

# Saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Danmark**

Ørestads Boulevard 73  
DK-2300 Copenhagen  
Telefon (45) 8896 9670

Tittel Saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden	Løpenummer 7264-2018	Dato 09.04.2018
Forfatter(e) André Staalstrøm	Fagområde Hydrologi og oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Buskerud	Sider 43

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Oppdragsreferanse Anne Kristin Jøranlid
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17294

**Sammendrag**

Saltholdighet i overflaten har vært målt mens det har vært trålet etter laksefisk i perioden 18. til 27. september 2017. Ved tråling i Sandebukta og i ytre Drammensfjorden utenfor Svelvik 18. september, var den høyeste saltholdigheten 14,7 psu. Da tråling ble utført innenfor Svelvik, var ikke saltholdigheten ved noe tidspunkt høyere enn 1 psu. Anoksisk vann, det vil se vann med null oksygenkonsentrasjon, ble funnet under 94,5 m dyp sør i indre Drammensfjord nær Svelvik. Lenger nord i fjorden, omtrent der fabrikk Norgips ligger, ble det funnet anoksisk vann under 82,5 m. Det ble også funnet anoksisk vann midt i fjorden mellom Solumstrand og Lahellbukta nær bunn, så mest sannsynlig er bunnen i fjorden anoksisk helt inn hit. Det har blitt observert slike svært lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet i fjorden rett innenfor Svelvik siden midten av 2016. Før dette har ikke dette blitt observert siden midten av 2008.

Fire emneord	Four keywords
1. Drammensfjorden	1. Drammenfjord
2. Hydrografi	2. Hydrography
3. Oksygenforhold	3. Oxygen conditions
4. <i>Gyrodactylus salaris</i>	4. <i>Gyrodactylus salaris</i>

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

*André Staalstrøm*  
Prosjektleder

*Kai Sørensen*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-6999-4  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

# **Saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden**

## Forord

Miljødirektoratet har nedsatt en arbeidsgruppe for å vurdere om det er mulig å bekjempe lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Drammensregionen. Denne gruppen har identifisert et behov for å finne ut hvor stort omfanget av lakseparasitten er på laksefisk utenfor selve Drammenselva, det vil si ute i Drammensfjorden og i sideelver til Drammensfjorden.

NIVA har i denne forbindelse blitt bedt av Miljødirektoratet om å dokumentere saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden under tråling etter laksefisk.

Undertegnende har vært prosjektleder og utført mesteparten av arbeidet. Feltarbeid har blitt utført av undertegnende med hjelp fra Sindre Holm med fartøyet Holmungen. Personell på tråleren Luna har også utført målinger. Luna er vist på forsiden av denne rapporten. Anne Kristin Jøranlid har vært kontaktperson hos Miljødirektoratet.

Oslo, 9. april 2018

*André Staalstrøm*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Observasjoner .....</b>	<b>11</b>
2.1	Målinger med fartøyet Holmungen .....	11
2.2	Målinger fra tråleren Luna .....	12
<b>3</b>	<b>Ferskvannstilførsel til Drammensfjorden .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Saltholdighet .....</b>	<b>15</b>
4.1	Vannføringens påvirkning på ferskvannslaget.....	15
4.2	Resultat fra målinger 25. september 2017 .....	17
4.3	Variasjon utover i fjorden .....	18
<b>5</b>	<b>Oksygenforhold .....</b>	<b>20</b>
5.1	Om dypbannsfornyelse i terskelfjorder .....	20
5.2	Forholdene i bunnvannet .....	22
5.3	Forholdene under sprangsjiktet .....	25
5.4	Anoksisk vann i elveutløpet .....	26
<b>6</b>	<b>Videre arbeid.....</b>	<b>26</b>
	<b>Referanser .....</b>	<b>27</b>
	<b>Vedlegg A. CTD målinger for hver stasjon .....</b>	<b>28</b>
	<b>Vedlegg B. Saltholdighet under tråling .....</b>	<b>40</b>

## Sammendrag

Loggere for måling av saltholdighet har vært installert om bord på tråleren Luna, og disse har foretatt målinger hele tiden mens tråling etter laksefisk i Drammensfjorden og Sandebukta har foregått, i perioden 18. til 27. september 2017. Ved tråling i Sandebukta og i ytre Drammensfjorden utenfor Svelvik 18. september, var den høyeste saltholdigheten 14,7 psu. Da tråling ble utført innenfor Svelvik, var ikke saltholdigheten ved noe tidspunkt høyere enn 1 psu.

Målinger med profilerende sonde (CTD) fra 25. september 2017 viser et ferskvannslag som var  $6,7 \pm 0,5$  m tykt. Ferskvannslaget tykkelse har blitt definert som dybden hvor saltholdigheten var lik 7 psu. Vannføringen i Drammenselva midlet over de ti foregående dagene var  $583 \text{ m}^3/\text{s}$ . Når historiske målinger av vannføring i Drammenselva og saltholdighet i Drammensfjorden sammenstilles, viser det at det er en tydelig samvariasjon, og tykkelsen av ferskvannslaget kan skrives som en funksjon av kun vannføring. Denne sammenhengen gir en estimert tykkelse av ferskvannslaget på  $7,7 \pm 0,9$  m, som stemmer godt med den observerte tykkelsen.

Retten under ferskvannslaget i innerste del av Drammensfjorden ble det observert et lag med lav oksygenmetning, under 50 % metning. Dette laget befinner seg i dybdeintervallet 10 – 20 m innerst ved elveutløpet. Utover i fjorden blir dette laget tynnere og med noe høyere oksygenmetning. Ved Selvikstranda sør i indre Drammensfjorden ligger laget i 10 – 14 m dyp og oksygenmetningen er omtrent 60 %.

Hypoksisk eller oksygenfattig vann har her blitt definert som vann med oksygenkonsentrasjon lavere enn  $3 \text{ mg O}_2/\text{L}$ . I denne rapporten har det blitt brukt en omregningsfaktor til volumkonsentrasjon lik 0,7, så dette tilsvarer en konsentrasjon på  $2,1 \text{ ml O}_2/\text{L}$ , og en oksygenmetning på omtrent 30 %. I Drammensfjorden var det hypoksisk vann under 45-63 m dyp i hele fjorden innenfor Svelvik. Anoksisk vann, det vil se vann med null oksygenkonsentrasjon, ble funnet under 94,5 m dyp sør i indre Drammensfjord nær Svelvik. Lenger nord i fjorden, omtrent der fabrikken Norgips ligger, ble det funnet anoksisk vann under 82,5 m. Det ble også funnet anoksisk vann midt i fjorden mellom Solumstrand og Lahellbukta nær bunn, så mest sannsynlig er bunnen i fjorden anoksisk helt inn hit. Det har blitt observert slike svært lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet i fjorden rett innenfor Svelvik siden midten av 2016. Før dette har ikke dette blitt observert siden midten av 2008.

Drammenselva har ikke vanddybde dypere enn omtrent 3 m i et område vest for Holmen. Dette grunnområdet hindrer at det trenger saltvann lenger oppover i elveutløpet. Det søndre av elvas utløp, Strømsløpet, sør for Holmen, er det et dypere området med dybde på 16-17 m. Dette dypere området har en terskel på omtrent 10 m ved Tangen kirke, der elva renner ut i fjorden. Her ble det funnet saltvann under 8 m og anoksisk vann under 13 m. Når det er dypvannsfornyelse i dette lille bassenget, så vil det sannsynligvis fornyes med vann som har relativt lav oksygenmetning som befinner seg rett under ferskvannslaget utenfor elveutløpet. Dette gjør at vannet i denne dypere grova i elva, ikke må ligge stagnant så lenge før det utvikles anoksiske forhold.

## Summary

Title: Salinity and oxygen conditions in Drammensfjorden

Year: 2018

Author(s): André Staalstrøm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6999-4

Loggers for measuring salinity have been installed on board the trawler Luna, and these have measured continuously while trawling for salmonids in Drammensfjorden and Sandebukta has taken place during the period 18<sup>th</sup> to 27<sup>th</sup> of September 2017. While trawling in Sandebukta and in the outer Drammensfjord outside Svelvik on September 18<sup>th</sup>, the highest salinity was 14,7 psu. When trawling inside Svelvik, the salinity was not higher than 1 psu.

CTD measurements taken September 25<sup>th</sup>, 2017 show a freshwater layer of thickness  $6,7 \pm 0,5$  m. The freshwater layer thickness has been defined as the depth where the salinity was equal to 7 psu. The water discharge from the river Drammenselva during the past 10 days was  $583 \text{ m}^3/\text{s}$  prior to September 25<sup>th</sup>. When historical measurements of discharge from the river and salinity in Drammensfjorden are compared, it shows that there is a clear co-variation, and the thickness of the freshwater layer can be written as a function of water discharge alone. This relationship gives an estimated thickness of the freshwater layer of  $7,7 \pm 0,9$  m, which corresponds well with the observed thickness.

Just below the freshwater layer in the inner part of Drammensfjorden, a layer with low oxygen saturation was observed, below 50 % saturation. This layer is in the depth range 10-20 m near the river outlet. Further out in the fjord this layer becomes thinner and with somewhat higher oxygen saturation. At Selvikstranda south in the inner Drammenfjord, the layer is in the depth range 10 to 14 m and the oxygen saturation was about 60 %.

Hypoxic or oxygen-poor water has here been defined as water with oxygen concentration lower than  $3 \text{ mg O}_2/\text{L}$ . In this report, a conversion factor has been used to convert to volume concentration equal to 0,7, so this is the same as a concentration of  $2,1 \text{ ml O}_2/\text{L}$ . This corresponds to an oxygen saturation of about 30 %. In Drammensfjorden in September 2017 it was observed hypoxic water below 45-63 m deep throughout the fjord within Svelvik. Anoxic water, that is water with zero oxygen concentration, was found below 94.5 m south in inner Drammenfjord near Svelvik. Further north in the fjord, approximately where the Norgips plant is located, anoxic water was found below 82.5 m.

Anoxic water was also found further into the fjord, in the middle of the fjord between Solumstrand and Lahellbukta, so most likely the bottom of the fjord is anoxic to that point. Oxygen conditions like this were observed in the bottom water of the fjord since mid-2016. Before this, it has not been observed as low oxygen concentrations since mid-2008.

In the river Drammenselva there is an area just west of the island Holmen where the maximum water depth is not more than approximately 3 m. This shallow area prevents saltwater to intrude further up the river. In the southernmost of the two outlets of Drammenselva, Strømsløpet, south of Holmen, it is a deeper area with depths of 16-17 m. This deeper area has a sill of about 10 m that separates it from the fjord. Here, saltwater was found below 8 m and anoxic water under 13 m. When there is deep water renewal in this small basin, it will probably be renewed with water that has relatively low in oxygen saturation, which is found just below the freshwater layer outside the river outlet. Because

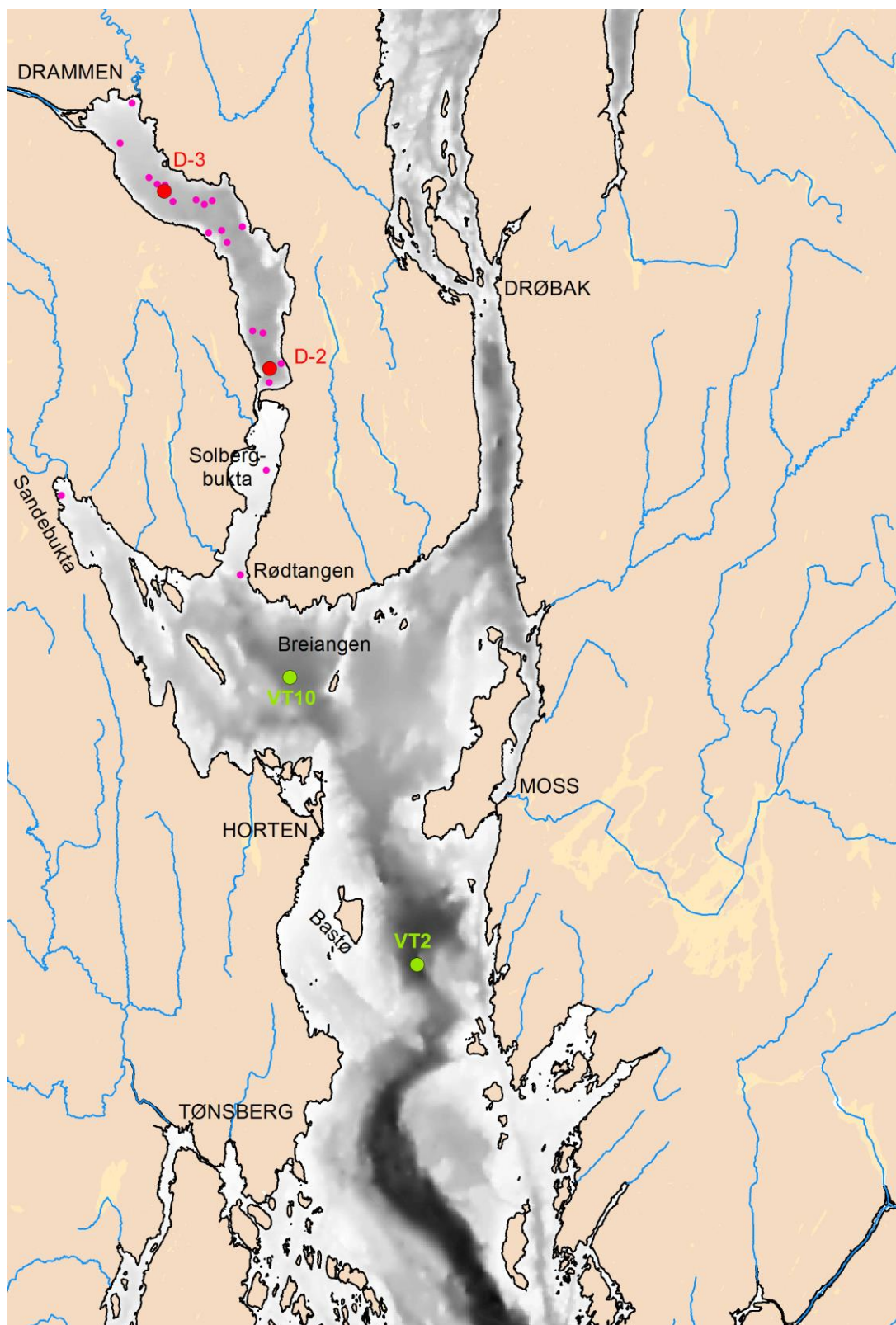
of this, the water in this basin do not need to be stagnant for a long period, before anoxic conditions are developed.



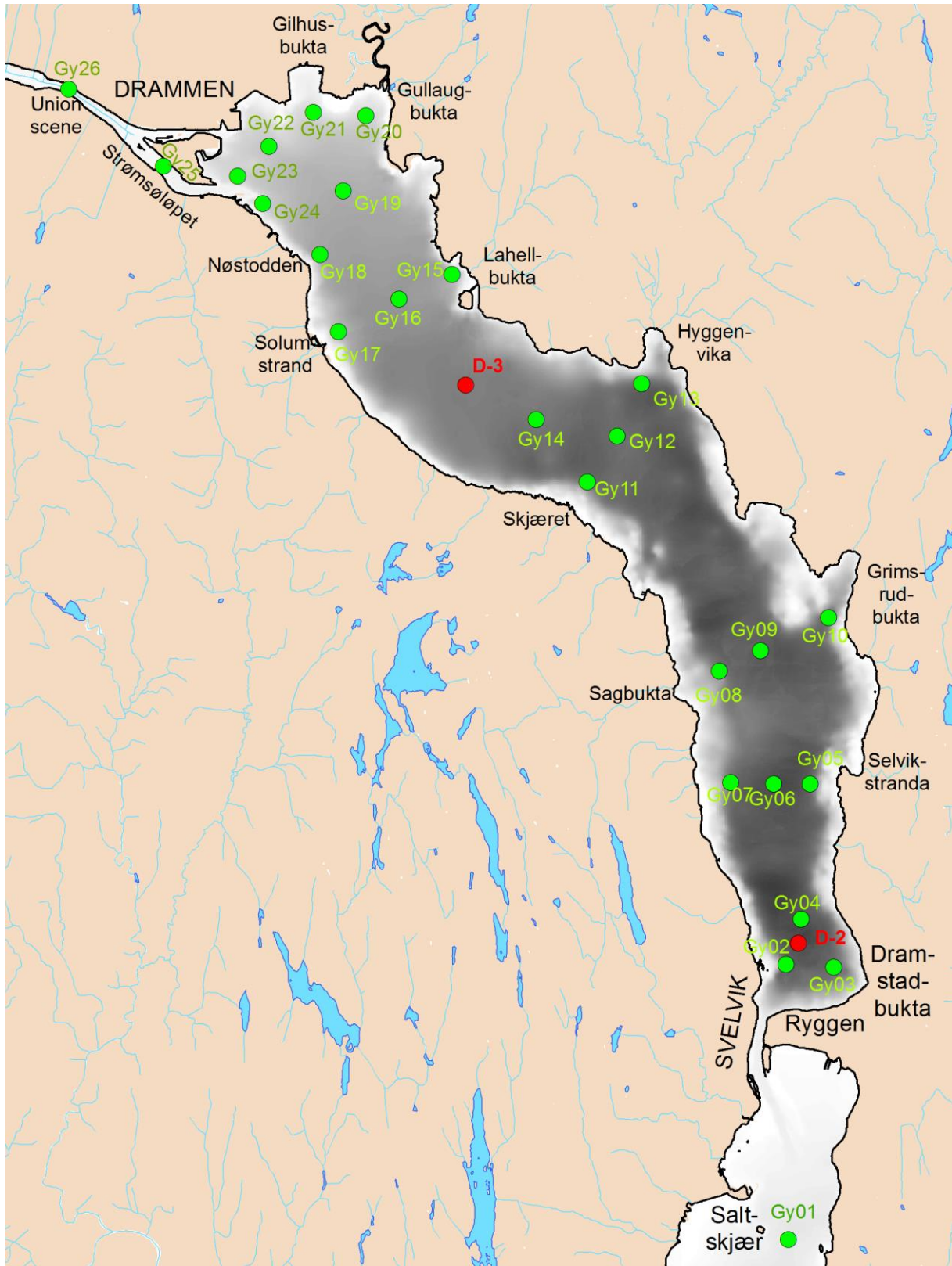
# 1 Innledning

I september 2017 ble det trålet etter laksefisk i Drammensfjorden og i Sandebukta, for å kartlegge forekomst av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* (*G. salaris*) på laksefisk (Mo et al., 2018). Lakseparasitten ble introdusert til Drammenselva og Lierelva i 1987. *G. salaris* er en ca. 0,5 mm stor parasitt som fester seg utvendig på laks når den befinner seg i ferskvann. Hvis *G. salaris* blir introdusert til et vassdrag som i utgangspunktet ikke har parasitten, vil dette føre til en reduksjon på opp mot 85 % av tettheten av lakseunger og av fangst av laks (Artsdatabanken, 2012). Lakseparasitten er en svartelistet art i Norge og vurderes i dag som en av de største truslene for de atlantiske laksestammene (Solheim & Bjørnstad, 2015). *G. salaris* tåler ikke saltholdig vann og vil ha en overlevelsestid på 11-37 timer hvis saltholdigheten er 20 psu (Soleng & Bakke, 1997). Saltholdighet er derfor en viktig parameter å dokumentere mens tråling pågår. Oksygen er også en parameter som kan ha stor betydning for hvordan fisk i fjorden oppfører seg, siden de fleste arter av fisk vil unngå områder hvor det er svært lite oksygen.

