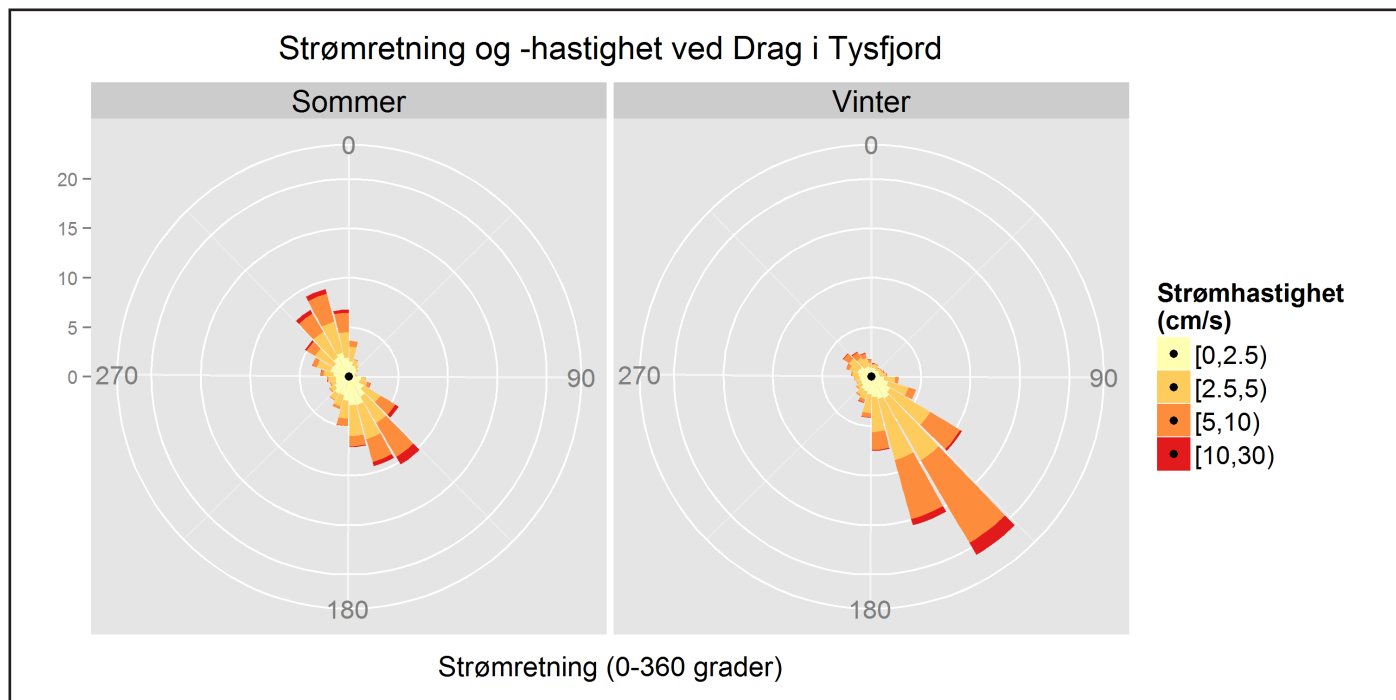


Dataanalyse av kontinuerlige målinger utenfor The Quartz Corp på Drag i Tysfjord – rapport av målinger gjort i 2014



Hovedkontor

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

Sandvikveien 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

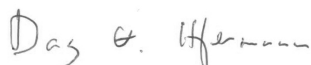
Tittel Dataanalyse av kontinuerlige målinger utenfor The Quartz Corp på Drag i Tysfjord – rapport av målinger gjort i 2014	Løpenr. (for bestilling) 6878-2015	Dato 09.06.2015
	Prosjektnr. Undernr. 11327	Sider Pris 54
Forfatter(e) Dag Ø. Hjermmann, André Staalstrøm, Anders Gjørwad Hagen og Odd Arne Segtnan Skogan	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Nordland	Trykket Copycat

Oppdragsgiver(e) The QUARZ Corp AS	Oppdragsreferanse Kari Moen
---------------------------------------	--------------------------------

Sammendrag

Siden mars 2012 har en målerigg nær utslippsledningene til The QUARZ Corp på Drag i Tysfjord tatt kontinuerlige målinger av pH, turbiditet og oseanografiske parametere på 10 og 20 meters dyp. Denne rapporten er en presentasjon og analyse av dataene samlet inn i 2014. I år som tidligere år er det en klar sammenheng mellom perioder med syrevask i bedriften og redusert pH ved måleriggen. I perioder med syrevask, og når strømmen går fra utslippsrøret mot måleriggen, er det 2.3 % av tiden en pH-reduksjon på >0.5, og 0.6 % av tiden er det en pH-reduksjon på >0.75 (under de fleste forhold tilsvarer dette pH under 7.4). For turbiditet (konsentrasjon av partikler i vannet) var sensoren på 20 m ute av drift det meste av året, og kunne ikke brukes i dataanalysen. På 10 m dyp ble det i starten av året målt en svak økning i turbiditet når strømmen gikk fra utløpsrøret mot måleriggen. Dette indikerer at utslipp fra anlegget gir en påviselig økning i turbiditet (partikkelmengde). I resten av året varierte den målte turbiditeten atypisk i forhold til det en skulle forventet dersom utslipp fra bedriften var årsak til forhøyet turbiditet, dvs. turbiditet samvarierte ikke med strømretning eller med forekomst av flotasjonsprosesser. To perioder med påfallende toppe i turbiditet på 10 m kan trolig kobles til konkrete episoder med høy vannføring i elver og bekker (selv om det er utslag på saltholdighet på 10 m kun i den ene perioden). Andre perioder med høye turbiditetsmålinger er trolig artefakter (ikke-reelle verdier) grunnet begroing på sensor. Dataene for strøm viser at i 2014, som i tidligere år, gikk strømmen vinterstid for det meste innover fjorden på målestedet. Dette tyder på at det er en strømningsmønster med strøm innover sør/vest-siden og utover fjorden på nord/øst-siden, helt eller delvis på grunn av my sørøstlig vind. Sommerstid, da det var mindre vind og oftest på tvers av fjorden, gikk strømmen begge veier like ofte, og fulgte den vanlige tidevannssyklusen.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Marin målerigg	1. Marine measurement platform
2. Overvåkning	2. Monitoring
3. pH	3. pH
4. SPI	4. SPI



