

Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2022



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 Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023 - Årsrapport 2022	Løpenummer 7885-2023	Dato 25.05.2023
Forfatter(e) Anette Engesmo Sandra Gran Øyvind Kaste André Staalstrøm	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 42 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for Ytre Oslofjord	Kontaktperson hos oppdragsgiver Nina E. Alstad Rukke
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 220250

Sammendrag

Jordbruk var største enkeltkilde for tilførsler av menneskeskapt fosfor og nitrogen i 2021. Avløpsrensaneanlegg bidro med ca. 19% av fosfortilførselen og 24% av nitrogentilførselen. Glomma har klart størst tilførsel av næringsstoffer til fjorden. Det ble gjennomført vannmasseovervåking ved 17 stasjoner. Fire stasjoner i fjorden får god tilstand for vannmassene, mens 13 får moderat tilstand. Hovedsakelig dårlige oksygenforhold og høye verdier av næringsalter som trekker ned tilstanden. Løst organisk stoff forklarer mer av variabiliteten i siktdypet enn klorofyll- a , men med store forskjeller mellom stasjoner. Året sett under ett var varmt og tørt og det var historisk lav vannføring elvene, noe som førte til unormalt høy saltholdighet i fjordarmene, spesielt gjaldt dette Drammenselva og Drammensfjorden.

Fire emneord	Four keywords
1. Miljøovervåking	1. Environmental monitoring
2. Tilførsler	2. Discharge
3. Eutrofi	3. Eutrophication
4. Planteplankton	4. Phytoplankton

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

Anette Engesmo
Hovedforfatter

Mats Walday
Kvalitetssikrer

Ailbhe Macken
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7621-3
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023
Årsrapport 2022

Forord

NIVA har på oppdrag av Fagrådet for Ytre Oslofjord gjennomført miljøovervåkning i Oslofjorden i 2022. Overvåkingen er del av et omfattende program som har pågått siden 2001 og det gjennomføres i programperioder av fem år. 2022 er det fjerde året i den pågående programperioden og hele programmet driftes av NIVA. Området som undersøkes er avgrenset av Drøbaksterskelen mot Indre Oslofjord, Kragerøområdet i vest og Iddefjorden i øst.

I 2022 har det vært utført tilførselsberegninger og vannmasseundersøkelser.

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 Anette Engesmo, Louise Valestrand, André Staalstrøm, Thomas Heggem, Isabel Doyer, Susanne Jørgensen og Pipatthra Saesin.

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.

Det er inkludert sondedata fra FerryBox-systemet om bord M/S Color Fantasy i denne rapporten. Sondedata fra FerryBox-systemet er plottet av Anfisa Berezina.

Mats Walday har vært prosjektleder for arbeidet. Petter Talleraas har vært kontaktperson hos Fagrådet for Ytre Oslofjord.

Oslo, 22.05.2023

Anette Engesmo

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	9
1.1	Ytre Oslofjord.....	9
1.2	FerryBox systemet	9
1.3	Været i 2022.....	11
2	Tilførsler fra land	14
2.1	Modellerte tilførsler fordelt på kilder.....	14
2.2	Estimerte tilførsler via de fire største elvene	17
2.3	Middelkonsentrasjoner i elvene i 2022	21
3	Vannmasser	22
3.1	Klassifisering av vannmasser	23
3.2	Vannkvalitet i vannmassene i perioden 2020-2022	24
3.3	Siktdyp	27
3.4	Sammenhengen mellom vannføring, saltholdighet og nitrogen-konsentrasjon.....	30
3.4.1	Endring i saltholdighet som følge av endring i vannføring.....	30
3.5	Årssyklusen av næringsalter.....	32
4	Planteplankton	34
4.1	Klassifisering av planteplankton	34
4.2	Planteplanktonsamfunnet i 2022	35
4.3	Skadelige alger	38
5	Oppsummering	39
6	Referanser	41

Sammendrag

Det ble gjennomført tilførselsberegninger og vannmasseundersøkelser i 2022.

Tilførsler fra land:

Tilførselsberegningene for næringsstoffer er ikke klare før sent påfølgende år på grunn av de nasjonale rutinene for innsamling og kvalitetssikring av data. Det er derfor tilførselsberegningene for 2021 som presenteres i denne rapporten. Tilførselsberegningene for 2022 vil presenteres i neste års rapport. Basert på de teoretiske tilførselsberegningene var jordbruket den største enkeltkilden for tilførsler av fosfor til Ytre Oslofjord i 2021, med 50 % av de totale tilførselene. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 19 %, naturlig avrenning fra utmark med 17 % og industri med 10 %. For nitrogen utgjorde jordbruk 39 %, avrenning fra utmark 33 %, befolkning 24 % og industriutslipp 3 % av tilførselene.

Betraktet over et lengre tidsperspektiv (1995-2021) viste de totale tilførselene av fosfor (summen av alle kildene) en klar nedgang fra 1998 til 2002. Deretter flatet verdiene ut, men med en tendens til økning igjen i perioden 2018-2020. Landbrukets bidrag viste en avtakende trend fram til rundt 2011 – for deretter å øke igjen fram til 2021. Fosforbidraget fra befolkningen avtok betydelig fram til 2000 og har deretter ligget nokså flatt inntil verdiene økt litt igjen i perioden 2013-2015. Siden 2015 har bidraget fra befolkning igjen vist en nedadgående tendens og var i 2021 på det laveste nivået siden tidsserien startet i 1995. De totale tilførselene av nitrogen viste en nedadgående trend fram til rundt 2002-2005, for deretter å øke forholdsvis jevnt fram til 2020. Tilførselene fra landbruket viste en svak avtakende tendens fram til rundt 2005, og har holdt seg relativt konstante siden. Tilførselene fra befolkning avtok fram til 2002, men hadde deretter en jevn økning fram til 2017, i takt med befolkningsveksten i området. De siste årene har tilførselene fra befolkning vært noe lavere enn i 2017.

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 også de klart største tilførselene av næringsstoffer til fjorden. Analyser av langtidstrender fra 1990 til 2021 viser at årlig vannføring har økt signifikant i Glomma og Drammenselva. Ettersom næringsstoffene tilføres fjorden via ferskvannet, bidrar den økte vannføringen direkte til økte tilførsler. Alle elvene har hatt en signifikant økning i tilførselene 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.

Undersøkelse i åpne vannmasser:

Det ble undersøkt 17 vannmassestasjoner i 2022; disse er plassert fra Frierfjorden i vest til Iddefjorden i øst, samt hele veien inn i Drammensfjorden. Prøvetakningen gjennomføres sju ganger årlig (i februar, mars, mai, juni, august, september og november), i tillegg blir fire av stasjonene i Hvaler-området (I-1 Ramsø, I-4 Kallera, Ø-1 Leira og S-9 Haslau) også besøkt i april, juli og oktober. Ved hver prøvetakning undersøkes fysiske- (temperatur, salinitet og siktdyp), kjemiske- (nitrat + nitritt, ammonium, fosfat, silikat, Tot-N, Tot-P, oksygen og DOC) og biologiske parametere (klorofyll a, kvantitative- og kvalitative undersøkelser av planteplanktonet) i de åpne vannmassene.

Denne rapporten inneholder også sondedata fra FerryBox systemet om bord M/S Color Fantasy. Dette er en kommersiell ferje som går i rute mellom Oslo og Kiel som passerer gjennom de sentrale delene av Ytre Oslofjord om lag annenhver dag og genererer høyoppløselige data.

De innsamlede dataene benyttes til å *klassifisere* vannmassene etter Miljødirektoratets Veileder 02:2018. Det er hovedsakelig de biologiske parameterne som benyttes i klassifiseringsarbeidet, mens de kjemiske- og fysiske parameterne brukes til å danne ett helhetsbilde. Totalt sett ble 13 stasjoner klassifisert til tilstandsklasse *moderat*, mens fire stasjoner fikk tilstandsklasse *god*.

På stasjonene i de sentrale delene av fjorden, som har god vannutsiftning, ble det målt lave nivåer av næringsstoffer. Situasjonen var annerledes på stasjonene inne i Drammensfjorden, Hvaler og Frierfjorden hvor det ble målt høye verdier av næringsstoffer, spesielt nitrogen-forbindelser om vinteren. I disse områdene er det også ofte dårlig vannutsiftning, som sammen med mye næringsstoffer ofte fører til dårlige oksygenforhold. Det var en dypvannsfornyelse i Frierfjorden i løpet av sommeren, men oksygensituasjonen i bunnvannet forverret seg igjen på senhøsten og ved prøvetakningen i slutten av november var det igjen dårlige oksygenforhold i bunnvannet på stasjonen.

Våroppblomstringen av planteplankton ble ikke detektert i 2022. Det var generelt veldig lite planteplankton på de sentrale stasjonene, mens det var store sommeroppblomstringer av kiselalger og høye nivåer av klorofyll-a på stasjonene i Drammensfjorden, Hvaler og Frierfjorden.

Summary

Title: Monitoring of Outer Oslofjord 2019-2023 - Annual report for 2022

Year: 2023

Author(s): Anette Engesmo, Sandra Gran, Øyvind Kaste and André Staalstrøm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7621-3

Riverine discharges:

Due to the routines related to data reporting and data processing, only 2021 data are available for this report. Agriculture was the largest single source of phosphorus inputs to the Outer Oslofjord in 2021, contributing 50 % of the total inputs. The contributions from other sources were domestic wastewater (19 %), natural runoff (17 %) and industry (10 %). For nitrogen, agriculture accounted for 39 %, natural runoff 33 %, population 24 % and industry 3 % of the total inputs.

Long-term data (1995-2021) indicate a clear decreasing trend in phosphorus inputs (based on the sum of all sources) from 1998 until 2002. After that, the inputs leveled off, until they increased again during the period 2018-2020. The agricultural phosphorus contribution showed a decreasing trend until 2011 but has since been increasing again until 2021. Phosphorous from domestic wastewater declined significantly until 2000 and has since then remained relatively stable until a slight increase between 2013 and 2015. Since 2015, the domestic inputs again have shown a downward tendency, and 2021 showed the lowest level since the time series began in 1995. The total inputs of nitrogen from all sources showed a downward trend until around 2002-2005, after which it has increased relatively steadily until 2020. The agricultural nitrogen contribution showed a weak decreasing trend until 2005 and has remained relatively constant since. Nitrogen inputs from domestic wastewater decreased until 2002, but thereafter increased steadily until 2017, following the population increase in the area. During the last four years, however, inputs from domestic wastewater have been somewhat lower compared with the 2017 level.

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 2021 show that the annual water flow has increased significantly in Glomma and Drammenselva. This also contributes higher nutrient loads to the fjord. All rivers showed a significant increase in transport 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.

Open water masses:

17 water mass stations have been surveyed in 2022: from Frierfjorden in the west to Iddefjorden in the east, and into Drammensfjorden. The sampling has been carried out seven times, in February, March, May, June, August, September and November. In addition, four stations in the Hvaler-area (I-1 Ramsø, I-4 Kallera, Ø-1 Leira and S-9 Haslau) were also surveyed in April, July and October.

At all stations, physical- (temperature, salinity and Secchi-depth), chemical- (nitrate + nitrite, ammonium, phosphate, silicate, total nitrogen, total phosphorus, oxygen and DOC) and biological parameters (chlorophyll-a, quantitative- and qualitative studies of phytoplankton) were examined.

The report also includes sensor data from the FerryBox system on board the M/S Color Fantasy. This is a commercial ferry that runs the route between Oslo and Kiel, it passes through the central parts of the Outer Oslofjord approximately every other day and therefore provides high-resolution data.

Overall, 13 stations were classified as *moderate*, while four stations received *good* classification according to “Veileder 02:2018”.

At the stations in the central parts of the fjord, which have good water exchange, there were low levels of nutrients. The situation was different at the stations inside Drammensfjorden, Hvaler and Frierfjorden where high levels of bioavailable nitrogen were measured, and where poor water exchange and high eutrophication rates often lead to poor oxygen conditions and low Secchi depths. There was a deep-water renewal in Frierfjorden during the summer, but the oxygen situation in the bottom water deteriorated again in late autumn and at the time of sampling at the end of November there were again poor oxygen conditions in the bottom water at the station.

The spring bloom of phytoplankton was not detected in 2022. There was generally very little phytoplankton at the central stations, while there were large summer blooms of diatoms and high levels of chlorophyll-a at the stations in Drammensfjorden, Hvaler and Frierfjorden.

1 Innledning

1.1 Ytre Oslofjord

NIVA utførte i 2022, 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 2022 har det blitt utført tilførselsberegninger og vannmasseundersøkelser. Resultatene av disse undersøkelsene presenteres her og i en fagrapport: Engesmo m.fl. (2023).

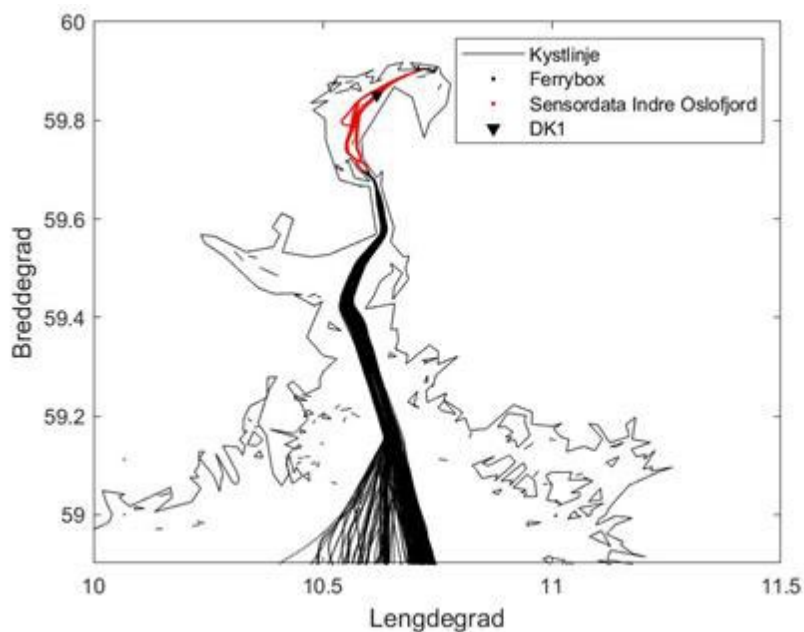
Miljøovervåkning er et nyttig verktøy for å skaffe et bilde av tilstanden og utviklingen til et økosystem. Oslofjorden er et økosystem som er omfattende overvåket, men hvor områdets kompliserte topografi, utstrakt menneskelig tilstedeværelse langs kysten og store ferskvannstilførsler gjør det utfordrende 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 tilstand etter gjeldende Veileder (02:2018).

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. 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, som er under utarbeidelse. Årsrapportene for 2022 fra ØKOKYST forventes publisert medio juni 2023. Resultater fra overvåkning av indre Oslofjord er beskrevet i Staalstrøm m.fl. (2023). Vannkvaliteten i vannforekomsten Hunnebunn som ligger på grensa mellom Fredrikstad og Sarpsborg kommune beskrevet av Staalstrøm & Yakushev (2020). På oppdrag fra Porsgrunn- og Bamble kommune ble det i 2022 også gjennomført en resipientundersøkelse i Frierfjorden, Eidangerfjorden og Langesundsfjorden i Grenland i forbindelse med utslipp av kommunalt avløpsvann. Resultatene av denne undersøkelsen er tilgjengelig i Trannum m.fl. (2023). I tillegg samles høyfrekvente sensordata fra FerryBox-systemet i området.

1.2 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 M/S 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. Systemet har en observasjonsfrekvens på annen hver dag i Oslofjorden og med ett minutts målefrekvens dekkes, avhengig av fart, hver 300-500 m langs måletransektet (Eikrem m.fl. 2023). Skipet var ute av drift fra midten av januar til starten av mars grunnet covid-19 og en lenger periode i tørrdokk. Det mangler også data i deler av juli og august grunnet elektriske problemer som hindret vanngjennomstrømning i FerryBox-systemet. I denne rapporten er det inkludert saltholdighet, temperatur, turbiditet og klorofyll-a fluorescens fra FerryBox-systemet.



Figur 1. M/S Color Fantasy går mellom Oslo-Kiel. Kartutsnitt viser skipets rute i Skagerrak og Oslofjorden.

1.3 Været i 2022

Meteorologisk institutt (MET) bruker perioden 1991-2020 som «normalperiode» og været for 2022 angis med denne perioden som referanse. Hvis temperatur og nedbør i en periode ligger innenfor 25 og 75 persentilene så betegnes det som «normalt». Er temperaturen over 75 persentilen betegnes den som «svært varm», og er den utenfor det som er observert i normalperioden betegnes den som «ekstremt varm» (Grinde m.fl. 2022).

