

Grunnlagsundersøkelse Vannkvalitet 2023 - 2024

MINERALS FOR A SUSTAINABLE FUTURE

SAFETY | ENVIRONMENT | INNOVATION

Report Prepared by



Owner: Karoline Høyvik	Approved by: Ylva Wård	
Version: 1.0	Submitted Date: 08.10.2024	Approved Date: 20.11.2024



GRUNNLAGSUNDERSØKELSE FØRDEFJORDEN 2024

Vannkvalitet

Engebø Rutile & Garnet AS

Rapportnr.: 2024-2119, Rev. 0

Dokumentnr.: 2382634

Dato: 2024-10-08





Prosjektnavn: Grunnlagsundersøkelse Førdefjorden 2024
Rapporttittel: Vannkvalitet
Oppdragsgiver: Engebø Rutile & Garnet AS, Førde
Norway
Kontaktperson: Ylva Wård
Dato: 2024-10-08
Prosjektnr.: 10506429
Org. enhet: Environmental Risk Mgt Nordics 945 748 931
Rapportnr.: 2024-2119, Rev. 0
Dokumentnr.: 2382634
Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Utført av:

Jensen, Tor

Digitally signed by Jensen, Tor
Date: 2024.11.18 19:12:12
+01'00'

Tor Jensen
Vice President - Head of Section

Verifisert av:

Møskeland, Thomas

Digitally signed by Møskeland, Thomas
Date: 2024.11.18 20:42:58
+01'00'

Thomas Møskeland
Principal Consultant

Godkjent av:

Hauso, Marianne

Digitally signed by Hauso, Marianne
Date: 2024.11.19 06:55:00
+01'00'

Marianne Hauso
Service Area Manager

Internt i DNV er informasjonen i dette dokumentet klassifisert som:

	Kan dokumentet bli distribuert internt i DNV etter en gitt dato?	
	Nei	Ja
<input checked="" type="checkbox"/> Open	--	--
<input type="checkbox"/> DNV Restricted	--	--
<input type="checkbox"/> DNV Confidential	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> DNV Secret	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nøkkelord

Vannkvalitet, turbiditet, bakgrunnsnivå, Førdefjorden

Rev. no.	Date	Reason for issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	2024 – 11-17	Første utgave	Tor Jensen	Thomas Møskeland	Marianne Hauso

Copyright © DNV 0001. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

UAVHENGIGHET, UPARTISKHET OG BEGRENSNINGER I RÅDGIVNINGENS UTSTREKNING

Dette dokumentet inneholder innhold levert av DNV. Vær oppmerksom på følgende:

Etiske uavhengighetstiltak

For å opprettholde den nødvendige integritet og upartiskhet som er essensielt for våre tredjepartsroller knyttet til samsvarsvurderinger, utfører DNV innledende interessekonfliktvurderinger før vi påtar oss engasjement i tilknytning til rådgivningstjenester.

Rolleprioritet

Denne rapporten er utarbeidet av DNV i sin rådgivende kapasitet, etter at vi har gjort interessekonfliktvurderinger. Innholdet i rapporten er adskilt fra DNVs ulike roller som uavhengig leverandør av tredjeparts tjenester knyttet til samsvarsvurdering. Hvor overlapp eksisterer mellom disse to typene av tjenester, vil tredjeparts tjenester knyttet til samsvarsvurdering utført av DNV være uavhengige av rådgivning som er gitt på vegne av DNV og de vil ha forrang over de rådgivende tjenestene som ytes.

Fremtidige tredjeparts tjenester knyttet til samsvarsvurdering

Innholdet i dette dokumentet vil ikke forplikte eller påvirke DNVs uavhengige og upartiske dømmekraft eller utfallet i eventuelle fremtidige tredjeparts tjenester knyttet til samsvarsvurdering som utføres av DNV hvor det kan være en viss tilknytning og sammenheng mellom rådgivingen som er gjort og den fremtidige tredjeparts tjenesten knyttet til samsvarsvurdering som skal ytes.

Gjennomgang av overholdelse

DNVs overholdelse av etiske regler og bransjestandarder når det gjelder skille av DNVs ulike roller og tjenester er underlagt periodiske eksterne gjennomganger.

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	1
2	INTRODUKSJON	2
2.1	Bakgrunn	2
2.2	Om fjorden	2
2.3	Formål	3
3	MATERIALE OG METODER	4
4	RESULTATER	7
4.1	Turbiditet	7
4.2	Oksygen	13
4.3	Salinitet og temperatur	17
5	VURDERING AV RESULTATENE	21
6	REFERANSER	22
Appendix A	Vannkvalitetsmålinger	

1 SAMMENDRAG

Det er gjennomført målinger av ulike vannkvalitetsparametere i Førdefjorden fra august 2023 til august 2024. Dette har inkludert profilerende målinger av salinitet, temperatur, oksygeninnhold og turbiditet. Totalt inkluderer målingene data fra 17 stasjoner, og det er samlet inn over 35 000 målinger.

Målingene viser at det er liten forskjell i vannmassene i ytre Førdefjord når det gjelder oksygeninnhold, salinitet, temperatur og turbiditet. Men i perioder med mye nedbør vil det være forskjeller i de grunnere deler av fjorden (ustabile vannmasser). Redalsvika har en grunn terskel noe som fører til færre vannutskiftninger av dypvannet, og som resulterer i lave oksygen verdier.

Undersøkelsen har vist:

- Det er samlet inn et stort datamateriale i forhold til vannkvalitet og som vil danne en god basis for videre overvåking
- Turbiditeten er generelt lavt i fjorden (gjennomsnittlig rundt 0,2 FTU), men enkeltmålinger er blitt observert opp imot 6 FTU. Bakgrunnsnivået for perioden det har blitt målt er satt til 0,4 FTU
- Oksygeninnholdet i dypvannet er karakterisert som «svært god» eller «god»

2 Introduksjon

2.1 Bakgrunn

Gruveselskapet Engebø Rutile & Garnet (datterselskap av Nordic Mining AS) har i forbindelse med utbygging av Engebøfjellet en tillatelse etter forurensningsloven til gruvevirksomhet i Engebøfjellet (Tillatelsesnummer 2016.0721.T), hvor det er gitt krav om overvåking, både på land og i sjøen. I henhold til tillatelsen skal bedriften gjennomføre en *overvåking av effekter av utslippene i henhold til et overvåkingsprogram*. Det er utarbeidet et program basert på kravene gitt av Miljødirektoratet. Oppstart er planlagt høsten 2024, og innsamling av bakgrunnsdata startet opp i 2023.

Denne rapporten presenterer resultatene fra grunnlagsundersøkelser gjennomført i 2023 og 2024 og omhandler vannkvalitet (temperatur, saltholdighet, oksygen og turbiditet).

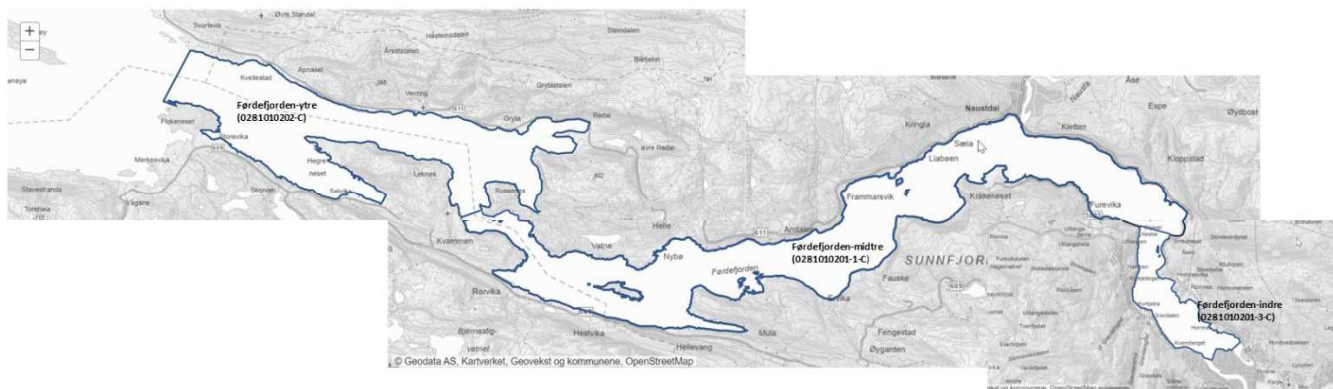
2.2 Om fjorden

Førdefjorden ligger i vannregion Vestland og består av tre vannforekomster, se Figur 2-1

Førdefjorden-indre (vannforekomst ID: 0281010201-3-C) med et areal på 2,2 km² og definert som «ferskvannspåvirket beskyttet fjord». Ifølge vann-nett er det ikke realistisk å oppnå god økologisk tilstand.

Førdefjorden-midtre (vannforekomst ID: 0281010201-1-C) med et areal på 32,8 km² og definert som «ferskvannspåvirket beskyttet fjord». Ifølge vann-nett er det nødvendig å gjennomføre enkelte tiltak for å oppnå god økologisk tilstand.

Førdefjorden-ytre (vannforekomst ID: 0281010202-C) med et areal på 30,6 km² og definert som «ferskvannspåvirket beskyttet fjord». Ifølge Vann-nett er «både økologisk og kjemiske miljøtilstanden definert som god, men at en forventer forringelse av miljøtilstanden grunnet økte påvirkninger eller økt effekt av disse relatert til igangsetting av gruvedrift». Deponiområdet ligger i denne vannforekomsten. Se ytterligere informasjon i Tabell 2-1.



Figur 2-1 Oversikt over vannforekomstene i Førdefjorden (indre – midtre og ytre)

Tabell 2-1 Oversikt over vannforekomsten, Førdefjorden ytre. (Informasjon hentet fra Vann-Nett)

Navn	Førdefjorden-ytre
VannforekomstID	0281010202-C
Vannkategori	Kystvann
Vanntypekode	CM4413222
Nasjonal vanntype	M4
Økoregion	Nordsjøen Nord
Vanntypenavn	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord
Saltholdighet	Polyhalin* (18 – 30 PSU)
Tidevann	Middels (1-5 m)
Bølgeeksponering	Beskyttet

*) «temmelig salt brakkvann»

2.3 Formål

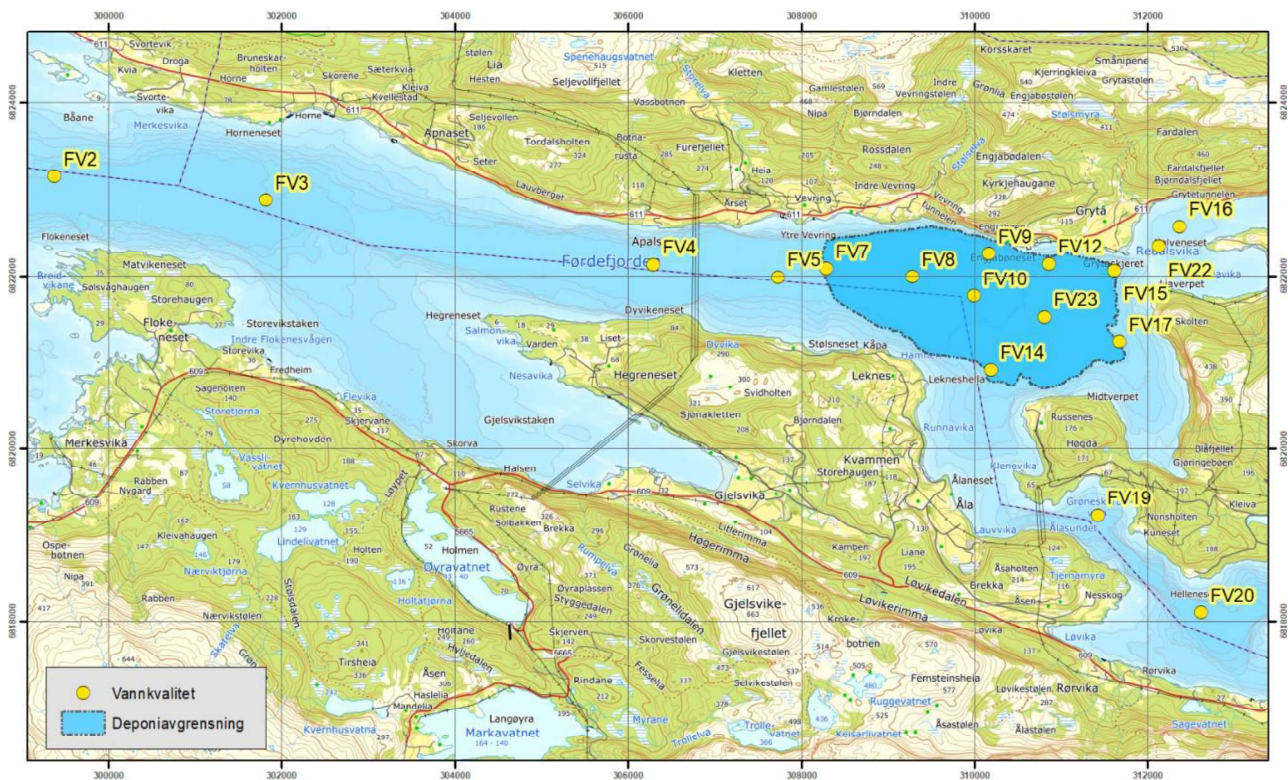
Vannkvalitet og oseanografi er de fysiske og kjemiske parametere som måles i sjøen og inkluderer forhold som temperatur, salinitet (konduktivitet), oksygeninnhold, siktedyp/turbiditet og strømforhold (hastighet og retning). Det er tidligere målt strømforhold i fjorden i forbindelse med konsekvensutredningen (NIVA, 2008; DNV, 2014), i tillegg til en rekke andre vannkvalitetsparametere slik at det finnes mye kunnskap om fjorden allerede.

Formålet med å overvåke vannkvaliteten er at informasjon fra denne overvåkingen vil inngå i vurderinger av hvilken effekt deponeringen vil ha på miljøet. Vannkvalitetsparametere vil være viktige støtteparameter for å forstå dynamikken i fjorden. Det er viktig å dokumentere variasjonsbredden i data før en starter opp virksomheten, da en vil sammenligne naturtilstanden før, under og etter deponering av avgangsmasser.

Antall stasjoner og hvilken målemetodikk som vil bli benyttet vil være forskjellig før produksjonen sammenlignet med under produksjon. Før produksjonen starter er målet å samle inn bakgrunnsdata og variasjon i dataene, under produksjon måler en for å vurdere effekter på miljøet.

3 MATERIALE OG METODER

Det ble gjennomført målinger fra overflaten til bunnen, ca hver meter (=profilerende målinger) i Førdefjorden fire ganger i 2023 og åtte ganger i 2024. I Tabell 3-1 er det gitt en oversikt over når og hvor prøvene er samlet inn, og i Tabell 3-2 er informasjon om måleinstrumentet beskrevet. Plassering av stasjonene som er inkludert i undersøkelsene er vist i Figur 3-1.




Figur 3-1 Stasjoner hvor det er gjennomført profilerende målinger i 2023 og 2024

Tabell 3-1. Vannkvalitetsmålinger ble gjennomført på følgende stasjoner (når og hvor).

Vannkvalitetsstasjoner	Nord (N)	Øst (Ø)	Dyp (m)	2023				2024									
				21.8.	26.9.	21.11.	20.12.	25.1.	15.2.	13.3.	24.4.	24.5.	19.6.	3.7.	26.8.		
FV2	61,489777°	005,230932°	350												X	X	X
FV3	61,488570°	005,277000°	375	X											X	X	X
FV4	61,484205°	005,361620°	343	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV5	61,483600°	005,388800°	340	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV7	61,484770°	005,399076°	337	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV8	61,484417°	005,417911°	332	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV9	61,487244°	005,434195°	310	X							X	X	X	X	X	X	X
FV10	61,482778°	005,431419°	305	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV12	61,486542°	005,447249°	265	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV14	61,475236°	005,436012°	282	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV15	61,486228°	005,461491°	240	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV16	61,491127°	005,475062°	62	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV17	61,478812°	005,463430°	264	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FV19	61,460756°	005,460855°	290												X	X	X
FV20	61,451241°	005,484344°	419	X													
FV22	61,489118°	005,470848°	60								X	X	X	X	X	X	X
FV23	61,480816°	005,447140°	295									X	X	X	X	X	X

Målingene ble gjennomført profilerende (fra overflaten til ca 1m over bunnen) med en CTD («**C**onductivity», «**T**emperatur» and «**D**ensity») (se Tabell 3-2 for detaljer) med tilleggssensorer som i målte oksygen (ml/l) og turbiditet (FTU). Det ble gjennomført ca. en måling pr meter. Turbiditet er et uttrykk for mengden suspendert materiale i vann (NS9433) og oppgis som FTU basert på at en benytter formazin som referansestandard i kalibrering.

Tabell 3-2. CTD fra SAIV modell SB208 ble benyttet for alle profilerende målinger. Informasjon hentet fra SAIV (<https://saiv.no/ctdst-d-model-sd208-html>)

	Conductivity: Inductive cell, Temp & Press. Accuracy: +/- 0.003 mS/cm
	Salinity: Calculated from C,T & D Accuracy: +/- 0.003 ppt
	Temperature: Accuracy: +/- 0.002°C
	Pressure: Specify desired depth range with order Accuracy: +/- 0.01% FS
	Dissolved oxygen: Sensor type: SAIV205 (electro-chemical) Accuracy: +/- 0.2 mg/l +/- 0,5 mg/l
	Turbidity: Sensor type: Backscatter Linearity: < 2%

Saltholdighet eller salinitet er oppgitt som PSU («**p**actical **s**alinity **u**nits») som tilsvarer ‰ (mengde salt i en gitt mengde med vann). 35 PSU er typisk marint vann, ferskvannspåvirket (brakkvann) er gjerne blandingslag og lavere enn 30 PSU og typisk 5-11 PSU¹

Innholdet av oksygen i sjøvann, og da fortrinnsvis dypvannet, er en de fysisk-kjemiske parametere som benyttes i klassifisering av tilstanden i en fjord (Veileder 02:2018). Oksygeninnholdet for de ulike tilstandsklassene er gjengitt i Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Klassifisering av tilstandsklasser for oksygen. Gjelder for dypvannet ved saltholdighet over 18. Hentet fra Veileder 02:2018.

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen (mlO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

Målingene ble i hovedsak gjennomført av bedriften selv med felt-båt utstyrt med GPS styrt elektrisk hjelpemotor som muliggjorde at båten beholder samme posisjon under prøvetakingen (vist i Figur 3-2). Alle data ble etter hver måling gjennomgått og kvalitetssjekk av DNV. Usannsynlige data (som utgjorde mindre enn 1% av målingene) er ikke med i videre analyser

¹ [Saltholdighet - Institutt for biovitenskap \(uio.no\)](http://saltholdighet-instituttforbiovitenskap.uio.no)



Figur 3-2. Felt-båt benyttet til måling av vannkvalitet.

4 RESULTATER

Fra august 2023 til og med august 2024 ble det samlet inn over 35 000 målinger fra overflaten og ned til ca. 1m over bunnen. I det følgende presenteres de ulike målingene for turbiditet, oksygen, salinitet og temperatur, hovedsakelig som isoplott figurer hvor alle data fra en stasjon er samlet for å kunne vurdere trender.

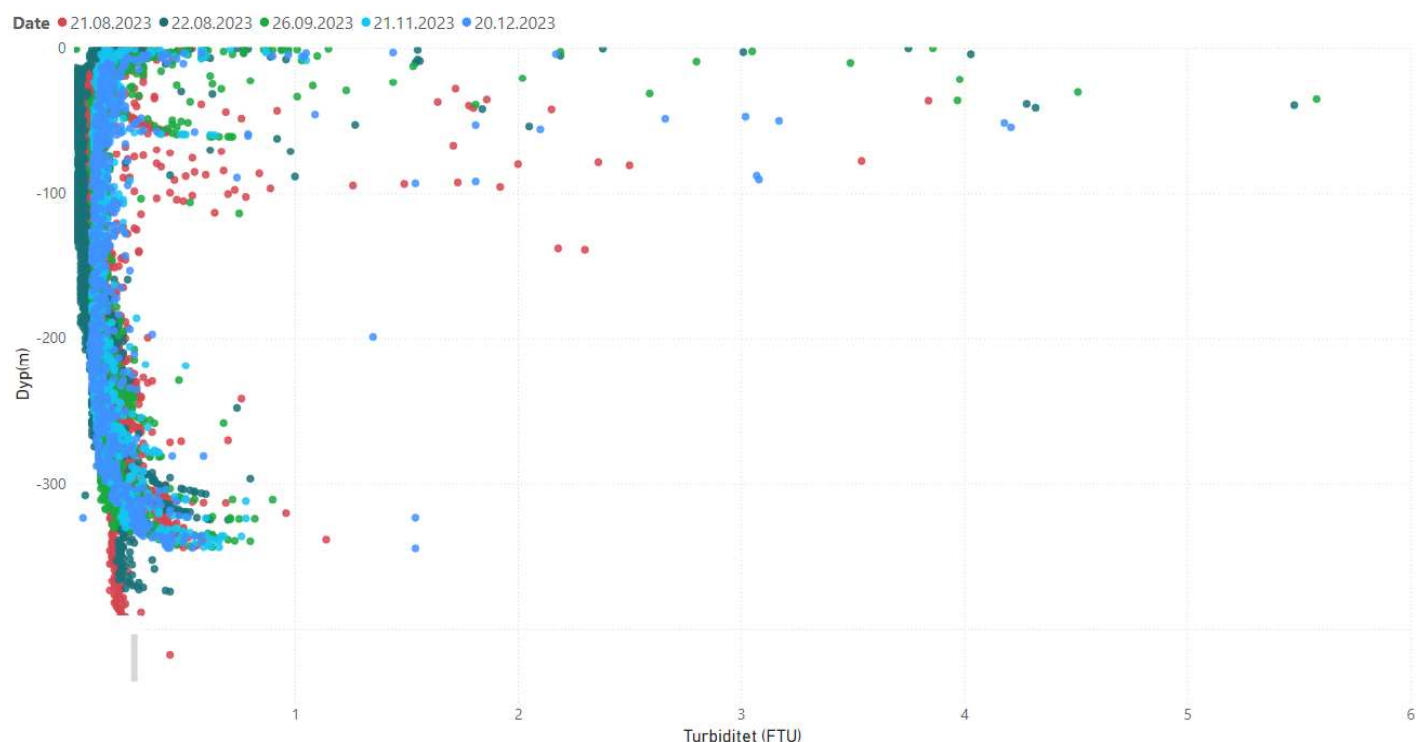
I APPENDIX A er dataene presentert for alle målinger og alle stasjonene.

4.1 Turbiditet

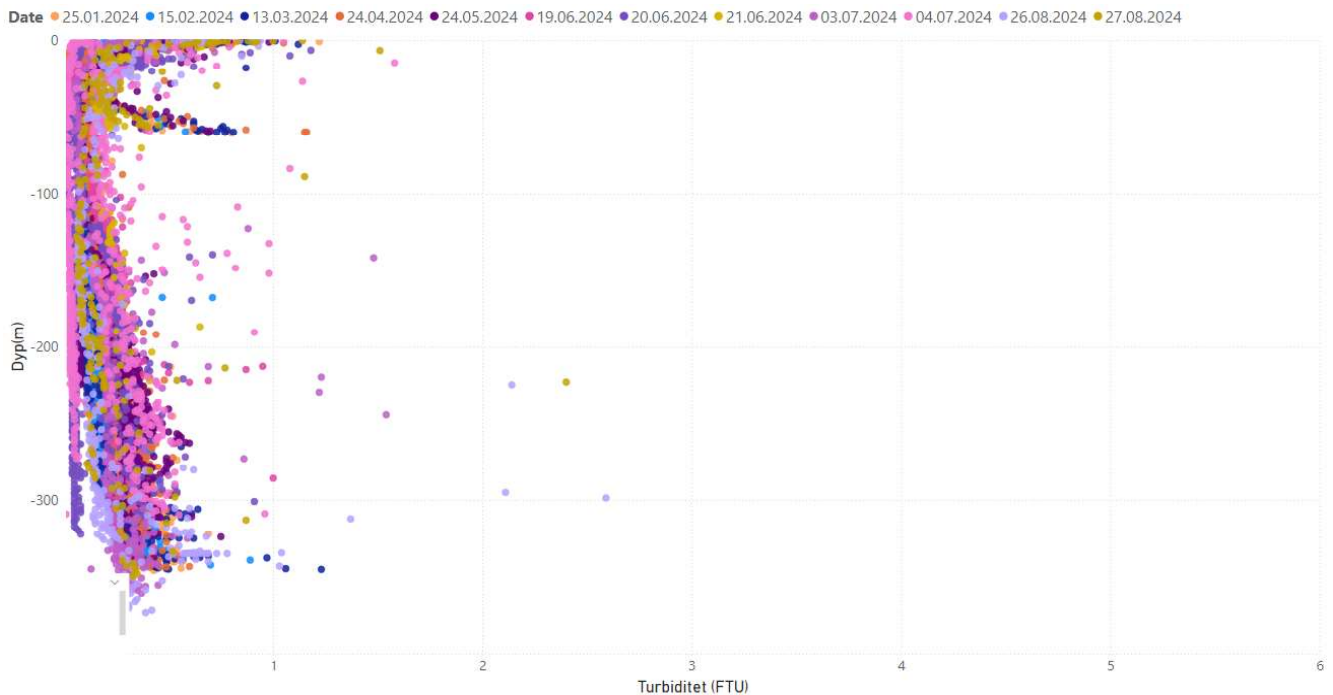
I denne rapporten presenteres hovedtrekkene av målingene som er gjennomført over en 12 måneders periode. Basert på de samme dataene er det også utarbeidet en egen rapport som presenterer turbiditetsmålingene i detalj, og gir en praktisk tilnærming til hvordan en kan beregne bakgrunnsnivå og sette en grenseverdi for spredning av partikler (DNV, 2024).

De månedlige profilerende turbiditetsmålingene fra 2023 og 2024 er presentert i APPENDIX A (se Figur 6-1, Figur 6-5, Figur 6-9, Figur 6-13, Figur 6-17, Figur 6-21, Figur 6-25, Figur 6-29, Figur 6-33, Figur 6-37, Figur 6-41 og Figur 6-45).

I Figur 4-1 presenteres alle målingene gjennomført i 2023, og tilsvarende for 2024 i Figur 4-2. De profilerende målingene gjennomført i 2023 viser størst spredning i dybdeintervallet 0-100m, med enkelte målinger opp imot 6 FTU. Dette er et høyt bakgrunnsnivå, og kan forklares med store nedbørmengder med avrenning til fjorden høsten 2023. Slike enkelte høye verdier ble målt i hele fjorden. Målingene i 2024 viste også en god spredning i enkeltmålinger, men ikke med så høye enkeltverdier som i 2023. For begge årene er det en økning av turbiditet nær bunnen. Det er altså størst spredning i dataene i de grunnere og dypere deler av fjorden.



Figur 4-1. Turbiditet (FTU) for alle målinger gjennomført i 2023



Figur 4-2. Turbiditet (FTU) for alle målinger gjennomført i 2024

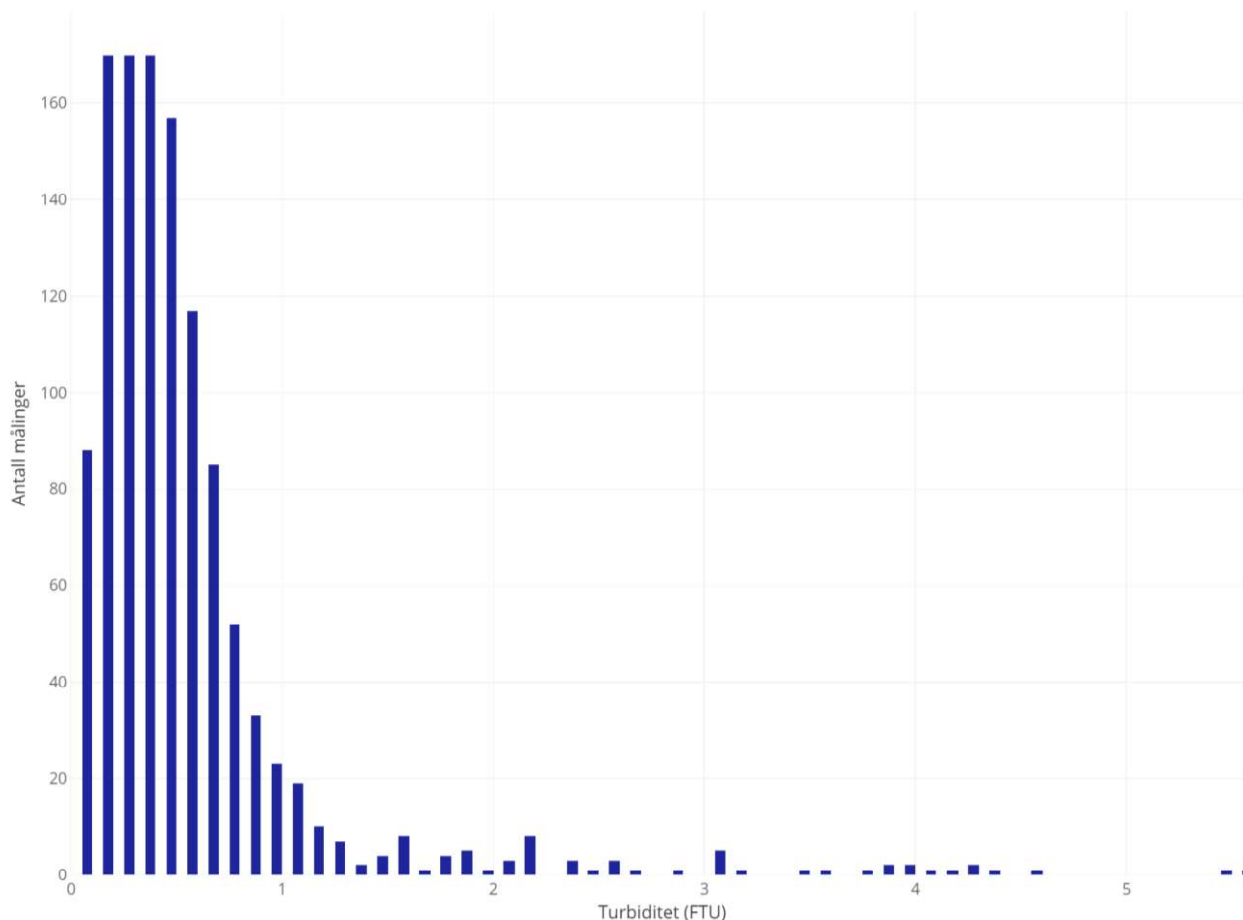
Ser en samlet på alle målte data fra 2023 og 2024, og i hele vannsøylen, er gjennomsnittlig turbiditet 0,17 FTU (0,16 i 2023 og 0,18 i 2024). Standardavviket (uttrykker variasjon i en samling av målte verdier) var høyest i 2023, det vil si mer spredning i dataene i 2023 enn i 2024, se Tabell 4-1. Når bedriften seinere skal overvåke sin påvirkning av turbiditeten i fjorden, er det viktig å forstå hva bedriften bidrar med i tillegg til den generelle tilførselen. Sensorene som brukes for å måle turbiditet vil måle total turbiditet, og vil ikke skille mellom hva som er naturlig tilførsel og hva bedriften tilfører. Det er derfor viktig å forstå hva bakgrunnsnivået er (altså uten tilførsel fra bedriften).

Basert på data samlet inn i 2023 og 2024, har vi forsøkt på å beregne det generelle bakgrunnsnivået av turbiditet i fjorden (DNV, 2024). Vi har sett at bakgrunnsnivået vil variere med tid, dybde, og sted i fjorden. Målingene viser at dataene ikke er normalfordelt (se Figur 4-3), noe som betyr at det er mange lave og noen få høye verdier (en hale til høyre i figuren).

Gjennomsnittsverdien vil i liten grad kunne brukes som et bakgrunnsnivå da en vet at det er stor variasjon i dataene. Vi har valgt å uttrykke bakgrunnsnivået som 95% persentilen. Dette har blitt gjort ved å rangere alle målingene og finne verdien som representerer 95%-persentilen. For våre 35000 målinger er denne verdien 0,37 FTU, og som representerer hva en kan betrakte som et høyt bakgrunnsnivå. Se for øvrig faktaboksen til høyre for mer detaljer om persentiler.

En gjennomsnittsverdi er ikke anbefalt å bruke når dataene ikke er normalfordelt, men er fordelt som vist i Figur 4-3. Teoretisk kan dataene transformeres slik at de blir normalfordelt og en gjennomsnittsverdi brukes. Ved normalfordelte data er 95 % av alle dataene innenfor 2*standardavviket og man kan derfor med stor grad av sannsynlighet oppgi et gjennomsnitt med forventet variasjon, dvs få robuste verdier.

En annen metode når dataene ikke er normalfordelte er å benytte en median. En median uttrykker bedre hvor tyngdepunktet av dataene ligger når de ikke er normalfordelte. Ved bruk av median kan det beregnes persentiler, En persentil er en verdi som deler tallmaterialet slik at en gitt prosentandel er mindre eller lik persentilen. Eksempelvis vil da en 95 % persentil angi et tall hvor 95 % av dataene er mindre eller lik tallet (I en tallrekke fra 1 til 100 vil 95% persentilen være verdien som representeres ved tall nummer 95)



Figur 4-3. Fordeling av turbiditetsmålingene. Skjev fordeling mot høyre (en hale av målinger som er vesentlig høyere enn snittet). Gjelder alle målinger gjennomført månedlig fra august 2023 t.o.m august 2024

I Tabell 4-2 er resultatene vist pr måned. Det er liten forskjell i gjennomsnittlig turbiditet pr måned (varierer mellom 0,15 og 0,22 FTU). De tre høyeste målingene ble gjort i 2023.

Deles dataene inn i ulike dybdeintervall er høyeste gjennomsnittlig turbiditet målt i de grunnere og dypere deler av fjorden, mens de høyeste enkeltverdiene er målt i de øverste 100m (se Tabell 4-3).

Tabell 4-1. Bakgrunnsnivå for hele vannsøylen basert på over 35 000 målinger fra 14 stasjoner i Førdefjorden i 2023 og 2024. Oppgitt som snitt med standardavvik (sd) og median.

