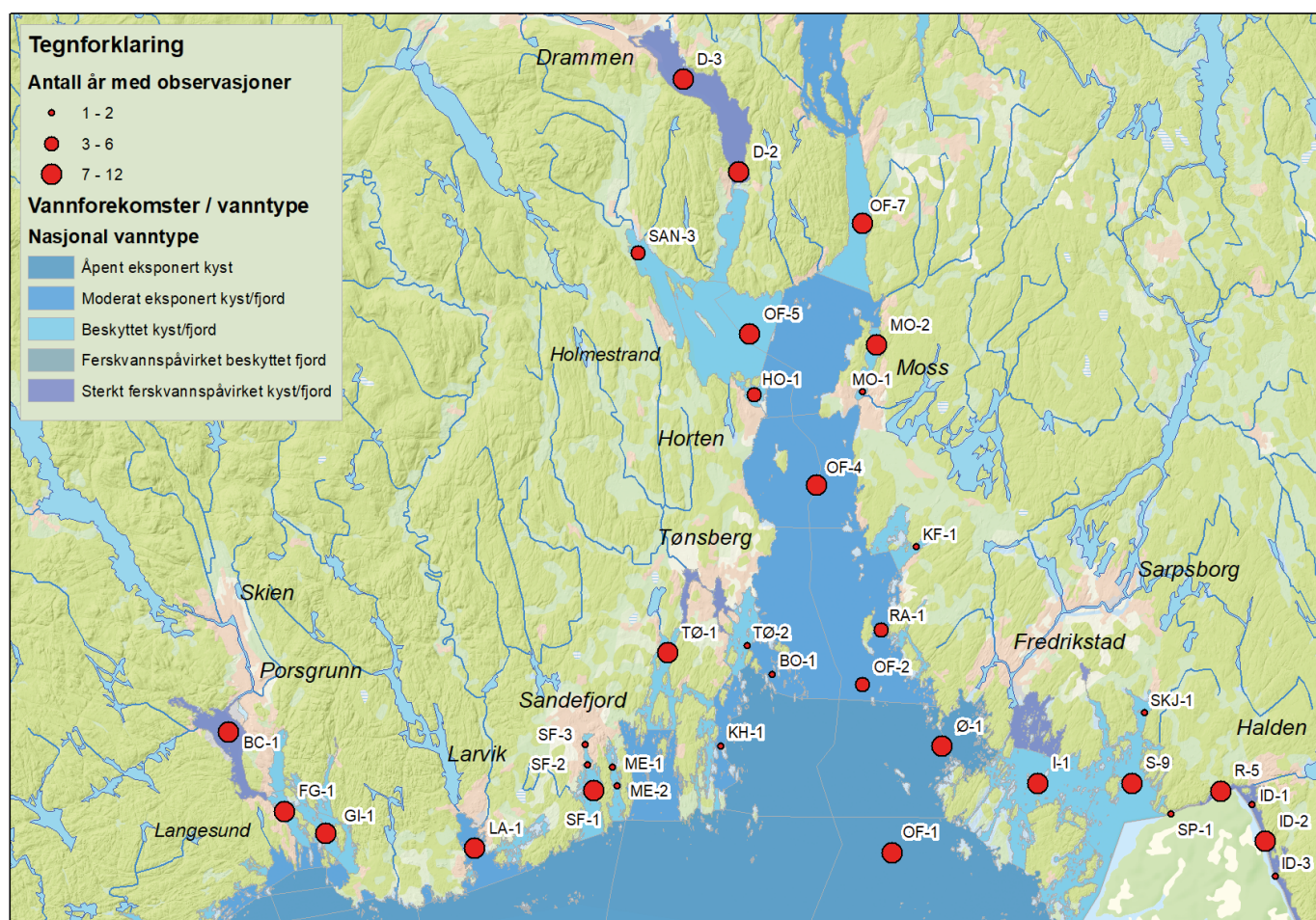




# Overvåking av Ytre Oslofjord i 2014-2018

## 5-årsrapport



Bilde: Stasjoner som har inngått i Fagrådets overvåking av vannmassene i perioden 2007-2018

**Hovedkontor**Gautstadalleen 21  
0349 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 33Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

Tittel Overvåking av Ytre Oslofjord i 2014-2018. 5-årsrapport	Løpnummer 7423-2019	Dato 29.10.2019
Forfatter(e) Walday, Mats Borgersen, Gunhild Beylich, Bjørnar Eikrem, Wenche Gitmark, Janne Naustvoll, Lars Johan (HI) Selvik, John Rune Staalstrøm, André	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 99 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fagråd for Ytre Oslofjord	Oppdragsreferanse Bjørn Svendsen
Utgitt av NIVA Prosjektnummer 180250	

<p>Sammendrag</p> <p>Siden 2001 har tilstanden i Ytre Oslofjord blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord. Undersøkelsene gir informasjon om forurensende tilførsler til fjordområdet og om miljøtilstanden på bunnen og i vannmassene. Hovedvekten er på beskrivelse av tilførsler og effekter av næringssalter. Overvåkingen har i perioden 2007-2018 vært utført som et samarbeid mellom NIVA og Havforskningsinstituttet. Denne rapporten oppsummerer og drøfter resultater fra overvåkingen i perioden 2014-2018, også i forhold til andre relevante undersøkelser og tidligere overvåking i de samme havområder. Sist i rapporten er det et det også et kapittel med spesialtema om vannsirkulasjonen i Drammensfjorden.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ytre Oslofjord</li> <li>2. Marint</li> <li>3. Eutrofi</li> <li>4. Overvåking</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Outer Oslofjord</li> <li>2. Marine</li> <li>3. Eutrophication</li> <li>4. Environmental monitoring</li> </ol>
---	--

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

*Mats Walday*  
Prosjektleder

*Hilde C. Trannum*  
Kvalitetssikrer

978-82-577-7158-4

NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

Overvåking av Ytre Oslofjord i 2014-2018  
5-årsrapport

# Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Havforskningsinstituttet (HI) gjennomfører på oppdrag fra Fagrådet for Ytre Oslofjord overvåking av det marine miljøet i Ytre Oslofjord. Foreliggende rapport presenterer og diskuterer resultater fra overvåkingsperioden 2014-2018. Resultatene blir også vurdert opp mot andre relevante undersøkelser og tidligere overvåking i de samme havområder.

En rekke medarbeidere fra både NIVA og HI har vært involvert i arbeidet i denne overvåkingsperioden:

Beregninger av tilførsler: John Rune Selvik.

Planteplankton: Lars J Naustvoll (HI), Wenche Eikrem, Jan Henrik Simonsen (HI) og Hege Mathisen Lyngvær (HI)

Vannmasser: Lars J Naustvoll (HI)

Bløtbunnsfauna: Gunhild Borgersen, Marijana Brkljacic, Bjørnar Beylich, Karl Norling, Siri Moy, Anne Luise Ribeiro, Jarle Håvardstun, Rita Næss, Jesper Hansen (Akvaplan-niva), Hanne Edvardsen, Marthe Torunn Solhaug Jenssen, Tage Bratrud, John Kjekken og Marius Nordberg.

Hardbunnsundersøkelser: Janne Gitmark, Maia Røst Kile, Camilla With Fagerli, Mats Walday

Overføring av data til Vannmiljø: Jens Vedal

André Staalstrøm har skrevet kapittelet om de fysiske forholdene i Drammensfjorden.

Forskningsfartøyene «GM Dannevig» med kaptein Gunnleiv Midttveit (HI) og «Trygve Braarud» med kaptein Sindre Holm (UiO) har vært brukt til store deler av feltarbeidet.

Mats Walday fra NIVA har vært prosjektleder. Bjørn Svendsen har vært kontaktperson for oppdragsgiver.

Oslo, 16. oktober 2019

*Mats Walday*

---



# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Introduksjon.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Overvåkingsområdet .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Tilførsler til Ytre Oslofjord.....</b>	<b>15</b>
3.1	Nedbør / Vannføring.....	15
3.2	Beregnete kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor .....	16
3.3	Målte tilførsler av nitrogen og fosfor .....	20
3.4	Forurensningsbegrensende tiltak .....	21
<b>4</b>	<b>Vannmassenes tilstand .....</b>	<b>24</b>
4.1	De vestlige delene av Ytre Oslofjord.....	25
4.2	Åpen fjord, Vestfold .....	29
4.3	Indre del av Ytre Oslofjord .....	31
4.4	Åpen fjord, Østfold .....	34
4.5	Hvalerområdet.....	36
4.6	Ferrybox .....	40
4.6.1	Saltholdighet og temperatur .....	41
4.6.2	Klorofyll a fluorescens .....	41
4.7	Planteplankton.....	43
4.7.1	Bruk av planteplankton som indikator .....	43
4.7.2	Skadelige planktonalger i Ytre Oslofjord .....	44
<b>5</b>	<b>Tilstanden på bunnen .....</b>	<b>47</b>
5.1	Bløtbunn .....	47
5.1.1	Tilstanden for bløtbunn i Ytre Oslofjord.....	48
5.1.2	Utvikling over tid hos bunnfauna .....	55
5.1.3	Egenskaper hos bløtbunnsamfunn.....	59
5.2	Hardbunn .....	65
5.2.1	Undersøkelser i fjæra .....	67
5.2.2	Fremmede arter .....	72
5.2.3	Nedre voksegrense for alger .....	77
<b>6</b>	<b>Samlet tilstandsvurdering .....</b>	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>Utviklingen i Drammensfjorden .....</b>	<b>84</b>
7.1	Estuarin sirkulasjon.....	84
7.2	Sirkulasjon i dypvannet.....	86
7.3	SPI- og faunaundersøkelser i Drammensfjorden.....	89
7.4	Hvorfor er det så lite vertikal blanding i fjorden innenfor Svelvik? .....	91

<b>8</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>96</b>

## Sammendrag

Siden 2001 har tilstanden i Ytre Oslofjord blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord. Undersøkelsene gir informasjon om forurensende tilførsler til fjordområdet og om miljøtilstanden på bunnen og i vannmassene. Hovedvekten er på beskrivelse av tilførsler og effekter av næringsalter.

Overvåkingen har i perioden 2007-2018 vært utført som et samarbeid mellom NIVA og Havforskningsinstituttet. Denne rapporten oppsummerer og drøfter resultater fra overvåkingen i perioden 2014-2018, også i forhold til andre relevante undersøkelser og tidligere overvåking i de samme havområder.

Ytre Oslofjord har et stort nedbørfelt som dekker store deler av Østlandet, og langtidsobservasjoner av klima viser både økt temperatur og økt nedbør de siste 20 år. Teoretiske beregninger av tilførsler av næringsalter fra de viktigste kildene viser en økning i tilførsler fra befolkningen og en nedgang i tilførslene fra industri. Alle kilder sett under ett, antyder en svak nedgang for femårs-perioden fra 2013 til 2017 for vassdragsområdene Glomma og Drammenselva. Målte tilførsler ved månedlig prøvetaking i vassdragene forventes å gi det beste estimatet på reelle tilførsler der også effekter av varierende avrenning fanges opp. Målinger har pågått siden 1990 og gir grunnlag for statistisk vurdering av langtidstrender. Disse indikerer økte tilførsler, i hovedsak drevet av økt nedbør og avrenning. Dette har også gitt økt transport av partikulært materiale til sjøområdene og en generell tendens til at ferskvannet blir brunere pga. økt innhold av humusstoffer. 2018 hadde en uvanlig varm og tørr sommerperiode fra mai til juli. Dette medførte rekordlav vannføring i nesten samtlige elver på Sør- og Østlandet i denne perioden.

Den generelle befolkningsøkningen på Østlandet setter større krav til renseanleggenes kapasitet, og oppgradering av både anlegg og ledningsnett er viktig for å håndtere kombinasjonen av økende befolkning og økt nedbør. Innen jordbruket er det oppnådd gode resultater av en rekke tiltak som skal hindre avrenning av næringsalter og jordtap. De forurensningsbegrensende tiltakene innen jordbruket utfordres imidlertid av krav om økt effektivitet i driften og klimatiske forhold som kan lede til økt erosjon i jordbrukslandskapet.

Overvåkingslokaliteten i Frierfjorden har over flere år vist forhøyede nitrogenkonsentrasjoner (nitrat og totalt nitrogen), som resulterer i en redusert miljøtilstand i overflatelaget, samtidig som de topografiske forholdene fører til stagnerende bunnvann med stort sett lave oksygenkonsentrasjoner. Samlet klassifisering av vannmassene for perioden 2014-2018 gir derfor *svært dårlig* tilstand grunnet lave oksygen-konsentrasjoner i bunnvannet. For Vestfjorden ved Tønsberg er samlet tilstand i den samme perioden *moderat* på grunn av forhøyede konsentrasjoner av nitrat og total fosfor samt redusert oksygenkonsentrasjon i bunnvannet. Tilstanden for disse to lokalitetene er ikke tilfredsstillende i henhold til vannforskriften. Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden kommer i tilstandsklasse *god* i en samlet vurdering.

Stasjonene Bolærne og Kongsholmen har kun inngått i programmet i årene 2017-2018. Begge ligger relativt åpent til ut mot sentrale deler av Ytre Oslofjord med god kontakt med utenforliggende vannmasser. Ingen av stasjonene ligger i nærheten av større vassdrag, og det er forventet at begge stasjonene skal ha relativt god miljøtilstand. Overvåkingen bekrefter dette, og vannmassene viser *svært god* miljøtilstand basert på planteplankton (klorofyll-a) og støtteparametrene, som kommer i tilstandsklasse *god* i en samlet vurdering.

Tilstanden er *god* for planteplankton i Drammensfjorden og Kippenes, mens den for støtteparameterne er henholdsvis *svært dårlig* og *moderat*. Samlet vurdering av de biologiske og kjemiske forholdene gir *moderat* miljøtilstand, noe som krever tiltak i henhold til vannforskriften. For Drammensfjorden er det viktig å avklare hvorvidt denne fjorden skal anses som en naturlig oksygenfattig fjord på grunn av sin utforming, og dermed ha andre miljømål.

Begge de åpne stasjonene i Østfold, Rauerfjorden og Krokstadfjorden, er i tilstandsklassen *god* basert på de undersøkte parameterne i vannmassene. I klassifiseringen er det først og fremst forhøyede konsentrasjoner av fosfat og total fosfor som fører til noe redusert tilstand.

Det biologiske kvalitetselementet planteplankton viser en tydelig gradient fra de ytre områdene til de indre delene av Hvaler. Tilstanden er *svært god* til *god* i de ytre delene, mens det i de indre områdene og mer beskyttede ytre delene (f.eks. Haslau) er *moderat* tilstand. Tilstandsvurdering basert på støtteparameterne viser også en gradient fra de ytre til de indre delene av Hvaler. Det er først og fremst forhøyede nitrogenkonsentrasjoner som gir redusert tilstand i Hvalerområdet, men for enkelte stasjoner er også lave oksygenkonsentrasjoner utslagsgivende for tilstanden.

Tilstanden for bløtbunn i Ytre Oslofjord har i perioden 2007-2018 blitt undersøkt en rekke ganger, både med SPI-kamera som tar et vertikalt profilbilde av sedimentet og med grabb som tar prøver av bunnfaunaen. Tilstanden er i hovedsak *god* i de åpne kystområdene, men *dårlig* til *svært dårlig* i de mer innelukkede fjordsystemene som Drammensfjorden, indre deler av Hvaler (Ringdalsfjorden og Iddefjorden), Tønsbergfjorden og Frierfjorden. Dette kan forklares med dårlige oksygenforhold i bunnvannet, som skyldes topografien i kombinasjon med lokale tilførsler og utslipp av organisk materiale og næringssalter. Også områdene ved Glommas utløp og Horten havn har *dårlig* til *svært dårlig* tilstand. Områdene ved Glomma er trolig påvirket av høye tilførsler av partikulært materiale til sjø fra Glomma, i kombinasjon med avløpsanlegg og industri. Ved Horten havn er sjøbunnen trolig påvirket av utslipp fra industri/havneanlegg ved Horten havn.

Flere stasjoner i Ytre Oslofjord har lange tidsserier for bunnfauna, enkelte helt tilbake til 1990. Tre stasjoner med lange tidsserier ligger i de sentrale delene av Ytre Oslofjord ved Bastøy, Breiangen og Hvitsten. Disse stasjonene har alle hatt *god* tilstand gjennom hele tidsperioden, og har vist en økning i antall arter og individer. Tre stasjoner ligger i den sørlige delen av Ytre Oslofjord, mot den åpne delen av Skagerrak. Den grunneste stasjonen ved Færder (50 m dyp) har hatt *god* til *svært god* tilstand gjennom hele tidsperioden, mens de to dypere stasjonene på 360 og 450 m dyp har hatt *moderat* til *god* tilstand. To av stasjonene har hatt en nedgang i antall arter og individer over tid, mens den siste stasjonen ikke viser noen tydelig trend.

Det er blitt undersøkt totalt 37 stasjoner på hardbunn i programmet siden 2007. To metoder er benyttet; rammeundersøkelser på grunt vann og dykkeundersøkelser ned til maksimalt 30 m dyp. I perioden er det foretatt rammeundersøkelser på totalt 25 stasjoner. Resultatene viser at strukturen i de undersøkte fjæresamfunnene har endret seg over tid. Det har funnet sted en økning i antall arter, samtidig som skjevheten i samfunnene er redusert (forekomst av dominans av enkeltarter har gått ned). Disse to faktorene har resultert i en høyere diversitet ved stasjonene over tid. Forekomsten av hurtigvoksende alger (som øker i mengde ved høye konsentrasjoner av næringssalter) i fjæra på de undersøkte stasjonene sammenfaller i stor grad med de store elveutløpene, og det er sannsynlig at påvirkning fra disse elvene fører til økt forekomst av hurtigvoksende alger. Men resultatene er ikke entydige, og det er sannsynligvis flere årsaker til høye forekomster av hurtigvoksende alger på stasjonene.

I perioden 2007-2018 er det registrert ni fremmede arter (tre dyr, en grønnalge, en brunalge og fire rødalger) under hardbunnsundersøkelsene. Stillehavsosters ble først registrert i 2014, da på seks stasjoner. Den er nå registrert på totalt 16 av de 37 undersøkte stasjonene.

Det er i alt dykket på 21 stasjoner i overvåkingsprogrammet siden 2001. Tilstandsklasser og nEQR-verdier fra det siste år for hver av stasjonene som er undersøkt viser *svært god* tilstand på to stasjoner, *god* tilstand på ni stasjoner og *moderat* tilstand på ni stasjoner. Det er ingen tydelige trender i nedre voksegrense for makroalgene over tid, og det er sannsynligvis flere faktorer enn eutrofi som påvirker nedre voksegrense til makroalgene, blant annet sedimentering og mangel på substrat.

## Summary

Title: Monitoring of the outer Oslofjord 2014-2018

Year: 2019

Author(s): Walday, Mats; Borgersen, Gunhild; Beylich, Bjørnar; Eikrem, Wenche; Gitmark, Janne; Naustvoll, Lars Johan (HI); Selvik, John Rune;

Source: Norwegian Institute for Water Research, 978-82-577-7158-4

Since 2001, the environmental condition of the Outer Oslofjord has been monitored. The surveys provide information on discharges to the fjord area and on the environmental condition at the bottom and in the water bodies. The main emphasis is on the description of nutrients and their effects.

During the period 2007-2018, the monitoring was carried out as a collaboration between NIVA and the Institute of Marine Research. This report summarizes and discusses results from the monitoring during the period 2014-2018, but also in relation to other relevant surveys and previous monitoring in the same sea areas.

Outer Oslofjord has a large catchment area that covers large parts of eastern Norway. Long-term climate observations show both increased temperature and increased rainfall over the last 20 years. Theoretical calculations of nutrients input from the main sources show an increase in population inputs and a decrease in inputs from industry. All sources taken together indicate a slight decline for the 5-year period from 2013 to 2017 for the Glomma and Drammenselva river basins. Measured inputs at monthly sampling in the rivers are expected to give the best estimate of real inputs, where effects of varying runoff are also captured. Measurements have been ongoing since 1990 and provide a basis for statistical assessment of long-term trends. These indicate increased inflows, mainly driven by increased rainfall and runoff. This also includes increased transport of particulate matter to the sea areas and the general tendency for fresh water to turn brown due to increased humus content. 2018 was a special year with an unusually warm and dry summer season from May to July. This resulted in record low water flow in almost all rivers in south and east Norway in the period.

The general increase in population in Southeast Norway places greater demands on the capacity of the treatment plants, and upgrading of both plants and pipeline networks becomes important in dealing with the situation with increasing population and increased rainfall. In agriculture, good results have been achieved by a number of measures to prevent run-off of nutrients and soil loss. The pollution mitigation measures in agriculture are being pushed by demands for increased efficiency in operations and changing climatic conditions that can lead to increased erosion in the agricultural landscape.

The monitoring site in Frierfjorden has for several years shown elevated nitrogen concentrations, which result in a reduced environmental state in the surface layer, and the topographic conditions lead to stagnant bottom water with low oxygen concentrations. Overall assessment for the period 2014-2018 gives *very poor* condition due to low oxygen concentrations in the bottom water. For the Vestfjord at Tønsberg, overall conditions in the same period are *moderate* due to elevated concentrations of nitrate and total phosphorus as well as reduced oxygen concentrations in the bottom water. The condition of these two sites is not satisfactory in accordance to the water framework directive. Larviksfjorden and Sandefjordsfjorden obtain *good* condition in an overall assessment.



The stations Bolærne and Kongsholmen have only been included in the program in the years 2017-2018. Both are relatively exposed the water bodies of the central parts of Outer Oslofjord and expected to have relatively good environmental conditions. The monitoring confirms this with a *very good* environmental state based on phytoplankton (chlorophyll-a), and the supporting parameters, that obtain class *good* in an overall assessment.

The condition is *good* for phytoplankton in the Drammensfjord and Kippenes, while for the support parameters it is *very poor* and *moderate*, respectively. Overall assessment of the biological and chemical conditions gives a moderate environmental state, which requires measures in accordance with the water regulations. For the Drammensfjord, it is important to clarify whether this fjord should be considered a natural oxygen-poor fjord because of its topography, and thus have other environmental goals.

Both the open stations Rauerfjorden and Krokstadfjorden are in class *good* based on the monitored parameters in the water masses. It is primarily elevated concentrations of phosphate and total phosphorus that lead to somewhat reduced state.

The biological quality element of phytoplankton shows a clear gradient from the outer regions to the inner parts of the Hvaler area. The condition is *very good* to *good* in the outer parts, while in the inner areas and more protected outer parts (ex Haslau), there is a moderate condition. Condition assessment based on the supporting elements also shows a gradient from the outer to the inner parts of the Hvaler area. It is primarily elevated nitrogen concentrations that cause a reduced state in the Hvaler area, but for some stations, low oxygen concentrations are also decisive for the condition

The condition for soft bottom in Outer Oslofjord has been investigated a number of times during the period 2007-2018, both with an SPI camera that takes a vertical profile picture of the sediment and with a grab taking samples of the bottom fauna. The condition is mainly *good* in the open coastal areas, but *poor* to *very poor* in the more enclosed fjord systems such as the Drammensfjord, inner parts of Hvaler (Ringdalsfjorden and Iddefjorden), Tønsbergfjorden and Frierfjorden. This can be explained by poor oxygen conditions in the bottom water caused by the topography in combination with local inputs and discharges of organic matter and nutrients. The areas at Glomma's outlet and Horten harbor are also in *poor* to *very poor* condition. The areas at Glomma are probably influenced by high supplies of particulate matter to the sea from river Glomma, in combination with sewage plants and industry. At the port of Horten, the seabed is probably affected by emissions from industrial / port facilities.

Several stations in Outer Oslofjord have long time series for bottom fauna, some dating back to 1990. Three stations with long time series are located in the central parts of Outer Oslofjord at Bastøy, Breiangen and Hvitsten. These stations have all been in *good* condition throughout the time period, and with an increase in the number of species and individuals. Three stations are located in the southern part of Outer Oslofjord, facing the Skagerrak. The shallowest station at Færder (50 m) has been in *good* to *very good* condition throughout the period, while the two deeper stations at 360 and 450 m depth have had moderate to good condition. Two of the stations have shown a decline in the number of species and individuals over time.

A total of 37 hard-bottom stations have been surveyed in the program since 2007. Two methods have been used: littoral frame studies and dive studies down to a maximum of 30 m depth. During the period frame surveys were carried out on a total of 25 stations. The structure of the communities studied has changed over time. There has been an increase in the number of species, and dominance

(of single taxa) has decreased. These two factors have resulted in higher diversity at the stations. Occurrence of fast-growing algae (which increase in quantity at high concentrations of nutrients) in the shoreline is largest on stations close to large river outflows. But the results are not clear, and there are probably multiple causes of the high abundance of fast-growing algae at stations.

In the period 2007-2018, nine alien species (three animals, one green algae, one brown algae and four red algae) were registered during the hard bottom surveys. Pacific oysters were first registered in 2014, at six stations. It is now registered on a total of 16 of the 37 stations surveyed.

A total of 21 stations have been investigated by diving since 2001. The condition has been *very good* at two stations, *good* at nine stations and *moderate* at nine stations. There are no clear time-trends in the lower growth limit for macroalgae, and there are likely to be more factors than eutrophication that affect the lower growth limit, like sedimentation and lack of suitable substrate.

# 1 Introduksjon

Vannmiljøet i Ytre Oslofjord blir jevnlig overvåket i et område som er avgrenset av Drøbaksundet i nord og en linje mellom Koster og nordlige deler av Jomfruland i sør. Drøbaksundet er fjordområdet mellom Drøbak og Hurum, der Oslofjorden er på sitt smaleste. Ytre Oslofjord drenerer store deler av Østlandet, og vannet fra de fire store elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva renner ut i fjorden. Disse forholdene har stor betydning for miljøet i Ytre Oslofjord.

Målet med overvåkingen er å skaffe et godt kunnskapsgrunnlag for tiltak og politiske beslutninger, men også å sikre befolkningens rett til informasjon om miljøets tilstand. Det er viktig å kunne fange opp uheldige endringstendenser på et tidlig tidspunkt, før det er for sent å snu en negativ utvikling. Venter man for lenge med å sette inn tiltak, kan det lede til uopprettelige skader på fjordens økosystem. For å ha et tilstrekkelig godt grunnlag til å kunne påvise tendenser, må man ha gode tidsserier med data, og det er her overvåkingen kommer inn. Gode tidsserier får man ved å undersøke systematisk og jevnlig over tid med gode vitenskapelige metoder.

Siden 2001 har tilstanden i Ytre Oslofjord blitt overvåket i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord. Undersøkelsene gir informasjon om forurensende tilførsler til fjordområdet og om miljøtilstanden på bunnen og i vannmassene. Hovedvekten er på beskrivelse av tilførsler og effekter av næringsalter. Overvåking av miljøtilstanden gir myndighetene kunnskap til å sette i gang tiltak for å restaurere økosystemene, eller forebygge forringelse av miljøverdier.

I overvåkningsprogrammet er det tatt hensyn til nasjonale og internasjonale miljøkrav som for eksempel EUs vanndirektiv. Siden Norge har iverksatt EUs vanndirektiv i form av vannforskriften, har vi også forpliktet oss til å gjøre nødvendige tiltak for at våre vannforekomster skal ha minimum *god* økologisk tilstand.

Overvåkingen har i perioden 2007-2018 vært utført som et samarbeid mellom NIVA og Havforskningsinstituttet.

## 2 Overvåkingsområdet

Ytre Oslofjord består av åpne havområder ut mot Skagerrak, flere sidefjorder, store og små bukter og et stort brakkvannsområde ved Hvaler. Til sammen dekker området et sjøareal på ca. 2000 km<sup>2</sup>. Bunnens topografi deler opp området i en rekke mindre og større bassenger og fjordområder. Utenfor Ytre Hvaler finner en det største dypet på 462 meter. Via Norskerenna er Ytre Oslofjords dypområder knyttet til dypområdene nord i Atlanterhavet. Ytre Oslofjord er et svært dynamisk og åpent fjordsystem. De topografiske forhold medfører en stor grad av vanntransport mellom Ytre Oslofjord og Skagerrak og Nordsjøen, med tilførsler av vannmasser fra Skagerrak og Nordsjøen i intermediære vannlag. Overflatelagene i Ytre Oslofjord vil i stor grad påvirkes av tilførsel av ferskvann fra de store vassdragene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva.

Energien for å drive strømmen i Ytre Oslofjords overflatelag kommer fra lokal vindpåvirkning, tidevann, strømforholdene i Skagerrak og lokale ferskvannskilder (Skjoldal et al. 1996). En

nordgående overflatestrøm går langs den svenske vestkyst og inn i norske områder. Modellering har vist at det under normalt skiftende vindforhold ofte forekommer en stor strømvirvel i nordøstlige Skagerrak som vanligvis roterer med urviseren. Styrken og plasseringen av den Baltiske strøm er imidlertid en meget viktig faktor for om vanntransporten foregår med eller mot urviseren i svensk-norsk grensefarvann (Berge et al. 1991). Overflatevannet går normalt i nordvestlig retning, men kan også gå sydover (Berge et al. 1991) og føre Glommavann nedover svenskekysten. Strømforholdene i de mellomliggende og dypere deler av planområdet er lite kjent. Undervannstopografien modifierer havstrømmene.

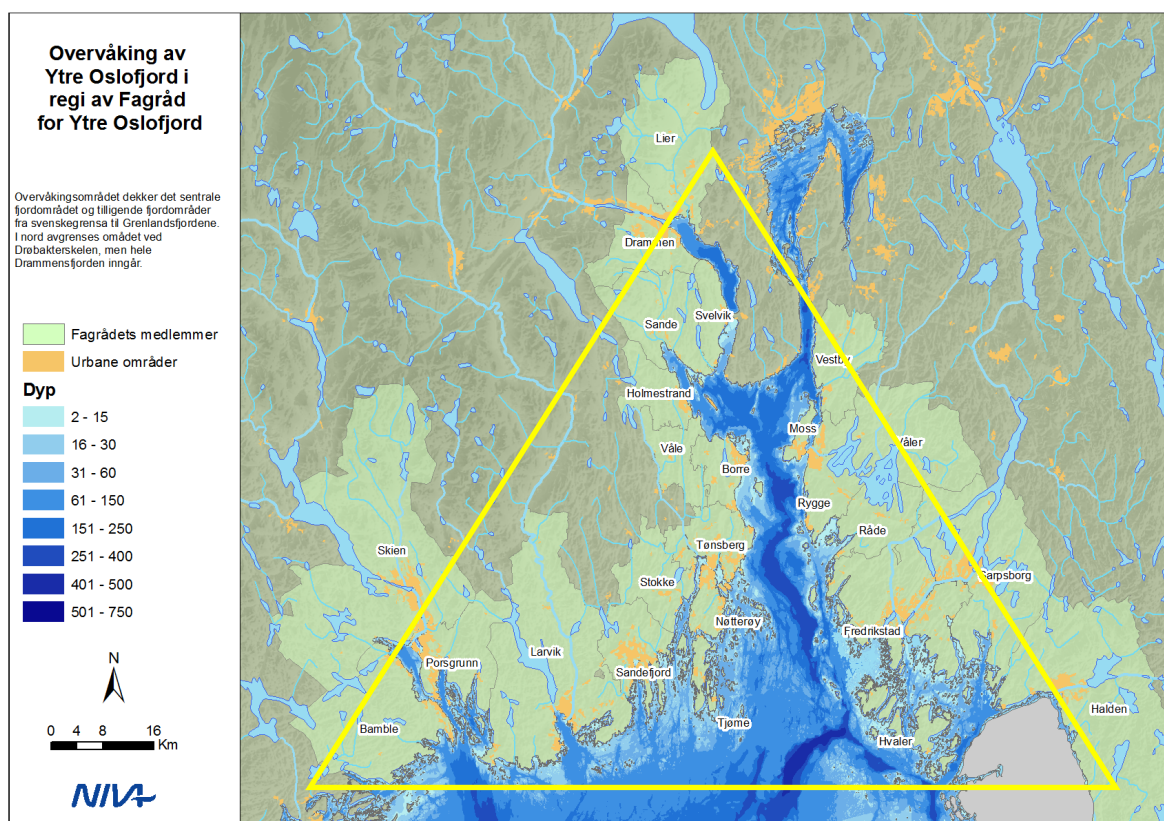
Dypvannsfornyelser i de dypere områdene styres av topografien og den hydrografiske variasjonen i Skagerrak. Terskeldypene til de ulike bassenger er bestemmende for hvilke vann typer som kan opptre fordi vannmassene under terskeldyp i et basseng i hovedsak får tilført vann fra terskeldyp i utenforliggende vannmasser.

Ytre Oslofjord er et sjøområde som er betydelig påvirket fra land, både gjennom tilførsler av ferskvann og forurensende stoffer som følger vannveiene eller tilføres fjorden gjennom direkte tilførsler fra punktkildene langs fjorden. Nedbørfeltet dekker en stor del av det sørøstlige Norge. Flere av landets største elver munner ut i fjordområdet og drenerer både høyfjellsområder, store skogarealer og de produktive jordbruksarealene under «marin grense». Områdene rundt Oslofjorden omfatter også landets største befolkningskonsentrasjoner og viktige industrianlegg.

I overvåkingsprogrammet er Ytre Oslofjord avgrenset av Drøbaksundet i nord og en linje mellom Koster og nordlige deler av Jomfruland i sør, og vil dekke den egentlige Oslofjorden og Grenlandsfjorden (Figur 1). Dette er et område med et sjøareal på ca. 2000 km<sup>2</sup>. Fjordsystemets topografi gjør at området er oppdelt i en rekke mindre og større bassenger og fjordområder. En overvåking i alle disse områdene er ikke praktisk eller økonomisk mulig.

Stasjonsnettets har tatt utgangspunkt i tidligere benyttede stasjoner, influensområder for større vassdrag, andre overvåkingsprogrammer i området og tilgjengelig kunnskap. Stasjonsnettets har dekket sentrale deler av hovedfjorden og områdene i randsonen av fjorden. Overvåking av stasjoner i de sentrale delene av fjorden vil fremskaffe nødvendig informasjon om tilførsel av næringssalter fra utenforliggende områder, samt til en viss grad ferskvannstilførsel. Stasjonene i randområdene er viktige for å se på lokale forhold og tilførsler fra de ulike vassdragene. Siden 2016 har overvåkingen av de sentrale stasjonene inngått i det nasjonale overvåkingsprogrammet ØKOKYST Skagerrak.

Overvåkingen omfatter tilførsler, vannmasser og bunnområder. I de enkelte fagkapitlene er det gitt korte beskrivelser av de metoder som er brukt i perioden 2007-2018 (sammenfattet i Tabell 1). Grundige metodebeskrivelser er gitt i de årlige to fagrapportene for henholdsvis tilførsler og vannmasser, samt bunnområder.



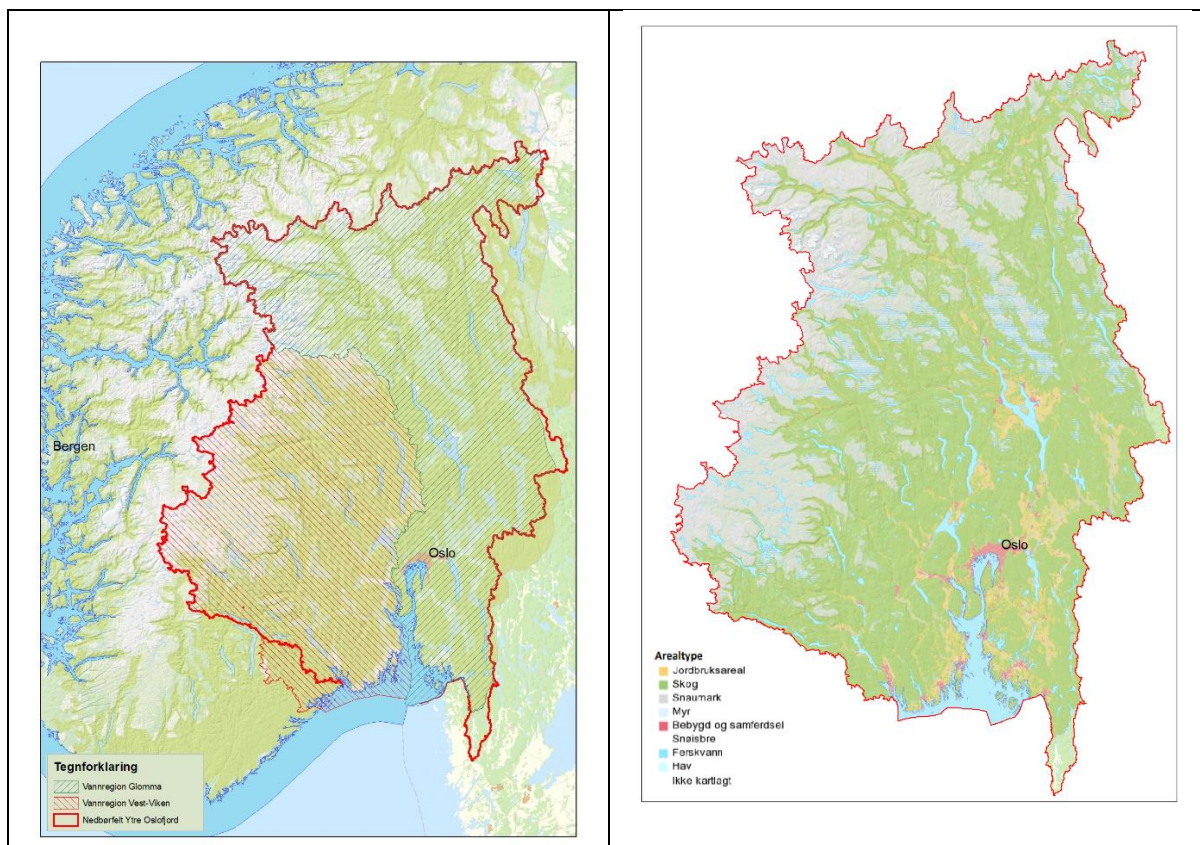
Figur 1. Kartutsnitt av Oslofjorden. Overvåkingsområdet for Ytre Oslofjord omfatter fjordområdene innenfor den gule trekanten.

Tabell 1. Oversikt over de undersøkelser som er gjennomført i overvåkingsperioden 2007-2018 og på antallet stasjoner i Ytre Oslofjord, 2007-2018. Detaljer om undersøkelsene er gitt i rapportene fra de enkelte år.

	Vannmasser		Hardbunn		Bløtbunn	
	tilførsler	hydrografi	fjæreregistrering	transektdykk	fauna	SPI
2007	x	22	25	12		54
2008	x	20			10	56
2009	x	20	10			51
2010	x	20	24	11		47
2011	x	20	4		3	47
2012	x	22	9	4		27
2013	x	16		3	7	5 områder
2014	x	15	16			29
2015	x	15			10	
2016	x	20	15	12		
2017	x	18	15	8		
2018	x	19			12	27

### 3 Tilførsler til Ytre Oslofjord

Ytre Oslofjord har et stort nedbørfelt som dekker store deler av Østlandet og litt av Sverige. Nedbørfeltet favner 16 vassdragsområder (inkl. Indre Oslofjord), hvor Glomma, Drammensvassdraget, Numedalslågen og Skienselva er de fire største. Området favner fjellområder, store produktive skog- og jordbruksarealer på Østlandet og store befolkningskonsentrasjoner langs kysten (Figur 2). En stor andel av jordbruksområdene ligger i lavereliggende områder under marin grense. Nedbørfeltet tilhører vannregionene Glomma og Vestviken (Figur 2).



Figur 2. Bilde til venstre: Vannregion Glomma og Vest-Viken favner omtrent hele nedbørfeltet for Ytre Oslofjord. Bilde til høyre: Arealtyper i nedbørfeltet til Ytre Oslofjord.

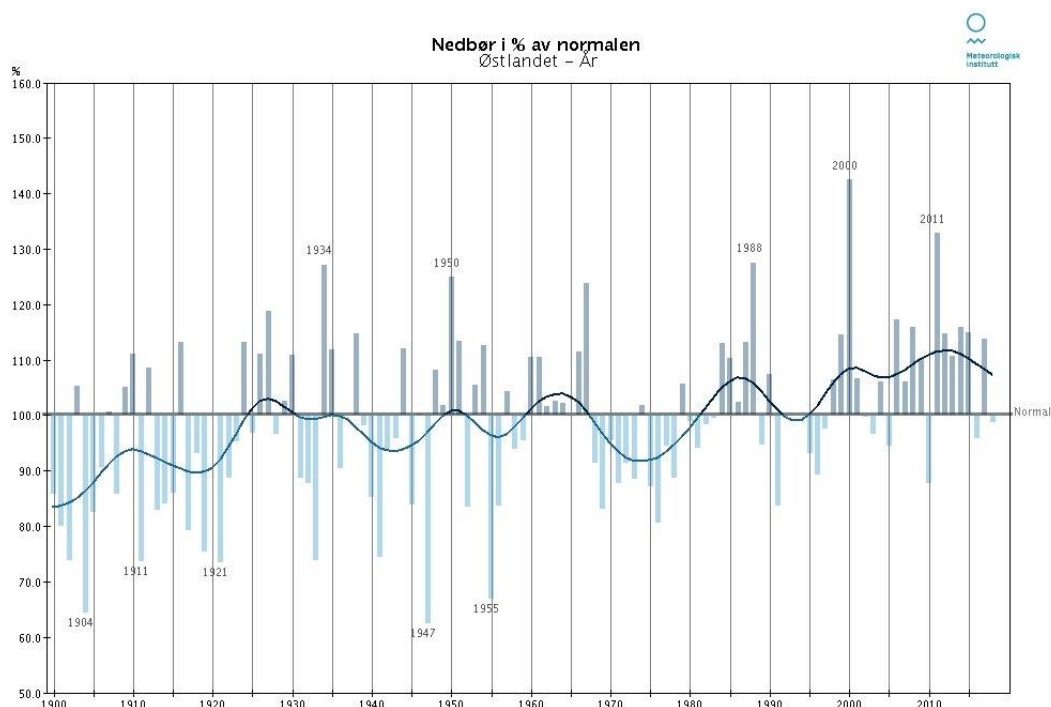
#### 3.1 Nedbør / Vannføring

Storskala endringer i nedbørfeltet har betydning for tilførslene til sjø, enten det gjelder tilførte mengder av næringsstoffer, partikulært materiale og avrenningsmønster eller andre forhold som brunere ferskvann.

Klimaendringene i Norge forventes å gi økt intensitet og hyppighet av kraftig nedbør. Meteorologisk institutt angir at hovedtendensen i utviklingen av nedbør på Østlandet de siste drøyt 100 år er at det har blitt våtere. Dette er spesielt tydelig for de drøyt tjue siste årene (se Figur 3). Høsten synes å svinge rundt langtidsnormalen, men de øvrige sesonger har mer nedbør enn normalen.



Lufttemperaturen følger et lignende mønster. Etter 1988 har temperaturen vært jevnt varmere enn normalen for alle sesonger, med en tendens til fortsatt oppvarming. Lufttemperaturen påvirker naturligvis også vanntemperaturen både i ferskvann og i sjøen.



Figur 3. Årsnedbør i prosent av normalen for Østlandet siden år 1900. Kilde: Meteorologisk institutt.

Året 2018 ble spesielt med uvanlig varm og tørr sommerperiode fra mai til juli. Dette medførte rekordlav vannføring i nesten samtlige elver på Sør- og Østlandet i perioden. For Norge ble perioden mai-juli 2018 også uvanlig nedbørfattig med 74 % av normal nedbørmengde, og dette ble den fjerde tørreste mai-juli-perioden som er registrert i Norge. Østlandet ble varmest av de fem regionene i landet med hele 4,3 °C over normalen.

Transportberegningene av ulike stoffer som nitrogen og fosfor i 2018 blir ikke ferdigstilt før høsten 2019, men det forventes at tilførslene var lave i den tørre perioden pga. lite utvasking. For Glomma (Solbergfoss) ble det i starten av juli registrert den laveste vannføring siden målingene startet i 1902. Det gjenstår å se hvordan dette påvirker årsutslippet.

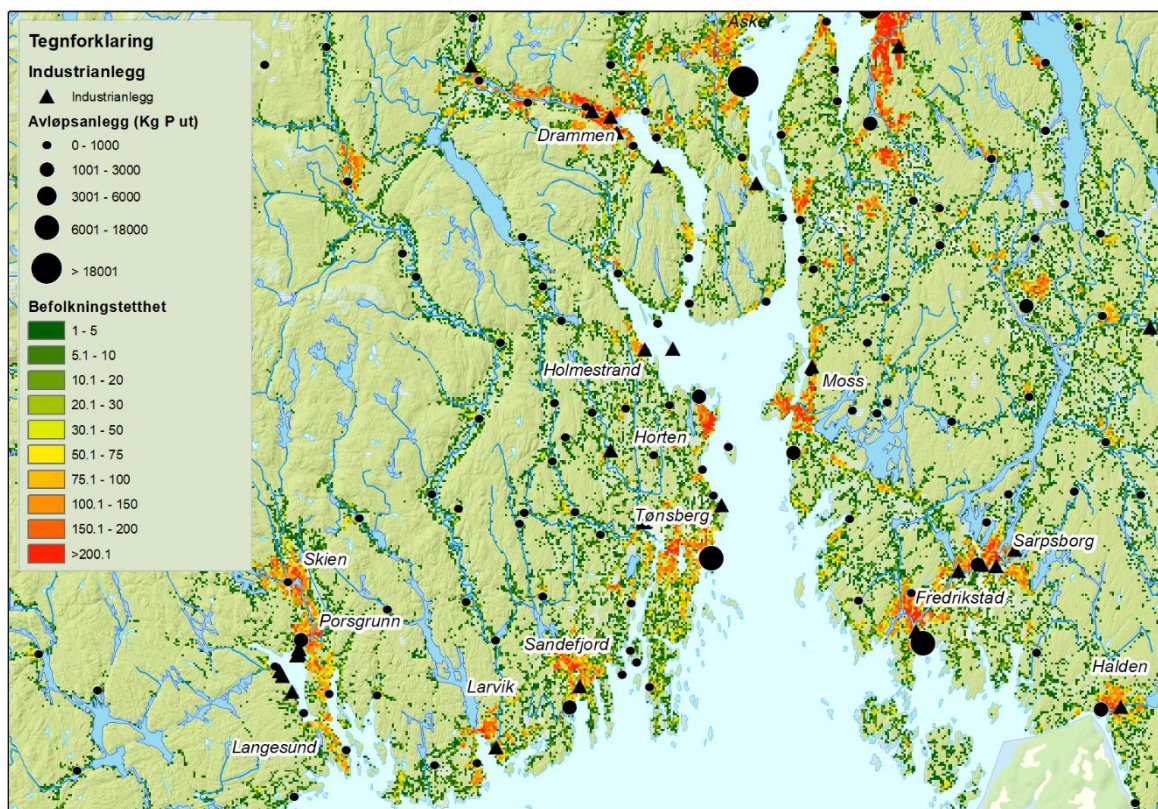
### 3.2 Beregnede kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor

Informasjon om fordelingen av tilførsler fra ulike kilder bygger på resultatene fra NIVAs mangeårige bruk av Teotil-modellen (Tjomslund et al, 2010; Selvik & Sample, 2018). I Teotil-modellen sammenstilles nasjonale kildedata om restutslipp fra avløpsanlegg og spredt bebyggelse, utslipp fra industrianlegg og avrenning fra jordbruksområdene sammen med erfaringsdata om avrenning fra områder uten vesentlig menneskelig påvirkning. Avrenning fra jordbruksområdene baseres på en egen beregning utført av NIBIO på årlig basis der endringer i landbrukspraksis tas hensyn til. I modellen akkumuleres stoff- og vannmengder nedover i vassdragene og det beregnes en tilbakeholdelse i innsjøene som vannet passerer. Beregningene gir et godt bilde av kildefordelingen, men de faktiske tilførsler det enkelte år påvirkes også av andre faktorer bl.a. nedbørsmønster og

andre klimafaktorer. Overvåking av tilførsler via vassdragene blir derved viktig for å øke presisjon i de samlede årlige tilførsler.