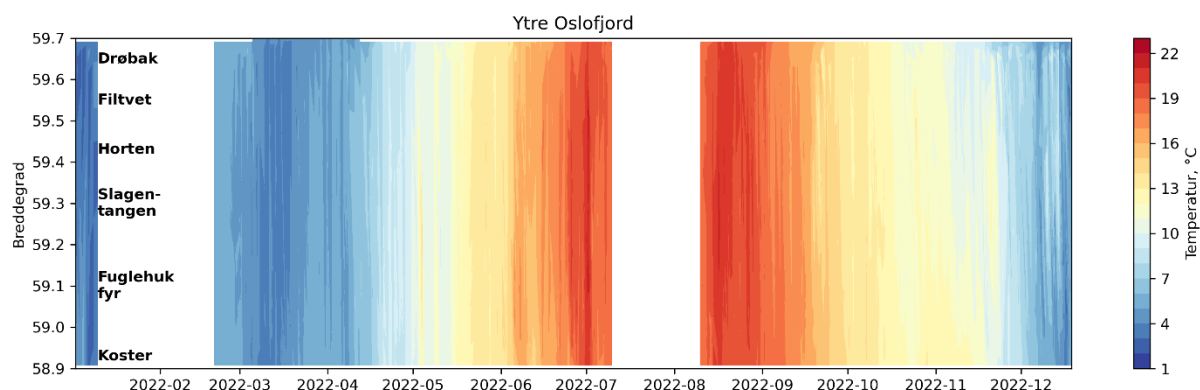
Året 2022 var på det meste av Sør-Norge et «varmt» eller «svært varmt» år sett under ett (Grinde m.fl. 2022). Gjennomsnittstemperaturen ved Færder var 9,6 °C. Dette er 1,1 ° høyere enn normalt (8,5 °C) for normalperioden. Tabell 1 viser månedlig lufttemperatur målt på Færder fyr i Ytre Oslofjord. Det var bare desember som var betydelig kaldere enn normalperioden. Januar, februar og november var spesielt varme måneder.

Tabell 1. Statistikk for lufttemperaturen i 2022 ved Færder fyr, hentet fra yr.no¹. Blå og røde tall indikerer hhv. under og over normaltemperatur.

Måned	2022 – snitt temperatur (°C)	Normal (°C)	Avvik (°C)
Januar	3,7	1	2,7
Februar	3,7	0,3	3,4
Mars	3,9	2,2	1,7
April	6,5	5,9	0,6
Mai	11,7	11	0,7
Juni	16,3	15	1,3
Juli	17,5	17,6	-0,1
August	18,2	17,5	0,7
September	14,4	14	0,4
Oktober	11,1	9,4	1,7
November	7,6	5,5	2,1
Desember	0,8	2,6	-1,8

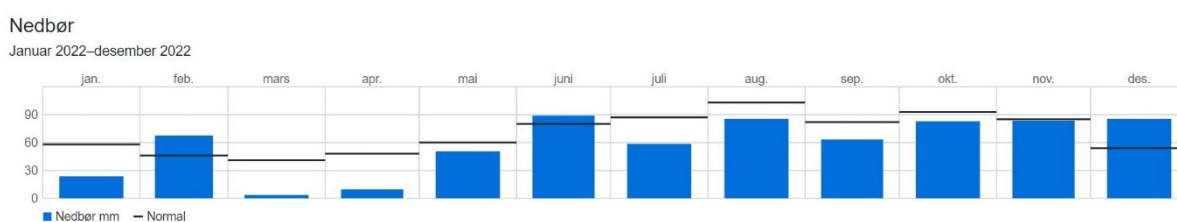
I Figur 2 vises temperaturen målt på ca. 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy. I figuren vises temperaturen fra Koster til Håøya innenfor Drøbak i 2022. Det var relativt liten forskjell i temperatur mellom sør og nord i fjorden. Temperaturen varierte i løpet av året som følge av sesongmessig oppvarming i sommerhalvåret og avkjøling i vinterhalvåret. Laveste temperaturer ble observert om vinteren (des.-apr.) med verdier ned mot 1 °C i begynnelsen av januar og høyeste temperaturer opp mot 22 °C om sommeren i begynnelsen av juli, som er et resultat av de høye lufttemperaturene i juni.

¹ <https://www.yr.no/nb/historikk/tabell/5-27500/Norge/Vestfold%20og%20Telemark/F%C3%A6rder/F%C3%A6rder%20fyr?q=2022>



Figur 2. Vanntemperaturen på 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy i 2022.

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. 2022 var i så måte et annerledes år og på Østlandet var det i 2022 «tørt» eller «svært tørt» med tanke på nedbør (Grinde m.fl. 2022). Figur 3 viser nedbør målt på Blindern i Oslo i 2022, her kan man se at nedbøren var lavere enn normalen i alle måneder med unntak av februar, juni og desember.

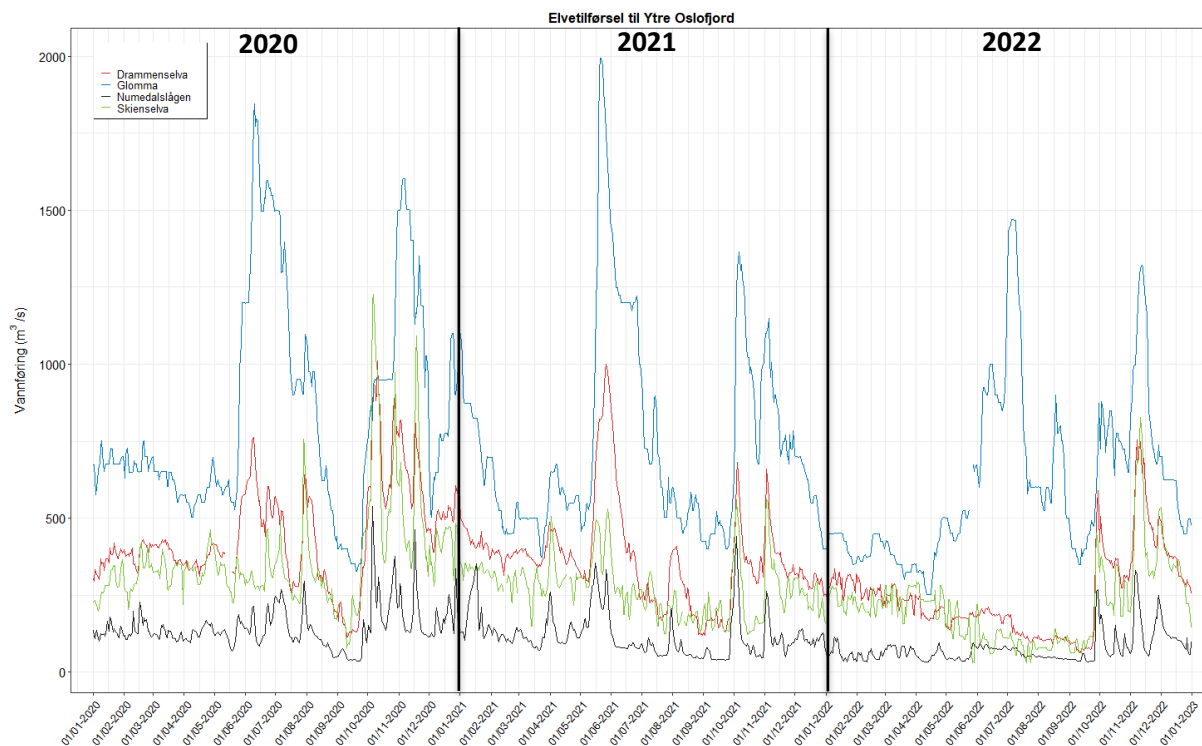


Figur 3. Nedbørdata for 2022 fra meteorologisk stasjon på Blindern i Oslo. Figur fra yr.no². De blå søylene viser antall mm nedbør per måned. De svarte linjene viser normalnedbøren, som vil si middelerdien for perioden 1991-2020.

I Figur 4 vises vannføring fra 2020-2022 for de fire store elvene som drenerer til Ytre Oslofjord: Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Både Figur 4 og Tabell 2 illustrerer at 2022 var et meget tørt år med lite ferskvannstilførsel. Glomma hadde en økning i vannføring i juni og juli, som vil ha gitt en del ferskvannstilførsel til Hvaler-området, men fortsatt betydelig mindre enn i to de foregående årene. Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva hadde lav vannføring og bidro derfor med lite ferskvannstilførsel til Ytre Oslofjord helt frem til oktober, da vannføringen økte noe. November hadde tilnærmet normal nedbørsmengde og i desember var det høyere nedbørsmengde enn normalnedbøren (Figur 3), noe som også reflekteres i høyere ferskvannstilførsel på slutten av året.

Vannføring for 2020, 2021 og 2022 er sammenlignet i Tabell 2. Samlet vannføring til Ytre Oslofjord fra de fire store elvene, var i 2022 lavere enn i 2021 (23,8 % mindre), og mye lavere enn i 2020 (36,7% mindre).

² <https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-73738/Norge/Oslo/Oslo/Blindern?q=2022>



Figur 4. Vannføring i de fire største elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva fra 2020-2022. Data hentet fra sildre.nve.no; hhv. fra målestasjonene Solbergfoss (Drammenselva), Mjøndalen bru (Glomma), Holmfoss (Numedalslågen) og Skotfoss (Skienselva).

Tabell 2. Årlig ferskvannstilførsel fra de fire største elvene til Ytre Oslofjord (mill. m³/år).

Elv	2020	2021	2022	Prosentvis endring 2020-2022	Prosentvis endring 2021-2022
Drammenselva	14106	11703	7832	-44,5	-33,1
Glomma	26693	23358	19262	-27,8	-17,5
Numedalslågen	4604	3755	2380	-48,3	-36,6
Skienselva	11690	8578	6710	-42,6	-21,8
Samlet	57093	47394	36183	-36,6	-23,7

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 Engesmo m.fl. (2022). På grunn av rapporteringsrutinene til de nasjonale kilderegistrene og behov for etterfølgende bearbeiding, er kun data fra 2021 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 (Sample 2023).

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.

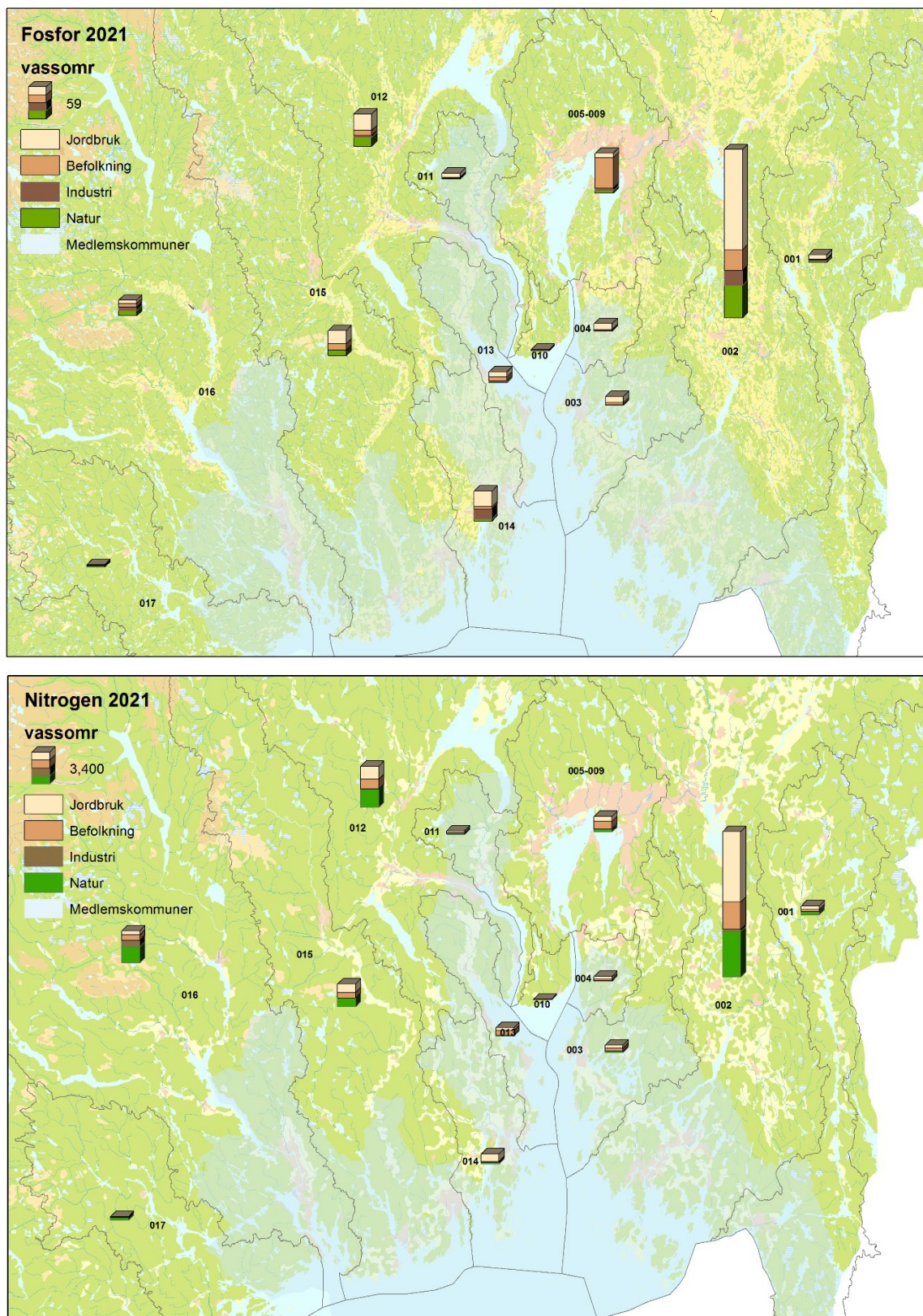
Modellerte tilførsler i 2021

De kildefordelte tilførslene til Indre Oslofjord og Ytre Oslofjord i 2020 er vist på kart for hvert vassdragsområde i Figur 5. Grunnlagsdataene fra TEOTIL er vist i tabellform i Vedlegg A. 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 er ikke direkte relevant 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.

