

Årsovervåkning med FerryBox og satellittdata - Indre Oslofjord 2022 - Datarapport



RAPPORT

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 2022 - Datarapport	Løpenummer 7859-2023	Dato 02.05.2023
Forfatter(e) Wenche Eikrem, Louise Valestrand, Therese Harvey, Pipatthra Saesin, Anfisa Berezina, August Tobiesen	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo, Akershus og Buskerud	Sider 21 + vedlegg

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

Sammendrag Denne rapporten presenterer resultatene fra årsovervåkingen utført for Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord i 2022 med bruk av NIVAs FerryBox system for måling og prøveinnsamling og fjernmålingsdata fra Copernicus-satellittene Sentinel-2 og 3. 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. Med månedlig prøvetagning kan man miste informasjon om flere oppblomstringer. 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, men satellitt data viste i perioder (april og oktober) høyere verdier. For mange stasjoner kunne antallet observasjoner fordobles og for andre med få eller ingen *in situ* observasjoner ga satellitt nye data. Samsvaret mellom satellittdata og *in situ* data var god.

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:

Prosjektleder/Hovedforfatter
Wenche Eikrem

Kvalitetssikrer
André Staalstrøm

Forskningsleder
Ailbhe Lisette Macken

ISBN 978-82-577-7595-7
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Årsovervåking med FerryBox og satellittdata-
Indre Oslofjord 2022 - 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 2022. Tidligere har denne undersøkelsen vært en del av hovedprogrammet i indre Oslofjorden, 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 i 2022 og har sammen med Louise Valestrand, og Therese Harvey skrevet rapporten. Louise Valestrand og Anette Engesmo har stått for feltarbeid. Wenche Eikrem, Louise Valestrand, Anfisa Berezina og August Tobiesen har bidratt med planktonanalyser og databehandling. Therese Harvey og Pipatthra Saesin har bidratt med satellitt-data.

Oslo, 02.05.2023
Wenche Eikrem

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
2	Metode	8
2.1	Observasjoner og parametere.....	8
2.2	FerryBox systemet	9
2.3	Kalibrering av sensorer	10
2.4	Satellittdata	10
3	Resultater 2022	12
3.1	Temperatur, saltholdighet og oppløst organisk materiale.....	12
3.2	Næringssalter og DOC	14
3.3	Klorofyll-a i Vestfjorden på 4 meter 2022	15
3.4	Satellittdata fra Sentinel-2 og Sentinel-3	16
3.5	Plankton i Vestfjorden på 4 meters dyp i 2022	19

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatene fra årsovervåkingen utført for Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord i 2022 med bruk av NIVAs FerryBox system for måling og prøveinnsamling og fjernmålingsdata fra Copernicus-satellittene Sentinel-2 og 3. 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. Med månedlig prøvetagning kan man miste informasjon om flere oppblomstringer. De øvrige sensordataene viser også 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 satellittdata for data som skal benyttes i klassifisering (sommerperioden). For mange stasjoner kunne antallet observasjoner fordobles og for andre med få eller ingen *in situ* observasjoner ga satellitt nye data. Samsvaret mellom satellittdata og *in situ* data var god, men satellitt data gav i perioder (april og oktober) høyere verdier.

Summary

Title: Årsovervåking med FerryBox og satellittdata - Indre Oslofjorden 2022

Year: 2023

Author(s): Wenche Eikrem, Louise Valestrand, Therese Harvey,

Pipatthra Saesin, Anfisa Berezina, August Tobiesen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7595-7

This report presents the results from “Årsovervåkingen med FerryBox og satellittdata”, the yearly monitoring undertaken for “Fagrådet for indre Oslofjord” in 2022 with the use of NIVA FerryBox system for continuous measurements and sampling and remote sensing data from the Copernicus satellite Sentinel-2 og 3. 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. With monthly sampling, one can lose information about several blooms. 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 for the summer period that will be used for classification, was good. In April and October, the satellite data showed higher values.

1 Introduksjon

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 Bekkelagsbassenget. 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 av fjorden (Årsobservasjoner-overflaten), dvs. FerryBox observasjoner, prøvetaking på en stasjon (Dk1), kjemi og planteplankton. Sensormålinger av gulstoff (Colored Dissolved Organic Matter, cDOM) har også blitt utført med fluorescens sensorer (fDOM), samt et utvalg av situasjoner med analyser av løst organisk karbon DOC (Dissolved Organic Carbon, DOM).

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 hovedundersøkelsen for fjorden og inngå i årsrapporten. Videre danner dataene grunnlaget for tolkning og validering av satellittdata.

2 Metode

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 minuttets 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). Skipet var ute av drift fra midten av januar til starten av mars grunnet covid-19 og en lenger periode i tørrdøkk. Det mangler også data i deler av juli og august grunnet elektriske problemer som hindret vanngjennomstrømning i FerryBox-systemet.

I programmet for 2022 inngikk sensormålinger av temperatur, salinitet, klorofyll-a fluorescens, cDOM fluorescens, turbiditet samt prøvetaking og analyse på stasjonen Dk1 av næringssalter, klorofyll-a og planteplankton. Næringssaltene som ble analysert i 2022 var total nitrogen (TotN), total fosfor (TotP) og de løste næringssaltene; nitrat+nitritt (NO₂+NO₃) fosfat (PO₄) og silikat (SiO₂) og løst organisk materiale (DOC), med analysemetode som vist i tabell 1.

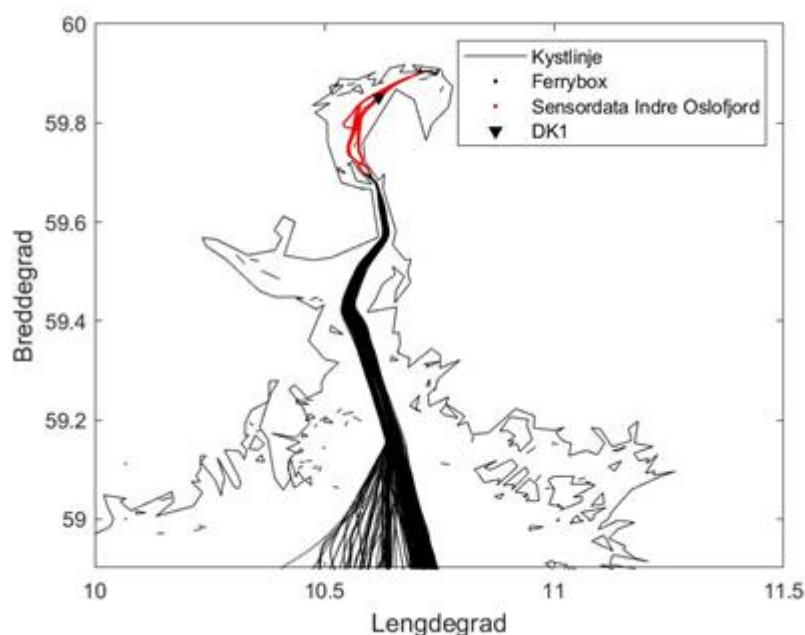
Alle vannprøvene i måleprogrammet for 2022 ble samlet inn på Steilene (Dk1). De kjemiske parametrene (TotP, TotN) ble samlet inn 15 ganger i løpet av året. De løste næringssaltene PO₄, NO₃ og SiO₂ ble samlet inn i vinter-månedene januar og desember. I programmet for 2022 inngikk analyse av kvantitative planteplankton prøver for perioden februar til desember med ca 2 ganger per måned (18 ganger). Klorofyll-a ble analysert regelmessig 2 ganger i måneden. Løst organisk karbon (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
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 tidspunkt 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 rute fra Skagerrak og Oslofjorden, med området for innsamling av sensordataene fra Indre Oslofjorden uthevet i rødt samt prøvetakingsposisjon for stasjonen Dk1, Steilene (svart trekant).



Figur 2. MS Color Fantasy illustrert med dekkens sensorer for lys (blå), havfarge (grønn), overflatetemperatur (rød), kommunikasjon til land og FerryBox systemets omtrentlige 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.