De store fjell- og skogområdene som drenerer til Oslofjordområdet fremkommer tydelig i Figur 2. Nitrogen fra naturområder er derfor en vesentlig bidragsyter til avrenning av nitrogen, og utgjør omtrent det samme som befolkning. Lavere i terrenget øker bidraget fra jordbruket. Jordbruk er største enkeltkilde for tilførsler av både menneskeskapt fosfor og nitrogen. Fosfor er typisk sterkt partikkelbundet, og klimatiske begivenheter med erosjon i landskapet og langs vannveiene fører typisk til økt transport av fosfor nedover i vassdraget. Erosjonsutsatte områder bidrar derfor mest til fosforavrenning, men også flatt terreng har utfordringer knyttet til erosjon / utvasking. Nitrogen er i mye større grad løst i vannet, og kvantifiseringen er derfor mer korrelert til mengde vann som passerer.

Utslipp fra husstandene og bedrifter med utslipp av næringssalter til avløpsnett utgjør kilden vi i sum kaller «befolkning». I dette inngår derved renseanlegg som har større kapasitet enn 50 personekvivalenter og spredt bebyggelse / små renseanlegg (< 50 p.e.) samt de virksomheter som har utslipp til offentlig nett fra produksjonen. Figur 4 viser fordelingen av befolkningen (SSB rutenett) rundt Oslofjorden og plassering av renseanlegg i denne delen av nedbørfeltet. De største befolkningskonsentrasjonene blir naturligvis byområdene, og de sjønære byområdene har som regel utslipp til marine områder, mens renseanlegg lenger oppstrøms bidrar mindre pga. betydningen av tilbakeholdelse i vannforekomstene.

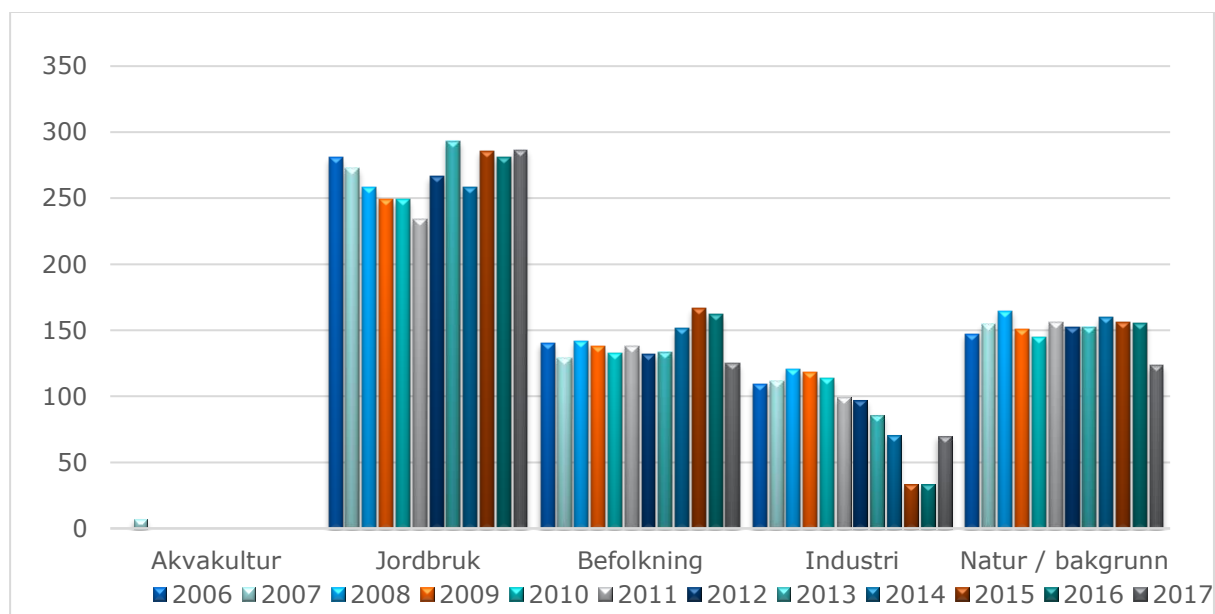


Figur 4. Befolkningsfordelingen (antall personer pr. 250 x 250 m rute) illustrerer hvor «forurensningsproduksjonen» er størst, og sammenfaller med lokalisering av renseanlegg. I figuren er det synliggjort forskjell i størrelse for avløpsrenseanleggene mht. fosforrensing. Industriutslippene er derimot i mange tilfeller et nitrogenutslipp eller et fosforutslipp, slik at disse ikke er skalert mht. størrelse.

Tilførsler til Ytre Oslofjord fra de ulike kildene for hhv. fosfor og nitrogen over flere år er vist i Figur 5 og Figur 6. For fosfor utgjør utslipp fra jordbruk den klart største kilden. Tilførsler fra befolkning (avløpsrenseanlegg og spredt bebyggelse) og naturlig avrenning omtrent like store. Industriutslipp av fosfor var lenge nesten like stor som utslipp fra befolkning, men har gått vesentlig ned de senere år. For nitrogen har utslippene fra jordbruket og naturlig avrenning vært om lag like store, etterfulgt av utslipp fra befolkning. Videre er utslipp av nitrogen fra industrielle kilder mye mindre (en sjettedel) enn utslipp fra befolkning.

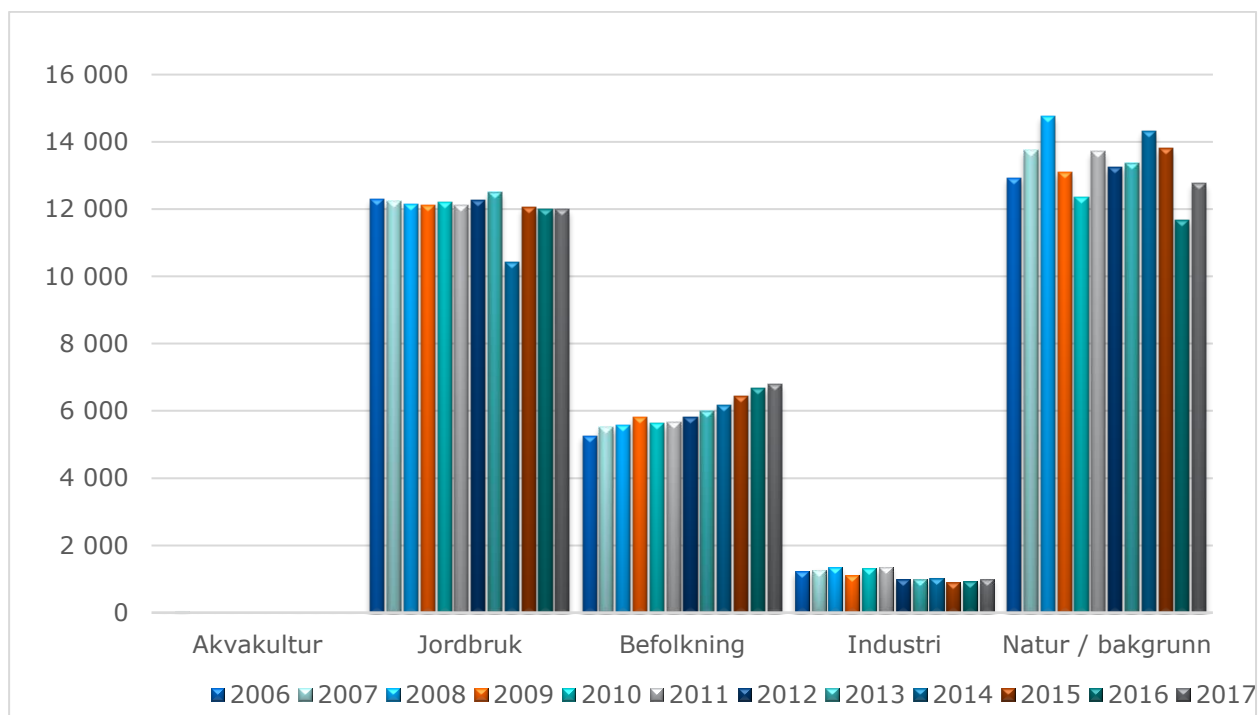
Summen av alle kildene for hhv. fosfor og nitrogen i en 5-års periode (2013-2017) er vist i Figur 7 og Figur 8. For Drammensvassdraget og Glomma kan det se ut som det er en svak nedgang i tilførsler fra disse kildene, men vi må være klar over at det er usikkerhet i grunnlagsmaterialet.

Siden overvåkingen av Ytre Oslofjord startet i 2001, har den samlede befolkning i fylkene rundt Oslofjorden økt med 20 %, fra 2,23 millioner i 2001 til 2,67 millioner ved starten av 2018 (SSB Statistikkbanken). Dette vises også i tilførslene fra avløpsrenseanleggene der utslippet av nitrogen har økt jevnt over flere år (Figur 6). Utslippet av fosfor viser ikke samme entydige forløp, men de fleste norske renseanlegg er bygget for å kunne gi høygradig rensing av fosfor, og kan i noen grad kompensere for økte tilførsler.

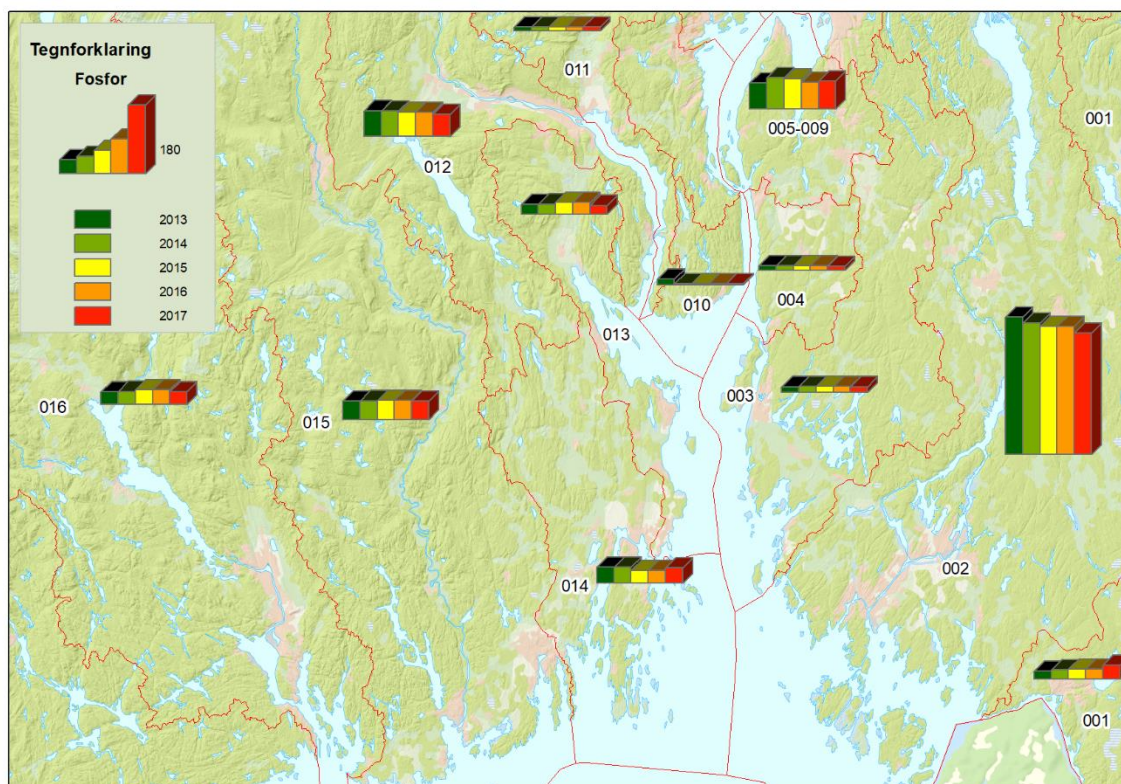


Figur 5. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av fosfor (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industri-anlegg med direkte utslipp til fjorden. Tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke. Data fra 2018 vil ikke foreligge før høsten 2019.

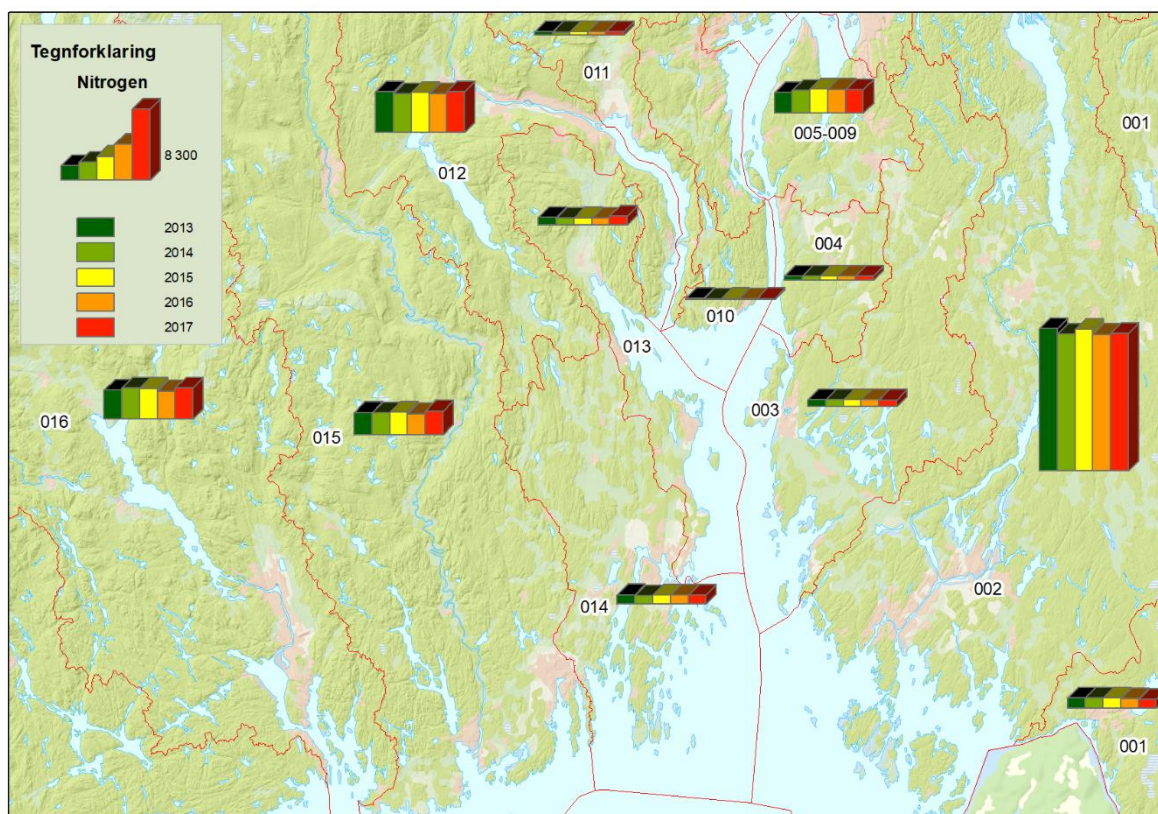




Figur 6. Teoretisk beregnede kildefordelte tilførsler av nitrogen (tonn/år) til Ytre Oslofjord fra landområdene som drenerer direkte til Ytre Oslofjord. Dette inkluderer avløpsanlegg og industri-anlegg med direkte utslipp til fjorden, men tilførsler fra Indre Oslofjord og langtransport med havstrømmene inngår ikke. Data fra 2018 vil ikke foreligge før høsten 2019.



Figur 7. Totale tilførsler av fosfor beregnet med Teutil-modellen for perioden 2013 til 2017.



Figur 8. Totale tilførsler av nitrogen beregnet med Teofil-modellen for perioden 2013 til 2017.

### 3.3 Målte tilførsler av nitrogen og fosfor

De fire store elvene som munner ut i Ytre Oslofjord er blant de 20 hovedvassdragene i Miljødirektoratets elveovervåkingsprogram (Kaste et al. 2018). Programmet skal bl.a. måle tilførsler av ulike stoffer til sjøområdene gjennom regelmessig prøvetaking nær utløpet. Fra 2017 ble det gjort endringer i programmet, men det nye programmet bygger videre på de data som har blitt samlet inn siden 1990. I de store elvene tas månedlige (eller flere) prøver nær utløpet som analyseres for konsentrasjoner av ulike vannkjemiske komponenter. Sammen med vannføring kan stofftransporten i vassdragene beregnes, og trendene i stofftransporten oppdateres årlig etter hvert som nye data kommer til.

De målte totale tilførslene av nitrogen og fosfor til sjøområdene i 2017 fra de fire største vassdragene fordeler seg som vist i Tabell 2 nedenfor. Også nedbørfelt og vannføring er vist i tabellen. Dette illustrerer tydelig at Glomma er største vassdrag og dominerer transporten av både nitrogen og fosfor til Ytre Oslofjord. Deretter følger Drammenselva med under halvparten av vannføringen til Glomma.

Tabell 2. Vannføring og tilførsel av næringsalter fra fire store vassdrag rundt Ytre Oslofjord i 2017.

Elv	Nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	Vannføring (1000 m <sup>3</sup> /d)	TOT P (tonn)	TOT N (tonn)
Glomma	41 918	66 362	325	13 199
Drammenselva	17 034	29 871	68	4 256
Numedalslågen	5 577	10 670	92	1 751
Skienelva	10 772	26 230	51	2 444

Disse fire største vassdragene representerer nær 90 % av ferskvannstilførslene til Ytre Oslofjord inkl. Indre Oslofjord. Både Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva viser en økende tendens i vannføring (Tabell 3) sett over lang tid (1990-2017). Tilførsler av både næringssalter, organisk karbon, partikulært materiale og silikat viser jevnt over en økning sett over hele overvåkingsperioden.

Tabell 3. Trender i tilførsler til elver som overvåkes gjennom Miljødirektoratets elveovervåkingsprogram (etter Kaste et al. 2018). Tabellen viser p-verdier og farge indikerer grad av statistisk signifikans og hvilken vei trenden går. Lave p-verdier indikerer stor grad av sannsynlighet for at endringene er reelle (signifikante). Q = vannføring, SPM = partikler, TOC = totalt organisk karbon

<b>Trender i tilførsler, 1990-2017</b>									
River	Q	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Tot-N	PO <sub>4</sub>	Tot-P	SPM	TOC	SiO <sub>2</sub>
Glomma	0,024	0,000	0,304	0,024	0,030	0,527	0,343	0,075	0,040
Drammenselva	0,007	0,007	0,089	0,013	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000
Numedalslågen	0,058	0,123	0,385	0,006	0,011	0,014	0,048	0,003	0,001
Skienselva	0,033	0,022	0,000	0,477	0,304	0,089	0,752	0,000	0,002
	Nedadgående, statistisk signifikant ( $p < 0,05$ )								
	Nedadgående, ikke statistisk signifikant ( $0,05 < p < 0,1$ )								
	Oppadgående, statistisk signifikant ( $p < 0,05$ )								
	Oppadgående, ikke statistisk signifikant ( $0,05 < p < 0,1$ )								

Elveovervåkingsprogrammet angir at mellomårlige forskjeller i tilførsler av næringssalter og partikler i stor grad kan relateres til forskjeller i vannføring (Skarbøvik et al. 2017). Fagrapporten for 2018 (Naustvoll et al. 2019) viste tilførslene av nitrogen og fosfor sammen med vannføring for de fire største elvene for hele overvåkingsperioden. I den siste 5-årsperiode ser det f.eks. ut til at vannføring og stofftilførsel har vært stabil eller litt lavere enn tidligere for de to største vassdragene – Glomma og Drammenselva. Det kreves imidlertid data fra flere år for å få visshet om dette er en ny tendens, selv om øvrige tilgjengelige data antyder noe av det samme.

### 3.4 Forurensningsbegrensende tiltak

Norske politikere har uttrykt et mål om at norsk matproduksjon skal øke med 20 % innen 2030 for å sikre framtidig matforsyning. Dette vil medføre en intensivering av jordbruksdriften og/eller øke andelen dyrket areal. Det forventes at klimaendringene vil ha betydelig innvirkning på produksjonsforholdene i landbruket med konsekvens for vannkvaliteten i jordbruksvassdragene. Vannforskriften peker på behovet for å begrense jordbrukets innflytelse på vannkvaliteten. På Østlandet dominerer kornproduksjon i flatbygdene, og husdyrproduksjonen er rapportert å være økende. Jordbrukets påvirkning på vannkvaliteten i ferskvann har hatt fokus i mange år, spesielt i prioriterte områder som Mossevasdraget. Bygging av fangdammer i bekkene i jordbrukslandskapet, vegetasjonssoner langs bekkene, grasdekte vannveier og overvintring i stubb i tillegg til redusert gjødsling er kjente tiltak for å begrense jordtap og spesielt avrenning av fosfor. Gjennomførte tiltak i Mossevasdraget har vist at slike tiltak nytter, men man må jobbe langsiktig for å kunne endre vannkvaliteten i vassdragene. Utfordringene i jordbruket er å balansere økonomiske/agronomiske hensyn med de mange miljømessige hensyn.



Ordningene med miljøtilskudd -SMIL og RMP – skal gi en målretting av miljøinnsatsen i jordbruket utover det som er mulig i nasjonale ordninger. Den enkelte driftsenhet kan søke om tilskudd. SMIL-midler er et engangstilskudd, mens det i RMP-ordninger kan gis årlige tilskudd. Endringer i rammene for disse ordningene har umiddelbar effekt på tiltaksgjennomføringen.

De klimatiske endringene på Østlandet har bl.a. gitt økt nedbør og nedbørsperioder med høyere intensitet enn tidligere. Konsekvensen av dette er økt erosjon i landskapet og langs vassdragene. Dette er mest uttalt i lavereliggende områder på Østlandet, under marin grense, der utvasking av leirpartikler som er bærer av fosfor, kan være betydelig.

Fagrådet for Ytre Oslofjord publiserte i 2017 en oversikt over renseanlegg i medlemskommunene i 2015 (Fagrådet for Ytre Oslofjord, 2017). Figur 4 viser plassering av renseanlegg (> 50 p.e.) i området rundt Ytre Oslofjord. Medlemskommunene i Fagråd for Ytre Oslofjord har i dag 24 renseanlegg. Disse behandler til sammen avløp fra ca. 629.000 innbyggere og tilknytningsgraden er rundt 93 %. Gjennomsnittlig rensegrad for fosfor er 87.9 %, men kravet er på 90% (95% i Buskerud). Det er totalt elleve renseanlegg som ikke tilfredstilte disse kravene.

Det er også verdt å merke seg at renseanleggene rundt Ytre Oslofjord ikke er bygget for å rense nitrogen slik at rensegraden for nitrogen derfor er på beskjedne 8,9 %. Avløpsforskriften åpner for å innføre krav om sekundærrensing (BOF/KOF), men det foreløpig satt få krav til sekundærrensing. 14 av 24 anlegg tilfredsstillt allikevel kravene til rensing av organisk stoff. Målinger på renseanleggene viser bl.a. mye fremmedvann på avløpsnett og behovene for utbedringstiltak på avløpsnett vil vedvare i de kommende år. I dette ligger også en klimatilpasning for å håndtere episodene med mye nedbør.

Ytre Oslofjord tilføres også avløpsvann fra det store nedbørfeltet utenom medlemskommunene. Noe av dette holdes tilbake pga. retensjon i innsjøer, men i sum bidrar også disse anleggene til de totale tilførselene til sjøområdene.

Mange kommuner har kartlagt spredt avløp og jobber aktivt med en forbedring av avløpssituasjonen fra spredt bebyggelse (små renseanlegg og anlegg for separate boenheter). Det ligger i sakens natur at mange slike avløpssystemer ikke tilfredsstillt dagens krav til utslipp, og at de derved kan svekke hygienisk vannkvalitet i kystnære områder, i tillegg til utslipp av øvrige forurensende stoffer. Statistikken viser at arbeidet går i riktig retning der flere husstander kobles til akseptable renseløsninger.

Industriutslippene til Ytre Oslofjord er relativt små sammenlignet med øvrige kilder, og de har gått ned de senere år. Det kan nevnes at industrinedleggelses som Peterson Paper i 2012 og Södra Cell i 2013 har medvirket til dette. Selv om det er effekter av eutrofiering som har hatt fokus i Ytre Oslofjord og på Skagerrakkysten, er også andre forhold av betydning. Den sure svovelholdige nedbøren som var ødeleggende for vannkvaliteten i Sør-Norge i flere tiår, medførte også at humusstoffer (brun farge) ble holdt tilbake i landskapet. I den nåværende situasjonen med mindre sur nedbør og varmere/våtere klima får vi en motsatt effekt ved at det produseres mer vegetasjon som lekker humusstoffer ut i vassdragene. Brunere ferskvann er observert over store deler av Skandinavia. Dette gir naturligvis utfordringer for drikkevannsbransjen, men det brunere ferskvannet gir også fargeendringer i sjøen med mulige effekter på de marine økosystemene. I undersøkelsene rundt det dramatiske bortfall av sukkertare over store deler av Skagerrak ble det pekt på både vannfarge og nedslamming som en av flere årsaksfaktorer.

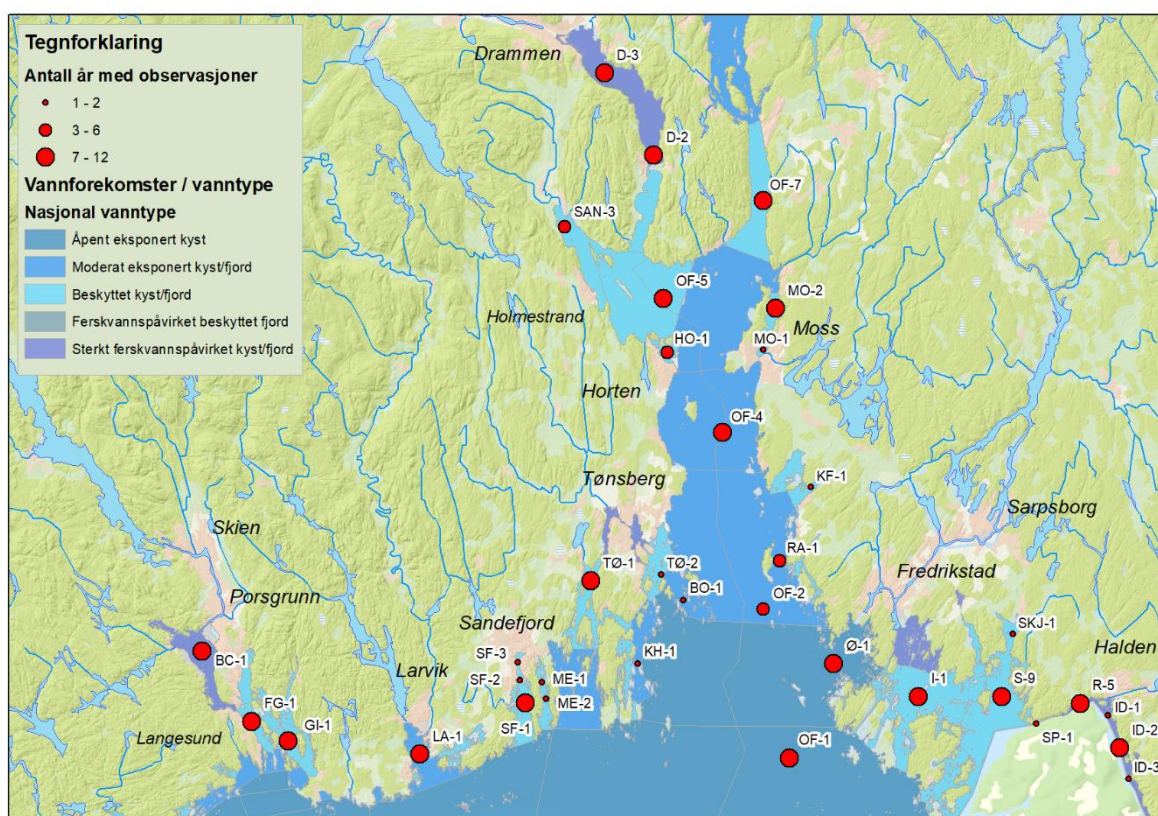
De klimatiske endringene ser ut til å kamouflere effektene av de mange tiltak som er gjennomført innen de aktuelle sektorene nevnt ovenfor. utfordringene i de kommende år blir å utrede hva som kan gjøres for å leve med og kompensere for de klimatiske endringer som antakelig ikke blir mindre i nærmeste fremtid. Sentrale spørsmål er: Må det gjennomføres ytterligere tiltak innen sektorene for å motvirke klimaeffektene? Kan man tenke seg andre grep som kan endre avrenningsmønsteret og derved være en bidragsyter til opprettholdelse av god vannkvalitet i kystsonen?

## 4 Vannmassenes tilstand

I fjordens vannmasser kan endringer skje ganske raskt ved varierende havstrømmer og raske biologiske prosesser. Det kreves derfor hyppig prøvetaking for å kunne fange opp endringene og gi et riktig og representativt bilde av miljøforholdene. Vannmassene i Ytre Oslofjord er normalt blitt undersøkt 7-8 ganger per år, hver gang fra flere dyp. Det undersøkes med en kombinasjon av direkte målinger med sonder og analyser av vannprøver fra ulike dyp. Vannprøver er også samlet ved hjelp av et såkalt Ferrybox-system om bord på ferjen «Color Festival», som passerer gjennom fjorden hvert døgn.

Overvåkningsprogrammet for de frie vannmasser skal først og fremst fremskaffe informasjon om miljøtilstanden og tilførsler med søkelys på næringssalter (eutrofiering). Videre skal observasjonene danne grunnlag for senere validering av modeller for området.

Ved valg av stasjonsnett er det tatt utgangspunkt i tidligere benyttede stasjoner, influensområde for større vassdrag, andre overvåkningsprogrammer i området, spesifikke ønsker fra oppdragsgiver og tilgjengelig kunnskap. Stasjonene kan deles inn i de som dekker de *sentrale* delene av hovedfjorden og stasjoner som gir en dekning i *randsonen*. (Figur 9).



Figur 9. Stasjoner som har inngått i Fagrådets overvåking av vannmassene i perioden 2007-2018. Kartet viser i hvilken vanntype stasjonen ligger og størrelsen på prikken indikerer hvor mange år den har vært undersøkt.

De undersøkte parametere består av tre hovedkomponenter:

1. Fysiske parametere (saltholdighet, temperatur, siktdyp). Prøvetaking ble foretatt på alle stasjoner og i alle dyp. På ferrybox-stasjoner tas det kun prøver fra ca. 5 m dyp. Siktdyp ble ikke målt ved ferrybox-stasjonene.
2. Kjemiske parametere (nitrat, nitritt, totalt nitrogen, fosfat, total fosfor, silikat og oksygen). Vannprøver for kjemiske data ble samlet inn i standarddyp (ICES), som gir en vertikal profil, eller i ett eller et fåtall utvalgte dyp. Innsamlingsstrategien varierer mellom stasjonene og dekningsstidspunkt. Vannprøvene samles inn ved hjelp av vannhentere eller ved bruk av ferrybox-systemet. Oksygen analyseres ikke fra ferrybox-prøver.
3. Biologiske parametere (klorofyll-a, klorofyll-a fluorescens og kvalitative og kvantitative prøver av planteplankton). Ved innsamling av fysiske parametere ved hjelp av CTD-sonde blir også klorofyll-a fluorescens målt kontinuerlig. Fluorescensdata gir informasjon om den relative fordelingen av fotosyntetiserende planteplankton i vannsøylen. For at disse dataene skal kunne benyttes for å estimere klorofyll-a mengden, må sondenes fluorescensdata kalibreres mot faktiske målinger av klorofyll-a. Prøver for bestemmelse av klorofyll-a ble samlet inn fra de samme dypene som kjemiske parametere ned til 30 m, og mengden klorofyll-a bestemt fluorometrisk. I overvåkingen av planteplankton ble det i sommerperioden samlet inn materiale for kvalitative og kvantitative analyser. De kvalitative prøvene benyttes for å gi en oversikt over tilstedeværelsen av ulike arter eller slekter.

Klassifisering av tilstand er gjort for vinter- og sommersituasjon for de kjemiske parametere. Vinterverdien gir informasjon om konstante tilførsler til en stasjon, mens sommerverdiene gir informasjon om periodiske og lokale tilførsler samt biologiske prosesser og parametere. Klassifiseringen av oksygen er basert på data fra bunnvannet om høsten/tidlig vinter, da en kan forvente de laveste konsentrasjonene.

I den forrige femårsrapporten ble det sett nærmere på forholdene i fire områder: Drammensfjorden, Grenlandsfjordene, Iddefjorden og Vestfjorden ved Tønsberg. I den forbindelse ble disse fjordenes hydrografiske og miljømessige forhold grundig beskrevet (Walday et al. 2012). Nedenfor beskrives tilstanden i vannmassene i alle de fem ulike områdene som inngår i overvåkingen.

I klassifiseringen nedenfor er stasjoner som har vært del av YO-programmet i hele overvåkingsperioden 2014-2018 inkludert. Til klassifisering benyttes Veileder 02:2018, som er i henhold til vannforskriften. Der det ikke foreligger tilstrekkelig data for bruk av veilederen er klassifiseringen gjort i henhold til SFT 97:03. Vurderingen er basert på Miljødirektoratets tilstandsklasser I til V (*svært god* til *svært dårlig*), med fargekode: **I - Svært god**, **II - God**, **III - Moderat**, **IV - dårlig** og **V - Svært dårlig**. Siktdyp er i liten grad omtalt videre på grunn av usikkerheter knyttet til denne parameteren.

## 4.1 De vestlige delene av Ytre Oslofjord

I denne delen av undersøkelsesområdet har stasjonene Frierfjorden, Larviksfjorden, Sandefjordsfjorden og Vestfjorden ved Tønsberg vært prøvetatt hele perioden 2014-2018 (se Figur 9). I Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden er forholdene generelt bedre enn i Frierfjorden og Vestfjorden. I Tabell 4 er tilstandsklassifiseringen basert på sommerkonsentrasjoner (juni-august) og vinterkonsentrasjoner (desember-februar) av næringsalter (nitrat, fosfat, totalt nitrogen og totalt fosfor) vist. Miljøtilstanden er vist for de enkelte år, men også samlet for perioden 2014-2018.

For Frierfjorden er det ingen markant endring eller trend i miljøtilstanden. Både i sommerperioden og vinterperioden gir forhøyede konsentrasjoner av nitrat og totalt nitrogen *dårlig* tilstand på sommeren og *moderat* om vinteren for perioden 2014-2018. Fosfat og total fosfor er stort sett i tilstandsklasse *svært god* eller *god*, med unntak av sommeren 2015.

I Frierfjorden er det i tillegg to stasjoner som overvåkes under programmet ØKOKYST Skagerrak (Fagerli et al. 2019): Stasjon VT66 Håøyfjorden, som er en terskel-fjord, får tilstandsklasse *svært dårlig* for støtteparametere siden det har vært anoksisk vann fra ca. 80 m dyp og ned til bunn de siste årene, helt fram til mars 2018. Hvis en ser bort fra oksygenforholdene, ville støtteparameterne gitt *god* tilstand på stasjonen. Basert på planteplankton, klassifiseres stasjonen til *moderat* tilstand. På stasjon VT67 i Langesundsfjorden gir støtteparameterne tilstandsklasse *moderat*, og det er siktdyp, oksygen og nitrat som er utslagsgivende parametere. Planteplankton gir *god* tilstand, men i nedre sjikt av skalaen, på grensen mot *moderat*.

Larviksfjorden har stort sett *god* eller *svært god* miljøtilstand basert på næringsalter (Tabell 4). I enkelte år og for enkelte parametere er det *moderat* tilstand i vinterperioden. Det er ingen klare trender i overvåkningsperioden 2014-2018.

I Sandefjordsfjorden er miljøtilstanden for hele perioden hovedsakelig *god*, med unntak av sommerkonsentrasjonen av totalt nitrogen, som gir tilstand *svært god* (Tabell 4). Som for Larviksfjorden er det i enkelte år *moderat* tilstand for noen parametere. For parameteren nitrat var tilstanden i 2014-2016 *svært god* sommerstid, men de to siste årene har den vært *moderat*.

Ved lokaliteten i Vestfjorden ved Tønsberg er det noe større variasjon i tilstandsklasse (Tabell 4). Også ved denne stasjonen er det først og fremst forhøyede nitrogenkonsentrasjoner som fører til redusert tilstand. For vinterperioden samlet var tilstanden *moderat* for nitrat, men i de to siste årene har den vært *god*. I sommerperioden er det mer variert, der 2015 og 2016 skilte seg ut ved å være i *god* tilstand. I en samlet vurdering basert på hele perioden (ref. kap. 6) kommer denne stasjonen i tilstandsklasse *moderat* på grunn av nitrat og total fosfor om sommeren, og på grunn av nitrat i vinterperioden.

Tabell 4. Tilstandsvurdering basert på sommer- og vinterkonsentrasjoner av næringsalter i de øvre 2-10 m dyp i de vestlige deler av Ytre Oslofjord, 2014-2018. Verdiene er midlet over 2-10 m dyp.

Stasjon	År	Sommerklassifisering				Vinterklassifisering*			
		Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)
Frierfjorden	2014	135,8	5,6	14	367	186	9,7	14,7	343
	2015	122	8	17	377	168	16	21	376
	2016	93	4	11,3	281	164	12	19	336
	2017	99	5,7	15,2	367	130	14,4	21,3	343
	2018	100,5	5,6	11,3	418	145	12,3	14	409
	<b>2014-2018</b>	<b>110</b>	<b>5,8</b>	<b>13,8</b>	<b>362</b>	<b>159</b>	<b>12,9</b>	<b>18</b>	<b>361</b>
Larviksfjorden	2014	10,8	3	12,8	263	130	14,3	21,3	359
	2015	9	3	13	226	108	17	26	280
	2016	4,7	2,9	10,5	197	127	15	22,4	285
	2017	10,2	3,1	12,4	191,6	74	14,9	21,6	222
	2018	20,8	3,9	12,8	242	117	16,7	24,8	284
	<b>2014-2018</b>	<b>11,1</b>	<b>3,2</b>	<b>12,3</b>	<b>224</b>	<b>111</b>	<b>15,5</b>	<b>23,2</b>	<b>286</b>
Sandefjord	2014	7,5	3,5	12,5	285	118	15	20,8	314
	2015	9	3	13	222	125	18	29	308
	2016	3,5	2,5	11,9	216	132	15,6	22	308
	2017	25,6	4,7	18,3	233	116	16,9	22,6	288,3
	2018	24,8	4,7	12	219	118	17,2	26,5	295
	<b>2014-2018</b>	<b>14</b>	<b>3,7</b>	<b>13,5</b>	<b>235</b>	<b>121</b>	<b>16,5</b>	<b>24,2</b>	<b>303</b>
Vestfjorden	2014	37	7,7	14,6	339	148	17,7	22,5	309
	2015	20	4	13	235	142	19	26	235
	2016	10	4,2	12,2	237	143	15,7	22	335
	2017	78	7	27,4	488,5	116	16,9	22,6	288,3
	2018	26,3	6,2	14,3	204	122	17,5	28,4	364
	<b>2014-2018</b>	<b>34,3</b>	<b>5,8</b>	<b>16,3</b>	<b>301</b>	<b>134</b>	<b>17,4</b>	<b>24</b>	<b>306</b>

\*Kun basert på prøvetakning i januar og februar

Tilstanden basert på oksygenkonsentrasjon i bunnvannet er vist i Tabell 5. Som for næringsalter er forholdene dårligere i Frierfjorden og Vestfjorden enn i Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden. Oksygenkonsentrasjon i bunnvannet er i stor grad styrt av organisk tilførsel og oppholdstiden til bunnvannet. Stasjonene viser ingen trend over tid.

Mellom Frierfjorden og åpen kyst er det flere terskler, og utskiftningen av bunnvannet vil kun forekomme i enkelte år. I perioden 2014-2018 var det én større utskiftning tidlig i 2018 som bedret forholdene i bunnvannet. I de øvrige årene var det lave mengder oksygen i bunnvannet. Basert på oksygen, er den samlede tilstanden over tid i Frierfjorden *svært dårlig*.

Larviksfjorden er en åpen fjord med god vannutskiftning med utenforliggende havområder, og oksygentilstanden er generelt *svært god*, der kun 2016 viste redusert tilstand. Også Sandefjordsfjorden er en relativt åpen fjord fra kyst inn til prøvetakningspunktet. Forholdene der varierte mellom *svært god* og *god* tilstand, med en samlet oksygentilstand over tid som *god*.

I Vestfjorden ved Tønsberg er det stort sett årlig utskiftning av bunnvannet, men på grunn av tilførsel av organisk materiale er det relativt stort forbruk av oksygen. Samlet tilstand for oksygen er *moderat* i perioden 2014-2018.

Tilstandsvurderingen basert på siktdyp er gitt i Tabell 5. Resultatene fra siktdyp benyttes ikke i den overordnede tilstandsklassifiseringen på grunn av utfordringer knyttet til vurdering av parameteren og metoden som benyttes.



Tabell 5. Tilstandsvurdering i de vestlige deler av Ytre Oslofjord basert på oksygenkonsentrasjon i bunnvannet på høsten og siktdyp på sommeren.

Stasjon	År	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)*	Stasjon	År	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)*
Frierfjorden	2014	0,2	4,3	Sandefjord	2014	3,9	6
	2015	0,1	4		2015	3,9	7
	2016	0,2	3,3		2016	3,4	6,7
	2017	0,1	3,7		2017	4,1	4,7
	2018	2,4	3,7		2018	4,6	6,3
	<b>2014-2018</b>	<b>0,6</b>	<b>3,8</b>		<b>2014-2018</b>	<b>3,9</b>	<b>6,1</b>
Larviksfjorden	2014	4,5	6	Vestfjorden	2014	3,6	6
	2015	4,7	7,3		2015	3,3	4,3
	2016	4	7		2016	2,6	3,7
	2017	4,8	4,5		2017	2,6	4
	2018	4,7	6,3		2018	3,6	5
	<b>2014-2018</b>	<b>4,5</b>	<b>6,2</b>		<b>2014-2018</b>	<b>3,2</b>	<b>4,6</b>

\* resultatene av siktdyp vil være svært avhengig av lysforholdene den aktuelle dagen, blant annet tidspunkt på dagen for prøvetakning. Parameteren er ikke inkludert i den overordnede tilstandsklassifiseringen av stasjonene.

Planteplankton er et biologisk kvalitetselement og vektlegges mer enn støtteparametere i en samlet tilstandsvurdering etter vannforskriften. I YO-programmet er det ikke foretatt innsamlinger i vårperioden, og dermed oppfylles ikke kravene til datagrunnlag i vannforskriften. Her foretas det derfor en tilstandsvurdering basert på klorofyll-a i henhold til veileder SFT 97:03.

I Frierfjorden varierte tilstanden for klorofyll-a fra *svært god* til *moderat* (Tabell 6). De to siste årene har tilstanden vært dårligere enn i de tre første av overvåkingsperioden. For Frierfjorden vil planteplanktonbiomassen i stor grad påvirkes av mengde ferskvann som kommer ut. I år med mye vann er oppholdstiden i overflaten for kort til å kunne bygge opp høy biomasse, mens det i tørre år, f. eks 2018, bygges høyere biomasse ved stasjonen.

For Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden var tilstanden *svært god* for perioden 2014-2018 for klorofyll-a (Tabell 6). I Sandefjordsfjorden bedre de tre siste enn de to første årene. I Vestfjorden ved Tønsberg er samlet tilstand *god* for perioden, men med årlig variasjon fra *moderat* til *svært god*.

Tabell 6. Tilstandsvurdering i de vestlige deler av Ytre Oslofjord basert på det biologiske kvalitetselementet klorofyll-a. Vurdert i henhold til veileder SFT 97:03.

