

# Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2021



**Hovedkontor**

Økernveien 94  
0579 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Danmark**

Njalsgade 76, 4. sal  
2300 København S, Danmark  
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

Tittel Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2021	Løpenummer 7820-2023	Dato 31.01.2023
Forfatter(e) Mats Walday, Anette Engesmo, Camilla With Fagerli, Janne K. Gitmark, Sandra Gran, Øyvind Kaste, Maia R. Kile, Siri Moy, Gunhild Borgersen, Marijana Brkljacic, André Staalstrøm	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 68 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for Ytre Oslofjord	Kontaktperson hos oppdragsgiver Petter Talleraas
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210250

<p><b>Sammendrag</b></p> <p>Jordbruk var største enkeltkilde for tilførsler av menneskeskapt fosfor og nitrogen i 2020. Avløpsrensaneanlegg bidro med ca. 25%, med en svak økning i nitrogentilførseler. Glomma har klart størst tilførsel av næringsstoffer til fjorden. Syv stasjoner i fjorden får god tilstand for vannmassene, mens 11 får moderat tilstand. Hovedsakelig dårlige oksygenforhold og høye verdier av næringssalter som trekker ned tilstanden. Løst organisk stoff forklarer mer av variabiliteten i siktdypet enn klorofyll-<math>\alpha</math>, men med store forskjeller mellom stasjoner. Fjorden var uvanlig mørk senhøsten 2021 på grunn av mye organisk stoff. November 2021 var det en stor oppblomstring av den grønne fureflagellaten cf. <i>Lepidodinium chlorophorum</i>, som ga grønt vann i indre fjord. Resultatet fra strandsoneundersøkelsene fordeler stasjonene i tre grupper, hvor stasjon G10 og G21 skiller seg ut. G10 ligger nær utløpet av Numedalslågen, mens G21 ligger sørvest for utløpet til Glomma - sannsynlig at ferskvann og næringstilførsel fra disse medfører stor forekomst av blågrønn- og kiselalger og lavt artsantall. Undersøkelsene av nedre voksegrense for makroalger indikerer at stasjoner i beskyttede områder oppnår dårligere tilstand for nedre voksegrense. Bløtbunnundersøkelsene på tre stasjoner i Glommaestuaret i 2021 tyder på at fauna er negativt påvirket utover det man forventer fra de naturlige elvetilførslene.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Miljøovervåking</li> <li>Tilførsel</li> <li>Eutrofi</li> <li>Bløtbunn (benthos)</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Environmental monitoring</li> <li>Discharge</li> <li>Eutrophication</li> <li>Benthos surveys</li> </ol>
---	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

*Mats Walday*  
Prosjektleder/Hovedforfatter

*Paul R. Berg*  
Kvalitetssikrer

*Paul R. Berg*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7556-8  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023  
**Årsrapport 2021**

## Forord

NIVA har på oppdrag av Fagrådet for Ytre Oslofjord gjennomført miljøovervåkning i Oslofjorden i 2021. Overvåkingen er del av et omfattende program som har pågått siden 2001 og det gjennomføres i programperioder av fem år. 2021 er det tredje året i en periode der hele programmet driftes fra NIVA. Området som undersøkes er avgrenset av Drøbaksterskelen mot Indre Oslofjord, Kragerøområdet i vest og Iddefjorden i øst.

I 2021 har det vært utført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser, hardbunnundersøkelser, samt også undersøkelser av bløtbunn i Hvaler for Borregaard. Det er gjort ekstra prøvetakninger i vannmassene i Hvaler på vegne av Borregaard AS og i Iddefjorden på vegne av Norsk Saugbrug AS.

Øyvind Kaste har vært ansvarlig for kapittelet om tilførsler.

Anette Engesmo har vært ansvarlig for vannmasseundersøkelser. Innsamling av prøver ble gjort med Universitetet i Oslos forskningsfartøy F/F Trygve Braarud og vi vil gjerne takke Sindre Holm og hans mannskap for godt samarbeid. Feltarbeidet ble koordinert av Anette Engesmo og gjennomført av Louise Valestrand, André Staalstrøm, Anne Luise Ribeiro, Susanne Jørgensen, Thomas Heggem, Susanne Jørgensen og Isabel Doyer. Innsamling av Ferrybox-data ble koordinert av Wenche Eikrem gjennom NORSOOP og kvalitetssikret og visualisert av Marit Norli.

Hardbunnundersøkelsene i strandsonen er utført av Mats Walday, Maia R. Kile og Siri Moy, mens dykkeundersøkelsene ble gjort av Camilla W. Fagerli og Maia R. Kile, assistert av Siri Moy og Øyvind Torp. Janne Gitmark har skrevet teksten om strandsoneundersøkelsene, mens Camilla W. Fagerli har skrevet om dykkeundersøkelsene.

Feltinnsamlingen på bløtbunn i Hvaler er gjort av Bjørnar Beylich og Gunhild Borgersen. Sortering av bløtbunnsfauna av Eli Johansen, mens artsidentifisering er gjort av Gunhild Borgersen (flerbørstemark), Rita Næss (bløtdyr) og Marijana Brkljacic (krepser, pigghuder, varia). Databehandling og beregning av indekser for bunnfauna er gjort av Marijana Brkljacic. Analyse av kornfordeling er gjort av Akvaplan-niva AS. Bløtbunnundersøkelsen er gjort på oppdrag av Borregaard AS, ved kontaktperson Kjersti Garseg Gyllensten.

Kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium og av Eurofins, ansvarlig for koordinering av kjemiske analyser har vært Susanne Jørgensen. Hydrografidata ble analysert og kvalitetssikret av André Staalstrøm. Planktonprøvene ble opparbeidet og analysert av Sonja Kistenich og kvalitetssikret av Anette Engesmo. Dataanalyser ble utført av Sandra Gran.

Mats Walday har vært prosjektleder for arbeidet, Anette Engesmo har fungert som hans stedfortreder i deler av perioden. Petter Talleraas har vært kontaktperson hos Fagrådet for Ytre Oslofjord.

Oslo, 31. januar 2023

*Mats Walday*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>10</b>
1.1	Ytre Oslofjord.....	10
1.2	Været i 2021.....	11
<b>2</b>	<b>Tilførsler fra land .....</b>	<b>14</b>
2.1	Modellerte tilførsler fordelt på kilder.....	14
2.2	Estimerte tilførsler via de fire største elvene .....	17
2.3	Middelkonsentrasjoner i elvene i 2021 .....	21
<b>3</b>	<b>Vannmasser .....</b>	<b>22</b>
3.1	Vannkvaliteten i perioden 2019-2021 .....	24
3.2	Hva er årsaken til lavt siktdyp? .....	30
3.3	Planteplankton.....	33
3.4	Land-hav interaksjon.....	44
<b>4</b>	<b>Hardbunn .....</b>	<b>46</b>
4.1	Strandsonen.....	48
4.2	Sammenlikning av rammeundersøkelse og fjæresoneundersøkelse .....	53
4.3	Undersøkelse av nedre voksegrense for makroalger .....	55
4.4	Fremmede arter .....	59
<b>5</b>	<b>Bløtbunnfauna i Hvalerestuariet .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>Oppsummering.....</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>67</b>

## Sammendrag

Miljøtilstanden til Ytre Oslofjord har blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord siden 2001. I 2019 startet en ny programperiode hvor hele overvåkningsprogrammet utføres av NIVA, i samarbeid med Universitet i Oslo og Eurofins. I 2021 har det blitt utført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser av hydrografiske forhold, planteplankton og kjemiske støtteparametere ved 18 stasjoner, bunnundersøkelser (bentos) av alger og dyr i strandsonen på 15 stasjoner og undersøkelser av makroalgers nedre voksegrense på åtte stasjoner. I tillegg er det, på oppdrag fra Borregaard AS, undersøkt fauna på bløtbunn på tre stasjoner.

### Tilførsler

På grunn av nasjonale rutiner for innsamling og kvalitetssikring av kildepesifikke data, foreligger ikke tilførselsberegningene før sent året etter. Tilførselsberegningene i denne rapporten gjelder derfor for året 2020. Basert på de teoretiske tilførselsberegningene var jordbruket den største enkeltkilden for tilførsler av fosfor til Ytre Oslofjord i 2020, med 37 % av de totale tilførslene. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 26 %, naturlig avrenning fra utmark med 21 % og industri med 11 %. For nitrogen utgjorde avrenning fra utmark 38 %, jordbruk 34 %, befolkning 24 % og industriutslipp 3 % av tilførslene.

Betraktet over et lengre tidsperspektiv (1995-2020) viste de totale tilførslene av fosfor (summen av alle kildene) en nedgang til rundt 2010. Deretter flatet verdiene ut en periode, til de igjen avtok fra 2018. Fosfortilførselene de siste tre årene er de laveste som er registrert i hele overvåkingsperioden. De totale tilførslene av nitrogen viste en nedadgående trend fram til rundt 2002-2005, for deretter å øke forholdsvis jevnt fram til i dag. Blant de menneskeskapte kildene, er det spesielt tilførslene fra befolkning (kloakkavløp) som har bidratt til økningen.

De fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva representerer nær 90 % av ferskvannstilførselene til Ytre Oslofjord, og av dette bidrar Glomma alene med over 40 %. Glomma har de klart største tilførslene av næringsstoffer til fjorden. Analyser av langtidstrender fra 1990 til 2020 viser at årlig vannføring har økt signifikant i tre av de fire elvene. Dette bidrar også til at stofftransporten blir større. Alle elvene har hatt en signifikant økning i tilførslene av silikat, som er et viktig næringsstoff for marine kiselalger. Med hensyn til næringsstoffer, har Drammenselva og Numedalslågen hatt en signifikant økning i Tot-P transport siden 1990, mens Glomma, Drammenselva og Numedalslågen har hatt en tilsvarende økning i transporten av Tot-N.

Vannføringen i de fire store elvene var betydelig lavere i 2021 enn i 2020. I 2021 fikk Norge 10 prosent mindre nedbør enn normalt. Til tross for mindre nedbør ble det satt nye styrtregn-rekorder. Som eksempel fra Oslofjordområdet så regnet det i slutten av juli over 55 millimeter på en halvtime på Tjøme (yr.no). Mai og oktober var også nedbørrike måneder.

Året 2021 var et ganske normalvarmt år sett under ett, men temperaturene i oktober og utover i november var unormalt høye. Dette påvirket vanntemperaturen i hele fjorden. Det var stor vanntilførsel til fjorden med de store elvene fra starten av oktober, samtidig som det var uvanlig varmt og relativt lite vind. Dette gir gode forhold for vekst av planteplankton.

### Vannmassene

Det var bare stasjon ID-1 rett utenfor Halden hvor klassifisering av klorofyll-a for hele vekstsesongen havnet i klassen *moderat*. Samlet tilstandsklasse trekkes ned til *moderat* på ytterligere 11 stasjoner. På fire av disse (TØ-1, MO-2, S-9, I-1) er det hovedsakelig dårlige oksygenforhold som er den faktoren som

trekker ned klassifiseringen. På D-3, D-2, I-4, BC-1, ID-2 og R-5 er det høye verdier av næringsalter, spesielt nitrogen på vinteren som trekker ned. Syv stasjoner får god samlet tilstand for vannmassene, men seks av disse har moderat eller dårlig siktdyp. Stasjonene SP-1, SKJ-1, Ø-1, LA-1, BO-1 og KF-1 får alle samlet god tilstand for vannmassene, til tross for at siktdypet er moderat eller dårlig. Dette skyldes at klasseverdien (nEQR-verdien) for siktdypet midles sammen med nEQR-verdiene for næringsaltene på sommeren, for å gi en samlet nEQR verdi for støtteparametere på sommeren. De dårlige lysforholdene i fjorden slår derfor ikke ut på den samlede klassifiseringen.

Statistisk analyse (PERMANOVA) viser at løst organisk stoff (DOC) forklarer mer av variabiliteten i siktdypet enn klorofyll-*a* konsentrasjonen, men det er store forskjeller mellom stasjoner. DOC forklarer mer enn en fjerdedel av variabiliteten i siktdypet på 10 av 18 stasjoner (med signifikant resultat i seks av dem,  $p < 0.05$ ). DOC bidrar altså til å forklare betydelig mer av variabiliteten enn det klorofyll-*a* gjør. På de fleste av stasjonene er det en betydelig rest, og det betyr at partikler i vannet også har stor betydning på siktdypet. Ombord på Color Magic måles cDOM-fluorescens med FerryBox systemet, hvor det tas inn vann fra ca. 4 m dyp langs ferjas rute mellom Oslo og Kiel. cDOM fluorescens er et optisk mål på farget løst organisk materiale. Det er en sammenheng mellom mye organisk stoff i fjorden og saltholdighet. Der hvor det er høy verdi av cDOM-fluorescens er det lav saltholdighet, som skyldes at dette stoffet fraktes ut med elvevannet. Det var mye organisk stoff i fjorden ut til omtrent Fuglehuk fyr i stort sett hele perioden fra starten av oktober og til desember. Fjorden var uvanlig mørk senhøsten 2021 på grunn av mye organisk stoff.

Fra 2021 ble programmet lagt om og planteplanktonprøvetakning er nå inkludert på færre stasjoner, men med høyere frekvens på prøvetakningen for å øke sjansen for å registrere den økologisk viktige våroppblomstringen. Det ble analysert planteplanktonprøver fra syv stasjoner: Drammensfjorden (D-2), Tønsberg (TØ-1), Larviksfjorden (LA-1), Ringdalsfjorden (R-5), Haslau (S-9), Krokstadfjorden (KF-1) og Mossesundet (MO-2). Planteplanktonsamfunnet blir analysert ved alle prøvetakninger, med unntak av november, siden vekstsesongen er definert fra feb.-okt. i veileder 02:2018. Likevel var det i november 2021 en stor oppblomstring av den grønne fureflagellaten cf. *Lepidodinium chlorophorum* i Oslofjorden, hvor den tidvis forårsaket irrgroent vann i indre fjord. Målinger fra FerryBox-systemet på M/S Color Fantasy viste høye verdier av klorofyll-*a* fluorescens svært sent i vekstsesongen. Det var spesielt høye verdier i Drøbaksundet og innover, men det var også relativt høye verdier helt ned mot området utenfor Krokstadfjorden. På grunn av dette ble det samlet inn ytterligere klorofyll-*a* og planteplanktonprøver fra alle stasjoner i november. På grunnlag av de observerte klorofyll-*a* verdiene ble det valgt å analysere planteplanktonprøvene fra to stasjoner: Tønsberg og Krokstadfjorden.

#### Hardbunn

En likhetsanalyse av resultatet fra strandsoneundersøkelsene viser at stasjonene fordeler seg i tre grupper, hvor stasjon G10 i Larviksfjorden og G21 i Leira skiller seg mest ut fra de øvrige stasjonene.

Stasjonene G10 og G21 hadde høyere forekomst av blågrønn- og kiselalger, samt grønnalgen vanlig grønn dusk (*Cladophora rupestris*), mens det var fravær av bl.a. skorpeformete rødalger og rødalgen svartdokka (*Vertebrata fucoides*). De to stasjonene hadde også det laveste artsantallet. Stasjon G10 ligger i nærheten av utløpet av Numedalslågen, mens stasjon G21 ligger sørvest for utløpet til Glomma (Vesterelva), og det er sannsynlig at ferskvann og næringstilførsel fra disse fører til økt forekomst av blågrønn- og kiselalger og lavere artsantall.

Dykkeregistrering av nedre voksegrense for makroalger ble gjort på åtte stasjoner i 2021. Resultatene ga *svært god* økologisk tilstand på én stasjon (G29 Småskjær) og *god* økologisk tilstand på tre stasjoner (G5 Torgersøy, A92 Kongsholmen og G23 Kråka). De fire resterende stasjonene oppnår ikke Vannforskriftens miljømål om minst *god* økologisk tilstand; *moderat* tilstand ble funnet på to stasjoner

(G6 Ravnøy og G14 Bevøya) mens tilstanden på to stasjoner (G8 Hellesøy og St.52 V. Damholmen) ble vurdert som *dårlig*. Resultatene viser tendens til at stasjoner som ligger i mer beskyttede områder oppnår dårligere tilstand for nedre voksegrense av makroalger sammenlignet med mere eksponerte stasjoner, hvor vannbevegelsen er større. I den dype delen av dykketransektene ble det observert høy dekningsgrad av finkornet sediment på samtlige stasjoner. Observasjonene gir grunnlag for å si at det er sannsynlig at mangel på egnet bunnsubstrat i stor grad begrenser vekst av fastsittende alger der hvor bunnen er nedslammet.

#### Bløtbunn

Resultatene fra bløtbunnundersøkelsene på tre stasjoner i Glommaestuaret i 2021 tyder på at fauna er negativt påvirket utover det man forventer av de naturlige elvetilførslene. Det ble f.eks. knapt registrert noen krepsdyr på stasjonene i 2021, og høy dominans av flerbørstemark. To av stasjonene ble likevel klassifisert til god tilstand.



# Summary

Title: Monitoring of Outer Oslofjord 2019-2023 - Annual report for 2021

Year: 2023

Author(s): Mats Walday, Anette Engesmo, Camilla With Fagerli, Janne K. Gitmark, Sandra Gran, Øyvind Kaste, Maia R. Kile, Siri Moy, Gunhild Borgersen, Marijana Brkljacic, André Staalstrøm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7556-8

## Riverine discharges

Due to the routines related to data reporting and data processing, only 2020 data are available for this report. Agriculture was the largest single source of phosphorus inputs to the Outer Oslofjord in 2020, contributing with 37% of the total inputs. The contributions from other sources were domestic wastewater (26%), natural runoff (21%) and industry (11%). For nitrogen, natural runoff accounted for 38%, agriculture 34%, population 24% and industry 3% of the total inputs.

Long-term data (1995-2020) indicate a decreasing trend in phosphorus inputs (based on the sum of all sources) until 2010. After that, the inputs flattened out until decreasing again from 2018 onwards. Phosphorus inputs during 2018-2020 were the lowest recorded during the entire monitoring period. The supply of nitrogen from all sources counted together showed a downward trend until around 2002-2005, after which it has increased relatively steadily until today. It is especially the domestic inputs (wastewater) that have contributed to the increase.

The four largest rivers (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen and Skienselva) represent almost 90 % of freshwater supplies to the Outer Oslofjord, of which Glomma alone contributes over 40 %. Glomma has by far the largest inputs of nutrients to the fjord. Long-term trend analyses from 1990 to 2020 show that the annual water flow has increased significantly in three of the four rivers. This also contributes higher nutrient loads to the fjord. All rivers showed a significant increase in transports of silicate, which is an important nutrient for marine diatoms. In terms of nutrient inputs, Drammenselva and Numedalslågen showed a significant increase in Tot-P transport since 1990, whereas Glomma, Drammenselva and Numedalslågen have had a significant increase in Tot-N transports.

## Water masses

Only station ID-1, just outside Halden was classified with *moderate* status for chlorophyll-a in 2021 - the other stations were either *good* or *very good*. The total condition class was, however, reduced to *moderate* at 11 stations. At four of these (TØ-1, MO-2, S-9, I-1), due to poor oxygen conditions, while at D-3, D-2, I-4, BC-1, ID-2 and R-5 due to high values of nutrients, especially nitrogen in winter. Seven stations get "good" overall condition for the water masses, though six of these had "moderate" or "poor" visibility depth (SP-1, SKJ-1, Ø-1, LA-1, BO-1 and KF-1).

Dissolved organic matter (DOC) explains more of the variability in the visibility depth than the chlorophyll-a concentration, but there are large differences between stations. Particles in the water are also of great importance for the depth of visibility. cDOM fluorescence is an optical measure of colored loose organic material. There is a connection between the amount of organic matter in the fjord and salinity, with high values of cDOM fluorescence, where there is low salinity, which is due to this substance being transported with the river water.

Phytoplankton samples were analyzed from seven stations: Drammensfjorden (D-2), Tønsberg (TØ-1), Larviksfjorden (LA-1), Ringdalsfjorden (R-5), Haslau (S-9), Krokstadfjorden (KF-1) and Mossesundet

(MO-2) for the period February to October. In November 2021 there was a huge bloom of the green dinoflagellate cf. *Lepidodinium chlorophorum* in the Oslo Fjord, where it occasionally caused greenish water in the inner fjord. Due to this, additional chlorophyll and phytoplankton samples were collected from all stations in November.

#### Hard bottom

A similarity analysis of the results from the littoral surveys shows that the stations are divided into three groups based on community structure, where station G10 in Larviksfjorden and G21 in Leira differ most from the other stations. Stations G10 and G21 had a higher incidence of blue-green algae and diatoms, as well as the green algae *Cladophora rupestris*, while there was an absence of e.g., crustose red algae and the red algae *Vertebrata fucoïdes*. The two stations also had the lowest number of species. Station G10 is located near the outlet of river Numedalslågen, while station G21 is located southwest of the outlet of river Glomma (Vesterelva), and it is likely that fresh water and nutrient supply from these rivers leads to increased occurrence of blue-green algae and diatoms, and lower species numbers.

Registration of the lower growth limit for macroalgae was done by divers at eight stations in 2021. The results gave *very good* ecological condition at one station (G29 Småskjær) and *good* ecological condition at three stations (G5 Torgersøy, A92 Kongsholmen and G23 Kråka). The four remaining stations do not achieve the WFD goal of at least *good* ecological condition; *Moderate* condition was found at two stations (G6 Ravnøy and G14 Bevøya) while the condition at two stations (G8 Hellesøy and St.52 V. Damholmen) was considered *bad*. The results show a tendency for stations located in more protected areas to achieve a poorer condition for the lower growth limit of macroalgae compared to more exposed stations, where the water movement is greater. In the deep part of the diving transects, a high degree of coverage of fine-grained sediment was observed at all stations. The observations indicate that lack of a suitable bottom substrate limits the growth of macro algae in areas with high degree of sedimentation in the Outer Oslofjord.

#### Soft bottom

The results from the soft bottom surveys at three stations in the Glomma estuary in 2021 indicate that fauna is negatively affected beyond what is expected from the natural river supplies. It was e.g., barely registered any crustaceans at the stations in 2021, but high dominance of polychaeta. Two of the stations were nevertheless classified as in “good” condition according to the classification guide (02:2018).

# 1 Innledning

## 1.1 Ytre Oslofjord

NIVA utførte i 2021, på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord, miljøovervåkning i Ytre Oslofjord. Miljøtilstanden til Ytre Oslofjord har blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord siden 2001. Programmet utføres i programperioder over fem år og i 2019 startet en ny programperiode der hele programmet driftes av NIVA, i samarbeid med Universitetet i Oslo og Eurofins. Det utføres årlige vannmasseundersøkelser og tilførselsberegninger av både lokale tilførsler og langtransporterte næringsstoffer fra elvene. I tillegg utføres det jevnlig undersøkelser på hardbunn og bløtbunn. I 2021 har det blitt utført tilførselsberegninger, vannmasseundersøkelser og hardbunnundersøkelser. Resultatene av disse undersøkelsene presenteres her og i to fagrapporter: Engesmo m.fl. (2022) og Gitmark m.fl. (2022).

Miljøovervåkning er et nyttig verktøy for å skaffe et bilde av tilstanden og utviklingen til et økosystem. Oslofjorden er et økosystem som er omfattende overvåket, men hvor områdets kompliserte topografi, utstrakt menneskelig tilstedeværelse langs kysten og store ferskvannstilførsler gjør det utfordrende å forstå hvordan systemet vil reagere på påvirkninger. Målet med overvåkingen er å fremskaffe informasjon om miljøtilstanden i fjorden, med fokus på eutrofiering, og å sikre et godt kunnskapsgrunnlag. Dette er nødvendig både forvaltningsmessig i forhold til tiltak og politiske beslutninger samt for å sikre befolkningens rett til informasjon om miljøets tilstand. I overvåkningsprogrammet er det tatt hensyn til krav i EUs vanddirektiv, i Norge implementert som Vannforskriften. Genererte data innrapporteres til databasen Vannmiljø og brukes til å klassifisere etter gjeldende Veileder (02:2018). SPI-data (Sediment Profile Imaging) leveres foreløpig ikke til Vannmiljø, men det jobbes med en løsning som skal kunne overføre også disse dataene til Vannmiljø.

Overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord dekker et område som strekker seg fra Kragerøområdet i vest til Iddefjorden i øst og innover i fjorden til Drøbaksterskelen, inkludert Drammensfjorden (Figur 8). Indre Oslofjord, fra Drøbaksundet og nordover er ikke inkludert i dette programmet, men dekkes av et eget overvåkningsprogram under Fagrådet for vann & avløpsteknisk samarbeid. I tillegg drifter Miljødirektoratet et omfattende overvåkningsprogram, ØKOKYST, hvor delprogram ØKOKYST Skagerrak inkluderer åtte vannmassestasjoner, sju hardbunnstasjoner og seks bløtbunnstasjoner, plassert sentralt i fjorden. For å vurdere eventuelle tiltak for å bedre vannkvaliteten i området, anbefales det derfor at resultater fra alle tre programmer vurderes samlet. Resultater fra Miljødirektoratets overvåkningsprogram for Skagerrak omtales i en egen rapport fra Norconsult, (Lundsør m.fl. 2022). Resultater fra overvåkning av indre Oslofjord er beskrevet i Staalstrøm m.fl. (2021). Til sammen utgjør disse tre programmene en grundig miljøovervåkning av Oslofjorden. I tillegg er vannkvaliteten i vannforekomsten Hunnebunn som ligger på grensa mellom Fredrikstad og Sarpsborg kommune beskrevet av Staalstrøm & Yakushev (2020).

## 1.2 Været i 2021

Året 2021 var et ganske normalvarmt år sett under ett. Gjennomsnittstemperaturen i Norge var 1,9 grader ([www.met.no](http://www.met.no)). Dette er på normalen for den nye perioden, som regnes fra 1991-2020. Året 2021 er imidlertid det kaldeste året siden 2013, men fortsatt blant de 30 varmeste siden 1900.

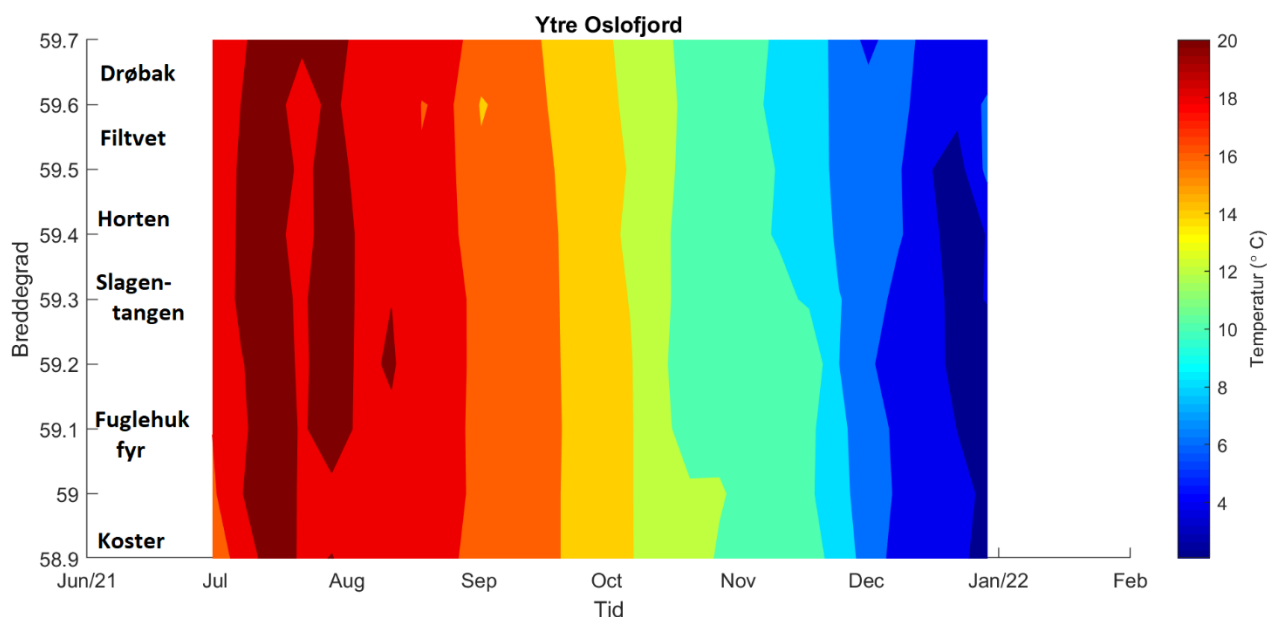
Tabell 1 viser månedlig lufttemperatur målt på Færder fyr i Ytre Oslofjord. Her var gjennomsnittstemperaturen 0,2°C over normalen hele 2021 sett under ett. Vintertemperaturene var under normalen, mens det var en varm sommer og høst.

I Figur 1 vises temperaturen målt på ca. 4 m dyp langs ruta til «Color Fantasy», hvor det er et FerryBox system som pumper inn vann hvor forskjellige parametere blir målt (Eikrem m.fl. 2022). I figuren vises temperaturen fra Koster til Håøya innenfor Drøbak fra juli til desember 2021. Det er relativ liten forskjell i temperatur mellom sør og nord i fjorden. Vannet var uvanlig varmt på høsten som følge av de høye lufttemperaturene. Temperaturen i vannet begynte ikke å synke før den siste uka i november, noe som er uvanlig sent.

**Tabell 1.** Statistikk for lufttemperaturen i 2021 ved Færder fyr, hentet fra yr.no<sup>1</sup>. Blå og røde tall indikerer hhv. under og over normaltemperatur.

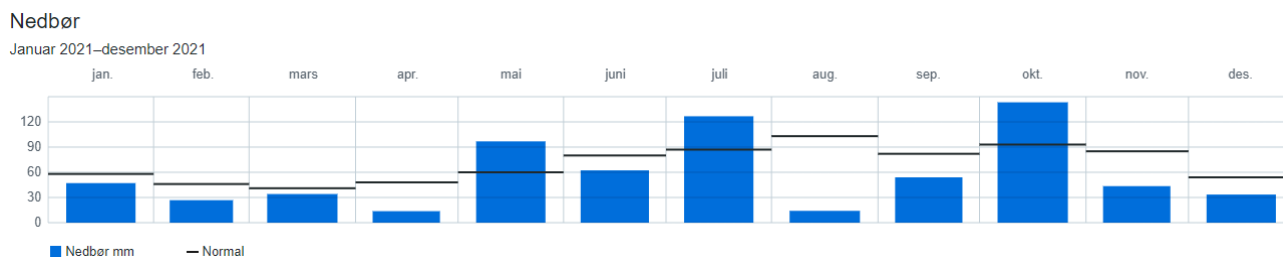
Måned	2021 – snitt temperatur (°C)	Normal (°C)	Avvik (°C)
Januar	-0,8	1,0	1,8
Februar	-1,2	0,3	1,5
Mars	3,7	2,2	1,5
April	6,1	5,9	0,2
Mai	10,2	11,0	0,8
Juni	16,1	15,0	1,1
Juli	19,7	17,6	2,1
August	17,3	17,5	0,2
September	14,8	14,0	0,8
Oktober	11,3	9,4	1,9
November	6,6	5,5	1,1
Desember	1,0	2,6	1,6

<sup>1</sup> <https://www.yr.no/nb/historikk/tabell/5-27500/Norge/Vestfold%20og%20Telemark/F%C3%A6rder/F%C3%A6rder%20fyr?q=2021>



**Figur 1.** Temperaturen på 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy.

I 2021 fikk Norge 10 prosent mindre nedbør enn normalt. Til tross for mindre nedbør ble det satt nye styrtregn-rekorder. Som eksempel fra Oslofjordområdet så regnet det i slutten av juli over 55 millimeter på en halvtime på Tjøme (yr.no). Mai og oktober var også nedbørrike måneder (Figur 2).

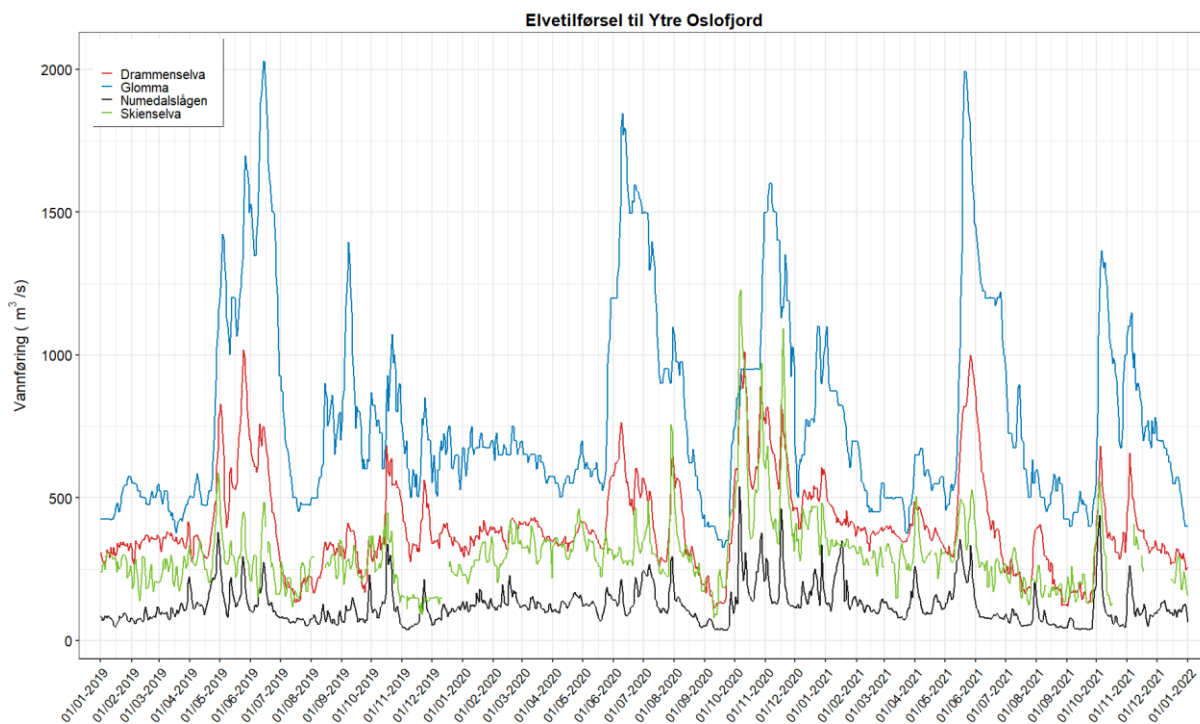


**Figur 2.** Nedbørdata for 2021 fra meteorologisk stasjon på Blindern i Oslo. Figur fra yr.no. De blå søylene viser antall mm nedbør per måned. De svarte linjene viser normalnedbøren, som vil si middelveien for perioden 1991-2020.