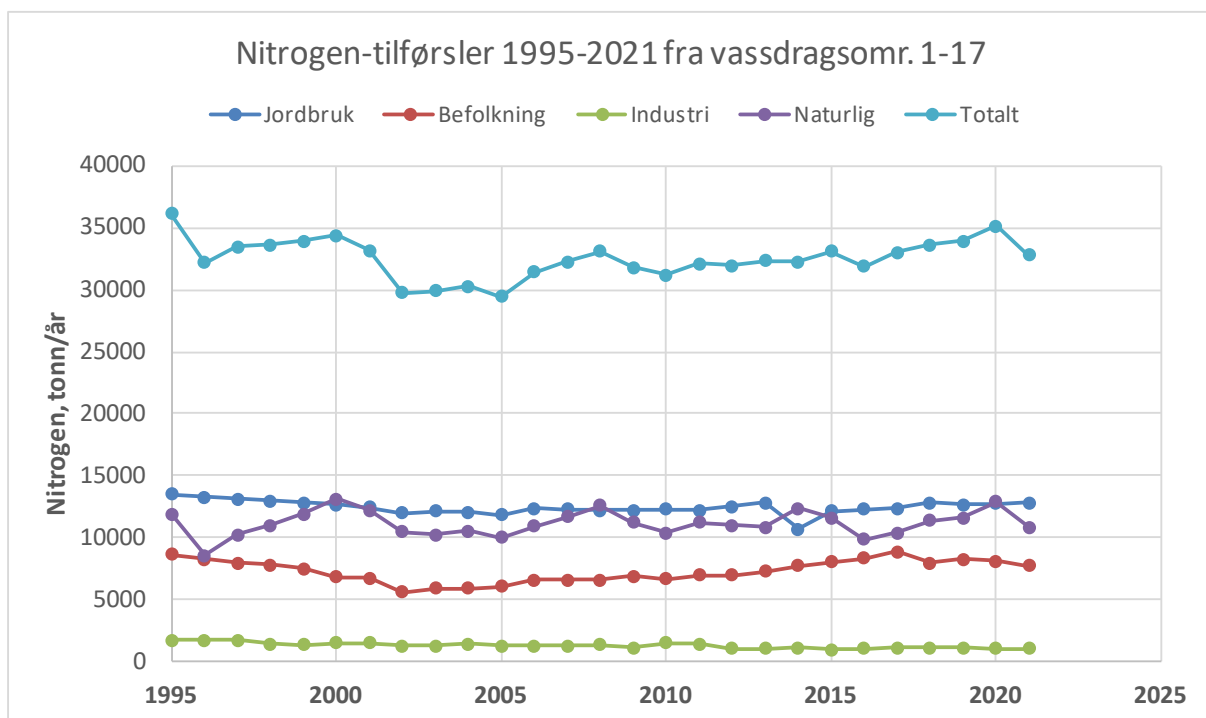
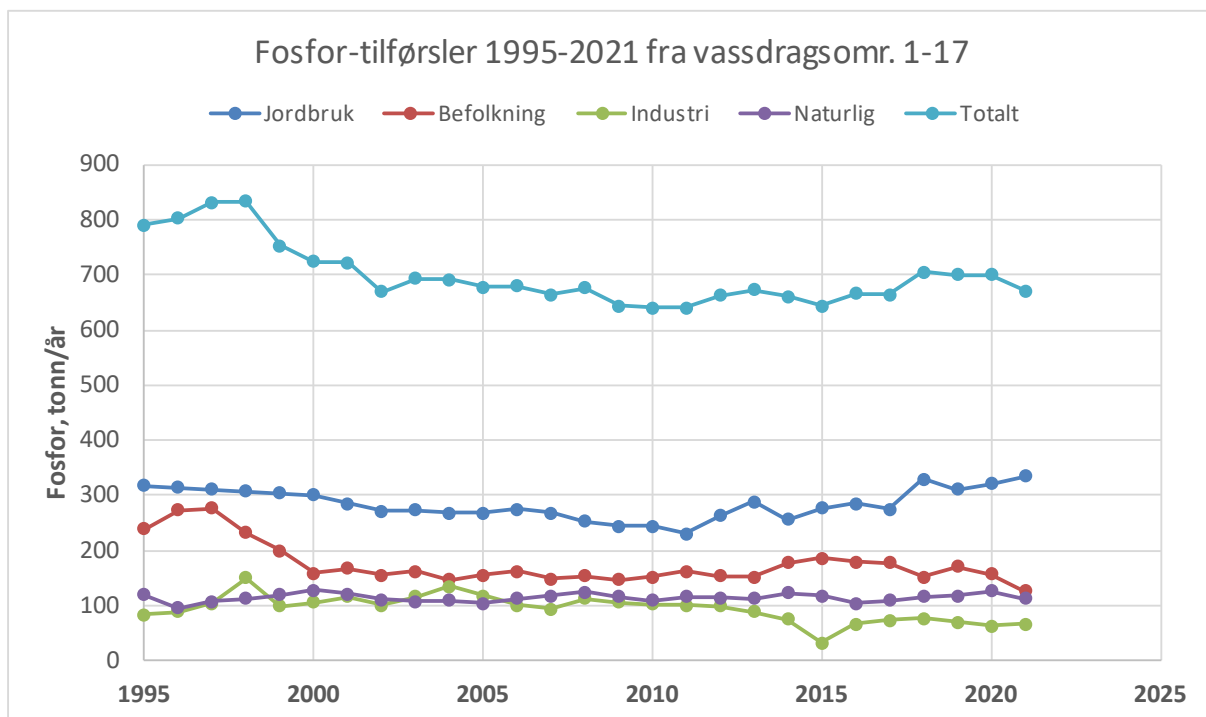
Basert på beregningene fra TEOTIL var jordbruket den største enkeltkilden for tilførsler av fosfor til Ytre Oslofjord i 2021, med 50 % av de totale tilførslene³. Deretter fulgte befolkning (kloakkavløp) med 19 %, naturlig avrenning fra utmark med 17 % og industri med 10 %. For nitrogen utgjorde jordbruk 39 %, avrenning fra utmark 33 %, 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.

³ Pga. en feil i NIBIOs beregningsgrunnlag er estimatene for landbrukstilførsler av fosfor og nitrogen i årene 2018-2021 økt i forhold til det som er rapportert tidligere.



Figur 5. Beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) i 2021 fra de ulike vassdragsområdene som drenerer til Ytre Oslofjord. Tilførsler fra område 005-009 går via Indre Oslofjord. Basert på data fra TEOTIL-prosjektet (Sample 2023).



Figur 6. Kildefordelte tilførsler av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) til Ytre Oslofjord 1995-2021 fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Basert på data fra TEOTIL-prosjektet (Sample 2023). Pga. en feil i NIBIOs beregningsgrunnlag er estimatene for landbrukstilførsler av fosfor og nitrogen i årene 2018-2021 økt i forhold til det som er rapportert tidligere.

Utviklingstrender, 1995-2021

Utviklingen i de teoretisk beregnede tilførslene av fosfor og nitrogen over tid (1995-2021) er vist samlet for alle vassdragsområdene i Figur 6. For fosfor var det en klar nedgang i de totale tilførslene fra 1998 til 2002. Deretter flatet verdiene ut, men med en tendens til økning igjen i perioden 2018-2020. Dersom en ser på fosfortilførsler fra de enkelte kildene, viste landbruket en avtakende trend fram til rundt 2011 – for deretter å øke igjen fram til 2021. Fosforbidraget fra befolkningen avtok betydelig fram til 2000 pga. høy aktivitet med bygging av nye kloakkrenseanlegg. Deretter har verdiene ligget nokså flatt inntil verdiene økt litt igjen i perioden 2013-2015. Siden 2015 har bidraget fra befolkning igjen vist en nedadgående tendens og var i 2021 på det laveste nivået siden tidsserien startet i 1995. Industriutslipp av fosfor har vist en fallende tendens gjennom overvåkingsperioden og utgjør nå rundt 10 % 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 2020. 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. Forholdvis lav vannføring i elvene i 2021 førte også til at nitrogen-tilførslene fra utmark var noe lavere dette året enn i 2020. 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 hadde deretter en jevn økning fram til 2017, i takt med befolkningsveksten i området. De siste fire årene har tilførslene fra befolkning vært noe lavere enn i 2017.

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. 2022). 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 2021. 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.

Tabell 3. Tilførsel av ferskvann og næringssalter fra de fire største elvene rundt Ytre Oslofjord i 2021. Vannføringen i elvene er skalert fra nærmeste NVE-stasjon for å dekke hele nedbørfeltet til vannkjemistasjonene i Elveovervåkingsprogrammet.

Elv	Nedbørfelt (km ²)	Vannføring (mill m ³ /år)	TOT P (tonn/år)	TOT N (tonn/år)	TOC (tonn/år)	SiO ₂ (tonn/år)
Glomma	41918	24345	435	14572	98674	97173
Drammenselva	17034	10320	90	4682	37801	33752
Numedalslågen	5577	3849	50	1781	18612	14009
Skienselva	10772	9226	34	2333	27151	21311

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 tilførselene av næringsstoffer. Transporten av fosfor og nitrogen i Glomma-utløpet er hhv. 2,5 og 1,7 ganger høyere enn de tre andre elvene til sammen.

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 2021. Figur 7 og Figur 8 viser den årlige transporten av Tot-P, Tot-N, nitrat og ammonium i de samme elvene, dvs. grunnlagsdataene for trendanalysene i Tabell 4.

Glomma og Drammenselva 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. Drammenselva og Numedalslågen viser en signifikant økende transport av partikler (SPM), mens bare Drammenselva viser en signifikant økende transport av organisk stoff (TOC). Det har generelt vært en økende TOC-trend (brunere vann) i mange innsjøer og elver på Østlandet de siste 30 årene (Vogt og Skancke 2022), 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).

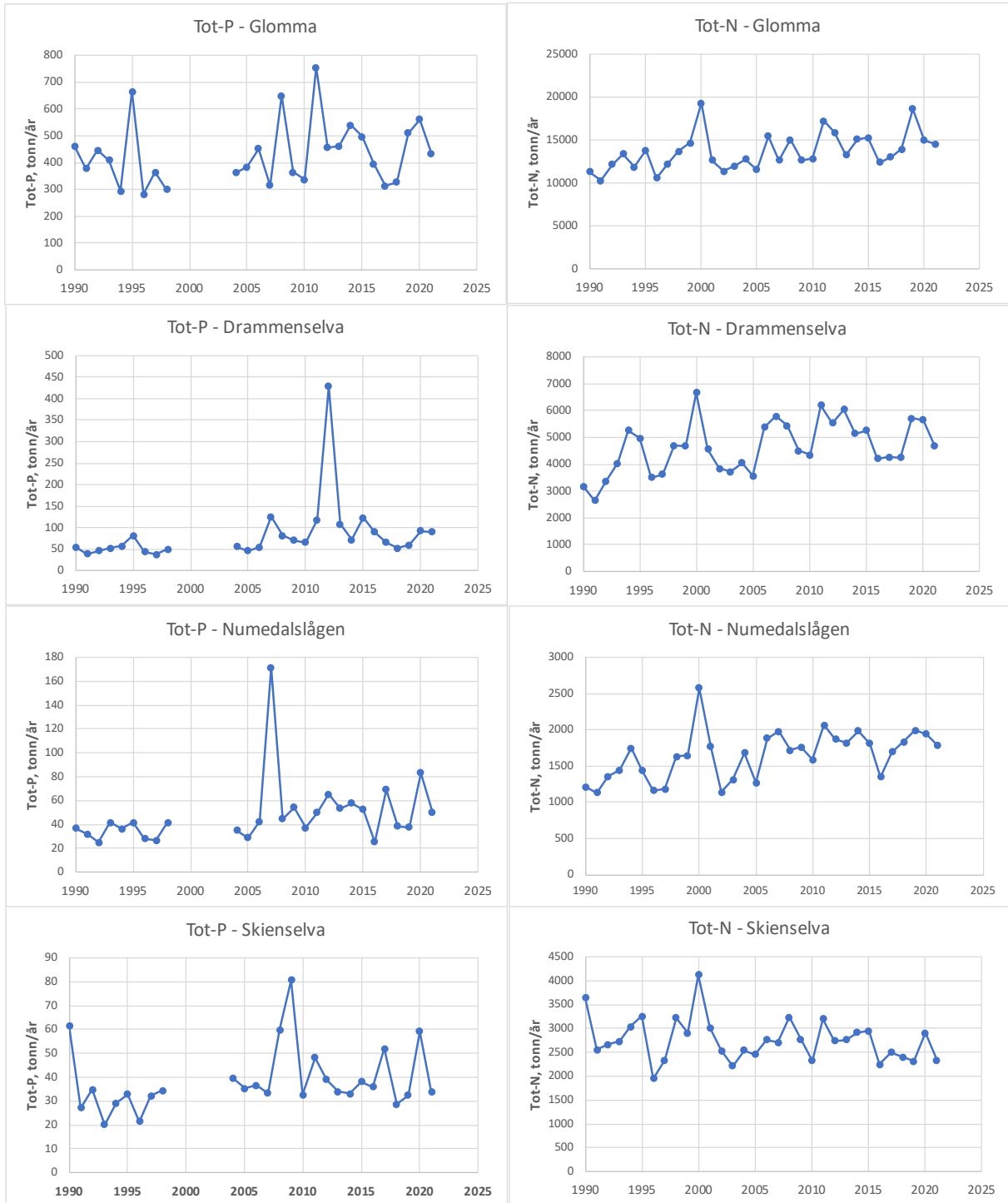
Tabell 4. Trender i vannføring (Q) og transport av partikler (SPM), silikat (SiO₂), organisk stoff (TOC) og ulike fraksjoner av fosfor og nitrogen i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva i perioden 1990-2021. Tallene i tabellen viser gjennomsnittlig endring per år for stoffer som viser en signifikant trend over tid. Basert på data fra Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2022). Blanke celler har ingen signifikant trend.

Elv	Q, mill m ³ /år	SPM tonn/år	SiO ₂ tonn/år	TOC* tonn/år	Tot-P tonn/år	PO ₄ tonn/år	Tot-N tonn/år	NH ₄ tonn/år	NO ₃ tonn/år
Glomma	140		495			4,2	109	-16,9	58
Drammenselva	92	1256	280	556	1,4	0,8	50	-2,4	25
Numedalslågen		973	92		1,0	0,7	20	0,7	8
Skienselva			151					-1,6	-29

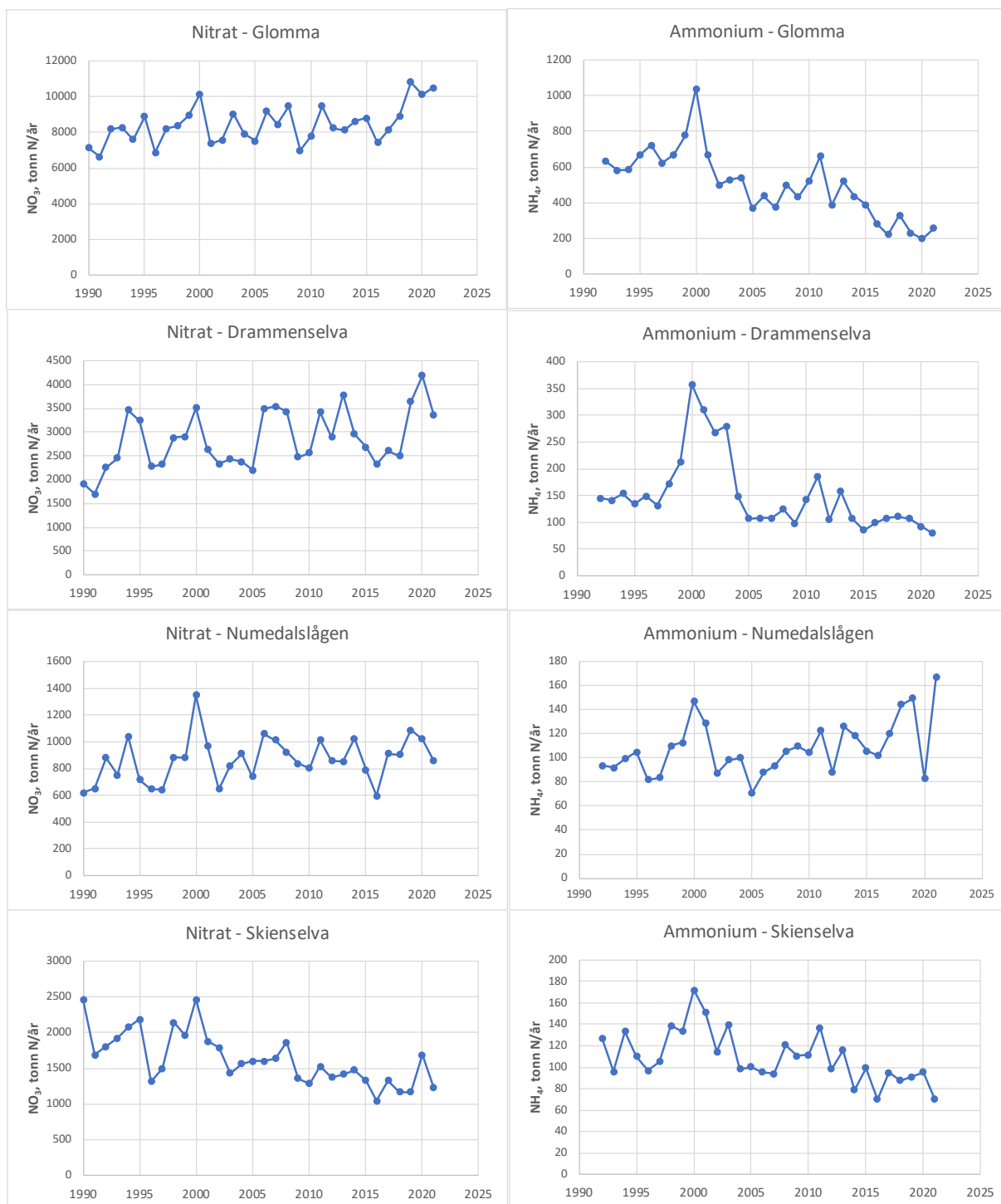
	Signifikant nedadgående trend (p<0.05)
	Signifikant oppadgående trend (p<0.05)

* Trend-analyse for TOC starter i 1999

Som Figur 7 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 (PO₄) 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.



Figur 7. Årlige tilførsler av total fosfor (venstre) og nitrogen (høyre) i de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord 1990 - 2021. Data fra Elveovervåkings-programmet (Kaste m.fl. 2022).



Figur 8. Årlige tilførsler av nitrat (venstre) og ammonium (høyre) i de fire største vassdragene rundt Ytre Oslofjord 1990 - 2021. Data fra Elveovervåkings-programmet (Kaste m.fl. 2022).

Transporten av totalt nitrogen har økt i tre av fire elver, mens ammonium (NH_4) har avtatt i tre av fire elver. Transporten av nitrat (NO_3) har økt i Glomma, Drammenselva og Numedalslågen, mens den har avtatt i Skienselva. Ulikhetene i NO_3 trender skyldes trolig at de tre førstnevnte elvene er mer påvirket av lokale kilder, mens NO_3 -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_4 og NO_3 i mange vassdrag i Sør-Norge (Vogt og Skancke 2022). Reduserte lokale utslipp kan også i noen grad ha bidratt til reduserte tilførsler av NH_4 i Glomma, Skienselva og Drammenselva, men det må samtidig bemerkes at NH_4 utgjør en svært liten andel av den totale nitrogentransporten i elvene (NH_4 utgjorde kun 2,4 og 1,8 % av transporten av hhv. NO_3 og Tot-N i Glomma i 2021).