Prosjektleder

Dag Øystein Hjermmann



Forskningsleder

Kai Sørensen

Dataanalyse av kontinuerlige målinger utenfor The Quartz Corp. på Drag i Tysfjord

Rapport av målinger gjort i 2014

Forord

Denne rapporten omhandler målingene fra den marine måleriggen som ble satt ut utenfor Drag i Tysfjord i mars 2012. Målingene skjer etter en anbefaling om videre overvåkning av utslipp til sjøresipienten fra The Quartz Corp. (tidligere Norwegian Crystallites A/S). Denne rapporten omhandler 2014-dataene fra denne målebøyen.

Prosjektet har blitt gjennomført av NIVA og vi takker Kari Moen ved Norwegian Crystallites A/S for god kommunikasjon underveis i dette arbeidet.

I det meste av prosjektperioden har prosjektleder var Anna Birgitta Ledang, mens Dag Øystein Hjermann tok over prosjektlederansvaret da denne rapporten ble utarbeidet. Rapporten er utarbeidet av Dag Øystein Hjermann, med bidrag fra André Staalstrøm, Anders Gjørwad Hagen og Odd Arne Segtnan Skogan. Figur 1 og 2 er gjengitt fra en tidligere rapport av Ledang og John Artur Berge (2014).

Oslo, 06.08.2015

Dag Ø. Hjermann

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn og formål	7
1.2 Områdebeskrivelse	8
1.3 Målerigg	9
2. Resultater	11
2.1 Visuell framstilling og analyse av innsamlede data	11
2.1.1 Tidsserier av temperatur og saltholdighet	11
2.1.2 Strømmålinger	13
2.1.3 pH	20
2.1.4 Turbiditet	25
3. Diskusjon og konklusjon	32
4. Anbefalinger	32
5. Referanser	33
6. Vedlegg	34
6.1 Statistikk over antall og frekvens av målinger	34
6.1.1 Antall målinger per måned og dybde	34
6.1.2 Målefrekvens per måned og dybde	34
6.2 Strømmålinger	35
6.3 Turbiditet	36
6.3.1 Tidsseriegrafer	36
6.3.2 Fordeling av turbiditetsverdier for fire ulike strømsituasjoner (grafer)	40
6.3.3 Fordeling av turbiditetsverdier for fire ulike strømsituasjoner (tabeller)	44
6.3.4 Fordeling av turbiditetsverdier for tre typer perioder i forhold til flotasjon. Kun data fra perioder med strøm utover fjorden og der strømkomponenten lang fjorden er >2.5 cm/s (grafer)	46
6.3.5 Fordeling av turbiditetsverdier for tre typer perioder i forhold til flotasjon. Kun data fra perioder med strøm utover fjorden og der strømkomponenten langs fjorden er >2.5 cm/s (tabeller)	48
6.3.6 Ekstra figurer brukt i vurderingen av turbiditetsmålingene	49

Sammendrag

Siden mars 2012 har en målerigg nær utslippsledningene til The QUARZ Corp på Drag i Tysfjord tatt kontinuerlige målinger av pH, turbiditet og oseanografiske parametere på 10 og 20 meters dyp. Denne rapporten er en presentasjon og analyse av dataene samlet inn i 2014. I år som tidligere år er det en klar sammenheng mellom perioder med syrevask i bedriften og redusert pH ved måleriggen. I perioder med syrevask, og når strømmen går fra utslippsrøret mot måleriggen, er det 2.3 % av tiden en pH-reduksjon på >0.5, og 0.6 % av tiden er det en pH-reduksjon på >0.75 (under de fleste forhold tilsvarer dette pH under 7.4). For turbiditet (konsentrasjon av partikler i vannet) var sensoren på 20 m ute av drift det meste av året, og kunne ikke brukes i dataanalysen. På 10 m dyp ble det i starten av året målt en svak økning i turbiditet når strømmen gikk fra utløpsrøret mot måleriggen. Dette indikerer at utslipp fra anlegget gir en påviselig økning i turbiditet (partikkelmengde). I resten av året varierte den målte turbiditeten atypisk i forhold til det en skulle forventet dersom utslipp fra bedriften var årsak til forhøyet turbiditet, dvs. turbiditet samvarierte ikke med strømretning eller med forekomst av flotasjonsprosesser. To perioder med påfallende toppe i turbiditet på 10 m kan trolig kobles til konkrete episoder med høy vannføring i elver og bekker (selv om det er utslag på saltholdighet på 10 m kun i den ene perioden). Andre perioder med høye turbiditetsmålinger er trolig artefakter (ikke-reelle verdier) grunnet begroing på sensor. Dataene for strøm viser at i 2014, som i tidligere år, gikk strømmen vinterstid for det meste innover fjorden på målestedet. Dette tyder på at det er en strømningsmønster med strøm innover sør/vest-siden og utover fjorden på nord/øst-siden, helt eller delvis på grunn av my sørøstlig vind. Sommerstid, da det var mindre vind og oftest på tvers av fjorden, gikk strømmen begge veier like ofte, og fulgte den vanlige tidevannssyklusen.

