

Årsovervåking med FerryBox og satelittdata Indre Oslofjord 2021

Datarapport



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

Tittel Årsovervåking med FerryBox og satellittdata- Indre Oslofjord 2021 - Datarapport	Løpenummer 7748-2022	Dato 25.05.2022
Forfatter(e) Wenche Eikrem, Louise Valestrand, Marit Norli, Therese Harvey	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo, Akershus og Buskerud	Sider 19 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord	Kontaktperson hos oppdragsgiver Line Kristin Haug
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 14411

Sammendrag Denne rapporten presenterer resultatene fra årsovervåkingen utført for Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord i 2021 med bruk av NIVAs FerryBox system for måling og prøveinnsamling og fjernmålingsdata fra Copernicus-satellitten Sentinel-2.

På senhøsten (november) var det en oppblomstring av fureflagellaten *Lepidodinium*. Den forekom stedvis i svært høye celletall og farget vannet grønt flere steder i Oslofjorden og ble også fanget opp på satellittbilder over Nordsjøen og Skagerrak i samme periode. Klorofyll-a verdier opp mot 14 µg/l ble registrert. En så massiv og sen oppblomstring av planteplankton er uvanlig. Utviklingen av planteplanktonet over året var ellers som forventet og våroppblomstringen ble registrert i slutten av mars. Temperaturen i Vestfjorden varierte i løpet av året som følge av sesongmessig oppvarming i sommerhalvåret og avkjøling i vinterhalvåret. Den laveste temperaturen ble målt i begynnelsen av mars og den høyeste i juli og begynnelsen av august. Saltholdigheten varierte en del over året og de høyeste verdiene ble målt i februar og mars. De laveste verdiene ble målt i juni og begynnelsen av juli. Det var også et fall i saltholdigheten samtidig med oppblomstringen av *Lepidodinium*. De høyere verdiene av oppløst organisk materiale (fDOM og DOC) sammenfalt ofte med lavere saltholdighet. Høyoppløselige sensor-data fra FerryBox med observasjoner hver andre dag illustrerer frekvensen og intensiteten til algeblomstringene i fjorden godt og at de kan ha en varighet på under 2 uker. De øvrige sensordataene viser utviklingen av andre miljø- og klimavariabler. Satellittdata ga en god romslig dekning av fjorden og gjorde det mulig å følge utviklingen av klorofyll-a i tid og rom. Det var god overensstemmelse mellom *in situ* data og satellitt data. For mange stasjoner kunne antallet observasjoner fordobles og for andre med få eller ingen *in situ* observasjoner ga satellitt nye data.

Fire emneord	Four keywords
1. Kontinuerlige målinger	1. Continuous measurements
2. Indre Oslofjord	2. Inner Oslofjord
3. FerryBox	3. FerryBox
4. Planteplankton	4. Phytoplankton

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

Wenche Eikrem
Prosjektleder

Ailbhe Lisette Macken
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7484-4
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

Årsovervåking med FerryBox og satellittdata
Indre Oslofjord 2021
Datarapport

Forord

Etter oppdrag fra Fagrådet for vann - og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) gjennomført års-observasjoner i overflaten med FerryBox i Oslofjorden i 2021. Noen prøvetakinger ble utført manuelt under Covid-19 nedstengningen. Tidligere har denne undersøkelsen vært en del av hovedprogrammet i indre Oslofjord, men fra 2015 ble det ett eget prosjekt. Line Kristin Haug fra Oslo kommune har vært NIVAs kontaktperson i fagrådet.

Wenche Eikrem har vært prosjektleder 2021 mens Marit Norli har vært i foreldrepermisjon og har sammen med Marit Norli, Louise Valestrand og Therese Harvey skrevet rapporten. Louise Valestrand og Anette Engesmo har stått for feltarbeid. Wenche Eikrem, Louise Valestrand, Sonja Kistenich og August Tobiesen har bidratt med planktonanalyser og databehandling. Therese Harvey har bidratt med satellitt-data.

Oslo, 18. mai 2022

Innhold

1. Bakgrunn	7
2. Måleprogrammet i 2021	7
2.1 Observasjoner og parametere	7
2.2 FerryBox systemet	8
2.3 Kalibrering av sensorer	9
2.4 Satellittdata	9
3. Resultater 2021	11
3.1 Temperatur, saltholdighet og oppløst organisk materiale	11
3.2 Næringsalter og DOC	13
3.3 Klorofyll-a i Vestfjorden på 4 meter 2021	14
3.4 Satellittdata fra Sentinel-2	15
3.5 Plankton i Vestfjorden på 4 meters dyp i 2021	18

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatene fra årsovervåkingen utført for Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord i 2021 med bruk av NIVAs FerryBox system for måling og prøveinnsamling og fjernmålingsdata fra Copernicus-satellitten Sentinel-2.

På senhøsten (november) var det en oppblomstring av fureflagellaten *Lepidodinium*. Den forekom stedvis i svært høye celletall og farget vannet grønt flere steder i Oslofjorden og ble også sett på satellittbilder i Nordsjøen og Skagerrak i samme periode. Klorofyll-a verdier opp mot 14 µg/l ble registrert. En så massiv og sen oppblomstring av planteplankton er uvanlig. Utviklingen av planteplanktonet over året var ellers som forventet og våroppblomstringen ble registrert i slutten av mars. Temperaturen i Vestfjorden varierte i løpet av året som følge av sesongmessig oppvarming i sommerhalvåret og avkjøling i vinterhalvåret. Den laveste temperaturen ble målt i begynnelsen av mars og den høyeste i juli og begynnelsen av august. Saltholdigheten varierte en del over året og de høyeste verdiene ble målt i februar og mars. De laveste verdiene ble målt i juni og begynnelsen av juli. Det var også et fall i saltholdigheten samtidig med oppblomstringen av *Lepidodinium*. De høyere verdiene av oppløst organisk materiale (fDOM og DOC) sammenfalt ofte med lavere saltholdighet. Høyoppløselige sensor-data fra FerryBox med observasjoner hver andre dag illustrerer frekvensen og intensiteten til algeblomstringene i fjorden godt og at de kan ha en varighet på under 2 uker. De øvrige sensordataene viser utviklingen av andre miljø- og klimavariabler. Satellittdata ga en god romslig dekning av fjorden og gjorde det mulig å følge utviklingen av klorofyll-a i tid og rom. Det var god overensstemmelse mellom *in situ* data og satellitt data. For mange stasjoner kunne antallet observasjoner fordobles og for andre med få eller ingen *in situ* observasjoner ga satellitt nye data.

Summary

Title: Årsovervåking med FerryBox og satellittdata - Indre Oslofjord 2021

Year: 2021

Authors: Wenche Eikrem, Louise Valestrand, Marit Norli, Therese Harvey

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7484-4

This report presents the results from “Årsovervåkingen med FerryBox”, the yearly monitoring undertaken for “Fagrådet for indre Oslofjord” in 2021 with the use of NIVA FerryBox system for continuous measurements and sampling and remote sensing data from the Copernicus satellite Sentinel-2.

In late fall (November) a bloom of the dinoflagellate *Lepidodinium* occurred in many locations in Oslofjorden. Very high cell numbers were recorded, and the water was colored green in several places, also seen on satellite images in the North Sea and Skagerrak during the same period. Chlorophyll-a values up to 14 µg / l were registered. Such massive and late blooms are unusual. The development of phytoplankton over the year was otherwise as expected and the spring bloom was registered at the end of March. The temperatures in the Vestfjorden varied during the year as a result of seasonal heating in the summer and cooling in the winter. The lowest temperatures were measured in early March and the highest in July and early August. Salinity varied somewhat over the year and the highest values were measured in February and March. The lowest values were measured in June and the beginning of July. There was a decrease in salinity at the same time as the bloom of *Lepidodinium*. The higher values of dissolved organic matter (fDOM and DOC) often coincided with lower salinity. High-resolution sensor data from FerryBox with observations every other day illustrate well the frequency and intensity of the algae blooms in the fjord and that the blooms may have a duration of less than 2 weeks. The other sensor data also show the development of additional environmental and climate variables. Satellite data gave a good spatial coverage of the fjord and made it possible to follow the development of chlorophyll-a in time and space. For many stations the number of observations were duplicated and for others with few or no *in situ* observations, satellite provided additional data. The alignment between satellite data and *in situ* data was good.

1. Bakgrunn

Indre Oslofjord er en innelukket fjord på ca. 190 km² som har forbindelse med området utenfor gjennom det ca. 1 km smale Drøbaksundet som har en terskel på ca. 20 m dyp. Indre Oslofjorden er oppdelt i flere basseng hvor hovedbassengene er Vestfjorden, Bunnefjorden, Lysakerfjorden, Bærumsbassenget og Bekkelags-bassenget. Denne undersøkelsen tar for seg overflatevannets kvalitet i Vestfjorden med bruk av et FerryBox system på MS Color Fantasy.

Programmet inneholder alle elementer som har inngått i tidligere overvåkning i fjorden (Årsobservasjoner-overflaten), dvs. FerryBox observasjoner, prøvetaking på en stasjon, kjemi og planteplankton. Sensormålinger av gulstoff (Colored Dissolved Organic Matter, cDOM) har også blitt utført med fluorescens sensorer (fDOM), samt utvalg av situasjoner med analyser av løst organisk karbon DOC (Dissolved Organic Carbon).

Målsettingen med programmet er å fremskaffe miljødata med søkelys på næringsalter (eutrofiering) og planteplankton. Det skal ikke gjøres noen detaljert vurdering av dataene i denne datarapporten, men dataene skal benyttes i hoved-undersøkelsen for fjorden og inngå i årsrapporten. Videre danner dataene grunnlaget for tolkning og validering av satellittdata

2. Måleprogrammet i 2021

2.1 Observasjoner og parametere

NIVA har gjennomført FerryBox målinger i Indre Oslofjord siden 2001 og det har blitt en viktig tidsserie for observasjoner av saltholdighet, temperatur, oksygen, turbiditet og klorofyll-a fluorescens. I de senere år er pH, pCO₂, og oppløst organisk material (cDOM) målt som fluorescens (fDOM) inkludert i FerryBox systemet. Systemet har en observasjonsfrekvens på annen hver dag i Oslofjorden og med ett minutt målefrekvens dekkes, avhengig av fart, hver 300-500 m langs måletransektet med ett vanninntak på ca. 4 meters dyp. FerryBox systemet tar også automatiske vannprøver for kjemiske analyser og planteplankton på utvalgte posisjoner, og dette gjøres for å samle vannprøvene på Dk1 i dette programmet (Tabell 1). Under Covid-19 nedstengningen var skipet i perioder ute av drift. I disse periodene ble det innhentet vannprøver manuelt samt sensor data for temperatur og saltholdighet med CTD (Seabird SBE9) og Idronaut (Ocean Seven 316 Pluss CTD).