År	2023	2024	Alle målinger
Snitt	0,16	0,18	0,17
SD	0,22	0,12	0,16
95% persentilen	0,34	0,43	0,37

Tabell 4-2. Måleresultater for hver måned

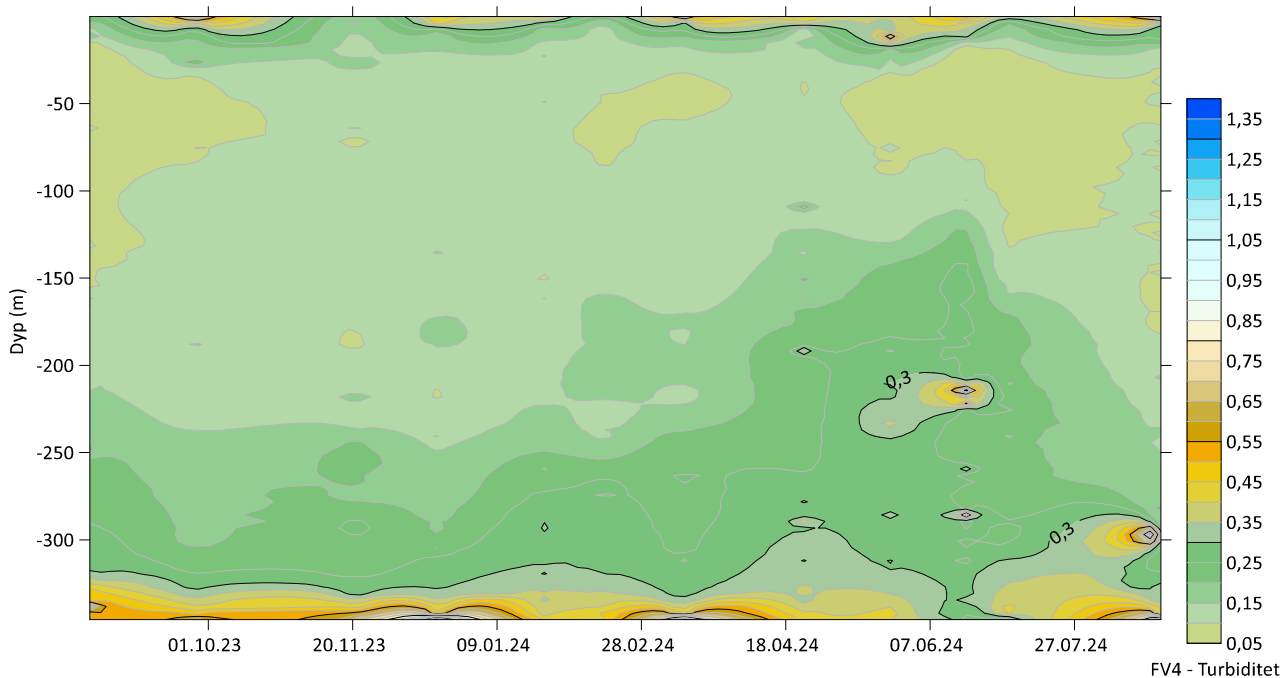
Alle stasjoner				
	Alle dyp			
	Snitt	Maks	SD	95% pers.
aug.23	0,16	5,48	0,24	0,36
sep.23	0,18	5,58	0,28	0,40
nov.23	0,15	1,05	0,09	0,27
des.23	0,17	4,21	0,23	0,32
Alle måneder (2023)	0,16	5,58	0,22	0,34
jan.24	0,17	1,22	0,09	0,36
feb.24	0,16	0,89	0,09	0,35
mar.24	0,17	1,23	0,12	0,44
apr.24	0,21	1,16	0,10	0,38
mai.24	0,22	0,98	0,12	0,40
jun.24	0,18	1,18	0,11	0,37
jul.24	0,16	1,58	0,13	0,37
aug.24	0,18	2,59	0,16	0,50
Alle måneder (2024)	0,18	2,59	0,12	0,43

Tabell 4-3. Gjennomsnittlig turbiditetsverdi og maksimalt målt verdi i ulike dybdeintervall basert på alle målinger (alle stasjoner) fra august 2023 t.o.m. august 2024.

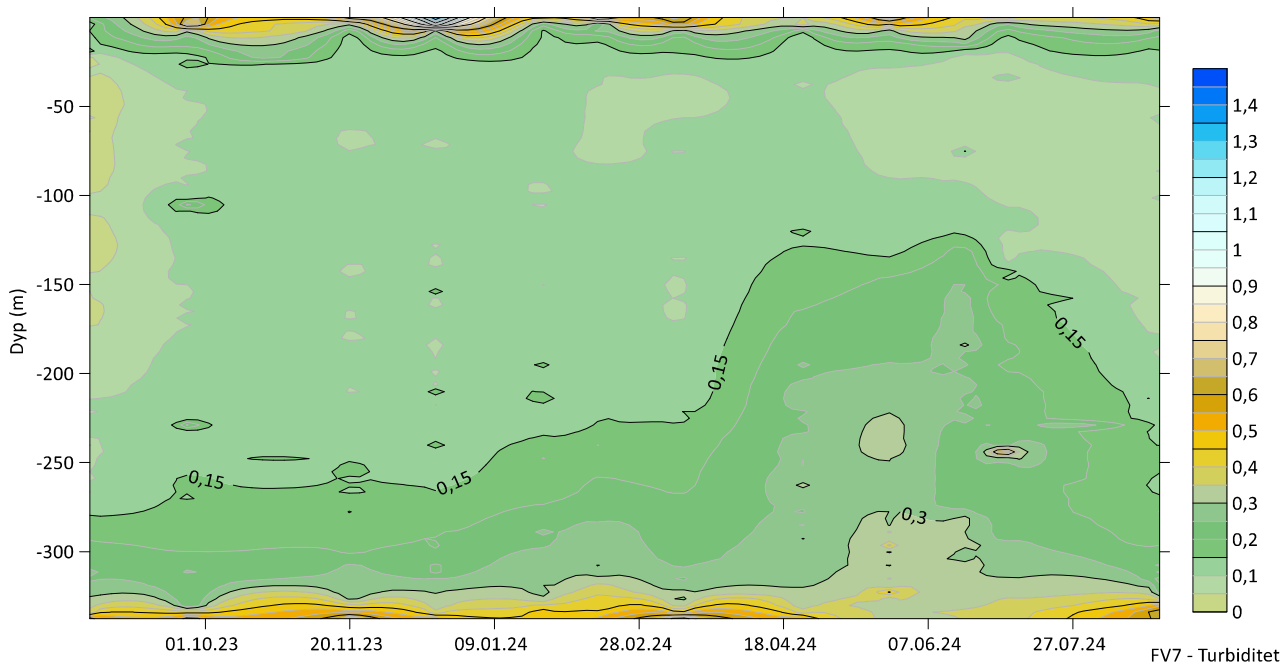
Dybdeintervall	Snitt	Standard-avvik	Maks verdi
0-10m	0,33	0,62	4,03
10-25m	0,15	0,17	3,98
25-50m	0,12	0,72	5,58
50-100m	0,11	0,19	4,21
100-150m	0,12	0,07	2,3
150-200m	0,15	0,13	1,35
200-250m	0,19	0,46	2,40
250-300m	0,23	0,14	2,59
300-350m	0,32	0,40	1,54

For å vurdere utviklingen på et utvalg av stasjoner, som representerer ulike deler av fjorden, er turbiditetsdataene presentert som isolinjeplot. Dette er gjort for FV4 som representerer området utenfor deponiområde, FV7 som ligger i ytterkant av deponiområdet, FV10 som ligger inne i deponiområdet, og FV16 som ligger i Redalsvika, dvs innenfor terskelen, se Figur 4-4 til Figur 4-7. For stasjonene FV4, FV7 og FV10 er det et markert sjikt med noe høyere turbiditet i overflaten og mot bunnen. I perioden april til september 2024 er det høyere turbiditet i sjiktet 100 til 300m. I det samme sjiktet er det også målt høyere salinitet og oksygen (se Figur 4-10 til Figur 4-12 og Figur 4-14 til Figur 4-16), noe som

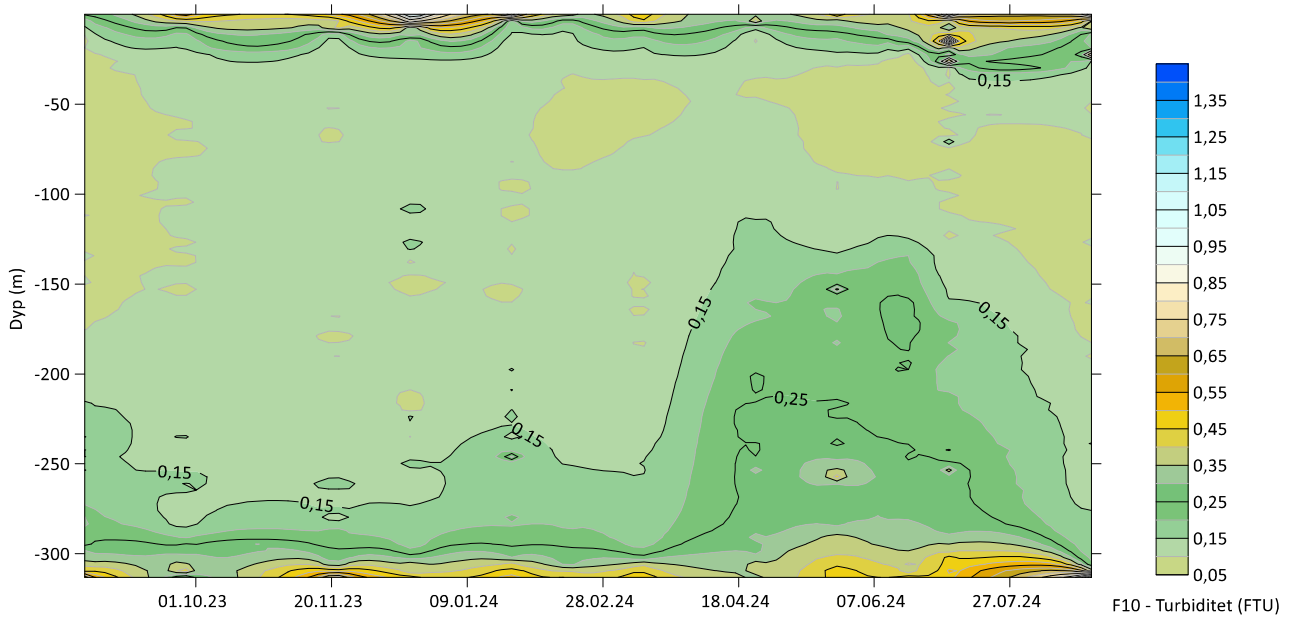
indikerer at tyngre marint vann har blandet seg inn i de dypere deler av fjorden. I Redalsvika (R16) er det målt høyere turbiditet nær overflaten høsten 2023, og som underbygger at det kan være tilførsler via Gryta i perioder med mye nedbør.



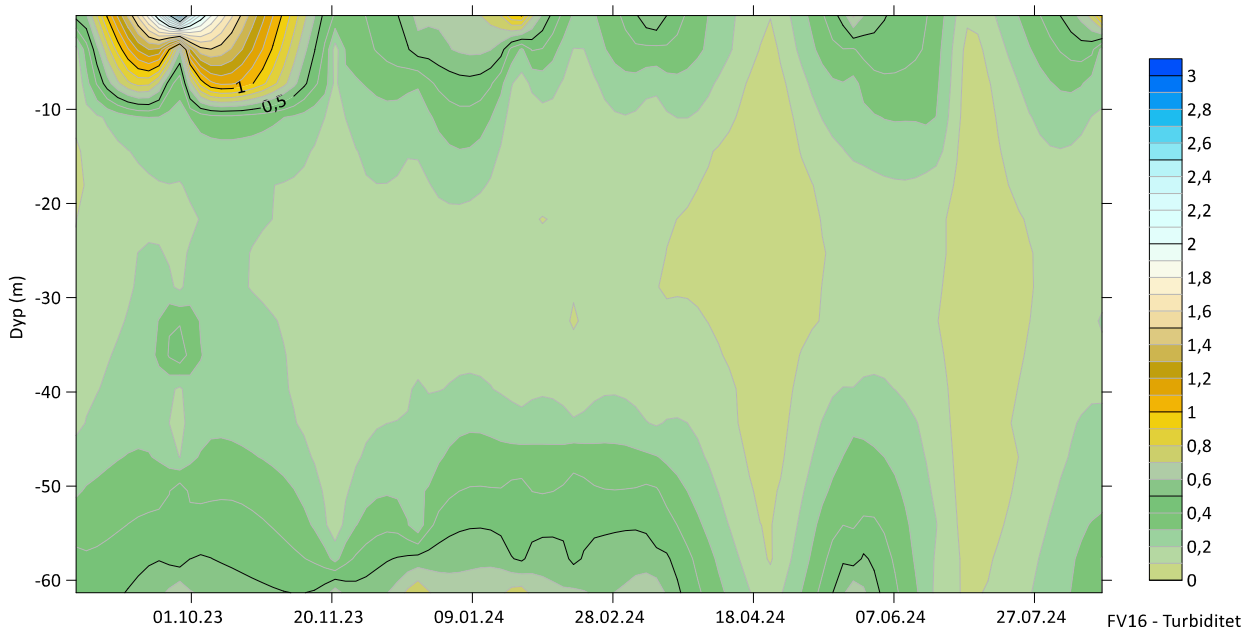
Figur 4-4. Turbiditet (FTU) målt på stasjon FV4 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.



Figur 4-5. Turbiditet (FTU) målt på stasjon FV7 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.



Figur 4-6. Turbiditet (FTU) målt på stasjon FV10 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.



Figur 4-7. Turbiditet (FTU) målt på stasjon FV16 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.

4.2 Oksygen

Generelt kan oksygeninnholdet i Førdefjorden karakteriseres som «Svært god» (tilstandsklasse I) og «God» (tilstandsklasse II). Det er kun på stasjon FV16 og FV22 i Redalsvika at oksygeninnholdet er lavt, samt i dypvannet innenfor terskelen ved FV 19 og FV20. Profilerende målinger er vist i Appendix 1, (se Figur 6-2, Figur 6-6, Figur 6-10, Figur 6-14, Figur 6-18, Figur 6-22, Figur 6-26, Figur 6-30, Figur 6-38, Figur 6-42 og Figur 6-46).

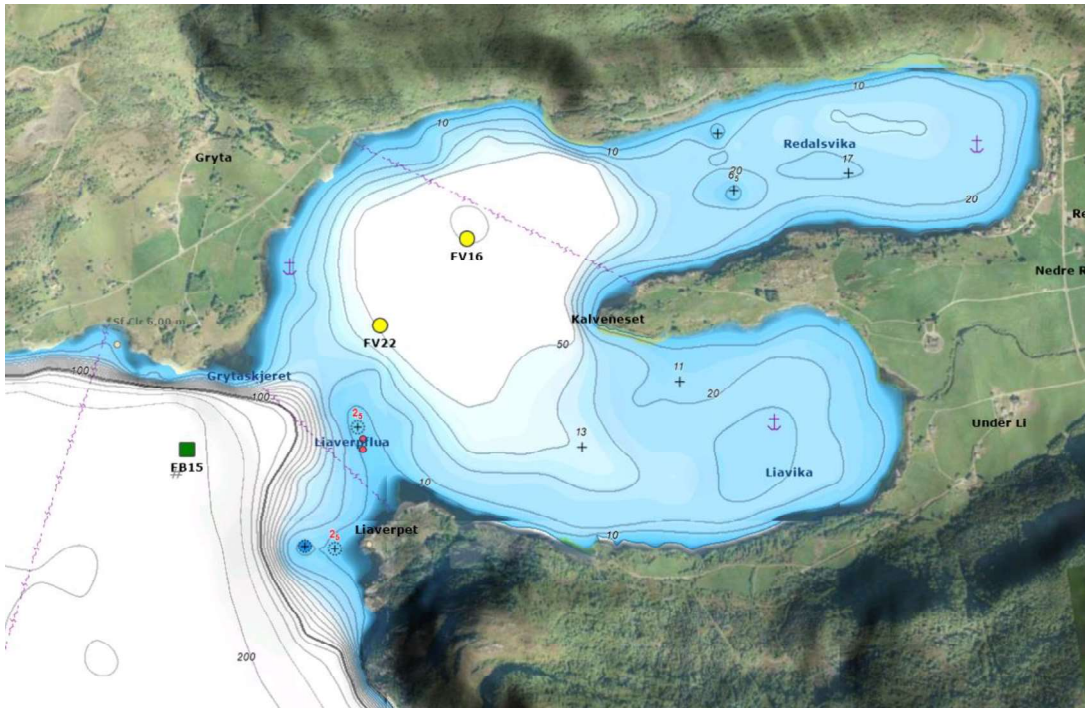
Tabell 4-4. Laveste oksygeninnhold (ml/l) registrert på alle stasjoner alle målinger (2023 øverst og 2024 under). Gulet ut verdier som ligger i tilstandsklasse IV eller V.

Måned	FV10	FV12	FV14	FV15	FV16	FV17	FV20	FV4	FV5	FV7	FV8
August	5,11		4,79			4,96	3,31	4,88	4,86		
September	4,03	5,06	5,07	4,77	1,78	5,05		5,08	5,05	5,07	5,07
November	5,09	5,08	5,08	5,06	0,84	5,09		4,91	4,85	3,97	5,04
Desember	4,94	4,94	4,93	4,94	0,83	4,93		4,94	4,89	4,89	4,93

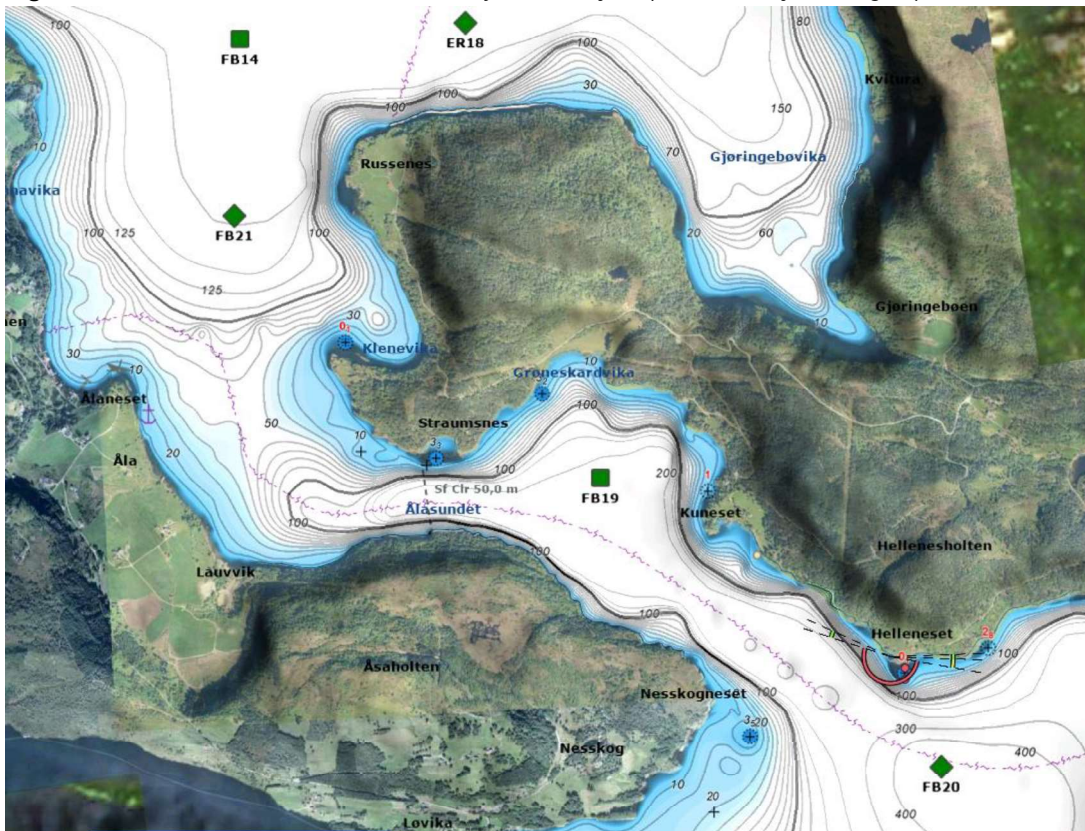
Måned	FV10	FV12	FV14	FV15	FV16	FV17	FV19	FV2	FV22	FV23	FV3	FV4	FV5	FV7	FV8	FV9
Januar	5,08	5,16	5,13		1,81	5,13						5,08	5,06	5,07	5,07	
Februar	5,04	5,14	5,05	5,14	1,44	5,03						4,16	4,99	5,02	5,03	
Mars	4,90	4,82	4,96	4,95	0,97	4,97			1,50			4,85	4,85	4,88	4,87	4,88
April	5,11	5,07	5,10	5,07	0,39	5,11			0,27	5,09		5,14	5,11	5,11	5,12	5,08
Mai	5,12	5,16	5,14	5,15	0,07	5,13			0,06	5,15		5,08	5,13	5,10	5,12	5,14
Juni	5,10	5,06	5,08	5,14	4,92	5,07	3,62	5,22	4,90	5,07	5,22	5,10	5,08	5,14	5,10	5,09
Juli	4,99	4,97	4,96	4,98	4,28	5,03	3,55	5,35	4,21	4,96	5,18	5,01	5,01	5,02	5,00	5,04
August	2,89	4,94	3,48	4,94	2,51	4,94	3,43	4,31	2,67	4,94	4,33	4,87	2,80	4,92	2,85	4,88

Det er grunn terskel ved innløpet til Redalsvika (mellom stasjon EB15 og FV22) og som fører til at dypvannet inne i Redalsvika ikke skiftet ut så hyppig som ellers i ytre Førdefjord (se Figur 4-8). I dypvannet inne i Redalsvika ble det registrert lavt oksygeninnhold over 70% av målingene. Imidlertid ser det ut til at det har vært en vannutskiftning i juni 2024 med etterfølgende høyt oksygeninnhold i juni og juli. Allerede i august er de målte verdiene igjen lave, se Figur 4-7, og Tabell 4-4. Stasjon FV22 (innerst i Redalsvika) viser tilsvarende trend med lavt oksygeninnhold i halvparten av de målte månedene.

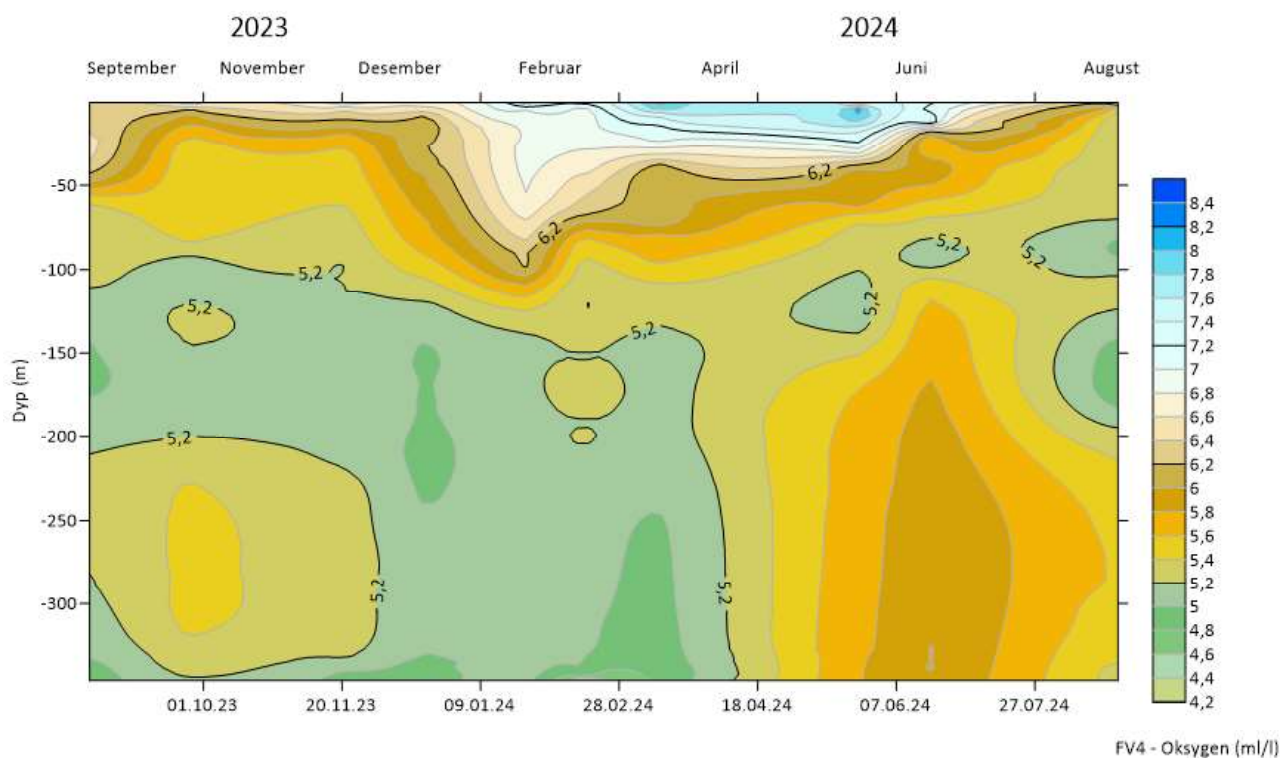
Stasjon FV19 og FV20 ligger sør-øst for Ålesundet hvor det er en betydelig terskel (se Figur 4-9), med sjeldnere utskiftning av dypvannet, og periodevis lavere oksygeninnhold sammenlignet med utenfor terskelen, men likevel karakterisering som «god» til «moderat» tilstand i henhold til Vann-nett (se Appendix A).



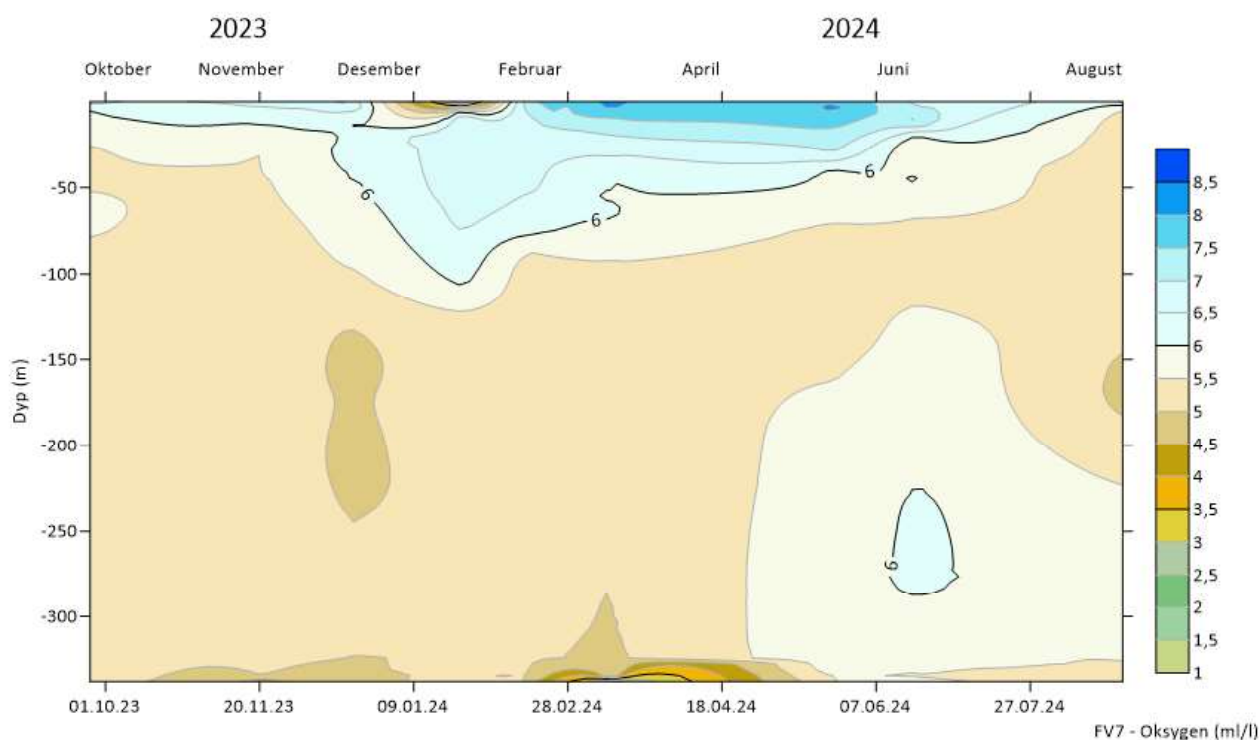
Figur 4-8. Terskel som skiller Redalsvika fra ytre Førdefjord (mellom stasjon 15 og 22)



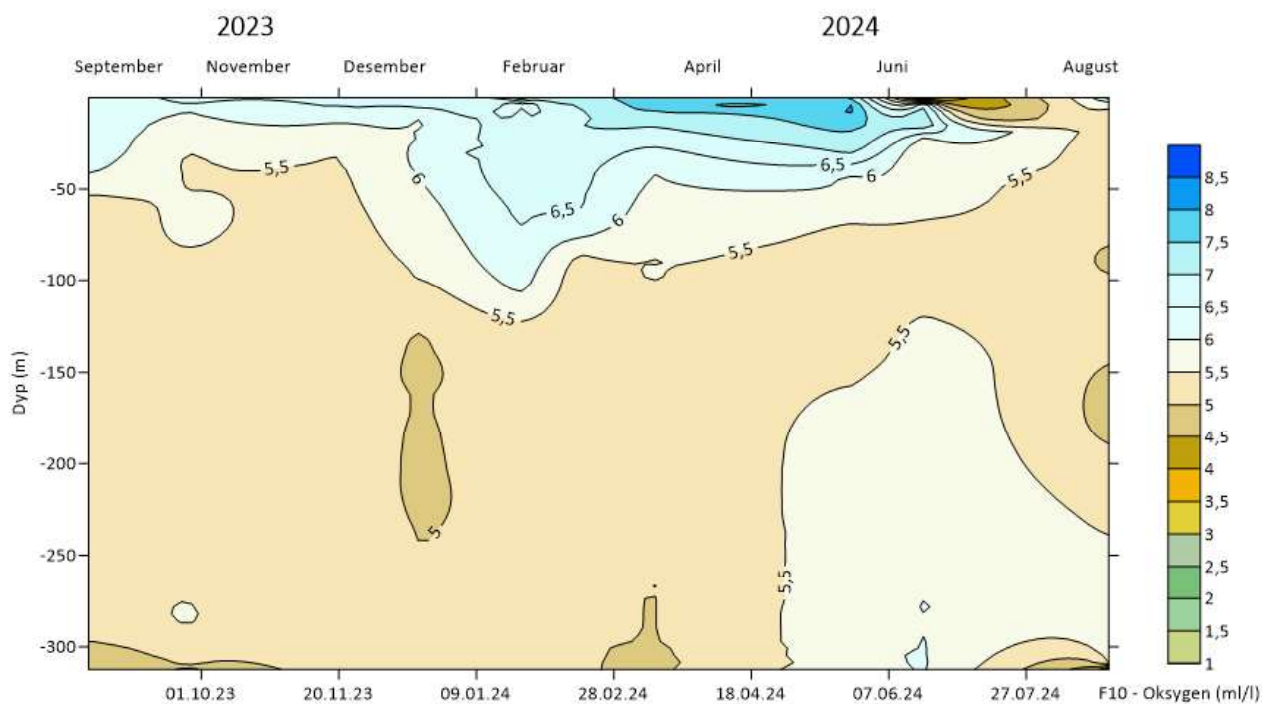
Figur 4-9. Terskel som skiller midtre og ytre Førdefjord (mellom stasjon 19 og 21)



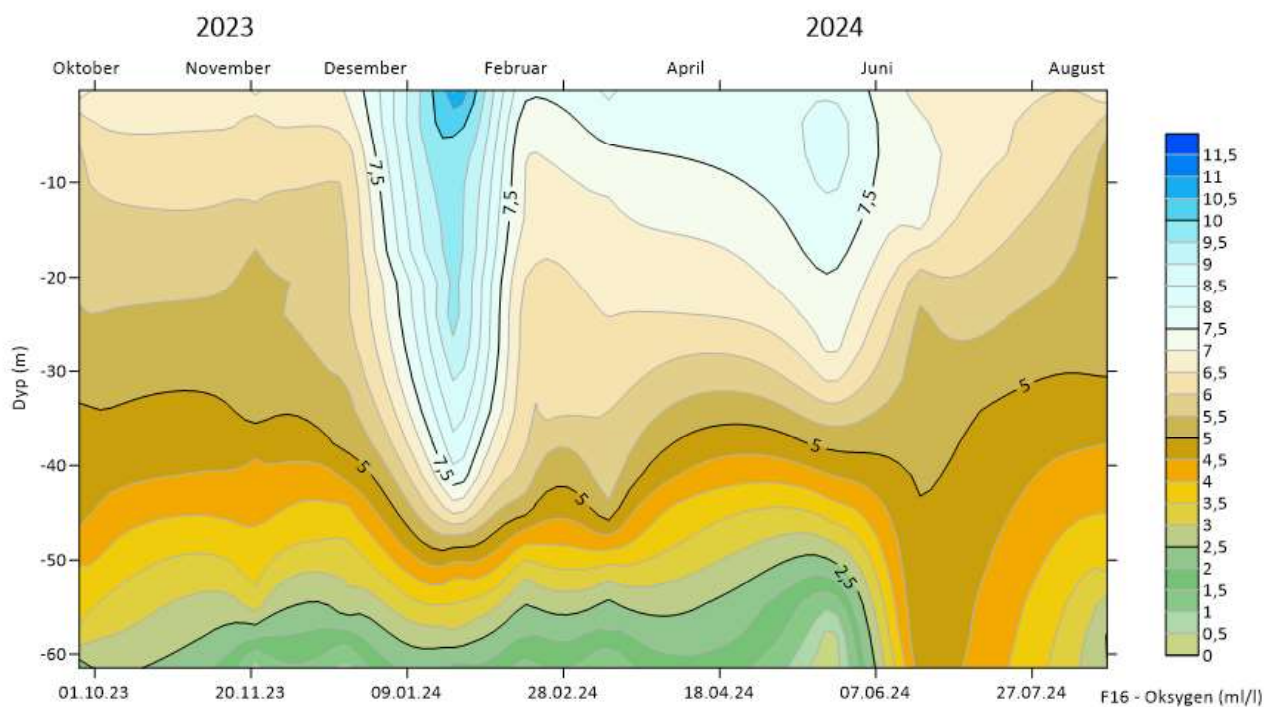
Figur 4-10. Oksygenkonsentrasjon (ml/l) målt på stasjon FV4 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.



