

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre
Oslofjord

Overvåkning av Indre Oslofjord i 2017

Populærvitenskapelig rapport



Oppdragsnr.: 5145099 Dokumentnr.: 5145099-09 Versjon: J03
2018-09-06

Oppdragsgiver:	Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord
Oppdragsgivers kontaktperson:	Svanhild Fauskrud
Rådgiver:	Norconsult AS, Apotekergaten 14, NO-3187 Horten
Oppdragsleder:	Elisabeth Lundsør
Fagansvarlige:	Vannundersøkelser: Jane K. Dolven Hardbunn og biogeografi: Elisabeth Lundsør Miljøgifter biota (torsk): Gunn Lise Haugestøl Plankton: Elisabeth Lundsør Analyser vann: ALS
Andre nøkkelpersoner:	Pernille Bechmann, Gaute Rørvik Salomonsen og Kathrine Sundeng, Håkon Gregersen, Omar al-Khayat og Torbjørn Kornstad,

Vi ønsker å takke alle våre utmerkede samarbeidspartnere, spesielt Sindre Holm, Tom Opsahl, Jan Sundøy og Tor Eigil Wold på F/F Trygve Braarud, Steph Johan Holm (SH Maritim), Fredrik Noren (N-Research), Øyvind Fjukmoen (DNV), Mark Berry og Daniela Maria Pampanin (IRIS), og alle hos ALS. Takk også til Birgitte Kasin Hønsvall (Universitetet i Sørøst-Norge).

I tillegg vil vi som har jobbet med overvåkingen takke alle i «Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord» for et spennende oppdrag og flott samarbeid. En spesiell takk til leder av «Utvalg for miljøovervåkning» Knut Bjørnskau og sekretær Svanhild Fauskrud for god og informativ kommunikasjon.

J03	2018-09-06	Endelig versjon	pebec	Ellun	Ellun
B02	2018-08-03	For kommentar hos oppdragsgiver	pebec	Ellun	Ellun
A01	2018-07-31	Arbeidsdokument	pebec		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Overvåkingsprogrammet i Indre Oslofjord har pågått siden 1970-årene og innebærer undersøkelser av marinbiologi samt hydrografiske og hydrokjemiske parametere i fjorden. Programmet har som mål å gi løpende informasjon om fjordens status og kartlegge hvordan miljøforholdene i fjorden endrer seg over tid. Områdene rundt Indre Oslofjord er i stadig vekst noe som fører til økt belastning på systemet og behov for utslippsreduserende tiltak. Miljøovervåking i Indre Oslofjord er derfor avgjørende for å beholde oversikten over utviklingen. Dataene som samles inn i overvåkingsprogrammet brukes også i planlegging av ny aktivitet i og rundt fjorden, med fokus på å ivareta og forbedre miljøet.

Oksygenforholdene i dypvannet i Vestfjorden var svært gode til gode gjennom vinteren og våren 2017, med en forringelse utover sommeren og høsten, og deretter en forbedring mot vinteren igjen. Det var også økte oksygenkonsentrasjoner i de mellomliggende vannmassene i Bunnefjorden. Selv om det ikke resulterte i noen dypvannsfornyelse i Bunnefjorden i 2017, er det sterke indikasjoner på dette kan skje våren 2018.

Konsentrasjonene av nitrogen i dypvannet kan se ut til å ha gått noe ned, men konsentrasjonen av fosfor i dypere lag av Bunnefjorden ser ut til å ha økt noe. Samlet klassifisering av næringsalter i perioden 2015-2017 viser at det i sommerperioden er «god» og «meget god» tilstand i alle vannforekomstene, men i vintermånedene er tilstanden «moderat» og «dårlig».

For klorofyll ligger sommerværdiene innenfor klassegrensene «god» og «meget god», men det ble også observert svært høye verdier i mars/april. Dette berodde på en svært kraftig våroppblomstring av dinoflagellaten *Prorocentrum cf. minimum* og de to kiselalgene *Skeletonema* sp. og *Pseudo-nitzschia* sp. Oppblomstringen ga grønn-brunt vann i Indre Oslofjord og svært dårlig siktedyp i alle stasjoner fra Bærumsbassenget/Lysakerfjorden og innover i fjorden.

For makroalgeundersøkelsene er det kun små endringer som stort sett antas å skyldes naturlig variasjon og muligvis også prøvetakingstidspunkt. Dykkerundersøkelsene indikerer likevel en liten bedring i nedre voksegrense og funn av sukkertare på flere stasjoner viser en svak forbedring i tilstanden.

Resultatene fra biomarkørmålinger tyder på at det gradvis har blitt mindre effekter av miljøgifter på torsken i Indre Oslofjord, og at forskjellene mellom Indre og Ytre Oslofjord er mindre. Det ble også tatt prøver av mikroplast fra torsken i Indre og Ytre Oslofjord og resultatene indikerer større forekomst av plast i fisken i indre fjord.

Det er mange positive signaler i materialet fra overvåkingen i 2017, men også usikkerhet i forhold til om det er en svak forverring i vannkvaliteten etter mange år med forbedring. Videre overvåkning vil vise om trenden fortsetter.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Indre Oslofjord	7
2	Fjordens oksygenforhold og vannutskiftning	8
3	Siktedyp	12
4	Klorofyll a og planteplankton	14
4.1	Innledning	14
4.2	Sammenheng mellom klorofyll a og planteplankton taxa	17
5	Næringsstoffer i fjorden	19
6	Horisontalutbredelse av tang – små endringer	20
7	Nedre voksegrense – små endringer	21
7.1	Vanndirektivet – Nedre voksegrense	24
8	Biogeografi: Kartlegging og modellering av marin natur	25
8.1	Innledning	25
8.2	Datainnsamling i 2017	25
8.3	Modellering i 2017	26
8.4	Biogeografisk kart	27
9	Undersøkelse av hyperbentos (reker) i 2017	28
9.1	Innledning	28
9.2	Materiale og metode	29
9.3	Resultater og diskusjon	30
10	Biologiske effekter av miljøgifter i torsk og mikroplast i torsk	32
10.1	Innledning	32
10.2	Resultater biomarkører og analyser av mikroplast i magesekk	32
11	Foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord	34
12	Blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden	36
13	Referanser	37

1 Innledning

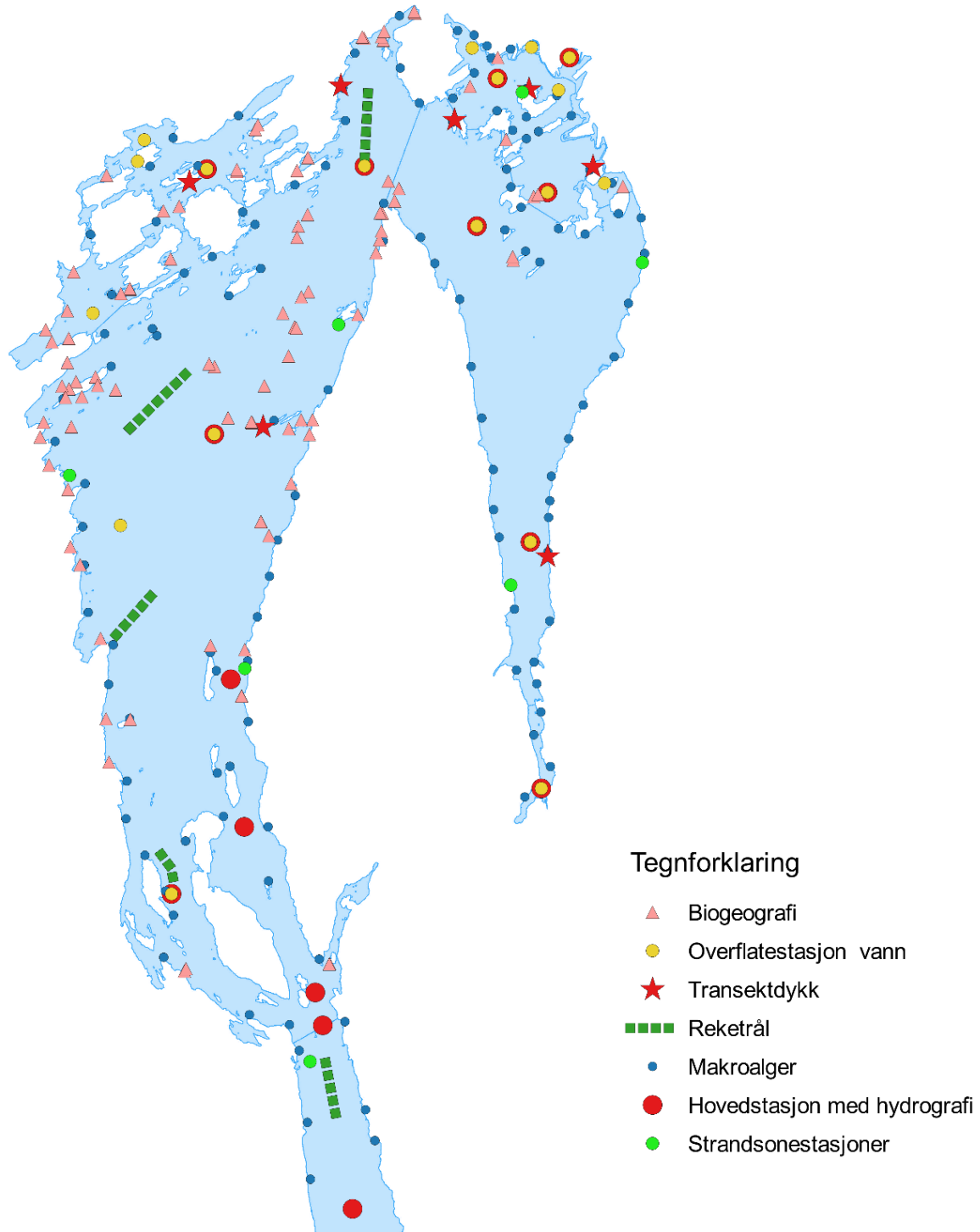
Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord har ansvar for miljøovervåkningsprogrammet i Indre Oslofjord, som har vært gjennomført siden 1970-årene. Programmet for 2017 består av følgende hovedaktiviteter (Figur 1):

- Innsamling av vannprøver for analyse av klorofyll a, plankton og næringssalter, samt data for hydrografi og siktedyp (totalt 18 tokt)
- Kartlegging av 123 algestasjoner (mai)
- Kartlegging strandsonestasjoner (august)
- Kartlegging dykkerstasjoner (august/september)
- Biogeografi-feltarbeid (september/oktober)
- Innsamling av hyperbentos (oktober)
- Innsamling av foraminiferer for bestemmelse av økologisk tilstand og levevilkår på havbunnen (oktober)
- Innsamling av torsk for biomarkøranalyser i Indre og Ytre Oslofjord (desember)
- Undersøkelse av mengde mikroplast i torskemager (desember)

Overvåkingsprogrammet har som mål å gi løpende informasjon om fjordens status og kartlegge hvordan miljøforholdene i fjorden endrer seg over tid. Kort oppsummert gir programmet informasjon om næringssaltkonsentrasjonen i fjorden, algeoppblomstringer, oksygenkonsentrasjonen i vannmassene, vannutskiftning og dypvannsfornyelser. I tillegg overvåkes horisontal-utbredelsen og nedre voksegrense av fastsittende alger. Levevilkår for organismer på havbunnen blir utledet gjennom studier av hyperbentos og foraminiferer. Det gjøres også biomarkør-analyser for å undersøke hvilke effekter ulike miljøgifter har på torskebestanden i Indre og Ytre Oslofjord. I 2017 ble denne fisken også undersøkt for mikroplast.

Områdene rundt Indre Oslofjord er i stadig vekst noe som vil gi en økende belastning på systemet, og økende krav til tiltak for å redusere/stoppe utslipp. Miljøovervåking i Indre Oslofjord er avgjørende for å beholde oversikten over utviklingen i området. Dette både i forhold til planlegging av ny aktivitet i/rundt fjorden og for å sikre bærekraftig bruk av fjorden slik at den kan fortsette å være en viktig ressurs for næringsaktivitet og rekreasjon i fremtiden.

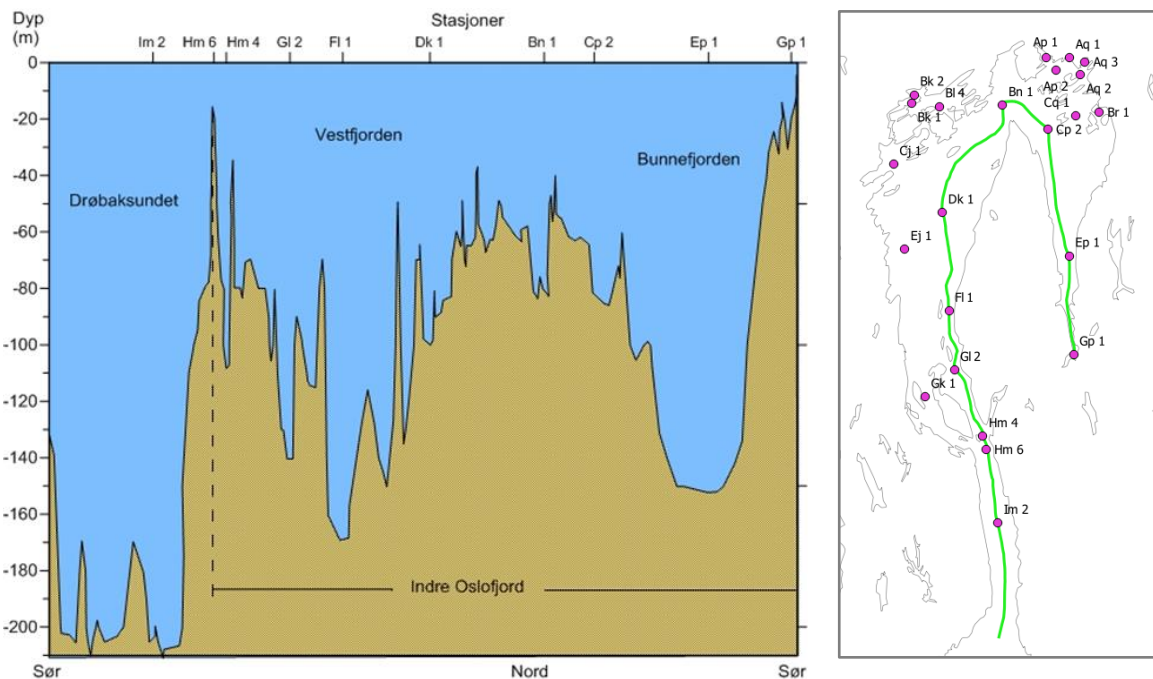
Norconsult AS har gjennomført overvåkningsprogrammet i 2017 i tett samarbeid med Universitetet i Oslo (UiO) med forskningsfartøyet Braarud, SH-Maritim, IRIS og DNV. Analyser av vann er gjennomført ved ALS.



Figur 1. Oversikt over stasjoner i Indre Oslofjord hvor hovedaktivitetene i overvåkningsprogrammet har foregått i 2017.

1.1 Indre Oslofjord

Indre Oslofjord er en terskelfjord med et areal på 190 km². Fjorden har forbindelse til Skagerrak gjennom Drøbaksundet. Terskelen i fjordmunningen er svært grunn og vanddypet her kun 20 m. Flere terskler innover i fjorden deler Indre Oslofjord i store og små bassenger. Den varierende bunntopografien (Figur 2) påvirker vannsirkulasjonen..



Figur 2. Topografien i Indre Oslofjord (venstre). Fjorden har mange terskler som begrenser utskiftning av bunnvannet, spesielt i Indre del. Kartet til høyre viser hvilken rute som er brukt for å tegne profilet.

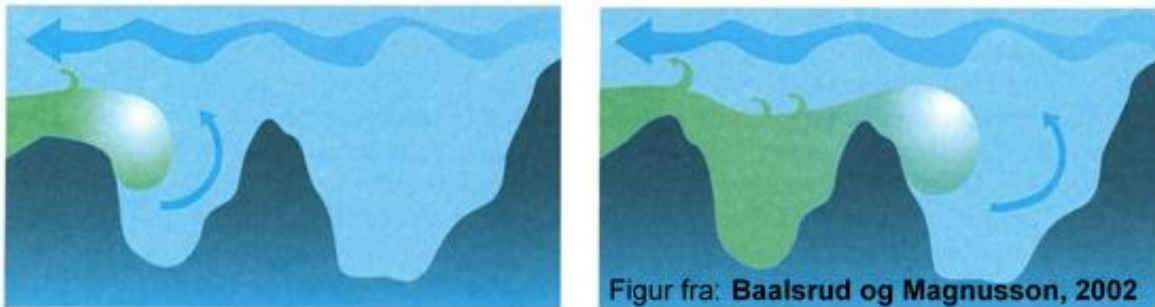
Det smale innløpet og den grunne terskelen begrenser bunnvannutskiftningen til Indre Oslofjord. I Vestfjorden skjer likevel bunnvannutskiftningen årlig mens det lenger inn i Bunnefjorden vanligvis kun skjer hvert 3.-4. år.

