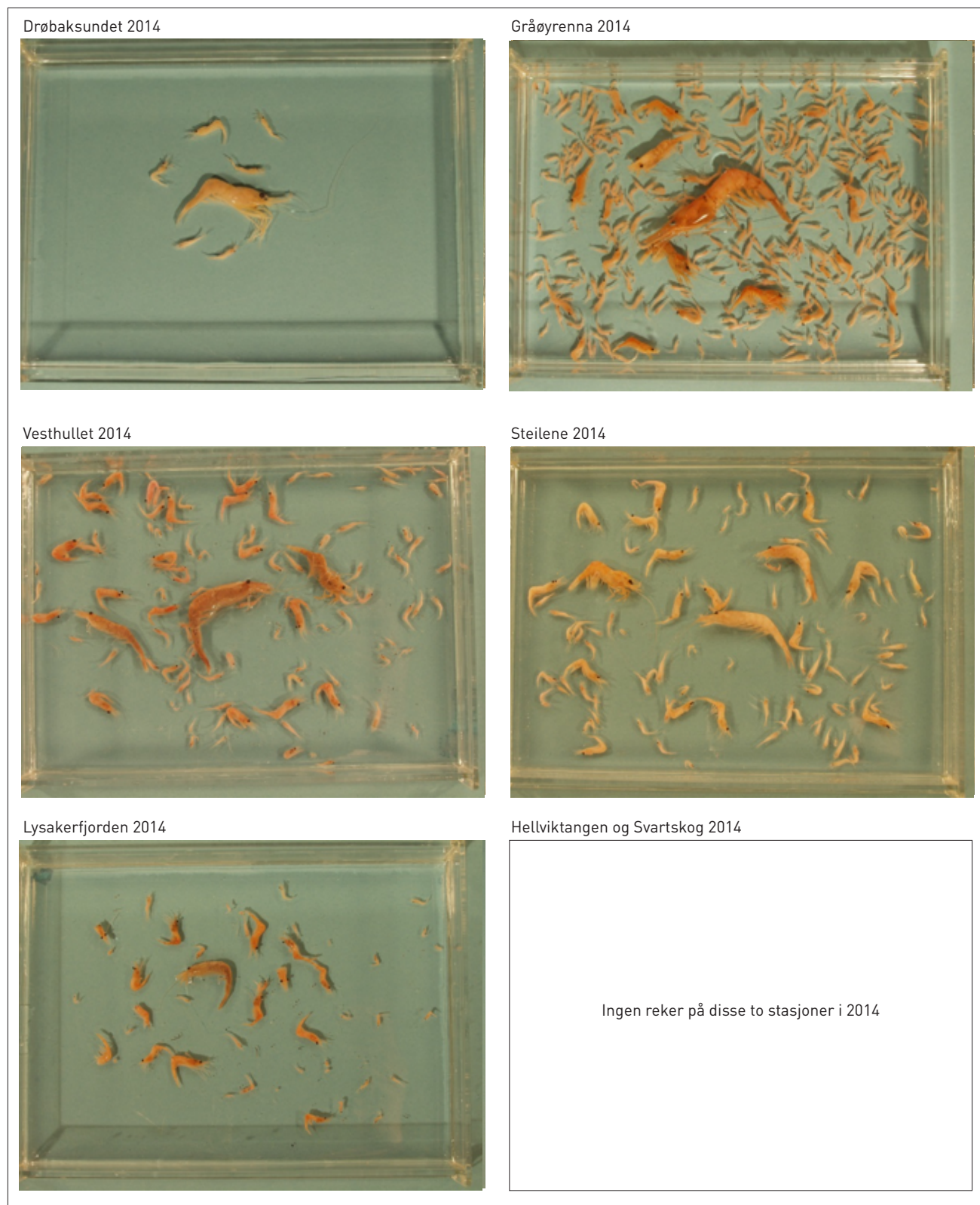


Figur 20. Figuren viser mengden av pigmentet phycocyanin (dvs. et mål for konsentrasjonen av blågrønnalger) i vannet (Åreungenelva) i perioden 2008-2014. RFU – referanse enhet.

«Normalt» med reker i Vestfjorden og Lysakerfjorden i 2014, ingen i Bunnefjorden

Som en del av overvåkingen innsamles det hvert år reker fra dypområdene på i alt 7 lokaliteter i fjorden (**Figur 2**). Rekene fanges ved bruk av en slede med et innsamlingsnett som dras over bunnen over en avstand på ca. 1 km. Rekene som ble

fanget i 2014 ses i **Figur 21**. Reker er følsomme for oksygenforholdene. Undersøkelsene i Indre Oslofjord i perioden 2000-2014 viser 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 en kan oppnå relativt høye individ- og artsantall.