Figur 4-11. Oksygenkonsentrasjon (ml/l) målt på stasjon FV7 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.



Figur 4-12. Oksygenkonsentrasjon (ml/l) målt på stasjon FV10 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.

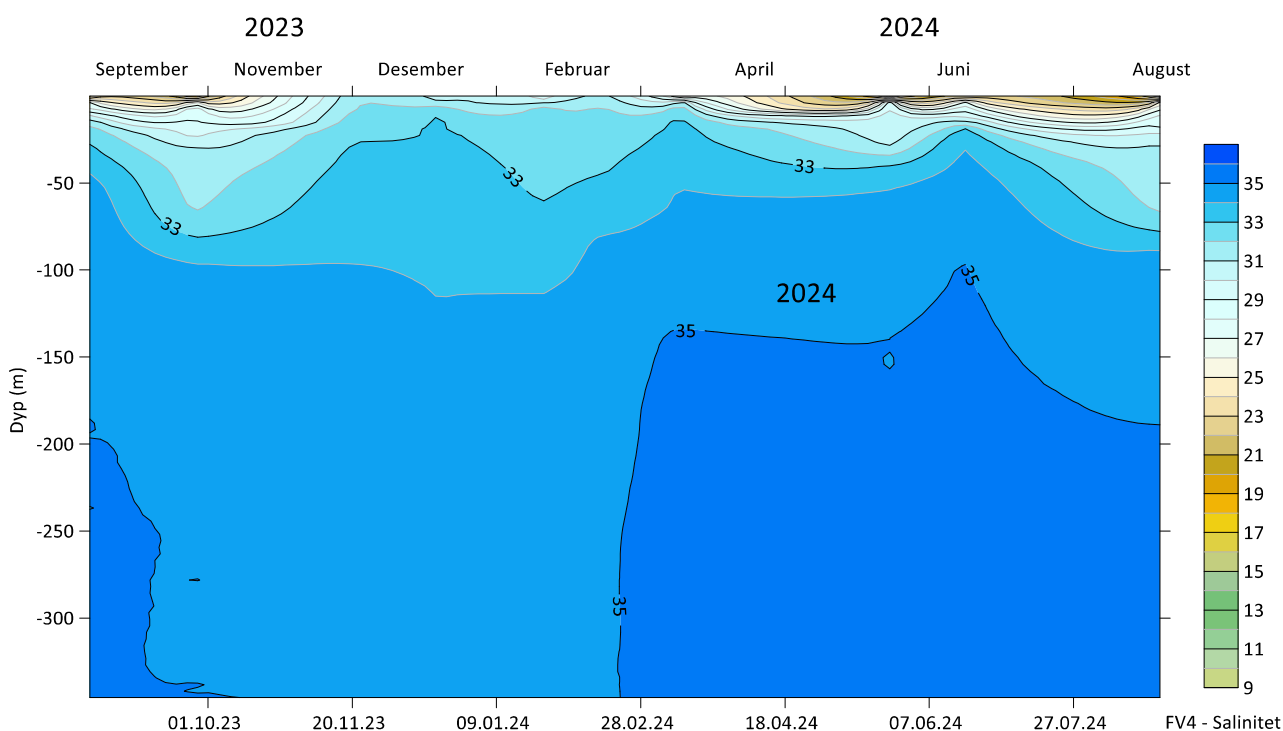


Figur 4-13. Oksygenkonsentrasjon (ml/l) målt på stasjon FV16 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.

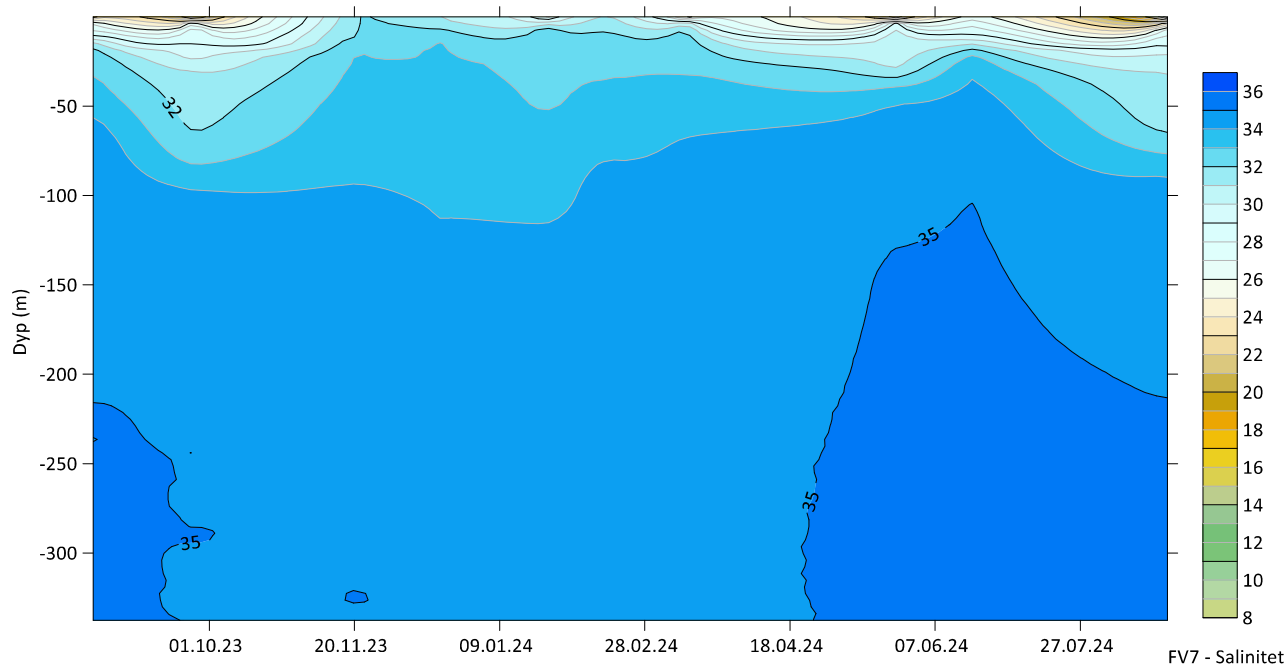
4.3 Salinitet og temperatur

Saliniteten sier noe både ferskvannspåvirkning, om lagdeling og om vannutskifting i fjorden. Profilerende målinger er vist i Appendix 1, (Figur 6-3, Figur 6-7, Figur 6-11, Figur 6-15, Figur 6-19, Figur 6-23, Figur 6-27, Figur 6-31, Figur 6-35, Figur 6-39, Figur 6-43 og Figur 6-47), og isolinjeplot er vist i Figur 4-14, Figur 4-15, Figur 4-16 og Figur 4-17.

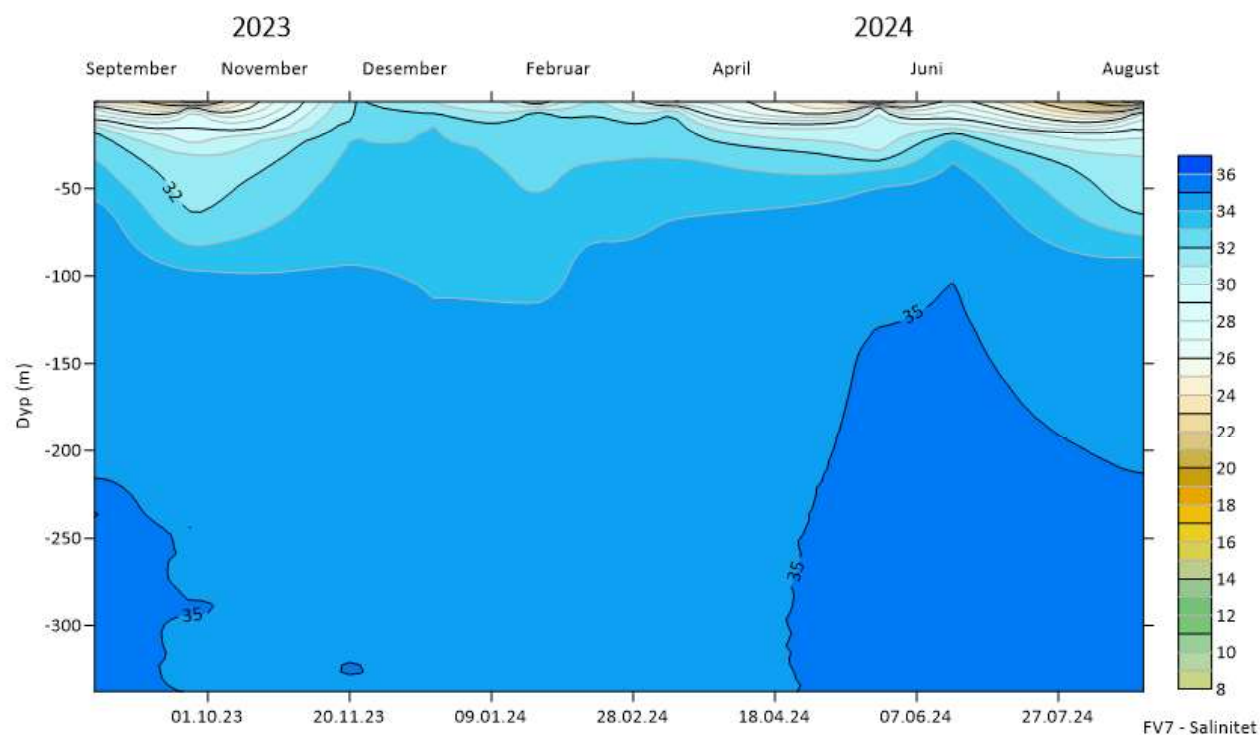
Førdefjorden er en ferskvannspåvirket fjord og i de øverste 25m ble det målt lavere enn 20 PSU på mange av stasjonene. Spesielt er dette merkbart høsten 2023 og vår sommer 2024. I alle isolinjeplottene fra ytre Førdefjord er det vist at det kommer inn tyngre marint vann i februar og som er fremtreende gjennom hele våren og sommeren 2024 i hele fjorden. Dette er også gjeldende for Redalsvika, som riktig nok er vesentlig grunnere, men mye av det samme forløpet sees der.



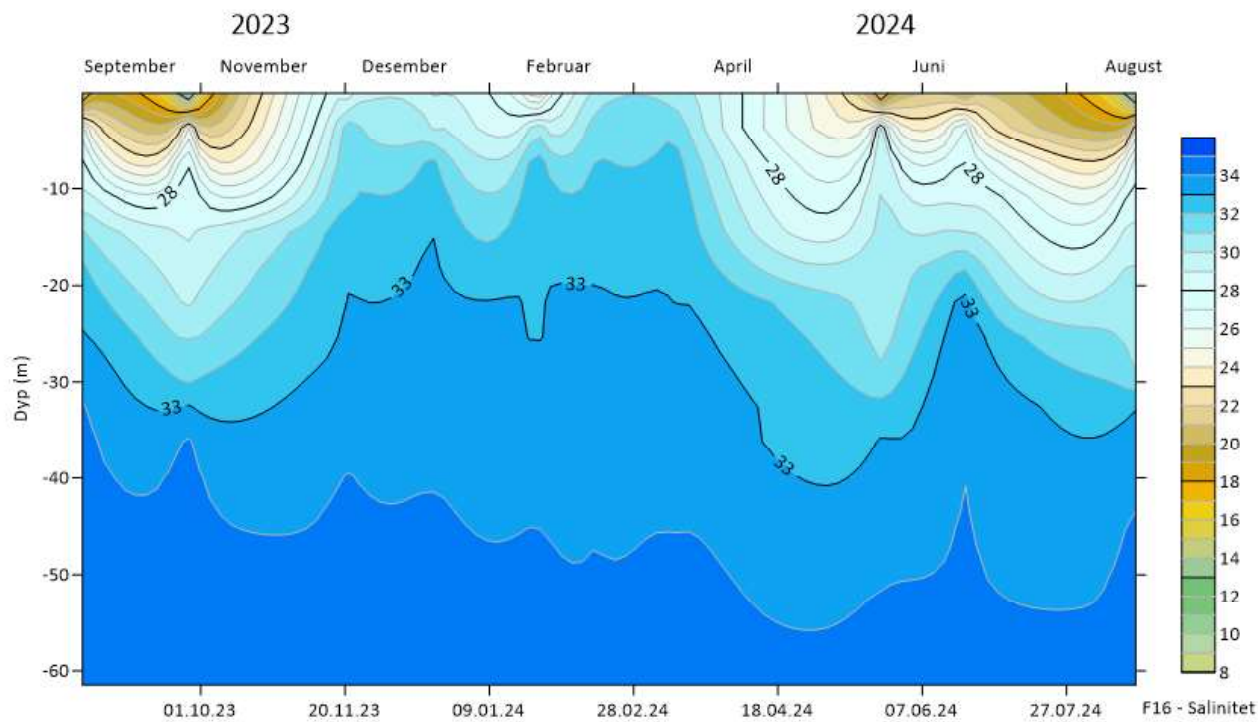
Figur 4-14. Salinitet (PSU) målt på stasjon FV4 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.



Figur 4-15. Salinitet (PSU) målt på stasjon FV7 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.

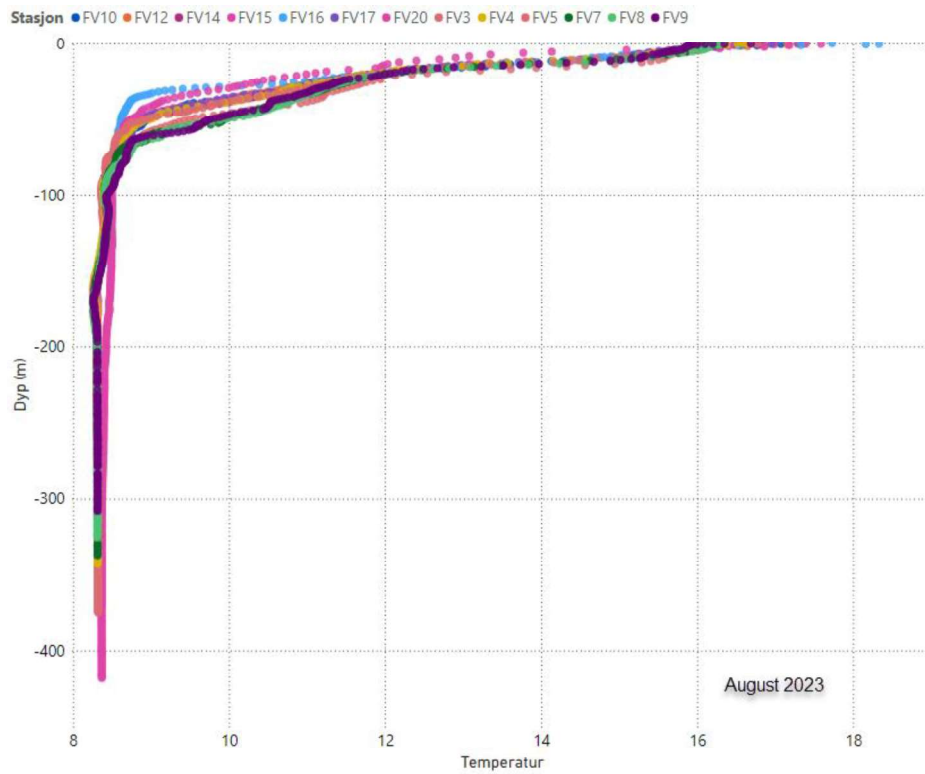


Figur 4-16. Salinitet (PSU) målt på stasjon FV10 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.

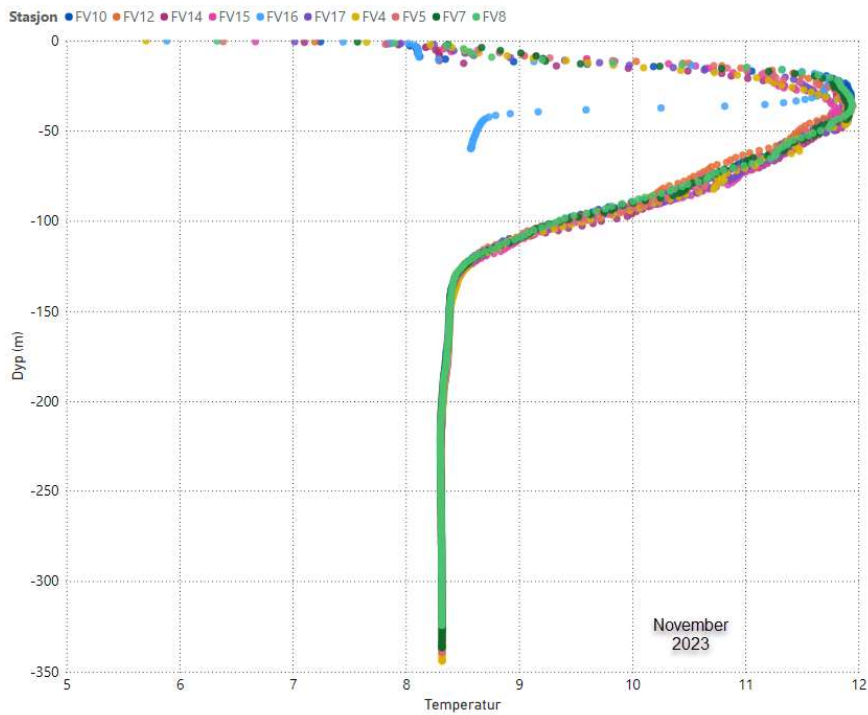


Figur 4-17. Salinitet (PSU) målt på stasjon FV16 gjennom ett år og presentert som et isolinjeplot.

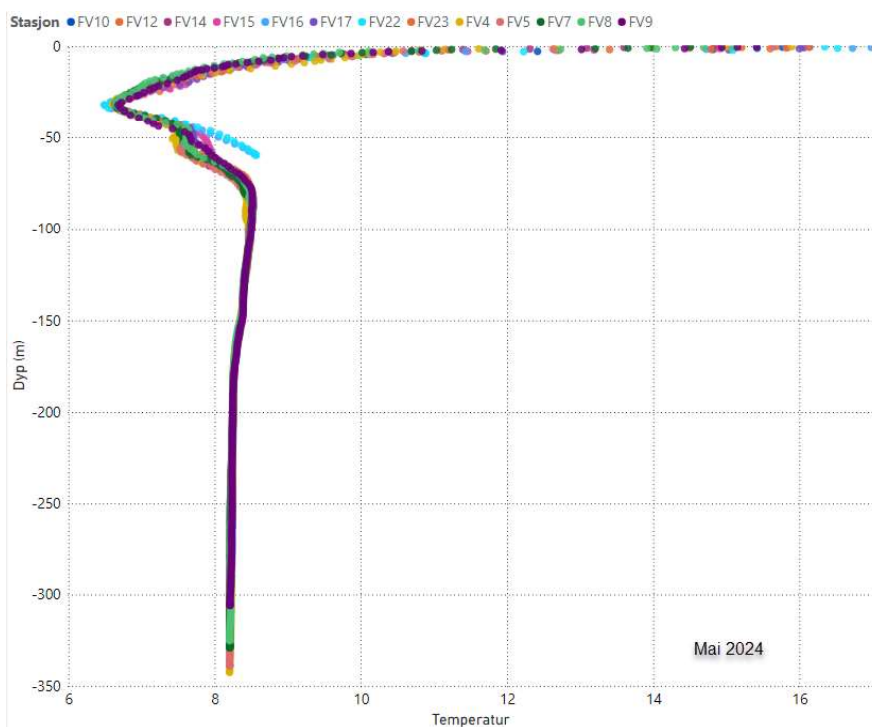
Både salinitet (PSU) og temperatur (°C) viser sjiktninger i sjøen med et blandingslag de øverste 5-10m (ferskvannspåvirket overflatelag). Generelt varierer temperaturen i de øverste meterne, som deretter øker eller synker raskt avhengig av årstiden. For eksempel i august er det en rask reduksjon i temperatur ned til ca 50m noe som kalles en termoklin, og deretter er temperatur stabil ned til største dyp (se Figur 4-18, Figur 4-19 og Figur 4-20 (alle målinger er presentert i Appendix A). I august 2023 går termoklinen ned til ca 60-70m, i november ned til 125m, og i mai 2024 ned til ca 60-70m igjen. Målingene viser små forskjeller i fjorden, med enkelte unntak i Redalsvika som er vesentlig grunnere enn i Førdefjorden, men også der følger temperaturen samme trender i dataene.



Figur 4-18. Temperatur (°C) målt august 2023



Figur 4-19. Temperatur (°C) målt november 2023.



Figur 4-20. Temperatur (°C) målt mai 2024.

5 VURDERING AV RESULTATENE

Det er gjennomført målinger av ulike vannkvalitetsparametere som oksygen, temperatur, salinitet og turbiditet i Førdefjorden fra august 2023 til august 2024. Det er innsamlet et stort antall målinger i denne perioden (over 35 000 målinger). Målingene viser at det er liten forskjell i vannmassene i ytre Førdefjord når det gjelder oksygeninnhold, salinitet, temperatur og turbiditet. Men i perioder med mye nedbør vil det være forskjeller i de grunnere deler av fjorden (ustabile vannmasser). Redalsvika har en grunn terskel noe som fører til færre vannskiftninger av dypvannet, og som resulterer i lave oksygen verdier.

Undersøkelsen har vist:

- Det er samlet inn et stort datamateriale i forhold til vannkvalitet og som vil danne en god basis for videre overvåking
- Turbiditeten er generelt lavt i fjorden (gjennomsnittlig rundt 0,2 FTU), men enkeltmålinger er blitt observert opp imot 6 FTU. Bakgrunnsnivået for perioden det har blitt målt er beregnet til 0,4 FTU
- Oksygeninnholdet i dypvannet er karakterisert som «svært god» eller «god»

6 REFERANSER

DNV GL, 2014. Strømforhold og partikkelspredning i Førdefjorden. Rapportnr. : 2014-1244. Dokumentnr.: 2014-09-29

DNV, 2024. Overvåke partikkelspredning Førdefjorden: En praktisk tilnærming til bakgrunnsnivå og grenseverdi. Rapportnr.: 2024-2025. Dokumentnr.: 2229690

NIVA. 2008. Strøm, turbiditet og hydrografi i fjordbassenget utenfor Engebø, Førdefjorden. Målinger utført for konsekvensutredning for deponi av gruveavgang. Rapport 5662-2008

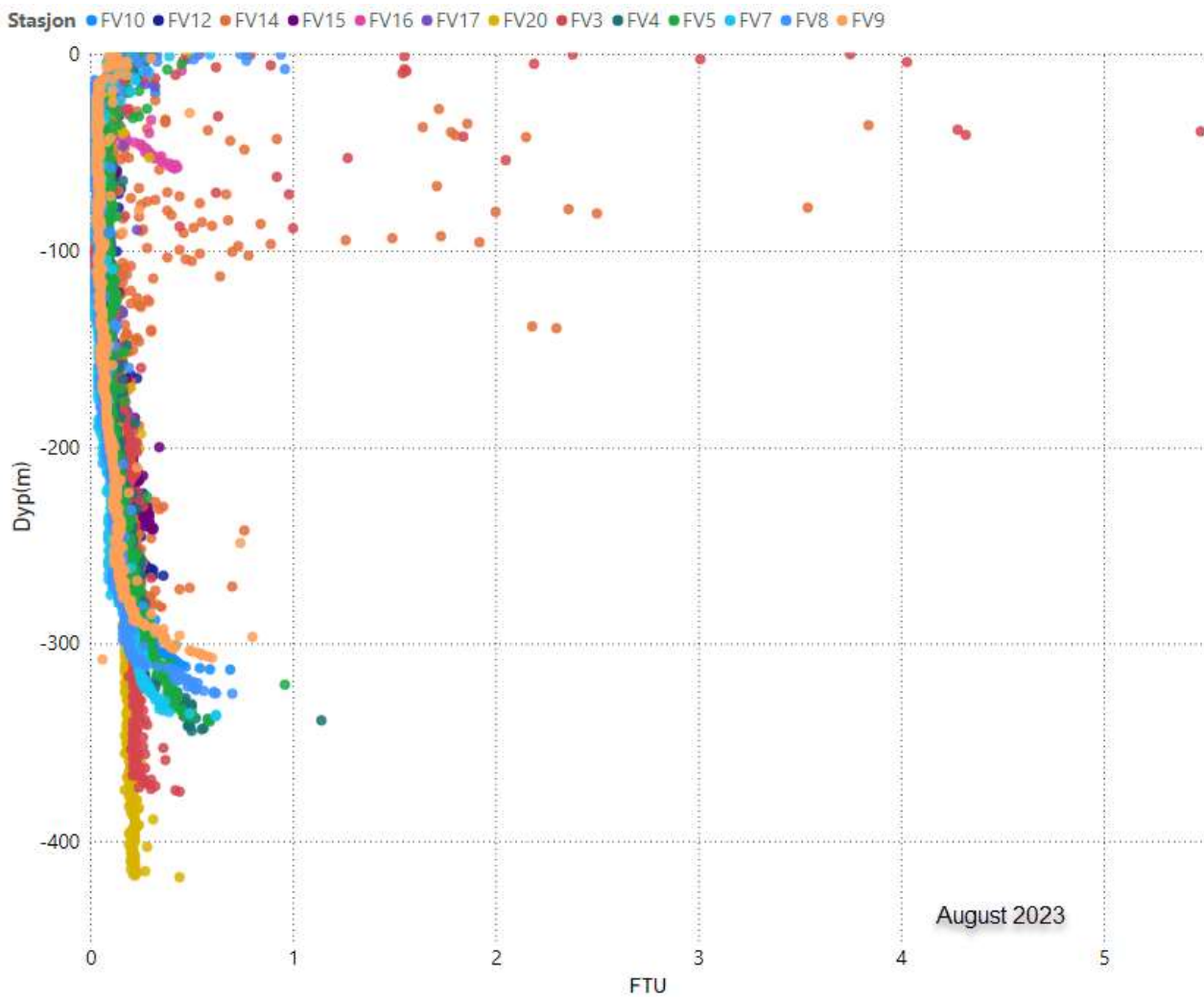
Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen vanndirektivitet 2018.



APPENDIX A

Vannkvalitetsmålinger

A1. Målinger gjennomført august 2023

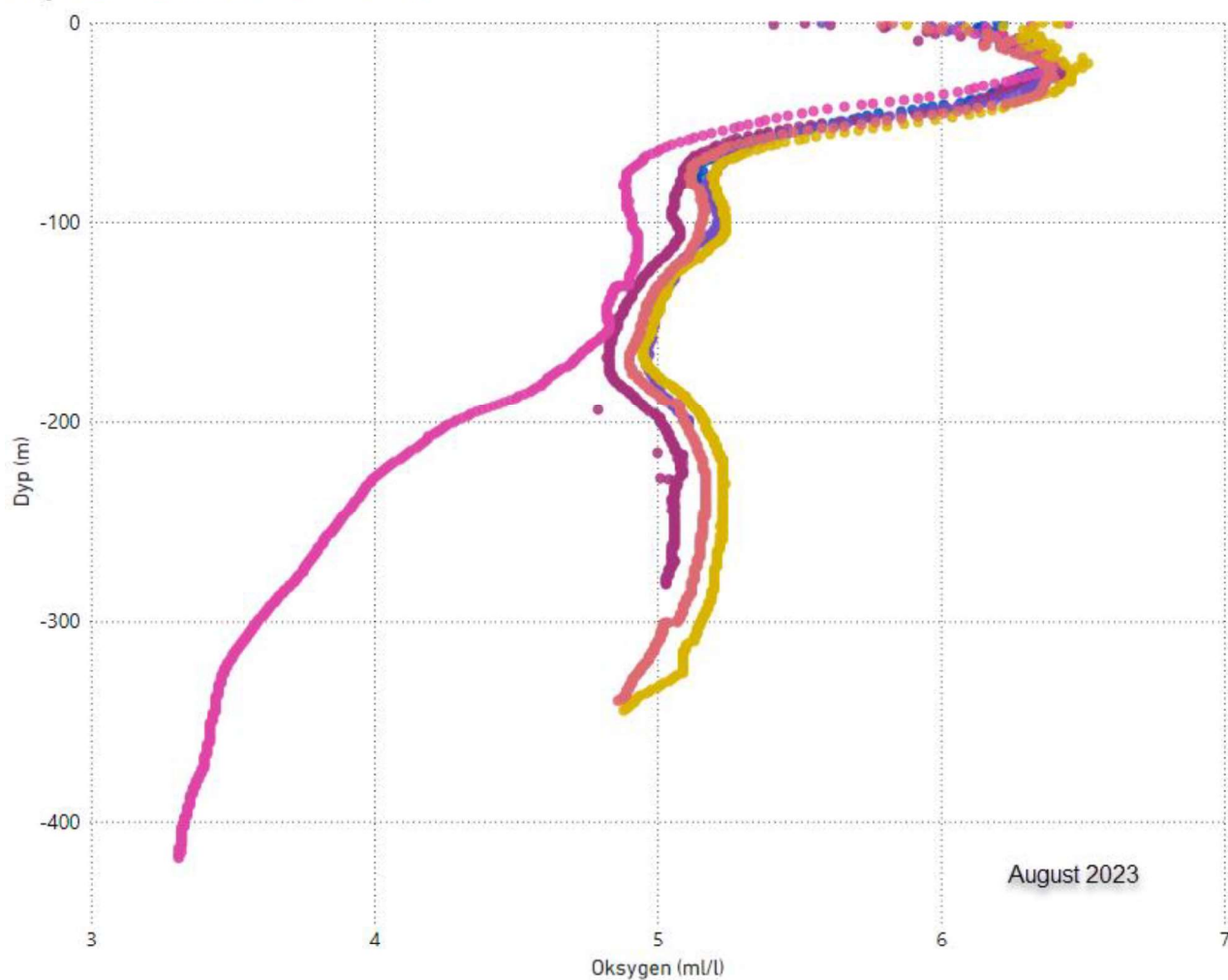


Figur 6-1. Turbiditet (FTU) målt august 2023.

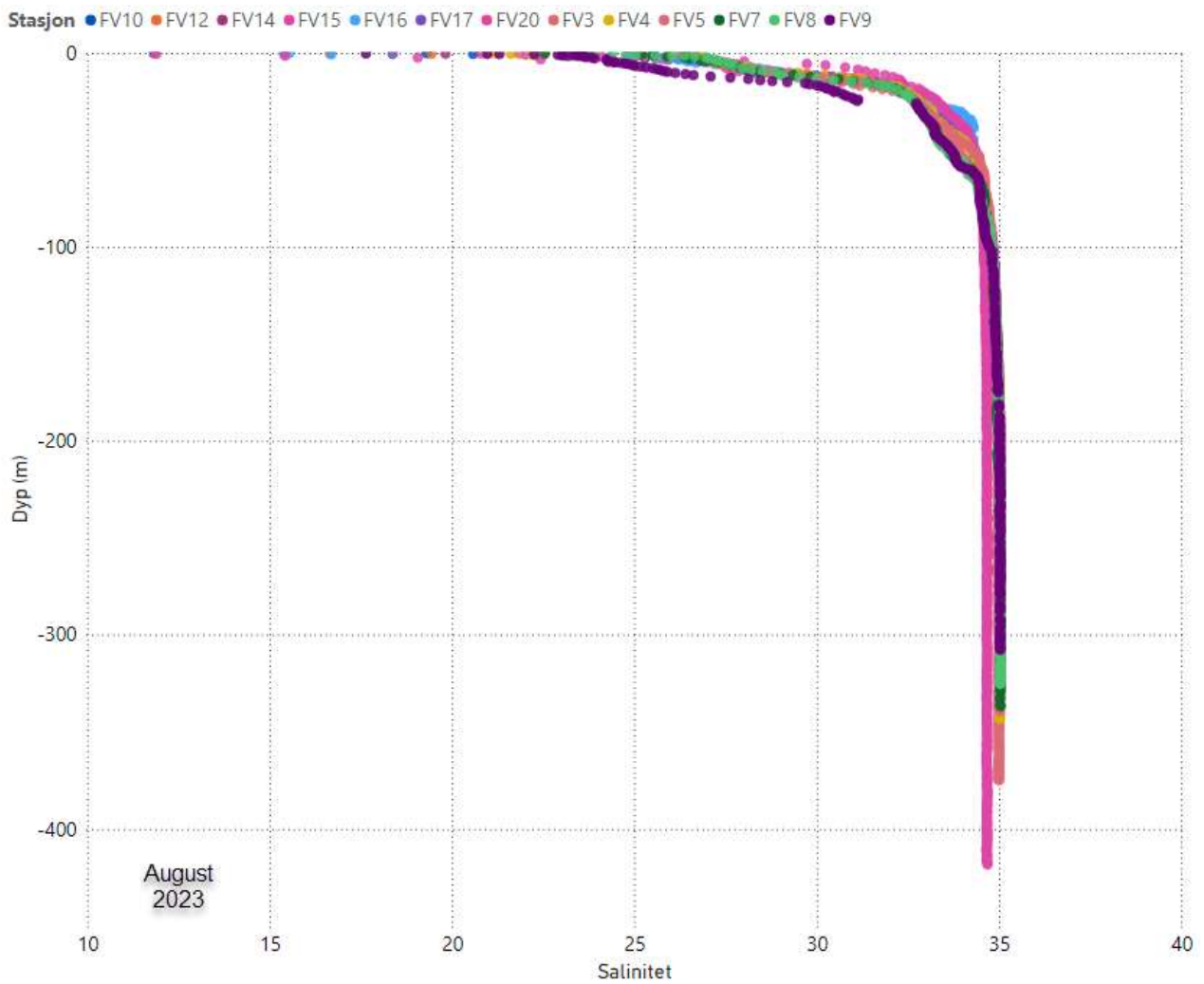
Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO,/l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

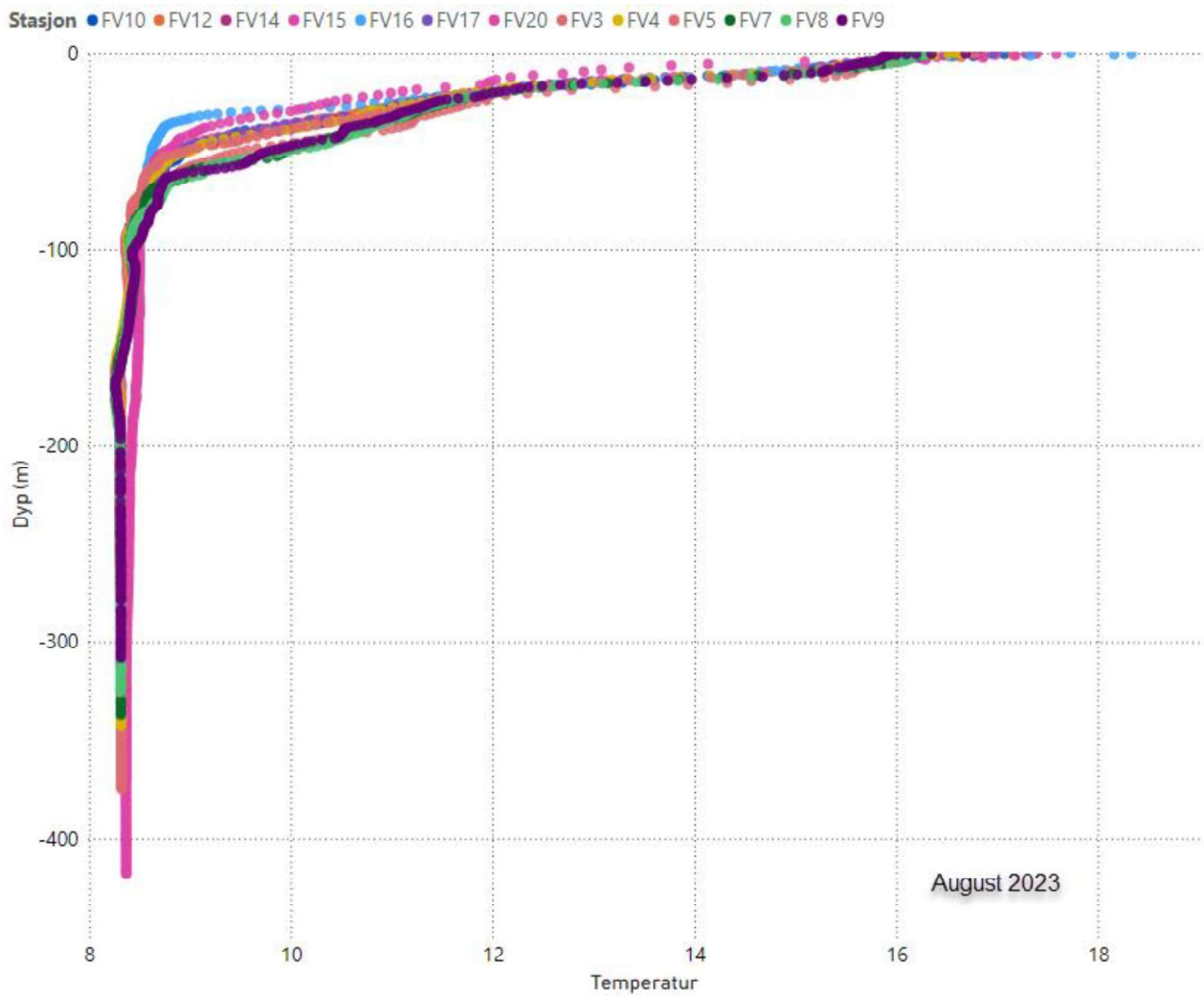
Stasjon ● FV10 ● FV14 ● FV17 ● FV20 ● FV4 ● FV5



Figur 6-2. Oksygen (mg/l) målt august 2024.