Overgjødning har vært et av hovedproblemene i Indre Oslofjord siden tidlig i 1900-årene. Det er flere årsaker til dette: 1) Stadig økende befolkning og industri rundt fjorden har ført til økt tilførsel av næringssalter og organisk materiale. 2) Fjerning av næringssalter (fosfor og nitrogen) i prosessen med rensing av avløpsvann har kommet på plass først i senere tid. 3) Fjordens innelukkede karakter, med flere terskel-adskilte bassenger og et smalt (ca. 1 km), grunt (ca. 20 m) innløp nord for Drøbak reduserer dypvannsfornyelsen og påvirker oksygenforholdene i fjorden, spesielt i dypvannet i indre deler av fjorden.

Fra og med 1970-tallet har tilførselen av næringssalter blitt gradvis redusert. Dette har også medført en reduksjon i planteplankton (klorofyll a konsentrasjon) i vannmassene. På tross av nedgang i næringssaltkonsentrasjoner er det likevel indikasjoner på at det er enkelte endring på gang i fjorden. Gjennomsnittlige klorofyll a-konsentrasjoner for sommermånedene viser en svak økning i siste måleperiode (2011-2017) i forhold til forrige periode (2002-2010), og det er også tegn på at siktedyp i fjorden er blitt forringet de senere år, noe som kan være relatert til økt tilførsel av organisk materiale (TOC).

2 Fjordens oksygenforhold og vannutskiftning

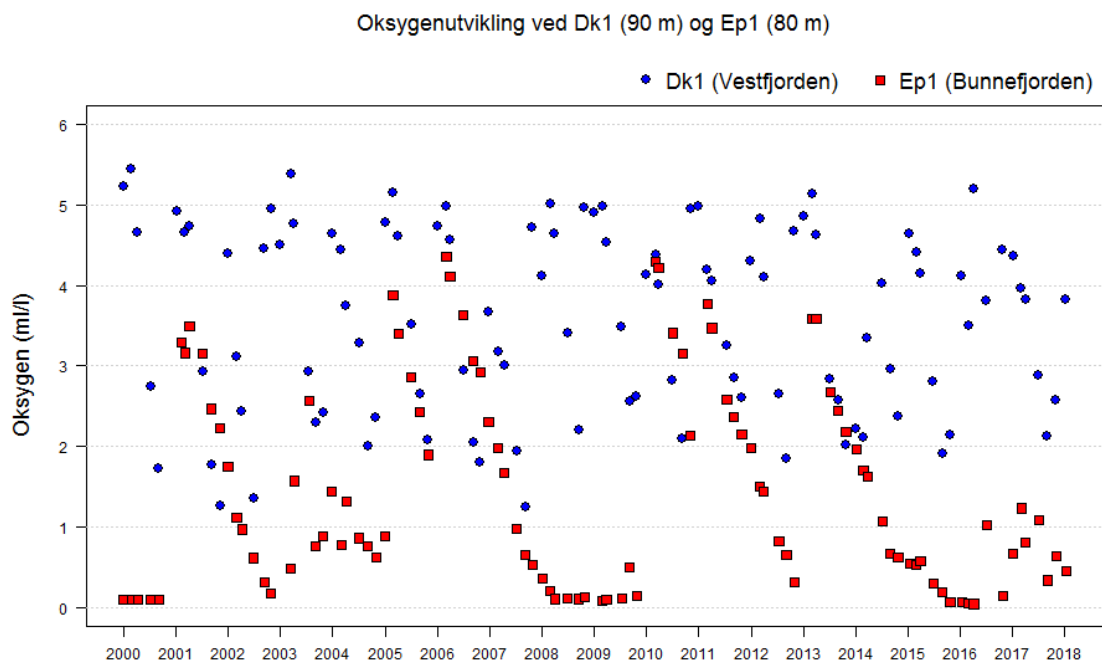
Dypvannet i Indre Oslofjord fornyes gjennom tilførsel av tyngre sjøvann fra Ytre Oslofjord og Skagerrak over Drøbaksterskelen. Denne dypvannsutskiftningen er i stor grad bestemt av tetthetsforskjeller i vannmassene. Vannet som strømmer inn i Vestfjorden må ha en høyere tetthet (være tyngre) enn bunnvannet som allerede finnes der for å få til en vannutskiftning. Og tilsvarende videre innover i fjorden, må vannet i Vestfjorden ha høyere tetthet enn dypvannet i Bunnefjorden, for at det skal kunne skje en dypvannsfornyelse i Bunnefjorden. Metrologiske faktorer, slik som vindretning og vindstyrke er også av avgjørende betydning for dypvannsutskiftningen. Lange, kalde vintre med vind fra nord er derfor gunstige for å få en vannutskiftning.



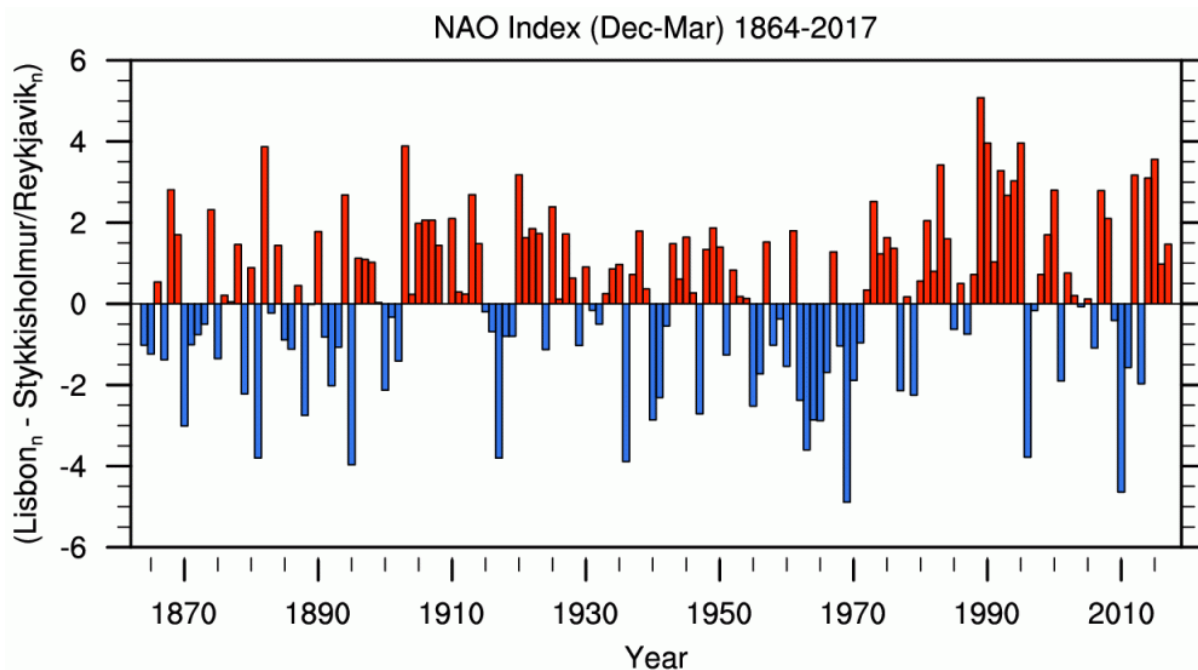
Figur 3. Skjematisk illustrasjon som viser tilførsel av tyngre oksygenrikt vann fra ytre fjord inn i Indre Oslofjord (figur hentet fra Baalsrud og Magnusson, 2002).

Normalt skjer det en årlig dypvannsutskiftning i Vestfjorden, mens det i Bunnefjorden i snitt kun skjer hvert 3. – 4. år (Baalsrud og Magnusson, 2002). Høyere vannutskiftningsfrekvens i Vestfjorden enn Bunnefjorden skyldes flere faktorer. Vestfjorden ligger nærmere inn-/utløpet av fjorden og påvirkes derfor lettere av tetthetsvariasjoner i vannet utenfor Drøbaksterskelen. I tillegg synker egenvekten i bunnvannet i Vestfjorden hurtigere enn i Bunnefjorden, ved at ferskt overflatevann raskere blandes inn i underliggende saltere (tyngre) vann. Raskere innblanding i Vestfjorden kan ha flere årsaker: f.eks. rådende vindretninger, skipstrafikk, tidevannsstrømmer og tilførsel av renset avløpsvann (ferskvann). I tillegg finnes det i Vestfjorden terskel-initierte tidevannsbølger («Indre bølger» på terskeldyp) som skaper turbulens som medfører økt blanding. Sistnevnte finnes ikke i Bunnefjorden.

Fjordsystemet påvirkes også av klimatiske faktorer slik som den Nord-Atlantisk oscillasjon (NAO). Fenomenet kjennetegnes av sykliske fluktuasjoner i lufttrykket og endringer i vind- og trykksystemer over Nord-Atlanteren, spesielt mellom Island og Asorene. Dette påvirker værsystemene i Nord-Atlanteren. Det er utviklet en NAO-indeks som gir informasjon om variasjonen i lavtrykk- og høytrykkforholdet i Nord-Atlanteren vinterstid. Høy (positiv) indeks indikerer lavtrykk over Island i forhold til Asorene. Dette gir mildvær i Skandinavia og sørlige vinder blir mer fremtredende. Lav (negativ) indeks indikerer høytrykk over Island, noe som resulterer i kalde vintre i Skandinavia med mye vind fra nord. I årene 2001, 2005 og 2010 var NAO-indeksen tydelig negativ (Figur 5) og vintrene i Sør-Norge kalde. Vedvarende vind fra nord/nord-østlig retning resulterer i at det lavalvne, lette overflatevannet i Indre Oslofjord ble ført ut av fjorden. Dermed ble det plass til at tyngre vann kunne stige opp over Drøbaksterskelen inn i fjorden. Dette resulterte i at det foregikk en dypvannsfornyelse i det meste av Indre Oslofjord, inklusive Bunnefjorden, disse tre vintrene (Figur 4).



Figur 4. Oksygenutvikling i dypvannet i Vestfjorden (Dk1) og Bunnefjorden (Ep1) i perioden 2000-2017.



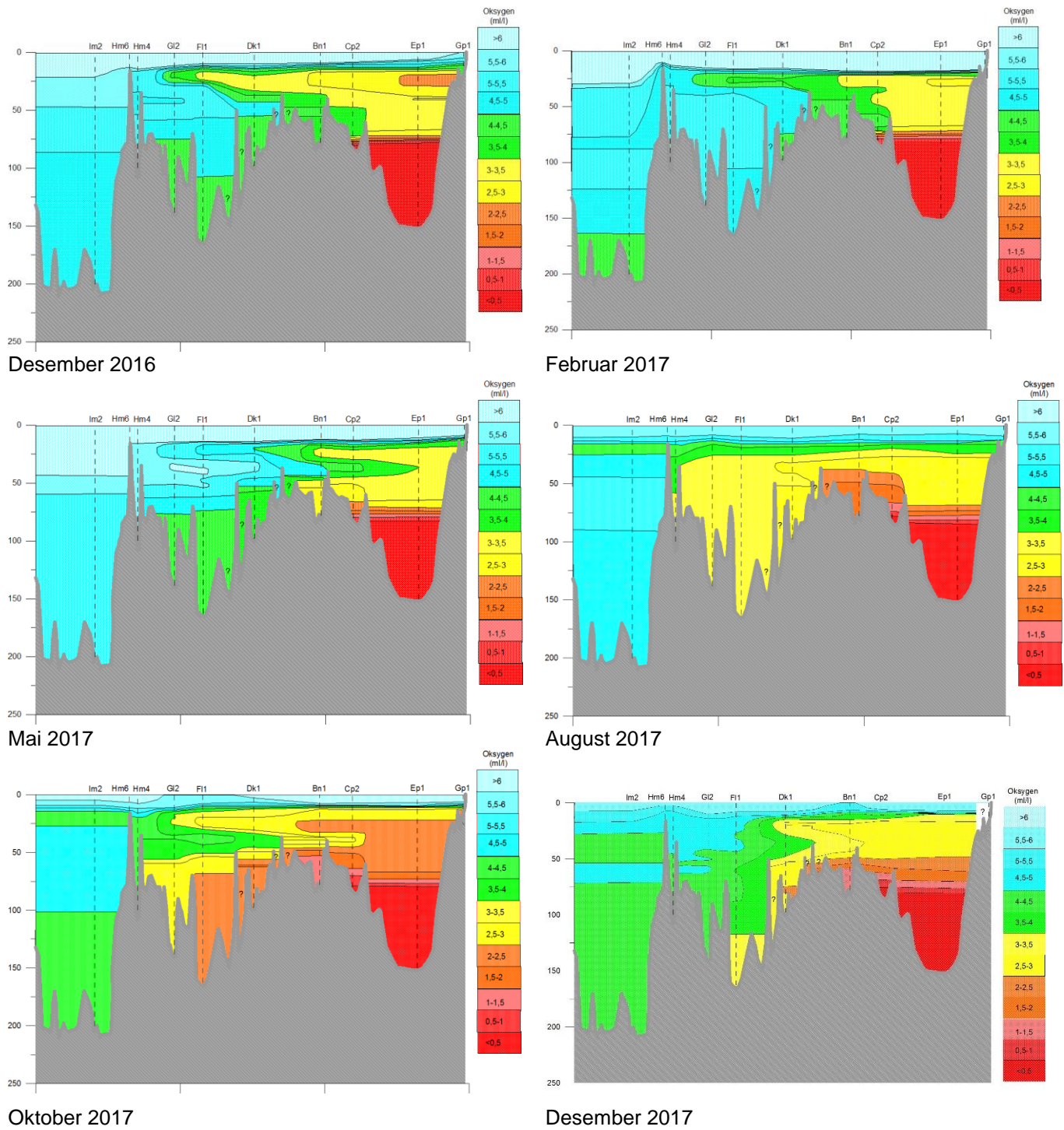
Figur 5. North Atlantic Oscillation (NAO) indeks (desember-mars) de siste 150 år. Kilde: Hurrell, J. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds), nov. 2017.

Undersøkelser av naturtilstand, ved hjelp av foraminiferundersøkelser bakover i tid, viser generelt gode oksygenforhold i fjordsystemet frem til slutten av 1800-tallet. Menneskelig påvirkning har senere ført til redusert oksygen i bunnvannet (spesielt i Bunnefjorden), sannsynligvis som følge av økt tilførsel av næringssalter og organisk materiale til fjordsystemet. I de dypeste deler av Bunnefjorden startet den negative utviklingen allerede på slutten av 1800-tallet og tiltok utover 1900-tallet, med etablering av anoksiske bunnsedimenter på 1950-tallet (Dolven & Alve, 2010). Disse lavoksygenforholdene har vedvart frem til i dag, med svake tegn til bedringer de senere år. Noe av årsaken til forbedringen er

antatt å være forbedret renseteknologi ved Bekkelaget renseanlegg (i 2001) som har bidratt til forbedrede oksygenforhold i Bunnefjorden.

Selv om forurensningsbelastningen har avtatt de siste tiårene, er det fremdeles mye «oksyngjeld» i sedimentene. Dette fører til en tidsforsinkelse med hensyn til restituering av bunnfaunaen. Gode oksygenforhold er viktig for å opprettholde biodiversiteten i hele området og det er etablert tentative mål for oksygenkonsentrasjonen i de ulike bassengene. Det opereres med tre ambisjonsnivåer: lavt, middels og høyt ut ifra antatt mulighet om hvilke konsentrasjoner området naturlig kan oppnå av forbedret vannkvalitet ved reduksjon av forurensningstilførsler.

Hydrografiske plott gjennom fjorden på utvalgte tidspunkt i 2017 (Figur 6) viser store oksygenvariasjoner i vannmassene i Indre Oslofjord, med unntak av under 70 meter i Bunnefjorden hvor forholdene er stagnerende og svært dårlige (tilstandsklasse V) gjennom hele året. Ved Steilene (Dk1), omtrent midt i Vestfjorden, varierte forholdene i 2017 fra svært god tilstand (tilstandsklasse I) til dårlig tilstand (tilstandsklasse IV). Forholdene var svært gode til gode gjennom vinteren og våren 2017, med en forringelse utover sommeren og høsten, og deretter en forbedring mot vinteren igjen. Slike variasjoner er relatert til vannutskiftningen i fjorden. Det er vanlig at Vestfjorden blir tilført «pulser» med nytt vann over Drøbakerskelen og dette kan skje både en til flere ganger per år, men oftest på senhøsten og om vinteren. Disse «pulsene» resulterer i økte oksygenkonsentrasjoner i vannmassene i Vestfjorden, og noen ganger også lenger inn, f.eks. i de dypeste deler av Lysakerfjorden og de mellomliggende vannmassene i Bunnefjorden. Det har i løpet av 2017 ikke vært noen dypvannutskiftning i Bunnefjorden.



Figur 6. Figurene viser oksygenforholdene i dypvannsbassengene i Indre Oslofjord fra des. 2016 – des. 2017.