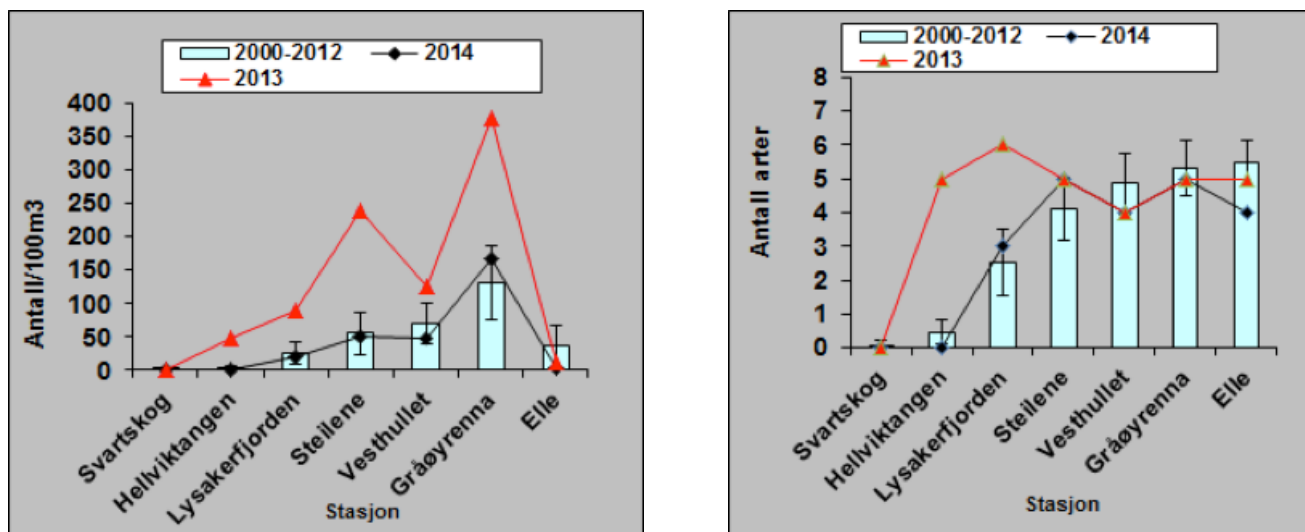
Figur 21. Reker i sledeprøver på 5 stasjoner i Oslofjorden i 2014. Hvert bilde viser rekene som ble samlet i et sledetrek på 1 km. (Foto R. Amundsen).

De senere år har en bare sporadisk observert reker i Bunnefjorden i dypområdene ved Svartskog og Hellviktangen, mens en lenger ut i fjorden normalt finner reker. De dårlige oksygenforholdene som en hadde i dypområdene i Bunnefjorden i 2014 (Figur 8) gjorde at en dette året ikke observerte reker i dette fjordavsnittet (Figur 22).