2.3 Middelkonsentrasjoner i elvene i 2022

Glomma hadde de høyeste middelkonsentrasjonene av partikler, silikat, total fosfor (Tot-P), fosfat, totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat i 2022 (Tabell 5). Også Numedalslågen har relativt høye middelkonsentrasjoner av partikler, organisk stoff og total fosfor. 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 18-37 % lavere i 2022 enn i 2021 (Tabell 4), men transportberegningene for elvene for 2022 er ikke klare og vi vet derfor ikke hvordan lavere vannføring har påvirket den totale tilførselen av de ulike stoffene i 2022.

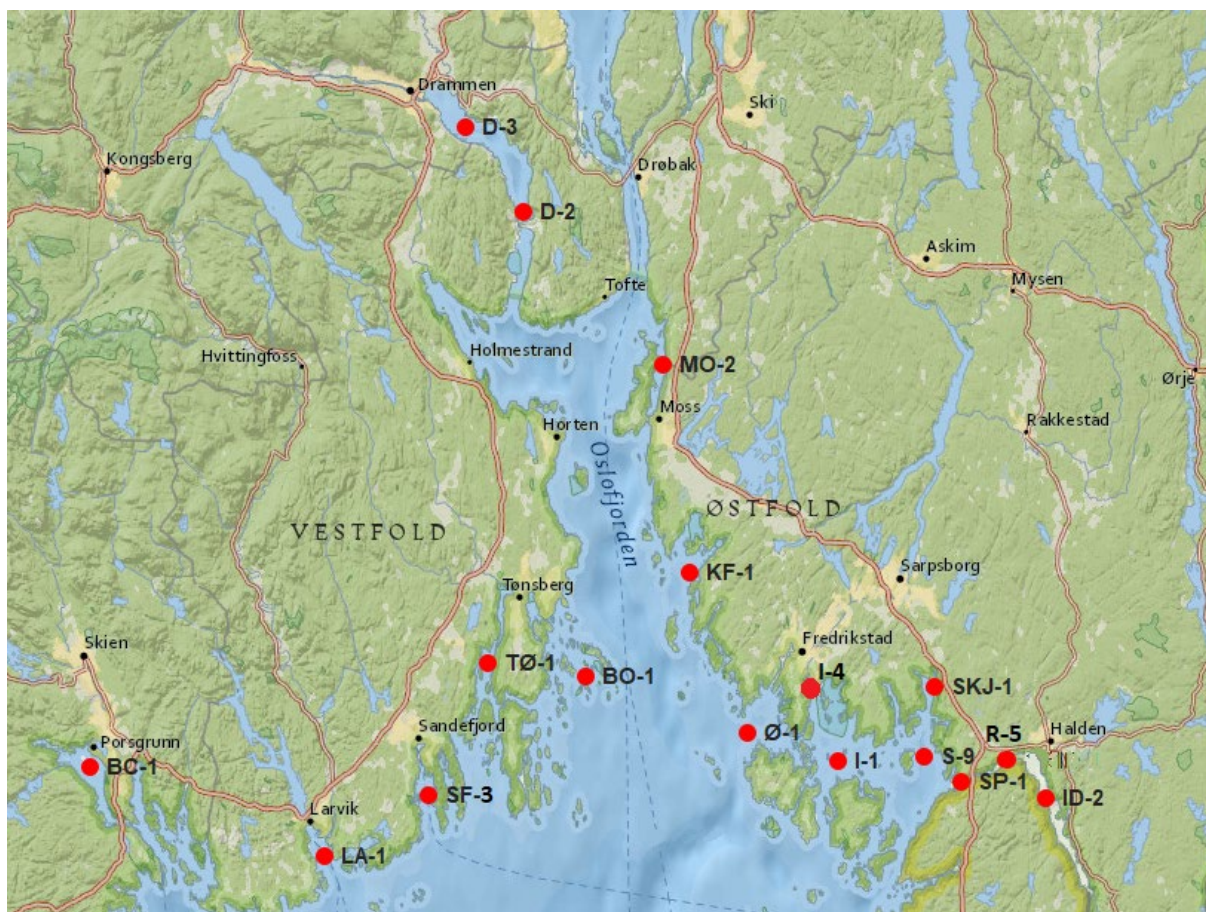
Tabell 5. Middelkonsentrasjoner av utvalgte stoffer i elvene i 2022. Data fra Elveovervåkingsprogrammet (Kaste m.fl. 2022).

	SPM	SiO_2	TOC	TOT-P	$\text{PO}_4\text{-P}$	TOT-N	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
	mg/l	mg/l	mg/l	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Glomma	7,6	3,6	3.6	14	7	482	331	23
Drammenselva	1,4	2,7	3.2	5	2	346	234	20
Numedalslågen	5,2	3,4	4.1	10	5	344	203	29
Skienselva	1,3	2,3	2.7	5	2	260	136	24

3 Vannmasser

I 2022 ble det gjennomført vannmasseovervåkning på 17 stasjoner i Ytre Oslofjord (Figur 9 og Tabell 6). Prøvetakning ble gjennomført sju ganger i 2022 i månedene februar, mars, mai, juni, august, september og november. I tillegg ble fire av stasjonene i Hvaler-området (Ø-1, I-1, I-4 og S-9) prøvetatt også i april, juli og oktober, totalt ti ganger. Alle innsamlinger er foretatt av NIVA med Universitet i Oslos forskningsfartøy F/F Trygve Braarud, med unntak av de ekstra innsamlingene i Hvaler som er gjort i samarbeid med SH Maritim ombord M/S Springeren.

Det gjennomføres prøvetakning av fysiske parametere: saltholdighet, temperatur og siktdyp, kjemiske parametere: Tot-P, Tot-N, løste næringsalter (NO_2+NO_3 , NH_4 , PO_4 og SiO_2), oksygen (målt med sonde gjennom vannsøylen) og DOC, samt biologiske parametere: klorofyll-a, kvalitative og kvantitative analyser av planteplankton. Videre informasjon om prøvetakning og prøvetakningsfrekvens, samt en oppsummering av dataene er tilgjengelig i fagrapporten (Engesmo m.fl. 2023).



Figur 9. Vannmassestasjonene som har vært inkludert i Ytre Oslofjord-overvåkningsprogrammet i 2022.

Tabell 6. Vannmassestasjoner som er blitt overvåket i Ytre Oslofjord-programmet i 2022 og deres tilsvarende vann typer basert på vann-nett.no. Vannlokalitet-ID er hentet fra vannmiljo.miljodirektoratet.no. Koordinater er gitt i WGS84.

Stasjonsnavn	NIVA kode	Vann lokalitet-ID	Breddegrad	Lengdegrad	Vann type	
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
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 klassifisering av tilstand behandlet som vann type S5 – Sterkt ferskvannspåvirket fjord.

3.1 Klassifisering av vannmasser

I denne rapporten er det klassifisert ifølge 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 flere uklarheter i Veileder 02:2018, i avsnittene under er det derfor beskrevet hvilke valg som er tatt i forhold til klassifisering av de forskjellige elementene. Dette er også diskutert i mer detalj i tidligere årsrapporter for dette programmet. Miljødirektoratet jobber, i samarbeid med NIVA og HI med en ny utgave av klassifiseringsveilederen som både vil tydeliggjøre og lette klassifiseringsarbeidet og innebærer betydelige endringer på klassegrenser for enkelte parametere (se bl.a. Walday m.fl. 2023). For å holde resultatene sammenlignbare med tidligere rapporter er de foreslåtte endringene ikke inkludert i denne rapporten, men vi anbefaler på det sterkeste å følge den nye klassifiseringsveilederen så snart denne foreligger.

Prøvetakningsfrekvensen i dette programmet oppfyller ikke minstekravene i Veileder 02:2018. Det er derfor forsøkt å spre prøvetakingene utover året på en slik måte at både vinter- og sommerperioden blir ivaretatt, men også den økologisk viktige våroppblomstringen. Dette innebærer at det ikke lenger samles prøver i juli, istedenfor juli inkluderes derfor september-prøvetakingen i sommerklassifiseringen. Prøvetakingen i november legges så sent som mulig i måneden og inkluderes i vinterklassifiseringen.

I veilederen er det forskjellige klassegrenser for klorofyll-a for de ulike vanntypene i Skagerrak (se tabell 9.3 i Veileder 02:2018⁴), men for vanntype S5 fins det ikke klassegrenser for klorofyll-a; der vil i prinsippet støtteparameterne alene bestemme klassifiseringen av vannmassene. Dette fører som regel til en dårlig klassifisering, ettersom det generelt er lave siktdyp og dårlige oksygenforhold i mange av disse vannforekomstene som 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 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 foregående år i denne programperioden. Det bemerkes at dersom Veileder 02:2018 hadde blitt fulgt på dette punktet ville både stasjonene i Drammensfjorden, Frierfjorden og deler av Hvaler blitt klassifisert til «dårlig» eller «svært dårlig» tilstand.

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 2022. I 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 leveforholdene 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. Ammonium er også klassifisert med klassegrenser hentet fra tabell 9.26.

3.2 Vannkvalitet i vannmassene i perioden 2020-2022

Klassifisering for perioden 2020-2022 er vist i Tabell 7. Av de 17 stasjonene som er prøvetatt i 2022 så får 13 den samlede tilstanden *moderat*, mens de resterende fire får *god* tilstand. Dette er en forverring fra 2021, da syv stasjoner ble klassifisert som *god* og de resterende var *moderat*. Det er Hvaler-stasjonene Skjebergskilden (SKJ-1) og Leira (Ø-1), samt Sandefjordsfjorden (SF-3) som i 2022 er nedjustert fra *god* til *moderat* tilstandsklassifisering.

Det er litt varierende hvilke parametere som trekker tilstanden ned, men for hele området er det særlig oksygenforholdene ved bunn, siktdypet og nitrogen-konsentrasjonen som trekker nedover.

I Drammensfjorden er det vedvarende dårlige oksygenforhold som trekker tilstanden ned til *moderat*, i tillegg er det høye vinterverdier av både Tot-N og nitrat+nitritt, samt dårlig siktdyp. Stasjonene på vestsiden av fjorden er stort sett plassert slik at de har god vannutskiftning, noe som bidrar til relativt gode miljøforhold i vannmassene. Både Bolærne (BO-1), Vestfjorden (TØ-1), Larviksfjorden (LA-1) og Sandefjordsfjorden (SF-3) klassifiseres til *svært godt* for klorofyll-a og de har gode (lave) verdier av næringsstoffer. Dette er også området med best siktdyp i Ytre Oslofjord. Likevel oppnår Tønsberg-stasjonen kun *moderat* tilstandsklasse, basert på dårlige oksygenforhold og *moderat*

⁴ <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>

siktdyp. Den andre stasjonen i området som kun oppnår *moderat* klassifisering er stasjonen i Sandefjordsfjorden. Denne ble flyttet i 2020 for at prøvetakningen skulle gjøres på det dypeste punktet i bassenget. Både ved den nye plasseringen og den tidligere stasjonen (SF-1) har det periodevis blitt fanget opp perioder med dårligere oksygenkonsentrasjoner fra bunn og opp til om lag 20 meters dyp, spesielt om høsten. Denne nedjusteringen av vannmassekvaliteten gjør også at den helhetlige klassifiseringen i området harmoniserer bedre. I forbindelse med hardbunnsundersøkelser i dette programmet gjennomført i 2021 ble stasjonen G8 ved Hellesøy, som ligger i samme vannforekomst, klassifisert som *dårlig* for nedre voksegrense for makroalger. Det ble også kommentert på at stasjonen viste en negativ trend, med en betydelig forverring i tilstandsklasse siden 2007 (Walday m.fl. 2023).

I Frierfjorden (BC-1) er det blant de høyeste klorofyll-a verdiene i programmet, men fordi vi har valgt å bruke grenseverdiene til vannmasse S3 oppnår området likevel *god* klassifisering på klorofyll alene. Høye vinterverdier av fosfat og Tot-N, samt *svært dårlig* oksygenforhold og *moderat* siktdyp gjør at stasjonen totalt sett klassifiseres som *moderat*. Det var en dypvannsfornyelse i Frierfjorden i løpet av sommeren, men oksygensituasjonen i bunnvannet forverret seg igjen på senhøsten og ved prøvetakningen i slutten av november var det igjen dårlige oksygenforhold i bunnvannet på stasjonen (se Figur 3 i Engesmo m.fl. 2023).

Hvaler-området er sterkt påvirket av ferskvannstilførsel fra Glomma og alle stasjonene i området, med unntak av Sponvika (SP-1) klassifiseres som *moderat*. Hele området har utfordringer med dårlige oksygenforhold og særlig stasjonene i Iddefjorden (ID-2) og Ringdalsfjorden (R-5) har *svært dårlige* oksygenforhold. Det er ikke målt like lave oksygenverdier for stasjonen i Singlefjorden (S-9) i 2022 som det ble i 2021, men fordi klassifiseringen gjøres med verdier over tre år har stasjonen fortsatt *svært dårlig* oksygenforhold. Det er i tillegg betydelig overbelastning av næringsstoffer ved de fleste stasjoner i området. Stasjonen i Ringdalsfjorden ble klassifisert til *svært dårlig* for vinterkonsentrasjon av Tot-N og flere av de andre stasjonene har enten *dårlig* eller *moderate* verdier av både Tot-P, fosfat, Tot-N og nitrat+nitritt. Ved stasjonen i Sponvika er det betydelige vinterverdier av Tot-N, samt *dårlig* siktdyp, men på grunn av gode oksygenforhold opprettholder stasjonen *god* klassifisering.

Krokstadfjorden får tilstandsklasse *god* på de aller fleste parametere.

Oksygenkonsentrasjonen i Mossesundet har vært noe bedre i 2022 enn i 2021, men stasjonen beholder likevel *moderat* klassifikasjon.

Tabell 7. Klassifisering av vannmassene basert på data fra 2020-2022 (unntaket er stasjon I-4 der prøvetakningen startet i 2021). Data for siktdyp er fra sommeren 2022. Oksygentilstanden er basert på den laveste oksygenverdien målt på det dypeste dypet ved hver stasjon over de tre årene.

Stasjon	Vann- type	Sal. (psu) 0-5 m	Klf-a µg /L	TOTP µg /L	PO ₄ µg /L	TOTN µg /L	NO ₃ +NO ₂ µg /L	NH ₄ µg /L	TOTP µg /L	PO ₄ µg /L	TOTN µg /L	NO ₃ +NO ₂ µg /L	NH ₄ µg /L	Oksygen tilstand	Siktdyp (m) gjenn.	Samlet tilstand
		Hele året 2022	Feb- okt	Sommer (jun-sep 2020-2022)					Vinter (nov-feb 2020-2022)						(mai- aug)	
D-3*	S5	6,52	3,08	6,15	1,5	340	160	27	5,1	4,2	455	315	32	SD	3,1	M
D-2*	S5	7,88	3,62	7,1	1,7	315	110	20	5,45	5,35	440	250	23	SD	3,1	M
I-4	S5	6,80	2,48	10,5	5,05	425	135	43	24	18	560	110	56	M	2,25	M
BC-1*	S5	11,68	5,22	7,85	1,75	295	83	23,5	11	13	390	150	32,5	SD	4	M
ID-2*	S5	12,98	6,82	8,75	1,25	400	135	32	14,5	8,3	715	310	15	SD	2,1	M
R-5*	S5	12,10	5,87	10	1,95	360	81	49	19	13	860	240	73,5	SD	2,2	M
I-1	S3	17,59	3,18	9,6	1,45	285	8,15	23,5	19,5	13	410	94	18	D	2,85	M
SP-1	S3	19,97	4,32	11,5	1,8	270	22	18	16	10	440	51	19,5	G	3,05	G
S-9	S3	20,27	4,8	9,8	1,2	255	5,15	12	18	11	470	98	17	SD	3,25	M
MO-2	S3	23,51	4,3	6,45	1,15	195	1,6	6,2	14,5	10,35	340	115	6,6	D	6,8	M
SKJ-1	S3	19,98	4,68	12,5	1,35	255	3,2	9,55	14	9,85	400	52	23	M	3,1	M
Ø-1	S1	22,42	2,98	9,1	1	225	1,9	10,5	19,5	14	300	100	8,95	M	4,5	M
LA-1	S2	23,46	2,46	8,65	1	205	1	7,05	19	15	280	81	13,5	G	6,5	G
BO-1	S2	24,95	2,34	7,85	1,05	185	1	8,05	18	15	270	92	9	G	7,5	G
TØ-1	S3	24,53	2,24	10	1,3	200	1	7,75	20,5	13	330	113	13	D	5,5	M
KF-1	S2	24,20	2,7	9,95	2,6	225	3,1	13,3	21	15	330	110	14	G	3,25	G
SF-3	S3	25,97	1,96	8,8	1	200	1	9,05	21	15	290	100	15,5	M	7,5	M

* Klf-A klassifisering basert på vann-type S3, ettersom S5 ikke har klassegrenser.