3 Siktedyp

Siktedypet er et mål på hvor mye partikler, løst organisk materiale (karbon) og plankton (hovedsakelig planteplankton) som finnes i vannmassene. Lite av de tre faktorene gir godt siktedyp. Tilførsel av partikler og løst organisk materiale skjer hovedsakelig via elver, avrenning fra land og ved tilførsler av avløpsvann/overvann. Slike tilførsler er nært knyttet opp mot nedbørmengder, ved at økt nedbør gir økte tilførsler av partikler og organisk materiale. Mengden plankton i vannmassene er relatert til tilførsel av næringssalter og abiotiske faktorer (som temperatur, salinitet og lys). Når planteplanktonets behov for de abiotiske faktorene er tilfredsstillt vil mengden næringssalter være den styrende faktoren for mengden planteplankton i vannmassene. Høy tilførsel av næringssalter vil gi økt algeoppblomstring (økt mengde klorofyll a) i overflatevannet og resultere i redusert siktedyp.

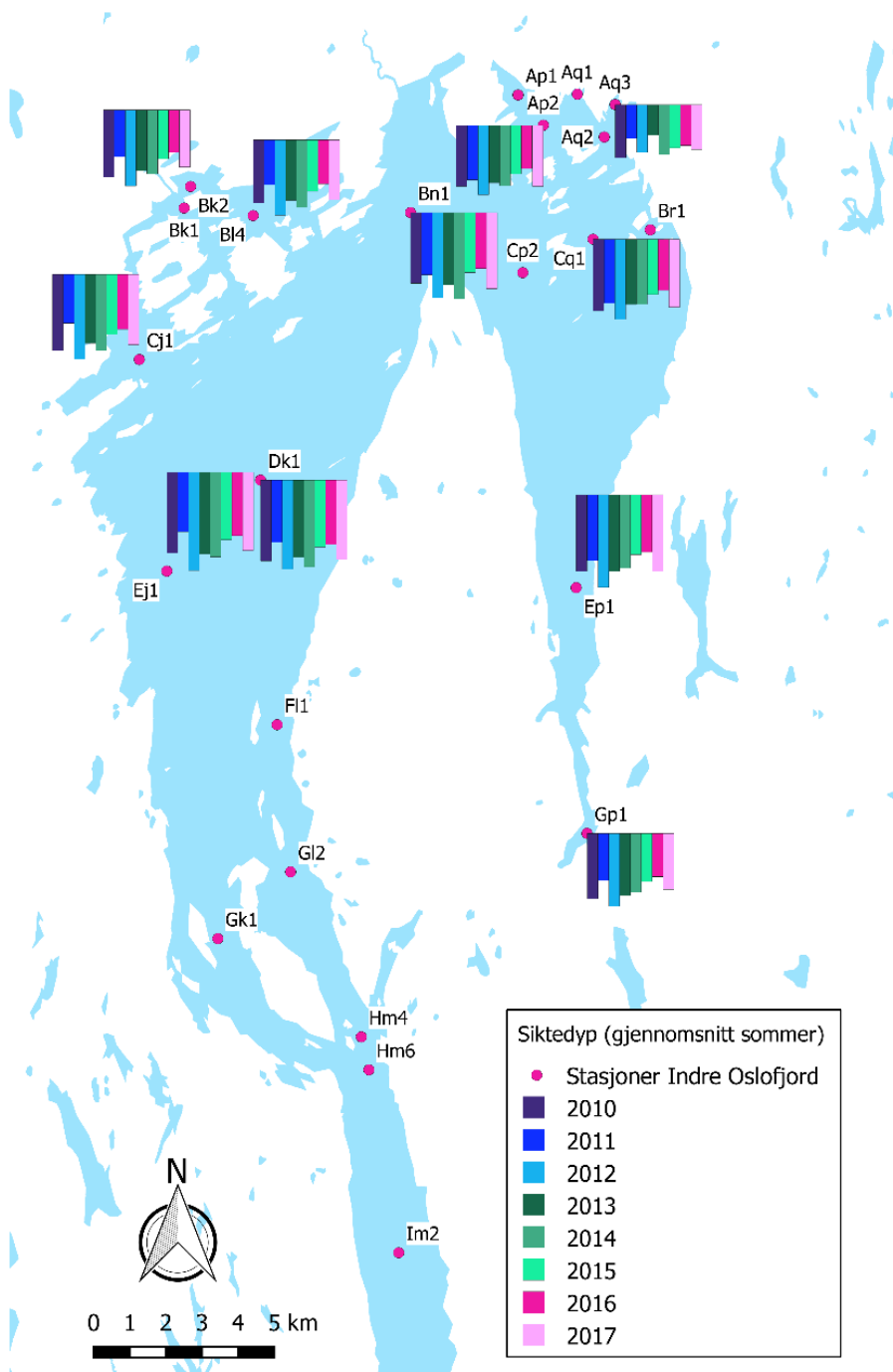
Generelt har siktedypet i fjorden forbedret seg fra 1970-tallet frem til i dag. Størst forbedring finner man i Lysakerfjorden, Oslo Indre havn og Bunnefjorden. Men det er fortsatt årlige variasjoner (Figur 7). I 2016 var gjennomsnittlig siktedyp i sommermånedene generelt sett dårligere enn andre år i måleperioden 2010-2017, mens det i 2017 igjen var noe bedre (Norconsult, 2017).

Tabell 1. Klassifiseringen av siktedyp (m) i sommermånedene jf. Veileder 02:2013 – revidert 2015.

Stasjon	Gjennomsnittlig siktedyp i sommermånedene (m)	
	2012-2014	2015-2017
Ap1	4,5	3,7
Ap2	4,7	3,9
Aq1	4,2	3,7
Aq2	3,9	3,8
Aq3	3,2	3,3
Bk1	4,3	3,6
Bk2	5,1	3,7
Bl4	5,1	3,9
Bn1	6,1	4,8
Br1	5,4	4,0
Cj1	5,8	4,7
Cq1	5,3	4,4
Dk1	6,4	5,3
Ej1	6,7	5,3
Ep1	6,1	4,9
Gp1	4,9	3,7

Klassifisering av siktedypet for sommermånedene (gjennomsnitt av målinger i juni-august i tre år) viser at siktedypet har blitt forringet i perioden 2015-2017 sammenlignet med perioden 2012-2014.

Generelt er det en god korrelasjon mellom siktedyp og konsentrasjon av klorofyll a. Dette vises f.eks. i data innsamlet våren 2017, hvor det var en klar sammenheng mellom redusert siktedyp og økning i konsentrasjon av klorofyll a (se påfølgende kapittel). Men endringer i klorofyll a-konsentrasjoner kan likevel ikke forklare den observerte forverringen i siktedyp over tid. Nedgang i siktedyp i de fire vannforekomstene Bekkelaget, Bunnefjorden, Sandvika og Vestfjorden, spesielt om sommeren, i perioden fra 2005 til 2016 er også registrert av NIVA (Frigstad m. fl., 2017). NIVA forklarer dette med data som viser økt tilførsel av løst totalt organisk karbon (TOC) til Indre Oslofjord via Akerselva, Alnaelva og Lysakerelva i perioden 2000-2016. Økt organisk karbon i vannmassene påvirke fargen på vannet, noe som igjen fører til endringer i lysforholdene i kystvannet og dermed også siktedypet. Denne såkalte «browning»-effekten er observert i elver i boreale og tempererte områder over hele verden og skyldes økt nedbør og redusert pH på grunn av klimaendringer (de Wit et al., 2016).



Figur 7. Årlige variasjoner i gjennomsnittlig sommersiktedyp i perioden 2010-2017 på utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord.

4 Klorofyll a og planteplankton

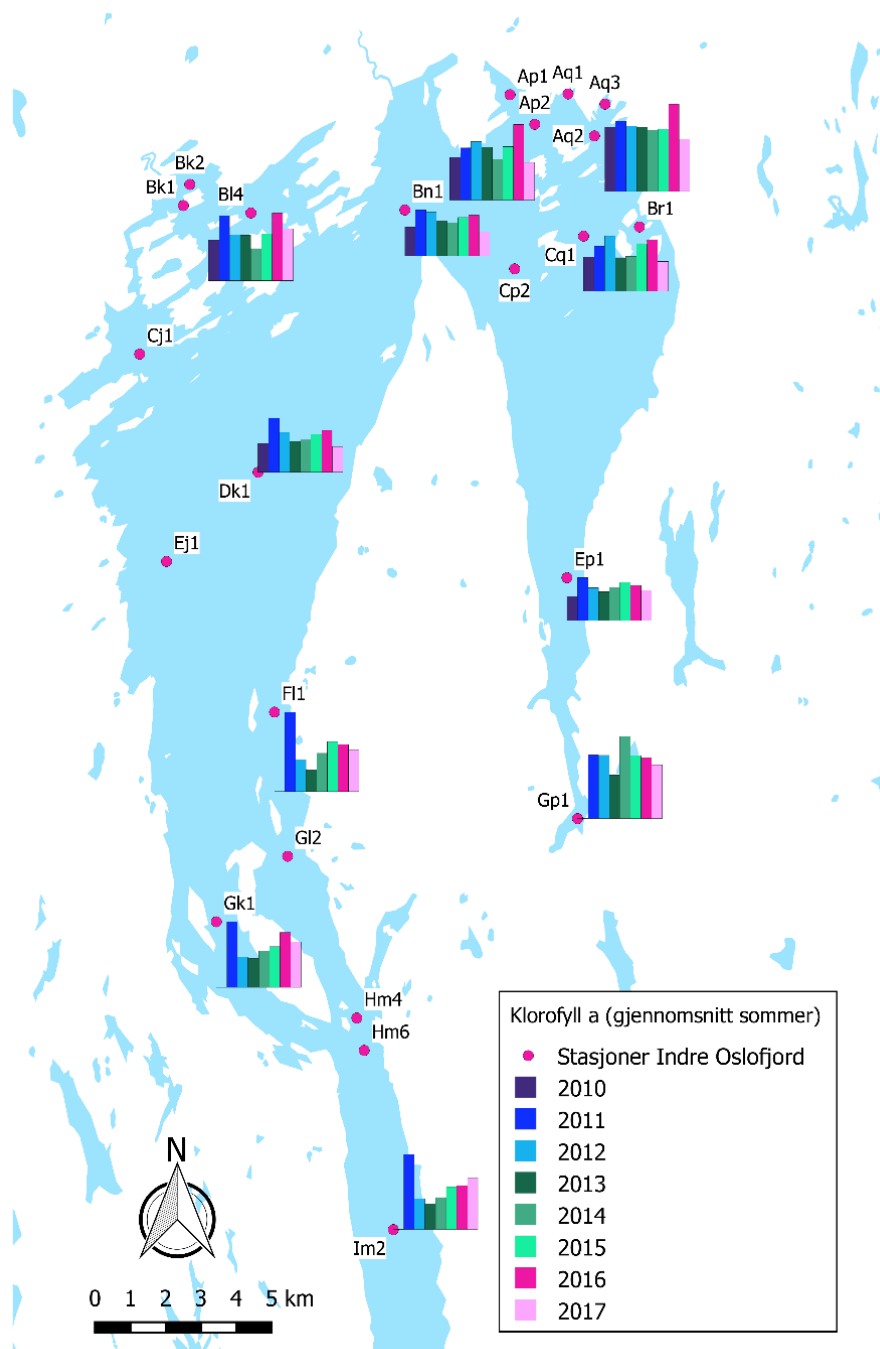
4.1 Innledning

Klorofyll a er et pigment som planter og alger bruker i fotosyntesen, altså i omdannelsen av lys til kjemisk energi. Konsentrasjoner av klorofyll a brukes derfor som et mål på planteplanktonproduksjonen i vannmassene og inngår som et biologisk kvalitetselement i Vannforskriften (Veileder 02:2013).

Sammensetningen og mengde planktonalger vil til enhver tid være styrt av forholdet mellom vekst, som styres av tilgang på lys og næring, og tap, i form av beiting eller utsynking. Den årlige syklusen i planteplanktonsamfunnet i Indre Oslofjord er i utgangspunktet typisk for norske kystvannsføremster. Vinterstid, i november, desember og januar, er det så lite lys tilgjengelig at veksten blir liten selv om det er rik tilgang på næringssalter (Tabell 4). Når lysforholdene bedres vil produksjonen komme i gang. I Indre Oslofjord, som er et relativt beskyttet område, initieres da en betydelig våroppblomstring dominert av kiselalger. Våroppblomstringen i Oslofjorden foregår gjerne i februar eller mars, mens den i andre deler av landet ofte finner sted en måned senere. Kiselalgene er avhengig av tilgang på silisium for vekst og deling, og næringsmangel, beiting og utsynking blir etter hvert begrensninger som gjør at produksjonen av disse algene stopper opp. Når vårfloppen bringer næringsrikt elvevann ut til fjorden på senvåren eller tidlig sommer vil man kunne se en ny oppblomstring og igjen på høsten når sprangsjiktet brytes ned og algene får tilgang på mer næring nedenfra samtidig som lystilgangen fortsatt er god. I sommerperioden, når tilgangen på silisium i overflatelaget (ca. 0-8m) er liten, dominerer andre grupper, som dinoflagellater (fureflagellater og coccolitoforider (kalkflagellater) (Paasche & Ostergren, 1980; Paasche, 2005).

Næringssaltene som tilføres Indre Oslofjord kommer fra flere kilder. Noe følger med avrenning fra land, annet med avløp og en betydelig andel fraktes også med kyststrømmen fra Skagerrak. De senere årene har de langtransporterte tilførselene blitt redusert og rensegraden til avløpsanleggene betydelig forbedret. I tillegg slippes ikke lenger avløpsvannet ut i overflaten, slik det gjorde frem til 1980-tallet, men på større dyp. Dette har ført til at en mindre andel av de tilførte næringssaltene faktisk blir tilgjengelig for planteplankton som befinner seg i de øvre vannlagene, noe som har bidratt til å redusere graden av skadelig oppblomstring.

NIVA har i en årrekke beregnet utslipp av nitrogen og fosfor til norske kystområder. Beregningene er gjort med TEOTIL-modellen og datagrunnlaget består av avløpsdata fra KOSTRA, produksjonsdata fra fiskeoppdrett, industridata, tapskoeffisienter for norsk jordbruk og avrenningskoeffisienter for norske naturområder (Selvik & Sample, 2017). Beregningene viser at mesteparten av de tilførte næringsstoffene er menneskeskapt (Selvik & Sample, 2017). Siden 1985 er tilførselene kraftig redusert, men de senere år (siden 2003) har det vært en svak økning.

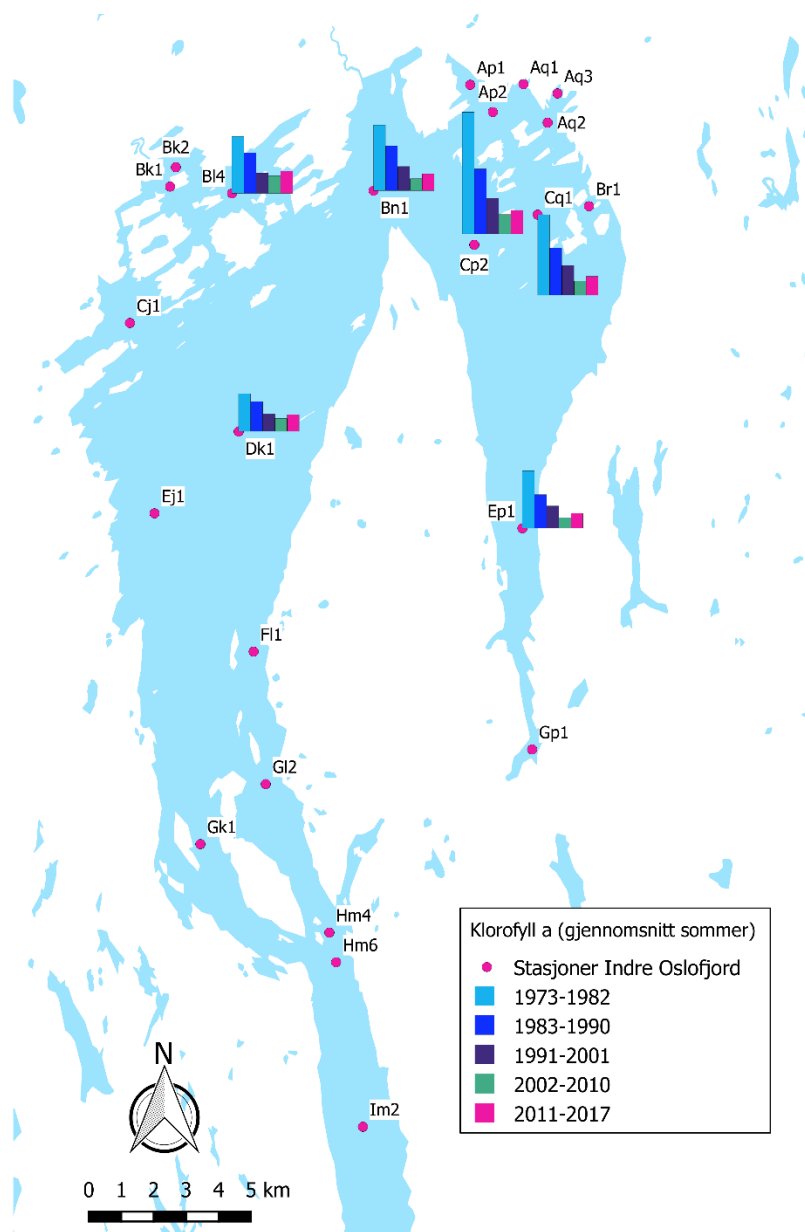


Figur 8. Årlige variasjoner i gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a i sommermånedene (juni-august) i perioden 2010-2017 på utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord.