Meteorologisk institutt melder at lufttemperaturen på Østlandet har vært jevnt varmere enn normalen etter 1988, med tendens til fortsatt oppvarming. Hovedtendensen for nedbør de siste drøyt 100 år er at det har blitt våtere, spesielt de drøyt siste 20 årene<sup>2</sup>.

I Figur 3 vises vannføring i de fire store elvene som drenerer til Ytre Oslofjord: Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva for 2019, 2020 og 2021. I 2021 var det mye ferskvannstilførsel spesielt i juni og juli, mens det var lite i september, før det igjen kom en topp i oktober/november; nokså likt mønsteret i 2020. Det var stor tilførsel til fjorden med de store elvene fra starten av oktober, samtidig som det var uvanlig varmt og relativt lite vind. Dette gir gode forhold for vekst av planteplankton.

<sup>2</sup> <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>



**Figur 3.** Vannføring i de fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i 2019-2021. Data hentet fra sildre.nve.no hhv. fra målestasjonene Solbergfoss, Mjøndalen bru, Holmfoss og Skotfoss.

Vannføring for 2019, 2020 og 2021 er sammenlignet i Tabell 2. Samlet vannføring til Ytre Oslofjord fra de fire store elvene, var i 2021 mye lavere enn i 2020 (fra 13-27 % mindre), men relativt lik med 2019.

**Tabell 2.** Årlig ferskvannstilførsel fra de fire største elvene (mill. m<sup>3</sup>/år).

Elv	2019	2020	2021	Prosentvis endring 2019-2021	Prosentvis endring 2020-2021
<b>Drammenselva</b>	12198	14058	11492	-5,8	-18,3
<b>Glomma</b>	24069	26693	23358	-3,0	-12,5
<b>Numedalslågen</b>	3473	4604	3755	8,1	-18,4
<b>Skienselva</b>	7963	11842	8658	8,7	-26,9
<b>Samlet</b>	47703	57197	47263	-0,9	-17,4

## 2 Tilførsler fra land

Tilførslene av fosfor og nitrogen fra hele nedbørfeltet til Ytre Oslofjord er estimert ved hjelp av modellen TEOTIL (kapittel 2.1). Estimerte tilførsler fra de fire største elvene som renner inn i Ytre Oslofjord er basert på månedlige vannanalyser samt daglige vannføringsdata fra NVE (kapittel 2.2).

### 2.1 Modellerte tilførsler fordelt på kilder

Kildefordelingen av tilførslene fra land er basert på NIVAs TEOTIL-modell (Selvik m.fl. 2007, Tjomsland m.fl. 2010). Modellen er nærmere beskrevet i fagrapporten for Ytre Oslofjord (Engesmo m.fl. 2022). På grunn av rapporteringsrutinene til de nasjonale kilderegistrene og behov for etterfølgende bearbeiding, er kun data fra 2020 tilgjengelig for denne rapporten. Data for vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord (001-017) er hentet ut fra det nasjonale datasettet som inngår i de årlige TEOTIL-rapportene (Guerrero og Sample 2022).

De beregnede tilførslene fra vassdragsområdene 001-017 omfatter all tilrenning av ferskvann til Ytre Oslofjord, dvs. avrenning fra hele landområdet som har naturlig drenering mot fjorden. Mesteparten av disse tilførslene kommer via de store elvene, men det inkluderer også tilførsler via mindre bekker. Fra en mindre del av landarealet som ligger nærmest fjorden, og hvor det ikke er synlige bekker, kan noe av avrenningen gå direkte til fjorden via grunnvannet eller renne av på overflaten.

#### *Modellerte tilførsler i 2020*

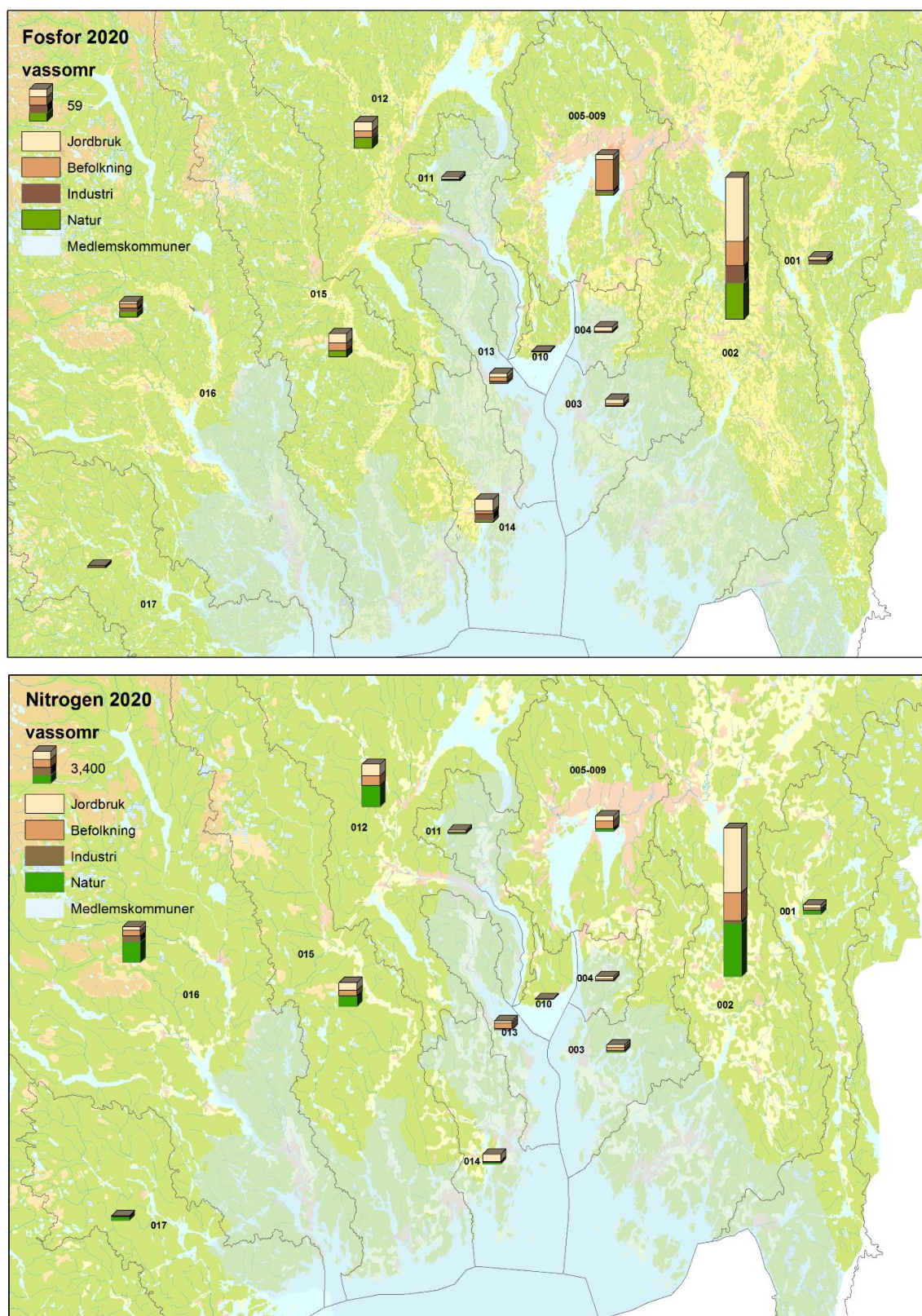
De kildefordelte tilførslene til Indre Oslofjord og Ytre Oslofjord i 2020 er vist på kart for hvert vassdragsområde i Figur 4. Grunnlagsdataene fra TEOTIL er vist i tabellform i Vedlegg E. Tilførslene til Indre Oslofjord (vassdragsområde 005-009) er dominert av avløp fra befolkning på grunn av de store befolkningskonsentrasjonene i Oslo og omkringliggende områder. Denne tilførselen har indirekte relevans for hvor mye næringsalter som transporteres ut til Ytre Oslofjord, siden dette vil avhenge av interne prosesser i Indre og Ytre Oslofjord og vannutvekslingen mellom de to fjordbassengene. Næringsalter fra andre land transporteres også til Ytre Oslofjord med havstrømmene, men disse er ikke inkludert i tilførselsberegningene.

Basert på beregningene fra TEOTIL var jordbruket den største enkeltkilden for tilførsler av fosfor til Ytre Oslofjord i 2020, med 37 % av de totale tilførslene. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 26 %, naturlig avrenning fra utmark med 21 % og industri med 11 %. For nitrogen utgjorde avrenning fra utmark 38 %, jordbruk 34 %, befolkning 24 % og industriutslipp 3 % av tilførslene.

Hovedandelen av tilførslene er knyttet til de fire største elvene; Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Små, kystnære vassdrag kan, relativt sett, også ha betydelige tilførsler fra befolkning, jordbruk og industri. Noen av tilførslene, f.eks. fra de større renseanleggene, går dessuten direkte til sjø.

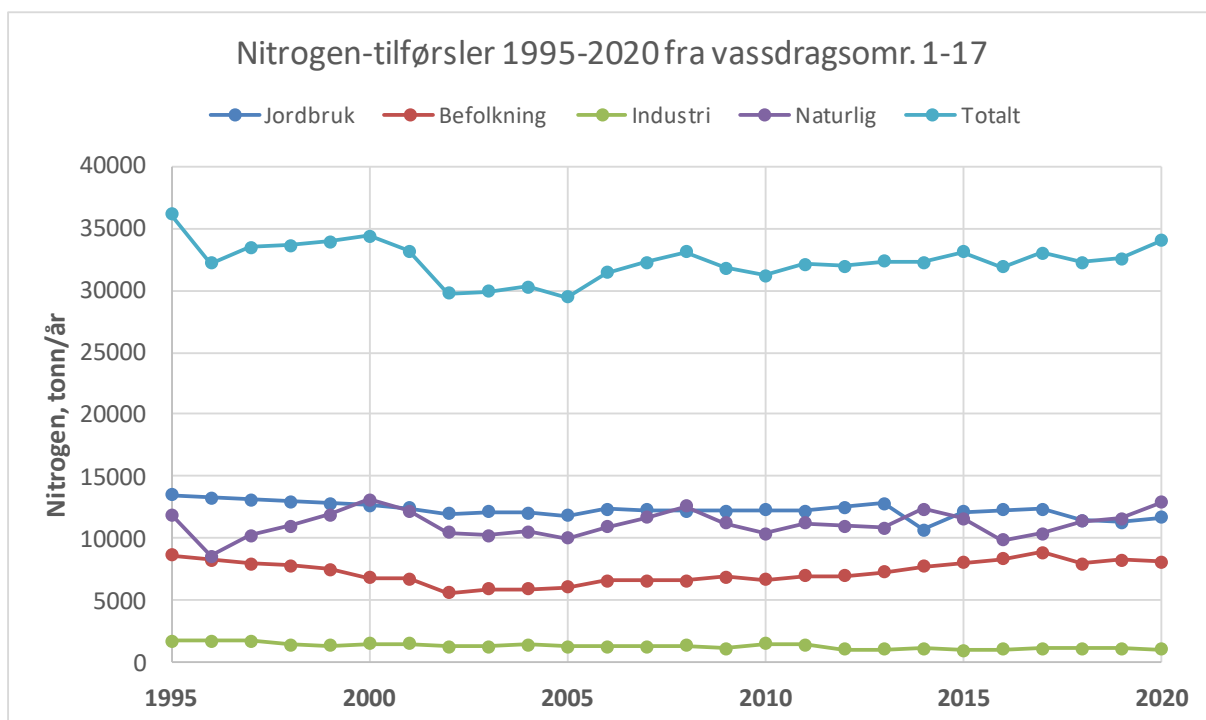
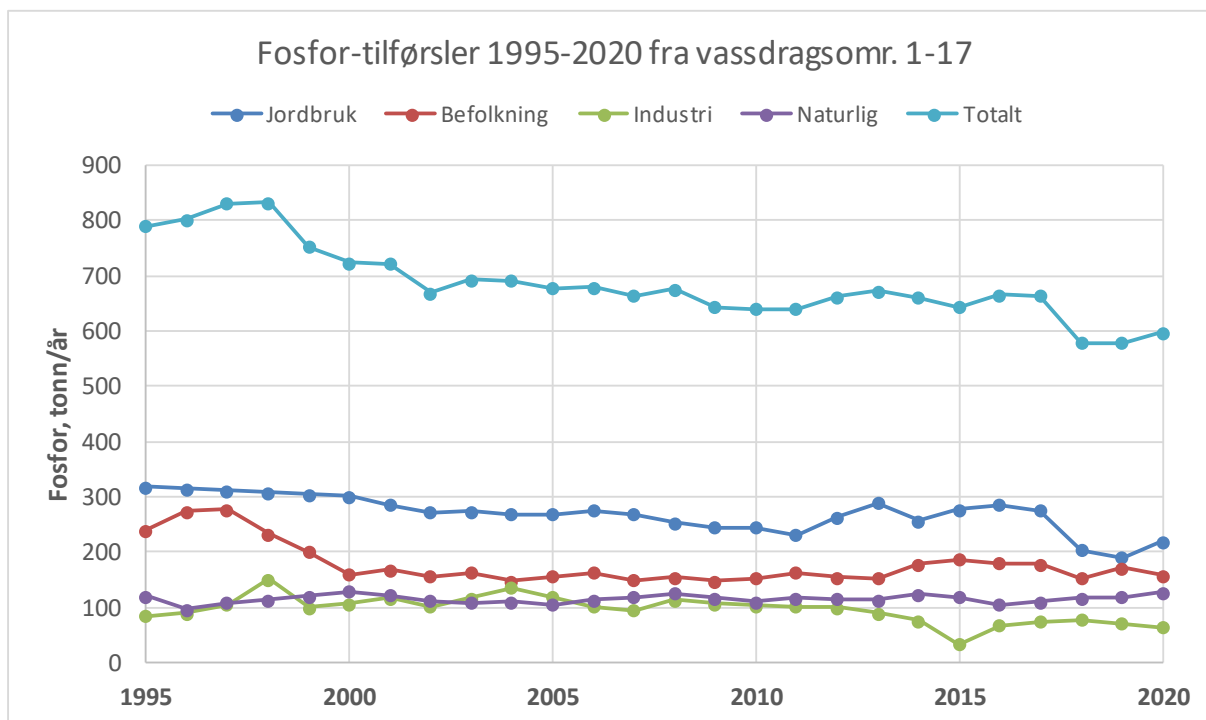
#### *Utviklingstrender, 1995-2020*

Utviklingen i de teoretisk beregnete tilførslene av fosfor og nitrogen over tid (1995-2020) er vist samlet for alle vassdragsområdene i Figur 5. For fosfor var det en nedgang i de totale tilførslene til rundt 2010. Deretter flatet verdiene ut en periode, til de igjen avtok fra 2018. Nivået de siste tre årene er det laveste som er registrert i hele overvåkingsperioden.



**Figur 4.** Beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) i 2020 fra de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord. Tilførsler fra område 005-009 går via Indre Oslofjord. Basert på data fra TEOTIL-prosjektet (Guerrero og Sample 2022).





**Figur 5.** Kildefordelte tilførsler av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industri-anlegg med direkte utslipp til fjorden. Tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke. Basert på data fra TEOTIL-prosjektet (Guerrero og Sample 2022).

Dersom en ser på fosfortilførsler fra de enkelte kildene, viste landbruket en avtakende trend fram til rundt 2011 for deretter å vise en svak økning fram til 2017. Fra og med 2018 avtok nivåene igjen til de laveste nivåene som er registrert siden 1995. Fosforbidraget fra befolkningen avtok betydelig fram til 2000 pga. høy aktivitet med bygging av nye kloakkrenseanlegg. Deretter har verdiene ligget nokså flatt, med en liten tendens til økte verdier siden 2013. Industriutslipp av fosfor har vist en fallende tendens gjennom overvåkingsperioden og utgjør nå under 15% av de menneskeskapte utslippene.

De totale tilførslene av nitrogen viste en nedadgående trend fram til rundt 2002-2005, for deretter å øke forholdsvis jevnt fram til i dag. Noe av årsaken til de høye verdiene i starten av perioden var betydelige tilførsler fra utmarksområder i forbindelse med de store flommene på Østlandet i 1995 og 2000. Tilførslene fra landbruket viste en svak avtakende tendens fram til rundt 2005, og har holdt seg relativt konstante siden. Tilførslene fra befolkning avtok fram til 2002, men har deretter hatt en jevn økning i takt med befolkningsveksten i området.

## 2.2 Estimerte tilførsler via de fire største elvene

De fire store elvene som munner ut i Ytre Oslofjord, Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva, har vært en del av det nasjonale Elveovervåkingsprogrammet siden 1990 (Kaste m.fl. 2021). Programmet har månedlige (eller hyppigere) analyser av ulike vannkjemiske komponenter. Ved hjelp av data fra disse analysene og vannføringsdata fra NVE estimeres det hvert år stofftransport via elvene til kysten.

Tabell 3 viser beregnede tilførsler av ferskvann og næringsstoffer fra de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord i 2020. Vannføringsdata som benyttes her er skalert fra nærmeste NVE-stasjon for å dekke hele nedbørfeltet til vannkjemistasjonene i Elveovervåkingsprogrammet, og derfor avviker tallene i Tabell 2 og Tabell 3 noe. De fire elvene bidrar til sammen med nær 90 % av ferskvannstilførselene til Ytre Oslofjord, og av dette bidrar Glomma alene med over 40 %. Glomma har også de klart største tilførslene av næringsstoffer. Transporten av fosfor og nitrogen i Glomma-utløpet er hhv. 2,4 og 1,4 ganger høyere enn de tre andre elvene til sammen.

**Tabell 3.** Tilførsel av ferskvann og næringssalter fra de fire største elvene rundt Ytre Oslofjord i 2020. Vannføringen i elvene er skalert fra nærmeste NVE-stasjon for å dekke hele nedbørfeltet til vannkjemistasjonene i Elveovervåkingsprogrammet.

Elv	Nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	Vannføring (mill m <sup>3</sup> /år)	TOT P (tonn/år)	TOT N (tonn/år)	TOC (tonn/år)	SiO <sub>2</sub> (tonn/år)
<b>Glomma</b>	41 918	27894	561	14977	120363	110088
<b>Drammenselva</b>	17 034	12911	93	5657	51120	39870
<b>Numedalslågen</b>	5 577	4947	83	1944	25134	18766
<b>Skienselva</b>	10 772	12411	59	2906	38360	28711

### Langtidstrend 1990-2020

Elveovervåkingsprogrammet analyserer hvert år langtidstrender i konsentrasjoner og tilførsler av en rekke parametere. Tabell 4 gir en oversikt over observerte trender i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden fra 1990 til 2020. Figur 6 og Figur 7 viser den årlige

transporten av Tot-P, Tot-N, nitrat og ammonium i de samme elvene, dvs. grunnlagsdataene for trendanalysene i Tabell 4.

Glomma, Drammenselva og Skienselva har vist en økende trend i vannføring de siste 30 årene. Det er også interessant å merke seg at alle elvene har hatt en signifikant økning i tilførselene av silikat, som er et viktig næringsstoff for kiselalger i sjøen. Den regionale undersøkelsen av 1000 norske innsjøer i 2019 bekreftet også at silikat hadde økt siden forrige undersøkelse av de samme innsjøene i 1995 (Hindar m.fl. 2020). Årsaken til økningen er foreløpig ikke kjent, men det foreligger hypoteser om at det kan skyldes økt forvitring av berggrunnen pga. økt temperatur eller ha kobling til TOC-økningen som er observert i mange innsjøer og elver de siste 25-30 årene. Kun Drammenselva viser en signifikant økende transport av partikler (SPM) og organisk stoff (TOC). Det har generelt vært en økende TOC-trend (brunere vann) i mange innsjøer og elver på Østlandet de siste 30 årene (Garmo og Skancke 2021), men mye av økningen skjedde på 1990-tallet og fanges ikke opp i trendanalysen for TOC som hadde startpunkt i 1999 (se fotnote til Tabell 4).

**Tabell 4.** Trender i vannføring (Q) og transport av partikler (SPM), silikat (SiO<sub>2</sub>), organisk stoff (TOC) og ulike fraksjoner av fosfor og nitrogen i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden 1990-2020. Tallene i tabellen viser gjennomsnittlig endring per år for stoffer som viser en signifikant trend over tid. Basert på data fra Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2021). Blanke celler har ingen signifikant trend.

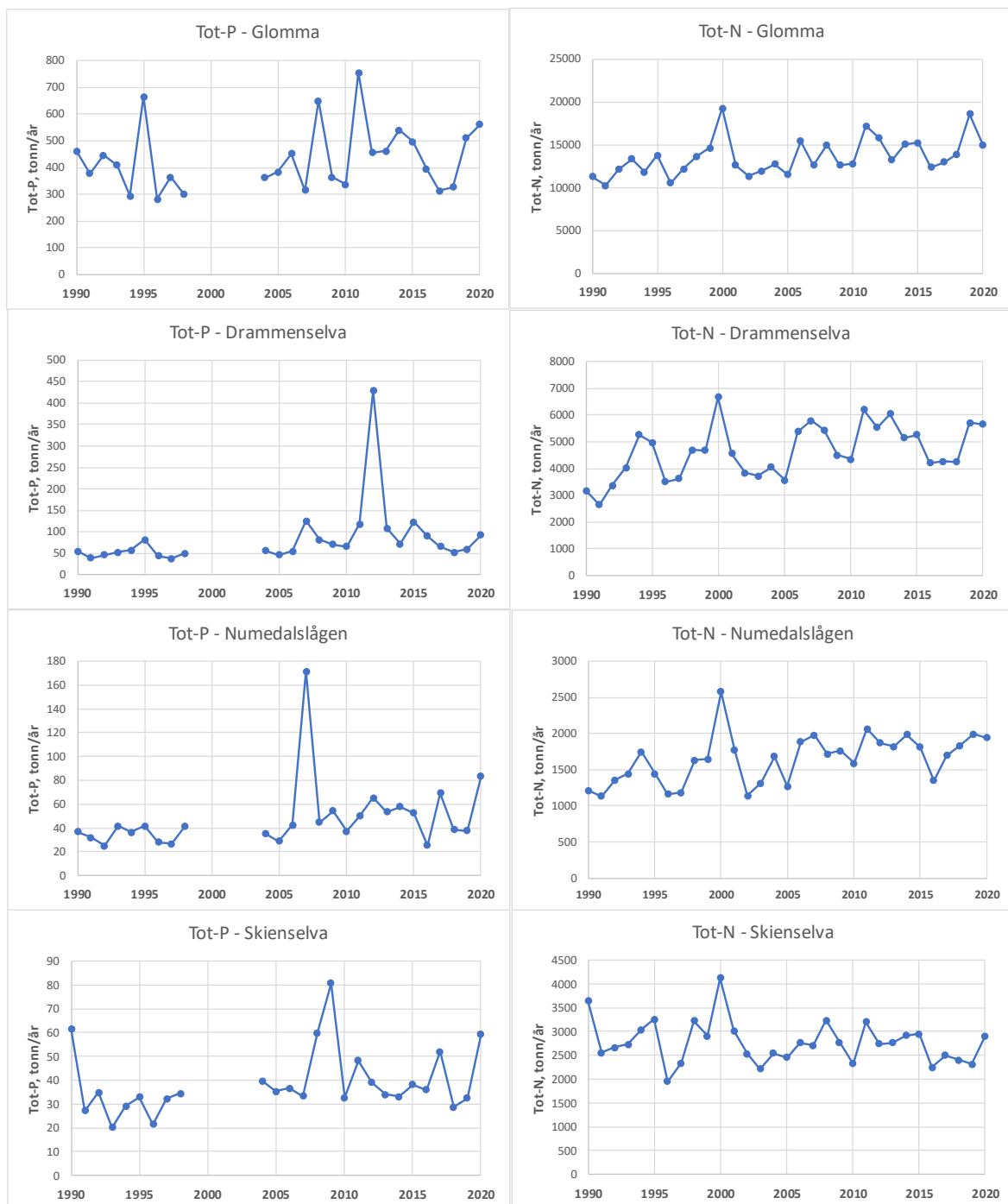
Elv	Q, mill m <sup>3</sup> /år	SPM tonn/år	SiO <sub>2</sub> tonn/år	TOC* tonn/år	Tot-P tonn/år	PO <sub>4</sub> tonn/år	Tot-N tonn/år	NH <sub>4</sub> tonn/år	NO <sub>3</sub> tonn/år
Glomma	156		864			4,0	108	-17,2	47
Drammenselva	105	497	493	586	1,4	0,8	55	-2,2	22
Numedalslågen			218		0,8	0,7	20		
Skienselva	70		254					-1,4	-29

	Signifikant nedadgående trend (p<0.05)
	Signifikant oppadgående trend (p<0.05)

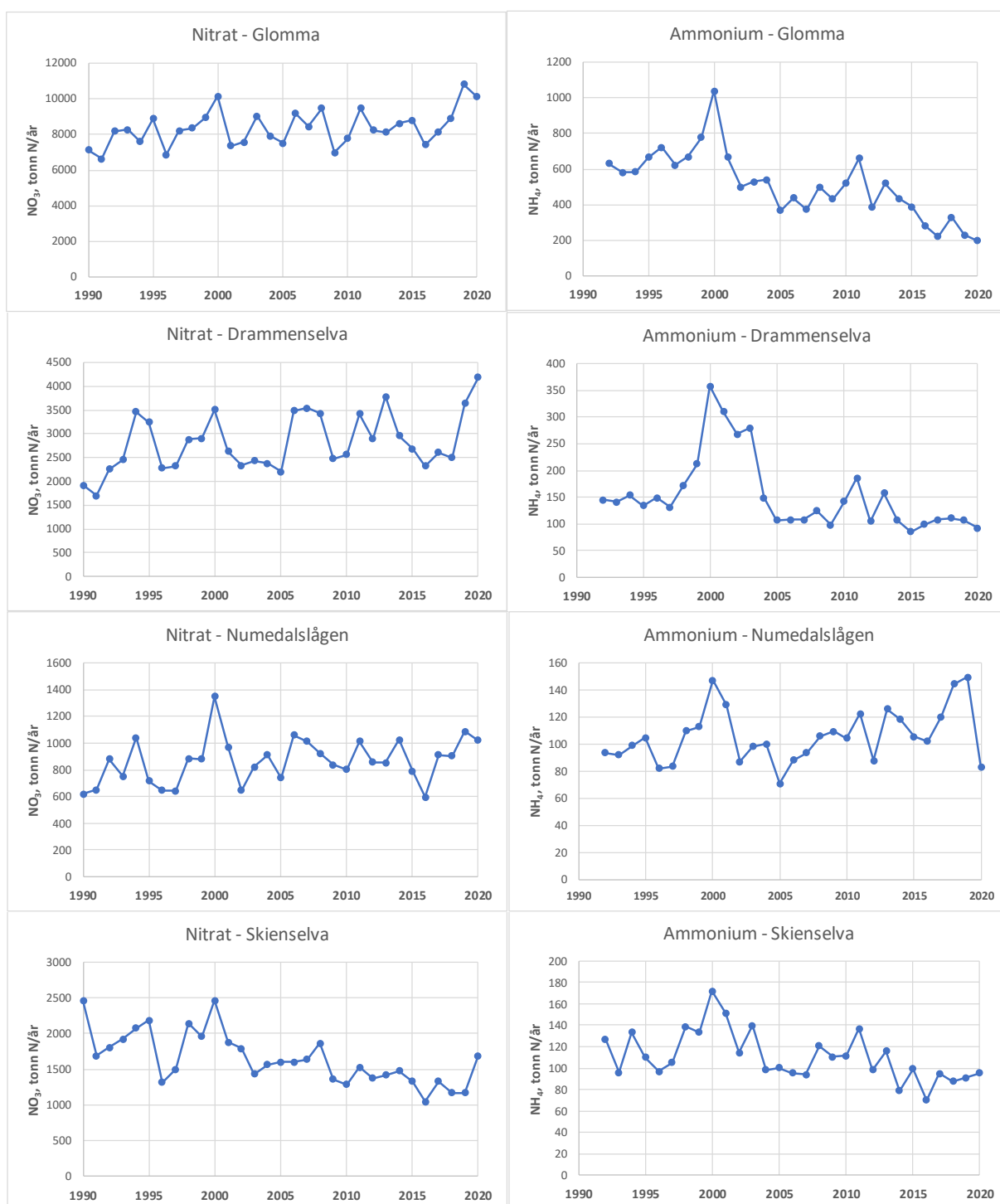
\* Trend-analyse for TOC starter i 1999

Som Figur 6 viser er det forholdsvis stor år-til-år variasjon i transporten av total fosfor og i tillegg er det et hull i dataserien fra 1999 til 2003 (da prøvene ble analysert ved et annet laboratorium og resultatene måtte forkastes pga. store avvik fra tidsserien før og etter). Drammenselva og Numedalslågen viser likevel en signifikant økende transport av Tot-P siden 1990. Fosfat (PO<sub>4</sub>) i elver er ofte knyttet til partikler og øker derfor gjerne i forbindelse med flommer. Alle de fire elvene, bortsett fra Skienselva, har hatt en signifikant økning i fosfat-transporten i overvåkingsperioden.

Transporten av total nitrogen har økt i tre av fire elver, mens ammonium (NH<sub>4</sub>) jevnt over har avtatt. Transporten av nitrat (NO<sub>3</sub>) har økt i Glomma og Drammenselva, mens den har avtatt i Skienselva. Ulikhetene i NO<sub>3</sub> trender skyldes trolig at Glomma og Drammenselva er mer påvirket av lokale kilder, mens NO<sub>3</sub>-nivået i Skienselva i større grad er styrt av langtransporterte luftforurensninger. Redusert avsetning av nitrogen fra langtransportert forurenset luft og nedbør siden 1990 har ført til nedgang i konsentrasjonene av NH<sub>4</sub> og NO<sub>3</sub> i mange vassdrag i Sør-Norge (Garmo og Skancke 2021). Samtidig er det også mange steder observert at andelen organisk nitrogen i elvene har økt betydelig, noe som har nær kopling til at elvene har blitt brunere pga. økt TOC-innhold.



**Figur 6.** Årlige tilførsler av total fosfor (venstre) og nitrogen (høyre) i de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord fra 1990 til 2020. Data fra Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2021).



**Figur 7.** Årlige tilførsler av nitrat (venstre) og ammonium (høyre) i de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord fra 1990 til 2020. Data fra Elveovervåkings-programmet (Kaste m.fl. 2021).

## 2.3 Middelkonsentrasjoner i elvene i 2021

Glomma hadde de høyeste middelkonsentrasjonene av partikler, silikat, total fosfor, fosfat, total nitrogen og nitrat i 2021 (Tabell 5). Også Numedalslågen har relativt høye middelkonsentrasjoner av partikler, organisk stoff samt total fosfor og ammonium. Skienselva hadde generelt lavere konsentrasjoner av partikler, organisk stoff og næringssalter enn de andre elvene.

Samlet vannføring til Ytre Oslofjord fra de fire store elvene var 13-27 % lavere i 2021 enn i 2020 (Tabell 2), men transportberegningene for elvene for 2021 er ikke klare og vi vet derfor ikke hvordan lavere vannføring har påvirket den totale tilførselen av de ulike stoffene i 2021.

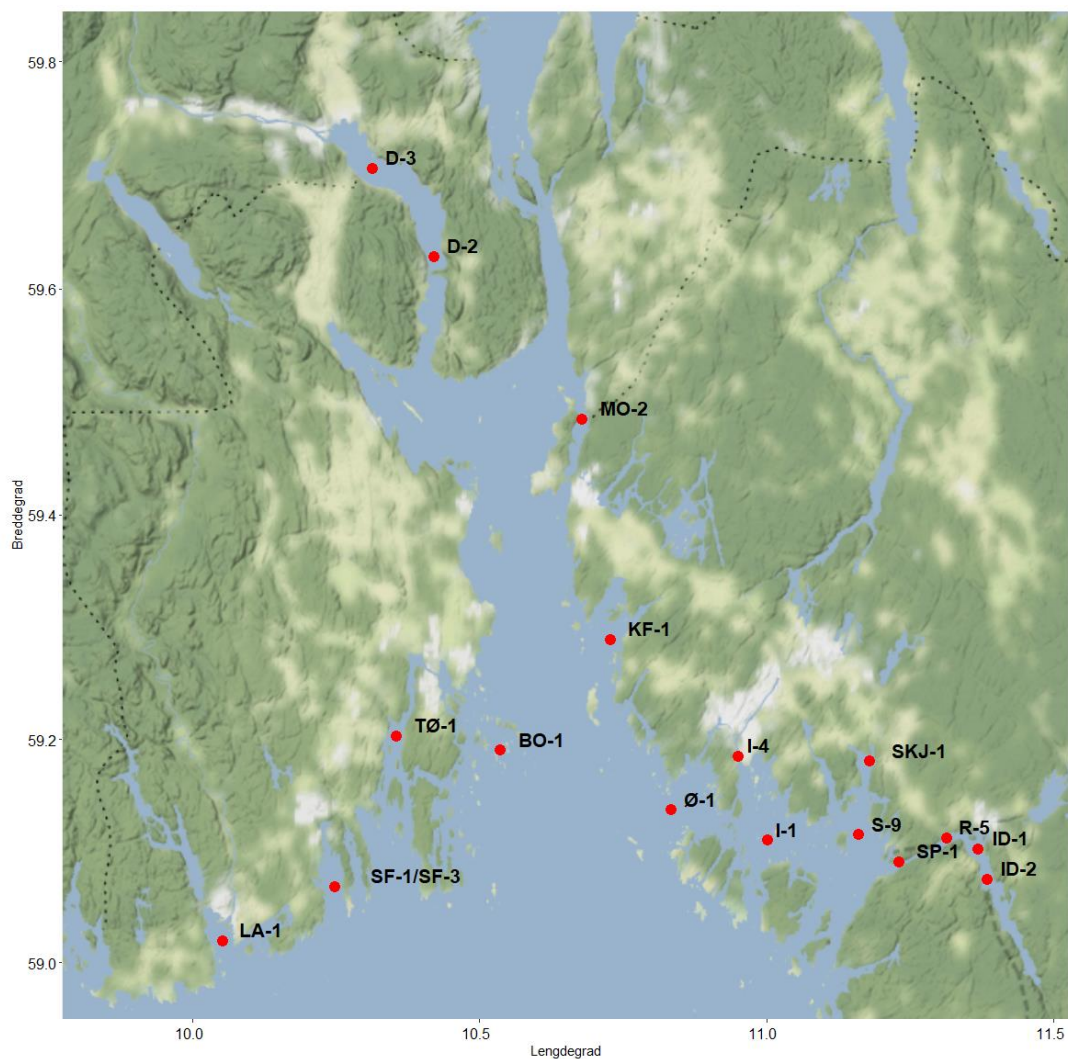
**Tabell 5.** Middelkonsentrasjoner av utvalgte stoffer i elvene i 2021. Data fra Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2021).