^a Klassifisering basert på tabell 9.27, PSU 5, i veileder 02:2018.

^b Klassifisering basert på tabell 9.27, PSU 18, i veileder 02:2018.

^c Klassifisering basert på tabell 9.26 i veileder 02:2018.

3.3 Siktdyp



Figur 10. Siktdypet måles ved at en hvit Secchi-skive senkes ned i vannsøylen til man ikke lenger kan se den. Siktdypet er det dypet der du akkurat får øye på skiven når den trekkes opp igjen.

Siktdypet er et mål for hvor klart vannet i overflaten er, illustrert i Figur 10. Der det er mye partikler i vannet vil det være grumsete vann og tilsvarende dårlig siktdyp. Dette gir dårligere levetilstander for alle organismer som lever på bunnen av fjorden. Dårlig siktdyp er tett knyttet til begrepet «formørkning» som er observert i både Skagerrak og Nordsjøen i de senere år. Man antar at formørkningen er knyttet til økt tilførsel av DOC. DOC bidrar til økt lyssvekning i vannsøylen og mindre lys trenger ned i dypet. I Skagerrak er det allerede høye konsentrasjoner av DOC og cDOM, som er den fargede delen av det organiske stoffet, i forhold til andre norske kystområder (Frigstad m.fl. 2020).

I 2022 ble fire stasjoner klassifisert med tilstandsklasse *god*; Mossesundet, Bolærne, Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden. Av de resterende stasjonene fikk fire tilstandsklasse *moderat*; Drammensfjorden (D-2 og D-3), Frierfjorden og Tønsberg, mens resten ble klassifisert med *dårlig* tilstand. Selv om dette generelt viser dårlige lysforhold i fjorden, er det likevel en forbedring fra tidligere år, som sannsynligvis henger sammen med den lave ferskvannstilførselen i 2022.

Som nevnt forteller siktdypet 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*)

Overvåkningsprogrammet har inkludert klorofyll-a og siktdyp i mange år, mens DOC ble tatt inn i programmet 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 se på samvariasjonen mellom forklaringsvariablene og siktdyp. Resultatene viser at DOC forklarer betydelig mer av de lave siktdypene i fjorden enn klorofyll, men det er en stor rest som ikke forklares av parameterne som måles i programmet i dag (Tabell 8 og Vedlegg B). I Drammensfjorden og deler av Hvaler forklarer DOC-konsentrasjonen en betydelig del av det observerte siktdypet, på stasjonen i Iddefjorden forklarer DOC så mye som 48 %. Ettersom dette er områder med stor ferskvannstilførsel fremstår det fornuftig at DOC er en viktigere forklaringsvariabel for siktdypet her enn i mer åpne områder. Dersom alle målingene i hele programmet slås sammen forklarer DOC alene 21 % av variabiliteten i siktdyp, mens klorofyll-a konsentrasjonen forklarer kun 5 %. Det er store lokale forskjeller, for eksempel er klorofyll-a en viktig forklaringsvariabel for siktdypet i Mossesundet.

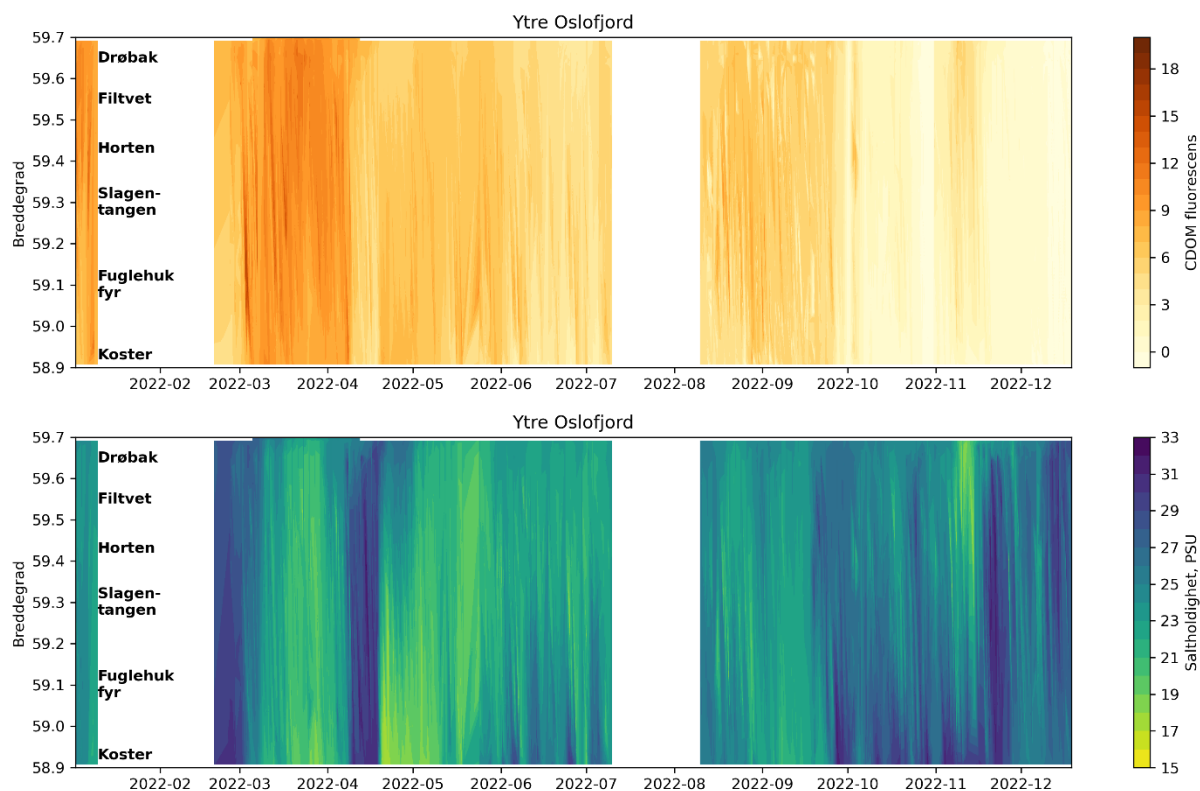
Tabell 8. Statistisk analyse (PERMANOVA) av sammenhengen mellom siktdyp, DOC og klorofyll-a fra 2020-2022. Tallene i de tre midterste kolonnen angir hvor mye av variansen som kan forklares av variablene DOC og klorofyll- a. Tallet i parentes er p-verdien, som indikerer om resultatet er signifikant ($p < 0,05$, er markert rødt).

Stasjon	% varians (p-verdi)			Siktdyp (m)
	DOC	Klf-A	Rest	
BC-1	0,44 (0,818)	0,81 (0,786)	98,75	4
BO-1	5,78 (0,345)	12,47 (0,216)	81,74	7,5
D-2	10,77 (0,165)	17,76 (0,078)	71,47	3,1
D-3	24,45 (0,05)	4,3 (0,371)	71,25	3,1
I-1	28,1 (0,009)	0,56 (0,705)	71,33	2,85
I-4	3,17 (0,524)	0,81 (0,716)	96,03	2,25
ID-2	47,74 (0,001)	8,06 (0,13)	44,21	2,1
KF-1	22,01 (0,124)	0,01 (0,981)	77,98	3,25
LA-1	9,53 (0,295)	2,58 (0,563)	87,89	6,5
MO-2	0,57 (0,744)	28,47 (0,046)	70,97	6,8
R-5	23,9 (0,059)	0,02 (0,947)	76,08	2,2
S-9	22,89 (0,008)	17,73 (0,012)	59,38	3,25
SF-1/SF-3	9,54 (0,403)	5,51 (0,556)	84,95	7,5
SKJ-1	15,79 (0,219)	2,32 (0,626)	81,89	3,1
SP-1	34,75 (0,051)	5,07 (0,395)	60,18	3,05
TØ-1	3,81 (0,527)	5,27 (0,482)	90,92	5,5
Ø-1	38,97 (0,005)	13,49 (0,034)	47,54	4,5
Totalt ytre OF	21,67 (0,001)	4,57 (0,001)	73,76	

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. Dersom man ønsker sikrere svar på hvorfor det er dårlig siktdyp i Oslofjorden, kan det være hensiktsmessig å inkludere parametere som måler

partikler eller farget stoff i overvåkningsprogrammet, aktuelle parametere kan være farget løst organisk materiale (cDOM) og totalt suspendert materiale (TSM, både organisk og uorganisk materiale).

Det måles cDOM fluorescens (fDOM) med FerryBox-systemet om bord på M/S Color Fantasy. I Figur 11 er cDOM fluorescens vist sammen med saltholdighet. Generelt kan man si at der det er lav saltholdighet er det høye cDOM fluorescens verdier, dette fordi stoffet fraktes ut med elvevann.



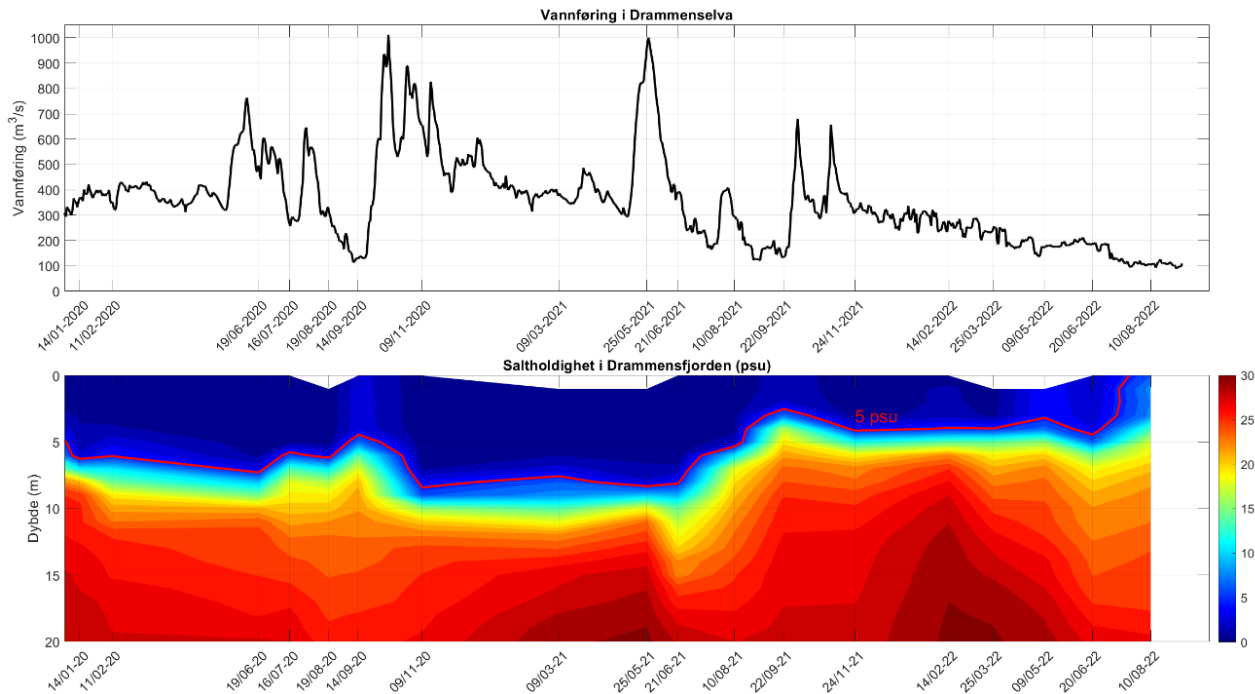
Figur 11. cDOM fluorescens (øverst) og saltholdighet (nederst) på 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy i 2022.

3.4 Sammenhengen mellom vannføring, saltholdighet og nitrogenkonsentrasjon

Vannmassene i Ytre Oslofjord er i stor grad påvirket av ferskvannstilførsel fra fire store elver; Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Nitrogentilførsel er ofte tett knyttet opp mot ferskvannstilførsel og det er tidligere påvist en klar sammenheng mellom saltholdighet og nitrat+nitritt i overflatelaget i Ytre Oslofjord. En klar sammenheng mellom saltholdighet i overflatelaget og nitrat+nitritt-verdier i overflatelaget både sommer og vinter, viser at de høye nitrogenkonsentrasjonene i overflatelaget i Ytre Oslofjord stammer fra lokale tilførsler og ikke fra langtransportert vann (Bjerkeng 1997, Staalstrøm m.fl. 2021). Hvis de høye nitrogenkonsentrasjonene tidvis hadde stammet fra vann fra Skagerrak ville man funnet perioder der det både ble målt høy saltholdighet og høye nitrat+nitritt-konsentrasjoner. Dette er ikke tilfellet i Ytre Oslofjord. Derfor er det sannsynlig å anta at saltholdigheten i overflatelaget, nitrogenkonsentrasjonen og ferskvannstilførsel vil fortsette å være nært sammenknyttet.

3.4.1 Endring i saltholdighet som følge av endring i vannføring

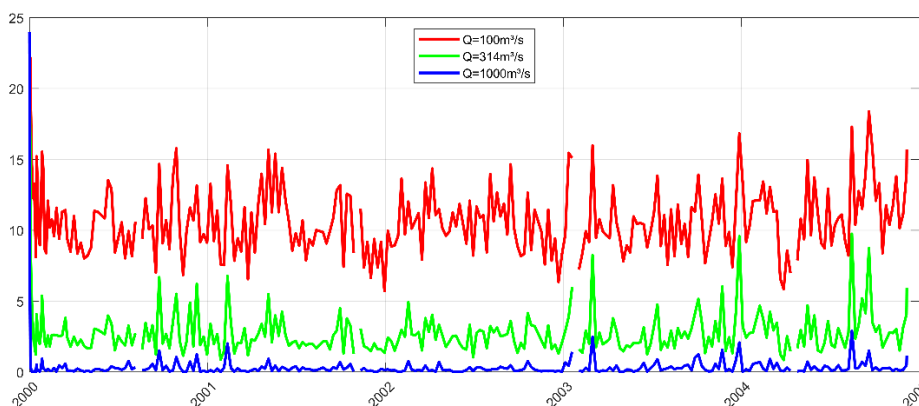
2022 var et varmt og tørt år i vårt område, med historisk lav vannføring i Drammenselva. De spesielle forholdene med uvanlig lite vannføring i Drammenselva, gir en unik mulighet til å studere den estuarine sirkulasjonen i Drammensfjorden. I Figur 12 er vannføring i Drammenselva sammenlignet med saltholdigheten i Drammensfjorden. Saltholdigheten i overflaten var 8 psu på stasjon D-3 den 10. august 2022. Dette er historisk høyt, saltholdigheten ligger vanligvis rundt 1-3 psu, og vil ha store konsekvenser for økosystemet i Drammensfjorden. Den relativt høye saltholdigheten kan forklares av svært lav vannføring i elva. Vannføringen lå på rundt 100 m³/s på sommeren og høsten 2022.