Denne rapporten dokumenterer hvordan saltholdigheten og oksygenforholdene var i Drammensfjorden i den perioden tråling pågikk. Drammensfjorden er en av to fjordarmer innerst i fjordsystemet Oslofjorden (Figur 1). Drammenelva, som er Norges nest største elv, har sitt utløp innerst i fjorden ved Drammen. Indre Drammensfjord er adskilt fra resten av fjordsystemet av et trangt og grunt sund som kalles Svelvikstrømmen og ligger ved Svelvik (Figur 2). Svelvikstrømmen er omtrent 180-200 m bred og rundt 12 m dyp.



**Figur 1.** Oversiktskart over Oslofjorden. De grønne punktene viser målestasjoner fra overvåkningsprogrammet Økokyst. De to røde punktene inne i Drammensfjorden viser målestasjoner for overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord. De rosa punktene viser hvor det ble målt med CTD fra tråleren Luna.



**Figur 2.** Kart over Drammensfjorden fra Salt-skjær til Drammen. De to røde punktene viser målestasjoner for overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord. De grønne punktene viser hvor det ble foretatt målinger med CTD 25. september 2017.

## 2 Observasjoner

### 2.1 Målinger med fartøyet Holmungen

Den 25. september 2017 ble det utført en intensiv målekampanje hvor det ble målt med profilerende sonde (CTD) på 26 stasjoner fra Saltskjær utenfor Svelvik til et stykke opp i Drammenselva (Figur 2). Sonden som ble benyttet var en CTD av typen SAIV (SN 1353) som hadde montert sensorer for å måle saltholdighet, temperatur, trykk, oksygen og turbiditet. Posisjonene til disse målestasjonene er vist i Tabell 1.

**Tabell 1.** Posisjoner hvor det ble målt med CTD 25. september 2017.

Stasjon	Navn	Dato	Lokaltid	Breddegrad	Lengdegrad
Gy01	Saltskjær	25.09.2017	09:24	59.5847	10.4240
Gy02	Blindskjær	25.09.2017	09:42	59.6248	10.4178
Gy03	Dramstadbukta	25.09.2017	09:55	59.6249	10.4317
Gy04	Nær D2	25.09.2017	10:14	59.6316	10.4214
Gy05	Odden	25.09.2017	10:25	59.6514	10.4212
Gy06	Midtfjords Sønsterby	25.09.2017	10:35	59.6510	10.4107
Gy07	Sønsterby	25.09.2017	10:44	59.6508	10.3983
Gy08	Sagbukta	25.09.2017	10:54	59.6669	10.3928
Gy09	Pampus	25.09.2017	11:03	59.6703	10.4043
Gy10	Grimstadbukta	25.09.2017	11:13	59.6758	10.4232
Gy11	Skjæret	25.09.2017	11:26	59.6932	10.3510
Gy12	Midtfjords Hyggenvika (nær DH4)	25.09.2017	11:36	59.7001	10.3587
Gy13	Hyggenvika	25.09.2017	11:47	59.7080	10.3647
Gy14	Norgips (nær D3)	25.09.2017	11:57	59.7017	10.3350
Gy15	Lahellbukta	25.09.2017	12:10	59.7220	10.3079
Gy16	Midtfjords Solumstrand	25.09.2017	12:18	59.7179	10.2930
Gy17	Solumstrand	25.09.2017	12:28	59.7125	10.2763
Gy18	Nøstodden	25.09.2017	12:37	59.7235	10.2693
Gy19	Gullaug (nær DH1)	25.09.2017	12:47	59.7331	10.2747
Gy20	Gullaugbukta	25.09.2017	13:00	59.7442	10.2798
Gy21	Gilhusbukta	25.09.2017	13:06	59.7442	10.2644
Gy22	Drammenselva, utenfor nordre utøp	25.09.2017	13:13	59.7388	10.2524
Gy23	Holmen, utenfor søndre utløp	25.09.2017	13:20	59.7341	10.2440
Gy24	Tangenbanken	25.09.2017	13:27	59.7303	10.2518
Gy25	Strømsløpet	25.09.2017	13:38	59.7347	10.2223
Gy26	Union Scene	25.09.2017	14:05	59.7450	10.1935

## 2.2 Målinger fra tråleren Luna

Loggere for måling av saltholdighet har vært installert om bord på tråleren Luna, og disse har foretatt målinger hele tiden mens tråling etter laksefisk i Drammensfjorden og Sandebukta har foregått, i perioden 18. til 27. september 2017. Loggerne som var av typen HOBO var plassert i selve trålen, og målte saltholdigheten nær overflaten, der fisken ble fanget.

Ved tråling i Sandebukta og i ytre Drammensfjorden utenfor Svelvik 18. september, var den høyeste saltholdigheten 14,7 psu. Da tråling ble utført innenfor Svelvik, var ikke saltholdigheten ved noe tidspunkt høyere enn 1 psu.

Målt saltholdighet i trålen til Luna er vist med høy tidsoppløsning i Vedlegg B.

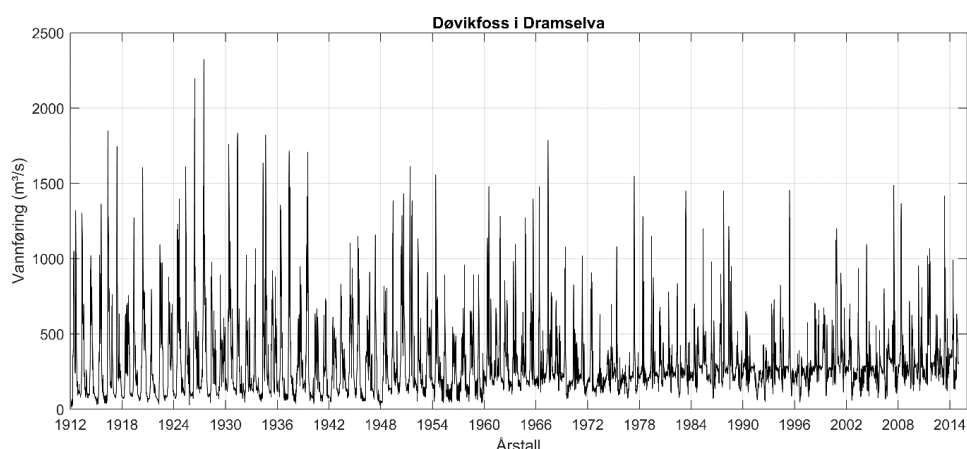
Fra Luna ble det hver dag tatt målinger med CTD av typen SAIV (SN 539) som hadde montert sensorer for å måle saltholdighet, temperatur, trykk, klorofyll-a fluorescens og turbiditet. Posisjonene til disse målestasjonene er vist i Tabell 2.

**Tabell 2.** Posisjoner hvor det ble målt med CTD i perioden 18. til 27. september 2017.

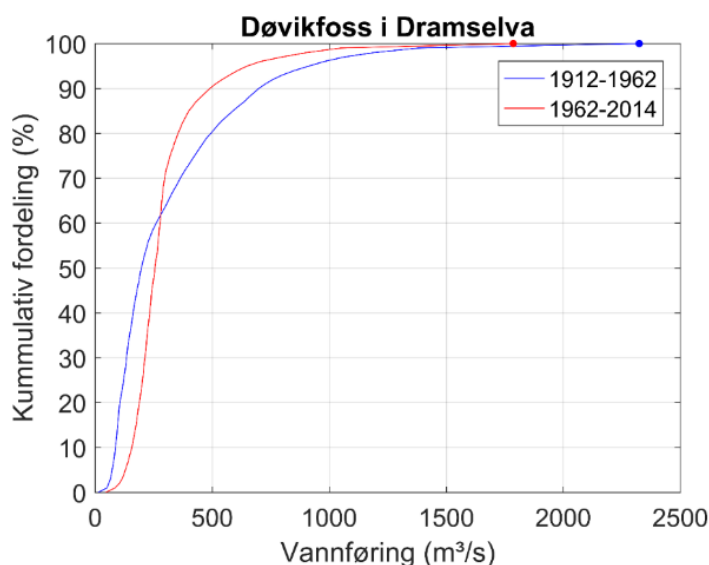
Stasjon	Navn	Dato	Lokaltid	Breddegrad	Lengdegrad
Lu02	Sandebukta	18.09.2017	12:50	59.5629	10.2403
Lu03	Rødtangen	18.09.2017	14:20	59.5323	10.4072
Lu04	Solbergbukta/Saltskjær	18.09.2017	17:40	59.5811	10.4241
Lu05	Ryggen	19.09.2017	10:19	59.6215	10.4215
Lu07	Fagervika, midtfjords (nær Lu15)	19.09.2017	14:05	59.7032	10.3580
Lu08	Hernes	20.09.2017	10:05	59.6921	10.3872
Lu09	Gullaugbukta	20.09.2017	13:40	59.7454	10.2791
Lu11	Leirvik	21.09.2017	10:30	59.6447	10.4032
Lu12	Steinsbråten, midtfjords	21.09.2017	13:12	59.6898	10.3687
Lu13	Sandodden	22.09.2017	10:05	59.6306	10.4312
Lu14	Leirvik, midtfjords	22.09.2017	13:58	59.6440	10.4129
Lu15	Fagervika, midtfjords (nær Lu07)	23.09.2017	10:00	59.7012	10.3513
Lu16	Lahellholmen, midtfjords (nær Lu18, Lu22)	23.09.2017	14:30	59.7090	10.3070
Lu17	Jordfallbukta	24.09.2017	09:30	59.6844	10.3743
Lu18	Lahellholmen, midtfjords (nær Lu16, Lu22)	24.09.2017	14:31	59.7118	10.2993
Lu19	Nøstodden	25.09.2017	09:00	59.7265	10.2708
Lu20	Norgips, midtfjords	25.09.2017	14:48	59.7015	10.3226
Lu21	Steinsbråten	26.09.2017	07:00	59.6881	10.3567
Lu22	Lahellholmen, midtfjords (nær Lu16, Lu18)	26.09.2017	11:30	59.7088	10.3143
Lu24	Jonsbubukta, midtfjords	27.09.2017	12:00	59.7030	10.3433

### 3 Ferskvannstilførsel til Drammensfjorden

Drammenselva er Norges nest største elv med en gjennomsnittlig vannføring for perioden 1962-2014 på 298 m<sup>3</sup>/s målt ved Døvikfoss. Maksimal vannføring for den samme perioden var 1786 m<sup>3</sup>/s. I 90 % av tiden ligger vannføringen mellom 129 og 650 m<sup>3</sup>/s (mellom 5 og 95 persentil verdien). Målt vannføring ved Døvikfoss er vist i Figur 3. Vannføringsregimet har endret seg fra tidligere tider med mindre regulering. I figuren ser det ut til å ha vært en endring i variabiliteten i vannføringen rundt 1960. I perioden 1912-1962 var middel vannføring noe høyere (316 m<sup>3</sup>/s) og maksimal vannføring var også høyere (2324 m<sup>3</sup>/s). I 90 % av tiden lå vannføringen mellom 72 og 914 m<sup>3</sup>/s, så ekstremverdiene har blitt betydelig mindre. Dette er illustrert med den kumulative fordelingen av vannføringen i de to periodene (Figur 4).

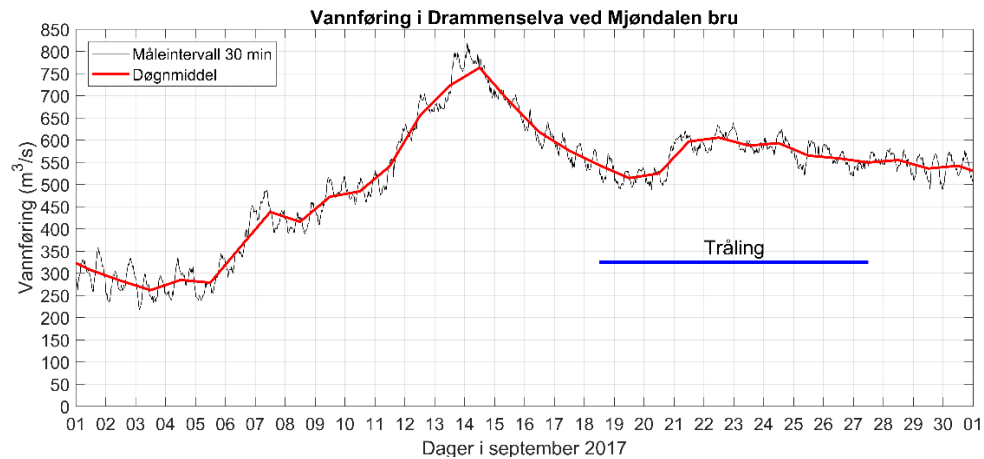


**Figur 3.** Målt vannføring ved Døvikfoss i Drammenselva for perioden 1912 til 2014.



**Figur 4.** Den kumulative fordelingen av vannføring i Drammenselva målt ved Døvikfoss. Figuren viser hvor mange prosent, som leses av på y-aksen, av målingene som ligger under en viss verdi av vannføring, som leses av på x-aksen. Måleserien er delt inn i to perioder, fra 1912 til 1962 og fra 1962 til 2014.

Figur 5 viser vannføringen i Drammenselva i september 2017. I den første uka var vannføringen ganske likt middel vannføring på rundt 300 m<sup>3</sup>/s. Den høyeste vannføringen på over 800 m<sup>3</sup>/s ble målt natt til 14. september. Vannføringen midlet over de ti dagene før målekampanjen 25. september var 583 m<sup>3</sup>/s. Mens tråling pågikk var vannføringen mellom 500 og 600 m<sup>3</sup>/s.

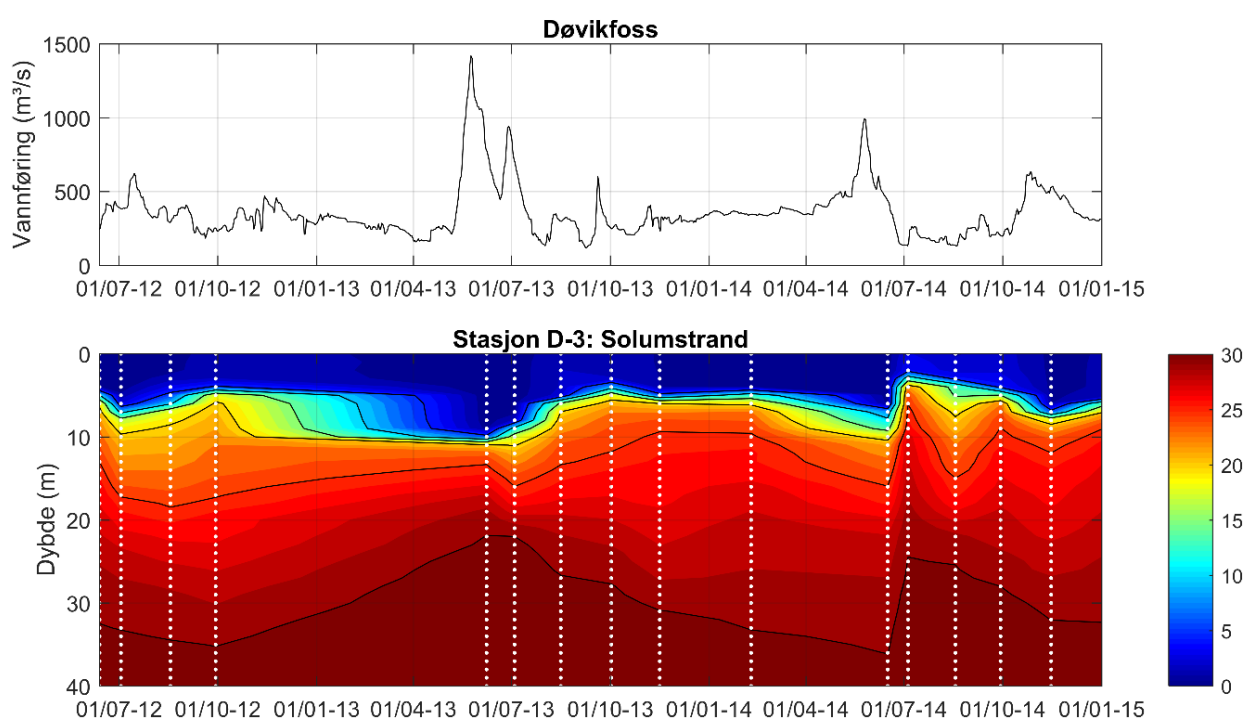


**Figur 5.** Vannføring i Drammenselva i løpet av september 2017 målt ved Mjøndalen bru. Data er hentet fra [www2.nve.no/h/hd/plotreal/Q/0012.00534.000/](http://www2.nve.no/h/hd/plotreal/Q/0012.00534.000/). Rådataene har måleintervall på 30 minutter. Den røde linjen viser døgnmiddel over perioden 00:00 til 23:30. Den blå linjen indikerer perioden det ble trålet etter laksefisk.

## 4 Saltholdighet

### 4.1 Vannføringens påvirkning på ferskvannslaget

I Figur 6 vises det hvordan saltholdigheten i de øverste 40 m variere på målestasjonen D-3. I samme figur er vannføringen i Drammenselva vist. I figuren er perioden fra juli 2012 til desember 2015 vist, og i denne perioden var det spesiell høy vannføring i mai og juni 2013 og i juni 2014. Det er forventet at det er en sammenheng mellom ferskvannstilførsel til fjorden og tykkelsen av ferskvannslaget, og i disse periodene er ferskvannslaget på sitt tykkeste. Det foretas målinger på stasjon D-3 bare seks ganger i året, og ofte er det ikke målinger mellom oktober og juli. Konturplottet av saltholdigheten i Figur 6 er derfor interpolert over ganske lange perioder, som vil gi et feilaktig bilde av variabiliteten i ferskvannslagets tykkelse i fjorden.



**Figur 6.** Vannføringen i Drammenselva (øverst) påvirker saltholdigheten i Drammensfjorden (nederst). Plassering av stasjonene D-3 er vist i Figur 1 og Figur 2.