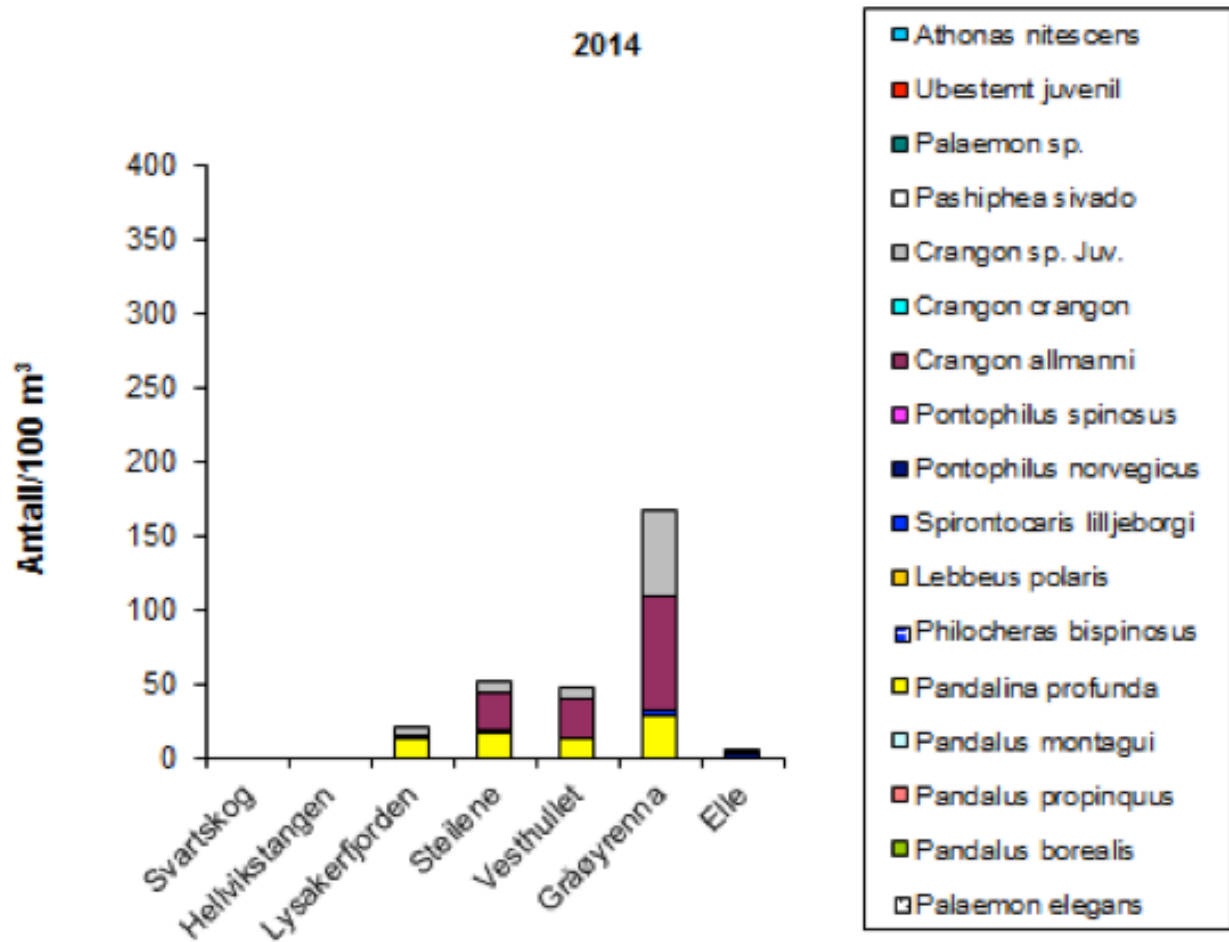
I 2014 ble det observert en forekomst av reker som var nær gjennomsnittet for perioden 2000-2012 med et mulig unntak for Drøbaksundet (Elle) der forekomsten var lavere enn perioden 2000-2012 (Figur 22). I 2013 med relativt gode oksygenforhold var det gjennomgående langt flere reker i fjorden (Figur 22).

I 2014 var det også en dominans av *Crangon* (Figur 23), men da med et større innslag av adulte *Crangon allmanni* enn i 2013