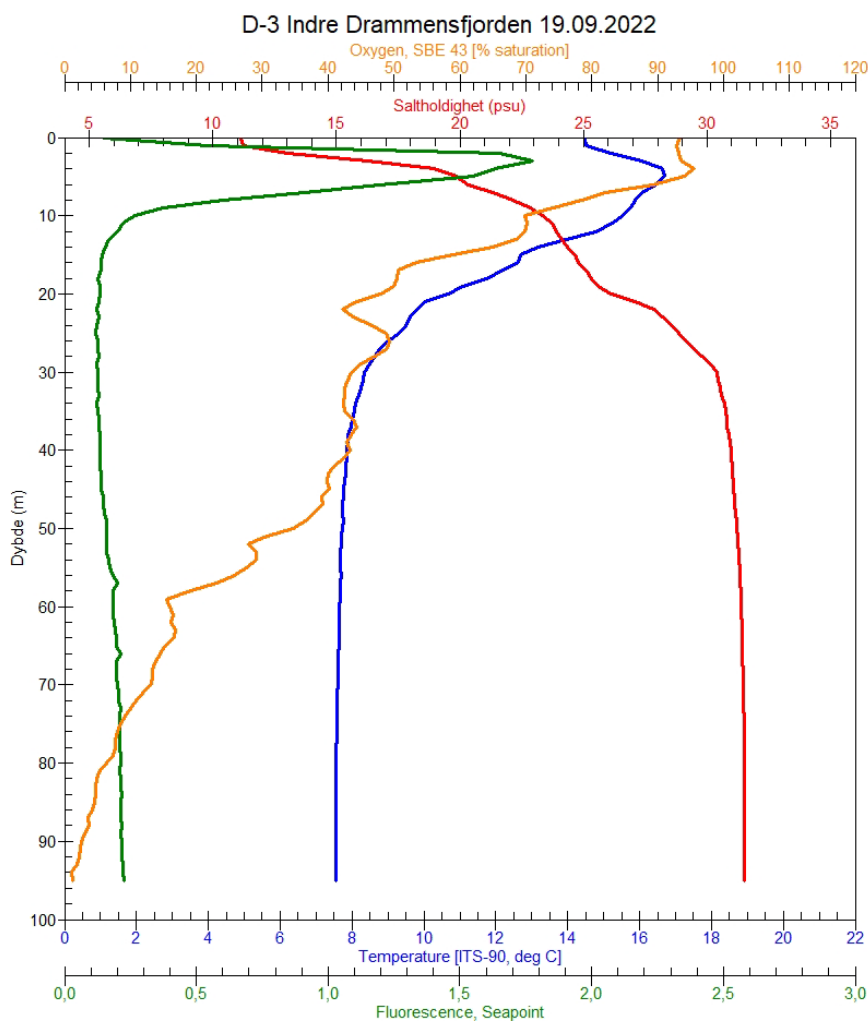
Figur 12. Vannføring vi Drammenselva målt ved Mjøndalen bru (sildre.nve.no) er vist øverst fra 2020-2022. Nederst vises målt saltholdighet på stasjon D-3 fra starten av 2020 til og med 10. august 2022.

I Figur 13 vises modellert saltholdighet i Drammensfjordens overflate ved forskjellig vannføring i Drammenselva. Er vannføringen 1000 m³/s er saltholdigheten nær null ($1,6 \pm 0,4$ psu). Ved middelvannføring på 314 m³/s ligger saltholdigheten rundt på $2,9 \pm 2,3$ psu, som er nær det som er observert. Ved en vannføring på 100 m³/s er modellert saltholdighet $10,9 \pm 2,7$ psu. Den 19. september 2022 ble saltholdigheten i overflaten på stasjon D-3 målt til 11 psu (Figur 14) som er nøyaktig det modellen forutsa.

Hvis det antas at tilførsler med Drammenselva blir redusert proporsjonalt med vannføringen, noe som gir mindre tilførsel av næringsstoffer, antyder modellen at det likevel blir signifikant mer planteplankton i overflatelaget ved lavere vannføring. Dette skyldes at mer av nærings saltene blir til planktonvekst innenfor Svelvik. Modellen er ikke designet for å beskrive hvordan planteplankton reagerer på endring i saltholdighet, og det er derfor betydelig usikkerhet knyttet til dette resultatet. Men det er sannsynlig at oppholdstiden til overflatevannet blir lengre og nærings saltene derfor i mindre grad blir «skylt» ut av fjorden. Det gjennomføres ikke planteplanktonundersøkelser ved stasjon D-3 i Drammensfjorden, men det er verdt å merke seg at det i juni og august ble målt høye klorofyll-a verdier på begge overvåkningsstasjonene i Drammensfjorden og at det i juni ble registrert en betydelig kiselalgeoppblomstring ved stasjon D-2 (se kapittel 4).



Figur 13. Modellert saltholdighet i Drammensfjordens overflate (modellscenario VAL03). Det er modellert med tre forskjellige vannføringer i Drammenselva, 1000, 314 og 100 m³/s.



Figur 14. Målinger med CTD sonde fra F/F Trygve Braarud på stasjon D-3 i Drammensfjorden i september 2022. Den røde kurven viser hvordan saltholdigheten varierer fra overflaten til bunn. I overflaten var saltholdigheten 11 psu.

3.5 Årssyklusen av næringsalter

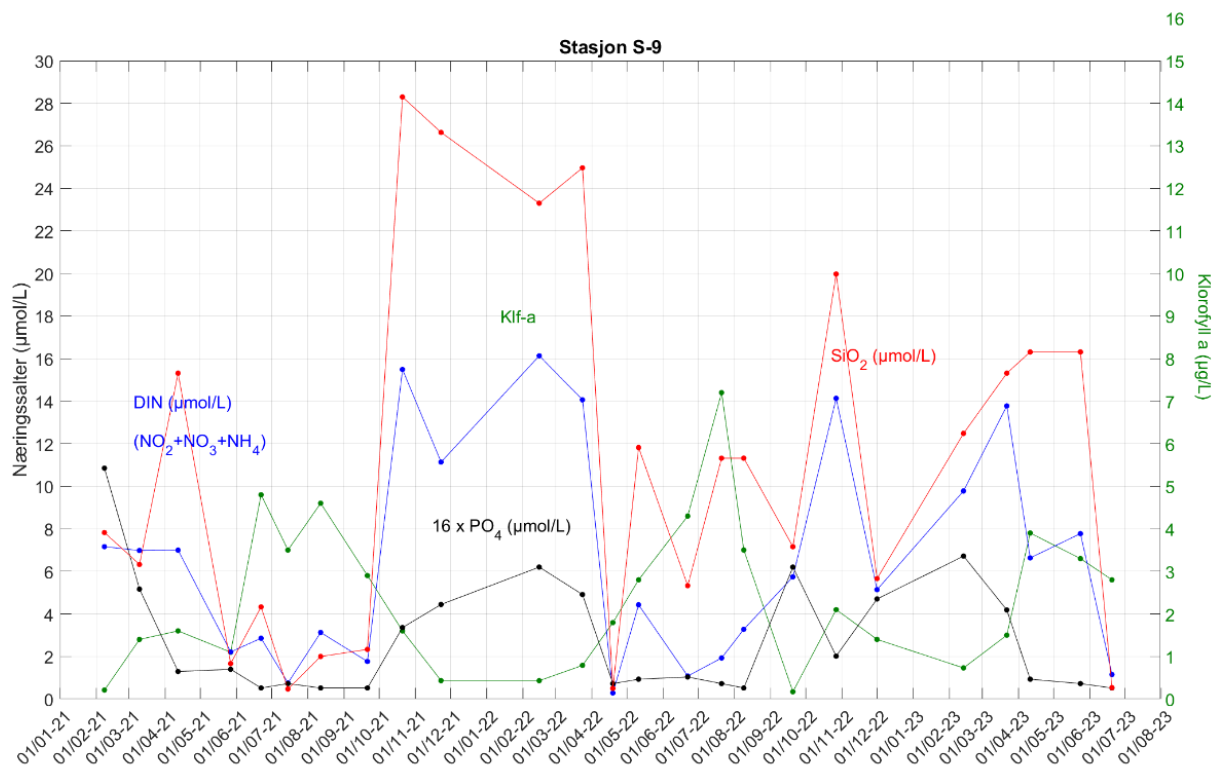
Konsentrasjon av næringsalter utvikler seg i en årlig syklus grunnet både biologiske og fysiske prosesser.

Planteplankton bruker næringsalter til vekst, og når de dør og brytes ned frigjør de næringsalter. Dette skjer i de øvre vannlagene hvor det er tilgang på sollys og hvor lagdeling av vannsøylen gjør det mulig for planteplanktonet å holde seg i dette øvre vannlaget. I perioder med mye planteplanktonvekst vil næringsaltene derfor brukes opp. Under nedbrytningsprosesser vil næringsaltene synke ned til bunn hvor de er utilgjengelig for planteplankton. Der samles næringsaltene opp i høye konsentrasjoner gjennom våren og sommeren.

På vinteren er det lite lagdeling av vannet, dette fører til en omrøring av vannmassene som vil blande næringsaltene oppover i vannsøylen. På denne måten blir næringsaltene igjen tilgjengelig for planteplankton. I tempererte områder, slik som Oslofjorden, vil ny planktonvekst starte på våren, når

det er lengre dager med sollys, samt økt ferskvannstilførsel. Sistnevnte fører til ytterligere økt næringssaltkonsentrasjon i tillegg til å skape et øvre stabilt vannlag med lavere tetthet som hjelper planteplankton med å holde seg i den eufotiske sonen (vannsonen med tilgang på sollys for fotosyntese).

Denne syklusen er illustrert i Figur 15 der klorofyll-a og løste næringssalter i overflaten er plottet mot hverandre fra stasjon S-9 Haslau som ligger i Singlefjorden i Hvaler. Næringssaltene er plottet med enheten $\mu\text{mol/liter}$, men fosfatet er multiplisert med en faktor 16, slik at det er lettere å sammenligne Redfield forholdet, som er 1 til 16 mellom fosfor og nitrogen (Redfield 1958). Tidsserien starter i januar 2021 og det var relativt høye konsentrasjoner av næringssalter frem til algeveksten starter i juni, da synker næringssaltene og klorofyllkonsentrasjonen øker. Vinteren 2021 var det igjen meget høye næringssaltkonsentrasjoner.



Figur 15. Plot av løst uorganisk nitrogen (DIN, blå kurve), løst uorganisk fosfor (PO_4 , svart kurve), silikat (SiO_2 , rød kurve) og klorofyll-a (grønn kurve) på stasjon S-9 Haslau i Hvaler Dk1 Steilene fra januar 2021 til august 2023.

4 Planteplankton

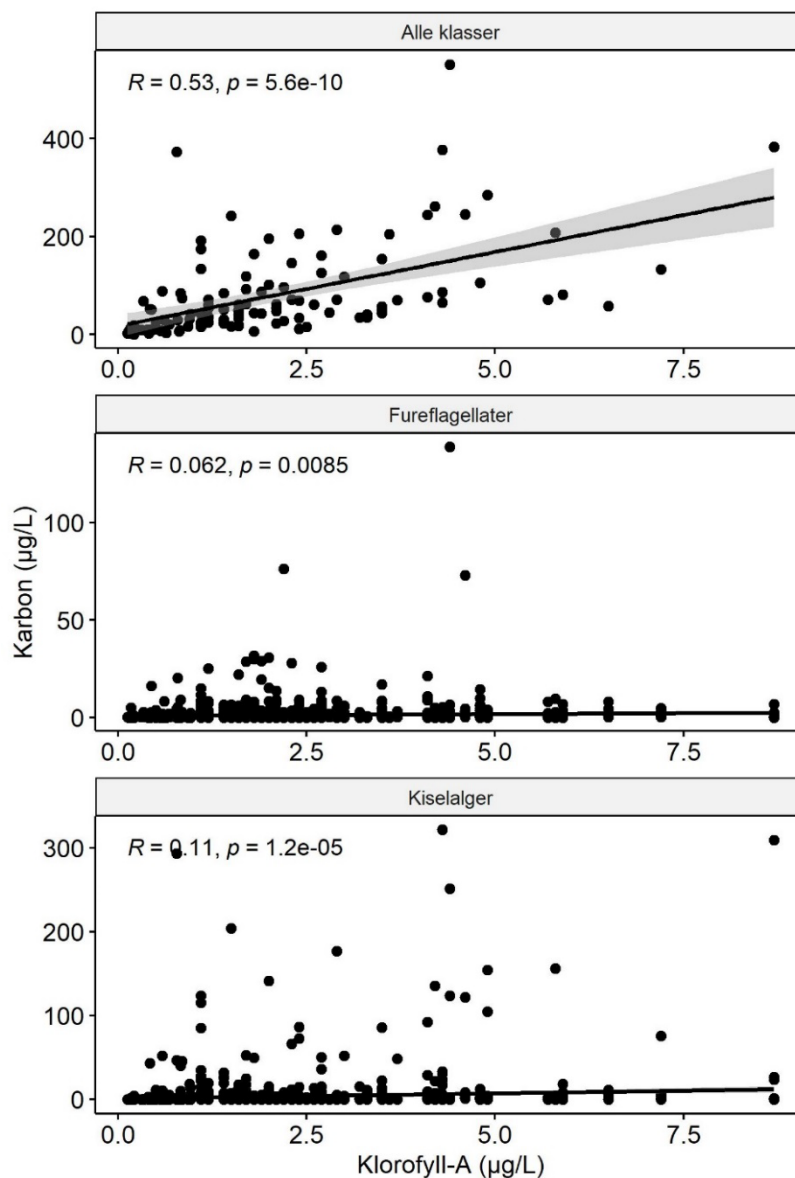
Planteplankton er encellede frittlevende mikroskopiske organismer. Deres vekst er styrt av en rekke faktorer. Blant de viktigste er tilgang på næringssaltene nitrogen og fosfor, samt silikat for gruppen kiselalger. I tillegg vil fysiske forhold som temperatur, lys, sjiktning i vannmassen og annen biologisk 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. 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 mengder, kan resultatet bli det som ofte kalles eutrofiering (økt planteproduksjon).

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 prøvetakninger. Derfor er det viktig med høy-frekvens data som kan komplimentere overvåkingen, for eksempel fra FerryBox-systemet.

4.1 Klassifisering av planteplankton

Planteplankton er et biologisk kvalitetselement som klassifiseres utelukkende ved hjelp av konsentrasjonen av klorofyll-a, som da fungerer som en proxy for mengden av planteplankton. Klorofyll-a er et fotopigment som deles av alle fotosyntetiserende alger. Det er imidlertid 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 dette er klorofyll-a en omdiskutert indikator for planteplanktonbiomasse.

I Figur 16 er 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. Det er benyttet data fra 2020 til 2022. Det øverste plottet i figuren viser en relativt god korrelasjon mellom mengden kalkulert cellekarbon og klorofyll-a, når man ser på alle algegruppene under ett, men likevel med stor variasjon. Korrelasjonen for fureflagellater og kiselalger er veldig dårlig. Den samme analysen ble gjort i årsrapporten for dette programmet fra 2021, da var korrelasjonen for kiselalgene betydelig bedre (Walday m.fl. 2023).



Figur 16. Spearman korrelasjon mellom klorofyll-a konsentrasjon og cellekarbon for henholdsvis alle celler, fureflagellater og kiselalger i Ytre Oslofjord. De grå områdene representerer 95% konfidensintervall.

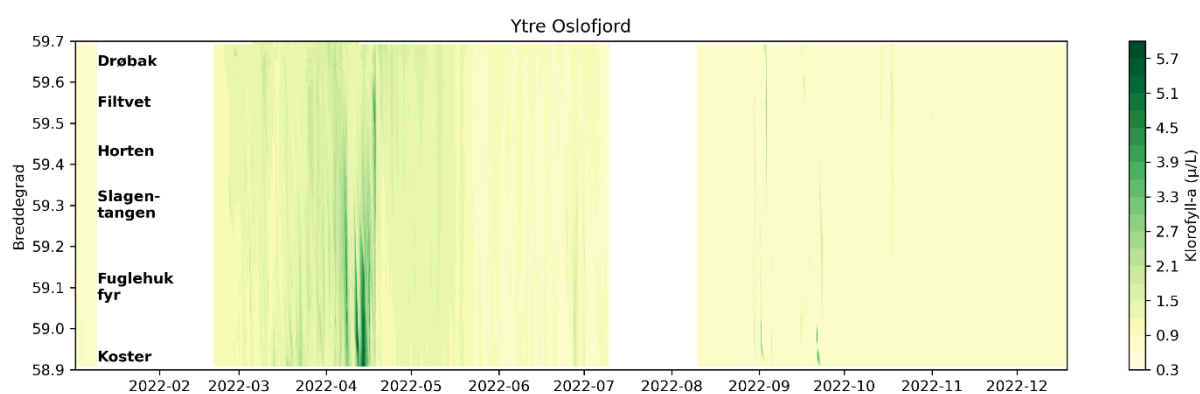
4.2 Planteplanktonsamfunnet i 2022

I 2022 ble det analysert planteplanktonprøver fra syv stasjoner: Drammensfjorden (D-2), Tønsberg (TØ-1), Larviksfjorden (LA-1), Ringdalsfjorden (R-5), Haslau i Singlefjorden (S-9), Krokstadfjorden (KF-1) og Mossesundet (MO-2). Planteplanktonsamfunnet blir analysert ved alle prøvetakninger, 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.