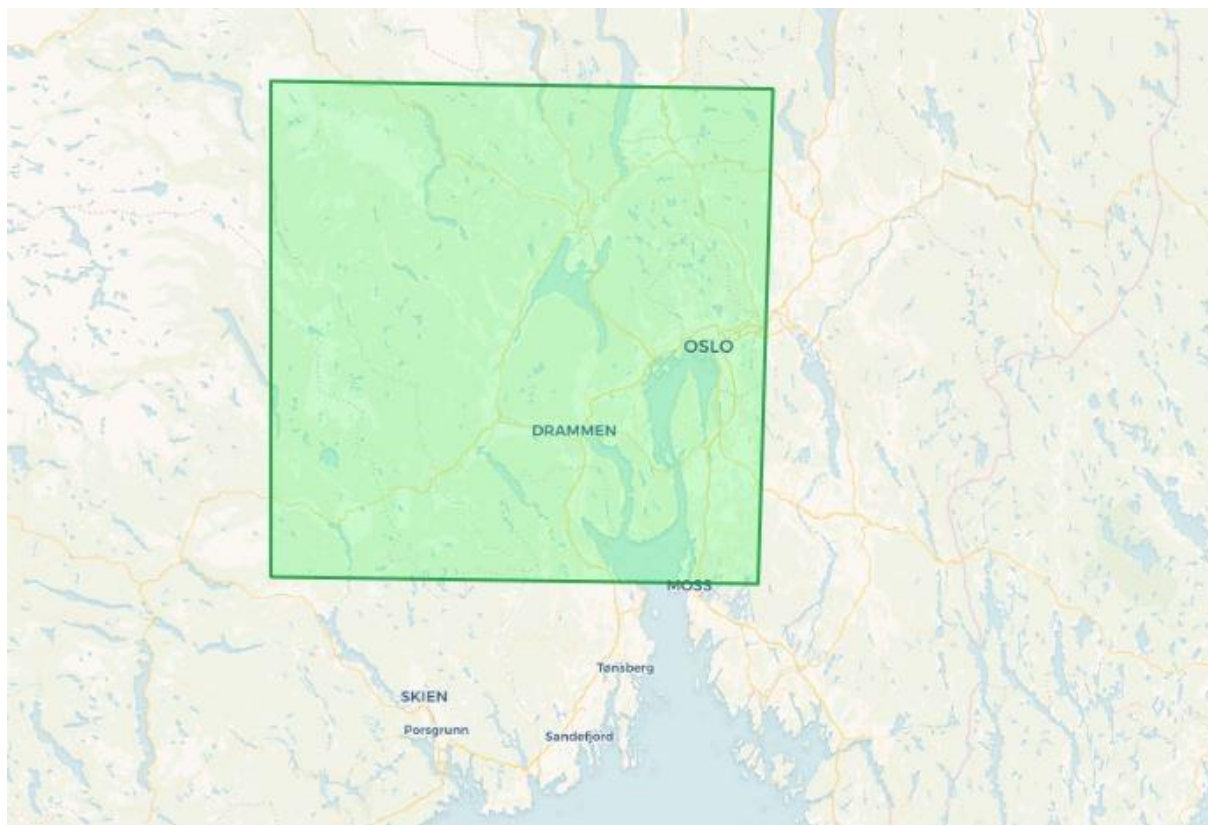
Sensorer for temperatur og saltholdighet ble regelmessig kvalitets-kontrollert med laboratoriemålinger av saltholdighet og med termometer om bord på båten. Dataene ble kontrollert ved sammenligning av temperatursensor ved innløp og temperatursensoren inne i termosalinografen. Sensorer for turbiditet 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-2 og Sentinel-3) har mulighetene for å inkludere nye teknikker økt og 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 absorpsjons- og sprednings-egenskaper. Ulike algoritmer kan benyttes, og i denne rapporten ble C2RCC algoritmen som er utviklet av Brockmann Consult i Tyskland (<https://c2rcc.org/>) brukt. Data fra optiske satellitter er avhengig av skyfrie dager og tilstrekkelig sollys for å kunne måle vannkvalitet.

I denne studien som er fra perioden mellom mars og november i 2022 har data fra Sentinel-2A og B satellittene (MSI sensor) og Sentinel-3A og B (OLCI sensor) blitt brukt. Sentinel-2 passerer hver 4-5 dag (romlig oppløsning på 60 m) og Sentinel-3 hver dag (romlig oppløsning på 300 m) over Norge i sommerperioden. Området som satellittdataene fra Sentinel-2 MSI dekker vises i figur 3 som en grønn skygge. For å dekke andre deler av fjorden trenger man ytterligere data fra Sentinel-2 eller bruke Sentinel-3 satellitten med OLCI sensoren som dekker hele Norge i et datasett for hver dag.

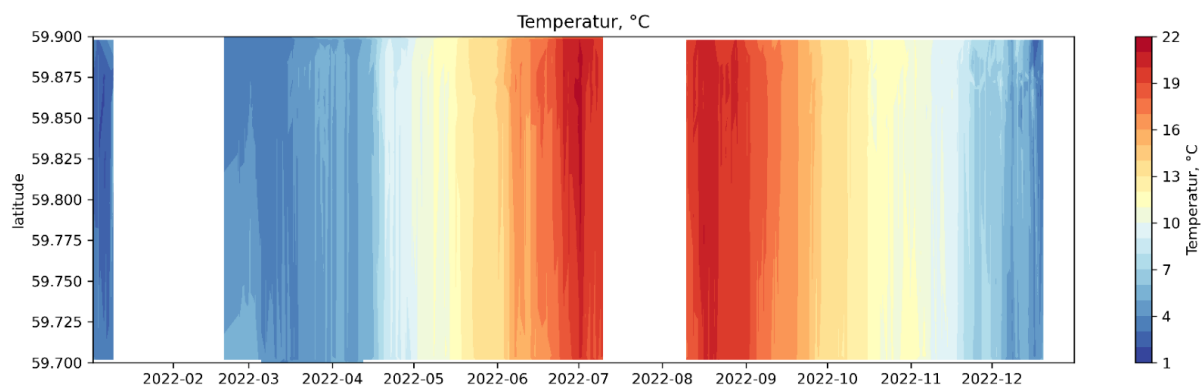


Figur 3. Dekning av satellitt data for Sentinel-2 MSI sensoren. Figur fra <https://creodias.eu/home>.

3 Resultater 2022

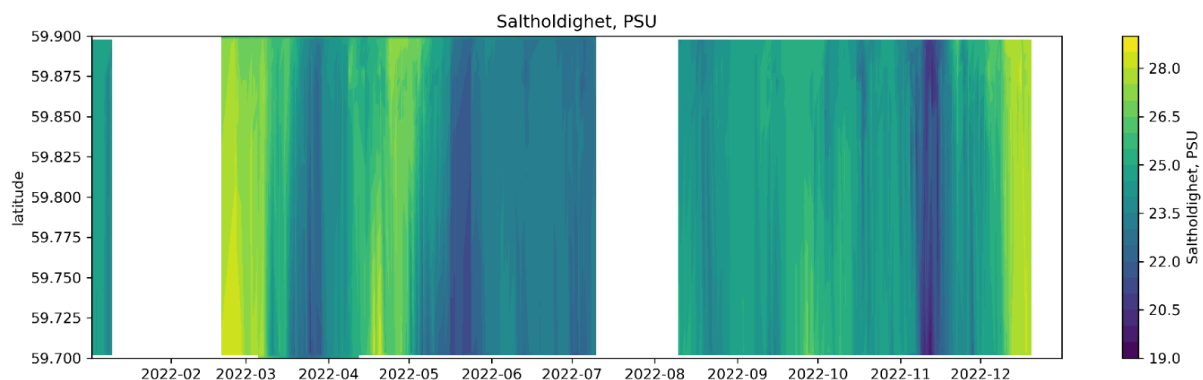
3.1 Temperatur, saltholdighet og oppløst organisk materiale

Temperaturen (figur 4) 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.) med verdier ned mot 1 °C i begynnelsen av januar og høyeste temperaturer opp mot 22 °C om sommeren i begynnelsen av juli.



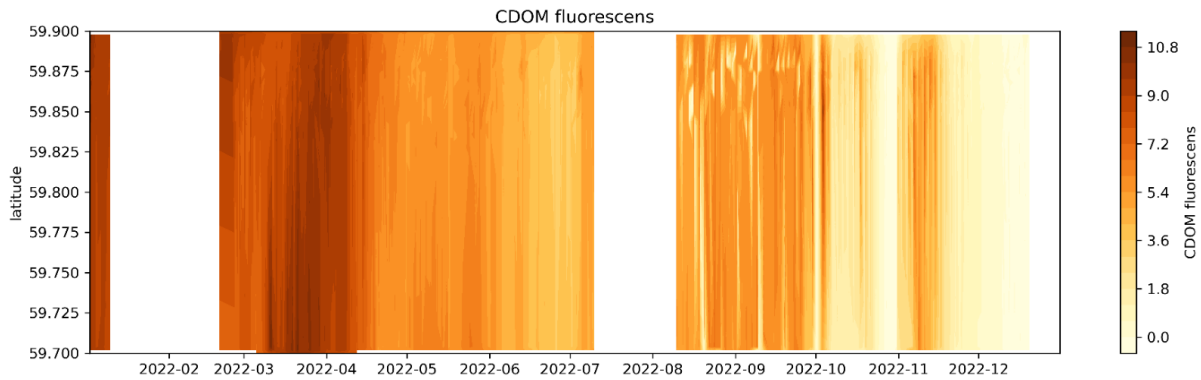
Figur 4. Måledata for temperatur (fargeskala) over tid (x) i 2022 på 4 meters dyp i Vestfjorden mellom Fagerstrand og Oslo havn, 59,7-59,9 °N (y). Stasjon DK1 er på breddegrad 59,84 °N (y). De hvite områdene hvor det mangler data skyldes covid-19 nedstengning samt at skipet var i tørrdock i februar, og det var elektriske problemer i august

Saltholdigheten i Vestfjorden for 2022 er vist i figur 5. De høyeste målingene var som forventet under vinterperioden. De laveste saltholdighetsverdiene var rundt 19 PSU og ble observert i slutten av mars, i mai og igjen i november. Til sammenlikning var de laveste verdiene i 2021 i begynnelsen av juni på 15,7 PSU. Det var et tørrere år med mindre ferskvannstilførsel i fjorden i 2022 sammenliknet med 2021, som forklarer høyere observert saltholdighet i 2022.

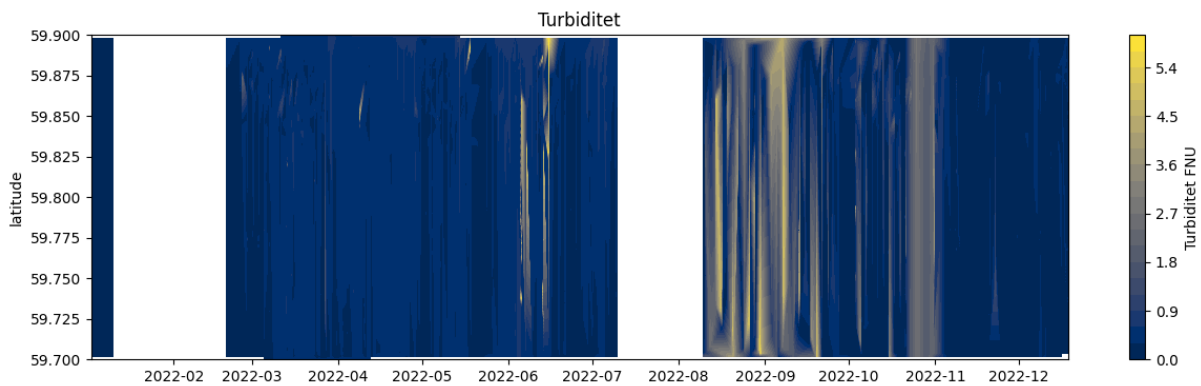


Figur 5. Måledata for saltholdighet (fargeskala) over tid (x) i 2022 i Vestfjorden fra Fagerstrand til Oslo Havn mellom 59,7-59,9 °N (y). De hvite områdene hvor det mangler data skyldes covid-19 nedstengning samt at skipet var i tørrdock i februar, og det var elektriske problemer i august.

cDOM fluorescens som er et mål på løst organisk stoff og turbiditet som er et mål på mengden partikler er vist i henholdsvis figur 6 og 7. cDOM fluorescens har høyest verdi rundt april, som korrelerer med økt konsentrasjon av målinger av løst organisk karbon fra vannprøvene (DOC i tabell 2). Det er i samme periode observert lavere saltholdighet, som kan forklare en økt partikkelmengde i vannet grunnet ferskvannstilførsel. Turbiditeten holder generelt lave verdier gjennom året, med unntak av en økning på sensommer og høsten.



