

# Miljøovervåkning i Indre Oslofjord

## Høstmøte 13. desember 2021

### Status for fjorden

André Staalstrøm, Anette Engesmo, Louise Valestrand, Guri Sogn Andersen, Gunhild Borgersen, Siri Moy, Steven Brooks, Marit Norli

Det kommunale samarbeidsorganet «Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeide i indre Oslofjord» finansierer miljøovervåkingen av Indre Oslofjord. Prosjektet ledes av NIVA og gjennomføres i samarbeid med Universitetet i Oslo og SH Maritime for perioden 2019-2023.



Det gjenstår et tokt i desember.

| Dato       | Type          |
|------------|---------------|
| 04/1-21    | Overflatetokt |
| 11-12/2-21 | Kombitokt     |
| 08/3-21    | Overflatetokt |
| 29/3-21    | Overflatetokt |
| 13/4-21    | Hovedtokt     |
| 22/4-21    | Overflatetokt |
| 18/5-21    | Hovedtokt     |
| 31/5-21    | Overflatetokt |
| 14/6-21    | Overflatetokt |
| 28/6-21    | Overflatetokt |
| 07/7-21    | Overflatetokt |
| 26/7-21    | Overflatetokt |
| 09/8-21    | Hovedtokt     |
| 23/8-21    | Overflatetokt |
| 02/9-21    | Overflatetokt |
| 23/9-21    | Overflatetokt |
| 11/10-21   | Hovedtokt     |
| desember   | Kombitokt     |

## Universitetets forskningsfartøy F/F Trygve Braarud



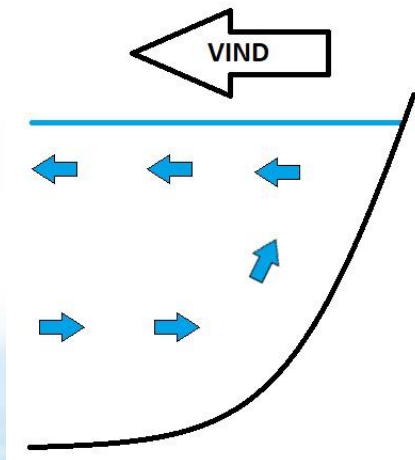
Foto: Ole Rognstad

# Oppstrømning av dypvann i Ytre Oslofjord

I Ytre Oslofjord var det i februar 2021 tegn på at det har strømmet opp varmt vann fra dypet. Dette skyldes at det den siste måneden har vært stabil vind fra nord-nordøst.

I Drøbaksundet var overflatetemperaturen  $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dette tyder på at det har blitt løftet opp tungt vann til terskeldypet til Indre Oslofjord.

Dette er en viktig forutsetning for at det skal skje en dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord.



## Hvorfor er det viktig å ha gode oksygenforhold i fjordens dypere vannlag?

Alle høyere former for marine organismer har minstekrav til vannets oksygenkonsentrasjon for å kunne trives. Ved for lav konsentrasjon flykter de mobile artene (som for eksempel fisk) fra området. Forekomsten av reker i fjorden er for eksempel begrenset til områder hvor oksygenkonsentrasjonen er over 1-2 ml/l. Torsken har større krav enn rekene.

I flere av bassengene i indre Oslofjord har vannmassene lang oppholdstid. Dette gjelder spesielt Bunnefjorden og Bærumsbassenget. I denne perioden tilføres ikke bassengvannet oksygen, og det vil med tiden brukes opp. Samtidig vil konsentrasjon av silikat, fosfat og ammonium etter hvert hope seg opp, siden dette ikke forbrukes i oksygenfattig vann. Nytt oksygenrikt vann tilføres under dypvannsfornyelser.

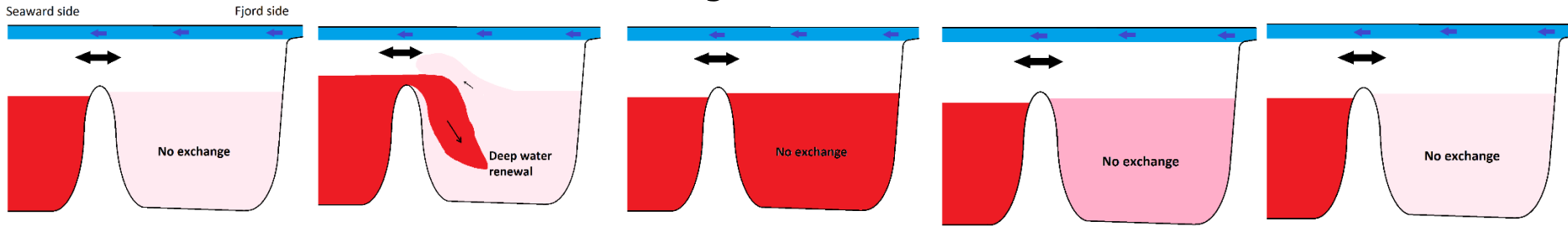
# Kappløpet mellom vertikal blanding og oksygenforbruk

Men hvorfor skjer det dypvannfornyelser?

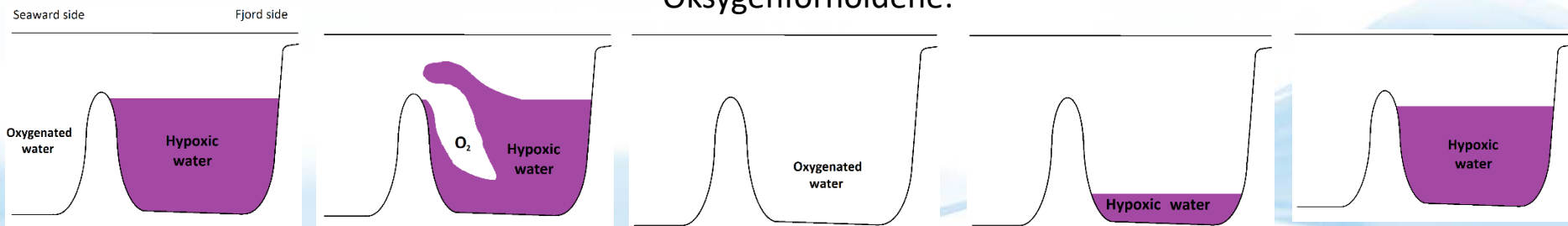
Under er det vist fem stadier i utviklingen fra situasjonen rett før en dypvannsfornyelse, under dypvannsfornyelsen og etter dypvannsfornyelsen. Øverste rad viser egenvekten til vannmassene hvor rødt er det tyngste vannet og rosa er lettere vann. Nederste rad viser oksygenforholdene hvor lilla er oksygenfattig vann og hvitt er oksygenrikt vann.

Dypvannsfornyelse skjer når vann som er tyngre enn bunnvannet løftes opp over terskeldypet. Etter dypvannsfornyelsen vil det være et kappløp mellom den vertikale blandinga i fjorden som gjør dypvannet lettere, og oksygenforbruket som gjør at det etter hvert dannes oksygenfattige forhold.

## Blanding i vannmassene:



## Oksygenforholdene:



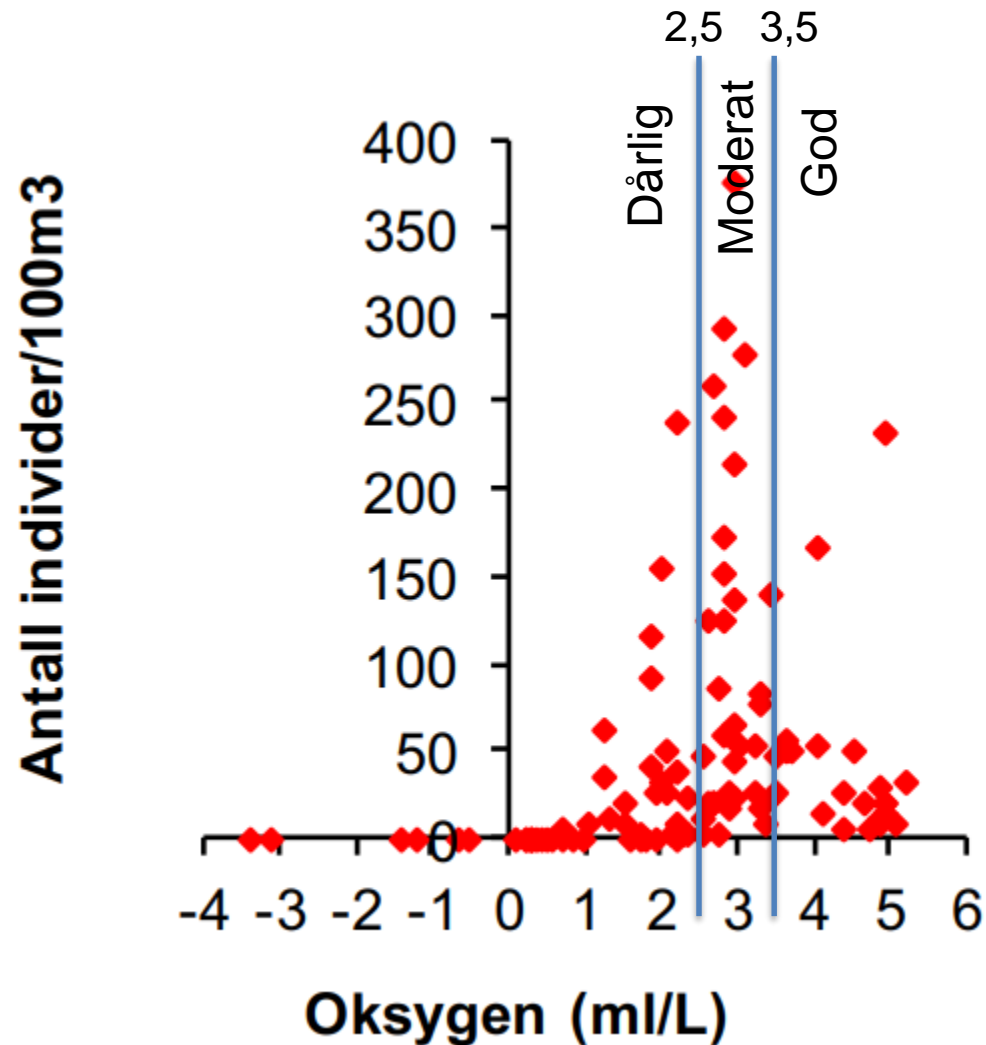
## Sammenheng mellom reketetthet og oksygenforhold

Berge & Amundsen (2016) publiserte en sammenstilling mellom reketetthet og oksygenforhold.

(<https://vannforeningen.no/dokumentarkiv/reker-i-indre-oslofjord-overvaking-i-perioden-2000-2014/>)

Det er en sterk sammenheng mellom oksygenforhold og reketetthet i intervallet 0 – 3.5 ml/L

Det er en signifikant forskjell i reketetthet mellom oksygenkonsentrasjon på 2 ml/L og 3 ml/L.

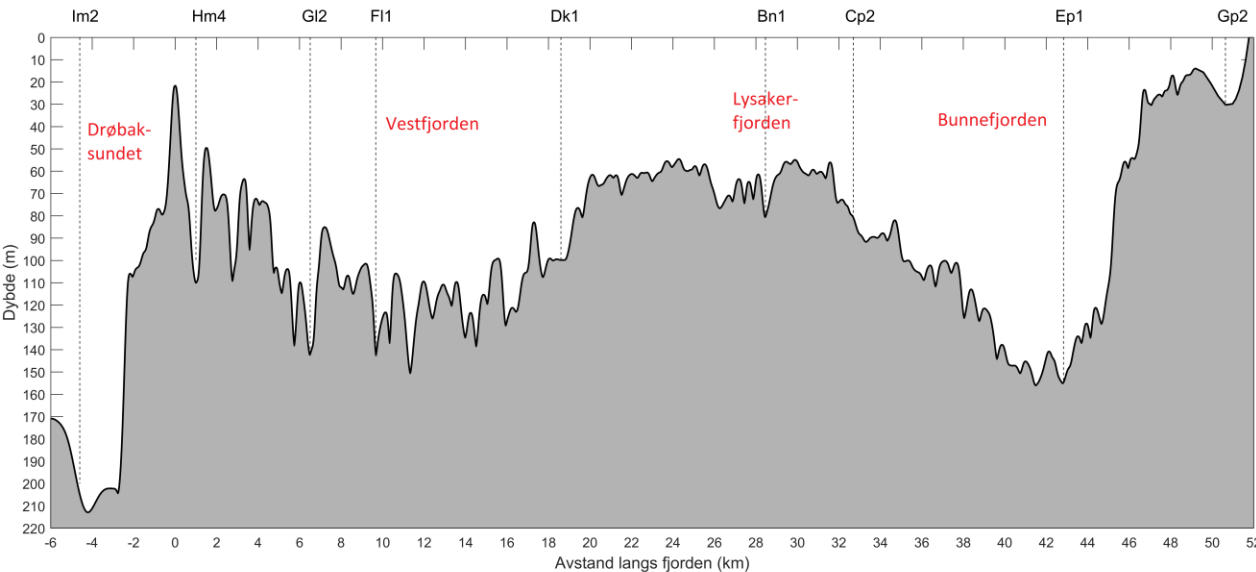
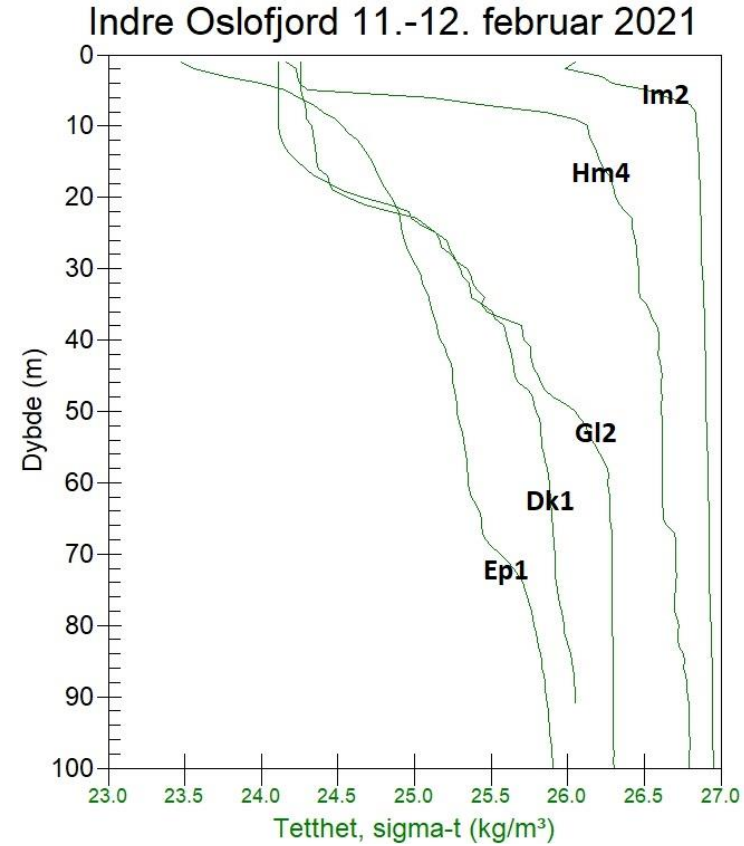




I februar i år var tettheten på 20 m i Drøbaksundet høyere enn tettheten ved bunn ved Oscarsborg (Hm4).

Neste terskel inn til Håøyabassenget (Gl2) er på 50 m, og vannet i dette dypet ved Hm4 var tyngre enn vannet på bunn ved Gl2. Og i Håøyabassenget var det tungt nok vann til å fornye bunnvannet i Vestfjorden (Dk1).

Men vannet i Vestfjorden som befant seg i terskeldypet inn til Bunnefjorden i februar, var ikke tyngre enn dypvannet i Bunnefjorden.