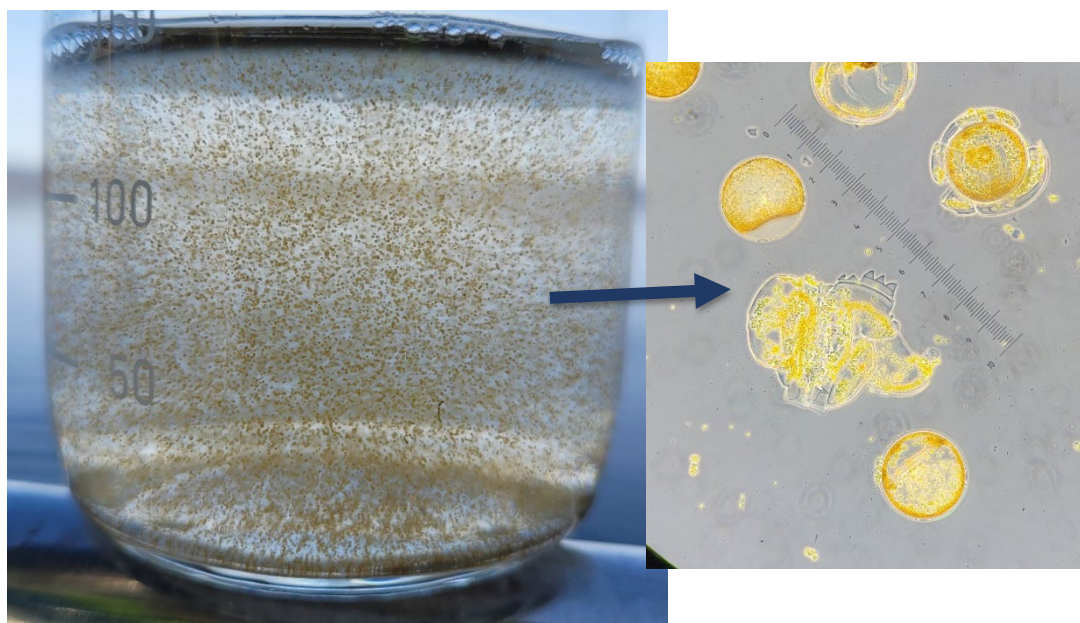
Det var en stor oppblomstring av den grønne fureflagellaten *Lepidodinium chlorophorum* i Oslofjorden i november-desember 2021. Derfor var det spennende å se hvordan

planteplanktonsamfunnet ville opptre etter denne veldig spesielle vinteren. Våren 2022 skilte seg også fra normalen, det var lite planteplankton i prøvene og den tradisjonelle våroppblomstringen lot vente på seg. Man kan se en liten økning i klorofyllverdiene i mars, dette reflekteres også i sondedataene fra FerryBox-systemet, spesielt fra de indre dele av Ytre Oslofjord (Figur 17). Økningen skyldes sannsynligvis i hovedsak store kiselalger fra slekten *Coscinodiscus*. Disse algene er så store at man kan se dem med det blotte øyet, og de er vanlige (i relativt lave konsentrasjoner) senvinters og om våren (Figur 18). Marsprøvene var i stor grad dominert av fureflagellaten *Dinophysis norvegica* og det var lite kiselalger.

FerryBox-dataene viser at det var en økning i klorofyllkonsentrasjonene i april, økningen er tydelig i både indre- og ytre fjord (Eikrem m.fl. 2023). I april er det kun prøvetakning inne i Hvaler og det er derfor ikke mulig å si noe om hva økningen besto av, og om det eventuelt var en «tradisjonell» kiselalgeoppblomstring.



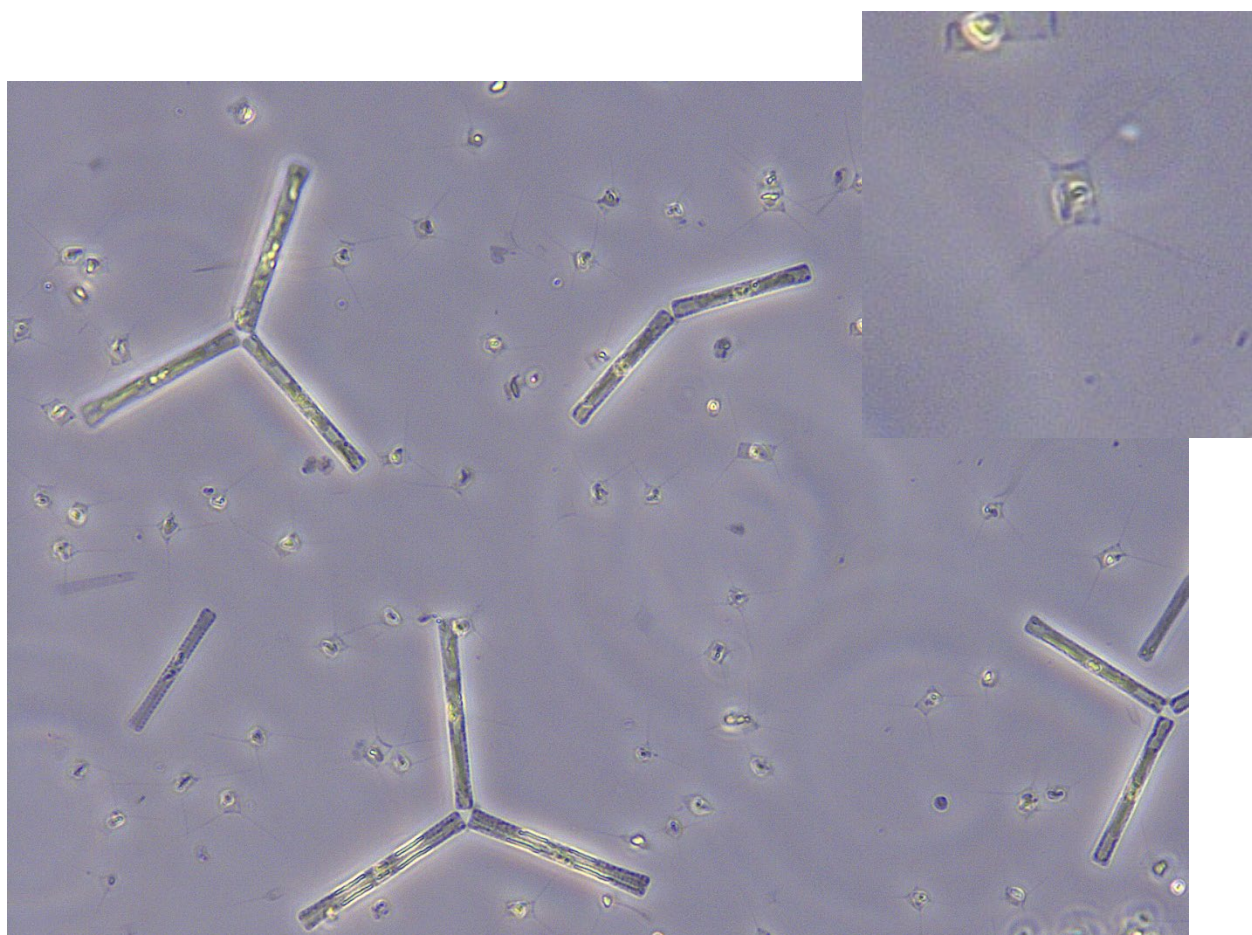
Figur 17. Klorofyll-a fluorescens på 4 m dyp langs ruta til M/S Color Fantasy.



Figur 18. Håvtrekk med levende celler av kiselalgeslekten *Coscinodiscus*. Bildet til høyre er det samme håvtrekket under 1000x forstørrelse i lysmikroskop.

Etter vårperioden er det tydelig skille mellom de sentrale stasjonene og stasjonene som befinner seg inne i Hvaler og inne i Drammensfjorden. Ved de sentrale stasjonene ble det registrert veldig lite planteplankton gjennom resten av sesongen. På stasjonene som ligger inne i Hvaler (S-9 og R-5), samt i Drammensfjorden (D-2) var det derimot store sommeroppblomstringer av kiselalger. Artene varierte, men små, encellede varianter dominerte (Figur 19). Det gjennomføres en ekstra prøvetakning på enkelte stasjoner i Hvaler i juli, og verdt å merke seg er at det var på denne prøvetakningen den høyeste klorofyll-a konsentrasjonene ble observert på stasjon I-1 ved Ramsøflaket og S-9 i Singlefjorden. Stasjonene lengre inn i Hvaler blir ikke prøvetatt i juli, det er derfor sannsynlig at de høyeste klorofyll-a konsentrasjonene ikke ble prøvetatt ved disse stasjonene.

På stasjonene i Larviksfjorden og Tønsberg var det en økning av planteplankton i september, da ble det registrert stor diversitet i planteplanktonsamfunnet, som besto av kalkflagellaten *Emiliana huxleyi*, andre små flagellater, samt stor diversitet av både kiselalger og fureflagellater. På stasjonen TØ-1 i Vestfjorden ved Tønsberg var det september-prøven som hadde både høyest klorofyll-a verdi og mest planteplankton i 2022.



Figur 19. Kiselalgesamfunn fra stasjon D-2 i Drammensfjorden i juni 2022. De stjerneformede stavene er ferskvannsalgen *Diatoma tenuis*, mens de små «boksene» er den encellede *Chaetoceros tenuissimus* (innfelt).

4.3 Skadelige alger

Planteplankton kan produsere en rekke forskjellige toksiner, noe som oftest assosieres med skjellforgiftning⁵. Mattilsynet driver ett stort overvåkningsprogram for skjellforgiftning, som blant annet står for portalen «blåskjellvarslet»⁶. Dette er et relativt lite problem i Norge, sammenlignet med mange andre steder i verden, likevel blir det hvert år registrert store mengder giftige alger i norsk kystvann. De viktigste formene for skjellforgiftning i Norge er:

- DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning), hovedsakelig forårsaket av fureflagellatslekten *Dinophysis*.
- PSP (Paralytic Shellfish Poisoning), hovedsakelig forårsaket av fureflagellatslekten *Alexandrium*.
- ASP (Amnesic Shellfish Poisoning), hovedsakelig forårsaket av kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia*.

I tillegg til direkte toksinproduserende alger er det mange algerarter som er skadelige eller giftige for fisk. Dette kan være via toksinproduksjon (der den faktiske toksinprofilen ofte ikke er avklart), men også via slimproduksjon som irriterer og/eller tetter gjellene og epitelvevet til fisken. Det kan også være mekanisk skade, for eksempel kiselalgeslekten *Chaetoceros* har «børster» eller pigger som stikker ut av hvert av sine fire hjørner, ved høye konsentrasjoner av algene eller dersom det er spesielt kraftige typer kan disse forårsake mekanisk skade på gjellene til fisken, eventuelt tette gjellene.

Det var fureflagellater fra slekten *Dinophysis*, primært arten *Dinophysis norvegica* som dominerte planteplanktonsamfunnet i hele fjorden på våren. *Dinophysis acuta* er den arten som anses som mest toksinproduserende av de *Dinophysis*-artene vi har i norske farvann. *D. acuta* ble observert i hele fjorden, unntatt Drammensfjorden, i august og september. Ved stasjon S-9 i Singlefjorden i Hvaler ble den observert hele året. På stasjonen ved Vestfjorden i Tønsberg ble den observert i oppblomstringskonsentrasjoner i august.

En annen toksinproduserende fureflagellatslekt er *Alexandrium*, også denne er vanlig i norske farvann og flere arter observeres årlig. Det var hovedsakelig *Alexandrium pseudogonyaulax* som ble observert i 2022 og den ble registrert ved alle stasjoner hele sommeren.

Den eneste kjente toksinproduserende kiselalgen er slekten *Pseudo-nitzschia*. Dette er en meget artsrik slekt. Kun noen få arter er toksinproduserende, men det er ikke mulig å skille de toksiske formene fra de ikke-toksiske med dagens overvåkningsmetodikk. På stasjon R-5 i Ringdalsfjorden ved Hvaler ble *Pseudo-nitzschia seriata*-gruppen registrert i små mengder gjennom hele året, men med en oppblomstring i august. Det var også lave konsentrasjoner ved stasjon S-9 i Singlefjorden i Hvaler fra juli til oktober.

Det ble observert relativt lite fiskegiftige arter i 2022. Nålflagellaten *Heterosigma akashiwo* ble observert i lave konsentrasjoner ved enkelte stasjoner i mai og juni.

I Drammensfjorden ble det ved den ekstremt lave vannføringen i september observert en del potensielt fiskegiftige svepeflagellater fra slektene *Prymnesium* og *Chrysochromulina*.

⁵ <https://www.fhi.no/nettpub/smittevernveilederen/sykdommer-a-a/skjellforgiftning---veileder-for-he/>

⁶ <https://www.matportalen.no/verktoy/blaskjellvarsel/>

5 Oppsummering

Det ble gjennomført tilførselsberegninger og overvåking av åpne vannmassene i 2022.

Tilførsler fra land:

På grunn av nasjonale rutiner knyttet til datainnsamling og kvalitetssikring er det kun tilførselsberegninger for 2021 som er tilgjengelige i denne rapporten. Hovedandelen av tilførslene av næringsstoffer til Ytre Oslofjord er knyttet til de fire største elvene; Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva. Disse representerer nær 90 % av de totale tilførslene, og av dette bidrar Glomma alene med over 40 %. Analyser av langtidstrender fra 1990 til 2021 viser at årlig vannføring har økt signifikant i Glomma og Drammenselva. Dette bidrar også til at stofftransporten blir større. Med hensyn til næringsstoffer, har Drammenselva og Numedalslågen hatt en signifikant økning i Tot-P transport siden 1990, mens Glomma, Drammens-elva og Numedalslågen har hatt en tilsvarende økning i transporten av Tot-N. Det er også interessant å merke seg at alle elvene har hatt en signifikant økning i tilførslene av silikat, som er et viktig næringsstoff for kiselalger i sjøen.

Langtidsanalyser av fosfortilførselen viser at det var en klar nedgang i de totale tilførslene fra 1998 til 2002. Deretter flatet verdiene ut, men med en tendens til økning igjen i løpet av de siste årene. De totale tilførslene av nitrogen viste en nedadgående trend fram til rundt 2002-2005, for deretter å øke forholdsvis jevnt fram til 2020. De siste årene har tilførslene fra befolkning vært noe lavere enn i 2017.

Vannmasseundersøkelser:

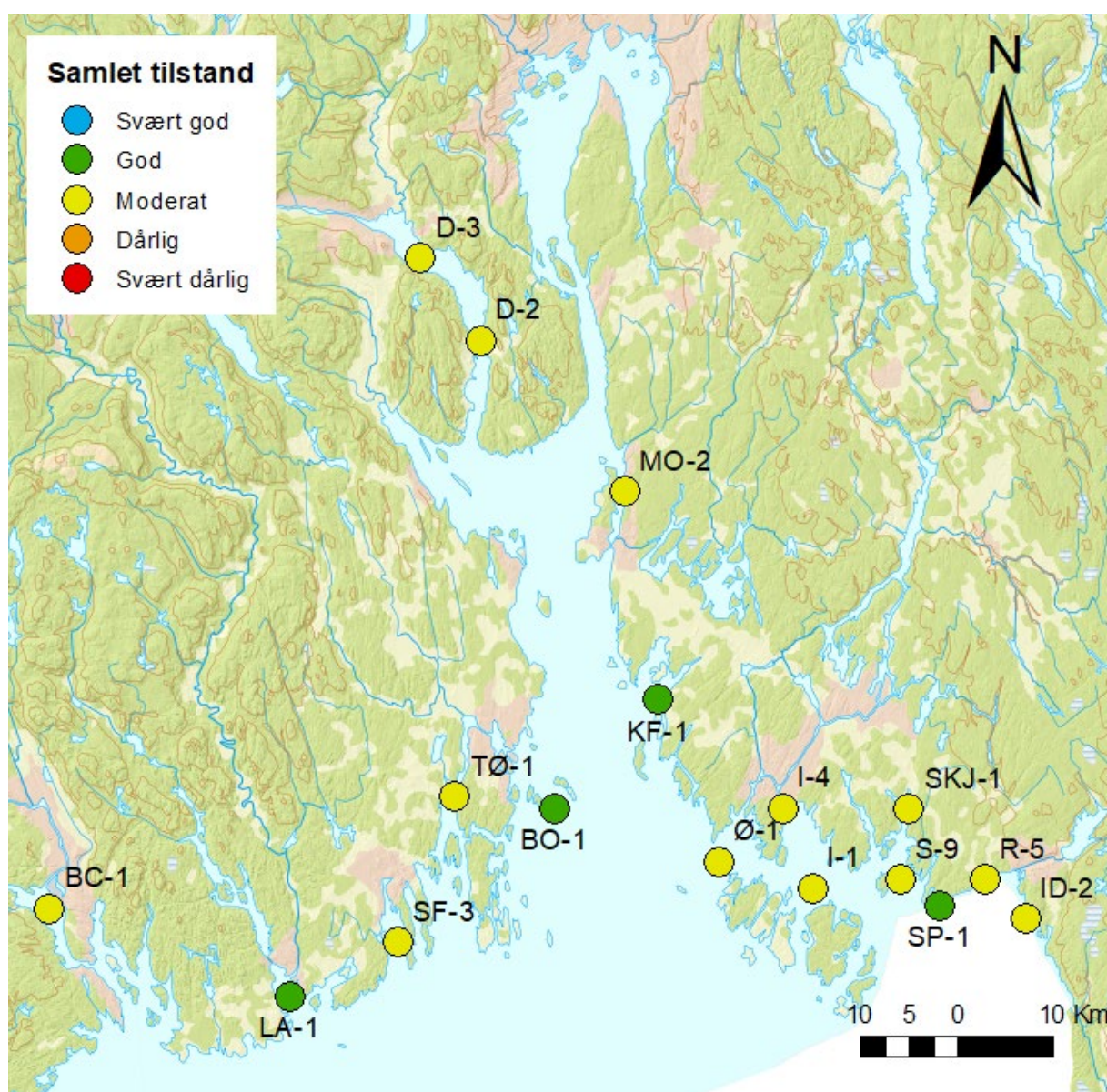
Det ble gjennomført vannmasseundersøkelser ved 17 stasjoner i 2022. Av disse ble fire stasjoner ble klassifisert til *god* tilstand: Sponvika, Krokstadfjorden, Bolærne og Larviksfjorden, alle resterende stasjoner ble klassifisert som *moderat*. Dette er en nedgang fra 2021, da sju stasjoner ble klassifisert med *god* tilstand. Det er stasjonene Hvaler-stasjonene Skjebergskilden (SKJ-1) og Leira (Ø-1), samt Sandefjordsfjorden (SF-3) som i 2022 er nedjustert fra *god* til *moderat* tilstand. Det er litt varierende hvilke parametere som trekker tilstanden ned, men for hele området er det særlig oksygenforholdene ved bunn, siktdypet og nitrogen-konsentrasjonen som trekker nedover. Tilstandsklassifisering basert på det biologiske kvalitetselementet planteplankton og støtteparametere er vist i Figur 20.