Summary

Title: Analysis of continuous measurements outside The QUARZ Corp, Drag, Tysfjord – report of measurements done in 2014

Year: 2015

Author: Dag Ø. Hjermmann and André Staalstrøm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6613-9

Since March 2012, a marine monitoring buoy close to the point of discharge from The QUARZ Corp. at Drag (Tysfjord, Norway) has continuously been measuring pH, turbidity, and oceanographic parameters at 10 and 20 m depth. This report is a presentation and analysis of the data from 2014. This year, as previous years, there is a clear connection between periods of acid washing in the plant and measurements of reduced pH at the buoy. In periods of acid washing, and when the current goes from the point of discharge towards the buoy, a pH reduction of >0.5 occurred 2.3% of the time, and a reduction of >0.75 occurred 0.6% of the time (under typical circumstances, this is equivalent to a pH below 7.4). Regarding turbidity (concentration of particles in the water), the sensor at 20 m was not functioning for most of the year and there was not enough data for analysis. For 10 m depth, we found that in the start of the year, there was a weak increase in turbidity when the current was directed from the point of discharge towards the monitoring buoy. This indicates that the plant's discharges leads to a detectable increase in turbidity. For the rest of the year, the variation of measured turbidity was atypical compared to the expected pattern if particle release from the plant was the cause of increased turbidity; that is, turbidity was neither related to current direction nor to the occurrence of flotation processes. Two periods with conspicuous peaks in turbidity are probably linked to actual episodes of high water flow in rivers and creeks (although this influenced salinity at 10 m in only one of these periods). Other periods of high turbidity measurements are probably artefacts of sensor fouling. The current data shows that in 2014, as in previous years, the current at the monitoring site was mostly directed towards the fjord bottom during wintertime. This indicates a current pattern going inwards on the southern/western side of the fjord and outwards on the northern/eastern side, wholly or partly due to wind directed along the fjord from the southeast. During summer, when there was less wind and usually directed across the fjord, the current was directed inwards and outwards equally often, following the tides.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Prosessverket til The Quartz Corp på Drag i Tysfjord kommune, Nordland fylke, produserer ren kvarts av høy renhet. Produksjonsprosessen medfører utslipp til sjø ved 30 meters dyp fra to ulike prosesser. Ett rør (kalt *ledning 2*) har utslipp fra oppredningsfasen og består av ferskvann samt mineralpartikler, svovelsyre, fluorkiselsyre og flotasjonskjemikalier. Det andre røret (kalt *ledning 3*) har utslipp fra syrevaskfasen og består av en større del sjøvann pumpet inn fra 30 meters dyp og en liten del ferskvann med fluorkiselsyre. Produksjon og utslipp fra oppredningsfasen (*ledning 2*) er kontinuerlig, mens produksjon og utslipp til sjøvannstank fra syrevaskfasen (*ledning 3*) er en batchprosess. Prosessen består derimot av flere enheter slik at batchene delvis kan overlappe. Parametere for vannkvalitet må derfor måles med høy frekvens for å fange opp effekten av batch-utslippene.

I 2010 gjennomførte NIVA en undersøkelse av sjøresipienten utenfor prosessverket, som den gang het Norwegian Crystallites A/S (Ledang m. fl., 2011) med bakgrunn i utslipp fra bedriften. Denne undersøkelsen omfattet repeterte enkeltmålinger av salt, temperatur, turbiditet og pH i sjøresipienten ved flere stasjoner rundt utslippspunktet, beregning av pH ut i fra mengden svovelsyre og fluorkiselsyre samt modellering av fortykning og innlagingsdyp for utslippet i sjøresipienten. I tillegg ble det gjort undersøkelser av sjøbunnen, samt modellering av vertikal stigning og fortykning av utslippet for å beregne partikkelkonsentrasjoner, pH og kjemikaliekonsentrasjoner i ulike dyp og avstander fra utslippet (Ledang m. fl., 2011, Ledang og Schaanning 2011).

På bakgrunn av resultatene fra denne undersøkelsen ble det anbefalt et overvåkningsprogram, spesielt med tanke på å få til kontinuerlige målinger av vannsøylen i stedet for tidsspredte enkeltmålinger, for bedre å kunne fange opp påvirkning av utslippene, siden utslippene varierer mye over tid. En målerigg ble utplassert nord for utslippsledningene og omkring 70 m i avstand fra utslippsrørene til NC A/S i slutten av mars 2012, med målesensorer på 20 m dyp for måling av temperatur, salinitet, turbiditet, pH og strøm med 15 minutters frekvens.

Dataene fra 2012 ble analysert og rapportert i Ledang og Beylich 2013, mens dataene fra 2013 ble analysert i Ledang og Berge 2014. For begge år ble det vist en sammenheng mellom syrevask i bedriften og målinger av redusert pH på måleriggen. I 2012 falt perioder med høy turbiditet sammen med perioder med lav eller ingen drift for flotasjonsprosessene, noe som kunne indikere at målinger av høy turbiditet var forårsaket av partikkelutslipp fra oppredningsfasen. Når det gjaldt 2013, kunne man ikke påvise en tilsvarende sammenheng, og rapporten konkluderte med at periodene med høy turbiditet skyldtes begroing. Det ble også vist en sterk sammenheng med registrerte perioder med syrevask og nedgang i pH, med målt pH ned i 6.6. Imidlertid var kun 0.5 % av pH-målingene under 7.4, dvs. under den normale variasjonen i pH i næringsfattig sjøvann. Strømretningen hadde imidlertid stor betydning, da det viste seg at strømmen mesteparten av tiden går i retning sør-sørvest, dvs. innover i fjorden. Siden målebøyen står nord for utslippet, befinner den seg altså mye av tiden oppstrøms for utslippet. Det viste seg da også at de aller laveste pH-verdiene (<7) ble målt i perioder med moderat sterk strøm utover i fjorden.