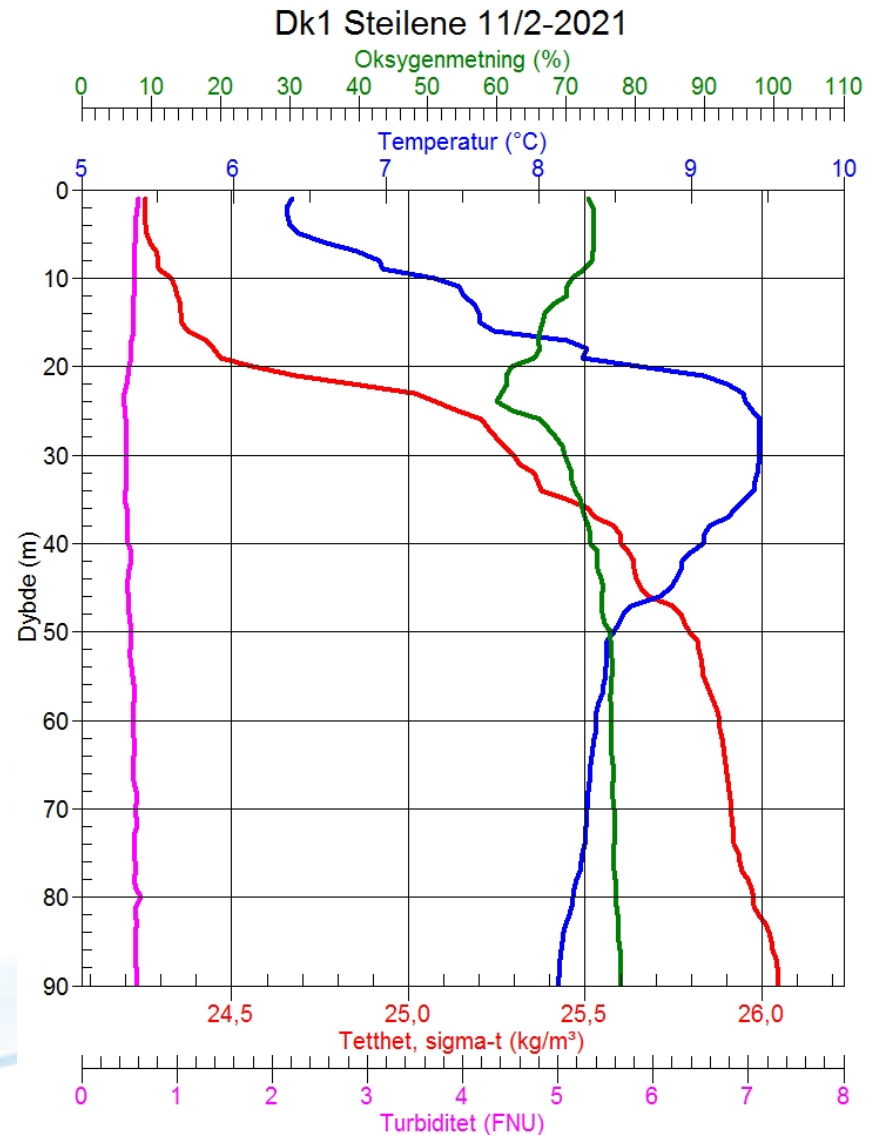


Tettheten på  
vannet i Indre  
Oslofjord

# Det hadde vært dypvannsfornyelse i Vestfjorden i februar

I figuren vises forholdene ved stasjonen Steilene i Vestfjorden. Den grønne kurven viser oksygenmetningen i vannmassen, og den er over 75 % ved bunn på denne stasjonen.

Mellom 20 og 30 m er det et oksygenminimum. Dette tyder på at det har kommet opp oksygenfattig bunnvann.



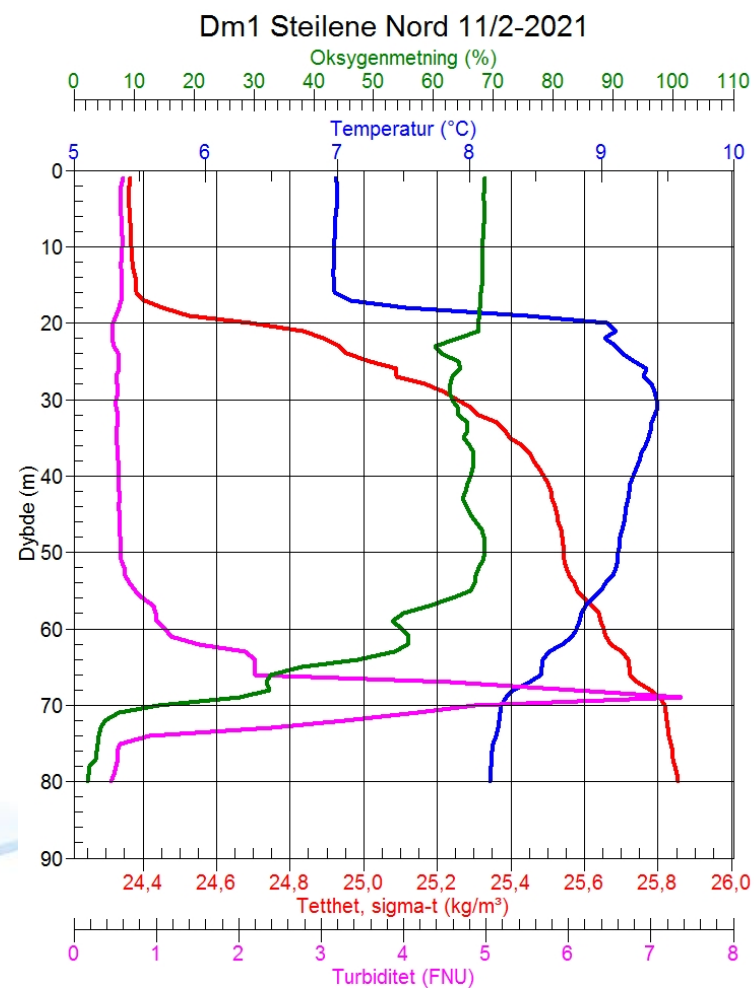


# Delvis dypvannsfornyelse i bassenget nord for Steilene

På stasjon Dm1 er det vanligvis oksygenfattig vann fra 60 m og ned mot bunn. Den 4. januar 2021 var oksygenmetningen på 3,9 % på 60 m dyp. Den 11. februar så var oksygenmetningen på 55 % i samme dyp.

Dette skyldes at det har kommet inn oksygenrikt vann i dette bassenget, men kun ned til 70 m dyp. Under dette dypet ligger det fortsatt en oksygenfri vannmasse.

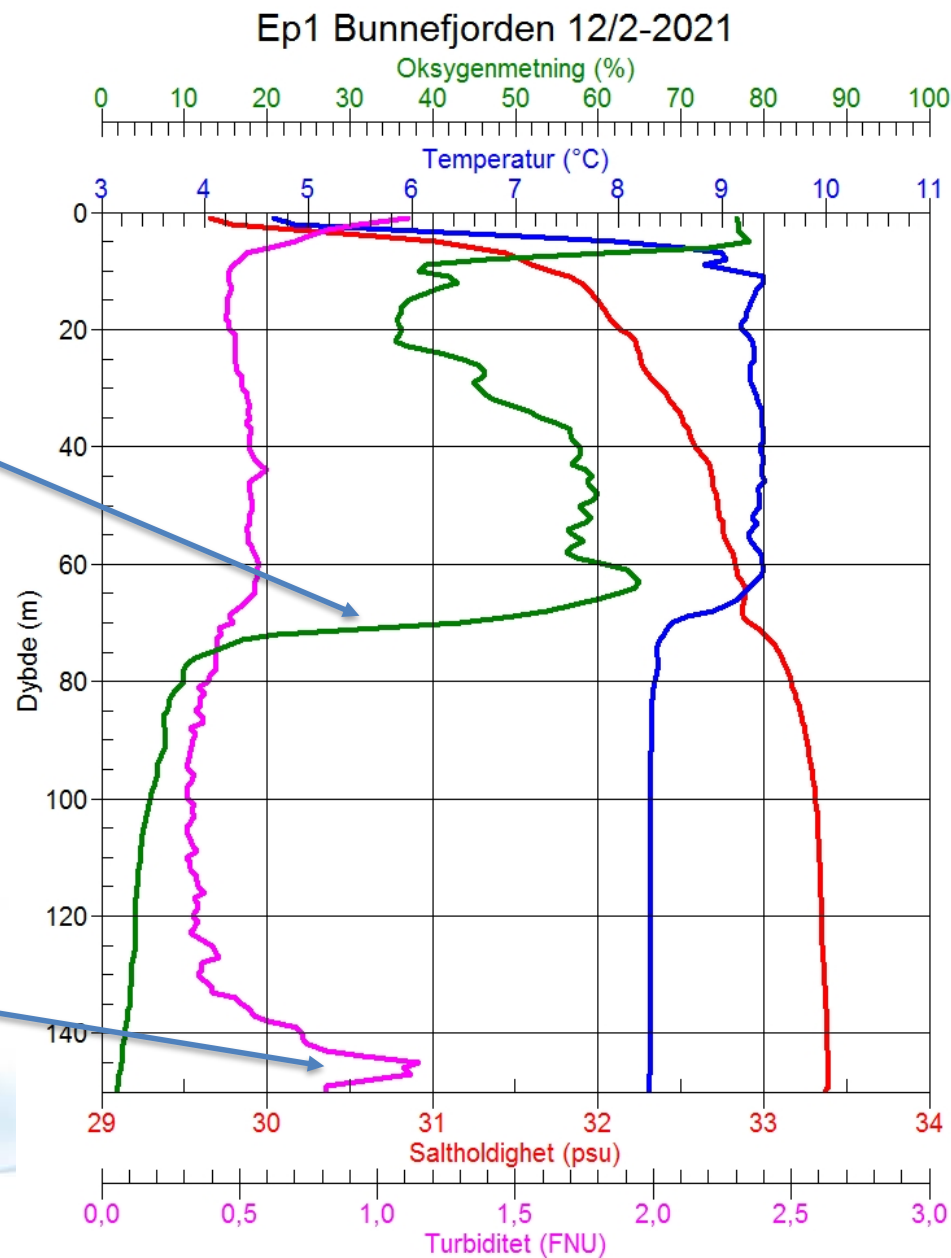
Over dette oksygenfrie laget har det dannet seg en ansamling av partikler. Turbiditeten var over 7 FNU (turbiditetsenhet) i 70 m dyp.



# Men det var fortsatt anoksisk vann i Bunnefjorden i februar

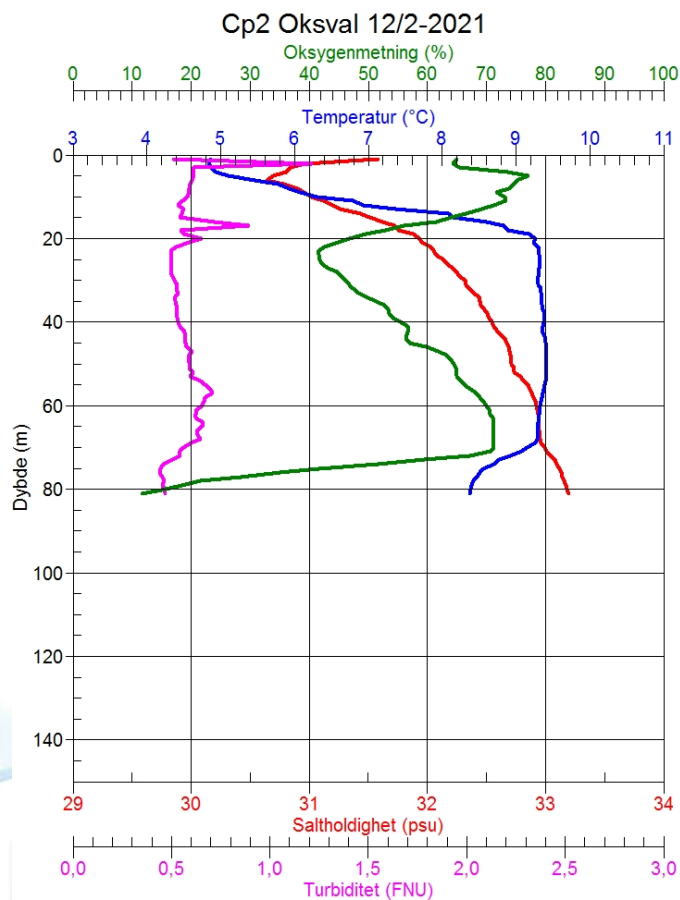
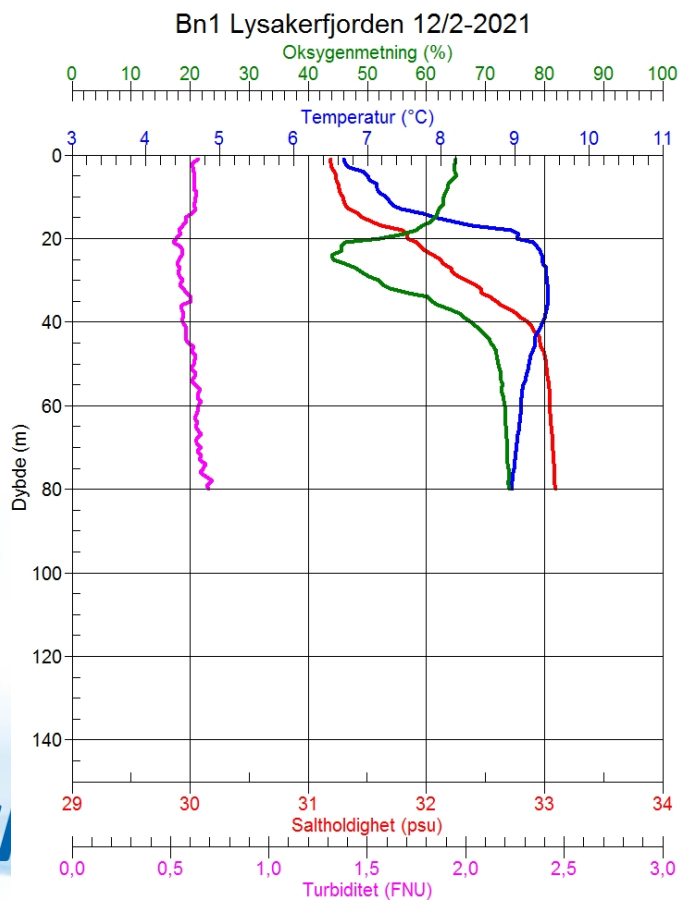
Til tross for at tettheten av vannet på 55 m dyp på stasjon Dk1 var tung nok til at det kan trenge ned til minst 86 m dyp i Bunnefjorden, så er det fortsatt oksygenfritt vann fra 70 m og ned til bunn på stasjon Ep1.

Den rosa kurven viser turbiditeten i vannet som er et mål på partikkelmengden. Det er en ansamling av partikler i 145 m dyp. Dette kan være bakterier som legger seg som et lag over den helt oksygenfrie vannmassen.



Det var en horisontal gradient i tettheten til vannmassen rundt 55 m dyp. I Lysakerfjorden var tettheten i dette dypet 25,57 kg/m<sup>3</sup>, mens den var 25,83 kg/m<sup>3</sup> ved Steilene. På stasjon Cp2 som er nord i Bunnefjorden, var tettheten 25,37 kg/m<sup>3</sup> på 55 m. Her var det oksygenfattig vann fra 70 m og ned mot bunn, som i resten av Bunnefjorden.