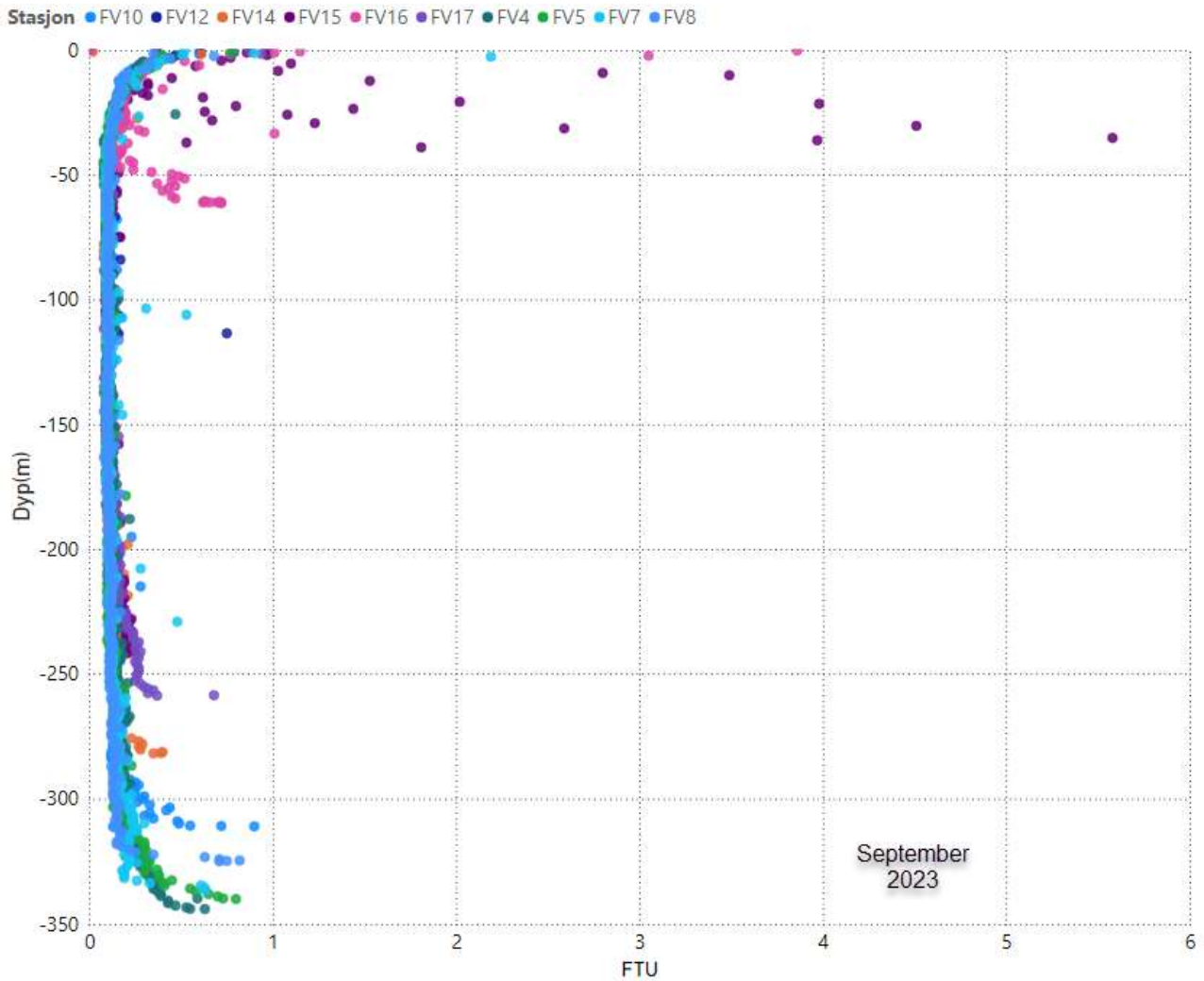


Figur 6-3. Salinitet målt august 2023.



Figur 6-4. Temperatur målt august 2023.

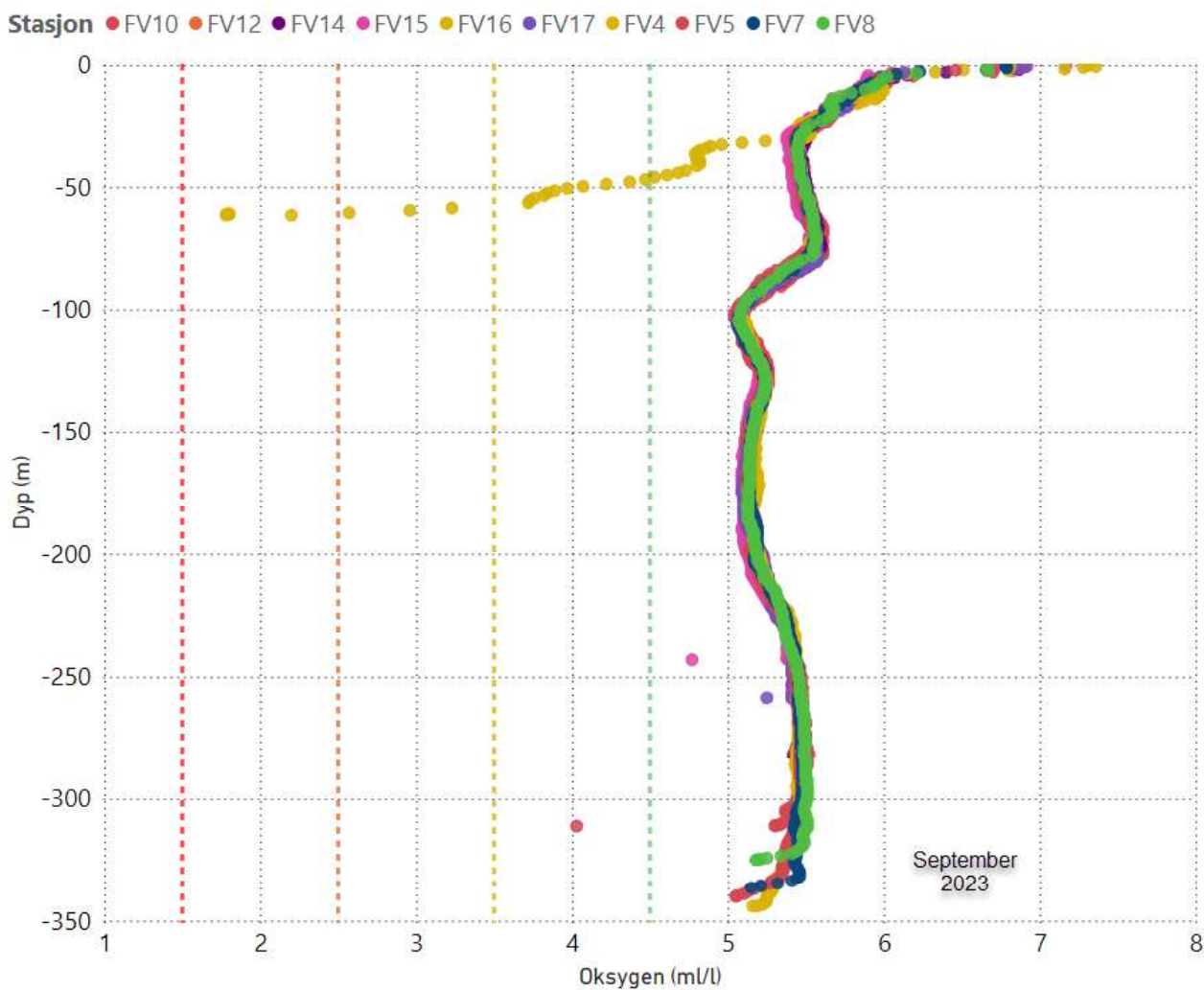
A2. Målinger gjennomført september 2023



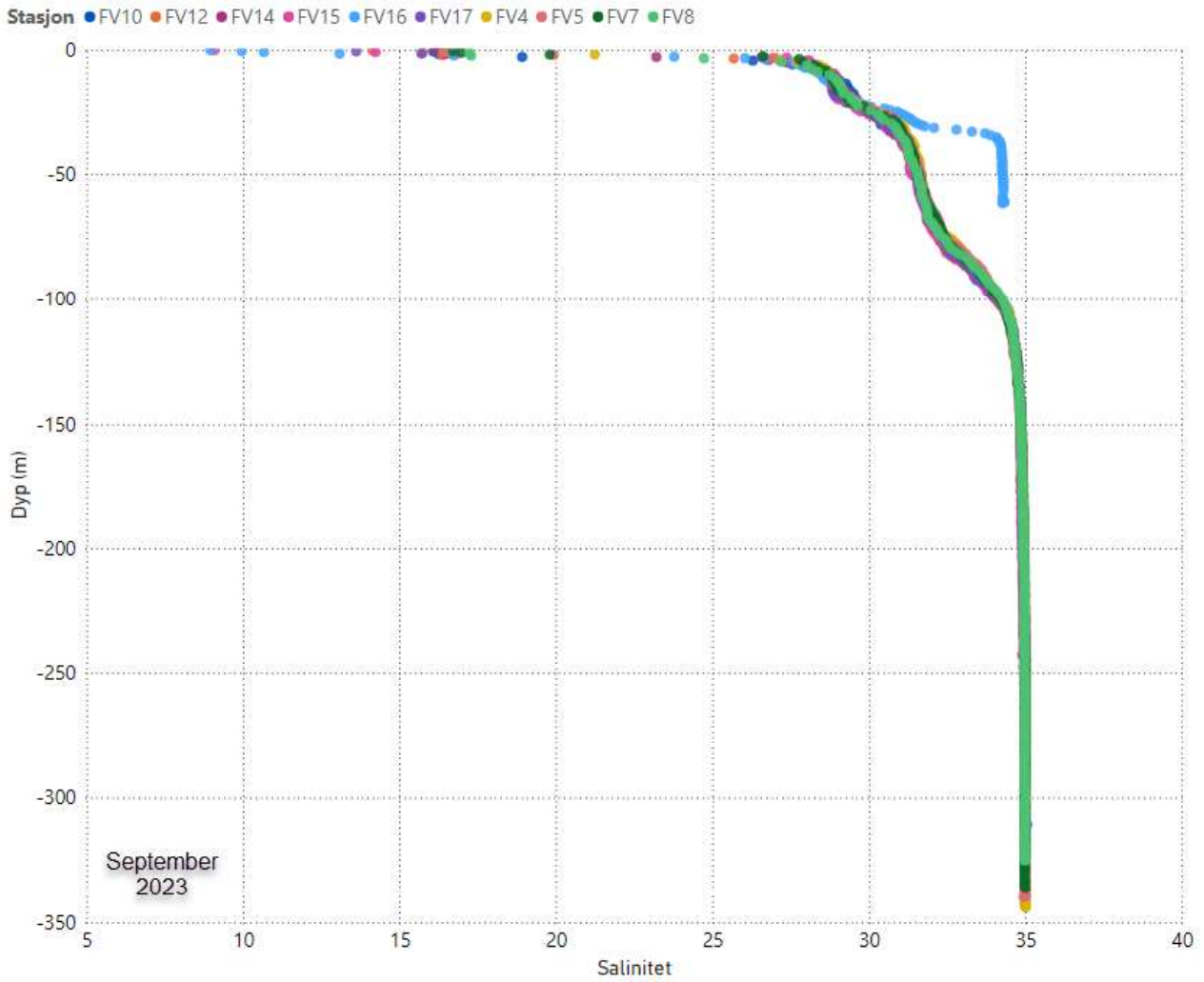
Figur 6-5. Turbiditet (FTU) målt september 2023.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

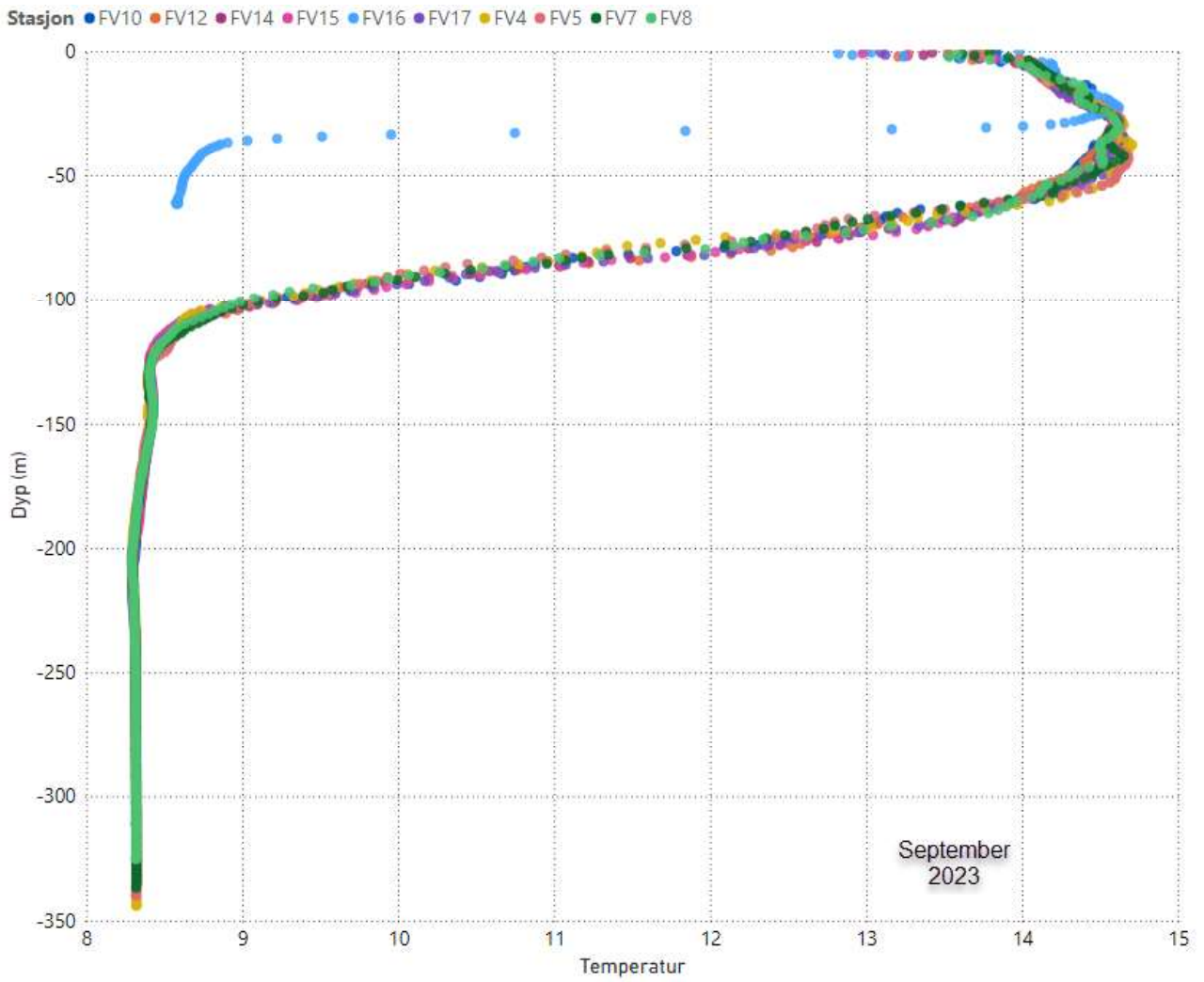
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen (mlO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-6. Oksygen (mg/l) målt september 2023.

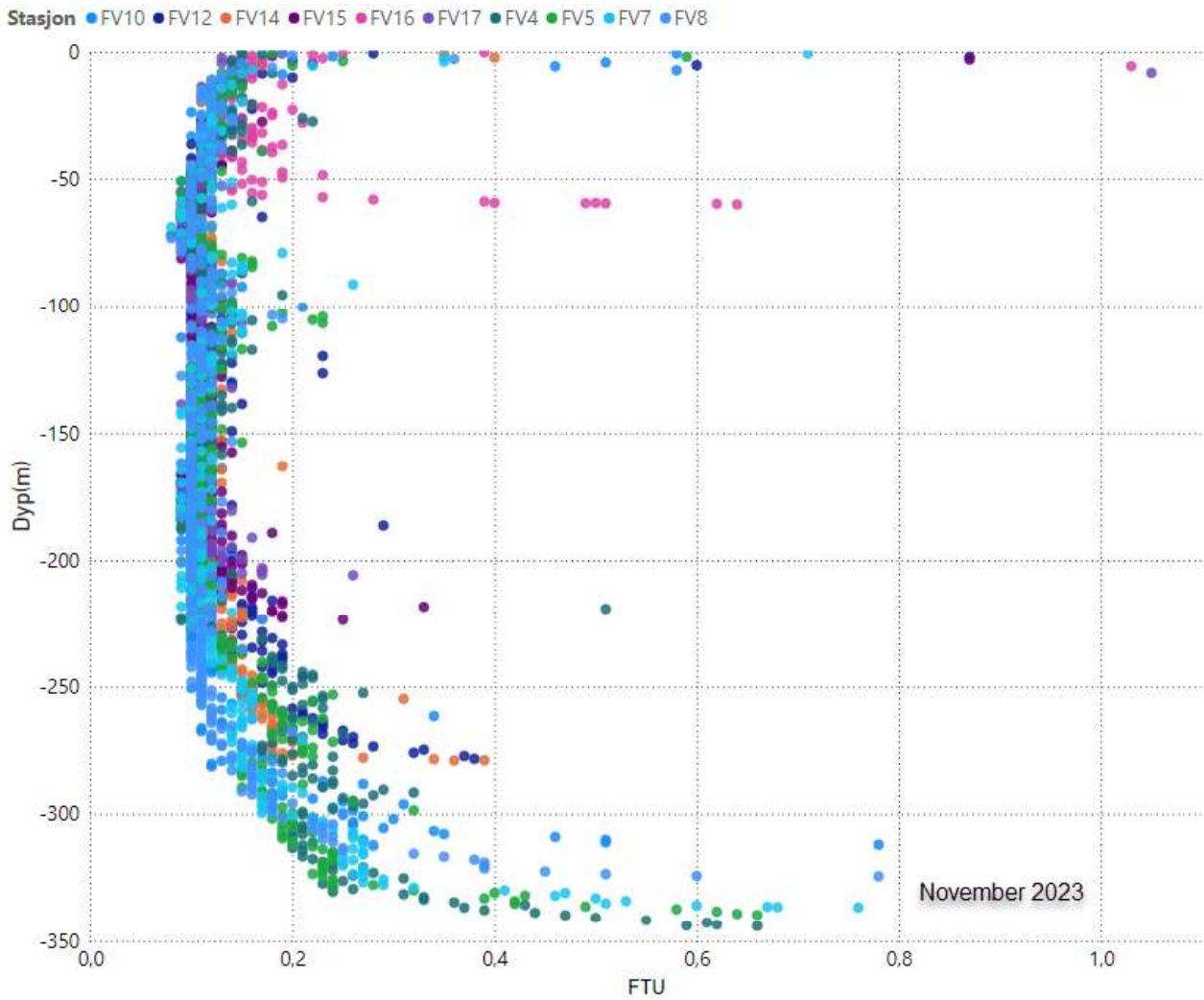


Figur 6-7. Salinitet målt september 2023.



Figur 6-8. Temperatur målt september 2023.

A3. Målinger gjennomført november 2023

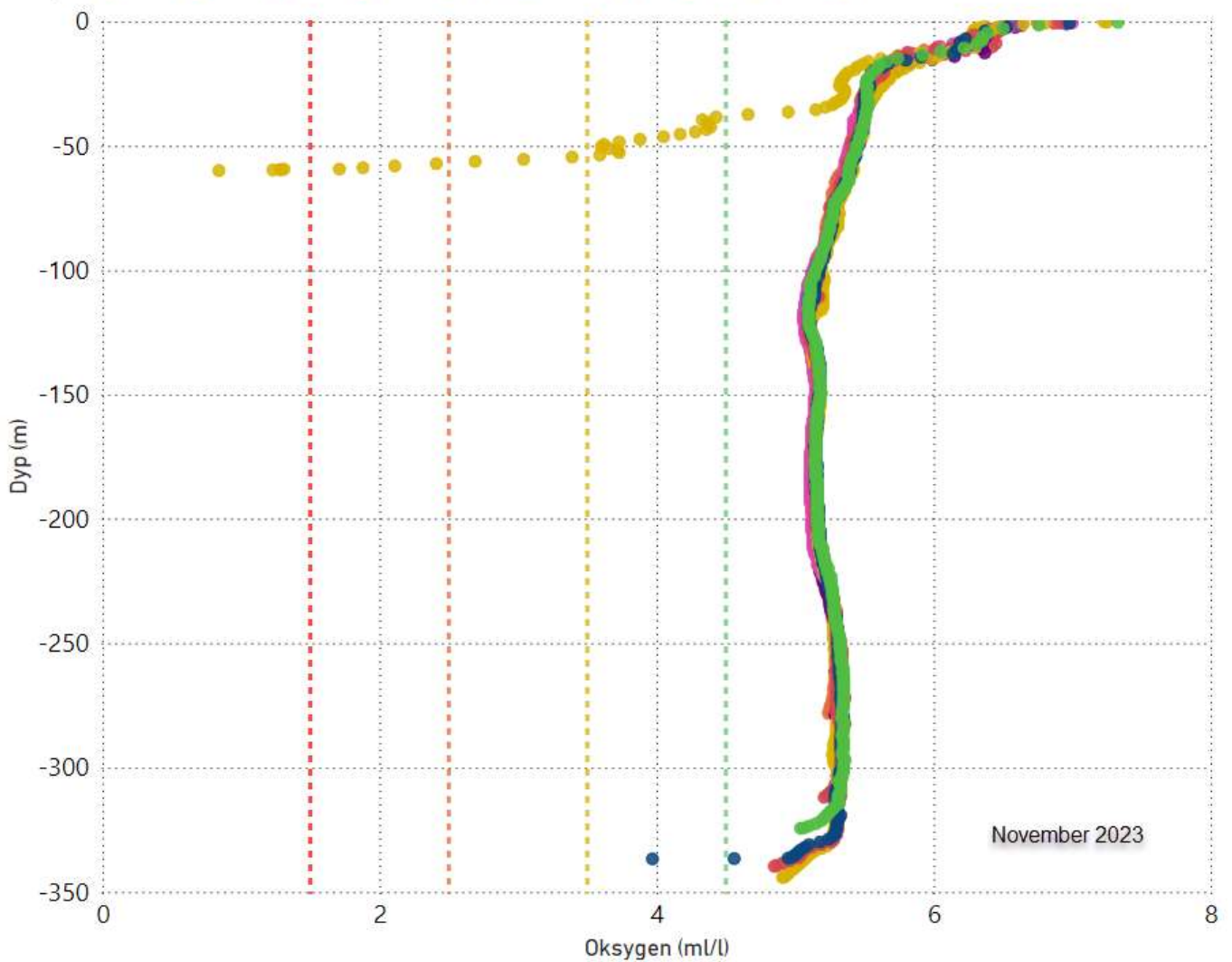


Figur 6-9. Turbiditet (FTU) målt november 2023.

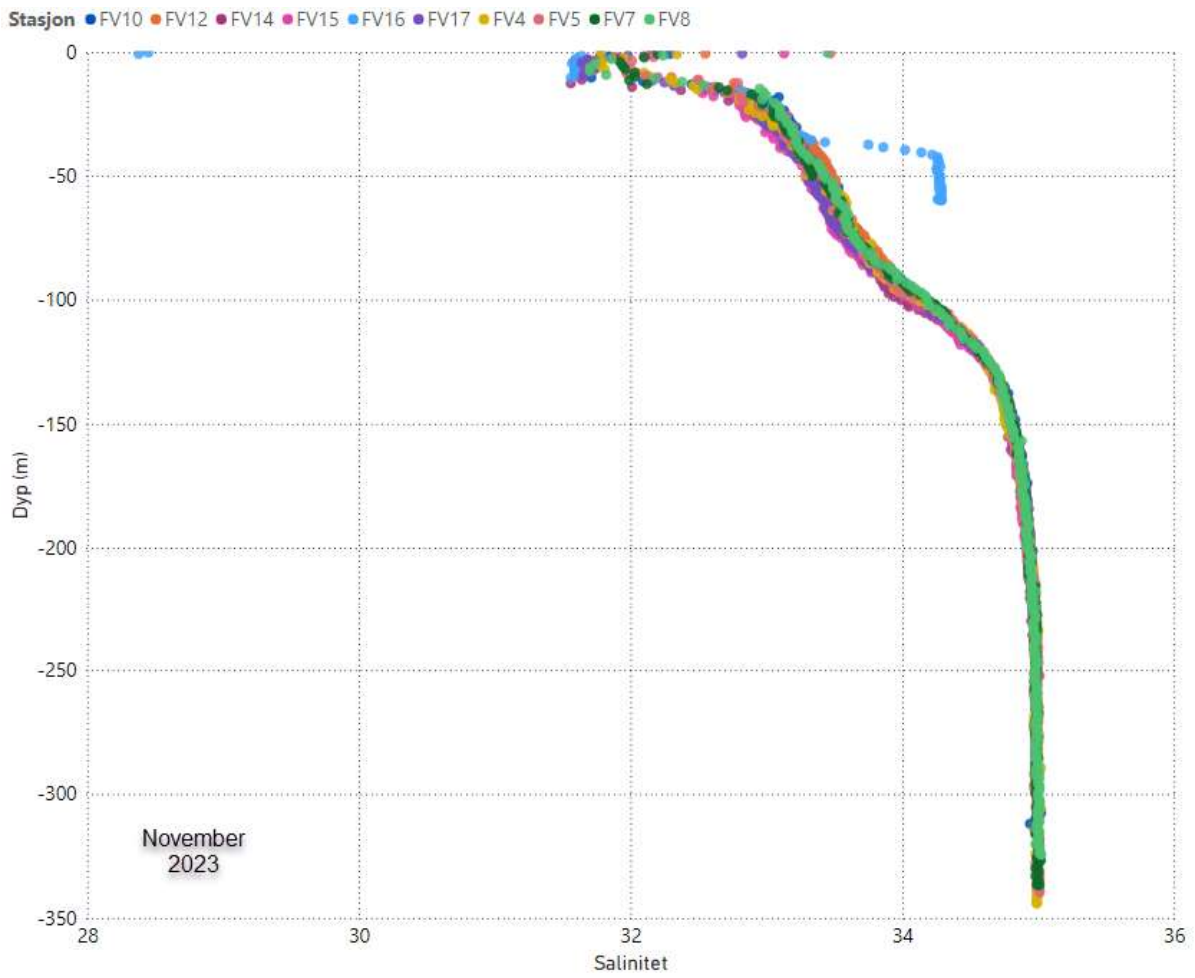
Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)**	>65	65-50	50-35	35-20	<20

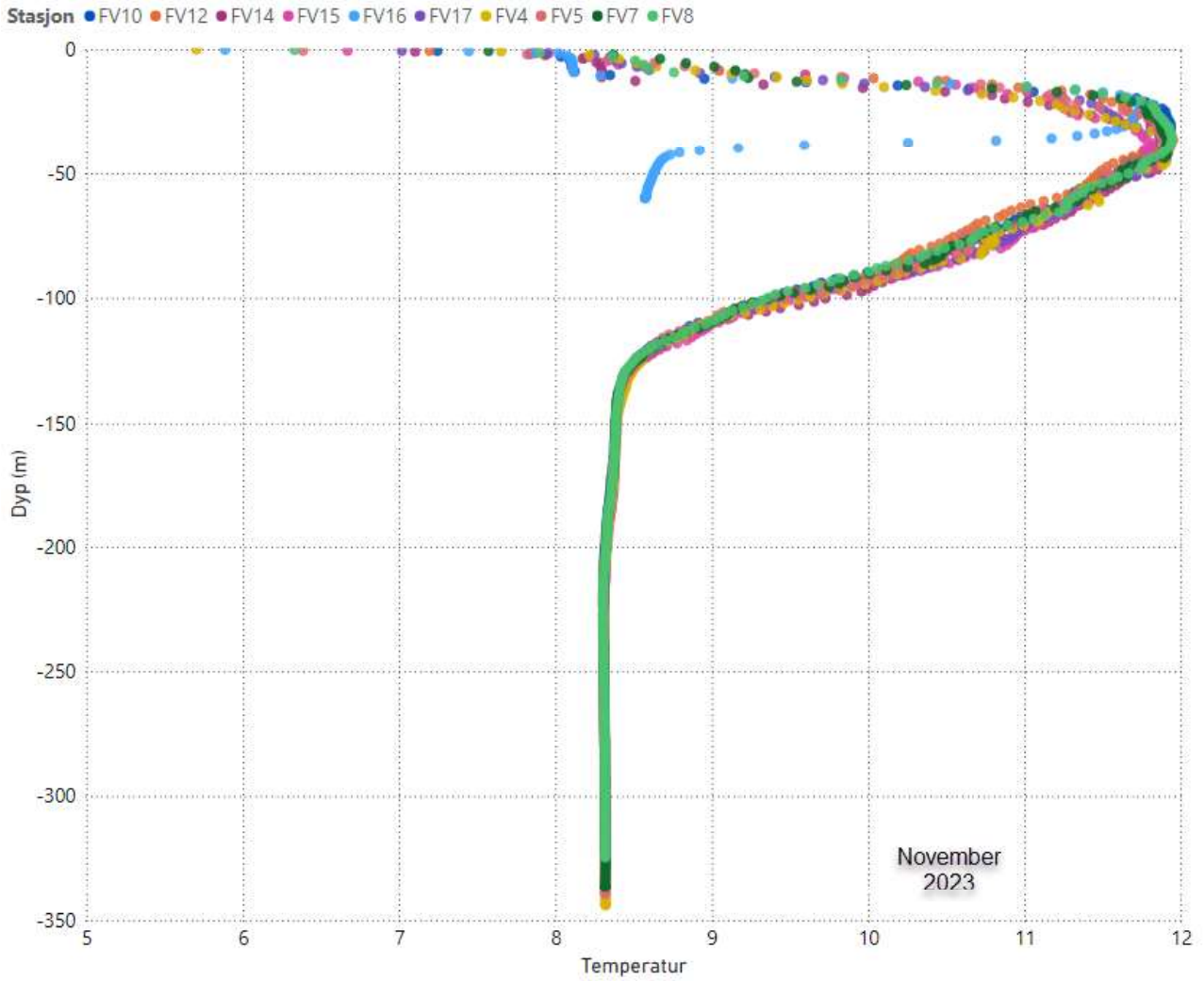
Stasjon ● FV10 ● FV12 ● FV14 ● FV15 ● FV16 ● FV17 ● FV4 ● FV5 ● FV7 ● FV8



Figur 6-10. Oksygen (mg/l) målt november 2023.