Stasjon	År	Klorofyll a (µg/l)	Stasjon	År	Klorofyll a (µg/l)
Frierfjorden	2014	2,8	Sandefjord	2014	2,2
	2015	0,9		2015	2,2
	2016	1,9		2016	1,6
	2017	3,9		2017	1,9
	2018	6,2		2018	1,2
	<b>2014-2018</b>	<b>3,1</b>		<b>2014-2018</b>	<b>1,8</b>
Larviksfjorden	2014	2,1	Vestfjorden	2014	2,7
	2015	0,6		2015	3,4
	2016	1,9		2016	3,7
	2017	1,3		2017	2,9
	2018	1,1		2018	1,8
	<b>2014-2018</b>	<b>1,4</b>		<b>2014-2018</b>	<b>2,9</b>

### Oppsummering vestlige deler av Ytre Oslofjord.

Lokaliteten i Frierfjorden har i perioden 2014-2018 vist forhøyede nitrogenkonsentrasjoner (nitrat og totalt nitrogen), som resulterer i en redusert tilstand i overflatelaget. Samtidig er dette en lokalitet med stagnerende bunnvann med stort sett lave oksygenkonsentrasjoner, som i stor grad skyldes topografiske forhold, men også organisk belastning. Samlet vurdering for støtteparametere gir *svært dårlig* tilstand grunnet lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet (Tabell 7). Tilstanden i denne overvåkingsperioden er ikke tilfredsstillende i henhold til vannforskriften. Larviksfjorden og Sandefjordsfjorden kommer i tilstandsklasse *god* i en samlet vurdering (Tabell 7). For Vestfjorden ved Tønsberg er samlet tilstand for perioden 2014-2018 *moderat* på grunn av forhøyede konsentrasjoner av nitrat og total fosfor samt redusert oksygenkonsentrasjon i bunnvannet. Det biologiske kvalitetselementet planteplankton (klorofyll-a) er enten i god eller svært god tilstand for perioden 2014-2018 i disse fire fjorder.

Tabell 7. Samlet tilstandsvurdering i de vestlige deler av Ytre Oslofjord for klorofyll-a i sommerperioden (biologisk kvalitetselement) og for støtteparameterne næringssalter og oksygen for sommer- og vinterperioden. Siktdyp er ikke inkludert på grunn av usikkerheter knyttet til denne parameteren.

Stasjon	Periode	Tilstandsklasse	Utslagsgivende parameter
<i>Biologisk kvalitetselement</i>			
Frierfjorden	2014-2018	II	
Larviksfjorden	2014-2018	I	
Sandefjordsfjorden	2014-2018	I	
Vestfjorden	2014-2018	II	
<i>Støtteparametere</i>			
Frierfjorden	2014-2018	V	oksygen
Larviksfjorden	2014-2018	II	total fosfor, nitrat, fosfat
Sandefjordsfjorden	2014-2018	II	nitrat, fosfat, total fosfor, total nitrogen
Vestfjorden	2014-2018	III	nitrat og total fosfor, oksygen

## 4.2 Åpen fjord, Vestfold

I løpet av overvåkingsperioden 2014-2018 ble det etablert to nye stasjoner i Vestfold som ligger relativt åpent til mot den sentrale Ytre Oslofjord. De to stasjonene, Bolærne (BO-1) og Kongsholmen (KH-1), er prøvetatt i 2017 og 2018. Det foreligger lite data fra disse stasjonene, så det er ikke mulig å si noe om hva som er normale forhold i områdene.

Sommerkonsentrasjonene av næringssalter indikerer *svært god* tilstand i 2018 på begge stasjoner (Tabell 8). I vinterperioden var tilstanden *god* ved begge stasjonene, med unntak av totalt nitrogen som ga *svært god* tilstand. I 2017 var derimot forholdene annerledes, der vinterperioden ved Kongsholmen var i tilstand *svært god*, mens sommerperioden var i *god* tilstand. Ved Bolærne var forholdene i 2017 samlet sett *god* både sommer og vinter.

For perioden 2017-2018 samlet var tilstanden ved Bolærne *svært god* sommerstid, mens den ved Kongsholmen var *god*. Ved begge stasjoner tilsa vinterkonsentrasjonene *god* tilstand for alle parametere unntatt totalt nitrogen, som viste *svært god* tilstand (Tabell 8).

Tabell 8. Tilstandsvurdering basert på sommer- og vinterkonsentrasjoner av næringsalter i de øvre 2-10 m dyp på to stasjoner i Vestfold.

Stasjon	År	Sommerklassifisering				Vinterklassifisering*			
		Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)
Bolærne	2017	12,2	2,7	12,3	228	86,6	15,4	22,2	290
	2018	11,5	2,3	10,6	187	112,7	17	22,4	258
	<b>2017-2018</b>	<b>11,9</b>	<b>2,5</b>	<b>11,5</b>	<b>208</b>	<b>99,7</b>	<b>16,2</b>	<b>22,2</b>	<b>274</b>
Kongsholmen	2017	23	5,9	15,6	316	95	15,4	21	280
	2018	8,4	2,6	10	212	100	16,9	24,8	293
	<b>2017-2018</b>	<b>15,7</b>	<b>4,3</b>	<b>12,8</b>	<b>264</b>	<b>97,5</b>	<b>16,2</b>	<b>22,9</b>	<b>287</b>

\*Kun basert på prøvetaking i januar og februar

Ved Bolærne og Kongsholmen var tilstanden for oksygen *god* i 2017 og *svært god* i 2018 ved begge stasjonene. Samlet sett for perioden 2017-2018 ga oksygenforholdene *god* tilstand. Stasjonene ligger forholdsvis åpent til og det forventes årlige utskiftninger av bunnvann ved begge stasjonene. Det er heller ingen større elver som påvirker lokalitetene direkte med organisk tilførsel. Siktdypet ved Bolærne varierte fra *moderat* i 2017 til *god* i 2018. Ved Kongsholmen var tilstanden *god* begge årene (Tabell 9).

Tabell 9. Tilstandsvurdering basert på oksygenkonsentrasjon i dypeste dyp på høsten og siktdyp på to stasjoner i Vestfold på sommeren.

Stasjon	År	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)*
Bolærne	2017	4,4	5,7
	2018	4,7	6,7
	<b>2017-2018</b>	<b>4,6</b>	<b>6,2</b>
Kongsholmen	2017	4,2	6,7
	2018	4,8	6,3
	<b>2017-2018</b>	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>

Tabell 10 gir tilstandsklassifisering basert på det biologiske kvalitetselementet planteplankton, hvor biomasse er uttrykt som klorofyll-a. I den samlede vurderingen for perioden 2017-2018 kommer begge stasjonene i tilstandsklasse *svært god*.

Tabell 10. Tilstandsvurdering basert på det biologiske kvalitetselementet klorofyll-a på to stasjoner i Vestfold. Klassifisering i henhold til SFT 97:03.

Stasjoner	År	Klorofyll a (µg/l)
Bolærne	2017	2,3
	2018	1,6
	<b>2017-2018</b>	<b>2</b>
Kongsholmen	2017	1,4
	2018	1,6
	<b>2017-2018</b>	<b>1,5</b>

#### Oppsummering Åpen fjord, Vestfold

Stasjonene Bolærne og Kongsholmen har kun inngått i programmet i årene 2017-2018. Begge ligger relativt åpent til ut mot sentrale deler av Ytre Oslofjord med god kontakt med utenforliggende vannmasser. Ingen av stasjonene ligger i nærheten av større vassdrag, og det er forventet at begge

stasjonene skal ha relativt god miljøtilstand. Overvåkingen bekrefter dette og miljøtilstanden er *svært god* basert på planteplankton, mens støtteparameterne kommer i tilstandsklasse *god* i en samlet vurdering (Tabell 11).

Tabell 11. Samlet tilstandsvurdering på to stasjoner i Vestfold for klorofyll-a i sommerperioden (biologisk kvalitetselement) og for støtteparameterne næringsalter og oksygen for sommer- og vinterperioden. Siktdyp er ikke inkludert i den samlede vurderingen på grunn av usikkerheter knyttet til denne parameteren.

Stasjon	Periode	Tilstandsklasse	Utslagsgivende parameter
<i>Biologisk kvalitetselement</i>			
Bolærne	2017-2018	I	
Kongsholmen	2017-2018	I	
<i>Støtteparametere</i>			
Bolærne	2017-2018	II	Vinter; Nitrat, totalt fosfor, fosfat
Kongsholmen	2017-2018	II	Nitrat, totalt nitrogen og fosfor, fosfat, oksygen

### 4.3 Indre del av Ytre Oslofjord

I de indre delene av Ytre Oslofjord har det i hele overvåkningsperioden 2014-2018 vært foretatt prøvetaking ved Solumstrand og Svelvik i Drammensfjorden og ved Kippenes i Mossesundet. I de første årene av perioden var også Breiangen en del av programmet.

Solumstrand og Svelvik i Drammensfjorden er adskilt fra resten av Ytre Oslofjord av en grunn og smal terskel, mens Kippenes ligger relativt åpent ut mot Ytre Oslofjord, men er samtidig i stor grad påvirket av forholdene i Mossesundet.

Felles for de tre stasjonene er at de har forhøyede nitratkonsentrasjoner - i størst grad stasjonene i Drammensfjorden (Tabell 12). Basert på denne parameteren er tilstanden både sommer og vinter i alle årene *moderat* eller *dårlig*, unntatt vinterstid tre enkeltår. Tilstanden ble dårligere i perioden 2016-2018 for Solumstrand. De to stasjonene i Drammensfjorden har også forhøyede konsentrasjoner av totalt nitrogen i mange av årene.

For fosfat varierte tilstanden fra *svært god* til *moderat* i Drammensfjorden. Ved Solumstrand er den blitt dårligere de tre siste årene, mens den ved Kippenes har vært enten *god* eller *svært god* i perioden.

Tilstandsvurdering basert på hele perioden 2014-2018 gir *dårlig* eller *moderat* tilstandsklasse for alle nitrogen-parameterne ved Solumstrand, mens fosfor-parameterne gir *god* tilstand. Ved Svelvik er tilstanden i samme periode *moderat* for nitrogen-parameterne og *god* for fosfat, med unntak av fosfat som i sommerperioden er *moderat*.

Forholdene var stort sett bedre ved Kippenes enn i Drammensfjorden. Det er ingen større endringer eller tydelige trender i næringssaltkonsentrasjoner ved Kippenes i perioden 2014-2018. I den samlede vurderingen ble tilstanden *moderat* for nitrat, men de øvrige næringssaltparameterne var i enten *god* eller *svært god* tilstand.

Tabell 12. Tilstandsvurdering basert på sommer- og vinterkonsentrasjoner av næringsalter i de øvre 2-10 m dyp på tre stasjoner i indre del av Ytre Oslofjord.

Stasjon	År	Sommerklassifisering				Vinterklassifisering*			
		Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)
Solumstrand	2014	150,2	4,5	12,6	363	255,9	2,9	7,7	411,5
	2015	182	4	12	389	252	11	18	404
	2016	234	5,5	13	367	196	12	12,5	471
	2017	260	5,7	12,4	438	255	19,5	24,4	470
	2018	243	5,3	10,1	299,8	-	-	-	-
	<b>2014-2018</b>	<b>214</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>371</b>	<b>240</b>	<b>11,4</b>	<b>15,7</b>	<b>440</b>
Svelvik	2014	145,9	6,1	14,4	372	267,6	3,6	9,5	430
	2015	141	5	14	401	223	12	14	396
	2016	161	5,5	14	359	169	13,5	19,6	334
	2017	180	5,6	14,2	456	178	17	12,8	385
	2018	108	5,3	11	283,3	-	-	-	-
	<b>2014-2018</b>	<b>147</b>	<b>5,5</b>	<b>13,5</b>	<b>374</b>	<b>209</b>	<b>11,5</b>	<b>14</b>	<b>386</b>
Kippenes	2014	50,8	4,1	14	257	121,4	15,9	19,5	259
	2015	38	2	11	238	138	19	24	302
	2016	32,5	4,6	13,8	280	145	14,7	23	345
	2017	48	4,4	11,2	273	148	17,4	23,9	311
	2018	37,4	6,9	11,5	215	115,7	18	24,5	284
	<b>2014-2018</b>	<b>41,3</b>	<b>4,4</b>	<b>12,3</b>	<b>201</b>	<b>133,6</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>300</b>

\*Kun basert på prøvetaking i januar og februar

På grunn av den grunne og smale terskelen ved Svelvik er oppholdstiden for bunnvannet inne i Drammensfjorden lang. Dette resulterer i stagnasjon og lave oksygenkonsentrasjoner. For begge stasjonene i Drammensfjorden er tilstanden basert på oksygenkonsentrasjon i bunnvannet *svært dårlig* (Tabell 13). I overvåkningsperioden 2014-2018 har det ikke funnet sted noen markant utskiftning av bunnvannet ved Svelvik. I intermedjært dyp (75 m) ble det sommeren 2018 målt en moderat utskiftning som ga bedre oksygenforhold i dette dypet. En utskiftning av bunnvannet ble sist registrert sommeren 2013. Ved Kippenes varierer oksygenforholdene i bunnvannet mellom *moderat* og *god* tilstand, der samlet vurdering for perioden 2014-2018 ble *moderat*. Siktdyp er ikke inkludert i den overordnede klassifiseringen av miljøtilstanden. For stasjonene i indre del av Ytre Oslofjord er tilstanden stort sett *moderat* basert på siktdyp. Unntaket er 2018, som nevnt ovenfor var en tørr og nedbørfattig sommer, og tilstanden basert på siktdyp ble *god*.

Begge stasjonene i Drammensfjorden har såpass høye nitrogenkonsentrasjoner og tilstrekkelig med fosfat til at det burde resultere i høy biomasse av planteplankton. Samlet klassifisering for hele perioden, basert på klorofyll-a, gir likevel *god* tilstand ved begge stasjonene (Tabell 14). I de enkelte årene er forholdene generelt bedre på den indre stasjonen Solumstranda enn ved Svelvik. Den observerte forskjellen er styrt av oppholdstiden av overflatevannet ved de to stasjonene, som medfører at algene i større grad transporteres ut fra indre fjord. Ved Kippenes varierer tilstanden mellom *moderat* og *svært god*, med en samlet tilstand for perioden som *god*. Det er ingen trend i utviklingen for klorofyll-a i perioden 2014-2018.

Tabell 13. Tilstandsvurdering på tre stasjoner i indre del av Ytre Oslofjord basert på oksygenkonsentrasjon i bunnvannet på høsten og siktdyp på sommeren.

Stasjon	År	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)*
Solumstrand	2014	0,3	3,3
	2015	0,2	3,7
	2016	0,1	2,7
	2017	0,1	3,2
	2018	0,1	3,7
	<b>2017-2018</b>	<b>0,2</b>	<b>3,3</b>
Svelvik	2014	0,4	4
	2015	0,3	4
	2016	0,1	4
	2017	0,1	3,2
	2018	0,1	4
	<b>2014-2018</b>	<b>0,2</b>	<b>3,8</b>
Kippenes	2014	3,4	4,6
	2015	4,1	5
	2016	3	4,7
	2017	3,6	5,3
	2018	3,6	6
	<b>2014-2018</b>	<b>3,5</b>	<b>5,1</b>

Tabell 14. Tilstandsvurdering av tre stasjoner i indre del av Ytre Oslofjord basert på det biologiske kvalitetselementet planteplankton (klorofyll-a). Klassifisering i henhold til SFT 97:03.

Stasjon	År	Klorofyll a (µg/l)
Solumstrand	2014	4,6
	2015	1,1
	2016	1
	2017	1,5
	2018	2,8
	<b>2014-2018</b>	<b>2,2</b>
Svelvik	2014	5,1
	2015	1,5
	2016	1,9
	2017	2,8
	2018	4,2
	<b>2014-2018</b>	<b>3,1</b>
Kippenes	2014	2,8
	2015	2
	2016	3,8
	2017	2,1
	2018	3,3
	<b>2014-2018</b>	<b>2,8</b>

I Tabell 15 er samlet vurdering for de indre stasjonene i Ytre Oslofjord gitt. For støtteparameterne (næringsalter og oksygen) vil dårligste tilstandsklasse være styrende for samlet vurdering.

For Drammensfjorden og Kippenes er tilstanden *god* for planteplankton (klorofyll-a) for perioden 2014-2018, mens den for støtteparameterne er henholdsvis *svært dårlig* og *moderat*. Samlet vurdering av planteplankton og de kjemiske forholdene gir *moderat* miljøtilstand, hvilket i utgangspunktet krever tiltak i henhold til vannforskriften. For Drammensfjorden vil det være viktig å diskutere og avklare hvorvidt denne fjorden skal anses som en naturlig oksygenfattig fjord på grunn

av sin utforming, og dermed ha andre miljømål. Forholdene i Drammensfjorden er nærmere omtalt i kapittel 6.

Tabell 15. Samlet tilstandsvurdering for de indre stasjonene i Ytre Oslofjord basert på planteplankton (klorofyll-a) og støttparameterne næringsalter og oksygen for sommer- og vinterperioden. Siktdyp er ikke inkludert i den samlede vurderingen på grunn av usikkerheter knyttet til parameteren.

Stasjon	Periode	Tilstandsklasse	Utslagsgivende parameter
<i>Biologisk kvalitetselement</i>			
Solumstrand	2014-2018	II	
Svelvik	2014-2018	II	
Kippenes	2014-2018	II	
<i>Støttparametere</i>			
Solumstrand	2014-2018	V	Oksygen
Svelvik	2014-2018	V	Oksygen
Kippenes	2014-2018	III	Nitrat, oksygen

I overvåkingsprogrammet ØKOKYST-Skagerrak inngår stasjon VT10 i Breiangen i indre del av Ytre Oslofjord. Stasjonen ble tidligere undersøkt i Ytre Oslofjord-overvåkingen. Klassifiseringen av støttparameterne på denne stasjonen gir *moderat* tilstand, hvor siktdyp, oksygen og nitrat er utslagsgivende parametere. For planteplankton (klorofyll-a) er stasjonen klassifisert til *god* tilstand, men i nedre sjikt av skalaen på grensen mot *moderat* tilstand (Fagerli et al. 2019).

#### 4.4 Åpen fjord, Østfold

I Østfold er det to stasjoner som ligger åpent til mot sentrale deler av Ytre Oslofjord; Rauerfjorden og Krokstadfjorden, som begge har vært inkludert i programmet siden sommeren 2016.

Næringssaltene i Rauerfjorden gir *svært god* tilstand for nitrat, fosfat og totalt nitrogen i sommerperioden, og for nitrat i vinterperioden (Tabell 16). For de øvrige parameterne er tilstanden *god*. Det er først og fremst fosfat og total fosfor som har gitt noe redusert tilstand i enkelte år.

I Krokstadfjorden er det tilfredsstillende forhold basert på næringsalter. Totalt nitrogen har i perioden bedret seg fra *moderat* til *svært god* tilstand. De øvrige parameterne viste ingen større endringer. Samlet vurdering for perioden er *svært god* tilstand for nitrat og fosfat på sommeren og nitrat på vinteren. Øvrige parametere er i tilstandsklasse *god*. Som for Rauerfjorden er det totalt fosfor og fosfat (vinter) som gjennomgående viser noe redusert tilstand i overvåkingsårene.

Tabell 16. Tilstandsvurdering av to stasjoner i området «Åpen fjord, Østfold», basert på sommer- og vinterkonsentrasjoner av næringsalter i de øvre 2-10 m dyp.

Stasjoner	År	Sommerklassifisering				Vinterklassifisering*			
		Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)
Rauerfjorden	2016	7,7	2,5	11	194	-	-	-	-
	2017	8,2	3,3	13,2	247	83	15,2	22,9	319
	2018	2,8	2,7	11,1	220	99,6	17,5	24,6	273
	<b>2016-2018</b>	<b>6,2</b>	<b>2,8</b>	<b>11,7</b>	<b>220</b>	<b>91</b>	<b>16,4</b>	<b>23,8</b>	<b>296</b>
Krokstadfjorden	2016	11	2,6	12,8	492	-	-	-	-
	2017	16,3	3,8	11,8	254	88	15	23	311
	2018	4,4	3	12	223	100	17,5	23,8	272
	<b>2017-2018</b>	<b>10,6</b>	<b>3,1</b>	<b>12,2</b>	<b>323</b>	<b>94</b>	<b>16,3</b>	<b>23,4</b>	<b>292</b>

\*Kun basert på prøvetakning i januar og februar

Stasjonene i både Rauerfjorden og Krokstadfjorden ligger relativt tett opp mot den sentrale Oslofjorden og med god vannutskiftning. Krokstadfjorden er i tillegg en grunn stasjon. Det er derfor ikke overaskende at oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet gir *svært god* tilstand for perioden 2016-2018 på begge stasjonene (Tabell 17). Kun i 2017 var det noe redusert tilstand i Krokstadfjorden. For siktdyp varierer tilstanden mellom *moderat* og *god*.

Tabell 17. Tilstandsvurdering av to stasjoner i området «Åpen fjord, Østfold», basert på oksygenkonsentrasjon i dypeste dyp på høsten og siktdyp på sommeren.

Stasjoner	År	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)
Rauerfjorden	2016	4,6	4,7
	2017	4,7	6
	2018	4,8	6,7
	<b>2016-2018</b>	<b>4,7</b>	<b>5,8</b>
Krokstadfjorden	2016	4,6	5
	2017	4,3	5,3
	2018	5	7
	<b>2017-2018</b>	<b>4,6</b>	<b>5,7</b>

For det biologiske kvalitetselementet planteplankton (uttrykt som klorofyll-*a*) er tilstandsvurderingen for de enkelte årene og for perioden 2016-2018 gitt i Tabell 18. Begge stasjonene er i tilstandsklasse *god* når de klassifiseres i henhold til veileder SFT 97:03. Det er ingen større endringer i tilstand i overvåkningsperioden.

Tabell 18. Tilstandsvurdering av to stasjoner i området «Åpen fjord, Østfold», basert på det biologiske kvalitetselementet klorofyll-*a* i henhold til veileder SFT 97:03.

Stasjoner	År	Klorofyll a (µg/l)
Rauerfjorden	2016	1,6
	2017	2,2
	2018	2,8
	<b>2017-2018</b>	<b>2,2</b>
Krokstadfjorden	2016	1,9
	2017	2
	2018	3
	<b>2017-2018</b>	<b>2,3</b>

Begge stasjonene i «Åpen fjord, Østfold», er i tilstandsklassen *god* basert på de undersøkte parameterne i vannmassene (Tabell 19). I klassifiseringen er det først og fremst forhøyede konsentrasjoner av fosfat og totalt fosfor som fører til noe redusert tilstand.



Tabell 19. Samlet tilstandsvurdering av to stasjoner i området «Åpen fjord, Østfold», basert på det biologiske kvalitetselementet planteplankton (klorofyll-a) og støttparametere (næringsalter og oksygen) for sommer- og vinterperioden. Siktdyp er ikke inkludert på grunn av usikkerheter knyttet til denne parameteren. Begge stasjonene er overvåket fra sommeren 2016.

Stasjoner	Periode	Tilstandsklasse	Utslagsgivende parameter
<i>Biologisk kvalitetselement</i>			
Rauerfjorden	2016-2018	II	
Krokstadfjorden	2016-2018	II	
<i>Støttparametere</i>			
Rauerfjorden	2016-2018	II	totalt fosfor og nitrogen, fosfat
Krokstadfjorden	2016-2018	II	fosfat, totalt fosfor og nitrogen

## 4.5 Hvalerområdet

I Hvalerområdet ble det inkludert en ny stasjon i 2018, Skjebergkilen. For Sponvika foreligger det data fra og med sommeren 2017 til og med 2018. Begge disse stasjonene er inkludert i tilstandsvurderingen, men det er ikke foretatt en samlet vurdering for undersøkelsesperioden. Stasjoner som har vært inne i enkelte år tidligere i perioden, er ikke vist i denne sammenstillingen, og for deres tilstandsvurdering henvises det til tidligere årsrapporter. Stasjoner som har vært inkludert i programmet hele perioden 2014-2018, er Leira, Ramsø, Haslau, Ringdalsfjorden og midtre Iddefjorden. Det er kun disse stasjonene som inngår i den samlede vurderingen for undersøkelsene i vannmassene, og resultatene er vist i Tabell 23.

Stasjonen i Skjebergkilen er kun undersøkt i 2018. Tilstanden varierte mellom *svært god* og *moderat* (Tabell 20). Det var konsentrasjonene av totalt fosfor i vinterperioden og klorofyll-a i sommerperioden som resulterte i *moderat* tilstand. De øvrige parameterne var i *god* eller *svært god* tilstand. Klassifisering av støttparametere og klorofyll-a samlet i 2018 gir *moderat* miljøtilstand i Skjebergkilen. For Sponvika foreligger det 1,5 år med data. I 2018 er miljøtilstanden satt til *moderat* på grunn av forhøyede konsentrasjoner av total fosfor på vinteren og klorofyll-a på sommeren. Ved begge disse stasjonene var oksygenforholdene i bunnvannet i tilstandsklasse *god*.

For stasjonen Leira er miljøtilstanden i perioden 2014-2018 *god*, og ingen av parameterne viser noen tydelige trender i perioden (Tabell 20 - Tabell 22). For stasjonen Ramsø er den samlede tilstanden basert på kjemiske parametere *moderat* på grunn av forhøyede konsentrasjoner av nitrat i sommerperioden (Tabell 20) og oksygenforholdene i bunnvannet (Tabell 21). For denne stasjonen er det heller ingen klare trender, selv om tilstanden i 2018 var bedre enn i tidligere år. Ved Haslau er tilstanden *moderat* på grunn av nitratkonsentrasjonene i sommerperioden (Tabell 20). Også for denne stasjon var forholdene i 2018 bedre enn for hele perioden. Årsaken til at 2018 gir bedre miljøtilstand ved Ramsø og Haslau, da spesielt for sommerperioden, er igjen mest sannsynlig den tørre og nedbørfattige sommeren 2018.

Miljøforholdene innenfor Sponvika er betydelig dårligere enn utenfor. Svinesund fremstår som et markant skille i Hvalerområdet. For Ringdalsfjorden er miljøtilstanden *dårlig* på grunn av høye verdier av nitrat og totalt nitrogen (Tabell 20), mens samlet vurdering basert på kjemiske parametere gir *svært dårlig* tilstand i Iddefjorden på grunn av lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet (Tabell 21). Utskiftningen av intermedieære vannmasser med lav oksygenkonsentrasjon i 2017 resulterte i

*svært dårlig* fosfat-tilstand vinteren 2017. Innblandingen av fosfatrikt intermediært vann til overflaten resulterte også i dårlig fosfattilstand sommeren 2018.

Tabell 20. Tilstandsvurdering av stasjonene i Hvalerområdet basert på sommer- og vinterkonsentrasjoner av næringssalter i de øvre 2-10 m dyp.

Stasjon	År	Sommerklassifisering				Vinterklassifisering*			
		Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)	Nitrat (µg/l)	Fosfat (µg/l)	Tot P (µg/l)	Tot N (µg/l)
Leira	2014	27,5	4,1	11,6	225	105,2	14,9	19,5	236
	2015	11	3	13	204	109	17	24	246
	2016	18	3,3	11,7	219	119	15,7	22	291
	2017	12,5	3,9	11,2	203	78,5	15,6	23,8	308
	2018	9,8	3,7	10	218	125,6	17,8	25,1	287
	<b>2014-2018</b>	<b>15,8</b>	<b>3,6</b>	<b>11,5</b>	<b>214</b>	<b>108</b>	<b>16,5</b>	<b>22,9</b>	<b>274</b>
Ramsø	2014	67,6	4,5	18,4	394	120,8	14,4	19,2	288
	2015	38	5	14	250	117	18	24	291
	2016	62	5,3	15	331	116	16	22	297
	2017	57,7	5,5	12,6	339	94	16,4	23	384
	2018	22	3,9	9,7	208	109	17	23,7	322
	<b>2014-2018</b>	<b>49,5</b>	<b>4,8</b>	<b>13,9</b>	<b>304</b>	<b>111</b>	<b>16,4</b>	<b>22,4</b>	<b>316</b>
Haslau	2014	36,4	3,4	14,9	294	137,6	16	21,2	296
	2015	32	4	14	288	109	19	24	272
	2016	24	3,8	14	256	112	15,8	23	306
	2017	25,9	4,2	13	254	99,4	15,3	24,4	379
	2018	7,1	2,7	11,3	228	105	17,2	25,6	287
	<b>2014-2018</b>	<b>25,1</b>	<b>3,6</b>	<b>13,4</b>	<b>263</b>	<b>112,6</b>	<b>16,7</b>	<b>23,6</b>	<b>308</b>
Skjebergkilen <sup>^</sup>	2018	14,2	2,8	12,2	214	100	17,8	26,4	224
Sponvika <sup>^</sup>	2017	32,7	5	14,4	280	-	-	-	-
	2018	21,8	4,2	15	265	108	17,5	25,4	296
Ringdalsfjorden	2014	114,6	4,9	15,4	381	286	10,8	21,3	565
	2015	146	13	19	452	198	17	22	590
	2016	64	9,2	23	392	234	17	26	634
	2017	82	9,7	18	347	180	31	34	569
	2018	81	7	16,5	376	200	18	23,4	562
	<b>2014-2018</b>	<b>98</b>	<b>8,9</b>	<b>18,4</b>	<b>390</b>	<b>220</b>	<b>18,8</b>	<b>25,3</b>	<b>584</b>
M. Iddefjorden	2014	156,5	6,8	13	401	256	8,8	18,9	588
	2015	233	11	13	507	166	19	18	434
	2016	115	16,4	18	357	207	19,5	24,6	406
	2017	191	8,4	13,9	417	172	80	71,4	398
	2018	182	15,3	13,5	456	-	-	-	-
	<b>2014-2018</b>	<b>176</b>	<b>11,6</b>	<b>14,3</b>	<b>428</b>	<b>200</b>	<b>31,8</b>	<b>33,2</b>	<b>457</b>

\*Kun basert på prøvetaking i januar og februar, <sup>^</sup>kun vist tilstandsvurdering for de enkelte årene

Tilstandsklassifisering basert på oksygenkonsentrasjon i bunnvannet er vist i Tabell 21. Som for næringssalter er det en gradient i forholdene fra *god* i de ytre områdene (Leira, Haslau) til *moderat* i de mer indre områdene (Ramsø). Innenfor Svinesund er tilstanden henholdsvis *dårlig* og *svært dårlig*, ved Ringdalsfjorden og Iddefjorden.

For det biologiske kvalitetselementet planteplankton (klorofyll-a) er tilstanden *moderat* fra Haslau og innover i Hvalerområdet (Tabell 22). Høye næringssaltkonsentrasjoner og tilstrekkelig oppholdstid av overflatevann resulterer i oppbygging av høy planteplanktonbiomasse i disse områdene, og dermed redusert miljøtilstand. Ved Ramsø er tilstanden *god*, mens den er *svært god* ved Leira.

Tabell 21. Tilstandsvurdering av stasjonene i Hvalerområdet basert på oksygenkonsentrasjon i dypeste dyp på høsten og siktdyp på sommeren.

Stasjoner	År	Oksygen (ml/l)	Siktdyp (m)
Leira	2014	4,3	4,7
	2015	4,3	3,4
	2016	4,2	3
	2017	4,5	4,2
	2018	4,8	5,7
	<b>2014-2018</b>	<b>4,4</b>	<b>4,2</b>
Ramsø	2014	2,2	2,7
	2015	2,9	4
	2016	2,6	2,7
	2017	3,5	3,5
	2018	3,7	4
	<b>2014-2018</b>	<b>3</b>	<b>3,4</b>
Haslau	2014	3,8	4
	2015	4,3	4
	2016	4,3	4
	2017	3	3,7
	2018	3,1	4
	<b>2014-2018</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>
Skjebergkilen <sup>^</sup>	2018	4,6	5
Sponvika <sup>^</sup>	2017	4,2	4,7
	2018	3,5	3,3
Ringdalsfjorden	2014	1,7	3
	2015	1,5	2,3
	2016	1,6	2,7
	2017	1,8	3,3
	2018	2,1	2
	<b>2014-2018</b>	<b>1,7</b>	<b>2,7</b>
Midtre Iddefjorden	2014	0,2	3
	2015	0,2	2,3
	2016	0,1	3,2
	2017	0,14	3,2
	2018	0,1	3
	<b>2014-2018</b>	<b>0,15</b>	<b>2,9</b>

<sup>^</sup>stasjonene er ikke undersøkt i hele perioden 2014-2018

Tabell 22. Tilstandsvurdering av stasjonene i Hvalerområdet basert på det biologiske kvalitetselementet Klorofyll-a i henhold til SFT 97:03. Tabellen fortsetter på neste side.

Stasjon	År	Klorofyll a (µg/l)	Stasjoner	År	Klorofyll a (µg/l)
Leira	2014	1,1	Ringdalsfjorden	2014	3,1
	2015	1,1		2015	3,3
	2016	2,7		2016	10,2
	2017	1,7		2017	6,8
	2018	3		2018	5,8
	<b>2014-2018</b>	<b>1,9</b>		<b>2014-2018</b>	<b>5,8</b>
Ramsø	2014	2,3	Midtre Iddefjorden	2014	2
	2015	1,8		2015	2,4
	2016	4		2016	8,8
	2017	2,3		2017	6,3
	2018	1,8		2018	6,4
	<b>2014-2018</b>	<b>2,4</b>		<b>2014-2018</b>	<b>5,2</b>

Stasjon	År	Klorofyll a (µg/l)	Stasjoner	År	Klorofyll a (µg/l)
Haslau	2014	4,1			
	2015	4,9			
	2016	6,1			
	2017	5,6			
	2018	2,1			
	<b>2014-2018</b>	<b>4,6</b>			
Skjebergkilen <sup>^</sup>	2018	3,8			
Sponvika <sup>^</sup>	2017	4,6			
	2018	5,5			

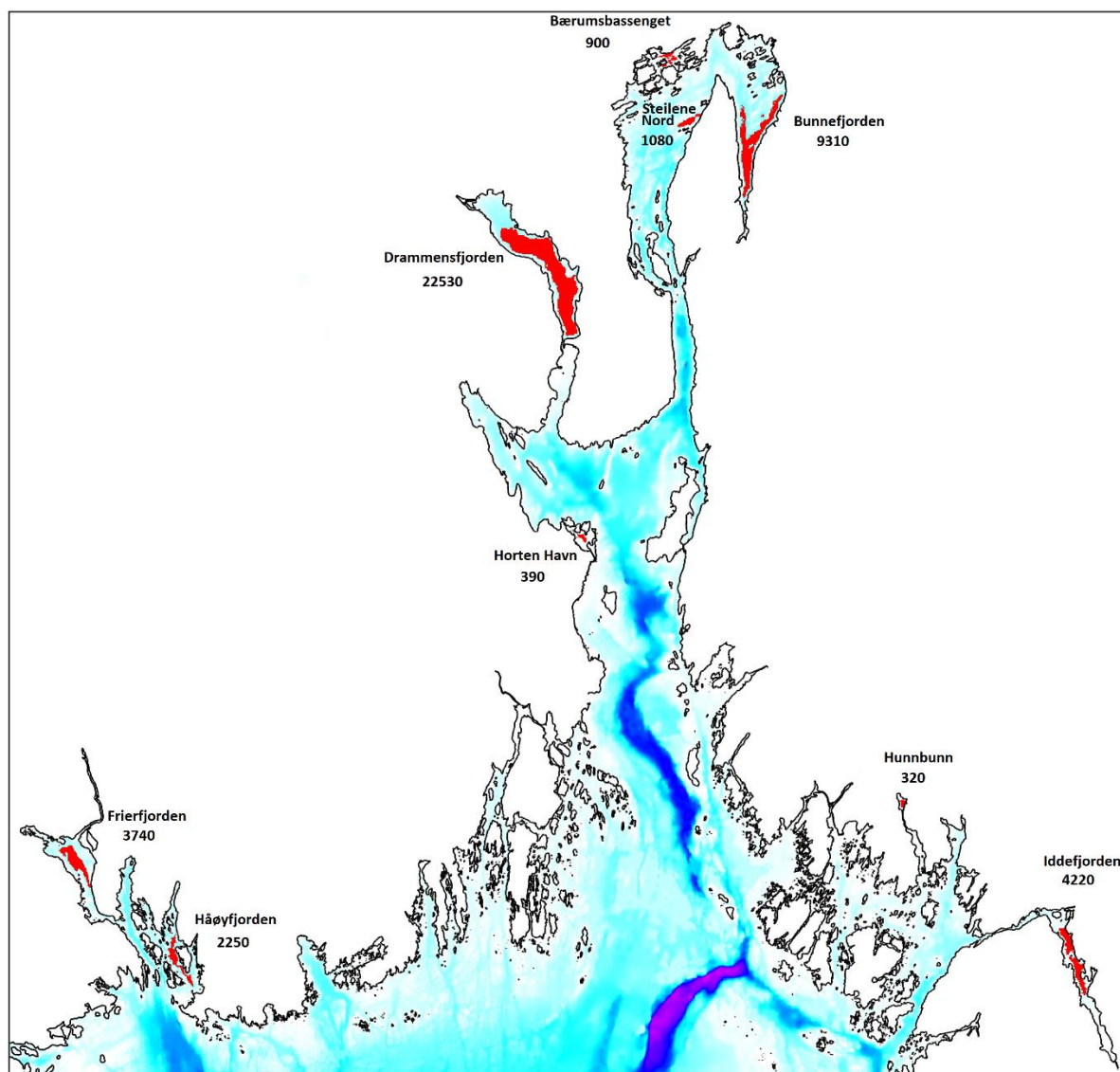
<sup>^</sup>stasjonene er ikke undersøkt i hele perioden 2014-2018

Samlet vurdering for stasjonene i Hvalerområdet er gjort på stasjoner som har vært inkludert i hele overvåkingsperioden 2014-2018 (Tabell 23). De øvrige stasjonene har for lite data. Basert på det biologiske kvalitetselementet planteplankton (klorofyll-a) er det en tydelig gradient fra de ytre til de indre delene av Hvaler. Tilstanden er *svært god* til *god* i de ytre delene, mens det i de indre områdene og mer beskyttede ytre delene (eks Haslau) er *moderat* tilstand. Tilstandsvurderingen viser også en gradient fra de ytre til de indre delene av Hvaler (Tabell 23). Det er først og fremst forhøyede nitrogenkonsentrasjoner som gir redusert tilstand i Hvalerområdet, men for enkelte stasjoner er også lave oksygenkonsentrasjoner utslagsgivende for tilstanden. Forholdene er generelt bedre i de ytre delene og blir dårligere inn mot Iddefjorden.

Tabell 23. Samlet tilstandsvurdering av stasjonene i Hvalerområdet basert på biologisk kvalitetselement planteplankton (klorofyll-a) om sommeren, samt støtteparameterne næringsalter og oksygen for sommer- og vinterperioden. Siktdyp er ikke inkludert på grunn av usikkerheter knyttet til denne parameteren.

Stasjoner	Periode	Tilstandsklasse	Utslagsgivende parameter
<i>Biologisk kvalitetselement</i>			
Leira	2014-2018	I	
Ramsø	2014-2018	II	
Haslau	2014-2018	III	
Ringdalsfjorden	2014-2018	III	
Midtre Iddefjorden	2014-2018	III	
<i>Støtteparametere</i>			
Leira	2014-2018	II	nitrat, fosfat, total fosfor, oksygen
Ramsø	2014-2018	III	nitrat, oksygen
Haslau	2014-2018	III	nitrat
Ringdalsfjorden	2014-2018	IV	nitrat, totalt nitrogen, oksygen
Midtre Iddefjorden	2014-2018	V	oksygen

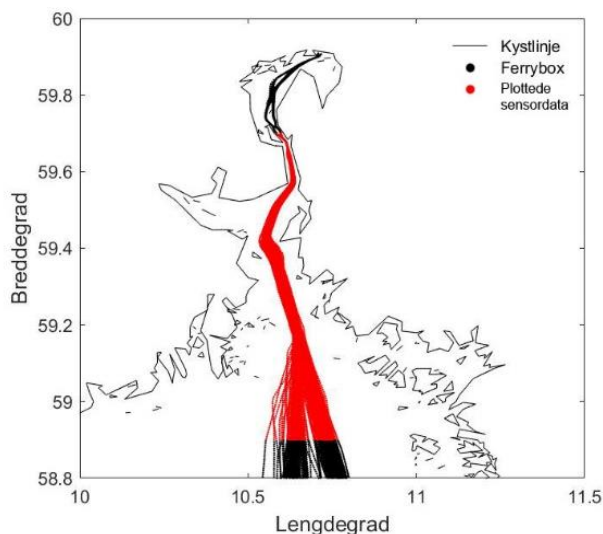
Vi har sett at det i flere områder i Ytre Oslofjord er dårlige oksygenforhold som er avgjørende for hvilken miljøtilstand et område blir klassifisert til. I Figur 10 er det presentert et kart som viser alle de områder i hele Oslofjorden som stort sett har permanent dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Til sammen dekker dette bunnarealer på ca. 45 km<sup>2</sup>, hvor det vil være nærmest livløst på bunnen og hvor fisk vil unngå å bevege seg inn. Undersøkelser i fjorder på Skagerrakkysten har for eksempel vist at torsk ikke oppholder seg i vann med mindre enn 2,5 ml/l oksygen. Kartet viser at nesten alle områdene med dårlige oksygenforhold er fjordområder med terskler som begrenser vannutskiftningen og som gjør dem ekstra sårbare for påvirkning.



Figur 10. Bunnområder i Oslofjorden med dypvann som er mer eller mindre permanent oksygenfrie (røde arealer). Tallene angir beregnet antall dekar (1000 m<sup>2</sup>) området strekker seg over.

## 4.6 Ferrybox

Ytre Oslofjord har vært overvåket på 4 meters dyp ved hjelp av Ferrybox på cruisefergen MS Color Fantasy som går mellom Oslo og Kiel med avganger annenhver dag fra Oslo (Figur 11). Ferrybox er i hovedsak et pumpesystem som leder vann fra innløp, gjennom en rekke sensorer og prøvetakingsutstyr, til utløp. Sensordata vist i Figur 12 er begrenset til saltholdighet, temperatur og klorofyll a fluorescens siden 2012, ettersom disse målingene er de høyest kvalitetssikrede og målt i hele perioden.



Figur 11. Transekt for MS Color Fantasy med Ferrybox. Figuren viser loggede ruter i perioden 2012-2018. Den røde delen av rutene er området som det er vist data for.

#### 4.6.1 Saltholdighet og temperatur

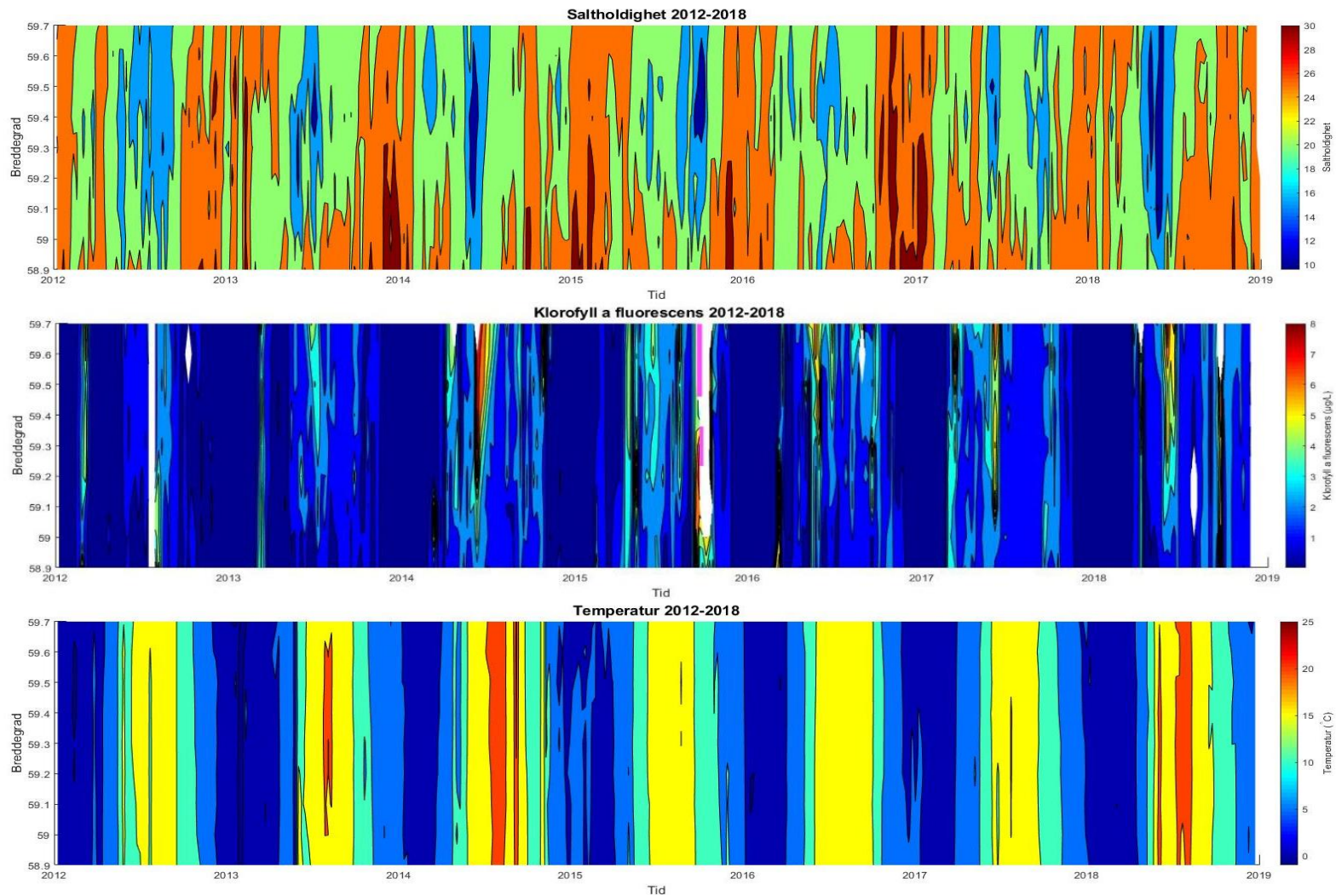
Saltholdigheten i fjorden varierer mellom vinter og sommer og med nedbørsperioder. Kraftige nedbørsperioder og flommer har vist å øke mengden av andre typer alger enn de vi vanligvis ser. Temperaturen preges av sesongvariasjoner og mellomårlege variasjoner. 2014 og 2018 hadde spesielt varme somre, men i 2018 var det også en kald og langvarig vinter.

#### 4.6.2 Klorofyll a fluorescens

Planteplankton er mikroskopiske encellede planter som svever fritt i vannmassene og utnytter tilgjengelige næringssalter og lys til sin vekst. I og med at de fleste utfører fotosyntese er de primært knyttet til de øvre vannlagene. Klorofyll-a brukes som biomasse mål for mengden av fotosyntetiserende alger i fjorden og fra klorofyll-a avgis fluorescens ved fotosyntetiske prosesser. Mengden fluorescens som avgis varierer med algenes størrelse, lyspåvirkning og næringsstatus, og mellom arter. Det er derfor ikke gitt at celltall fra tellinger og biomassen basert på klorofyll-a samvarierer uten videre tolkning. Sensormålingene fra ferrybox ble derfor kalibrert mot spektrofotometriske analyser av klorofyll-a.