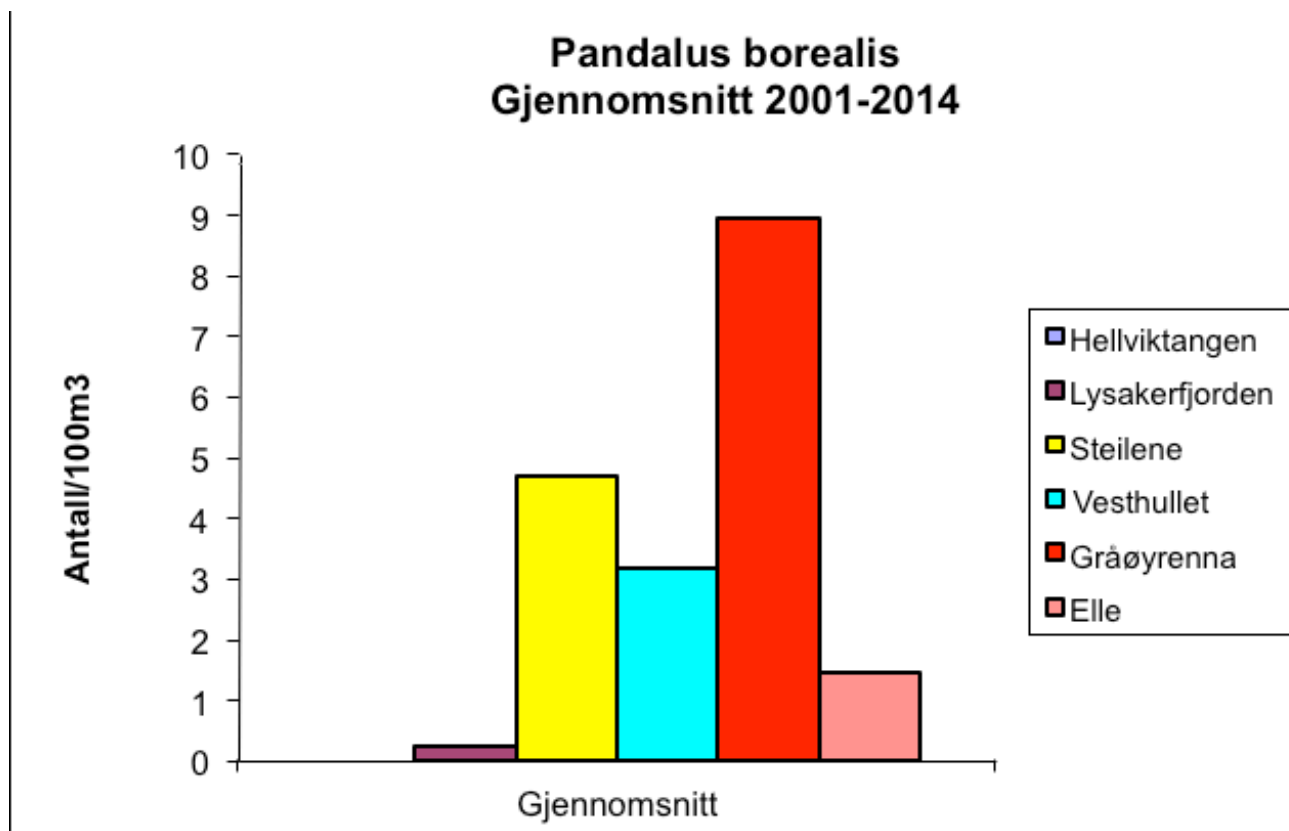
I 2014 ble dypvannsreken *Pandalus borealis* observert på 3 stasjoner og på 4 stasjoner i 2013. Det er trolig lite realistisk at en skal kunne oppnå stabile og tilstrekkelig høye oksygenkonsentrasjoner i Bunnefjorden til at en fiskbar bestand av reker kan oppnås der innen overskuelig fremtid uten at en gjør spesielle tiltak. Totalt sett ser det ut til at en finner den høyeste tettheten av dypvannsreke i Gråøyrenna med Steilene som en god nummer to (Figur 24).