I programmet for 2021 inngikk sensormålinger av temperatur, salinitet, klorofyll-a fluorescens samt prøvetaking og analyse på stasjonen Dk1 av næringsalter, klorofyll-a og planteplankton. Næringssaltene som ble analysert i 2021 var total nitrogen, total fosfor og de løste næringssaltene; nitrat+nitritt, fosfat, ammonium og silikat og løst organisk materiale, med analysemetode som vist i tabell 1.

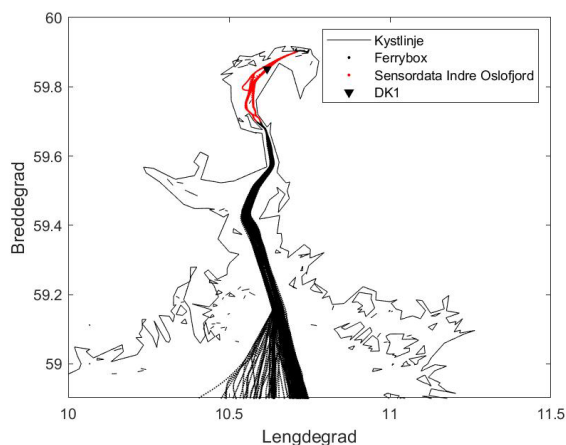
Alle vannprøvene i måleprogrammet for 2021 ble samlet inn på Steilene (Dk1). På grunn av Covid-19 ble det i perioder hentet prøver manuelt da båten ikke var i drift (fram til 30 juni). De kjemiske parametere (TotP, TotN) ble samlet inn 15 ganger i løpet av året. De løste næringssaltene PO₄, NO₃, NH₄ og SiO₂ ble samlet inn i vinter-månedene november, desember og februar. I programmet for 2021 inngikk analyse av kvantitative planteplankton prøver for perioden februar til desember med ca 2 ganger per måned (15 ganger). Klorofyll-a ble analysert regelmessig 2 ganger i måneden. DOC ble innsamlet 10 ganger for å få en relasjon til sensordataene for organisk materiale (fDOM)

Tabell 1. Parametere i måleprogrammet og metoder med deteksjonsgrenser.

Parameter	Metode	Deteksjonsgrense
Ammonium	Intern metode (D5-4)	>5 µg N/L
Fosfat	Mod. NS 4724 (D1-3)	>1 µg P/L
Nitritt + nitrat	Mod. NS 4745:1991 (D3-3)	>1 µg N/L
Silikat	Mod. NS-EN ISO 16264:2004 (C7-3)	>25 µg SiO ₂ /L
Total nitrogen	NS 4743 (D6-1)	>10 µg N/L
Total fosfor	Mod. NS 4725 (D2-1)	>1 µg P/L
Klorofyll a	NS 4767 (H1-1)	Avhengig av prøvevolum
Løst organisk karbon (DOC)	Intern metode (G5-3)	>0.2 mg C/L
Planteplankton	NS-EN ISO 15972	>40 celler/L med 25 ml tellekammer

2.2 FerryBox systemet

FerryBox er et system av sensorer koblet mot en datamaskin som sender måledata, posisjon og tid over nett til NIVA langs skipsruten (**Figur 1**). På MS Color Fantasy befinner FerryBoxen seg i maskinrommet. Den har et vanninntak i skroget på omtrent 4 meters dyp der vann trekkes inn ved hjelp av en peristaltisk pumpe. Vannet pumpes via et kort rørsystem forbi sensorene, der automatiske målinger tas, før det går ut gjennom et utløp i skipsskroget. Vannprøver tas automatisk og fylles rett i prøveflasker i et kjøleskap der de står kaldt og mørkt før de hentes når båten kommer til Oslo. Prøvene prosesseres på NIVAs prøvemottak etter henting. Skipet er også utstyrt med andre sensorer på dekk (**Figur 2**).



Figur 1. MS Color Fantasy går mellom Oslo-Kiel. Et kartutsnitt viser skipets posisjoner fra Skagerrak og Oslofjorden, med sensordataene fra Indre Oslofjorden uthevet i rødt samt prøvetakingsposisjon for DK1, Steilene.



Figur 2. MS Color Fantasy illustrert med dekkensensorer for lys (blå), havfarge (grønn), overflatetemperatur (rød), kommunikasjon til land og FerryBox systemet omtrentlig plassering i fartøyet.

2.3 Kalibrering av sensorer

FerryBox er en automatisk måleplattform, med sensorer som måler kontinuerlig. Data logges hvert minutt. Dataene må kontrolleres for ikke ønskede målinger, for eksempel hvis pumpen ikke går, når båten er i havn eller om en feil har oppstått.

Klorofyll-a fluorescens sensoren korrigeres for begroing. Dette korrigeres etter manuell inspeksjon av alle dataene. Klorofyll-a fluorescens må også kalibreres mot naturlige vannprøver for å kunne gi et «proxy» på konsentrasjon av klorofyll-a. På NIVA gjøres dette med innsamling av prøver for *in vitro* spektrofotometrisk bestemmelse av klorofyll-a konsentrasjon gjennom hele året, og ved en regresjonsanalyse av den sanne konsentrasjonen mot den målte klorofyll-a fluorescensen. Sensorer for temperatur og saltholdighet ble regelmessig kvalitetskontrollert med laboratorie- målinger av saltholdighet og med termometer om bord på båten. Dataene ble kontrollert ved sammenligning av temperatursensor ved innløp og temperatursensoren inne i termosalinografen. Sensorer for turbiditet og CDOM fluorescens blir kalibrert med standarder.

2.4 Satellittdata

Målinger med satellitt data gir en bedre romslig oversikt over et større område. Kombinert med in situ og Ferrybox data kan man få hyppige målinger og forbedre kunnskapen og forståelsen for mulige forandringer og variasjoner i fjorden. Med EU-kommisjonen sitt Copernicus-program som inkluderer flere satellittsensorer som er tilpasset for bruk til miljøovervåking av vannkvalitet (Sentinel-3 og Sentinel-2) har mulighetene for å inkludere nye teknikker økt. Overvåking av vannkvalitet ved hjelp av fjernmålingsdata er nå utviklet og kan brukes mer operativt.

Sensorer på satellittene Sentinel-2 og Sentinel-3 måler den spektrale refleksjonen fra vannet. På sentinel-2 brukes MSI (multispectral Instrument) og på Sentinel-3 brukes OLCI (Ocean and Land Colour Instrument). Begge sensorer gir informasjon om vannets komponenter (klorofyll-a, partikler og humus stoffer), samt atmosfærens luftmolekyler og aerosoler. Signalet fra atmosfæren sorteres vekk og konsentrasjonene av de ulike vannkvalitets komponentene beregnes ut fra optiske modeller basert på absorpsjon og sprednings egenskaper. Ulike algoritmer kan benyttes, og i denne rapporten ble iCOR algoritmen utviklet av VITO i Belgia (<https://vito.be/en>) brukt. VITO har også prosessert satellitt data innenfor EODataBee (<https://eodatabee.eu/>) samarbeidet. Data fra optiske satellitter er avhengig av skyfrie dager og tilstrekkelig sollys for å kunne måle vannkvalitet.

Data i denne studien var konsentrert til vekstsesongen (mars-september) i 2021 og Sentinel-2 A og B satellittene og MSI sensor har blitt brukt. I sommerperioden passerer de Norge hver 4-5 dager med en romlig oppløsning på 60 m. Området som satellitt scenen for Sentinel-2 MSI dekker vises i **Figur 3** som en grønn skygge. For å dekke andre deler av fjorden trenger man ytterligere scener fra Sentinel-2 eller bruke Sentinel-3 satellitten med OLCI sensoren som dekker hele Norge i en scene hver dag, men med en lavere romlig oppløsning på 300 m.



Figur 3. Dekning av satellitt data for Sentinel-2 MSI sensoren. Figur fra <https://creodias.eu/home>.