Den historiske normalperioden for våroppblomstringen har vært i mars i Oslofjorden. I perioden 2012 til 2018 er vårbloomstringen registrert mellom slutten av februar og begynnelsen april. I tiden rundt mai til juni øker algemengden på nytt, før det igjen ofte blir en oppblomstring på høsten. Oppblomstringene om våren ser ikke ut til å samvariere med saltholdighet, mens oppblomstringer utover sommeren har en klarere sammenheng med lavere saltholdighet. Om våren ser det ut som at oppblomstringene kan bli forsinket ved svært lave temperaturer, som i 2018 (Figur 12). Det må imidlertid merkes at sensoren vinteren 2018 ble utsatt for kondens, som kan ha påvirket resultatene.





Figur 12. Temperatur, klorofyll a fluorescens og saltholdighet langs ferrybox-ruten (y-akse) i 2012-2018. For klorofyll-a fluorescens ble det kun plottet verdier under 10 µg/L, mens rosa markering viser når det har vært høyere biomasse; kun en kort periode høsten 2015, opp mot 14 µg/L.

## 4.7 Planteplankton

Planteplankton er mikroskopiske encellede planter som primært knyttet til de øvre vannlagene. Den nedre dybdegrensen for planteplanktonvekst avhenger av en rekke prosesser knyttet til svekking av lyset og lysets mulighet til å trenge ned i vannet. Planteplanktonveksten i seg selv vil også kunne påvirke lysregimet i de enkelte dyp. I områder med stor tilførsel av humus, gjennom ferskvannstilførsel, vil lysforholdene ofte være dårlige og det registreres lave til moderate mengder av planteplankton innenfor påvirkningssonen.

Planteplanktonvekst styres også av de fysiske forholdene, først og fremst stabilitet i vannsøylen. Stabiliteten er i kystnære områder styrt av ferskvannstilførsel ved at ferskvannet etablerer et stabilt overflatelag hvor planteplanktonbiomassen kan øke dersom øvrige forhold ligger til rette. Næringsalter er nødvendige for planteplanktonvekst. Ulike grupper i planteplanktonet vil ha ulike behov for næringsalter, og i perioder av året vil konkurransen om næringsstoffer være stor. Alle grupper av planteplankton er avhengig av nitrogen og fosfat, mens gruppen kiselalger må i tillegg ha tilgang til silikat. Næringsalter er naturlige komponenter av sjøvann og viser i likhet med planteplankton betydelige sesongmessige variasjoner, styrt av tilførsler, forbruk og regenerering. Hvilke tilførselsprosesser som er viktigst, vil variere gjennom året og mellom områdene i Ytre Oslofjord. I de åpne områdene vil omrøring av vannmassene, spesielt på vinteren og våren, medføre balanserte mengder av alle næringsaltene. Utover våren og sommeren vil omrøringen avta og tilførsel til overflatelaget fra omkringliggende områder vil være viktigere kilder. I områder påvirket av avrenning fra større vassdrag vil ferskvannstilførsel bidra med næringsalter, først og fremst silikat og nitrogen, som sammen med et stabilt overflatelag kan gi gode betingelser for økt algevekst.

Mange av de samme faktorene som styrer biomassen, vil også kunne påvirke sammensetningen av arter i planteplankton. Det er f. eks en rekke arter som defineres som brakkvannsalger og som kun registreres i vannforekomster med tilførsel av ferskvann. I slike områder vil man kunne observere gradienter, der disse artene er mer tallrike i de indre ferskvannspåvirkede delene med avtagende mengder utover. På den andre siden har man arter som har lav toleranse for ferskvann (brakkvann), som primært registreres i de ytre og åpne delene av fjordområdet. Sammensetningen av næringsalter vil også kunne være styrende. Kiselalger dominerer ofte områder med jevn tilførsel eller høye konsentrasjoner av silikat. En beskrivelse av artsforekomstene av planktonalger i 2018 er gitt i fagrapporten (Naustvoll et al. 2019)

### 4.7.1 Bruk av planteplankton som indikator

Planteplanktonproduksjonen (biomasse) i Oslofjorden har vært studert gjennom svært lang tid. Studier fra 30-tallet og 60-tallet viste at det var en sammenheng mellom mengden tilførte næringsalter, primært knyttet til kloakkutslipp, og forekomsten av planteplankton (Braarud & Bursa 1939, Braarud og Nygaard 1967, Tangen 1985). Oppblomstringer av kiselalgen *Skeletonema* og større fureflagellater i sommerperioden ble trukket frem som indikasjon på overgjødning i deler av Oslofjorden. I senere tid har man ikke benyttet disse, eller andre, som indikatorer for eutrofiering. Vurderinger av planteplanktonens sammensetning har i svært liten grad blitt benyttet til tilstandsvurdering, til tross for at OSPAR i lengre tid har hatt en liste med potensielle indikatorarter for eutrofiering. Det er flere årsaker til dette, blant annet har det vært mye diskusjon omkring utvalget av arter på OSPAR's liste, men også økologiske og metodiske utfordringer ved innsamling og tolkning av slike data. Planteplanktonets vekstdynamikk med raske endringer i biomasse og artssammensetning, utpreget flekkvis fordeling og stor påvirkning fra fysiske og kjemiske forhold medfører et behov for høy frekvens i prøvetakingen for å sikre tilstrekkelig utsagnskraft i dataene. I dag foreligger det ingen klare vurderingskriterier for indikatorarter eller algesamfunn, verken hos OSPAR,



Miljødirektoratet eller i forbindelse med EU' rammedirektiv for vann. Inntil det foreligger gode vurderingskriterier vil tilstandsvurderingen basert på planteplankton knyttes til mengde klorofyll-a (et mål for planteplanktonbiomasse) og klassifiseres iht. Veileder 02:2018 ([www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)). I denne rapporten er vurderingen av planteplankton sammensetning og -mengde basert på faglig skjønn og med fokus på å beskrive forskjeller og ulikheter mellom ulike områder i Ytre Oslofjord. Vi har valgt å fokusere på plankton i sommerperioden fordi det er den perioden av året med minst naturlig variasjon og da lokale forhold vil ha størst betydning. Det er også den perioden som overvåkningsprogrammet har mest systematiske data fra.

Tilstanden for parameteren klorofyll-a i Ytre Oslofjord vurderes som *god*, i enkelte områder *svært god*, men mange områder har til tider vært klassifisert som *moderat*, og enkelte som *dårlig* eller *svært dårlig* (Walday 2012). I perioden 2014-2018 ble de vestlige deler av Ytre Oslofjord og Frierfjorden klassifisert som *god* eller *svært god*, men Frierfjorden har i perioder hatt *moderat* tilstand. I Hvaler området hadde de ytre stasjonene *god* og *svært god* tilstand mens de lenger inn og inne i fjordene fikk *moderat*. Åpne områder av fjorden, både i Østfold og Vestfold, fikk *god* eller *svært god* tilstand (se kapittel 4 samt Fagerli et al. 2019).

De fleste alger er nyttige primærprodusenter og harmløse, men planteplankton kan opptre i så store mengder at de farger sjøen, og selv om de fleste av disse ikke produserer gift kan de skade dyrelivet fordi det f. eks kan bli oksygenvikt når algene dør og brytes ned. Enkelte alger produserer giftstoffer som kan skade fisk og dyr, mens andre kan gjøre sjømat som blåskjell giftige og noen forårsaker også mekanisk skade f. eks på fiskegjeller. Mange av de giftige artene finnes i sjøen store deler av året, men oftest i så små mengder at de ikke utgjør noen fare. Hyppigere forekomster av skadelige algeoppblomstringer har blitt satt i forbindelse med menneskelig påvirkning som økte utslipp av næringssalter fra industri, jordbruk og kloakk (Davidson et al. 2014).

#### 4.7.2 Skadelige planktonalger i Ytre Oslofjord

I Norge overvåkes de skadelige algene og mange av gifttypene de produserer (se [www.algeinfo.imr.no](http://www.algeinfo.imr.no) og [www.matportalen.no/verktoy/blaskjellvarsel/](http://www.matportalen.no/verktoy/blaskjellvarsel/)). Også i Oslofjorden har det blitt registrert mange giftige arter i overvåkingen av Ytre Oslofjord, men siden 2011 har det ikke vært observert noen store oppblomstringer av skadelige alger. Av fiskegiftige arter som er vanlige i Oslofjorden, kan nevnes *Prymnesium polylepis*, *Karlodinium veneficum*, *Karenia mikimotoi* og *Pseudochattonella farcimen*. Alle har forårsaket negative episoder i Oslofjorden, og spesielt var oppblomstringen av *Prymnesium polylepis* (= *Chrysochromulina polylepis*) i 1988 ødeleggende for miljøet i Ytre Oslofjord, selv om skadene var forbigående.

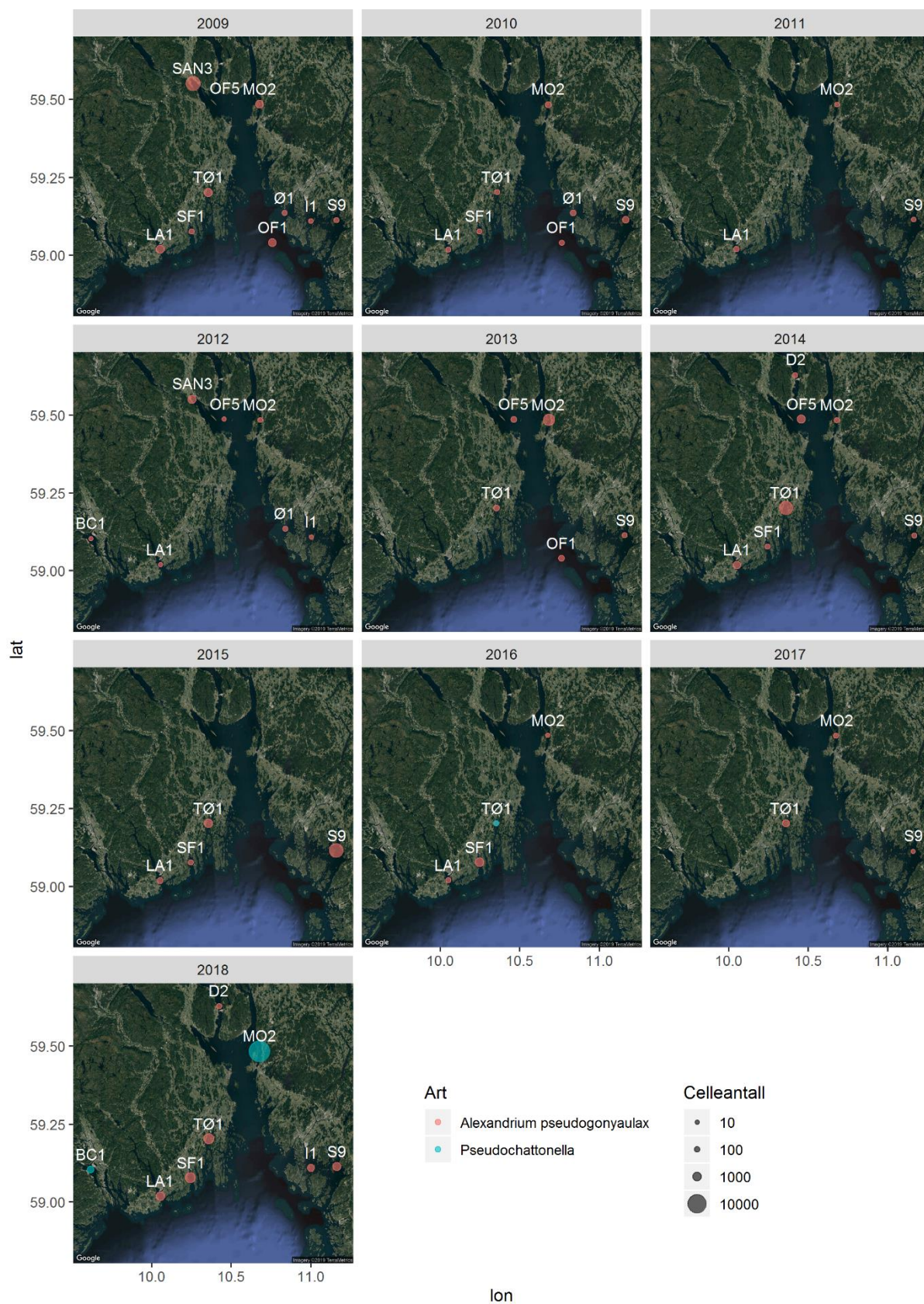
De skjelligiftige artene produserer ulike typer gift som kan være skadelige for mennesker. De viktigste er: DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) som i stor grad forårsakes av *Dinophysis*-artene, PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) som oftest skyldes *Alexandrium*-arter og ASP (Amnesic Shellfish Poisoning) som forårsakes av *Pseudo-nitzschia*-arter. Noen av de skjelligiftene som algene produserer, konsentreres oppover i næringskjeden, og blant andre kan hval og sel påvirkes. De fleste forgiftninger av mennesker skyldes diarégift i blåskjell og er ikke kritiske. Nervegiftene som forårsaker PSP og ASP kan være livstruende, men i Norge har det ikke vært registrert dødsfall som kan settes i forbindelse med giftige alger.

I Ytre Oslofjord ble det i perioden 2007-2011 registrert flere sørlige og noen nye arter for fjorden (Walday 2012). Fram til 2018 har noen av dem etablert seg og blitt et fast innslag, som f. eks de potensielt skadelige artene *Dinophysis tripos*, som etter hvert registreres helt opp i Barentshavet og

*Alexandrium pseudogonyaulax* som observeres om sommeren, til dels i høye antall i Oslofjorden. Enkelte år som i 2012 og 2013 ble det ikke blitt registrert noen sørlige eller nye arter i fjorden.

Fureflagellaten *A. pseudogonyaulax* ble første gang registrert i Ytre Oslofjord i 2008. Den har forårsaket oppblomstringer i Oslofjorden om sommeren, f. eks i 2009, hvor den ble satt i sammenheng med mulige hudirritasjoner. Det har blitt vist at *A. pseudogonyaulax* produserer giften gonidomin A og B, som kan gi milt- og leverskade i forsøksdyr (Espiña et al. 2016), men så langt har det ikke blitt påvist skade hos mennesker og dyr i naturen, og den produserer ikke PSP-giften saxitoksin, slik som mange av de andre *Alexandrium*-artene. Sommeren 2009 ble den registrert på mange stasjoner både på øst og vestsiden av Ytre Oslofjord (Figur 13) og i Indre Oslofjord. Siden har den etablert seg i fjorden og har blitt observert årvisst i varierende mengder og enkelte år på mange av overvåkningsstasjonene (Figur 13).

*Pseudochattonella farcimen* og *P. verruculosa* er fiskegiftige og ble først registrert i Ytre Oslofjord i 1998, samtidig med at det var en stor oppblomstring i nord-europeiske farvann (Havets miljø 2000). Som mange av de fiskegiftige algeartene, er *P. farcimen* vanskelig å identifisere til art og kan ikke skilles fra *Pseudochattonella* i lysmikroskop. *Pseudochattonella farcimen* opptrer ofte tidlig på året når det er kaldt i vannet og liten lysinnstråling. I februar og mars 2017 var *Pseudochattonella* utbredt i Ytre Oslofjord (Missingene og Torbjørnskjær) og Skagerrak og forekom i store mengder i Kattegat og på den svenske vestkysten. I Ytre Oslofjord har den så langt blitt registrert i juni 2016 samt juni og juli 2018 (Figur 13).



Figur 13. Forekomst av planktonalgene *Alexandrium pseudogonyaulax* og *Pseudochattonella* spp. på overvåkingsstasjoner under Fagrådets overvåkingsprogram i Ytre Oslofjord i perioden 2009-2018.

## 5 Tilstanden på bunnen

Miljøforholdene på bunnen i Ytre Oslofjord blir undersøkt jevnlig, men ikke årlig. Bunnen kan grovt sett deles i to hovedtyper:

1. bunn bestående av fast substrat som fjell og stein (hardbunn) og
2. bunn bestående av bløtt substrat som sand, leire og mudder (bløtbunn).

Hardbunn er typisk for områder der bølger og strøm vasker bort partiklene eller der bunnen er så bratt at partiklene vil synke videre ned mot større dyp. Bløtbunn er typisk for mer beskyttede områder, der vannet er roligere og små partikler i vannet får anledning til å synke til bunns og bli liggende.

På grunt vann finner vi ofte hardbunn med både alger og dyr. Med økende dyp avtar mengden alger, som trenger lys for å vokse, til fordel for dyr. På større dyp dominerer bløtbunn og her lever bare bunndyr.

### 5.1 Bløtbunn

Bløtbunnsfauna er virvelløse dyr som lever på overflaten av leire, mudder eller sandbunn, eller som graver seg ned i bunnsedimentet. De vanligste dyregruppene er flerbørstemark, muslinger, snegler, krepsdyr og pigghuder som slangestjerner, sjømus og sjøpølser. I marine områder blir bunndyr som lever i eller på bløtbunn brukt som indikatorer på miljøtilstand og er et nyttig verktøy for å beskrive økologisk status. Bløtbunnsamfunn er rike på arter, og de fleste bunndyrene er relativt stasjonære, det vil si at de ikke forflytter seg så mye rundt, men hovedsakelig oppholder seg på samme sted over tid. Endringer i arts sammensetningen gjenspeiler derfor den sammenlagte responsen til mange arter og reflekterer i stor grad de lokale miljøforholdene.

Bunndyrene påvirkes blant annet av organisk belastning, enten direkte ved utslipp av organisk materiale eller sekundært ved å tilføre næring til plankton som senere sedimenterer ned til bunnen. Hvis vannutskiftningen er begrenset, kan også oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet bli lav som følge av at nedbrytning av det organiske materialet. Organisk belastning kan føre til redusert artsmangfold og endringer i forekomst av ømfintlige og tolerante arter. Ved stor påvirkning kan artsantallet bli sterkt redusert, og individtettheten bli ekstremt høy fordi noen få tolerante arter dominerer. Utslipp av metaller og organiske miljøgifter kan også påvirke bunnfaunaen.

Bløtbunnsfauna kan undersøkes ved å samle inn bunnprøver med en grabb, eller ved å ta et horisontalt profilbilde av sedimentet (SPI) (Figur 14). Grabbprøvene blir opparbeidet kvantitativt ved at alle dyr blir artsbestemt og alle individer talt. På grunnlag av artsdataene blir det beregnet ulike indekser som benyttes til å gi en tilstandsklassifisering av bunnfauna. Tilstanden for bløtbunnsfauna bestemmes ut fra nEQR-verdien (normalisert Ecological Quality Ratio) som gir en samlet tilstandsklassifisering basert på de fem indeksene for bløtbunnsfauna som benyttes i Vannforskriften (Veileder 02:2018).

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av bløtbunn. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i øvre 20 cm av sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben. Rigger senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ned i sedimentet.



Bildet tas gjennom glassplaten via et skråtilt speil hvilket til sammen utgjør prismet. Bildet tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Resultatet blir digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet.

Fra bildene kan en beregne en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) ut fra strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegroper og ekskrementhauger) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunaganger og oksiderte tomrom i sedimentet) samt redox-forhold i sedimentet. BHQ-indeksen klassifiseres til en av fem tilstandsklasser som spenner fra *meget dårlig* til *meget god* tilstand (Rosenberg m. fl. 2004). Metoden inngår ikke som et kvalitets-element i Vannforskriften, men benyttes som et supplement til klassifisering av økologisk tilstand hos bunnfauna. Metoden er rask og krever mindre etterarbeid enn faunaundersøkelser og kan derfor dekke et større geografisk område enn ordinær prøvetaking av bunnfauna med grabb.



Figur 14. Van Veen-grabb (venstre) som benyttes til prøvetaking av bløtbunnsfauna og SPI-kamera (høyre) som tar et horisontalt bilde av sedimentet. Foto: NIVA

### 5.1.1 Tilstanden for bløtbunn i Ytre Oslofjord

I perioden 2007-2018 har NIVA gjennomført en rekke undersøkelser av tilstanden på bløtbunn i Ytre Oslofjord med både grabb og SPI-kamera. Dette omfatter prøvetaking i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord, Miljødirektoratet (ØKOKYST-programmet) og tiltaksrettet overvåking for industri (Olsen et al. 2015; Bakke et al. 2014; Schaanning et al, 2015; Gitmark et al. 2017).

Tilstanden på bløtbunn, basert på både SPI og fauna i perioden 2007-2018, har jevnt over vært *god* i de mer åpne kystområdene (Figur 15). Flere av de innelukkede fjordsystemene har derimot *dårlig* til *svært dårlig* tilstand, for eksempel Drammensfjorden (Figur 16), Ringdalsfjorden og Iddefjorden (Figur 17), Tønsbergfjorden (Figur 18) og Frierfjorden (Figur 19). Også områdene ved Glommas utløp (Figur 17) og Horten havn (Figur 16) har *dårlig* til *svært dårlig* tilstand.

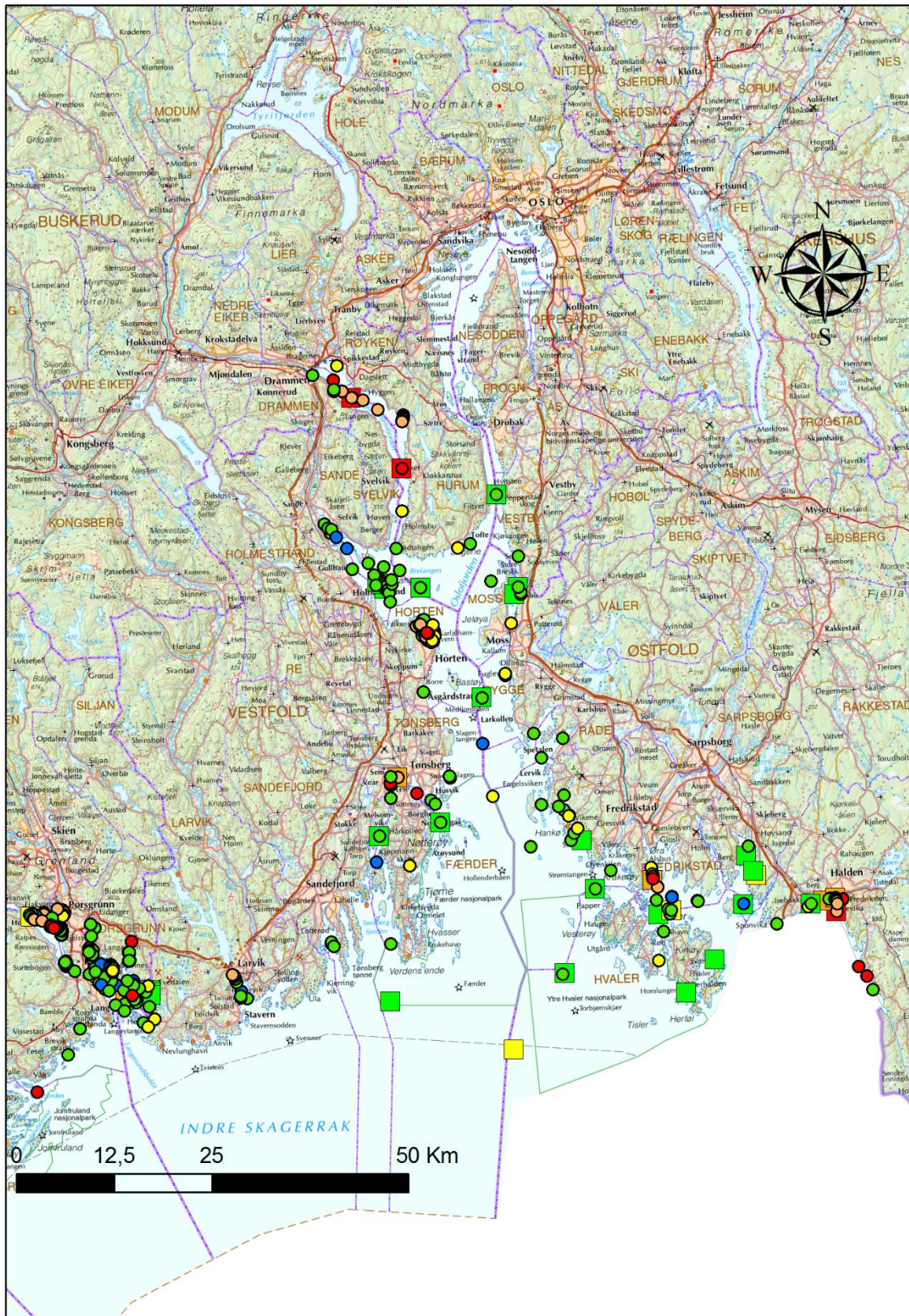
I de innelukkede sidefjordene er bunntopografien i kombinasjon med tilførsler av organisk materiale og utslipp av næringssalter styrende for oksygenforholdene i bunnvannet. Oksygenforholdene i sedimentene og i bunnvannet har avgjørende betydning for bunndyrene, og det er derfor naturlig å se tilstanden for bunnfauna i sammenheng med oksygenforholdene.

I de indre delene av Hvaler (Ringdalsfjorden og Iddefjorden) var det *dårlig* tilstand for oksygen i bunnvannet i perioden 2014-2018 (Tabell 21). Forholdene var generelt bedre i de ytre delene. I Frierfjorden i Grenlandsområdet var det *svært dårlig* tilstand for oksygen i bunnvann 2014-2018 (Tabell 5). Mellom Frierfjorden og åpen kyst er det flere terskler som gjør at utskiftningen av bunnvannet kun forekommer enkelte år. I perioden 2014-2018 var det én større utskiftning i bunnvannet tidlig på året i 2018 som bedret forholdene i bunnvannet. Også i Drammensfjorden er det en grunn og smal terskel ved Svelvik som begrenser utskifting av bunnvannet i fjorden (les mer om dette i kap. 6). Dette fører til lave oksygenkonsentrasjoner og *svært dårlig* tilstand for oksygen i bunnvannet (Tabell 13). I Vestfjorden ved Tønsberg er det stort sett årlig utskiftning av bunnvannet, men på grunn av tilførsel av organisk materiale er det relativt stort forbruk av oksygen, og tilstanden har stort sett vært *moderat* i perioden 2014-2018 (Tabell 5).

Av Figur 15 - Figur 19 ser vi at tilstanden på bløtbunn (både fauna og SPI) på de dypeste stasjonene i alle disse innelukkede områdene viser *dårlig* til *svært dårlig* tilstand. Dette kan forklares med de dårlige oksygenforholdene i bunnvannet, som skyldes de topografiske forhold i kombinasjon med lokale tilførsler og utslipp av organisk materiale og næringssalter.

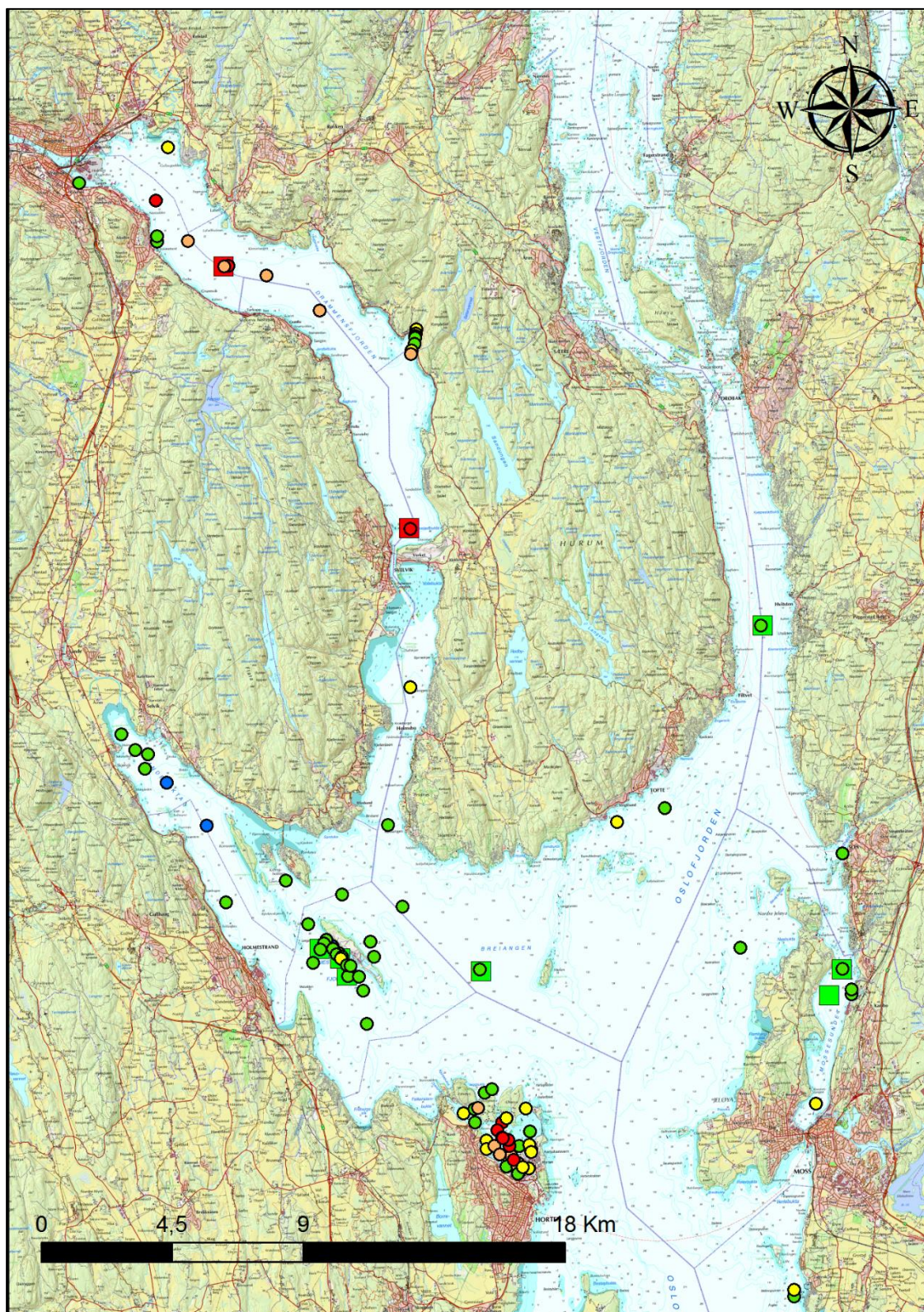
Også områdene ved Glommas utløp og Horten havn har *dårlig* til *svært dårlig* tilstand. Områdene ved Glomma er trolig påvirket av store tilførsler av partikulært materiale til sjø fra Glomma, i kombinasjon med avløpsanlegg og industri (Figur 4). Ved Horten havn er sjøbunnen påvirket av utslipp fra industri og aktiviteter knyttet til Horten havn.





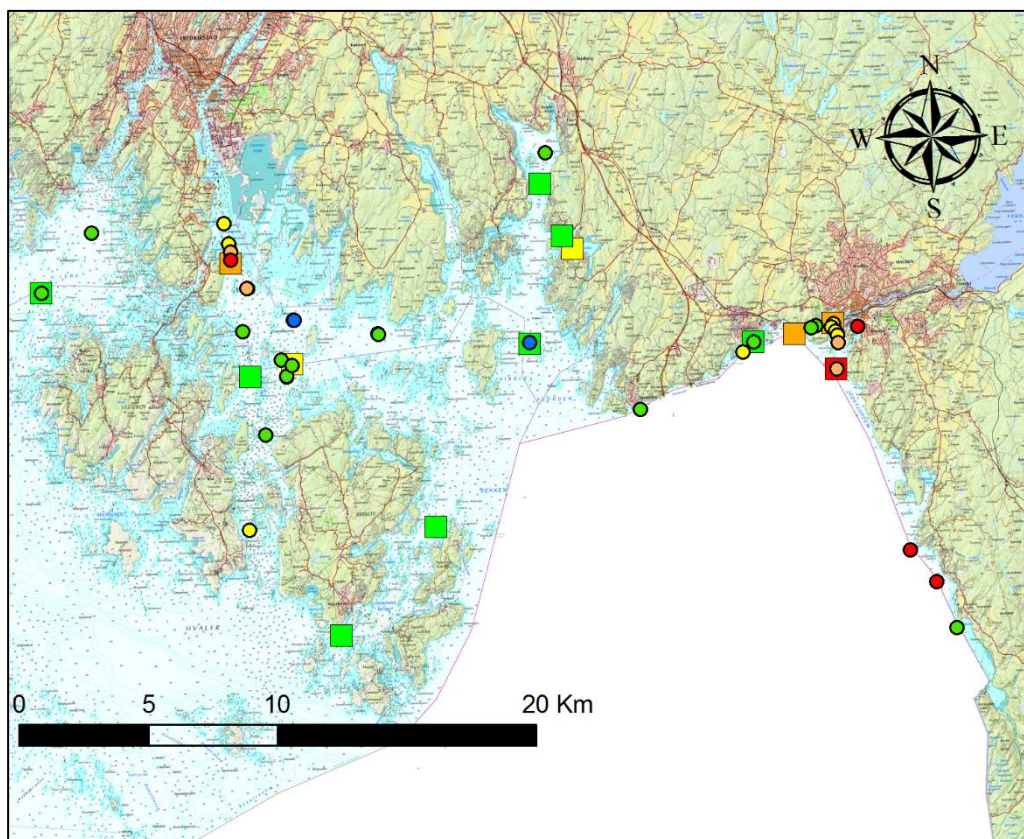
Figur 15. Tilstand på bløtbunn i Ytre Oslofjord i perioden 2007 - 2018. Resultater fra både grabbstasjoner (firkant) og SPI-stasjoner (sirkel) er vist. For de stasjonene som er undersøkt flere ganger i perioden er siste registrerte tilstand vist. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand.





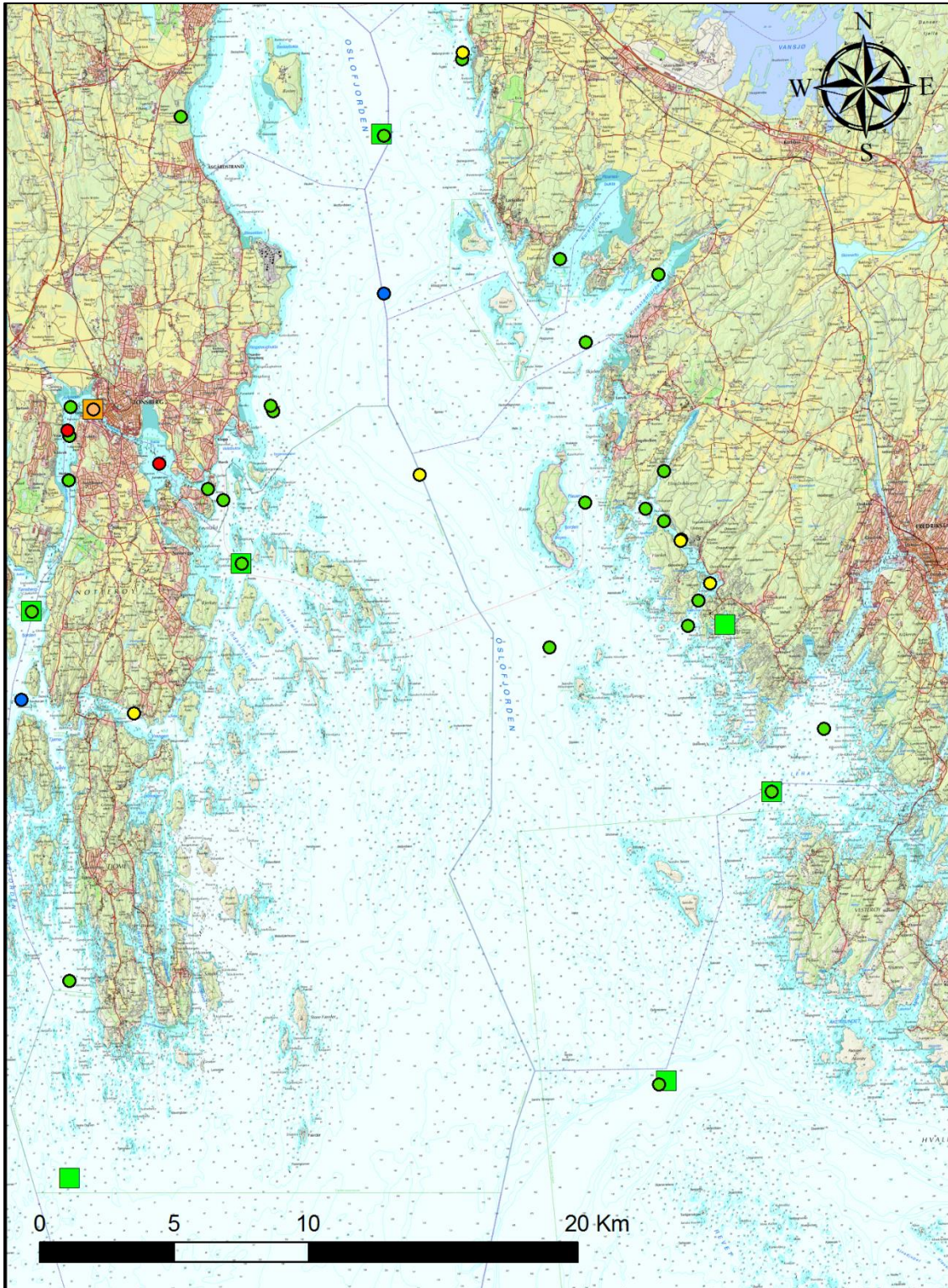
Figur 16. Tilstand på bløtbunn i Drammensfjorden og nordlig del av Ytre Oslofjord i perioden 2007 - 2018. Resultater fra både grabstasjoner (firkant) og SPI-stasjoner (sirkel) er vist. For de stasjonene som er undersøkt flere ganger i perioden er siste registrerte tilstand vist. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand.





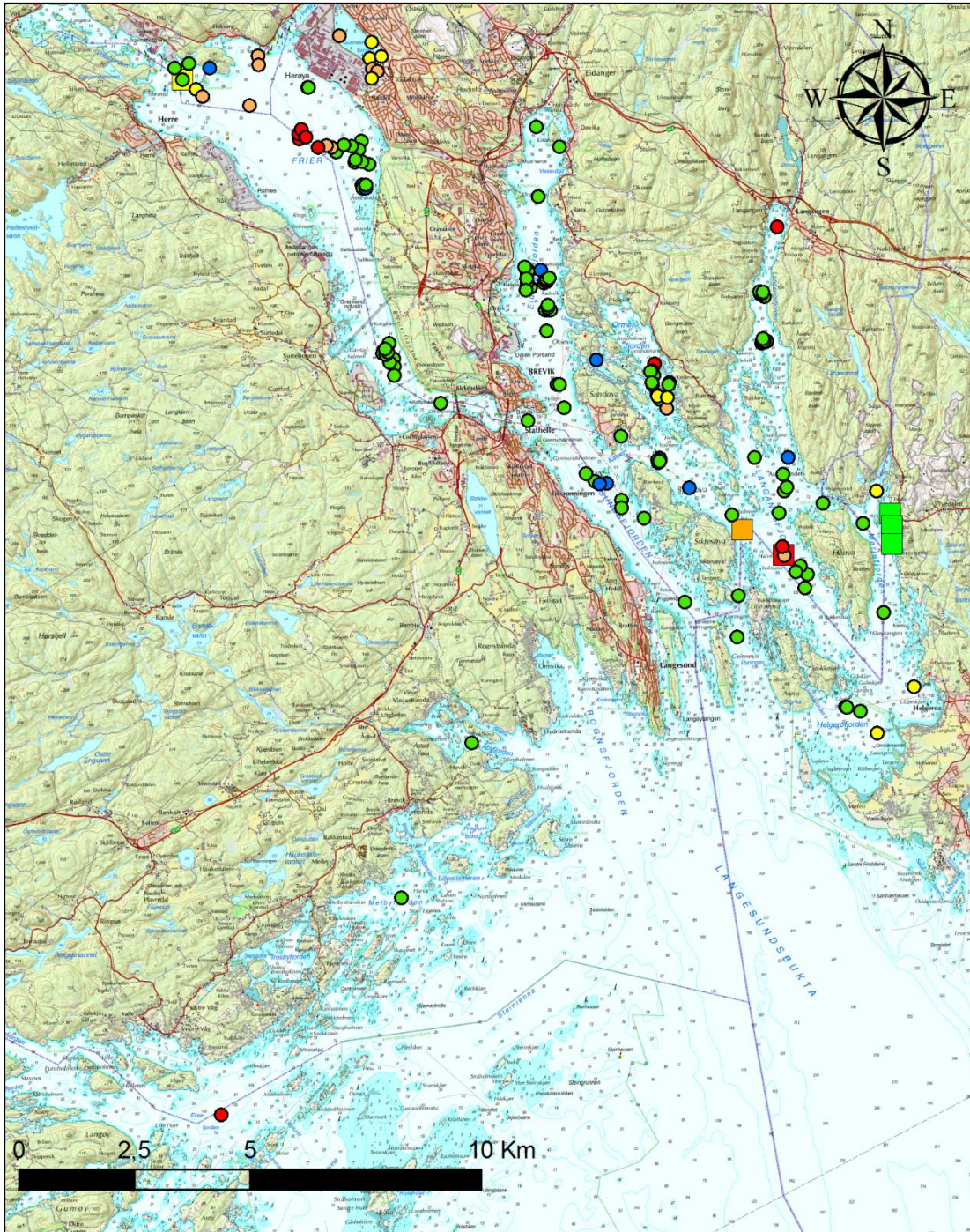
Figur 17. Tilstand på bløtbunn i Hvaler-området og Iddefjorden i perioden 2007 - 2018. Resultater fra både grabbstasjoner (firkant) og SPI-stasjoner (sirkel) er vist. For de stasjonene som er undersøkt flere ganger i perioden er siste registrerte tilstand vist. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand.





Figur 18. Tilstand på bløtbunn i Tønsbergfjorden og sørlig del av Ytre Oslofjord i perioden 2007 - 2018. Resultater fra både grabstasjoner (firkant) og SPI-stasjoner (sirkel) er vist. For de stasjonene som er undersøkt flere ganger i perioden er siste registrerte tilstand vist. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand.





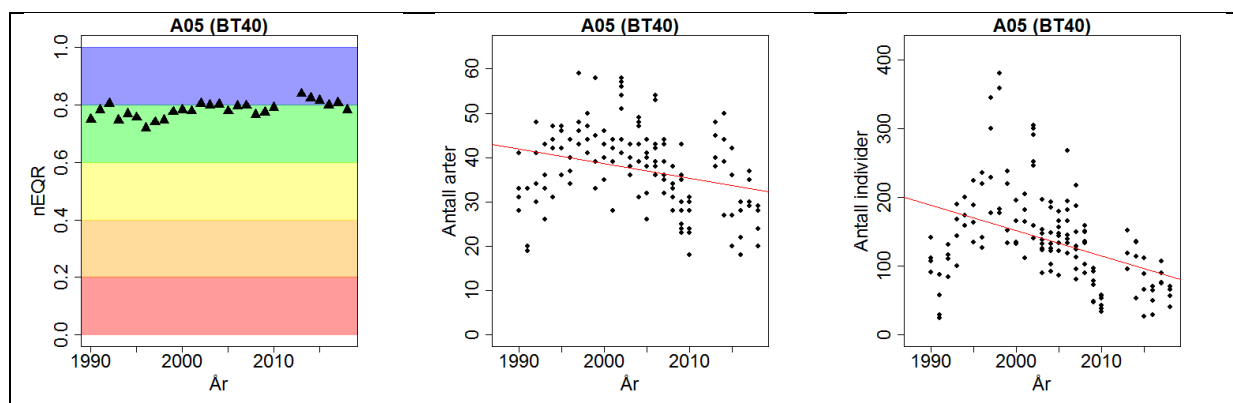
Figur 19. Tilstand på bløtbunn i Grenlandsområdet i perioden 2007 - 2018. Resultater fra både grabbstasjoner (firkant) og SPI-stasjoner (sirkel) er vist. For de stasjonene som er undersøkt flere ganger i perioden er siste registrerte tilstand vist. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand.

### 5.1.2 Utvikling over tid hos bunnfauna

Det er flere stasjoner i Ytre Oslofjord hvor bløtbunnsfauna har blitt undersøkt jevnlig over en lenger tidsperiode, og dette gir mulighet til å vurdere hvordan tilstanden har utviklet seg over tid. Tilstanden for bløtbunnsfauna bestemmes ut fra nEQR-verdien (normalisert Ecological Quality Ratio) som gir en samlet tilstandsklassifisering basert på de fem indeksene for bløtbunnsfauna som benyttes i Vannforskriften (Veileder 02:2018).