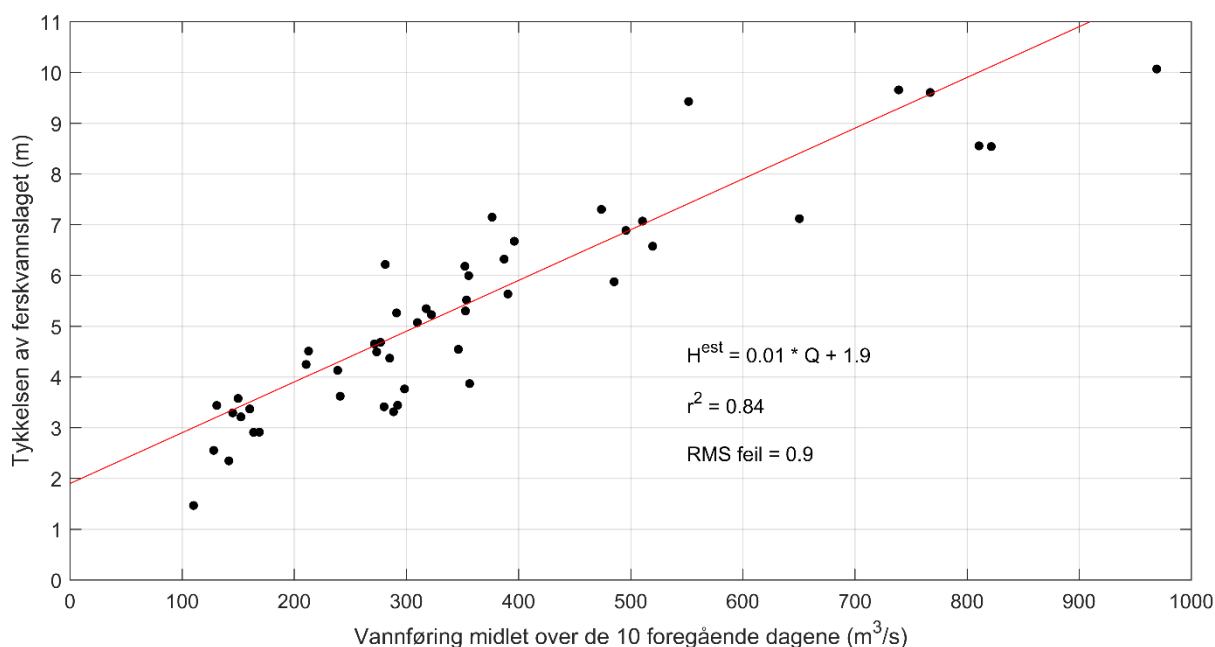
Når historiske målinger av vannføring i Drammenelva og saltholdighet i Drammensfjorden sammenstilles, viser det at det er en tydelig samvariasjon. Hvis vannføring er plottet mot ferskvannslagetets tykkelse, ser en at det er en samvariasjon (se Figur 7). Ferskvannslagetets tykkelse er her definert som det dypet i fjorden hvor saltholdigheten er 7 psu. Dette viser at tykkelsen av ferskvannslaget kan skrives som en funksjon av kun vannføring.

$$H^{est} = 0,01 \cdot Q + 1,9 \quad (1)$$

Her er  $H^{est}$  ferskvannslagetets estimerte tykkelse og  $Q$  vannføringen i Drammenselva midlet over de ti foregående dagene. Feilen ( $\Delta H$ ) i dette estimatet kan anslås ved følgende formel

$$\Delta H = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (H_n^{obs} - H_n^{est})^2} \quad (2)$$

Her er  $N$  antall observasjoner og er  $H^{obs}$  er ferskvannslagetets observerte tykkelse. Når ligning (2) brukes på observasjonene i Figur 7, så blir feilen  $\pm 0,9$  m.



**Figur 7.** Sammenhengen mellom vannføring i Drammenselva og tykkelsen av ferskvannslaget i Drammensfjorden. Vannføring er målt ved Døvikfoss og tykkelsen av ferskvannslaget er målt utenfor Solumstrand (stasjon D-3). Vannføringen er midlet over de 10 foregående dagene før observasjoner ble gjort i fjorden. Tykkelsen av ferskvannslaget er definert som det dyp hvor saltholdigheten er lik 7 psu.

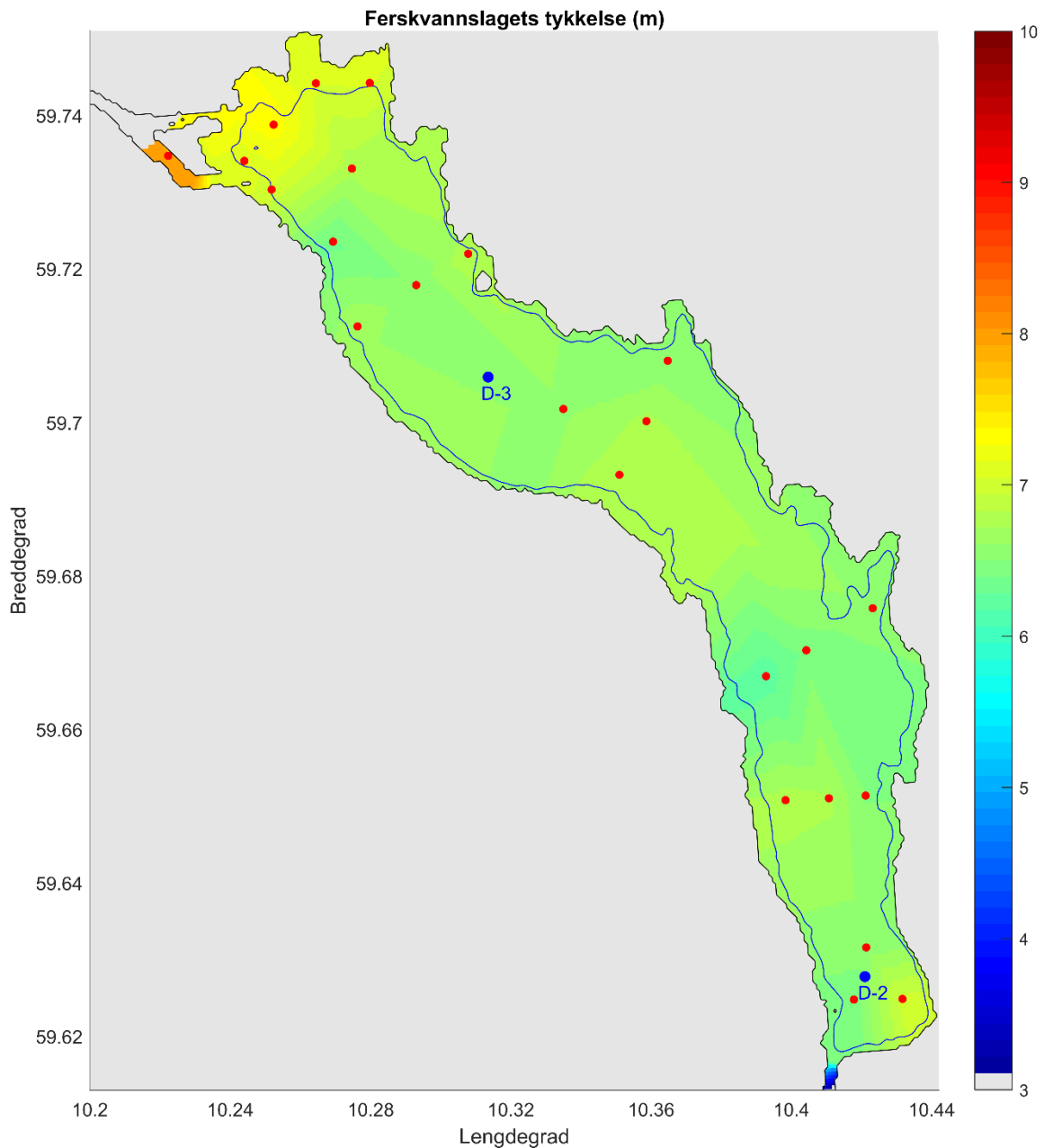
## 4.2 Resultat fra målinger 25. september 2017

I Tabell 3 er det vist resultater fra målinger med CTD den 25. september 2017. I tabellen er saltholdigheten i overflata, dypet hvor saltholdigheten er 7 psu, minste målte oksygenkonsentrasjon, dypet hvor oksygenkonsentrasjonen er 3 mg/L og d dypet hvor det er null oksygen. Målingene med profilerende sonde (CTD) fra denne datoen viser et ferskvannslag som var  $6,7 \pm 0,5$  m tykt. I Figur 8 er det vist hvordan tykkelsen av ferskvannslaget variere innenfor Svelvik.

Vannføringen i Drammenselva midlet over de ti foregående dagene var  $583 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ved å benytte ligning (1) og (2) blir den estimert tykkelse av ferskvannslaget på  $7,7 \pm 0,9$  m, som stemmer godt med den observerte tykkelsen.

**Tabell 3.** Resultater fra målinger 25. september 2017.

Stasjon	Dypeste målepunkt (m)	Saltholdighet i overflata (psu)	Dyp 7 psu isolinje (m)	Minste oksygenverdi (mg/L)	Dyp hypoksisk vann (m)	Dyp anoksisk vann (m)
Gy01	17.5	4.6	1.5	5.77		
Gy02	100.0	0.9	6.4	0.03	60.6	90.0
Gy03	100.0	0.9	7.0	0.03	61.1	94.5
Gy04	100.0	0.9	6.5	0.03	62.8	91.5
Gy05	100.0	0.9	6.5	0.03	62.1	91.0
Gy06	100.0	0.9	6.7	0.03	61.9	91.5
Gy07	100.0	0.8	6.8	0.03	63.1	92.0
Gy08	100.0	0.8	6.2	0.03	62.2	91.5
Gy09	100.0	0.8	6.4	0.03	62.7	86.5
Gy10	100.0	0.9	6.6	0.03	60.2	88.5
Gy11	100.0	0.7	6.8	0.03	58.9	85.0
Gy12	100.0	0.9	6.7	0.03	58.5	82.5
Gy13	100.0	0.9	6.5	0.03	57.9	83.0
Gy14	100.0	0.8	6.6	0.03	56.2	82.5
Gy15	57.0	0.7	6.8	2.16	51.2	
Gy16	79.0	0.7	6.5	0.03	52.8	79.0
Gy17	58.0	0.7	6.7	2.07	52.6	
Gy18	65.0	0.5	6.4	0.69	45.2	
Gy19	61.0	0.5	6.8	1.44	50.8	
Gy20	29.0	0.5	7.1	4.16		
Gy21	29.0	0.6	7.0	4.13		
Gy22	40.5	0.6	7.3	3.50		
Gy23	34.5	0.4	7.1	3.24		
Gy24	30.0	0.2	7.0	4.34		
Gy25	16.5	0.0	8.0	0.03	9.9	14.0
Gy26	14.0	0.0		11.38		



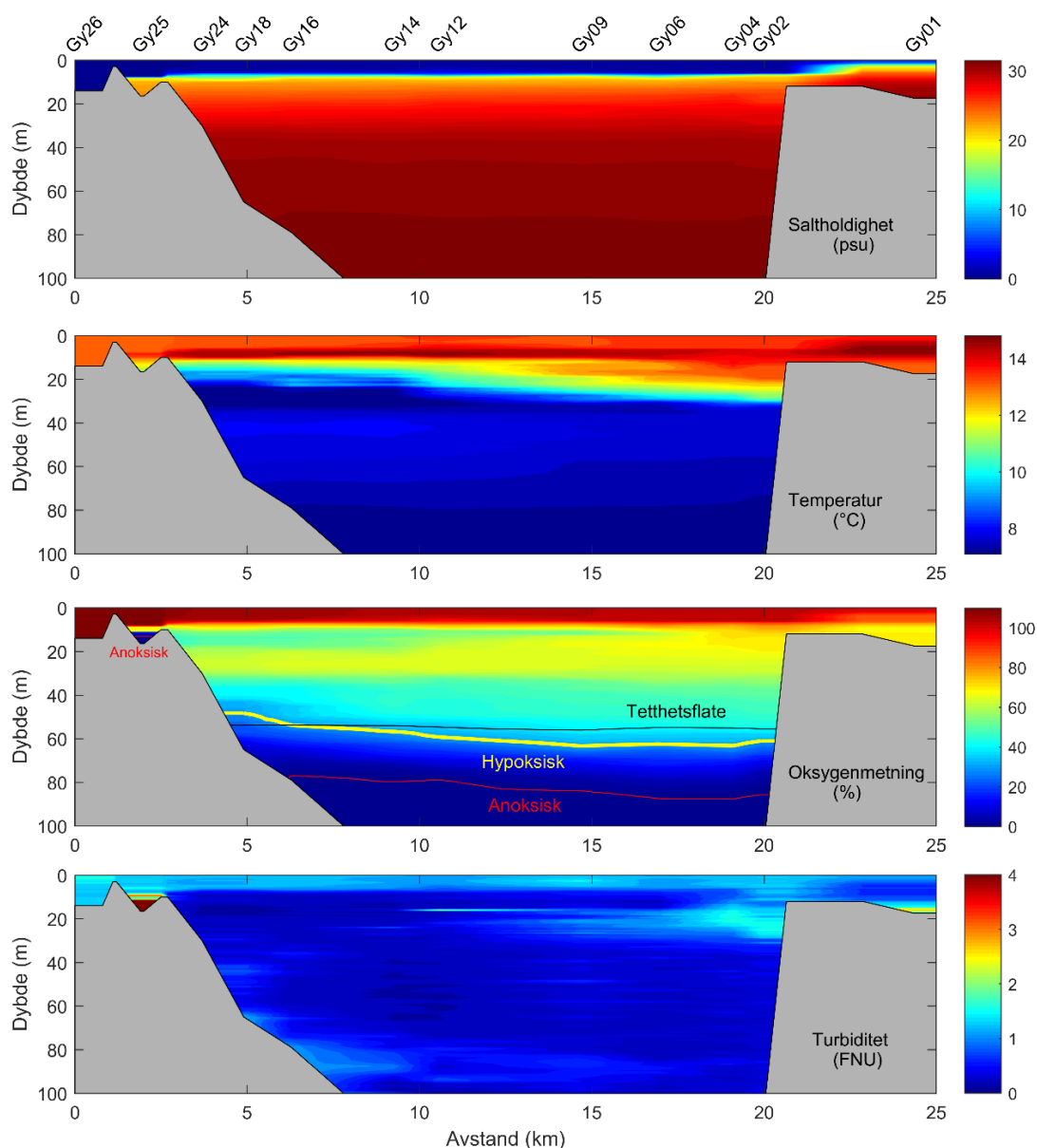
**Figur 8.** Tykkelsen av ferskvannslaget i Drømmensfjorden den 5. september 2017. De røde punktene viser hvor tykkelsen, her definert som det dypet hvor saltholdigheten er 7 psu, faktisk er observert. Utenfor disse punktene er verdiene interpolert og ekstrapolert. De blå punktene (D-2 og D-3) er ikke brukt. Den blå konturlinjen angir hvor dybden er 30 m.

### 4.3 Variasjon utover i fjorden

Ved å plukke ut utvalgte stasjoner fra Tabell 1 kan det lages et transekt på langs av Drømmensfjorden som illustrere hvordan forholdene varierer utover i fjorden. I Figur 9 er stasjon Gy26, Gy25, Gy24, Gy18, Gy16, Gy14, Gy12, Gy09, Gy06, Gy04, Gy02 og Gy01 (se Figur 2) blitt brukt for å lage en slik illustrasjon.

Øverst i Figur 9 viser saltholdigheten fra stasjon Gy26 oppe i Drammenselva (helt til høyre i figuren) til stasjon Gy01 ved Saltskjær utenfor Svelvikstrømmen (helt til venstre i figuren). Saltholdigheten i overflata varierer fra 0,2 psu rett utenfor elveløpet på stasjon Gy24 til 0,9 psu på stasjon Gy02 rett innenfor Svelvikstrømmen (se Tabell 3). I selve elva er saltholdigheten null, og utenfor Svelvikstrømmen er saltholdigheten 4,6 psu, på stasjon Gy01 ved Saltskjær.

Isolinjer med konstant saltholdighet, er nær horisontale i dypet. Nest nederst i Figur 9 er det tegnet inn en tetthetsflate sammen med oksygenmetningen. Det er verdt å merke seg at denne tetthetsflaten er nærmest horisontal. Dette indikerer at årsaken til at hypoksisk vann befinner seg grunnere nærmest elveutløpet, ikke skyldes noen form for vannbevegelse i dypvannet.



**Figur 9.** Transekt som viser saltholdighet (øverst), temperatur (nest øverst), oksygenmetning (nest nederst) og turbiditet (nederst) langs Drammensfjorden fra elveutløpet til venstre og til Svelvikstrømmen til høyre.

## 5 Oksygenforhold

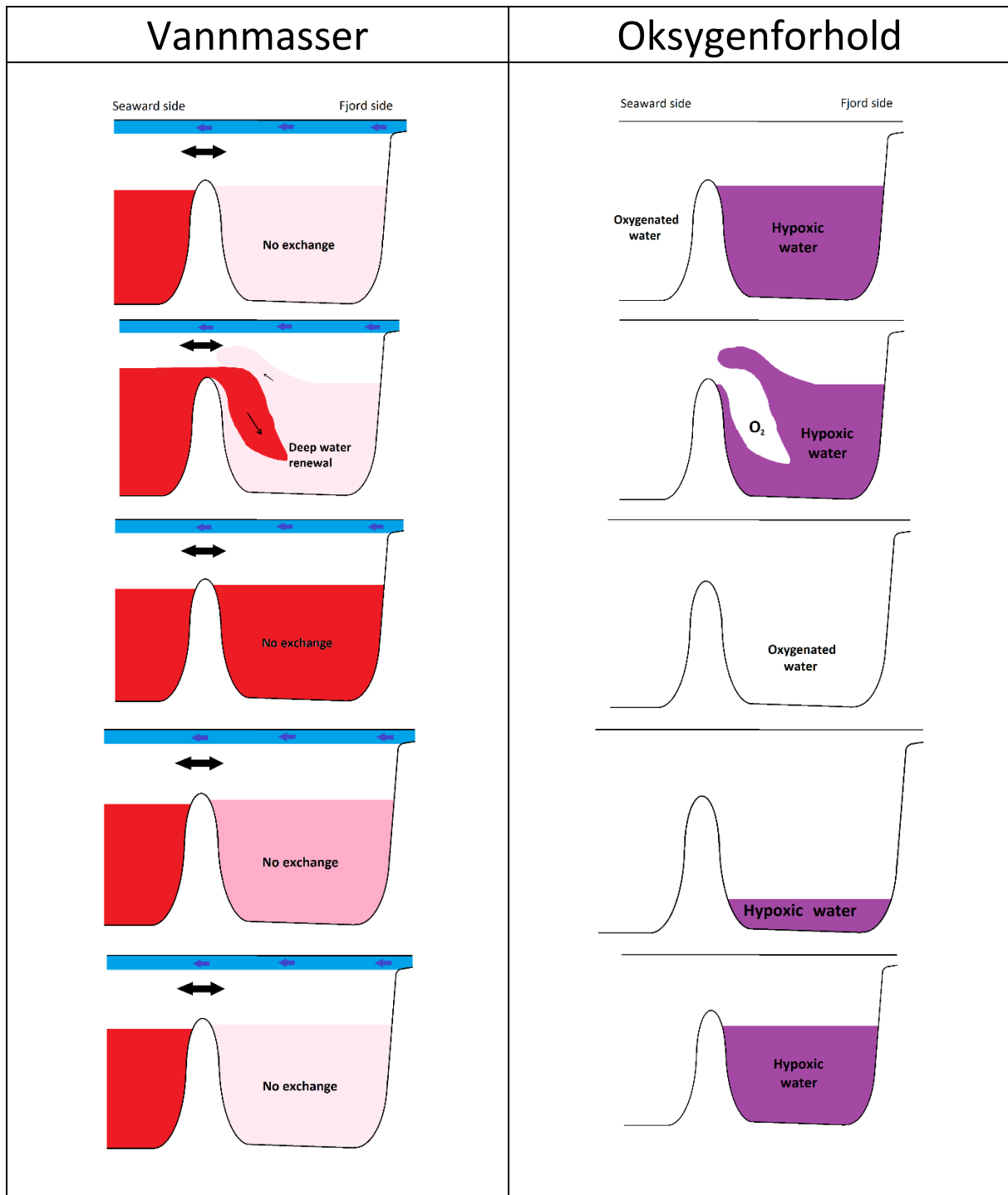
### 5.1 Om dypbannsfornyelse i terskelfjorder

Vannmassene under ca. 12 m i indre Drammensfjord er adskilt fra havområdet på utsiden av Svelvikstrømmen. I kystsonen er som regel vannet sjiktet, med ferskt og lett vann i overflatelaget, som ligger over saltene 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.