Innsamlede data viser en tydelig nedadgående trend fra 1970-tallet og fremover med hensyn til klorofyll a konsentrasjon. Men siste måleperiode (2011-2017) viser igjen en svak økning i klorofyll a (Tabell 2 og Figur 9).

Tabell 2. Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i overflatelaget (0-2 m vanndyp) for sommermånedene (juni-august) i utvalgte perioder fra 1973 til og med 2017. Data fra 1973-2014 er innsamlet av NIVA (data fra Berge m.fl., 2015), og data 2015-2017 er innsamlet av Norconsult. Resultatene er plottet i figuren nedenfor.

Klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) middelverdier juni-august					
Stasjon	1973-1982	1983-1990	1991-2001	2002-2010	2011-2017
Ap 2	18,0	9,6	5,3	2,9	3,5
Bl 4	8,4	6,0	3,0	2,6	3,3
Bn 1	9,7	6,6	3,6	1,8	2,5
Cq 1	11,9	7,0	4,4	2,1	2,8
Dk 1	5,6	4,4	2,6	1,9	2,5
Ep 1	8,5	5,0	3,3	1,6	2,2



Figur 9. Gjennomsnittlig konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i overflatelaget (0-2 m vanndyp) for sommermånedene (juni-august) i utvalgte perioder fra 1973 til og med 2017. Data fra 1973-2014 er innsamlet av NIVA (data hentet fra Berge m.fl., 2015), og data 2015-2017 er innsamlet av Norconsult.

Klassifisering av klorofyll a er gjennomført i henhold til Veileder 02:2013 (revidert 2015) på data innsamlet i vekstsesongen (februar-oktober) i perioden 2015-2017. Klassifiseringen er gjennomført ved bruk av 90-persentilen for klorofyll a-data innhentet på 5 m dyp. Resultatene for syv av åtte vannforekomster i Indre Oslofjord er vist i Tabell 3. Den siste, vannforekomst Holmenfjorden, er ikke prøvetatt med hensyn på klorofyll a. Kun fem av vannforekomstene kan klassifiseres. De to siste tilhører vanntypen «Sterkt ferskvannspåvirket fjord» som på det nåværende tidspunkt ikke har tilegnede klassegrenser jf. Veileder 02:2013 (revidert 2015).

Fire vannforekomster (Oslofjorden, Bekkelagsbassenget, Bunnefjorden og Hurum) klassifiseres i tilstandsklasse II (god) iht. konsentrasjon av klorofyll a, mens Oslo havn og by klassifiseres i tilstandsklasse III (moderat). Data fra hvert enkelt år i perioden 2015-2017 viser en økning i konsentrasjon av klorofyll a i alle vannforekomster med unntak av Hurum (Im2) hvor konsentrasjonen var vesentlig lavere i 2017 enn foregående år. Økte konsentrasjoner av klorofyll a i 2017 er relatert til en kraftig våroppblomstring (mars-april) av dionflagellaten *Prorocentrum cf. minimum* og de to kiselalgene *Skeletonema* sp. og *Pseudo-nitzschia* sp. Oppblomstringen ga grønn-brunt vann i Indre Oslofjord og svært dårlig siktedyp i alle stasjoner fra Bærumsbassenget/Lysakerfjorden og innover i fjorden.

Tabell 3. Klassifisering av klorofyll a-verdier fra 5 m vanddyb i vannforekomstene i ndre Oslofjord 2015-2017. Fargekoder er iht. tilstandsklasser i Veileder 02:2013 – revidert 2015. nEQR er ikke beregnet for vannforekomstene Bunnebotten og Sandvika da det ikke finnes tilstandsklasser for vanntypene her.

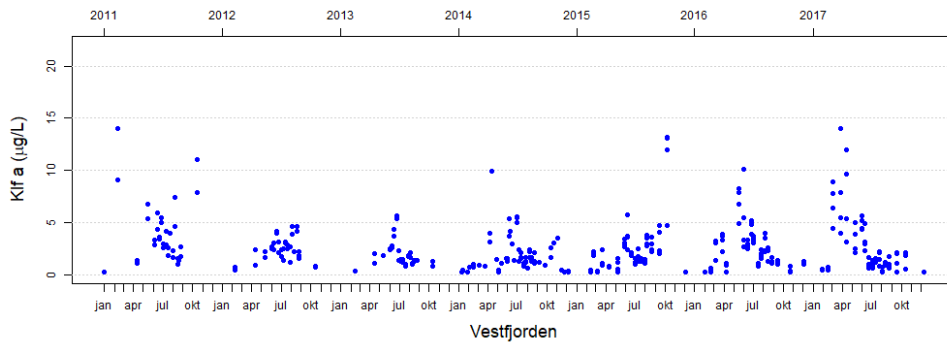
Vannforekomst	Vanntype	Prøvetakingstasjon	Verdier i vekstsesong Chl a (90-persentil)				nEQR
			2015	2016	2017	2015-2017	
Oslofjorden (Vestfjorden)	S2	Dk1, Fl1, Gk1, Bn1	3,65	4,86	5,62	4,90	0,64
Bekkelagsbassenget	S3	Ap2, Cq1	3,65	5,20	10,80	5,66	0,61
Bunnefjorden	S3	Ep1	3,32	4,12	9,92	5,45	0,62
Hurum	S3	Im2	4,33	4,55	2,32	4,33	0,68
Oslo havn og by	S3	Aq3	4,72	5,42	10,00	6,24	0,58
Bunnebotten	S5	Gp1	4,63	5,39	9,66	6,09	
Sandvika	S5	Bl4	3,76	4,38	8,56	4,54	

4.2 Sammenheng mellom klorofyll a og plantep plankton taxa

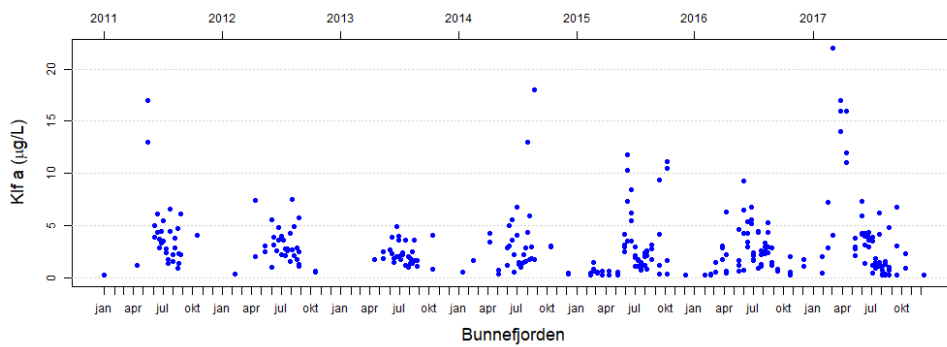
Resultatene fra de ulike vannforekomstene viser at det i 2017, som i 2016, også var noe høyere klorofyllkonsentrasjoner enn tidligere år i Indre Oslofjord (se eksempel fra vannforekomstene Oslofjorden og Bunnefjorden, henholdsvis i Figur 10 og Figur 11). Aller høyest var det i Bunnefjorden og andre østlige områder i mars og april (Figur 13). Dette var en massiv våroppblomstring som var dominert av dionflagellaten *Prorocentrum minimum* som ble observert i konsentrasjoner over en million celler pr liter i både Bunnefjorden og i Vestfjorden.

I Vestfjorden var det en oppblomstring av kiselalger/diatomerer midtsommers (Figur 12). Og på høsten en ny oppblomstring av dionflagellater, men ikke like kraftig som om våren.

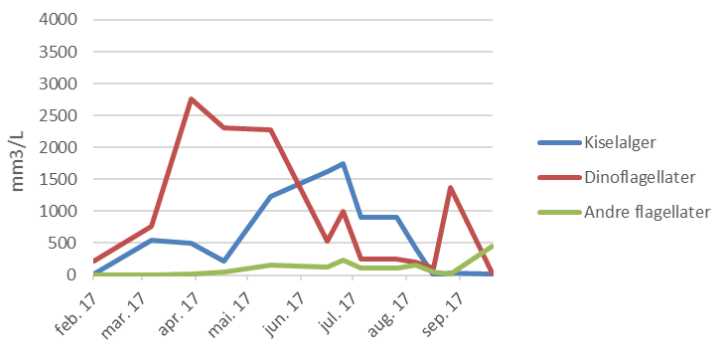
I Bunnefjorden kom oppblomstringen av kiselalger senere på sommeren og det ble ikke registrert den sammen høstopplomstringen av dionflagellater som i Vestfjorden (Figur 13).



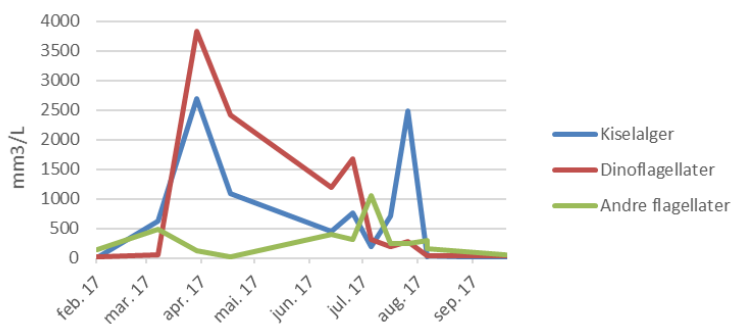
Figur 10. Endringer i klorofyll a konsentrasjoner (µg/l) i overflatelaget i vannforekomst "Oslofjorden" (Vestfjorden) i perioden 2011-2017.



Figur 11. Endringer i klorofyll a (µg/l) konsentrasjoner i overflatelaget i vannforekomst Bunnefjorden i perioden 2011-2017.



Figur 12. Utvikling i algebiomasse (mm³/l) for de ulike algegruppene ved Steilene (Dk1) 5 m dyp i Vestfjorden gjennom året 2017.



Figur 13. Utvikling i algebiomasse (mm³/l) for de ulike algegruppene ved Svartskog (Ep1) 5 m dyp i Bunnefjorden gjennom året 2017.

5 Næringsstoffer i fjorden

Konsentrasjonene av næringsalter i fjorden er betydelig redusert siden 1970-tallet grunnet innføring av stadig forbedrede renseprosesser for avløpsvann.

Klassifisering av næringsalter er gjennomført på grunnlag av gjennomsnittsdata i overflatevann for 3 år (2015-2017) i sommerperioden og vinterperioden (jf. Veileder 02:2013 – revidert 2015) i syv av vannforekomstene i Indre Oslofjord. Resultatene er vist i Tabell 4. For sommerperioden ligger gjennomsnittlig konsentrasjonen av alle de ulike næringssaltparametere i overflatelaget (data fra 0-15 m) i tilstandsklasse I og II (svært god og god tilstand). Tilstanden er generelt dårligere i vinterperioden hvor flere av parameterne har konsentrasjoner som tilsvarer tilstandsklasse III (moderat tilstand) og IV (dårlig tilstand). Bunnebotten har noe dårligere tilstand i vinterperioden sammenlignet med de andre vannforekomstene, men det er verd å merke seg at vinterdatasettet for Bunnebotten er svært begrenset grunnet at det ofte er tykk sjøis på stasjonen i perioden desember-februar og dermed ikke mulig å prøveta stasjonen. Iht. analyser som NIVA har gjennomført på data innsamlet i perioden er ingen klar økning eller reduksjon i næringssaltkonsentrasjonen (Frigstad m.fl. 2017).

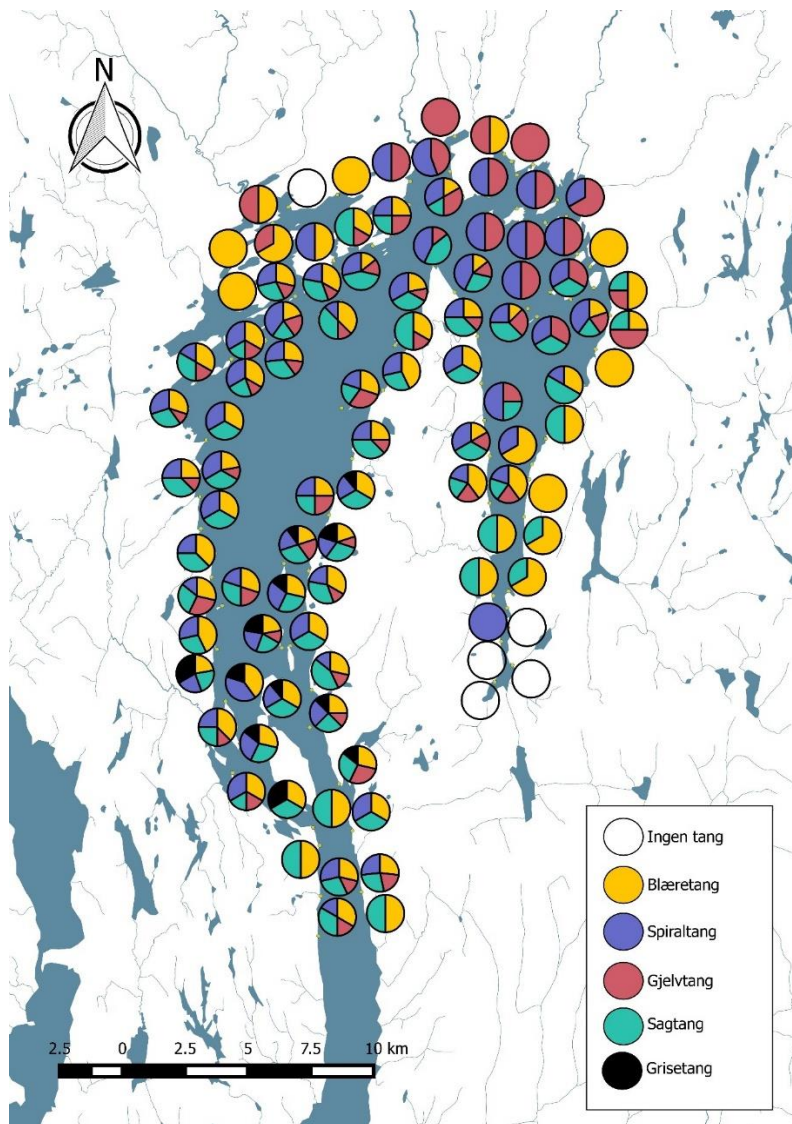
Tabell 4. Klassifisering av gjennomsnittlige næringsstoffkonsentrasjoner i overflatelaget (0-15 m) i Indre Oslofjord for perioden 2015-2017. Sommer- og vinterdata klassifisert i henhold til tilstandsklasser for kystvann med salinitet >18 psu i henhold til Veileder 02:2013 – revidert 2015. Vinterdata fra Bunnebotten er svært begrenset og klassifiseringen er derfor mer usikker enn i de andre vannforekomstene (derav skravert).

Periode	Næringsalter, (µg/l)	Vannforekomst (snitt for 2015-2017)						
		Bekke- laget	Bunne- botten	Bunne- fjorden	Hurum	Oslo havn	Sandvika	Vest- fjorden
Sommer (juni- august)	Total fosfor	16	15	12	15	14	15	16
	Fosfat	2,5	1,7	1,2	1,9	1,7	1,0	1,6
	Total nitrogen	172	234	157	150	221	205	177
	Nitrat	5,5	73	17	24	12,6	6,8	15
	Ammonium	19	32	7,3	16	27	8,0	7,8
Vinter (desember- februar)	Total fosfor	30	40	33	29	32	40	32
	Fosfat	20	23	22	15	21	25	21
	Total nitrogen	335	406	341	260	347	381	314
	Nitrat	228	290	237	151	241	243	215
	Ammonium	6,6	18	3,4	4,0	9,4	19	7,9

6 Horisontalutbredelse av tang – små endringer

Tangvegetasjon og utvikling i tangsamfunnene langs Indre Oslofjords rand er godt dokumentert. Gjennom en årrekke (1974-1980, 1988-1990, 1998-2000, 2011-2013, 2015 og 2016) er det foretatt undersøkelser av de fem vanligste tangartene ved 123 stasjoner, fra innerst i Bunnefjorden til Vestfjorden og et stykke sør for Drøbak. Disse stasjonene ble igjen undersøkt våren 2017.