Figur 22. Forekomst av reker i Indre Oslofjord og Drøbaksundet (Elle) for perioden 2000-2014. Venstre: Gjennomsnittlig antall rekearter pr. sledetrekk for perioden 2000-2012 og observasjonene for 2013 og 2014. Høyre: Gjennomsnittlig antall individer av reker pr/100 m³ for perioden 2000-2012 og observasjonene for 2013 og 2014. For begge figurer er 95 % konfidensintervall inntegnet.



Figur 23. Forekomst av ulike rekearter i stedeprøver fra 7 stasjoner i Indre Oslofjord i 2014.

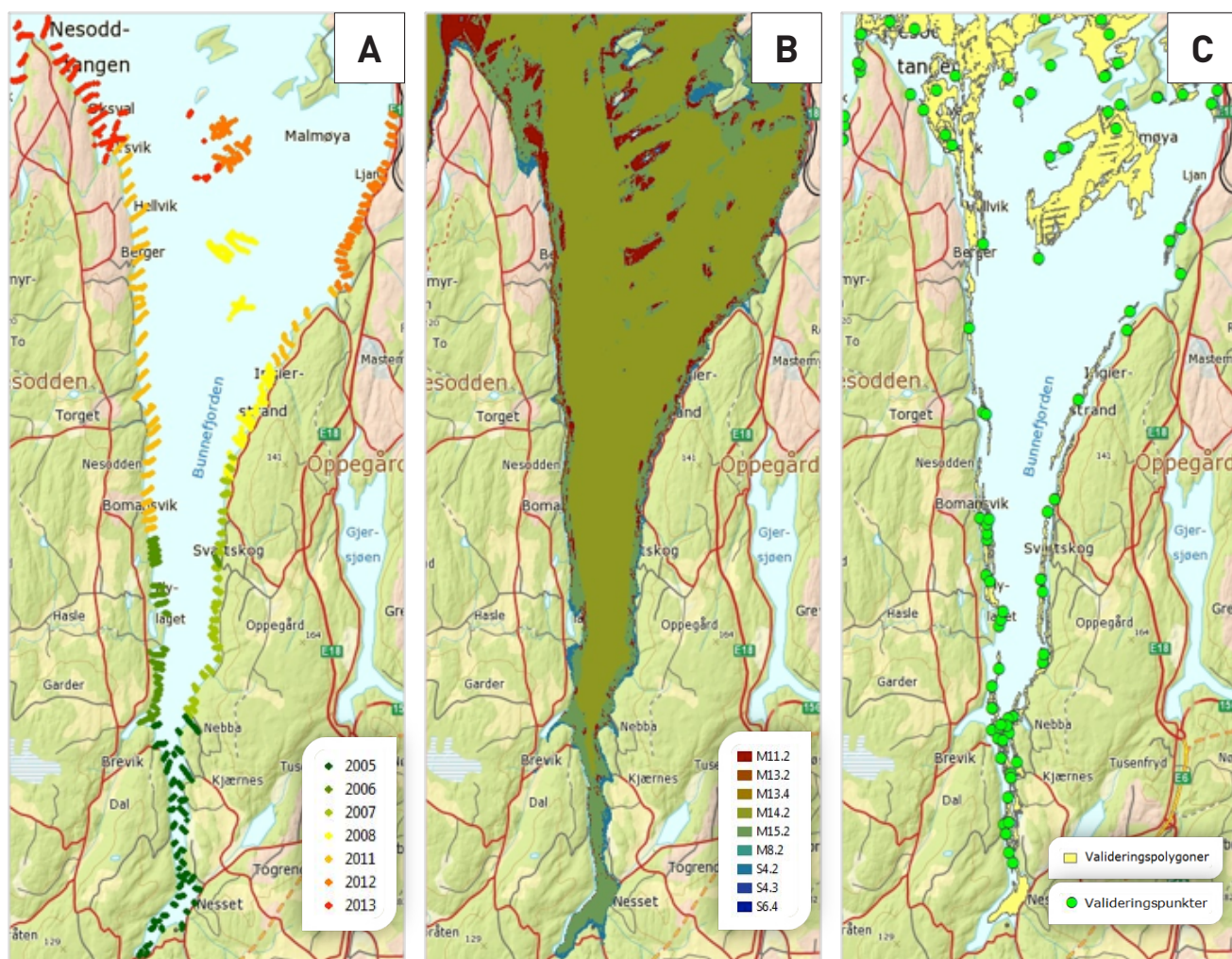


Figur 24. Gjennomsnittlig antall dypvannsreker pr 100 m³ sjøvann på ulikestasjoner i Indre Oslofjord for perioden 2001-2014.

Naturtypekart for Bunnefjorden

Bunnefjorden har blitt kartlagt ved nærmere 2500 observasjoner innsamlet med undervannskamera i perioden 2005-2013 (**Figur 25a**). Observasjonene er brukt i statistiske analyser som ligger til grunn for det heldekkende naturtypekartet vist i **Figur 25b**. Detaljene for disse analysene er gitt i Berge m.fl. (2014), men oversikten som viser forekomsten av de ulike naturtypene og størrelsen på det beregnede arealet er gjengitt i **Tabell 2**. Totalt er det registrert 15 ulike naturtyper

Siden kartet (**Figur 25b**) er sammensatt av 9 ulike modeller (én modell for hver naturtype) er hver av disse validert hver for seg. Modellenes prestasjon ble vurdert ut fra såkalte AUC-verdier som er et mål på modellenes evne til å skille mellom tilstedeværelse og fravær av en naturtype. AUC-verdiene varierer mellom 0,5 og 1, der 0,5 indikerer at modellen ikke er bedre enn å gjette, mens 1 skiller perfekt mellom tilstedeværelse og fravær. Verdier over 0,8 kan betraktes som «excellent/svært god». Med andre ord, en verdi på 0,8 betyr at en tilfeldig valgt tilstedeværelse vil ha en høyere predikert



Figur 25. Kart over Bunnefjorden hvor naturtyper er blitt undersøkt ved nærmere 2500 observasjoner innsamlet i perioden 2005-2013 (A) og inngått i modellene som har dannet det predikerte naturtypekartet (B). Kartet er validert ved prøvestasjoner (grønne punkter i C) valgt ut for å representere områder (gule polygoner i C) med ulike kombinasjoner av dyp, eksponeringsforhold og helningsgrad.

i Bunnefjorden, men 6 av dem forekommer såpass sjeldent at de ikke inngår i det predikerte naturtypekartet.

I løpet av mai 2014 ble det samlet inn 88 nye, uavhengige observasjoner som skulle brukes til validering av naturtypekartet (grønne punkter i **Figur 25c**). Punktene ble samlet inn via en nøye planlagt design som skulle ivareta gradienter i dyp (5 klasser), eksponering (3 klasser) og helningsgrad (3 klasser). De 88 punktene er hentet fra områder (gule polygoner i **Figur 25c**) som representerte kombinasjoner av disse klassene.

sannsynlighet enn et tilfeldig valgt fravær i 80 % av tilfellene.

Generelt, jo vanligere naturtypen er, dess bedre er modellene, fordi de er basert på flere observasjoner. I vårt tilfelle hadde alle naturtypene som var basert på mer enn 70 observasjoner verdier mellom 0,82 og 0,97 og må anses som gode eller svært gode (**Tabell 3**). Dette gjaldt naturtypene M15.2, M11.2, M13.2, M14.2, M13.4 og M8.2 (se **Tabell 2** for fullstendig navn på naturtypene). Naturtype S6.4 hadde en AUC-verdi på kun 0,52 og kan ikke brukes til predikering av utbredelse. De resterende naturtypene (S4.2 og S4.3) var tilfeldigvis ikke representert i valideringsdatasettet slik at det ikke var mulig å gjøre noen validering av disse.