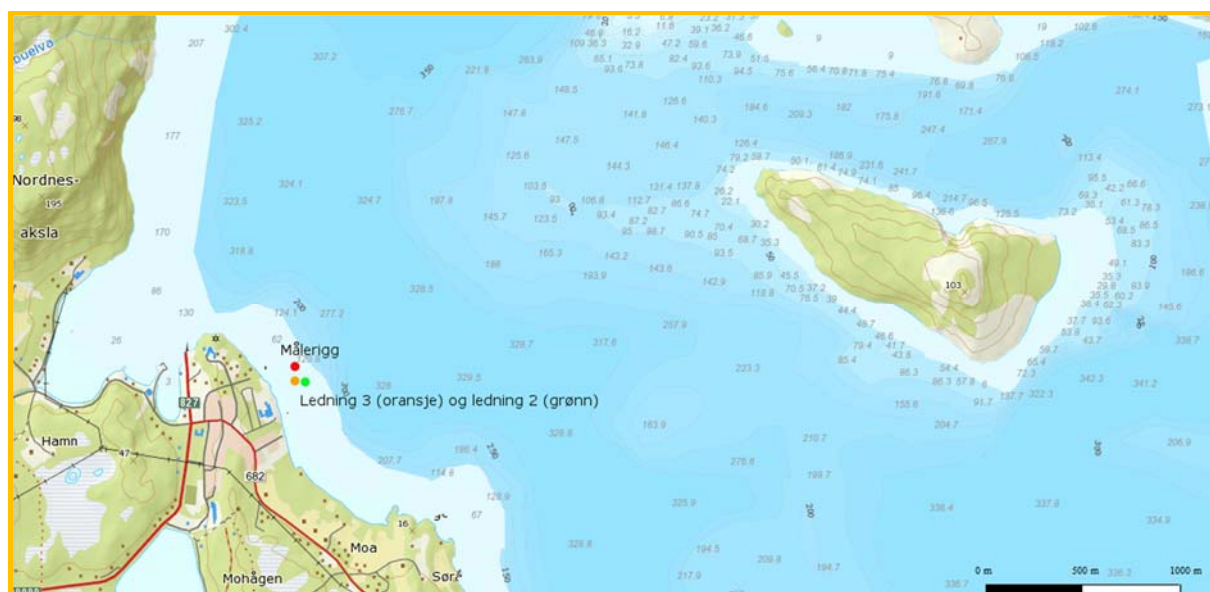
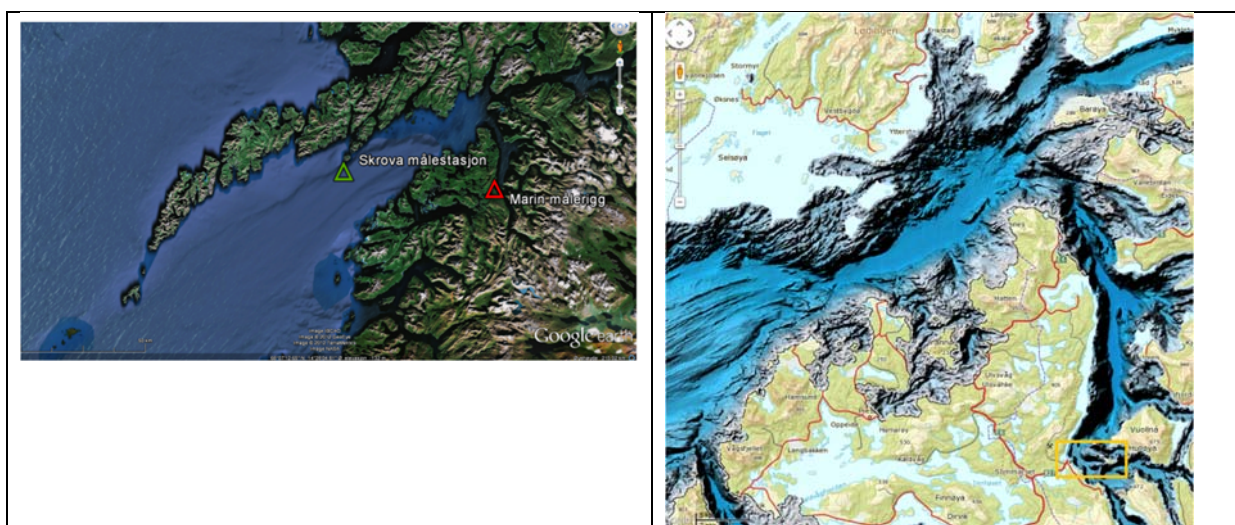
Rapporten til Ledang og Beylich (2013) anbefalte at måleriggen skulle oppgraderes ved å sette opp ekstra målesensorer på 10 m dyp for å få en bedre overvåkning av vannsøylen, og fordi modellresultatene tydet på at utslippet i noen tilfeller kunne stige ennå høyere opp og lagres inn på 10 m dyp. Dette ble gjort våren 2013, og 10 m-sensorene kom i drift i mai 2013. Servicen omfattet også batteriskifte og utskifting av sensorer på 20 m dyp. Et kort notat fra A. B. Ledang (12. nov. 2013) ga en enkel framstilling av måledataene fram til 1. november 2014.

Denne rapporten tar for seg måleresultatene fra 2014, spesielt med fokus på målinger av turbiditet (partikkelmengde) og pH i forhold til strømretning. Undersøkelser av havbunnsmiljøet (nedslamming) ble

rapportert i Ledang m. fl. (2011) og Ledang og Beylich (2013), og vil ikke omtales her. Det samme gjelder resultater av modelleringsarbeidet, som er oppsummert i Ledang og Beylich (2013).

1.2 Områdebeskrivelse

Tysfjord er en dyp fjord nord for Bodø og øst for Vestfjorden (Figur 1). Fjordmunningen har en terskel på 284 m mellom Bremneset og Korsnes. Det største dypet er på 725 m omtrent 8 km innenfor terskelen. Videre innover fjorden går det en renne fra dette dypeste punktet som ender på omkring 200-300 m innerst i fjorden, og er grunnere i de forskjellige fjordarmene i indre del av fjorden. Drag, lokaliteten for bedriften ligger omtrent 27 km fra fjordmunningen. Utenfor Drag, hvor utslippspunktene for ledning 2 og ledning 3 finnes, og hvor måleriggen ble plassert (Figur 1, nederst), er det en bratt skråning som ender i et bunndyp på omkring 329 m. Det er få elveutløp i denne fjorden, og lite ferskvannsbidrag. Hydrografimålinger fra Ledang m. fl. (2011) viste også dette, med en svak sjiktning gjennom store deler av året.