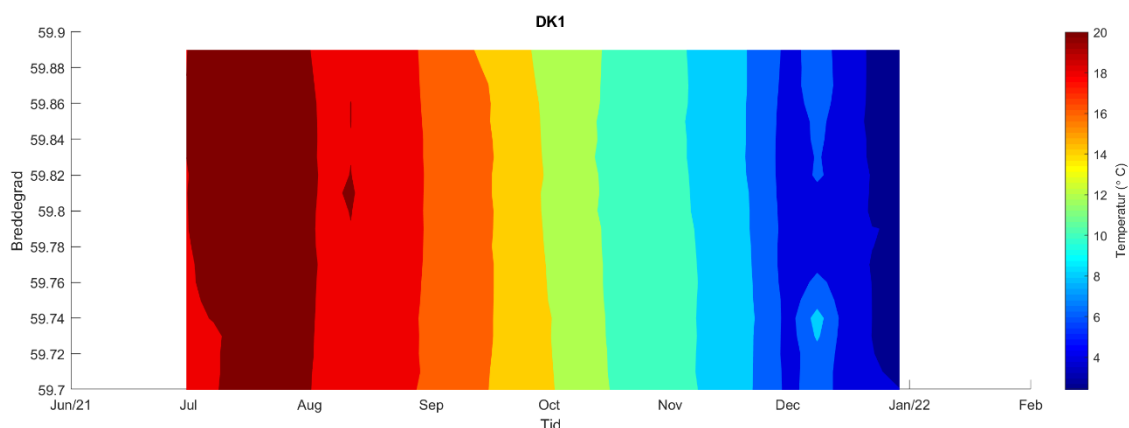
3. Resultater 2021

3.1 Temperatur, saltholdighet og oppløst organisk materiale

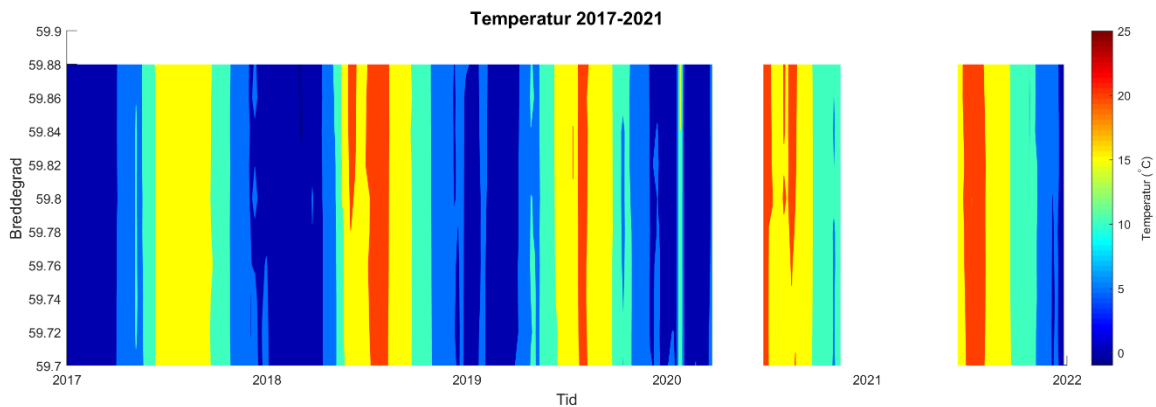
Temperaturen i Vestfjorden varierte i løpet av året som følge av sesongmessig oppvarming i sommerhalvåret og avkjøling i vinterhalvåret. Laveste temperaturer ble observert om vinteren (des-feb/mars) med verdier ned mot 2 °C i begynnelsen av mars og høyeste temperaturer opp mot 21 °C om sommeren i begynnelsen av juli (Tabell 2). I **Figur 4** vises temperaturendringene over tid i Vestfjorden i 2021 (30 juni- 31 desember). På tidsserieplottet i **Figur 5** vises data for de 5 siste årene og 2021 viser de samme temperaturvariasjoner som de siste årene. Grunnet Covid-19 nedstengningen mangler data mellom 11 mars og 25 mai 2020 og 1 januar og 29 juni 2021.

Saltholdigheten i Vestfjorden for 2021 er vist i **Figur 6**. Den laveste saltholdigheten ble målt i begynnelsen av juni (15,7) og økte gradvis utover sommeren og høsten før den gjorde en dipp i midten av november som falt sammen med den store oppblomstringen av fureflagellaten *Lepidodinium*. Saltholdigheten var høyest i januar (30,1). Saltholdigheten over de siste fem år er vist i **Figur 7**. Det er større årlig variasjon i saltholdighet enn i temperatur (Figur 5).

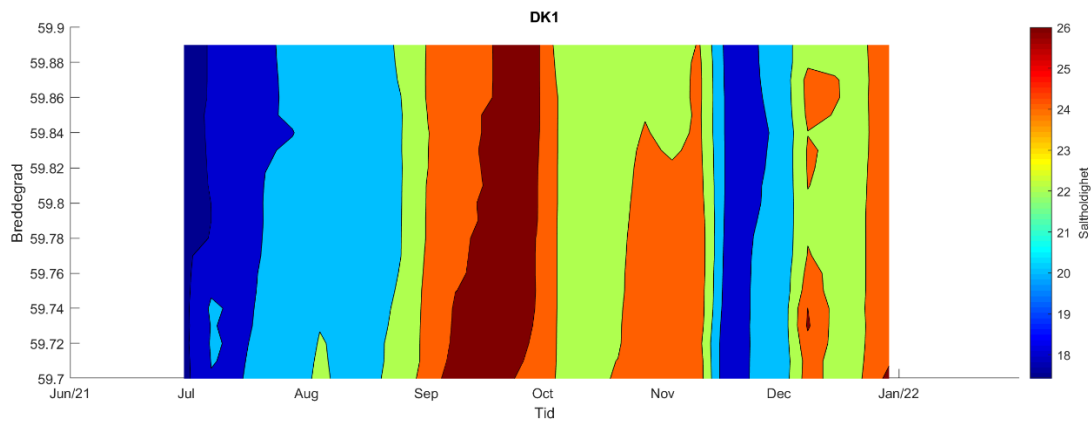
I **Figur 8** vises sensordata av oppløst organisk materiale (fDOM) fra 2021 i de periodene Color Fantasy var i drift (juli-desember). Verdiene varierte mellom 1,6 and 3,4 mg C/l.



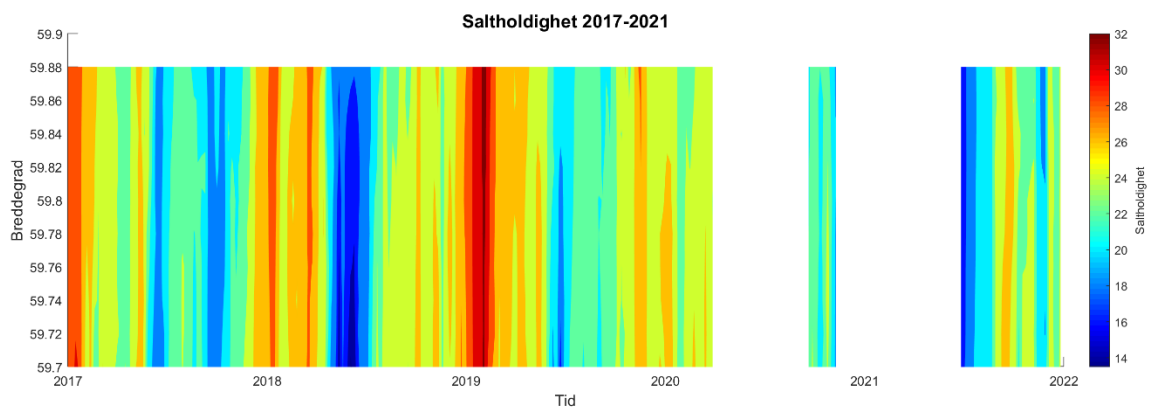
Figur 4. Måledata for temperatur (fargeskala) over tid (x) i 2021 på 4 meters dyp i Vestfjorden mellom Fagerstrand og Oslo havn, 59,7-59,9 °N (y). Stasjon DK1 er på breddegrad 59,84 °N (y). (Grunnet Covid-19 nedstengningen mangler data mellom 1 januar og 29 juni 2021.).



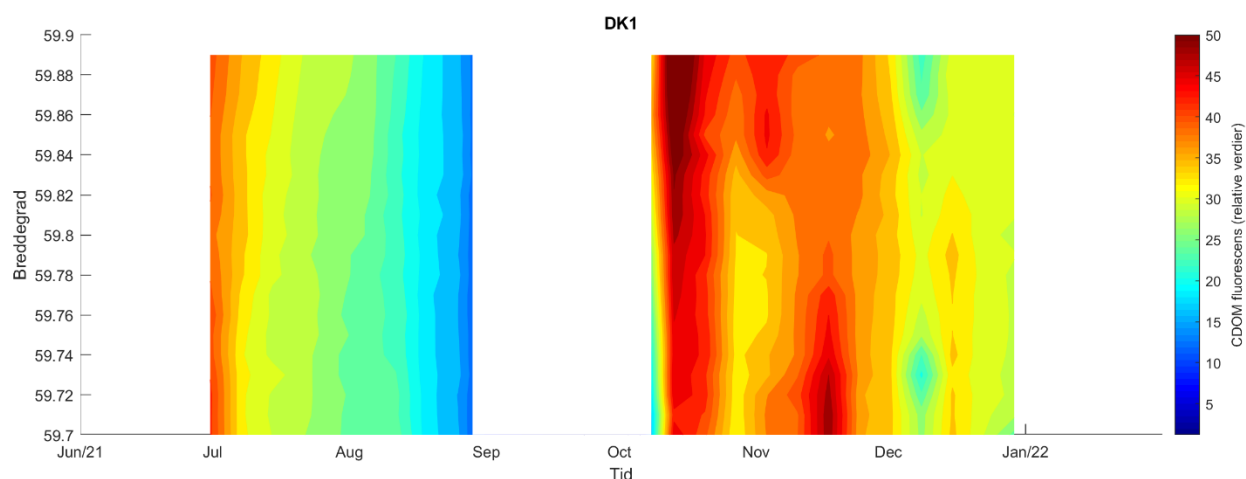
Figur 5. Tidsserieplott (x) for temperatur (fargeskala) for perioden 2017-2021 på 4 meters dyp i Vestfjorden mellom Fagerstrand og Oslo havn, 59,7-59,9 °N (y). (Grunnet Covid-19 nedstengningen mangler data mellom 11 mars og 25 mai 2020 og 1 januar og 29 juni 2021).



Figur 6. Måledata for saltholdighet (fargeskala) over tid (x) i 2021 i Vestfjorden fra Fagerstrand til Oslo Havn mellom 59,7-59,9 °N (y). (Grunnet Covid-19 nedstengningen mangler mellom 1 januar og 29 juni 2021).



Figur 7. Tidsserieplott for saltholdighet (fargeskala) fra 2017-2021(x) i Vestfjorden fra Fagerstrand til Oslo havn mellom 59,7- 59,9 °N (y). (Grunnet Covid-19 nedstengningen mangler data mellom 11 mars og 25 mai 2020 og 1 januar og 29 juni 2021).



Figur 8. Måledata for CDOM fluorescens (Rel. verdier) for 2021 fra Vestfjorden fra Fagerstrand til Oslo Havn mellom 59,7-59,9 °N (Grunnet Covid-19 nedstengningen mangler data mellom 1 januar og 29 juni 2021).