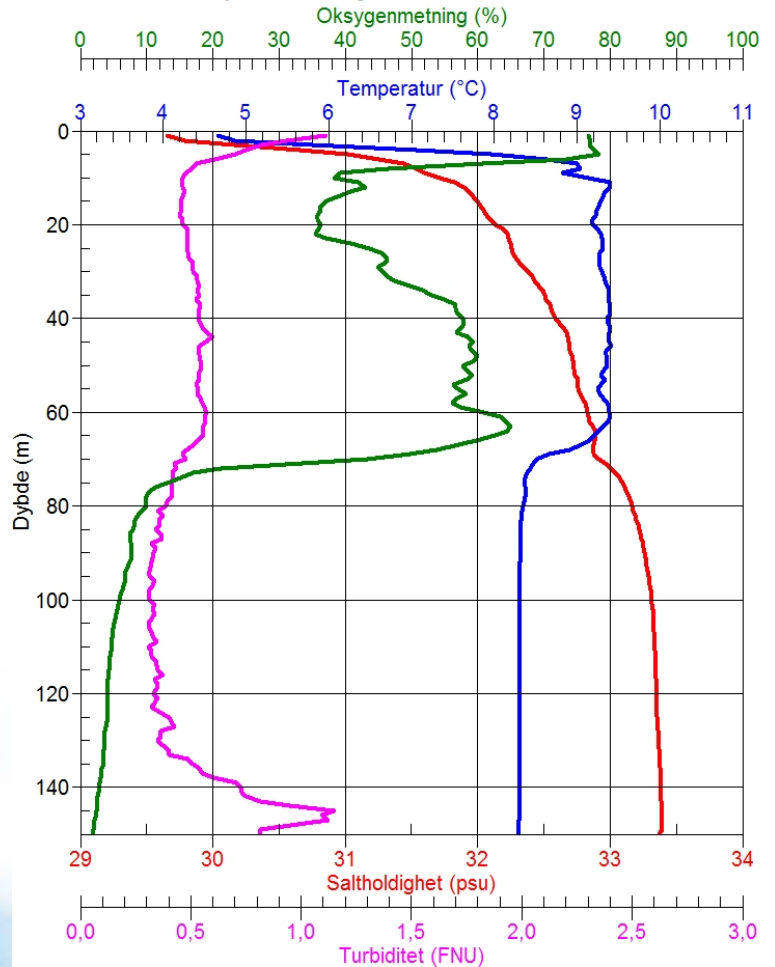
Disse horisontale gradientene opprettholdes av sirkulasjonsmønsteret i fjorden, som er påvirket av de stabile værforholdene som har vært den siste måneden. Når værforholdene endres er det sannsynlig at de horisontale gradientene jevnes ut, og at det kommer mer oksygenrikt vann inn i Bunnefjorden.



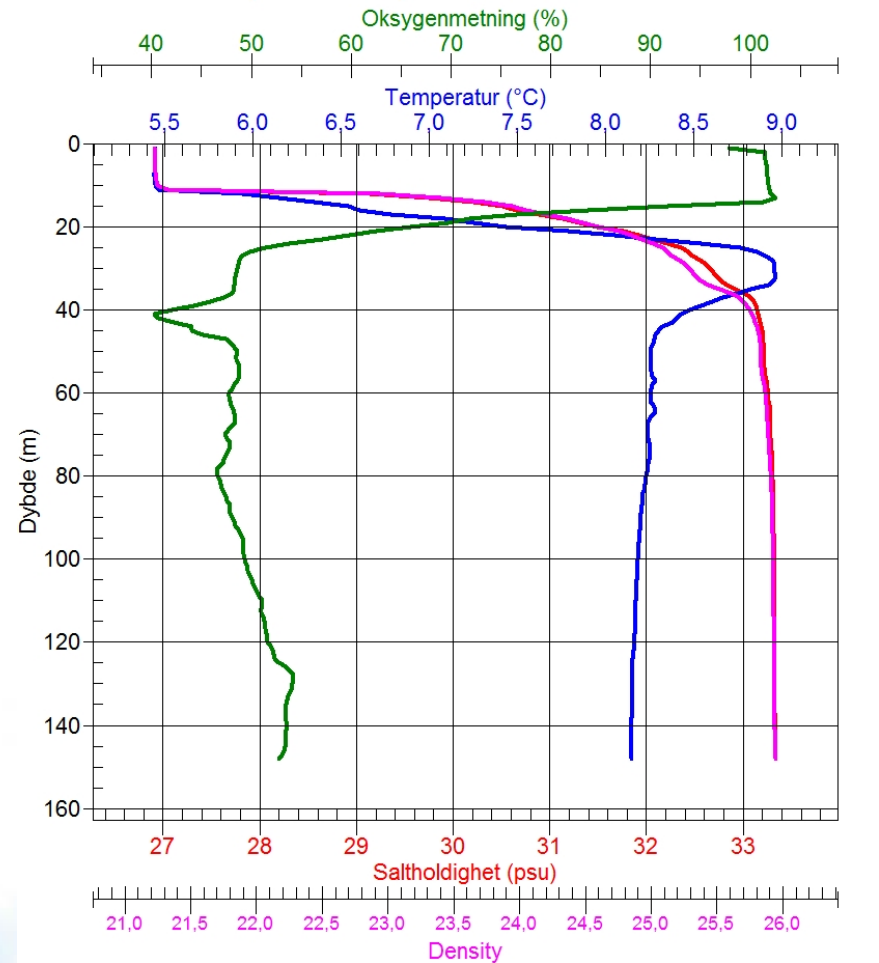
# Ytterligere dypvannfornyelse

Forrige rapport viste til dypvannfornyelse i Vestfjorden i februar, og at det fortsatt var anoksisk dypvann i Bunnefjorden. I april viste sondedata at det har vært dypvannsfornyelse også i Bunnefjorden

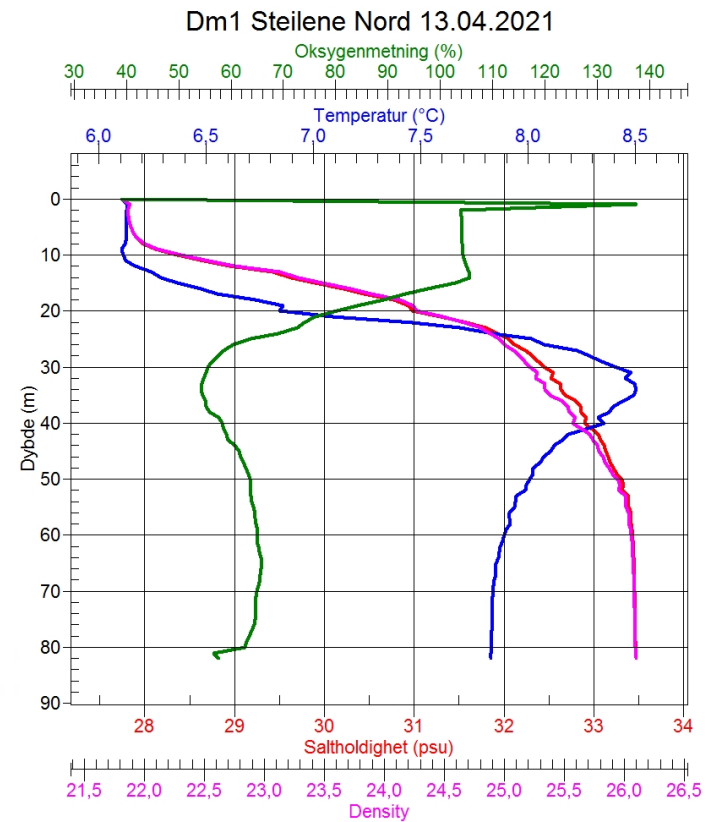
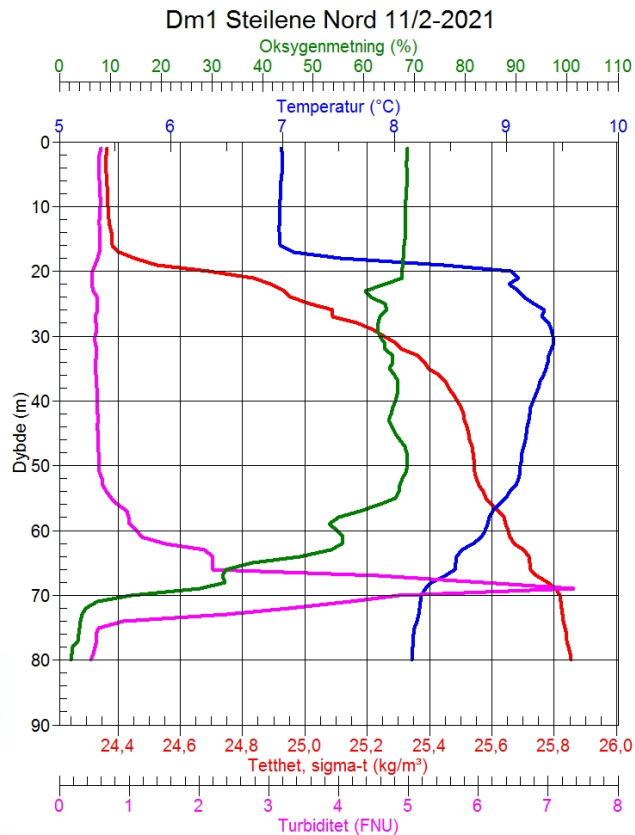
Ep1 Bunnefjorden 12/2-2021



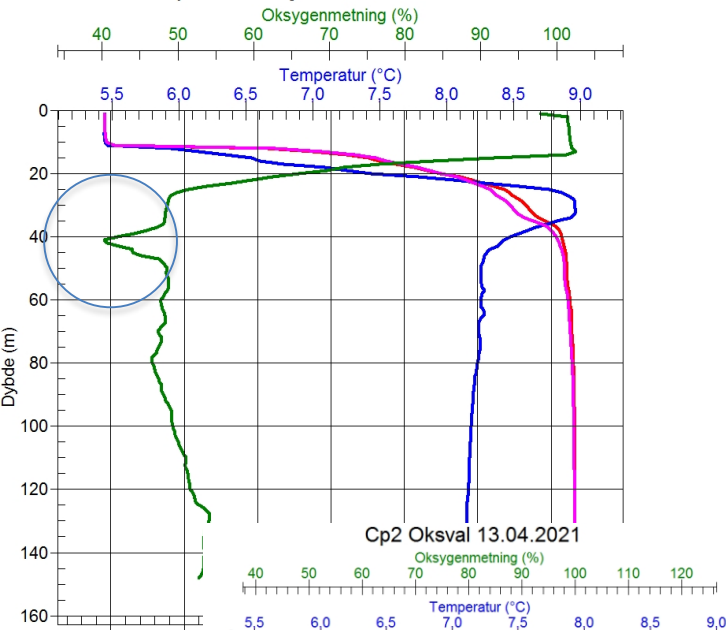
Ep1 Bunnefjorden 13.04.2021



Det har også vært dypvannfornyelse på Dm1. Den 4. januar 2021 var oksygenmetningen på 3,9 % på 60 m dyp, så oksygenmetningen 55 % i samme dyp 11. februar. Den 13. april var det gode oksygenforhold helt ned til bunn.



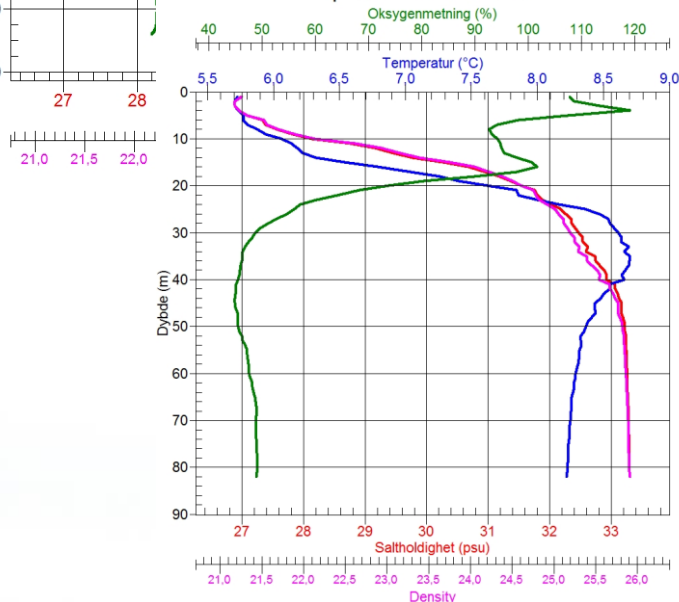
Ep1 Bunnefjorden 13.04.2021



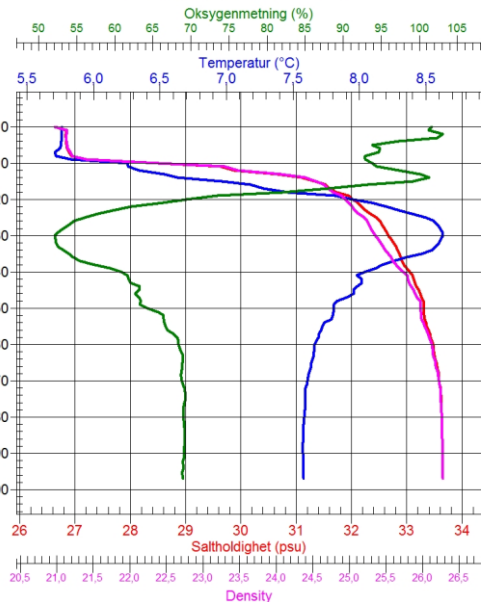
## Oksygenminimum ved 40 m

Oksygenminimumet til Ep1 var ved 40 m dyp den 13. april. På samtlige stasjoner var det et oksygenminimum ved samme dyp, som kan tyde til at vannet kom fra dypvannfornyelsen ved Bunnefjorden hvor det tyngre, kaldere og mer oksygenfattige vannet har blitt dyttet opp.