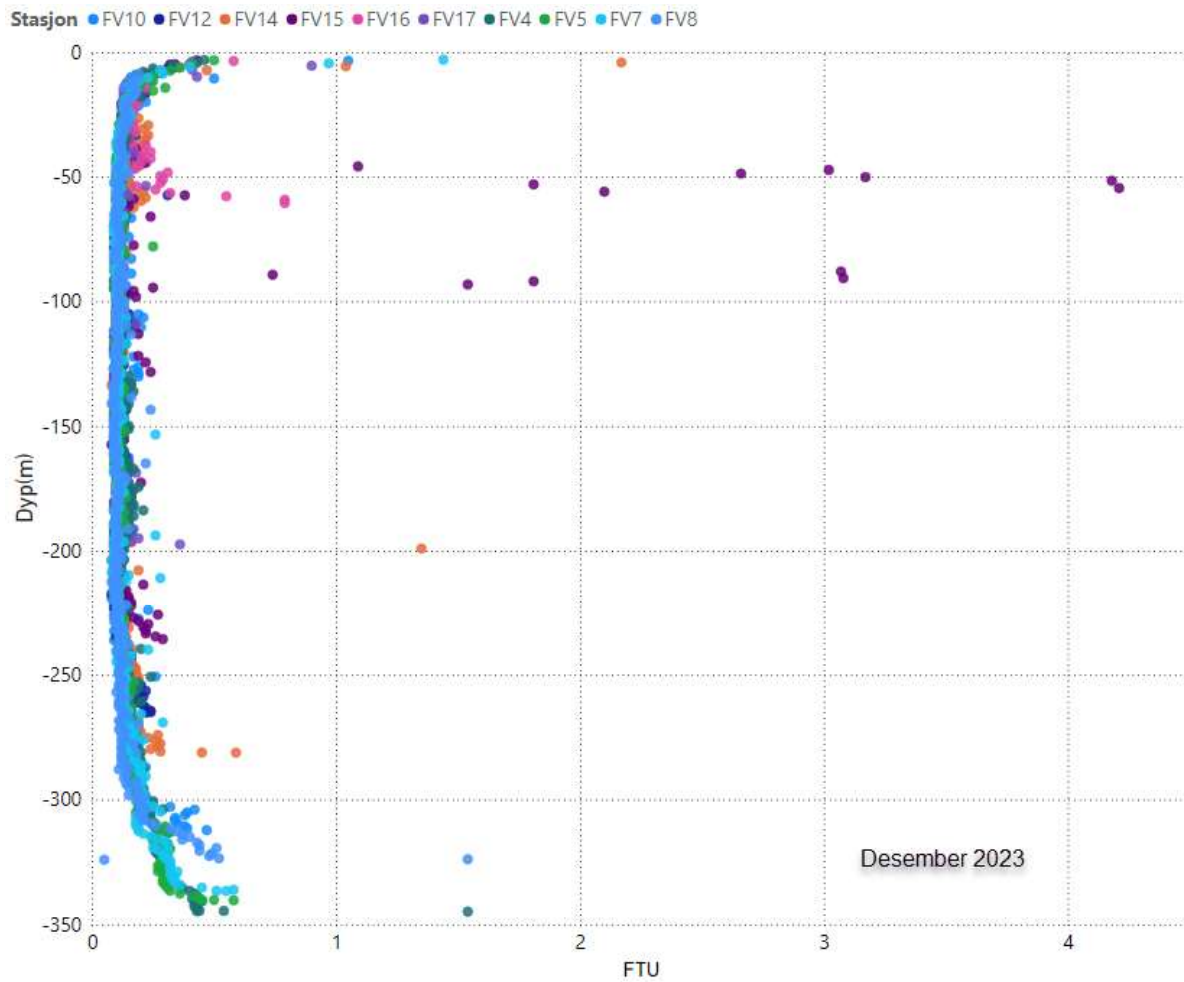


Figur 6-11. Salinitet målt november 2023.



Figur 6-12. Temperatur målt november 2023

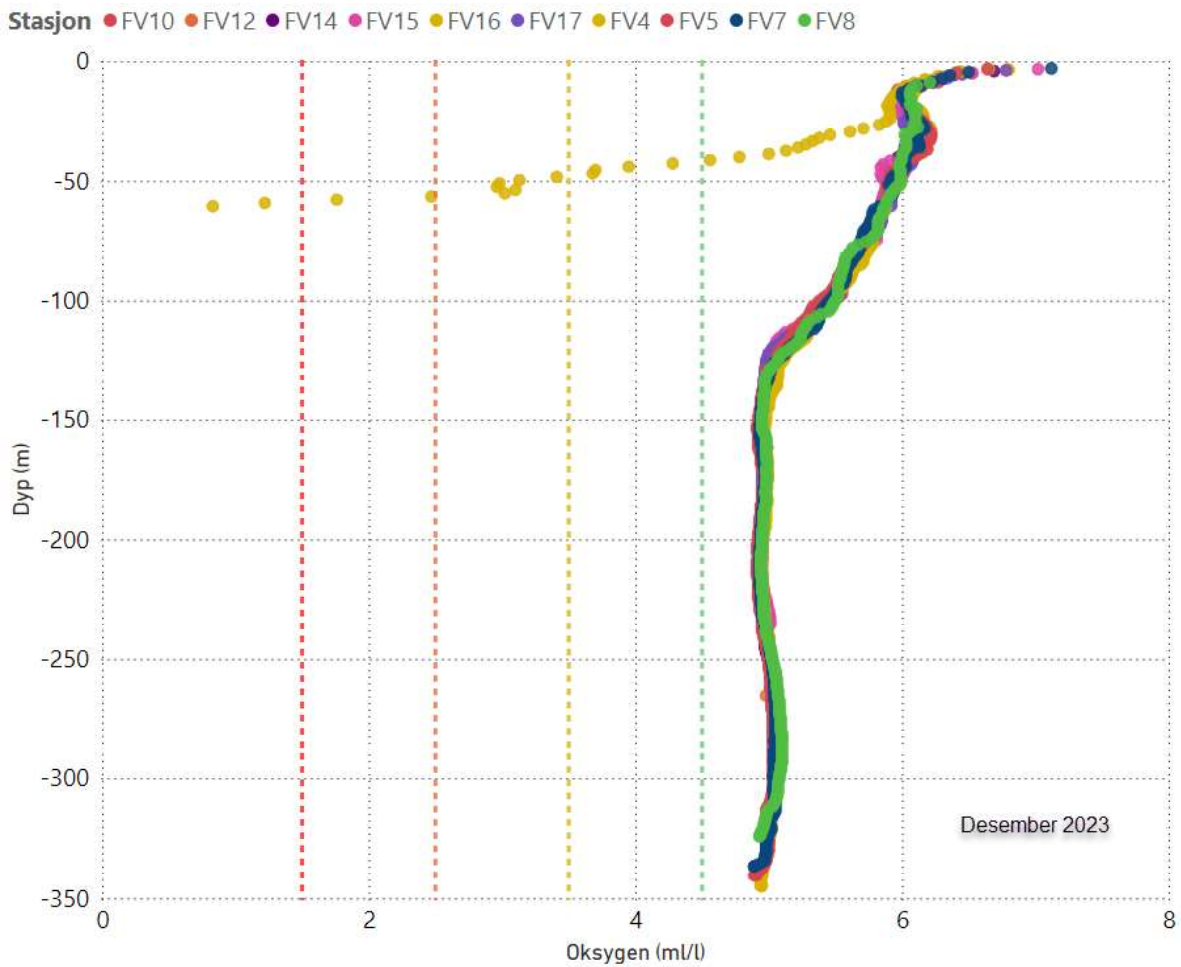
A4. Målinger gjennomført desember 2023



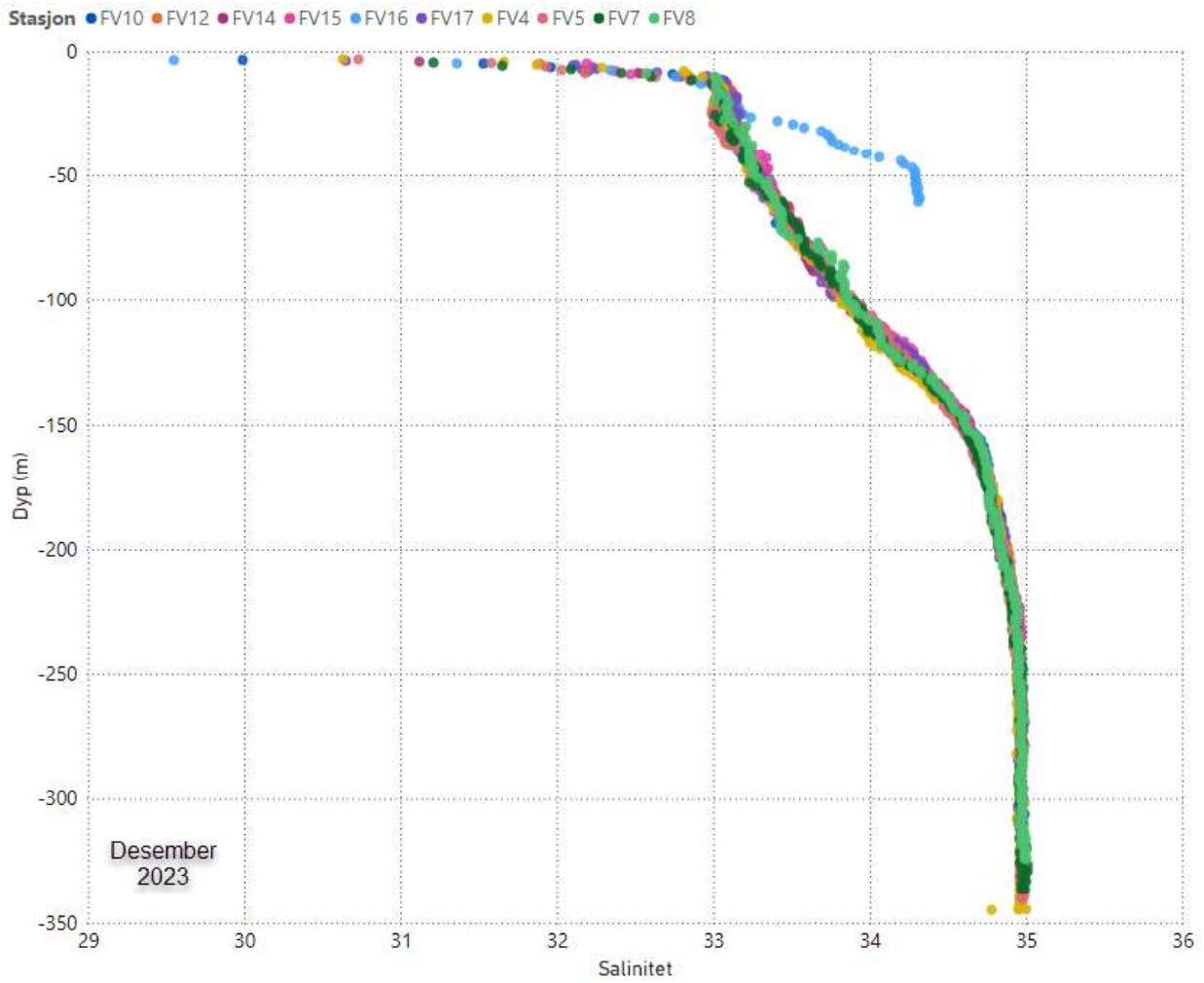
Figur 6-13. Turbiditet (FTU) målt desember 2023.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

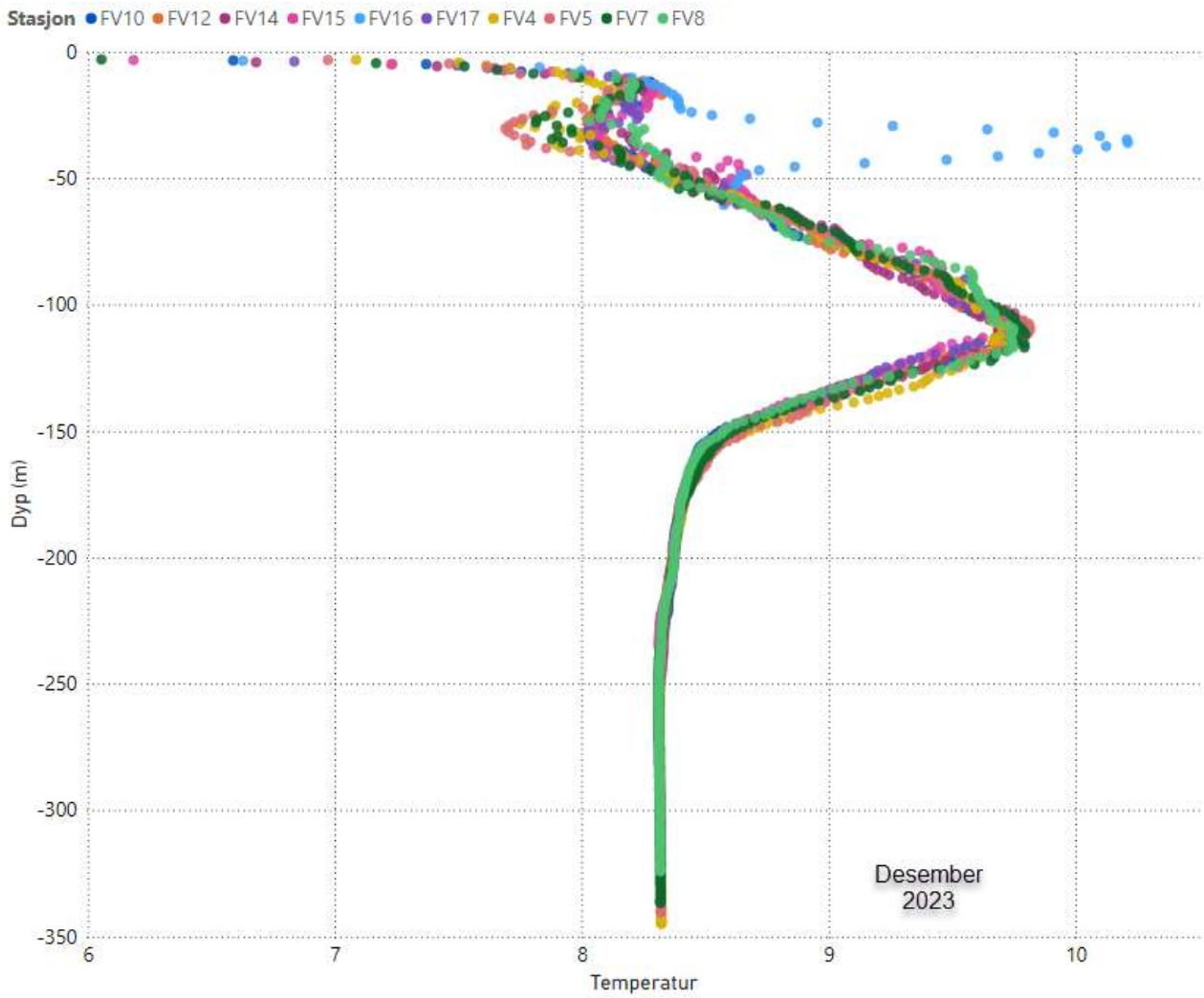
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-14. Oksygen (mg/l) målt desember 2023.

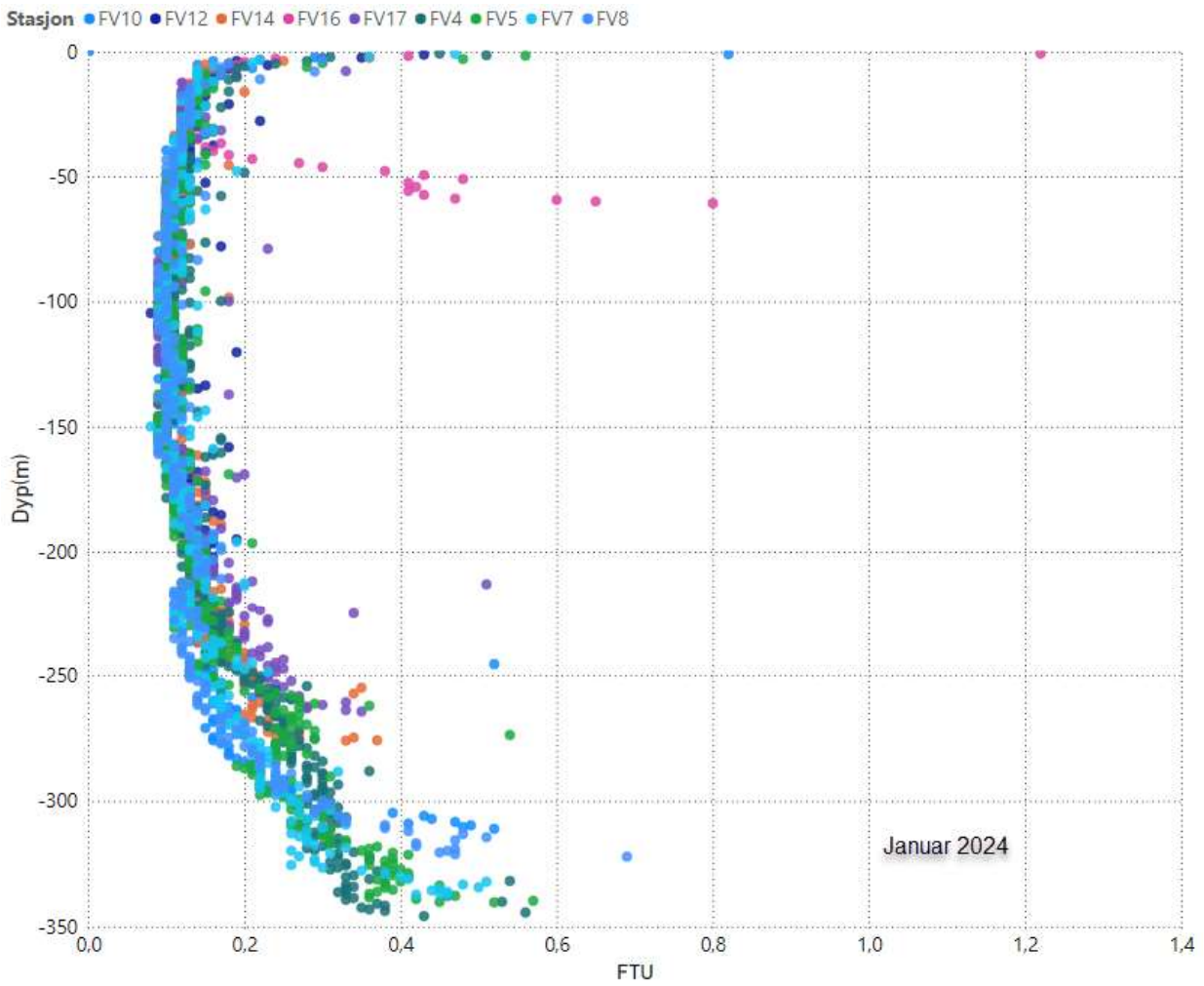


Figur 6-15. Salinitet målt desember 2023.



Figur 6-16. Temperatur målt desember 2023

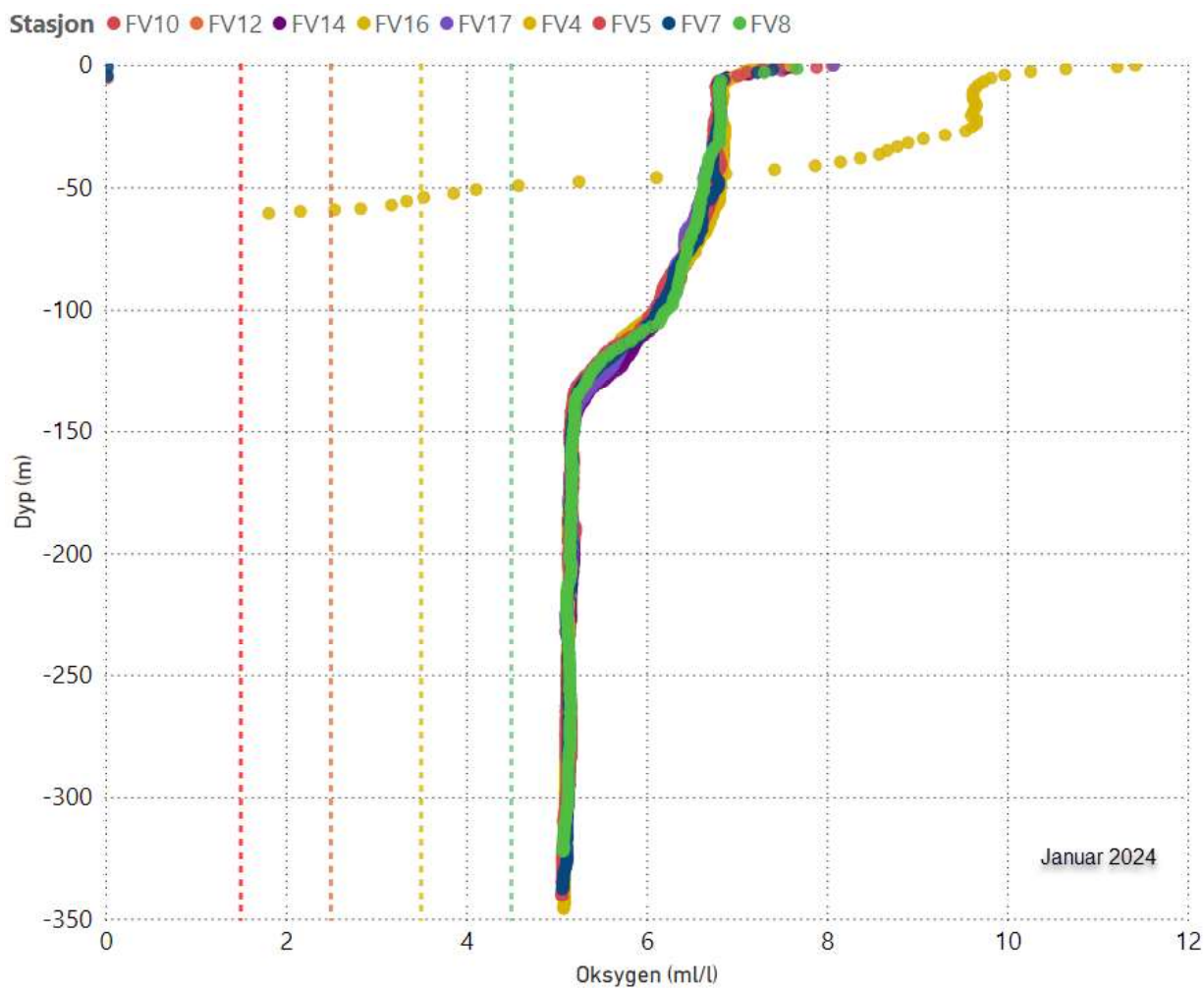
A5. Målinger gjennomført januar 2024



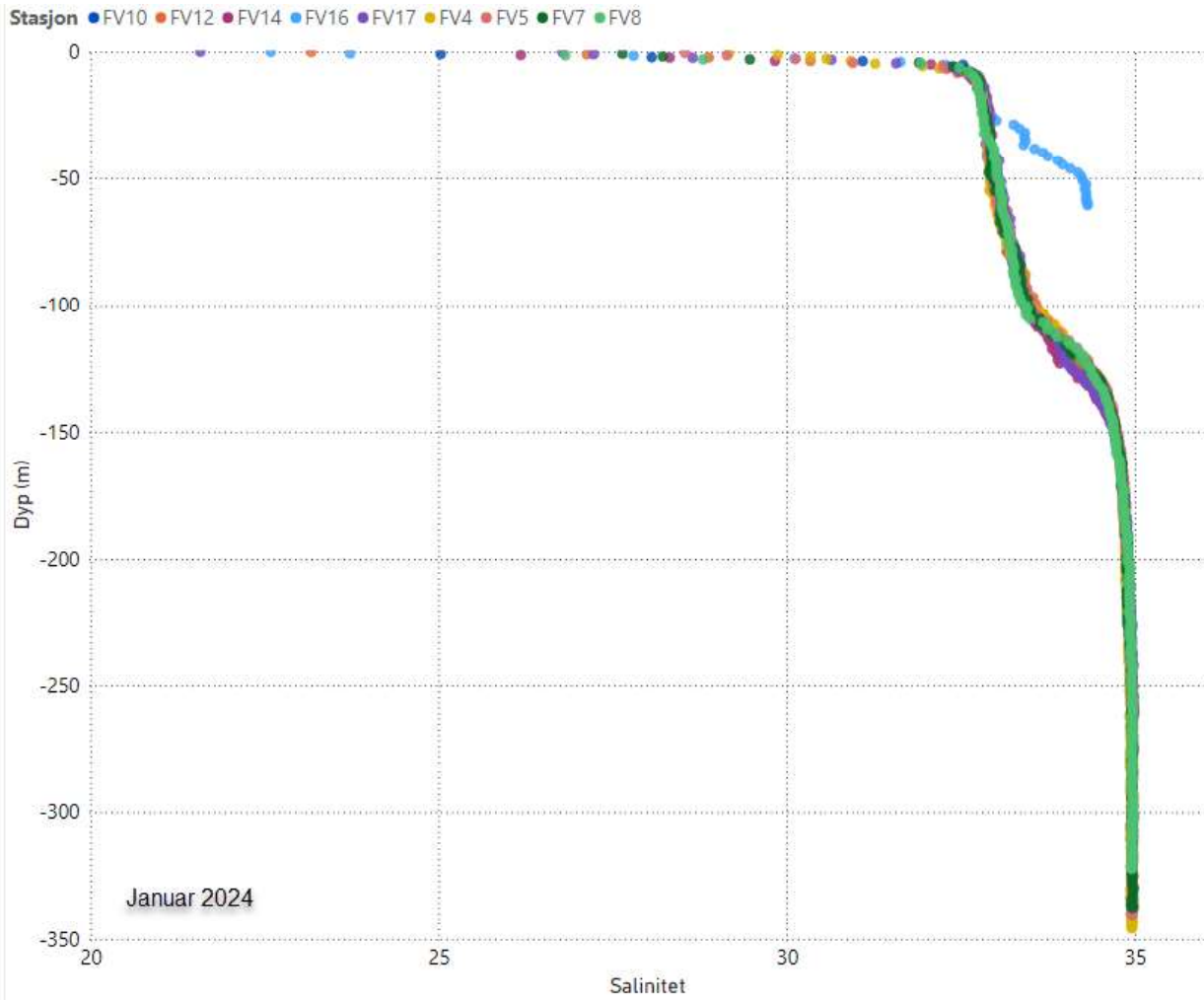
Figur 6-17. Turbiditet (FTU) målt januar 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

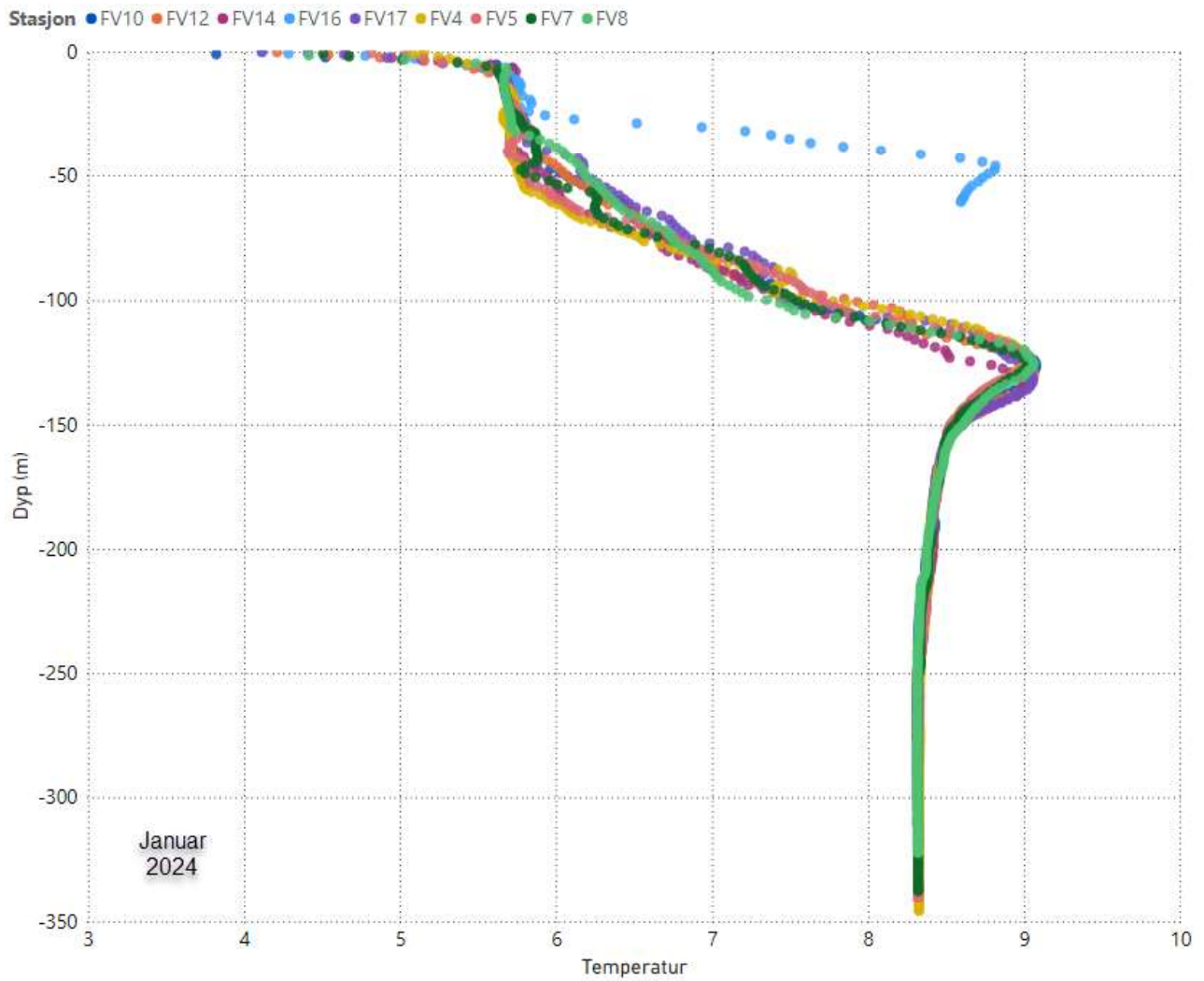
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen (mlO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-18. Oksygen (mg/l) målt januar 2024.

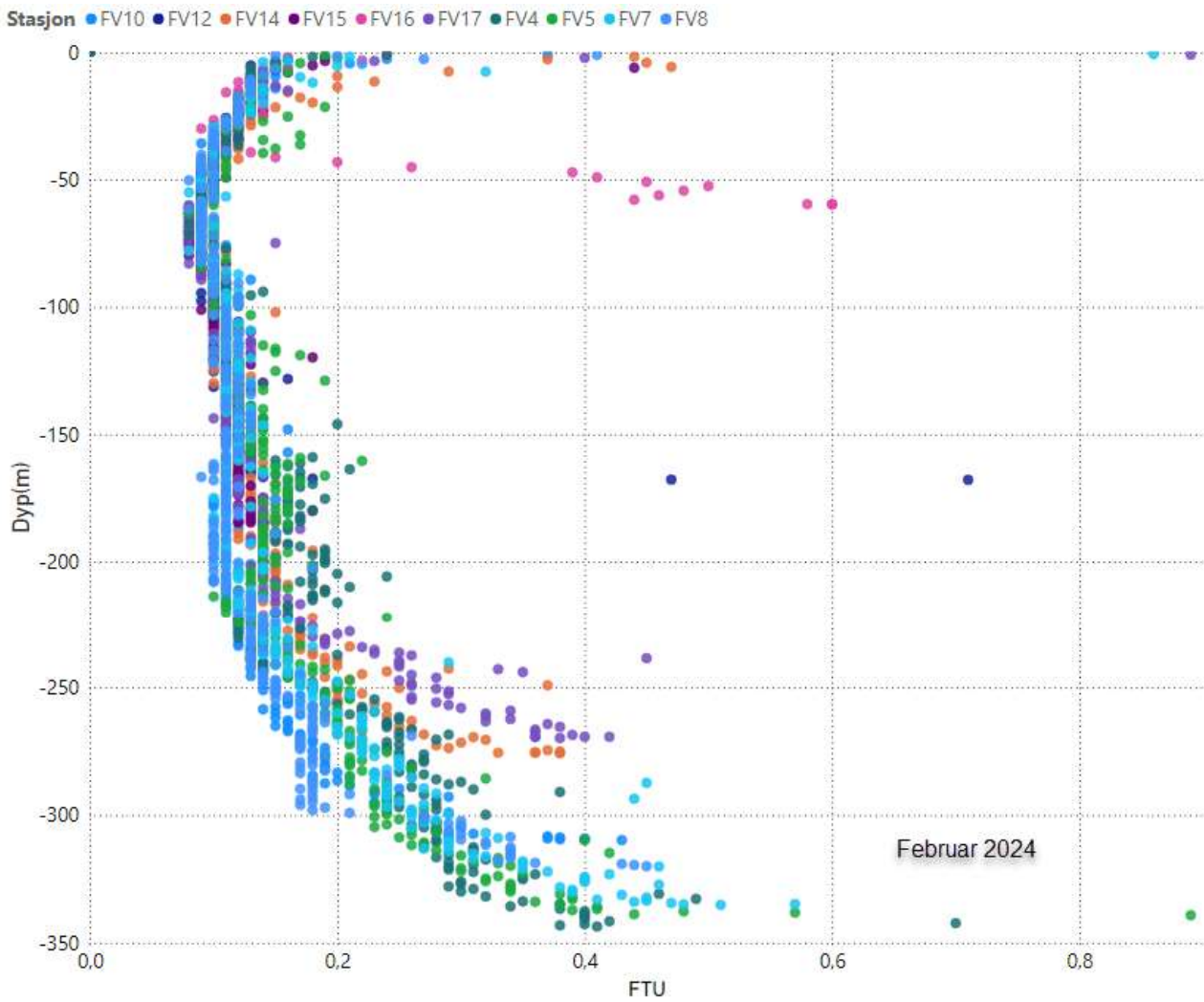


Figur 6-19. Salinitet målt januar 2024.