3.2 Næringsalter og DOC

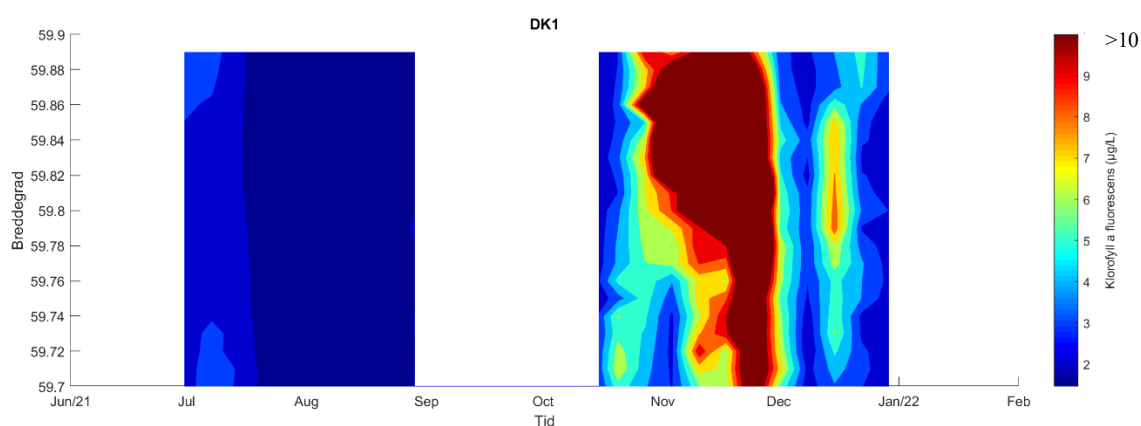
I denne datarapporten er det ikke gjort noen tilstandsklassifisering, men data er ment å gå inn i hovedrapporten for fjorden hvor klassifiseringen blir gjort. Næringssaltkonsentrasjonene (**Tabell 2**) faller innenfor hva som er normalsituasjonen for Oslofjorden.

Tabell 2. Næringsalter, løst organisk karbon, klorofyll-a, temperatur og saltholdighet fra 4 m dyp ved Steilene. Total Nitrogen ble analysert av NIVA og Eurofins. Grunnet Covid-19 nedstengning ble stasjonen prøvetatt manuelt på ulike tokt i Oslofjorden fram til 30 juni 2021.

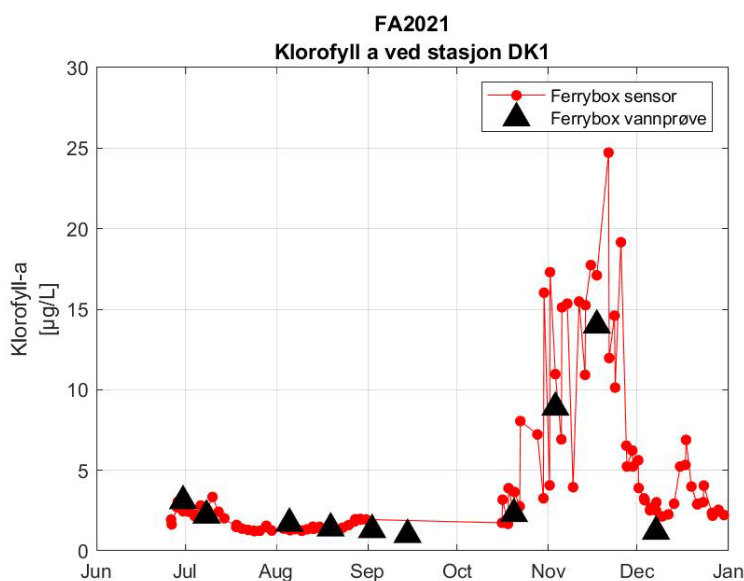
Dato	Tid	Total fosfor	Fosfat	Total nitrogen	Ammonium	Silikat	Løst organisk karbon	Klorofyll a	Nitritt + nitrat	Temp.	Saltholdighet
Enhet		µg P/l	µg P/l	µg N/l)	µg N/l	µg SiO ₂ /l	mg C/l	µg/l	µg N/l	°C	PSU
11.02	17:54	35	32	400	5,2	1290	1,6	0,08	240	6,37	30,88
08.03	09:59	13		240			2,5	1		2,98	26,91
29.03	10:05	20		320				6,1		5,14	27,55
13.04	13:16							0,95		5,76	26,84
22.04	08:30	17		270				0,83		7,13	30,35
18.05	14:34	6,5	< 1	210	< 3	30	1,7		6,4	10,36	27,74
11.06	09:23	16		330			3,4	2,6		18,00	15,72
30.06	06:51	10		260				3,1		19,67	17,48
08.07	07:11	10		250			3,2	2,2		20,76	18,28
05.08	07:16:	10		240			2,6	1,7		19,24	20,77
19.08	07:18							1,4		18,64	21,59
02.09	07:17	10		230			2,2	1,3		17,45	23,91
14.09	07:18	11		240				1		16,09	25,65
08.10	07:14									13,35	24,56
20.10	07:14	12		310			2,5	2,3		10,51	23,26
03.11	08:23	15	6,1	290	24	410	1,8	8,9	18	10,25	23,46
17.11	08:21	7,2	1,1	260		68	2,5	14		8,52	19,56
07.12		15	9	330		710		1,2	113	6,02	23,31

3.3 Klorofyll-a i Vestfjorden på 4 meter 2021

Klorofyll-a konsentrasjonen målt med kontinuerlige sensormålinger av klorofyll-a fluorescens fra FerryBox i Vestfjorden er vist i **Figur 9**. Figuren er begrenset til verdier under $10 \mu\text{g}$ klorofyll-a/L for å kunne vise variasjonen gjennom året med relevant fargeskala. Verdier over $10 \mu\text{g}$ klorofyll-a/L er derfor alle mørkerøde og viser ingen variasjon. På grunn av covid 19 nedstegningen mangler data fra 1 januar til 30 juni, men utviklingen av klorofyll-a målt i vannprøver for hele året vises i **Figur 13** (øverst). Det var lave klorofyllverdier i perioden januar til mars. Klorofyllverdiene fra vannprøver viste at våroppblomstringen pågikk 29 mars. I perioden april – oktober ble det registrert relativt lave verdier (rundt $2,5 \mu\text{g}/\text{l}$ eller lavere). I november og desember øker verdiene markant, 17 november måles det $14 \mu\text{g}/\text{l}$ klorofyll-a. Dette faller sammen med en massiv oppblomstring av fureflagellaten *Lepidodinium* med 35 millioner celler/l.



Figur 9. Måledata for klorofyll-a fluorescens for 2021 fra Vestfjorden fra Fagerstrand til Oslo Havn mellom $59,74$ - $59,84^\circ\text{N}$. Stasjon DK1 er på breddegrad $59,84^\circ\text{N}$. På grunn av covid 19 nedstegning mangler data fra 1 januar til 30 juni.



Figur 10. Utviklingen av klorofyll-a innsamlet og analysert på Dk1 for 2021. På grunn av covid 19 nedstegning mangler data fra 1 januar til 30 juni.

3.4 Satellittdata fra Sentinel-2

Data fra optiske satellitter er avhengig av skyfrie dager. Når det er skyer på dager med satellitt-passeringer, kan data legges sammen i en månedsmiddelverdi for å gi et godt bilde over sesongvariasjonen. I **Figur 11** vises middelverdien av klorofyll-a fra Sentinel-2 data mellom mars og september 2021, der man kan se våroppblomstringen i den sørlige delen av Oslofjorden i mars. Klorofyll-a konsentrasjonene var høyere i Indre Oslofjorden i april, juni og august.

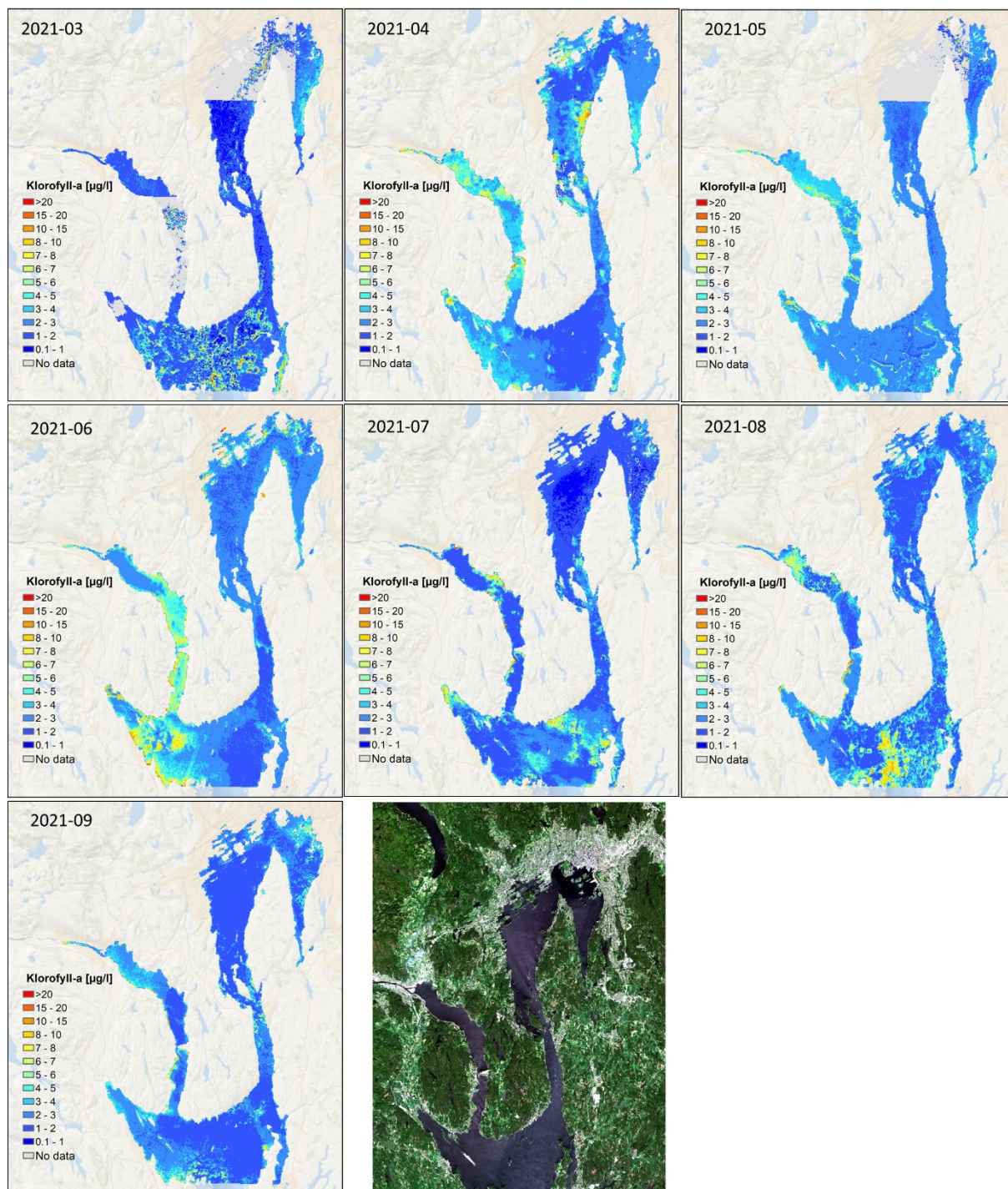
Figur 12 viser tidsserier for klorofyll-a konsentrasjonen ved tre stasjoner i Indre Oslofjorden beregnet fra Sentinel-2 satellitten sammenlignet med *in situ* data som faller innenfor tidsrommet for satellitt-observasjonene; FerryBox stasjonen Dk1- Steilene, stasjon Im2- Elle og Gk1- Gråøyrenna. *In situ* målingene fanger opp den store *Lepidodinium*-oppblomstringen i november, i en periode da det ofte er vanskelig å få korrekte satellitt observasjoner. Solen står lavt på himmelen og innstrålingen er lav, og dette gir lav refleksjon til sensoren på satellitten. For stasjon Dk1- Steilene og Im2- Elle stemmer satellitt data og *in situ* observasjonene godt overens. På stasjon Gk1- Gråøyrenna var det kun ett *in situ* data punkt i desember 2021. Satellittbilder over Nordsjøen og Ytre Oslofjorden fra oppblomstringen i november vises i **Vedlegg B** sammen med data for andre stasjoner.