Figur 6. Måledata for CDOM fluorescens (Rel. verdier) for 2022 fra Vestfjorden fra Fagerstrand til Oslo Havn mellom 59,7-59,9 °N. De hvite områdene hvor det mangler data skyldes covid-19 nedstengning samt at skipet var i tørrdokk i februar, og det var elektroniske problemer i august.



Figur 7. Måledata for turbiditet (FTU) i 2022 (x) for Vestfjorden (y). De hvite områdene hvor det mangler data skyldes covid-19 nedstengning og at skipet var i tørrdokk i februar, samt problemer med elektronisk utstyr i august

3.2 Næringsalter og DOC

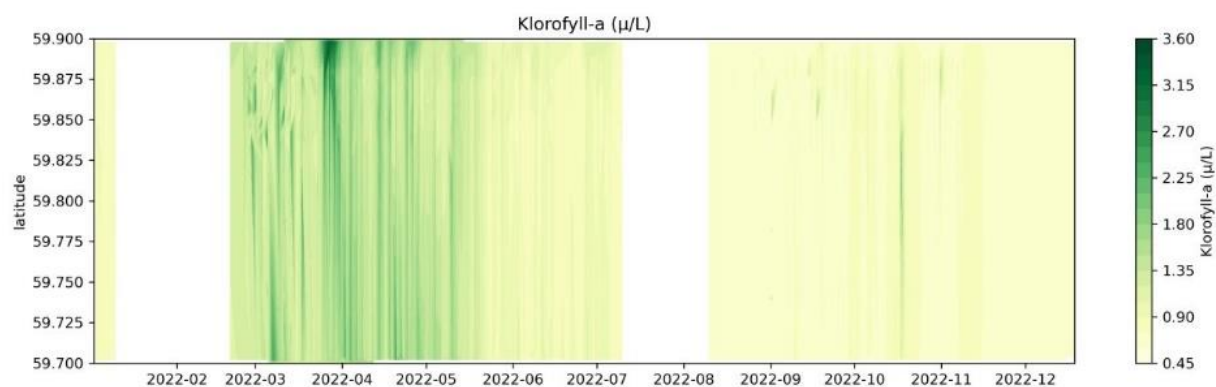
I denne datarapporten er det ikke gjort noen tilstandsklassifisering, men Ferrybox data vil gå inn i hovedrapporten for fjorden hvor klassifiseringen blir gjort. Næringssaltkonsentrasjonene (**Tabell 2**) faller innenfor hva som er normalsituasjonen for Oslofjorden. Det høyeste næringssaltkonsentrasjonene var under vinterperioden med unntak av en økning i TotN i mai. Dette sammenfaller med en reduksjon i saltholdighet som tyder på at økningen i TotN sannsynligvis skyldes tilførsler.

Tabell 2. Næringsalter, løst organisk karbon klorofyll-a fra 4 m dyp ved Steilene, Dk1 2022. Total Nitrogen ble analysert av NIVA og Eurofins.

Dato	Tid	Total fosfor	Fosfat	Total nitrogen	Nitritt + nitrat	Silikat	Løst organisk karbon	Klorofyll a
Enhet	UTC	µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg SiO ₂ /l	mg C/l	µg/l
10.01.2022	08:25	26	19	350	200	980	2.1	0.54
11.03.2022	08:14	24		360			1.5	3.6
29.03.2022	07:16	19		300				3.1
06.04.2022	06:59	22		240			2.4	1.2
04.05.2022	07:17	15		260				0.91
16.05.2022	07:24	11		210			2.8	1.1
30.05.2022	07:19	11		430				1.1
07.06.2022	07:18	9		210			2.6	0.7
23.06.2022	07:15	8		290				0.48
05.07.2022	07:17	10		200			2.4	0.93
21.07.2022	07:18	12		180				0.48
10.08.2022	07:19	12		170			2.3	0.49
30.08.2022	07:18	13		170				0.59
07.09.2022	07:18	13		230			2.2	0.66
21.09.2022	07:18	15		200				1.2
19.10.2022	07:19	16		240				1.9
27.10.2022	07:17	10		230			2.3	0.95
04.11.2022	08:19	12		220			2.2	0.89
22.11.2022	08:17	18		280				0.9
06.12.2022	08:19	21	15	340	160	790	1.8	0.68
20.12.2022	08:20	25	20	320	185	910		1.3

3.3 Klorofyll-a i Vestfjorden på 4 meter 2022

Klorofyll-a konsentrasjonen målt med kontinuerlige sensormålinger av klorofyll-a fluorescens fra FerryBox i Vestfjorden er vist i **Figur 9**. Disse målingene er korrigert mot vannprøver av klorofyll-a. De høyeste målingene var i mars og april på rundt 3 $\mu\text{g/L}$.



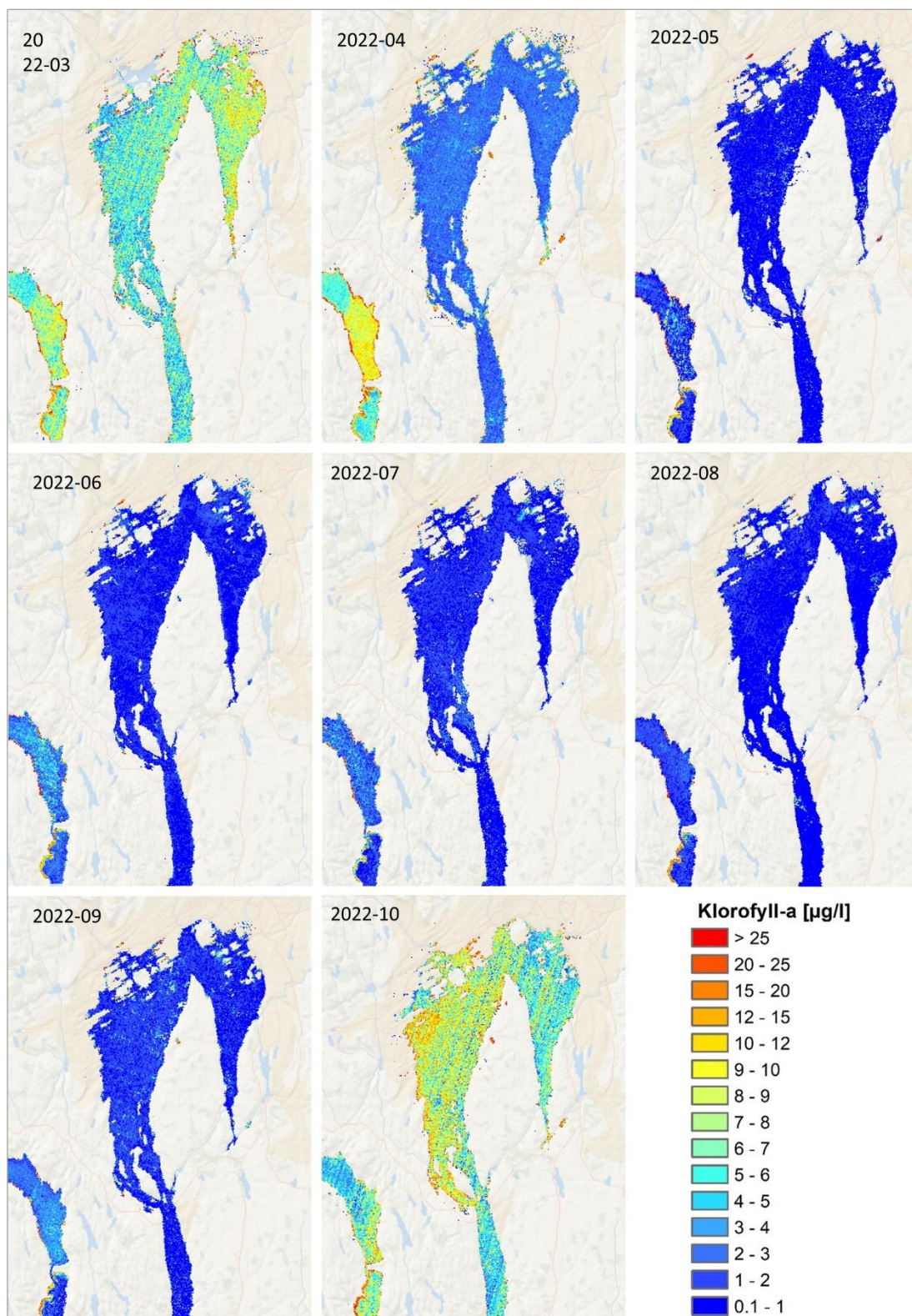
Figur 9. Måledata for klorofyll-a fluorescens for 2022 fra Vestfjorden (Fagerstrand) til Oslo Havn, mellom 59,74-59,84 °N. Stasjon Dk1 er på breddegrad 59,84 °N. De hvite områdene er perioder hvor det mangler data. I februar var MS Color Fantasy i tørrdokk og i august var det elektriske problemer som førte til feil i systemet.