Tilstedeværelse av arter og artssammensetningen av organismer i en fjord er bestemt av fysiske, kjemiske og biologiske miljøfaktorer. Endringer i forskjellige organismsamfunn brukes derfor ofte som indikatorer for å oppdage miljøendringer. Kortlevde arter responderer generelt sett raskt på endringer, og det er normalt at forekomster av disse varierer mye både innen og mellom år. Flerårige arter er stort sett mer robuste for små og kortvarige endringer. Endringer i slike samfunn kan derfor fortelle mer om langvarige trender. De vanlige tangartene i Indre Oslofjord er flerårige og kan derfor fungere som indikatorer på langvarige og større endringer i fjorden.

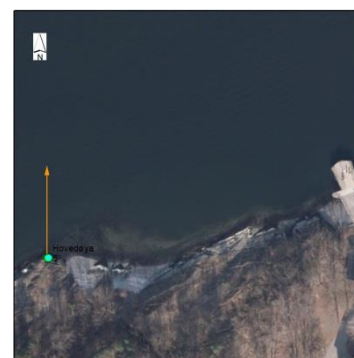
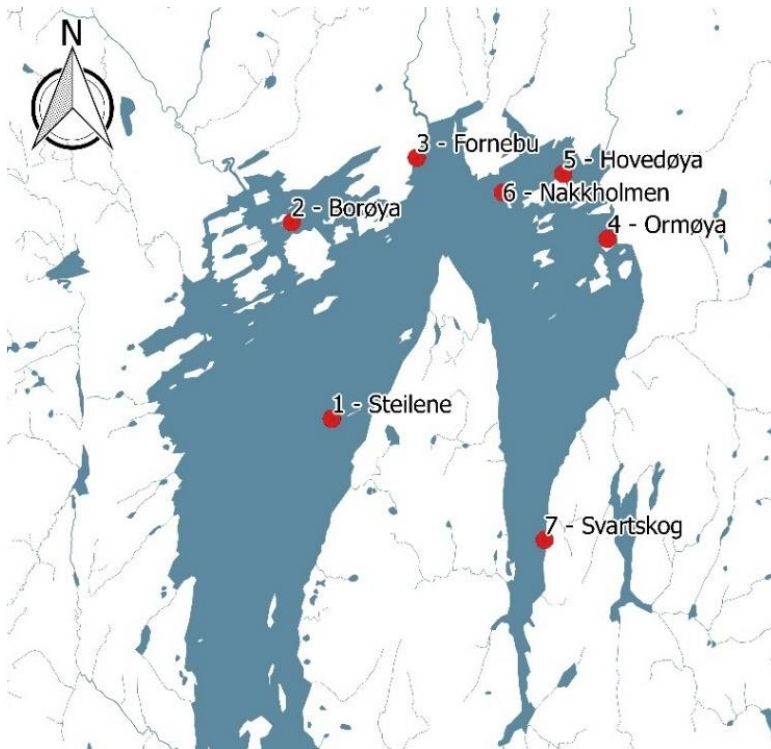


Figur 14. Generelle mønstre i utbredelse for de fem vanligste tangartene i Indre Oslofjord 2017. Den mest dominerende arten i området utgjør den største andelen av hver sirkel.

Utbredelsesmønstrene for de fem tangartene (Figur 14) i 2017 er tilsvarende som i 2015 og 2016 og tilsvarende det som er rapportert i forrige periode (2011-2013). Det ble funnet grisettang på færre stasjoner enn i 2016 og ikke så langt inn i fjorden som Steilene.

7 Nedre voksegrense – små endringer

Registrering av alle fastsittende makroskopiske alger og de vanligste fastsittende (eller lite mobile) dyrene ble foretatt ved dykking sensommeren 2017. 7 stasjoner ble undersøkt (Figur 15). Tilsvarende registreringer er tidligere gjennomført i 1981, 1982, 1983, 1989, 1991, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016 og 2017.



5



3



6



4



1



2



7

Figur 15. Kart som viser dykkestasjoner i Indre Oslofjord. Stasjonene er undersøkt årene 1981, 1982, 1983, 1989, 1991, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016 og 2017. Oversiktsbilder av de ulike stasjonene er angitt med stasjonsnummer.

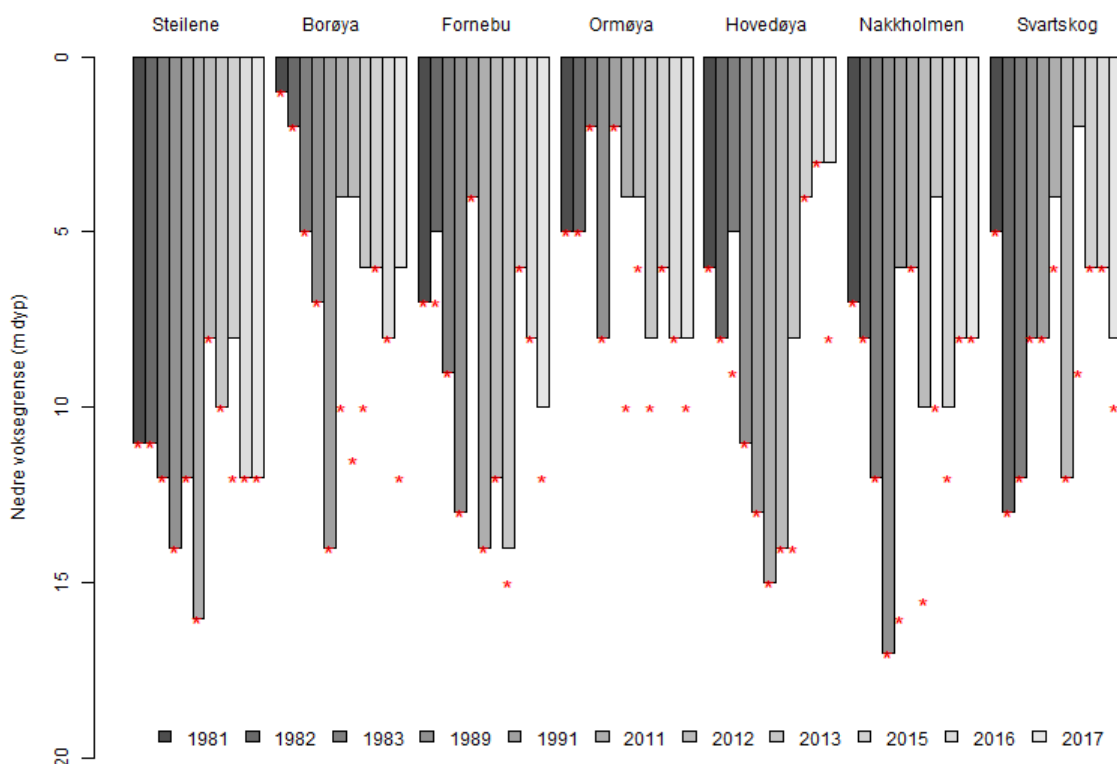
Utbredelsen av fastsittende alger med dypet (vertikalutbredelsen) avhenger i stor grad av lystilgangen og hvor gjennomtrengelig vannet er for lys. Lysgjennomgangen i vannet er avhengig av partikkelmengden (turbiditeten) i vannet. Ved økt turbiditet vil siktedypet avta og man kan forvente grunnere utbredelse av alger, likeledes vil det ved minkende turbiditet og økt siktedyp over tid forventes dypere utbredelse av alger. Andre faktorer av viktighet for vertikalutbredelsen av alger er tilgang på næringssalter, salinitet, substrat, helningsvinkel og bølgeeksponering.

I tillegg til abiotiske faktorer kan biotiske faktorer som beiteeffekter fra f.eks. kråkeboller og snegler være bestemmende for vertikalutbredelsen av alger. Beiting fra planteetende mobile fauna kan medføre at nedre vegetasjonsgrense løftes oppover (Jorde & Klavestad 1963) i forhold til hva man kan forvente ut ifra lystilgang og vannkvalitet.

Endringer i vertikalutbredelsen av alger over tid vil derfor kunne brukes til å identifisere endringer i vannkvaliteten og lysgjennomgangen i en vannforekomst.

Nedre voksegrense for makroalger ble registrert, og regnes i denne sammenhengen som det største dyp hvor det blir registrert spredt forekomst (minimum 0 – 5 % dekningsgrad) av en algart/et taxa

En sammenligning av registrert nedre voksegrense ulike år er gitt i Figur 16.

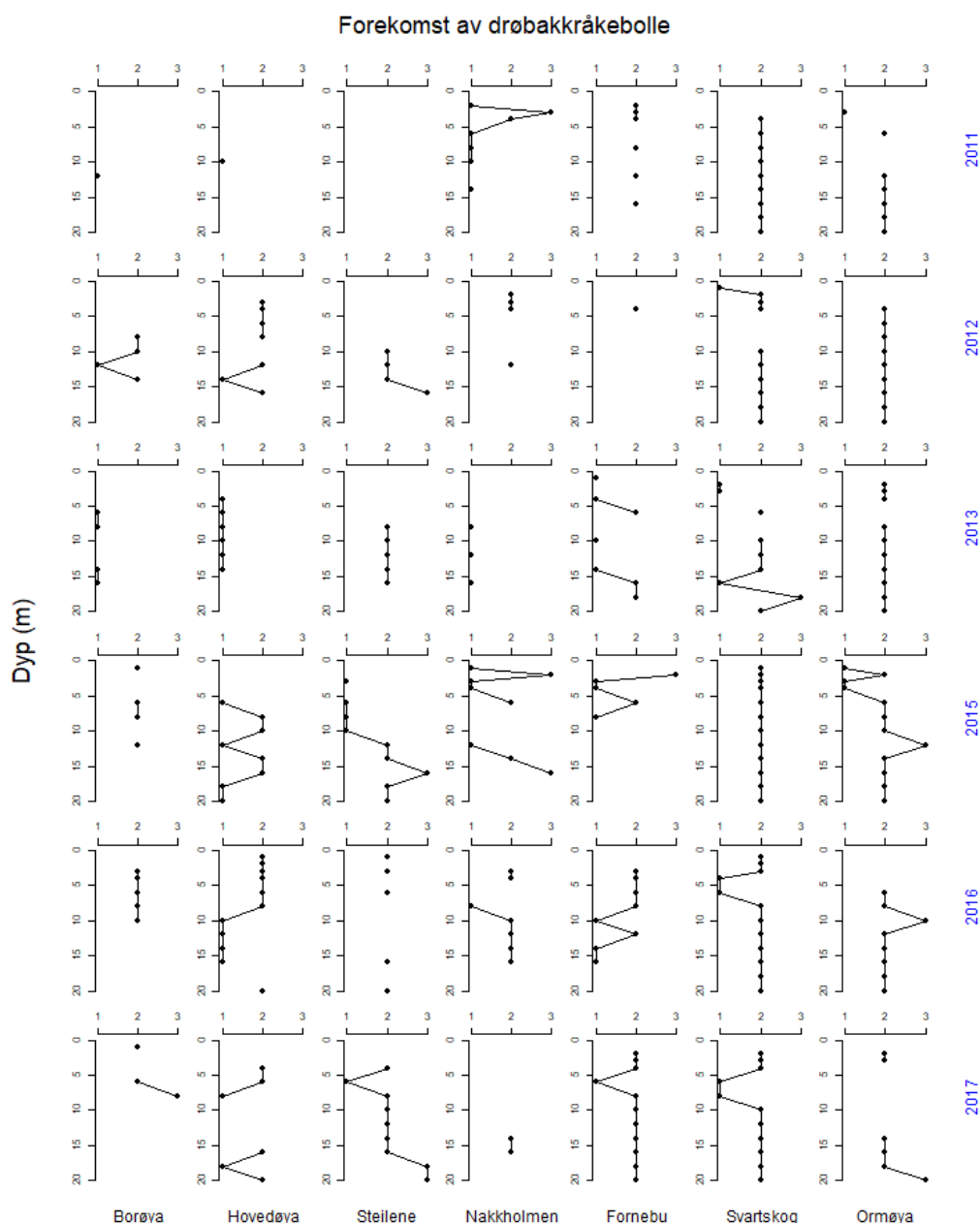


Figur 16: Nedre voksegrense opprette alger (spredt forekomst), 7 stasjoner i Indre Oslofjord årene 1981, 1982, 1983, 1989, 1991, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016 og 2017. Stjerne angir første dybde for registrering av opprette alger.

Undersøkelsen i 2017 viste som tidligere år et moderat til artsfattig algesamfunn i dykketransektene i Indre Oslofjord, med høyest artsrikdom og dypest nedre voksegrense på Steilene som er den ytterste stasjonen. I motsatt ende er stasjonen på Hovedøya den som har den grunneste nedre voksegrense av alle stasjonene i undersøkelsen. De siste årene er det registrert svært lite alger nedenfor 3 meter dyp. Ellers er det registrert noe dypere nedre voksegrense i 2017 enn 2016 på de fleste stasjonene, noe som er positivt. I 2017 ble det funnet sukkertare på en del stasjoner, blant annet på Steilene hvor denne ikke har vært observert på en god stund. Dette er et godt tegn da sukkertare har vist en nedgang mange steder i Norge grunnet nedslamming. Generelt virker det være en svak positiv trend

eller ingen endring i nedre voksegrense for algesamfunnene i Indre Oslofjord på de fleste stasjoner siden 2016. Det ble registrert noe færre brunalgearter og noe mer grønnalgearter i 2017 på noen stasjoner sammenlignet med sist undersøkelse.

Forekomst av kråkeboller (drøbakkråkebolle, *Strongylocentrotus droebachiensis*) med dyp er presentert i Figur 17. Det ble kun observert små mengder kråkeboller på 14-16 meters dyp på Nakkholmen. På Hovedøya var det størst mengder på det største dypet. Svartskog og Ormøya er historisk sett de stasjonene med jevnest fordeling av kråkeboller med dypet, mens det på de andre stasjonene har variert mellom svært få til «vanlig» tettheter langs med dybdegradientene de ulike år. Det er ikke observert dominerende mengder kråkeboller som vil kunne medføre stort beitetrykk på algepopulasjonene.



Figur 17. Vertikalutbredelse av drøbakkråkebolle på 7 dykkestasjoner Indre Oslofjord årene 2011 - 2013 og 2015 - 2017.

7.1 Vanndirektivet – Nedre voksegrense

Dykkerstasjonene i Indre Oslofjord er fordelt i fire vannforekomster som tilhører tre ulike vanntyper; «Moderat eksponert kyst», «Sterkt ferskvannspåvirket fjord» og «Beskyttet kyst/fjord». I henhold til vannrammedirektivet skal det beregnes indeks for nedre voksegrense – MSMDI (Multi Species Macroalgae Index). Denne indeksen avhenger av vanntype. For vanntypen «Sterkt ferskvannspåvirket beskyttet fjord» foreligger det ingen kriterier for utregning og stasjon 2 Borøya er derfor utelatt fra beregningene. Resultater fra beregningene av MSDMI er vist som normalisert EQR- verdi i Tabell 5. Klassegrensene for nEQR-verdiene er: >0,8 Meget god, >0,6 God, >0,4 Moderat, >0,2 Dårlig og <0,2 Meget dårlig.

nEQR Indekser kunne beregnes for både Steilene og Fornebu i 2017. Begge stasjonene ble beregnet til å ha nEQR verdi tilsvarende moderat tilstand. Analysene er sårbare ovenfor arter som var tilstede ved forrige undersøkelse men som ikke ble registrert i 2017. Frafall av hummerblekke/krusblekke er det som hindrer Steilene i å oppnå god tilstand i 2017.

På Hovedøya (5) og Nakkholmen (6) ble det registrert hhv. god og moderat tilstand i 2012, mens siden 2013 har det ikke vært tilstrekkelig antall arter til å beregne EQR-verdier.

Det ble ikke registrert mange nok av målartene på de andre stasjonene i 2017 for å kunne beregne nEQR. På Ormøya (4) har man aldri kunnet beregne nEQR og på Svartskog (7) har man ikke kunnet beregne tilstand siden 1983 (da ble andre kriterier lagt til grunn).

Tabell 5. Viser beregnede nEQR verdier basert på nedre voksegrense av 8 utvalgte opprette alger. Grønn: God; Gul: Moderat. Vær oppmerksom på at kriterier for bedømming av nedre voksegrense er endret etter 2013. n.a: nEQR har ikke blitt beregnet da det er registrert færre enn 3 av artene. Gul farge: Moderat status; grønn farge: God status.