Det kan være uoverensstemmelser mellom satellitt data og fysiske observasjoner (f.eks. hvis data er fra ulike tidspunkt, målt på ulike måter eller at det er andre signaler i vannet som f.eks humus stoffer eller i atmosfæren som forstyrrer signalene), men generelt gir dataene god informasjon og den relative variasjonen er korrekt.

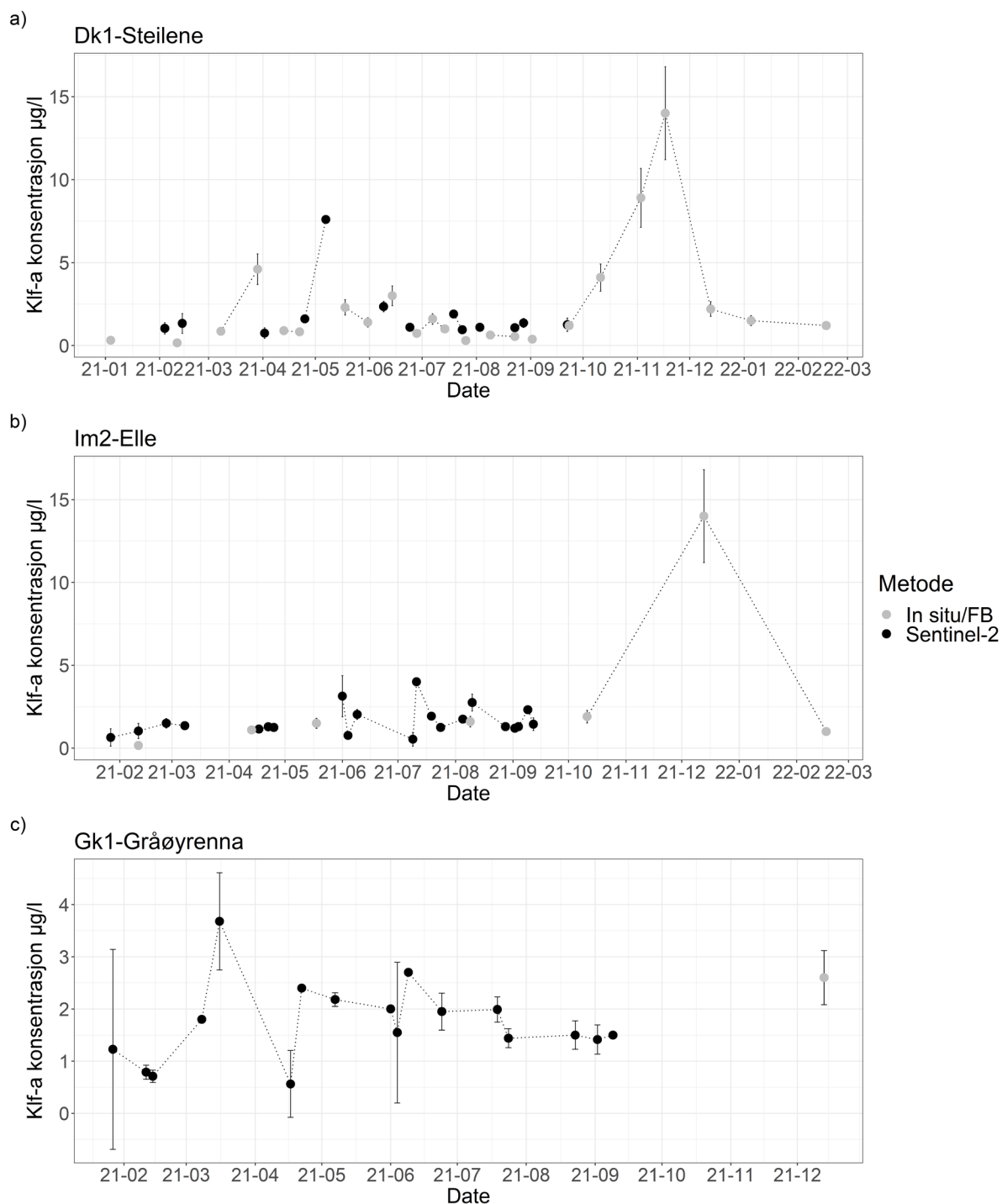
Tabell 3 viser antall observasjoner fra satellitt og *in situ* målinger i perioden 01.02.2021- 30.09.2021. For noen av stasjonene ga satellitt målinger dobbelt så mange observasjoner i perioden og for andre som har veldig få *in situ* observasjoner (Fl1, Gk1 og Im1) ga satellitt observasjonene data som ellers ikke ville ha blitt samlet inn.

Tabell 3. Antall observasjoner mellom 01.02.2021- 30.09.2021 per stasjon og metode.

Station	Antall observasjoner <i>in situ</i>	Antall observasjoner satellitt
Ap2- Kavringen	16	4
Aq3 - Bjørvika	16	9
Bl4 - Bærumsbassenget	13	11
Bn1 - Lysakerfjorden	16	20
Cq1 - Bekkelagsbassenget	16	10
Dk1 - Steilene	16	13
Ep1 - Bunnefjorden	16	16
Fl1 - Søndre Langåra	4	17
Gk1 - Gråøyrenna	0	16
Gp2 - Bunnebotten	14	24
Im2 - Elle	4	20



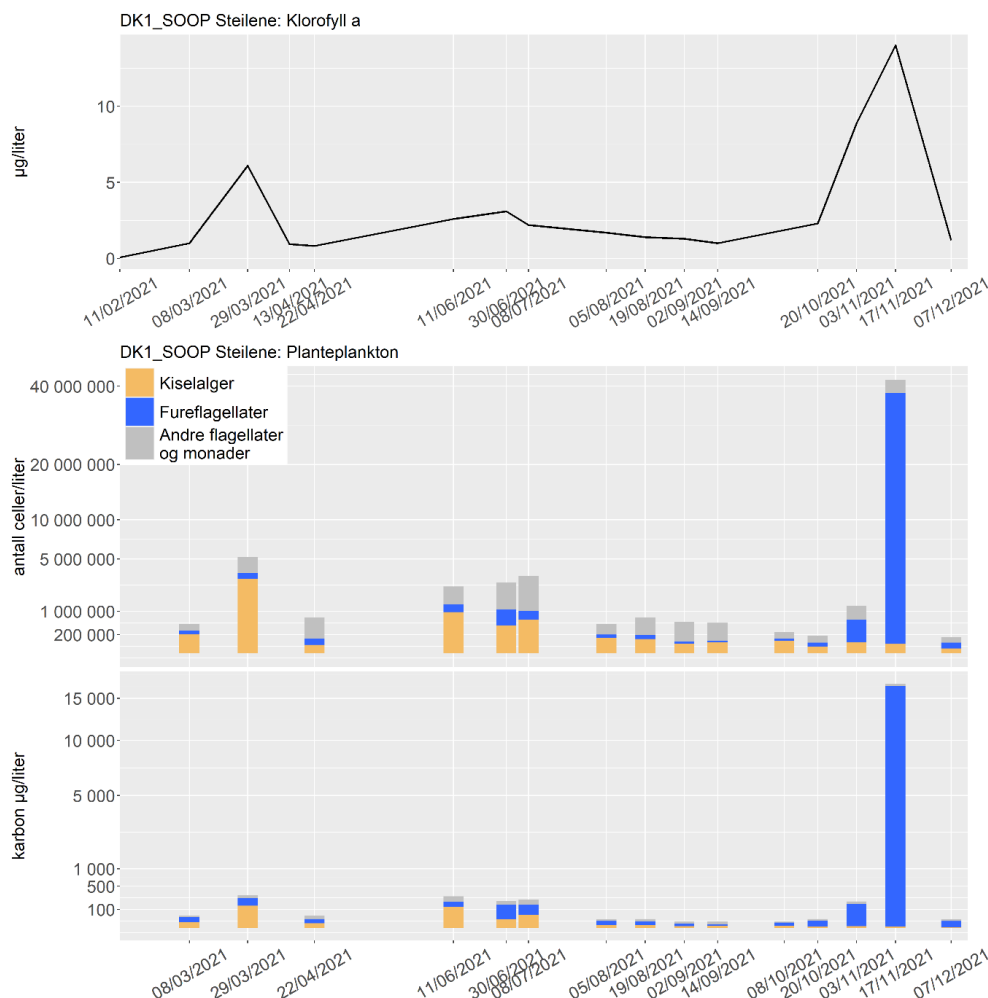
Figur 11. Månedss middelverdien av klorofyll-a konsentrasjon i 2021 baser på Sentinel-2, MSI data (iCOR prosessert av Vito). Oppløsning per pixel er $100 \times 100\text{m}$.