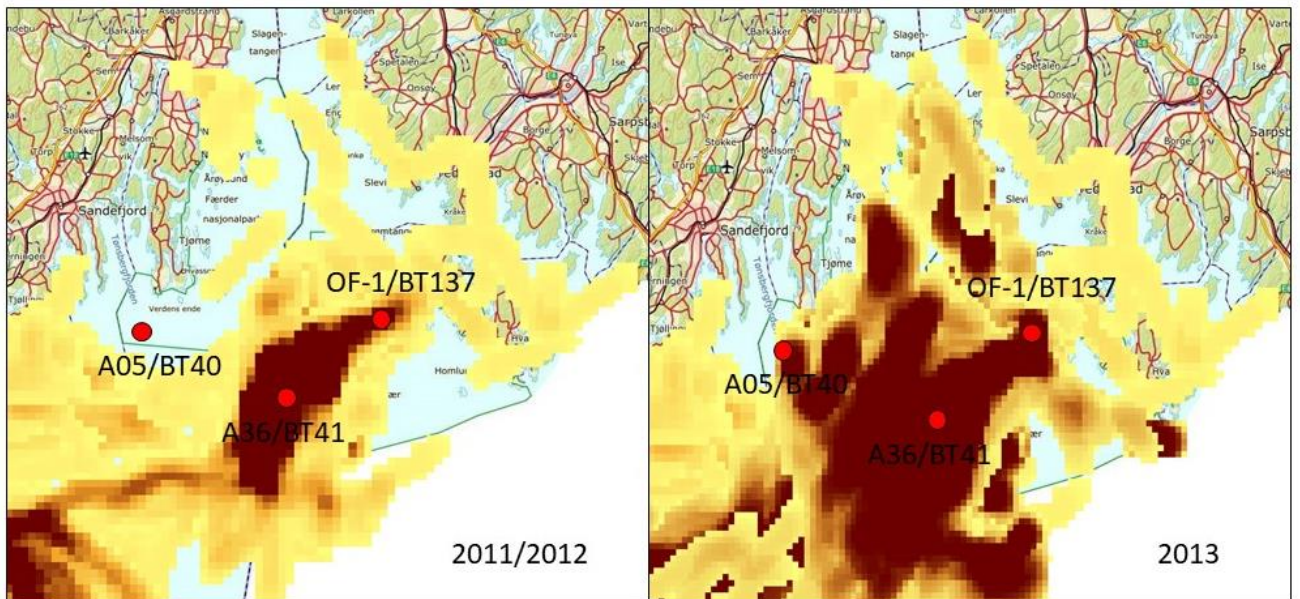
Stasjon A05/BT40 ved Færder har blitt undersøkt årlig fra 1990 og frem til i dag, med inntak av årene 2011-2012 (Fagerli et al. 2019) (Figur 20). Tilstanden har ifølge nEQR-verdien vært *god* til *svært god* gjennom hele perioden. Antall arter har vært gjennomgående noe lavt. Fra 1990 og frem til 2000-tallet var det en økning i antall arter, deretter en nedgang frem til 2010. I 2013 var artsantallet noe høyere igjen, men ble så redusert i årene etter og frem til 2018. I 2018 er artsantallet på samme nivå som på tidlig 90-tallet med mellom 20-30 arter per grabb. Antallet individer viser tilsvarende trend som artsantallet med en reduksjon fra rundt år 2000 og frem til 2018. De siste fire årene har individtallene vært lave med et gjennomsnittlig antall individer i hver grabbprøve på under 100.

Indeksene som benyttes for å klassifisere tilstand hos bløtbunnsfauna (her vist ved samlet nEQR) er ansett å være best egnet til å fange opp effekter av eutrofibelastning som gir en økning i individtall på grunn av oppblomstring av tolerante arter. På A05/BT40 har det vært en motsatt utvikling ved at faunaen har blitt mer fattig, både med hensyn til antall individer og antall arter, men dette gjenspeiles ikke i nEQR-verdiene. Årsaken til reduksjonen i antall arter og individer er ikke kjent, men kan muligens skyldes tråling eller næringsbegrensning, eller en kombinasjon av de to. Det var en markant økning i fiskeriaktiviteten i området ved Færder fra 2011/2012 til perioden 2013-2017 (Figur 21). Det er ikke spesifisert hvor mye av fiskeriaktiviteten som er reke-tråling, men siden området er definert som et rekefelt er det sannsynlig at det er reke-tråling som har økt i denne perioden. Tråling gir fysisk forstyrrelse av sedimentet, som svekker kvaliteten på bløtbunns habitatet, noe som kan medføre redusert antall arter og individer. Innholdet av organisk karbon og nitrogen i sedimentet er svært lavt på denne stasjonen, noe som tyder på lavt innhold av næring i sedimentet. Dette kan føre til at bunnsamfunnet blir næringsbegrenset (Fagerli et al. 2019).



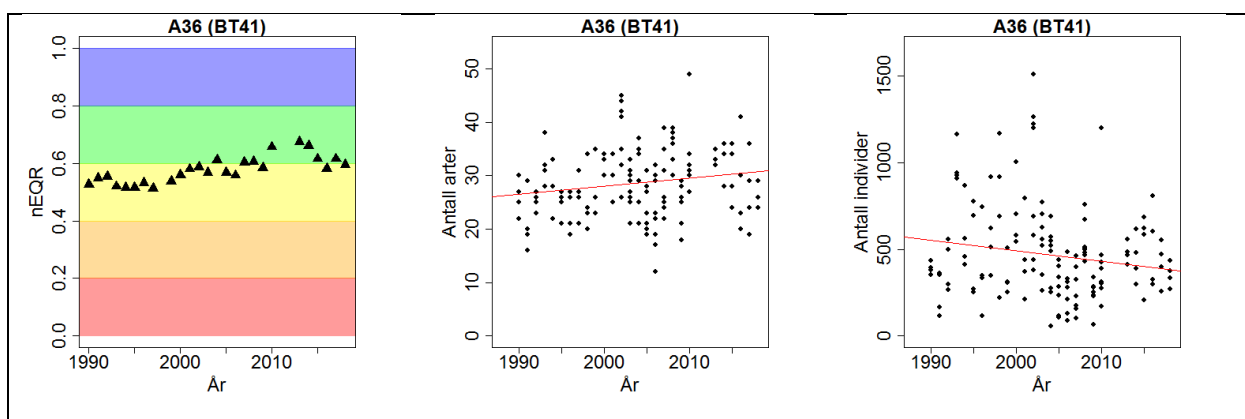
Figur 20. Samlet tilstand for bunnfauna ved nEQR, og antall arter og individer per grabbprøve for stasjonen A05 (BT40) i perioden 1990-2018. Blå=svært god tilstand, grøn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand. Rød linje viser trenden i datasettet.





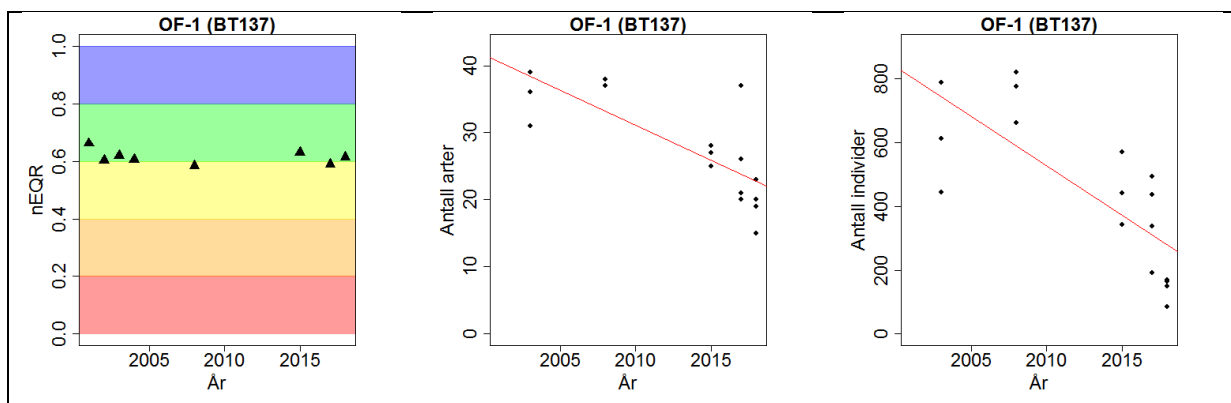
Figur 21. Fiskeriaktiviteten i sørlige del av Ytre Oslofjord, hvor mørkere farge indikerer høyere aktivitet. Hentet fra <https://kart.fiskeridir.no/fiskeri>.

Stasjon A36/BT41, som ligger sørøst for Færder, har også en tidsserie tilbake til 1990 (Figur 22). Tilstanden for bunnfauna var i hovedsak kun *moderat* i årene 1990-2009. I perioden 2010-2014 var tilstanden *god*, men etter 2014 har nEQR-verdiene gått noe ned og tilstanden har vært på grensen mellom *moderat* og *god*. Antallet arter har vært relativt lavt hele perioden, og vist en svak nedgang fra 2013 til 2018. Antallet individer har derimot vært høyt gjennom hele perioden, men på et lavere nivå etter ca. 2005 sammenlignet med tidligere i perioden. Dette har vært antatt å henge sammen med en reduksjon i mengden langtransporterte næringsalter gjennom 1990-tallet (Trannum et al. 2018). Stasjonen ligger også midt i et rekefelt, hvor det har vært høy aktivitet fra 2011-2017 (Figur 21), men det er vanskelig å si hvordan dette har påvirket bunnforholdene siden bunnfaunaen er artsfattig, men ikke spesielt individfattig.



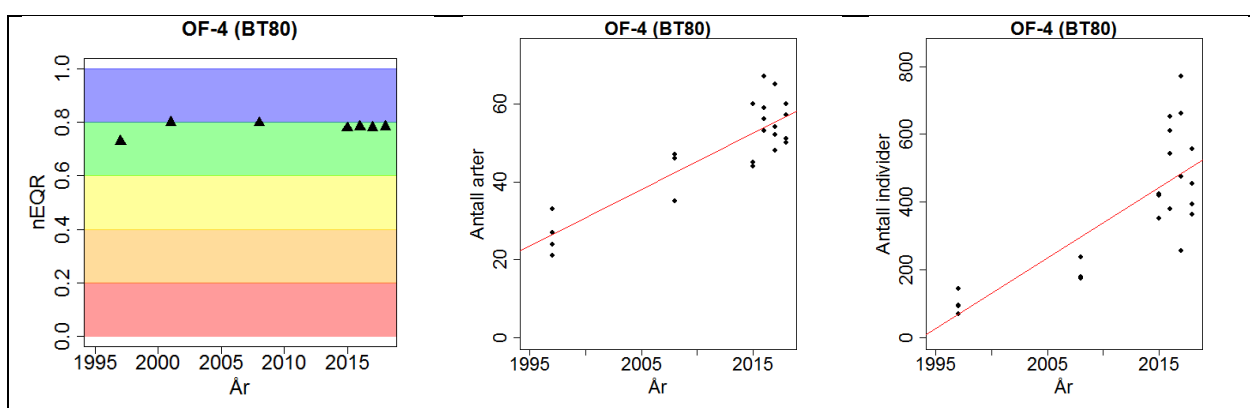
Figur 22. Samlet tilstand for bunnfauna ved nEQR, og antall arter og individer per grabbprøve for stasjonen A36 (BT41) i perioden 1990-2018. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand. Rød linje viser trenden i datasettet.

Stasjon OF-1 (BT137) ved Torbjørnskjær vest for Hvaler har blitt undersøkt i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord i 2003, 2008 og 2015 (Figur 23). Fra 2017 ble stasjonen en del av stasjonsnettverket i ØKOKYST-programmet. Tilstanden for bløtbunnsfauna har vært i grenseland mellom *god* og *moderat* i hele tidsperioden. Det har vært en nedgang i antall arter og individer siden de to prøvetakingene i 2003 og 2008 sammenlignet med perioden 2015-2018. Også denne stasjonen ligger i et rekefelt, hvor det har vært en økning i fiskeriaktiviteten fra perioden 2011-2012 til 2013-2017 (Figur 21).



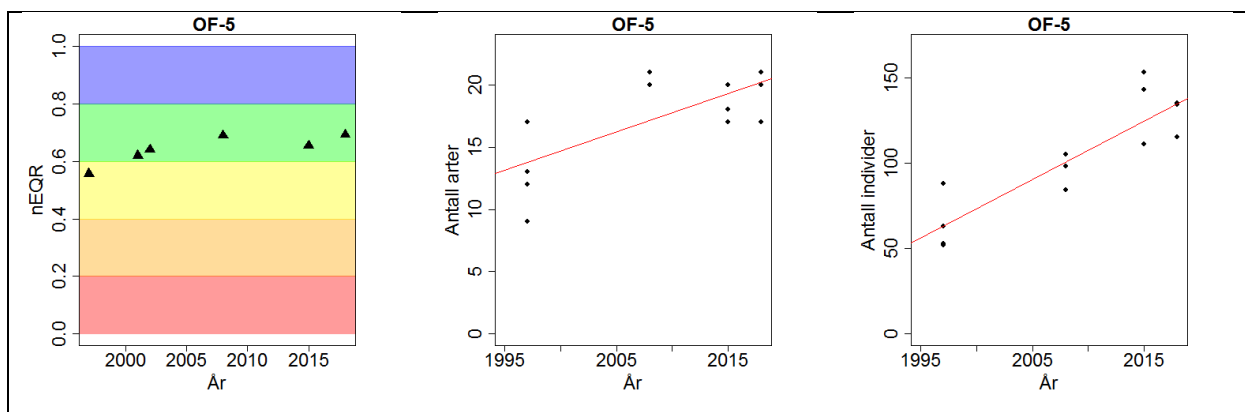
Figur 23. Samlet tilstand for bunnfauna ved nEQR, og antall arter og individer per grabbprøve for stasjonen OF-1 (BT137). Data på grabbnivå var ikke tilgjengelig for årene 2001, 2002 og 2004, og dette er derfor ikke plottet for antall arter og individer. Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand. Rød linje viser trenden i datasettet.

Stasjon OF-4 (BT80) ved Bastøy har blitt undersøkt i 1997 og 2008 i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord, og deretter årlig fra 2015-2018. Fra 2016 ble stasjonen en del av stasjonsnettverket i ØKOKYST-programmet til Miljødirektoratet. Tilstanden har vært minst *god* gjennom hele perioden, og nEQR-verdiene har ligget i tilstandsklassens øvre sjikt, altså opp mot *svært god* tilstand (Figur 24). Det har vært en økning i både antall arter og antall individer fra 2008 og frem til 2018. Stasjonen anses som relativt artsrik for Skagerrak med opp mot 60 arter i enkelte grabbprøver.



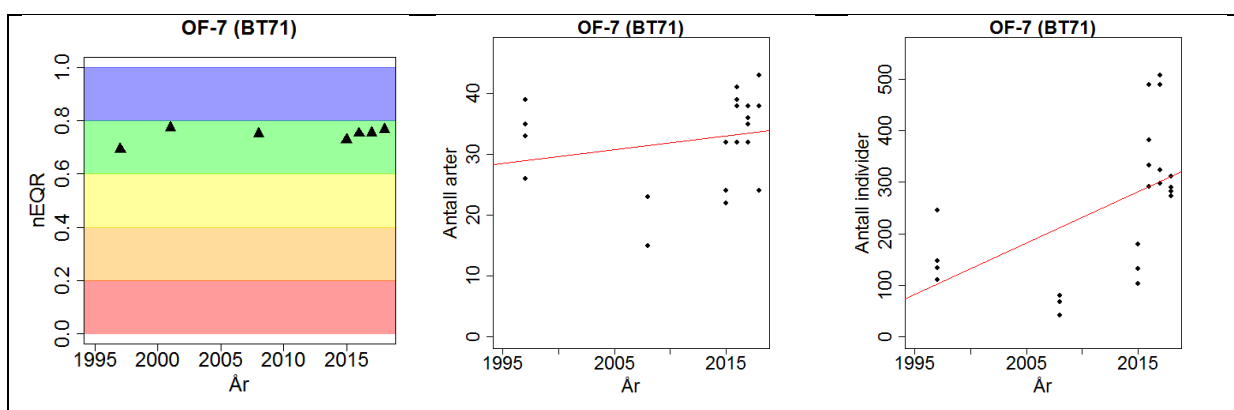
Figur 24. Samlet tilstand for bunnfauna ved nEQR, og antall arter og individer per grabbprøve for stasjonen OF-4 (BT80). Blå=svært god tilstand, grønn=god tilstand, gul=moderat tilstand, oransje=dårlig tilstand, rød=svært dårlig tilstand. Rød linje viser trenden i datasettet.

Stasjon OF-5 ved Breiangen har blitt undersøkt i 1997, 2001, 2002, 2008, 2015 og 2018 i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord. Tilstanden har vært *god* i hele perioden med unntak av i 1997 da den var *moderat* (Figur 25). Også på denne stasjonen har det gjennom perioden vært en økning i både antall arter og antall individer i perioden fra 1997 og frem til 2018. Fauna er likevel ansett som artsfattig med ca. 15-20 arter per grabbprøve i 2018. Individtallet var også lavt i 1997 med 50-90 individer i hver grabbprøve, men har nå økt til noe over 100 individer per grabbprøve, som anses å være innenfor normalområdet.



Figur 25. Samlet tilstand for bunnfauna ved nEQR, og antall arter og individer per grabbprøve for stasjonen OF-5. For enkelte av årene er ikke data på grabbnivå tilgjengelig, og dette er derfor ikke plottet for antall arter og individer. Blå=*svært god* tilstand, grønn=*god* tilstand, gul=*moderat* tilstand, oransje=*dårlig* tilstand, rød=*svært dårlig* tilstand. Rød linje viser trenden i datasettet.

Stasjon OF-7 (BT71) ved Hvitsten har blitt undersøkt i 1997, 2001 og 2008 i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord, og deretter årlig fra 2015-2018. Fra 2016 ble stasjonen en del av stasjonsnettverket i ØKOKYST-programmet til Miljødirektoratet. Tilstanden har vært *god* i hele perioden, og de siste årene har nEQR-verdiene vært i øvre sjikt av tilstandsklassen, altså opp mot *svært god* tilstand (Figur 26). Artsantallet var noe lavt i 2008, men i perioden 2015-2018 er artsantallet på samme nivå som i 1997. Antallet individer har økt og er vesentlig høyere i perioden 2016-2018 sammenlignet med 1997 og 2008.



Figur 26. Samlet tilstand for bunnfauna ved nEQR, og antall arter og individer per grabbprøve for stasjonen OF-7 (BT71). For enkelte av årene er ikke data på grabbnivå tilgjengelig, og dette er derfor ikke plottet for antall arter og individer. Blå=*svært god* tilstand, grønn=*god* tilstand, gul=*moderat* tilstand, oransje=*dårlig* tilstand, rød=*svært dårlig* tilstand. Rød linje viser trenden i datasettet.

### 5.1.3 Egenskaper hos bløtbunnsamfunn

Et biologisk samfunn er satt sammen av mange ulike arter med ulike egenskaper. Alle arter, fra små bakterier, planter, dyr og til mennesker, har egenskaper som gjør arten unik og litt forskjellig fra de andre artene. Et bløtbunnsamfunn representerer derfor ikke bare en rekke arter, men også mange ulike egenskaper og funksjoner.

Tradisjonelt har studier av biologiske samfunn hatt fokus på artssammensetningen, eller på et begrenset utvalg av egenskaper som næringsformer og trofiske relasjoner eller habitatmodifiserende egenskaper («nøkkelarter»). I egenskapsanalyser benyttes et bredt utvalg av egenskaper som til sammen kan uttrykke funksjonene i samfunnet. Eksempler på slike egenskaper er ernæringsforhold, habitatpåvirkning, morfologi og størrelse, som alle er egenskaper som bestemmer artenes bidrag til funksjoner i økosystemet. Andre egenskaper kan bestemme i hvilken grad artene er følsomme for påvirkninger, som reproduksjon, livslengde, larveformer og størrelse. Endringer i artssammensetningen i et bunnområde vil derfor kunne endre viktige prosesser og funksjoner i sedimentet som kan spille inn på andre biologiske samfunn og økosystemer. Slike egenskapsanalyser har blitt mer og mer benyttet de siste årene, særlig i den vitenskapelige litteraturen.

Egenskapsanalyser kan bidra til å:

- Beskrive og sammenligne samfunn på grunnlag av deres økosystemfunksjoner
- Beskrive mangfoldet av funksjoner i samfunn ("funksjonelt mangfold")
- Tolke sammenhenger mellom funksjonelle egenskaper og miljøfaktorer, og vurdere hvordan forstyrrelser og stressfaktorer kan påvirke økosystemets funksjon
- Vurdere hvordan naturlige miljøfaktorer og stressfaktorer er relatert til økosystemprosesser
- Evaluere systemets sårbarhet eller robusthet i lys av endringer i miljøforhold

NIVAs egenskapsdatabase inneholder informasjon knyttet til 14 egenskaper. Hver egenskap er delt inn i ulike kategorier. Antall kategorier innen hver egenskap varierer fra to (larvetype) til ti (fødetype). For hver art angis det hvilken kategori arten tilhører for den aktuelle egenskapen. Arten kan få score for flere kategorier for en egenskap. For eksempel kan en art få score for både kategorien *burrower* og for *surface crawler* for egenskapen *Adult life habit* dersom arten både graver i og kryper på overflaten av sedimentet. Det vil variere i hvilken grad informasjon om de ulike artene er tilstrekkelig til å angi score for de enkelte egenskapene. De egenskapene som har mest data og som er fremhevet for artsdataene fra Ytre Oslofjord er vist i Tabell 24. Stasjonen A05 (BT40) ble valgt ut fordi den har hatt en markant nedgang i arter fra 2013 til 2018, mens A36 (BT41) ble valgt fordi den har en lang, nesten uavbrutt tidsserie.

Tabell 24. Oversikt over utvalgte egenskaper og kategorier innen disse egenskapene.

Egenskap	Kategori	Beskrivelse av kategorien
Adult life habitat (AH)	AH1	Sessile
	AH2	Tube (permanent)
	AH3	Tube (semi-permanent)
	AH4	Burrower
	AH5	Surface crawler
	AH6	Swimmer
Relative adult mobility (AM)	AM1	None
	AM2	Low
	AM3	Medium
	AM4	High
Degree of attachment (DA)	DA1	None
	DA2	Temporary
	DA3	Permanent
Feeding (FH)	FH1	Suspension/filter
	FH2	Scraper/grazer
	FH3	Surface deposit feeder, SDF
	FH5	Dissolved matter/symbionts
	FH6	Large detrius/scraper/grazer
	FH7	Scavenger
	FH8	Carnivore/omnivore
	FH9	Parasite/commensal
	FH10	Subsurface deposit feeder
	FH11	Deep deposit feeder
	Normal adult size (NS)	NS1
NS2		5mm-1cm
NS3		1-3cm
NS4		3-6cm
NS5		6-10cm
NS6		>10cm
Sediment reworking	SR1	Epifauna
	SR2	Surficial modifier
	SR3	Upward conveyors
	SR4	Downward conveyors
	SR5	Biodiffusors
	SR6	Regenerators

**Stasjon A36 (BT41)**

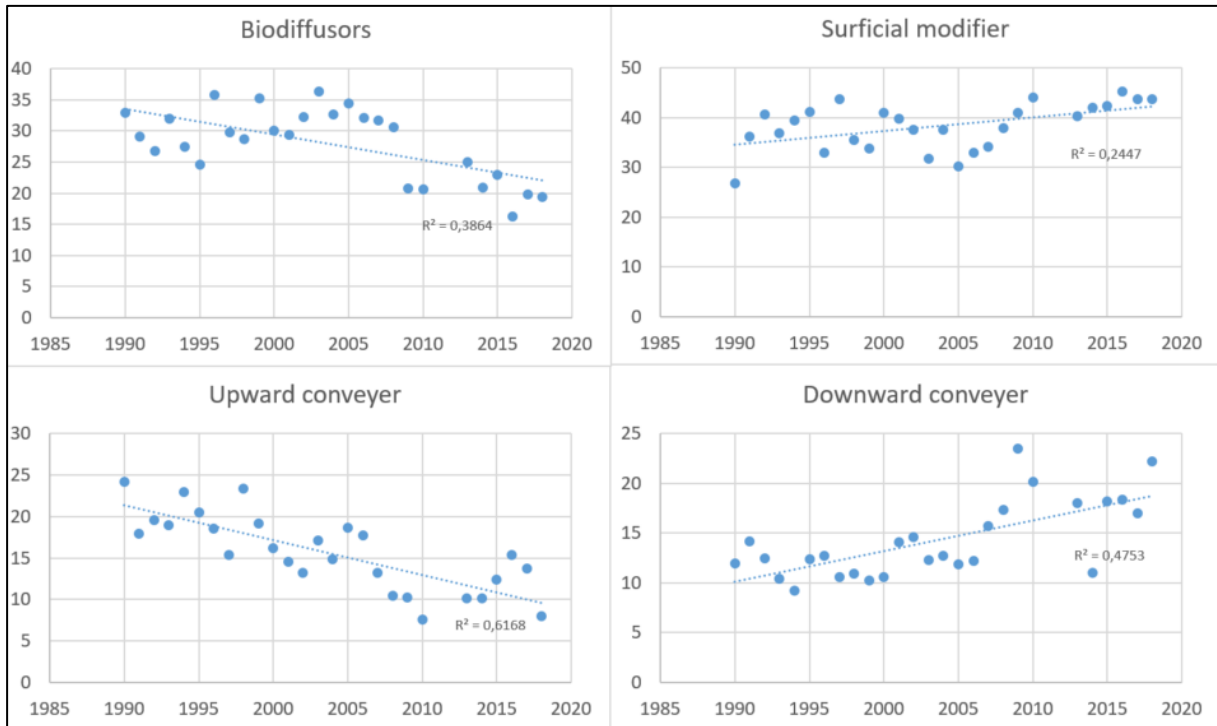
Tilstanden for bunnfaunaen på stasjon A36 (BT41) på 360 m dyp sørøst for Færder har vært *moderat til god* i perioden 1990-2018 (Figur 22).

En viktig funksjon som bunndyr utfører er omrøring i sedimentet, eller bioturbasjon. Omrøring fører til at det blir ledet oksygen fra vannmassene ned i sedimentet, samt til utveksling av næringsstoffer mellom sediment og vannmasser. Egenskapen *sediment reworking* beskriver denne funksjonen, og de ulike kategoriene sier noe om på hvilken måte bunndyrsamfunnet bidrar til omrøring. I perioden 1990-2018 har andelen av *downward conveyers* og *surficial modifiers* økt, som er dyr som spiser på overflaten av sedimentet eller har aktivitet i øvre 1-2 cm (Figur 27). Andelen *upward conveyers* og *biodiffusors* har derimot gått ned i perioden, og dette er dyr som lever noe lenger nede i sedimentet og bl.a. frakter partikler opp til overflaten. Disse resultatene tyder på at det har skjedd en endring i artssammensetningen som kan føre til mindre grad av omrøring i de dypere lagene av sedimentet. Dette kan ha betydning for den bentisk-pelagiske koblingen og utveksling av oksygen og næringsstoffer mellom sediment og vann.

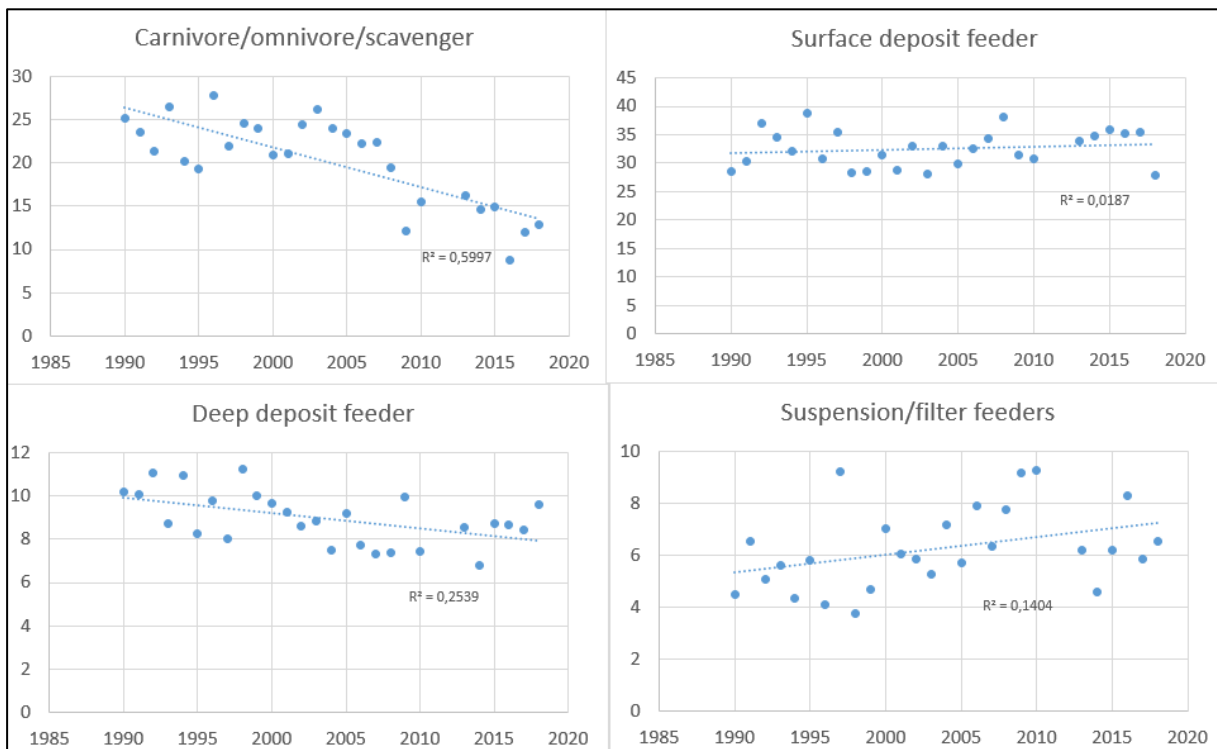
Økningen i andel dyr som lever på eller nær sedimentoverflaten kan også være et resultat av økt trålingsaktivitet. Tråling gir en fysisk forstyrrelse av sedimentet som gir vanskeligere livsvilkår for mer dypgravende arter, og også gir en økning i mer kortlevende og opportunistiske arter som typisk lever i det øverste sedimentlaget. Store arter som er viktige for sedimentomrøring kan forsvinne som følge av tråling (Olsgard et al. 2008). En annen forklaring kan være endret næringstilførsel. Det har de siste årene vært en økning i partikulært materiale til Skagerrak på grunn av økte elvetilførsler av terrestrisk materiale (Frigstad et al 2013; Frigstad et al. 2018). Dette fører til mer partikulært organisk materiale i vannmassene (Frigstad et al., 2018). Trannum et al (2018) og Frigstad et al 2018 viste at det også har funnet sted en økning i arter som henter næring fra vannmasser (filtrerere) eller sedimentoverflaten. Resultatene fra våre analyser på stasjon A36 viser noe av den samme tendensen, men ikke like tydelig. Det har vært en svak økning i andelen *suspension/filter feeders*, men ingen endring i andel *surface deposit feeders* (Figur 28). Andelen *deep deposit feeders* har gått noe ned. Den største endringen med hensyn til fødeopptak ser vi midlertid i den relativt markante nedgangen i andel rov- og åtseldyr (*carnivore/omnivore/scavengers*) (Figur 28). Denne trenden var også tydelig i Trannum m.fl. (2018), og ble tolket som et resultat av forbedret eutrofi-situasjon i Skagerrak, siden andelen rovdyr normalt er høyest i forstyrrede miljøer (Pearson og Rosenberg 1978).

Det har også vært en økning i bunndyr med lav mobilitet i tidsperioden, og slike dyr utgjør nesten 70 % av den totale faunaen på stasjonen i 2018 (Figur 29). Andelen bunndyr med enten ingen mobilitet eller høy mobilitet har begge gått noe ned i tidsperioden. Sistnevnte kan henge sammen med reduksjonen i andel rov- og åtseldyr, som ofte er raske dyr med høy mobilitet.

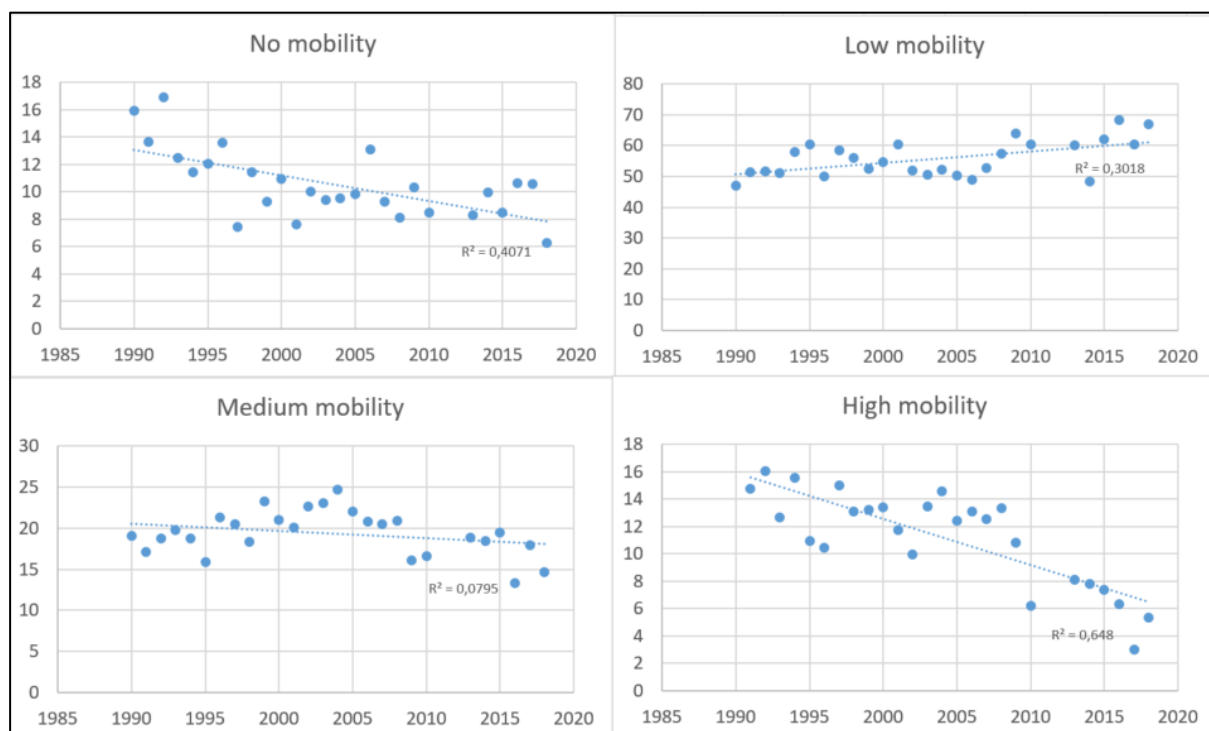




Figur 27. Endring av prosentandelen for kategorier innen egenskapen *sediment reworking* på stasjon A36 (BT41) i perioden 1990-2018.



Figur 28. Endring av prosentandelen for kategorier innen egenskapen *feeding* på stasjon A36 (BT41) i perioden 1990-2018.



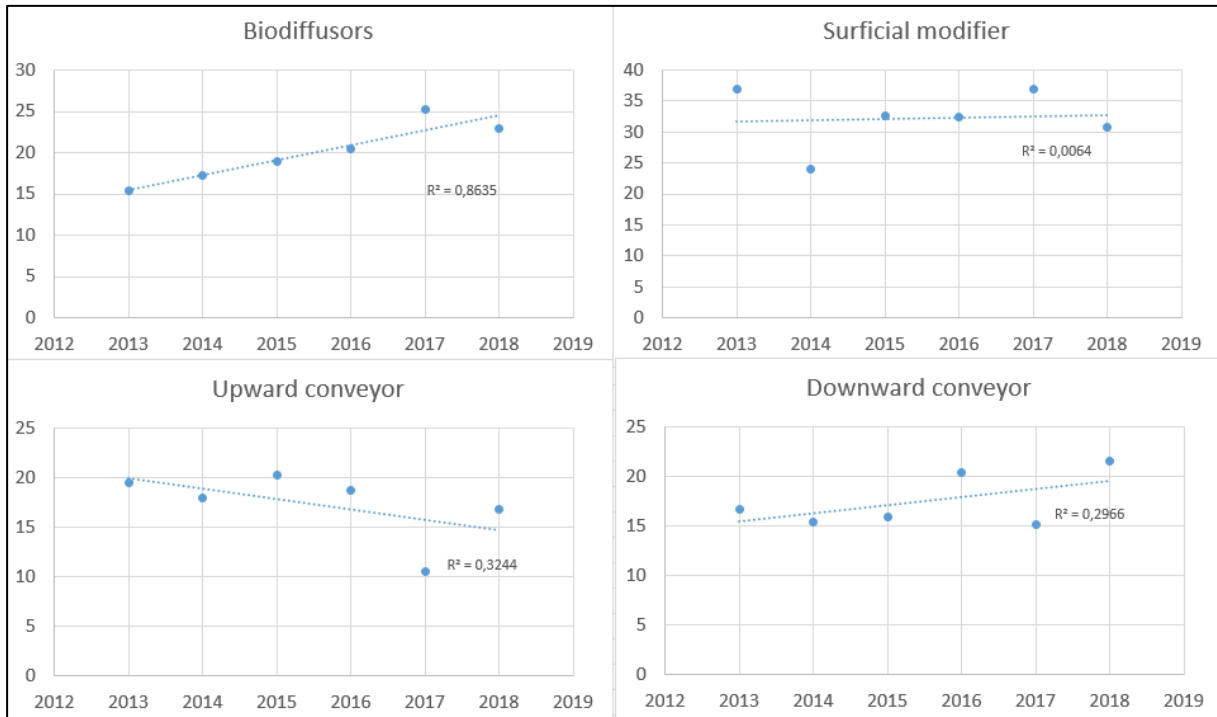
Figur 29 Endring av prosentandelen for kategorier innen egenskapen *adult mobility* på stasjon A36 (BT41) i perioden 1990-2018.

### Stasjon A05 (BT40) Færder

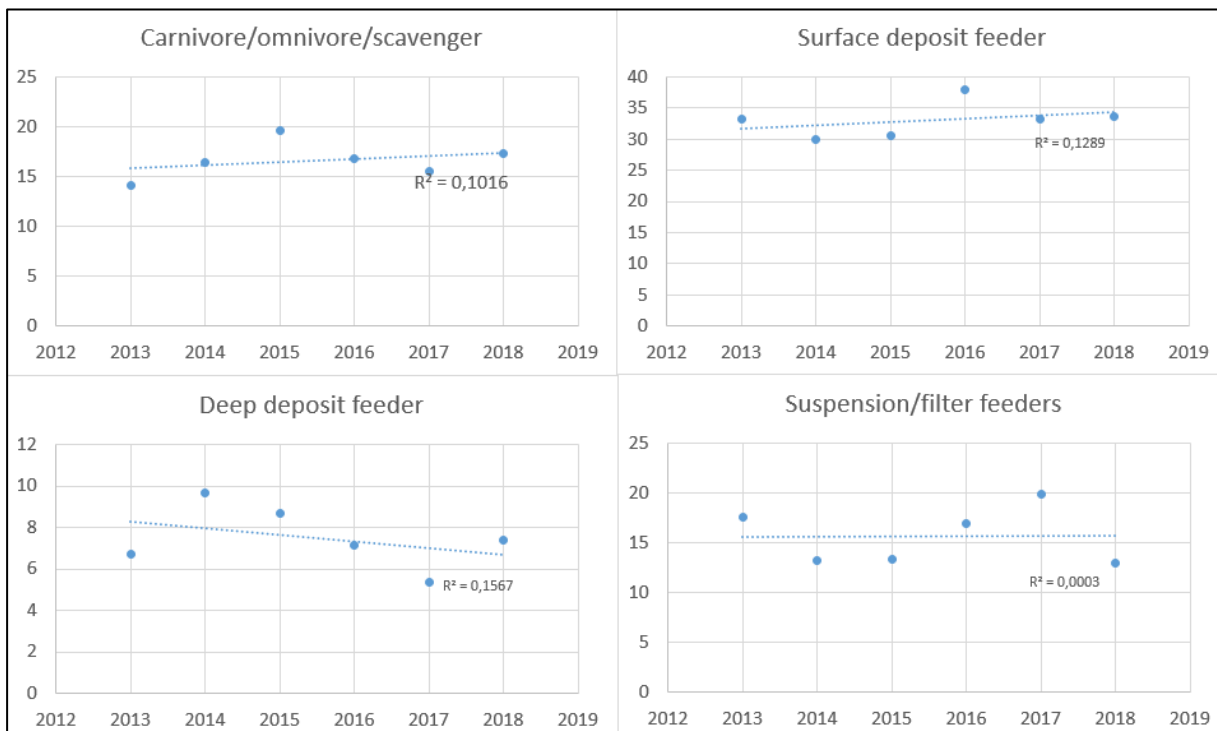
Ved stasjon A05/BT40 på 50 m dyp ved Færder har det vært en markant nedgang i antall arter og individer fra 2013 til 2018 (Figur 20). Tilstanden har vært *god* til *svært god*. For å undersøke i hvilken grad artenes funksjoner hadde endret seg i denne perioden ble et datasett med artsdata fra 2013 til 2018 på denne stasjonen valgt ut. Datasettet besto av totalt 362 taksa, og av disse hadde 244 taksa egenskaper tilknyttet seg. For enkelte arter som manglet egenskaper i databasen ble det benyttet egenskaper til nært beslektede arter (innen samme slekt).

Fordi tidsperioden som er analysert er mye kortere enn for A36, er det vanskeligere å detektere tydelig trender på denne stasjonen. For egenskapen knyttet til omrøring og bioturbasjon ser vi at andelen dyr som spiser på overflaten av sedimentet eller har aktivitet i øvre 1-2 cm (*downward conveyers* og *surficial modifiers*) i hovedsak er uendret (Figur 30). Andelen dyr som har aktivitet noe dypere i sedimentet (*biodiffusors*) har økt noe, mens andelen *upward conveyers* (dyr som spiser nede i sedimentet og frakter partikler opp til overflaten) har gått ned.

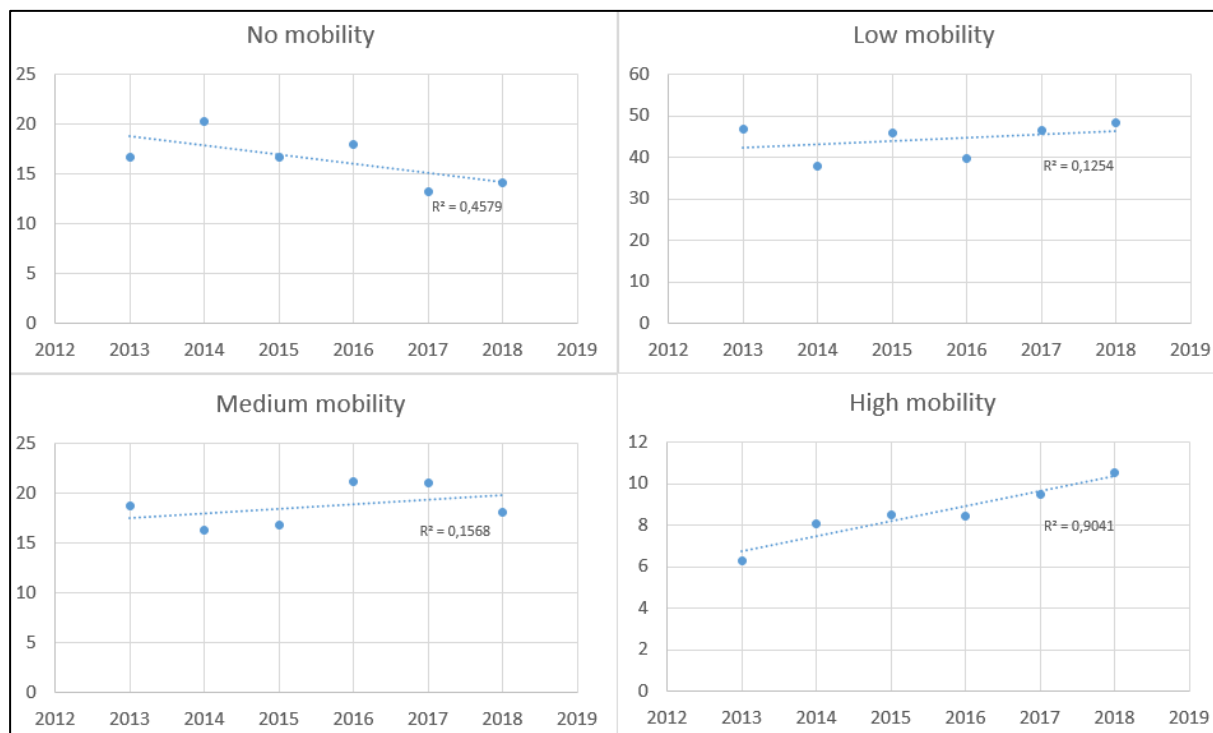
For egenskapen fødeopptak er det heller ingen tydelig trend å spore. Andelen rov- og åtseldyr viser ingen endring over tidsperioden, og ligger på 15-20 % (Figur 31). Det er omtrent samme andel som på A36 (BT41) i den samme perioden (Figur 28). For egenskapen mobilitet, ser vi en svak nedgang i andel arter med *no mobility*, og økning i andel arter med *high mobility*.



Figur 30 Endring av prosentandelen for kategorier innen egenskapen *sediment reworking* på stasjon A05 (BT40) i perioden 2013-2018.



Figur 31 Endring av prosentandelen for kategorier innen egenskapen *feeding* på stasjon A05 (BT40) i perioden 2013-2018.



Figur 32 Endring av prosentandelen for kategorier innen egenskapen *adult mobility* på stasjon A05 (BT40) i perioden 2013-2018.

## 5.2 Hardbunn

Hardbunn består av fast fjell, eller stein som er så store at de ligger i ro under normale forhold. De fleste bunnlevende algearter lever på hardbunn. Algene skaper livsrom for andre organismer som lever på eller ved disse algene. Mange av dyrene på hardbunn lever sitt voksne liv fastvokst til underlaget. Organismesamfunn på hardbunn består av både ettårige- og flerårige arter, og utvalg og mengde av de ulike artene vil variere lokalt, regionalt og sesongmessig. Andre naturlige faktorer som f.eks. bølgeeksponering, strøm, ferskvannspåvirkning og isskuring påvirker også artssammensetningen. Dette er biologiske samfunn der selv mindre miljøendringer ofte vil føre til endringer i sammensetningen av arter. For eksempel øker mengden av uønskede grønnalger ofte som et resultat av økte tilførsler av næringssalter, dette på bekostning av biomangfoldet. En heving av nedre voksegrense for tang og tare er vanligvis et resultat av dårligere sikt i vannmassene, som ofte skyldes økte tilførsler av næringssalter. Nedre voksegrense for makroalger er et biologisk kvalitetselement som er pålagt undersøkt etter Vannforskriften.

På hardbunn registrerer vi dyrene ved direkte observasjoner. I fjæra gjøres dette ved snorkling, mens undersøkelser i sjøsonen, under fjæra, gjøres ved SCUBA-dykking. Det tas kun prøver av de organismene vi ikke klarer å artsbestemme direkte i felt.