Denne prosessen er illustrert i Figur 10, som viser fem stadier av vannutvekslingen i en fjord. I stadiet 1 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).

I stadiet 2 vises en dypvannsfornyelse. Det tunge oksygenrike vannet fra utsiden av terskelen er hevet over terskeldypet, og fortrenger det oksygenfattige dypvannet. I stadiet 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 (stadiet 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. I Drammensfjorden er den vertikale blandingen i dypvannet svært lav, mens oksygenforbruket er relativt høyt. Dette gjør at fjorden er naturlig oksygenfattig, og tåler relativt lite tilførsel av stoffer som bruker oksygen når de brytes ned.

Denne vannutvekslingsprosessen ble allerede beskrevet av Gaarder (1916). Hypoksiske forhold i norske fjorden ble oppdaget for første gang høsten 1898, hvor anoksisk (oksygenfritt) vann ble funnet i Frierfjorden og Drammensfjorden. Inntil da var det bare en vannforekomst hvor anoksisk vann var funnet. Det var i Svartehavet hvor russiske forskere hadde funnet anoksisk vann under en ekspedisjon i 1891-1892 (Gaarder, 1916).

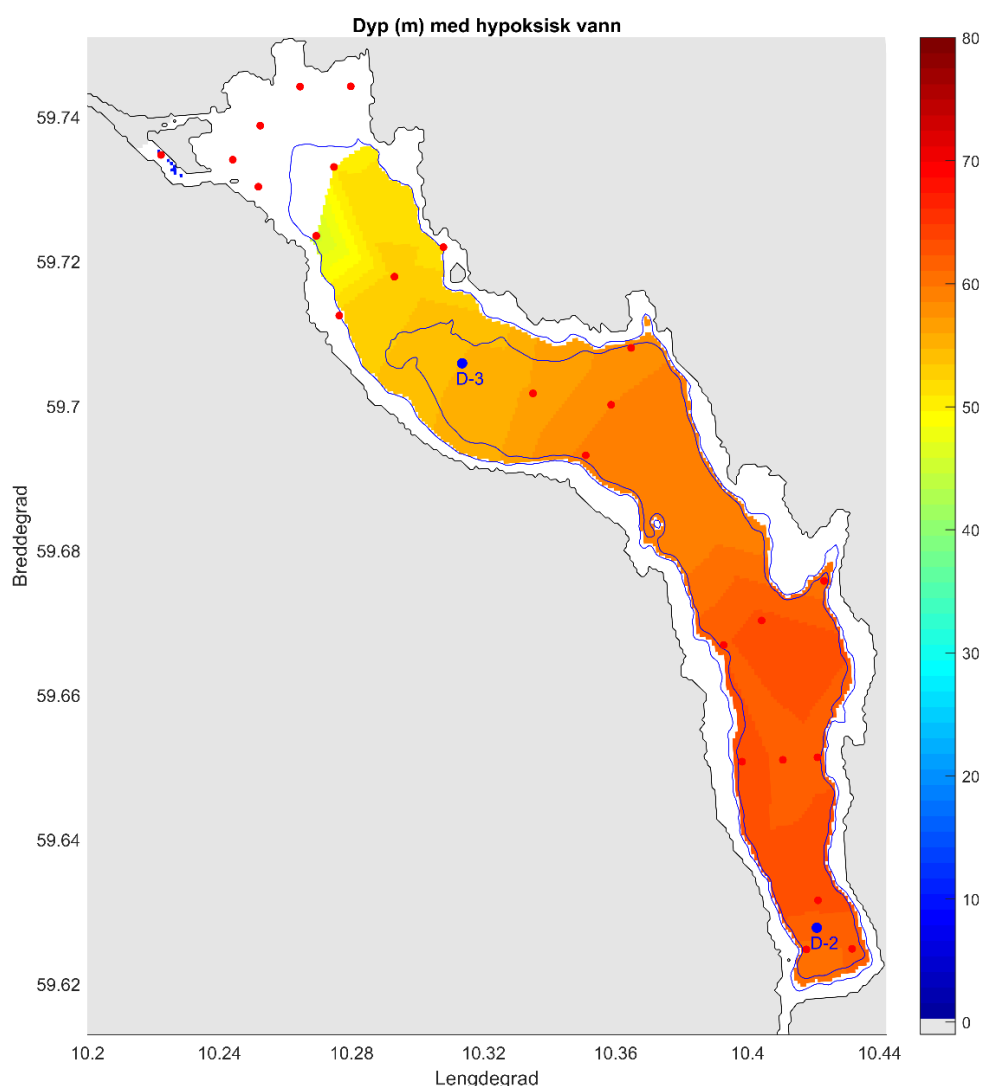


**Figur 10.** Skisse av hvordan vannutveksling kan foregå i en terskelfjord med lite vertikal blanding av bunnvannet. På venstre side vises egenvekten til vannmassene, hvor rødt indikerer tungt vann og rosa lettere vann. På høyre side vises oksygenforholdene i vannmassene, hvor hvitt indikerer oksygenrikt vann og lilla oksygenfattig vann.

## 5.2 Forholdene i bunnvannet

Hypoksisk eller oksygenfattig vann har her blitt definert som vann med oksygenkonsentrasjon lavere enn 3 mg O<sub>2</sub>/L. I denne rapporten har det blitt brukt en omregningsfaktor til volumkonsentrasjon lik 0,7, så dette tilsvarer en konsentrasjon på 2,1 ml O<sub>2</sub>/L og en oksygenmetning på omtrent 30 %.

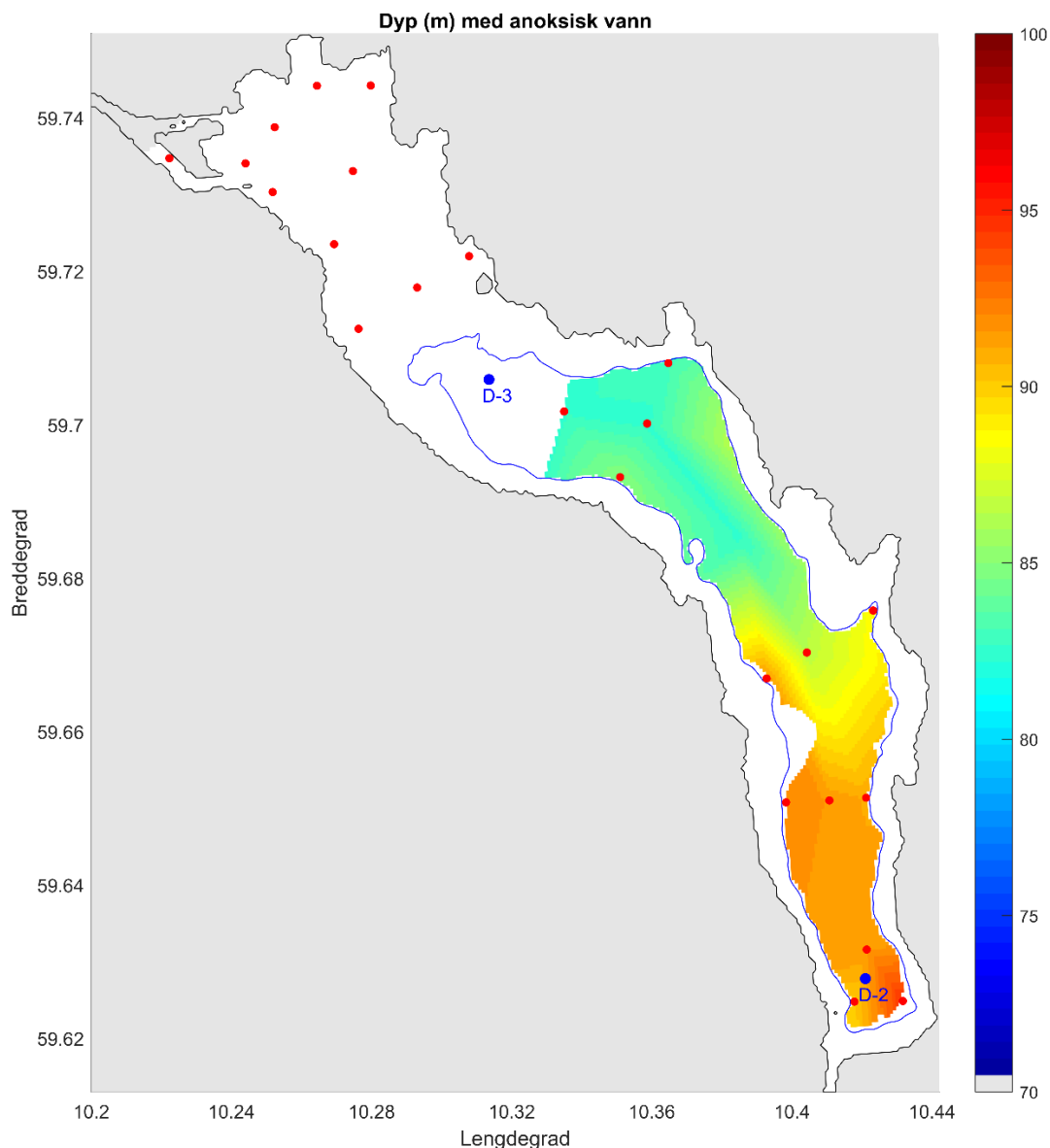
I Figur 11 er det vist i hvilket dyp vannets oksygenkonsentrasjon er 3 mg O<sub>2</sub>/L. Under dette dypet er vannet hypoksisk. I Drammensfjorden var det hypoksisk vann under 45-63 m dyp i hele fjorden innenfor Svelvik. På stasjon Gy18 ved Nøstodden er det anoksisk vann under 45 m. Sør for omtrent Selvikstranda må en ned til 62-63 m for å finne hypoksisk vann. I Figur 9 ble det vist at tetthetsflaten i dette dypet er horisontale, og dette indikerer som sagt at årsaken til at hypoksisk vann befinner seg grunnere nærmest elveutløpet, ikke skyldes noen form for vannbevegelse i dypvannet. Forklaringen kan i stedet være at oksygenforbruket er høyere i bunnvannet nær elveutløpet, muligens på grunn av nedsynkning av oksygen-forbrukende stoffer.



**Figur 11.** Dyp hvor vannet er hypoksisk i Drammensfjorden den 25. september 2017, her definert som mindre enn 3 mg O<sub>2</sub>/L. De røde punktene viser hvor det er observasjoner. Utenfor disse punktene er verdiene interpolert og ekstrapolert. De blå punktene (D-2 og D-3) er ikke brukt. De blå konturlinjene angir hvor dybden er 50 og 80 m.

I Figur 12 det vist i hvilket dyp vannets oksygenkonsentrasjon er mindre eller lik  $0,03 \text{ mg O}_2/\text{L}$  målt med oksygensonden på CTD instrumentet. Dette er den laveste verdien instrumentet kan registrere, og dette har derfor blitt definert som anoksisk vann, som er vann hvor oksygenkonsentrasjonen er null. I Drammensfjorden den 25. september 2017 ble det funnet anoksisk vann under 94,5 m dyp sør i indre Drammensfjord nær Svelvik. Lenger nord i fjorden, omtrent der fabrikkene Norgips ligger, ble det funnet anoksisk vann under 82,5 m.

Det ble også funnet anoksisk vann midt i fjorden mellom Solumstrand og Lahellbukta nær bunn (stasjon Gy16), så mest sannsynlig er bunnen i fjorden anoksisk helt inn hit. Dette kommer ikke frem i Figur 12.



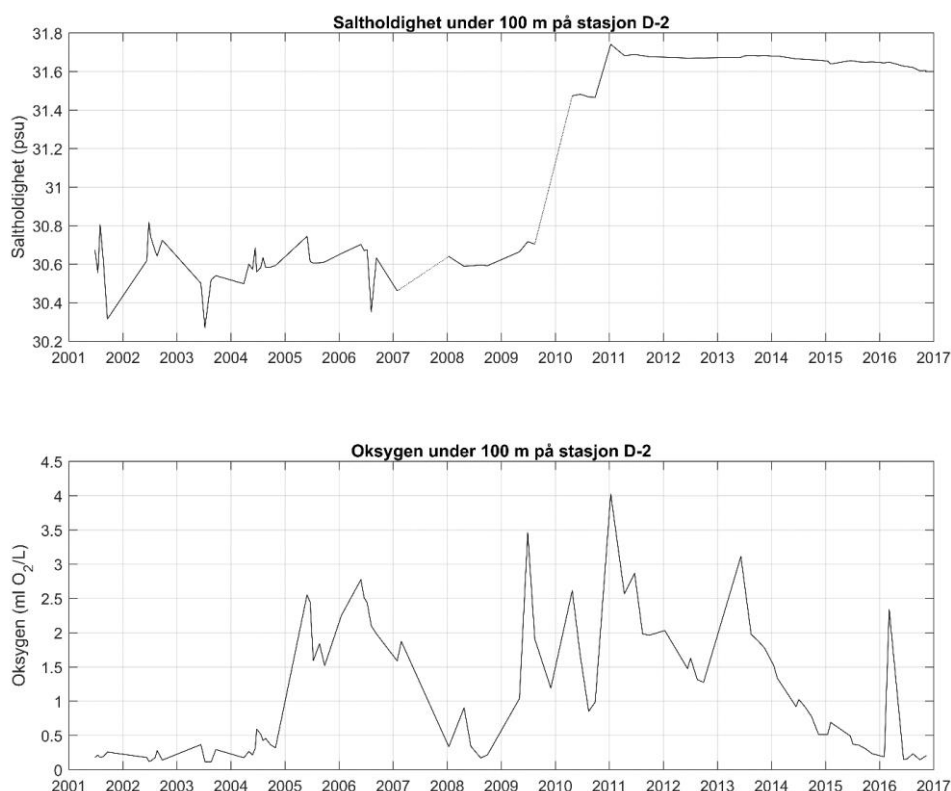
**Figur 12.** Dyp hvor vannet er anoksisk i Drammensfjorden den 5. september 2017, her definert som mindre enn eller lik  $0,03 \text{ mg O}_2/\text{L}$ . De røde punktene viser hvor det er observasjoner. Utenfor disse punktene er verdiene interpolert og ekstrapolert. De blå punktene (D-2 og D-3) er ikke brukt. Den blå konturlinjen angir hvor dybden 80 m.



I Figur 13 er det vist hvordan oksygenforholdene har vært under 100 m dyp på stasjon D-2 helt sør i indre Drammensfjord. Forholdene var anoksiske eller nær anoksiske fra 2001 og fram til slutten av 2004. I 2005-2007 var oksygenkonsentrasjonen over 1,5 ml O<sub>2</sub>/L, som tilsvarer 2,1 mg O<sub>2</sub>/L. I 2008 var oksygenkonsentrasjonen nær anoksiske igjen. I perioden 2009 til midten av 2016 var oksygen i bunnvannet. I Figur 13 er det vist at det i starten av 2016 ble målt over 2 ml O<sub>2</sub>/L, men det er mulig at dette er en målefeil. Bortsett fra denne enkeltmålingen, så har det vært en nedgang i oksygenkonsentrasjonene siden 2013. Siden 2016 til målingene dokumentert i denne rapporten fra september 2017, har det vært anoksiske eller nær anoksiske forhold i bunnvannet i Drammensfjorden.

Øverst i Figur 13 er saltholdigheten under 100 m på stasjon D-2 vist. Før 2010 lå saltholdigheten i bunnvannet mellom 30,4 og 30,8 psu. Fra 2011 har saltholdigheten i bunnvannet vært høyere enn 31,6 psu. Rett innenfor Svelvikstrømmen ble det i september 2017 målt en saltholdighet på 31,63 psu på 100 m dyp.

Denne kraftige økningen i saltholdighet i bunnvannet fra 2009-2011 kan ha sammenheng med utdypning av terskelen i Svelvikstrømmen som ble gjort i 2006. På stasjon Gy01 ved Saltskjær ble det i september 2017 målt en saltholdighet på 30,4 psu på 12,5 m dyp, og en saltholdighet på 31,1 på 17 m. Dette viser at vann som nesten har tilstrekkelig høy saltholdighet til at det kan synke ned å fortrenge dypvannet i indre Drammensfjord, finnes noen meter under terskeldyp utenfor Svelvikstrømmen. Men marginen for at det skal skje dypvannsfornyelser er små i dette fjordsystemet, og data har ikke vært tilgjengelig for å fastslå om det har vært noen dypvannsfornyelse i Drammensfjorden i perioden etter september 2017.