	SPM	SiO <sub>2</sub>	TOC	TOT-P	PO <sub>4</sub> -P	TOT-N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<b>Glomma</b>	8,8	4,0	3,9	16	9	568	404	11
<b>Drammenselva</b>	3,8	3,2	3,7	8	4	438	308	9
<b>Numedalslågen</b>	8,3	3,7	4,8	13	7	450	209	44
<b>Skienselva</b>	1,2	2,3	2,9	4	2	248	129	8

### 3 Vannmasser

I 2021 ble det gjennomført vannmasseovervåkning på 18 stasjoner i Ytre Oslofjord (Figur 8 og Tabell 6). Samtlige stasjoner er prøvetatt syv ganger i løpet av året, mens fire stasjoner i Hvaler (S-9, I-1, Ø-1 og I-4) har tre ekstra prøvetakninger på vegne av henholdsvis Borregaard AS og Fredrikstad Seafoods. Stasjon ID-1 har i 2021 vært inkludert som del av en resipientanalyse på vegne av Norsk Saugbrug AS.

Programmet for vannmasser er blitt omrokkert i forhold til tidligere år. Prøvetakninger er flyttet med tanke på å fange opp den økologisk viktige vårperioden, noe som gir noe mindre dekning på vinter og sommerperioden. Programmet har nå prøvetakning i februar, mars, mai, juni, august, september og november. De ekstra prøvetakningene i Hvaler gjennomføres i april, juli og oktober. Videre er to nye kjemiske parametere inkludert på alle stasjoner fra 2021; ammonium og løst organisk karbon (DOC). Ammonium er den mest biotilgjengelige nitrogen-forbindelsen og er inkludert for å harmonisere programmet opp mot andre overvåkningsprogrammer som Miljødirektoratets ØKOKYST og overvåkningsprogrammet i Indre Oslofjord. Videre informasjon om prøvetakning og prøvetakningsfrekvens, samt en oppsummering av dataene er tilgjengelig i Engesmo et al. (2022).



**Figur 8.** Vannmassestasjonene som har vært inkludert i overvåkningsprogrammet i 2021.

**Tabell 6.** Vannmassestasjoner som er blitt overvåket i Ytre Oslofjord programmet i 2021 og deres tilsvarende vanntyper basert på vann-nett.no.

Stasjonsnavn	NIVA kode	Vann lokalitetID	Breddegrad	Lengdegrad	Vanntype	
Frierfjorden	BC-1	38293	59,1044	9,6180	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Bolærne	BO-1	89847	59,1899	10,5362	S2	Moderat eksponert kyst
Midtre Drammensfjord	D-2	38286	59,6278	10,4210	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Indre Drammensfjord	D-3	38299	59,7059	10,3135	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Ramsø, Østerelva	I-1	38290	59,1094	11,0020	S3	Beskyttet kyst/fjord
Kallera*	I-4	002-4230-R	59,1845	10,9514	R108	Svært stor, moderat kalkrik, humøs elv
Skyskaffern	ID-1	38306	59,1016	11,3692	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Kjellvik, Iddefjorden	ID-2	38298	59,0745	11,3850	S5	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Krokstadfjorden	KF-1	101543	59,2887	10,7290	S2	Moderat eksponert kyst
Larviksfjorden	LA-1	38287	59,0193	10,0516	S2	Moderat eksponert kyst
Kippenes	MO-2	38297	59,4843	10,6781	S3	Beskyttet kyst/fjord
Ringdalsfjorden	R-5	38291	59,1117	11,3143	S3	Sterkt ferskvannspåvirket fjord
Haslau, Singlefjorden	S-9	38292	59,1143	11,1617	S3	Beskyttet kyst/fjord
Sandefjordsfjorden/ Kvernberget	SF-1/ SF-3	38300	59,0680	10,2475	S3	Beskyttet kyst/fjord
Skjebergkilen	SKJ-1	96451	59,1800	11,1800	S3	Beskyttet kyst/fjord
Sponvika	SP-1	89848	59,0897	11,2317	S3	Beskyttet kyst/fjord
Vestfjorden	TØ-1	38288	59,2028	10,3554	S3	Beskyttet kyst/fjord
Leira, Vesterelva	Ø-1	38289	59,1365	10,8340	S1	Åpen eksponert kyst

\*Stasjon I-4 Kallera er lagt så langt som mulig inn mot Glommas utløp, derfor er denne stasjonen en ferskvannsstasjon iht. vann-nett, den er i klassifiseringen behandlet som vanntype S5 – Sterkt ferskvannspåvirket fjord.

I denne rapporten er det valgt å følge Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018), som er Miljødirektoratets klassifiseringssystem for å vurdere tilstand i vannforekomster. Dette er i tråd med det som står om resipientundersøkelser i Avløpsdirektivet, hvor det fastslås at hensikten er å følge Miljødirektoratets klassifiseringssystem. I veilederen legges det stor vekt på biologiske kvalitetselementer, inkludert planteplankton, ved parameteren klorofyll-a, som brukes for klassifisering av økologisk tilstand i vannmassene.

Det er forskjellige klassegrenser for klorofyll-a i veilederen for de ulike vanntypene i Skagerrak (se tabell 9.3 i Veileder 02:2018<sup>3</sup>), men for vanntype S5 fins det ikke klassegrenser for klorofyll-a. Da vil i prinsippet støtteparameterne alene bestemme klassifiseringen av vannmassene. Og dette fører som regel til en dårlig klassifisering, siden det generelt lave siktdyp og lave oksygenforhold i mange av disse vannforekomstene trekker klassifiseringen ned. Klorofyll-a derimot, er et biologisk kvalitetselement og hvis det inkluderes kan støtteparameterne kun trekke tilstandsklassen ned til *moderat* ifølge veilederen (se figur 3.6 i Veileder 02:2018). Vi har her valgt å klassifisere stasjonene i vanntype S5 for klorofyll-a etter klassegrensene til vanntype S3, som er konsekvent i forhold til det som er gjort tidligere år. Klassifisering av vannmasser i vanntype S5 er videre drøftet i kapittel 6.

For støtteparameterne fins det to tabeller i Veileder 02:2018; tabell 9.26 som gjelder for saltholdighet over 18 psu, og tabell 9.27 som gjelder for saltholdighet lavere enn 18 psu. I denne rapporten blir valg av tabell basert på middelverdien av saltholdighet målt i 0-5 m dyp for hele 2021. I

<sup>3</sup> <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>



tabell 9.27 fins det ikke klassegrenser for oksygen og ammonium. Når det gjelder oksygenforholdene så er det ikke vist noen sammenheng mellom oksygen i bunnlaget og saltholdighet i overflatelaget. Klassegrensene for oksygen er basert på hvordan levetilstandene for dyrelivet i dypvannet er, og dette er uavhengig av saltholdigheten i overflatelaget. Når det gjelder oksygen har det derfor blitt benyttet klassegrenser fra tabell 9.26 for alle stasjonene.

Når det gjelder ammonium så ser vi at konsentrasjonene er høyest i de områdene hvor saltholdigheten er lavest, og hvor det i Veileder 02:2018 ikke fins klassegrenser (se Tabell 7). Men disse høye verdiene kan ikke forklares ved tilførsel av ammonium fra elvene. Både utenfor Drammenselva, Glomma og Skienselva er det betydelig høyere verdier av ammonium ute i fjorden sammenlignet med det som er målt i elva. Dette blir drøftet nærmere i kapittel 3.4. På bakgrunn av dette er det valgt å benytte klassegrenser hentet fra tabell 9.26 for ammonium.

For de andre næringssaltene og siktdyp fins det tre sett med klassegrenser avhengig av saltholdighet (se tabell 9.26 og 9.27). Det er ikke tydelig beskrevet hvordan en skal velge klassegrenser for saltholdigheter som ligger mellom 5 og 18 psu. Her er det valgt å klassifisere stasjoner med saltholdighet 0-11,5 psu etter klassegrensene for den laveste saltholdigheten i tabell 9.27, og stasjoner med saltholdighet 11,5-18 psu etter den høyeste saltholdigheten. Ved å velge klassegrensene for støtteparameterne på denne måten blir tilstandsklassen tilsynelatende bedre, enn om det hadde vært valgt å interpolere klassegrensen basert på saltholdighet mellom 5 og 18 psu, slik som ble gjort i årsrapporten for 2019 og 2020. Det er et stort behov for at beskrivelsen i Veileder 02:2018 gjøres mer tydelig, og dette er formidlet til Miljødirektoratet i en rapport (Walday m.fl. in prep).

### 3.1 Vannkvaliteten i perioden 2019-2021

I Veileder 02:2018 er det ingen tydelig beskrivelse av hvordan gjennomsnittlig saltholdighet skal beregnes for en vannforekomst, men det skal gjelde for overflatelaget og det kan i veilederen tolkes som de øverste 10 meterne<sup>4</sup>. Hvis saltholdighetsmålingene fra 0-10 m midles over hele året får de fleste stasjonene en saltholdighet over 25 PSU, som tilsier at disse stasjonene er i vanntype «beskyttet kyst/fjord». Unntaket er stasjonene i Frierfjorden, Drammensfjorden og Iddefjorden, som er klart ferskvannspåvirket (Tabell 7). Overflatelaget på mange av stasjonene er ofte bare 5 m tykt. Dette gjelder spesielt de tre sistnevnte fjordområdene, og saltholdigheten midlet over 0-5 m er betraktelig lavere. Det samme kan sies om stasjonene i Hvaler, muligens med unntak av stasjon Ø-1. Klassegrensene for næringsalter er avhengig av saltholdigheten, og det er valgt å bruke saltholdigheten midlet over 0-5 m for å definere stasjonens saltholdighet. Videre er saltholdigheten som er benyttet midlet over hele året 2021.

Klassifisering for perioden 2019-2021 er vist i Tabell 7. Sju stasjoner ligger i vanntype 5 «sterkt ferskvannspåvirket», ettersom det foreløpig ikke er utarbeidet klassegrenser for klorofyll-a for denne vanntypen og vanntype 4 «ferskvannspåvirket beskyttet fjord» ikke er inkludert i Skagerrak er det som tidligere nevnt valgt å klassifisere disse som «beskyttet fjord/kyst» (S3). Dersom veilederen skulle følges ville det ikke blitt klassifisert for klorofyll-a på disse stasjonene og klassifisering kun på støtteparameterne ville fulgt prinsippet om at det verste styrer, dette ville slått ut med tilstandsklasse svært dårlig for begge stasjonene i Drammensfjorden, Frierfjorden, samt flere av Hvaler-stasjonene.

---

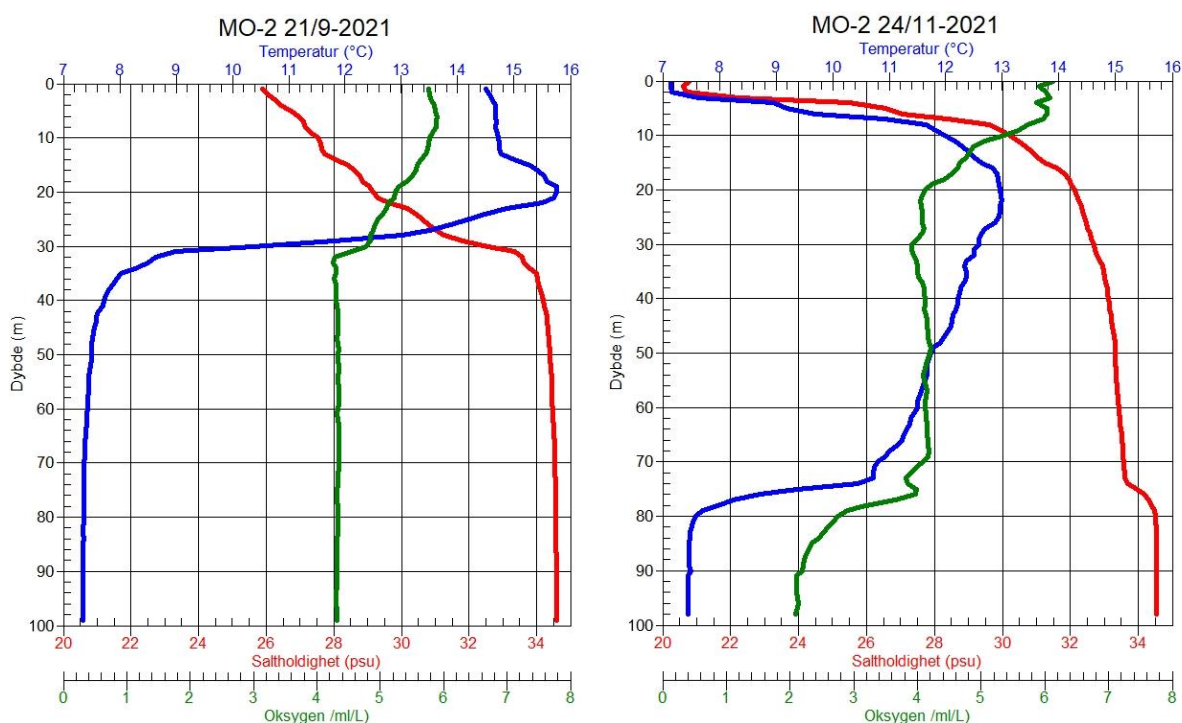
<sup>4</sup> Se nest siste avsnitt på side 172 i veileder 02:2018 og teksten til tabell 9.26 og 9.27.

Av de 18 stasjonene som er klassifisert for perioden 2019-2021 så får 11 den samlede tilstanden moderat, mens de resterende syv får tilstandsklassen god. Det er litt varierende hvilke parametere som trekker tilstanden ned. På stasjon SKJ-1 Skjebergkilen og BC-1 Frierfjorden er det klorofyll-a som er utslagsgivende. I Frierfjorden trekker støtteparameterne tilstanden ned til moderat. I Skjebergkilen var det også dårlig siktdyp og mye nitrat på vinteren.

I Drammensfjorden, Iddefjorden og i Frierfjorden trekker parameteren oksygen alene tilstanden ned til moderat. I alle disse områdene er det også høye nivåer av næringssalter. I Frierfjorden var det bedre forhold for nitrogen, som vil si lavere konsentrasjoner, enn det har vært tidligere.

På stasjon S-9 i Singlefjorden var det svært dårlige oksygenforhold de tre nederste meterne nær bunn i november 2021. På 90 m ble det målt en oksygenkonsentrasjon på 3,35 ml/L, mens det på 91 m ble målt 1,01 ml/L, og 0,96 ml/L på 93 m. Dette viser at det er viktig å måle i bassengets dypeste punkt for å fange opp de laveste oksygenverdiene.

Det var også lave oksygenverdier i Mossesundet i november, men her var det dårlige oksygenforhold (<2,5 ml/L) fra 83 m og ned til bunn (98 m) (se høyre plott i Figur 9). I samme figur vises oksygenforholdene to måneder tidligere, da forholdene var gode. Måling av temperatur og saltholdighet viser at det er den samme vannmassen som ligger under ca. 80 m i november, som to måneder før. I perioden hvor vannmassen har vært stillestående, har nedgangen i oksygen vært 1,0 ml/L/mnd. i de 10 nederste meterne. Dette er et relativt høyt oksygenforbruk, og dette forbruket som skyldes nedbrytning av organisk stoff, er høyere enn tilførsel av oksygen ved vertikal omrøring av vannmassene. Det vil være positivt for oksygenforholdene i bunnvannet, om den organiske belastningen i Mossesundet reduseres.



**Figur 9.** Vertikale profiler av temperatur (blå), saltholdighet (rød) og oksygen (grønn) i Mossesundet i september og november 2021.

Siktdypet er lavt på alle stasjonene i hele fjorden, bortsett fra i Sandefjordsfjorden. Stasjonene SP-1, SKJ-1, Ø-1, LA-1, BO-1 og KF-1 får alle samlet god tilstand for vannmassene, til tross for at siktdypet er moderat eller dårlig. Dette skyldes at klasseverdien (nEQR-verdien) for siktdypet midles sammen med nEQR-verdiene for næringssaltene på sommeren, for å gi en samlet nEQR verdi for støtteparametere på sommeren. Det er ikke tydelig beskrevet at det skal gjøres på denne måten i veilederen, men siktdyp er gruppert sammen med næringssaltene på sommeren i tabellene 9.26 og 9.27 i Veileder 02:2018. De dårlige lysforholdene i fjorden (siktdypet) slår derfor ikke ut på den samlede klassifiseringen.

**Tabell 7.** Klassifisering av vannmassene basert hovedsakelig på data fra 2019-2021. Data for siktdyp er fra sommeren 2021, og oksygentilstanden er basert på den laveste oksygenverdien målt på det dypeste dypet ved hver stasjon over de tre årene. Merk at kun data for 2021 har blitt benyttet for å klassifisere NH<sub>4</sub> på alle stasjoner.

Stasjon	Vanntype	Sal 0-5 m Hele året	Klf-a (µg /L) Feb.-Okt.	Sommer					Vinter					Oksygen tilstand	Siktdyp (m) gjennoms (mai-aug. 2021)	Samlet tilstand
				TOTP (µg /L)	PO <sub>4</sub> (µg /L)	TOTN (µg /L)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> (µg /L)	NH <sub>4</sub> (µg /L)	TOTP (µg /L)	PO <sub>4</sub> (µg /L)	TOTN (µg /L)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> (µg /L)	NH <sub>4</sub> (µg /L)			
D-3 <sup>a</sup>	S5*	1,08	2,16	6,2	2,2	400	200	32	8,1	6,4	460	300	36	SD	2,3	M
D-2 <sup>a</sup>	S5*	2,1	3,46	7,6	2,3	390	150	27	5,7	7,8	450	240	23	SD	2,9	M
I-4 <sup>^a</sup>	S5*	3,44	3	11,5	4,85	470	240	42,5	24	18	560	100	27	G	1,9	M
BC-1 <sup>a</sup>	S5*	6,54	3,3	7,2	2,7	310	98	38	12	11	390	140	31	SD	3,6	M
ID-1 <sup>^a</sup>	S5*	7,86	8,19	15	4,5	450	101	49,5	16	10	780	330	28,5	SD	2	M
ID-2 <sup>a</sup>	S5*	10,7	6,54	9,9	1,5	410	150	99	14,5	9,6	715	235	15	SD	2,1	M
R-5 <sup>a</sup>	S5*	11,1	4,37	14	2,3	380	89	56	19	13	806	220	40,5	SD	1,7	M
I-1 <sup>b</sup>	S3	16,7	2,28	11	2,25	305	11,5	26,5	19	12	360	84	9,2	D	2,5	M
SP-1 <sup>c</sup>	S3	20	3,97	12	1,9	270	18,5	22	19	11	428	83	8,6	G	3,1	G
S-9 <sup>c</sup>	S3	20,4	4,8	11	1,5	240	5,25	18	17,3	10	430	89	10,4	SD	4,3	M
MO-2 <sup>c</sup>	S3	22,8	4,3	6,7	1,3	200	14	17	15	12	315	107,3	6,6	D	4,2	M
SKJ-1 <sup>c</sup>	S3	21,3	4,6	12,5	1,55	225	6	28	14,5	9,5	370	60	7	G	4,5	G
Ø-1 <sup>c</sup>	S1	23,9	2,9	9,7	1,05	220	1,7	15	16	9,6	300	79	8,55	G	5,1	G
LA-1 <sup>c</sup>	S2	24,4	2,64	9	1,2	220	1	11	18	9,5	230	68	10,35	G	5,8	G
BO-1 <sup>c</sup>	S2	24,8	2,58	7,9	1,1	190	1,4	13	15,8	9,6	260	80	8,9	G	4,4	G
TØ-1 <sup>c</sup>	S3	24,8	2,36	11	1,8	220	2,2	12	18,5	12,5	330	110	15	M	4,6	M
KF-1 <sup>c</sup>	S2	25,8	2,67	11	2,3	200	7,1	23	16,5	15	280	82	14,5	G	4,4	G
SF-3 <sup>c</sup>	S3	25,5	2,32	9,7	1	210	1	16	16	11	280	85	13,35	G	7,2	G

\* Klorofyll-a klassifisering basert på vanntype S3, ettersom S5 ikke har klassegrenser.

<sup>^</sup> Nye stasjoner. Klassifisering basert på data kun fra 2021.

<sup>a</sup> Klassifisering basert på tabell 9.27, PSU 5, i veileder 02:2018.

<sup>b</sup> Klassifisering basert på tabell 9.27, PSU 18, i veileder 02:2018.

<sup>c</sup> Klassifisering basert på tabell 9.26 i veileder 02:2018.

**Tabell 8.** Klassifisering av fosfat i overflatelaget på sommeren basert på data over treårsperioder. Andre rad viser saltholdighet midlet over året. Stasjoner med saltholdighet 7 psu og lavere er klassifisert etter tabell 9.27 saltholdighet 5 psu i Veileder 02:2018. Stasjoner med saltholdighet 11-17 psu er klassifisert etter tabell 9.27 saltholdighet 18 psu. Stasjoner med saltholdighet over 18 psu er klassifisert etter tabell 9.26.

Årstall	D-3	D-2	BC-1	ID-2	R-5	I-1	S-9	MO-2	Ø-1	LA-1	TØ-1	KF-1	SF-1/3
Saltholdighet (psu)	1	2	7	11	11	17	20	23	24	24	25	26	26
2001 - 2003						14.3				7.0	7.6	8.8	
2002 - 2004		19.8			16.9	8.4	7.9	8.9	31.5		8.4	9.7	8.8
2003 - 2005						8.4					8.6		
2004 - 2006		25.5	13.0		20.8	9.2		9.8			8.7		
2005 - 2007													
2006 - 2008					18.5	8.2							
2007 - 2009													
2008 - 2010				4.7	7.9	3.5	2.1		2.4				
2009 - 2011	3.1	2.8		3.6	6.2	3.5	3.0	2.4	3.0	2.5	3.4		2.5
2010 - 2012	3.2	3.6		3.7	5.9	3.7	3.8	2.8	3.2	2.6	3.9		2.7
2011 - 2013	3.0	3.4		3.8	5.6	5.1	4.7	3.5	3.7	3.4	4.1		3.3
2012 - 2014	3.5	3.9		4.0	5.0	5.3	4.4	3.8	3.6	3.2	4.0		3.2
2013 - 2015	3.8	3.8	5.3	4.6	5.9	5.2	4.5	3.6	3.6	3.3	3.8		3.1
2014 - 2016	3.9	4.3	5.4	4.9	6.5	4.7	3.8	3.3	3.1	2.5	3.4		2.3
2015 - 2017	4.0	4.0	5.4		6.7	4.6	4.1	3.0	3.0	2.7	4.4		2.4
2016 - 2018	3.9	4.3	3.8		6.5	4.6	3.6	3.2	3.2	3.3	4.6	3.1	2.6
2017 - 2019	3.5	3.6	3.7		4.9	4.1	3.2	2.7	2.9	3.1	4.3	2.9	2.6
2018 - 2020	2.5	3.3	3.2	1.9	3.7	3.1	2.2	2.1	2.1	2.5	2.7	2.6	1.9
2019 - 2021	2.2	2.3	2.7	1.5	2.3	2.3	1.5	1.3	1.1	1.2	1.8	2.3	1.0

**Tabell 9.** Klassifisering av nitrat i overflatelaget på sommeren basert på data over treårsperioder. Andre rad viser saltholdighet midlet over året. Stasjoner med saltholdighet 7 psu og lavere er klassifisert etter tabell 9.27 saltholdighet 5 psu i Veileder 02:2018. Stasjoner med saltholdighet 11-17 psu er klassifisert etter tabell 9.27 saltholdighet 18 psu. Stasjoner med saltholdighet over 18 psu er klassifisert etter tabell 9.26.

Årstall	D-3	D-2	BC-9	ID-2	R-5	I-1	S-9	MO-2	Ø-1	LA-1	TØ-1	KF-1	SF-1/3
Saltholdighet (psu)	1	2	7	11	11	17	20	23	24	24	25	26	26
2001 - 2003	162	176			195	146	89	41	57	16	96	44	
2002 - 2004	185	167	186		173	127	89	71	50	31	81	49	
2003 - 2005		166	209		170	111	83	67			69		
2004 - 2006		166	207		144	101		67			72		
2005 - 2007													
2006 - 2008					161	107							
2007 - 2009													
2008 - 2010				138	148	84	50		32				
2009 - 2011	193	172		177	196	108	72	39	44	4	11		9
2010 - 2012	211	193		208	178	89	55	29	34	4	14		10
2011 - 2013	204	196		214	185	141	78	45	36	6	40		8
2012 - 2014	180	165		197	136	116	66	39	30	7	34		2
2013 - 2015	176		134	208		160	66	40	27	8			3
2014 - 2016	167		132	162		118	41	26	21	6			3
2015 - 2017	195		127			127	38	22	11	7			8
2016 - 2018	184		131			87	36	21	12	12		14	11
2017 - 2019	203		144			107	45	27	22	14	69	16	12
2018 - 2020	194	181	136	112	83	88	33	23	22	10	10	7	7
2019 - 2021	200	150	98	150	89	12	5	14	2	1	2	7	1

I Tabell 8 og Tabell 9 vises hhv. klassifisering av fosfat og nitrat på sommeren over tid, basert på stasjoner hvor det er data tilbake til 2001. På alle stasjonene i Tabell 8 har det vært en positiv utvikling når det gjelder fosfat i overflaten. De høyeste verdiene er på de mest ferskvannspåvirkede stasjonene, men også her blir sommerfosfatet klassifisert til *god* tilstand.

Også for nitrat på sommeren har det vært en positiv utvikling på de fleste stasjonene. I Hvaler og Mossesundet var det signifikant bedre i den siste treårsperioden enn det det har vært tidligere. I Drammensfjorden og Iddefjorden er det fortsatt høye nivåer av nitrat og det ser ikke ut til at forholdene bedrer seg.

Når tilstanden for fosfat eller nitrat er klassifisert til *svært god* så er dette tegn på at algeveksten er begrenset av næringsaltet med denne klassen. For perioden 2019-2021 ser det ut til at algeveksten var begrenset av fosfat på alle stasjoner unntatt i Drammensfjorden og Frierfjorden. På stasjonene LA-1, TØ-1, KF-1, SF-3 og de tre i Hvaler var algeveksten begrenset av nitrat i tillegg..

### 3.2 Hva er årsaken til lavt siktdyp?

Det var gjennomgående dårlig siktdyp i hele fjorden i 2021, og kun stasjonen i Sandefjordsfjorden oppnådde god tilstandsklasse basert på siktdypet (Tabell 7). Overvåkningsprogrammet har inkludert klorofyll-*a* og siktdyp i mange år, mens DOC ble tatt inn i programmet, på utvalgte stasjoner, fra 2019. Her er det gjort en statistisk analyse hvor DOC og klorofyll-*a* er brukt som forklaringsvariabler for observert siktdyp. Den statistiske analysen går forenklet ut på å normalisere variablene så de har lik variabilitet, og deretter blir det sett på samvariasjonen mellom forklaringsvariablene og siktdyp. Resultatene fra analysene er vist i Tabell 10 og Vedlegg A.

Siktdypet i havet forteller oss hvor dypt lyset trenger ned i vannsøylen. Lavt siktdyp kan skyldes flere faktorer hvor de viktigste er:

1. Partikler i vannet
2. Løst organisk stoff (DOC)
3. Planteplankton (som kan måles med klorofyll-*a*)

**Tabell 10.** Statistisk analyse (PERMANOVA) av sammenhengen mellom siktdyp, DOC og klorofyll-*a* fra 2019-2021. Tallene i de tre midterste kolonnene angir hvor mye av variansen som kan forklares av variablene DOC og klorofyll-*a*. Tallet i parentes er p-verdien, som indikerer om resultatet er signifikant ( $p < 0,05$ , markert rødt). Tabellen forts. på neste side.

Stasjon	% varians (p-verdi)			Siktdyp (m)
	DOC	Klf-a	Rest	
BC-1	1,01 (0,741)	0,01 (0,987)	98,98	3,6
BO-1	13,05 (0,195)	10,42 (0,213)	76,53	4,4
D-2	4,2 (0,491)	15,3 (0,179)	80,51	2,9
D-3	30,3 (0,043)	10,88 (0,179)	58,83	2,3
I-1	26,49 (0,014)	0,13 (0,842)	73,37	2,5
I-4*	51,30 (0,072)	10,13 (0,296)	38,57	1,9
ID-1*	14,02 (0,833)	33,27 (0,667)	52,71	2,0
ID-2	28,54 (0,049)	3,15 (0,485)	68,31	2,1
KF-1*	46,68 (0,141)	0,81 (0,824)	52,51	4,4
LA-1	12,98 (0,226)	5,07 (0,452)	81,96	5,8

Stasjon	% varians (p-verdi)			Siktdyp (m)
	DOC	Klf-a	Rest	
MO-2	10,11 (0,141)	45,84 (0,008)	44,05	4,2
R-5	30,35 (0,043)	1,5 (0,557)	68,16	1,7
S-9	29,66 (0,004)	8,6 (0,094)	61,74	4,3
SF-1/SF-3	0,05 (0,953)	12,07 (0,48)	87,88	7,2
SKJ-1*	4,53 (0,594)	14,55 (0,569)	80,92	4,5
SP-1*	44,03 (0,121)	3,42 (0,633)	52,55	3,1
TØ-1*	44,96 (0,201)	1,66 (0,825)	53,38	4,6
Ø-1	46,67 (0,001)	0,65 (0,62)	52,68	5,1
<b>Totalt ytre OF</b>	<b>31,14 (0,001)</b>	<b>2,25 (0,001)</b>	<b>66,61</b>	

\* Analysen fra stasjon I-4, ID-1, KF-1, SP-1, SKJ-1 og TØ-1 er basert på 2021-verdier.

Analysen viser at DOC forklarer mer av variabiliteten i siktdypet enn klorofyll- $\alpha$  konsentrasjonen, men det er store forskjeller mellom stasjoner. På stasjonen i Mossesundet (MO-2) forklarer klorofyll- $\alpha$  en betydelig del av variabiliteten (46 %). Det samme gjelder stasjon ID-1 i Iddefjorden, der klorofyll- $\alpha$  forklarer 33 % av variabiliteten. Klorofyll- $\alpha$  forklarer også mye av variabiliteten (> 10 %) på begge stasjonene i Drammensfjorden, ved Bolærne (BO-1) og i Sandefjordsfjorden (SF-3). Det samme gjelder flere av stasjonene i Hvaler-området; Kallera (I-4), Skysskaffern (ID-1) og Skjebergkilen (SKJ-1), men her er ikke resultatet signifikant ( $p > 0,05$ ). Basert på tilgjengelig tallgrunnlag forklarer klorofyll- $\alpha$  kun en liten del av variabiliteten i siktdypet på 10 av de 18 stasjonene som er med i analysen.

DOC forklarer mer enn en fjerdedel av variabiliteten i siktdypet på 10 av 18 stasjoner (med signifikant resultat i seks av dem,  $p < 0,05$ ). DOC bidrar altså til å forklare betydelig mer av variabiliteten enn det klorofyll- $\alpha$  gjør og det er nærliggende å tolke dette dit at DOC har større betydning for siktdypet i Ytre Oslofjord enn planteplankton. På de fleste av stasjonene er det en betydelig rest, som ikke forklares av DOC eller Klorofyll- $\alpha$ , som betyr at partikler i vannet også har stor betydning på siktdypet.