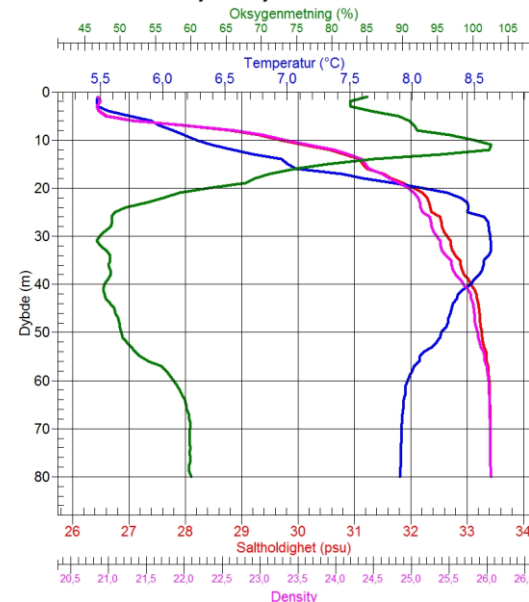
Cp2 Okssval 13.04.2021



Dk1 Steilene 13.04.2021



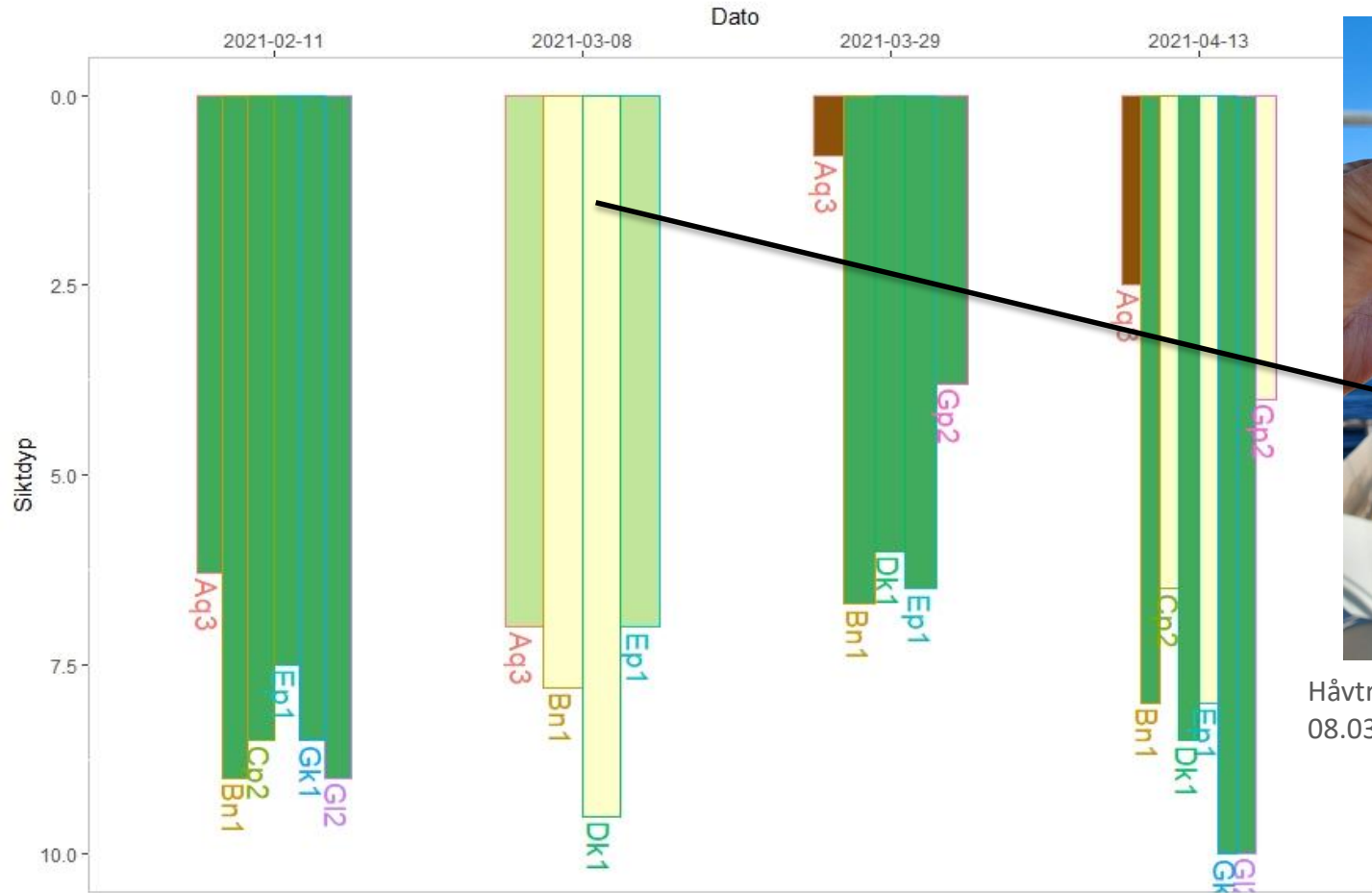
Bn1 Lysakerfjorden 13.04.2021





## Endret siktdyp og farge på vannet i våroppblomstringen

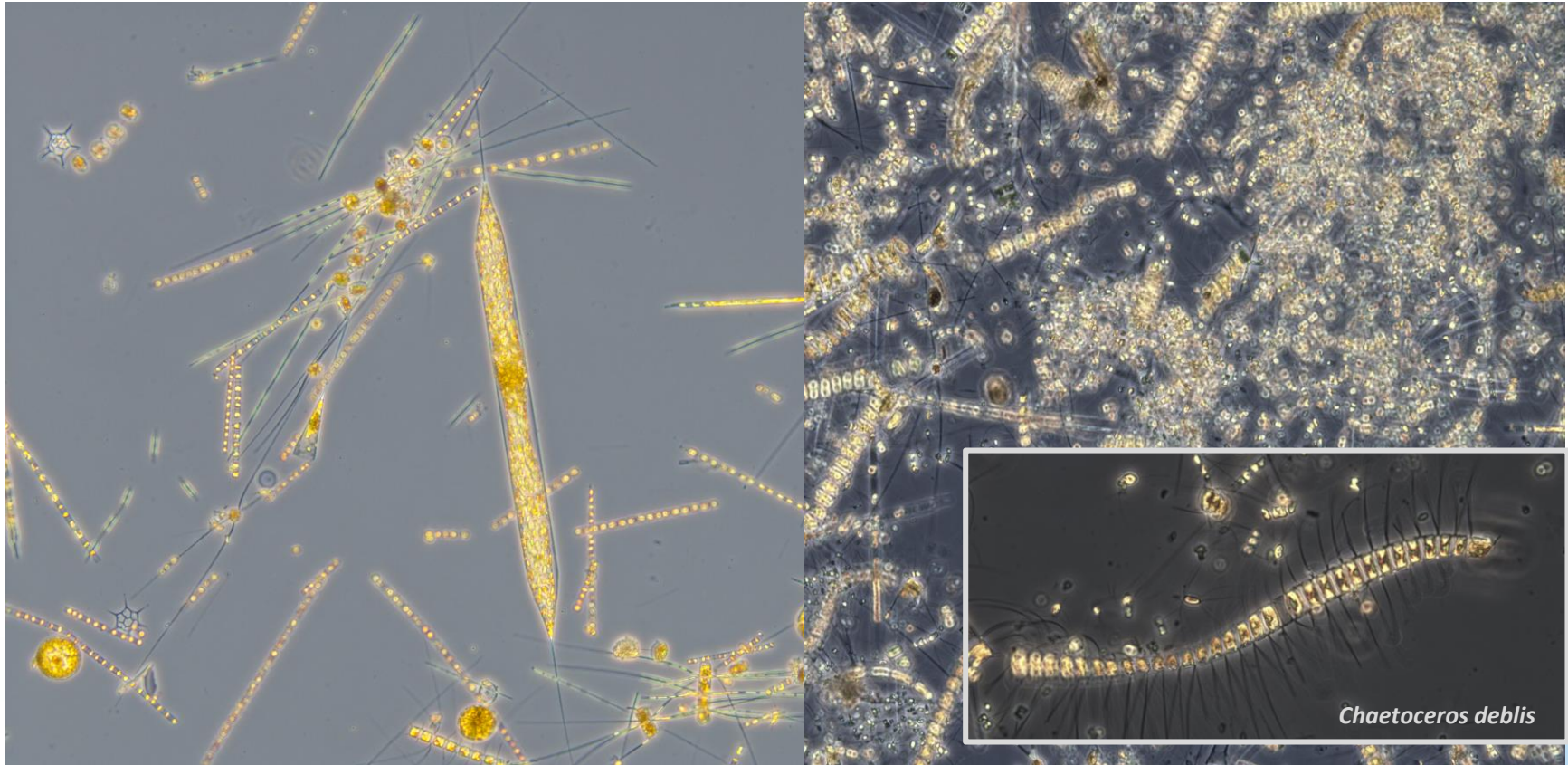
I tillegg til oksygenfornyelse av dypvannet har det vært tydelige endringer i overflatelaget. Siktdypet har blitt gradvis dårligere etter februar, før en antydning til bedring i april. Fargen på vannet var også varierende, og kan vise til en endring av partikler. Den mer gulfargen observert begynnelsen av mars kan være grunnet økning av kiselalger som inneholder pigmentet fukoxhantin, som gir algen en brun- til olivenfarge.



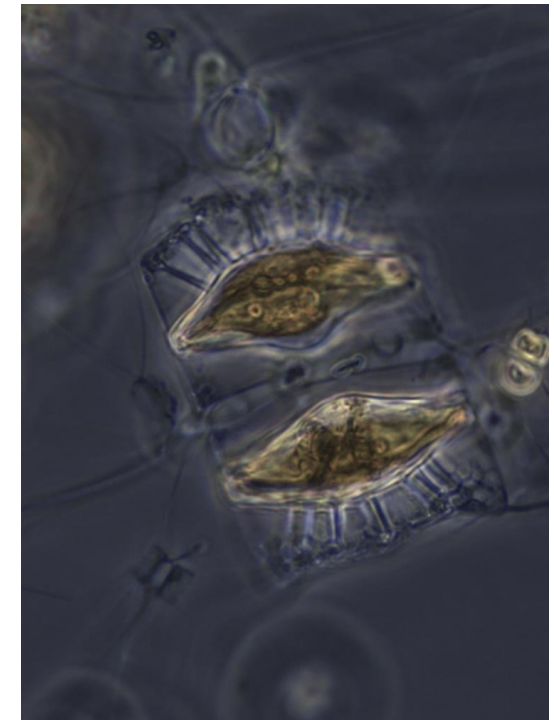
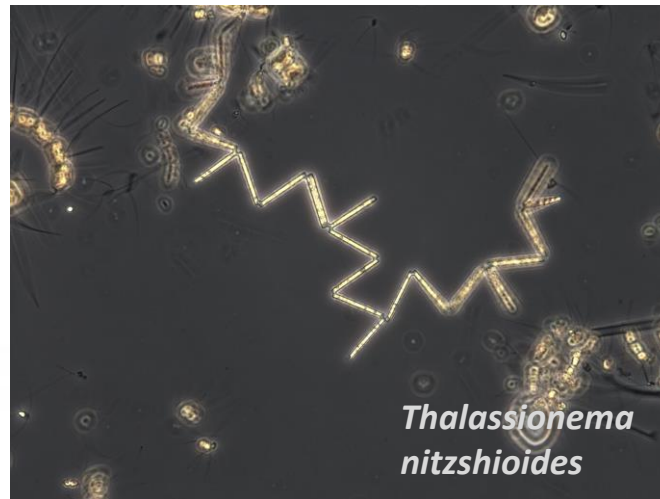
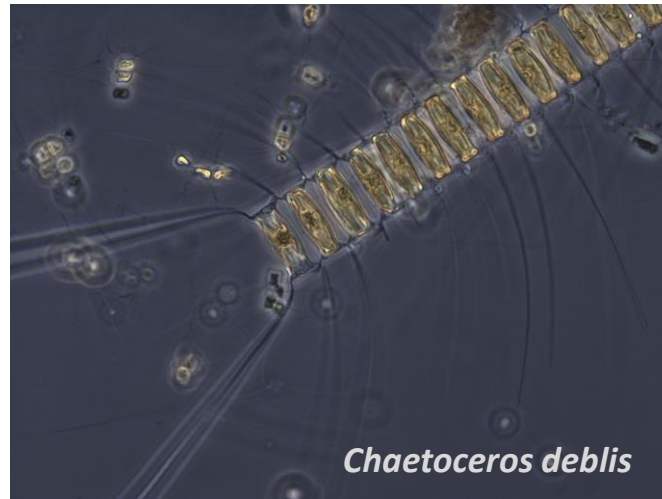
Håvtrekk fra 30-0 m på DK1  
08.03.2021

## Våroppblomstring

I begynnelsen av mars økte planteplanktonkonsentrasjoene. Samfunnet var da dominert av kiselalgene *Skeletonema cf. marinoi*, samt større celler av *Proboscia alata* og *Rhizosolenia setigera* (bidet mot venstre). Mot slutten av mars var det kiselalge-gruppen *Chaetoceros* som dominerte (bilde mot høyre). Dette er kjedeforma celler som har lange setaer «børster» som blant annet hjelper algens oppdrift i vannsøylen.



Under vinteren vil næringsalter fra bunnvannet bli mikset opp til overflaten. Med sol og ferskvannstilførsel som fører til en stabilt øvre vannlag er det gunstige forhold for planktonvekst. Kiselalgene er den dominerende gruppen alge under en våroppblomstring. De deler seg fort og kan nå høye konsentrasjoner. De har også en fordel at de ofte er kjededannende, som gir dem et oppløft i vannsøylen nærmer sollyset, samt at det er mer krevende å beite på dem.



Bildet over viser kiselalgen *Chaetoceros diadema* som har produsert hvilesporer. Hvilesporerne venter til nye gunstige vekstforhold, hvor algen kan vokse på nytt

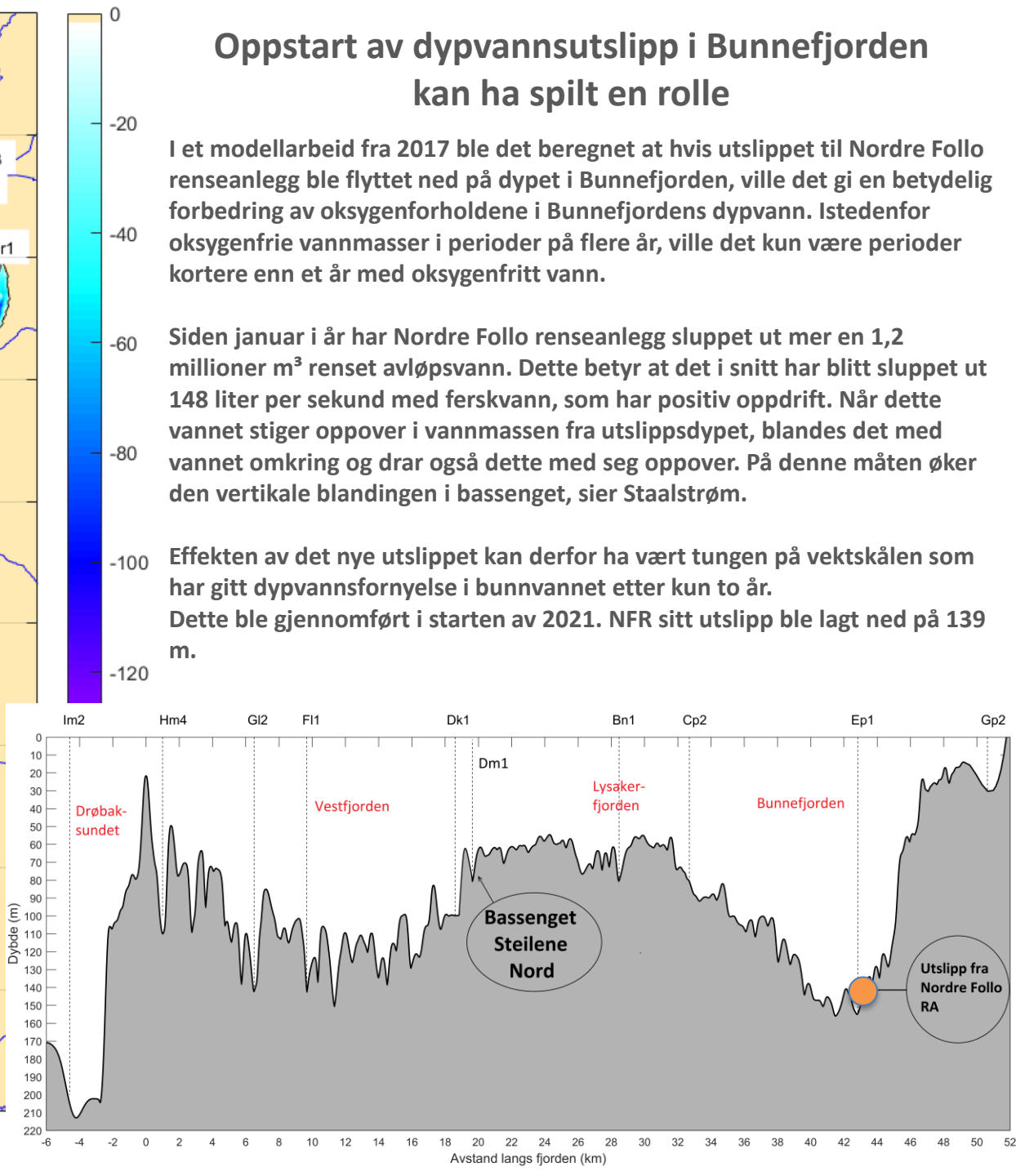
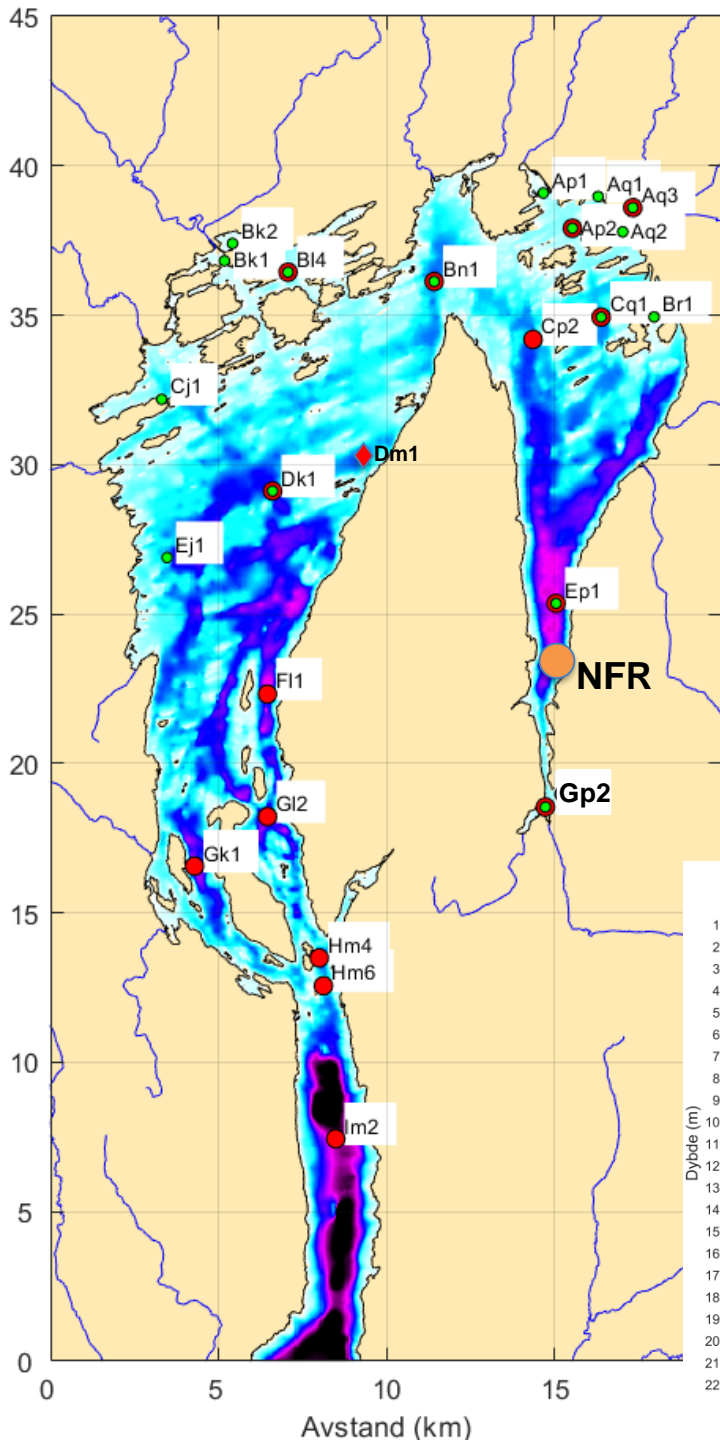