3.4 Satellittdata fra Sentinel-2 og Sentinel-3

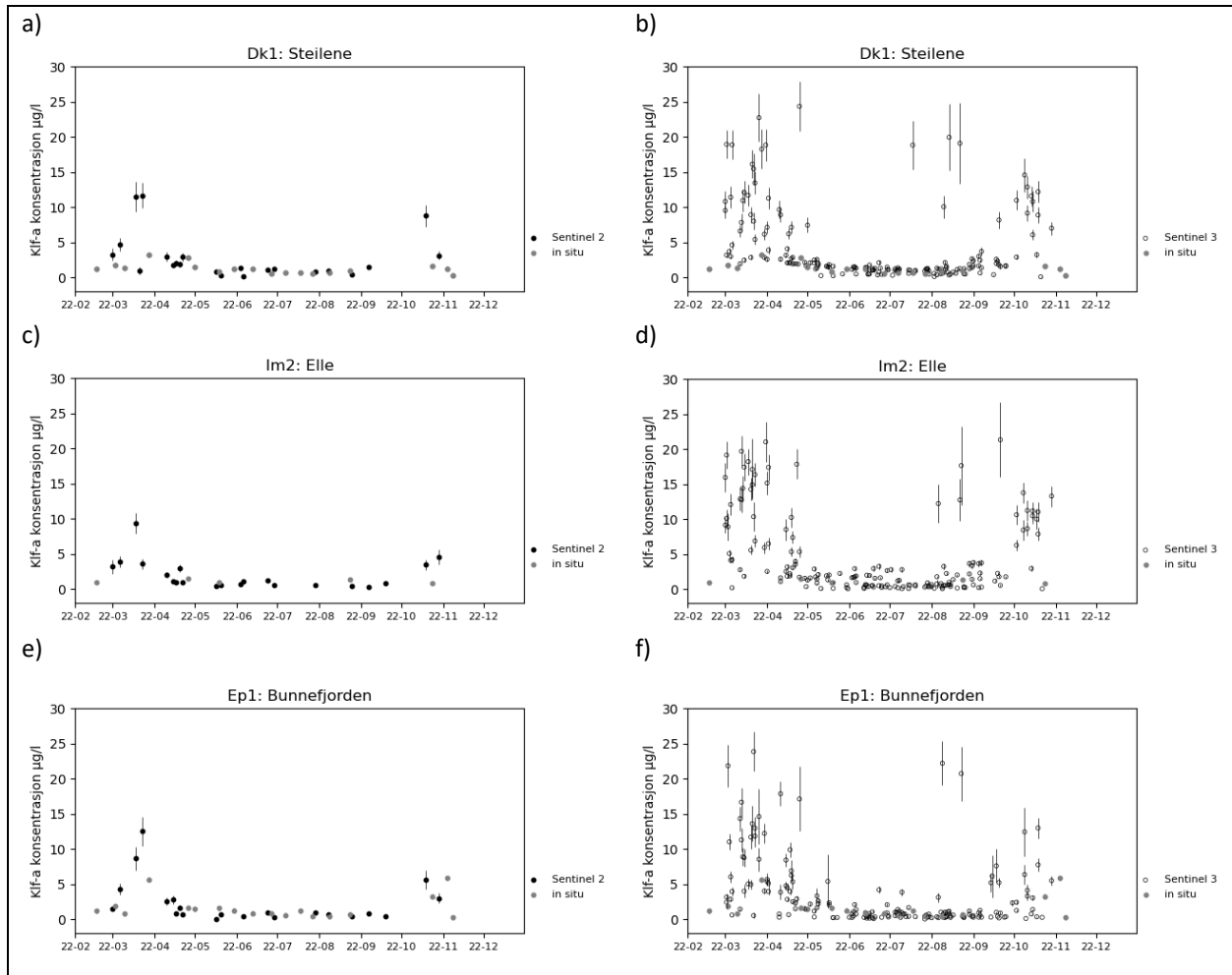
Data fra optiske satellitter er avhengig av skyfrie dager. Data fra satellitt-passeringer hvor det er skyfritt, kan legges sammen i en månedsmiddelverdi for å gi et godt bilde over sesongvariasjonen. I figur 11 vises middelverdien av klorofyll-a fra Sentinel-2 data fra mars og til oktober 2022. Månedene mars og oktober skiller seg ut med høyere verdier med opp mot 9-10 µg/L i store deler av fjorden. Dette kan skyldes oppblomstringen av planteplankton. I indre Oslofjorden ble de høyeste klorofyll-a konsentrasjonene observert under våroppblomstringen i mars og i oktober (se figur 9 samt figur 13).

Figur 12 viser tidsserier for klorofyll-a konsentrasjonen ved tre stasjoner i Indre Oslofjorden beregnet fra Sentinel-2 og Sentinel-3 satellittene sammenlignet med *in situ* data som faller innenfor tidsrommet for satellitt-observasjonene; FerryBox stasjonen Dk1- Steilene (a & b), stasjon Im2-Elle (c & d) og Ep1- Bunnefjorden (e & f). Data for andre stasjoner vises i vedlegg B.

Satellittdata viste generelt en god overenstemmelse med klorofyll-a målinger (*in situ* data) fra vannprøver i deler av året, men satellittdataene gav høyere verdier i noen perioder (mars og oktober) sammenlignet med verdiene målt i vannprøvene (figur 13) og klorofyll-a fluorescens verdiene (figur 9). Dette gjelder spesielt data fra Sentinel-3 som viste en større spredning med flere høye verdier som også har en større usikkerhet. Hva dette skyldes er usikkert. 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.



Figur 11. Månedes middelerdien av Klorofyll-a konsentrasjon i 2022 basert på Sentinel-2, MSI data (C2RCC). Oppløsning per pixel er 100*100m.



Figur 12. Tidsserier av klorofyll-a konsentrasjon ($\mu\text{g/L}$) for 2022 for *in situ* prøvetagning og FerryBox data (grå punkter) innsamlet med middelværdien av 5-9 pixler fra satellitt omkring stasjonen der Sentinel-2 data vises som sorte punkter og Sentinel-3 data som åpne sirkler; a) & b) er FB stasjonen Dk1- Steilene, c) & d) er stasjon Im2- Elle og e) & f) viser data fra stasjon EP-1 Bunnefjorden. Satellitt data er Sentinel-2a & B, MSI data og Sentinel-3A & B (begge C2RCC prosessert). Usikkerheten til satellittdata er standardavviket for hver dag og for *in situ* data med 20% avvik. Data for andre stasjoner vises i Vedlegg B.

Tabell 3 viser antall observasjoner fra satellitt og *in situ* målinger i perioden 01.03.2022- 31.10.2022. For noen av stasjonene gir satellitt målinger fra Sentinel-2 motsvarende, noen flere eller mange flere observasjoner (Ap2, Aq3, Bl4, Bn1, Dk1 og Ep1) i perioden. For andre stasjoner som har veldig få *in situ* observasjoner (Fl1, Gp2 og Im2) ga satellitt observasjonene data som ellers ikke ville ha blitt samlet inn. Noen stasjoner kan ikke dekkes med satellitt data, trolig pga. påvirkning fra bunnen eller at de er for tett på land og ble sortert vekk i kvalitetssikringen (Gk1).

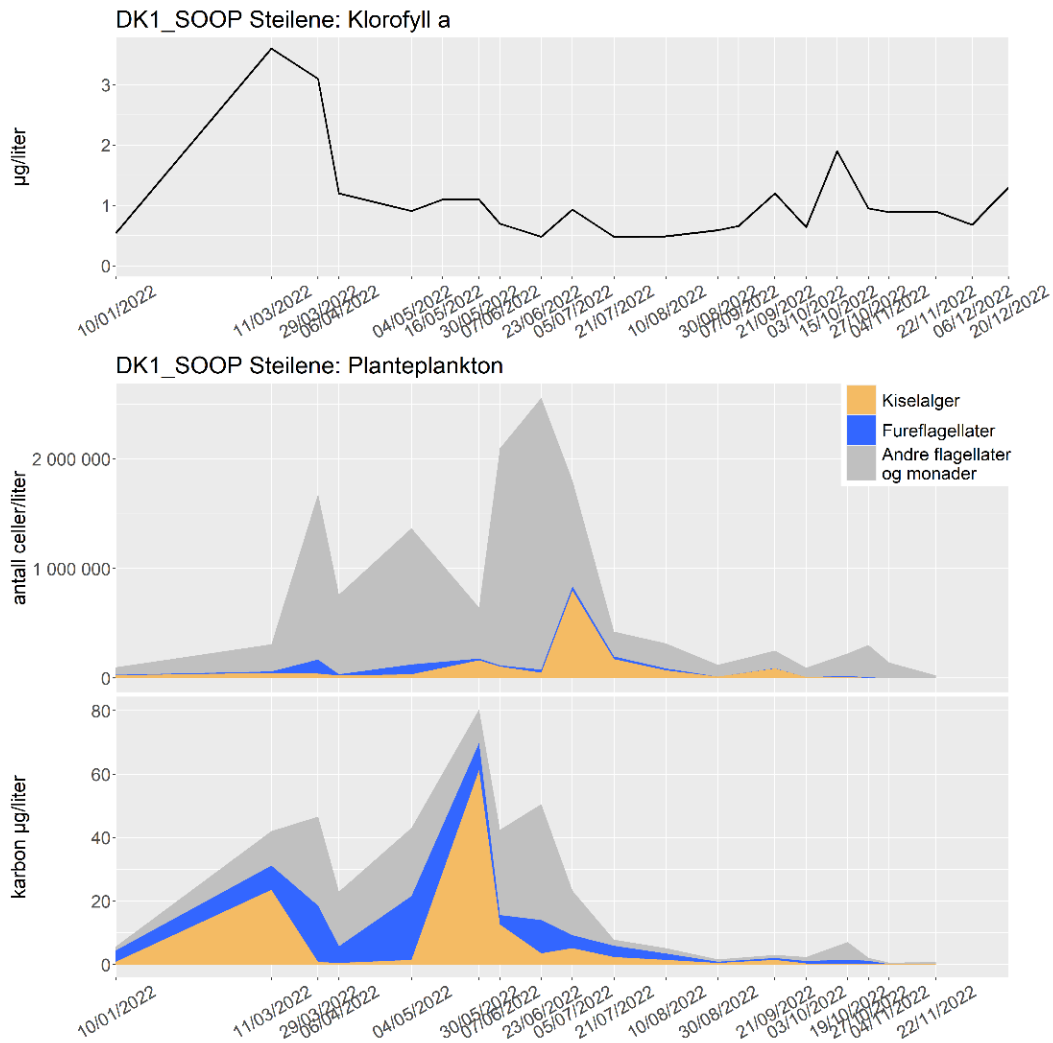
Tabell 3. Antall observasjoner mellom 01.03.2022- 31.10.2022 per stasjon og metode.