Stasjon	1981	1982	1983	1989	1991	2011	2012	2013	2015	2016	2017
1	n.a.	0,67	0,71	0,8	0,45	n.a.	n.a.	0,47	0,45	0,47	0,53
3	n.a.	n.a.	n.a.	0,8	n.a.	0,73	0,73	0,67	n.a.	n.a.	0,53
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8	0,8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	n.a.	0,6	0,6	0,73	n.a.	n.a.	0,45	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	n.a.	0,67	0,67	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

8 Biogeografi: Kartlegging og modellering av marin natur

8.1 Innledning

FN's Rio-konvensjon fra 1992 (UN 1992) forplikter alle land til å kjenne til og ivareta sitt biologiske mangfold. I oppfølgingen av dette ble det etablert et nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold i Norge. Programmet hadde oppstart i 2003. Naturmangfoldloven (2009) har som formål å ta vare på naturens mangfold og de økologiske prosessene gjennom bærekraftig bruk og vern. Den er det tydeligste holdepunktet for forvaltning av norsk natur og inneholder et bredt spekter av virkemidler. Loven stiller klare krav til kunnskapsgrunnlaget i forbindelse med aktivitet som kan påvirke naturens mangfold. I lovens § 8 står det blant annet:

«Offentlige beslutninger som berører naturmangfoldet skal så langt det er rimelig bygge på vitenskapelig kunnskap om arters bestandssituasjon, naturtypers utbredelse og økologiske tilstand, samt effekten av påvirkninger.»

Derfor er det ikke bare viktig, men et lovpålagt ansvar å kartlegge natur i områder som påvirkes av menneskers samfunnsutvikling.

Arbeidet med kartlegging av Indre Oslofjord er godt i gang. En grov kartlegging av marine bunntyper i hele Indre Oslofjord ble gjennomført i et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Universitetet i Oslo (UiO) i 2005 og 2007. Bunnefjorden er kartlagt ved nærmere 2500 observasjoner, innsamlet med undervannskamera av NIVA i perioden 2005-2013. Transekter fra strandlinjen og ned til ca. 30 m dyp er godt dokumentert i dette området. Naturtypene som ble observert på filmene er klassifisert i henhold til det europeiske systemet EUNIS og Naturtyper i Norge (NiN, versjon 1). 15. april 2015 ble en betydelig oppdatering av dette systemet lansert. Systemet kalles Natur i Norge versjon 2.0 (NiN 2).

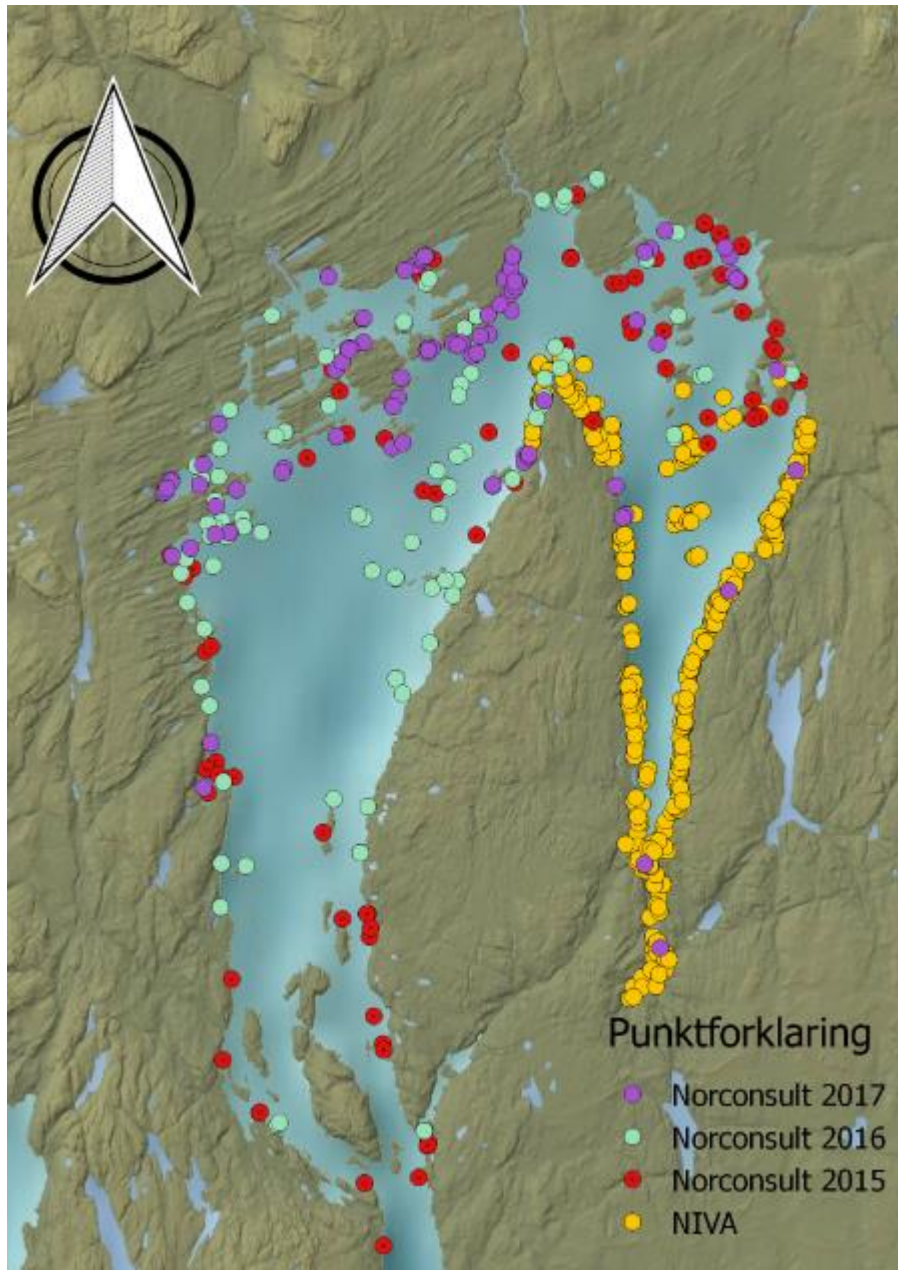
8.2 Datainnsamling i 2017

De 2500 observasjonene som ble samlet frem til 2013 er i hovedsak samlet ved filming av transekter fra fjæresonen og ned til ca. 30 meters dyp. I 2015 ble denne strategien lagt om. I 2015 og 2016 ble det samlet inn data ved filming av punkter i fjorden, og punktene ble valgt ut for å dekke 1) en gradient på 0-30 m dyp 2) størst mulig del av forskjellige bunnsstrat 3) størst mulig del av fjorden og 4) enkelte dypere punkter. Målet med strategiendringen har vært å kunne dekke et større område av fjorden i modelleringsarbeidet på et tidligere tidspunkt. Dette vil resultere i et noe grovere oversiktsbilde i utgangspunktet, med en gradvis forbedring etter hvert som data samles inn (over år). Modellen som skal beskrive det marine naturmiljøet i fjorden (fordelingen av NiN 2-typer) vil dermed endres og bli mer treffsikker for hvert år som går. Fordelene med punktinnsamling er at man minimerer problemer med autokorrelasjon, at man kan produsere modeller som dekker hele fjorden på et tidligere tidspunkt og at man skaper en mulighet for å plukke opp endringer over tid med større sikkerhet.

I 2017 ble 70 punkter i Indre Oslofjord undersøkt med dropkamera. Det naturmiljøet som hyppigst ble observert (20 % av observasjonene) i 2017 falt innunder NiN 2-kategorien M1-4, «Sagtangbunn». Derrest var observasjonene relativt likt fordelt mellom M4-16 – «Finsedimentbunn i rødalgebeltet», M4-5 – «Grunn finsedimentbunn» og M4-13 – «Løs mudderbunn i rødalgebeltet». En oversikt over alle funnene i 2017 kan finnes i vedleggsrapporten (Norconsult, 2017).

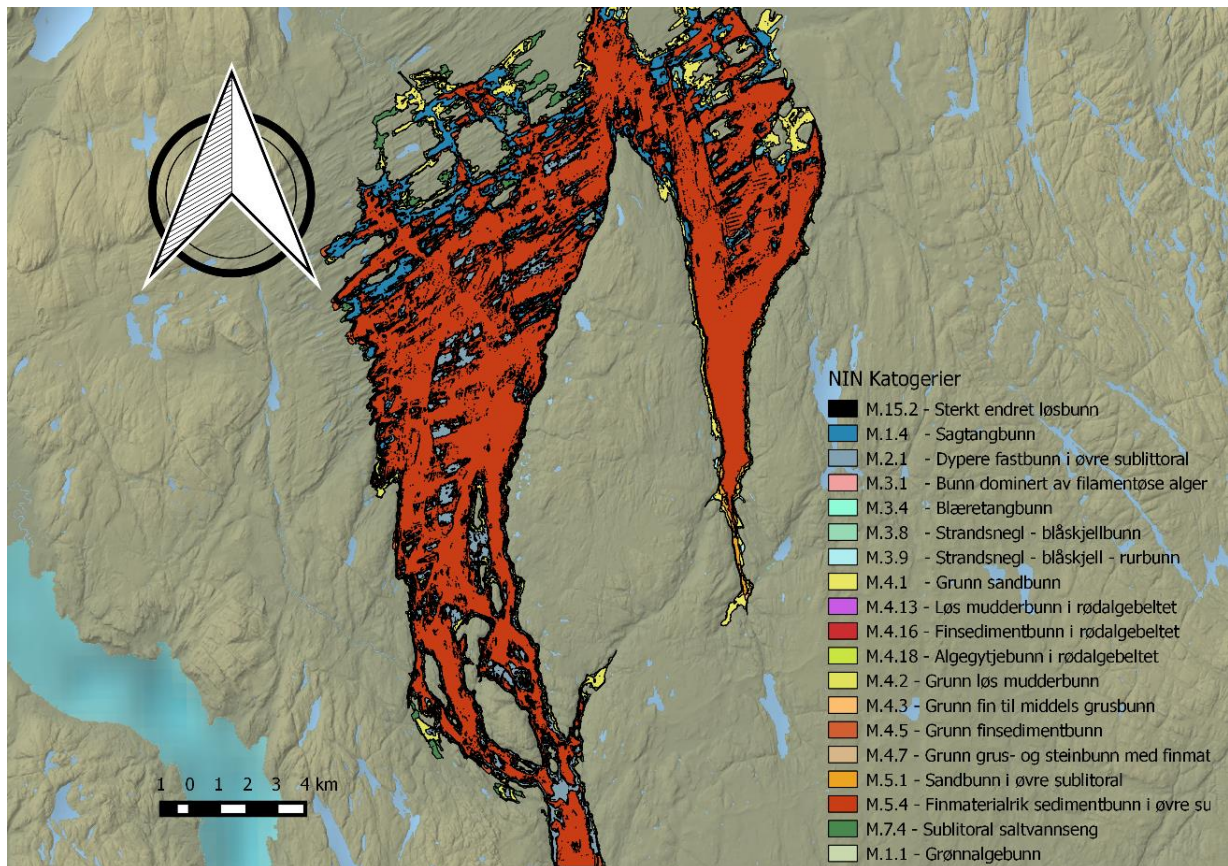
8.3 Modellering i 2017

Stasjonsnett for biogeografi er vist i Figur 18. Informasjon om metoden for modellering, programvare og usikkerheter er gitt i vedleggsrapporten (Norconsult, 2017).



Figur 18. Fordeling av undersøkte punkter

8.4 Biogeografisk kart



Figur 19. Oversiktskart som viser NiN-typer med høyest predikert sannsynlighet for tilstedeværelse i hvert område basert på beste modell i 2017. Kartet er laget i vektorformat, basert på prediksjonskartet som er et rasterkart med 10 x 10 m oppløsning.

Det er trolig fortsatt datamateriale/grunnlag tilgjengelig som kan være med på å styrke modellen. Det er flere av NiN-kategoriene som defineres ut fra salinitet. Dersom salinitetsdata kan knyttes til modellen vil det kunne styrke prediksjonene for enkelte kategorier.

Mange av de områdene som er belagt med usikkerhet vedrørende prediksjon er områder som ligger tilknyttet områder med stor gradient. Dvs. stor endring i habitat over små areal. For å øke treffsikkerheten for disse arealene, gjerne arealer som ligger i tilknytning til marbakke, eller i overgang fra hardbunn til bløtbunn vil det vurderes å bruke partiell GPS med bedre nøyaktighet. Vi vil også fremholde dybdemålinger videre ved å samholde fysisk dybdelodding med ekkoloddavlesning.

9 Undersøkelse av hyperbentos (reker) i 2017

9.1 Innledning

Hyperbentosundersøkelser har vært gjennomført regelmessig flere steder både i Indre og Ytre Oslofjord tilbake til tidlig 1950-tallet. I starten og frem til 1990-tallet ble undersøkelsene gjennomført av Fredrik Beyer ved UiO. I perioden 2000-2014 ble undersøkelsene utført av NIVA i samarbeid med UiO (Magnusson m.fl., 2001), og fra 2015 overtok Norconsult.

Hyperbentos brukes som miljøindikatorer for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i dypområdene, hvor individ- og artsantall påvirkes av varierende oksygenforhold i dypvannet. I tilfeller der oksygenforholdene forringes migrerer mobile hyperbentos-organismer til områder med bedre forhold (Beyer og Indrehus, 1995).

Reker er den gruppen av hyperbentos som er gitt størst fokus i Indre Oslofjord-undersøkelsene. Dette fordi krepssdyr (og spesielt reker) er en organismegruppe som viser god korrelasjon mellom artsmangfold og oksygenforholdene i vannet (Buhl-Mortensen et al., 2009). I tillegg er det dokumentert at flere rekearter (eksempelvis som *Pandalina profunda* og *Pandalus borealis*) relativt raskt (< 6 måneder) vil rekolonisere et bunnområde dersom forholdene forbedrer seg (Beyer og Indrehus, 1995).

Tidligere undersøkelser viser at det ikke forekommer reker når oksygenkonsentrasjonen er lavere enn 1 ml/l og at man må opp i konsentrasjoner på 2,5-3 ml/l for å oppnå relativt høye individ- og artsantall (Berge m.fl., 2014). Det er siden tidlig 2000-tallet observert rundt 14 forskjellige rekearter i Indre Oslofjord. Hvilke arter som er tilstede og antallet individer av hver art varierer fra år til år på de forskjellige stasjoner (Figur 20).



Figur 20. Eksempler på en hyperbentosprøve samlet inn i Gråøyrenna i Indre Oslofjord i 2017. A: Reker konservert på sprit for analyse B: stor sjøanemone sammen med sjømus, diverse skjell og børstemark.

9.2 Materiale og metode

Innsamling av hyperbentos gjennomføres i samarbeid med F/F Trygve Braarud (UiO), en gang per år langs syv transekter i dypområdene i fjorden (Figur 21). Rekene samles inn med en Beyer-slede som har en innsamlingshåv med maskevidde på 0,5 mm. Sleden dras over bunnen i en avstand på ca. 1 km før håven lukkes. Metoden er nærmere beskrevet i vedleggsrapporten (Norconsult, 2017).

Innsamlede organismer identifiseres til hovedgruppe (klasse/familie) og resultatene presentert iht. samme dyregrupper som i Berge m.fl. (2015). Rekene er bestemt til art eller slekt (evt. høyere taksonomisk nivå der art/slekt ikke er mulig å definere) og volumtettheten er beregnet.

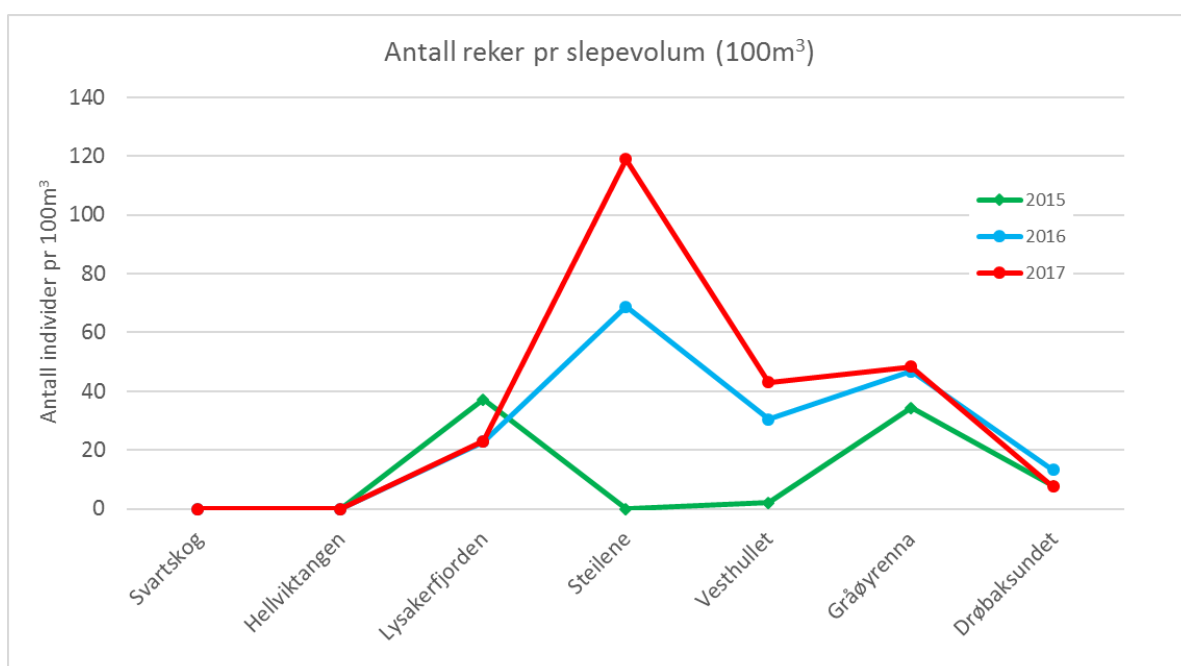


Figur 21. Lokalisering av de syv transektene som tråles i overvåkingen av hyperbentos i Indre Oslofjord. I september 2017, da innsamlingen fant sted, var oksygenforholdene ved Svartskog og Hellviktangen (i Bunnefjorden) lavere enn 1 ml/l. Tråling ble gjennomført ved Helleviktangen, men ikke ved Svartskog.