# Oppstart av dypvannsutslipp i Bunnefjorden kan ha spilt en rolle

I et modellarbeid fra 2017 ble det beregnet at hvis utslippet til Nordre Follo renseanlegg ble flyttet ned på dypet i Bunnefjorden, ville det gi en betydelig forbedring av oksygenforholdene i Bunnefjordens dypvann. Istedenfor oksygenfrie vannmasser i perioder på flere år, ville det kun være perioder kortere enn et år med oksygenfritt vann.

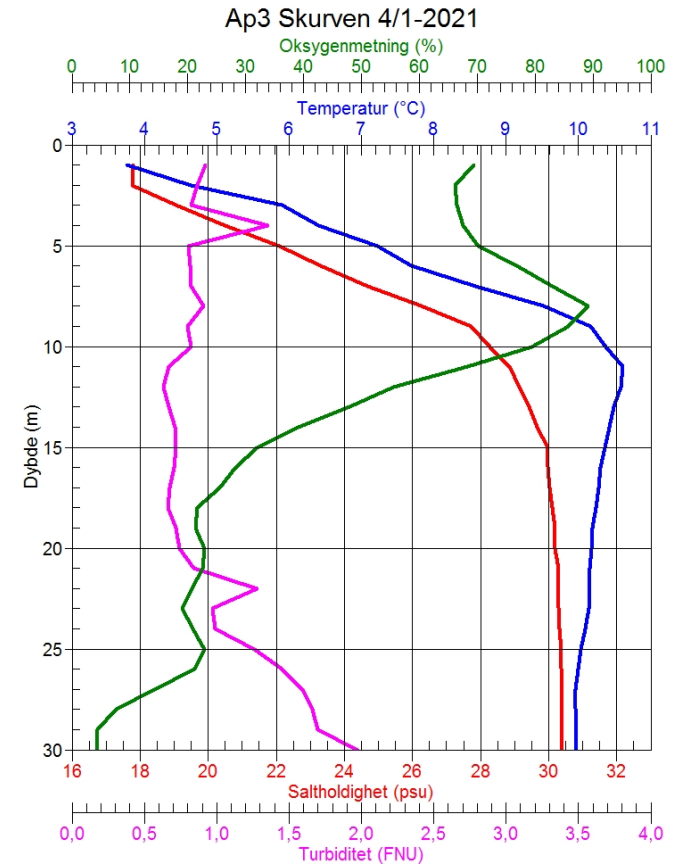
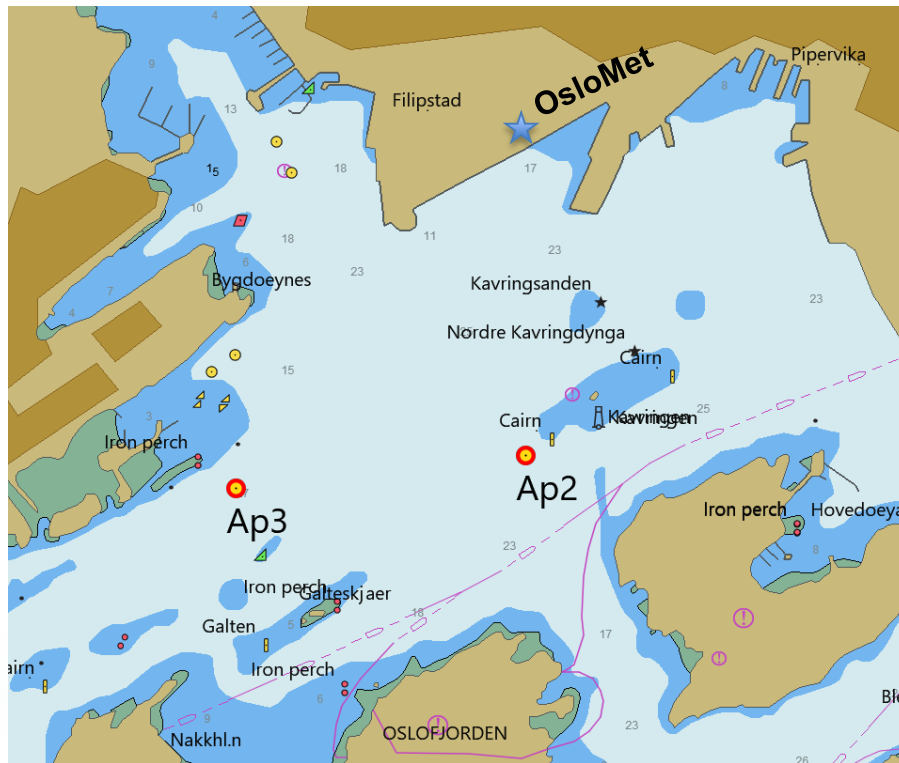
Siden januar i år har Nordre Follo renseanlegg sluppet ut mer en 1,2 millioner m<sup>3</sup> rensed avløpsvann. Dette betyr at det i snitt har blitt sluppet ut 148 liter per sekund med ferskvann, som har positiv oppdrift. Når dette vannet stiger oppover i vannmassen fra utslippsdypet, blandes det med vannet omkring og drar også dette med seg oppover. På denne måten øker den vertikale blandingen i bassenget, sier Staalstrøm.

Effekten av det nye utslippet kan derfor ha vært tungen på vektskålen som har gitt dypvannsfornyelse i bunnvannet etter kun to år. Dette ble gjennomført i starten av 2021. NFR sitt utslipp ble lagt ned på 139 m.



# Oslos havnebasseng

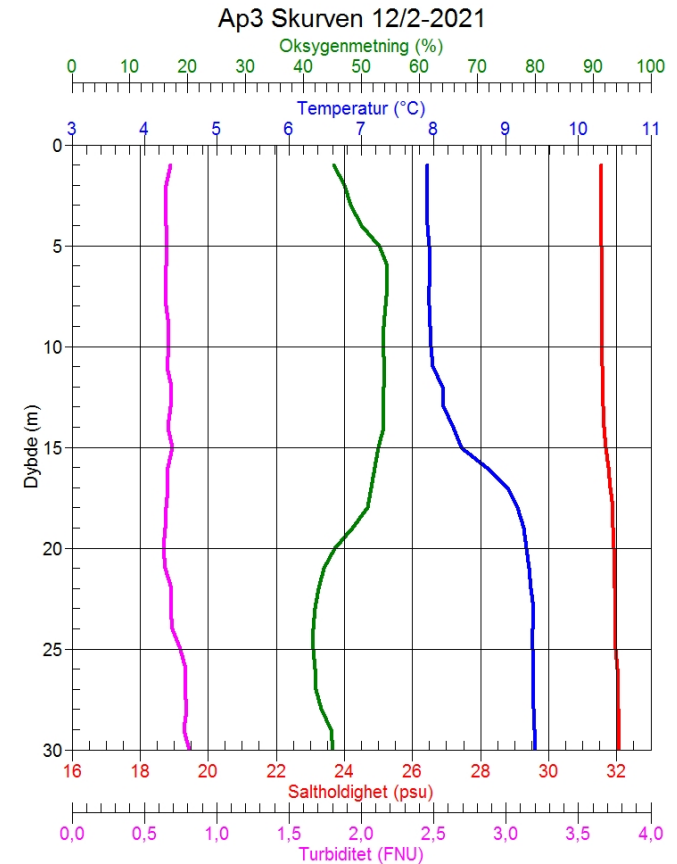
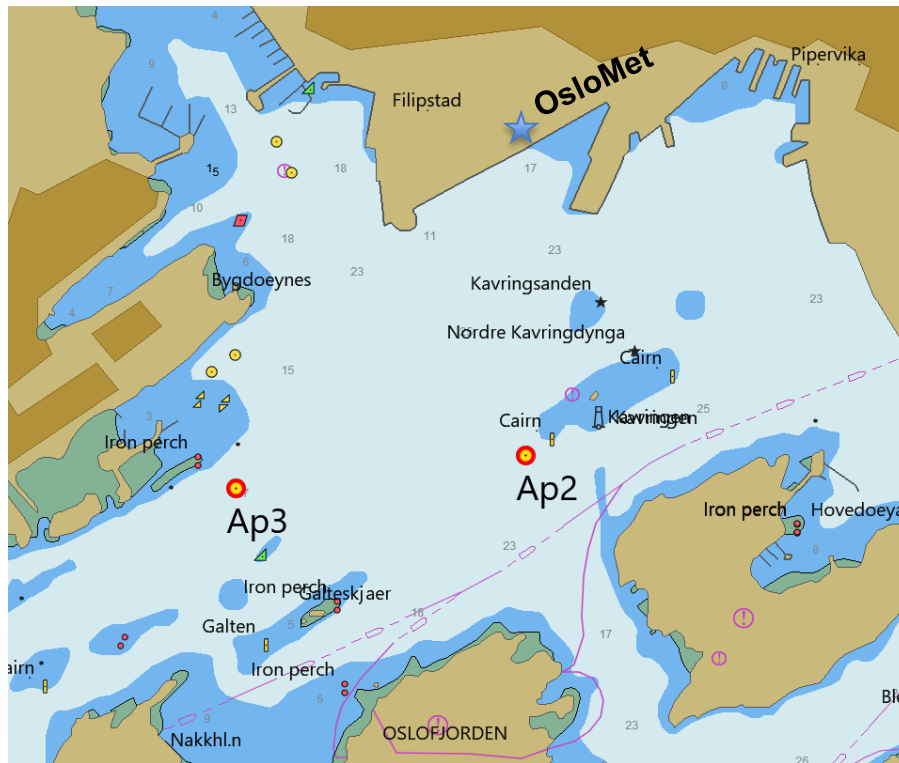
I januar og februar 2021 ble det tatt målinger på en stasjon ved Skurven, rett utenfor Sjøfartsmuseet. Denne stasjonen har fått koden Ap3. På denne stasjonen er det 30 m dypt. På den ordinære stasjonen Ap2 ved Kavringen er det kun 25 m dypt.



I januar ble det oppdaget oksygenfattige forhold under 25 m på den nye stasjonen Ap3. Samtidig var oksygenmetningen nesten 90 % i 8 m dyp.

# Oslos havnebasseng

I januar og februar 2021 ble det tatt målinger på en stasjon ved Skurven, rett utenfor Sjøfartsmuseet. Denne stasjonen har fått koden Ap3. På denne stasjonen er det 30 m dypt. På den ordinære stasjonen Ap2 ved Kavringen er det kun 25 m dypt.



I februar var det en helt annen vannmasse i havnebassenget. Oksygenmetningen var godt over 40 % ved bunn, samtidig som den var betydelig lavere i overflatelaget enn det den var i januar.



# Gufs fra fortiden!

- På 70-tallet ble det observert ekstremt høye verdier av klorofyll a i Oslos havnebasseng.
- 2. nov. ble det igjen observert ekstrem algevekst utenfor OsloMet havlaboratorium.

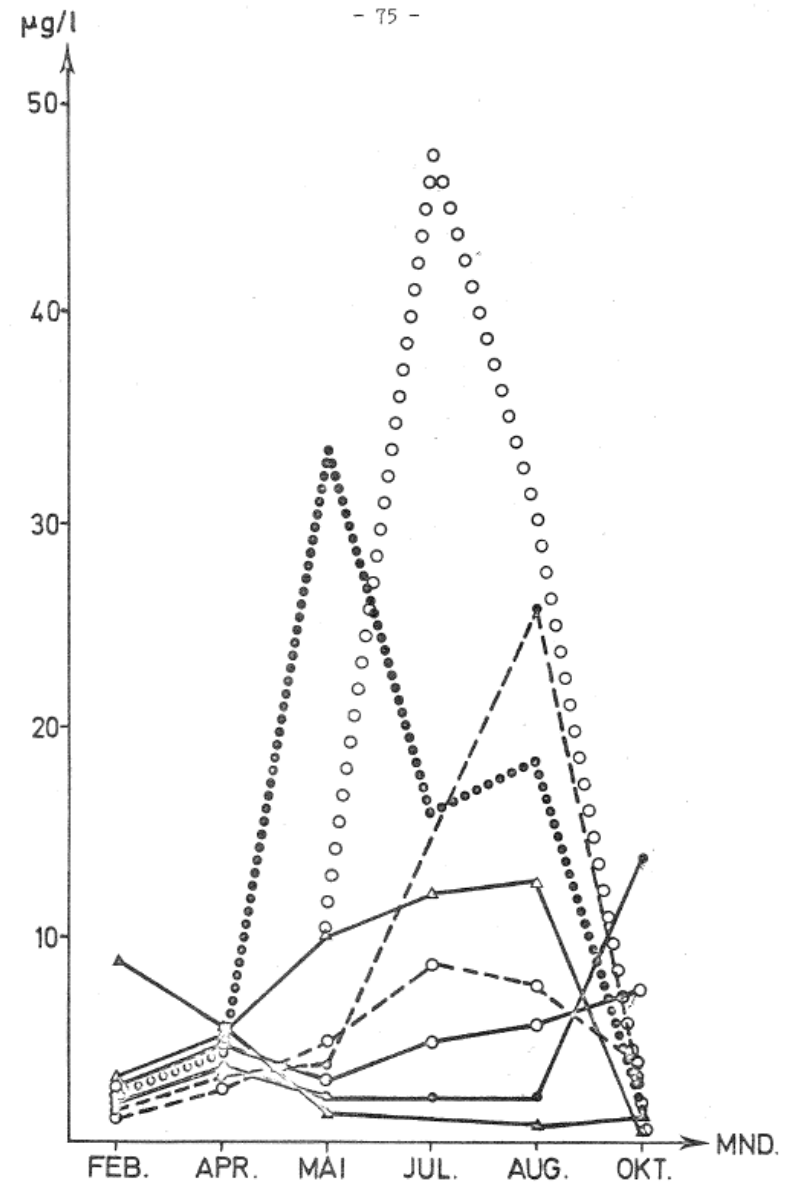
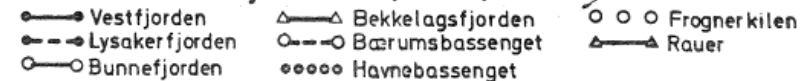


Fig. 38. Klorofyll a i overflatevannet i Oslofjorden (0-2) m 1974.