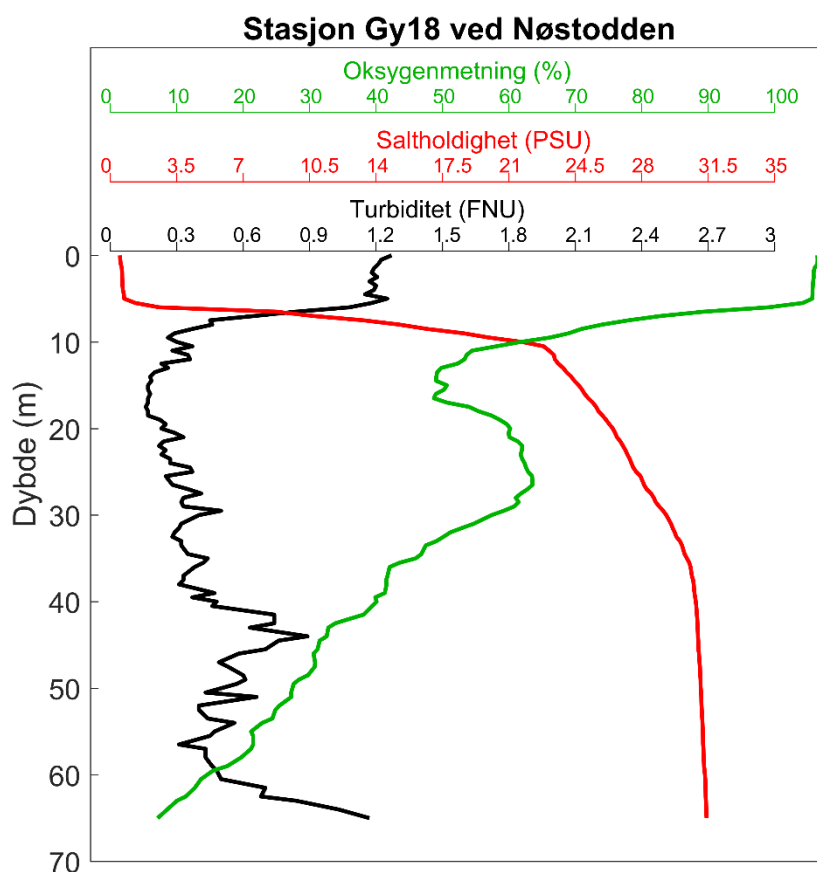


**Figur 13.** Øverst vises saltholdigheten på stasjon D-2 helt sør i indre Drammensfjord under 100 m. Nederst vises oksygenkonsentrasjonen på samme stasjon og dyp.

### 5.3 Forholdene under sprangsjiktet

Figur 9 viser at det rett under ferskvannslaget i innerste del av Drammensfjorden ble det observert et lag med lav oksygenmetning, under 50 % metning. Dette laget befinner seg i dybdeintervallet 10 – 20 m innerst ved elveutløpet. Utover i fjorden blir dette laget tynnere og med noe høyere oksygenmetning. Ved Selvikstranda sør i indre Drammensfjorden ligger laget i 10 – 14 m dyp og oksygenmetningen er omtrent 60 %.

I Figur 14 vises profiler av oksygenmetning sammen med saltholdighet og turbiditet på stasjon Gy18 ved Nøstodden (se Figur 2). Ferskvannslaget som går ned til omtrent 6,4 m på denne stasjonen, har høy oksygenmetning og en turbiditet på 1,2 FNU. Det oksygenfattige laget i ca. 10-20 m dyp kan være forårsaket av at organiske partikler synker ned fra ferskvannslaget, fanges av sprangsjiktet og forbruker oksygen. Det faktum at det oksygenfattige laget blir tynnere utover fjorden, støtter denne forklaringen. På den annen side så har dette laget en svært lav turbiditet på ca. 0,2 FNU, som betyr at dette vannet inneholder lite partikler.



**Figur 14.** Profil av oksygenmetning, saltholdighet og turbiditet på stasjon Gy18 ved Nøstodden.

## 5.4 Anoksisk vann i elveutløpet

Drammenselva har ikke vanndyp dypere enn omtrent 3 m i et område vest for Holmen. Dette grunnområdet hindrer at det trenger saltvann lenger oppover i elveutløpet. Det søndre av elvas to utløp, Strømsløpet, sør for Holmen, er det et dypere området med dybde på 16-17 m. Dette dypere området har en terskel på omtrent 10 m ved Tangen kirke, der elva renner ut i fjorden. Stasjon Gy25 er plassert akkurat i denne dypgropa, og her ble det funnet saltvann under 8 m og anoksisk vann under 13 m (se Figur 27 i Vedlegg A).

Når det er dypvannsfornyelse i dette lille bassenget, så vil det sannsynligvis fornyes med vann som har relativt lav oksygenmetning som befinner seg rett under ferskvannslaget utenfor elveutløpet. Dette gjør at vannet i denne dypere gropa i elva, ikke må ligge stagnant så lenge før det utvikles anoksiske forhold.

## 6 Videre arbeid

Arbeidet som er presentert i denne rapporten hadde som mål å kartlegge saltholdigheten og oksygenforholdene i Drammensfjorden og Sandebukta mens det foregikk tråling etter laksefisk. I forbindelse med dette arbeidet har det blitt gjort en del interessante funn, som har knyttet en del ubesvarte spørsmål til seg:

1. Utbredelsen av anoksisk bunnvann har blitt dokumentert, men det er uklart hvorvidt denne tilstanden vil vedvare eller om det vil komme en dypvannsfornyelse som vil bringe inn oksygenrikt vann. Denne utviklingen kan følges i overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord, hvor det gjøres regelmessige målinger på stasjonene D-2 og D-3.
2. Det ble funnet et lag rett under ferskvannslaget hvor oksygenmetningen var lav og også partikkelkonsentrasjonen var svært lav. Det gis ingen fullstendig forklaring på hvorfor dette er tilfelle i denne rapporten. Dette laget kan muligens påvirke oppførselen til enkelte fiskearter, som muligens vil unngå denne vannmassen, og det kan derfor være nyttig å forstå dette bedre.
3. Det ble funnet anoksisk vann langs bunn i Drammenselvas søndre utløp, Strømsløpet. Siden dette anoksiske miljøet befinner seg nær overflatelaget, kan dette være noe som bør overvåkes.

## Referanser

Artsdatabanken (2012) Faktaark Gyrodactylus salaris, Artsdatabanken faktaark ISSN 1504-9140 nr. 217, 3 sider.

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

Mo, T.A., Museth, J., Bremset, G. & Finstad, B. 2018. Har laksunger opphold i Drammensfjorden og i områder utenfor elvemunningene? NINA Rapport 1450. Norsk institutt for naturforskning. 30 sider.

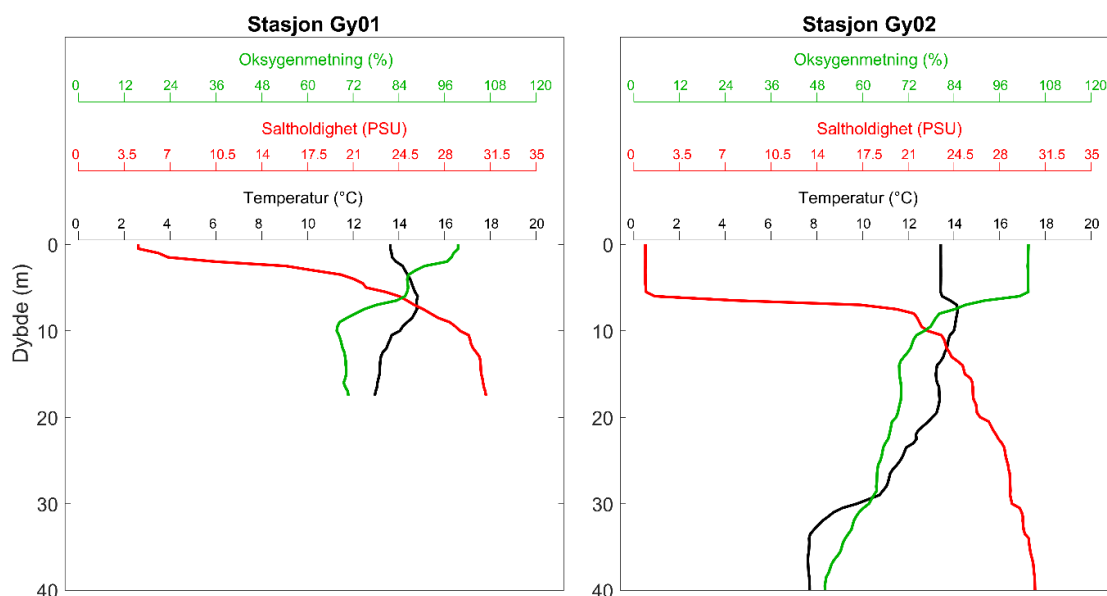
Solheim, W. S. & Bjørnstad, A. B. (2015) Risiko for spredning av Gyrodactylus salaris i Oslofjorden, Vestfold fylkeskommune, 12. januar 2015, 33 sider.

Soleng, A. & Bakke T. A. (1997) Salinity tolerance of Gyrodactylus salaris (Platyhelminthes, Monogenea): laboratory studies, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54, 1837-1845.

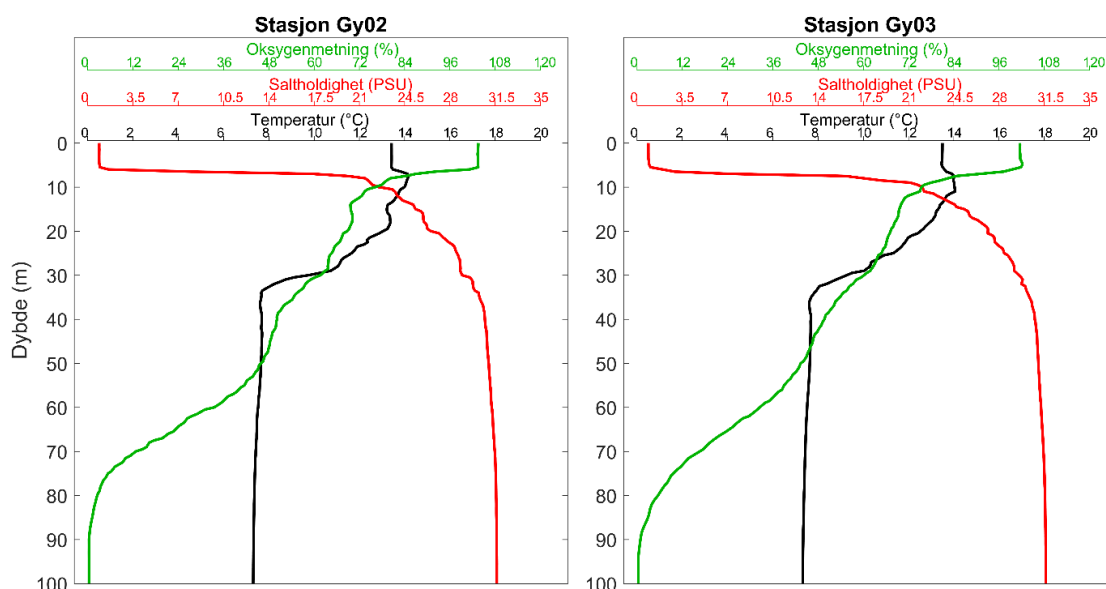
## Vedlegg A. CTD måling for hver stasjon

Figur 15 til Figur 28 viser resultatene med profilerende måling av oksygenmetning, saltholdighet og temperatur for stasjonen Gy01 til Gy26 (Tabell 1).

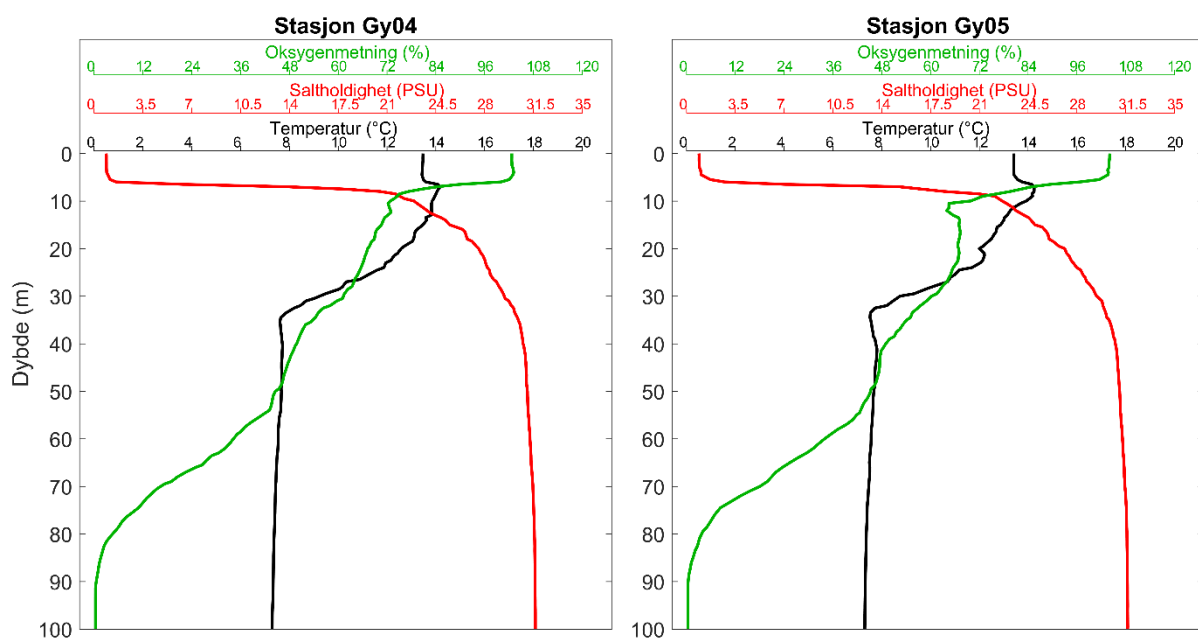
Figur 29 til Figur 38 viser resultatene med profilerende måling av klorofyll-a fluorescens, saltholdighet og temperatur for stasjoner målt fra tråleren Luna (Tabell 2).



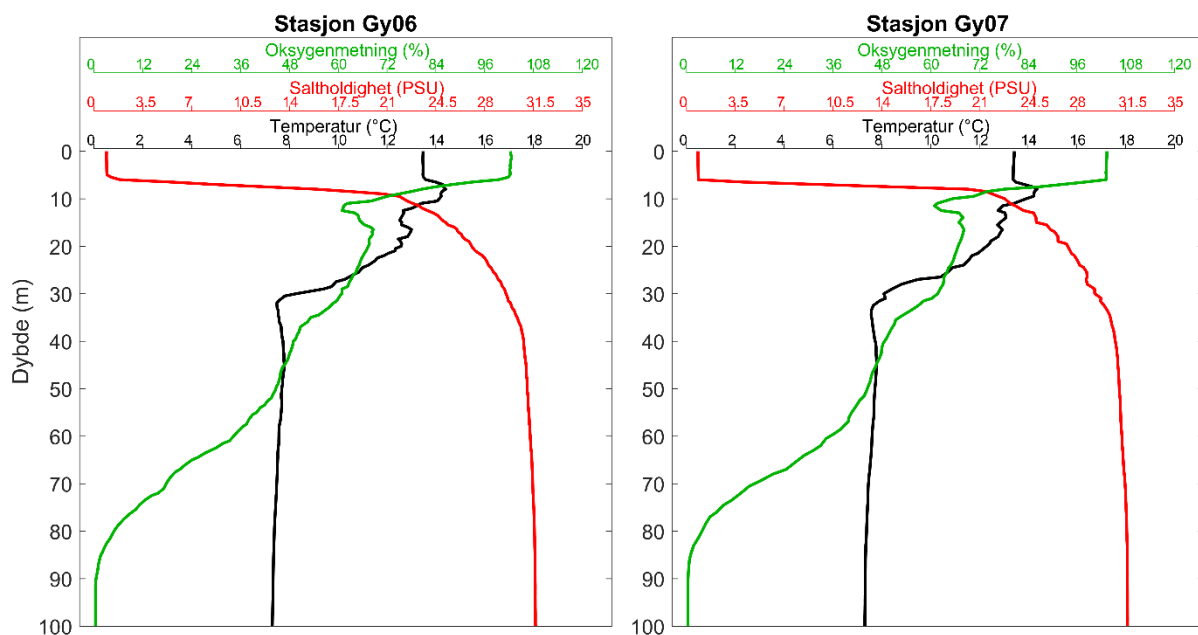
**Figur 15.** Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy01 ved Saltskjær og Gy02 innenfor Svelvikterskelen.



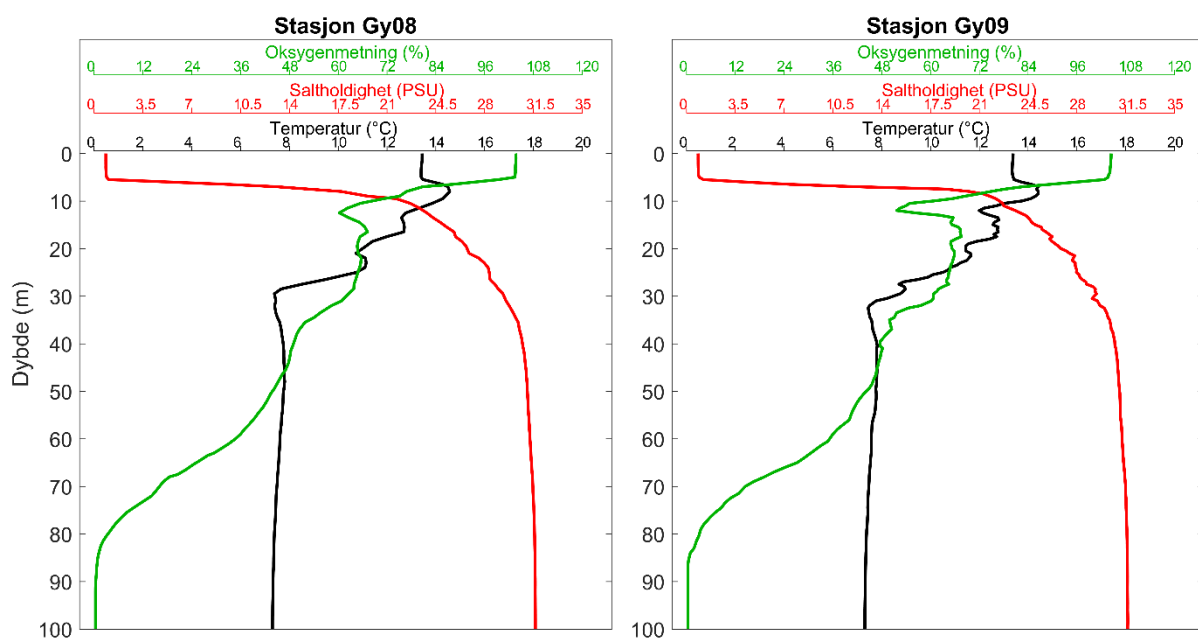
**Figur 16.** Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy02 innenfor Svelvikterskelen og Gy03 i Dramstadbukta.