NIVA har undersøkt totalt 37 stasjoner i programmet siden 2007 (Figur 33, Vedlegg A). Det er benyttet to ulike metoder for overvåkingen av dyr og alger på hardt substrat (fjell og stein); rammeundersøkelser på grunt vann og dykkeundersøkelser ned til maksimalt 30 m dyp. I Hvalerområdet er det i tillegg gjennomført enklere fjæresoneundersøkelser på noen få stasjoner. Dykkeundersøkelsene er gjort med to ulike metoder; transektregistrering og registrering av nedre voksegrense. Ved rammeundersøkelser, transektregistreringer og fjæresoneundersøkelser registreres forekomsten av

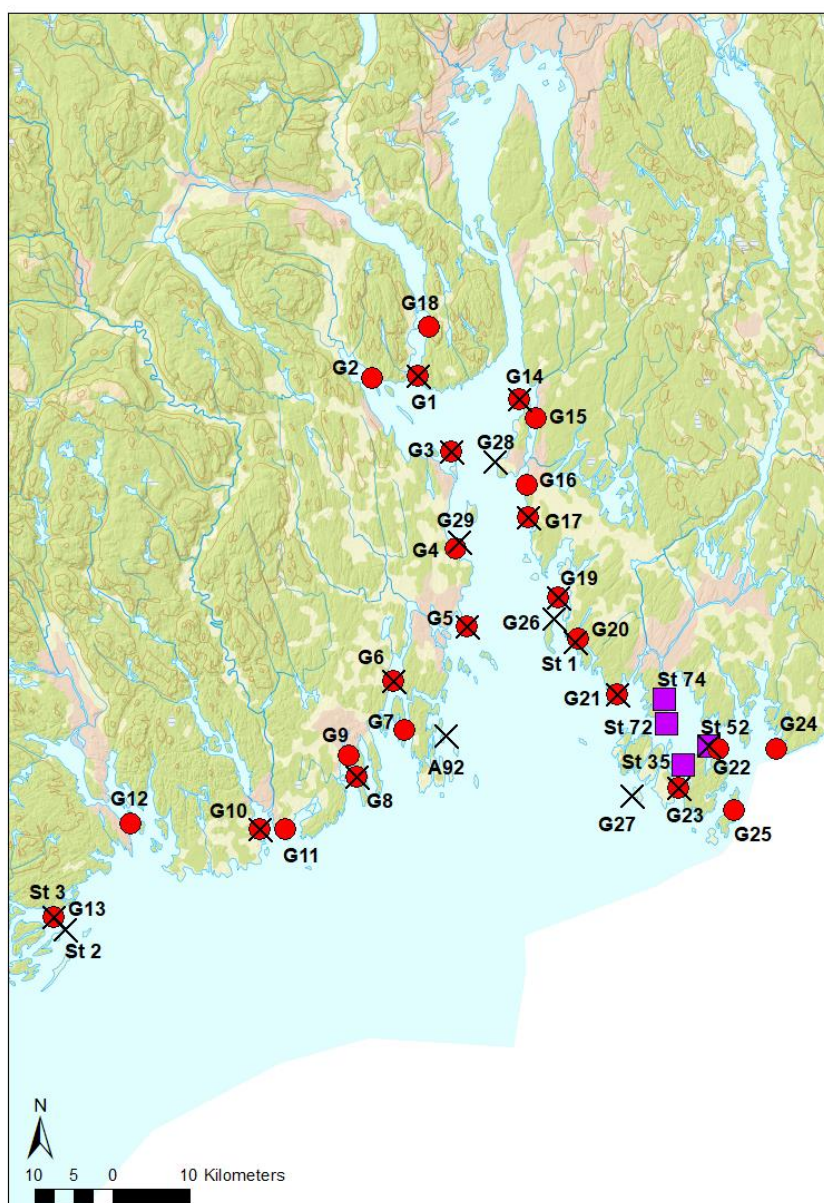
fastsittende alger og dyr, samt langsomt bevegelige dyr (f.eks. krabber, snegl). Nedre voksegrense-registreringer undersøker nedre voksedyp for ni ulike makroalger.

I alt er det foretatt rammeundersøkelser på 25 stasjoner, transektregistrering på 14 stasjoner, nedre voksegrenseundersøkelser på 12 stasjoner og fjæresoneundersøkelser på fire stasjoner siden 2007 (Tabell 25).

Metodikken for de ulike undersøkelsesmetodene er nærmere beskrevet i fagrapportene for bentosundersøkelsene (f.eks. Walday et al. 2011, Gitmark et al. 2017, Walday et al. 2016), mens en beskrivelse av analysene brukt i denne rapporten er gitt i Vedlegg E.

Tabell 25. Antall stasjoner på hardbunn som er undersøkt med de ulike undersøkelsesmetodene, i overvåkingsperioden 2007-2018. Enkelte stasjoner er undersøkt i andre overvåkingsprogram i løpet av overvåkingsperioden. En fullstendig oversikt er gitt i Vedlegg A.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rammer	25		10	24				16		15	15	
Transekt	13	1	2	12	1	1	1	1	1			3
Nedre voksegrense							3			12	11	
Fjæresone			3	4	4			4		4		



Figur 33. Hardbunnstasjoner undersøkt i overvåkingsperioden 2007-2018. Røde sirkler viser stasjoner hvor det er foretatt rammeundersøkelser. Svarte kryss viser stasjoner hvor det er foretatt dykkeundersøkelser. Lilla firkanter viser stasjoner hvor det er foretatt fjæresoneundersøkelser. Stasjonenes geografiske posisjoner er gitt i Vedlegg A.

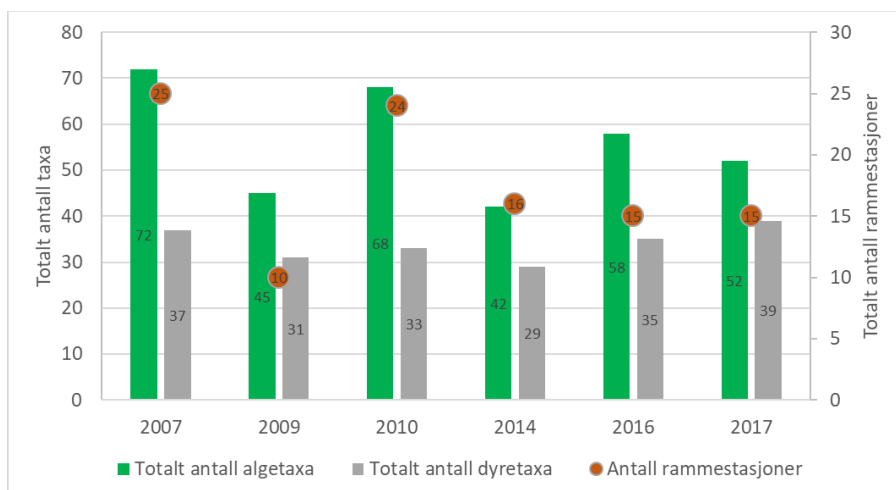
### 5.2.1 Undersøkelser i fjæra

Arter responderer på endringer i miljøet de lever i på ulike måter. Endringer som er ugunstige for noen arter, kan være gunstige for andre. Makroalger og fastsittende/lite bevegelige dyr kan ikke flykte og må håndtere endringer i miljøet der de befinner seg. Det betyr at endret utbredelse, mengde eller skifte i forholdet mellom artene gir en indikasjon på at miljøet har endret seg. En svak overkonsentrasjon av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og gi en gjødslingseffekt som øker artsrikheten. Høyere konsentrasjoner av næringssalter vil imidlertid gi dominans av noen få arter og redusert artsantall. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger som øker i mengde og dominerer. De flerårige algene blir lett overgrodd av de

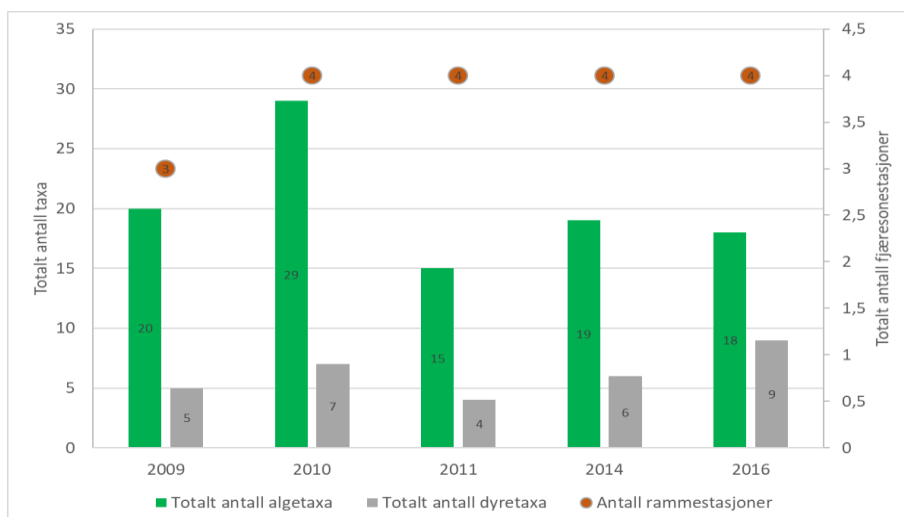


hurtigvoksende algene, noe som kan resultere i at tang og tare reduseres og etter hvert forsvinner. Dette vil også gi negative ringvirkninger for dyresamfunnet i fjæra.

I løpet av overvåkingsperioden 2007-2018 er det foretatt undersøkelser i rammer på totalt 25 stasjoner, og det er til sammen registrert 101 algetaxa<sup>1</sup> og 59 dyretaxa. Figur 34 viser antall stasjoner undersøkt de årene det er gjort rammeundersøkelser, og totalt antall registrerte alge- og dyretaxa. I samme periode er det foretatt fjæresoneregistreringer på totalt fire stasjoner i Hvalerområdet, hvor det er registrert totalt 33 algetaxa og 12 dyretaxa (Figur 35).



Figur 34. Antall stasjoner hvor det er foretatt rammeundersøkelser (oransje prikker), totalt antall algetaxa (grønne kolonner) og totalt antall dyretaxa (grå kolonner) registrert pr. undersøkt år.



Figur 35. Antall stasjoner hvor det er foretatt fjæresoneundersøkelser (oransje prikker), totalt antall algetaxa (grønne kolonner) og totalt antall dyretaxa (grå kolonner) registrert pr. undersøkt år.

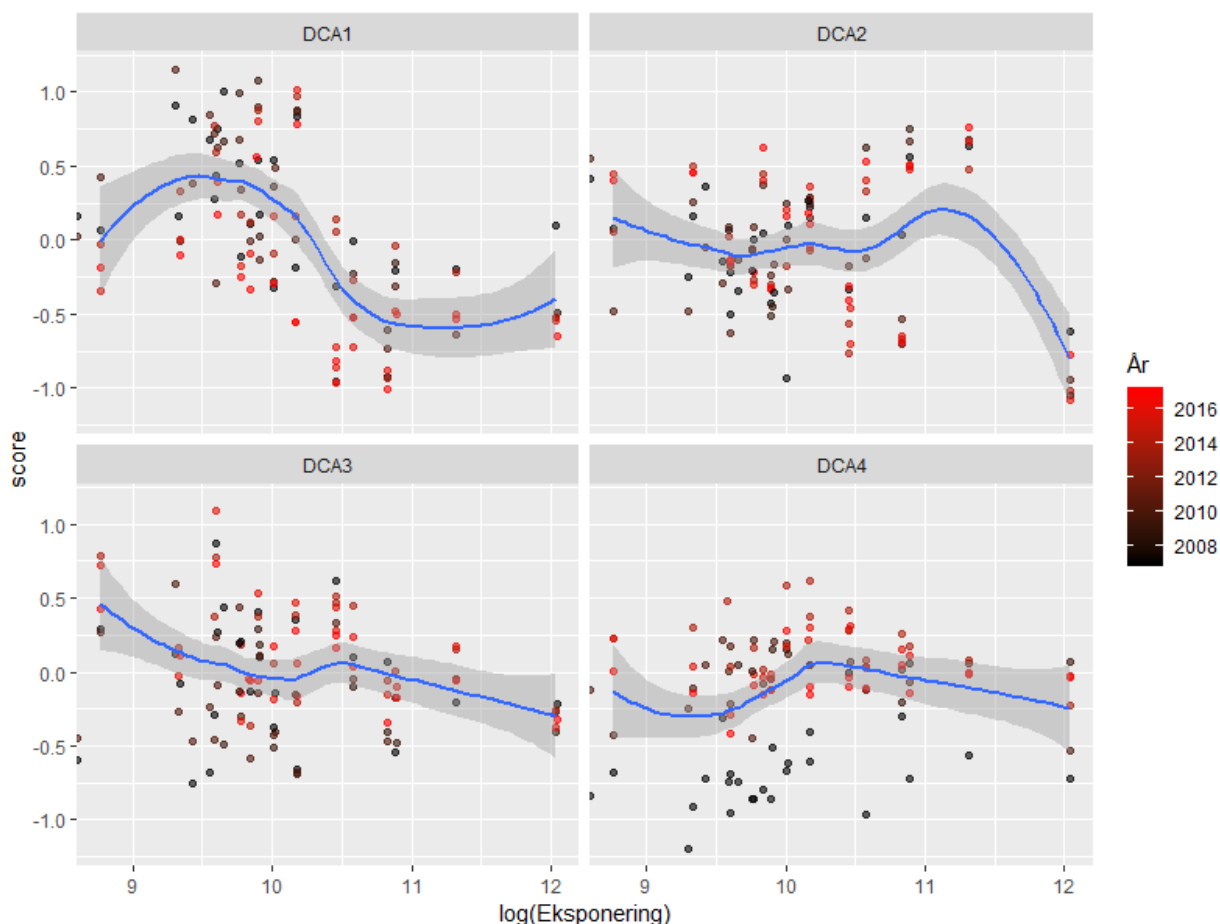
Ordinasjonsanalyser søker å beskrive hovedgradienter i samvariasjonsmønstre mellom ulike variabler. Analysene utført her viser distinkte forskjeller mellom fjæresamfunn observert langs

<sup>1</sup> Taxa er flertall av ordet taxon, synonymt med gruppe; kan f.eks. være slekt eller art.

gradienten i bølgeeksponering i Ytre Oslofjord. En oversikt over stasjoner og eksponering er gitt i Vedlegg B. Forskjellene mellom fjæresamfunnene med ulik bølgeeksponering skyldes i hovedsak at de har ulike arter, og i mindre grad ulikt artsmangfold (antall arter og fordeling av individantall mellom disse). Aksespennet langs DCA1 er på cirka 2 enheter, som grovt sett betyr at halvparten av artene er forskjellig når man sammenligner observasjoner i ytterpunktene. Denne gradienten i artsutskiftning knyttes altså sterkest til bølgeeksponering (Tabell 26, Figur 36), men det er sannsynligvis at flere andre faktorer også har betydning.

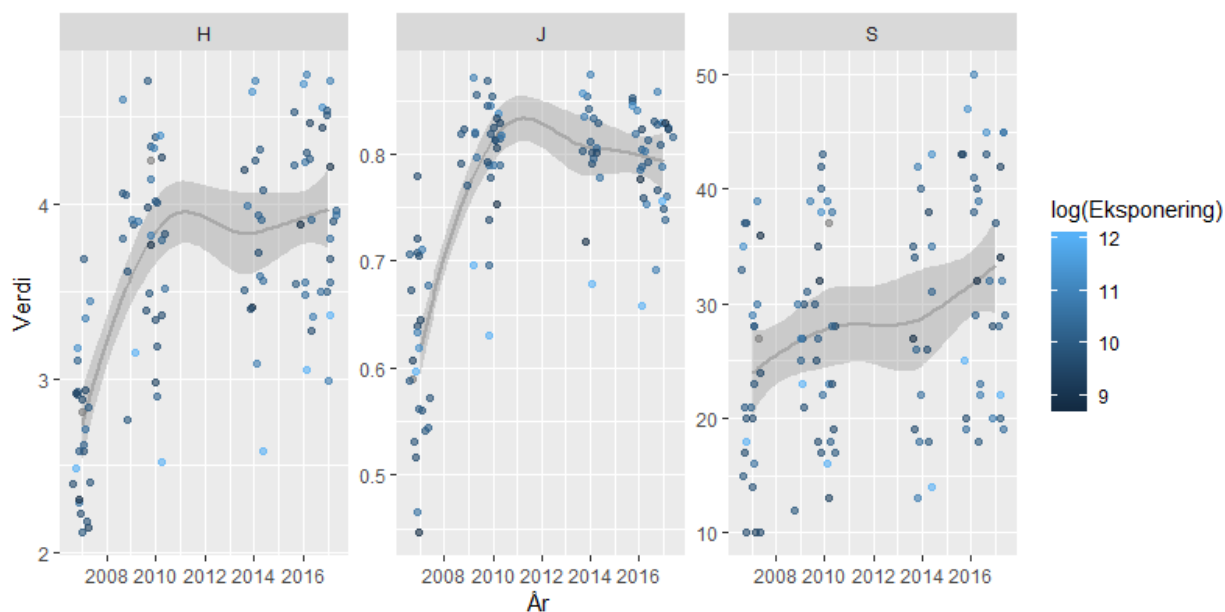
Tabell 26. Tabellen viser p-verdier fra de ulike GLM-ene (generalized linear models). P-verdier under 0,05 indikerer en sterk (signifikant) sammenheng mellom gitt akse og gitt variabel.

	DCA 1	DCA 2	DCA 3	DCA 4
<i>Variabel</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Eksponering	<b>&lt;0.001</b>	0.060	<b>0.001</b>	0.706
År	<b>0.001</b>	0.292	<b>0.002</b>	<b>&lt;0.001</b>



Figur 36. Resultatene fra ordinasjonsanalysen plottet mot bølgeeksponering (på logaritmisk skala pga. ujevn spredning). Plottet viser tydelig sammenhengen mellom bølgeeksponering ved stasjonene (x-aksen), tidspunkt for undersøkelsen (gitt ved farge på punkt) og plassering av observasjonspunktet langs gradientene i artssammensetting (DCA1-DCA4) (y-aksen).

Strukturen til de undersøkte samfunnene har over tid endret seg i en positiv retning. Antall arter (S) har økt (Figur 37). Samtidig har antallet av individer innen hver art jevnet seg ut mellom artene (J går mot 1), som betyr en redusert skjevhet (forekomst av dominans) i fjæresamfunnene (Figur 37J). Disse to faktorene har resultert i et høyere biologisk mangfold (målt som Shannon-Wiener diversitet H') ved stasjonene over tid (Figur 37H).

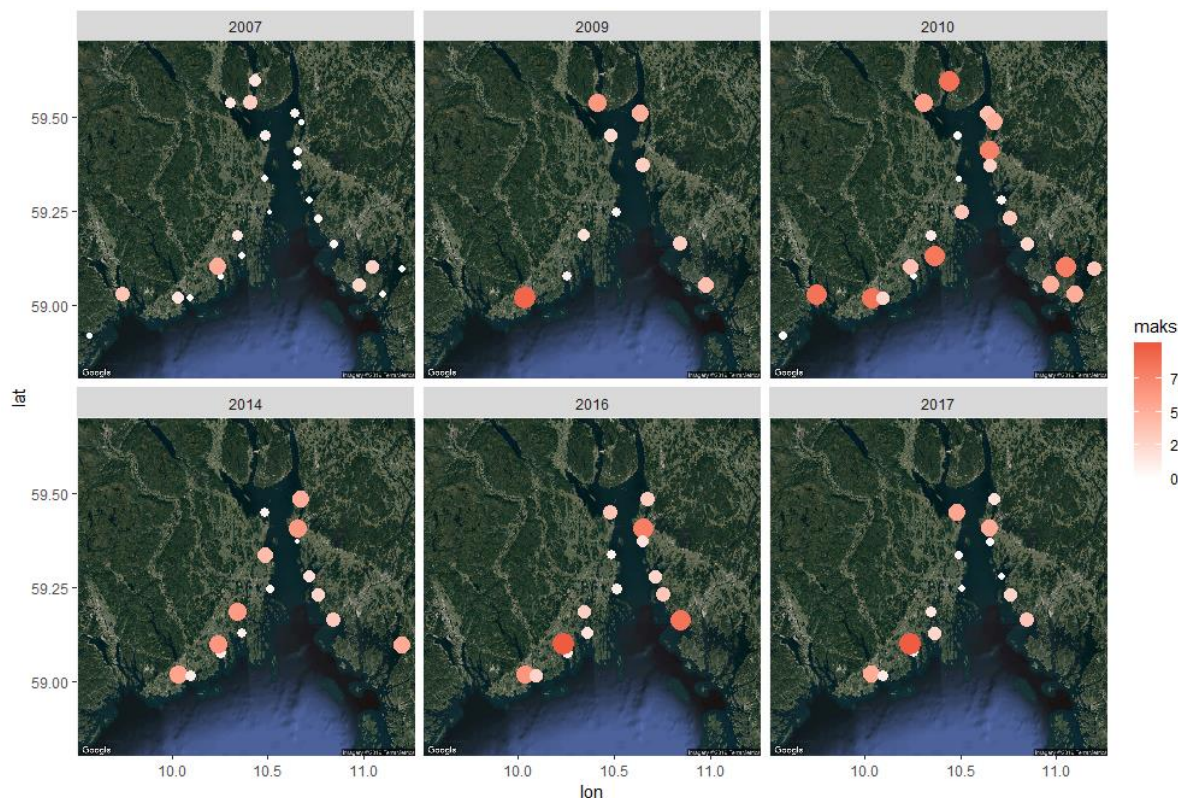


Figur 37. Diversitetsmål basert på rammeregistreringer over tid. H' = Shannon-Wiener diversitet, J = Pielou's jevnhet, S = antall arter.

Påvirkning fra overkonsentrasjoner av næringssalter i fjæresonen kan lede til at noen få tolerante arter blir begunstiget og øker i mengde på bekostning av artsrikheten. Det er særlig små, hurtigvoksende blad- og trådformete grønnalger, blågrønn- og kiselalger samt enkelte andre hurtigvoksende trådformete alger som øker i mengde ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter. Dette er en gruppe alger som også drar fordel av høy sjøtemperatur.

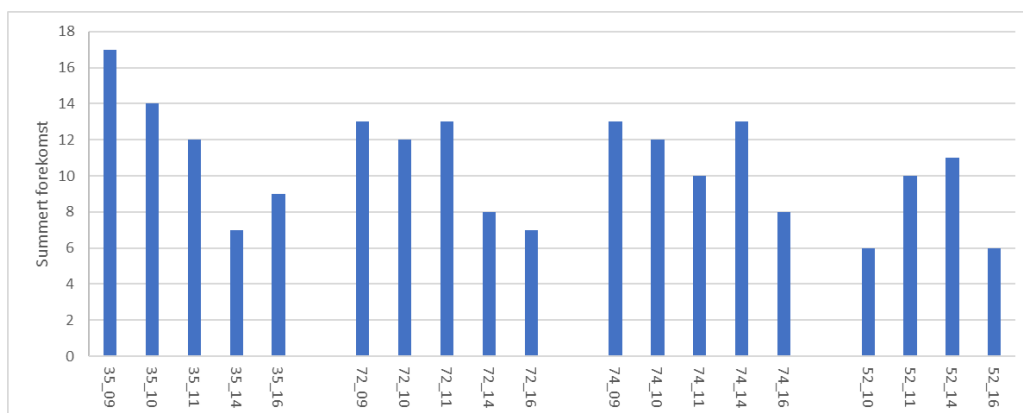
Overvåkingen viser at det stort sett er høyere forekomst av de hurtigvoksende algene og blågrønn- og kiselalger (heretter kalt lurv) på de nordligste stasjonene i undersøkelsesområdet, samt på stasjon G10 ved Larvik og stasjon G9 i Sandefjordsfjorden (Figur 38). Det var også høy forekomst av lurv på stasjon G12 i Langesundsfjorden i 2007 og 2010, stasjonene i Hvaler i 2010, stasjon G6 i Tønsbergfjorden i 2014 og G21 Leira i 2016 (Figur 38).

Forekomsten av lurv er noe lavere i 2007 enn senere i perioden (Figur 38), dette kan delvis skyldes endring i metodikken. I 2007 ble forekomst registrert som prosent dekningsgrad. Senere er forekomsten registrert som frekvens, dvs. tilstedeværelse i et gitt antall ruter. I foreliggende analyse er frekvenstallen gjort om til prosent. En sammenlikning av de to rammeregistreringsmetodene er gitt i Waldy et al. 2010.



Figur 38. Registrert maksimal dekningsgrad av ulike arter lurv ved de ulike stasjonene i perioden 2007-2017. En liste over de arter som er inkludert i analysen er gitt i Vedlegg C.

Fjæresonedata fra Hvalerområdet er ikke inkludert i analysen ovenfor, men der er registrert høye forekomster av blågrønn- og kiselalger på alle stasjonene de fleste år (Figur 40a). Det er også registrert høye forekomster av hurtigvoksende blad- og trådformete alger på enkelte stasjoner, enkelte år. Figur 39 viser summert forekomst av ulike arter lurv på stasjon 35, 52, 72 og 74 i Hvaler (kart i Figur 33). Forekomstene på stasjon 35 og 72 har gått ned siden 2011. På stasjon 74 var det en reduksjon i forekomsten fra 2009 til 2011, men så steg den noe i 2014, for så å bli redusert i 2016 igjen. På stasjon 52 var det en økning i lurv fra 2010 til 2014, men så en nedgang i forekomsten i 2016.



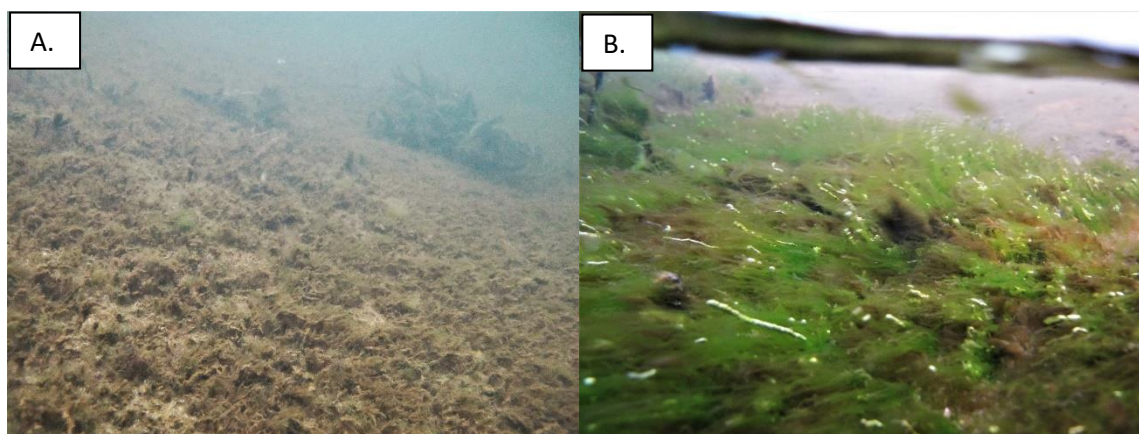
Figur 39. Summert forekomst av ulike arter lurv på stasjonene undersøkt for Borregaard i perioden 2009-2016. Forekomsten for de ulike artene er målt på en semi-kvantitativ skala på 1-4 (1=0-5%, 2=5-25%, 3=25-75%, 4=75-100%). En liste over de arter som er inkludert i analysen er gitt i Vedlegg C.

Høye forekomster av lurv registreres i stor grad på stasjoner nær de store elveutløpene, og det er sannsynlig at påvirkning fra disse elvene fører til økt forekomst av hurtigvoksende alger. De nordligste stasjonene kan være påvirket av Drammenselva, stasjon G10 ligger i nærheten av utløpet til Numedalslågen, stasjon G12 er sannsynligvis påvirket av Skienselva og stasjonene i Hvaler og stasjon G21 ligger i nærheten av utløpet til Glomma (Vesterelva).

Gjennomsnittlig vannføring fra Glomma gikk ned fra 2014 til 2016, og økte fra 2016 til 2017, tilførsler av totalt nitrogen viste samme trend, mens tilførsler av totalt fosfor har gått ned fra 2015 til 2017 (se kap. 3.3). Dersom en antar at stasjon G21 er påvirket av tilførsler fra Glomma ville en forvente at forekomsten av lurv var lavere i 2016 sammenliknet med 2014 og 2017. Forekomsten av lurv på stasjonen var derimot høyest i 2016. Det kan bety at det er flere andre årsaker enn elvetilførsler til store forekomster av hurtigvoksende alger.

Stasjon G9 ligger innerst i Sandefjordsfjorden. Stasjonen er svært grunn, med liten helningsgrad. Det er observert mye andefugl på stasjonen og i 2016 ble det registrert svært mye fugleavføring der. Det er sannsynlig at den store mengden fugleavføring gir en gjødslingseffekt som fremmer veksten av hurtigvoksende alger (Figur 40b).

Stasjon G6 i Vestfjorden ved Tønsberg hadde høy forekomst av lurv i 2014, mens stasjon G7 noen kilometer lenger ut i fjorden ikke hadde det. Dersom området generelt hadde vært eutrofi påvirket ville en forvente å finne økte forekomster av hurtigvoksende alger også på stasjon G7.



Figur 40. A. Høy forekomst av blågrønn- og kiselalger som delvis vokser over andre trådformete alger. B. Tett forekomst av tarmgrønnsker (*Ulva* spp.) og belegg av kisel- og blågrønnalger i øvre nivå på stasjon G9 innerst i Sandefjordsfjorden i 2014. Foto: NIVA

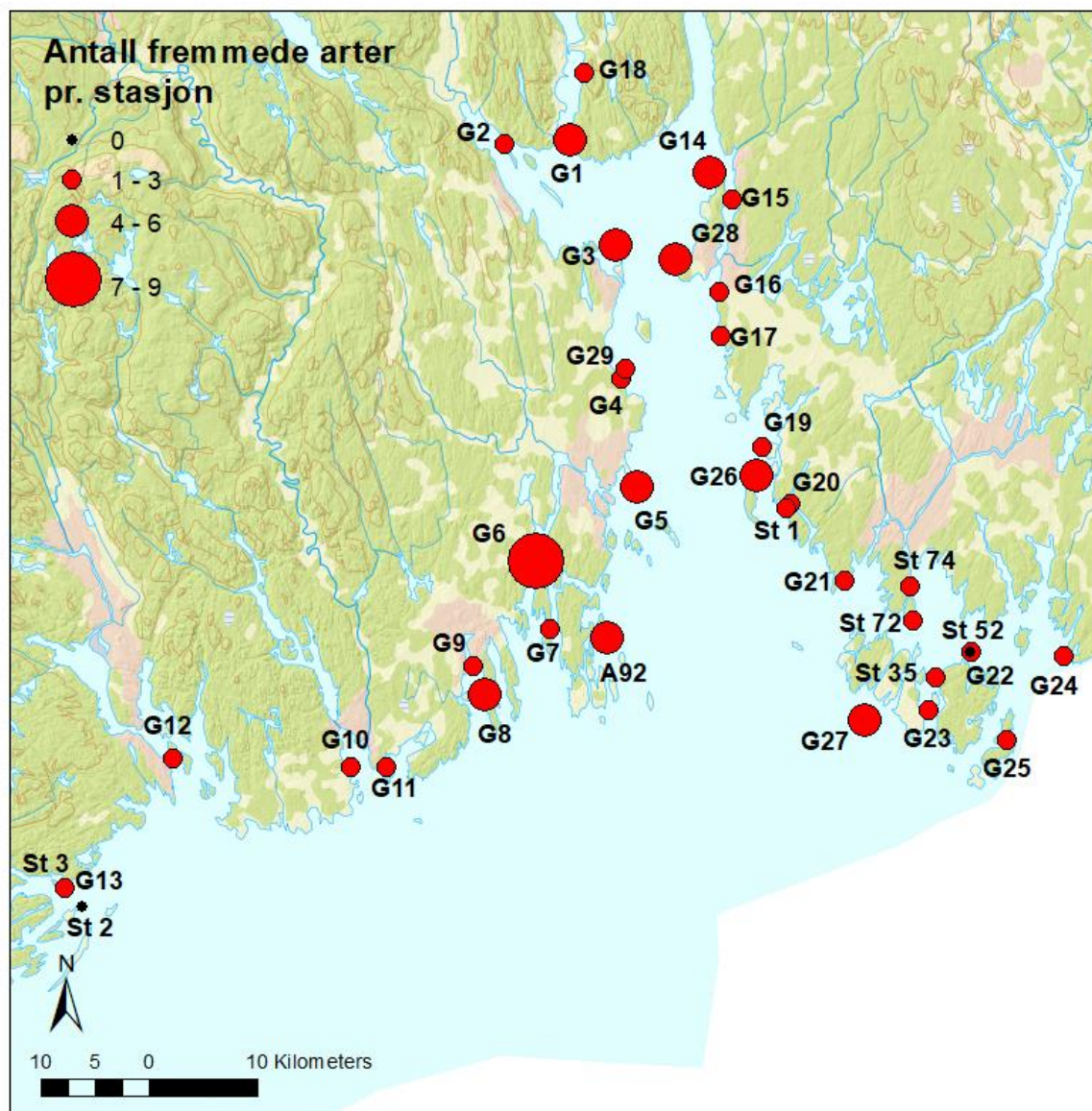
### 5.2.2 Fremmede arter

I undersøkelsesperioden 2007-2018 er det registrert ni fremmede arter på hardbunn (i ramme-, fjære- og dykkeundersøkelsene). De vanligst forekommende er brakkvannsrur (*Amphibalanus improvisus*), rødlo/krokbærer (*Bonnemaisonia hamifera*) og stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) (Vedlegg D).

Flest fremmede arter er registrert på stasjon G6 Ravnøy (7) og G8 Hellesøy (6) og G14 Bevøya (6) (Figur 41, Vedlegg D). På stasjon 52 Vestre Damholmen og stasjon 2 Sandsundholmen er det ikke registrert fremmede arter. Tre av de fremmede artene (*Codium fragile*, *Heterosiphonia japonica* og *Styela clava*) er kun registrert under dykkeundersøkelsene. I 2016 og 2017 ble det kun gjennomført



nedre voksegrenseundersøkelser av ni utvalgte makroalgearter. Ved nedre voksegrenseundersøkelser registreres det i utgangspunktet ikke forekomster av andre arter enn de ni utvalgte makroalgene. På enkelte stasjoner er det likevel notert forekomster av fremmede arter og disse er inkludert i oversikten i Figur 41 og Vedlegg D. Dersom man hadde utført fullstendige dykketransekt alle undersøkelsesårene, er det mulig at flere fremmede arter hadde blitt oppdaget, og/eller at forekomsten av de ni observerte artene på de ulike stasjonene hadde sett annerledes ut.



Figur 41. Antall fremmede arter registrert på de 37 hardbunnsstasjonene i perioden 2007-2018. Størrelsen på de røde sirklene indikerer antall arter registrert per stasjon. For en fullstendig oversikt over hvilke fremmede arter som er registrert per stasjon, se Vedlegg D.

Videre følger en kort beskrivelse av de ulike registrerte fremmede artene. Figur 42 viser bilder av enkelte av de som er funnet i perioden 2007 – 2018.



Brakkvannsrur (*Amphibalanus improvisus*=*Balanus improvisus*) antas å ha opprinnelse på østkysten av Amerika. Arten ble påvist i Indre Oslofjord tidlig på 1900-tallet, og er nå utbredt fra østlandsområdet og opp til Hordaland (Artsdatabanken 2018). Den er vurdert til å ha mulig høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, men ingen kjent økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Arten er svært vanlig i Oslofjorden, og er blitt registrert på 31 av de 37 undersøkte stasjonene (Vedlegg D).

Stillehavssøsters (*Crassostrea gigas*) er naturlig hjemmehørende i det nordlige Stillehavet, og ble innført til Europa på 1960-tallet. Frem til 2006 var det kun registrert to funn av frittlevende stillehavssøsters i Norge, ett i Hordaland og ett i Telemark (Norling & Jelmert, 2010). Den er nå registrert fra Østfold til Møre og Romsdal (Artsdatabanken 2018). Stillehavssøsters er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale og middels økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). I overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord var stillehavssøsters ikke observert før den i 2014 ble funnet på seks stasjoner (Gitmark et al. 2015). I 2017 ble den observert på 10 stasjoner, og den er til nå registrert på totalt 16 av de 37 undersøkte stasjonene (Vedlegg D).

Lærsekkdyr (*Styela clava*) er naturlig hjemmehørende i nordvestlige Stillehavet. Arten ble først registrert i Norge (Lindøy ved Stavanger) omkring 1990, og er nå funnet fra Aust-Agder til Hordaland (Artsdatabanken 2018). Lærsekkdyr er vurdert til å ha lav risiko pga. moderat invasjonspotensiale, og liten økologisk effekt. Arten er sannsynligvis registrert på stasjon G6 ved Tønsberg i 2016 og 2017 (Figur 42). Observasjonene ble gjort på dykk under nedre voksegrenseundersøkelser, og det ble ikke tatt prøve for sikker artsbestemmelse.

Pollpryd (*Codium fragile*) er en grønnalge som naturlig hører hjemme i det nordlige Stillehavet. Arten har vært i Norge (Hordaland) siden 1932, og er nå registrert fra Østfold til Troms (Artsdatabanken 2018). Den er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale og høy økologisk effekt. Pollpryd er registrert på fem av de 37 undersøkte stasjonene i Ytre Oslofjord (Vedlegg D). På stasjon G3 ved Horten ble den registrert i spredt forekomst på 2 m dyp i 2007. På stasjon G8 i Sandefjordsfjorden ble den registrert på 1-2 m i 2007 og 2010. På stasjon G14 som enkeltfunn på 4 og 6 m dyp i 2010. På G29 ved Åsgårdstrand og A92 ved Tjøme ble den registrert under nedre voksegrenseundersøkelsene i 2017.

Strømgarn (*Dasya baillouviana*) er en rødalge som første gang ble funnet i Norge i 1966, og nå er registrert fra Østfold til Vest-Agder (Artsdatabanken 2018). Den er vurdert til å ha mulig høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, men har ingen kjent økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Strømgarn er registrert på åtte av de 37 stasjonene; en gang i rammeundersøkelsene på G15 i 2007, mens resten av registreringene er gjort på dykkeundersøkelsene.

Japansk sjølyng (*Dasysiphonia japonica* = *Heterosiphonia japonica*) er en rødalge opprinnelig kjent fra det nordlige Stillehavet, og som nå registrert fra Østfold til Sør-Trøndelag (Artsdatabanken 2018). Arten ble første gang registrert i Norge i Austevoll i Hordaland i 1996 og er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale og høy økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). I Oslo-området ble japansk sjølyng første gang registrert i 2005 i Drøbak og Sandefjordsfjorden (Norling & Jelmert, 2010). Den er registrert på ni av de 37 undersøkte stasjonene (kun på stasjoner hvor det er foretatt transektdykk) (Vedlegg D).

*Melanothamnus harveyi* (tidl. *Polysiphonia harveyi*) er en rødalge som opprinnelig er kjent fra kysten av Nord-Amerika. Den ble funnet første gang i 1983 i Oslofjorden, og er nå trolig tilstede fra svenskegrensen til Møre og Romsdal (Artsdatabanken 2018). Arten er vurdert til mulig høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, men ingen kjent økologisk effekt. Den er kun registrert i 2007, i svært lav forekomst (< 1 % dekningsgrad) på stasjon G4 ved Åsgårdstrand.

Krokbærer (*Bonnemaisonia hamifera*) er en rødalge som er rapportert å ha sin opprinnelse i det nordvestlige Stillehavet, og ble første gang funnet i Norge i 1902. Arten har en livssyklus hvor det inngår to morfologisk svært ulike thalli<sup>2</sup>; et lite og enradet tetrasporofyttstadium (oftest kalt *Traliella intricata* (rødlo)), og et flerradet gametofyttstadium (krokbærer). Det er gjort få observasjoner av gametofyttstadiet i Norge, mens tetrasporofyttstadiet til arten har stor utbredelse, og er nå registrert fra Østfold – Troms (Artsdatabanken 2018). Arten er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, og høy økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Rødlo-fasen av arten er registrert på 16 av de 37 undersøkte stasjonene, hovedsakelig dykkestasjoner (Vedlegg D).

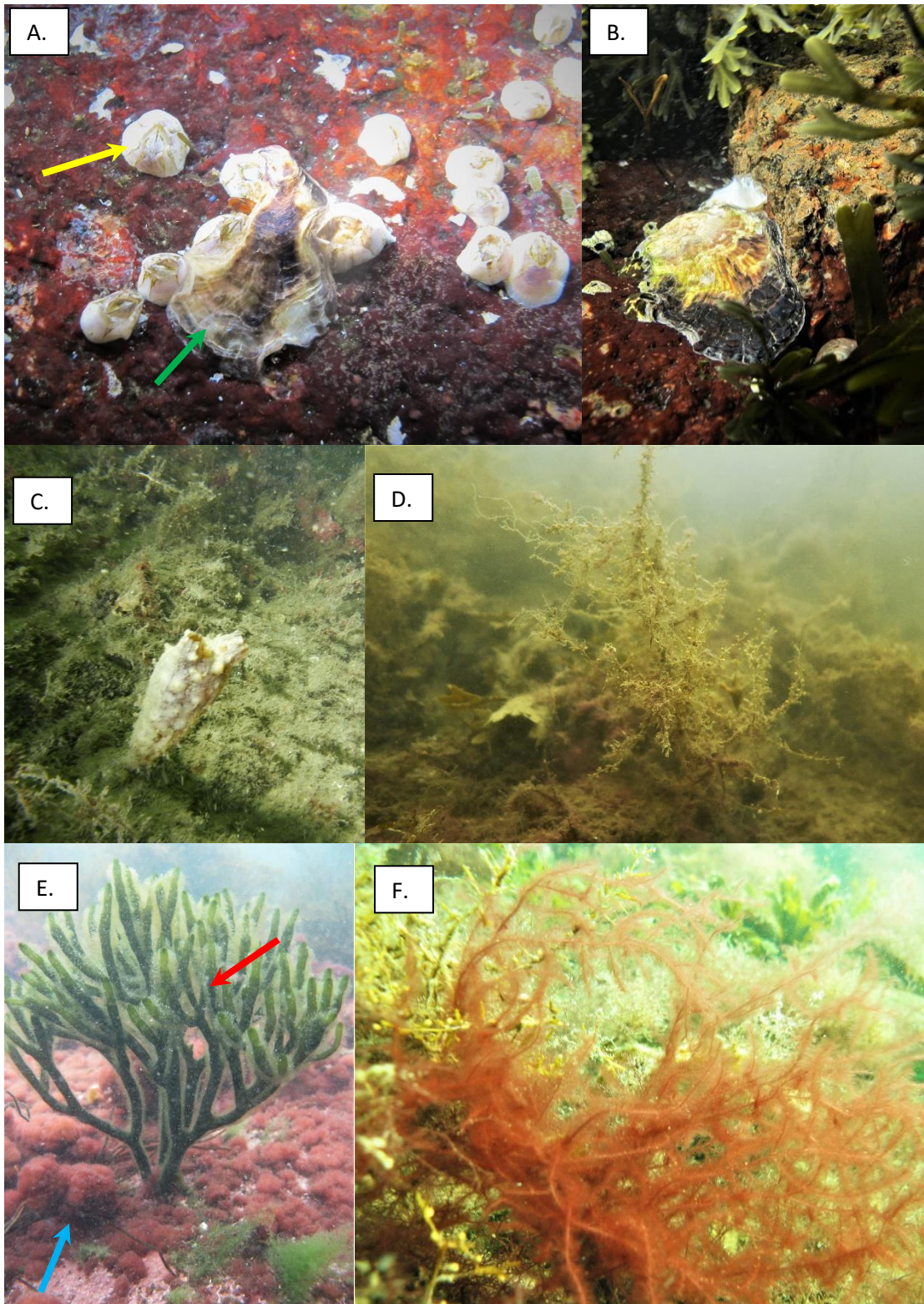
Japansk drivtang (*Sargassum muticum*) er en brunalge som er rapportert å ha sin opprinnelse i det nordlige Stillehavet. Den første fastsittende populasjonen ble registrert i Aust-Agder i 1988 (den ble første gang registrert ilanddrevet på Sørlandet i 1984). I dag er arten meget vanlig langs kysten av Skagerrak, og er registrert fra Østfold til Møre og Romsdal (Artsdatabanken 2018). Allerede i undersøkelser i Hvalerområdet 1992-1994 ble en kraftig populasjon av drivtang funnet i Heiahavnens indre del og enkelte funn i Singlefjorden (Artsdatabanken 2018). Arten er vurdert til å ha svært høy risiko pga. stort invasjonspotensiale, og høy økologisk effekt (Artsdatabanken 2018). Japansk drivtang er registrert på åtte av de 37 undersøkte stasjonene, hovedsakelig dykkestasjonene (Vedlegg D).

Brakkvansrur og stillehavsøsters lever i fjæresonen, mens de sju andre artene oftest finnes dypere i sjøsonen, og derfor forventes kun å bli observert ved dykking.

---

<sup>2</sup> Thalli, flertall av Thallus eller Tallus, er betegnelse på legemet eller plantelegemet hos lav, alger og plantelignende organismer som ikke danner rot, stengel og blad.