# Gufs fra fortiden!

- På 70-tallet ble det observert ekstremt høye verdier av klorofyll a i Oslos havnebasseng.
- 2. nov. ble det igjen observert ekstrem algevekst utenfor OsloMet havlaboratorium.
- Lepidodinium er i hele fjorden enda!

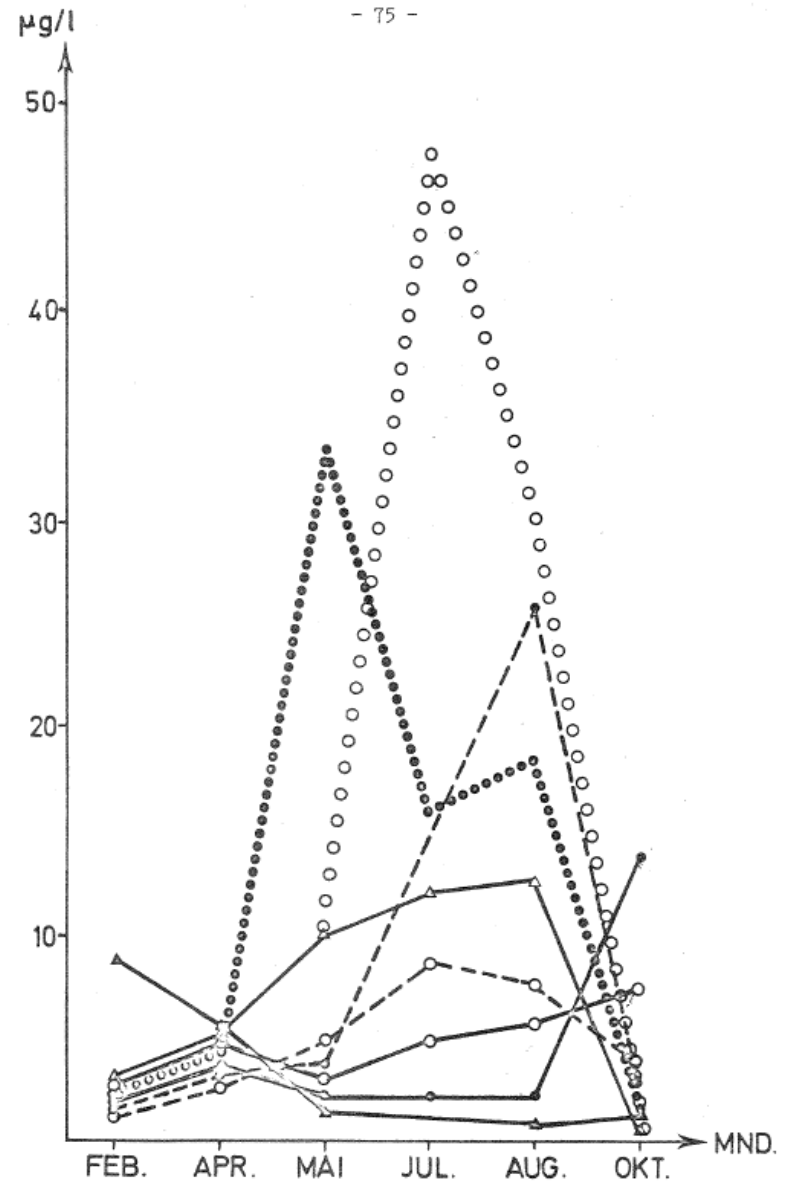


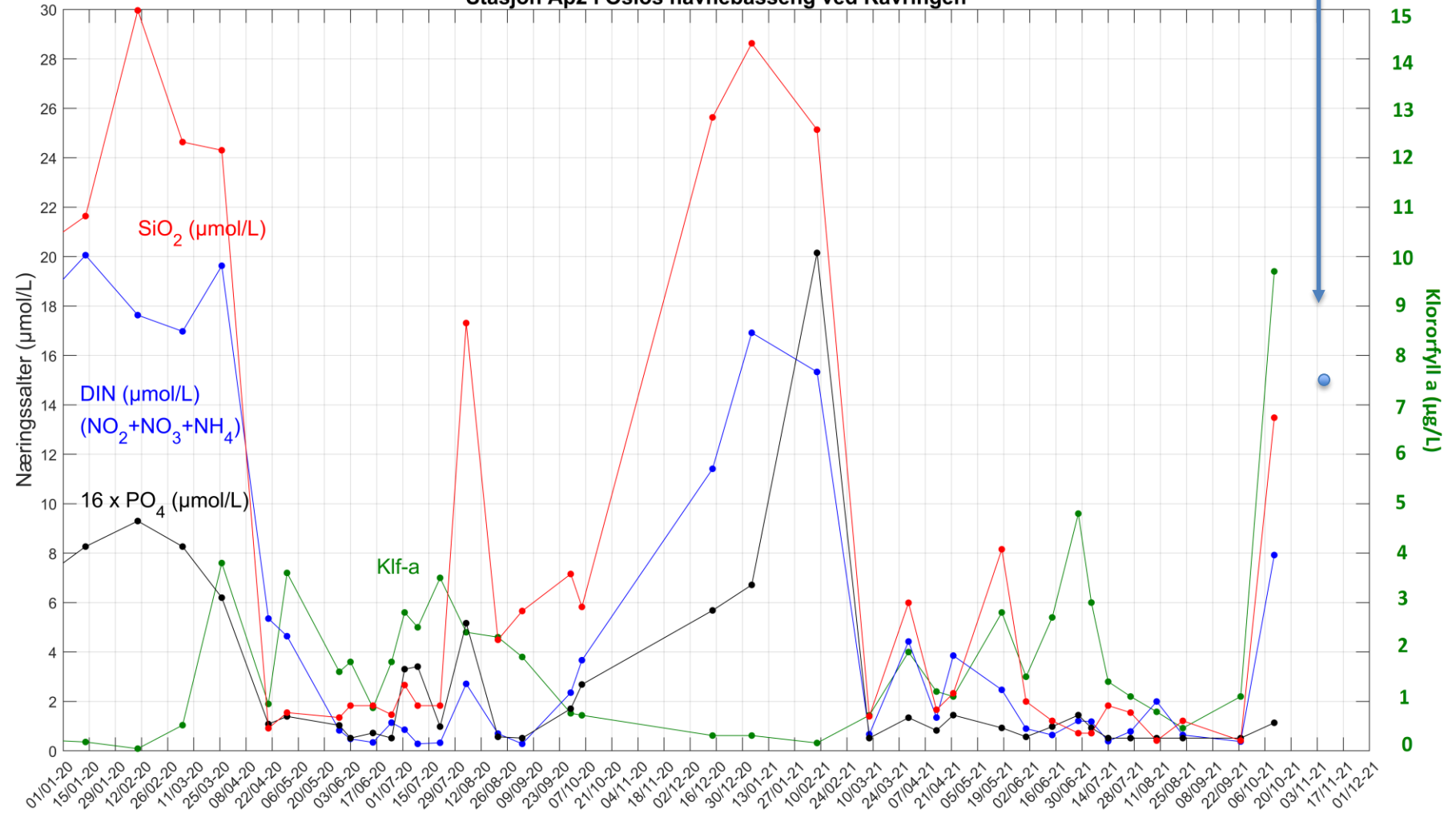
Fig. 38. Klorofyll a i overflatevannet i Oslofjorden (0-2)m 1974.

●—● Vestfjorden      △—△ Bekkelagsfjorden      ○—○ Frognerkilen  
 ●—● Lysakerfjorden      ○—○ Bærumsbassenget      △—△ Rauer  
 ○—○ Bunnefjorden      ●●●● Havnebassenget

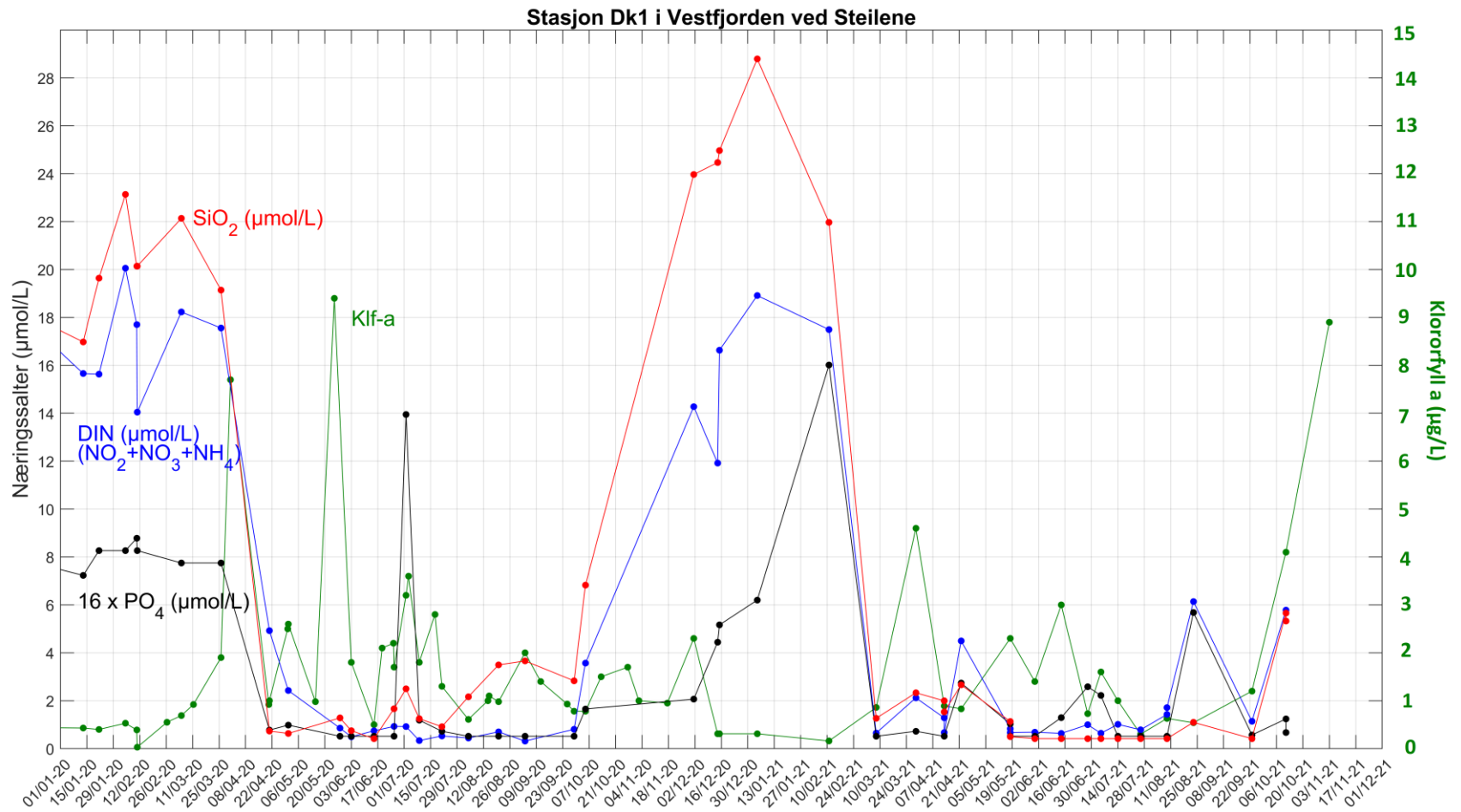
# Oslo havn



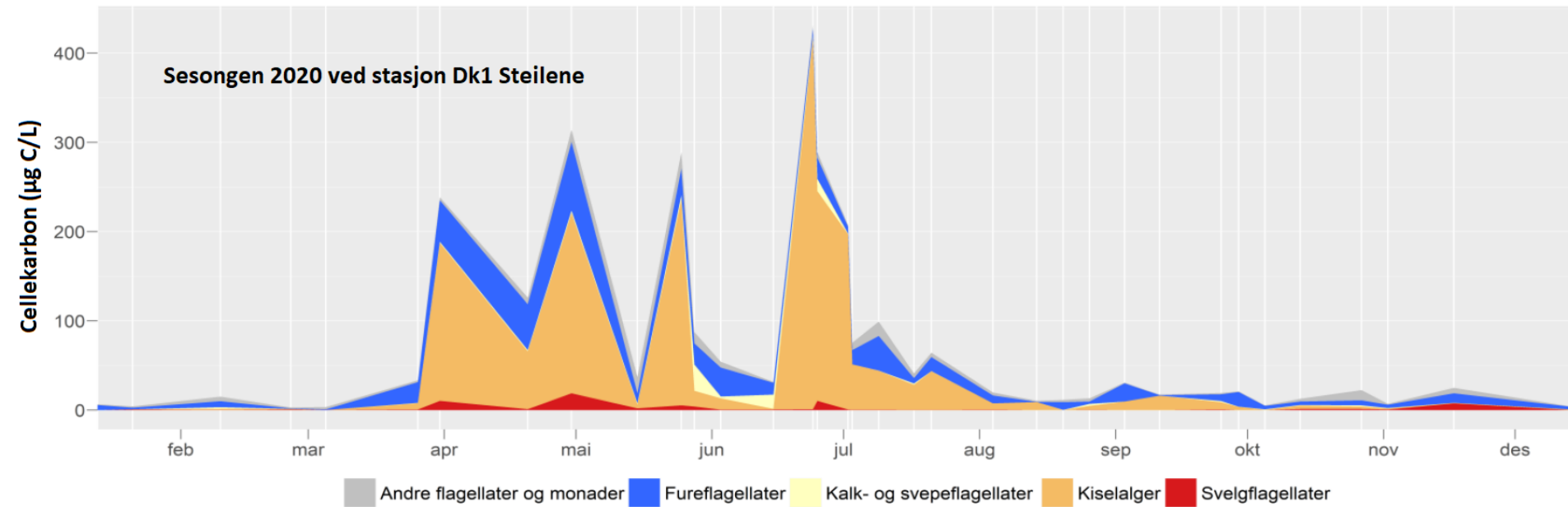
Stasjon Ap2 i Oslos havnebasseng ved Kavringen