Valideringen av M13.2, M13.4 og S6.4 var også basert på relativt få bekrefte tilstedeværelser (**Tabell 3**), slik at sensitiviteten, altså evnen til å påvise disse naturtypene, er lik null. Spesifisiteten, derimot, altså evnen til å finne områder uten denne naturtypen er veldig høy (lik 1).

Vi konkluderer med at det samlede naturtypekartet for Bunnefjorden kan anses som pålitelig, men at områder som pre-

dikerer naturtype S6.4, M13.2 og M13.4 ikke er troverdig. Dette utgjør kun 2,4 % av det totale arealet under 30 meter og 0 % i dypere områder. Det må også nevnes at denne type modellering ikke fanger opp naturtyper som av en eller annen grunn er dårlig representert i datamaterialet, f.eks. fordi de forekommer sjeldent i området.

Tabell 2. Innsamlet datamateriale fra Bunnefjorden (inkludert 26 observasjoner på dypere vann hentet fra Walday m.fl. 2005 – alle i naturtype M14.2) fordelt på de 15 ulike naturtypene observert og sortert etter antall observasjoner og beregnet prosentvis areal i følge naturtypekartet basert på GAM-analyser. Hentet fra Berge m.fl. (2014).

Naturtype	# obs.	% obs.	% areal (<30 m)	% areal (30-200 m)
M15.2 Naken løs eufotisk saltvannsbunn	1050	42,2 %	61,3 %	2,9 %
M11.2 Eufotisk normal svak energi saltvannsfastbunn	708	28,4 %	22,4 %	0,3 %
M13.2 Eufotisk bløt mellomfast bunn i salt vann	214	8,6 %	2,3 %	0,0 %
M14.2 Løs afotisk bunn med kontinuerlig oksygentilgang	165	6,6 %	0,0 %	95,3 %
S4.2 Svak–middels energi fjæresone-vannstrand på fast bunn i salt vann	101	4,1 %	13,6 %	0,0 %
M13.4 Eufotisk hard mellomfast bunn i salt vann	91	3,7 %	0,1 %	0,0 %
M8.2 Afotisk normal fast saltvannsbunn	71	2,9 %	0,0 %	1,4 %
S4.3 Middels energi fjæresone-vannstrand på fast bunn i salt vann	32	1,3 %	0,2 %	0,0 %
S6.4 Stein-forstrand	28	1,1 %	0,0 %	0,0 %
S6.2 Sand-forstrand	15	0,6 %	0,0 %	0,0 %
M15.3 Ålegraseng	5	0,2 %	0,0 %	0,0 %
M11.4 Rødalgefastbunn	3	0,1 %	0,0 %	0,0 %
M12.2 Afotisk bløt mellomfast bunn	3	0,1 %	0,0 %	0,0 %
M13.6 Eufotisk skjellsandbunn	2	0,1 %	0,0 %	0,0 %
M12.1 Afotisk hard mellomfast bunn	1	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Totalt	2489	100 %	100 %	100 %

Tabell 3. Resultatene fra modellvalideringen, med antall observasjoner fra valideringsdatasettet som representerte henholdsvis tilstedeværelser (presences) og fravær (absences) av hver naturtype. AUC-verdier viser modellenes prestasjonsevne, og sensitivitet og spesifisitet viser modellenes evne til å påvise henholdsvis tilstedeværelse og fravær av naturtypen.

Model	Presences	Absences	Sensitivitet	Spesifisitet	AUC
M13_2	3	85	0,00	1,00	0,97
M14_2	28	60	0,96	0,87	0,96
M15_2	27	61	0,59	0,93	0,91
M13_4	4	84	0,00	1,00	0,87
M11_2	15	73	0,67	0,79	0,82
M8_2	8	80	0,50	0,96	0,82
S6_4	3	85	0,00	1,00	0,52
S4_2	0	88	NaN	1,00	NaN
S4_3	0	88	NaN	1,00	NaN

Artssammensetning av fisk i dypområdene i Indre Oslofjord

Fisk er kanskje den viktigste biologiske ressursen i Indre Oslofjord, for kommersielt fiske, rekreasjon og forskning. Kunnskap om fiskeforekomstene i Indre Oslofjord, særlig i dypvannet, har imidlertid vært fragmentarisk. Siden november 2011 har det derfor blitt fisket fire ganger årlig i Indre Oslofjord for å kunne få et inntrykk av fiskepopulasjonene i fjorden. Under disse toktene har det blitt gjennomført to til tre tråltrekk å 1,5 – 2 km med bunntrål i Midtmeia ved Steilene hvor gjennomsnittsdyp er omkring 100 meter. Fangstene fra disse tråltrekkene har blitt talt opp og artsbestemt. Disse undersøkelsene vil gi et inntrykk av fiskepopulasjonene i dypområdene (> 2—30 m), men vil ikke fange opp arter som er vanlige i grunnområdene, som blant annet kutlinger, sjørørret, havabbor og fiskeyngel. Forekomst av arter som opptrer i disse grunnområdene belyses bedre ved bruk av strandnot (se neste kapittel).