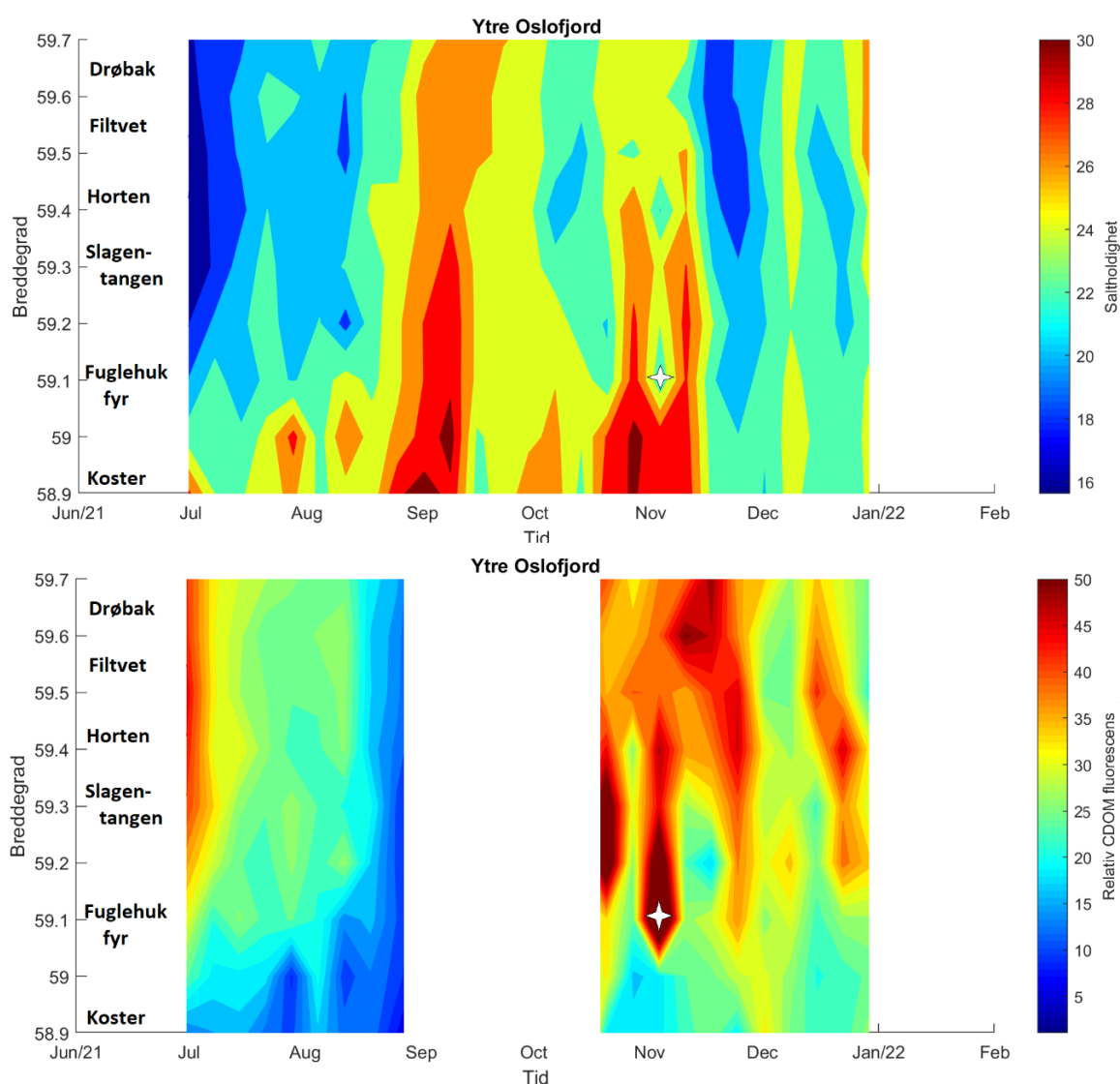
I Hvaler (stasjon Ø-1, I-1, I-4, R-5 og S-9) er det lavt siktdyp, lavest på I-4 med 1,4 m sommeren 2021. På flere av disse stasjonene forklarer DOC opp mot halvparten av variabiliteten i siktdyp, noe som tilsier betydelig belastning fra Glomma. Tilstanden utenfor Glommas vestre løp (Ø-1 Leira) har samlet tilstand moderat. Fra Tabell 10 ser vi at klorofyll- $\alpha$  forklarer svært lite av variasjonen i siktdyp. Av det kan vi slutte at det moderate siktdypet enten skyldes mye løst organisk stoff eller mye partikler i vannet.

Resultatene fra den statistiske analysen avhenger i stor grad av bredden i datagrunnlaget. En parameter kan bare bidra til å forklare siktdyp, om hele variasjonsspekteret til parameteren er med i observasjonene. Ettersom DOC kun ble inkludert i programmet i 2019 er tallgrunnlaget foreløpig lite, og resultatene kan være påvirket av manglende data. I årene som kommer vil datagrunnlaget bli bedre, og det er også forventet at den statistiske analysen vil gi sikrere konklusjoner. Dersom man ønsker sikrere svar på hvorfor det er dårlig siktdyp i Oslofjorden, kan det være hensiktsmessig å inkludere parametere som måler partikler i overvåkningsprogrammet, aktuelle parametere kan være farget løst organisk materiale (cDOM<sup>5</sup>) og totalt suspendert materiale (TSM, både organisk og uorganisk materiale).

<sup>5</sup> cDOM ble tidligere kalt gulstoff.



Ombord på Color Magic måles cDOM fluorescens med FerryBox systemet, hvor det tas inn vann fra ca. 4 m dyp langs fergens rute mellom Oslo og Kiel. cDOM fluorescens er et optisk mål på farget løst organisk materiale. I Figur 10 er cDOM vist sammen med måling av saltholdighet. Der hvor det er høy verdi av cDOM er det lav saltholdighet, som skyldes at dette stoffet fraktes ut med elvevann. Som et eksempel har vi markert vannet utenfor Fulehuk fyr i starten av november med en hvit stjerne i begge plottene i Figur 10. Her var det høy verdi av cDOM samtidig som det var lav saltholdighet. Fra Figur 3 ser vi at dette sammenfaller med flomtopp i de fire store elvene. Fra Figur 10 kan vi se at det var mye organisk stoff i fjorden ut til omtrent Fulehuk fyr i stort sett hele perioden fra starten av oktober og til desember. Basert på analysen i dette delkapitlet kan vi slå fast at dette har stor innvirkning på lysforholdene i fjorden – fjorden var uvanlig mørk senhøsten 2021. Både partikler, løst organisk stoff og planteplankton har betydning for siktdypet, og i perioder kan løst organisk stoff være hovedårsaken til dårlige lysforhold i store deler av fjorden.



**Figur 10.** Data fra 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy målt med FerryBox systemet ombord. På y-aksen vises breddegraden, og navnene angir hvor i fjorden målingene er tatt. Øverst vises saltholdigheten og nederst vises cDOM fluorescens, som er et optisk mål på mengde organisk stoff (DOC). Den hvite stjerna angir tilsvarende posisjon og tid i de to figurene (utenfor Fulehuk i starten av november).

### 3.3 Planteplankton

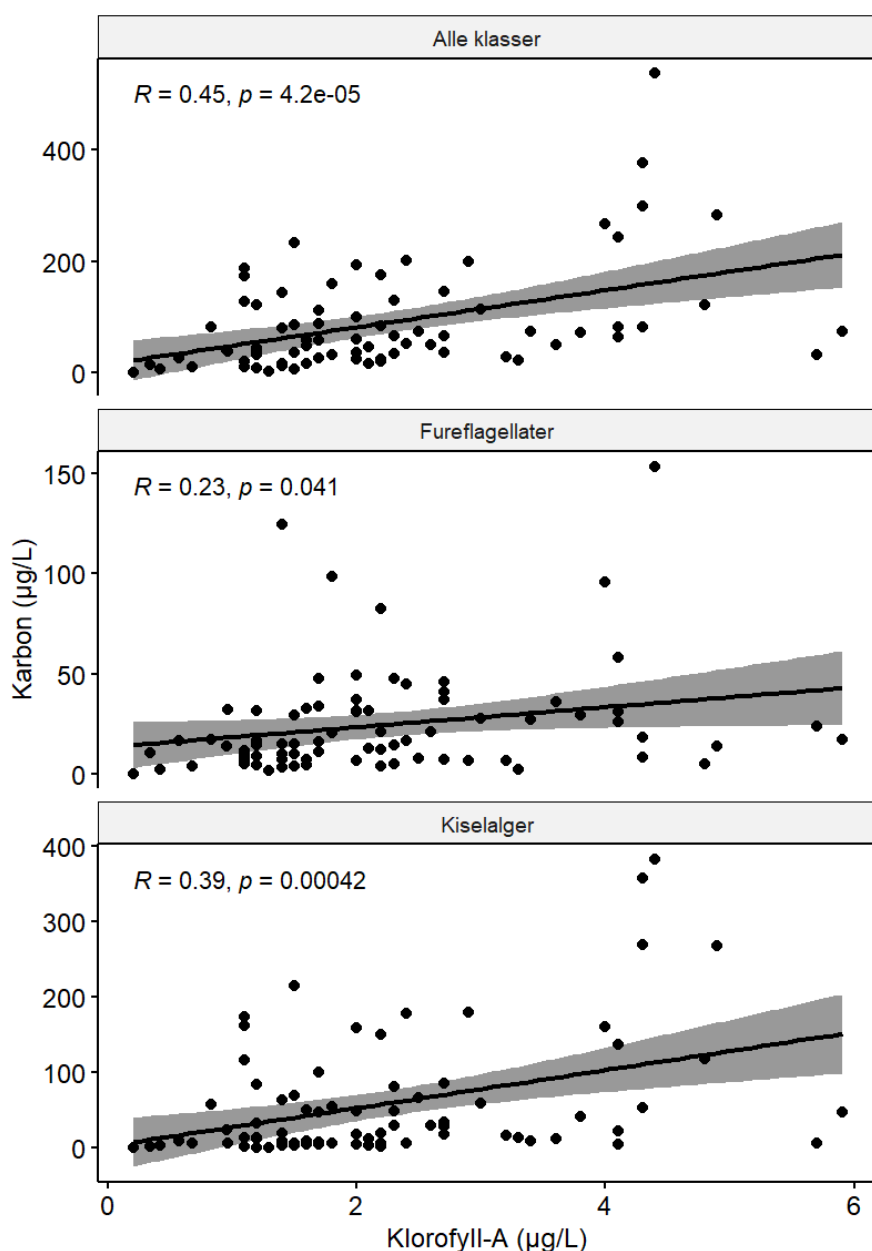
Planteplankton er encellede frittlevende mikroskopiske organismer. Deres vekst er styrt av en rekke faktorer. En av de viktigste er tilgang på næringssaltene nitrogen og fosfor, samt silikat for gruppen kiselalger. I tillegg vil fysiske forhold som temperatur, lys, sjiktning i vannmassen og annen biologisk aktivitet som beiting, kunne påvirke vekst, sammensetning og mengde (biomasse). Planteplankton går gjennom en naturlig suksesjon i løpet av året med våroppblomstring tidlig på året. Denne våroppblomstringen er et viktig næringsgrunnlag for dyrelivet i havet. Etter oppblomstringen må planteplanktonet tilføres næringsalter fra *in situ* regenerering av organisk materiale, underliggende vannmasser eller via avrenning for igjen å kunne bygge opp høy biomasse. Ved tilførsel av næringsalter utover naturlig konsentrasjon, kan resultatet bli det som ofte kalles eutrofiering (økt planteproduksjon). Under slike forhold får en gjerne masseoppblomstringer som kan påvirke artsmangfoldet. Endringer i artssammensetning og mengdefordeling mellom de ulike algegruppene registreres gjennom prøvetakinger med identifisering og kvantifisering av artene, mens en endring i algebiomassen tradisjonelt har vært målt ved kvantifisering av pigmentet klorofyll-*a*.

Klorofyll-*a* er et fotopigment som deles av alle fotosyntetiserende alger. Det er stor forskjell på klorofyll-*a* innhold mellom planteplanktongrupper, i tillegg varierer det med andre faktorer som cellens fysiologiske status, lysforhold og tilgang på næringsalter (Sakshaug 1977). På grunn av disse naturlige variasjonene er klorofyll-*a* en omdiskutert indikator for planteplanktonbiomasse. I Figur 11 er Spearman-korrelasjonen mellom målte klorofyll-*a* konsentrasjoner og kalkulerte cellekarbonverdier, som er en beregning av biomasse, fra Ytre Oslofjord benyttet for å vurdere sammenhengen mellom klorofyll-*a* og biomasse. Figuren viser en relativt god korrelasjon mellom mengden kalkulert cellekarbon og klorofyll-*a*, men dette varierer mellom algegrupper. Av de analyserte gruppene var det betydelig dårligere korrelasjon for fureflagellater enn for de resterende gruppene. I den norske klassifiseringen av klorofyll-*a* benyttes 90-persentilen gjennom hele vekstsesongen. Dette er en statistisk metodikk som vektlegger ekstremhendelser og da bør oppblomstrings-periodene inkluderes. Veileder 02:2018 anbefaler prøvetakning hver 14. dag i begynnelsen av vekstsesongen for å øke sjansen for å fange opp våroppblomstringen. Prøvetakningsregimet i de fleste av dagens overvåkningsprogrammer, inkludert dette programmet, har ikke hyppig nok prøvetakningsfrekvens til at det er sannsynlig å registrere disse oppblomstringene. Klassifiseringen kan derfor underestimere mengden planteplankton og gi en kunstig god tilstand.

Fra 2021 ble programmet lagt om og planteplanktonprøvetakning er nå inkludert på færre stasjoner, men med høyere frekvens på prøvetakningen for å øke sjansen for å registrere den økologisk viktige våroppblomstringen. Våroppblomstringen kommer tidlig på året, når de fysiske forholdene ligger til rette for det (vannsøylen blir stratifisert) og det fortsatt er god næringssalttilgang etter vinteren. Vanligvis vil våroppblomstringen være dominert av gruppen kiselalger, disse kan vokse og dele seg raskt og tidlig på sesongen vil de vanligvis utkonkurrere andre algegrupper. Planteplanktonceller kan dele seg så ofte som en gang i døgnet, noe som gir enormt potensiale for vekst. En celle kan bli til 1000 i løpet av 10 døgn. Denne veksten fortsetter frem til ressursene er oppbrukt og algepopulasjonen kan da kollapse raskt. På grunn av den raske responsen på næringsalter, samt rask vekst kan planteplanktonsamfunnet variere stort i tid og rom og store endringer kan komme på kort tid. Dette er et viktig bakteppe for tolkning av planteplanktondataene; prøvene gir øyeblikksbilder og bidrar med lite informasjon om situasjonen mellom prøvetakinger.

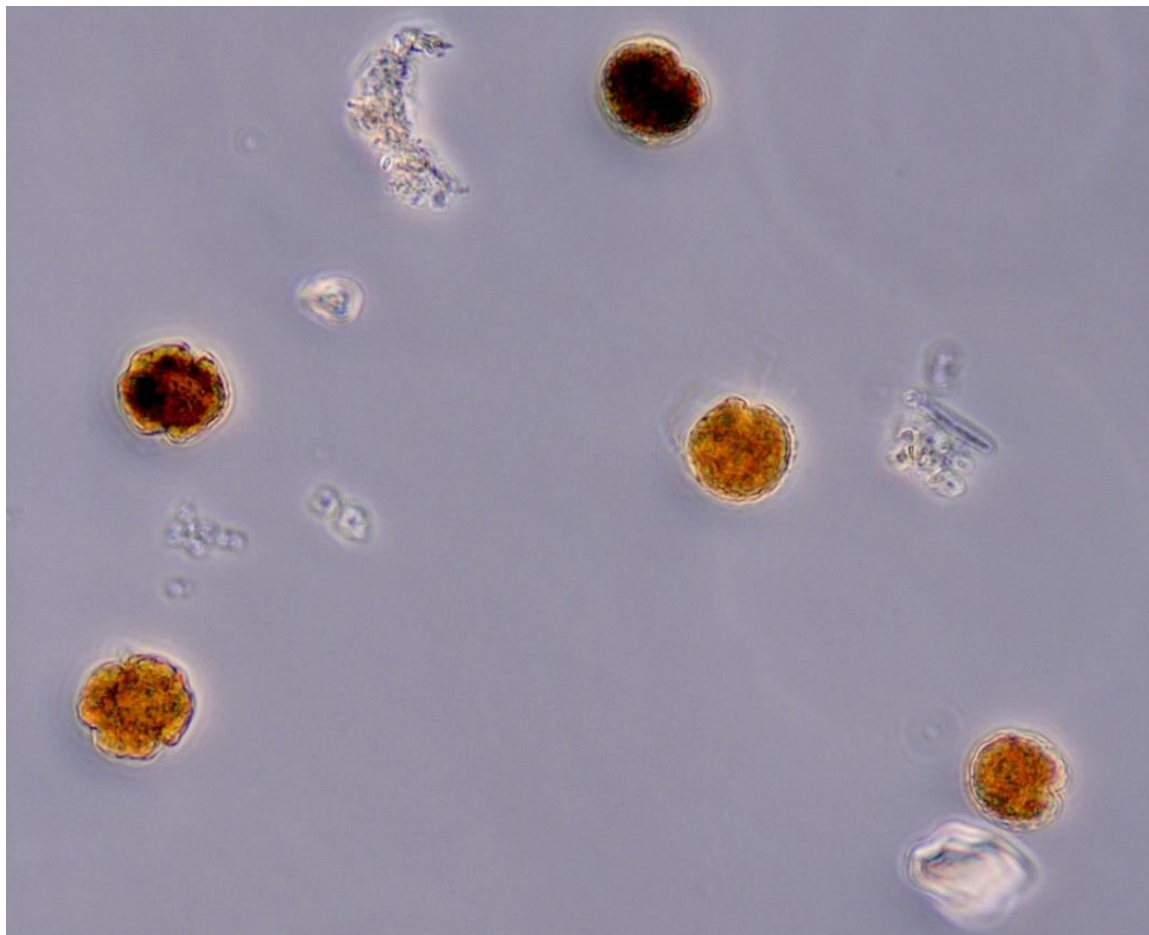
I 2021 ble det analysert planteplanktonprøver fra syv stasjoner: Drammensfjorden (D-2), Tønsberg (TØ-1), Larviksfjorden (LA-1), Ringdalsfjorden (R-5), Haslau (S-9), Krokstadfjorden (KF-1) og Mossesundet (MO-2). Planteplanktonsamfunnet blir analysert ved alle prøvetakinger, med unntak av november. Veileder 02:2018 definerer vekstsesongen for planteplankton til å vare fra februar til

utgangen av oktober og dette er grunnlaget for at klorofyll-a og planteplanktonanalyser ikke er inkludert i november. Likevel var det i november 2021 en stor oppblomstring av den grønne fureflagellaten cf. *Lepidodinium chlorophorum* i Oslofjorden (Figur 12), hvor den tidvis forårsaket irrgrønt vann i indre fjord. Den ble også registrert i store deler av Skagerrak (Eikrem m.fl. 2022). I Figur 13 vises klorofyll-a fluorescens fra Håøya innenfor Drøbak og ut til Koster. Det er tydelig at de høyeste verdiene er å finne i november. I denne figuren vises riktignok ikke målinger fra våroppblomstringen i 2021, siden datasettet ikke starter før juli 2021, og november-verdiene kan derfor ikke sammenlignes med høye verdier på våren. Men det er meget uvanlig at det måles så høy klorofyll-a fluorescens så sent på året. Det var spesielt høye verdier i Drøbaksundet og innover, men det var også relativt høye verdier helt ned mot området utenfor Krokstadjorden.

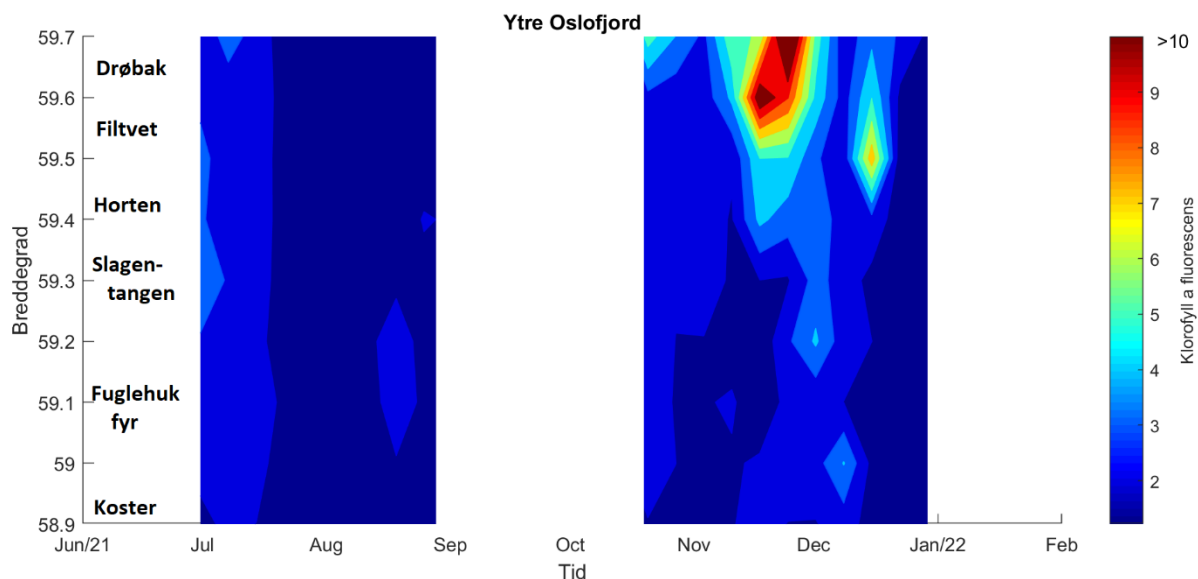


**Figur 11.** Spearman korrelasjon mellom klorofyll-a konsentrasjon og cellekarbon for henholdsvis alle celler, fureflagellater og kiselalger. De grå områdene representerer 95 % konfidensintervall.

På grunn av dette ble det samlet inn ytterligere klorofyll- $a$  og planteplanktonprøver fra alle stasjoner i november. På grunnlag av de observerte klorofyll- $a$  verdiene ble det valgt å analysere planteplanktonprøvene fra to stasjoner: Tønsberg og Krokstadjorden.



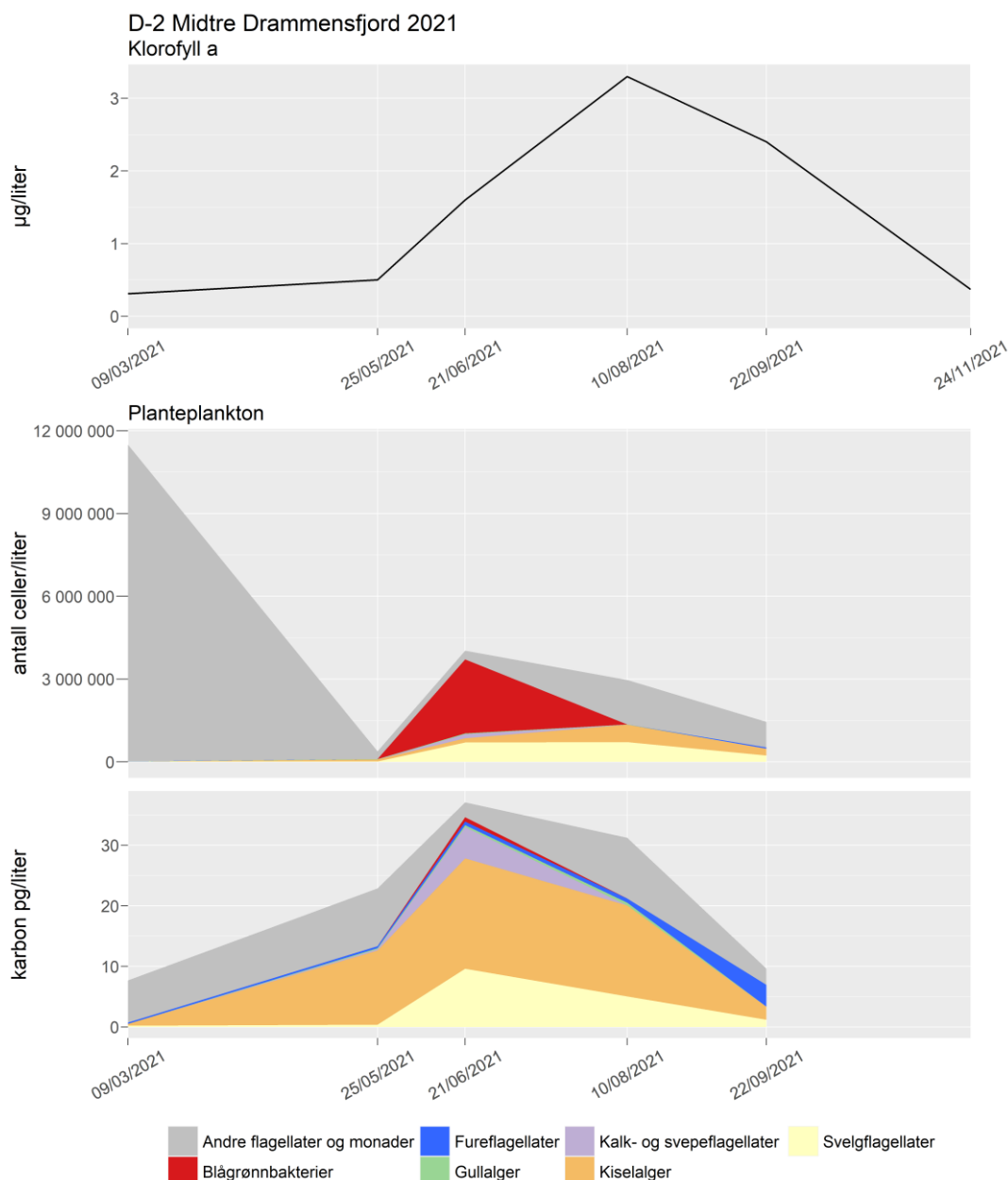
**Figur 12.** Flere celler av fureflagellaten cf. *Lepidodinium chlorophorum* fra Krokstadjorden november 2021. Merk at de ellers karakteristisk grønne cellene er farget brune på grunn av fikseringen av prøven med jod.



**Figur 13.** Klorofyll-a fluorescens på 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy.

#### Drammensfjorden D-2

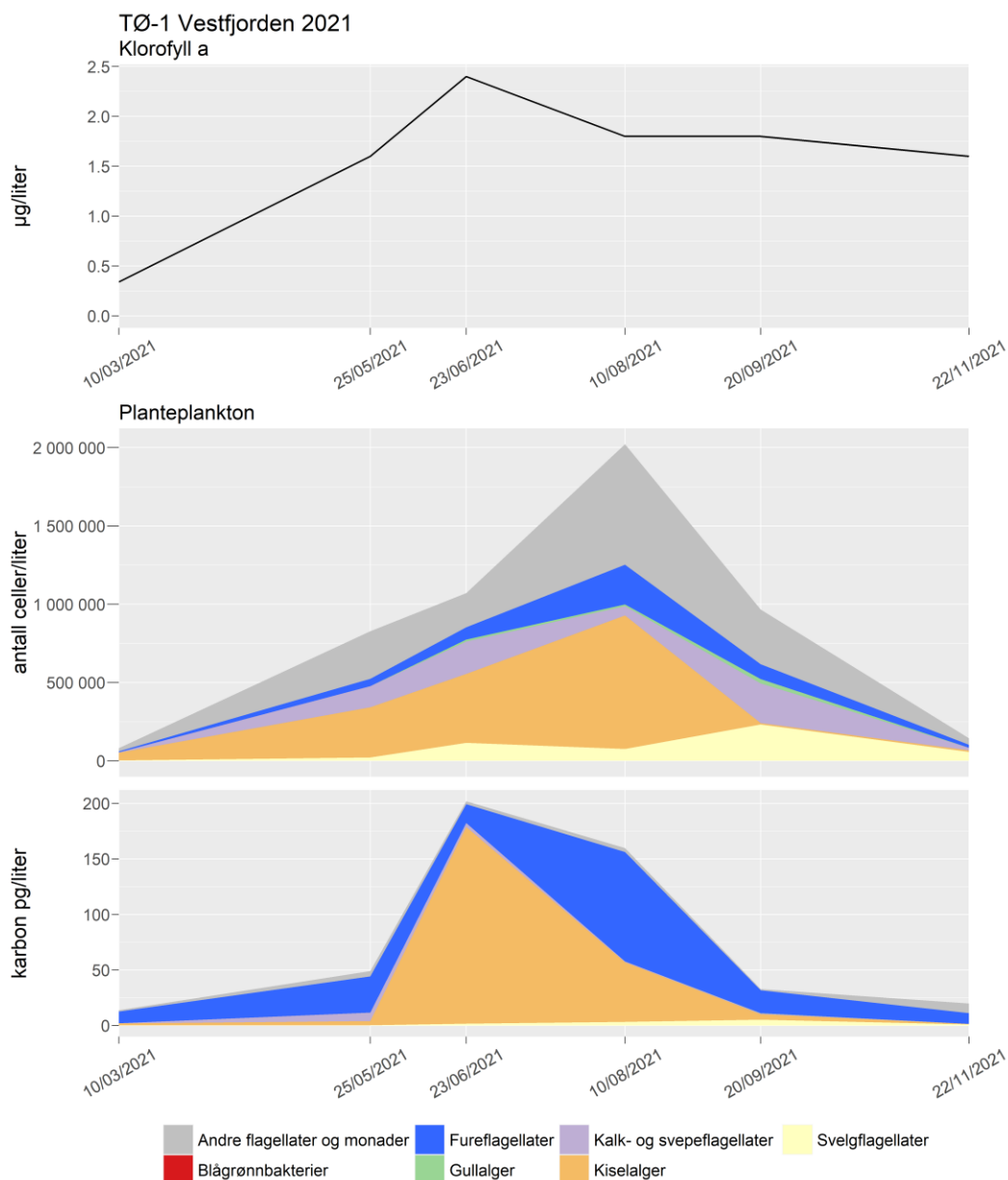
Det ble ikke samlet prøver i februar grunnet is. I mars var det høy konsentrasjon (11 mill. celler/L) av en ukjent, liten ( $>3 \mu\text{m}$ ) monade. Fordi det var veldig lite klorofyll på prøvetakingstidspunktet mistenker vi at dette var en heterotrof organisme (Figur 14). I mai og juni var det lave klorofyllkonsentrasjoner og lite alger i vannet. På høsten kom det en økning i klorofyllkonsentrasjonene og i august og september ble det registrert noen arter kiselalger, særlig de små artene cf. *Cyclotella choctawhatcheana* og *Chaetoceros thronsenii*, samt ferskvannsararter som *Diatoma tenuis*. Det var også høye konsentrasjoner av ubestemte flagellater og monader i både august og september. Det var generelt mye ferskvannsalger på stasjonen, som grønnalger og blågrønnbakterier, og veldig lite fureflagellater. Av giftige alger var det kun den potensielt fiskegiftige svepeflagellatslekten *Chrysochromulina* som ble observert.



**Figur 14.** Planteplanktonsamfunnet i 2021 på stasjon D-2 Drammensfjorden, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### Tønsberg TØ-1

Det ble ikke samlet prøver i februar på grunn av is og i mars var det fortsatt lite klorofyll og lite planteplankton i prøvene. Den høyeste klorofyllverdien ble målt i juni og dette sammenfaller med en økning av de store kiselalgene *Dactyliosolen fragilissimus* og *Cerataulina pelagica* (Figur 15). Etter dette holdt klorofyllnivåene seg jevnt litt forhøyet resten av året. Svepeflagellatslekten *Chrysochromulina* ble registrert i mai og juni. Fureflagellatene bidro med relativt mye karbonbiomasse gjennom hele sesongen på stasjonen. Planteplankton ble også analysert i november. Det var da lite planteplankton i prøven, samfunnet var dominert av fureflagellater, særlig cf. *Lepidodinium chlorophorum*, og kiselalgeflagellaten *Octactis speculum*. Av potensielt giftige alger var *Dinophysis*-arter til stede ved alle prøvetakninger, *D. acuta* ble funnet i september og november. *Alexandrium*-arter ble registrert frem til juni. Kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia* var til stede ved alle prøvetakninger.

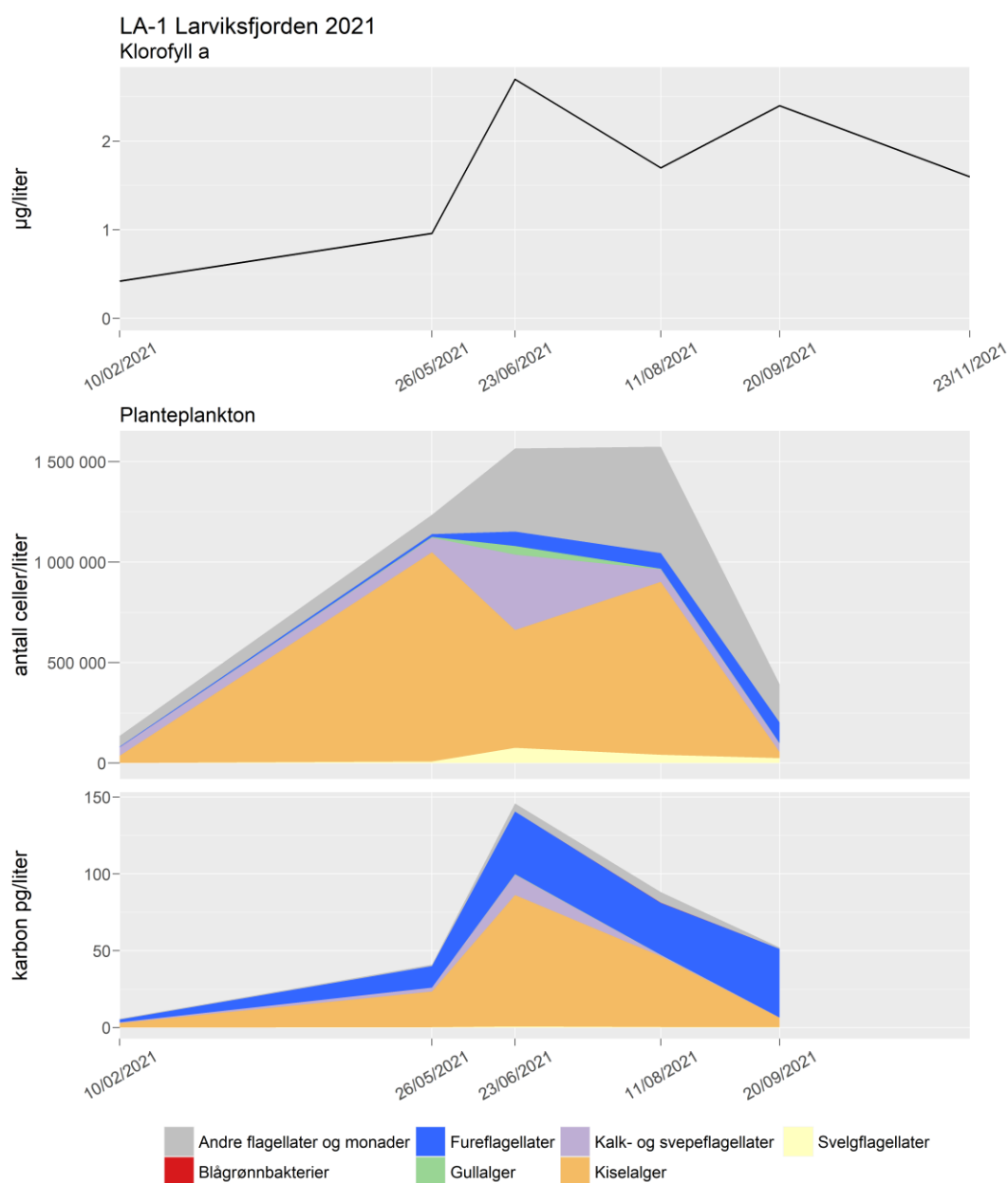


**Figur 15.** Planteplanktonsamfunnet i 2021 på stasjon TØ-1 Tønsberg, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### Larviksfjorden LA-1

Det var lite planteplankton og lave klorofyll-a verdier i februar. I mars ble det ikke samlet prøver på grunn av dårlig vær. I mai var det en del celler av kiselalgeslekten *Skeletonema*, men fordi disse hovedsakelig var veldig små bidro de med lite karbonbiomasse og klorofyll-a (Figur 16). I juni var det kiselalgen *Dactyliosolen fragilissimus* som dominerte karbonbiomassen, men det ble også registrert en del av svepeflagellateslekten *Chrysochromulina* og ubestemte flagellater og monader. I august var det et blandet algesamfunn med forskjellige kiselalger og ubestemte flagellater. Det var stor diversitet av fureflagellater på stasjonen, som bidro med betydelig karbonbiomasse fra juni og ut året. I juni ble cf. *Lepidodinium chlorophorum* registrert. Av potensielt giftige alger ble *Dinophysis acuta* og andre *Dinophysis*-arter observert ved alle prøvetakninger. *Alexandrium cf. pseudogonyaulax*

ble registrert i mai og juni og i mai var også andre *Alexandrium* arter til stede. Kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia* var til stede gjennom hele sesongen, i tidvis forhøyede konsentrasjoner.