9.3 Resultater og diskusjon

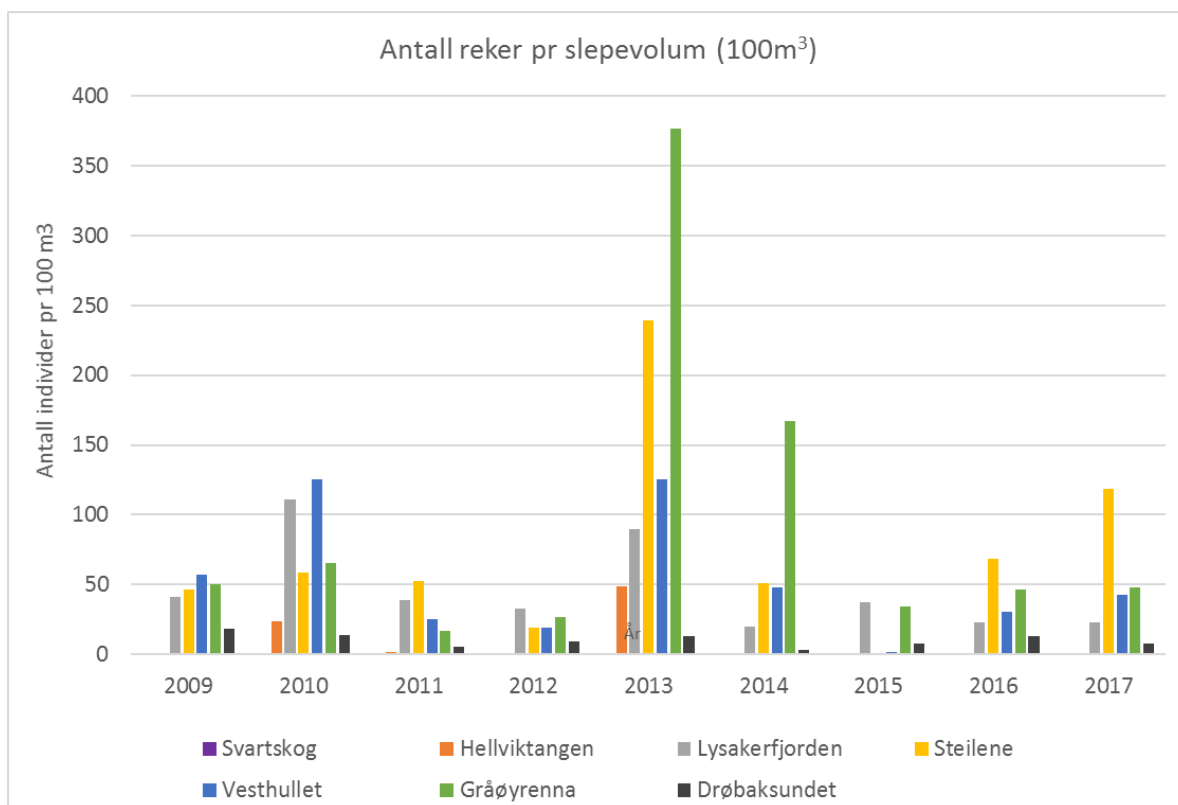
Forekomst av reker og andre hyperbentos i prøver innsamlet i 2017 er vist i vedleggsrapporten (Norconsult, 2017).

Individtetthet (rekeindivider pr. 100 m³) for innsamlede stasjoner i årene 2015-2017 er vist i Figur 22. Høyeste individtetthet i denne perioden er funnet ved Steilene i 2017. Gråøyrenna, Vesthullet, Lysakerfjorden og Drøbaksundet følger deretter. Største mellomårlige variasjoner er funnet på Steilene, hvor individtettheten økte fra 0 i 2015, til 69 i 2016 og til 119 rekeindivider pr. 100 m³ i 2017. Også Vesthullet har noe variasjon i individtetthet fra år til år (henholdsvis 2, 31 og 43 rekeindivider pr. 100 m³ i årene 2015-2017), men på de andre stasjonene er de mellomårlige variasjoner svært begrenset.



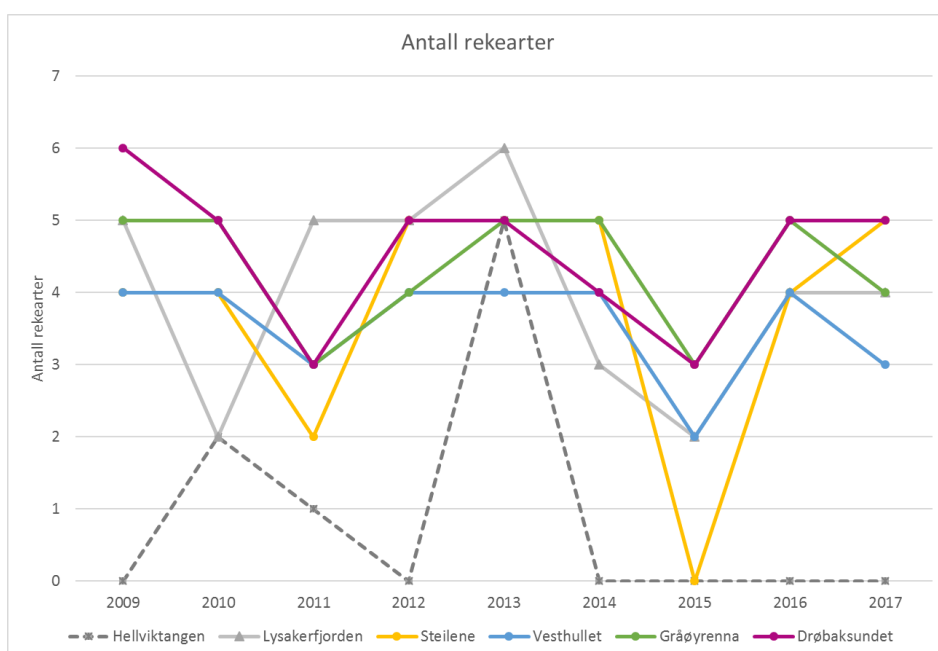
Figur 22. Antall rekeindivider pr. slepevolum (100 m³) i undersøkte stasjoner i 2015, 2016 og 2017.

Data for mellomårlige variasjoner i individtettheten (antall reker pr 100 m³) over et lenger tidsrom (2009-2017) er vist i Figur 23. Det er de senere år kun sporadisk blitt observert reker i Bunnefjorden (Berge m.fl., 2015). Samlet sett (for alle stasjoner) var konsentrasjonen høyest i 2013, samme år som det fant sted en dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord (dvs. vinteren 2012-2013). Dypvannsfornyelsen resulterte i økte oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet (inkludert Bunnefjorden; jf. Figur 4). Likevel ble det i 2013 ikke funnet reker ved Svartskog, kun ved Hellviktangen (Berge m.fl., 2015). I 2015 var individtettheten av reker spesielt lav, noe som antakeligvis skyldes generelt lave oksygenkonsentrasjoner i Indre Oslofjord gjennom høsten 2015.



Figur 23. Individtetthet (antall reker pr 100 m³) på undersøkte stasjoner i 2009-2017. Data fra 2009-2014 er innsamlet av NIVA (Berge m. fl. 2010; 2011; 2012; 2013; 2014), mens data fra 2015-2017 er innsamlet av Norconsult.

Antall rekearter funnet på hver stasjon (i perioden 2009-2017) varierer noe fra år til år (Figur 24), men ligger i de fleste tilfeller mellom 3-5 arter. Hvis man ser bort fra Svartskog, hvor man sjeldent finner reker, er det Hellviktangen og Lysakerfjorden som har størst variasjon i antall arter. Dette er naturlig da disse områdene er lokalisert lengst inn i fjorden og vil dermed være mest følsomme for redusert oksygenkonsentrasjon i bunnvannet pga. begrenset dypvannutskifting.



Figur 24. Antall rekearter registrert på de ulike stasjoner i perioden 2009-2017.

10 Biologiske effekter av miljøgifter i torsk og mikroplast i torsk

10.1 Innledning

Biologiske effekter av miljøgifter i fisk er undersøkt i overvåkingsprogrammet for Indre Oslofjord over flere år. Biomarkører for eksponering for, samt effekter av miljøgifter er inkludert i programmet. Tidsseriene i programmet gir mulighet for sammenligning over tid.

Torsk (*Gadus morhua*) er brukt som art i dette delprogrammet, og fisken samles inn i to områder: i indre og i ytre del av Oslofjorden. Torsk er en av flere vanlige indikatororganismer som er vanlig brukt i mange overvåkingsprogrammer i Norge. Dette fordi den både nasjonalt og globalt er en viktig art både for matsikkerhet og for økosystemet. Den finnes i mindre antall i Oslofjorden nå enn tidligere, men den er fortsatt en god indikator siden den lever, spiser og gyter lokalt og dette gjør at den vil ta opp i seg eventuelle lokale miljøgifter. At den er mye brukt i overvåkingsprogrammer gjør også at vi har god kunnskap om dens biologi og metabolske prosesser og hvordan den blir påvirket av miljøet den lever i.

Biomarkører for ulike grupper av miljøgifter er inkludert i analyseprogrammet, som inkluderer biomarkører for eksponering/ effekter av metaller, klororganiske miljøgifter samt PAH-forbindelser. Indre Oslofjord er belastet av disse miljøgiftene, gjennom lang tid med menneskelig påvirkning.

Sjøbunnen i Indre Oslofjord er påvirket av en rekke kilder forurensning, som har ført til at deler av fjorden har forurensede sedimenter. Det er gjennomført en omfattende opprydning i havneområder i Oslo, som har ført til en bedring av miljøtilstanden i disse områdene (prosjektet kalt Ren Oslofjord).

I programmet «Miljøgifter i norske kystområder – MILKYS», gjøres det overvåking av nivåer, trender og effekter av miljøgifter langs norskekysten (Green et al, 2017). Resultater fra siste overvåkingsrunde (2016) viste forhøyede nivåer av kvikksølv i filet i torsk fra Indre Oslofjord og høye nivåer av PCB i lever. Prøver av torsk fra Indre Oslofjord hadde også høyere nivåer av PBDE og PFAS enn andre bynære områder i Norge. Lav vannutskiftning med ytre fjord og urbane kilder nevnes som sannsynlige årsaker til dette.

Totalt ble det tatt ut prøvemateriale fra 80 torsk. Torsken ble tatt over i store kar ved gjennomstrømning av sjøvann. Det ble tatt prøver av blod, lever og galle. Analyser av biomarkører er gjennomført av IRIS AS (International Research Institute of Stavanger)

Magesekken ble tatt ut og fryst ned for egne analyser for mikroplast. Mikroplast- analysene ble gjort av Norconsult og baserte seg på visuelle observasjoner i mikroskop/lupe.

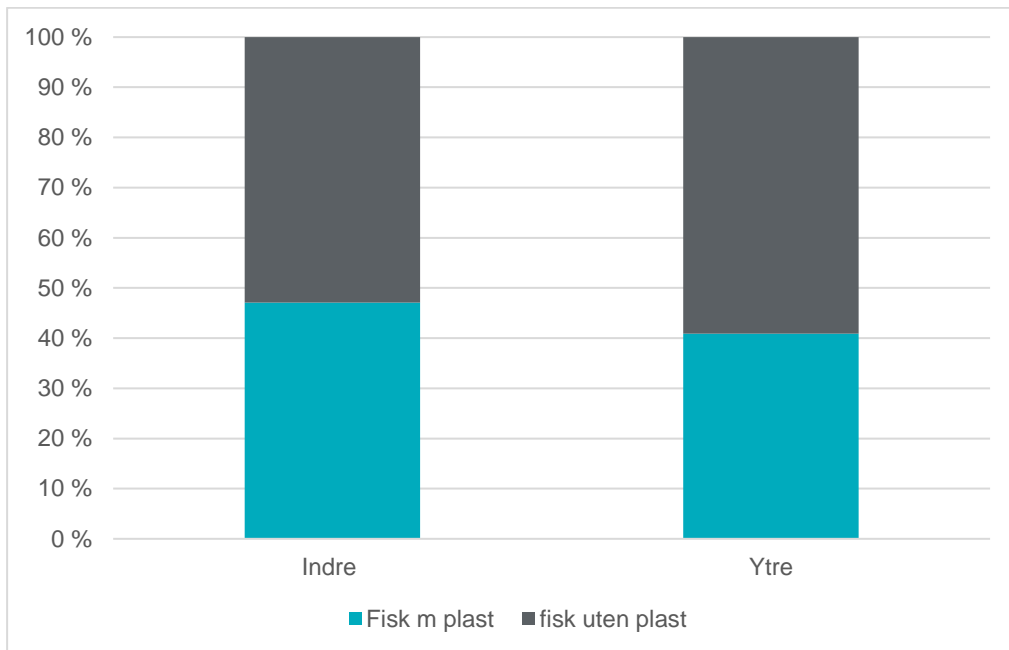
Metodikk er beskrevet i detalj vedleggsrapporten (Norconsult, 2017).

10.2 Resultater biomarkører og analyser av mikroplast i magesekk

Resultatene fra biomarkørmålinger tyder på at det gradvis har blitt mindre effekter av miljøgifter på torsken i Indre Oslofjord, og at forskjellene mellom Indre og Ytre Oslofjord er mindre.

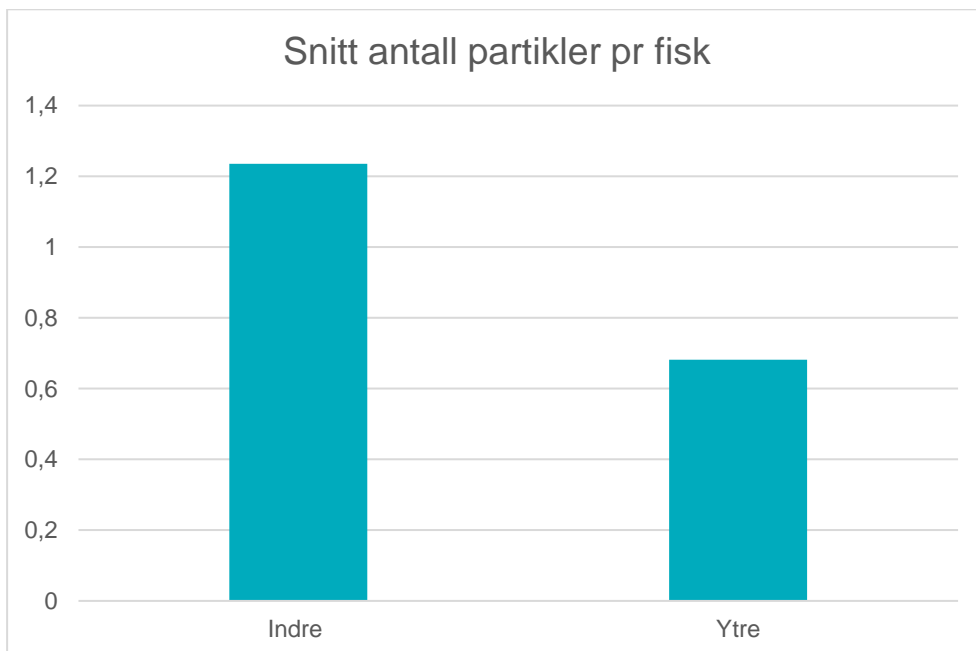
Resultatene viser at individer fra Indre Oslofjord påvirkes i større grad av kilder til PAH-forurensning.

Grafene i Figur 25 og Figur 26 viser resultater av plastanalyser i magesekk til torsk fra Indre og Ytre Oslofjord.



Figur 25: Grafen viser resultater fra analyser av plastpartikler i fisk.

Grafen i Figur 25 viser andel av individer der det ble funnet plast i magesekken, for indre og ytre område. Selv om det ble funnet plast i omtrent like mange fisk i indre og ytre fjord ble det gjennomsnittlig funnet et høyere antall partikler per fisk i prøver fra Indre Oslofjord sammenlignet med Ytre Oslofjord, Figur 26.



Figur 26: Grafen viser resultater fra analyser av plastpartikler i fisk. Grafen viser gjennomsnittlig antall partikler per fisk fra indre- og ytre område.