---



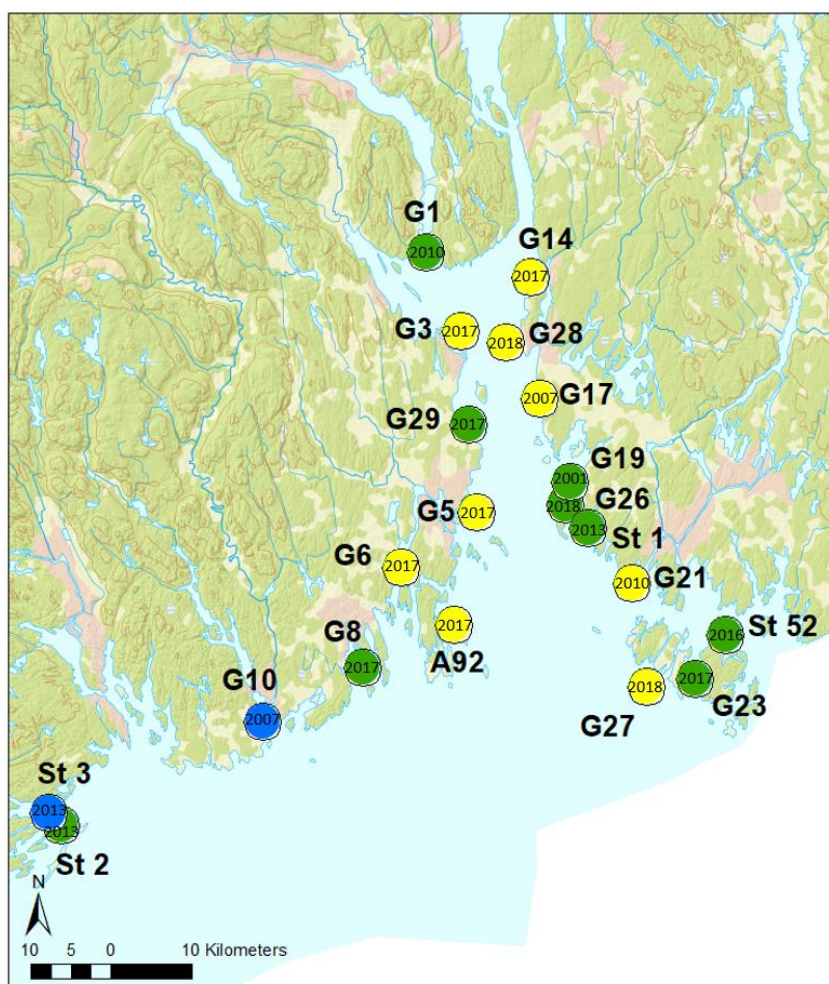
Figur 42. A. Brakkvannsrur (*Amphibalanus improvisus*) (gul pil) og en liten stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) (grønn pil) i fjæra på stasjon G20 i 2014. B. Stillehavsøsters i fjæra på stasjon G6 i 2017. C. Lærsekkyr (*Styela clava*) på stasjon G6 i 2016. D. Japansk drivtang (*Sargassum muticum*) på stasjon G6 i 2017. E. Pollpryd (*Codium fragile*) (rød pil) og røddlo (tetrasporofytt-fasen av *Bonnemaisonia hamifera*) (blå pil) på stasjon G8 i 2010. F. Strømgarn (*Dasya baillouviana*) på stasjon G14 i 2010. Foto: NIVA



### 5.2.3 Nedre voksegrense for alger

Det nedre voksedypet for makroalger har en klar sammenheng med lysgjennomtrengelighet og mengden partikler i vannet. Utbredelsen av flerårige makroalger integrerer miljøforholdene over tid og miljøendringer vil således gi utslag på nedre voksegrenseindeksen (MSMDI). Forhold som ikke er direkte knyttet til miljøtilstanden på stasjonen, vil også i noen grad kunne påvirke resultatene og være med på å forklare årlige variasjoner i resultatene.

Siden 2001 er det i alt dykket på 21 stasjoner i overvåkingsprogrammet. Tilstandsklasser og nEQR-verdier fra det siste år for hver av stasjonene er vist i Figur 43. Det er *svært god* tilstand på to stasjoner, men disse er ikke undersøkt siden hhv. 2013 og 2007. Det er *god* tilstand på ni stasjoner, men G19 ble kun undersøkt i 2001 og stasjon 1 kun i 2013. Det er *moderat* tilstand på de ni resterende stasjoner. Stasjon G22 ble kun undersøkt i 2001 og senere byttet ut med stasjon 52 (stasjonene ligger kun noen titalls meter fra hverandre). Resultatet fra G22 er ikke vist i kartet, men kan sees i Tabell 28.



Figur 43. Økologisk tilstand beregnet fra nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på 20 dykkestasjoner undersøkt i Fagrådets overvåking av Ytre Oslofjord. Tallene i sirkelene viser hvilket år stasjonen sist ble undersøkt. Fargene viser økologisk tilstandsklasse (blå=*svært god*, grønn=*god*, gul=*moderat*). Stasjon G22 ligger svært nær stasjon 52, og ble kun undersøkt i 2001. Resultat fra G22 er ikke vist i kartet, men kan sees i Tabell 28.

Tabell 27 og Tabell 28 viser nEQR-verdier og tilstandsklasser for hvert undersøkt år siden 2001. Resultater fra 2001 er data fra dykkeundersøkelsene foretatt av Det Norske Veritas (DNV 2002). Enkelte av stasjonene er også undersøkt i andre overvåkingsprogram (se tabelltekst til Tabell 27 og Tabell 28).

Figur 44 viser bilder av tre av de ni artene som registreres ved nedre voksegrenseundersøkelser.

Det har vært en bedring av den økologiske tilstanden fra *moderat* til *god* på to stasjoner (G23 og stasjon 52), og fra *god* til *svært god* på stasjon G10 (Tabell 27 og Tabell 28): Stasjon 52 og G10 er kun undersøkt to ganger i løpet av 2001-2018. G10 ble sist undersøkt i 2007, og det ble da registrert en liten økning i voksedypet til de fleste observerte artene på stasjonen, sammenliknet med 2001. Stasjon 52 ble undersøkt i 2010 og 2016. Det var en svak forbedring av nEQR-verdien mellom de to årene, fra 0,6 til 0,64, og det hovedsakelig fordi hummerblekke/ krusblekke ble observert på et noe større dyp i 2016 enn i 2010. På stasjon G23 er det hovedsakelig en liten økning i voksedypet til fagerving (*Delesseria sanguinea*) som har ført til en forbedring i økologisk tilstand.

På stasjon G8 i Sandefjordsfjorden var det kun mulig å dykke til ca. 10 m dyp i 2001 og 2007. I 2016 ble stasjonen flyttet til vestsiden av øya og dykkedyppet økte til ca. 20 m. Resultatene fra 2001/2007 kan derfor ikke sammenliknes med resultatene fra 2010-2017. I 2010 var den økologiske tilstanden på stasjonen *svært god*, mens den i 2017 var *god*. Det er hovedsakelig reduksjon eller fravær av teinebusk (*Rhodomela confervoides*) som har ført til en forverring av økologisk tilstand på stasjonen. Eikeving (*Phycodryx rubens*) ble registrert på 16 m dyp i 2010, men arten ble ikke gjenfunnet i 2016 og 2017. Stasjon G21 i Leira-området, som viser en bedring i tabellen, er lite egnet for undersøkelser av nedre voksegrense fordi største dykkedypp på stasjonen er 8 m.

Tabell 27. nEQR-verdier og økologisk tilstand (blå=svært god, grønn=god, gul=moderat) beregnet med nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på de 10 dykkestasjonene på vestsiden av Oslofjorden. Undersøkelsene i 2001 er utført av Det Norske Veritas (data fra DNV 2002). Undersøkelsene på stasjon A92 i 2002–2010 er gjort av NIVA i «Kystovervåkingsprogrammet». Stasjon G8 ble flyttet i 2010, så resultatene fra 2001 og 2007 kan ikke sammenliknes med resultatene fra 2010-2017.

Stasjon	G1	G3	G5	G6	G8	G10	G29	A92	St. 2	St. 3
Vanntype	3	2	2	3	3	2	2	3	1	2
2001	0,70	0,64	0,68	0,53	0,50	0,70				
2002								0,60		
2003								0,60		
2004								0,45		
2005								0,50		
2006								0,80		
2007	0,80	0,76	0,83	0,50	0,68	0,83		0,63		
2008								0,45		
2009								0,48		
2010	0,77	0,66	0,71	0,55	0,87			0,48		
2013									0,75	0,97
2016		0,66	0,70	0,63	0,71		0,80	0,68		
2017		0,44	0,60	0,53	0,74		0,77	0,60		



Tabell 28. nEQR-verdier og økologisk tilstand (blå=svært god, grønn=god, gul=moderat, oransje=dårlig) beregnet med nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) på de 11 dykkestasjonene på østsiden av Oslofjorden. Undersøkelsene i 2001 er utført av Det Norske Veritas (data fra DNV 2002). Undersøkelsene på stasjon G26 i 2009, 2011-15, 2017-18 er gjort av NIVA i programmene «Miljøovervåking av sukkertare langs kysten» og ØKOKYST-Skagerrak for Miljødirektoratet. Undersøkelsene på stasjon G27 i 2017-18 og G28 i 2018 er gjort av NIVA i programmet «ØKOKYST-Skagerrak» for Miljødirektoratet.

Stasjon	G14	G17	G19	G21	G22	G23	G26	G27	G28	St. 52	St. 1
Vanntype	2	2	2	1	3	3	2	1	2	3	3
2001	0,72	0,51	0,80	0,40	0,51	0,60					
2007	0,68	0,45		0,49		0,60	0,75	0,63			
2009							0,83				
2010	0,54			0,43		0,74	0,80	0,68		0,60	
2011							0,78				
2012							0,90				
2013							0,85				0,71
2014							0,48				
2015							0,63				
2016	0,52					0,68	0,75	0,69	0,64	0,64	
2017	0,53					0,72	0,65	0,37	0,57		
2018							0,65	0,60	0,49		

Den økologiske tilstanden er redusert fra *god* til *moderat* på fem stasjoner (Tabell 27 og Tabell 28):

Stasjon G3 ved Horten er lite egnet for nedre voksegrenseundersøkelser. I 2001 og 2007 ble det kun dykket til 10 m dyp. Transekretningen er senere endret to ganger, men stasjonen er preget av områder med mye sediment, eller svært bratt fjell med overheng. Det er også mye metallskrap/vrakrester i området som gjør dykkingen krevende. På stasjon G5 ved Tønsberg er det hovedsakelig redusert voksedyp eller fravær av krusflik (*Chondrus crispus*) som førte til redusert økologisk tilstand. De andre artene på stasjonen viser ikke redusert voksedyp. På stasjon G14 nord for Jeløya var det også redusert voksedyp eller fravær av krusflik, men også sukkertare (*Saccharina latissima*) og teinebusk hadde grunnere voksedyp i 2016 og 2017 enn tidligere år. Fagerving hadde derimot ikke grunnere voksedyp. På stasjon G27 Akerøya var det *dårlig* økologisk tilstand i 2017. Dette skyldes hovedsakelig at svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), hummerblekke/krusblekke (*Coccytylus truncatus/Phyllophora pseudoceranooides*) og skulpetang (*Halidrys siliquosa*) ikke ble registrert det året. I 2018 ble svartkluft og hummerblekke/krusblekke observert igjen. Det var også noe reduksjon i voksedypet til teinebusk, hummerblekke/krusblekke og fagerving i 2017 og 2018, sammenliknet med 2016 og 2010. På stasjon G28 Gullholmen er det hovedsakelig reduksjon i voksedypet hos svartkluft som førte til redusert økologisk tilstand. Det er ikke observert noen vesentlig reduksjon i voksedyp hos de andre artene på stasjonen. Eikeving ble registrert på stasjonen i 2017, men ikke i 2016 og 2018.

På de resterende stasjonene er ikke den økologiske tilstanden endret mellom første og siste undersøkelse, men det har vært variasjoner i løpet av overvåkingsperioden på stasjonene A92 og G26. På stasjon A92 Kongsholmen har den økologiske tilstanden variert mellom *god* og *moderat*, mens den på G26 Rauerkalven har variert mellom *svært god* og *moderat*. 2014 er det eneste året

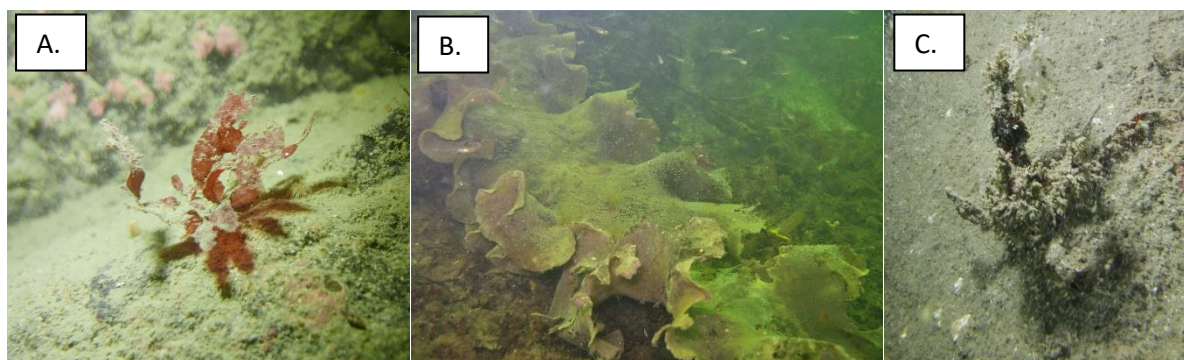
tilstanden var *moderat*, det ble da registrert grunnere voksedyp for alle artene, samt fravær av skolmetang. Siden 2015 har tilstanden vært *god* på Rauerkalven.

Fem av stasjonene er kun undersøkt ett år (G19, G22, St. 1, St. 2 og St. 3), så der har vi ingen informasjon om eventuell utvikling.

Det er vanskelig å se noen tydelige trender i nedre voksegrenseindeksen. I 2017 viste seks av de 11 undersøkte stasjonene dårligere tilstand enn de gjorde i 2016 (Tabell 27 og Tabell 28). Gjennomsnittlig vannføring og tilførsler av totalnitrogen økte fra 2016 til 2017 i Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva, og tilførsler av totalfosfor økte i Numedalslågen og Skienselva, mens den gikk ned i Glomma og Drammenselva (se kap. 3.3). Økte tilførsler kan ha ført til redusert nedre voksegrense på enkelte stasjoner, men siden stasjoner som ligger nær hverandre viser ulik tilstand er det sannsynlig at andre årsaker enn eutrofi også spiller inn.

Flere av stasjonene går over i bløtbunn før 20 m dyp, og er generelt preget av sedimentert fjell (Figur 44c). Sediment på bunnen (nedslamming) kan hindre alger og dyr i å feste og etablere seg på hardbunn, og nedslamming har vært antatt å være en viktig årsak til at f.eks. sukkertare ikke har reetablert seg på steder den har forsvunnet (Moy et al. 2008). Det ble ikke gjort kvantitative registreringer av nedslamming på bunnen i 2016, men registreringene gjort i 2007 og 2010 viser at et tynt lag av sediment dekker over 50 % av hardbunn på de fleste stasjoner og dyp (Figur 44c). Det er oftest noe mindre nedslamming i de øverste meterne, hvor det er bølger som vasker bort partikler. En økt nedslamming av bunnen kan henge sammen med økte elvetilførsler (se kap. 3.3), men dette er det etter vår kjennskap ikke gjort nærmere undersøkelser av.

Artene som inngår i nedre voksegrenseindeksen, blir oftest registrert i svært spredte forekomster i Ytre Oslofjord, og det er mulig at mangel på egnet substrat er en viktig begrensende faktor for voksedypet.



Figur 44. A. Hummerblekke (*Coccotylus truncatus*) på stasjon G6 i 2017. B. Sukkertare (*Saccharina latissima*) på stasjon G5 i 2010. C. Fagerving (*Delesseria sanguinea*) dekket av sediment på stasjon G23 i 2016. Foto: NIVA

## 6 Samlet tilstandsvurdering

En samlet vurdering av tilstanden på 46 ulike lokaliteter i Ytre Oslofjord basert på de kvalitetselementer som er undersøkt i Fagrådets program er presentert i Tabell 29. Det dårligste biologiske kvalitetselementet bestemmer samlet tilstand, mens støtteparametere ikke kan redusere samlet tilstand til lavere enn *moderat*.

Åpen fjord Østfold og Åpen fjord Vestfold er de to områdene med best samlet tilstand, men også der er det lokaliteter som ikke tilfredstiller kravene til vannforskriften om minst *god* tilstand. I områdene med *dårlig* eller *svært dårlig* tilstand er det bløtbunnsfauna og/eller støtteparametere som er utslagsgivende for tilstanden. 23 lokaliteter har *god* tilstand, mens bare to har *svært god*, og på disse to er det kun makroalger (MSMDI) som er undersøkt.

Programmet ØKOKYST Skagerrak omfatter stasjoner i Ytre Oslofjord, og klassifisering av tilstand for vannforekomstene som inngår i dette programmet er vist i Tabell 30 (Fagerli et al. 2019). Dette programmet viser i likhet med Fagrådets program stor geografisk variasjon i tilstand i Ytre Oslofjord.

Tabell 29. Tilstandsvurdering av stasjoner/lokaliteter i Fagrådets overvåking av Ytre Oslofjord. Farge indikerer tilstandsklasse basert på nEQR-verdi pr stasjon og kvalitetselement. Samlet vurdering er basert på dårligste biologiske kvalitetselement, der støtteparametere kan føre til reduksjon med én tilstandsklasse i samlet vurdering. \* Planteplanktonvurdering i henhold til SFT 97:03. Blå=*svært god*, grønn=*god*, gul=*moderat*, oransje=*dårlig*, rød=*svært dårlig*.

Stasjon	Periode	Samlet tilstand	Stasjoner og tilstandsklassifisering per kvalitetselement			
			Makroalger	Bløtbunnsfauna	Planteplankton	Støtteparametere
Indeks:			MSMDI	nEQR <sub>(stasjon)</sub>	Chl a*	Næringssalter/oksygen
<b>Indre del av Ytre Oslofjord</b>						
Solumstranda	2014-2018	V		V	II	V
Svelvik	2014-2018	V		V	II	V
Kippenes	2014-2018	III		II	II	III
Breiangen		II		II		
Hvitsten (OF7)		II		II		
Bastø (OF-4)		II		II		
Ytre Drammensfj.	2001-2010	II	II			
Østøya	2001-2017	III	III			
Bevøya S	2001-2017	III	III			
Gullholmen	2016-2018	III	III			
<b>Åpen fjord Vestfold</b>						
Bolærne	2017-2018	II		II	I	II
Kongsholmen	2017-2018	II			I	II
Færder		II		II		
Kongsholmen	2002-2017	III	III			

Stasjon	Periode	Samlet tilstand	Stasjoner og tilstandsklassifisering per kvalitetselement			
			Makroalger	Bløtbunnsfauna	Planteplankton	Støtteparametere
Indeks:			MSMDI	nEQR <sub>(stasjon)</sub>	Chl a*	Næringsalter/ oksygen
Småskjær	2016-2017	II	II			
Torgersøy	2001-2017	III	III			
Ravnøy	2001-2017	III	III			
Hellsøy	2001-2017	II	II			
Lillevikodden	2001-2007	I	I			
<b>Åpen fjord, Østfold</b>						
Rauerfjorden	2016-2018	II			II	II
Krokstadjorden	2017-2018	II			II	II
Slevikkilen		II		II		
Torbjørnskjær		II		II		
Åpen Skag. (A36)		III		III		
Krokstadjorden	2001	II	II			
Fuglevik	2001-2007	III	III			
Veslekalven	2007-2018	II	II			
Småholmane	2013	II	II			
Hue	2001-2010	III	III			
<b>Hvalerområdet</b>						
Leira	2014-2018	II		II	I	II
Ramsø	2014-2018	III		II	II	III
Haslau	2014-2018	III		II	III	III
Ringdalsfjorden	2014-2018	III		II	III	IV
Midtre Iddefjorden	2014-2018	V		V	III	V
Skjebergkilen		II		II		
V. Damholmen	2001-2016	II	II			
Kråka	2001-2017	II	II			
Akerøy	2007-2018	III	III			
<b>Frierfjorden og vestlig del av Ytre Oslofjord</b>						
Frierfjorden	2014-2018	III			II	V
Larviksfjorden	2014-2018	II			I	II
Sandefjord	2014-2018	II			I	II
Vestfjorden	2014-2018	III		II	II	III
Tønsbergfjorden		IV		IV		
Håøyfjorden		V		V		
Sandsundholmen	2013	II	II			
Vågøy	2013	I	I			

Tabell 30. ØKOKYST: Tilstandsvurdering av vannforekomster i delprogram Skagerrak. Farge indikerer tilstandsklasse basert på nEQR-verdi pr stasjon og kvalitetselement. Samlet vurdering er basert på dårligste kvalitetselement. Stasjonsnummer er gitt i tabellen. Skraverte felt betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering eller at grenseverdier mangler for området og /eller vanntypen. Tabell hentet fra Fagerli et al. 2019.

Vannforekomst	Vann- type	Samlet tilstand pr vannfore- komst	Stasjoner og tilstandsklassifisering per kvalitetselement				Tilstands- klasser	
			Makroalger	Bløtbunns- fauna		Plante- plankton		Støtte- parametere
			MSMDI	nEQR <sub>(stasjon)</sub>		Chl <i>a</i>	I. Svært god	
Torbjørnskiær	S1	III	HT5	BT41*	BT137	VT3	VT3	III. Moderat
Singlefjorden	S3	II	HT146					IV. Dårlig
Ytre Oslofjord- Øst	S2	II	HT3					V. Svært dårlig
Færder	S1	IV	HT4	BT40*				
Svenner - Rauer	S1	III	A3*					
Midtre Oslofjord - vest	S2	II		BT80		VT2	VT2	
Hurum	S3	II		BT71		VT4**	VT4**	
Breiangen vest	S3	III				VT10	VT10	
Breiangen øst	S2	III	G28					
Håøyfjorden	S3	V		BT128***		VT66	VT66	
Langesundsfjorden	S3	IV	HT178			VT67	VT67	
Helgeroaifjorden	S2	I	HT177					
Skrurena	S1	I				VT68		
Ytre Oslofjord	S2	II				VT65	VT65	

\*Stasjonene prøvetatt i programmet «Lange tidsserier»

\*\*Stasjonen prøvetatt i programmet «ØKOKYST Ferrybox»

\*\*\* Flere indekser lot seg ikke beregne, og tilstanden satt til «svært dårlig»

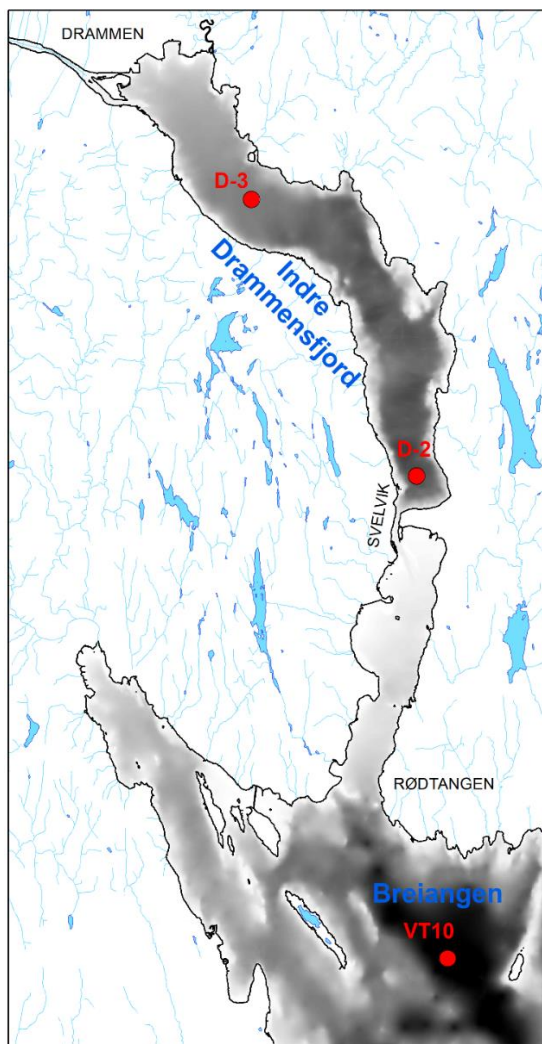


## 7 Utviklingen i Drammensfjorden

Drammensfjorden er en av to fjordarmer innerst i fjordsystemet Oslofjorden, hvor Drammenselva, som er Norges nest største elv, har sitt utløp innerst i fjorden ved Drammen by (Figur 45).

Indre Drammensfjord er adskilt fra resten av fjordsystemet av et trangt og grunt sund som kalles Svelvikstrømmen og ligger ved Svelvik. Svelvikstrømmen er 180-200 m bred og rundt 12 m dyp. Innløpet til Drammensfjorden er ved Rødtangen, og fjorden er forbundet med Breiangen.

Her beskrives først den estuarine sirkulasjonen i Drammensfjorden, så sirkulasjonen i dypvannet og til slutt gis en mulig forklaring på hvorfor det er så lite vertikal blanding av vannet i indre del av Drammensfjorden.

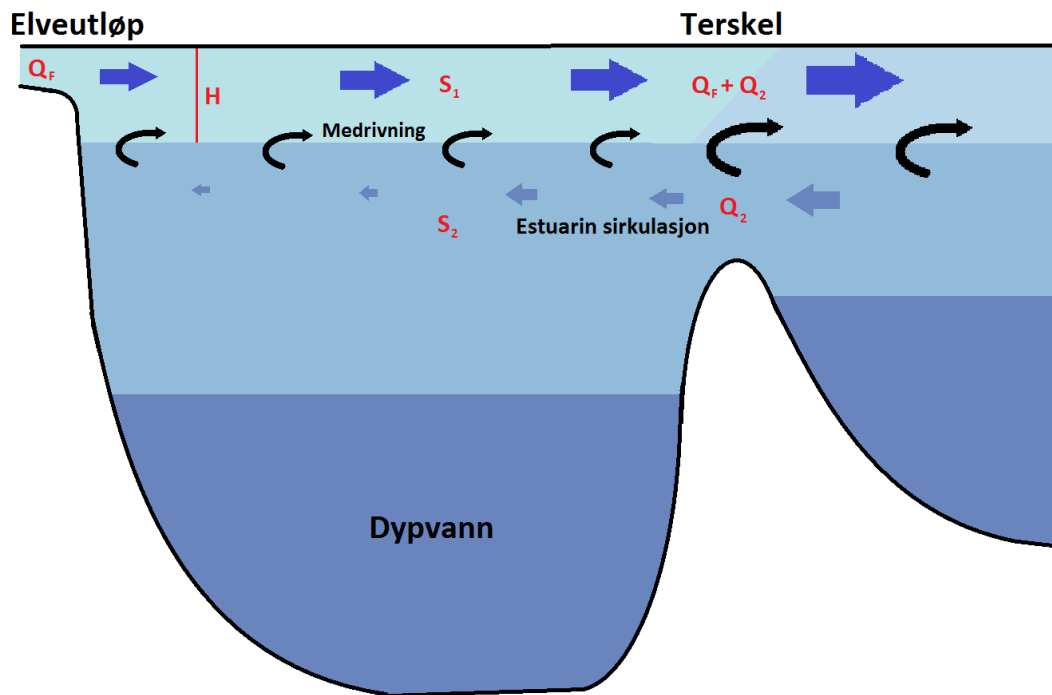


Figur 45. Kart over Drammensfjorden og vestre del av Breiangen. Stasjonene D-3 og D-2 er en del av Ytre Oslofjordovervåkingen, mens VT10 er en del av ØKOKYST-programmet.

### 7.1 Estuarin sirkulasjon

Når ferskvann renner ut i en fjord fører dette til en estuarin sirkulasjon, som er illustrert i Figur 46. Ferskvannet fra elva ( $Q_F$ ) er lettere enn saltvannet i fjorden, og legger seg som et ferskvannslag i overflaten som beveger seg ut mot havet. På grunn av friksjon så drar det ferske overflatelaget med seg saltere vann fra vannmassene rett under ferskvannslaget, som er illustrert med svarte piler i figuren. Dette resulterer i at volumtransporten og saltholdigheten i overflatelaget blir høyere. Dette er illustrert ved at de blå pilene i figuren blir større fra elevutløpet og ut mot havet. For å bevare volumet i fjorden, så må medrivning av saltvann kompenseres med en strøm i laget rett under overflatelaget som er rettet inn mot elveutløpet. Rett ved elveutløpet har det vært lite medrivning av saltvann, så her er kompensasjonsstrømmen liten. På vei ut mot havet dras mer og mer saltvann med, og volumtransporten i kompensasjonsstrømmen blir større og større. Den estuarine sirkulasjonen er

definert som den mengden vann som dras med fra saltvannslaget ( $Q_2$ ). I Drammensfjorden er overflatelaget preget av den store ferskvannstilførselen fra Drammenselva og avgrenses av et meget skarpt sprangsjikt, hvor saltholdigheten kan øke fra 7 til 15 over en avstand på mindre enn tre dybdemeter. Det er svært liten fortykning av ellevannet med saltvann når det renner ut i fjorden, før det renner forbi det trange sundet ved Svelvik. Hvordan strømf forholdene varierer ved innløpet til indre Drammensfjord er beskrevet av Staalstrøm & Hjelmervik (2017).



Figur 46. Estuarin sirkulasjon i en terskelfjord. Elveutløpet er på venstre side og sjøsiden er til høyre. Fargeskalaen illustrerer saltholdigheten, hvor det ferskeste vannet er lyseblått mens det salteste er mørkeblått.

Når historiske målinger av vannføring i Drammenselva og tykkelse av ferskvannslaget i Drammensfjorden sammenstilles, fremkommer en tydelig samvariasjon mellom vannføringen og tykkelsen (Staalstrøm 2018). Hvis ferskvannslagets tykkelse ( $H$ ) er definert som det dypet hvor saltholdigheten er 7 psu, kan tykkelsen av ferskvannslaget beregnes som en funksjon av kun vannføring, med en nøyaktighet på  $\pm 0,9$  m. Når volumet av overflatelaget er kjent, ved at tykkelsen ( $H$ ) multipliseres med fjordens areal ( $A=46,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ ), kan andelen ferskvann ( $V_F$ ) og andelen saltvann ( $V_S$ ) i dette volumet beregnes ved å benytte målt saltholdighet i overflatelaget ( $S_1$ ) og i det underliggende laget ( $S_2$ ). Oppholdstid i overflatelaget ( $T$ ) er den tiden det tar elven å fylle opp ferskvannsvolumet:

$$T = V_F / Q_F \quad (1)$$

Den estuarine sirkulasjonen, det vil si den mengden vann som dras med av overflatelaget ( $Q_2$ ), kan deretter beregnes ved forutsetningen at i løpet av den samme tiden, så må også saltvannsvolumet i overflatelaget fylles opp:

$$Q_2 = V_S / T \quad (2)$$

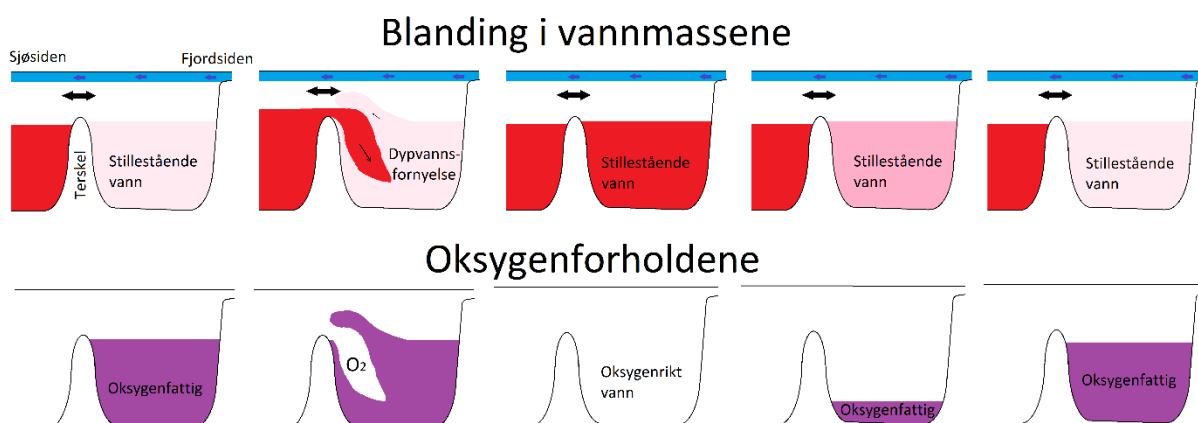
I Vedlegg F vises de forskjellige parameterne målt og beregnet basert på målinger fra stasjon D-3. Tykkelsen til ferskvannslaget er i gjennomsnitt 5,2 m, og saltholdigheten midlet over dette laget er 1,8 psu. Oppholdstiden til vannmassen i ferskvannslaget er i gjennomsnitt 7,9 dager. Den estuarine sirkulasjonen, altså den mengden med saltvann som rives med av strømmen i overflatelaget, er relativt liten, i gjennomsnitt bare 24,3 m<sup>3</sup>/s. Dette utgjør bare 7-8 % av den gjennomsnittlige volumstrømmen av ferskvann gjennom indre Drammensfjord.

## 7.2 Sirkulasjon i dypvannet

Vannmassene under 12 m i indre Drammensfjord er adskilt fra havområdet på utsiden av Svelvikterskelen. I kystsonen er som regel vannet sjiktet, med ferskt og lett vann i overflatelaget, som ligger over saltere og tyngre vann. Vannets egenvekt, eller tetthet, øker derfor som regel med dypet. Det tunge vannet som befinner seg innenfor terskelen og under terskeldyp, er derfor fanget i fjorden, og byttes bare ut når vann som er enda tyngre kommer inn over terskelen. Slike episoder kalles dypvannsfornyelser. I perioden mellom disse episodene ligger dypvannet i ro, bortsett fra en begrenset vertikal blanding som blander ned lettere vann fra overflatelaget.

Dypvannsfornyelse er illustrert i Figur 47, som viser fem stadier av vannutvekslingen i en fjord. I stadiet helt til venstre i figuren ligger forholdene til rette for en dypvannsfornyelse; på sjøsiden er det vann med tilstrekkelig høy egenvekt (rødt) nesten helt opp til terskeldyp, men terskelen hindrer dette vannet fra å trenge inn i fjorden, hvor vannmassene (lys rosa) har lavere egenvekt. Vannet på sjøsiden er oksygenrikt, mens dypvannet innenfor terskelen er hypoksisk (lav oksygenkonsentrasjon). Hypoksiske forhold i norske fjorder ble oppdaget for første gang allerede høsten 1898, hvor anoksisk (oksygenfritt) vann ble registrert i Frierfjorden og Drammensfjorden.

I stadium 2 vises en dypvannsfornyelse. Det tunge oksygenrike vannet fra utsiden av terskelen er hevet over terskeldypet, og fortrenger det oksygenfattige dypvannet. I stadium 3 har alt det oksygenfattige dypvannet blitt fornyet av tungt oksygenrikt vann. På dette stadiet er det ikke noe potensial for ytterligere dypvannsfornyelse, og en stagnasjonsperiode starter. I denne perioden (stadium 3, 4 og 5) er det et kappløp mellom vertikal blanding, som blander ned lettere vann og dermed reduserer tettheten i dypvannet, og oksygenforbruket i fjorden. Denne vannutvekslingsprosessen ble allerede beskrevet av Gaarder (1916).

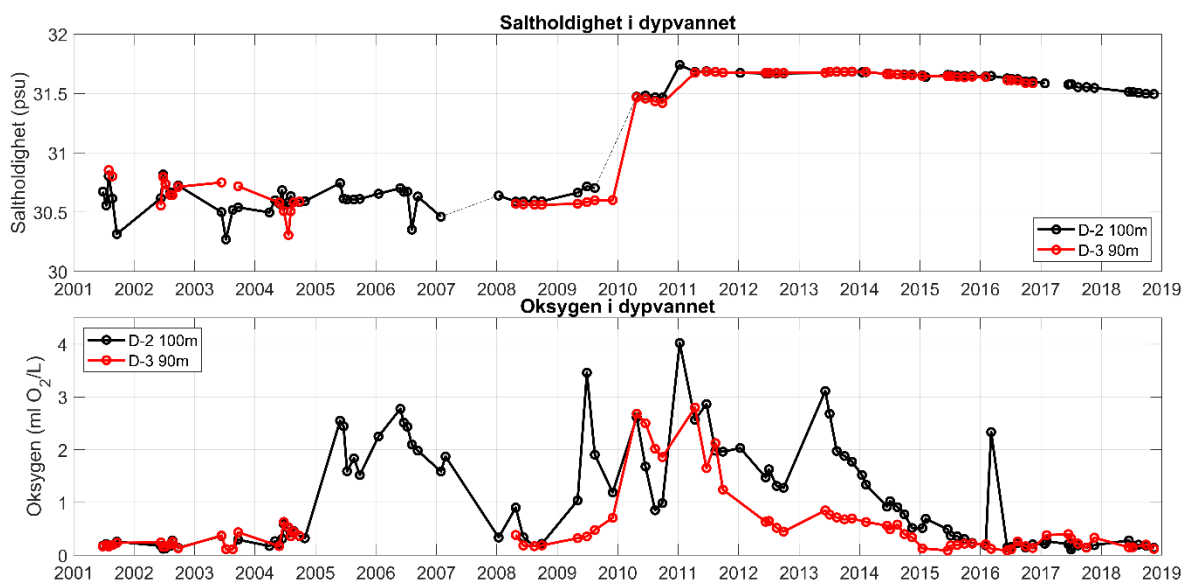


Figur 47. Skisse av hvordan vannutveksling kan foregå i en terskelfjord med lite vertikal blanding av bunnvannet. Øverst vises egenvekten til vannmassene, hvor rødt indikerer tungt vann og rosa lettere vann. Nederst vises oksygenforholdene i vannmassene, hvor hvitt indikerer oksygenrikt vann og lilla oksygenfattig vann; ref. stadium 1-5 i teksten ovenfor.

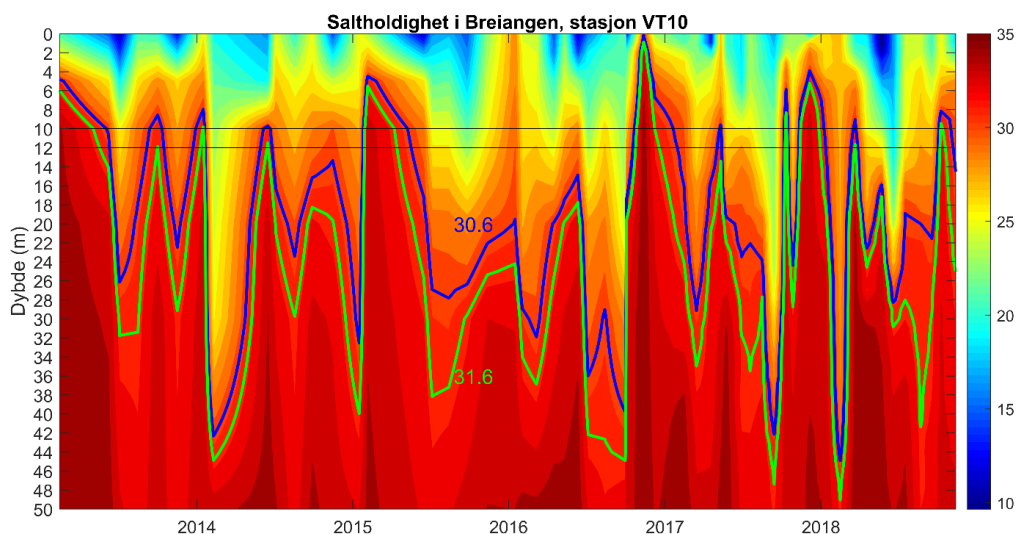
I Figur 48 er målinger av saltholdighet og oksygenkonsentrasjon i Drammensfjordens dypvann vist for perioden 2001-2018. Målingen er hentet fra 100 m dyp på stasjon D-2 og fra 90 m dyp på stasjon D-3. Det var vinteren 2009-2010 en plutselig endring i saltholdigheten i dypvannet. Før dette lå saltholdigheten på omtrent 30,6 psu, mens det etter denne vinteren viste en økning på omtrent 1 psu. Saltholdigheten har etter dette vedvart på dette nivået. Forklaringen på denne endringen i saltholdighet er mest sannsynlig knyttet til fordypning av terskelen 4-6 år tidligere. I perioden 2003-2006 ble Svelvikstrømmen utvidet. Terskeldypet var i forkant av dette omtrent 10 m, mens det etter mudringen var omtrent 12 m (Helland 2006).

Figur 49 viser målt saltholdighet på stasjon VT10 ute i Breiangen. Dypvannet innenfor Svelvik vil fornyes av vann fra dette området. I figuren er saltholdigheten i de øverste 50 meterne vist for de siste seks årene, på en fargeskala hvor rødt er saltere vann og blått er ferskere vann. Konturlinjer for saltholdighet på 30,6 psu (blå linje) og 31,6 psu (grønn linje) er vist i figuren. Disse verdiene er omtrent lik verdien i dypvannet innenfor Svelvik, før og etter nivåendringen vinteren 2009-2010. I figuren er det tegnet inn horisontale linjer som viser hva terskeldypet ved Svelvik var før og etter mudringen i 2003-2006. Når saltvann ute i Breiangen løftes opp til terskeldyp, er det noen meter forskjell i hvor høyt opp i vannsøylen 30,6 psu og 31,6 psu vann kommer. Dette er av samme størrelsesorden på utdypning av terskeldypet. Når terskeldypet økes, får dypvannet altså tilgang til saltere vann.

I Figur 47 er det skissert hvordan vannet innenfor terskelen må blandes vertikalt før det kan skje en ny dypvannsfornyelse. I Drammensfjorden skjer denne prosessen svært sakte, og det kan gå flere år mellom hver dypvannsfornyelse. Denne tregheten kan forklare hvorfor det tok 4-6 år etter fordypningen av Svelvikterskelen før det var en tydelig respons i dypvannet.

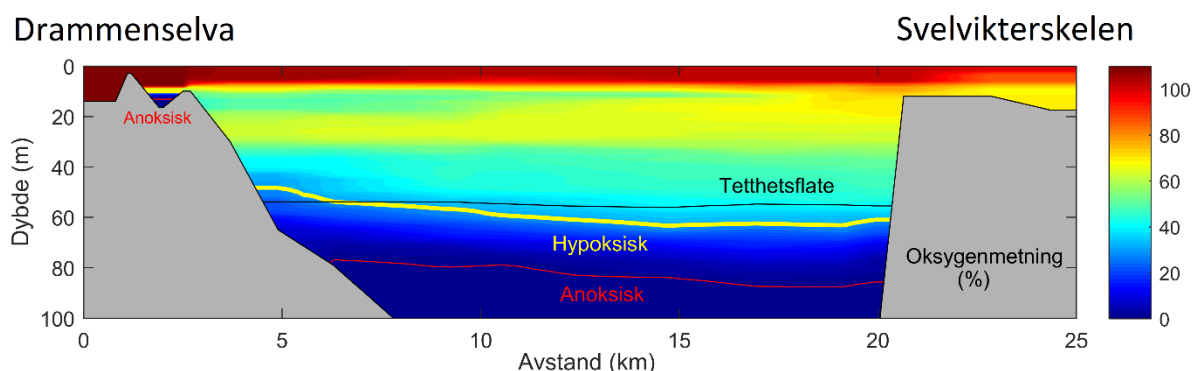


Figur 48. Utviklingen i dypvannet i indre Drammensfjord innenfor Svelvikterskelen. Øverst vises saltholdigheten og underst vises oksygenkonsentrasjonen.



Figur 49. Målt saltholdighet på stasjon VT10 i Breiangeren for årene 2013-2018. Saltholdigheten i de øverste 50 m er vist på en fargeskala som går fra rødt (salt vann) til blått (ferskere vann). Konturlinjene for 30,6 og 31,6 psu er tegnet inn med hhv. blå og grønn linje. De svarte horisontale linjene representerer terskeldypet i Svelvik før og etter mudringen i 2003-2006.

Nederst i Figur 48 er oksygenkonsentrasjonen i dypet i Drammensfjorden vist. Målingene er fra 90 m på stasjon D-3 lengst inne i fjorden og fra 100 m på stasjon D-2 rett innenfor terskelen. Det første som kan legges merke til er at det er lavere oksygenkonsentrasjoner lengst inn i fjorden. Staalstrøm (2018) viste, basert på omfattende målinger fra september 2017, at dette ikke skyldes sirkulasjon i dypvannet, siden det ikke er noen horisontal gradient i tettheten i dypvannet (se Figur 50). Grunnen til at det er lavere oksygenforhold i dypet lenger inn i fjorden, er derfor mest sannsynlig knyttet til høyere oksygenforbruk, siden dette området er nærmere de store tilførselene fra Drammenselva og kommunale renseanlegg.



Figur 50. Langsgående transekt i indre Drammensfjord fra Drammenselvas utløp til venstre til Svelvikterskelen til høyre. Fargeskalaen viser oksygenmetning (%). Den gule konturlinjen markerer metning på 30 % og den røde konturlinjen 1 %. Den svarte konturlinjen viser tetthetsflaten rundt 55 m dyp.

Oksygenforholdene i dypvannet er preget av store endringer over tid (se nederst i Figur 48). På begge stasjonene var det anoksiske forhold i 2001-2004. Ved D-2 rett innenfor terskelen var det innstrømning av oksygenrikt vann, og i 2005-2007 lå oksygenkonsentrasjonen rundt 2 ml/L. I denne



perioden er det ikke tilgjengelige målinger fra stasjon D-3, men det er sannsynlig at det var høyere nivåer også på denne stasjonen. I 2008 var det igjen oksygenfattige forhold (mindre enn 1 ml/L) på begge stasjonene, som økte litt på stasjon D-2 i 2009, mens det ble målt en konsentrasjon på over 3 ml/L på stasjon D-2. I perioden 2010-2014 var det oksygen i dypvannet, selv om det var en nedadgående trend fra 2011. Fra 2015 og 2016 har det vært anoksiske forhold i dypvannet på hhv. stasjon D-3 og stasjon D-2.