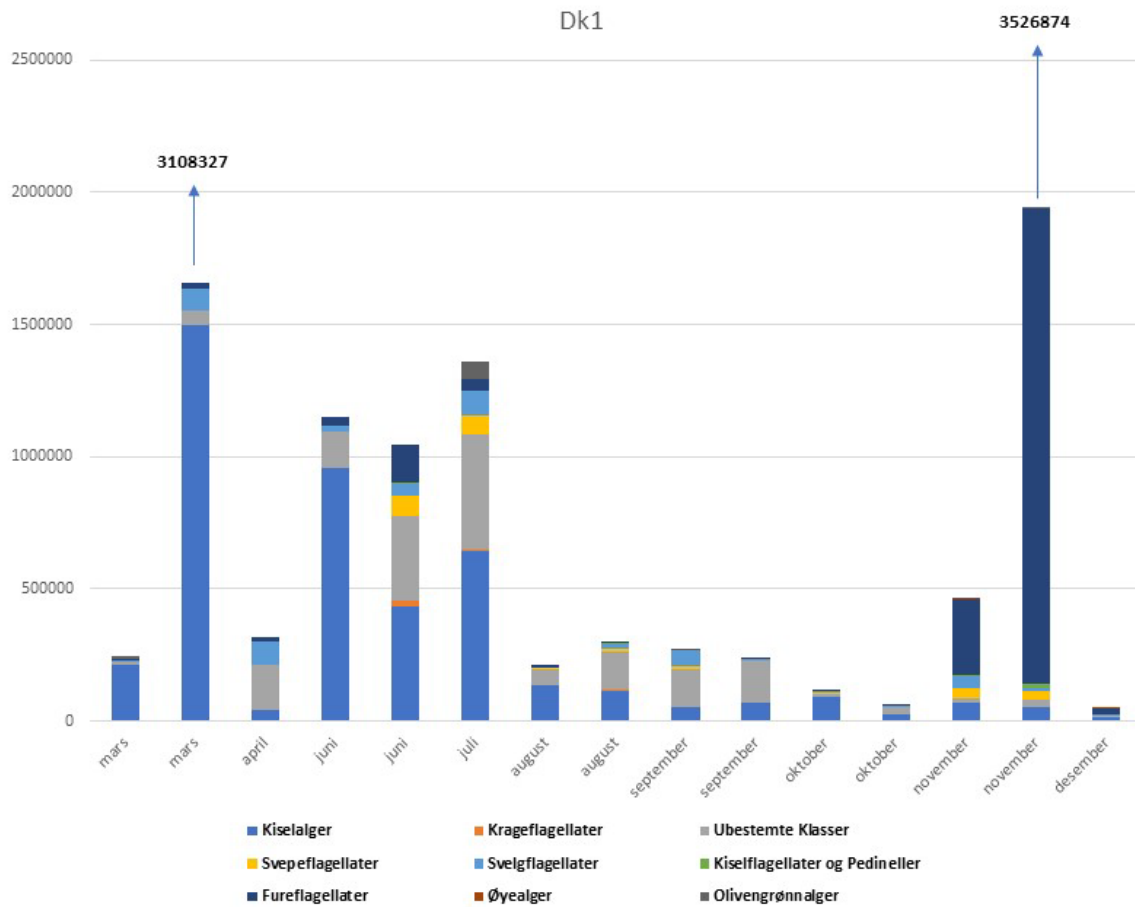
Figur 12 viser tidsserier for klorofyll-a konsentrasjonen ved tre stasjoner i Indre Oslofjorden beregnet fra Sentinel-2 satellitten sammenlignet med *in situ* data som faller innenfor tidsrommet for satellitt-observasjonene; FerryBox stasjonen Dk1- Steilene, stasjon Im2- Elle og Gk1- Gråøyrenna. *In situ* målingene fanger opp den store *Lepidodinium*-oppblomstringen i november, i en periode da det ofte er vanskelig å få korrekte satellitt observasjoner. Solen står lavt på himmelen og innstrålingen er lav, og dette gir lav refleksjon til sensoren på satellitten. For stasjon Dk1- Steilene og Im2- Elle stemmer satellitt data og *in situ* observasjonene godt overens. På stasjon Gk1- Gråøyrenna var det kun ett data punkt i desember 2021. Data for andre stasjoner vises i Vedlegg B.

3.5 Plankton i Vestfjorden på 4 meters dyp i 2021

Planteplanktonsamfunnets utvikling gjennom året 2021 er illustrert i **Figur 13** og **14** og artsliste finnes i vedlegg A. Det ble observert lite alger i begynnelsen av året. Våroppblomstringen ble registrert i slutten av mars. Den var som normalt dominert av kiselalger og det var spesielt mye av *Chaetoceros socialis* og *C. debilis*. I juni og juli var det langt færre alger og samfunnet var variert med en del *Chaetoceros*- og *Pseudo-nitzschia*-arter og nakne fureflagellater samt svepeflagellater, kiselflagellater, svelgflagellater og olivengrønnaalger. I august, september og begynnelsen av oktober ble det registrert lite alger. De første *Lepidodinium*-cellene (**Figur 15**) ble registrert åttende oktober og de høyeste celletallene (35 millioner/l) på 17 november. Sjuende desember var oppblomstringen på hell og det ble registrert 135 000 celler/l og lave klorofyll-a verdier. Giftige arter observeres hvert år i Oslofjorden. Hvilke arter som observeres varierer, og det gjør også mengden av disse. De skjelligiftige fureflagellatene *Dinophysis acuminata* og *D. norvegica* ble registrert i vår og sommerperioden og *D. acuta* i oktober. De fiskegiftige fureflagellatene *Karenia mikimotoi* og *Karlodinium veneficum* ble registrert i små mengder i henholdsvis juli og august. Artsidentifikasjonen er usikker da begge krever elektronmikroskopi eller genetiske metoder for sikker identifikasjon.



Figur 13. DK1 Vestfjorden, 4 m dyp. Utvikling av klorofyll-a, over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst) fordelt på gruppene kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).



Figur 14. DK1 Vestfjorden, 4 m dyp. Utviklingen av de ulike planteplankton-gruppene i 2021 fordelt på kiselalger, fureflagellater og andre flagellater og monader (svepeflagellater, krageflagellater, svelgflagellater, øyealger, ubestemte klasser, kiselflagellater og pedinellider samt olivengrønnalger). Det er flest av kiselalgene og fureflagellatene det er flest av. Det er også mange planteplankton som ikke kan bestemmes til gruppe (ubestemte klasser).



Figur 15. Lysmikroskopi bilde av den grønne fureflagellaten *Lepidodinium spp.* fra oppblomstringen i oktober - november 2021.

Vedlegg A. Rådata – planteplankton Steilene 2021

Vedleggstabell 1 – Antall celler/Liter

Antall celler/liter for DK1_SOOP Steilene 4 m	08/03	29/03	22/04	11/06	30/06	08/07	05/08	19/08	02/09	14/09	08/10	20/10	03/11	17/11	07/12
Bacillariophyceae (kiselalger)															
<i>Achnanthes spp.</i>	.	.	.	.	143748	329967	122550	107844	44118	52288	91504	26961	1634	8170	1634
<i>Attheya spp.</i>	2451	6534	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cerataulina pelagica</i>	.	.	.	640	160083	245025	40	40	.	.	.	.	80	.	.
<i>Chaetoceros affinis</i>	200	400	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	.	1280	39697	695871	26136	19602	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros danicus</i>	13889	29403	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros debilis</i>	.	463914	.	32670	240	.	.	.	.	.	.	.	.	.	160
<i>Chaetoceros decipiens</i>	.	.	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros diadema</i>	.	21360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros laciniosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	120
<i>Chaetoceros socialis</i>	4902	2574396	480	13068	52272	13068	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	200	.	.	2731
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	.	.	.	.	.	.	1634	.	1634	.	.	.	.	.	.
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	40	.	.	40	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Coscinodiscus spp.</i>	.	160	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	.	.	.	.	3267	3267	3268	4902	8170	16340	.	.	.	.	.
<i>Cylindrotheca closterium</i>	.	.	.	39204	13068	3267	40	160	.	80	80	80	400	240	120
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	.	.	.	52272	6534	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Entomoneis spp.</i>	.	.	.	.	.	13068	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptocylindrus danicus</i>	12255	.	.	.	.	.	.	1640	360	120	.	160	.	.	120
<i>Licmophora spp.</i>	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

<i>Navicula transitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	817
Pennate kiselalger 4-6x15-25 µm	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4902	.	817
Pennate kiselalger 4-6x35-50 µm	.	.	.	.	.	.	3268	.	.	.	.	.	.	.	.
Proboscia alata	320	5280	.	80	160	320	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pseudo-nitzschia delicatissima-grupper	817	.	120	52272	29403	13068	3840	760	40	40	.	360	60458	37582	.
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5719
Pseudo-nitzschia seriata-grupper	.	400	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	440	.	.
Rhizosolenia setigera	200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhizosolenia setigera f. pungens	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.
Skeletonema spp.	170753	.	280	68607	.	.	.	.	.	160	.	240	.	2880	2000
Thalassionema nitzschioides	.	5200	1040	2280	.	.	.	.	200	.	.	.	.	.	80
Thalassiosira anguste-lineata	600	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thalassiosira cf. pseudonana	.	.	.	.	.	3267	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thalassiosira spp.	4085	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1634	200
Sum:	210512	3108327	41737	957004	434951	643919	134680	115386	54522	69028	91584	28001	67914	50506	14518
Choanoflagellata (krageflagellater)															
Monosiga spp.	.	.	.	.	.	.	.	1634	.	.	.	.	.	.	.
Salpingoeca spp.	.	.	.	.	19602	3267	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sum:	0	0	0	0	19602	3267	0	1634	0	0	0	0	0	0	0
Chrysophyceae (gullalger)															
Dinobryon spp.	.	.	.	13068	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sum:	0	0	0	13068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ciliophora (ciliater)															
Ciliophora 15-25 µm	440	.	.	.	40	40	.	80	80	80	40	120	80	.	40
Ciliophora 15-25x30 µm	.	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.