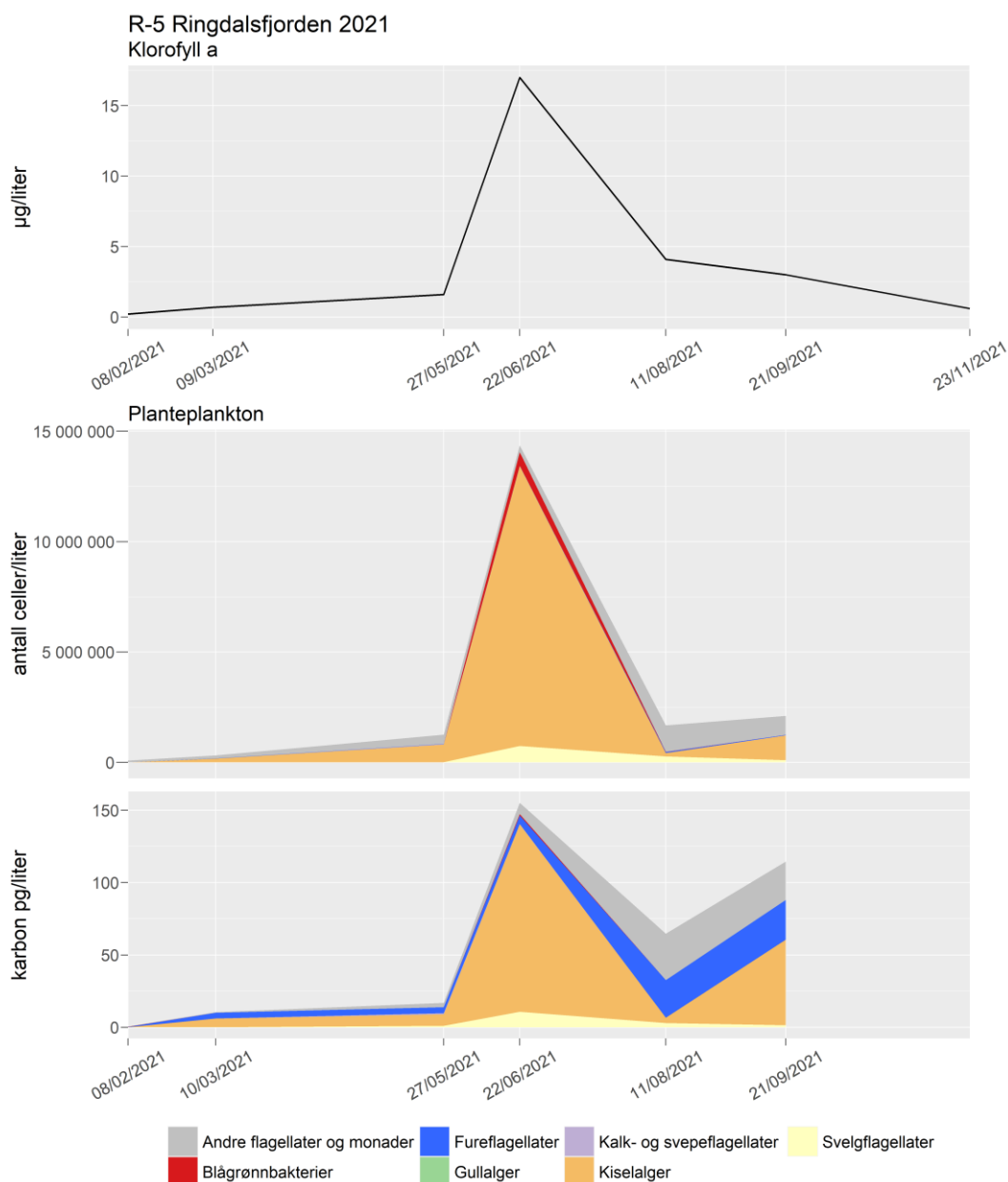
**Figur 16.** Plantep planktonsamfunnet i 2021 på stasjon LA-1 Larviksfjorden, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### Ringdalsfjorden R-5

I februar og mars var det lave klorofyll-a verdier og lite plantep plankton i prøvene. I mai var det en liten økning av kiselalger, dominert av slekten *Skeletonema*. Årets klorofylltopp ble registrert i juni, da det var en massiv kiselalgeoppblomstring dominert av *Chaetoceros thronsenii*, med noe *Cyclotella* spp. (Figur 17). Innen prøvetakingen i august hadde oppblomstringen kollapset, da dominerte den fototrofe ciliaten *Mesodinium rubrum* og fureflagellater samfunnet. I september var det kiselalgen *Leptocylindrus danicus* og en ubestemt kiselalgeflagellat som dominerte, samt et blandet fureflagellatsamfunn som bidro med en del karbonbiomasse. Det ble registrert lave konsentrasjoner



av ferskvannsrelaterte grupper, som grønnalger, gullalger, blågrønnbakterier og kiselalger som vanligvis finnes i ferskvann. Av potensielt giftige alger ble det registrert *Alexandrium pseudogonyaulax* i høy konsentrasjon (4000 celler/L) i august. *Dinophysis*- og *Pseudo-nitzschia*-arter ble også registrert, men i lave konsentrasjoner ved alle prøvetakninger.

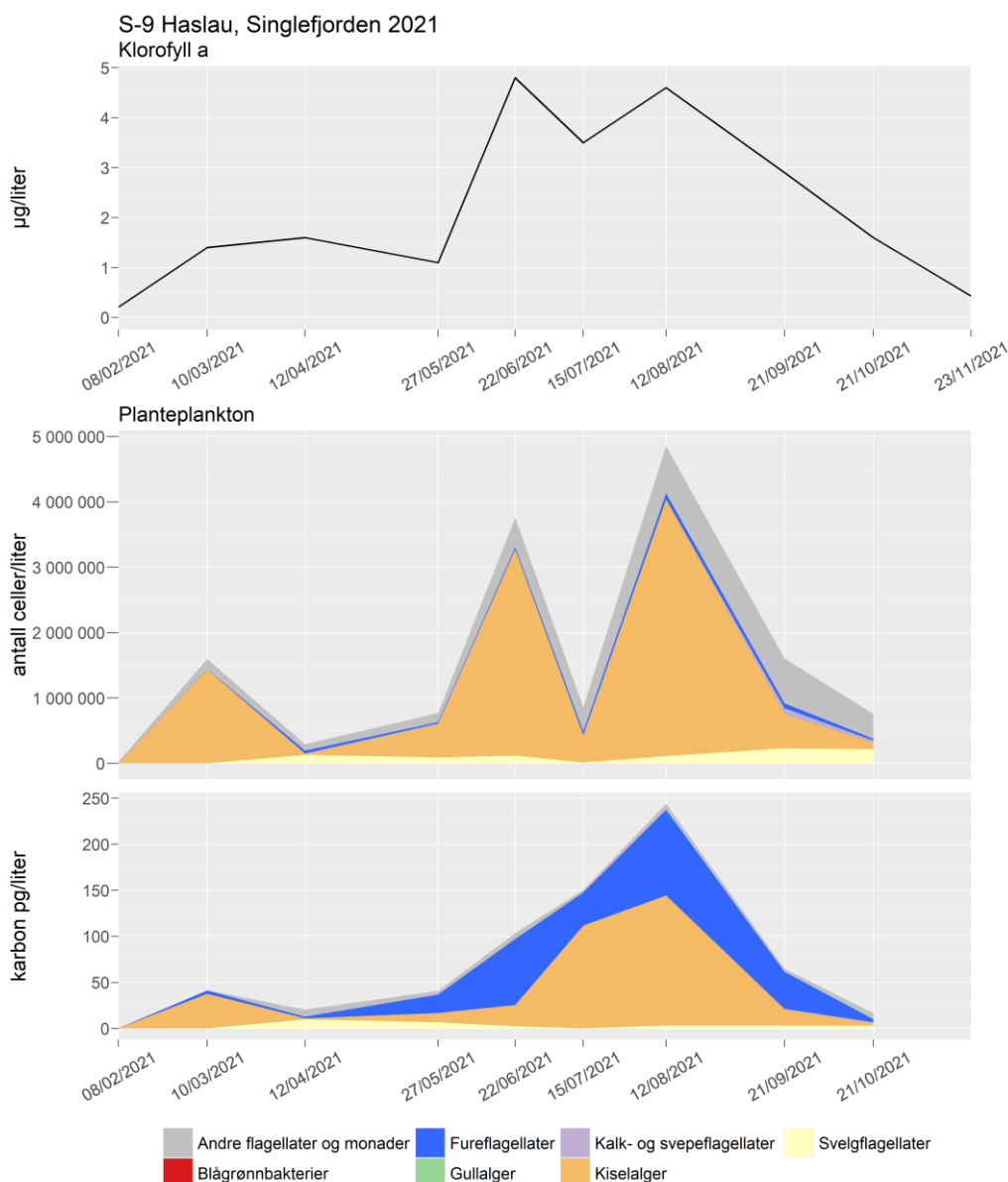


**Figur 17.** Plantep planktonsamfunnet i 2021 på stasjon R-5 Ringdalsfjorden, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### Haslau S-9

Det var lite klorofyll-a og få plantep planktonceller i februar. Også i mars, april og mai var det lave klorofyll-a verdier, men en tydelig økning av kiselalgeslekten *Skeletonema* i mars. Sommeren var dominert av kiselalger: I juni en oppblomstring av *Chaetoceros thronsdonii* (3 mill. celler/L). I juli var klorofyll-a verdien også høy og planktonsamfunnet var dominert av store *Cerataulina pelagica*-celler. Deretter kom det en ny oppblomstring i august, denne gangen dominert av *Leptocylindrus danicus* og

*Chaetoceros thronsdonii*. Det ble registrert en del uidentifiserte flagellater og monader, samt svelgflagellater gjennom sommeren og høsten (Figur 18). Stor diversitet av fureflagellater gjennom sesongen bidro tidvis med mye biomasse. I oktober ble *cf. Lepidodinium chlorophorum* observert. Av potensielt giftige alger ble det registrert *Alexandrium pseudogonyaulax* i juli (3000 celler/L), august og september. *Dinophysis*-arter ble observert ved alle prøvetakninger, *Dinophysis acuta* ble registrert fra juni og ut året. Kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia* ble også registrert i lave konsentrasjoner ved alle prøvetakninger.

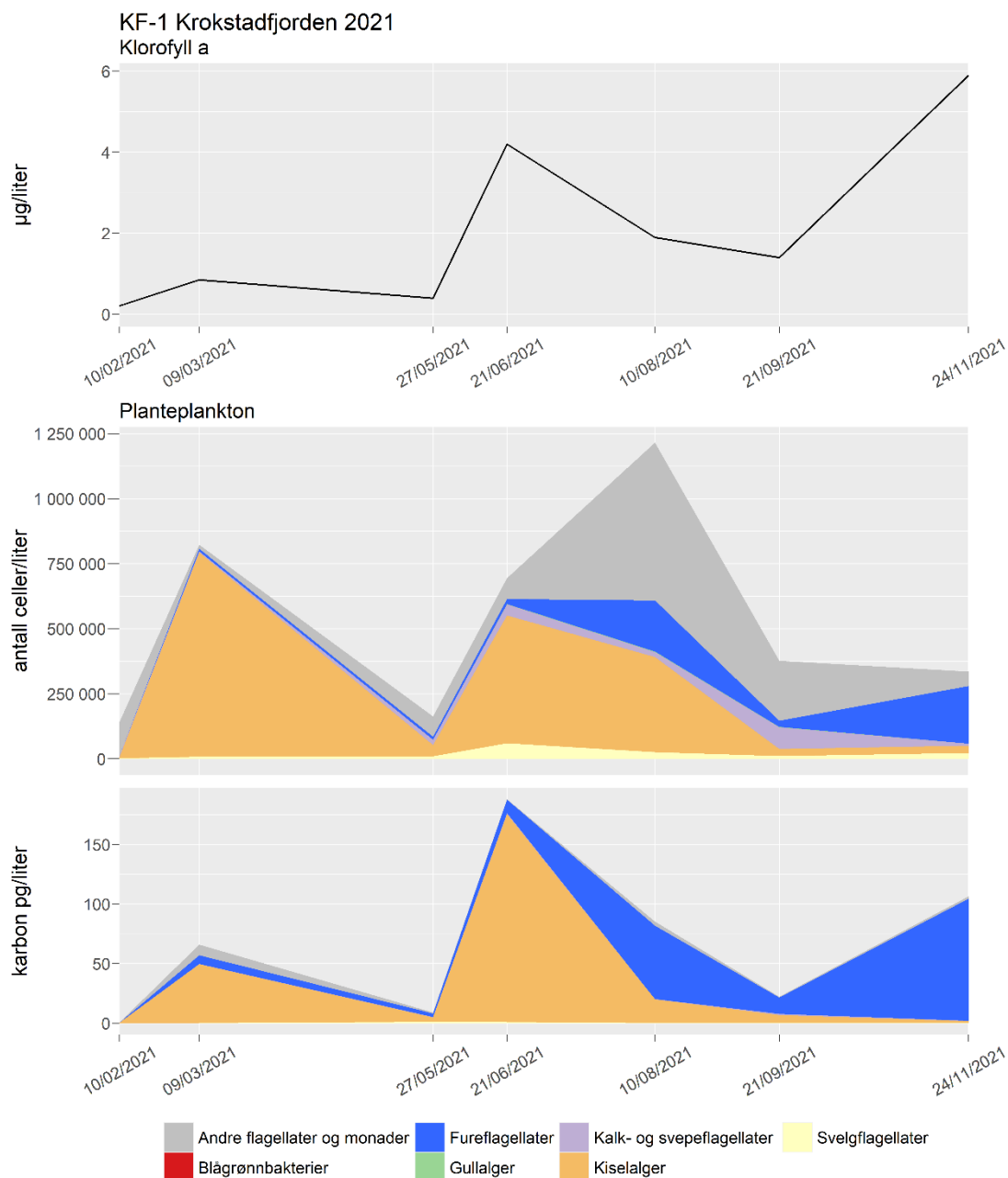


**Figur 18.** Planteplanktonsamfunnet i 2021 på stasjon S-9 Haslau, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### Krokstadvfjorden KF-1

Det var lave klorofyll-a konsentrasjoner og lite planteplankton i februar, mars og mai (Figur 19). I mars ble det observert en økning i kiselalgekonsentrasjonen, dominert av små celler *Skeletonema* spp. I juni var det en ny økning i kiselalgekonsentrasjonen, dominert av *Chaetoceros curvisetus* og

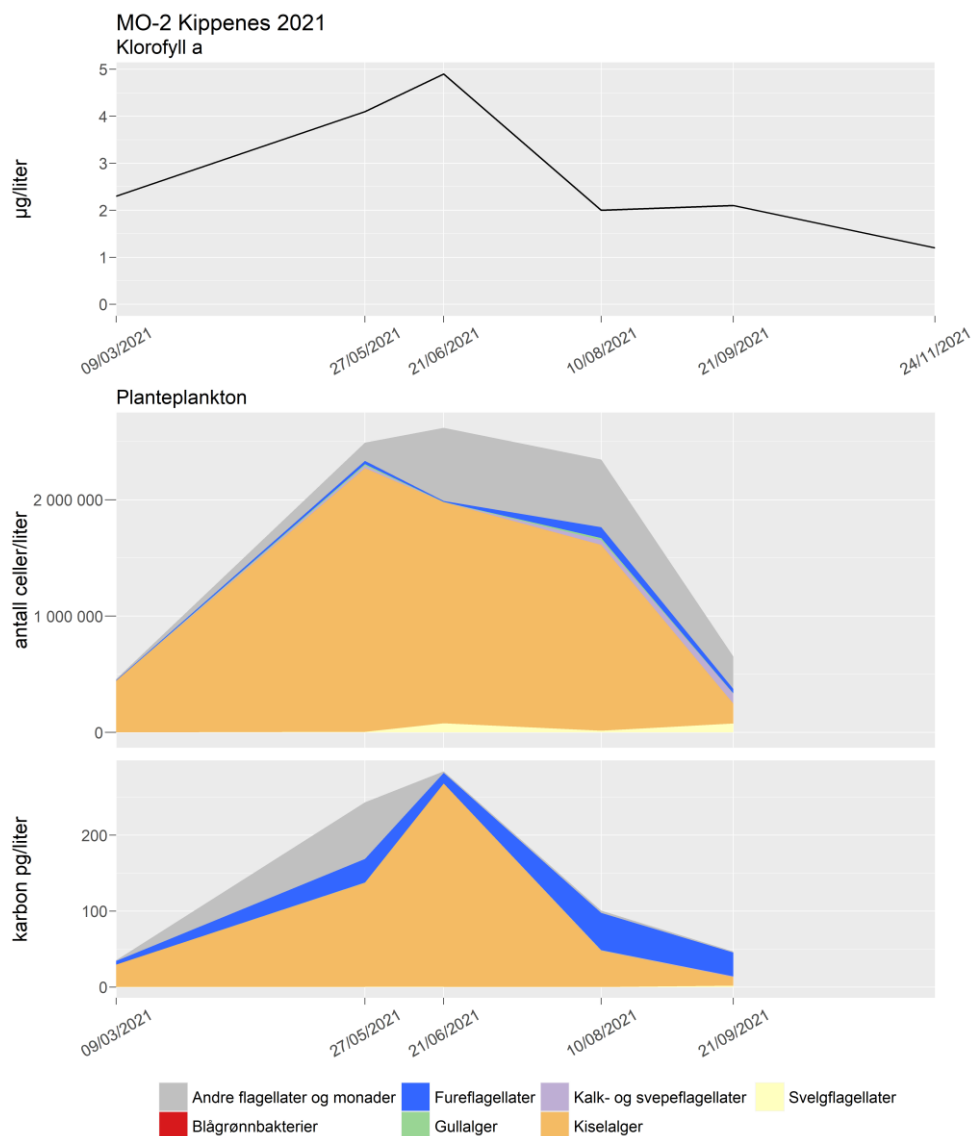
*Dactyliosolen fragilissimus*. Deretter var det et blandet samfunn i august og september, med stor diversitet av fureflagellater. I august bidro særlig *Polykrikos kofoidii* og *Prorocentrum micans* med mye karbonbiomasse. Høyeste klorofyllverdi ble observert i november, og på dette tidspunktet var prøven dominert av fureflagellater, spesielt cf. *Lepidodinium chlorophorum* (Figur 12). Av potensielt giftige alger ble *Alexandrium pseudygonyaulax* registrert i juni og september. *Dinophysis*-arter ble registrert i lave konsentrasjoner ved alle prøvetakninger.



**Figur 19.** Planteplanktonsamfunnet i 2021 på stasjon KF-1 Krokstadfjorden, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### Mossesundet MO-2

Det var ikke prøvetakning i februar, på grunn av isdekke. Planteplanktonsamfunnet på stasjonen var i stor grad dominert av kiselalger gjennom hele undersøkelsesperioden (Figur 20). Det var relativt høye klorofyllverdier i mars, men forholdsvis lite planteplanktonceller i prøven. Samfunnet var dominert av kiselalger og særlig slekten *Skeletonema*. I mai var det *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema* spp. og *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen som dominerte. I tillegg bidro den fototrofe ciliaten *Mesodinium rubrum* med betydelig karbonbiomasse. En klorofyll-a topp ble observert i juni, da var samfunnet fortsatt dominert av *Chaetoceros curvisetus*, sammen med store celler av *Dactyliosolen fragillissimus*. I august var det mye små kiselalgeceller, for eksempel de encellede *Chaetoceros*-artene *C. thronsenii* og *C. tenuissimus*. Det var et variert fureflagellatsamfunn på stasjonen. I mai ble cf. *Lepidodinium chlorophorum* observert. Av potensielt giftige alger ble *Dinophysis*-arter og *Alexandrium pseudogygonaulax* registrert ved alle prøvetakninger, *D. acuta* ble observert i september. Kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia* var også til stede ved alle prøvetakninger, i tidvis forhøyede konsentrasjoner.

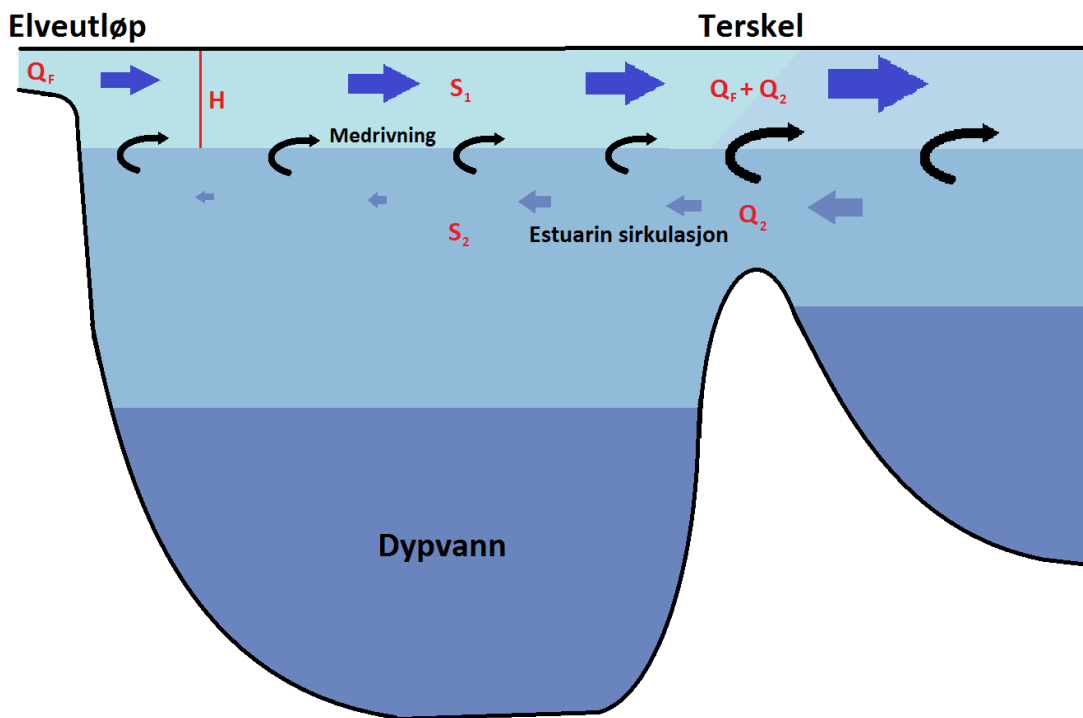


**Figur 20.** Planteplanktonsamfunnet i 2021 på stasjon MO-2 Kippenes, vist som klorofyll-a konsentrasjon (øverst), antall celler per liter (midten) og mengde karbon per liter (nederst).

### 3.4 Land-hav interaksjon

Her ser vi nærmere på hvordan de fire største elvene påvirker konsentrasjonen av næringssalter og organisk stoff i fjordområdene Hvaler, Drammensfjorden, Larviksfjorden og Frierfjorden.

Sirkulasjonen i en fjord med stor ferskvannstilførsel er skjematisk framstilt i Figur 21. Ferskvannet ( $Q_f$ ) kommer ut i fjorden fra venstre, og de tykke blå pilene viser hvordan dette vannet fraktes utover i fjorden. Når denne strømmen går utover rives det med vann fra laget under, og volumstrømmen blir større og større utover i fjorden. For å erstatte vannet i laget under, settes det opp en kompensasjonsstrøm inn i fjorden i laget under ( $Q_2$ ). Denne strømmen er innen oseanografien definert som den *estuarine sirkulasjonen*. Den estuarine sirkulasjonen er altså ikke strømmen i overflatelaget, men kompensasjonsstrømmen i laget under. Saltholdigheten i overflatelaget ( $S_1$ ) øker fra elveutløpet og utover i fjorden, siden saltene vann fra laget under ( $S_2$ ) hele tiden blandes inn. I en fjord med stor estuarin sirkulasjon vil saltholdigheten øke raskt utover i fjorden, mens i fjorder med liten estuarin sirkulasjon vil denne saltholdigheten i mindre grad øke utover i fjorden. I Drammensfjorden øker saltholdigheten fra Drammen og ut mot Svelvik veldig lite, og det betyr at den estuarine sirkulasjonen i indre Drammensfjorden er liten.



**Figur 21.** Skjematisk framstilling av sirkulasjon i en fjord med stor ferskvannstilførsel ( $Q_f$ ).  $H$  er tykkelsen av overflatelaget.

I fjorder som har stor åpning og dypt terskeldyp ut mot havet kan andre faktorer ha større påvirkning på vannutvekslingen enn den estuarine sirkulasjonen. Hvis det er stor variasjon i tettheten, og tetthetsflatene går mye opp og ned (indre bølger) så kan dette sette opp trykkrefter som skaper vannutveksling. Larviksfjorden er et område hvor det sannsynligvis er stor utveksling pga. slike faktorer, siden den er så åpen ut mot Skagerrak.

I Tabell 5 vises middelkonsentrasjonen av forskjellige næringsalter og organisk stoff i de fire store elvene i 2021. Disse verdiene er gjengitt i tabell 11 sammen med verdier målt i fjorden. Organisk karbon er nok den parameteren som oppfører seg mest konservativt i fjorden. Med «konservativ» så menes det her at denne parameteren hovedsakelig påvirkes av fortykning, og i mindre grad av andre faktorer knyttet til biologisk aktivitet. Den største forskjellen mellom organisk karbon i elva (TOC) og i fjorden utenfor (DOC), er i Larviksfjorden. Dette er et tegn på god vannutveksling på denne stasjonen, og at stasjonen i relativt liten grad er påvirket av tilførsel fra elva, til tross for at den ligger nær elveutløpet. Det er også stor forskjell på organisk stoff i Glomma og utenfor det vestre løpet (Leira, Ø-1), noe som tyder på god vannutveksling. I Frierfjorden, Drammensfjorden og på stasjon Kallera som ligger rett utenfor Glommas østre løp, er det minst forskjell, som betyr at disse stasjonene i større grad er påvirket av tilførsel fra elva.

**Tabell 11.** Sammenligning av konsentrasjoner av organisk stoff og næringsalter i de fire store elvene og i fjorden utenfor elveutløpene. Alle tallene er midlet over alle målinger fra 2021. I elvene er TOC verdien brukt (både partikulært og løst stoff) og i fjorden DOC verdiene (kun løst stoff). I fjorden er det brukt målinger fra 2 m for DOC, TOT-N og TOT-P, og målinger fra 2, 5 og 10 m for SiO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> og NH<sub>4</sub>.

	SiO <sub>2</sub> mg/l	TOC/DOC mg/l	TOT-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	TOT-N µg/l	NO <sub>3</sub> -N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l
<b>Glomma</b>	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>568</b>	<b>404</b>	<b>11</b>
Kallera (I-4)	1.9	3.5	15	11	504	183	55
Ramsø (I-1)	0.5	2.7	13	7	318	53	21
Leira (Ø-1)	0.3	2.2	12	6	257	55	16
<b>Drammenselva</b>	<b>3,2</b>	<b>3,7</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>438</b>	<b>308</b>	<b>9</b>
Solumstrand (D-3)	1.7	3.2	6	5	425	230	36
Dramstadbukta (D-2)	1.8	3.1	6	5	408	162	23
<b>Numedalslågen</b>	<b>3,7</b>	<b>4,8</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>450</b>	<b>209</b>	<b>44</b>
Larviksfjorden (LA-1)	0.3	2.2	13	5	252	28	11
<b>Skienselva</b>	<b>2,3</b>	<b>2,9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>248</b>	<b>129</b>	<b>8</b>
Frierfjorden (BC-1)	0.9	2.5	9	6	353	104	43

I motsetning til DOC, som har høyest verdi i overflatelaget og lave verdier i dypet, så har næringssaltene en motsatt vertikal profil i vannmassene. Næringssaltene brukes opp i forbindelse med primærproduksjon i den eufotiske sonen, altså i overflatelaget hvor det er nok lys, mens nede i de mørkere vannmassene er det høyere konsentrasjoner. For enkelte av næringssaltene er det høyere konsentrasjon ute i fjorden enn i elva. Dette betyr at fjorden er påvirket av andre tilførsler enn elva. Denne kilden er mest sannsynlig oppstrømning av næringsrikt vann fra dypere lag, men kan også skyldes andre kilder i overflaten. Utenfor Glomma, Drammenselva og Skienselva er det høyere konsentrasjon av ammonium enn oppe i elva.

Det er lavere konsentrasjon av silikat (SiO<sub>2</sub>) ute i fjorden enn i elva. Verdiene er lavere enn det som kan forklares ved fortykning av elvevannet. Silikat er nødvendig for at kiselalger (diatomeer) skal kunne vokse, og de lavere verdiene av SiO<sub>2</sub> i fjorden tyder på at dette har blitt brukt til vekst for kiselalger.

Verdiene i Tabell 11 kan sammen med målt saltholdighet benyttes for å estimere hva næringssaltkonsentrasjonen er i laget under overflatelaget.

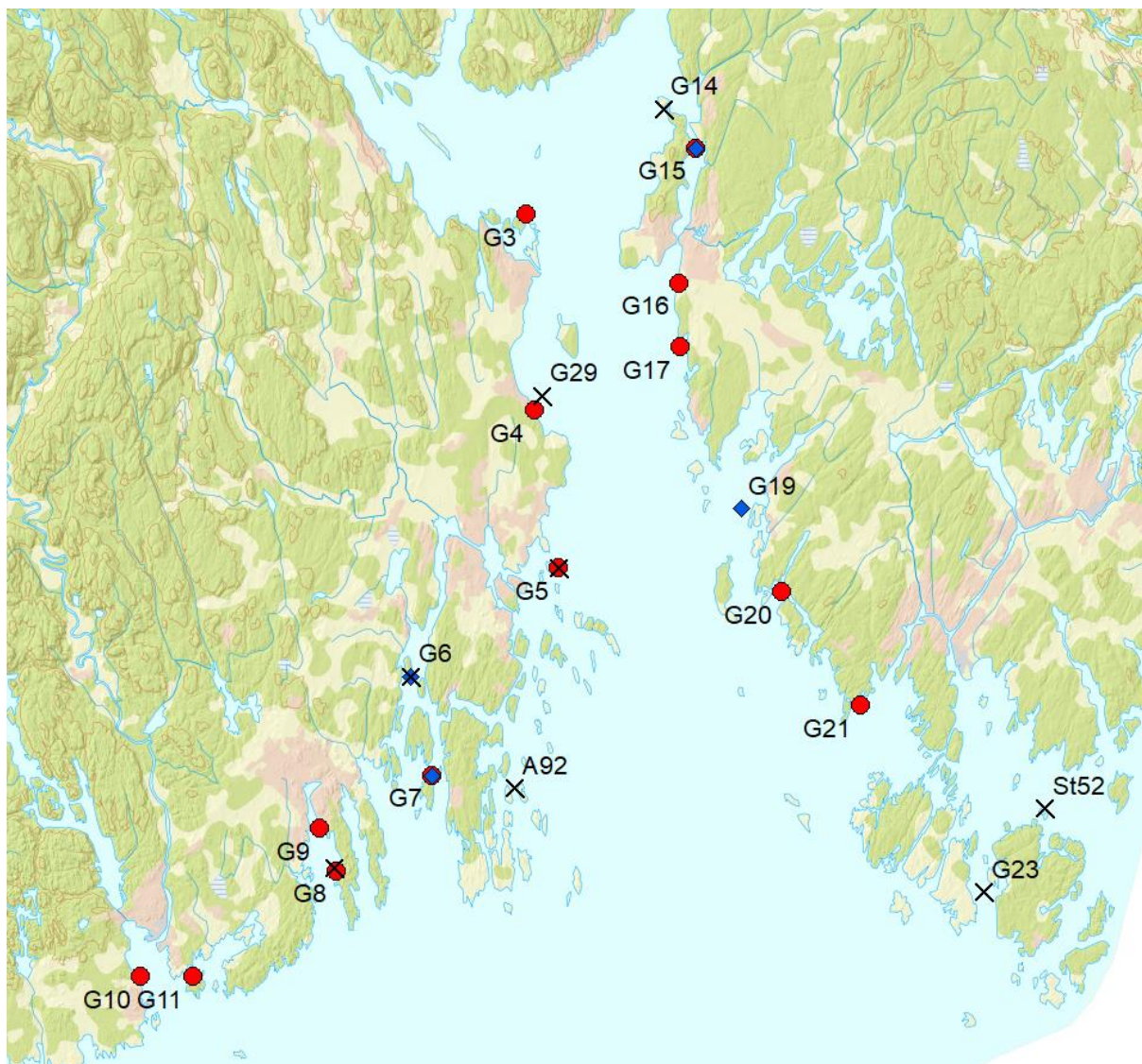
## 4 Hardbunn

I 2021 undersøkte vi makroalger og dyr i fjæresonen, samt nedre voksegrense for ni utvalgte arter makroalger (Figur 22, Tabell 12).