Antallet av de ulike arter i dypområdene varierer mellom år og tid på året (Tabell 4). Øyepål dominerte i fangstene, særlig i august og november, der arten utgjør nesten halvparten av det totale antallet fisk. Øyepål har imidlertid ikke vært like dominerende i mai/juni og i noen perioder har andre arter vært mer vanlige, som gapeflyndre (februar 2013) og hvitting (mai/juni 2014). Arter som torsk, gapeflyndre og sølvtorsk er tilstede i fjorden til alle årstider. Artssammensetningen i 2014 var i store trekk lik den fra tidligere år, men med større innslag av hvitting og en relativt større andel torsk enn i 2012 og 2013.

De fleste artene syntes å være tilstede i Midtmeia året rundt. Fangstene av dypvannsreke (*Pandalus borealis*) varierte mellom 10 og 30 L per tråltrekk uavhengig av årstid. Andre fiskearter som ble registrert på ett eller flere av toktene, men i mindre antall (<5 %), var hyse, kloskate, lyr, lysing, rødspette, sei, sild, brisling og smørflyndre. Arter registrert nå og da er langhalet langebarn og rognkjeks.

Tabell 4. Grafisk presentasjon av dominerende arter (antall) i fangstene; rekkene er 2011, 2012, 2013 og 2014; kolonnene er februar, mai/juni, august og november; tallene for hver art er rot-transformert, så mindre vanlige arter også kan sees.

	Februar	Mai/Juni	August	November
2011	Fiske ble ikke foretatt	Fiske ble ikke foretatt	Fiske ble ikke foretatt	
2012				
2013				
2014				

Strandnottrekk i grunnområdene - ingen torsk og mer ørret

Havforskningen foretar årlige trekk med strandnot på Skagerrakkysten i september-oktober. Strandnottrekk gjøres i grunnområder som blant annet kan være oppvekstområder for juvenil fisk. Strandnotundersøkelsene gir et bilde av fiskefaunaen som er vesensforskjellig fra det en får fra tråling på dypt vann slik at de to typer fiskeundersøkelser utfyller hverandre. Undersøkelsene omfatter også Indre Oslofjord fra Drøbaksundet og innover. Resultatene fra strandnotundersøkelsene fra 2014 er rapportert i en egen rapport (Espeland og Knutsen, 2014). Noen utvalgte resultater fra denne rapporten med hovedfokus på Indre Oslofjord gjengis i det etterfølgende.

Torsk

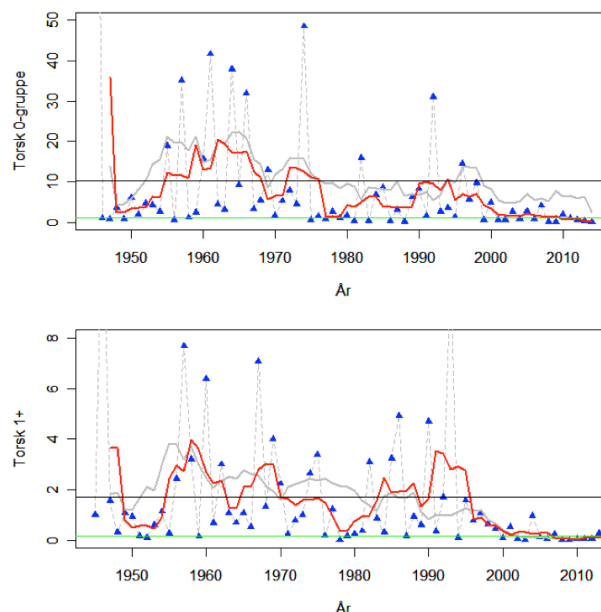
I 2014 ble det ikke observert yngel av torsk verken i Indre Oslofjord eller i Drøbaksundet. Dette har bare skjedd to ganger på de 79 årene det finnes komplette data for disse områdene. Det ble i 2014 heller ikke fanget noen voksen torsk i grunnområdene. 2014 var derfor et svært dårlig år for forekomst av torsk i grunnområdene i Indre Oslofjord. Trålundersøkelsene viser imidlertid at voksen torsk finnes i dypområdene i fjorden til en hver tid. Fravær av torsk i grunnområdene har trolig sammenheng med ugunstige miljøbetingelser. Mest sannsynlig har høy temperatur på sommer/høst vært utslagsgivende. Adferdsundersøkelser tyder også på at torsk unngår områder med høy temperatur (Freitas et al. 2015). Strandnotundersøkelsene tyder også på at det har vært et oppsving av varmekjære arter (ansjos, rødnuller) de siste 20 årene og at pelagiske arter overtar for mer bunnlevende arter.