Station	Antall obs. <i>in situ</i>	Antall obs. Sentinel- 2 satellitt	Antall obs. Sentinel- 3 satellitt
Ap2- Kavringen	15	21	192
Aq3 - Bjørvika	30	27	197
Bl4 - Bærumsbassenget	13	17	198
Bn1 - Lysakerfjorden	15	22	186
Dk1 - Steilene	30	21	177
Ep1 - Bunnefjorden	15	20	182
Fl1 – Søndre Langåra	4	41	367
Gk1 - Gråøyrenna	4	0	0
Gp2 - Bunnebotten	6	19	219
Im2 - Elle	5	20	178

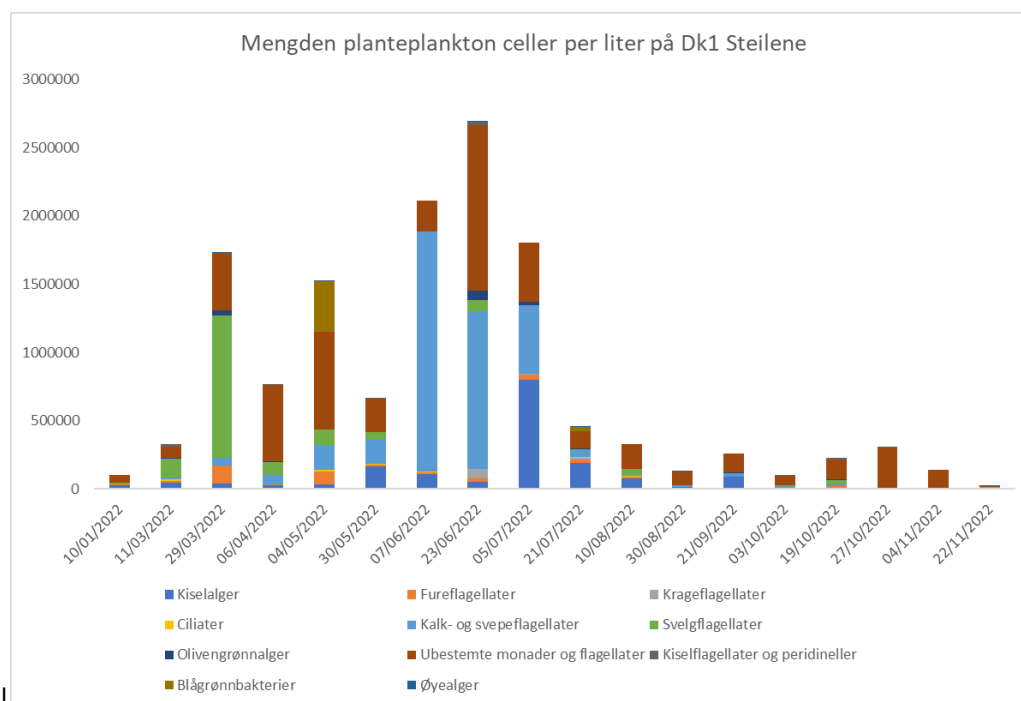
3.5 Plankton i Vestfjorden på 4 meters dyp i 2022

Planteplanktonsamfunnets utvikling gjennom året 2022 er illustrert i Figur 13 og 14 og artsliste finnes i vedlegg A. Det ble registrert lave klorofyll-a verdier gjennom hele året. Det ble ikke tatt prøver siste halvdel av januar og i februar pga covid nedstengning og fordi Color Fantasy var i tørrdøkk.

Våroppblomstringen var dominert av kiselalger og ble registrert i midten av mars med *Chaetoceros*-arter og store, men relativt få celler *Coscinodiscus*. I slutten av mars var det mye kryptomonader og en del ciliater. Etter våroppblomstringen var det en periode med få kiselalger før bestanden økte igjen i på tampen av mai dominert av *Dactyliosolen fragilissimus* som er store celler og bidro til mye karbonbiomasse. I slutten av juni var det en økning i antall kiselalger som besto av et blandet samfunn med dominans av mindre arter. I denne perioden var det også tallrike forekomster av gruppen «andre flagellater og monader» som for eksempel svepeflagellater og kryptomonader. Kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* var vanlig på sommeren og hadde en topp i midten av juni. Fureflagellatene var til stede hele året og var som flest i slutten av mars hvor det var mange av den lille *Heterocapsa rotundata* samt en del *Tripos* og *Dinophysis*-arter og i begynnelsen av mai da det var det et blandet samfunn av mindre arter. Fra slutten av juli og ut året var det beskjedne algeforekomster, men med en liten topp i oktober. Den grønne fureflagellaten *Lepidodinium* som hadde en stor oppblomstring senhøstes i 2021 ble kun observert i begynnelsen av januar i lave antall.



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) i 2022. (Gruppen andre flagellater og monader omfatter svepeflagellater, krageflagellater, svelgflagellater, øyealger, ubestemte monader og flagellater, olivengrønialger, kiselflagellater og pedinellider)



Figur 14. DK1 Vestfjorden, 4 m dyp. Utviklingen av de ulike plankton-gruppene kiselalger, fureflagellater, svepeflagellater, krageflagellater, svelgflagellater, øyealger, ubestemte monader og flagellater, kiselflagellater og pedinellider, olivengrønnalger og ciliater i 2022. Antall celler L⁻¹.

Vedlegg A.

Rådata – planteplankton Steilene 2022

DK1_SOOP Steilene 4 m (antall celler/liter)	10/01	11/03	29/03	06/04	04/05	30/05	07/06	23/06	05/07	21/07	10/08	30/08	21/09	03/10	19/10	27/10	04/11	22/11
Bacillariophyceae (kiselalger)																		
<i>Achnanthes</i> spp.	7353	45738	32670		29403	9804	6534	26136	45738	32670	52272	8170	84942	5680	9801	3267		1089
<i>Bacillariophyceae</i>								600										
<i>Cerataulina pelagica</i>										240		200						
<i>cf. Chaetoceros tenuissimus</i>	4085																	
<i>cf. Cyclotella choctawhatcheeana</i>												1634						
<i>Chaetoceros (Phaeoceros) spp.</i>						80		120										
<i>Chaetoceros affinis</i>				200														
<i>Chaetoceros cf. tenuissimus</i>														240				
<i>Chaetoceros cf. thronsenii</i>								3267						240				
<i>Chaetoceros curvisetus</i>																80		
<i>Chaetoceros danicus</i>				120														
<i>Chaetoceros debilis</i>				720	1280		200											
<i>Chaetoceros decipiens</i>					120													
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>								80										
<i>Chaetoceros spp.</i>		1600	360	160	480			200				1954	120	160			40	240
<i>Chaetoceros subtilis</i>																	80	120
<i>Chaetoceros tenuissimus</i>						817	3267		509652	104544								
<i>Chaetoceros thronsenii</i>										6534							80	
<i>Coccinodiscus cf. concinnus</i>		320																
<i>Cyclotella cf. choctawhatcheeana</i>								6534										
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>									26136		16335		3267					
<i>Cylindrotheca closterium</i>	120					480		520	16335	1000		160	840					40
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i>		40				140524	65340	12560	600	1280		80						
<i>Ditylum brightwellii</i>													40					
<i>Guinardia delicatula</i>			160	80	720			40										

NIVA 7859-2023

<i>Guinardia flaccida</i>																			80
<i>Leptocylindrus cf. danicus</i>									4920										
<i>Leptocylindrus danicus</i>											920		80					40	
<i>Licmophora spp.</i>			120	40	240	160		80	40										
<i>Navicula-gruppen</i>						80		80											
<i>Navicula transitans</i>			160					40	40										
<i>Odontella aurita</i>						80													
<i>Pennate kiselalger 1-3x40-50 µm</i>		640							240										
<i>Pennate kiselalger 20-30x90-120 µm</i>					160														
<i>Pennate kiselalger 2x15-25 µm</i>													160						
<i>Pennate kiselalger 3-5x7-11 µm</i>													480						
<i>Pennate kiselalger 4-6x15-25 µm</i>							13068				6534								
<i>Pennate kiselalger 4-6x25-35 µm</i>																		160	
<i>Pennate kiselalger 4-6x35-50 µm</i>			640														160		
<i>Pennate kiselalger 4-6x50-70 µm</i>																			80
<i>Pennate kiselalger 4-6x70-100 µm</i>									80										
<i>Pennate kiselalger 5-8x211-240 µm</i>								40											
<i>Pennate kiselalger 7-9x25-35 µm</i>																	400		
<i>Pennate kiselalger 7-9x35-50 µm</i>								80											
<i>Pennate kiselalger 7-9x50-70 µm</i>						160													
<i>Pleurosigma spp.</i>									40										
<i>Proboscia alata</i>								40	320	360	40								
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima-gruppen</i>						10960	22869										40		
<i>Pseudo-nitzschia seriata-gruppen</i>			280				40	40		280	80						160		
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	9520				320			440		120		40	280				40	120	
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>											40		80						
<i>Rhizosolenia hebetata</i>													40						
<i>Rhizosolenia setigera</i>				80															
<i>Rhizosolenia setigera f. pungens</i>										80	40				80				
<i>Rhizosolenia spp.</i>								160				40					40		
<i>Sentriske kiselalger 3-7 µm</i>										32670									