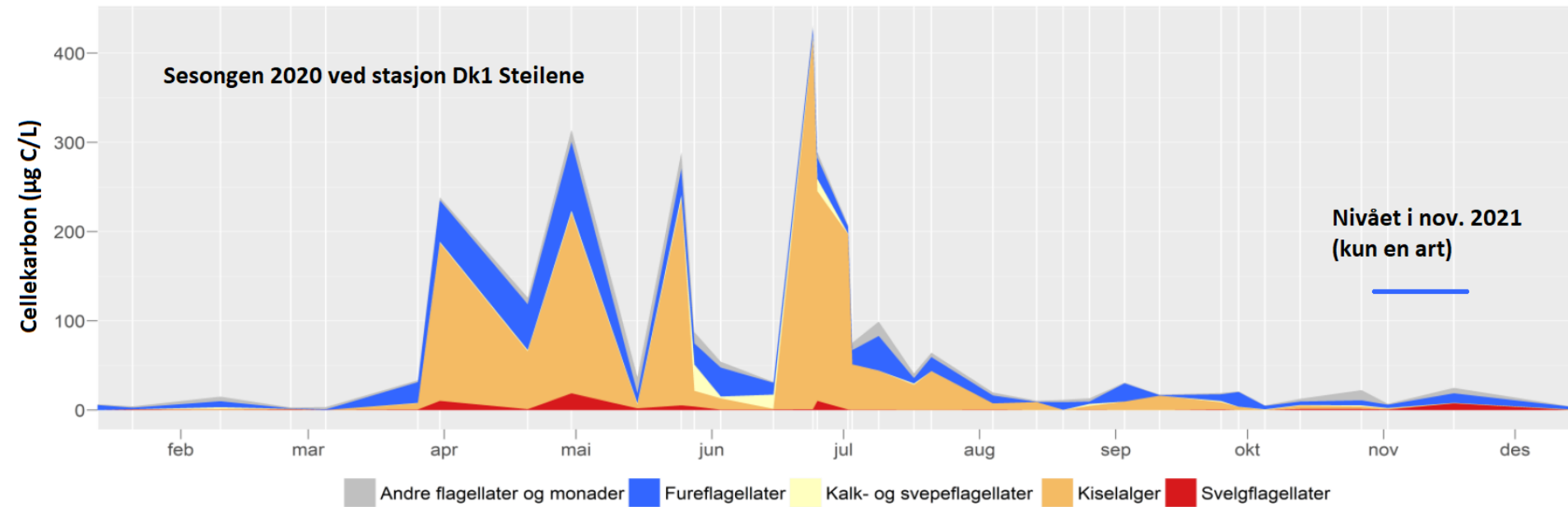
# Algeoppblomstringen gjør seg gjeldende i hele fjorden



# Sammenligning med 2020

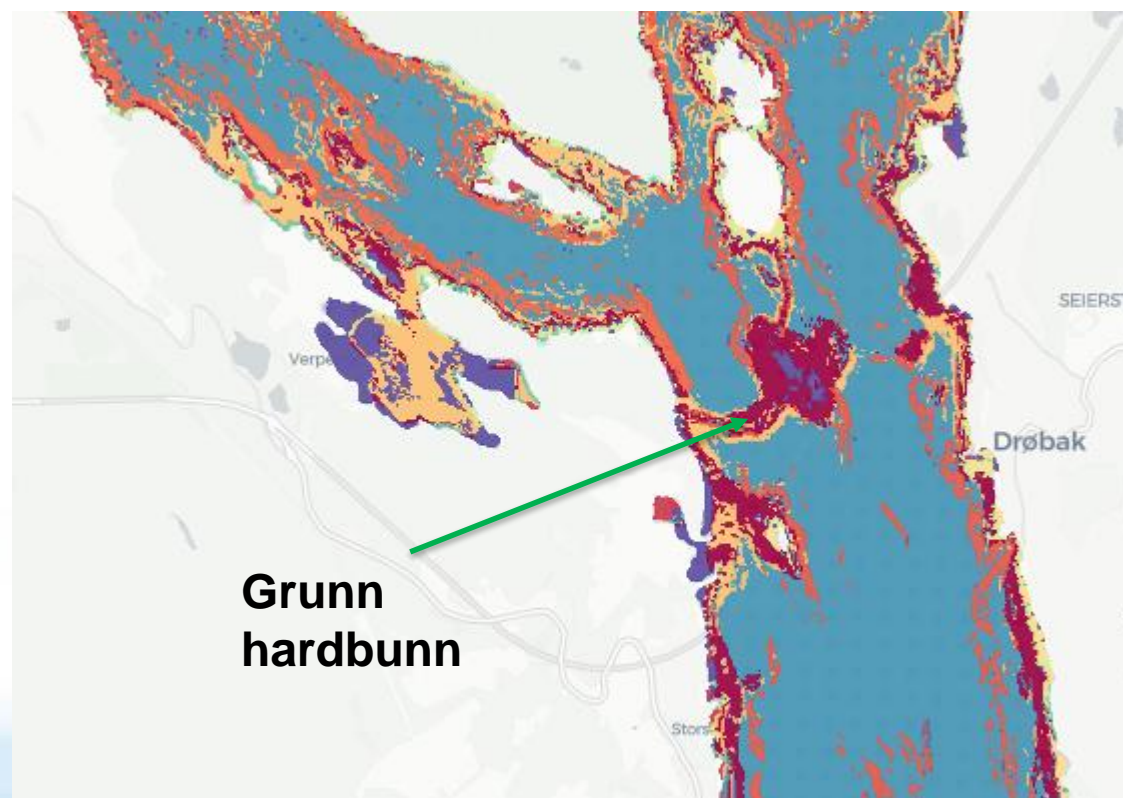


# Sammenligning med 2020





# Drøbak sjetéen sin betydning for miljøforholdene i Indre Oslofjord



# Naturtypen på sjeteen

Naturtypen på sjeteen ble vurdert allerede tidlig på 2000-tallet.

([https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/211612/4499\\_72dpi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/211612/4499_72dpi.pdf?sequence=1&isAllowed=y))

De rike samfunnene på grunna og jeteen er til stor del et resultat av den sterke og regelmessige strømmen i disse områdene. Strømmen sikrer mat og oksygentilførsel til filterspiserne, den hindrer nedslamming fra leir- og siltpartikler, og den begrenser aktiviteten til rovdyr som snegler, kråkeboller og sjøstjerner. Den frodige tareskogen en finner på jeteen og på Drøbakgrunnen er sjelden å se andre steder inne i Oslofjorden.

# Strøm over sjeteen

Staalstrøm (2005) skrev om strømmen over sjeteen, men strømstyrken akkurat over muren er ikke dokumentert.

(<https://www.duo.uio.no/handle/10852/12583>)

Det ble ikke konkludert med hvor stor andel av vannet som gikk over sjeteen, men analysen tydet på at det var mer enn det som tidligere var antatt (10-20%).

Tverrsnittarealet over sjeteen utgjør ca. 10% av det totale arealet. Den planlagte utdypningen vil omtrent doble arealet over sjeteen. Første gjetning er at strømstyrken blir halvert, ikke bare i selve utdypningen men også i de områdene som fortsatt er grunne.

Det betyr at de fundamentale forutsetningene for den unike naturtypen vi finner på sjeteen vil endres fullstendig.

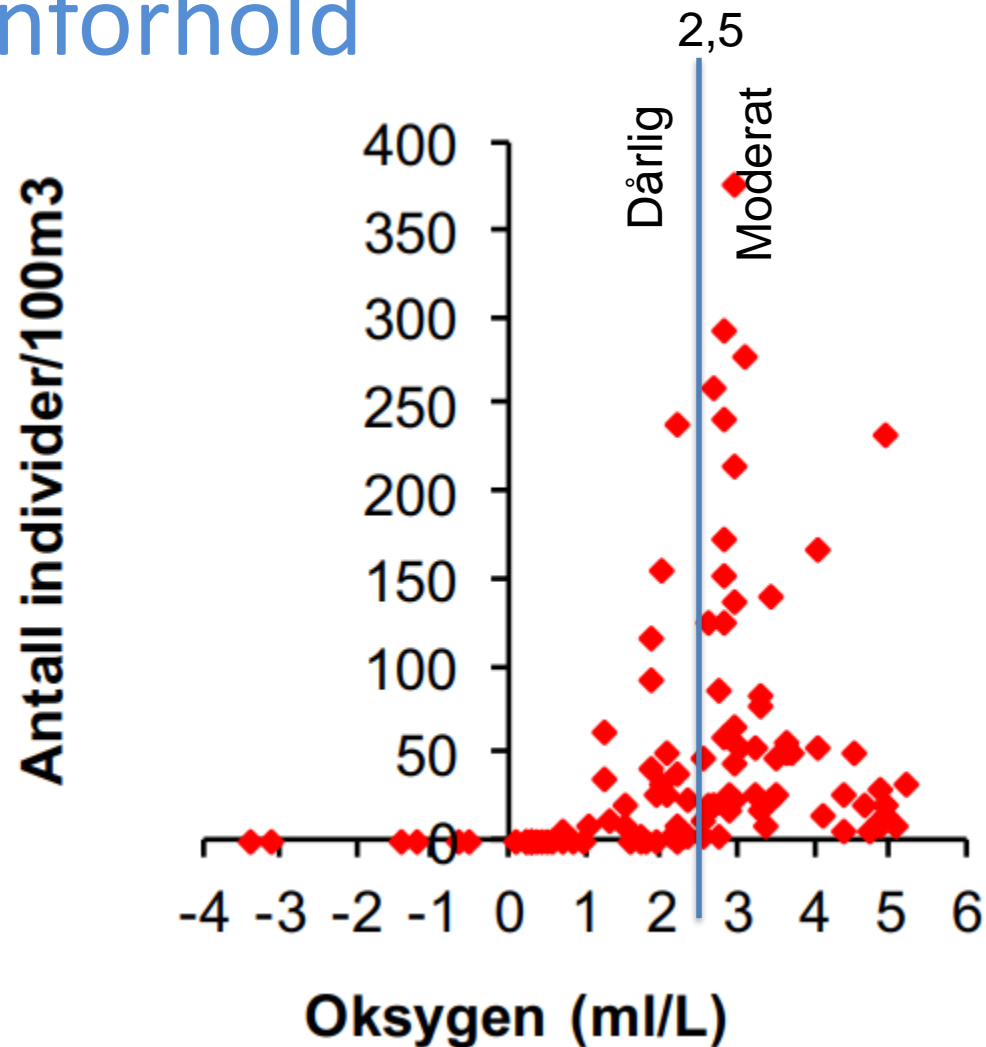
# Sammenheng mellom reketetthet og oksygenforhold

Berge & Amundsen (2016) publiserte en sammenstilling mellom reketetthet og oksygenforhold.

(<https://vannforeningen.no/dokumentarki/v/reker-i-indre-oslofjord-overvaking-i-perioden-2000-2014/>)

Det er en sterk sammenheng mellom oksygenforhold og reketetthet i intervallet 0 – 3.5 ml/L

Det er en signifikant forskjell i reketetthet mellom oksygenkonsentrasjon på 2 ml/L og 3 ml/L.

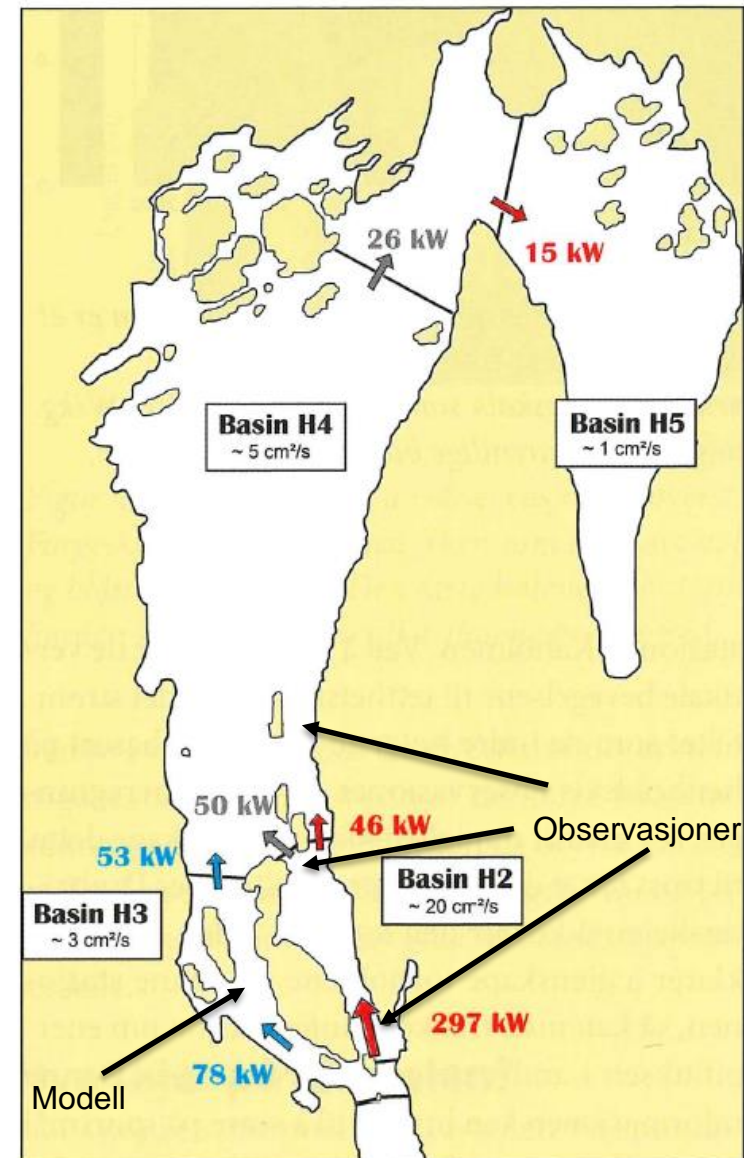


# Sammenheng mellom indre bølgeenergi og blandingsforhold

Staalstrøm (2015) publiserte en sammenstilling av resultatene fra forskningsprosjektet Fjordmix.

(<https://vannforeningen.no/dokumentarkiv/betydningen-av-indre-bolger-i-oslofjorden/>)

Blandingsforholdene i de forskjellige bassengene kan forklares av differansen av energi som kommer inn og det som går ut av bassengene. Denne energien brukes til å blande vannmassene vertikalt. Dvs. at det tunge vannet i et stagnant basseng løftes opp, og gir hyppigere dypvannsfornyelser.



Figur 6. Energitransport og vertikal blanding i Oslofjorden framstilt skjematisk. Energitransporten er vist med fargede piler med tallverdien ved siden av. Blandingskoeffisientene i hvert basseng er vist i boksene.

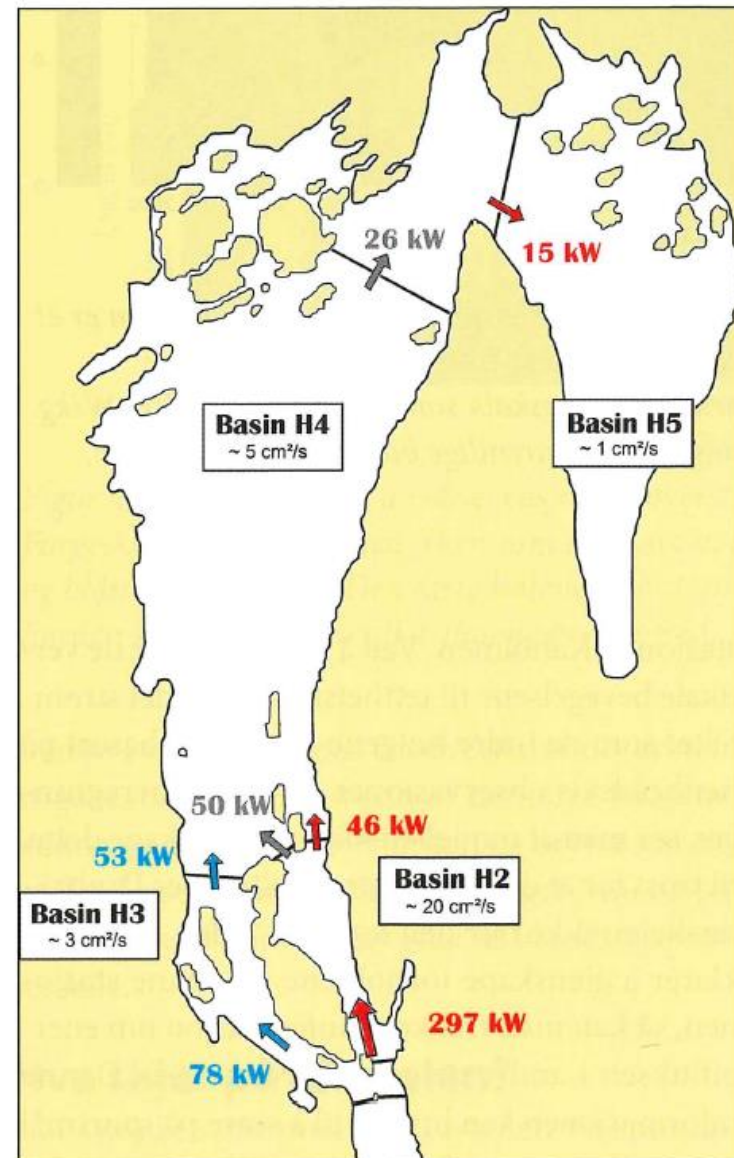


# Sammenheng mellom indre bølgeenergi og blandingsforhold

Generering av indre bølgeenergi beskrives godt av Stigebrandt modell, som lå til grunn for vurderingene fra 2002.