Det ble foretatt registreringer av nedre voksegrense på åtte stasjoner (Figur 22, Tabell 12). Seks av stasjonene (G5, G6, G8, G14, G23, A92) er tidligere blitt undersøkt i 2019, 2017, 2016, 2010 og 2007. Stasjon G29 og stasjon 52 er kun undersøkt ved tre tidligere anledninger; hhv. 2019, 2017, 2016 og 2019, 2016, 2010. Metodikken, som brukes under Vanndirektivet og medfører dykking, er nærmere beskrevet i fagrapporten (Gitmark m.fl. 2022).

Det ble utført to typer undersøkelser av alger og dyr i fjæresonen, på til sammen 15 stasjoner. Med fjæresonen menes her littoralsonen og øverst i sublittoralsonen (sonen under lavvannsmarket). På fire stasjoner ble det gjort rammeundersøkelser, mens fjæresoneundersøkelser ble gjort på 13 stasjoner (Figur 22, Tabell 12). Fjærestasjonene ble tidligere undersøkt i 2019, 2017, 2016, 2014, 2010, 2009 og 2007 (ikke alle stasjonene er undersøkt hvert år).

Tidligere ble det kun utført rammeundersøkelser i fjæresonen, men i det nye programmet (2019-2023) er det bestemt at det skal utføres fjæresoneundersøkelser på de fleste av stasjonene. Fjæresoneundersøkelsene er foretatt etter prosedyrene gitt i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). Stasjonsbeskrivelser for begge undersøkelser er gitt i fagrapporten (Gitmark m.fl. 2022).



**Figur 22.** Kartet viser hardbunnstasjonene som ble undersøkt i 2021. Stasjoner for rammeundersøkelser er merket med blå kvadrater, fjæresone med røde sirkler og nedre voksegrense med sorte kryss.



**Tabell 12.** Oversikt over hvilken type undersøkelse som er gjort på hardbunnstasjonene undersøkt i 2021, og når undersøkelsene er utført. Tabellen viser vannområdet stasjonene ligger i, og hvilken vanntype de har (S1=Åpen eksponert kyst, S2=Moderat eksponert kyst, S3=Beskyttet kyst/fjord)

Stasjon	Vannområde	Vanntype	Dato	Undersøkelse
G3 - Østøya	Hårfagrebaen - Hortenskrakken	S2	08.10.2021	Fjæresone
G4 - Teisberget	Midtre Oslofjord - Vest	S2	08.10.2021	Fjæresone
G5 - Torgersøy	Ytre Oslofjord - Vest	S2	08.10.2021	Fjæresone
			22.09.2021	Nedre voksegrense
G6 - Ravnøy	Vestfjorden-søndre	S3	29.09.2021	Ramme
			20.09.2021	Nedre voksegrense
G7 - Hui	Tønsbergfjorden-ytre	S2	28.09.2021	Fjæresone
				Ramme
G8 - Hellesøy	Sandefjordsfjorden-ytre	S3	28.09.2021	Fjæresone
			20.09.2021	Nedre voksegrense
G9 - Åsnes	Sandefjordsfjorden-indre	S3	28.09.2021	Fjæresone
G10 - Lillevikodden	Larviksfjorden	S2	27.09.2021	Fjæresone
G11 - Malmø nord	Viksfjorden	S3	27.09.2021	Fjæresone
G15 - Kippenes	Mossesundet-ytre	S3	07.10.2021	Fjæresone
				Ramme
G16 - Kallum	Midtre Oslofjord - Øst	S2	01.10.2021	Fjæresone
G17 - Fuglevik syd	Midtre Oslofjord - Øst	S2	07.10.2021	Fjæresone
G19 - Rødskjær	Ytre Oslofjord - Øst	S2	30.09.2021	Ramme
G20 - Risholmen	Risholmsundet	S3	30.09.2021	Fjæresone
G21 - Hue	Lera	S1	30.09.2021	Fjæresone
G23 - Kråka	Løperen	S3	21.09.2021	Nedre voksegrense
G29 - Småskjær	Midtre Oslofjord - Vest	S2	21.09.2021	Nedre voksegrense
St52 - Vestre Damholmen	Ramsøflaket - Østerelva	S3	22.09.2021	Nedre voksegrense
A92 - Kongsholmen	Årøysund - Hvasser	S2	20.09.2021	Nedre voksegrense

## 4.1 Strandsonen

Dyr og alger i fjæra utsettes for store svingninger i temperatur og saltholdighet, samtidig som de tørres ut i lavvannsperioder. Naturlige faktorer som f.eks. bølge-, strøm- og eksponeringsgrad (Figur 23), ferskvannspåvirkning, substrattypen og isskuring kan påvirke artssammensetningen lokalt. Forskjeller mellom stasjoner kan derfor være naturgitte. Men forskjeller i artssammensetning kan også gjenspeile andre miljøforhold. For eksempel vil utslipp av avløpsvann kunne gi endrede vekstforhold for fastsittende alger og dyr. En svak økning av tilførsler av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødslingseffekt). Større økninger av tilførslene av næringssalter vil imidlertid gi redusert artsantall med dominans av noen få arter. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger (ofte omtalt som «sly») som øker i mengde og dominerer fordi de raskt kan utnytte overskuddet av næringssalter. De flerårige algene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene, noe som kan resultere i at tang og grotte reduseres og etter hvert forsvinner.

Til sammen ble det registrert 91 arter/taxa (heretter kalt taxa) av alger og dyr på de 15 stasjonene i 2021. Av disse var 59 alger og 32 var dyr (Tabell 13). Flest taxa ble registrert på stasjon G9 Åsnes i Sandefjordsfjorden med 31 alger og 15 dyr; som også var flest algetaxa i undersøkelsen. Færrest taxa

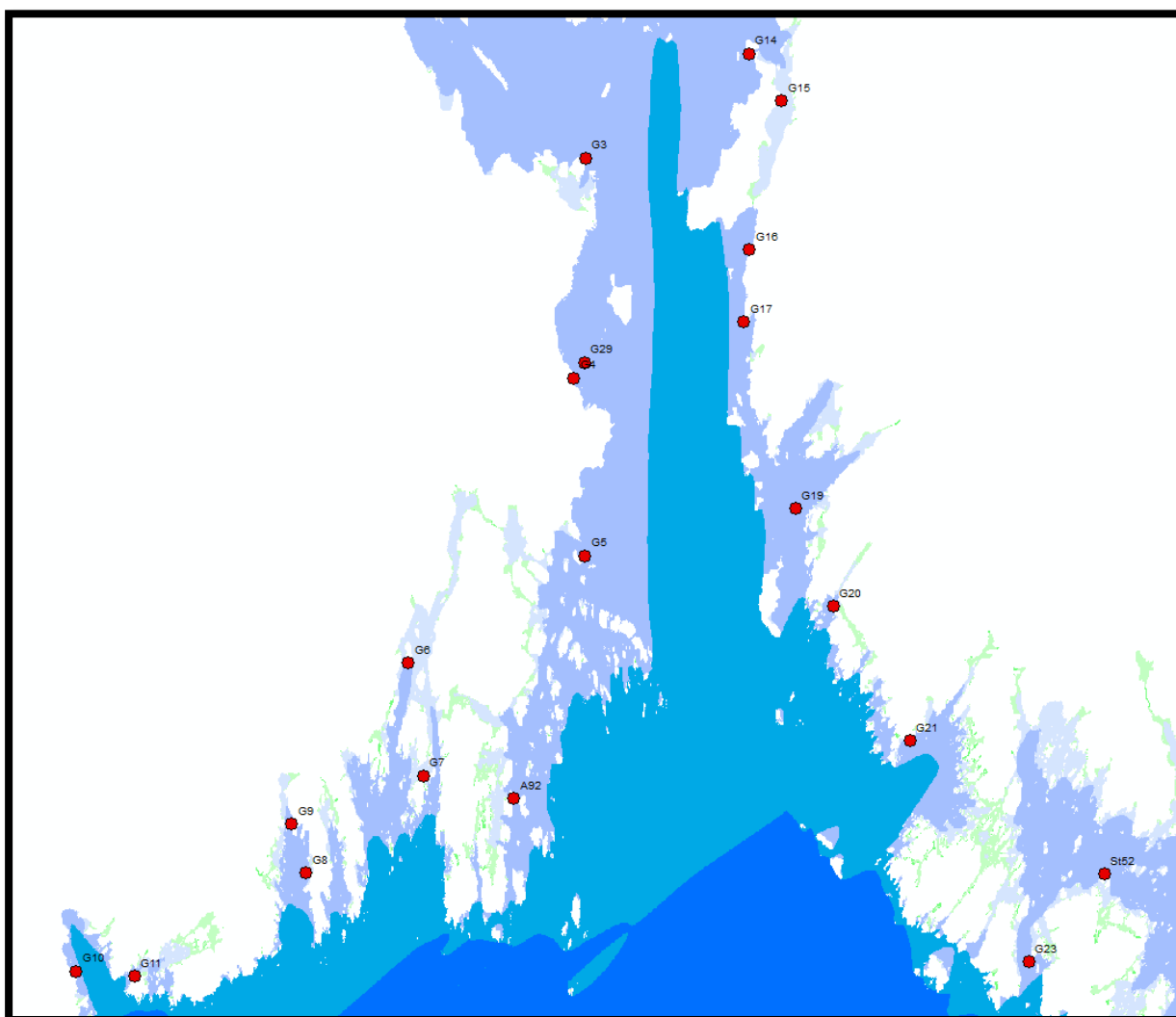
var det på stasjon G10 Lillevikodden i Larviksfjorden med 17 alger og bare to dyr; som også var stasjonen med færrest dyretaxa. Her må det påpekes at det var mye sjø og vanskelige registreringsforhold når vi gjorde undersøkelsene. Færrest algetaxa var det på stasjon G21 Hue ved Leira (16 taxa). Av dyr ble det registrert flest taxa på stasjon G17 Fuglevik syd, ved Årefjorden (16 taxa).

**Tabell 13.** Antall taxa av alger og dyr i fjæresonen (fjæresone- og rammeundersøkelser) i 2007, 2009, 2010, 2014, 2016, 2017, 2019 og 2021

	2021	2019	2017	2016	2014	2010	2009	2007
<b>Antall stasjoner</b>	15**	15*	15	15	16	24	10	25
<b>Antall taxa alger</b>	59	57	51	57	44	39	50	74
<b>Antall taxa dyr</b>	2	28	38	35	31	39	39	44

\*\*Rammeundersøkelser på fire stasjoner, og fjæresoneundersøkelser på 13 stasjoner (på to av stasjonene ble det utført begge undersøkelsene)

\*Rammeundersøkelser på fire stasjoner, og fjæresoneundersøkelser på 14 stasjoner (på tre av stasjonene ble det utført begge undersøkelsene). Tidligere år er det kun utført rammeundersøkelser på stasjonene.



**Figur 23.** Kartet indikerer graden av bølgeeksponering (Rinde m.fl. 2006) i ulike deler av Ytre Oslofjord, og i forhold til hardbunnstasjonenes lokalisering.

En likhetsanalyse av strandsamfunnene på de ulike stasjonene ble utført med den statistiske programpakken PRIMER 7.0.13 (Clarke og Gorley 2001). Analysen er foretatt på data fra fjæresoneundersøkelsene, og på rammeundersøkelsen på stasjon G6 Ravnøy og G19 Rødskjær. På stasjonene hvor det ble utført både ramme- og fjæresoneundersøkelser er kun data fra fjæresoneundersøkelsene inkludert. Resultatene fra rammeundersøkelsene på Ravnøy og Rødskjær ble konvertert til semikvantitativ skala før analysen (Tabell 14). I analysen er enkelte arter som lett kan forveksles slått sammen. F.eks. er grønnalgene *Cladophora sericea* og *Cladophora albida* slått sammen til *Cladophora* spp. Juvenile former er ikke inkludert dersom voksne individ også er registrert i undersøkelsen. Døde individ er heller ikke inkludert. Artslisten som er benyttet i analysen er gitt i Vedlegg B.

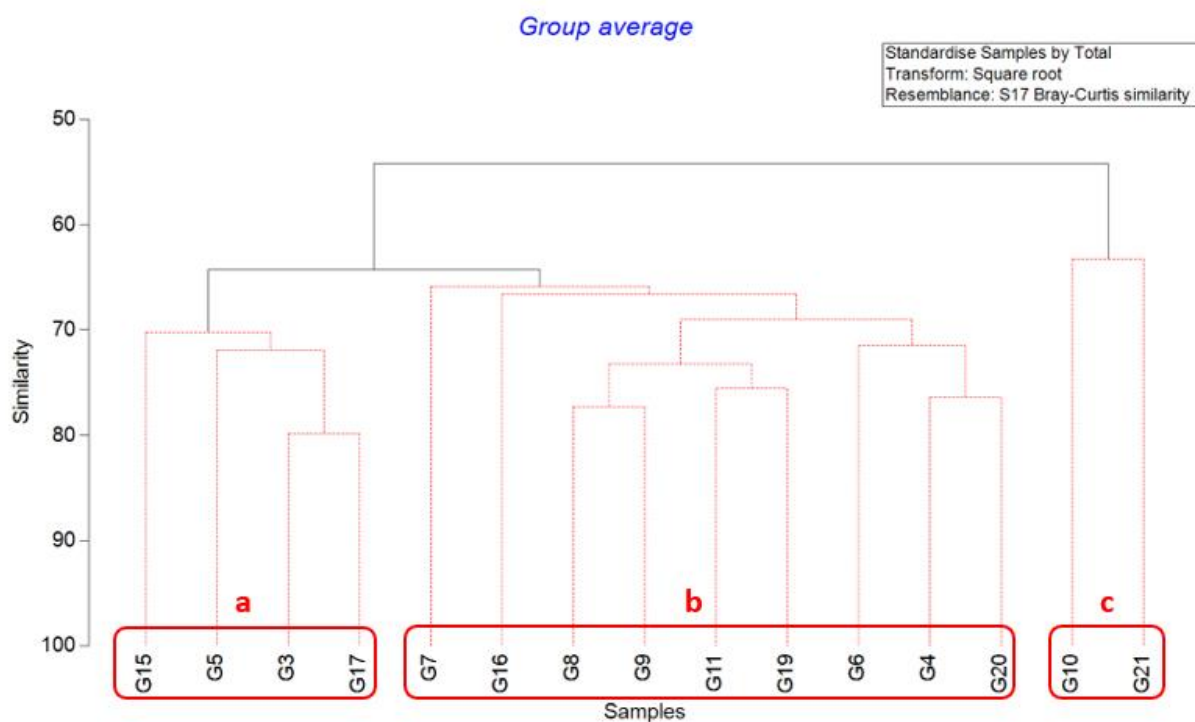
**Tabell 14.** Konvertering fra frekvens (antall ruter) til semikvantitativ skala (prosent dekning) for analyse av strandsamfunnene. Benyttet på stasjon G6 Ravnøy og G19 Rødskjær.

Semikvantitativ skala	Prosent dekning	Frekvens (ant. ruter)
1	enkeltfunn	1
2	0 – 5	0 – 10
3	5 – 25	10 – 50
4	25 – 50	50 – 100
5	50 – 75	100 – 150
6	75 - 100	150 - 200

Likhetsanalysen viser at stasjonene fordeler seg i tre grupper. Stasjon G10 Lillevikodden i Larviksfjorden og G21 Hue i Leira skiller seg mest ut fra de øvrige stasjonene (Figur 24).

En videre analyse (Simper) av resultatene viser at strandsamfunnet på stasjon G10 og G21 skiller seg ut fra de øvrige med lavest artsantall og høyere forekomst av blågrønn- og kiselalger, samt fravær av bl.a. skorpeformete rødalger og rødalgen svartdokka (*Vertebrata fucoides*) (Tabell 15, Figur 25). Det er mulig at det skjuler seg skorpeformete rødalger under teppet av blågrønn- og kiselalger. Det ble registrert høyere forekomst av grønnalgen vanlig grønn dusk (*Cladophora rupestris*) på stasjon G10 og G21, sammenliknet med stasjonene i gruppe b (Tabell 15). Fullstendig artsliste er gitt i Fagrapporten for bentosundersøkelser (Gitmark m.fl. 2022).

Stasjonene i gruppe a har en høyere forekomst av rødalgen krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*), hydroiden *Campanularia johnstoni* og blåskjell (*Mytilus edulis*) enn stasjonene i gruppe b (Tabell 15).



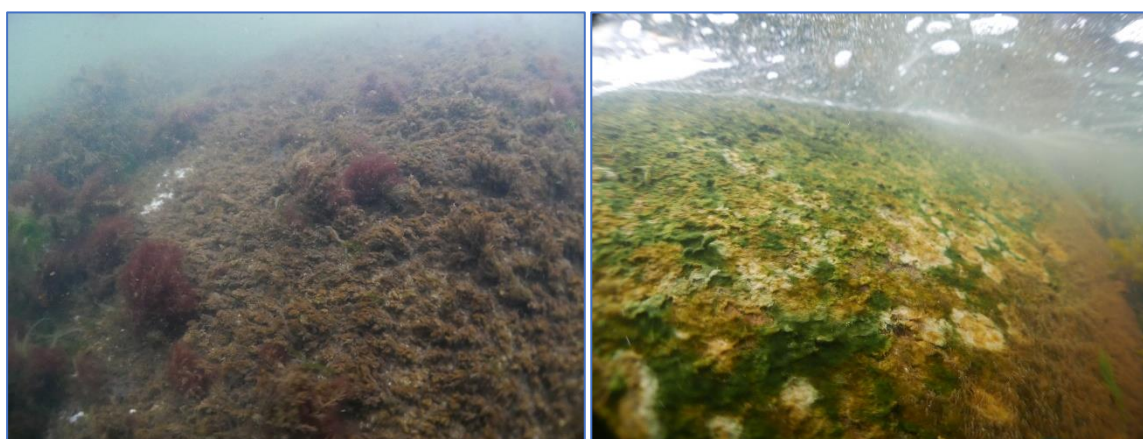
**Figur 24.** Klusteranalyse som viser likheten mellom de ulike fjærestasjonene i 2021. Rød sirkel viser de grupperingen som er brukt i Simperanalysen (Tabell 15).

Stasjon G10 ligger i nærheten av utløpet av Numedalslågen, mens stasjon G21 ligger sørvest for utløpet til Glomma (Vesterelva), og det er sannsynlig at ferskvann og næringstilførsel fra disse fører til økt forekomst av blågrønn- og kiselalger og lavere artsantall. Stasjon G10 hadde også høy samlet (kumulativ) forekomst, og høy andel taxa, av opportunistiske alger (Figur 26). Opportunistiske alger er hurtigvoksende, kortlivede alger som favoriseres av høy næringstilførsel. Informasjon om hvilke arter/taxa som er regnet som opportuniste er hentet fra kapittelet som omhandler kvalitets-elementet Makroalger i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). Blågrønn- og kiselalger er mikroalger og er ikke inkludert i kvalitetselementet «Makroalger» i Veileder 02:2018, men de er ansett å være opportunistiske alger og derfor inkludert i Figur 26.

Stasjon G21 utenfor Glomma hadde ikke spesielt høy forekomst av opportunistiske alger. Det hadde derimot stasjon G9 Åsnes i Sandefjordsfjorden som hadde både høyest samlet forekomst og høyest antall taxa, av opportunistiske alger (Figur 26). Det blir ofte observert mye andefugl og fugleavføring ved denne stasjonen. Stor mengde fugleavføring kan gi økt næringstilgang i strandkanten, som igjen fremmer veksten av opportunistiske alger. Den nærliggende hydrografistasjonen hadde god tilstand i vannmassene. På den bølgeeksponerte stasjonen G17 Fuglevik syd var det bare to taxa, og lavest forekomst av opportunistiske alger (Figur 26).

**Tabell 15.** Simperanalyse som viser hvilke tre taxa som bidrar mest til ulikheten mellom de ulike gruppene fra klusteranalysen i Figur 24. Gruppe a består av stasjon G3, G5, G15 og G17. Gruppe b består av stasjon G4, G6, G7, G8, G9, G11, G16, G19 og G20. Gruppe c består av stasjon G10 og G21. Forklaring av forkortelser: Av.Abund = Gjennomsnittlig forekomst. Av.Diss = Gjennomsnittlig ulikhet mellom gruppene. Diss/SD = Ulikhet mellom gruppene delt på standardavvik. Contrib% = Det prosentvise bidraget til ulikheten mellom gruppene. Cum% = Det kumulative prosentvise bidraget til ulikheten mellom gruppen.

<b>Gruppe a &amp; b</b>						
Gjennomsnittlig ulikhet = 35,70						
Taxa	Gruppe a	Gruppe b	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	1,55	0,19	1,27	3,02	3,57	3,57
<i>Campanularia johnstoni</i>	1,37	0	1,25	4,87	3,51	7,07
<i>Mytilus edulis</i>	1,85	0,6	1,18	1,58	3,3	10,38
<b>Gruppe a &amp; c</b>						
Gjennomsnittlig ulikhet = 48,65						
Taxa	Gruppe a	Gruppe c	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Blågrønn- og kiselalgebelegg	0,42	2,9	2,53	3,01	5,2	5,2
Rød skorpeformet kalkalge	1,98	0	2	4,15	4,12	9,32
<i>Vertebrata fucoides</i>	1,95	0	1,98	6,35	4,07	13,39
<b>Gruppe b &amp; c</b>						
Gjennomsnittlig ulikhet = 44,56						
Taxa	Group b	Gruppe c	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Blågrønn- og kiselalgebelegg	0,78	2,9	2,24	2,12	5,02	5,02
Rød skorpeformet kalkalge	2,1	0	2,19	7,51	4,92	9,94
<i>Cladophora rupestris</i>	0,75	2,43	1,77	1,79	3,97	13,91



**Figur 25.** Høye forekomster av kisel- og blågrønnalger på stasjon G10 Lillevikodden (venstre) og G21 Hue (høyre) i 2021.



**Figur 26.** Kumulativ forekomst (summen av forekomster) og totalt antall taxa av opportunistiske alger på fjærerestasjonene undersøkt i 2021. Hvilke arter/taxa som er regnet som opportunist er hentet fra Veileder 02:2018. Blågrønn- og kiselalger er også inkludert. Kumulativ forekomst og antall taxa er beregnet ut fra fullstendig artsliste (se Fagrapport Gitmark m.fl. 2022).

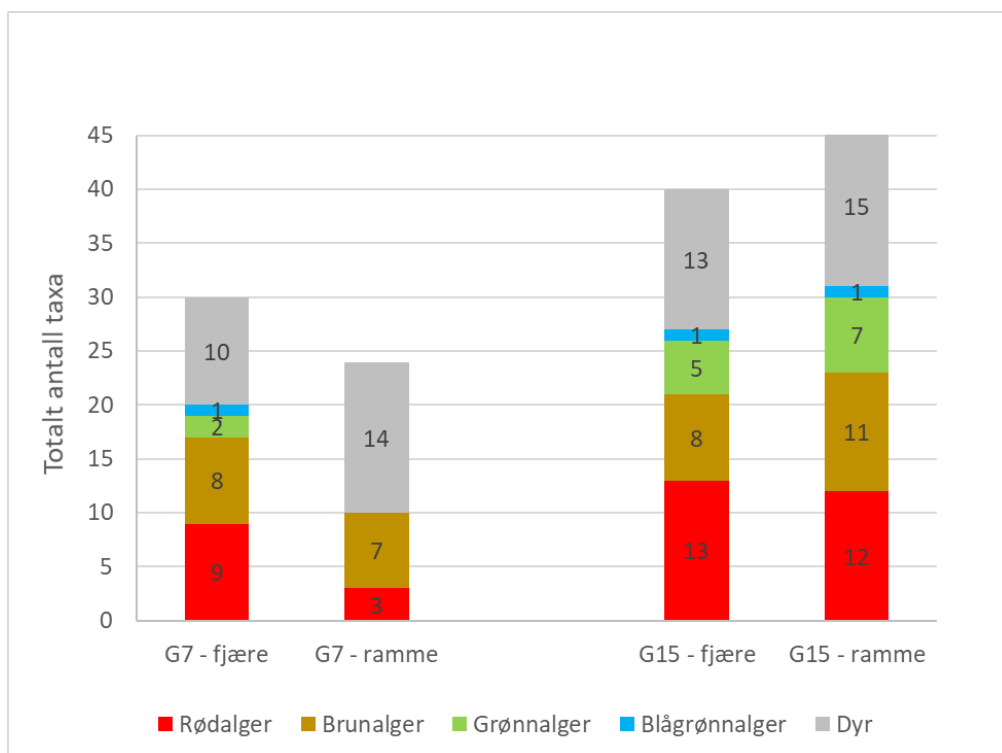
## 4.2 Sammenlikning av rammeundersøkelse og fjæresoneundersøkelse

På to stasjoner (G7 Hui og G15 Kippenes) ble det gjennomført både rammeundersøkelser og fjæresoneregistreringer for å sammenlikne undersøkelsesmetodene. På stasjon G7 ble det registrert færre algetaxa men flere dyretaxa i rammeundersøkelsen, mens på stasjon G15 ble det registrert flere taxa i rammeundersøkelsen sammenliknet med fjæresoneundersøkelsen (Figur 27). På stasjon G7 Hui ble det ikke registrert noen grønnalger eller blågrønnalger i rammeundersøkelsen, mens det ble registrert to grønnalgetaxa og ett blågrønnalgetaxa i fjæresoneundersøkelsen (Figur 27). Det ble også registrert seks færre rødalgetaxa i rammeundersøkelsen på stasjon G7.

I 2019 ble det registrert flere taxa grønnalger og dyr, og færre taxa rød- og brunalger i rammeundersøkelsen sammenliknet med fjæresoneundersøkelsen på stasjon G7 (Engesmo m.fl. 2020)

På stasjon G7 Hui er de to rammene plassert et stykke unna hverandre (ca. 30 m), og fjæresoneundersøkelsene overlapper kun med den ene rammen (rammen som er plassert på sørenden av holmen). I rammen som overlapper med fjæresoneundersøkelsen ble det registrert to rødalgetaxa, tre brunalgetaxa, ni dyretaxa og ingen grønnalge- eller blågrønnalgetaxa.

Fullstendige artslistene for fjære- og rammeundersøkelsene er gitt i Fagrapporten for bentosundersøkelsene (Gitmark m.fl. 2022).



**Figur 27.** Antall registrerte taxa av grønnalger, brunalger, rødalger og dyr på de to stasjonene (G7 og G15) hvor det ble utført både fjæresoneregistreringer og ramme-registreringer i 2021. Tallene i søylene viser antall taxa registrert av hver gruppe.

En oversikt over registreringene gjort på stasjon G15 Kippenes, hvor arealet hvor fjæresoneundersøkelsene blir gjort overlapper begge rammene er vist i Vedlegg C. Årsaken til at enkelte taxa er registrert i fjæresoneundersøkelsen men ikke i rammeundersøkelsen, er at det er et større areal av strandsonen som blir undersøkt ved fjæresoneundersøkelsene. Metodikken er beskrevet i Fagrapporten for bentosundersøkelsene (Gitmark m.fl. 2022). Forskjellig undersøkelsesareal er også hovedårsaken til ulikheter i dekningsgrad til de ulike taxane i de to undersøkelsesmetodene.

Fordeler og ulemper med de ulike undersøkelsesmetodene er diskutert i 2019 årsrapporten for overvåkingen av Ytre Oslofjord (Engesmo m.fl. 2020).

Hensikten med undersøkelsene av organismer i fjæresonen i overvåkingen av Ytre Oslofjord er å følge med på utvikling av mangfold og dominans av arter. Resultatene viser at en endring fra ramme-til fjæreundersøkelser ikke vil redusere mulighetene til å avdekke strukturelle endringer av betydning i fjæresamfunnene, særlig ikke de som er forårsaket av overgjødning. Det *anbefales å fortsette med fjæreundersøkelser* i overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord, da dette er en kostnadseffektiv metode, og fordi denne metodikken blir benyttet i de fleste andre overvåkingsprogram.

### 4.3 Undersøkelse av nedre voksegrense for makroalger

Dykkeregistrering av nedre voksegrense for ni utvalgte arter ble gjort på åtte stasjoner i 2021. Resultatene er brukt i MSMDI-indeksen<sup>6</sup> og denne indeksen ga *svært god* økologisk tilstand på én stasjon (G29) og *god* økologisk tilstand på tre stasjoner (G5, A92 og G23). De fire resterende stasjonene oppnår ikke Vannforskriftens miljømål om minst *god* økologisk tilstand; *moderat* tilstand ble funnet på to stasjoner (G6 og G14) mens tilstanden på to stasjoner (G8 og St. 52) ble vurdert som *dårlig* (Tabell 16, Figur 29). Tilstandsvurderingen for de fire sistnevnte stasjonene samsvarer med den samlede økologiske tilstanden som er satt for stasjonenes respektive vannforekomster i Vann-nett. Vannforekomstene oppnår ikke bedre enn *moderat* tilstand og nedre voksegrense for makroalger har ligget til grunn for tilstandsvurderingen for tre av de fire vannforekomstene (Vannforekomst Breiangen Øst, Ramsøyflaket - Østerelva og Sandefjordsfjorden Ytre, data hentet fra Vann-nett 5.5.2021). Overenstemmelse mellom tilstandsvurderinger av flere makroalgestasjoner innenfor samme vannforekomster indikerer at resultatene fra undersøkelsene er representative for makroalgers tilstand innenfor et større fjordområde, og i mindre grad er resultat av lokale forhold ved stasjonene.

**Tabell 16.** Økologisk tilstand og nEQR-verdi for kvalitetselementet makroalger basert på nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på de åtte stasjonene som er undersøkt i 2021 i overvåkingen av Ytre Oslofjord. De ulike fargene indikerer økologisk tilstand.

Økologisk tilstand	nEQR	Stasjon	Stasjonsnavn	Vannforekomst	Vanntype
Svært god	0,83	G29	Småskjær	Midtre Oslofjord - Vest	S2 - Moderat eksponert kyst
God	0,77	G5	Torgersøy	Ytre Oslofjord - Vest	S2 - Moderat eksponert kyst
	0,63	A92	Kongsholmen	Årøysund - Hvasser	S2 - Moderat eksponert kyst
	0,63	G23	Kråka	Løpern	S3- Beskyttet kyst/fjord
Moderat	0,50	G6	Ravnøy	Vestfjorden-søndre	S3- Beskyttet kyst/fjord
	0,48	G14	Bevøya S	Breiangen - øst	S2 - Moderat eksponert kyst
Dårlig	0,34	St 52	V. Damholmen	Ramsøyflaket - Østerelva	S3- Beskyttet kyst/fjord
	0,35	G8	Hellesøy	Sandefjordsfjorden-ytre	S3- Beskyttet kyst/fjord

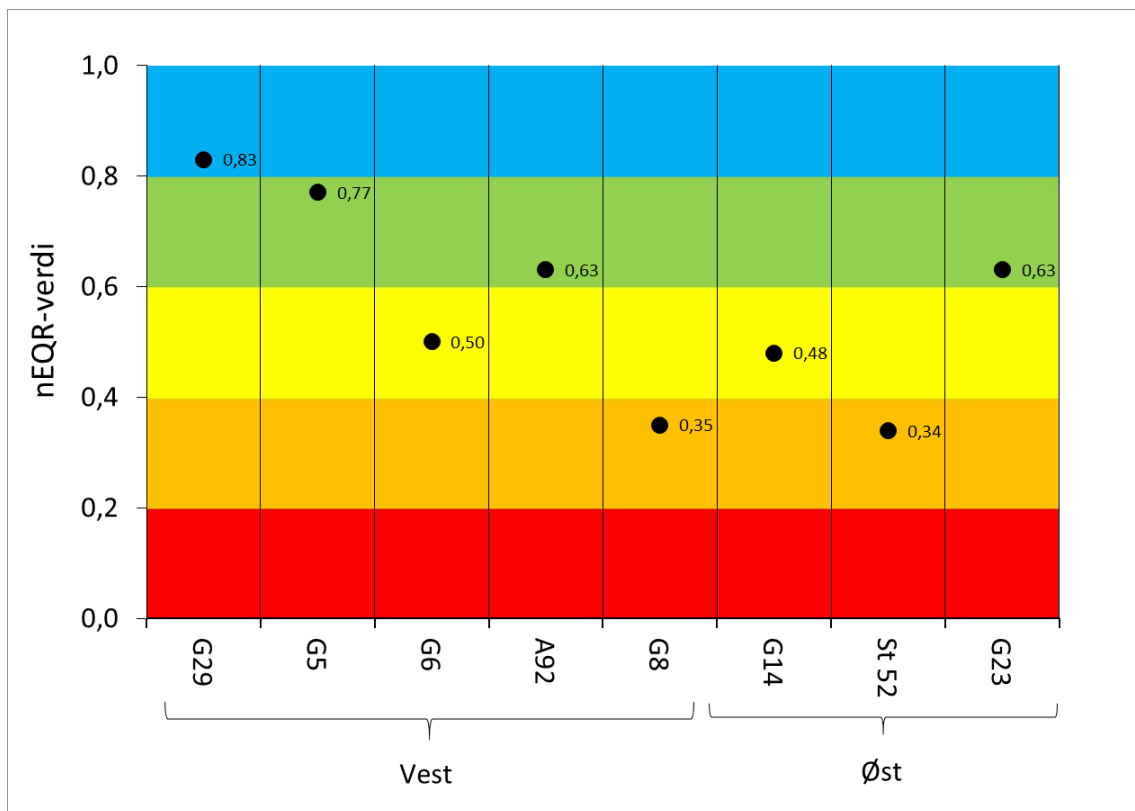
For makroalger generelt, er graden av sedimentasjon på bunnen en faktor som påvirker deres tilgang på egnet bunnssubstrat. Nedslamming av bunnen kan påvirke alger og dyrs evne til å feste seg, og nedslamming er antatt å være en viktig årsak til at f.eks. sukkertare ikke har reetablert seg på steder den har forsvunnet (Moy m.fl. 2008). Nedslamming er naturlig størst i dypere deler av algenes potensielle utbredelsesområde, mens grunnere deler og bølgeeksponerte vanntyper blir utsatt for mer vannbevegelse som bidrar til å vaske bort partikler og redusere nedslamming. Resultatene fra årets undersøkelse viser tendens til at stasjoner som ligger i mer beskyttede områder (innenfor vanntype S3) oppnår dårligere tilstand for nedre voksegrense av makroalger sammenlignet med mere eksponerte stasjoner, hvor vannbevegelsen er større (innenfor vanntype S2, Tabell 16). I den dype delen av dykketransektene ble det observert høy dekningsgrad av finkornet sediment på samtlige stasjoner (Figur 28). Det ble ikke foretatt systematiske vurderinger av nedslammingsgraden på stasjonene. Det er derfor vanskelig å sammenligne stasjonenes nedslamming på ulike dyp. Ut fra de observasjoner som ble gjort er det imidlertid grunnlag for å si at det er sannsynlig at mangel på egnet bunnssubstrat i stor grad begrenser vekst av fastsittende alger der bunnen er nedslammet.