Figur 1. Oversiktskart over Vestfjorden og Tysfjorden (over til venstre, kilde: Google og over til høyre, kilde: <http://www.ngu.no/mareano/Prosjekt/kart/Havbunnskart-landskap.html>) og lokalt kart over Tysfjord ved Drag markert som oransje boks (nede, kilde: <http://www.gislink.no/gislink/>). Ledning 2 (grønn) er fra oppredningsfasen og ledning 3 (oransje) er fra syrevaskfasen. Figuren er gjengitt fra Ledang og Berge (2014).

1.3 Målerigg

Måleriggen i Tysfjord befinner seg nord for utslippsledningene og omkring 70 m i avstand fra utslippsrørene til The Quartz Corp (*Figur 1*, Tabell 1). Riggen eies av The Quartz Corp, men NIVA har driftet riggen siden oppstart. Det er sensorer for temperatur, saltholdighet, pH, turbiditet og vannstand på begge dybder, mens strømhastighet og –retning kun måles på 20 m. For målenøyaktighet, se Tabell 2. Noen av sensorene har vært ute av drift i perioder (se tabell i Vedlegg, seksjon 6.1.1). For sensorene på 20 m dyp ble måleintervallet satt til 15 minutter fra starten av, men har i en periode av 2014 hatt 45 minutters måleintervall. Sensorene på 10 m dyp har 10 min måleintervall (se tabell i Vedlegg, seksjon 6.1.2). Dataene blir overført kontinuerlig til NIVAs webside for overvåkingsdata, www.aquamonitor.no.

Måleinstrumentene montert på måleriggen er fra YSI og Aanderaa. Sensoren 6560 måler pH, temperatur og konduktivitet og er montert på en sonde (6600 V2). Strømmålinger er tatt med en DCS Z-pulse sensor fra Aanderaa.

Batteriene ble byttet på riggen den 5.2. Sensorene for CTD (saltholdighet, temperatur), pH og turbiditet på 20 m sendte ikke data fra 25.4 og ble tatt opp 22.5 for service og reparasjon av strømkabel. Denne ble først montert igjen 1. oktober; det mangler derfor data fra 20 m (unntatt strømhastighet og –retning) for store deler av året. Sensor på 10 m ble rengjort 2.7 og 7.10.

Tabell 1. Posisjoner for utslippspunkter og målestasjoner

	Breddegrad	Lengdegrad
Ledning 2	68.046	16.094
Ledning 3	68.046	16.095
Målerigg	68.0466	16.09397
Referansestasjon	68.04012	16.20633



Figur 2. Marin målerigg med bøye i overflaten som markerer posisjon til rigg. Solcellepanel benyttes for å sikre kontinuerlig målinger uten bytte av batterier. Figuren er gjengitt fra Ledang og Berge (2014).

Tabell 2. Målenøyaktighet til de ulike sensorene på måleriggen.

Parameter	Usikkerhet
Strøm	$\pm 0,15$ cm/s eller 1 %
Turbiditet	± 2 NTU eller 5 %
pH	$\pm 0,2$ enhet
Temperatur	$\pm 0,15$ °C
Saltholdighet *)	$\pm 0,1$ ppt eller 1 %

*) Saltholdighet måles ikke direkte, men beregnes i instrumentet ut fra temperatur og målt konduktivitet.

2. Resultater

NC A/S har gitt NIVA produksjonsdata fra oppredningsfasen og syrevaskfasen. Dataene er ikke direkte utslippsvolum, men er kontinuerlige tidsserier med prosessdata som er korrelerte med utslippsvolum. Oppredningsfasen gir opphav til partikkelutslippet fra ledning 2 og for denne prosessen er det gitt informasjon om flotasjonsprosessene for å kunne se etter en sammenheng mellom dette og turbiditetsdata fra måleriggen. For syrevaskfasen, som gir opphav til utslipp i ledning 3, er vaskefrekvens pr. dag oppgitt for å se på sammenhengen med pH-målinger. Det er antatt at de angitte tidspunktene for syrevask også betyr at det ved dette tidspunktet vil være utslipp til sjøresipienten fra ledning 3.