NIVA 7859-2023

<i>Sentriske kiselalger 32-40 µm</i>	80																		
<i>Sentriske kiselalger 40-50 µm</i>																	80		
<i>Skeletonema spp.</i>	5200	240	8160	24090	2080	880			202554	5520			240	1440				360	
<i>Striatella unipunctata</i>						40													
<i>Thalassionema nitzschioides</i>						400				40						40			
<i>Thalassiosira spp.</i>	160																	40	
Sum:	26518	48578	42550	25490	34803	164465	111318	51057	801415	190618	75221	13238	89529	8880	9881	4187	520	2169	
Chlorophyta (grønnalger)																			
<i>cf. Chlamydomonas spp.</i>									9801										
Sum:	0	0	0	0	0	0	0	0	9801	0	0	0	0	0	320	0	0	40	0
Choanoflagellata (krageflagellater)																			
<i>Choanoflagellata</i>	817					817			65340		16335								
<i>Salpingoeca spp.</i>										6534									
Sum:	817	0	0	0	0	817	0	65340	6534	16335	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysophyceae (gullalger)																			
<i>Dinobryon spp.</i>						2451			68607				6536						
<i>Ollicola vangoonii</i>					3267														
Sum:	0	0	0	0	3267	2451	0	68607	0	0	0	6536	0	0	0	0	0	0	0
Ciliophora (ciliater)																			
<i>cf. Mesodinium spp.</i>		400																	
<i>cf. Strombidium spp.</i>		960																	
<i>Ciliophora 105-115 µm</i>		40																	
<i>Ciliophora 15-25 µm</i>	480	2560		320	408						80			80			80		
<i>Ciliophora 15-25x30 µm</i>		1280						720		200			440				120		
<i>Ciliophora 25-35 µm</i>	240	240	1280	600	3672	1440						320							
<i>Ciliophora 25-35x40 µm</i>	80	240								320			200				40		
<i>Ciliophora 35-45 µm</i>		2000			80												40	160	
<i>Ciliophora 35-45x50 µm</i>													40						
<i>Ciliophora 45-55 µm</i>		680	320			880		480											
<i>Ciliophora 45-55x60 µm</i>		360											40						
<i>Ciliophora 5-15 µm</i>		320			9801		6534				6534	1634	400	240					

NIVA 7859-2023

<i>Ciliophora 55-65 µm</i>										160								
<i>Ciliophora 65-75 µm</i>				40				40										
<i>Ciliophora 75-85 µm</i>	40																	
<i>Ciliophora 75-85x90 µm</i>					40													
<i>Laboea strobila</i>							40		160									
<i>Lohmanniella oviformis</i>							40		320									
<i>Mesodinium rubrum</i>		880	160					40		200		40	40					40
<i>Strombidium spp.</i>									80									
<i>Uronema spp.</i>														320			40	
Sum:	840	9960	1760	960	14001	2320	6614	1280	560	880	6614	1994	1160	320	0	240	40	200
Classes incertae sedis																		
<i>Flagellater 10-15 µm</i>					6534	11438		32670										
<i>Flagellater 15-20 µm</i>			720					160		40		120				40		40
<i>Flagellater 2-3 µm</i>		6534	52272		3267	43301				55539		13072	32670	9801		29403		3267
<i>Flagellater 3-5 µm</i>	2451	9801	55539	26136	45738	112746		584793						22869		16335	2531	4356
<i>Flagellater 5-7 µm</i>		6534	120879	22869	71874			326700				4902		320				
<i>Flagellater 7-10 µm</i>														3507				
<i>Monader</i>																80		
<i>Monader 10-15 µm</i>	817	480	19602		39204		28316	29403	29403				320	400				
<i>Monader 15-20 µm</i>			560			16340		3267		400				160				
<i>Monader 2-3 µm</i>	22059	19602		6534		59641										222156	130720	
<i>Monader 20-40 µm</i>			240					560				40						
<i>Monader 3-5 µm</i>	14706	26136	35937	372438	356103			160083	290763	62073	150282	78432	107811		133947	22869	3268	
<i>Monader 40-60 µm</i>								40								40		
<i>Monader 5-7 µm</i>	8170	13068	127413	75141	88209		198212		111078		29403			29403	16335		2451	1089
<i>Monader 7-10 µm</i>	4085			32670	22869					9801				640			2451	
Sum:	52288	82155	413162	535788	633798	243466	226528	1137676	431244	127853	179685	96566	140801	67100	150282	290923	141421	8752
Coccolithophyceae (Svepeflagellater)																		
<i>cf. Chrysochromulina spp. <5 µm</i>								65340					6534					
<i>Chrysochromulina spp. 2-4 µm</i>					29403													
<i>Chrysochromulina spp. <5 µm</i>		6534																

NIVA 7859-2023

<i>Chrysochromulina</i> spp. 4-6 µm						4902												
<i>Chrysochromulina</i> spp. 5-10 µm				6534														
Coccolithales	3268		9801		3267	3348		385586		26136		6534						10890
<i>Emiliana huxleyi</i> 2-4 µm											3268							
<i>Emiliana huxleyi</i> 4-6 µm						165851	1755592	578259	503118	16335	3267				16335			
Haptofytter 2-4 µm			45738		147015	12255				13068		6536						
Haptofytter 4-6 µm								127413					9801					
Haptofytter 5-7x6-10 µm		9801																
<i>Phaeocystis</i> spp.															3267			
Prymnesiales 2-4 µm															640			
Prymnesiales 4-6 µm				45738											9801			
Prymnesiales 5-7x6-10 µm				13068														
Sum:	3268	16335	55539	65340	179685	186356	1755592	1156598	503118	55539	3267	9804	22869	13708	16335	0	0	10890
Cryptophyceae (svelgflagellater)																		
<i>Cryptophyceae</i> 10-13x20-26 µm				32670													160	480
<i>Cryptophyceae</i> 10-15x18-22 µm								6534										
<i>Cryptophyceae</i> 10x15 µm	5304	88209		49005	35937									1280				
<i>Cryptophyceae</i> 3.5x6 µm		3267								6534	42471							
<i>Cryptophyceae</i> 4-5x8-12 µm																	3267	
<i>Cryptophyceae</i> 4.5x8 µm			751410			45752		75141				1634			9801			
<i>Cryptophyceae</i> 5x10 µm	2451			6534														
<i>Cryptophyceae</i> 6x17-22 µm												800						
<i>Cryptophyceae</i> 7x10-12 µm	4085	42471	290763	9801	78408										19602		160	
Sum:	11840	133947	1042173	98010	114345	45752	0	81675	0	6534	42471	1634	800	1280	29403	3267	320	480
Cryptophyta incertae sedis																		
<i>cf. Leucocryptos marina</i>	40				3267													
Sum:	40	0	0	0	3267	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyanobacteria (blågrønnbakterier)																		
<i>Anabaena</i> spp.										29403								
<i>cf. Cyanophyceae</i>					369171													
Sum:	0	0	0	0	369171	0	0	0	0	29403	0	0	0	0	0	0	0	0

Dictyochophyceae (kiselflagellater og pedineller)																		
<i>cf. Dictyochophyceae</i>			3267															
<i>cf. Octactis speculum</i>			160					19602										
<i>cf. Pseudochattonella spp. 15-20x40-50 µm</i>		40																
<i>cf. Pseudopedinella spp.</i>		19602		2040														
<i>Dictyocha fibula</i>																		40
<i>Octactis speculum</i>		40	40	40		80								40	6680	40		160
<i>Pseudopedinella spp.</i>														80				
Sum:	0	19682	3467	2080	0	80	0	19602	0	0	0	0	0	120	6680	40	0	200
Dinophyceae (fureflagellater)																		
<i>Amphidinium crassum</i>			400			160												
<i>Amphidinium longum</i>				40	80													
<i>Amphidinium sphenoides</i>								120										
<i>Amphidinium spp.</i>																40		
<i>Atekate fureflagellater <10 µm</i>		160			6534													
<i>Atekate fureflagellater 10-15 µm</i>	408	80		3264	3267	8987	6534	9801	35937	3267	16335			80	9801	3267		1089
<i>Atekate fureflagellater 15-20 µm</i>	80		1600	408	9801								40				40	
<i>Atekate fureflagellater 20-27 µm</i>	80	80	800		240	2720	280	1840		360			40					40
<i>Atekate fureflagellater 27-40 µm</i>	640	720			6960			200							40		80	
<i>Atekate fureflagellater 40-50 µm</i>			80			80	40			280								
<i>Atekate fureflagellater 50-70 µm</i>		80																
<i>Azadinium spp.</i>					3267													
<i>cf. Azadinium spp.</i>	80	240												320				
<i>cf. Cochlodinium pupa</i>										40								
<i>cf. Heterocapsa rotundata</i>										3267								
<i>cf. Karenia spp.</i>																	40	
<i>cf. Karlodinium veneficum</i>					9801													
<i>cf. Lepidodinium chlorophorum</i>			1120			320							40				240	
<i>cf. Nematodinium armatum</i>								160										
<i>Dinophyceae 10-15 µm</i>														80				