Figur 6-20. Temperatur målt januar 2024

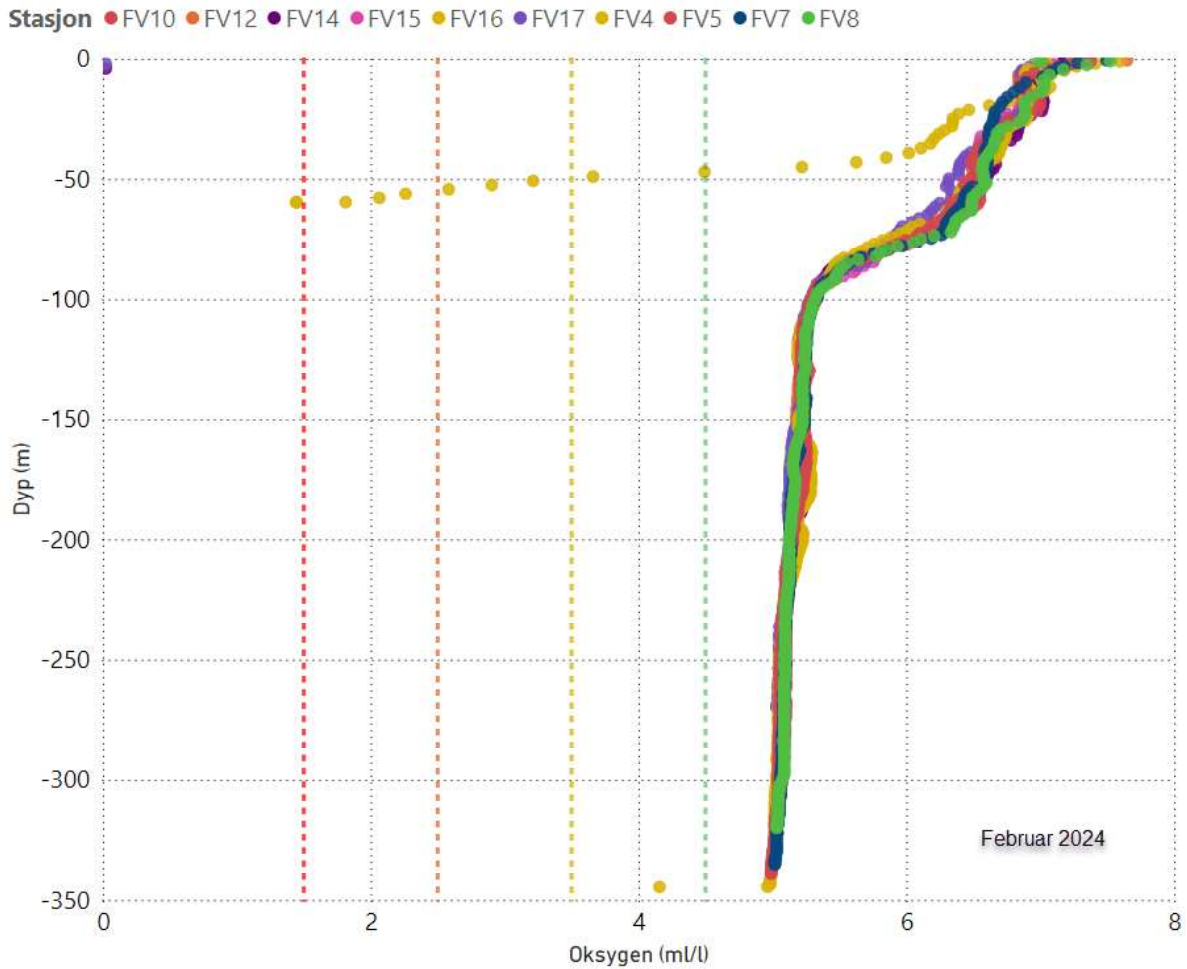
A6. Målinger gjennomført februar 2024



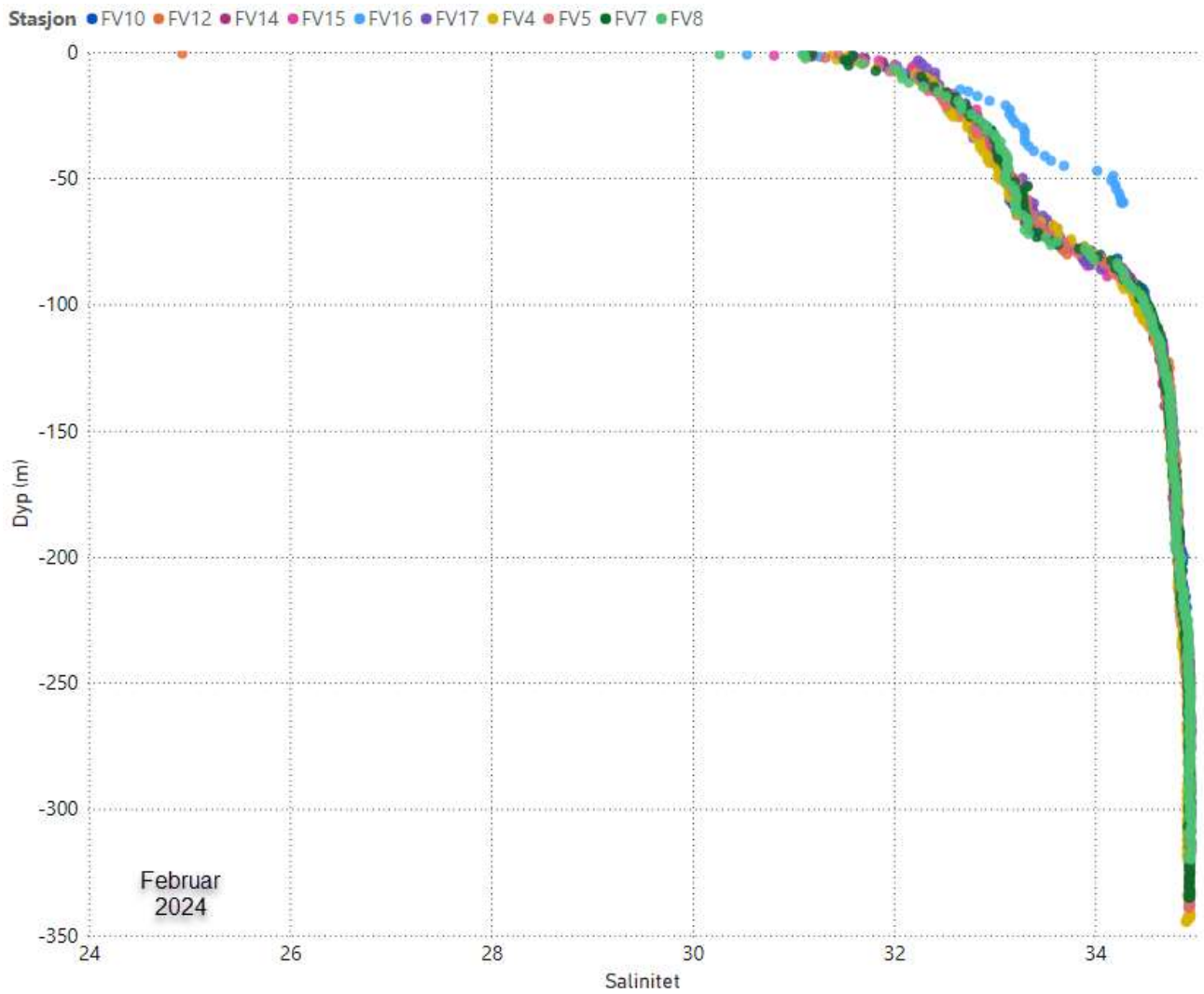
Figur 6-21. Turbiditet (FTU) målt februar 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

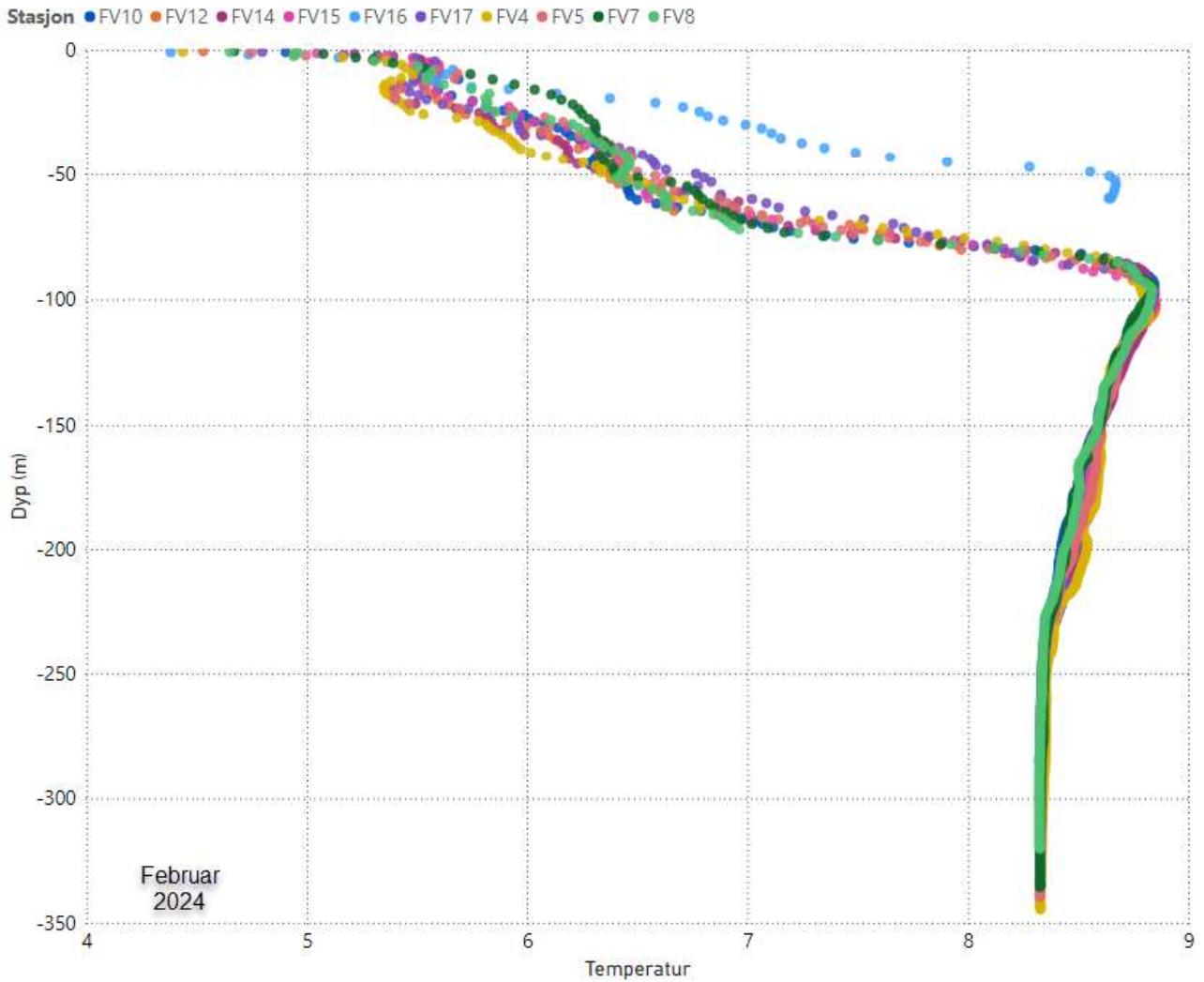
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-22. Oksygen (mg/l) målt februar 2024.

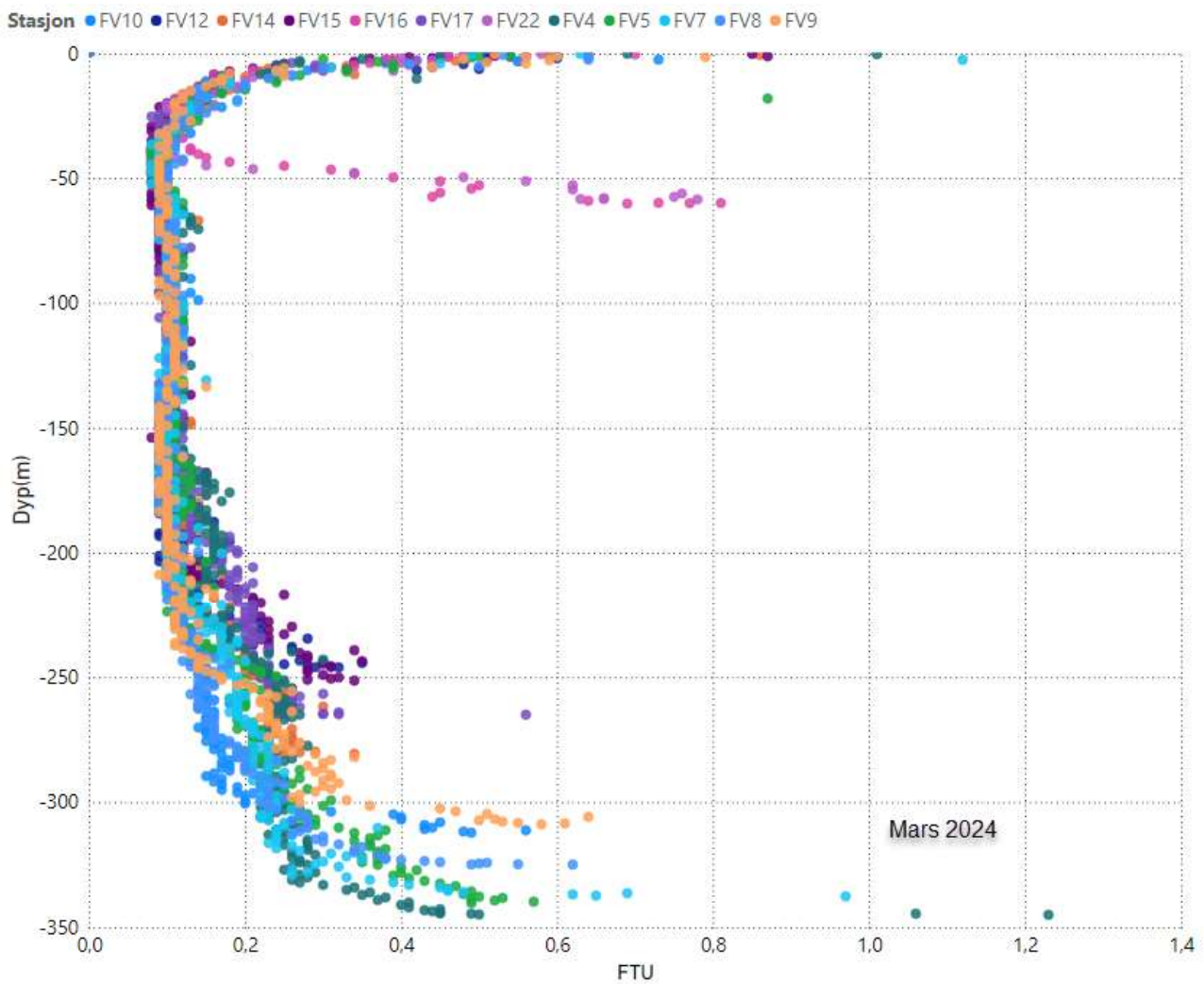


Figur 6-23. Salinitet målt februar 2024.



Figur 6-24. Temperatur målt februar 2024

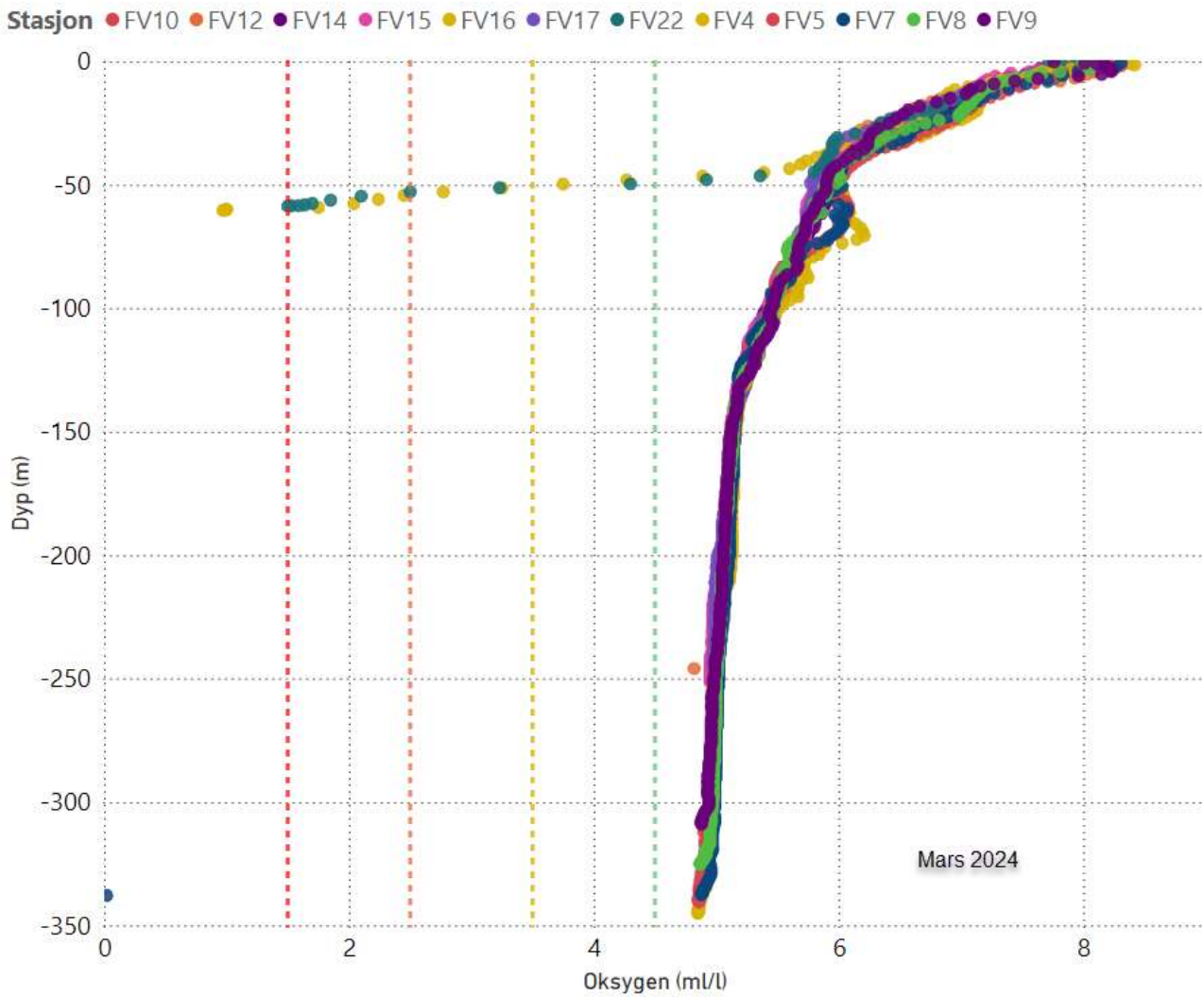
A7. Målinger gjennomført mars 2024



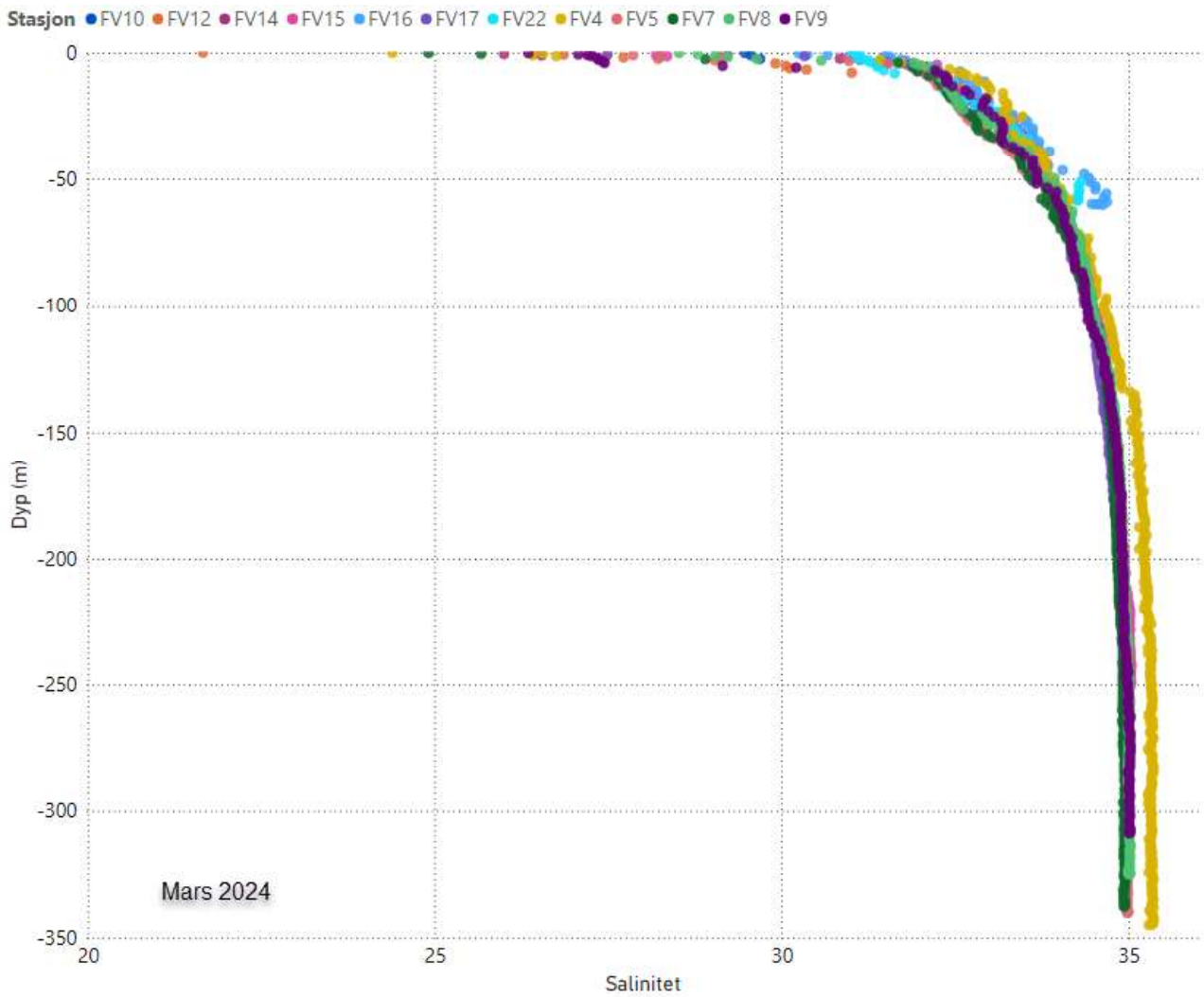
Figur 6-25. Turbiditet (FTU) målt mars 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

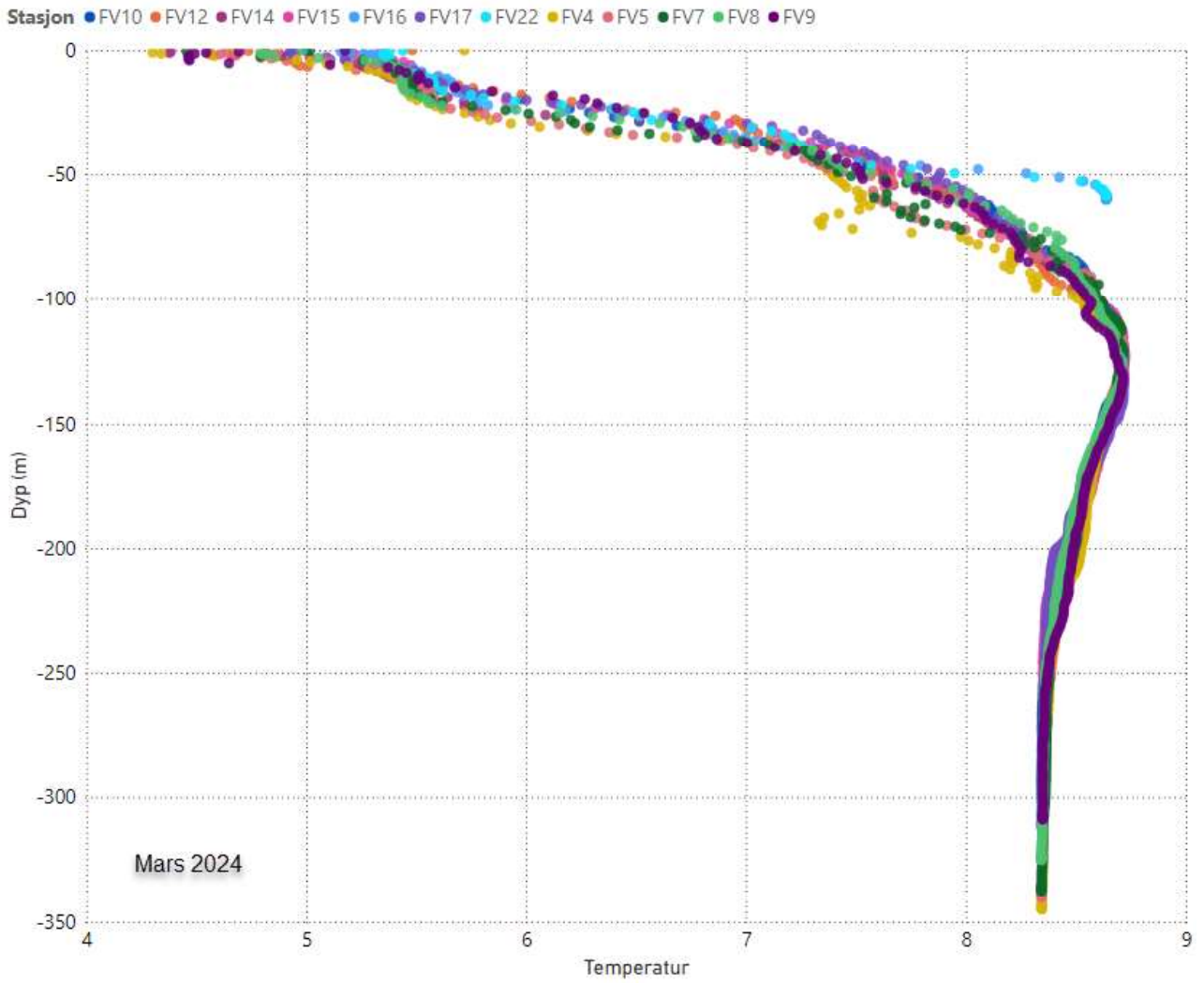
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen (ml O ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-26. Oksygen (mg/l) målt mars 2024.

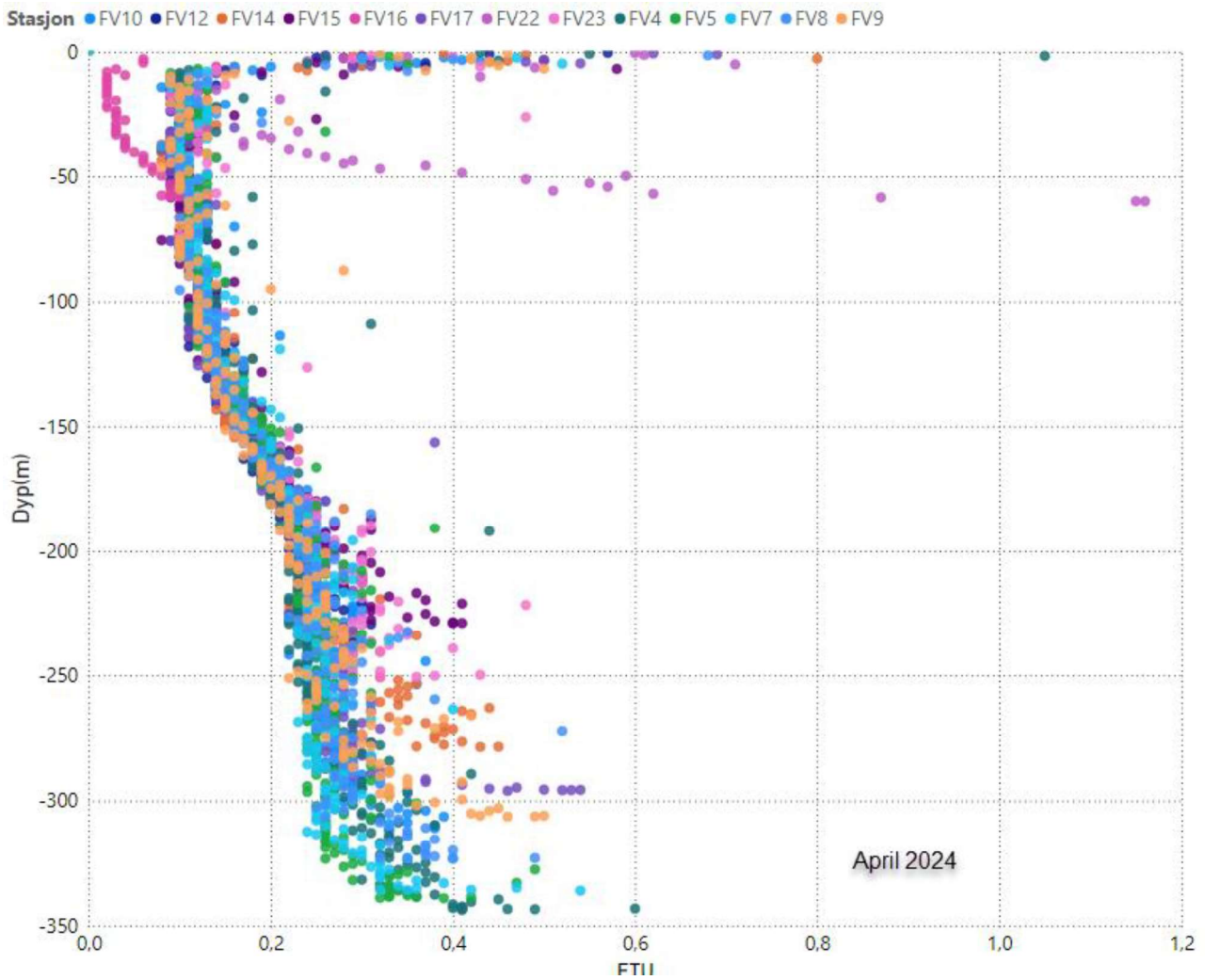


Figur 6-27. Salinitet målt mars 2024.