11 Foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord

(Teksten er et utdrag fra «Prosjektrapport: Del 1: Foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord», skrevet av Jane Dolven (Norconsult), Elisabeth Alve (UiO) og Silvia Hess (UiO). Sluttrapport for foraminiferundersøkelsene vil ferdigstilles i juni 2018).

Foraminiferer er små (vanligvis <0,5 mm) bunnlevende, marine, encellede organismer med et skall av kalk eller sammenkittede korn (agglutinerte). Som en del av organismesamfunnet på bløtbunn, påvirkes foraminiferene av flere typer miljøbelastninger, spesielt organisk belastning og endringer i oksygenforholdene i bunnvannet. Tidligere undersøkelser i Indre Oslofjord har vist at bunnlevende foraminiferer reflekterer miljøforholdene de lever i og kan dermed brukes til å gi informasjon om økologisk tilstand og levevilkår på sjøbunnen.

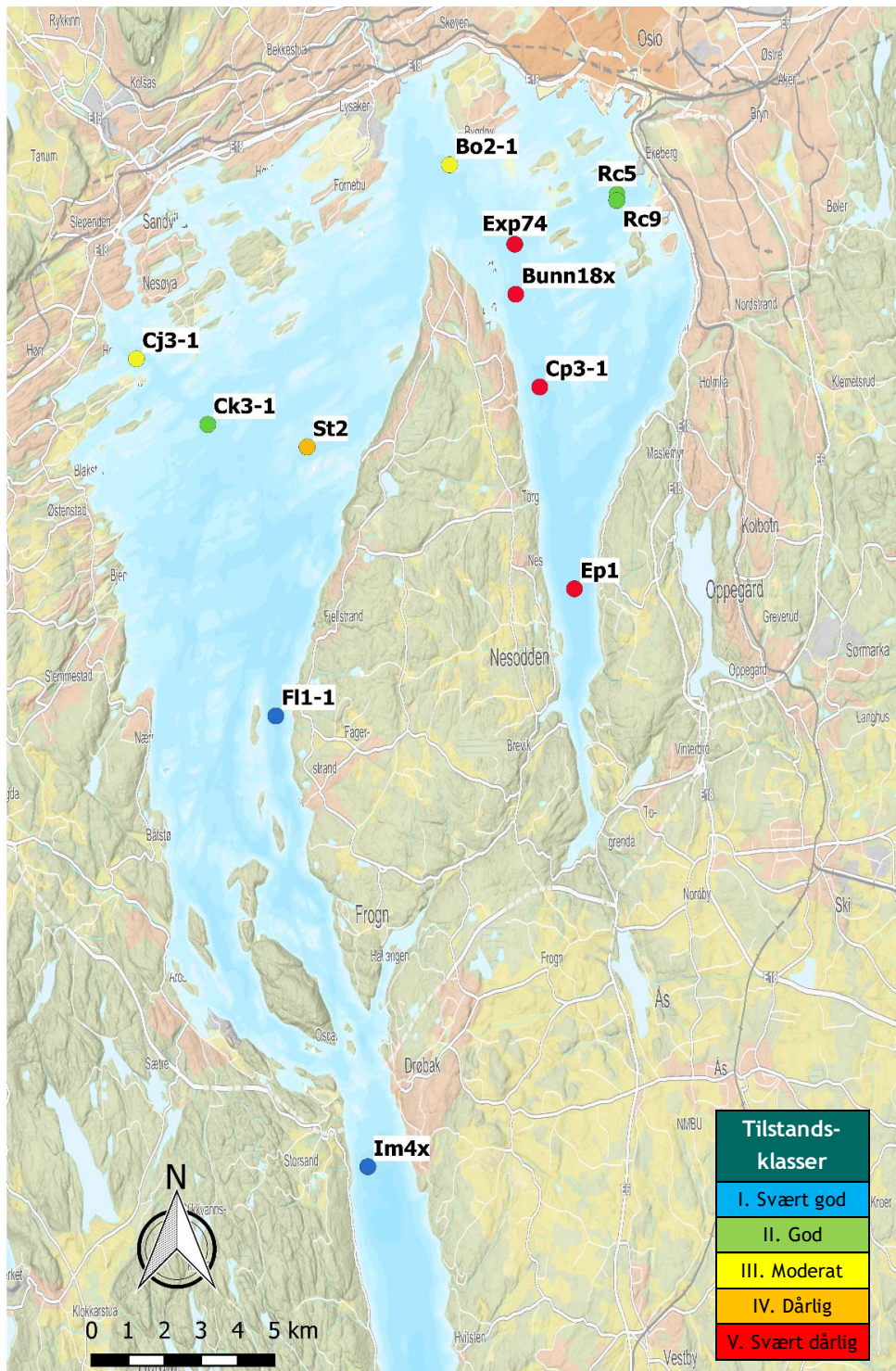
For å kartlegge dagens tilstand i Indre Oslofjord og like utenfor Drøbaksterskelen, og å si noe om utviklingstrenden i fjordsystemet, ble det i oktober 2017 samlet inn bunn-sedimenter på 12 stasjoner. Bunn-sedimentene ble undersøkt med hensyn på levende foraminiferfaunaer, kornfordeling, total organisk karbon og C/N-forhold. I tillegg ble det gjennomført hydrografiske målinger (temperatur, salinitet og oksygen) gjennom vannsøylen på hver av stasjonene.

Resultatene viser at den økologiske tilstanden (nEQR) er Svært god (tilstandsklasse I) utenfor Drøbaksterskelen og innover i Vestfjorden (Figur 27). Deretter forringes tilstanden gradvis innover i fjorden til Bunnefjorden hvor den økologiske tilstanden er Svært dårlig (V). I to sub-bassenger avviker tilstanden fra tilstanden i deres respektive hovedbasseng: 1) Det delvis «isolerte» Steilenebassenget (St2) i Vestfjorden hvor forholdene er dårligere enn i Vestfjorden forøvrig, dvs. tilstandsklasse IV (Dårlig), og 2) den nordøstre del av Bekkelagsbassenget (RC5 og RC9) hvor tilstanden er i klasse II (God), dvs. bedre enn nærliggende stasjoner. Sistnevnte indikerer at den positive utviklingen observert i perioden 2008-2010 (Hess m. fl. 2014), som ble initiert i forbindelse med flytting av utløpsledningen fra Bekkelaget renseanlegg i 2001 (Berge m. fl. 2011), fremdeles fortsetter. I de Indre deler av fjorden (Bunnefjorden) er det et stort avvik mellom dagens økologiske tilstand (Svært dårlig) og naturtilstanden (Svært god til god tilstand) som tidligere er beregnet basert på fossile foraminiferfaunaer i daterte sedimentkjerner (Dolven og Alve, 2010). I ytre deler av Vestfjorden og utenfor Drøbaksterskelen samsvarer nåværende tilstand godt med naturtilstanden.

Det er generelt svært høyt organisk karbon (TOC)-innhold i overflatesedimentene i Indre Oslofjord, og innholdet korrelerer godt med både diversitetsindeksene og den sammensatte indeksen NQI. Unntaket er representert ved en stasjon i Bekkelagsbassenget (RC5), som ble kunstig tildekket med ren marin leire i 2007, og dermed har et lavt TOC-innhold.

Korrelasjonen mellom foraminiferdata og målte oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet er svært god. Dette gir en sterk indikasjon på at oksygen er en av de viktigste faktorene som styrer faunasammensetningen i Indre Oslofjord.

Resultatene indikerer at den negative utviklingen i levevilkårene på bunnen er knyttet til økt tilførsel av organisk materiale til Indre Oslofjord fra naturtilstanden og frem til i dag.



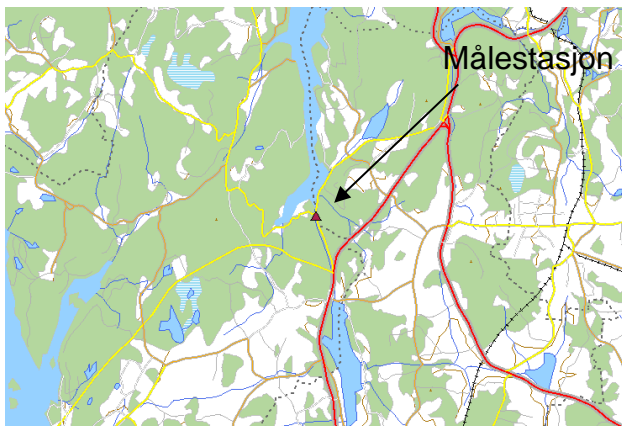
Figur 27. Økologisk tilstand i utvalgte områder av Indre Oslofjord basert på foraminiferundersøkelser i oktober 2017. Foraminiferdataene er basert på gjennomsnittsverdier for levende faunaer i fire replikater per stasjon. Klassegrenser er iht. Alve m.fl. submitted 2018.

12 Blågrønnalger fra Årungen til Bunnefjorden

Undersøkelsene er gjennomført av NIVA for PURA og teksten under sammenfattet av Fagrådet, basert på tidligere rapporter. I 2017 ble det ikke meldt om algeoppblomstringer eller 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.

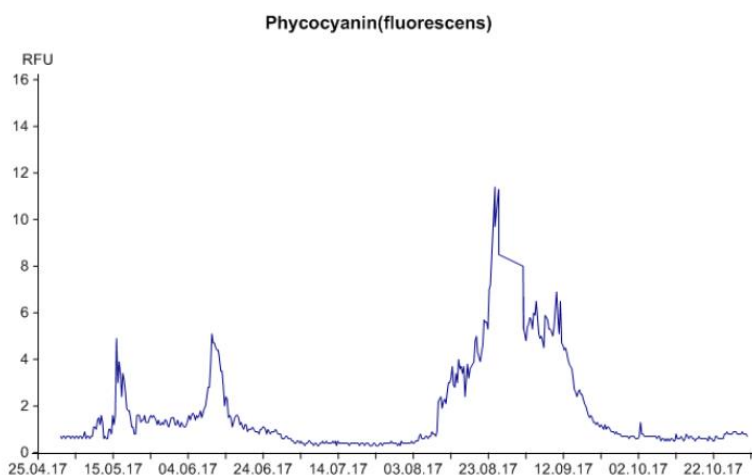
Overgjødslingen fra menneskeskapte kilder er en av årsakene til at masseutviklinger av blågrønnalger er et vanlig fenomen i Norge, gjerne på sensommeren. Mange blågrønnalger kan produsere giftstoffer som kan påvirke human helse. Hver sommer transporteres potensielt giftproduserende blågrønnalger fra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

Tidligere trodde man at algene dør ved kontakt med saltvann. Observasjoner i august 2007 viste imidlertid at blågrønnalger overlever i noe 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 Årungenelva (Figur 28).



Figur 28: Stasjon for måling av blågrønnalger i Årungenelva.

Resultater av målingene i 2017 er vist i Figur 29. Blågrønnbakterier utgjorde en relativt liten del av det planteplanktonsamfunnet i Årungen i 2017 hvor største andel ble observert i august og september. Sensoren i Årungenelva registrerte en liten økning i mengden av phycocyanin (blågrønnbakterier) i august og september og dette sammenfaller med den økte forekomsten av blågrønnbakterier i Årungen. Den totale mengden transport av blågrønnalger gjennom sesongen var relativt liten.



Figur 29: Målt mengde phycocyanin som er et pigment i cyanobakterier i 2017.

13 Referanser

- Alve, E., Hess, S., Bouchet, V.M.P., Dolven, J.K., Rygg, B. Intercalibrating biotic indices based on benthic foraminifera and macro invertebrates: a case study from the Skagerrak (S Norway). Submitted Ecological Indicators.
- Baalsrud, K., Magnusson, J., 2002. Indre Oslofjord – natur og miljø. Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord, 135 sider.
- Berge m.fl. 2012. Berge, J.A, Amundsen, R., Bergland, K., Bjerkeng, B., Gitmark, J., Gjøsæter, J.(HI), Holt, T.F., Hylland, K., Johnsen, T.M., Knutsen, H. (HI), Kroglund, T., Olsen, E.M. (HI), Paulsen, Ø. (HI), Ledang, A.B., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Rohrlack, T., Sørensen, K. 2012. Overvåking av Indre Oslofjord i 2011 – Vedleggsrapport. NIVA, Oslo. Rapport nr. 6372. 154 s.
- Berge m.fl. 2013. Berge, J.A., Amundsen, R., Fredriksen, L., Bjerkeng, B., Gitmark, J., Holt, T.F., Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T., Kroglund, T., Ledang, A., Lenderink, A., Lømsland, E.R., Norli, M., Magnusson, J., Rohrlack, T., Sørensen, K., Wisbech, C. 2012. Overvåking av Indre Oslofjord i 2012 – Vedleggsrapport. NIVA, Oslo. Rapport nr. 6534. 142 s.
- Berge m.fl. 2014. Berge, J.A., Amundsen, R., Bratrud, T, Bølling, N., Erdahl, E., Gitmark, J., Gundersen, H., Hindchcliffe, C, Holth, T, Haande, S., Hylland, K., Johnsen, T., Kroglund, T, Ledang, A., Norli, M., Lønnsland, Evy., Staaltstrøm, A., Wisbech, C., Wolf, R. 2014. Overvåking av Indre Oslofjord i 2013 – Vedleggsrapport. NIVA, Oslo. Rapport nr. 6698-2014. 131 s.
- Berge m.fl. 2015. Berge, J.A., Amundsen, Gitmark, J., R., 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: 104 sider.
- Berge, J.A., m.fl., 2010. Berge, J.A, Amundsen, Bjerkeng, B., Bjerknes, E., Espeland, S.H., Hylland, K., Imrik, C., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Nilsson, H.C., Rohrlack, T., Sørensen, K., Walday, M. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2009. NIVA Rapport nr. 5985: NIVA 145 sider.
- Berge, J.A., m.fl., 2011. Berge, J.A, Amundsen, Bjerkeng, B., Borgersen, G., Bjerknes, E., Gitmark, J.K., Gjøsæter, J., Grung, M., Gundersen, H., Holt, T.F., Hylland, K., Johnsen, T., Knutsen, H., Ledang, A.B., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Nerland, I.L., Olsen, E.M., Paulsen, Ø., Rohrlack, T., Sørensen, K., Walday, M. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2010. NIVA Rapport nr. 6181: 137 sider.
- 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. Biologisk institutt, UiO. NIVA-rapport I.nr. 3324.
- Buhl-Mortensen, L., Oug, E. og 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.
- de Wit, HA, Valinia, S., Weyhenmeyer, GA m.fl., 2016. Current browning of surface waters will be further promoted by wetter climate. Environ. Sci. Technol. Lett. 3:430-435
- Dolven, J.K. Alve, E., 2010. Naturtilstanden i Indre Oslofjord. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord. Rapport no. 106. ISBN 978-82-91885-39-1. 86 s.
- Frigstad m. fl., 2017. Frigstad, H., Andersen, G. S. og Walday, M. Har vannkvaliteten i Indre Oslofjord blitt dårligere – og hva er i så fall årsakene? Notat. 2017-09-22. Journalnr. 1230/17. 12 sider.

- Green et al, 2016. Contaminants in coastal waters of Norway 2016. Miljøgifter i norske kystområder 2016. Miljødirektoratet report M report no. 856 | 2017
- Hess, S., Alve, E., Reuss, N., 2014. Benthic foraminiferal recovery in the Oslofjord (Norway): Responses to capping and re-oxygenation. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 147, 87-102.
- Hurrell, J. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds), nov. 2017. "The Climate Data Guide: Hurrell North Atlantic Oscillation (NAO) Index (station-based)." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>.
- Jorde, I. & Klavestad, N. 1963. The natural history of the Hardangerfjord. 4. The benthonic algal vegetation. *Sarsia* 9. p. 1-100.
- Magnusson, J., m.fl., 2001. Magnusson, J., Berge, J.A., Bjerkeng, B., Bokn, T., Gjøsæter, J., Johnsen, T., Lømsland, E.R., Schram, T.A., Solli, A. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord i 2000. NIVA Rapport nr. 4387: 86 sider.
- Norconsult, 2017. Overvåking av Indre Oslofjord 2016. Vedleggsrapport. Dokumentnr.: 5145099-04. 122 sider
- Paasche, E. FORELESNINGER I MARIN BIOLOGI BOTANISK DEL (2005). Undervisningskompendium. Universitetet i Oslo. 61 sider.
- Paasche, E., & Ostergren, I. (1980). The annual cycle of plankton diatom growth and silica production in the inner Oslofjord, Norway. *Limnology & Oceanography*, 25(3), 481–494. [http://doi.org/10.1016/0198-0254\(80\)96048-3](http://doi.org/10.1016/0198-0254(80)96048-3)
- Selvik, J. R., & Sample, J. E. (2017). Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2016 – tabeller, figurer og kart, (RAPPORT L.NR. 7205-2017), 60 sider
- UN. 1992. Konvensjon om biologisk mangfold. Vedtatt 05.06.1992
- Veileder 02:2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 230 sider