NIVA 7859-2023

<i>Dinophyceae 20-25 µm</i>								200					40				
<i>Dinophyceae 50 µm</i>													40				
<i>Dinophysis acuminata</i>		360	1800	80		40		40	40								
<i>Dinophysis norvegica</i>		80	1600	480		240											
<i>Dinophysis spp.</i>			80			40							80				
<i>Gymnodinium cf. irregulare</i>								80		80							
<i>Gymnodinium vestificii</i>			80														
<i>Gyrodinium flagellare</i>	817	240				13068											80
<i>Gyrodinium formosum</i>		4480	240			6534	80										
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	80	120							40								
<i>Heterocapsa rotundata</i>		1040	117612	2040	9801					9801							
<i>Katodinium glaucum</i>		40	120		720	80											120
<i>Kryptoperidinium triquetrum</i>	40		80						40								
<i>Lepidodinium cf. chlorophorum</i>	640																
<i>Lessardia elongata</i>	80	240		408	560			80									
<i>Prorocentrum balticum</i>								3267	6534		120						
<i>Prorocentrum cf. balticum</i>		80			6534												
<i>Prorocentrum cordatum</i>			480			160											
<i>Prorocentrum lima</i>								40									
<i>Prorocentrum micans</i>						40			280	160		200	120	480	40		40
<i>Prorocentrum triestinum</i>														40			
<i>Protooperidinium bipes</i>						80				120							
<i>Protooperidinium cf. cerasus</i>		40															
<i>Protooperidinium cf. pallidum</i>								40									
<i>Protooperidinium granii</i>							40		40								
<i>Protooperidinium spp.</i>		40	40			40											
<i>Scripsiella-gruppen</i>								280		40							
<i>Tekate fureflagellater 10-15 µm</i>								6534		6534							
<i>Tekate fureflagellater 15-20 µm</i>				2856	13068												
<i>Tekate fureflagellater 20-27 µm</i>	2400	3360		40	800	240	400	800		280		40				80	

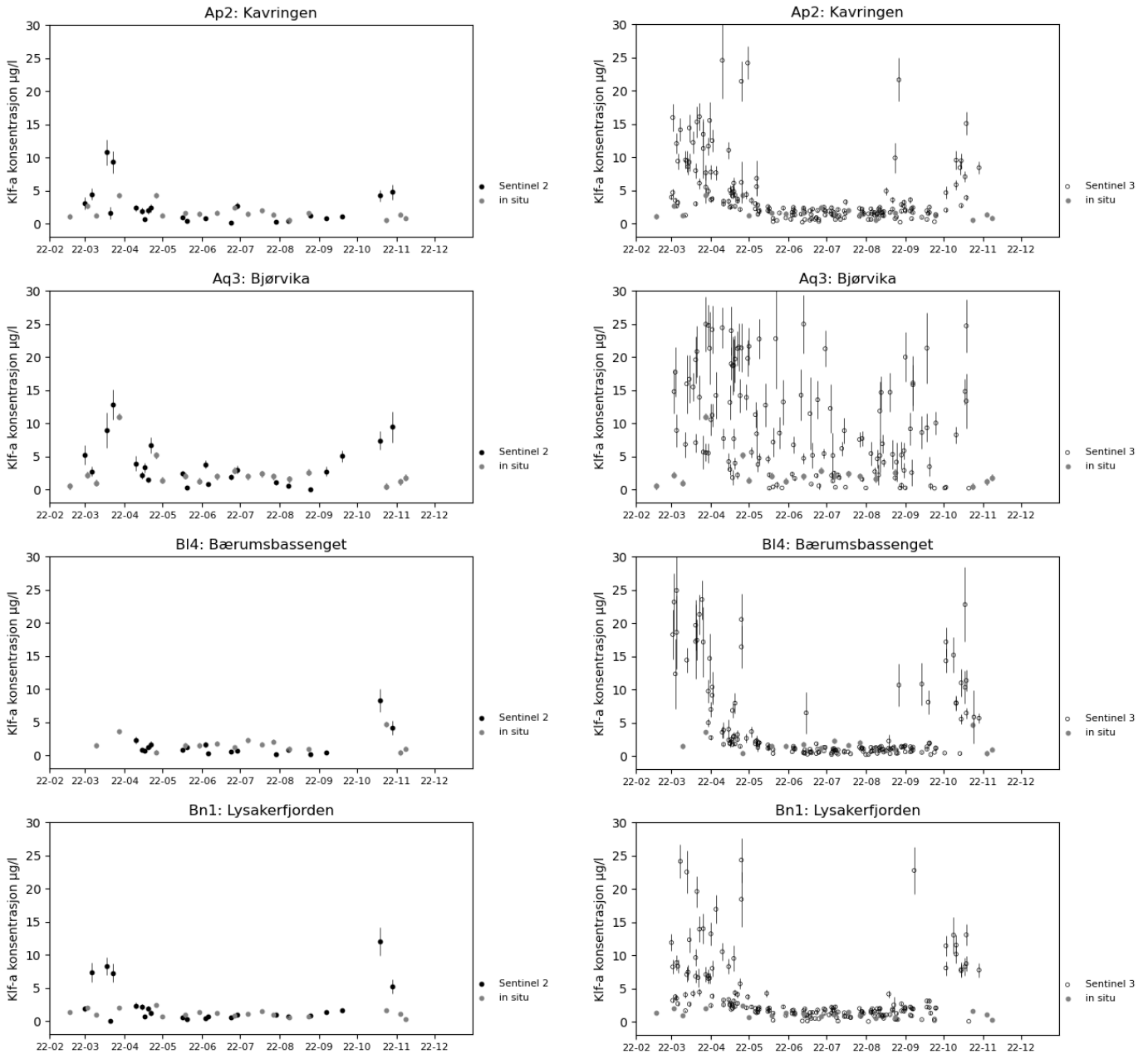
NIVA 7859-2023

<i>Tekate fureflagellater 27-40 µm</i>		40			40			120	200		40	40			40			40
<i>Tekate fureflagellater 40-50 µm</i>									40									
<i>Torodinium robustum</i>						80		40										
<i>Tripos fusus</i>			40					80										
<i>Tripos horridus</i>			40		40													
<i>Tripos lineatus</i>	40	120																
<i>Tripos longipes</i>			360	40	40													
<i>Tripos muelleri</i>			520	160	160	800	320	400	40							40		
<i>Tripos spp.</i>			40															
Sum:	5385	11640	127132	9816	91315	14187	10881	27389	36657	24349	16375	280	320	1080	9921	3787	240	1209
Ebriophyceae (skjelettflagellater)																		
<i>Ebria tripartita</i>			160		640	240												
Sum:	0	0	160	0	640	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenophyceae (øyealger)																		
<i>Eutreptiella spp.</i>			160		6534			40		80		80						80
Sum:	0	0	160	0	6534	0	0	40	0	80	0	80	0	0	0	0	0	80
Imbricatea																		
<i>Paulinella ovalis</i>	.	.	3267					19602	9801	6534								
Sum:	0	0	3267	0	0	0	0	19602	9801	6534	0	0	0	0	0	0	0	0
Prasinophyceae (olivengrønner)																		
<i>Pyramimonas</i>																		
<i>Pyramimonas spp.</i>	.	6534	42471	3267				68607	26136	3267	3267		6534	3587	3267			
Sum:	0	6534	42471	3267	0	0	0	68607	26136	3267	3267	0	6534	3587	3267	0	0	0
Telonemea																		
<i>Telonema spp.</i>				22869	78408													
Sum:	0	0	0	22869	78408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xanthophyceae (gulgrønner)																		
<i>Meringosphaera mediterranea</i>														80				
Sum:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
Sum totalt:	100996	32883 1	1731841	763620	1529234	660134	2110933	2707274	1815465	461392	326900	130132	262013	96475	225769	302444	142581	23980