Figur 6-28. Temperatur målt mars 2024

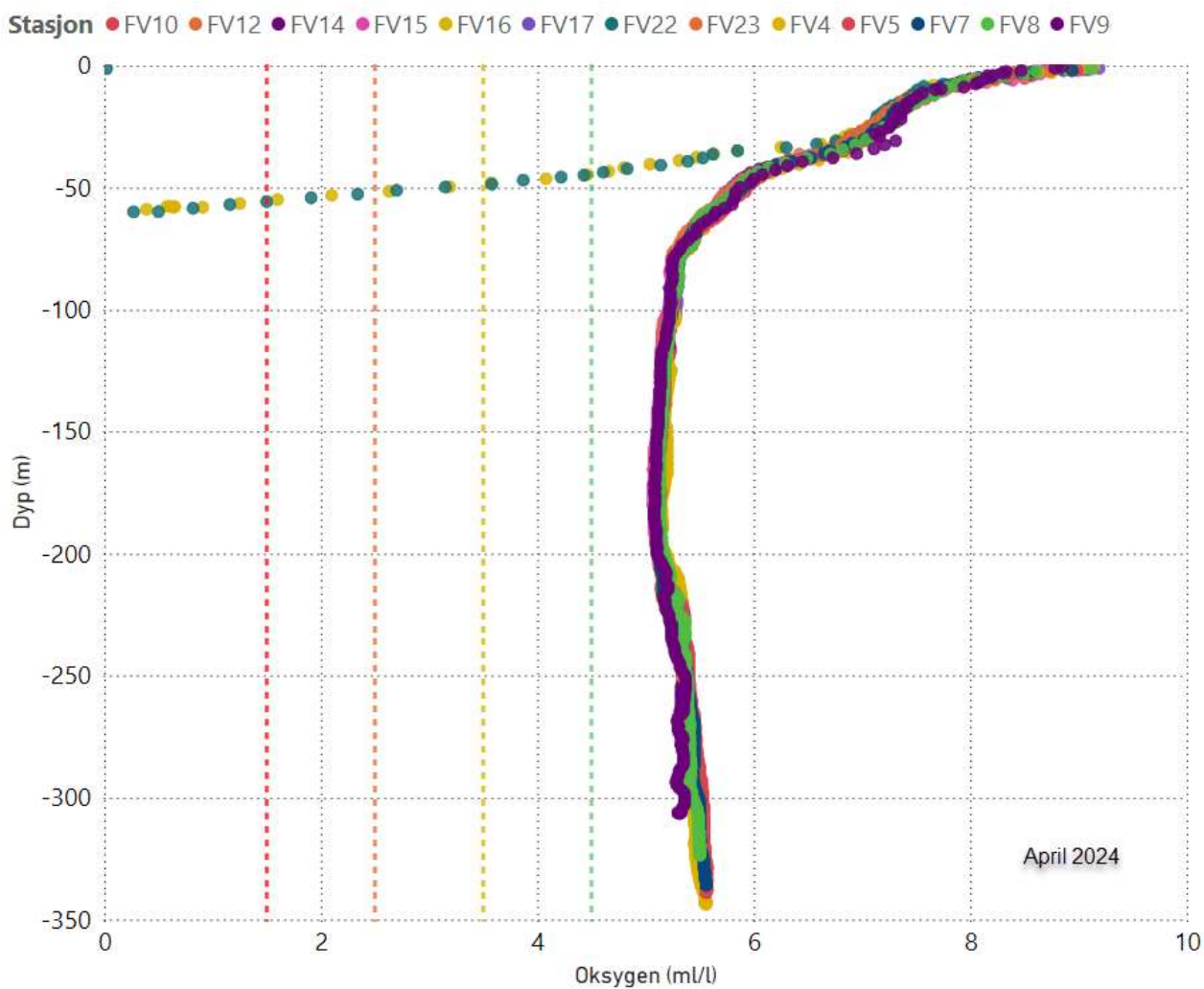
A8. Målinger gjennomført april 2024



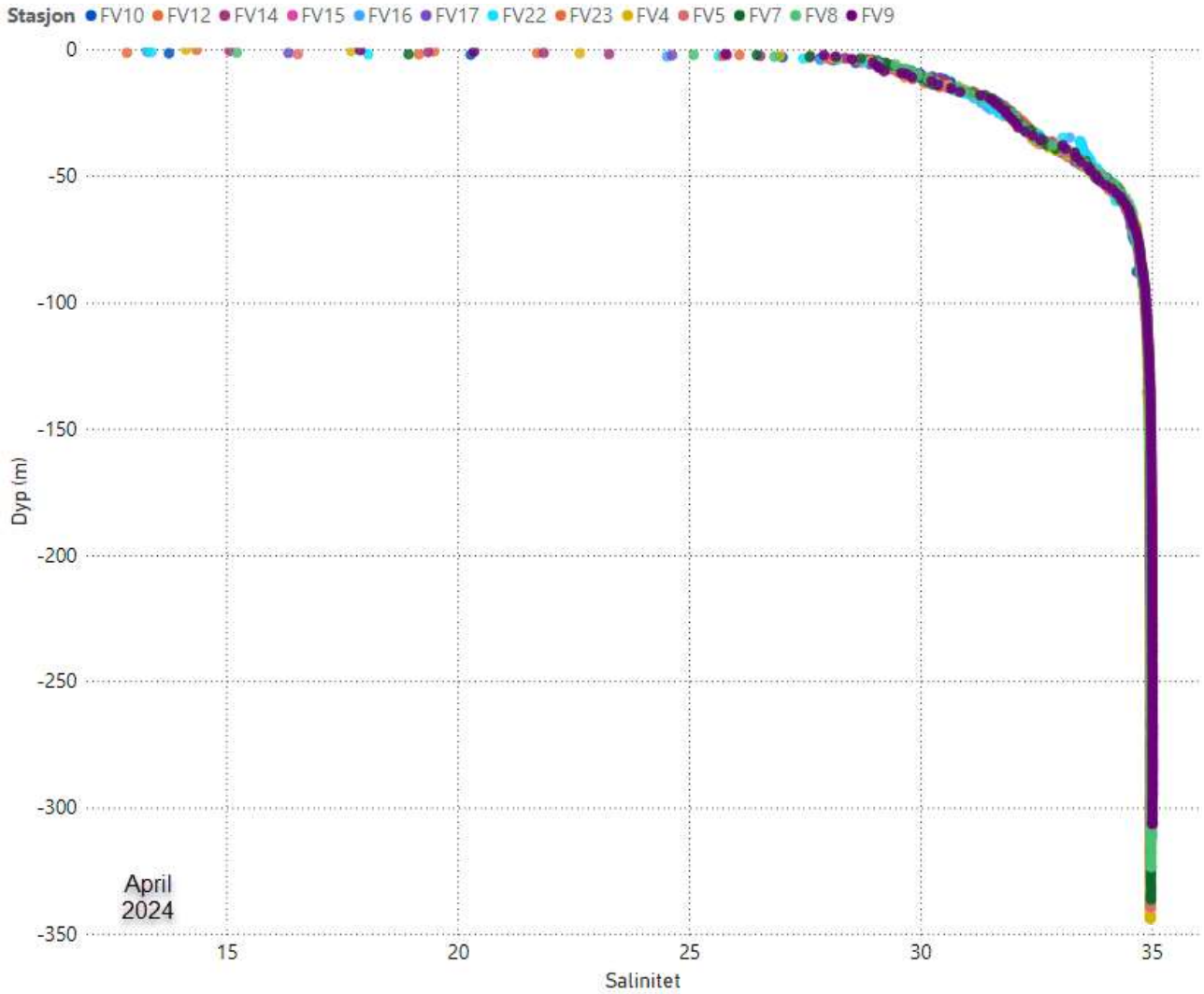
Figur 6-29. Turbiditet (FTU) målt april 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

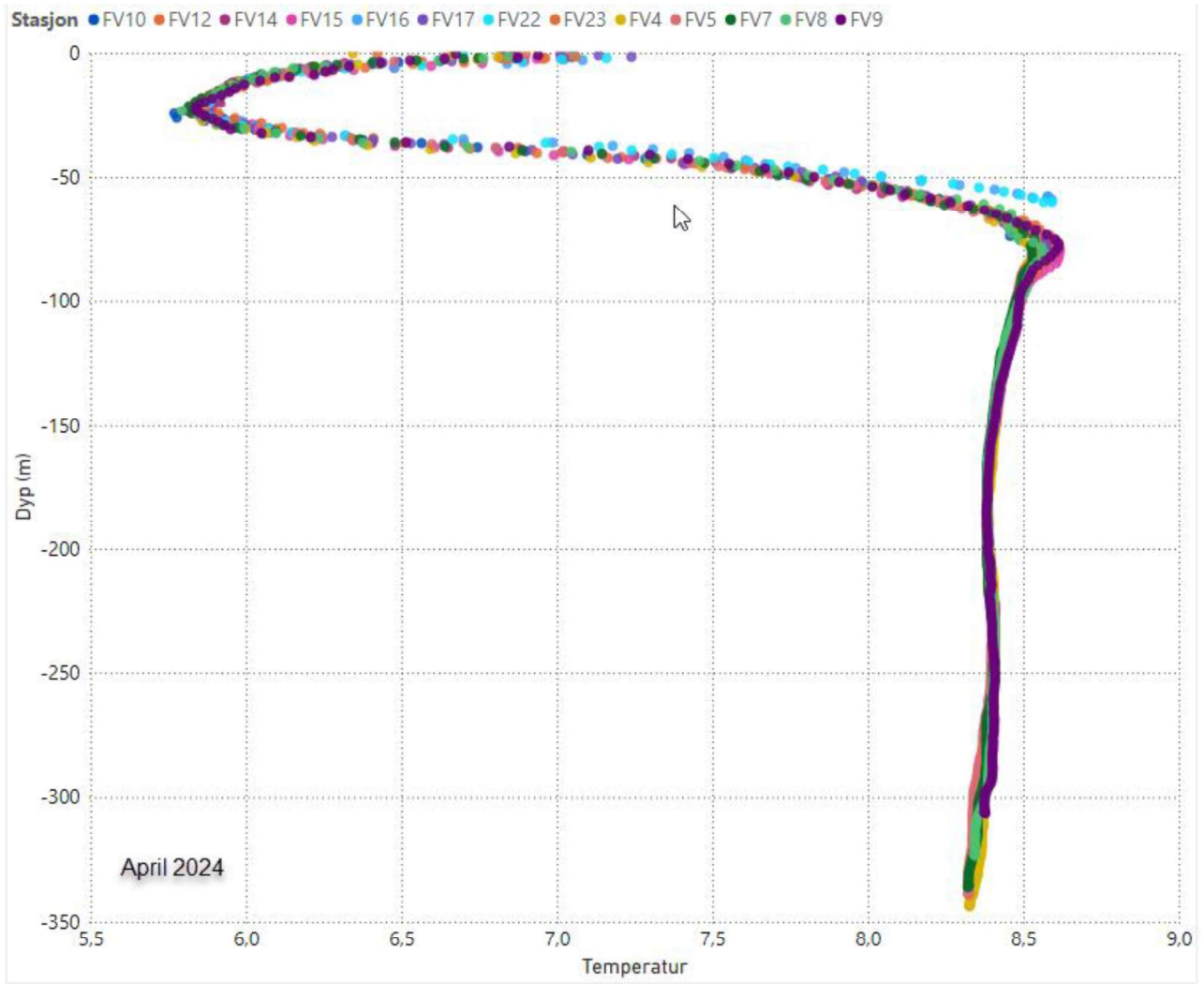
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen (mlO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-30. Oksygen (mg/l) målt april 2024.

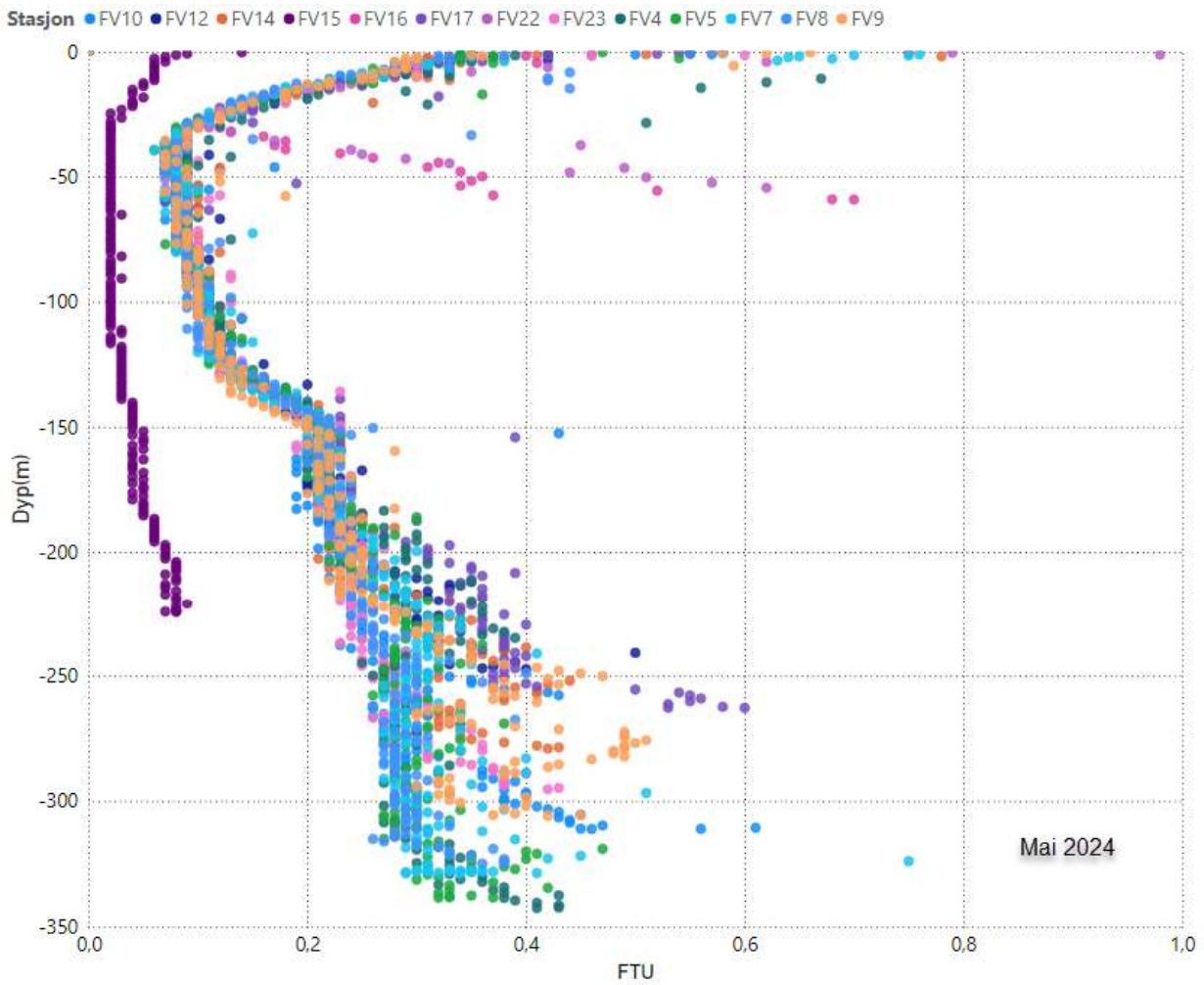


Figur 6-31. Salinitet målt april 2024.



Figur 6-32. Temperatur målt april 2024

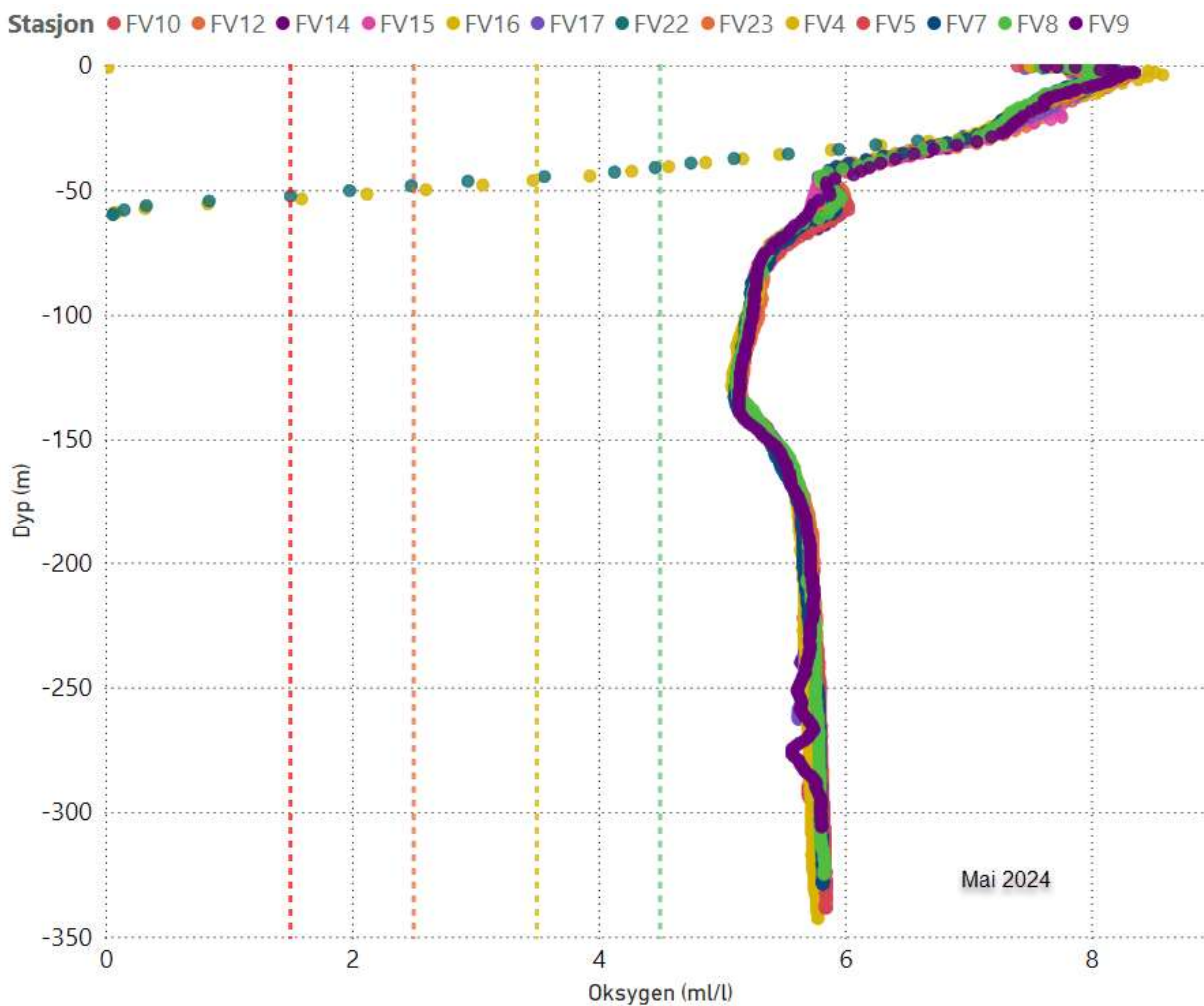
A9. Målinger gjennomført mai 2024



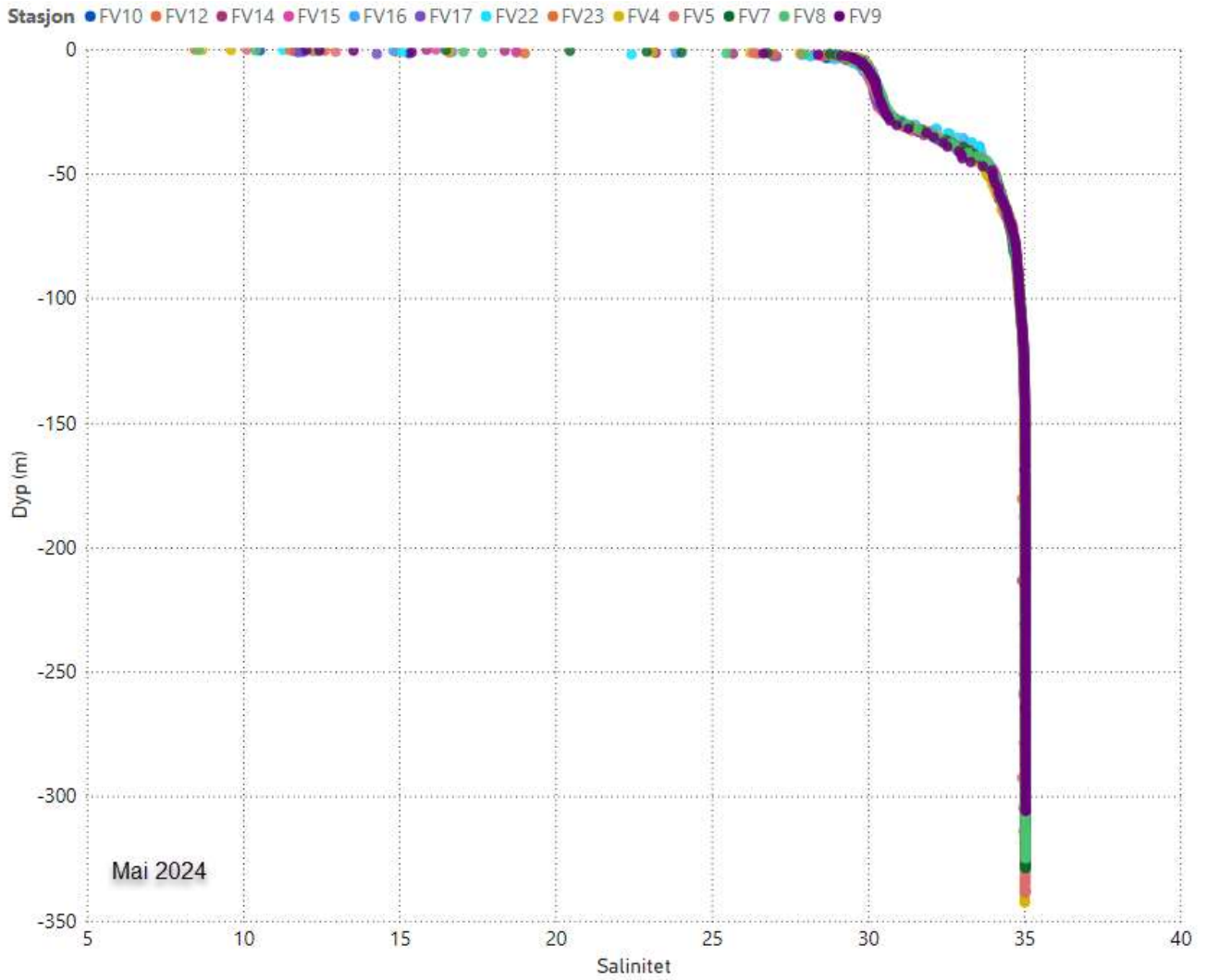
Figur 6-33. Turbiditet (FTU) målt mai 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

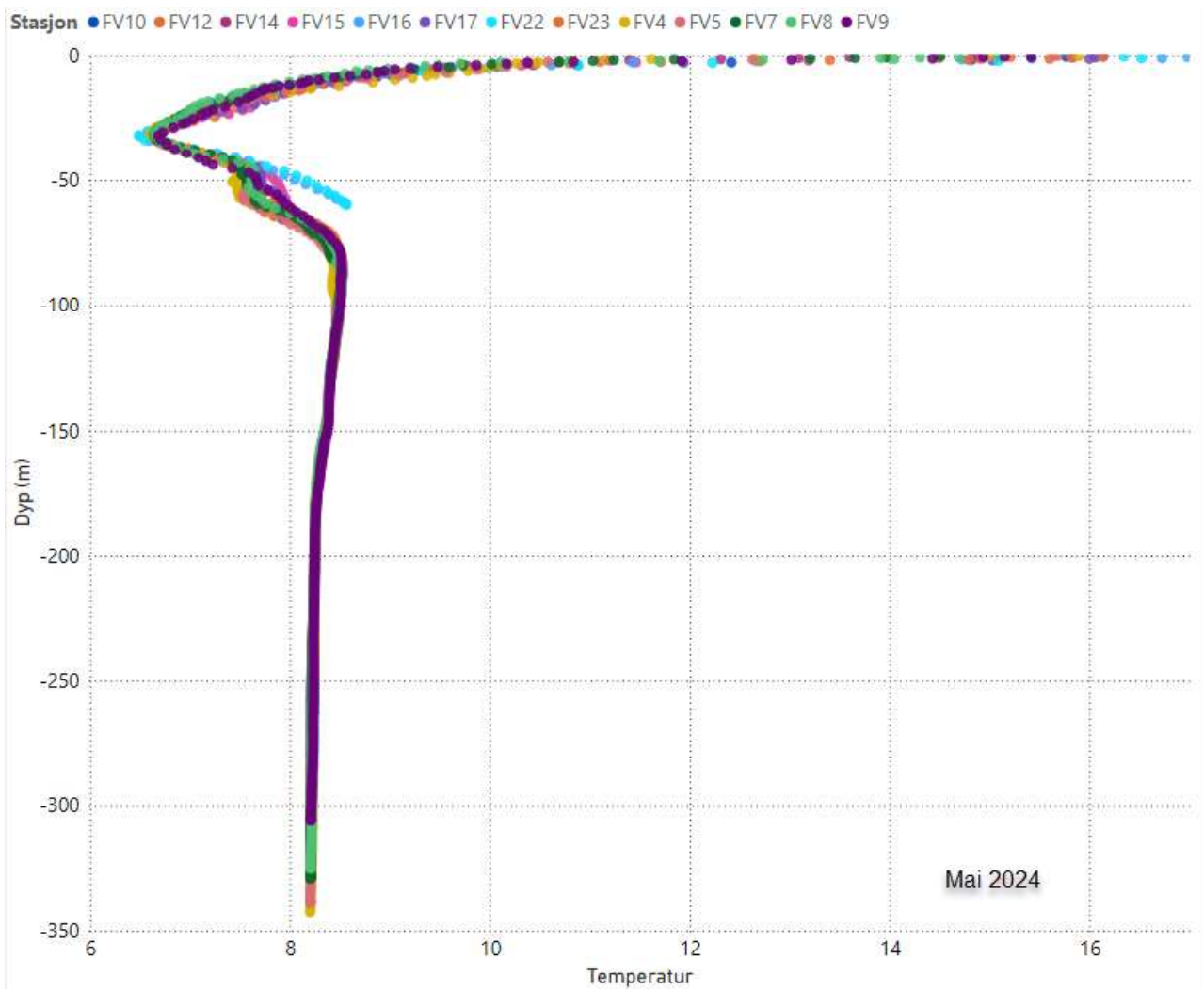
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-34. Oksygen (mg/l) målt mai 2024.

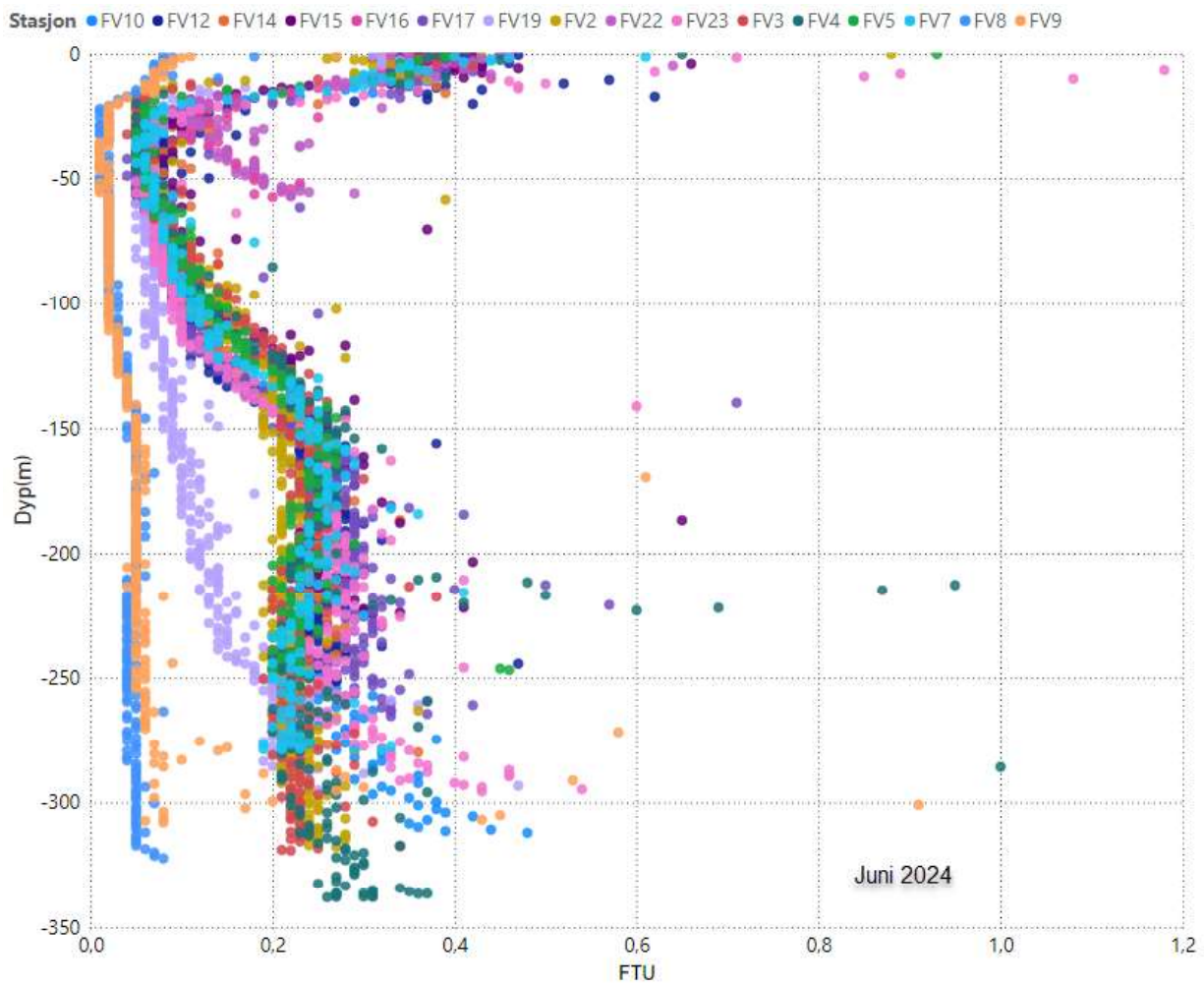


Figur 6-35. Salinitet målt mai 2024.



Figur 6-36. Temperatur målt mai 2024

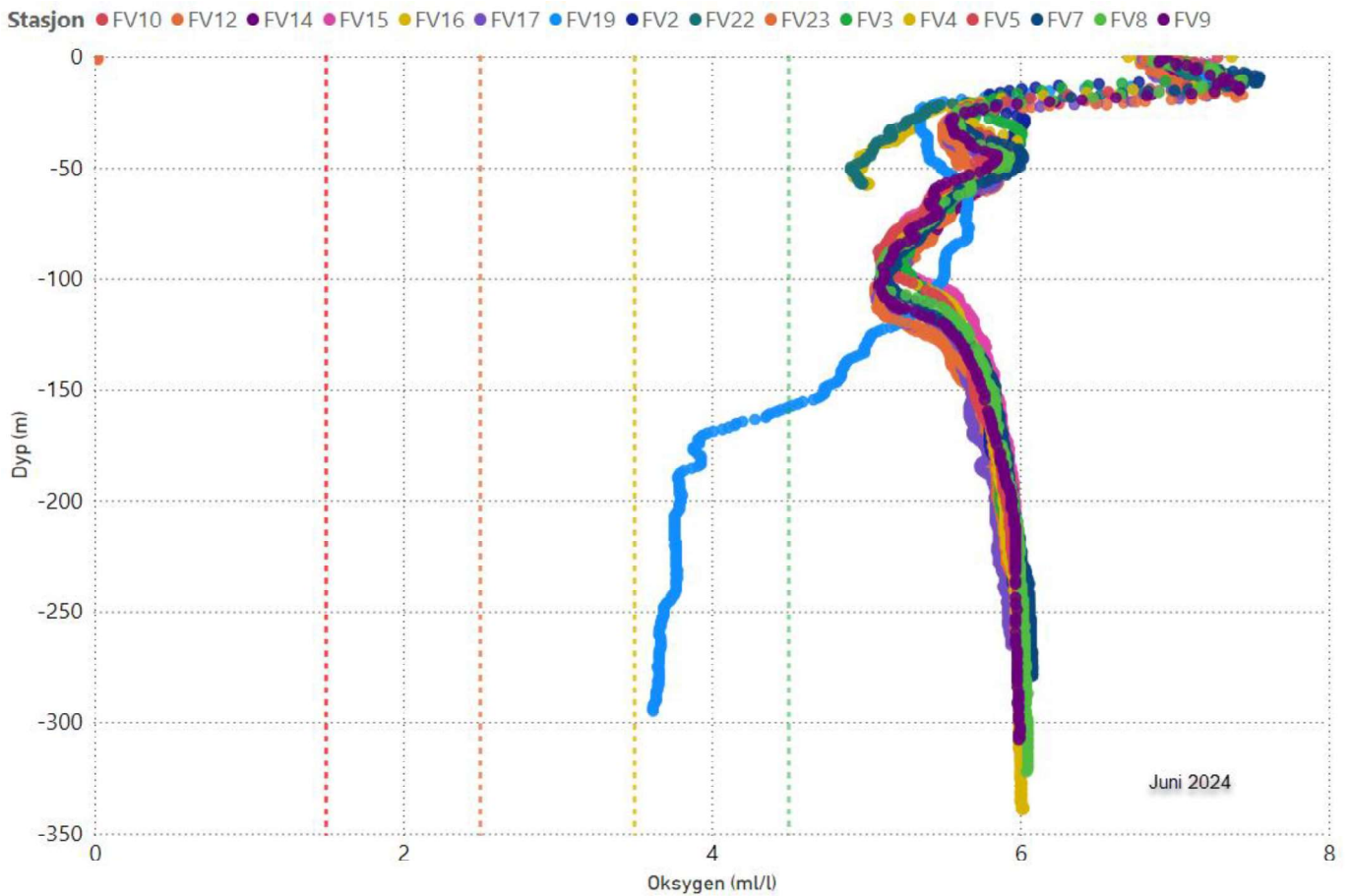
A10. Målinger gjennomført juni 2024



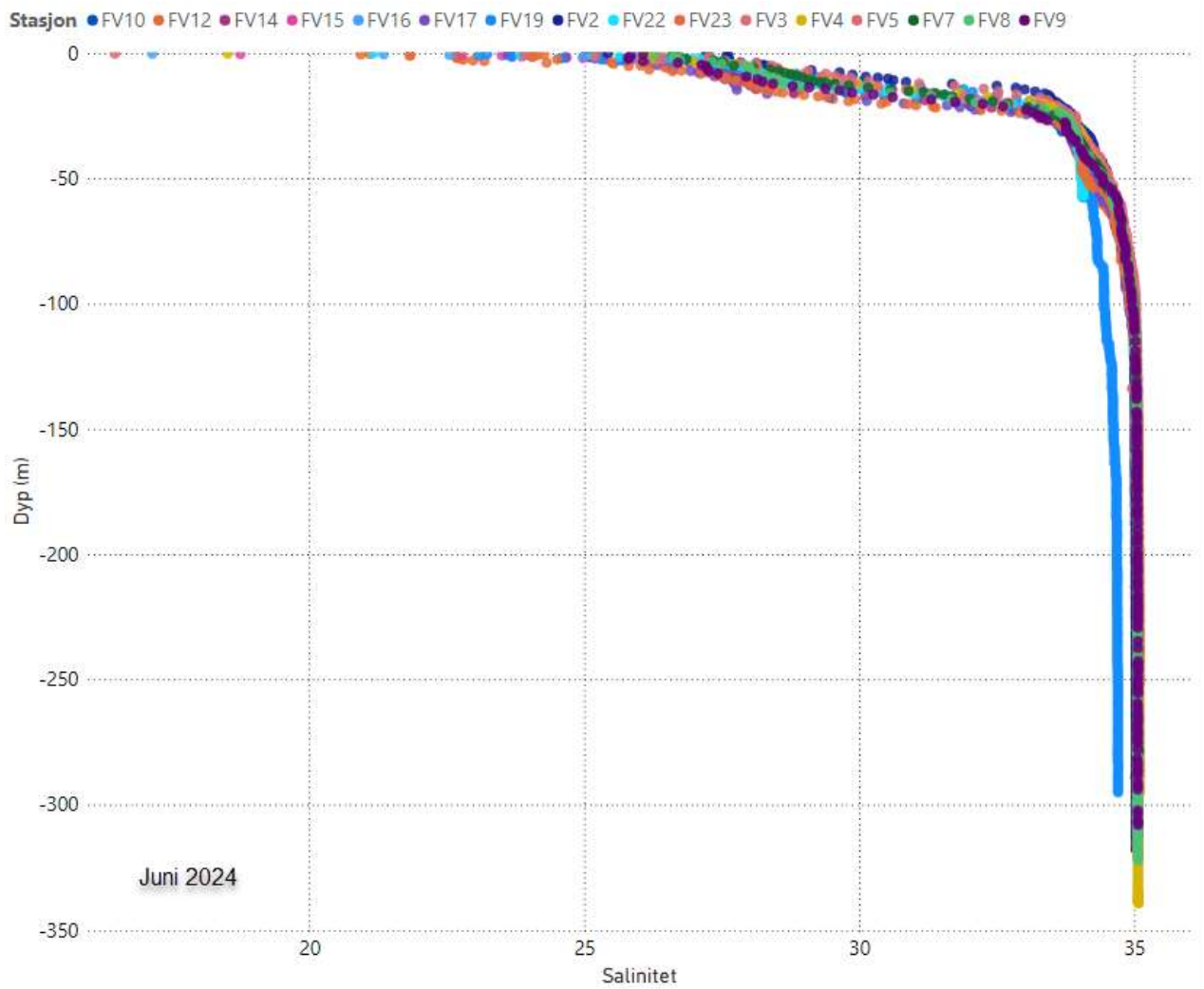
Figur 6-37. Turbiditet (FTU) målt juni 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

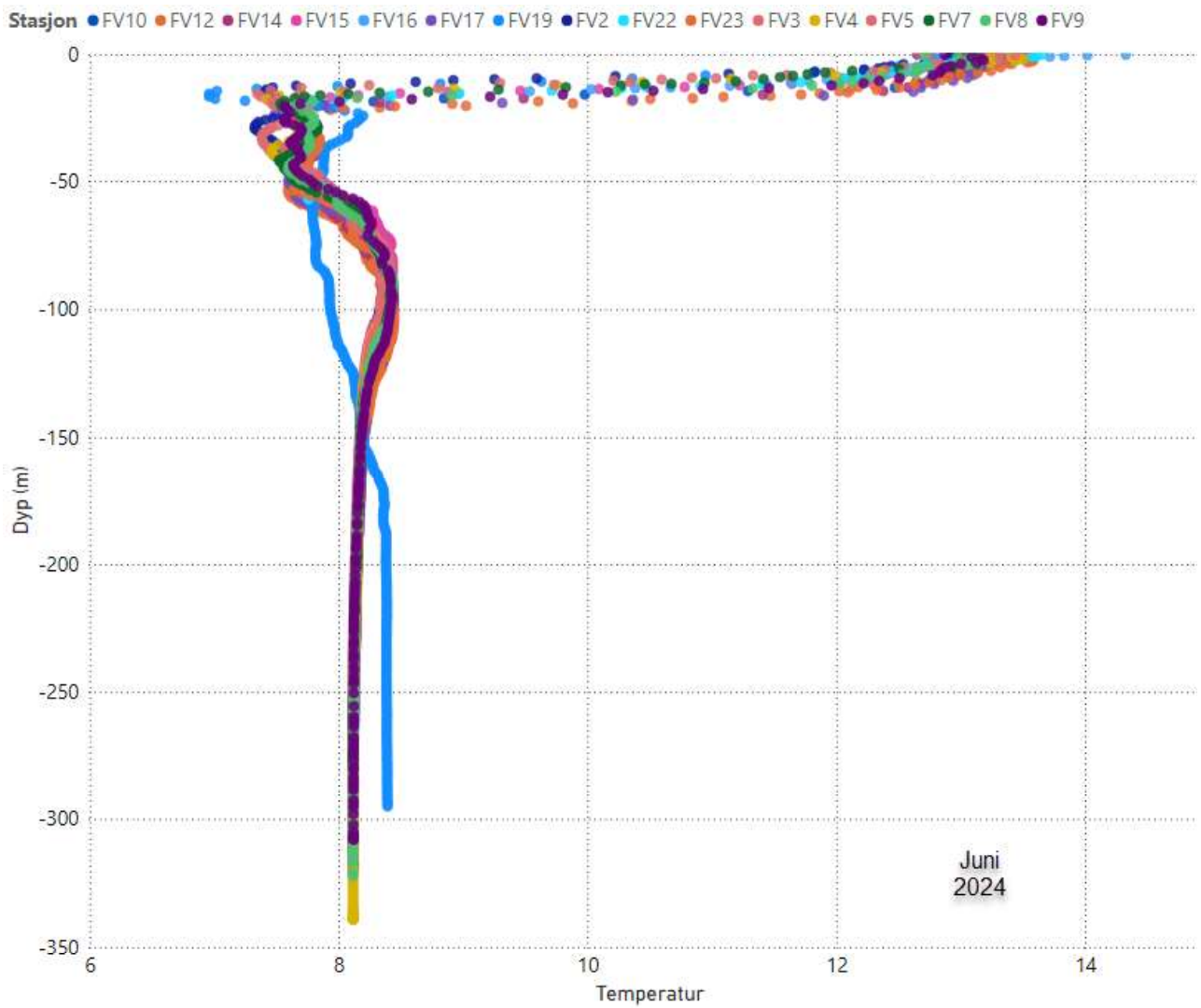
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen (ml O ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-38. Oksygen (mg/l) målt juni 2024.