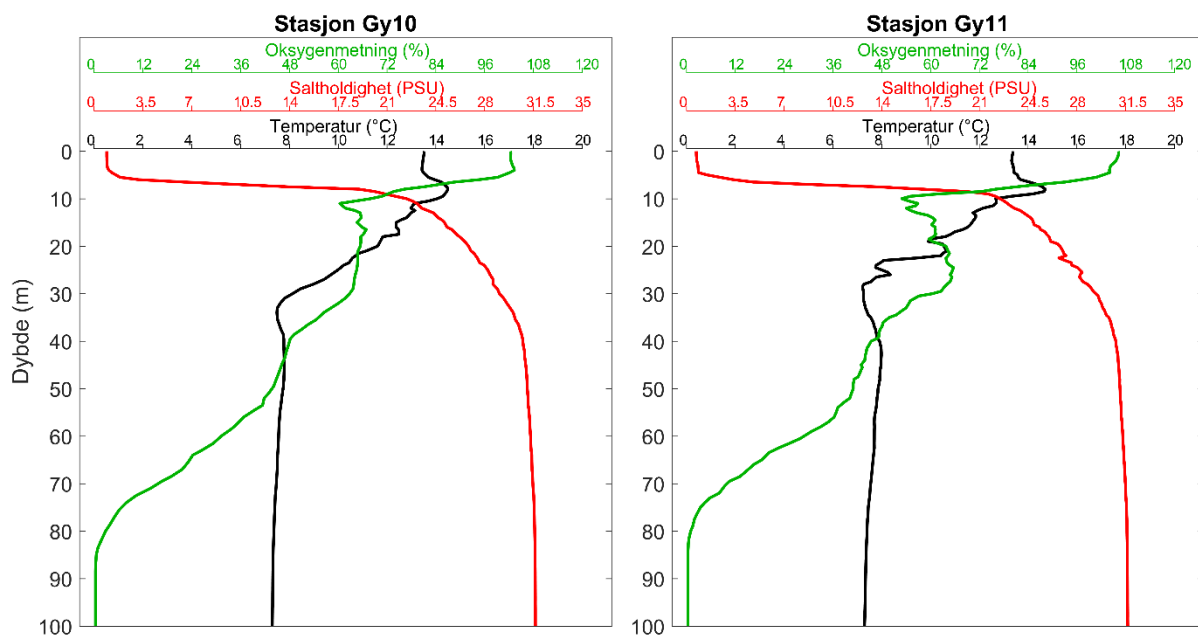
Figur 17. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy04 (nær stasjon D-2) og Gy05 innenfor Selvikstranda.



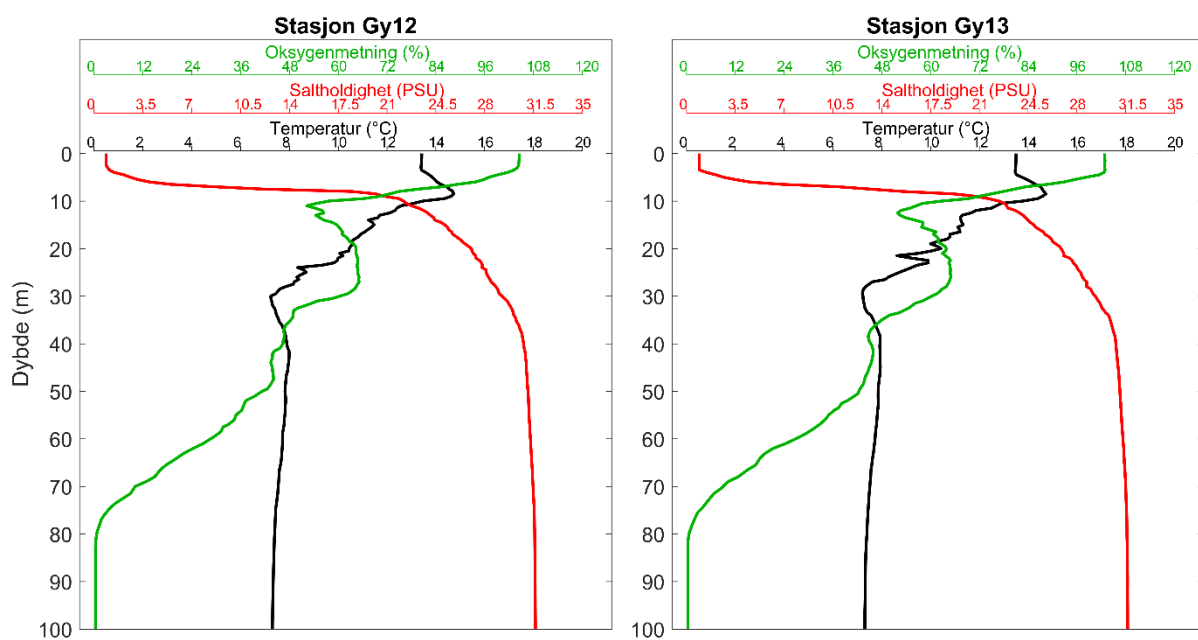
Figur 18. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy06 og Gy07 på tvers av fjorden ved Selvikstranda.



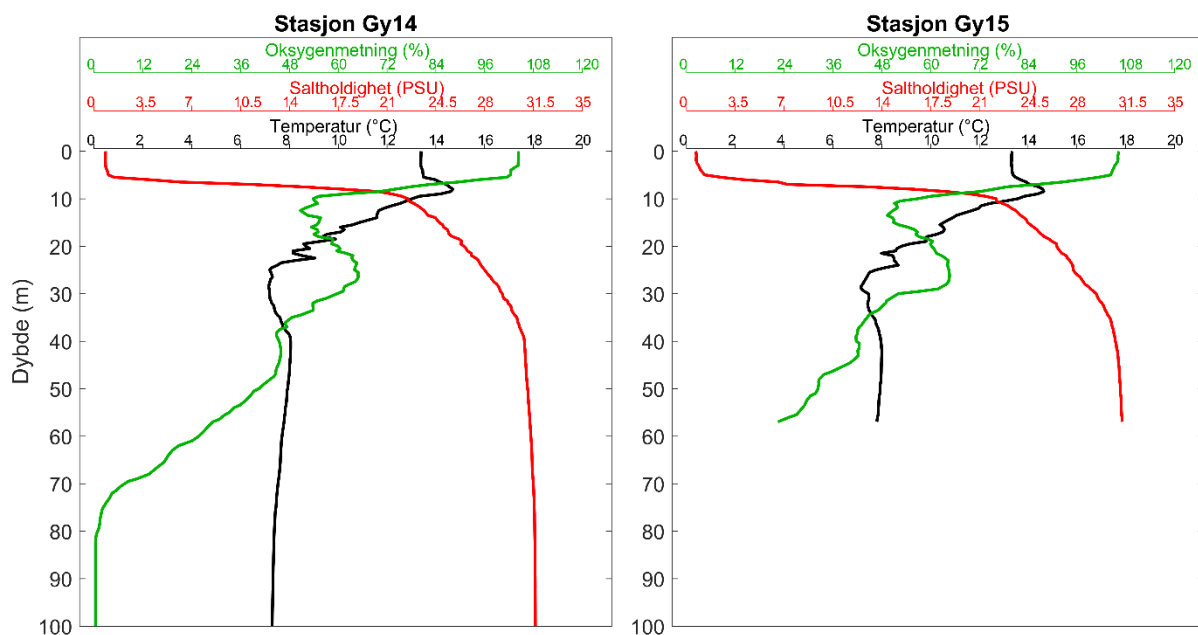
Figur 19. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy08 ved Sagbukta og Gy09 midt i fjorden mellom Sagbukta og Grimsrubbukta.



Figur 20. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy10 i Grimsrubbukta og Gy11 utenfor «Skjæret».

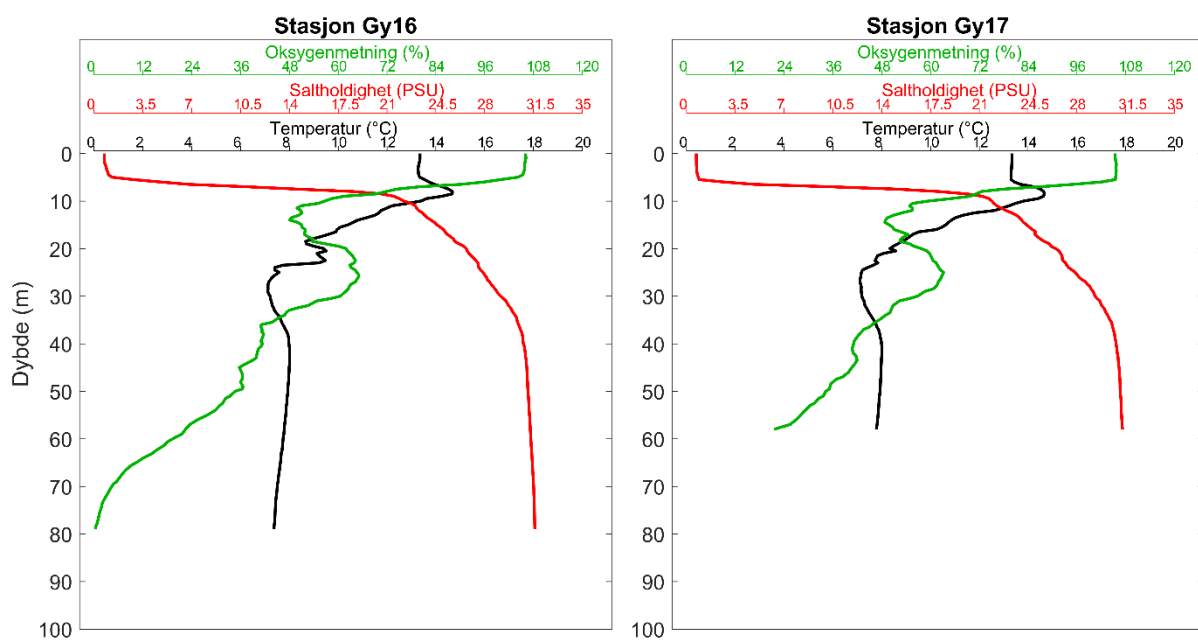


Figur 21. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy12 midt i fjorden utenfor Hyggenvika og stasjon Gy13 i Hyggenvika.

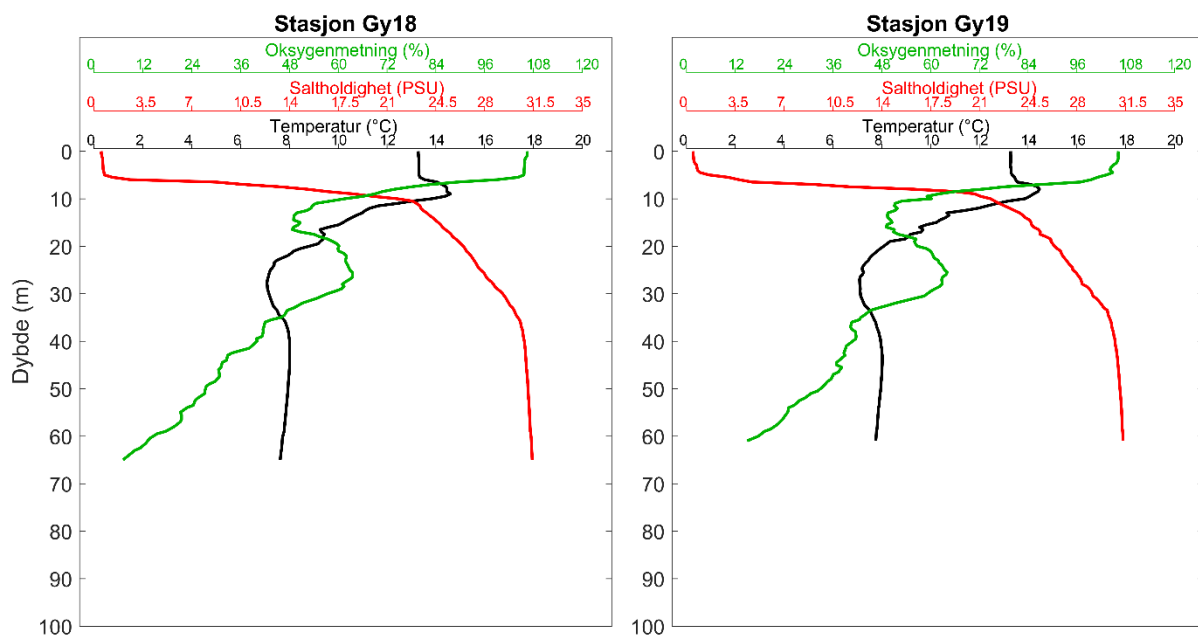


Figur 22. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy14 midt i fjorden utenfor Norgips og stasjon Gy15 i Lahellbukta.

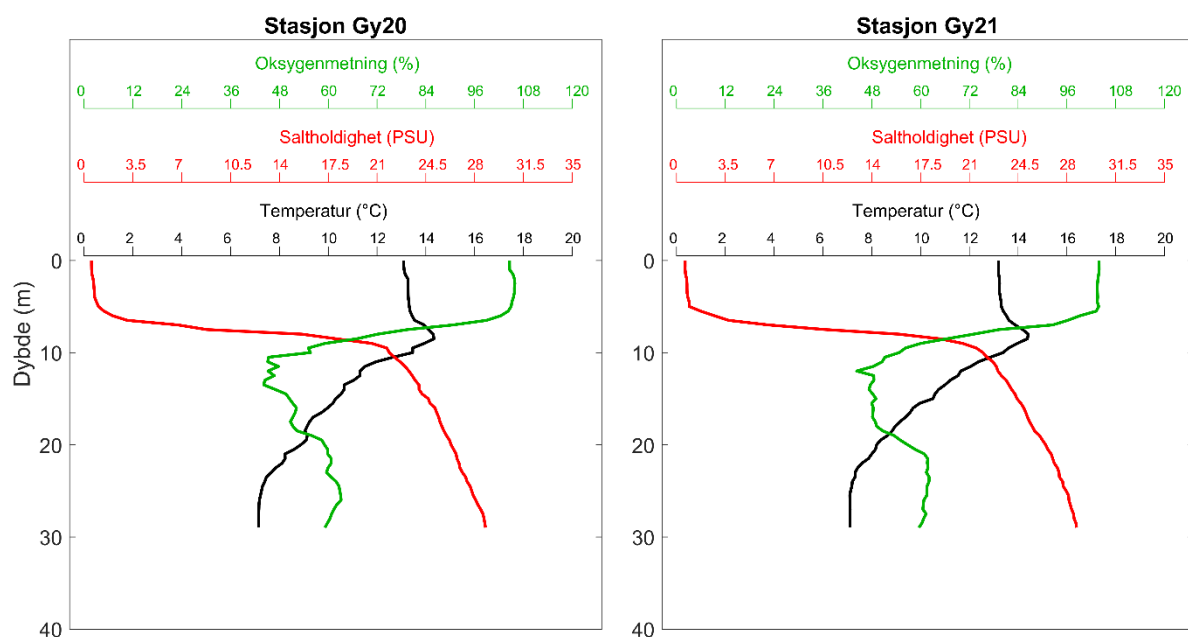




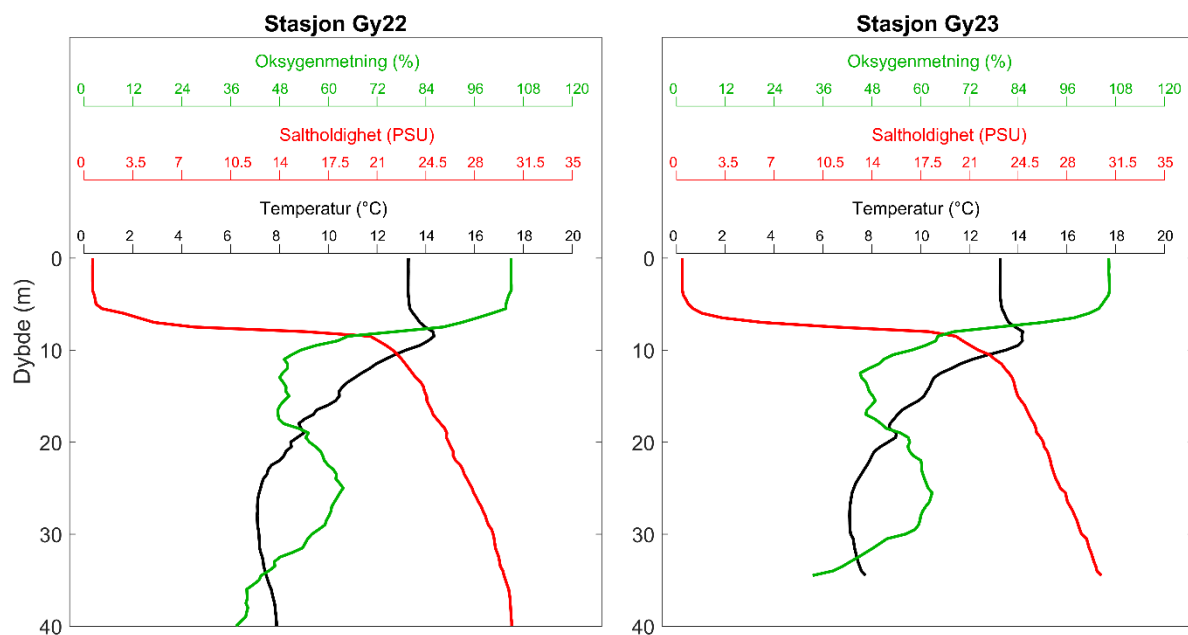
Figur 23. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy16 midt i fjorden utenfor Lahellbukta og stasjon Gy17 rett utenfor Solumstrand.



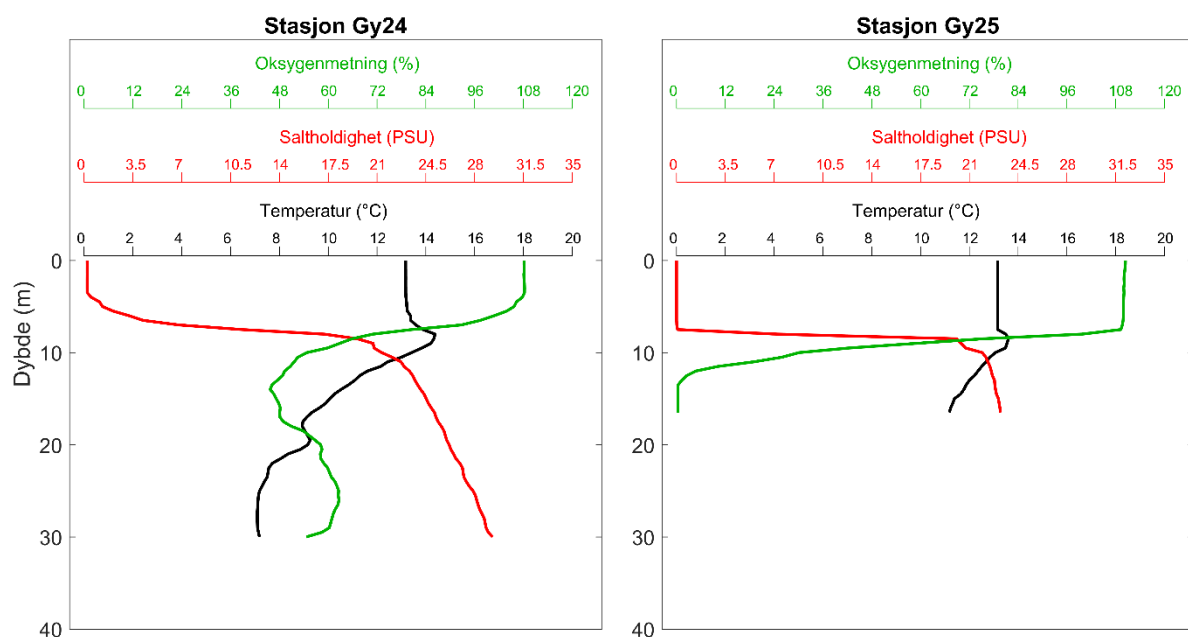
Figur 24. Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy18 ved Nøstodden og stasjon Gy19 midt i fjorden mellom Nøstodden og Gullagbukta.