### 7.3 SPI- og faunaundersøkelser i Drammensfjorden

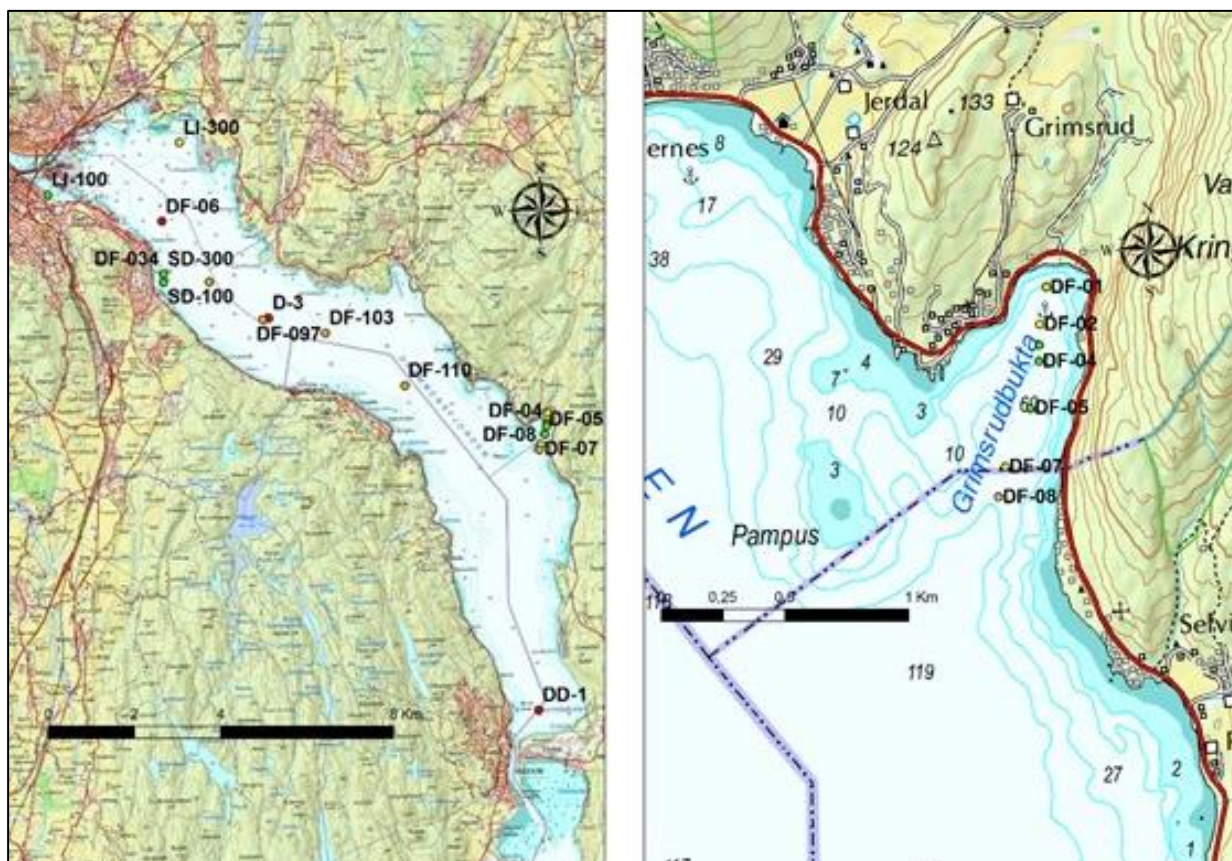
Forholdene på bløtbunn i Drammensfjorden har blitt undersøkt en rekke ganger, hovedsakelig med SPI, men også med grabb på noen få stasjoner. Resultatene fra SPI-undersøkelsene er vist i Figur 51 og Tabell 31. For informasjon om metodikken knyttet til SPI og prøvetaking med grabb, se delkapittel 5.1.

Stasjon D-3 på 96-97 m dyp og stasjon DD-1 på 106-109 m dyp ble undersøkt med SPI årlig i perioden 2007-2011, og så i 2018. På D-3 var tilstanden i henhold til BHQ-indeksen *meget dårlig* alle årene med unntak av 2011 (Tabell 31). Bedringen henger sannsynligvis sammen med en økning i oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet på stasjonen i perioden 2011-2012 (Figur 48).

På DD-1 har tilstanden variert mer (Tabell 31). I perioden 2007-2011 varierte den mellom *moderat* og *god*, bortsett fra i 2009 da den var *dårlig*. I 2018 var tilstanden blitt *meget dårlig*. Også her er det en sammenheng mellom tilstanden og oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet. I perioden 2005-2007 var oksygenkonsentrasjonen rundt 2 ml/L, mens den i 2008 og 2009 var under 0,5 ml/L (Figur 48). I perioden 2009-2014 har oksygenkonsentrasjonene variert mellom 1 ml/L og nesten 4 ml/L, mens det etter 2015 har vært svært lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet. Dette ser man altså resultatet av i 2018, hvor BHQ-indeksen gir *meget dårlig* tilstand på bløtbunn.

Både D-3 og DD-1 har også blitt undersøkt for fauna med grabb i 2013 (D-3) og 2018 (DD-1). Det ble da ikke funnet noen dyr på stasjonene, så forholdene på bunnen og nede i sedimentet på dette dypet er tydeligvis såpass dårlige at det ikke gir leveforhold for bunnfauna.

Resultatene fra DF-stasjonene viser en tydelig dybdegradient for tilstanden (Tabell 31). Grunnere enn 60 m har stasjonene *moderat* til *god* tilstand, mens de dypere enn 60 m hovedsakelig har *dårlig* til *meget dårlig* tilstand. Man kan legge merke til at DF06 på 70 m har *meget dårlig* tilstand og ser anoksiske ut, mens DF193 og DF100 på > 100 m dyp har høyere indeksverdi og *dårlig* tilstand. Dette skyldes at DF06 ligger langt inne i fjorden hvor oksygenforholdene er dårligere enn lenger ut i fjorden (Figur 50) på grunn av høyere oksygenforbruk i vannet fordi området er påvirket av tilførsler fra Drammenselva og fra kommunale renseanlegg.



Figur 51. Kartet til venstre viser posisjoner til stasjoner hvor det er gjort SPI-undersøkelser i Drammensfjorden. Kartet til høyre viser Grimsrubbukta i større målestokk. Fargen på punktene indikerer bunnkvaliteten (BHQ) på stasjonen: Blå=*meget god* tilstand, grønn=*god* tilstand, gul=*moderat* tilstand, oransje=*dårlig* tilstand, rød=*meget dårlig* tilstand. For de stasjonene som er undersøkt flere ganger i perioden, er siste registrerte tilstand vist.

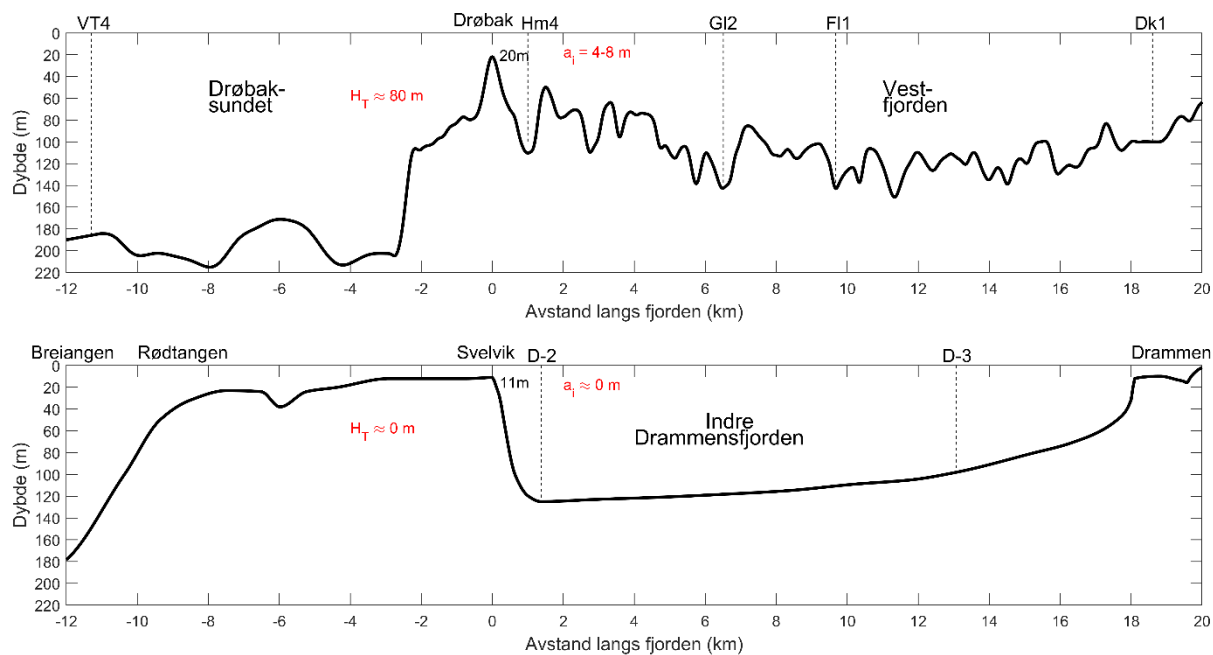
Tabell 31. SPI-stasjoner i Drammensfjorden i perioden 2007-2018. Lengde- og breddegrader som desimalgrader (WGS84), dyp (m), tilstandsklasse (TK), antall replikater (n), BHQ-indeksen og estimert Redox Potential Discontinuity Layer (aRPD). Blå=*meget god* tilstand, grønn=*god* tilstand, gul=*moderat* tilstand, oransje=*dårlig* tilstand, rød=*meget dårlig* tilstand. Merk at BHQ ikke inngår i tilstandsklassifisering etter vannforskriften.

Stasjon	Dato	Breddegrad	Lengdegrad	Dyp (m)	TK	n	BHQ	aRPD (cm)
D-3	28.06.2007	59,7058	10,3135	97	5	3	0,7	0,0
D-3	22.05.2008	59,7058	10,3135	96	5	3	1,0	0,0
D-3	04.06.2009	59,7058	10,3137	97	5	3	0,3	0,0
D-3	18.05.2010	59,7058	10,3137	97	5	4	2,0	0,6
D-3	31.05.2011	59,7058	10,3132	96	3	3	5,0	0,9
D-3	13.06.2018	59,7058	10,3139	96	5	4	0,8	0,0
DD-1	28.06.2007	59,6232	10,4213	107	3	3	4,7	0,8
DD-1	22.05.2008	59,6232	10,4212	106	2	2	8,0	2,6
DD-1	04.06.2009	59,6232	10,4213	109	4	3	2,3	0,2
DD-1	18.05.2010	59,6235	10,4213	109	2	3	8,3	2,3
DD-1	31.05.2011	59,6233	10,4216	109	3	3	6,3	1,1
DD-1	13.06.2018	59,6233	10,4216	108	5	3	1,0	0,0
DF-01	04.06.2009	59,6849	10,4280	20	3	3	6,0	2,3
DF-02	04.06.2009	59,6836	10,4274	30	3	3	7,0	2,1
DF-03	04.06.2009	59,6828	10,4274	40	2	3	8,7	2,3
DF-034	05.06.2013	59,7153	10,2709	34	2	3	8,0	3,1
DF-04	04.06.2009	59,6822	10,4273	50	2	1	9,0	3,2
DF-05	04.06.2009	59,6805	10,4266	60	2	3	8,7	1,9
DF-06	04.06.2009	59,7263	10,2707	70	5	1	0,0	0,0
DF-07	04.06.2009	59,6784	10,4247	70	3	3	6,0	1,1
DF-08	04.06.2009	59,6773	10,4242	84	4	3	3,3	0,2
DF-085	05.06.2013	59,7135	10,2897	85	4	4	3,0	1,2
DF-097	05.06.2013	59,7055	10,3115	97	4	4	2,8	1,2
DF-103	05.06.2013	59,7024	10,3372	103	4	3	3,7	1,7
DF-110	05.06.2013	59,6912	10,3693	110	4	3	3,3	1,3
LI-100	22.05.2012	59,7322	10,2238	30	2	4	7,3	2,7
LI-300	22.05.2012	59,7426	10,2785	38	3	3	6,3	1,8
SD-100	22.05.2012	59,7136	10,2709	34	2	3	8,7	3,3
SD-300	22.05.2012	59,7153	10,2710	34	2	4	8,3	3,2

## 7.4 Hvorfor er det så lite vertikal blanding i fjorden innenfor Svelvik?

Tidevannsstrøm som passerer over kupert bunn, er opphavet til energien som trengs for å blande vannmasser vertikalt. Strømmen ved Svelvik er sterk, derav navnet på sundet, Svelvikstrømmen. Sundet er både grunt og smalt.

I Figur 52 er bunntopografien i indre Oslofjord sammenlignet med Drammensfjorden. På stigende tidevann så presses vannmasser helt ned til bunn mot tersklene. Ved Drøbak møter denne vannmassen en brå endring i bunnforholdene, fra ca. 100 m til 20 m dyp. Dette fører til at det dannes en indre bølge innenfor terskelen som brer seg innover i fjorden. I Drammensfjorden stoppes denne vannmassen allerede ved Rødtangen 10 km sør for terskelen, og det skapes ikke en indre bølge innenfor Svelvik. Dermed er det også svært lite energi tilgjengelig for vertikal blanding.



Figur 52. Sammenligning av langsgående dybdeprofil i indre Oslofjord (øverst) og i Drammensfjorden (nederst).

## 8 Diskusjon

Ytre Oslofjord tilføres næringssalter og partikulært materiale fra menneskelig aktivitet og naturlige prosesser i et stort nedbørsfelt som dekker nesten hele Østlandet. Det er gjennom mange år gjennomført omfattende tiltak for å redusere utslipp fra menneskelig aktivitet (bl.a. avløp fra husholdningene, industri og jordbruk), men storskala klimatiske endringer er vanskelig å kontrollere og motvirker effekten av gjennomførte rensiltak.

Overvåking av tilførsler fra elvene siden 1990 har vist at økte nedbørsmengder med intensive nedbørperioder gir tilførsel av mer ferskvann til fjordområdet enn tidligere, og periodevis vaskes det ut mer næringssalter, humusstoffer, leir- og jordpartikler spesielt fra lavereliggende områder i nedbørsfeltet. Økt tilførsel av organisk stoff er også en konsekvens av mindre sur nedbør i denne perioden. Dette skjer samtidig med en endring i temperaturforhold med kortere vintere og økt maksimal sjøtemperatur enkelte år. Dette påvirker i sin tur mengde næringssalter, partikkelinnhold og farge på kystvannet (brunere vann), som sammen med temperatur og saltholdighet vil ha konsekvenser for de organismer som hører hjemme i våre farvann. Fjorden er generelt påvirket av god tilgang på næringssalter - som leder til høy primærproduksjon og oksygenmangel i dypområder med begrenset vannutskifting. Ingen av stasjonene som overvåker vannmasser i Ytre Oslofjord, kvalifiserer til *svært god* tilstand etter vanddirektivets krav.

Endringer i avrenningsmønster og mengde, for eksempel ved ekstrem nedbør, vil ha stor innvirkning på næringssaltnivåer i sidefjordene til Oslofjorden. År med mye nedbør eller intense nedbørsperioder medfører høye nitrogenverdier. Generelt er det forhøyede nitratverdier, særlig om sommeren, som medfører redusert miljøtilstand i vannmassene i Ytre Oslofjord. Dette har sannsynligvis sammenheng med lav rensesgrad for nitrogen i renseanleggene og avrenning fra jordbruksområder.

Året 2018 var spesielt, med uvanlig varm og tørr sommerperiode fra mai til juli. Dette medførte rekordlav vannføring i nesten samtlige elver på Sør- og Østlandet i perioden, og ga generelt klart fjordvann – på flere av stasjonene det beste siktdyp som er målt i overvåkingen. Dette er et eksempel på hvor betydningsfull påvirkningen fra land er på fjordens vannkvalitet.

Bunnundersøkelser viser for det meste *god* økologisk tilstand for Ytre Oslofjords bunnområder. Områder med riktig dårlig tilstand er de innelukkede kjente problemområdene med dårlige oksygenforhold i bunnvannet. Det er imidlertid få stasjoner som viser *svært god* tilstand, hvilket indikerer at det er en grad av påvirkning på bunnfaunaen i hele Ytre Oslofjord. Bunnområdene i de åpne, ytre deler av Ytre Oslofjord viser en negativ utvikling ved at bløtbunnsfaunaen har blitt mer fattig, både med hensyn til antall individer og antall arter. Årsaken til reduksjonen i antall arter og individer er ikke kjent, men kan skyldes næringsbegrensning eller tråling. Det er en utstrakt fiskeriaktivitet i denne delen av fjorden. På den mest trålte stasjonen var det en reduksjon i andelen dyptgravende dyr og økning i andelen dyr som lever i sedimentoverflaten, noen som kan tyde at faunasammensetningen er påvirket av trålingen.

Generelt er det få tegn på næringssaltpåvirkning i strandsonen; kun enkeltstasjoner viser innimellom forekomster av opportunistiske arter som kan skyldes næringssaltpåvirkning. Resultatene fra undersøkelsene av nedre voksegrense for makroalger (MSMDI) for det siste år hver av stasjonene er undersøkt, viste *svært god* tilstand på to stasjoner, *god* tilstand på ni stasjoner og *moderat* tilstand på ni stasjoner. Det er ingen tydelige trender i nedre voksegrenseindeksen i den tid overvåkingen har



pågått, men vi vet at nedre voksegrense for enkelte arter er langt dårligere nå enn den var for 60-70 år siden. Det er sannsynligvis flere faktorer som påvirker nedre voksegrense til makroalgene, blant annet sedimentering og mangel på substrat. Undersøkelser gjort av NIVA på bratte fjellvegger på to lokaliteter i Grenlandsfjordene har vist en økning av sedimentasjonen på fjellet. Siden 1985 har dekningsgraden av sediment på fjellbunnen økt fra under 5 % til nesten 40 % i 2004. Årsaken til dette er ikke kjent, men økte tilførsler av partikler fra nedbørsfeltet er antagelig en viktig faktor.

Tilstanden for sukkertaren i Ytre Oslofjordområdet har riktignok bedret seg i de senere år, men er fortsatt ikke god. Sukkertaren er en kaldtvannsart, og økning i sjøtemperatur er en medvirkende årsak til den reduserte tilstanden hos denne tarearten. Det er enda ikke kjent hvordan den varme sommeren 2018 har påvirket sukkertaren. Andre påvirkninger som overgjødning, begroing og nedslamming hindrer også reetableringen av sukkertare.

Befolkningsvekst og klimaendringer vil antagelig være de viktigste drivkreftene for forholdene i fjorden i fremtiden. Fram til 2040 vil folketallet vokse i hele Norge, ifølge Statistisk Sentralbyrå. Veksten forventes å bli sterkest i Oslo, Akershus og Rogaland. Dette vil representere en utfordring for rensaneanlegg og annen infrastruktur langs fjorden, og befolkningsveksten medfører antagelig et generelt økt press på Oslofjorden. Videre vil klimaendringer ha betydning for utviklingen av Oslofjordens miljøtilstand gjennom blant annet:

- Hyppigere og sterkere nedbørsperioder som gir større tilførsler av urensset avløpsvann via overløp, og som kan gi økt erosjon og avrenning av partikler og næringssalter fra jordbruk
- Mulige endringer i vindmønstre som kan gi redusert utskifting av dypvann i fjordbassengene
- Økninger i sjøtemperatur som kan endre fjordens sammensetning av dyr og alger i vannmassene og på bunnen, med blant annet økte forekomster av varmekjære arter. Slike endringer kan påvirke fjordens økosystemtjenester.

Ytre Oslofjord er et samlingspunkt for havstrømmer fra Nordsjøen og Østersjøen, og vil dermed være en naturlig innfallsport for arter som er under spredning fra disse havområdene. Sekundær spredning med strømmer, akvakultur og skipsfart er de viktigste spredningsveiene for fremmede arter til Oslofjorden. De siste 50 årene har det skjedd en stadig økning i antallet introduserte marine organismer til norske farvann, og økningen har vært aller størst de siste årene. I Oslofjordområdet er det registrert rundt 30 fremmede marine arter av makroalger og bunndyr. Mulige økonomiske konsekvenser av fremmede marine arter kan være at hjemlige kommersielt viktige arter fortrenses, at tekniske systemer slås ut eller at fisk- og skalldyrsoppdrett skades av parasitter eller algetoksiner eller av begroing av alger og dyr.

Norge har innført EUs vanddirektiv i form av vannforskriften. Vi har dermed forpliktet oss til å gjøre de nødvendige tiltak for at alle norske vannforekomster skal ha minimum *god* økologisk tilstand. Dette er ikke tilfelle i Oslofjorden. Det vil derfor være avgjørende at årsakssammenhenger for tilstanden i Ytre Oslofjord er tilstrekkelig kjent slik at nødvendige og riktige tiltak kan iverksettes.

Overvåkingen av Ytre Oslofjord gir viktig kunnskap til beslutningstakere om utviklingen av miljøtilstanden i fjorden og om mulige koblinger mellom påvirkninger og tilstand. Undersøkelsene har nå pågått i snart 20 år og opprettholdelse av tidsseriene med overvåkingsdata gir stadig bedre muligheter for å kunne identifisere trender i utviklingen, iverksette tiltak samt vurdere effekter av allerede iverksatte tiltak.



## 9 Referanser

Aure, J., Danielsen, D., Magnusson, J. 2010. Langtransporterte tilførsler av næringssalter til Ytre Oslofjord 1996-2006. *Fisken og Havet* 4-2010. 21s.

Artsdatabanken 2018 URL: <https://www.artsdatabanken.no/>

Bakke, T., G. Borgersen, B. Beylich. 2014. Overvåking i Grenlandsfjordene 2012. *Sedimenter Og Bløtbunnsfauna*. NIVA-rapport 6567. 67s.

Berge, J.A., S. Borgvang, S. Evans og P.E. Iversen (eds) 1991. Overvåking av svensk norsk grensefarvann - Sammendragsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp.445/91-TA741/91, 29s.

Braarud, T. & Bursa, A. 1939. The phytoplankton of the Oslo Fjord 1933-1934. - *Hvalråd. Skr.*19:1-63.

Braarud, T. & Nygaard, I., 1967. Fytoplankton. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. I. *Undersøkelsen 1962-65. Delrapport 4.* - *Norsk Institutt for Vannforskning (1967):*1-171.

Davidson K, Gowen RJ, Harrison PJ, Fleming LE, Hoagland P, Moschonas G. 2014. Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. *Journal of Environmental Management*: 146:206-216.

DNV 2002. Overvåking av eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delrapport: Gruntvann 2001. DNV-rapport nr. 2002-0364.

Espiña B, Cagide E, Carmen Louzao M, Vilariño N, Vieytes MR, Takeda, Sasaki M, Botana LM. 2016 Cytotoxicity of goniodomin A and B in non contractile cells. *Toxicology Letters* 250-251: 10-20.

Fagerli CW., Trannum HC., Staalstrøm A., Eikrem W., Gitmark J., Marty S., Sørensen K. 2019. ØKOKYST – DP Skagerrak. Årsrapport 2018. Rapport M-1336, Miljødirektoratet. 113 s.

Fagrådet for Ytre Oslofjord, 2017. Sammenstillinger renseanlegg i medlemskommunene 2015.

Frigstad H, Andersen T, Hessen DO, Jeansson, E, Skogen MD, Naustvoll LJ, Miles MW, Johannessen T, Bellerby R 859 (2013) Long-term trends in carbon, nutrients and stoichiometry in Norwegian coastal waters: Evidence of a 860 regime shift. *Prog Oceanogr* 111:113- 124

Frigstad, H.; Andersen, GS; Trannum, HC; Naustvoll, LJ; Kaste, Ø; Hjermann, DØ, 2018. Synthesis of climate relevant results from selected monitoring programs in the coastal zone. Part 2: Quantitative analyses. NIVA-rapport 7311, ISBN 978-82-577-7046-4. 54 s.

Gaarder, T. (1916) De vestlandske fjordes hydrografi. I: Surstoffet i fjordene. Meddelelse nr. 47 far Bergens Museums Biologiske Station. 200 sider.

Havets miljø, 2000.

[https://www.imr.no/publikasjoner/andre\\_publicasjoner/havets\\_ressurser\\_og\\_miljo/havest\\_miljo\\_2000/nb-no](https://www.imr.no/publikasjoner/andre_publicasjoner/havets_ressurser_og_miljo/havest_miljo_2000/nb-no)

- Helland A. 2006. Miljøovervåkning ved utdypning av Svelvikstrømmen. NIVA-rapport 5300-2006. 51 s.
- Gitmark, J.K., Fagerli, C.W., Beylich, B. Walday, M. 2015. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Bontosundersøkelser i 2014. Fagrapport. NIVA-rapport 6822-2015. 25 s.
- Gitmark, J.K., Fagerli, C., Walday, M. 2017. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Bontosundersøkelser i 2016. Fagrapport. NIVA-rapport 7165-2017. 21 s.
- Gitmark, J., NW. Green, B. Beylich, and G. Severinsen. 2017. Tiltaksorientert Vannovervåking i Holmestrandsfjorden. Overvåking for NOAH Langøya 2016. NIVA-rapport 7125.114s.
- Kaste, Ø., Skarbøvik, E, Greipsland, I., Gundersen, C, Austnes, K., Skancke, L.B., Calidonio, J.L.G. and J.E. Sample, 2018. The Norwegian river monitoring programmewater quality status and trends 2017. NIVA Report 7313-2018. 101 pp.
- Moy, F., Aure, J. (HI), Falkenhaus, T. (HI), Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Norderhaug, K., Omli, L. (HI), Pedersen, A., Rygg, B. 2008. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2007. SPFO-rapport 1024/2008.
- Naustvoll, L.J., Selvik, J.R., Walday, M. 2019. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2018. Fagrapport. NIVA-rapport 7411-2019. 30 s + vedlegg.
- Norling, P., Hjelmert, A. 2010. Fremmede marine arter i Oslofjorden. NIVA rapport 5919-2010. 42 s.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. 2019. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olsen, M., B. Beylich, HFV. Braaten. 2015. Næringsnett og Miljøgifter i Gunneklevfjorden. Beslutningsgrunnlag og Tiltaksplan for Forurensede Sedimenter i Gunneklevfjorden, Delrapport Aktivitet 2. NIVA-rapport 6795.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 16:229-311
- Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson HC, Cederwall H, Dimming A. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49:728-739
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Schaanning, MT., B. Beylich, C. Raymond, JS. Gunnarsson. 2015. Thin Layer Capping of Fjord Sediments in Grenland. Chemical and Biological Monitoring 2009-2013. NIVA-rapport 6724.
- Selvik, J.R., 2019. Befolkningsstatistikk og vannområder. En tilrettelegging av data for bruk i vannforvaltning. Niva-rapport 7362-2019. 116 s.

Selvik, J.R. og J.E. Sample, 2018. Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2017 – tabeller, figurer og kart. NIVA rapport 7312-2018. 66 s.

SFT 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03. SFT-rapport TA-1467-97. 36s.

Skarbøvik, E.; Allan, I.; Sample, J.E.; Greipsland, I.; Selvik, J.R.; Schanke, L.B.; Beldring, S.; Stålnacke, P. og Ø. Kaste, 2017. Elvetilførsler og direkte tilførsler til norske kystområder – 2016. NIVA-rapport 7217-2017, 85s.

Skjoldal, H.R., Aure, J., Bakke, T., Dahl, F.E., Fredriksen, S., Gray, J.S., Heldal, M., Røed, L.P., Olsen, Y., Tangen, K., Molvær, J. 1996. Ytre Oslofjord, Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringssalter. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av eutroforhold i fjorder og kystfarvann, 147s.

Staalstrøm A., E. Aas, B. Liljebladh. 2012. Propagation and dissipation of internal tides in the Oslofjord. Ocean Sci., 8, 525–543, 2012.

Staalstrøm, A. & Hjelmervik, K. B. (2017) Strømforholdene i innløpet til Drammensfjorden, VANN, nr. 1 2007, 52, 104-115.

Staalstrøm, A. (2018) Saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden. NIVA-rapport 7264-2018, 43 s.

Stigebrandt, A. (1976) Vertical diffusion driven by internal waves in a sill fjord, J. Phys. Oceanogr., 6, 486-495.

Tangen, K., 1985. *Gyrodinium aureolum* og andre dinoflagellater i Oslofjorden, 1966-1982. - Flødev. Meld. 3:33-54.

Tjomsland, T.; Selvik, J.; Brænden, R., 2010. Teotil - Model for calculation of source dependent loads in river basins. NIVA-rapport 5914-2010.

Trannum, H.C.; Gundersen, H.; Oug, E.; Rygg, B.; Norderhaug, K.M., 2018. Soft bottom benthos and responses to climate variation and eutrophication in Skagerrak. Journal of Sea Research 141:83-98.

Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Miljødirektoratet.

Walday, M., Gitmark J., Norli M. 2016. Overvåking av Ytre Oslofjord – Marine undersøkelser for Borregaard AS i Hvalerestuaret i 2016. NIVA-notat 15.12.2016. 19s.

Walday, M.; Gitmark, J.; Naustvoll, Lars Johan; Norling, K.; Selvik, J.; Sørensen, K. 2012 Overvåking av Ytre Oslofjord i 2007-2011. 5-års rapport. NIVA-rapport 6352-2012.

Walday, M., Gitmark, J., Norling, K. 2011. Overvåking av Ytre Oslofjord – Bentosundersøkelser 2010. Fagrapport. NIVA-rapport 6120-2011. 64 s.

Walday, M., Gitmark, J., Norling, K. 2010. Overvåking av Ytre Oslofjord – Bentosundersøkelser 2009. Fagrapport. NIVA-rapport 5949-2010. 36 s.



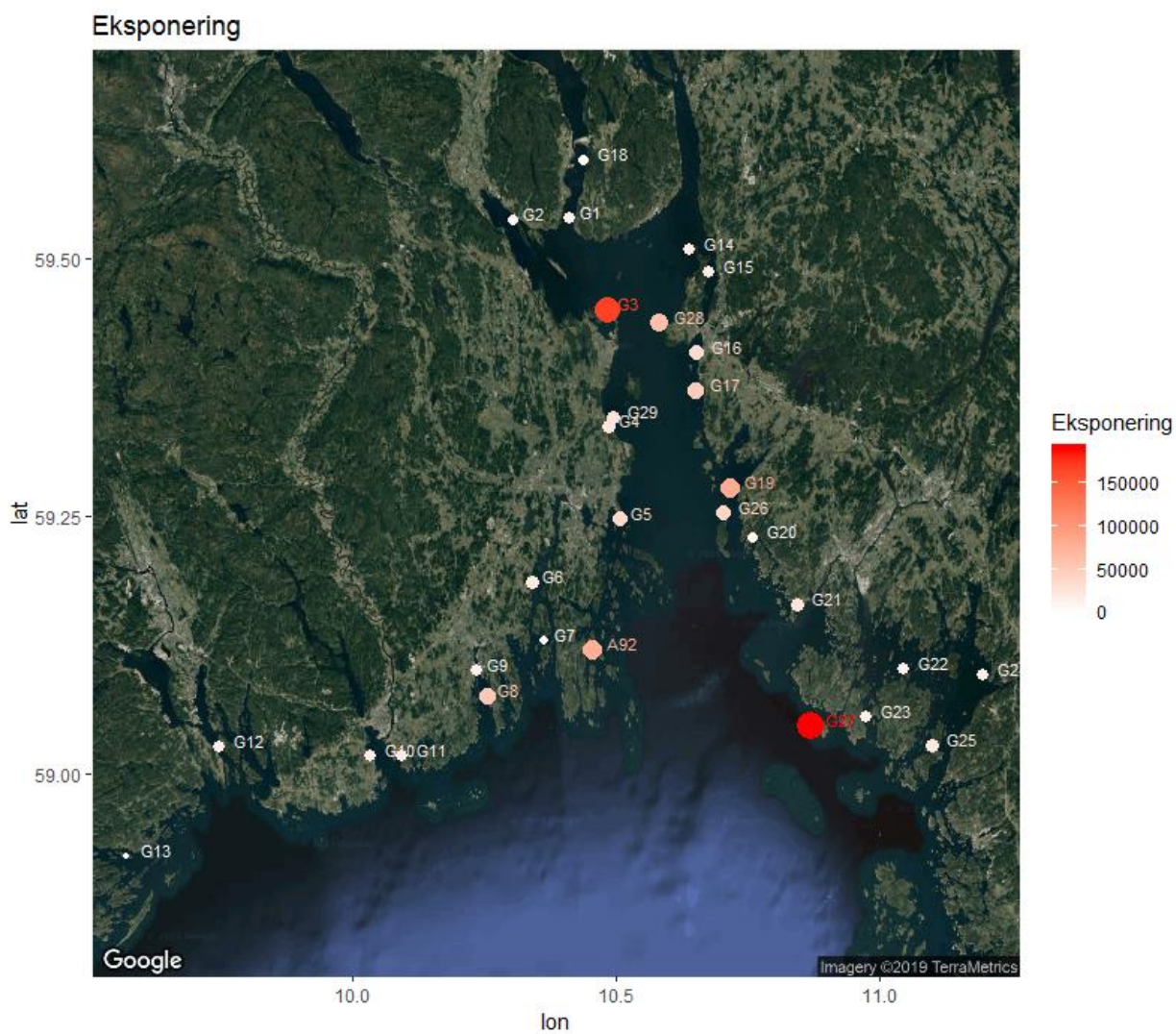
## Vedlegg A.

Oversikt over stasjoner undersøkt i «Overvåking av Ytre Oslofjord». Undersøkelsestype: Rammeundersøkelser, dykkeundersøkelser (inkl. både transektregistreringer og nedre voksegrenseundersøkelser), fjæresoneundersøkelser. Tallene gitt i parentes er nedre dykkedyp (m). Enkelte av stasjonene er undersøkt i andre overvåkingsprogrammer i løpet av overvåkingsperioden 2007 – 2018. Undersøkelser merket med gult er gjort i «Kystovervåkingsprogrammet» for Miljødirektoratet. Undersøkelser merket med blått er gjort i programmet «Miljøovervåking av sukkertare langs kysten» for Miljødirektoratet. Undersøkelser merket med rødt er gjort i «ØKOKYST-delprogram Skagerrak» for Miljødirektoratet. Undersøkelser merket med grønt er en ekstrabestilling i «Overvåking av Ytre Oslofjord» fra Borregaard AS.

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Lat	Long	Undersøkelse	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
G1	Ytre Drammensfjord	59,53864	10,41152	Ramme	x		x									
				Dykk	x (21)			x (18)								
G2	Kommersøya	59,53645	10,30568	Ramme	x			x								
G3	Østøya	59,45012	10,48281	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (10)			x (20)						x (20)	x (21)	
G4	Teigsberget	59,33778	10,48658	Ramme	x			x				x		x	x	
G5	Torgersøy	59,24778	10,50922	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (17)			x (14)						x (14)	x (14)	
G6	Ravnøy	59,18715	10,34173	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (16)			x (16)							x (16)	x (15)
G7	Hui	59,13034	10,36404	Ramme	x			x				x		x	x	
G8	Hellsøy	59,07666	10,25511	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (10)			x (18)							x (17)	x (20)
G9	Åsnes	59,10101	10,23727	Ramme	x			x				x		x	x	
G10	Lillevikodden	59,01825	10,03553	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (14)											
G11	Malmø N	59,01781	10,09336	Ramme	x			x				x		x	x	
G12	Risøy	59,02702	9,74745	Ramme	x			x								
G13	Vågøy	58,91999	9,57201	Ramme	x			x								
G14	Bevøya S	59,50882	10,63937	Ramme	x		x	x								
				Dykk	x (15)			x (15)							x (16)	x (17)
G15	Kippenes	59,48603	10,67529	Ramme	x			x				x		x	x	
G16	Kallum	59,40894	10,65258	Ramme	x			x				x		x	x	
G17	Fuglevik syd/Rumpa	59,37210	10,65191	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (5,5)											
G18	Svelvik indre	59,59416	10,43694	Ramme	x			x								
G19	Krokstadfj/Rødskjær	59,27889	10,71524	Ramme	x			x				x		x	x	
				Dykk												
G20	Risholmen	59,23042	10,75900	Ramme	x			x				x		x	x	
G21	Hue	59,16452	10,84350	Ramme	x		x	x				x		x	x	
				Dykk	x (8)			x (8)								
G22	V. Damhlm	59,10240	11,04525	Ramme	x			x								
				Dykk												
G23	Kråka	59,05491	10,97431	Ramme	x		x	x								
				Dykk	x (13)			x (14)							x (15)	x (13)
G24	Sponsvikskansen	59,09691	11,19642	Ramme	x			x				x				
G25	Søndre Sandøy	59,02750	11,09877	Ramme	x			x								
G26	Veslekalven	59,25430	10,70404	Dykk	x (18)		x (26)	x (22)	x (26)	x (26)	x (30)	x (28)	x (26)	x (30)	x (26)	x (26)
G27	Akerøy	59,04749	10,87016	Dykk	x (24)			x (24)						x (25)	x (25)	x (22)
G28	Gullholmen	59,43692	10,58157	Dykk										x (24)	x (23)	x (22)
G29	Småskjær	59,34619	10,49598	Dykk										x (20)	x (18)	
St 52	V. Damholmen	59,10260	11,04375	Dykk				x (18)							x (16)	
				Fjæresone				x	x				x		x	
A92	Kongsholmen	59,12190	10,45490	Dykk	x (30)	x (30)	x (30)	x (30)						x (20)	x (19)	
St 35	Alkesten	59,08170	10,98662	Fjæresone			x	x	x			x		x		
St 72	Kjøkøy	59,13003	10,95178	Fjæresone			x	x	x			x		x		
St 74	Nøteskjær	59,15807	10,94849	Fjæresone			x	x	x			x		x		
St 1	Småholmane	59,22628	10,75113	Dykk									x (22)			
St 2	Sandsundholmen	58,91999	9,57201	Dykk								x (30)				
St 3	Vågøy	58,90505	9,59754	Dykk								x (21)				

## Vedlegg B.

Oversikt over rammestasjoner undersøkt i «Overvåking av Ytre Oslofjord» i perioden 2007 – 2017 med eksponering



## Vedlegg C.

Arter/taxa inkludert i analysen av maksimal forekomst av hurtigvoksende alger (lurv) i de ulike undersøkelsesårene

Rødalger	Audouiniella spp.
	Callithamnion corymbosum
	Ceramium strictum/tenuicorne
	Ceramium spp.
	Polysiphonia harveyi
	Polysiphonia stricta
	Polysiphonia sp.
	Trailliella intricata
Brunalger	Ectocarpus fasciculatus
	Ectocarpales
	Pilayella littoralis
Grønnalger	Spongonema tomentosum
	Acrosiphonia arcta
	Chaetomorpha aerea
	Chaetomorpha linum
	Chaetomorpha sp.
	Cladophora albida
	Cladophora sericea
	Cladophora sp.
	Rhizoclonium spp.
	Spongomorpha aeruginosa
	Ulothrix flacca
	Ulva spp.
	Ulva lactuca
	Ulva intestinalis
	Ulva prolifera
Urospora penicilliformis	
Kisel-blågrønnalger	Belegg med kisel og cyano

## Vedlegg D.

Oversikt over fremmede arter registrert på de 37 hardbunnstasjonene som er undersøkt i «Overvåking av Ytre Oslofjord» i perioden 2007 – 2018.

SE = Svært høy risiko, PH = Potensielt høy risiko, LO = Lav risiko

Art	Rur	Skjell	Sekkedyr	Grønnalge	Rødalge				Brunalge	
	Amphibalanus improvisus (Balanus improvisus)	Crassostrea gigas	Styela dava	Codium fragile	Dasya ballouviana	Dasyshiponia japonica (Heterosiphonia japonica)	Melanothamnus harveyi	Bonnemaisonia hamifera (Trililiella intricata)	Sargassum muticum	
Stasjonsnr	Stasjon / Risikokategori	PH	SE	LO	SE	PH	SE	PH	SE	SE
G1	Ytre Drammensfjord	x				x	x		x	
G2	Kommersøya	x								
G3	Østøya	x	x		x	x			x	
G4	Teigsberget	x	x					x		
G5	Torgersøy	x	x			x	x		x	
G6	Ravnøy	x	x	x		x	x		x	x
G7	Hui	x	x							
G8	Hellsøy	x			x	x	x		x	x
G9	Åsnes	x	x							x
G10	Lillevikodden	x				x			x	
G11	Malmø N	x	x						x	
G12	Risøy, ved Bjørkøy	x								
G13	Vågøy	x							x	
G14	Bevøya S	x			x	x	x		x	x
G15	Kippenes	x	x			x				
G16	Kallum	x								
G17	Fuglevik syd/Rumpa	x							x	
G18	Svelvik indre	x								
G19	Krokstadfj/Rødskjær	x	x							
G20	Risholmen	x	x							
G21	Hue	x	x						x	
G22	V. Damhlm	x								
G23	Kråka	x							x	
G24	Sponsvikskansen	x	x							
G25	Søndre Sandøy	x								
G26	Veslekalven	x	x				x		x	x
G27	Akerøy	x	x				x		x	
G28	Gullholmen	x	x				x		x	
G29	Småskjær									
St 52	V. Damholmen									
A92	Kongsholmen				x		x		x	x
St 35	Alkesten	x	x							
St 72	Kjøkkøy	x								
St 74	Nøteskjær	x								
St 1	Småholmane									x
St 2	Sandsundholmen									
St 3	Vågøy									x

## Vedlegg E.

### **Analyser brukt i hardbunnundersøkelsene**

For makroalger har vi per i dag to indekser for klassifisering av økologisk tilstand iht. vanndirektivet (fjæresamfunn – RSLA/RSL og nedre voksegrenseindeksen – MSMDI) som benyttes i forskjellige regioner og vanntyper (Veileder 02:2018). I foreliggende rapport er nedre voksegrenseindeksen benyttet for vurdering av økologisk tilstand.

Det er to ulike beregninger av nedre voksegrenseindeksen; avhengig av om stasjonen er nyopprettet eller om den har vært undersøkt tidligere. Første gang en stasjon undersøkes kun de artene (blant de ni utvalgte makroalgene) som forekommer i minst spredt forekomst inngå i poengberegningen. Dersom en eller flere av disse artene ikke blir gjenfunnet når stasjonen gjenbesøkes (eller kun registreres som enkeltfunn), vil den forsvunne arten gis poengverdi lik 0, og dermed trekke ned gjennomsnittet og gi negativt utslag for nEQR-verdien (Veileder 02:2018). I foreliggende rapport er klassifiseringen justert med 0-verdier for forsvunne arter på stasjonene i tilfeller der intervallet mellom to påfølgende undersøkelser utgjør mindre enn fire år.

I rammeundersøkelsene foretatt i perioden 2007 – 2017 ble registrering av arters forekomst gjort på to måter. I 2007 ble forekomst av hver art registrert som dekningsgrad (%), mens det de resterende årene ble registrert som frekvens (tilstedeværelse av arter i et gitt antall ruter). Data for frekvens ble derfor gjort om til dekningsgrad (%) og korrigert for antall nivåer undersøkt. Deretter ble det utført en ordinasjonsanalyse av typen Detrended Corresponded Analysis (DCA, vegan) (Oksanen m.fl. 2019). Hvert observasjonspunkt (stasjon og år) representeres av et punkt i ordinasjonsdiagrammet. Avstanden mellom punktene i ordinasjonsdiagrammet sier noe om hvor stor forskjellen mellom de registrerte artssamfunnene er. En akseavstand på 4 enheter betyr som hovedregel en full utskiftning av arter samfunnet. Resultatene fra ordinasjonsanalysen beskriver forskjellen mellom de ulike stasjonene, men også forskjellene innen stasjonene over år. Tolkningen av dem støtter seg på bruk av grafikk og generalized linear models (GLM). All databehandling, analyse og modellering ble utført i programvaren R (R Core Team 2019).

Data fra rammeundersøkelsene ble også brukt som bakgrunn for beregning av diversitet vist ved antall arter registrert i hvert punkt (S), samt Pielou's evenness indeks (J) og Shannon-Wiener's diverstitesindeks for hvert observasjonspunkt (stasjon og år).



## Vedlegg F.

Beregnet estuarin sirkulasjon i indre del av Drammensfjorden basert på målinger fra stasjon D-3 fra 2009-2016. Vannføringen er midlet over ti dager. Ferskvannslaget tykkelse er her definert som det dyp hvor saltholdigheten er 7 psu, og overflatesaltholdigheten er midlet over dette dybdeintervallet. Saltholdighet i mellomlaget er midlet fra under ferskvannslaget og ned til 20 m. Medrivning og oppholdstid beregnet ut ifra teoretiske betraktninger, ligning (1) og (2), se Staalstrøm & Kempa (2018) for detaljer i beregningene

Dato	Vannføring, $Q_F$ (m <sup>3</sup> /s)	Ferskvannslaget tykkelse, $H$ (m)	Saltholdighet i overflate-laget, $S_1$ (psu)	Saltholdighet i mellomlaget, $S_2$ (psu)	Medrivning, $Q_2$ (m <sup>3</sup> /s)	Oppholdstid, $T$ (dager)
04.05.2009	651	7.1	1.42	24.19	40.6	5.5
29.06.2009	164	2.9	2.31	24.92	16.8	8.7
16.08.2009	485	5.9	0.63	23.18	13.5	6.3
02.12.2009	356	3.9	1.60	24.95	24.4	5.5
26.04.2010	280	3.4	1.87	26.91	20.9	6.1
18.06.2010	391	5.6	0.86	24.78	14.1	7.5
15.08.2010	274	4.5	1.45	22.73	18.6	8.3
28.09.2010	289	3.3	3.02	24.35	40.9	5.4
13.04.2011	292	3.4	3.23	24.49	44.4	5.5
21.06.2011	811	8.6	0.91	22.15	34.9	5.4
14.08.2011	520	6.6	0.90	22.13	22.1	6.5
29.09.2011	767	9.6	0.29	21.98	10.2	6.6
13.06.2012	271	4.6	0.62	23.68	7.3	9.0
03.07.2012	396	6.7	0.80	21.73	15.1	8.7
18.08.2012	353	5.3	2.01	21.65	36.2	7.3
29.09.2012	239	4.1	2.54	23.14	29.5	8.3
08.06.2013	969	10.1	0.83	26.33	31.5	5.4
04.07.2013	822	8.5	0.63	22.74	23.4	5.4
16.08.2013	318	5.3	2.03	24.25	29.1	8.3
02.10.2013	298	3.8	1.52	23.95	20.2	6.4
16.11.2013	310	5.1	1.81	25.47	23.7	8.2
09.02.2014	346	4.5	0.69	24.93	9.8	6.9
16.06.2014	496	6.9	0.45	21.21	10.7	7.3
05.07.2014	142	2.3	3.63	26.35	22.7	7.7
18.08.2014	145	3.3	2.67	22.37	19.7	10.7
29.09.2014	211	4.2	3.15	25.56	29.6	9.5
15.11.2014	511	7.1	1.40	25.06	30.2	7.0
13.08.2016	399	6.3	1.35	22.30	25.8	8.0
30.09.2016	199	3.6	2.19	21.65	22.4	8.8
12.11.2016	274	3.2	4.96	27.12	61.3	5.2
Middelverdi (inkl. data fra 2001-2004)	355	5.2	1.84	23.12	24.3	7.9



## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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