NIVA 7748-2022

<i>Ciliophora 45-55 µm</i>	.	.	.	.	.	120	.	.	.	.	.	40	.	.	.
<i>Ciliophora 5-15 µm</i>	5719	3267	.	.	3267	6534	1634	.	.	.	817	1634	.	3268	.
<i>Laboea strobila</i>	1440	640	400	.	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lohmanniella oviformis</i>	.	960	360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mesodinium rubrum</i>	.	240	.	5040	120	40	.	40	40	.	.	.	.	.	.
<i>Strombidium spp.</i>	40	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sum:	7639	5107	760	5040	3547	6734	1634	120	160	80	857	1794	80	3268	40

Classes incertae sedis (ubestemte klasser)

<i>Monader 10-15 µm</i>	.	3267	6534	16335	.	13068	3268	3268	1634	3268	.	2451	1634	1634	817
<i>Monader 3-5 µm</i>	8170	32670	130680	65340	245025	378972	47386	107844	122550	151962	7353	17974	11438	14706	.
<i>Monader 5-7 µm</i>	5719	16335	32670	58806	78408	42471	11438	34314	17974	4902	2451	6536	4902	11438	2451
Sum:	13889	52272	169884	140481	323433	434511	62092	145426	142158	160132	9804	26961	17974	27778	3268

Coccolithophyceae (kalk- og svepeflagellater)

<i>Emiliana huxleyi 2-4 µm</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7353	.	40850	37582	3268
<i>Emiliana huxleyi 4-6 µm</i>	.	.	.	.	13068	71874	.	8170	6536	1634	.	.	.	.	.
<i>Haptofytter 2-4 µm</i>	.	.	.	.	.	.	4902	3268	3268	.	1634	.	.	.	.
<i>Haptofytter 4-6 µm</i>	.	.	.	.	58806	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sum:	0	0	0	0	71874	71874	4902	11438	9804	1634	8987	0	40850	37582	3268

Cryptophyceae (svelgflagellater)

<i>Cryptophyceae 3.5x6 µm</i>	.	.	.	.	.	94743	.	16340	53922	.	.	.	.	.	.
<i>Cryptophyceae 4.5x8 µm</i>	1634	68607	78408	13068	49005	.	1634	.	.	1634	817	817	6536	1634	817
<i>Cryptophyceae 7x10-12 µm</i>	1634	16335	9801	6534	.	.	1634	.	4902	1634	4085	817	35948	8170	5719
Sum:	3268	84942	88209	19602	49005	94743	3268	16340	58824	3268	4902	1634	42484	9804	6536

Dictyochophyceae (kiselflagellater og pedineller)

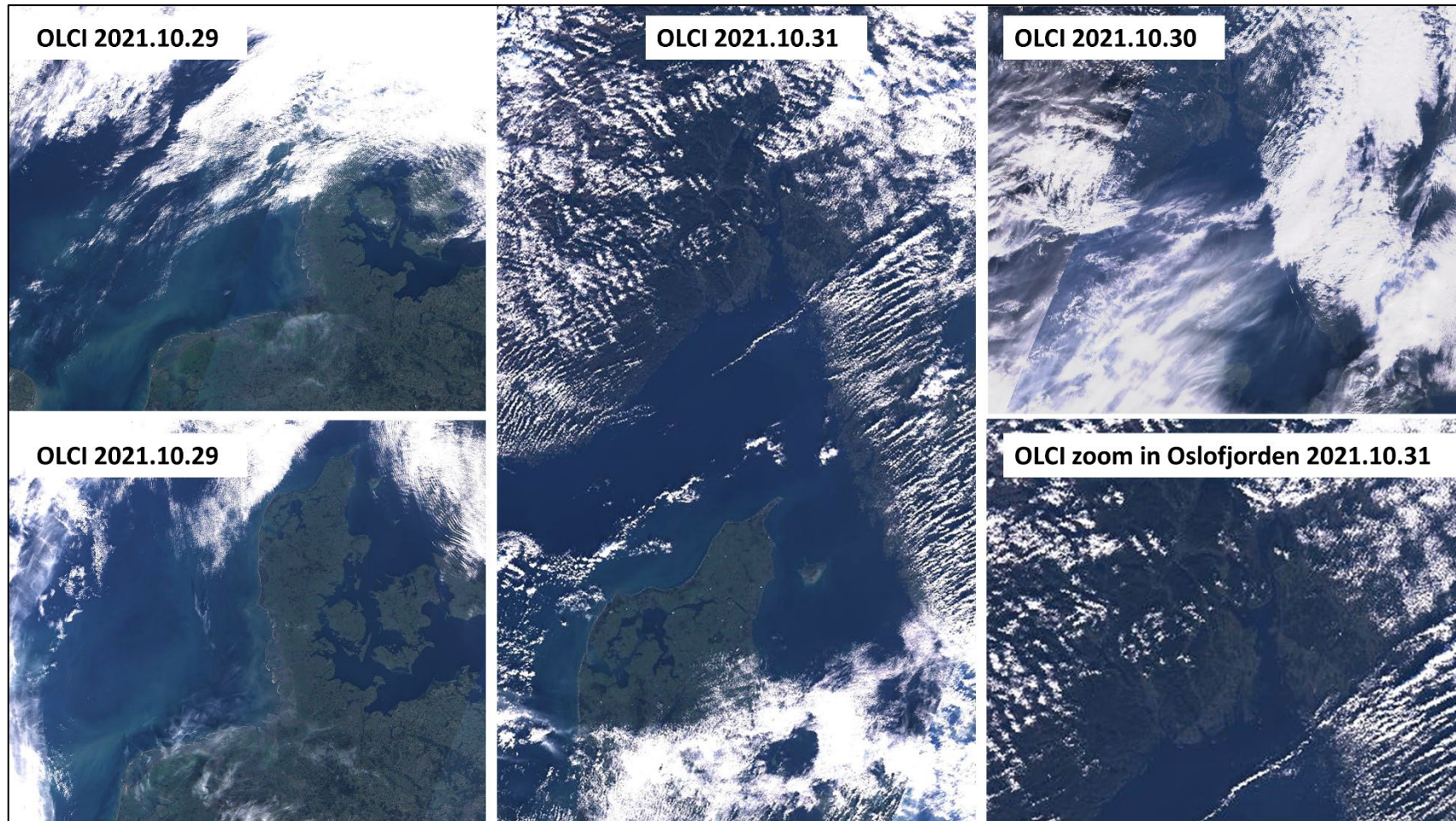
<i>Ciliophrys infusionum</i>	.	.	.	.	.	3267	.	.	.	1634	817	.	1634	1634	.
<i>Octactis speculum</i>	120	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	120	720	120
<i>Pseudopedinella spp.</i>	.	.	.	.	3267	.	.	3268	.	.	.	.	3268	13072	.
Sum:	120	0	0	0	3267	3267	0	3268	0	1634	817	0	5022	15426	120
Dinophyceae (fureflagellater)															
<i>Amphidinium longum</i>	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.
<i>Amphidinium spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	817	.	.	.
<i>Atekate fureflagellater 10-15 µm</i>	3268	.	.	.	.	29403	1634	4902	.	.	1634	817	6536	1634	817
<i>Atekate fureflagellater 15-20 µm</i>	.	.	9801	26136	130680	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Atekate fureflagellater 20-27 µm</i>	.	.	.	280	160	360	80	240	40	.	.	.	.	.	.
<i>Atekate fureflagellater 27-40 µm</i>	800	.	.	40	360	240	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Atekate fureflagellater 40-50 µm</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1320	320	.
<i>Atekate fureflagellater 5-10 µm</i>	.	16335	.	.	.	.	.	.	1634	1634	.	.	.	.	.
<i>Azadinium spp.</i>	.	.	.	.	3267	.	1634	.	.	.	.	1634	.	.	.
<i>cf. Alexandrium spp.</i>	.	.	.	.	160	120	.	.	.	.	.	40	.	.	240
<i>cf. Karenia spp.</i>	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>cf. Lepidodinium chlorophorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	45752	.	.
<i>Cochlodinium spp.</i>	.	3267	.	.	40	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dinophysis acuminata</i>	440	560	40	80	.	.	40	40	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dinophysis acuta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40	40	.	.	.
<i>Dinophysis dens</i>	40	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dinophysis norvegica</i>	120	720	360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gonyaulax polygramma</i>	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gonyaulax verior</i>	.	.	.	.	.	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gymnodinium vestificii</i>	.	.	3347	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.
<i>Gyrodinium spirale</i>	240	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Karlodinium spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	1634	.	.	.	.	.	.	.

<i>Lepidodinium cf. chlorophorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	480	200	223858	35253835	13464
<i>Lessardia elongata</i>	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polykrikos schwartzii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	80	.
<i>Prorocentrum cordatum</i>	120	.	6534	6534	3267	3267	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prorocentrum gracile</i>	.	.	.	.	.	.	280	440	360	120	80	240	160	.	.
<i>Prorocentrum micans</i>	.	.	.	.	120	680	1600	1040	480	120	680	2240	880	640	200
<i>Prorocentrum spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	480	.	.	.
<i>Prorocentrum triestinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40	.	40	.	.
<i>Protoceratium reticulatum</i>	.	.	.	.	.	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium brevipes</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	80	40
<i>Protoperidinium claudicans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium depressum</i>	.	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium divergens</i>	.	.	.	.	360	120	.	.	.	.	.	.	.	80	.
<i>Protoperidinium granii</i>	200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium oblongum</i>	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium ovatum</i>	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium pallidum</i>	.	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	800	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protoperidinium steinii</i>	120	.	.	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40
<i>Protoperidinium subinermis</i>	.	.	.	.	.	1520	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scripsiella-gruppen</i>	.	.	.	120	80	960	.	40	.	.	80	1120	8200	10960	4080
<i>Tekate fureflagellater 10-15 µm</i>	.	.	.	.	.	.	1634	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tekate fureflagellater 20-27 µm</i>	.	.	.	.	.	.	.	80	40	.	.	.	.	.	.
<i>Tekate fureflagellater 27-40 µm</i>	400	160	.	.	5280	.	.	.	80	.	120	.	320	640	280
<i>Tekate fureflagellater 40-50 µm</i>	.	.	80	.	.	3720	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Torodinium robustum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40	.	.	.	.
<i>Tripos furca</i>	.	.	.	.	200	.	.	.	.	.	.	.	160	160	.
<i>Tripos fusus</i>	.	.	.	.	40	160	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tripos lineatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	160	240	.