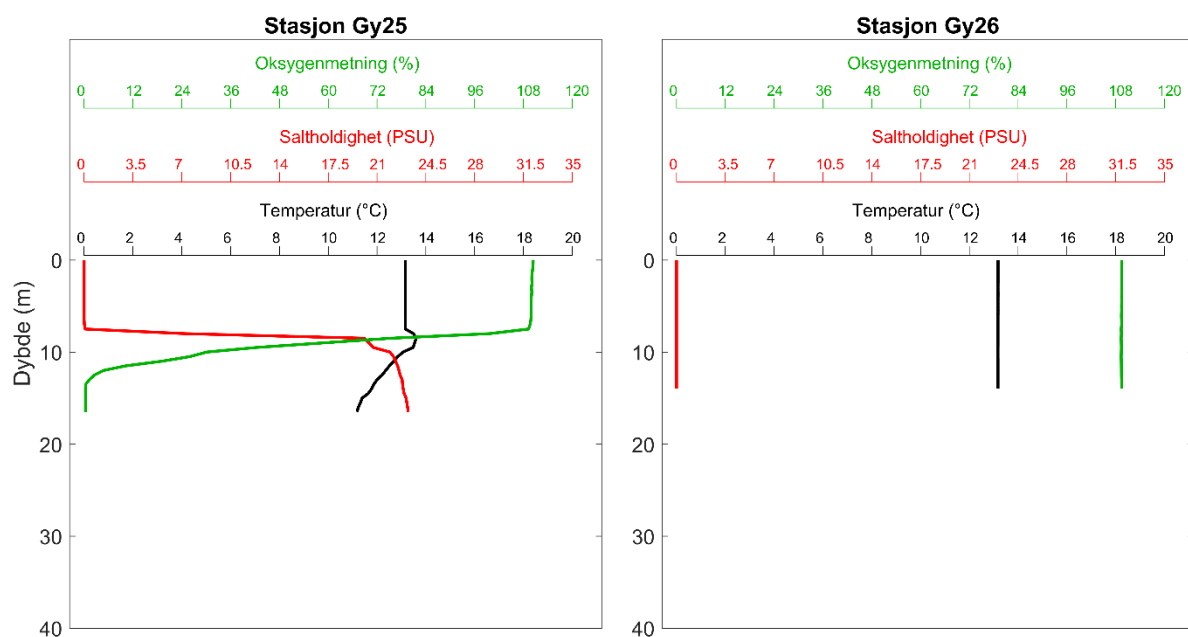
**Figur 25.** Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy20 i Gullagbukta der Lierelva renner ut og stasjon Gy21 utenfor Gilhusbukta.



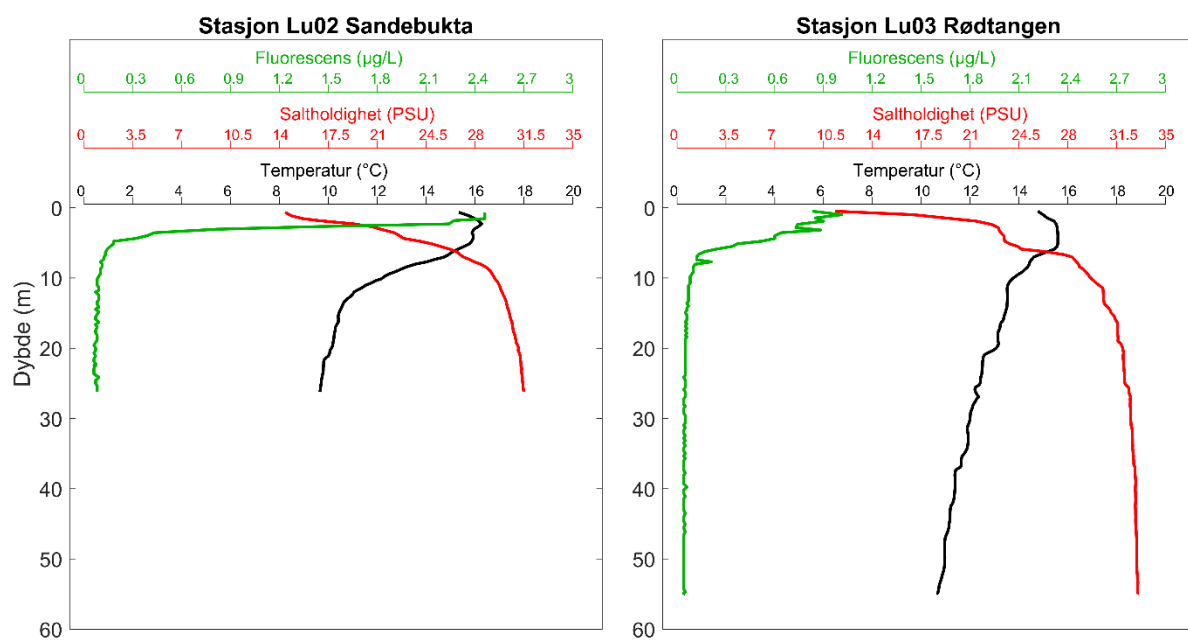
**Figur 26.** Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy22 utenfor Drammenselvas nordre utløp og stasjon Gy23 utenfor Drammenselvas søndre utløp.



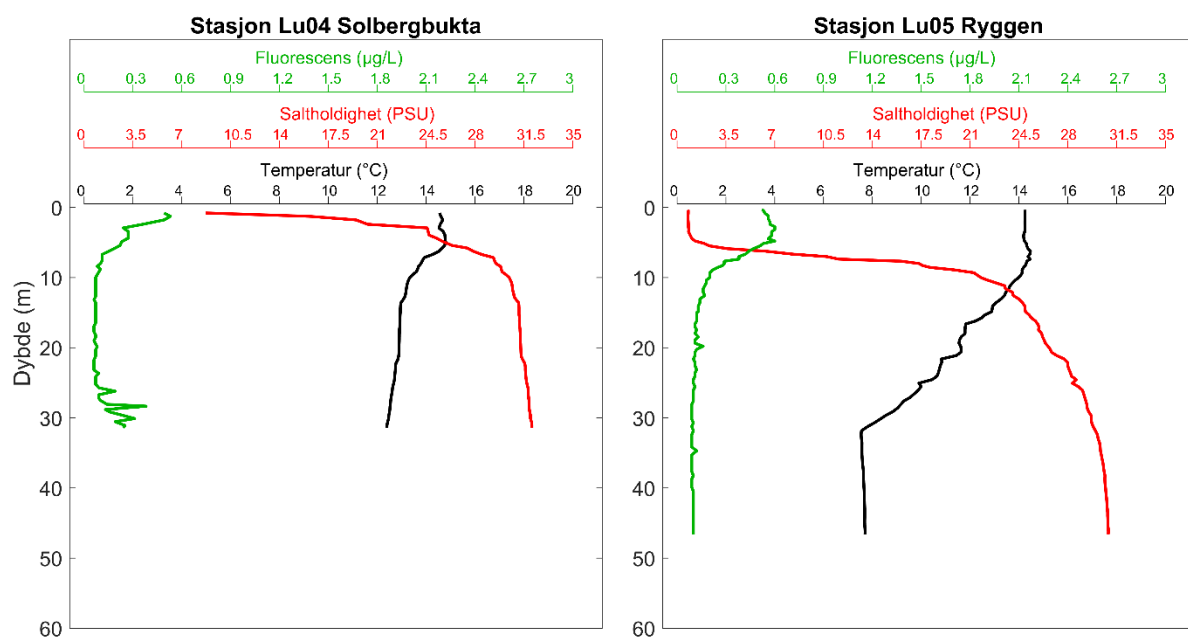
**Figur 27.** Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy24 ved Tangenbanken utenfor Drammenselvas søndre utløp og stasjon Gy25 i Strømsløpet rett sør for Holmen (i elvas søndre løp).



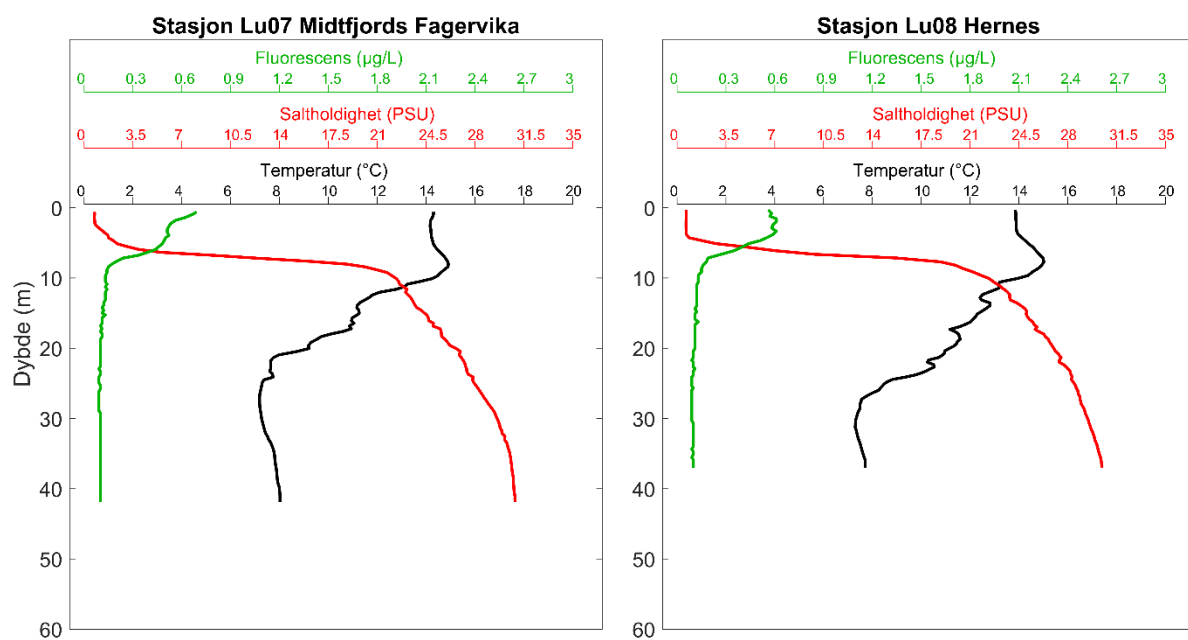
**Figur 28.** Måleresultater 25. september 2017 fra stasjon Gy25 i Strømsløpet og stasjon Gy26 i Drammenelva utenfor Union Scene.



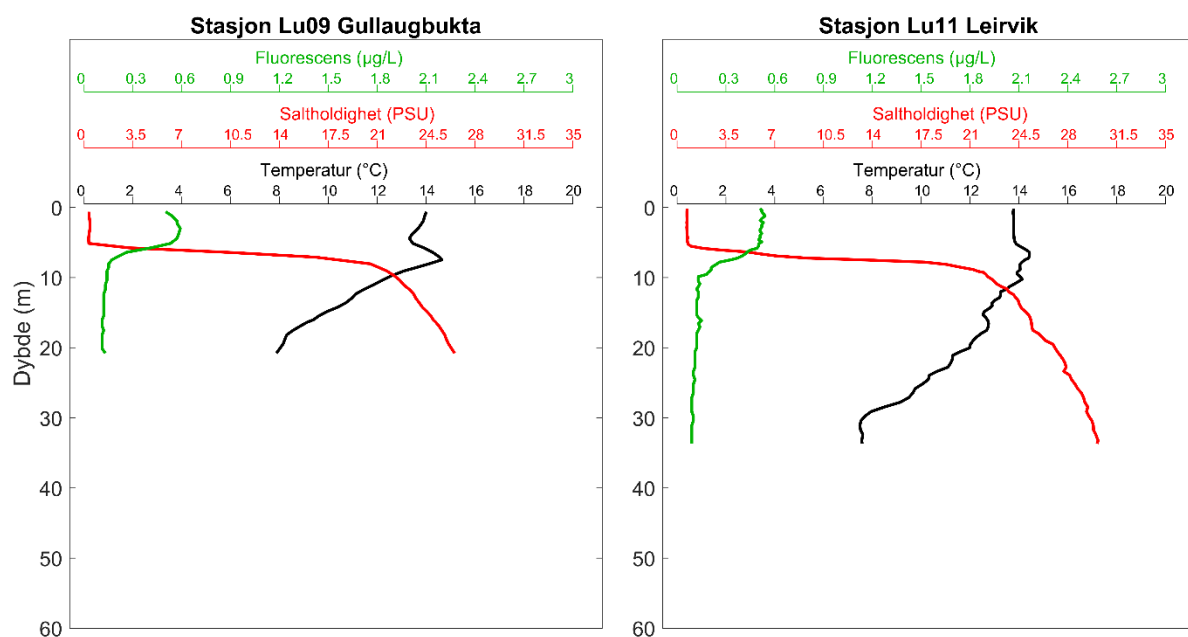
**Figur 29.** Måleresultater fra stasjon Lu02 18. september 2017 12:50 (til venstre) og fra stasjon Lu03 18. september 2017 14:20 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



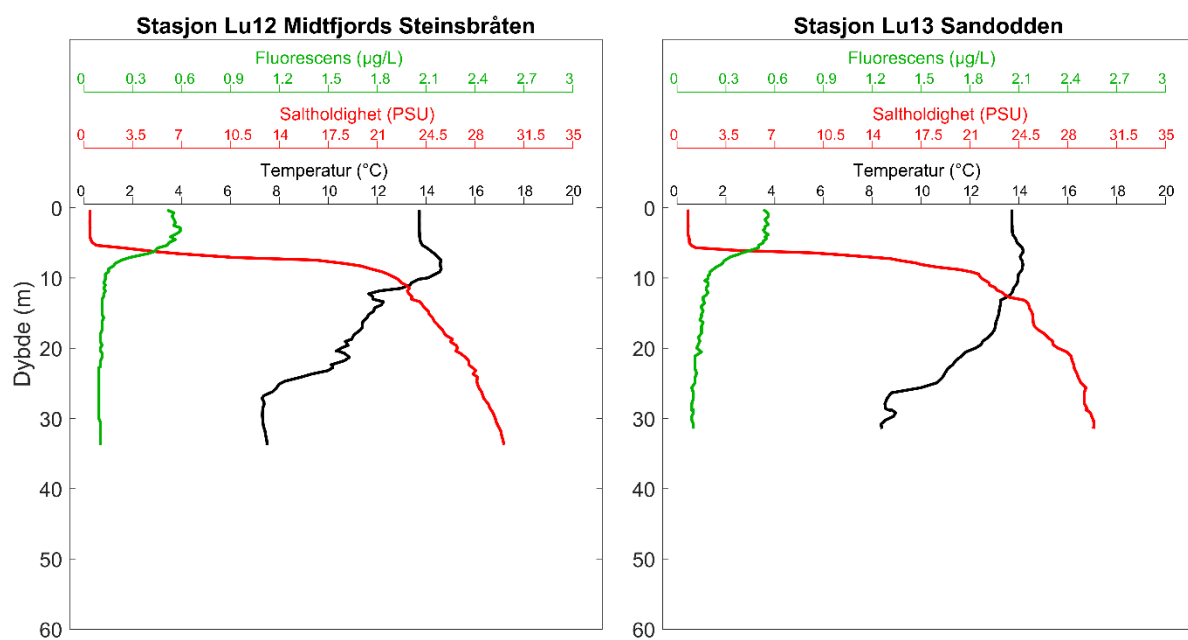
**Figur 30.** Måleresultater fra stasjon Lu04 18. september 2017 17:40 (til venstre) og fra stasjon Lu05 19. september 2017 10:19 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



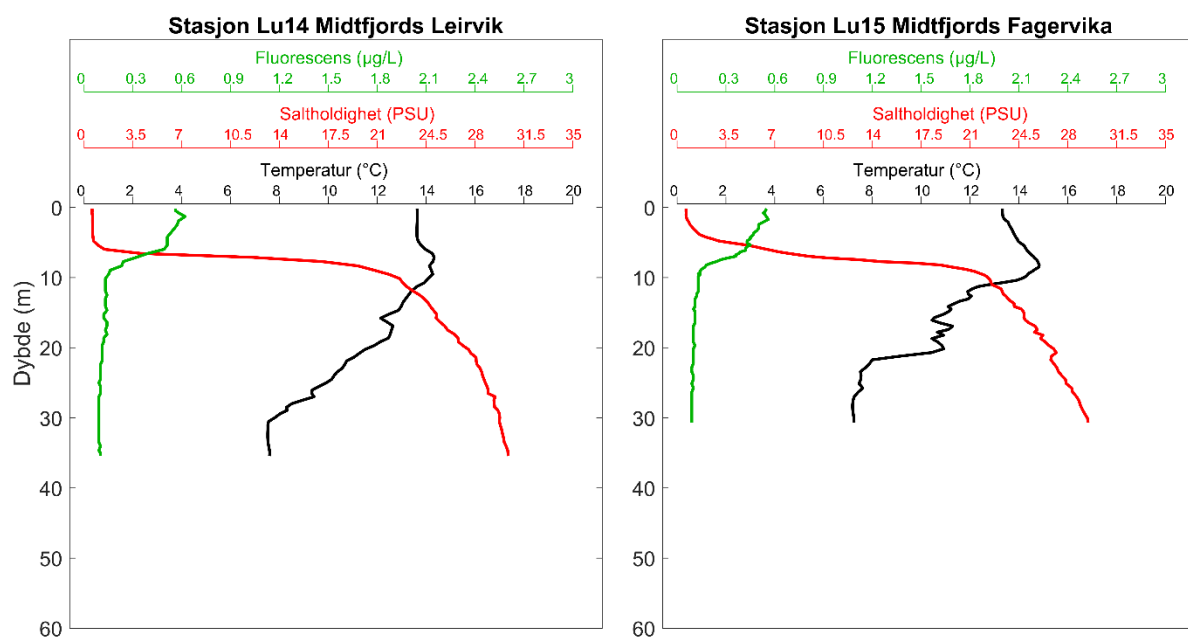
**Figur 31.** Måleresultater fra stasjon Lu07 19. september 2017 14:05 (til venstre) og fra stasjon Lu08 20. september 2017 10:05 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