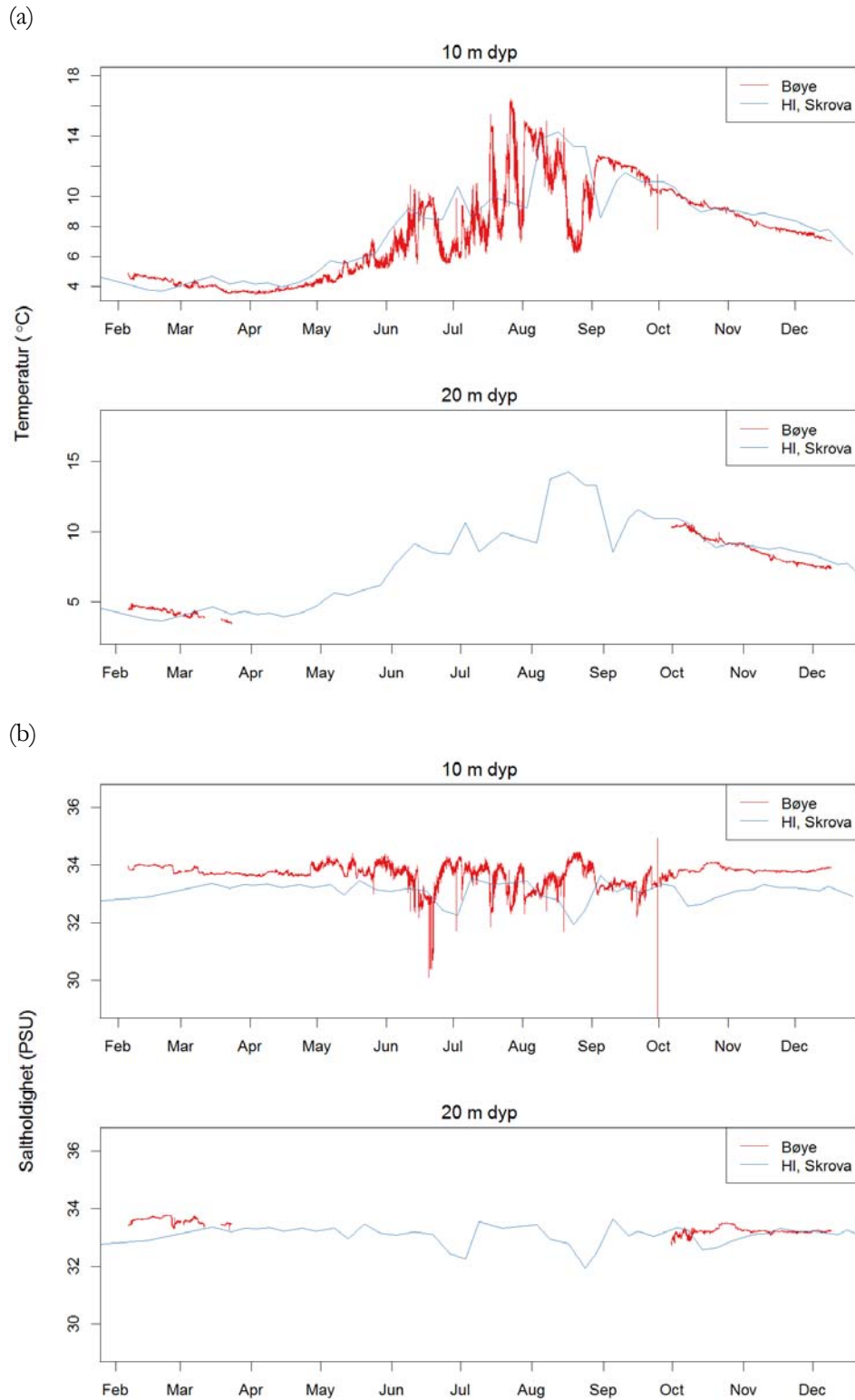
Denne rapporten er basert på alle tilgjengelige måledata fra riggen i 2014, dvs. fra 5. februar til 17. desember. Årsaken til at det mangler målinger midtvinters er at solcellene gir for lite strøm til å drifte riggen i denne perioden. En del arbeid har blitt lagt inn i dataanalyse for å vurdere kvaliteten og flagge målinger som er tydelige feil (enkeltmålinger med store og tydelige avvik fra de resterende målingene).

2.1 Visuell framstilling og analyse av innsamlede data

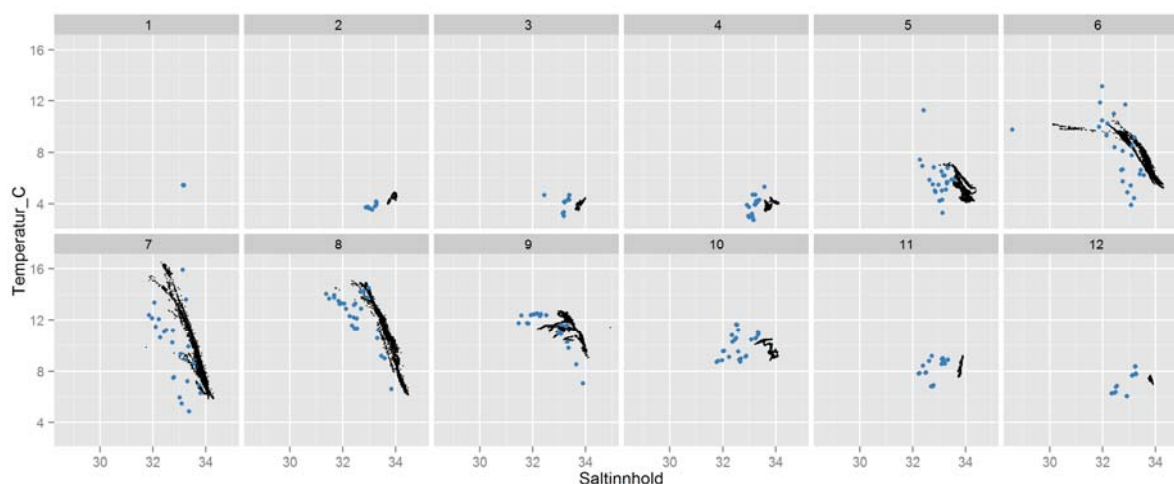
2.1.1 Tidsserier av temperatur og saltholdighet

Sensorene på 10 m dyp har en målefrekvens på 10 minutter, mens sensorene på 20 m dyp har hatt en målefrekvens dels på 15 min (februar, deler av mars samt oktober-desember) og dels på 45 minutter (resten av året). **Figur 3** viser målingene av temperatur og saltholdighet sammenlignet med målinger fra tilsvarende dyp på Skrova i Vestfjorden, ca. 90 km unna. Temperaturmålingene på 10 m viser et nært sammenfall med målingene på Skrova, selv om temperaturene i Tysfjord er noe lavere i mai-juni. Saltholdigheten viser for det meste noe høyere verdi på målebyen enn på Skrova. **Figur 4**, som viser både temperatur og saltholdighet, viser at det ferskere vannet er varmere, og at temperaturøkningen i juli-august stort sett skjer i det ferskere overflatevannet. For 20 m dyp er det bra samsvar mellom sensorene og målt temperatur og saltholdighet på Skrova, de korte periodene sensoren har data.