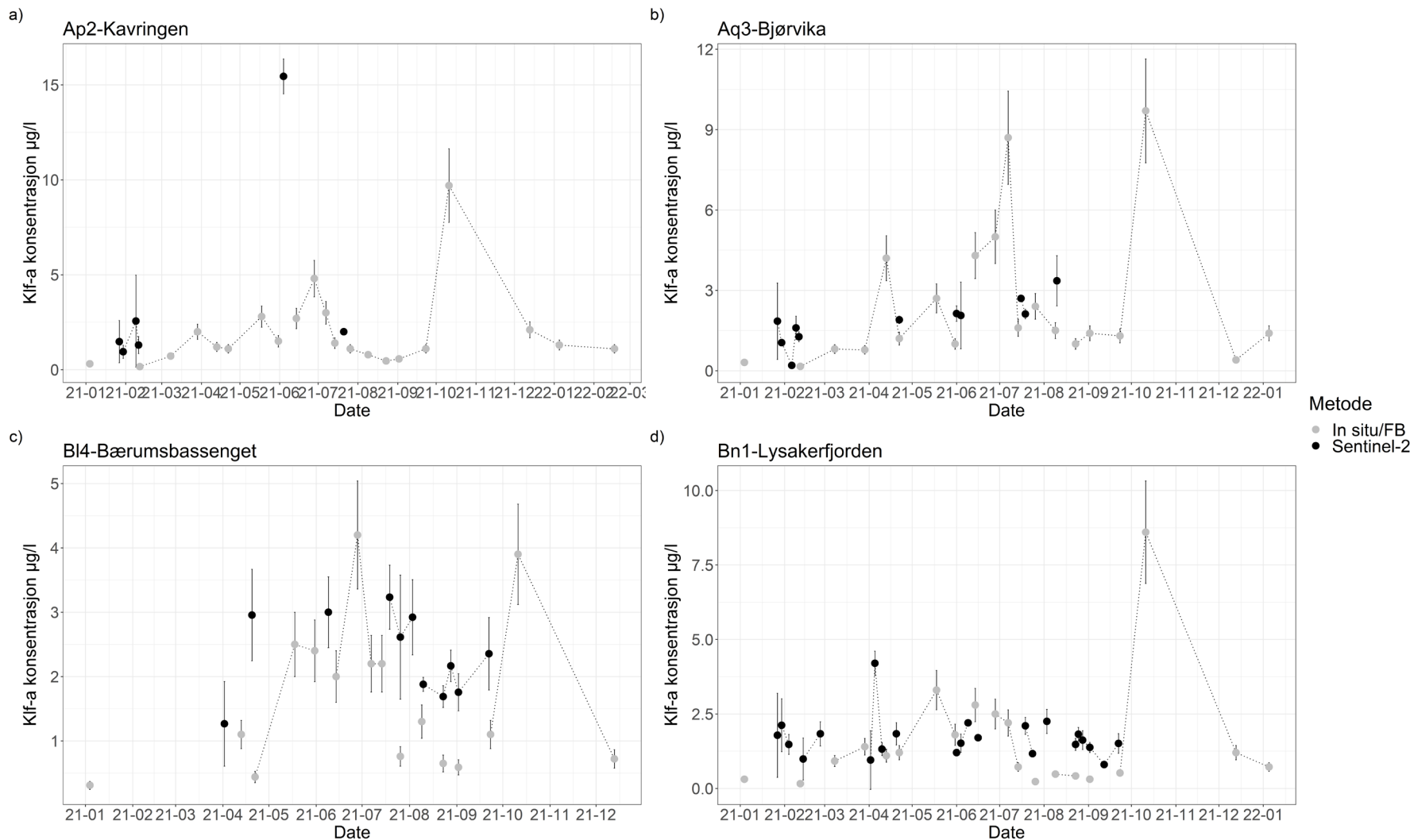
NIVA 7748-2022

<i>Tripes longipes</i>	.	80	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tripes muelleri</i>	.	.	.	720	120	80	.	.	.	.	.	.	280	80	.
Sum:	6628	21282	20202	33990	144214	40990	6902	8456	2634	1914	3194	7668	287666	35268749	19161
Euglenophyceae (øyealger)															
<i>Eutreptiella spp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1634	.	2451
Sum:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1634	0	2451
Prasinophyceae (olivengrønnaalger)															
<i>Pyramimonas spp.</i>	9804	.	.	.	.	68607	.	.	3268	.	.	.	.	1634	.
Sum:	9804	0	0	0	0	68607	0	0	3268	0	0	0	0	1634	0
Telonemea															
<i>Telonema spp.</i>	.	.	3267	.	.	6534	.	.	8170	9804	.	.	.	.	.
Sum:	0	0	3267	0	0	6534	0	0	8170	9804	0	0	0	0	0
Sum totalt:	251860	3271930	324059	1169185	1049893	1374446	213478	302068	279540	247494	120145	66058	463624	35414747	49362

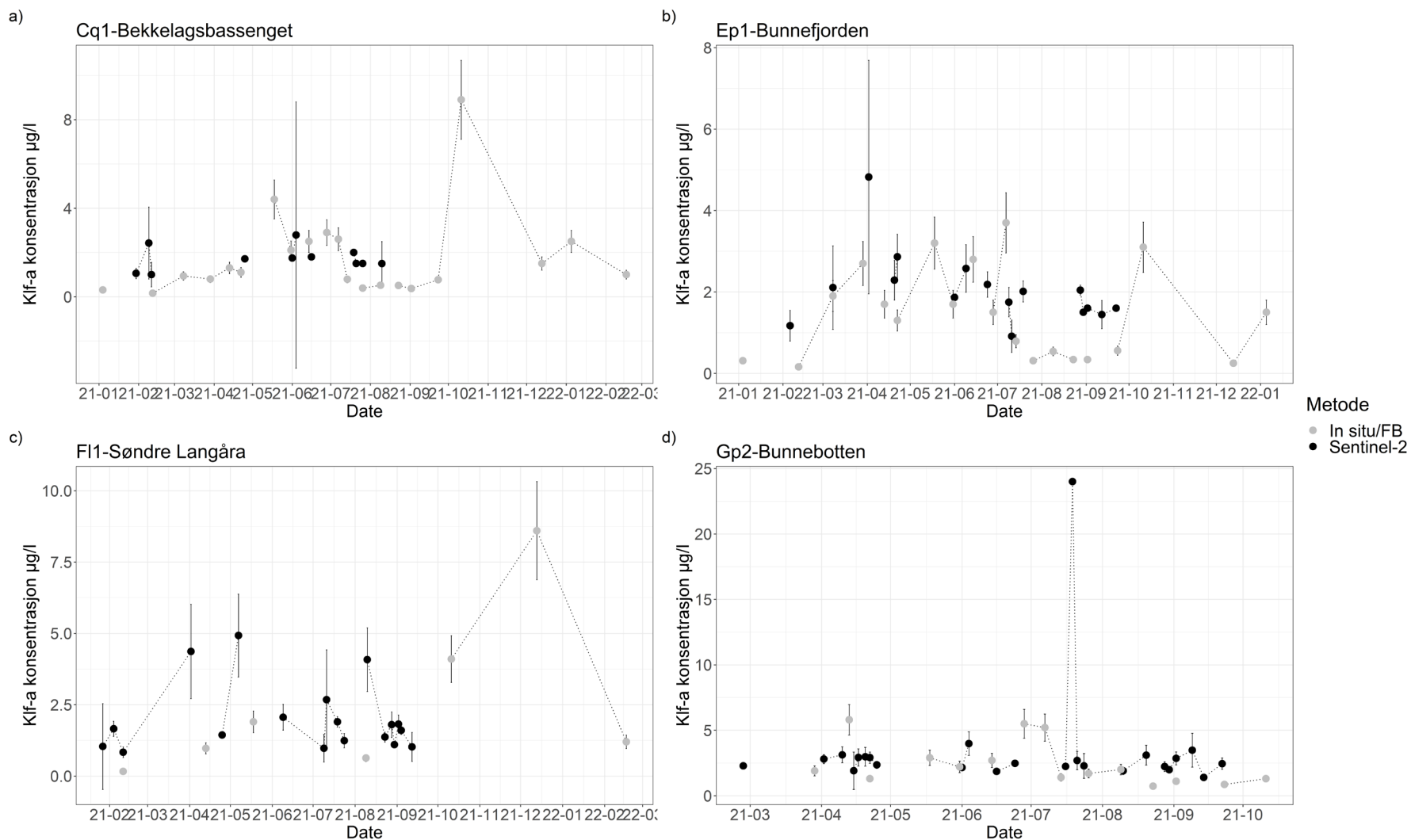
Vedlegg B. Satellitt bilder av oppblomstringen i oktober - november 2021



Vedleggs-figur 1. «True color» bilder fra Sentinel-3 satellittene (OLCI sensorer) i oktober 2021. Det er en kraftig oppblomstring i den Engelske kanal og langs med danske kysten. Tidspunktet sammenfaller med *Lepidodinium*-oppblomstringen som ble observert med FerryBox i Oslofjorden. Det er få satellitt bilder fra Oslofjorden i denne perioden som hadde nesten sammenhengende skydekke.



Vedleggs-figur 2. Tidsserier av klorofyll-a konsentrasjon $\mu\text{g/l}$ for 2021 for *in situ* prøvetagning og FerryBox data (grå) sammenlignet med middelverdien av 5-9 pixler fra satellitt ved stasjonen (sort); a) Ap2 - Kavringen, b) Aq3 - Bjørvika, c) B14 - Bærumsbassenget og d) Bn1 - Lysakerfjorden. Usikkerheten av satellittdata er standardavviket for hver dag og for *in situ* data 20 % avvik.



Vedleggs-figur 3. Tidsserier av klorofyll-a konsentrasjon $\mu\text{g/l}$ for 2021 for *in situ* prøvetagning og FerryBox data (grå) samlet med middelverdien av 5-9 pixler fra satellitt ved stasjonen (sort); a) Cq1 - Bekkelagsbassenget, b) Ep1 - Bunnefjorden, c) FI1 – Søndre Langåra og d) Gp2 - Bunnebotten. Usikkerheten av satellittdata er standardavviket for hver dag og for *in situ* data 20 % avvik.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressursspørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no