Det var en dypvannsfornyelse i Frierfjorden i løpet av sommeren, men oksygensituasjonen i bunnvannet forverret seg igjen på senhøsten og ved prøvetakningen i slutten av november var det igjen dårlige oksygenforhold i bunnvannet på stasjonen.

Sett under ett var 2022 ett varmt og tørt år. Januar, februar og november var spesielt varme måneder, mens kun desember var betydelig kaldere enn normalt. Det var også lite nedbør, alle måneder med unntak av februar, juni og desember hadde nedbørsmengder under normalen. Dette ga igjen ga lav vannføring og vannføringen til Ytre Oslofjord fra de fire store elvene var 23,8 % mindre enn i 2021 og 36,7 % mindre enn i 2020. Det var blant annet historisk lav vannføring i Drammenselva på sensommeren noe som førte til historisk høy saltholdighet i Drammensfjorden. Saltholdigheten i overflaten var 8 psu på stasjon D-3 den 10. august 2022, saltholdigheten ligger vanligvis rundt 1-3 psu, og dette kan få store konsekvenser for økosystemet i Drammensfjorden. Den samme tendensen til unormalt høy saltholdighet ble også observert i Frierfjorden og deler av Hvaler-området.

Siktdypet i Ytre Oslofjord er generelt dårlig, og de fleste stasjoner får tilstandsklasse *dårlig* eller *moderat* for siktdyp. Kun de sentralt plasserte stasjonene med god vannutsiftning, Bolærne, Larviksfjorden, Sandefjordsfjorden og Mossesundet får tilstandsklasse *god*. Selv om dette generelt viser dårlige lysforhold i fjorden, er det likevel en forbedring fra tidligere år, som sannsynligvis henger sammen med den lave ferskvannstilførselen i 2022.

2022 var ett relativt annerledes år med tanke på planteplankton. Den tradisjonelle våroppblomstringen lot vente på seg og vårmånedene var dominert av store kiselalger og fureflagellater. Etter vårperioden er det tydelig skille mellom de sentrale stasjonene og stasjonene som befinner seg inne i Hvaler og inne i Drammensfjorden. Ved de sentrale stasjonene ble det registrert veldig lite planteplankton gjennom hele sesongen. På stasjonene som ligger inne i Hvaler (S-9 og R-5), samt i Drammensfjorden (D-2) var det store sommeroppblomstringer av kiselalger. Artene varierte, men det var små, encellede varianter som dominerte.



Figur 20. Samlet økologisk vurdering for tilstand i vannmassene i 2022, basert på planteplankton og støtteparametere. Fargen angir tilstandsklasse.

6 Referanser

- Bjerkeng B. 1997. "Vannutskiftning og næringssaltbudsjetter i Ytre Oslofjord». NIVA-rapport 3593-97. 155 sider.
- Eikrem W, Valestrand L, Harvey T, Saesin P, Berezina A, Tobiesen A. 2023. «Årsovervåkning med FerryBox og satellittdata i Indre Oslofjord 2022 – Datarapport». NIVA rapport 7859-2023. 21 s + vedlegg.
- Engesmo A, Staalstrøm A, Gran S, Kaste Ø. 2022. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2021 – Fagrapport». NIVA-rapport 7759-2022. 55s. + vedlegg.
- Engesmo A, Staalstrøm A, Gran S, Kaste Ø. 2023. «Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2022 – Fagrapport». NIVA-rapport. NIVA-rapport 7863-2023. 47 sider + vedlegg.
- Frigstad H, Kaste O, Deininger A, Kvalsund K, Christensen G, Bellerby R.G.J, Sorensen K, Norli M, King A L. 2020. «Influence of Riverine Input on Norwegian Coastal Systems". *Frontiers in Marine Science*, 7, 332. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00332>
- Grinde L, Heiberg H, Mamen J, Skaland RG, Tajet H.T.T, Tunheim K, Aaboe S. 2022. «Været i Norge. Klimatisk månedsoversikt. Året 2022». *MET info*, no. 13-2022, 30 sider.
- 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, Sample J, Hjermann DØ, Skancke LB, Allan I, Jensen MTS, Bæk K, Poste A. 2022. «The Norwegian river monitoring program 2021 – water quality status and trends". Norwegian Environment Agency, report M-2323/2022, NIVA report 7760-2022, 45 sider.
- Redfield AC. 1958. "The biological control of chemical factors in the environment". *American scientist*, 46(3), 230A-221.
- Sakshaug E. 1977. "Limiting nutrients and maximum growth rates for diatoms in Narragansett Bay". *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 28:109-123.
- Sample JE. 2023. «Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2021 – tabeller, figurer og kart». Miljødirektoratet rapport M-2438|2022, NIVA-rapport 7808, 99 sider.
- Selvik JR, Tjomsland T, Eggestad HO. 2007. «Teoretiske tilførselsberegninger av nitrat+nitritt og fosfor til norske kystområder i 2006». NIVA-rapport 5512, TA-2347/2007.
- Staalstrøm A & Yakushev E. 2020. «Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn». NIVA-rapport 7451-2020, 30 sider.
- Staalstrøm A. 2022. «Vurdering av renseanlegg i Oslo- og Drammensfjorden. Delrapport 1: Modellering av Drammensfjorden». NIVA-rapport 7780-2022. 39 sider.
- Staalstrøm A, Walday M, 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 + vedlegg.
- Staalstrøm A, Gomes TC, Gitmark J, Engesmo A, Borgersen G og Andersen GS. 2023. «Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord - Årsrapport 2022». NIVA-rapport 7883-2023. 108 sider + vedlegg.

- Tjomsland T, Selvik J, Brænden R. 2010. «Teotil - Model for calculation of source dependent loads in river basins». NIVA-rapport 5914-2010.
- Trannum HC, Staalstrøm A, Kile MR, Næss R. 2023. «Resipientundersøkelse for Porsgrunn og Bamble kommune i 2022 i forbindelse med utslipp av kommunalt avløpsvann». NIVA-rapport 7827-2023. 54 s. + vedlegg.
- Vogt RD, Skancke LB. 2022. «Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør». Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2021. Miljødirektoratet, rapport M-2347|2022, NIVA-rapport 7778, 98 s.
- Walday MG, Borgersen G, Gitmark JK, Engesmo A, Fagerli CW, Staalstrøm A, Gran-Stadniczeňko S, Eikrem W. 2023. «Revisjon av kystvannsdelen av veileder 02:2018». NIVA-rapport 7856-2023. 57 s. + vedlegg.
- Walday MG, Engesmo A, Fagerli CW, Gitmark JK, Gran-Stadniczeňko S, Kaste Ø, Kile MR, Moy S, Borgersen G, Brkljacic M, Staalstrøm A. 2023. «Overvåkning av Ytre Oslofjord – Årsrapport 2021». NIVA-rapport 7820-2023. 68 sider + vedlegg.

<https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-73738/Norge/Oslo/Oslo/Blindern?q=2022>

Vedlegg A. TEOTIL

Modellerte tilførsler fra TEOTIL, året 2021

Fosfor (tonn)

Regine nr.	År	Jordbruk	Befolkning	Industri	Urban	Nat. bakgr.	Totalt
001.	2021	8.16	1.78	2.30	0.61	2.36	15.2
002.	2021	184.37	38.06	27.95	9.28	59.85	319.5
003.	2021	11.44	3.66	0.00	0.81	1.39	17.3
004.	2021	10.39	2.64	0.00	0.47	0.96	14.5
005.	2021	4.43	2.57	0.00	0.60	0.62	8.2
006.	2021	0.47	9.58	5.27	3.97	0.62	19.9
007.	2021	0.62	0.09	0.00	1.04	0.65	2.4
008.	2021	3.54	0.18	0.00	1.91	0.79	6.4
009.	2021	3.30	24.52	0.00	0.77	0.59	29.2
010.	2021	1.53	0.26	0.00	0.20	0.28	2.3
011.	2021	7.74	1.80	0.00	0.54	1.44	11.5
012.	2021	30.05	9.77	2.95	2.60	16.62	62.0
013.	2021	9.67	7.42	1.76	1.06	1.38	21.3
014.	2021	28.68	4.10	19.00	1.10	3.44	56.3
015.	2021	24.29	11.48	0.27	2.23	10.32	48.6
016.	2021	6.07	6.64	7.06	2.46	9.39	31.6
017.	2021	0.50	1.60	0.36	0.27	1.79	4.5

Nitrogen (tonn)

Regine nr.	År	Jordbruk	Befolkning	Industri	Urban	Nat. bakgr.	Totalt
001.	2021	405.4	186.3	41.8	5.6	320.8	960
002.	2021	7400.3	2879.2	242.4	82.9	4762.3	15367
003.	2021	315.8	315.5	0.0	7.9	164.4	804
004.	2021	260.7	187.7	0.0	3.3	57.8	509
005.	2021	190.0	70.2	0.0	6.8	51.2	318
006.	2021	16.4	304.9	18.5	32.7	58.2	431
007.	2021	17.5	1.7	0.0	7.7	49.5	76
008.	2021	98.2	3.7	0.0	14.6	52.9	169
009.	2021	107.6	844.0	19.8	6.8	45.9	1024
010.	2021	47.7	12.6	0.0	1.5	22.2	84
011.	2021	197.0	101.6	0.0	3.8	93.3	396
012.	2021	1375.4	1039.5	12.8	23.2	1918.2	4369
013.	2021	292.7	490.6	28.8	7.9	95.2	915
014.	2021	776.2	98.4	0.0	7.8	195.0	1077
015.	2021	882.8	578.9	3.2	16.4	952.4	2434
016.	2021	422.6	577.5	688.0	20.8	1691.0	3400
017.	2021	35.7	59.9	1.7	2.2	308.1	408

Vedlegg B. Siktdyp analyse

Resultater av PERMANOVA-analyse for effekten av klorofyll- α og DOC på siktdyp i løpet av en toårsperiode (2020-2022) 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)
BC-1	DOC	1	0,006	0,006	0,054	0,004	0,444	0,818
	Klf-A	1	0,010	0,010	0,098	0,008	0,807	0,786
	Residuals	12	1,236	0,103		0,987	98,749	
	Total	14	1,252			1	100	
BO-1	DOC	1	0,073	0,073	0,920	0,058	5,784	0,345
	Klf-A	1	0,157	0,157	1,984	0,125	12,474	0,216
	Residuals	13	1,031	0,079		0,817	81,743	
	Total	15	1,261			1	100	
D-2	DOC	1	0,092	0,092	2,110	0,108	10,770	0,165
	Klf-A	1	0,152	0,152	3,478	0,178	17,757	0,078
	Residuals	14	0,614	0,044		0,715	71,472	
	Total	16	0,859			1	100	
D-3	DOC	1	0,176	0,176	4,462	0,245	24,453	0,05
	Klf-A	1	0,031	0,031	0,784	0,043	4,298	0,371
	Residuals	13	0,512	0,039		0,712	71,248	
	Total	15	0,719			1	100	
I-1	DOC	1	0,466	0,466	8,667	0,281	28,103	0,009
	Klf-A	1	0,009	0,009	0,173	0,006	0,562	0,705
	Residuals	22	1,184	0,054		0,713	71,335	
	Total	24	1,660			1	100	
I-4	DOC	1	0,045	0,045	0,462	0,032	3,166	0,524
	Klf-A	1	0,011	0,011	0,118	0,008	0,808	0,716
	Residuals	14	1,355	0,097		0,960	96,026	
	Total	16	1,411			1	100	
ID-2	DOC	1	0,508	0,508	14,039	0,477	47,738	0,001
	Klf-A	1	0,086	0,086	2,369	0,081	8,056	0,13
	Residuals	13	0,471	0,036		0,442	44,206	
	Total	15	1,065			1	100	
KF-1	DOC	1	0,206	0,206	2,823	0,220	22,013	0,124
	Klf-A	1	0,000	0,000	0,001	0,000	0,006	0,981
	Residuals	10	0,731	0,073		0,780	77,981	
	Total	12	0,937			1	100	
LA-1	DOC	1	0,089	0,089	1,301	0,095	9,529	0,295
	Klf-A	1	0,024	0,024	0,353	0,026	2,585	0,563
	Residuals	12	0,822	0,069		0,879	87,886	
	Total	14	0,935			1	100	

MO-2	DOC	1	0,008	0,008	0,104	0,006	0,568	0,744
	Klf-A	1	0,408	0,408	5,215	0,285	28,467	0,046
	Residuals	13	1,016	0,078		0,710	70,965	
	Total	15	1,432			1	100	
R-5	DOC	1	0,363	0,363	4,398	0,239	23,897	0,059
	Klf-A	1	0,000	0,000	0,004	0,000	0,024	0,947
	Residuals	14	1,156	0,083		0,761	76,079	
	Total	16	1,519			1	100	
S-9	DOC	1	0,411	0,411	8,867	0,229	22,891	0,008
	Klf-A	1	0,319	0,319	6,869	0,177	17,734	0,012
	Residuals	23	1,067	0,046		0,594	59,375	
	Total	25	1,796			1	100	
SF-1/SF-3	DOC	1	0,064	0,064	0,786	0,095	9,537	0,403
	Klf-A	1	0,037	0,037	0,454	0,055	5,512	0,556
	Residuals	7	0,572	0,082		0,850	84,951	
	Total	9	0,673			1	100	
SKJ-1	DOC	1	0,131	0,131	1,735	0,158	15,788	0,219
	Klf-A	1	0,019	0,019	0,256	0,023	2,325	0,626
	Residuals	9	0,679	0,075		0,819	81,887	
	Total	11	0,829			1	100	
SP-1	DOC	1	0,314	0,314	5,775	0,348	34,755	0,051
	Klf-A	1	0,046	0,046	0,842	0,051	5,068	0,395
	Residuals	10	0,544	0,054		0,602	60,177	
	Total	12	0,903			1	100	
TØ-1	DOC	1	0,027	0,027	0,377	0,038	3,812	0,527
	Klf-A	1	0,037	0,037	0,522	0,053	5,269	0,482
	Residuals	9	0,644	0,072		0,909	90,919	
	Total	11	0,709			1	100	
Ø-1	DOC	1	0,491	0,491	16,392	0,390	38,968	0,005
	Klf-A	1	0,170	0,170	5,673	0,135	13,487	0,034
	Residuals	20	0,599	0,030		0,475	47,545	
	Total	22	1,259			1	100	
Dårlig	DOC	1	0,633	0,633	37,379	0,177	17,683	0,001
	Klf-A	1	0,051	0,051	3,004	0,014	1,421	0,079
	Residuals	171	2,896	0,017		0,809	80,896	
	Total	173	3,580			1	100	
God	DOC	1	0,224	0,224	6,169	0,050	5,032	0,018
	Klf-A	1	0,525	0,525	14,427	0,118	11,768	0,001
	Residuals	102	3,710	0,036		0,832	83,201	
	Total	104	4,460			1	100	
Ytre Oslofjord	DOC	1	2,466	2,466	81,072	0,217	21,667	0,001
	Klf-A	1	0,520	0,520	17,105	0,046	4,571	0,001
	Residuals	276	8,395	0,030		0,738	73,762	
	Total	278	11,381			1	100	

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 ressurs spørsmål. 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