<sup>6</sup> «Multi Species Macroalgae Depth Index»





**Figur 28.** Høy dekningsgrad av sediment ble observert ved undersøkelser av algenes nedre voksegrense. Bildet viser spredte rødalgeforekomster og nedslammet sjøbunn på stasjon st52 V. Damholmen. Foto: NIVA



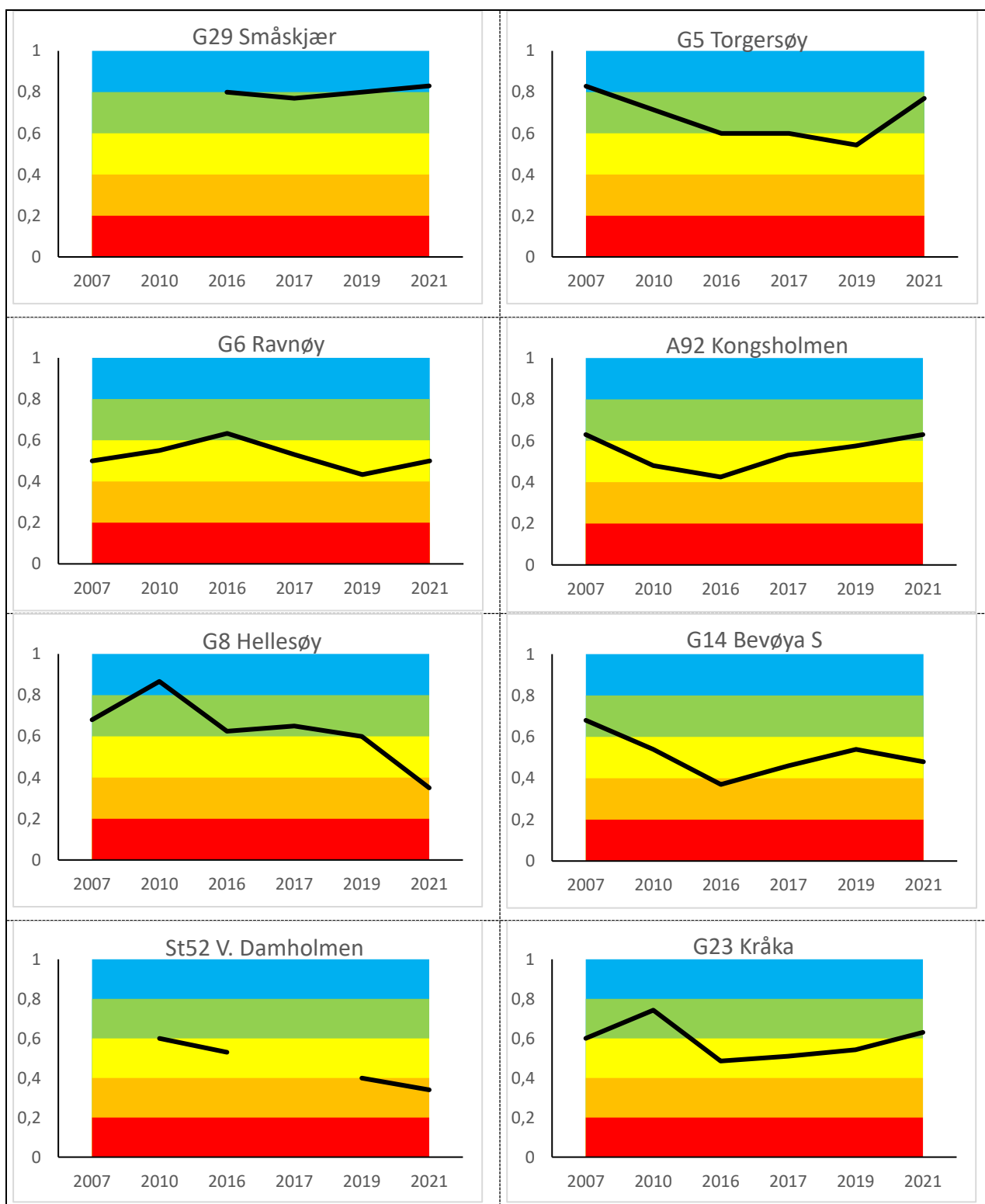
**Figur 29.** nEQR-verdi for kvalitetselementet makroalger basert på nedre voksegrense-indeksen (MSMDI). Figuren viser resultatene fra de åtte stasjonene undersøkt i YO-overvåkingen i 2021. Rekkefølgen på stasjonene viser til plasseringen i Oslofjorden: innerst til ytterst i fjorden, og om de ligger på vestsiden eller østsiden. De ulike fargene indikerer økologisk tilstand:

I - Svært god, II - God, III - Moderat, IV - Dårlig og V - Svært dårlig.

Variasjon i nEQR-verdi og økologisk tilstand på nedre voksegrensestasjonene gjennom undersøkelsesperioden 2007-2021 er vist i Figur 30. Minst variasjon, og best tilstand i algenes voksedyp er ved stasjon G29 Småskjær utenfor Åsgårdstrand (Figur 30) hvor tilstanden for makroalger har ligget tett på grensen mellom *god* og *svært god* gjennom undersøkelsesperioden 2016-2021 (nEQR har variert fra 0,77 til 0,83). Stasjonen har imidlertid en kortere måleserie enn de fleste andre makroalgestasjoner i programmet.

Ved stasjonene G6 Ravnøy, A92 Kongsholmen og G23 Kråka har tilstanden fluktuert mellom tilstandsklassene *moderat* og *god* gjennom hele overvåkingsperioden. Ved stasjon G8 Hellesøy og St52 Vestre Damholmen synes imidlertid tilstanden å vise en negativ trend, med en forverring over tid. Særlig fremtredende er dette ved stasjon G8 som ligger i Sandefjordsfjorden. Tilstandsreduksjonen ved denne stasjonen vises både som redusert voksedyp for de observerte makroalgene, og som bortfall av enkeltarter som har vært observert ved tidligere undersøkelser. Det er verdt å merke seg at bunnsubstratet ved denne stasjonen veksler mellom fast fjell og sand, med innslag av stein. Etersom transektretningen ikke er avmerket under vann, vil den nøyaktige posisjonen der algene registreres avvike noe mellom undersøkelsesår og kan dermed bidra til noe variasjon mellom resultatene. Registreringene fra 2021 indikerer at transektretningen til dykkeren har avveket noe fra den dykkeren fulgte i 2019. I 2019 ble en høyere andel av algene registrert på fast fjell, mens de i 2021 ble funnet på stein blant sand. Mindre tilgjengelig festesubstrat for algene kan ha påvirket resultatene negativt ved årets undersøkelser sammenlignet med tidligere registreringer.

Målinger av næringssaltkonsentrasjoner på nærliggende vannmassestasjoner viser ingen direkte sammenheng mellom tilstanden i makroalgesamfunnet og eutrofipåvirkning. Den økologiske tilstanden på hardbunn klassifiseres generelt dårligere enn tilstanden på vannmassestasjoner lokalisert innenfor samme område (Figur 34). Unntaket er ved hardbunnstasjon, 52 V. Damholmen, som viser dårlig tilstand for makroalger, og hvor også konsentrasjonen av nitritt og nitrat viser forhøye nivåer i 2021 ved den nærliggende vannmassestasjonen I-1, nord for Kirkøy. Det blir imidlertid ikke funnet høye konsentrasjoner av de øvrige næringssaltforbindelsene som måles ved vannmassestasjon I-1 i 2021.



**Figur 30.** Tilstand over tid (2007-2021) for kvalitetselementet makroalger basert på nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på de åtte stasjonene undersøkt i 2021. De ulike fargene indikerer økologisk tilstand: I - Svært god, II - God, III - Moderat, IV - Dårlig og V - Svært dårlig. I 2007 ble det kun dykket til 10 m dyp ved G8 Hellesøy. I 2010 ble transektet flyttet, og det ble dykket til 18 m dyp.

## 4.4 Fremmede arter

Det ble registrert fem fremmede arter på hardbunn i 2021. Alle artene er også tidligere registrert i overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord. Videre følger en oversikt over fremmede arter som er registrert i overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord. En fullstendig oversikt over alle registreringene gjort av fremmede arter i overvåkingsprogrammet fra 2007 – 2021 er gitt i Vedlegg D.

### Japansk drivtang (*Sargassum muticum*)

Japansk drivtang er en brunalge som først ble registrert i Aust-Agder i 1988. Arten er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, og høy økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Den ble registrert på fire stasjoner i 2007, da NIVA foretok første undersøkelse av stasjonene (Vedlegg D). I 2021 ble den registrert på tre stasjoner (Vedlegg D). De fleste registreringene av arten er gjort på dykkeundersøkelsene.

### Strømgarn (*Dasya baillouviana*)

Strømgarn er en rødalge som første gang ble funnet i Norge i 1966. Den er vurdert til å ha mulig høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, men har ingen kjent økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Den ble registrert på syv stasjoner i 2007, da NIVA foretok første undersøkelse av stasjonene (Vedlegg D). I 2021 ble den registrert på en stasjon (Vedlegg D). De fleste registreringene av arten er gjort på dykkeundersøkelsene.

### Krokbærer (*Bonnemaisonia hamifera*)

Krokbærer er en rødalge som ble funnet i Norge første gang i 1902. Arten har en livssyklus hvor det inngår to morfologisk svært ulike stadier; et lite og enradet tetrasporofyttstadium (oftest kalt *Trailiella intricata* (rødlo)), og et flerradet gametofyttstadium (krokbærer). Det er gjort få observasjoner av gametofyttstadiet i Norge, mens tetrasporofyttstadiet til arten har stor utbredelse, og er nå registrert fra Østfold – Troms (Artsdatabanken 2018). Arten er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, og høy økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Rødlo-fasen av arten ble registrert på ti stasjoner i 2007, da NIVA foretok første undersøkelse av stasjonene (Vedlegg D). I 2021 ble den registrert på to stasjoner (Vedlegg D). De fleste registreringene av arten er gjort på dykkeundersøkelsene.

### Brakkvannsrur (*Amphibalanus improvisus* = *Balanus improvisus*)

Brakkvannsrur ble påvist i Indre Oslofjord tidlig på 1900-tallet. Den er vurdert til å ha mulig høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, men ingen kjent økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Den ble registrert på 13 stasjoner i 2007, da NIVA foretok første undersøkelse av stasjonene (Vedlegg D). I 2021 ble den registrert på 13 stasjoner (Vedlegg D).

### Stillehavstøsters (*Crassostrea gigas*)

Stillehavstøsters er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale og middels økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). I overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord var stillehavstøsters ikke observert før den i 2014 ble funnet på seks stasjoner (Vedlegg D). I 2017 ble den observert på 10 stasjoner, og i 2021 ble den registret på 15 stasjoner (Vedlegg D). Bilde av arten er gitt i Figur 31.

Lærsekkedyr (*Styela clava*)

Lærsekkedyr ble første gang observert i Norge rundt 1990. Den er vurdert til å ha lav risiko pga. moderat invasjonspotensiale og liten økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). I overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord foreligger det to observasjoner av arten. Den har blitt observert ved nedre voksegrenseundersøkelsen på stasjon G6 Ravnøy i 2016 og 2017 (Vedlegg D).

Pollpryd (*Codium fragile*)

Pollpryd ble først observert i Norge siden 1932. Den er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale og høy økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). I overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord foreligger det to observasjoner av arten. Den har blitt observert ved nedre voksegrenseundersøkelsen på stasjon G29 Småskjær og A92 Kongsholmen i 2017 (Vedlegg D).

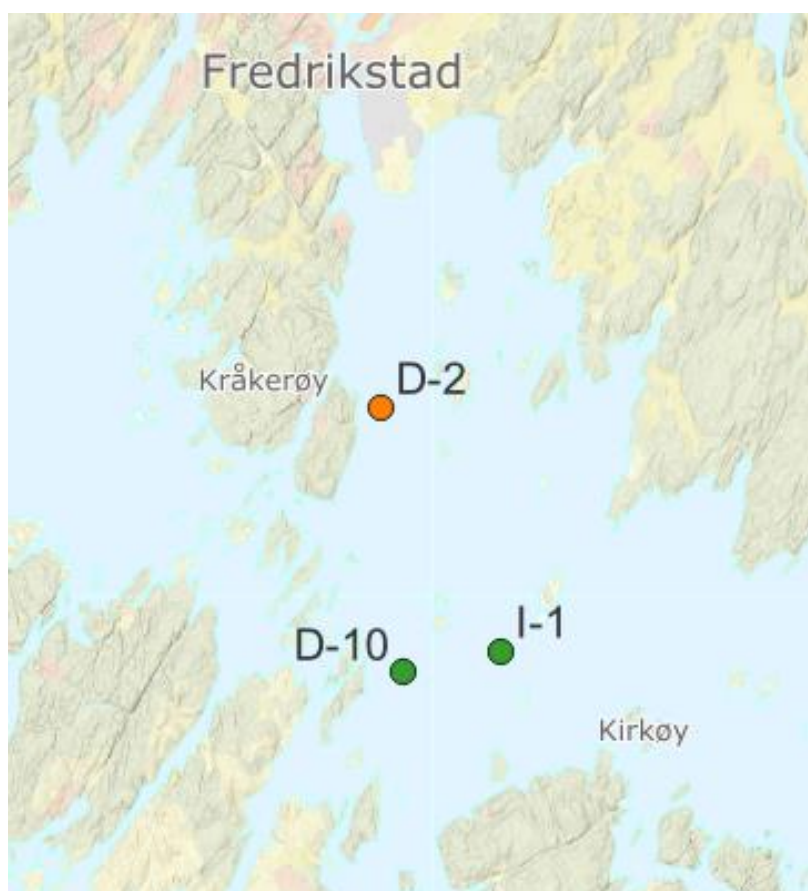


**Figur 31.** Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) på stasjon G20 Risholmen 30.09.22. Foto: Maia Røst Kile/NIVA

Brakkvannsrur og stillehavsøsters lever i fjæresonen, mens de fem andre artene oftest finnes dypere i sjøsonen, og derfor forventes å kun bli observert ved dykking. Ved nedre voksegrenseundersøkelser registreres det i utgangspunktet ikke forekomster av andre arter enn de ni utvalgte makroalgene. På enkelte stasjoner er det likevel notert forekomster av fremmede arter og disse er inkludert i oversikten i Vedlegg D. Dersom man hadde utført fullstendige dykketransekt alle undersøkelsesårene, er det mulig at flere fremmede arter hadde blitt oppdaget, og/eller at forekomsten av de registrerte artene hadde sett annerledes ut.

## 5 Bløtbunnfauna i Hvalerestuaret

I 2021 ble det utført prøvetaking av bunnfauna på tre stasjoner i Hvalerområdet for Borregaard AS; stasjon D-10 *Møkkalasset*, D-2 *Kjøkkø* og I-1 *Ramsø* (Figur 32). Stasjonene har vært undersøkt av NIVA siden 2011 og sist i 2018. Undersøkelsen av bløtbunnfauna ble gjennomført iht. internasjonale standarder og iht. Klassifiseringsveileder 02:2018. Den innerste av de tre stasjonene, D-2 *Kjøkkø*, ble klassifisert til *dårlig* tilstand for bløtbunnfauna, mens de to stasjonene lenger ut, D-10 *Møkkalasset* og I-1 *Ramsø*, ble klassifisert til *god* tilstand (Figur 32). Detaljerte resultater og metodikk er beskrevet i NIVA-notat 0083/22.



**Figur 32.** Prøvetakingsstasjoner for undersøkelse av bløtbunnfauna i Hvalerområdet i 2021: D-10 *Møkkalasset*, D-2 *Kjøkkø* og I-1 *Ramsø*. Fargen på sirkelen indikerer økologisk tilstand for bløtbunnfauna: Grønn = *god* tilstand, oransje = *dårlig* tilstand.

Alle tre stasjonene er plassert i det vi kan kalle Glommaestuaret, men i varierende avstand til Glommas munning. Hele Hvaler-området er preget av de store tilførselene fra Glomma. Overflatelaget er tydelig ferskvannspåvirket og kan ha svært lav saltholdighet. Den lave saltholdigheten begrenser seg midlertid til overflatelaget (de øverste 5-10 m), og saltholdigheten i bunnvannet er i hovedsak over 30 ‰, altså som normalt sjøvann. Det er derfor andre forhold knyttet til elvetilførselen som har en påvirkning på bunnfauna, og da hovedsakelig organiske partikler som føres med ellevannet ut i sjøen. Men også næringsalter kan til en viss grad ha en indirekte effekt på bunnforholdene, ved at

de fører til økt algevekst i vannmassene, og noe av denne produksjonen havner til slutt på havbunnen.

De fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva står for nesten 90 % av ferskvannstilførselen til Ytre Oslofjord, og av dette bidrar Glomma med over 40 %. Glomma har også de klart største tilførselene av både næringsstoffer og partikler til fjorden, og begge deler kan føre til eutrofi-effekter på havbunnen. Høye tilførsler av organisk materiale og påfølgende bakteriell nedbrytning kan føre til oksygenmangel i sedimentet og dårlige livsvilkår for bunndyrene.

På stasjon D-2 *Kjøkkø*, som ligger nærmest Glommas utløp av de tre undersøkte stasjonene, var den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna *dårlig* 2021 (Figur 32), og det ble funnet svært lite dyr. Oksygenmålingene viste lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet, tilsvarende *svært dårlig* tilstand, på tidspunktet for prøvetaking, og sedimentet var svart og luktet H<sub>2</sub>S (Tabell 17). Resultatene tyder altså på at denne stasjonen er eutrofi-påvirket. På de to stasjonene D-10 *Møkkalasset* og I-1 *Ramsø* var derimot tilstanden for bløtbunnsfauna *god*, og fauna var normalt arts- og individrik. Oksygeninnholdet var høyere på disse to stasjonene, tilsvarende *god* tilstand på D-10 *Møkkalasset* og *svært god* på I-1 *Ramsø* (Tabell 17).

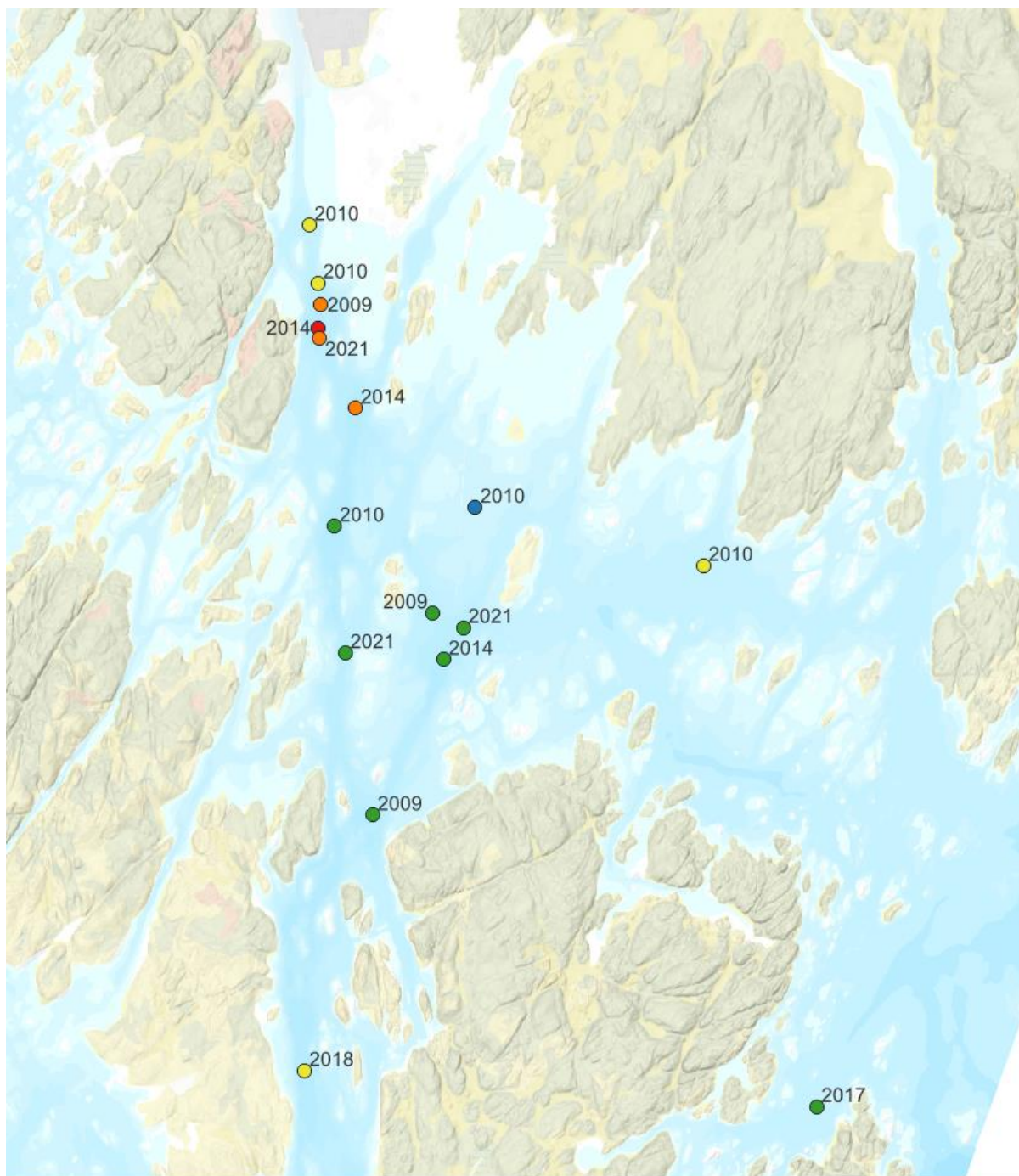
På stasjon I-1 *Ramsø* ble det i perioden 2019-2021 tatt vannprøver og -målinger gjennom hele vekstsesongen. På somrene i denne perioden var det høye nivåer av nitrat og nitritt som tilsvarte tilstandsklasse *dårlig*, mens de øvrige parameterne for næringsalter viste *god* eller *svært god* tilstand. Den laveste oksygenmetningen i bunnvannet ble målt i august-september hvert år i perioden 2019-2021, og var under 35 % som tilsvarer tilstandsklasse *dårlig* i 2019 og 2020. I 2021 ble det ikke registrert så lave oksygenverdier, og dette kan muligens forklare den gode tilstanden for bunnfauna. Så lenge oksygenforholdene er gode, vil tilførselene av terrestrisk organisk materiale fra Glomma representere en matkilde for bunnfauna og kan gi positive effekter på bunnfauna. Økte tilførsler i kombinasjon med redusert vannutskifting kan midlertid føre til at forholdene forverrer seg, og resultatene for I-1 *Ramsø* viser at tilstanden raskt kan endre seg fra år til år.

**Tabell 17.** Oksygenmålinger med CTD på tre stasjoner i Hvaler-området 24.juni 2021. Viste resultater er fra dypeste registrering, og representerer oksygenkonsentrasjonene i bunnvannet. Stasjonene er klassifisert etter Veileder 02:2018, men det er uvisst om juni representerer oksygenminimum, som er målingene som skal klassifiseres iht. veilederen. I 2019-20 ble oksygenminimum målt i august-september.

Stasjon	Dyp (m)	O <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (mg/L)	O <sub>2</sub> (ml/L)
D-2	52	11	1,1	0,8
D-10	45	61	6,0	4,2
I-1	50	74	7,3	5,1

En gjennomgang av alle resultater for bunnfauna (grabb og SPI) fra Hvalerområdet i perioden 2009-2021 viser tydelig at det er en trend med *svært dårlig* til *moderat* tilstand innerst i estuariet, og *god* til *svært god* tilstand lenger ut (Figur 33). Det kan være vanskelig å skille effekten av antropogene tilførsler (både via Glomma, og evt. fra andre påvirkere i Hvaler-området som industri og avløp) fra effekten av den naturlige elvetilførselen av terrestriske organiske partikler. Resultatene for 2021 tyder likevel på at fauna er negativt påvirket utover det man forventer av de naturlige elvetilførselene. Det ble f.eks. knapt registrert noen krepsdyr på stasjonene i 2021, og høy dominans av flerbørstemark. Krepsdyr er den gruppen som er mest sensitiv ovenfor eutrofi-påvirkning (Warwick & Clarke 1993), og fravær av denne dyregruppen er derfor en god indikator på eutrofi-effekter. I et

upåvirket estuar vil det normalt være krepsdyr til stede, mens ved eutrofipåvirkning forventes det at andelen krepsdyr går ned og andelen flerbørstemark øker (Tweedley m.fl. 2012).

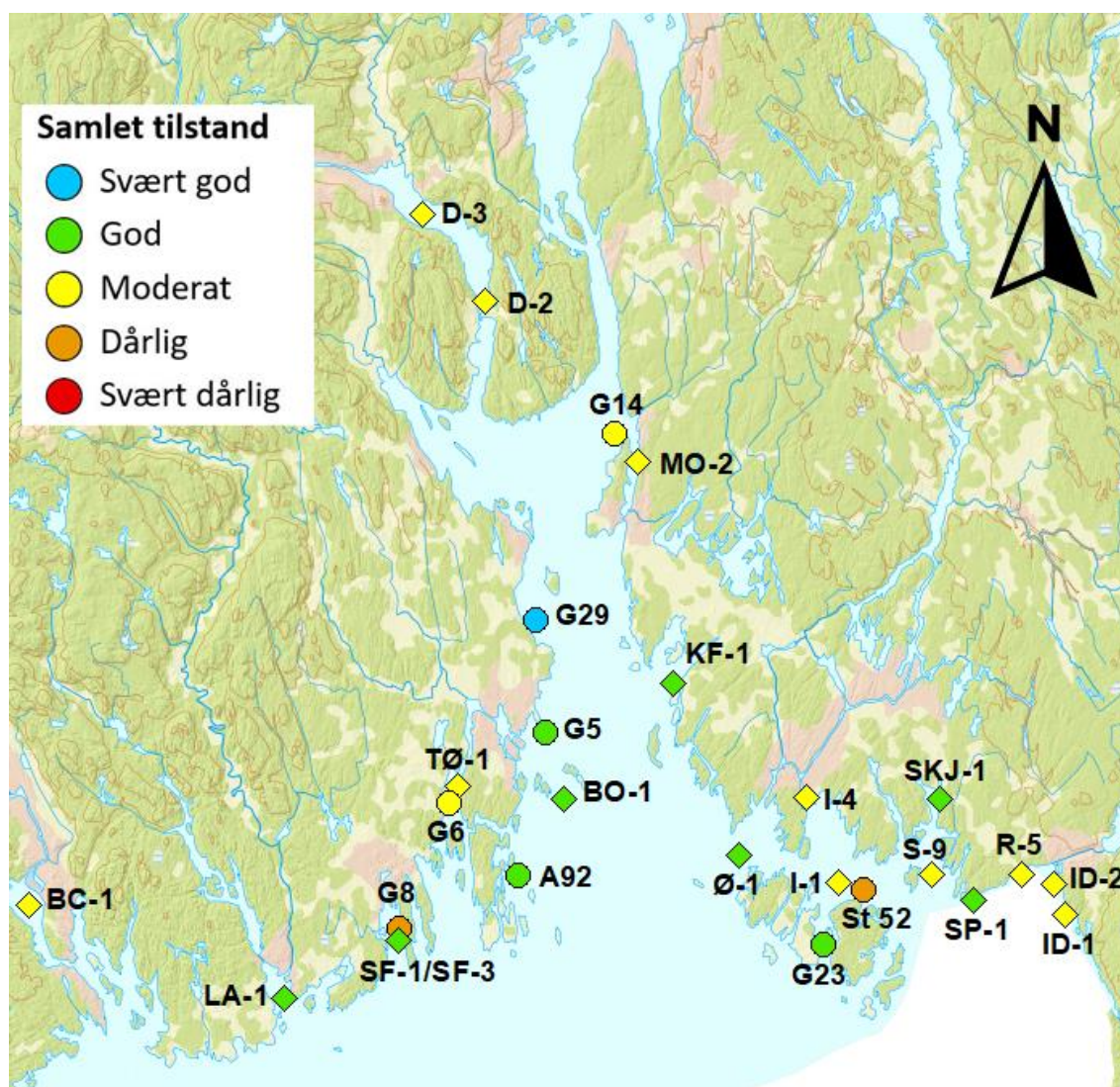


**Figur 33.** Alle resultater for bunnfauna (grabb og SPI) fra Hvalerområdet i perioden 2009-2021. Årstallet for prøvetaking er angitt. Blå = *svært god* tilstand, grønn = *god* tilstand, gul = *moderat* tilstand, oransje = *dårlig* tilstand og rød = *svært dårlig*.



## 6 Oppsummering

Tilstanden for de kvalitetselementer og støtteparametere som er overvåket under fagrådets program i 2021 er vist på kart i Figur 34. Den beste tilstandsklassen ble kun registrert på én stasjon, G29 utenfor Åsgårdstrand, hvor nedre voksegrense (MSMDI) ga *svært god* tilstand. Ingen av stasjonene nord for Åsgårdstrand tilfredsstilte vanndirektivets krav om minst *god* økologisk tilstand. Sør for Bastøy hadde stasjoner ut mot åpnet vann derimot *god* tilstand, mens de fleste av de mer beskyttede stasjonene hadde *moderat* tilstand.



**Figur 34.** Fagrådets overvåking av Ytre Oslofjord: Samlet økologisk tilstand for vannmasser (◊) og makroalger (●) i 2021. Fargen angir tilstandsklasse. Vannmasser er basert på data fra 2019-2021, makroalger er basert på MSMDI-indeksen fra 2021.

Fosfortilførselene til Ytre Oslofjord er i de siste tre årene de laveste som er registrert i hele overvåkingsperioden 1995-2020. De totale tilførselene av nitrogen var nedadgående fram til rundt

2002-2005, men har deretter økt forholdsvis jevnt fram til i dag. Av de fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva har Glomma de klart største tilførslene av næringsstoffer til fjorden.

Fjordens vannmasser har hatt en positiv utvikling når det gjelder fosfat i overflaten. De høyeste verdiene finner vi på de mest ferskvannspåvirkede stasjonene, men også der blir sommerfosfatet klassifisert til *god* tilstand. Også nitrat har en positiv utvikling på sommeren på de fleste av stasjonene. I Hvaler og Mossesundet var det signifikant bedre i den siste treårsperioden enn det har vært tidligere. Drammensfjorden og Iddefjorden har fortsatt høye nivåer av nitrat.

Vi har i løpet av 2022 gjort flere regneeksempler på klassifisering av klorofyll-a i Skagerrak på oppdrag fra Miljødirektoratet (Walday m.fl. 2023, in prep). Med bakgrunn i det vi fant, mener vi at det bør gås bort fra praksisen med å inkludere klorofyll-a i klassifisering av tilstand i vanntype S5, sterkt ferskvannspåvirket fjord. Det er vanskelig å sette klassegrenser for klorofyll-a i vanntype S5 fordi det ikke er næringssalttilstanden som hovedsakelig definerer hvorvidt planteplanktonet klarer å vokse, men i større grad den lave- og varierende saliniteten: Elvevannet kommer inn med ferskvannsalger som klarer seg dårlig i det saline fjordvannet, mens planteplanktonartene som lever i kystvannet ikke vokser godt ved sterk ferskvannstilførsel. Derfor er det oppholdstiden til vannet i bassenget som primært avgjør om planteplanktonet klarer å utvikle seg i sterkt ferskvannspåvirkede områder. Hvis oppholdstiden er lang vil planteplanktonarter som er tilpasset brakkvann klare å etablere seg. Er den kort vil det være artsfattig. Oppholdstiden er generelt kort i de aktuelle områdene med vanntype S5 i Ytre Oslofjord (Drammensfjorden, Frierfjorden/Grenland og Hvaler). Derfor er ikke klorofyll-a en god indikator for eutrofitilstand i disse områdene, og vi foreslår at det videre i overvåkingen heller klassifiseres basert på støtteparametere, slik beskrevet i Veileder 02:2018.

Siktdypet i Ytre Oslofjord har stort sett hele tiden vært dårlig på stasjonene som overvåkes i dette programmet. Analyser av overvåkingsdataene viser at planteplankton (klorofyll-a) kun forklarer en liten del av variabiliteten i siktdypet på 10 av de 18 stasjonene som er med i analysen. Det gir også mening på bakgrunn av at planteplankton for det meste viser *god* eller *meget god* tilstand. Løst organisk karbon (DOC) forklarer mer av variabiliteten i siktdypet enn klorofyll-a konsentrasjonen, men det er store forskjeller mellom stasjoner, noe som ikke er overraskende siden Ytre Oslofjord er en stor og heterogen fjord. Tallgrunlaget for DOC er foreløpig lite og en skal være forsiktige med å konkludere basert på foreliggende data, men det er indikasjoner på at DOC kan ha større betydning for siktdypet i Ytre Oslofjord enn det planteplankton har, og at partikler i vannet også har stor påvirkning på siktdypet.

I november 2021 var det en stor oppblomstring av den grønne fureflagellaten cf. *Lepidodinium chlorophorum* i Oslofjorden. Det var spesielt mye i Drøbaksundet og innover, men også relativt mye helt ned mot området utenfor Krokstadfjorden og den ble også funnet i store deler av Skagerrak. Det er meget uvanlig at det måles så mye klorofyll-a i sjøen så sent på året som det ble gjort i 2021. Høsten og tidlig vinter 2021 var meget spesiell på grunn av en lang periode med lite elvetilførsler etterfulgt av en betydelig næringspuls samtidig som det var gunstige vind- og værforhold for planteplankton (Staalstrøm m.fl. 2022). I forkant av oppblomstringen var midlere temperatur i vannet i Indre Oslofjord ca. 10°C, som er uvanlig høyt for denne delen av året, og det kan ha bidratt til oppblomstring sent på året.