For å se på den historiske utviklingen av fangster av torskeyngel og voksen torsk i Indre Oslofjord er det beregnet et årlig gjennomsnittsansatt for alle stasjoner i Indre Oslofjord og Drøbaksundet for årene etter krigen (**Figur 26**). Generelt har rekrutteringen av torsk i Indre Oslofjord ligget lavt i forhold til trenden i Skagerrak, med noen unntak. Siden 2000 har rekrutteringen av torsk i indre fjord vært dårlig også i forhold til langtidsgjennomsnittet for Indre Oslofjord og ligger nær bare 10 % av langtidsgjennomsnittet. Det har ikke vært noen årsklasse siden 1998 som har ligget nær langtidsgjennomsnittet. Årets årsklasse er svak for hele Skagerrak.

Etter 2000 har mengden voksen torsk i strandnota ligget på et historisk lavt nivå og i fire av seks år ble det ikke fanget torsk i noen nottrekk i Indre Oslofjord og Drøbaksundet.

Ørret

Ved strandnottrekkene i 2014 ble det tatt 9 sjøørret i indre fjord. Sjøørret har hatt en generell økning på Skagerrak i perioden etter krigen og antallet ligger nå godt over langtidsgjennomsnittet. I Indre Oslofjord har det vært perioder tidligere, på 50 og 60 tallet, hvor det også var gode fangster av sjøørret i fjorden. Selv om fangstene av ørret i Indre Oslofjord nå er bedre enn på lenge, er økningen mindre enn ellers på Skagerrakkysten. Oslofjorden har likevel rykte på seg som landets beste ørretfjord (Thaulow og Faafeng, 2014). Det er kanskje en konsekvens av dette at fluefiskere ofte kan ses langs strender og skjær i fjorden.



Figur 26. Utvikling av fangst av torskeyngel (0-gruppe) øverst og voksen torsk (gruppe 1+) nederst for Indre Oslofjord inkludert Drøbaksundet. For hvert år er det beregnet et gjennomsnitt basert på alle stasjonene som ble tatt i indre fjord det året (blå triangler). Den røde linjen er et fem års flytende gjennomsnitt beregnet for år t som er gjennomsnittet av $t-2$ til $t+2$. Den grå linjen er et tilsvarende flytende gjennomsnitt basert på alle stasjoner fra Skagerrak. Den svarte horisontale linjen er langtidsgjennomsnittet for hele dataserien for området (gjennomsnittet av blå punkter), og den grønne linjen er 10 % av verdien av langtidsgjennomsnittet. Kilde: Espeland og Knutsen, 2014.

Leppefisk

Leppefisk er de siste årene blitt en kommersielt interessant gruppe fisk siden den fungerer som avluser i lakseindustrien. Det er i hovedsak bergnebb, berggyllt og grønngyllt som fiskes kommersielt. Bergnebb har over år blitt fanget i relativt stabile mengder i Indre Oslofjord og følger trenden for Skagerrak.

Grønngyllt var tidligere mindre tallrik, men har økt i mengde siden 1970-tallet, mulig i sammenheng med økende temperatur i vannet. I indre fjord har ikke økningen vært like markant og langtidsgjennomsnittet for indre fjord er nå noe lavere enn gjennomsnittet for Skagerrak sett under ett. Siden litt før 2010 er det en tydeligere nedgang i mengde grønngyllt i Indre Oslofjord enn i Skagerrak generelt.

Litteratur

Berge, J.A., Amundsen, R., Bratrud, T., Bølling, N., Erdahl, E., Gitmark, J., Gundersen, H., Hinchcliffe, C., Holth, T.F., Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T.M., Kroglund, T., Ledang, A.B., Norli, M., Lømsland, E.R., Staalstrøm, A., Wisbech, C. og Wolf, R. 2013. *Overvåking av Indre Oslofjord i 2012 – Vedleggsrapport. NIVA rapport 6698-2014. 131 s.*

Espeland S.H., og Knutsen, H., 2014. *Rapport fra høstundersøkelsene med strandnot i Indre Oslofjord 2014. Rapport nr. 31-2014 fra Havforskningsinstituttet, 15s.*

Carla Freitas, Esben Moland Olsen, Even Moland og Halvor Knutsen, 2015. *Behavioral responses of Atlantic cod to sea temperature changes. Ecology and Evolution, 04/2015; DOI: 10.1002/ece3.1496.*

Thaulow H. og Faafeng, B. 2014. *Indre Oslofjord 2013 - Status, trusler og tiltak. NIVA rapport nr 6593, 93s.*

Walday, M., Fleddum, A. og Lepland, A. 2005. *Kartlegging av marint biologisk mangfold i indre Oslofjord – Forprosjekt. NIVA-rapport 5097-2005. 25 s.*



Norsk institutt for vannforskning

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