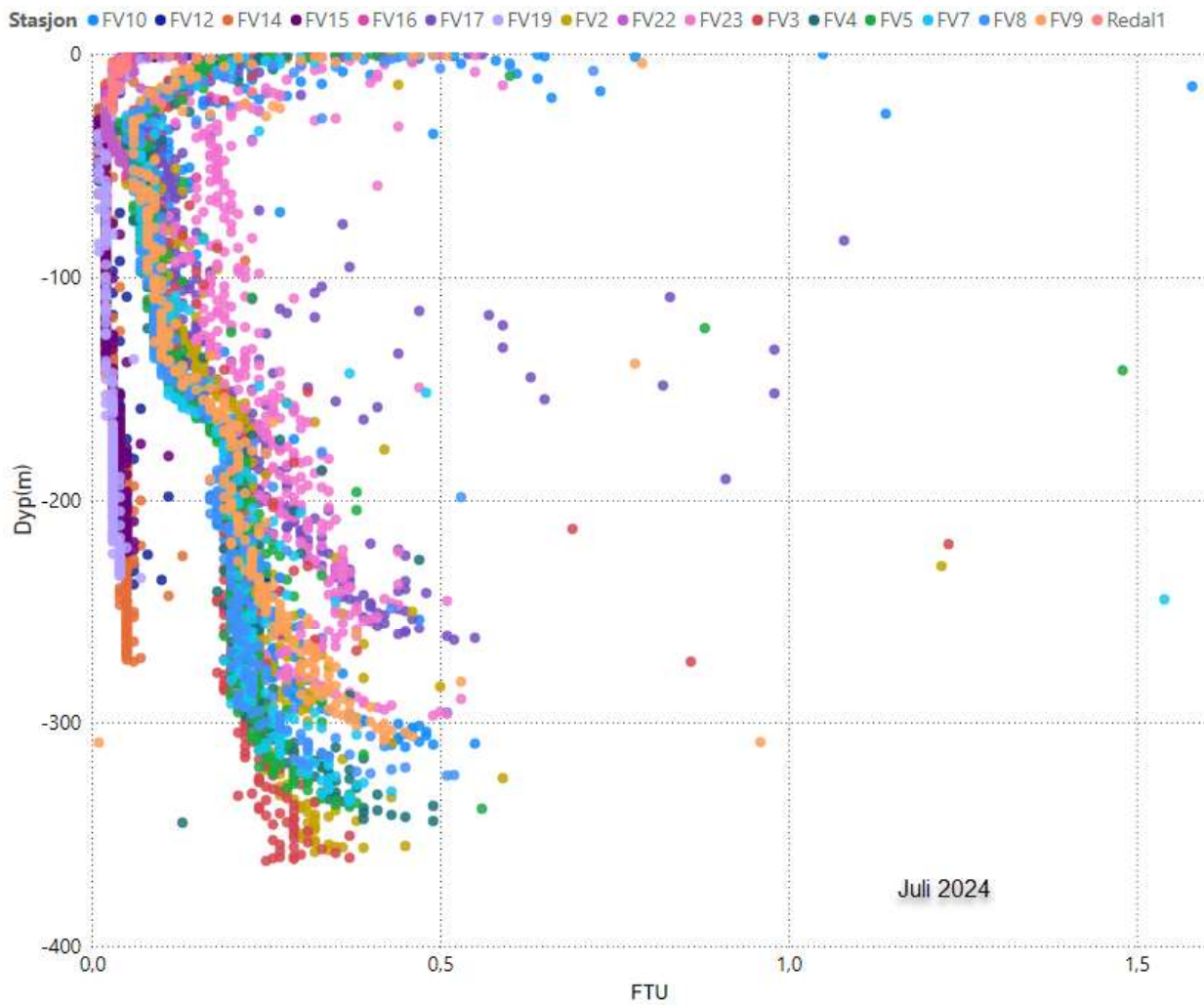


Figur 6-39. Salinitet målt juni 2024.



Figur 6-40. Temperatur målt juni 2024

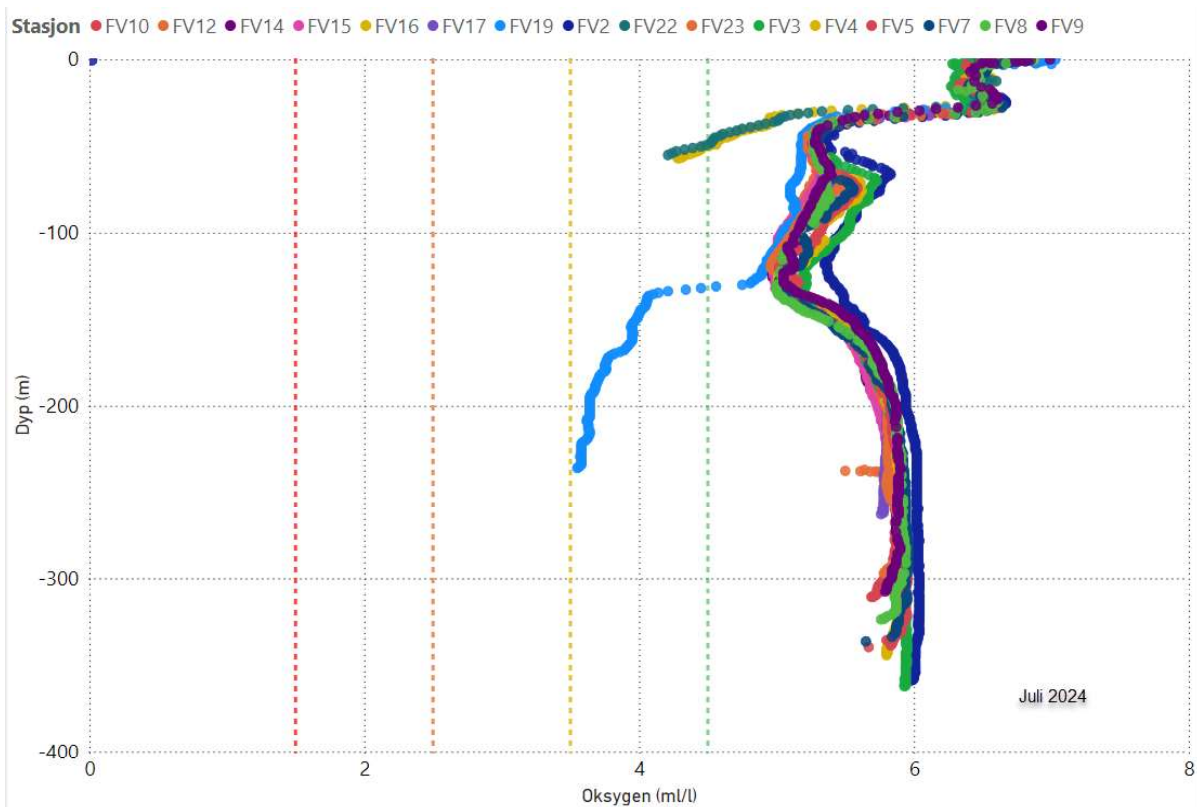
A11. Målinger gjennomført juli 2024



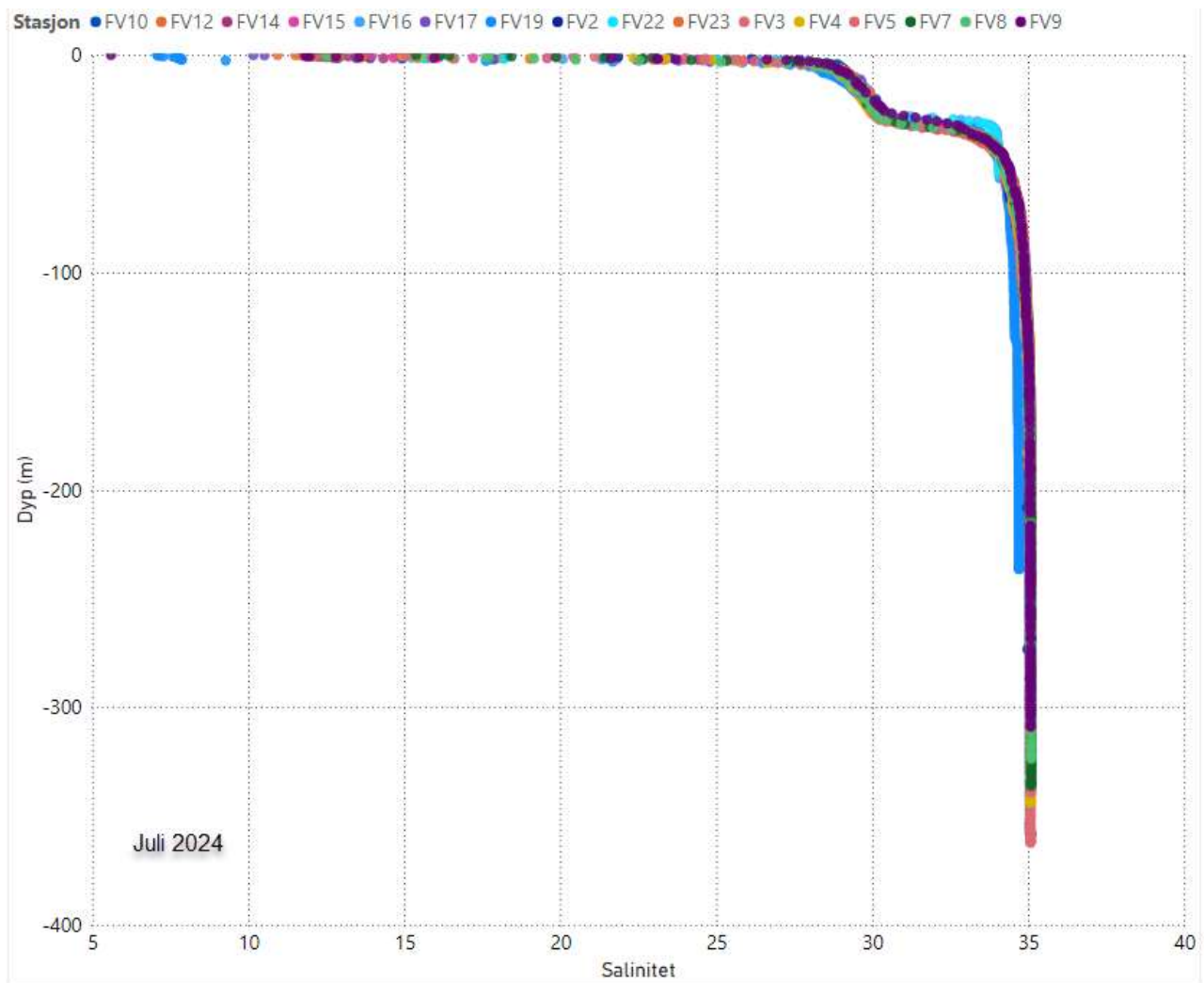
Figur 6-41. Turbiditet (FTU) målt juli 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

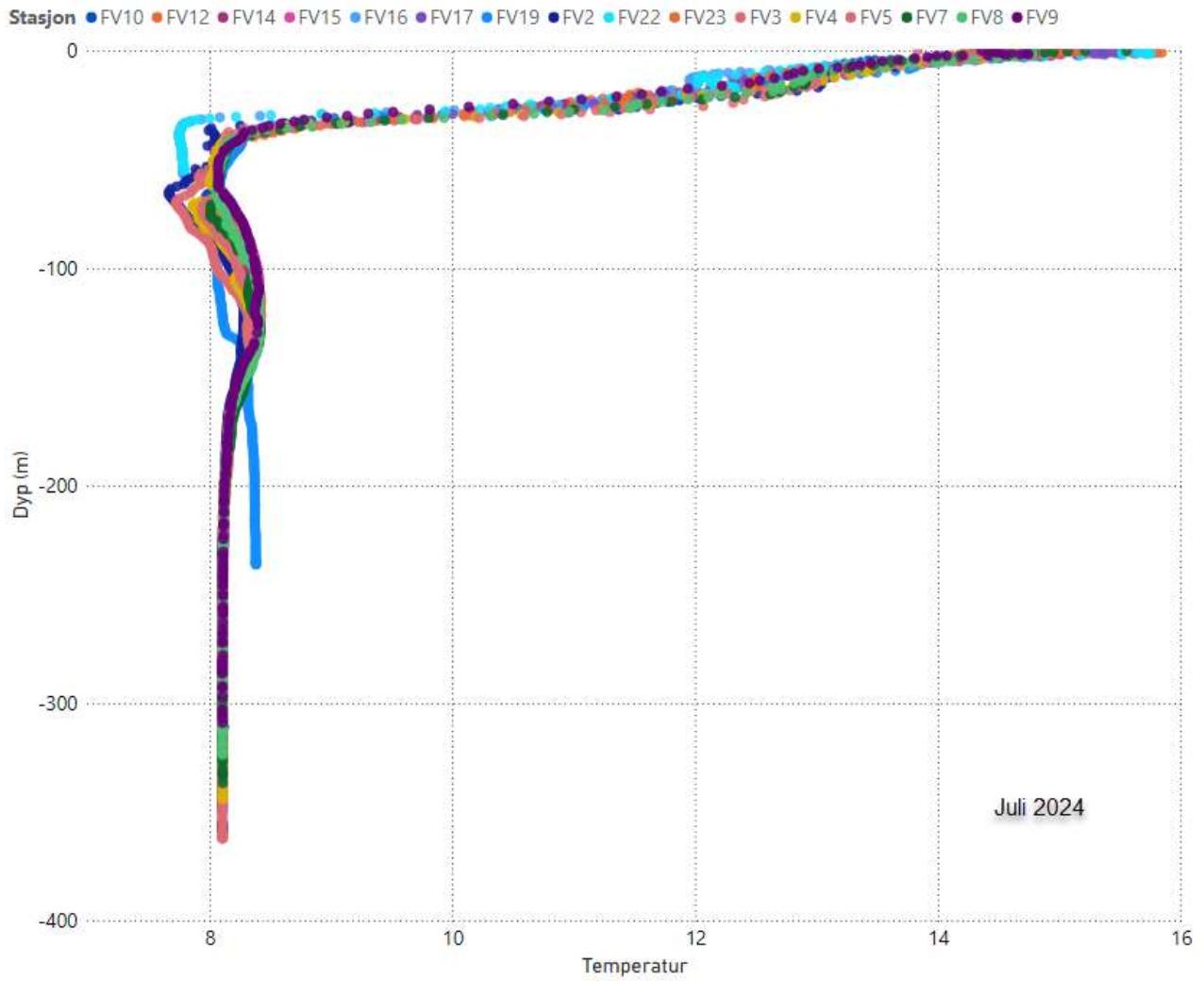
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-42. Oksygen (mg/l) målt juli 2024.

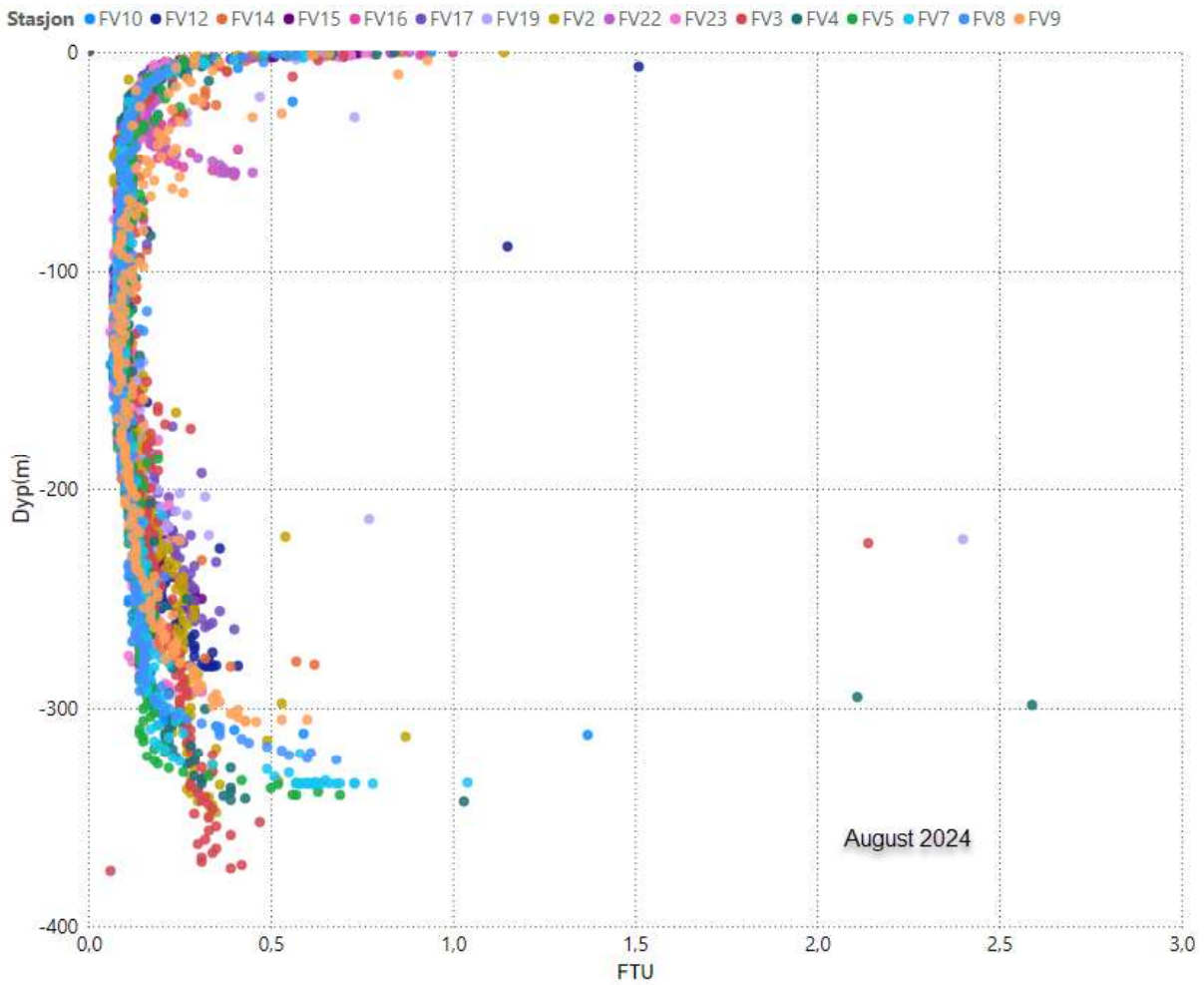


Figur 6-43. Salinitet målt juli 2024.



Figur 6-44. Temperatur målt juli 2024

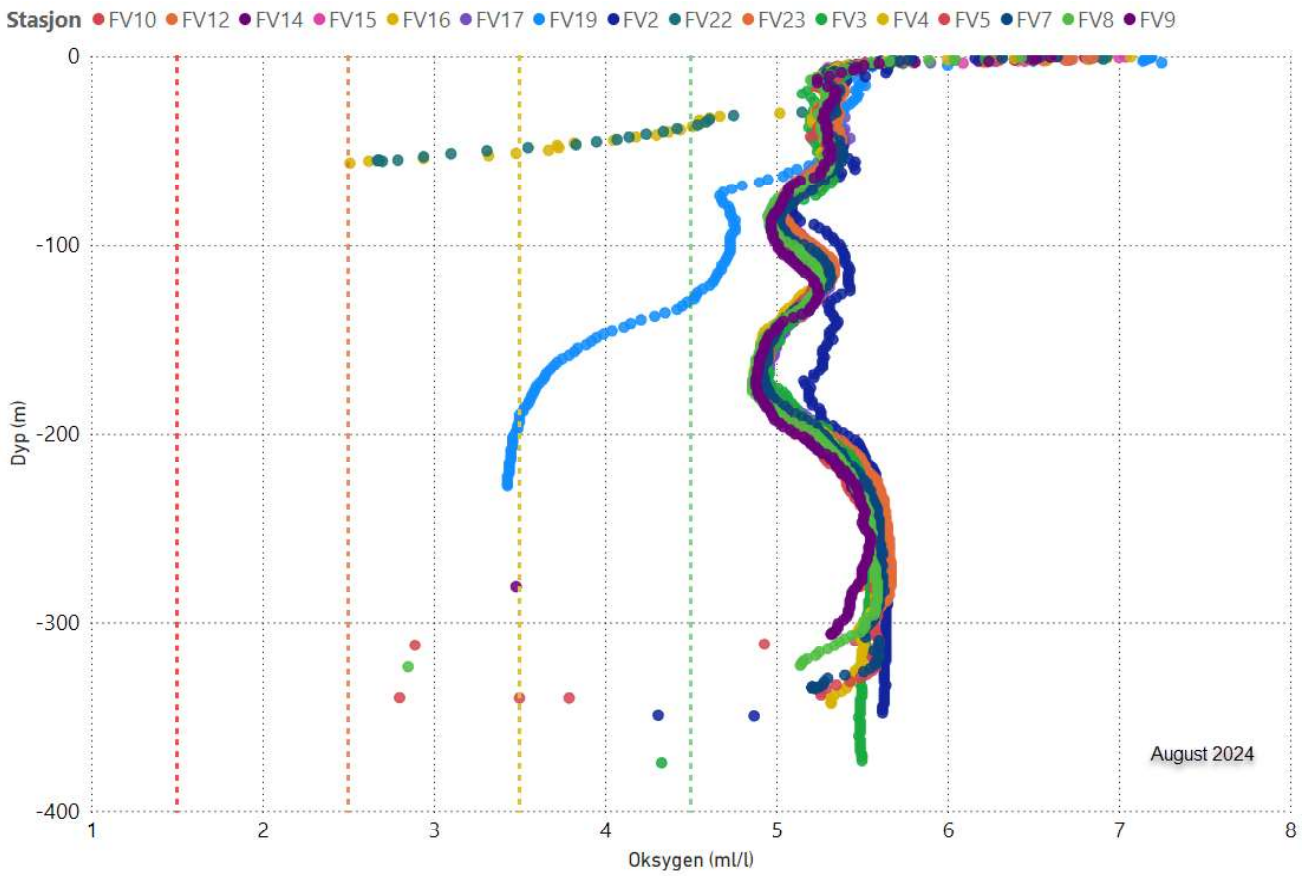
A12. Målinger gjennomført august 2024



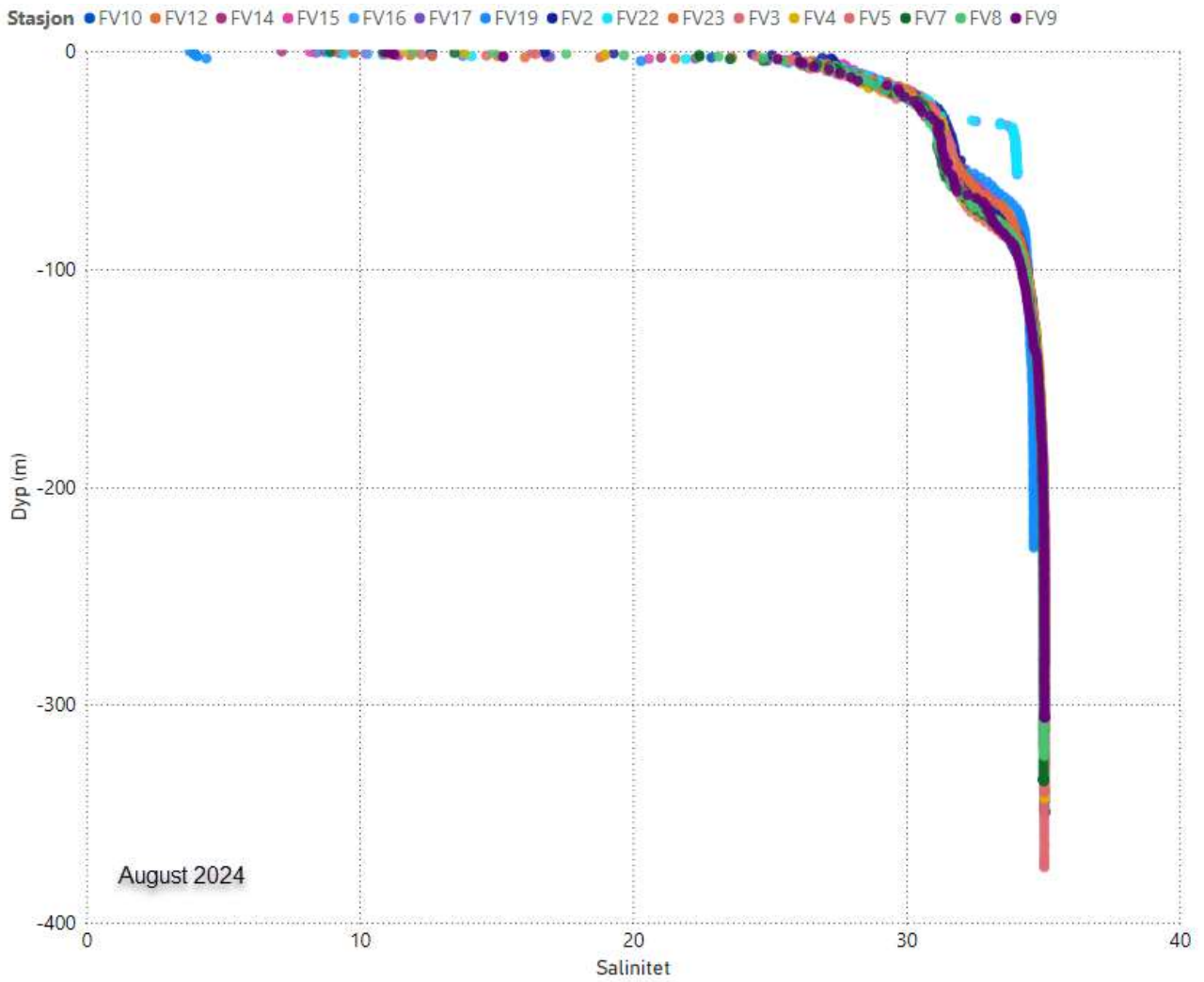
Figur 6-45. Turbiditet (FTU) målt august 2024.

Tilstandsklasser for oksygen etter Vann-nett

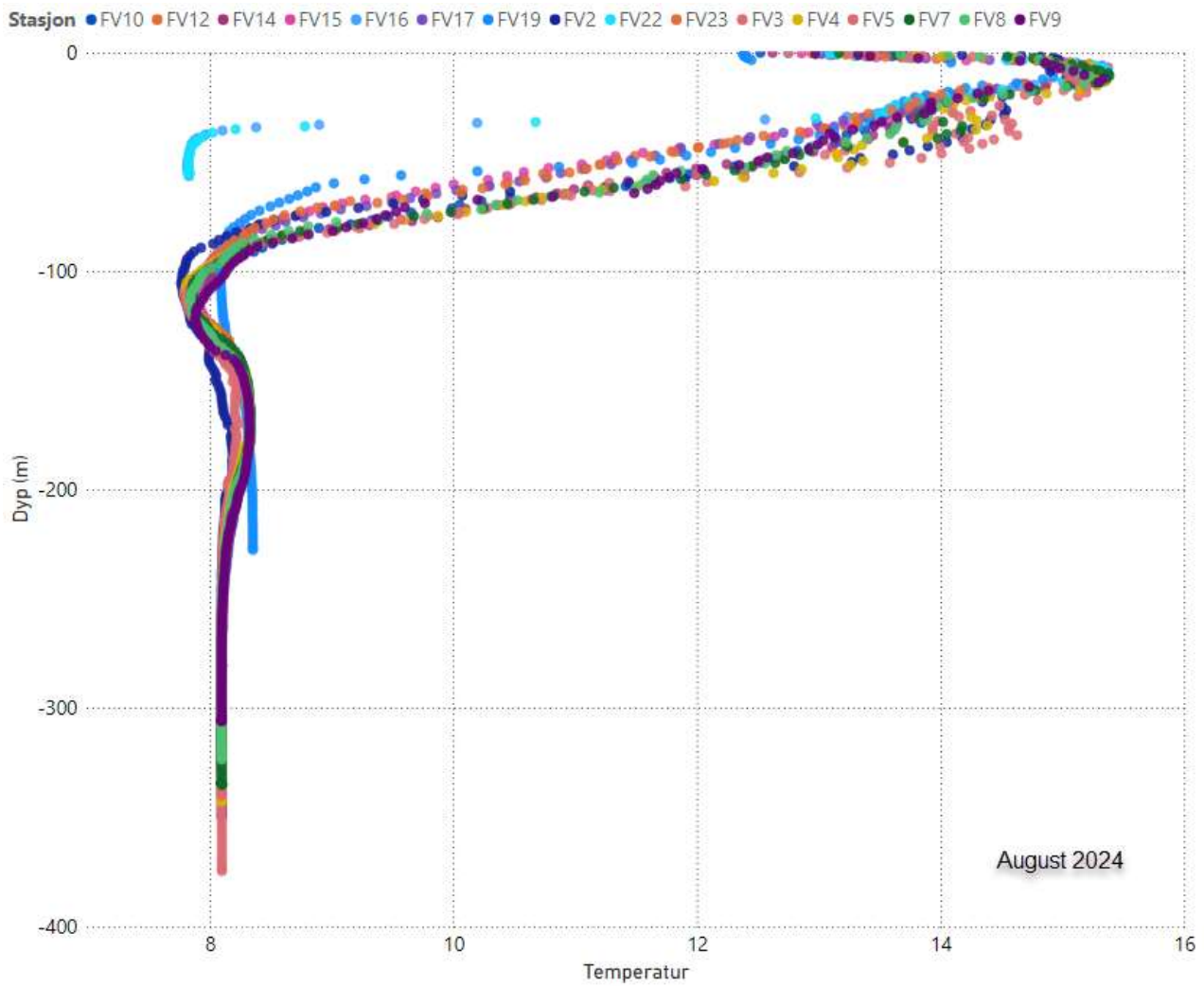
Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen(mLO ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20



Figur 6-46. Oksygen (mg/l) målt august 2024.



Figur 6-47. Salinitet målt august 2024.



Figur 6-48. Temperatur målt august 2024







Om DNV

Vi er et globalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering med tilstedeværelse i over 100 land. Vårt formål er å sikre liv, verdier og miljøet. Med vår unike tekniske ekspertise og uavhengighet bistår vi våre kunder med å forbedre sikkerhet, effektivitet og bærekraft.

Enten vi godkjenner et nytt skipsdesign, optimerer energiproduksjonen fra en vindmøllepark, analyserer sensordata fra en gassrørledning eller sertifiserer verdikjeden til en matprodusent, hjelper vi våre kunder med å ta gode og riktige beslutninger og øke tilliten til virksomheten, produktene og tjenestene deres. Verden er i endring. Vi kan påvirke utviklingen. Sammen skal vi takle de globale utfordringene og omstillingene vi vil møte.