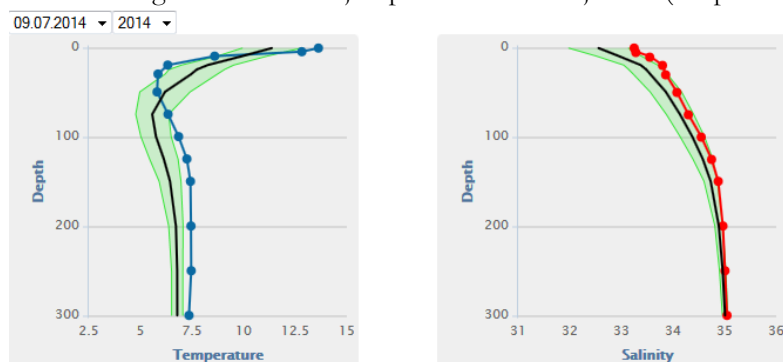
Den forholdsvis kraftige og kortvarige nedgangen i saltholdighet i midten til slutten av juni, som ikke er like klar i Skrova-verdiene, skyldes sannsynligvis tilførsel av ferskvann fra snøsmelting i fjellet. I juli var det svært store variasjoner i temperatur og saltholdighet, med temperaturvariasjoner mellom 6 °C til 16 °C på kort tid. Dette tyder på at sensoren i denne perioden ligger nær sprangsjiktet. Dataene fra Skrova viser at det i denne perioden var uvanlig stor forskjell mellom temperaturen i overflatevannet og dypere vann, med usedvanlig varmt overflatevann og usedvanlig kaldt vann på 20-30 m dyp (**Figur 5**).



Figur 3. Målt temperatur (a) og saltholdighet (b) fra målebøyen, målt på 10 m og 20 m dyp. I tillegg til målingene fra bøyen (rødt) viser figuren også målingene fra Havforskningsinstituttets stasjon på Skrova i Vestfjorden (blått).



Figur 4. T-S-plott (saltholdighet på x-aksen og temperatur på y-aksen) for 10 m dyp for hver måned (1-12). I tillegg til målingene fra bøyen (svarte punkter) viser figuren også målingene fra Havforskningsinstituttets stasjon på Skrova i Vestfjorden (blå punkter).



Figur 5. Temperatur og saltholdighet på Havforskningsinstituttets stasjon på Skrova i Vestfjorden, 9. juli 2014 (skjermbilde fra www.imr.no). Det skraverte området viser normal variasjon.

2.1.2 Strømmålinger

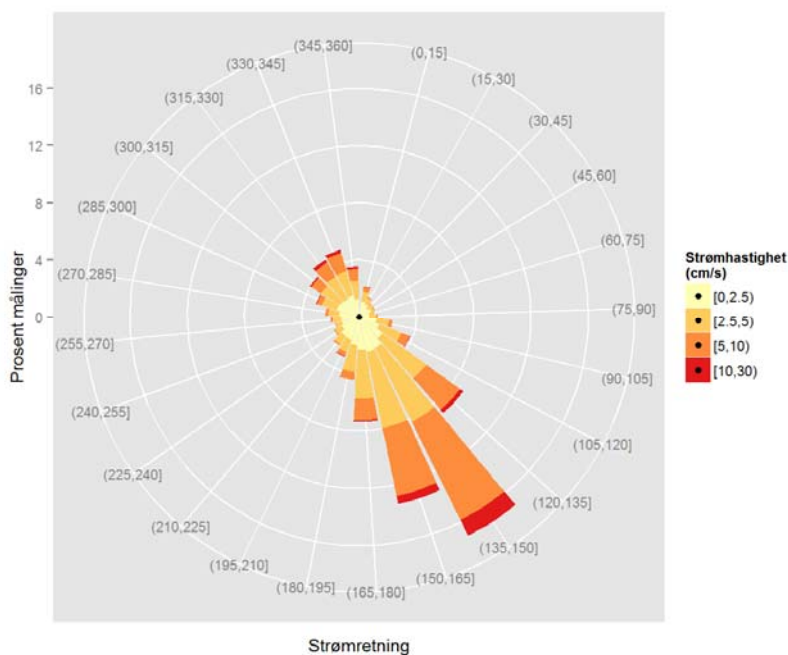
Strømmålingene er viktige når man skal tolke dataene på turbiditet og pH, siden strøm utover fjorden fører utslippene fra bedriften i retning målebøyen, mens strøm innover fjorden fører utslippene bort fra målebøyen. Dette kommer vi tilbake til i kapitlene om turbiditet og pH.

Strømmen er målt med sensorer på 20 m dyp; målingene er gjort med 15 min. frekvens på starten og slutten av året, og ellers med 45 min. frekvens (tidsseriene er vist i **Figur 25** i vedlegget). Figuren viser at det i hovedsak er to dominerende strømretninger, enten rundt 145° , dvs. innover fjorden (mot sørøst), eller i motsatt retning, rundt 325° (utover fjorden). Når man ser alle målingene under ett, er strømretningen oftest innover fjorden med en hastighet på mellom 2.5 og 10 cm/sek (**Figur 6**). Det er noen få tilfeller hvor det er målt vesentlig sterkere strøm, opp til ca. 30 cm/s.