<https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/211615>

Der var konklusjonen at tverrsnittarealet over Drøbakterskelen bør bevares, dvs. at sjetéen forblir slik den er i dag.



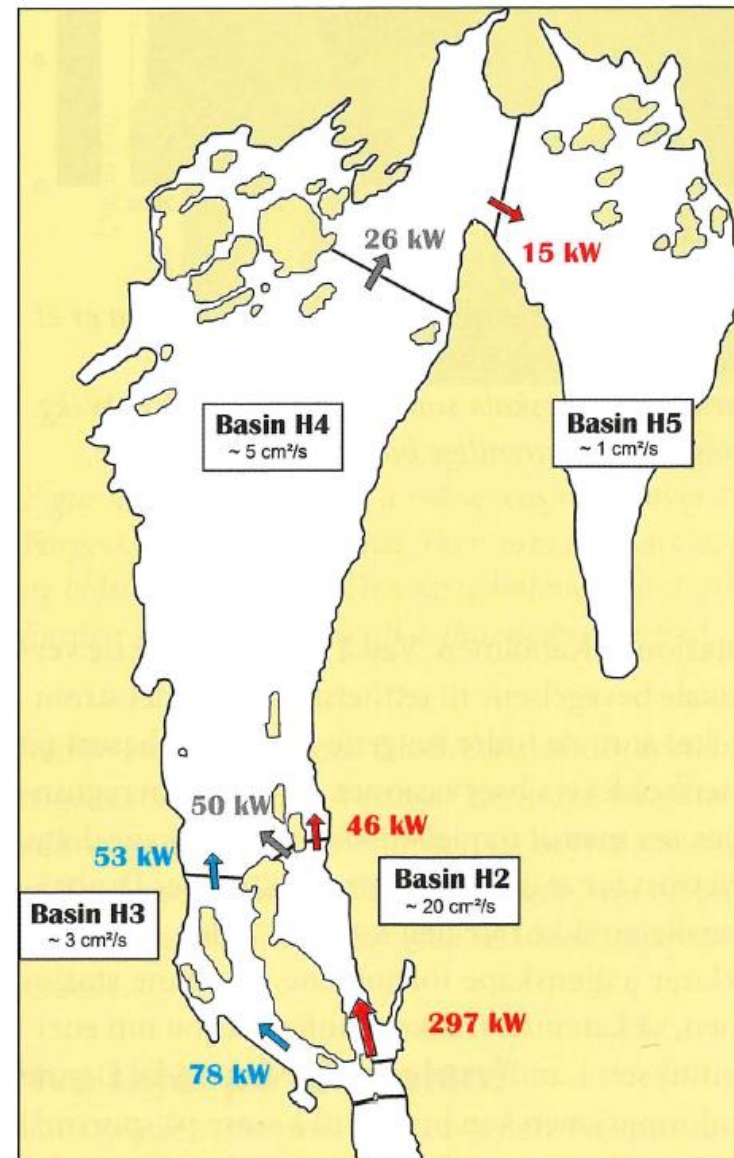
Figur 6. Energitransport og vertikal blanding i Oslofjorden framstilt skjematisk. Energitransporten er vist med fargede piler med tallverdien ved siden av. Blandingskoeffisientene i hvert basseng er vist i boksene.



# Sammenheng mellom blandingsforhold og oksygen

I tabellen vises de dårligste oksygenforholdene i 2020 på 100 m dyp. De er fra februar, men bildet gjentok seg i desember.

| Stasjon | Basseng                         | Oksygen (ml/L) |
|---------|---------------------------------|----------------|
| Im2     | Drøbaksundet                    | 4.0            |
| Hm4     | Rett innenfor terskelen         | 4.2            |
| GI2     | Håøyabassenget (Basin H2)       | 2.8            |
| Gk1     | Gråøyrenna (Basin H3)           | 2.3            |
| FI1     | Søndre Langåra (sør i Basin H4) | 2.4            |
| Dk1     | Steilene (midt i Basin H4)      | 2.1            |



Figur 6. Energitransport og vertikal blanding i Oslofjorden framstilt skjematisk. Energitransporten er vist med fargede piler med tallverdien ved siden av. Blandingskoeffisientene i hvert basseng er vist i boksene.

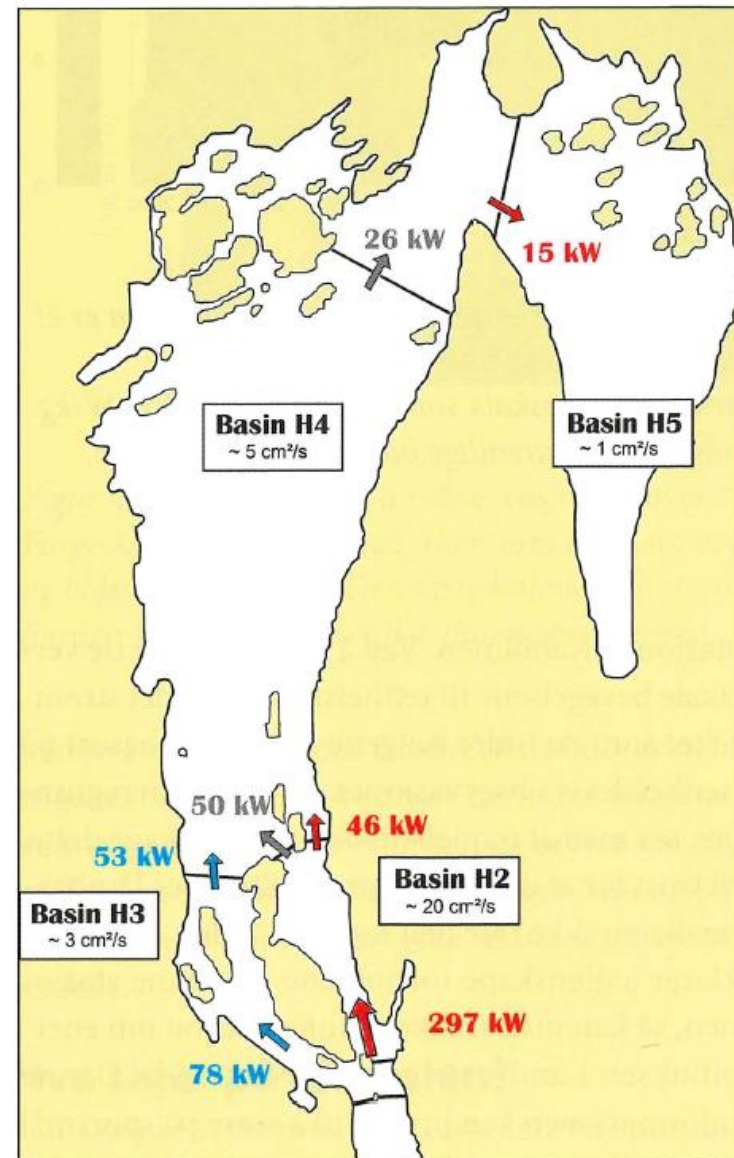
# Vurdering av virkning på oksygenforholdene om sjetéen utdypes

Blandingsforholdene i Vestfjorden vil ikke bli bedre, faktisk muligens noe verre.

Antageligvis blir den vertikale blandingen i Gråøyrenna noe bedre, men oksygenforholdene blir trolig ikke signifikant bedre. Det kreves en betydelig høyere blandingskoeffisient for å bedre oksygenforholdene.

Blandingsforholdene i Håøyabassenget vil trolig bli signifikant lavere, som igjen kan forverre oksygenforholdene.

Oksygenforholdene i Håøyabassenget ligger i dag rundt den kritiske grensen for rekebestandene, hvor en nedgang kan gi betydelig forverring.

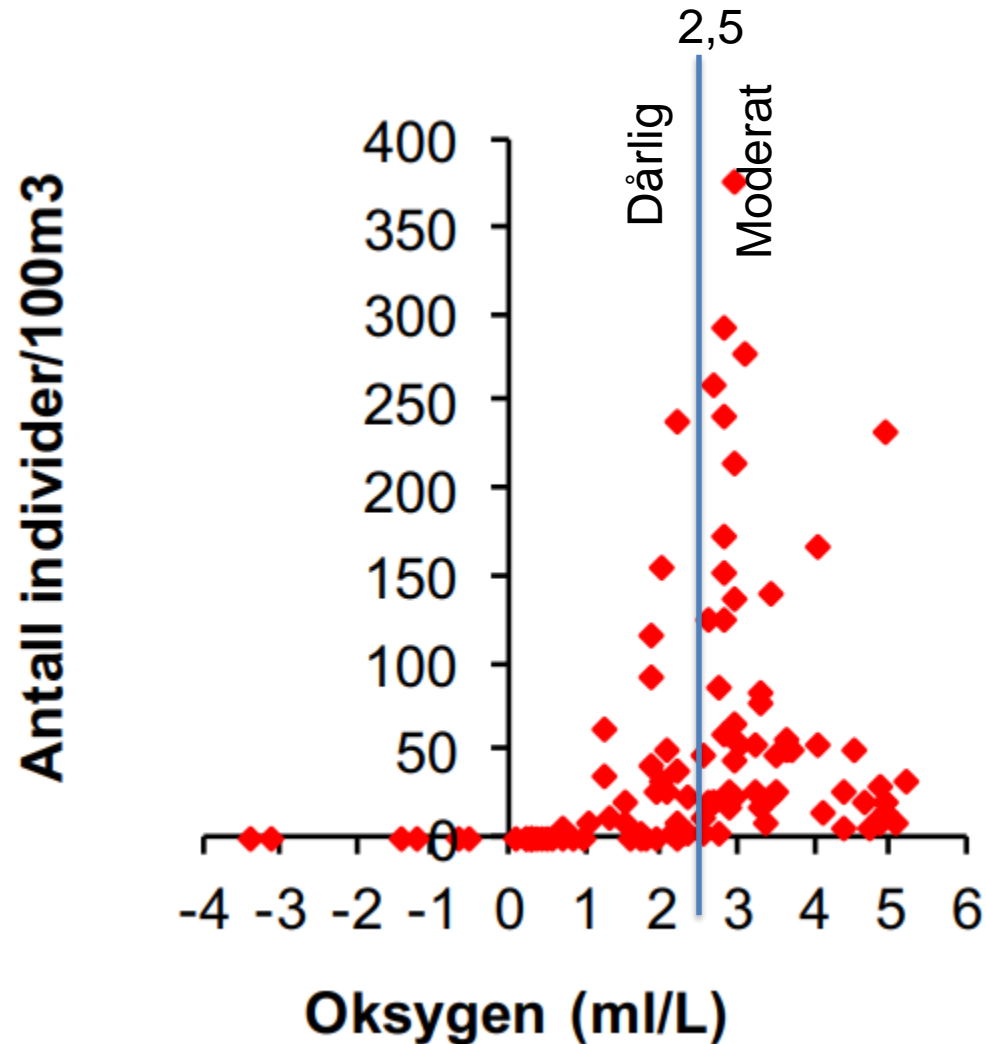


Figur 6. Energitransport og vertikal blanding i Oslofjorden framstilt skjematisk. Energitransporten er vist med fargede piler med tallverdien ved siden av. Blandingskoeffisientene i hvert basseng er vist i boksene.

# Oppsummering

En utdypning av Drøbaksjetéen vil ha en negativ effekt på den økologiske tilstanden i Indre Oslofjord. Dette henger sammen med:

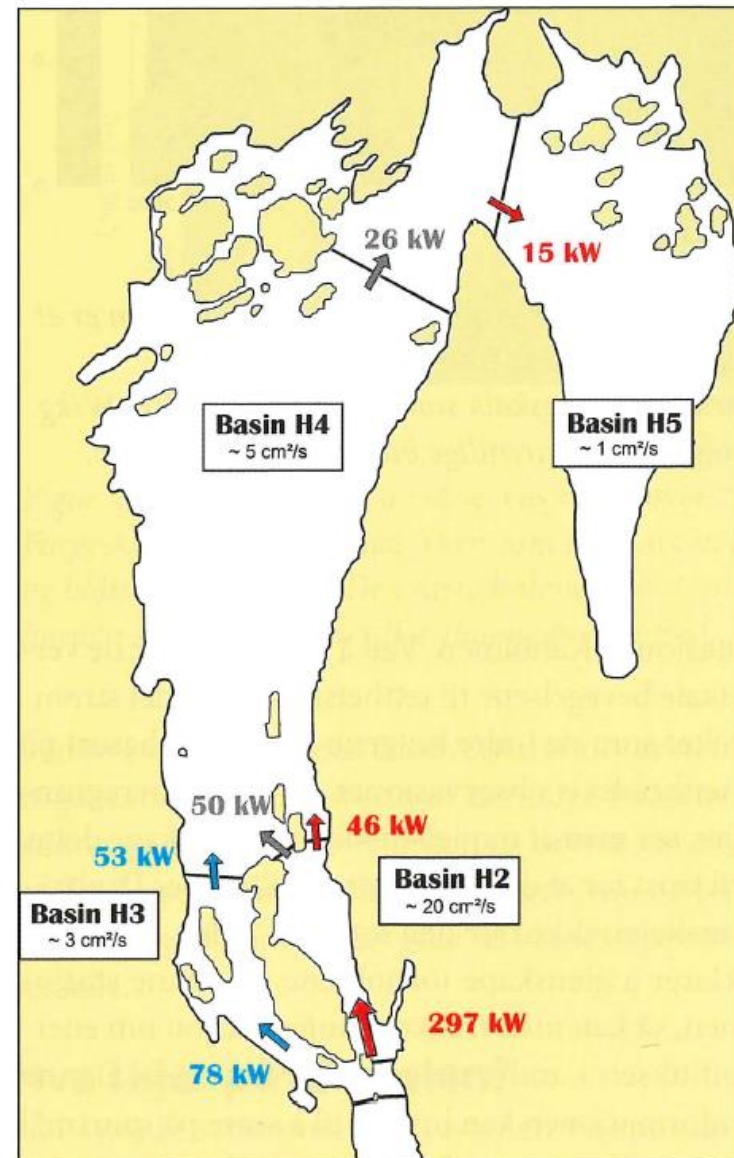
1. **Oksygenforholdene ligger i store deler av fjorden rundt en kritisk grense for rekebestandene.**



# Oppsummering

En utdypning av Drøbaksjetéen vil ha en negativ effekt på den økologiske tilstanden i Indre Oslofjord. Dette henger sammen med:

1. Oksygenforholdene ligger i store deler av fjorden rundt en kritisk grense for rekebestandene.
2. **Blandingsforholdene på østsiden av Håøya vil bli signifikant dårligere. En kan forvente en negativ effekt på reketettheten som følge av dette.**



Figur 6. Energitransport og vertikal blanding i Oslofjorden framstilt skjematisk. Energitransporten er vist med fargede piler med tallverdien ved siden av. Blandingskoeffisientene i hvert basseng er vist i boksene.