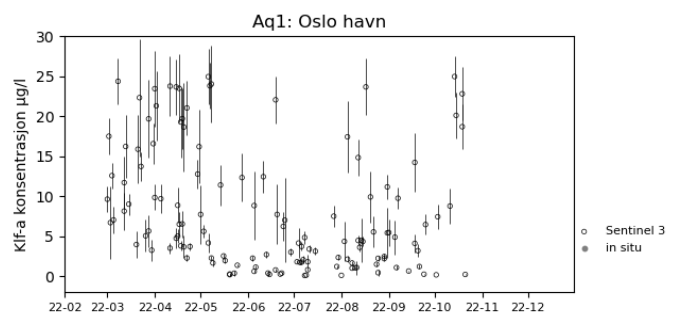
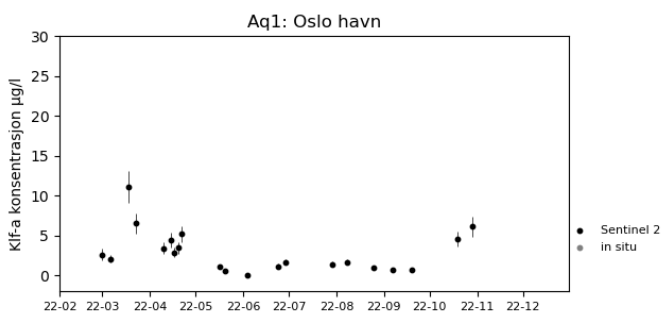
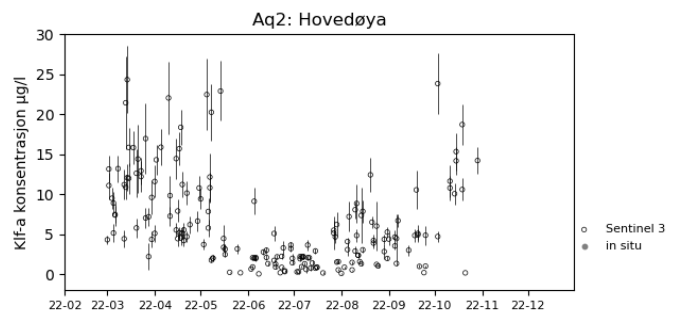
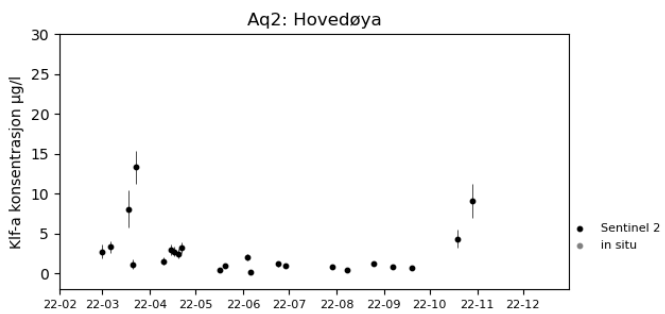
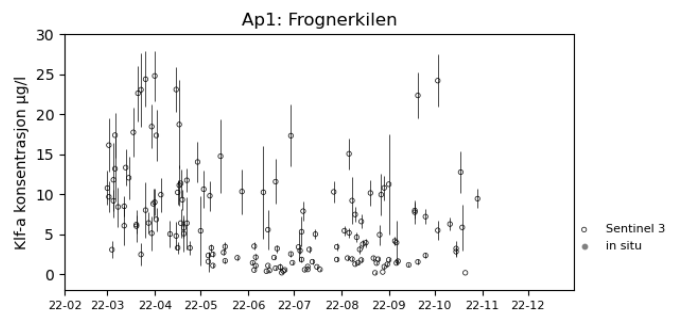
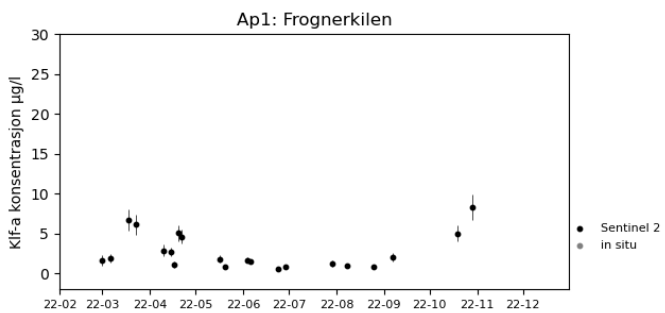
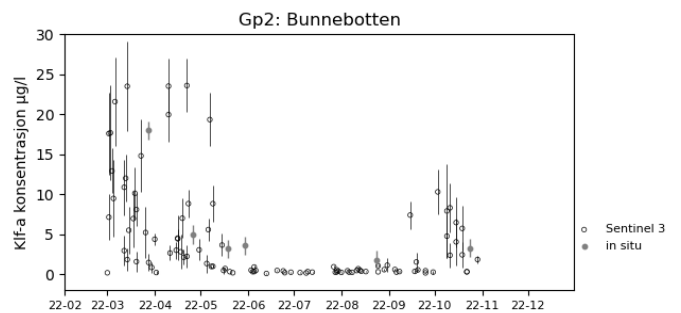
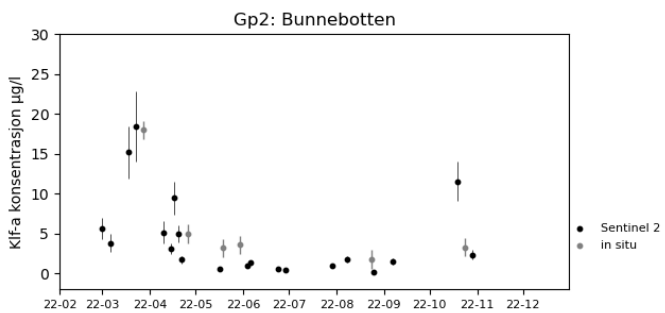
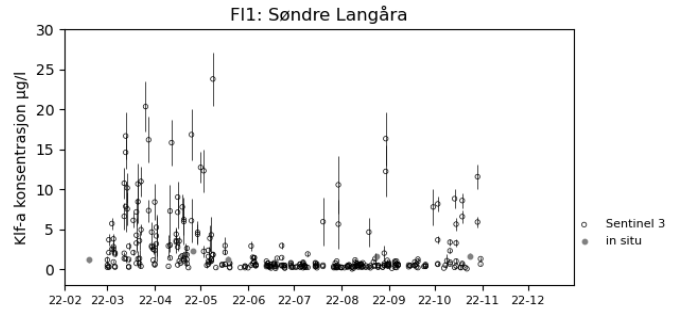
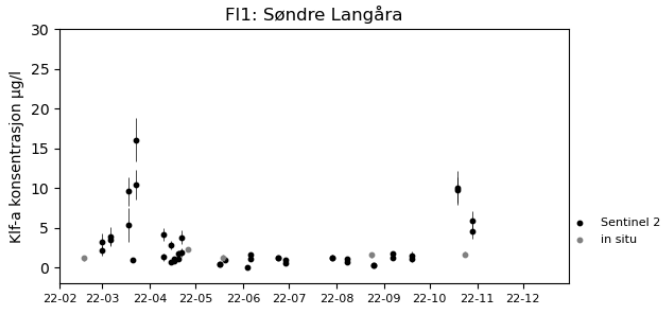
Vedlegg B.

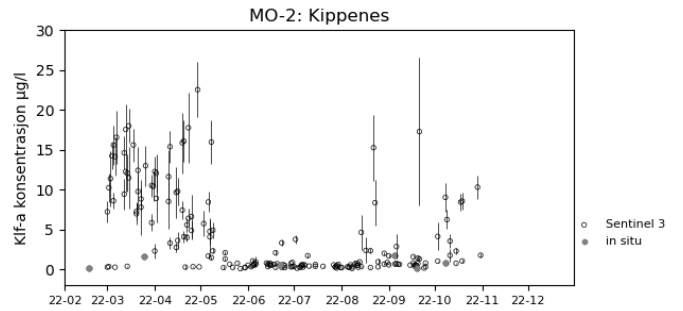
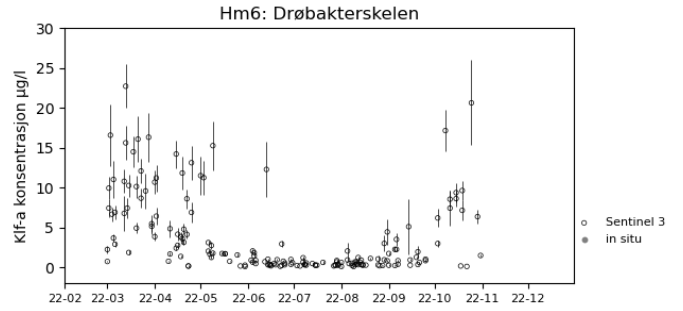
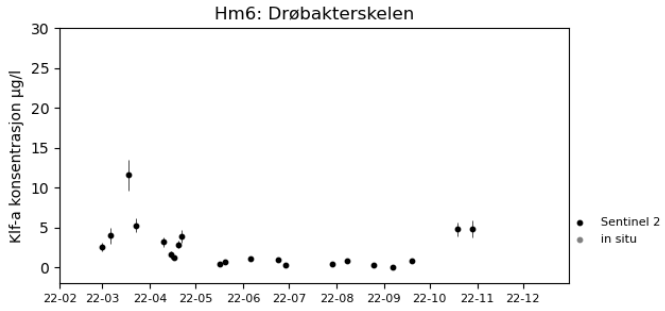
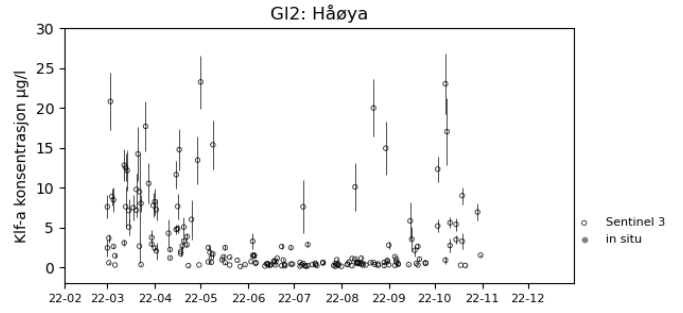
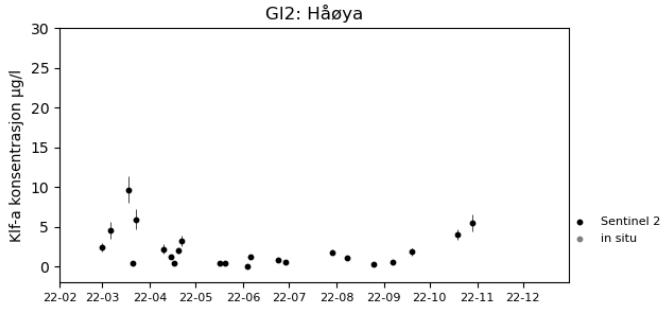
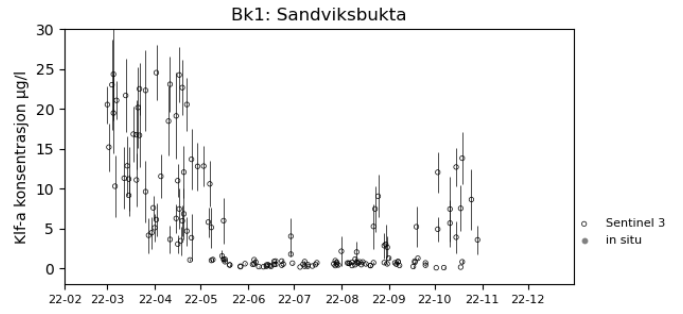
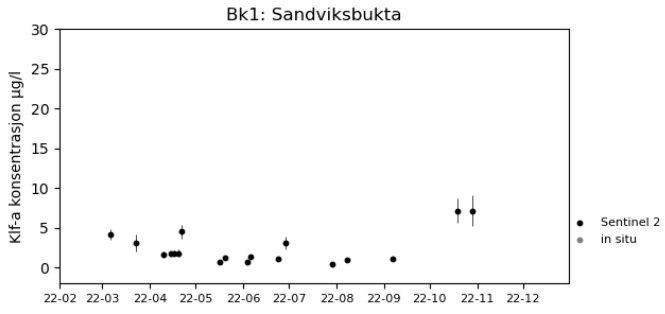
Satellittdata 2022 per stasjon

Stasjoner med Sentinel-2 and Sentinel-3 data, og *in situ* observasjoner



Stasjoner med Sentinel-2 and Sentinel-3 data, ikke noen *in situ* observasjoner





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

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