Det ble målt lavere mengde organisk karbon i sjøvannet i Larviksfjorden enn i munningen av Numedalslågen og dette indikerer god vannutveksling i fjorden, særlig siden målestasjonen i fjorden ligger såpass nærme elveutløpet. Likevel er strandsonestasjon G10 i nærheten av utløpet av

Numedalslågen regnet som en av de mest elvepåvirkede stasjonene. Dette fordi det er sannsynlig at ferskvann og næringstilførsel fra elven fører til de store forekomstene av blågrønn- og kiselalger, samt generelt lavt artsantall med stor andel av opportunistiske alger. Denne elvepåvirkningen avspeiles altså ikke ute på hydrografistasjonen fordi det er stor vannutveksling i Larviksfjorden.

I Sandefjordsfjorden var det også lite sammenheng mellom tilstanden i vannmassene og den på hardbunn i fjæra. Den dårlige tilstanden i fjæra kan skyldes store mengder fugleavføring ved denne stasjonen. På dypere vann er det sannsynlig at varierende substratkvalitet i undersøkelsesområdet gir en dårligere tilstand for nedre voksegrense i 2021. Tilstandsreduksjonen ved denne stasjonen vises både som redusert voksedyp for de observerte makroalgene, og som bortfall av enkeltarter som har vært observert ved tidligere undersøkelser. Registreringene fra 2021 indikerer også at transektretningen til dykkeren har avveket noe fra den dykkeren fulgte i 2019. I 2019 ble en høyere andel av algene registrert på fast fjell, mens de i 2021 ble funnet på stein blant sand. Mindre tilgjengelig festesubstrat for algene kan ha påvirket resultatene negativt ved årets undersøkelser sammenlignet med tidligere registreringer. Overenstemmelse mellom tilstandsvurderinger av flere makroalgestasjoner innenfor samme vannforekomster indikerer at resultatene fra undersøkelsene er representative for makroalgers tilstand innenfor et større fjordområde, mer enn av lokale forhold ved stasjonene.

## 7 Referanser

- Artsdatabanken (2018). Fremmedartslista 2018. Hentet (9.6.2022).  
<https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>
- Braaten, H.F.B.; Gundersen, C.B.; Kaste, Ø.; Sample, J.E.; Hjermann, D-Ø.; Norling, M.D.; Calidonio, J-L. G; Allan, I. og L. Nizzetto, 2020. Elveovervåkningsprogrammet 2019 – vannkvalitetsstatus og -trender. NIVA-Rapport.
- Clarke, K.R & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.
- Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018. Veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Eikrem W, Valestrand L, Norli M, Harvey T. 2022. Årsovervåking med FerryBox og satellittdata - Indre Oslofjord 2021 – Datarapport. NIVA-rapport 7748-2022. 19 pp.
- Engesmo A., A. Staalstrøm, S. Gran, Ø. Kaste Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2021 - Fagrapport. NIVA-rapport 7759-2022. 55s. + vedlegg.
- Garmo Ø., Skancke LB. 2021. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2020. Norwegian Environment Agency, report M- 2102, NIVA report 2102, 92 s.
- Gitmark J., C.W Fagerli, M. Walday. 2022. Eutrofiovervåking i Ytre Oslofjord 2019-2023. Bentosundersøkelser i 2021 – Fagrapport. NIVA-rapport 7758-2022. 17s. + vedlegg.
- Guerrero JL, Sample JE. 2022. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2020 – tabeller, figurer og kart. NIVA-rapport 7729-2022.
- Gundersen, C.B.; Kaste, Ø.; Sample, J.; Braaten, H.F.B.; Selvik, J.R.; Hjermann, D.Ø.; Norling, M.D. & Calidonio JL.G., 2019. Elveovervåkningsprogrammet – vannkvalitetsstatus og -trender 2018. NIVA Rapport 7441-2019.
- Hindar A, Garmo Ø, Austnes K, Sample JA. 2020. Nasjonal innsjøundersøkelse 2019. Miljødirektoratet, rapport M-1876|2020, NIVA-rapport 7530-2020, 86 s.
- Kaste Ø, Gundersen CB, Poste A, Sample J, Hjermann DØ. 2021. The Norwegian river monitoring programme 2020 – water quality status and trends. Miljødirektoratet, report M-2139|2021, NIVA report 7675, 72 pp.
- Lundsør E, Falkenhaus T, Thormar J, Moy F, Naustvoll LJ. 2022. Økokyst– delprogram Skagerrak. Årsrapport 2021. Miljødirektoratet, rapport M-2280/2022. 95s.
- Moy, F., Aure, J. (HI), Falkenhaus, T. (HI), Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Norderhaug, K., Omli, L. (HI), Pedersen, A., Rygg, B. 2008. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007. SPFO-rapport 1024/2008.
- NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014).
- NS-EN ISO 5667-19:2004. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667-19:2004).
- Rinde E, Rygg B, Bekkby T, Isæus M, Erikstad L, Sloreid S-E, Longva O. 2006. Dokumentasjon av modellerte marine naturtyper i DN's Naturbase. Førstegenerasjonsmodeller til kommunenes startpakker for kartlegging av marine naturtyper 2007. NIVA Rapport 5321-2006.
- Sakshaug E. 1977. Limiting nutrients and maximum growth rates for diatoms in Narragansett Bay. J. exp. mar. Biol. Ecol. 28:109-123.
- Selvik J.R; Tjomsland T.; Eggestad H.O. 2007. Teoretiske tilførselsberegninger av nitrat+nitritt og fosfor til norske kystområder i 2006. NIVA-rapport 5512, TA-2347/2007.

- Staalstrøm A, Walday MG, Vogelsang C, Frigstad H, Borgersen G, Albretsen J, Naustvoll LJ. 2022. Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord. NIVA rapport 7723-2022, 227 sider.
- Staalstrøm A., G. S. Andersen, M. Walday, A. Engesmo, S. Gran og T. Harvey. 2022. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord Årsrapport 2021. NIVA-rapport 7771-2022. 98s. + vedlegg.
- Staalstrøm A, Engesmo A, Andersen GS, Gran S, Borgersen G, Moy SR, Valestrand L, Brooks S, Hylland K, Holth TF, 2021. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord Årsrapport 2020, NIVA rapport 7650-2021, 121 sider.
- Staalstrøm A, Yakushev E, 2020. Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn, NIVA rapport 7451-2021, 30 sider.
- Tjomsland, T.; Selvik, J.; Brænden, R., 2010. Teotil - Model for calculation of source dependent loads in river basins. NIVA-rapport 5914-2010.
- Tweedley, James & Warwick, Richard & Valesini, Fiona & Platell, Margaret & Potter, Ian. 2012. The use of benthic macroinvertebrates to establish a benchmark for evaluating the environmental quality of microtidal, temperate southern hemisphere estuaries. Marine pollution bulletin. 64. 1210-21. 10.1016/j.marpolbul.2012.03.006.
- Walday M., G. Borgersen, A. Engesmo, JK. Gitmark, CW. Fagerli, A. Staalstrøm. 2023 (in prep). Revisjon av deler av veileder 02:2018 for kystvann. NIVA-rapport XXXX-2023.
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1993. Comparing the severity of disturbance: A meta-analysis of marine macrobenthic community data. Marine Ecology Progress Series 92, 221-231.

## Vedlegg A. Siktdypanalyse

Resultater av PERMANOVA-analyse for effekten av klorofyll-*a* og DOC på siktdyp i løpet av 2019-2021 i sommersesongen.  $p < 0,05$  er markert med rødt og anses å vise at det er en signifikant effekt av faktorene på planktonsamfunnet. P-verdier ble oppnådd ved bruk av 999 permutasjoner. Df = frihetsgrader, SS = sum of squares, MS = mean squares, F.Modell = statistisk verdi.

Stasjon	Kilde	df	SS	MS	F.Modell	R2	% Var.	P(perm)
<b>BC-1</b>	DOC	1	0,011	0,011	0,113	0,010	1,014	0,741
	Klf-A	1	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,987
	Residuals	11	1,052	0,096		0,990	98,981	
	Total	13	1,063			1	100	
<b>BO-1</b>	DOC	1	0,185	0,185	2,046	0,130	13,049	0,195
	Klf-A	1	0,148	0,148	1,635	0,104	10,425	0,213
	Residuals	12	1,088	0,091		0,765	76,526	
	Total	14	1,422			1	100	
<b>D-2</b>	DOC	1	0,034	0,034	0,573	0,042	4,197	0,491
	Klf-A	1	0,123	0,123	2,090	0,153	15,296	0,179
	Residuals	11	0,650	0,059		0,805	80,507	
	Total	13	0,807			1	100	
<b>D-3</b>	DOC	1	0,305	0,305	5,665	0,303	30,298	0,043
	Klf-A	1	0,110	0,110	2,034	0,109	10,876	0,179
	Residuals	11	0,593	0,054		0,588	58,826	
	Total	13	1,008			1	100	
<b>I-1</b>	DOC	1	0,448	0,448	7,221	0,265	26,492	0,014
	Klf-A	1	0,002	0,002	0,036	0,001	0,134	0,842
	Residuals	20	1,239	0,062		0,734	73,374	
	Total	22	1,689			1	100	
<b>I-4</b>	DOC	1	0,495	0,495	6,650	0,513	51,301	0,072
	Klf-A	1	0,098	0,098	1,313	0,101	10,128	0,296
	Residuals	5	0,372	0,074		0,386	38,571	
	Total	7	0,966			1	100	
<b>ID-1</b>	DOC	1	0,096	0,096	0,266	0,140	14,018	0,833
	Klf-A	1	0,229	0,229	0,631	0,333	33,268	0,667
	Residuals	1	0,362	0,362		0,527	52,714	
	Total	3	0,688			1	100	
<b>ID-2</b>	DOC	1	0,382	0,382	4,595	0,285	28,538	0,049
	Klf-A	1	0,042	0,042	0,507	0,031	3,149	0,485
	Residuals	11	0,914	0,083		0,683	68,314	
	Total	13	1,338			1	100	
<b>KF-1</b>	DOC	1	0,322	0,322	3,555	0,467	46,68	0,141
	Klf-A	1	0,006	0,006	0,062	0,008	0,81	0,824
	Residuals	4	0,362	0,090		0,525	52,51	
	Total	6	0,689			1	100	

Stasjon	Kilde	df	SS	MS	F.Model	R2	% Var.	P(perm)
<b>LA-1</b>	DOC	1	0,169	0,169	1,584	0,130	12,979	0,226
	Klf-A	1	0,066	0,066	0,618	0,051	5,066	0,452
	Residuals	10	1,066	0,107		0,820	81,955	
	Total	12	1,300			1	100	
<b>MO-2</b>	DOC	1	0,104	0,104	2,525	0,101	10,111	0,141
	Klf-A	1	0,469	0,469	11,446	0,458	45,838	0,008
	Residuals	11	0,451	0,041		0,441	44,050	
	Total	13	1,024			1	100	
<b>R-5</b>	DOC	1	0,354	0,354	5,343	0,303	30,346	0,043
	Klf-A	1	0,017	0,017	0,264	0,015	1,498	0,557
	Residuals	12	0,795	0,066		0,682	68,156	
	Total	14	1,166			1	100	
<b>S-9</b>	DOC	1	0,523	0,523	10,089	0,297	29,662	0,004
	Klf-A	1	0,152	0,152	2,925	0,086	8,600	0,094
	Residuals	21	1,088	0,052		0,617	61,738	
	Total	23	1,763			1	100	
<b>SF-1/SF-3</b>	DOC	1	0,000	0,000	0,003	0,001	0,051	0,953
	Klf-A	1	0,095	0,095	0,686	0,121	12,066	0,480
	Residuals	5	0,695	0,139		0,879	87,883	
	Total	7	0,791			1	100	
<b>SKJ-1</b>	DOC	1	0,027	0,027	0,168	0,045	4,531	0,594
	Klf-A	1	0,086	0,086	0,539	0,145	14,549	0,569
	Residuals	3	0,480	0,160		0,809	80,920	
	Total	5	0,593			1	100	
<b>SP-1</b>	DOC	1	0,366	0,366	3,352	0,440	44,030	0,121
	Klf-A	1	0,028	0,028	0,261	0,034	3,425	0,633
	Residuals	4	0,437	0,109		0,525	52,545	
	Total	6	0,831			1	100	
<b>TØ-1</b>	DOC	1	0,376	0,376	2,527	0,450	44,958	0,201
	Klf-A	1	0,014	0,014	0,093	0,017	1,659	0,825
	Residuals	3	0,446	0,149		0,534	53,383	
	Total	5	0,836			1	100	
<b>Ø-1</b>	DOC	1	0,785	0,785	16,834	0,467	46,674	0,001
	Klf-A	1	0,011	0,011	0,233	0,006	0,647	0,620
	Residuals	19	0,886	0,047		0,527	52,679	
	Total	21	1,681			1	100	

Stasjon	Kilde	df	SS	MS	F.Model	R2	% Var.	P(perm)
<b>God</b>	DOC	1	0,456	0,456	14,707	0,156	15,639	0,002
	Klf-A	1	0,600	0,600	19,331	0,206	20,557	0,001
	Residuals	60	1,862	0,031		0,638	63,804	
	Total	62	2,918			1	100	
<b>Dårlig</b>	DOC	1	1,279	1,279	47,755	0,225	22,467	0,001
	Klf-A	1	0,075	0,075	2,796	0,013	1,316	0,091
	Residuals	162	4,339	0,027		0,762	76,217	
	Total	164	5,693			1	100	
<b>Ytre OF</b>	DOC	1	5,955	5,955	204,741	0,311	31,139	0,001
	Klf-A	1	0,430	0,430	14,773	0,022	2,247	0,001
	Residuals	438	12,740	0,029		0,666	66,615	
	Total	440	19,125			1	100	



## Vedlegg B. Artsliste til PRIMER

Artslisten benyttet i likhetsanalysen (PRIMER) av strandsamfunnene.

Enkelte arter som lett kan forveksles slått sammen. F.eks. er grønnalgene *Cladophora sericea* og *Cladophora albida* slått sammen til *Cladophora* spp. Juvenile former er ikke inkludert dersom voksne individ også er registrert i undersøkelsen. Fullstendig artsliste er gitt i Fagrapporten for bentosundersøkelser (Gitmark m.fl. 2022).

Tallene viser forekomst etter semi-kvantitativ skala

1 = enkeltfunn

2 = spredt forekomst (0 - 5 %)

3 = frekvent forekomst (5 - 25 %)

4 = vanlig forekomst (25 - 50 %)

5 = betydelig forekomst (50 - 75 %)

6 = dominerende forekomst (75 - 100 %)

Taxa / Stasjon	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G15	G16	G17	G19	G20	G21
<b>Dyr</b>															
Alcyonidium spp.	3	1	2	2		2	2		3		2	1	3	3	3
Asterias rubens	5	2	2	4			2		2	2	2	2	1	2	
Balanus/Semibalanus spp	2	4	5	6	4	3	5	5	5	5	5	2	4	4	5
Skorpeformet bryozoa			2	3	2	2	3		2				2	2	2
Campanularia johnstoni	2		1							3		2			
Coryne pusilla													1		
Crassostrea gigas	3	2	1	2	2	1	2	1	2	1		2	1	2	3
Dynamena pumila	4	3	3	3		3	2		4	2		2	3	2	
Electra pilosa	3	2	3	4	2	3	3		4	2	3	3	3	3	2
Halichondria (Halichondria) panicea			2												
Laomedea spp	2									2		2			
Leptasterias (Leptasterias) muelleri						2	1		2			2		1	
Littorina spp		2	2	3	2	3	3		2	2	2	2	3	1	
Membranipora membranacea	3			3	2	2			2				2	2	
Metridium senile pallidus	2	1	2		1								2		
Mytilus edulis	6	2	2	2			2			2		5		1	2
Nucella lapillus											2				
Pomatoceros triqueter				2	1					1					
Sagartiogeton sp.				1		1						2			
Spirorbis (Spirorbis) spirorbis					2	2	2						3		

Taxa / Stasjon	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G15	G16	G17	G19	G20	G21
<b>Grønnalger</b>															
Chaetomorpha aerea			2					2							
Chaetomorpha melagonium	2												1		
Cladophora spp.			2	2	2		2	3	2	3			2		
Cladophora rupestris	3		3	3				4	3	4		2	2	2	3
Spongomorpha aeruginosa								2		2			2		
Ulva spp.		2	2	3	2	2	4	4	2	3	3		2	3	3
Ulva lactuca						2	2		1		2		2	2	
<b>Brunalger</b>															
Ascophyllum nodosum					5									2	2
Brun skorpeformet alge		3	4		2					2	2		2	2	2
Chordaria flagelliformis						2	2		3				2		
Dictyota dichotoma													2		
Ectocarpales/Pylaiella/Spongonema	3	3	2	3	5	3	5	3	2	5	3	2	2	4	
Elachista fucicola	2	3	2	4	2	2	3	2	3	4	2	2	3	3	3
Fucus serratus	6	6	6	3	6	6	6	6	3	3	3	6	3	6	6
Fucus spiralis	3	2								3					
Fucus vesiculosus	6	5	6	5	6	6	6	3	6	5	5	2	4	6	6
Halidrys siliquosa					4		4					1			
Laminaria digitata			1				1								
Saccharina latissima						2	2								
Sphacelaria/Protohalopteris spp		2	2	3	6	2	5			3			2		
<b>Rødalger</b>															
Ahnfeltia plicata	4	3	5	2	2	5	3	2	4	6	2	5	3	2	2
Audouinella sp.				4		2	2	2		2			1		
Bonnemaisonia hamifera							2								
Callithamnion spp	2	2			3	2	2		3	3	1	4	1	2	
Carradoriella elongata	3									2		2			
Ceramium spp	6	4	3	4	3	4	5	2	6	5	4	4	3	3	3
Chondrus crispus	3	4	5	3	5	3	4		6	4	2	4	3	3	2
Rød skorpeformet kalkalge	3	3	6	3	5	6	5		5	2	2	6	4	3	
Dumontia contorta		1													
Erythrotrichia carnea							2			2					
Furcellaria lumbricalis	3		3		3	4	4		5	2	2	4	2		2
Hildenbrandia rubra	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	4	6	6	5	6
Osmundea oederi					3		3								
Phyllophora pseudoceranooides	2		3						3	2		3			
Polysiphonia/Leptosiphonia spp	4	2	3				2	3	4			5		2	3
Nemalion elminthoides				2											
Porphyra umbilicalis		3					3				2			2	2
Rhodomela confervoides	2		3				3				3	2			
Spermothamnion repens			2				2					4			
Vertebrata fucoides	3	4	3	2	3	2	3		4	5	2	5			
<b>Blågrønn- og kiselalger</b>															
Blågrønn- og kiselalgebelegg		5	3		1	2	5	5							5
Rivularia sp.	4	3	4	3						2		3		4	

## Vedlegg C. Sammenligning av metoder

Artslisten for stasjon G15 Kippenes, undersøkt med fjæresoneundersøkelse og rammeundersøkelse i 2021.

Semi-kvantitativ dekningsgrad: 1 = enkeltfunn, 2 = spredt forekomst (0 - 5 %), 3 = frekvent forekomst (5 - 25 %), 4 = vanlig forekomst (25 - 50 %), 5 = betydelig forekomst (50 - 75 %), 6 = dominerende forekomst (75 - 100 %). Tallene i rammeundersøkelsen (totalt antall ruter) er tilstedeværelse i totalt 200 ruter. Totalt antall ruter i rammeundersøkelsene er konvertert til semi-kvantitativ dekningsgrad etter **Tabell 14**.

G15 Kippenes. 7.10.2021							
Taxa / Undersøkelse	Fjære (semikv.)	Ramme (ant. ruter)	Ramme (semikv.)	Taxa / Undersøkelse	Fjære (semikv.)	Ramme (ant. ruter)	Ramme (semikv.)
<b>Rødalger</b>				<b>Grønnalger</b>			
<i>Ahnfeltia plicata</i>	6	11	3	<i>Cladophora cf. albida</i>	3	10	2
<i>Audouinella</i> sp.	2	42	3	<i>Cladophora</i> sp.	-	10	2
<i>Callithamnion corymbosum</i>	3	4	2	<i>Cladophora rupestris</i>	4	63	4
<i>Carradoriella elongata</i>	2	-	-	<i>Rhizoclonium riparium</i>	-	5	2
<i>Ceramium tenuicorne</i>	2	3	2	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>	2	-	-
<i>Ceramium virgatum</i>	5	56	4	<i>Ulva</i> sp.	-	27	3
<i>Chondrus crispus</i>	4	18	3	<i>Ulva intestinalis</i>	3	52	4
Rød skorpeformet kalkalge	2	-	-	<i>Ulva cf. prolifera</i>	3	31	3
<i>Erythrotrichia carnea</i>	2	21	3	<b>Blågrønnalger</b>			
<i>Furcellaria lumbicalis</i>	2	-	-	<i>Rivularia</i> sp.	2	27	3
<i>Hildenbrandia rubra</i>	6	191	6	<b>Dyr</b>			
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	2	-	-	<i>Alcyonidium hirsutum</i>	-	1	1
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	-	1	1	<i>Asterias rubens</i>	2	17	3
<i>Porphyra umbilicalis</i>	-	7	2	<i>Semibalanus balanoides</i>	5	172	6
<i>Rhodochorton purpureum</i>	-	1	1	<i>Balanus improvisus</i>	3	127	5
<i>Vertebrata fucoides</i>	5	11	2	<i>Campanularia johnstoni</i>	3	13	3
<b>Brunalger</b>				<i>Crassostrea gigas</i>	1	3	2
Brun skorpeformet alge - mørk	2	3	2	<i>Dynamena pumila</i>	2	9	2
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	5	23	3	<i>Electra pilosa</i>	2	24	3
<i>Ectocarpus</i> sp.	-	13	3	<i>Laomedea geniculata</i>	2	3	2
<i>Elachista fucicola</i>	4	34	3	<i>Littorina fabalis</i>	-	1	1
<i>Fucus serratus</i>	3	7	2	<i>Littorina littorea</i>	2	4	2
<i>Fucus spiralis</i>	3	13	3	<i>Littorina obtusata</i>	1	8	2
<i>Fucus vesiculosus</i>	5	95	4	<i>Littorina saxatilis</i>	1	14	3
<i>Pylaiella littoralis</i>	-	13	3	<i>Mytilus edulis</i>	2	7	2
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	-	1	1	<i>Pomatoceros triqueter</i>	1	1	1
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	3	6	2				
<i>Spongonema tomentosum</i>	2	4	2				

## Vedlegg D. Fremmede arter

Fremmede arter registrert på hardbunnstasjonene i Ytre Oslofjord i 2007 - 2021.

Grå skraverte felt betyr at stasjonen ikke er undersøkt det året.

Bokstavene i parentes indikerer den vanligste registrerte forekomsten av arten e=enkeltfunn, s=spredt forekomst (0-25 % dekningsgrad), v=vanlig forekomst (>25-75 % dekningsgrad), d=dominerende forekomst (75-100 % dekningsgrad).

Latinsk navn		<i>Crassostrea gigas</i>				
Norsk navn		Stillehavspøsters				
Risiko		SE = Svært høy økologisk risiko				
Stasjon / År		2014	2016	2017	2019**	2021
G3	Østøya		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G4	Teisberget		reg. i fjæra (s)			reg. i fjæra (s)
G5	Torgersøy		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)		reg. i fjæra (e)
G6	Ravnøy	reg. i fjæra (v)*	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G7	Hui		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G8	Hellesøy					reg. i fjæra (e)
G9	Åsnes	reg. i fjæra (e)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)		reg. i fjæra (s)
G10	Lillevikodden					reg. i fjæra (e)
G11	Malmø Nord		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (e)		reg. i fjæra (s)
G14	Bevøya S					
G15	Kippenes	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G16	Kallum					
G17	Fuglevik syd/Rumpa				reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G19	Rødskjær	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (e)
G20	Risholmen	reg. i fjæra (s)*	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G21	Hue		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)
G24	Sponsvikskansen	reg. i fjæra (e)				
A92	Kongsholmen					obs. mye i fjæra
St. 52	V. Damholmen		reg. i fjæra (e)			

\*\* usikker artsidentifikasjon på de fleste stasjonene

Latinsk navn		<i>Sargassum muticum</i>								
Norsk navn		Japansk drivtang								
Risiko		SE = Svært høy økologisk risiko								
Stasjon / År		2007	2008	2009	2010	2014	2016	2017	2019	2021
G6	Ravnøy	reg. mellom 3-6m (v)			reg. mellom 1-6m (s)		reg. mellom 3-6m (s-v)	reg. på 7,1m(e), 4,5m(s), 2m(v)	reg. på 6m (s)	reg. på 4,5m
G7	Hui								reg. i fjæra (s)	
G8	Hellesøy	reg. på 6m (e)			reg. på 6 og 10m (s)			reg. på 6,6m (e)	reg. i fjæra og på 6,5m (s)	
G9	Åsnes	reg. i fjæra (s)							reg. i fjæra (s)	
G14	Bevøya S	reg. mellom 2-6m (e)			reg. mellom 3-6m (s)			reg. på 3,5m (s)	reg. på dykk (e)	reg. på 4m (s)
A92	Kongsholmen		reg. mellom 3-6m (s-v)	reg. mellom 3-6m (s-v)	reg. mellom 3-6m (s-d)		reg. på 8,8m (s)	reg. på 7m (e)	reg. på 5,7m (v)	reg. på 6m (s)

Latinsk navn		<i>Dasya baillouviana</i>							
Norsk navn		Strømgarn							
Risiko		PH = Potensiell høy økologisk risiko							
Stasjon / År		2007	2009	2010	2014	2016	2017	2019	2021
G3	Østøya	reg. mellom 3-5m (s-v)							
G5	Torgersøy	reg. på 3m (s)						reg. på 6,5m (s)	
G6	Ravnøy	reg. mellom 1-3m (s-v)					reg. på 3,4m (s)		
G8	Hellesøy	reg. på 5m							
G10	Lillevikodden	reg. mellom 1-4m (s-v)							
G14	Bevøya S	reg. mellom 4-6m (s)		reg. mellom 0-4m (s)		reg. på 5,5m (s)	reg. på 5,7m (e) og 3,4m (s)	reg. på dykk	reg. på 1,5m (s)
G15	Kippenes	reg. i fjæra (e)						reg. i fjæra (s)	
G29	Småskjær							reg. på 8,5m (s)	
A92	Kongsholmen							reg. på 2,7m (s)	

Latinsk navn		<i>Styela Clava</i>	
Norsk navn		Lærsekedyr	
Risiko		LO - Lav risiko	
Stasjon / År		2016	2017
G6	Ravnøy	x	13m

Latinsk navn		<i>Codium fragile</i>	
Norsk navn		Pollpryd	
Risiko		SE	
Stasjon / År		2017	
G29	Småskjær	e (3,1m)	
A92	Kongsholmen	e (0,7m)	

Latinsk navn		<i>Bonnemaisonia hamifera</i>								
Norsk navn		Krokbærer/ Rødlo								
Risiko		SE = Svært høy økologisk risiko								
Stasjon / År		2007	2008	2009	2010	2014	2016	2017	2019	2021
G3	Østøya	reg. mellom 3-10m (s)			reg. mellom 2-18m (s)					
G5	Torgersøy	reg. mellom 3-14m (s-v)			reg. mellom 1-14m (s-v)			reg. på 1m (v)		reg. på 1,5m (d)
G6	Ravnøy	reg. mellom 4-8m (s)			reg. mellom 1-10m (s-v)					
G8	Hellesøy	reg. mellom 1-10m (s-d)			reg. mellom 0-18m (s-d)		reg. i fjæra (e)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G9	Åsnes									reg. i fjæra (s)
G10	Lillevikodden	reg. mellom 3-10m (s)								
G11	Malmø Nord							reg. i fjæra (e)	reg. i fjæra (s)	
G14	Bevøya S	reg. mellom 1-15m (s)			reg. mellom 4-15m (s-v)				reg. på 12m	
G17	Fuglevik syd/Rumpa	reg. mellom 0-5m (s-d)							reg. i fjæra (s)*	
G21	Hue	reg. mellom 4-8m (s)			reg. mellom 4-8m (v-d)					
G23	Kråka	reg. mellom 2-10m (s-v)			reg. mellom 3-12m (s-v)					
A92	Kongsholmen	reg. mellom 1-6m (s-d)	reg. mellom 1-10m (s-v)	reg. mellom 1-12m (v-d)	reg. mellom 1-6m (d)			reg. på 3m (v)		
St. 52	V. Damholmen				reg. mellom 3-6m (s-v)					

\* ikke sikker id

Latinsk navn	<i>Amphibalanus improvisus</i>								
Norsk navn	Brakkvannsrur								
Risiko	PH = Potensiell høy økologisk risiko								
Stasjon / År	2007	2009	2010	2014	2016	2017	2019	2021	
G3	Østøya	reg. i fjæra	reg. i fjæra						
G4	Teisberget			reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (e)		reg. i fjæra (s)	
G5	Torgersøy	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (e)				reg. i fjæra (e)	reg. i fjæra (s)	
G6	Ravnøy	reg. mellom 1-8m (s-v)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G7	Hui	reg. i fjæra (s)					reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G8	Hellesøy	reg. i fjæra (s) og på 2m	reg. i fjæra (v)		reg. i fjæra (v)		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (v)	
G9	Åsnes	reg. i fjæra (s)					reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G10	Lillevikodden	reg. mellom 0-8m (s-v)	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (v)	
G11	Malmø Nord	reg. i fjæra		reg. i fjæra	reg. i fjæra				
G14	Bevøya S	reg. i fjæra	reg. i fjæra	reg. i fjæra					
G15	Kippenes			reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G16	Kallum			reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (v)		reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G17	Fuglevik syd/Rumpa			reg. i fjæra (s)			reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G19	Rødskjær	reg. i fjæra (s)			reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (s)	
G20	Risholmen	reg. i fjæra (s)		reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (s)	reg. i fjæra (v)	
G21	Hue	reg. mellom 0-3m (v-d)	reg. i fjæra (d) og på 1m	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (v)	reg. i fjæra (v)	
G23	Kråka	reg. mellom 0-3m (s-v)	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (s)					
St. 52	V. Damholmen			reg. mellom 0-2m (v-d)	reg. i fjæra (d)	reg. i fjæra (v)			

## Vedlegg E. Teotil

Modellerte tilførsler fra TEOTIL, året 2020

### Fosfor (tonn)

Regine nr.	År	Jordbruk	Befolkning	Industri	Urban	Nat. bakgr.	Totalt
001.	2020	5.05	2.03	3.30	0.61	2.72	<b>13.7</b>
002.	2020	118.42	44.78	31.82	9.28	67.26	<b>271.6</b>
003.	2020	8.40	3.64	0.00	0.81	1.48	<b>14.3</b>
004.	2020	7.17	2.32	0.00	0.47	1.03	<b>11.0</b>
005.	2020	3.05	3.52	0.00	0.60	0.70	<b>7.9</b>
006.	2020	0.32	17.35	5.02	3.97	0.73	<b>27.4</b>
007.	2020	0.43	0.09	0.00	1.04	0.82	<b>2.4</b>
008.	2020	2.44	0.29	0.00	1.91	0.93	<b>5.6</b>
009.	2020	1.83	35.23	0.00	0.77	0.67	<b>38.5</b>
010.	2020	0.94	0.43	0.00	0.20	0.32	<b>1.9</b>
011.	2020	3.82	1.93	0.00	0.54	1.54	<b>7.8</b>
012.	2020	17.06	11.10	1.79	2.60	18.47	<b>51.0</b>
013.	2020	7.21	7.75	2.45	1.06	1.46	<b>19.9</b>
014.	2020	21.39	4.55	12.57	1.10	3.50	<b>43.1</b>
015.	2020	17.55	13.55	0.40	2.23	11.94	<b>45.7</b>
016.	2020	3.95	7.89	6.65	2.46	10.83	<b>31.8</b>
017.	2020	0.27	1.65	0.22	0.27	2.13	<b>4.5</b>
<b>SUM</b>	<b>2020</b>	<b>219.3</b>	<b>158.1</b>	<b>64.2</b>	<b>29.9</b>	<b>126.5</b>	<b>598.1</b>

### Nitrogen (tonn)

Regine nr.	År	Jordbruk	Befolkning	Industri	Urban	Nat. bakgr.	Totalt
001.	2020	359.4	173.7	51.8	5.6	413.7	<b>1004</b>
002.	2020	6731.3	2996.9	271.4	82.9	5559.1	<b>15642</b>
003.	2020	279.3	314.7	0.0	7.9	187.1	<b>789</b>
004.	2020	239.7	153.0	0.0	3.3	63.8	<b>460</b>
005.	2020	174.7	100.6	0.0	6.8	59.0	<b>341</b>
006.	2020	15.1	538.3	17.6	32.7	72.9	<b>677</b>
007.	2020	16.1	1.7	0.0	7.7	64.3	<b>90</b>
008.	2020	90.3	4.1	0.0	14.6	64.2	<b>173</b>
009.	2020	96.8	847.3	26.6	6.8	55.0	<b>1033</b>
010.	2020	43.3	13.5	0.0	1.5	26.4	<b>85</b>
011.	2020	175.1	109.9	0.0	3.8	101.3	<b>390</b>
012.	2020	1224.8	1020.3	5.8	23.2	2238.4	<b>4512</b>
013.	2020	273.9	542.6	52.8	7.9	102.8	<b>980</b>
014.	2020	726.6	109.8	0.0	7.8	199.7	<b>1044</b>
015.	2020	816.6	557.0	6.1	16.4	1140.7	<b>2537</b>
016.	2020	373.8	589.5	648.8	20.8	2129.5	<b>3762</b>
017.	2020	31.2	61.0	1.3	2.2	401.0	<b>497</b>
<b>SUM</b>	<b>2020</b>	<b>11668</b>	<b>8134</b>	<b>1082</b>	<b>252</b>	<b>12879</b>	<b>34015</b>

## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 · 0349 Oslo  
Telefon: 02348 · Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) · [post@niva.no](mailto:post@niva.no)