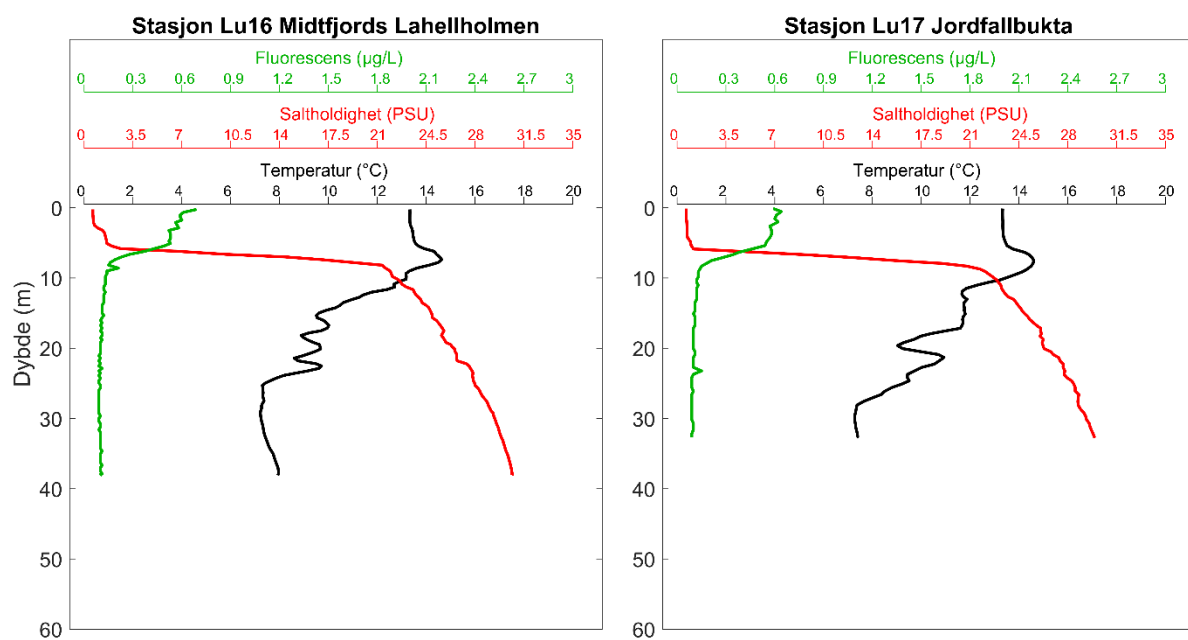
**Figur 32.** Måleresultater fra stasjon Lu09 20. september 2017 13:40 (til venstre) og fra stasjon Lu11 21. september 2017 10:30 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



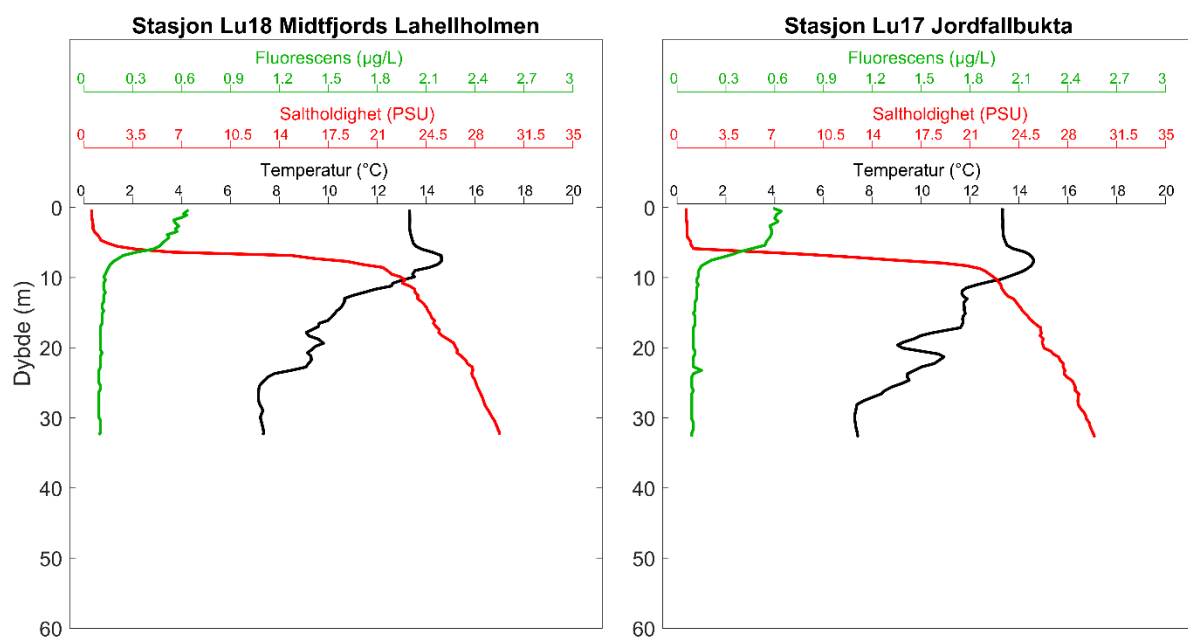
**Figur 33.** Måleresultater fra stasjon Lu12 21. september 2017 13:12 (til venstre) og fra stasjon Lu13 22. september 2017 10:05 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



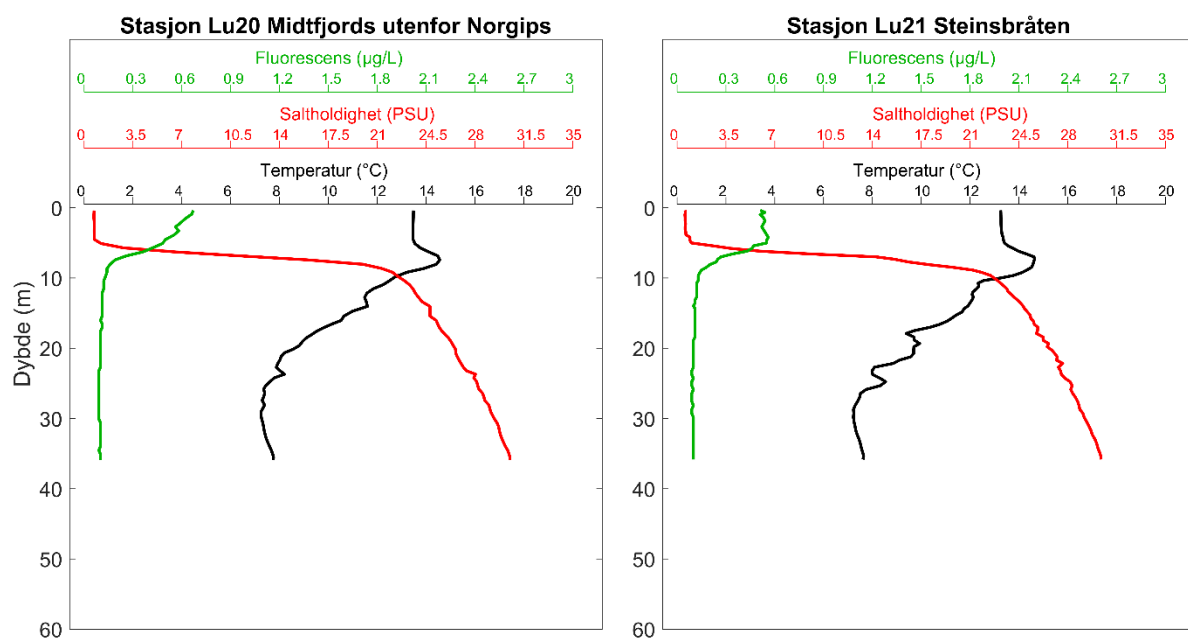
**Figur 34.** Måleresultater fra stasjon Lu14 22. september 2017 13:58 (til venstre) og fra stasjon Lu15 23. september 2017 10:00 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



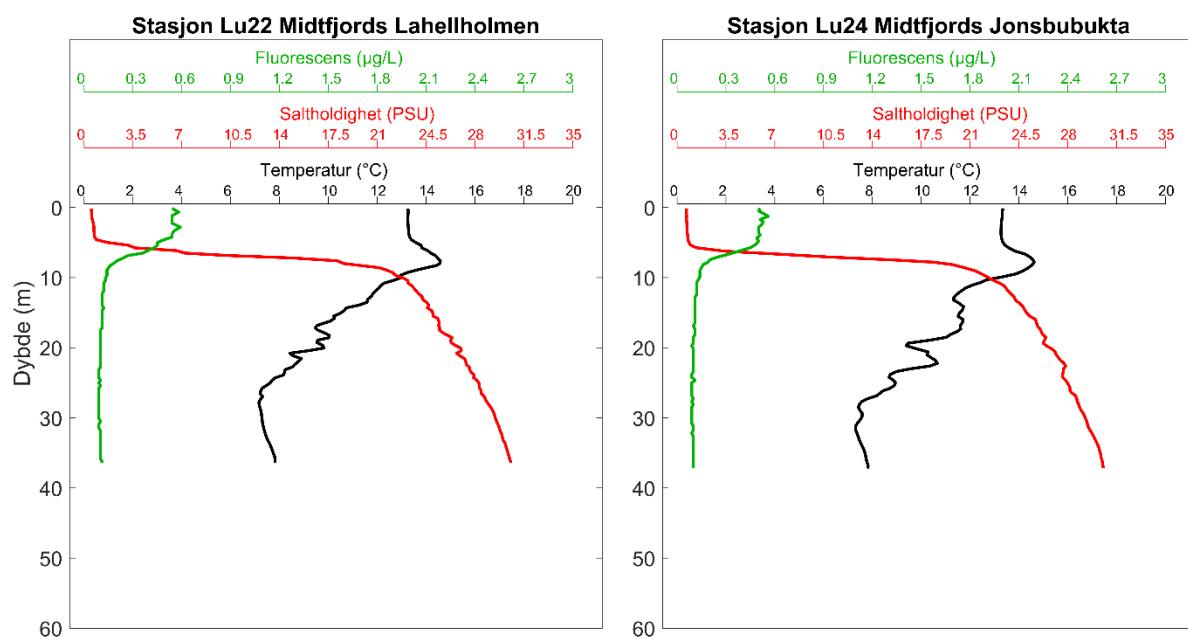
**Figur 35.** Måleresultater fra stasjon Lu16 23. september 2017 14:30 (til venstre) og fra stasjon Lu17 24. september 2017 09:30 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



**Figur 36.** Måleresultater fra stasjon Lu18 24. september 2017 14:31 (til venstre) og fra stasjon Lu19 25. september 2017 09:00 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.



**Figur 37.** Måleresultater fra stasjon Lu20 25. september 2017 14:48 (til venstre) og fra stasjon Lu21 26. september 2017 07:00 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.

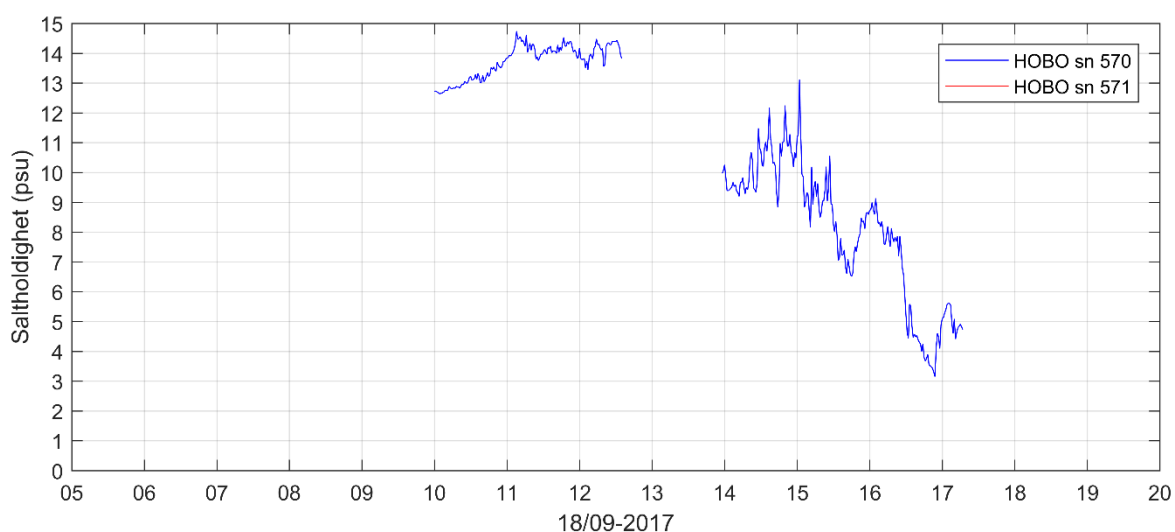


**Figur 38.** Måleresultater fra stasjon Lu22 26. september 2017 11:30 (til venstre) og fra stasjon Lu24 27. september 2017 12:00 (til høyre). Grønn kurve viser klorofyll-a fluorescens.

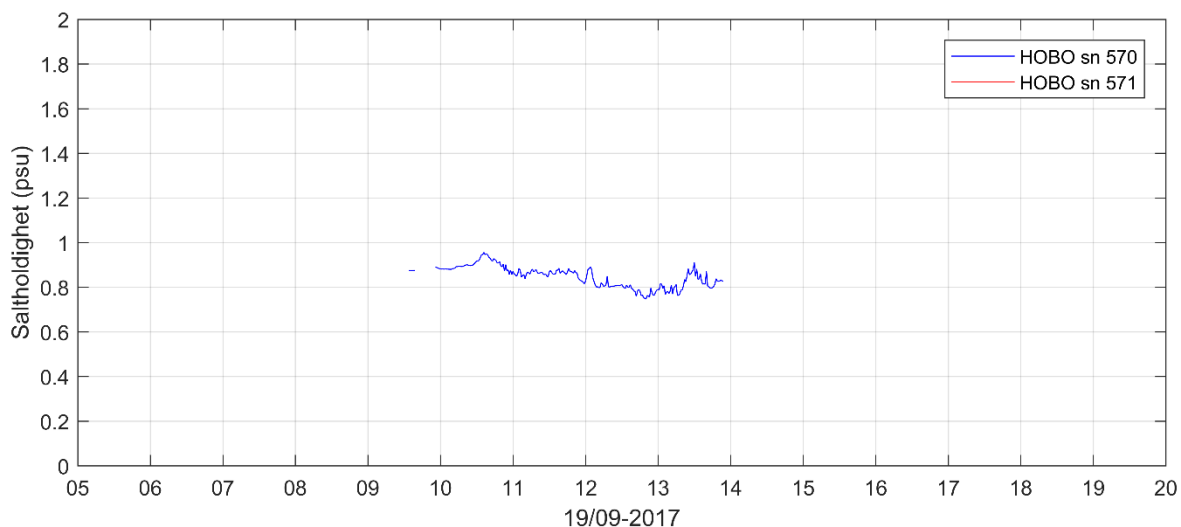


## Vedlegg B. Saltholdighet under tråling

Figur 39 til Figur 48 viser målt saltholdighet i trålen til tråleren Luna. For å oppnå høyest mulig tidsoppløsning samtidig som en ikke ville gå tom for batteri, ble det benyttet to loggere av typen HOBO. Den ene ble startet to dager før den andre, og denne hadde gått tom for batteri 27. september. Den andre hadde dermed nok batteri for hele tråleperioden, siden denne ble programmert til å starte to dager seinere.



**Figur 39.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 40.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 41.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



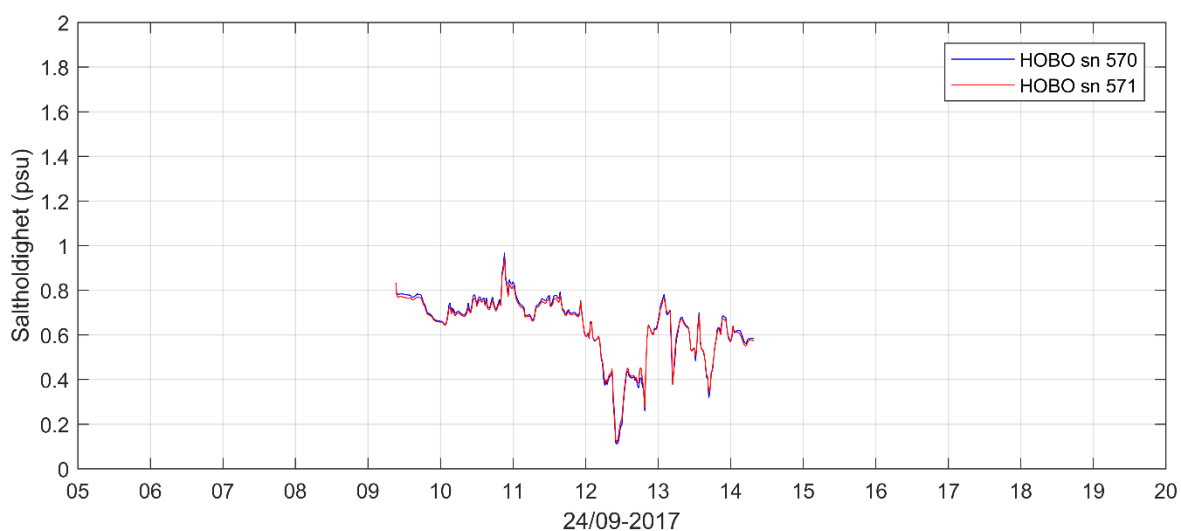
**Figur 42.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 43.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 44.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



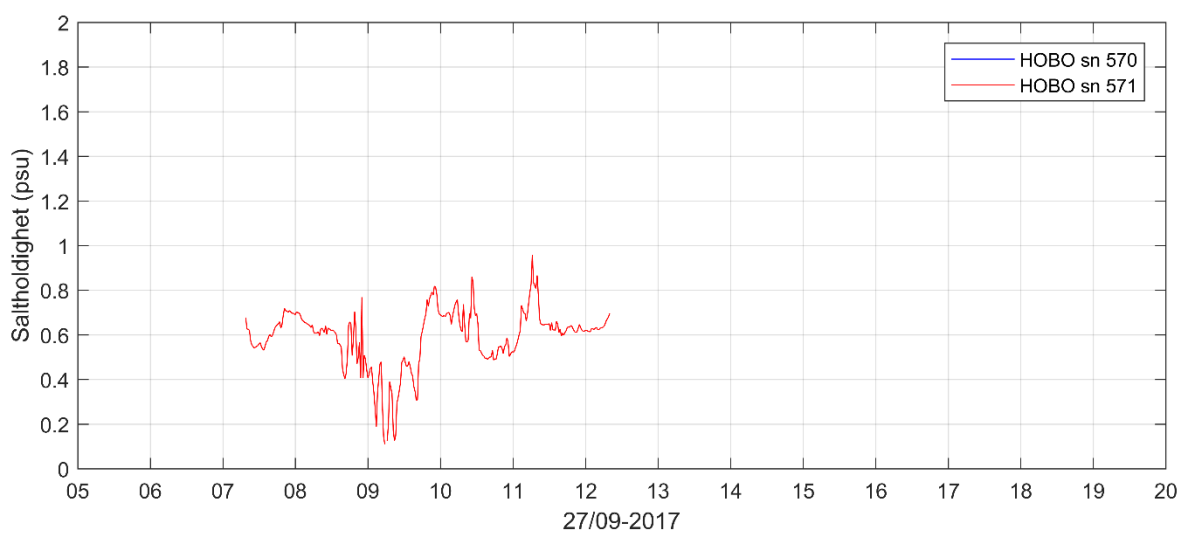
**Figur 45.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 46.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 47.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.



**Figur 48.** Saltholdighet målt av loggere som var plassert i trålen til tråleren Luna.

## 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)