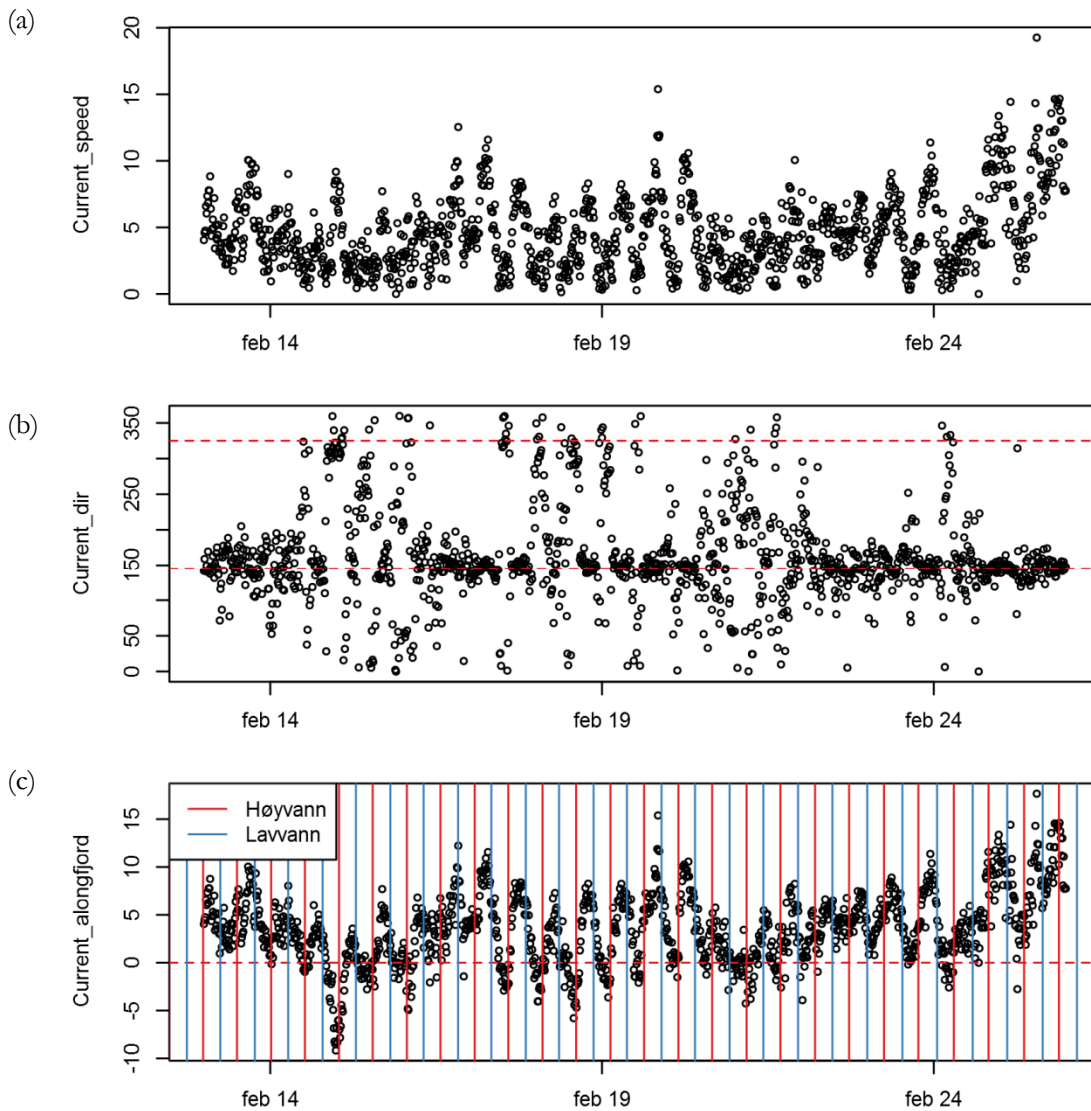
Siden strømmen stort sett går i disse to retningene, kan man oppsummere de to variablene strømhastighet og strømretning (**Figur 7a-b**) til én variabel, nemlig strømkomponenten i fjordens lengderetning, her tatt for å være 145° (**Figur 7c**). Positive verdier av denne beregnede variabelen betyr at det er strøm innover fjorden, negative verdier betyr at det er strøm utover fjorden, mens verdier rundt null betyr at det enten ikke er noe særlig strøm, eller at strømmen går på tvers av fjordens akse. I 41 % av målingene er det vesentlig (>2.5 cm/s) strøm innover fjorden, mens det er tilsvarende strøm i motsatt retning i bare 13 % av målingene (**Tabell 3**). Denne statistikken er imidlertid noe skjev, siden det er tre ganger så tett med målinger på starten og slutten av året. En månedsvis statistikk viser at det er på vinterstid at en har en

dominans av strøm innover fjorden, mens det er mer jevn fordeling av strømretningene på sommeren (**Tabell 4**). Dette er også tydelig om en plotter hele tidsserien av langs-fjord-komponenten (**Figur 8**) og om en plotter strømroser for sommer- og vintermåned separat (**Figur 9**). En del av forskjellen i strømmønster mellom vinter og sommer skyldes trolig forskjellen i vindforhold (**Figur 10**). På vinteren blåser det sterkere vind, og vinden går ofte ut fjorden (dvs. vind fra sørøst). Denne vinden bidrar trolig til å skape en sirkulerende strøm som går innover fjorden på fjordens vestside og utover fjorden på fjordens østside. På sommertid blåser det mindre, og oftest en svak nordvestlig vind (dvs. på tvers av fjorden), og strømmen påvirkes mer av tidevannssyklusen.

Figur 7c viser også sammenhengen mellom målt strøm og tidspunktene for beregnet høyvann og lavvann på lokaliteten (lastet ned fra sehavniva.no). Som en ser, er det (for den viste perioden i februar) sterke strøm innover fjorden omtrent rundt beregnet lavvann, mens strømmen stopper opp eller går noe utover rundt beregnet høyvann. En nærmere analyse av strøm i forhold til tidevann (**Tabell 5**, **Figur 11**) viser at på sommertid følger strømmen tidevannet i ganske stor grad, med 66.6 % innoverstrøm ved lavvann (30.7 % svak strøm, 35.9 % moderat/sterk strøm) og 61.7 % utoverstrøm ved høyvann (35.6 % svak strøm, 26.1 % moderat/sterk strøm). På vinterstid går strømmen stort sett innover eller svakt utover uansett tidevann.



Figur 6. Fordeling av strømretning og strømhastighet (det siste vist med farger). Avstand ut fra radius viser antall målinger. 0 er nordlig strøm (strøm som beveger seg mot nord), 90 er østlig, 180 er sørlig og 270 er vestlig.



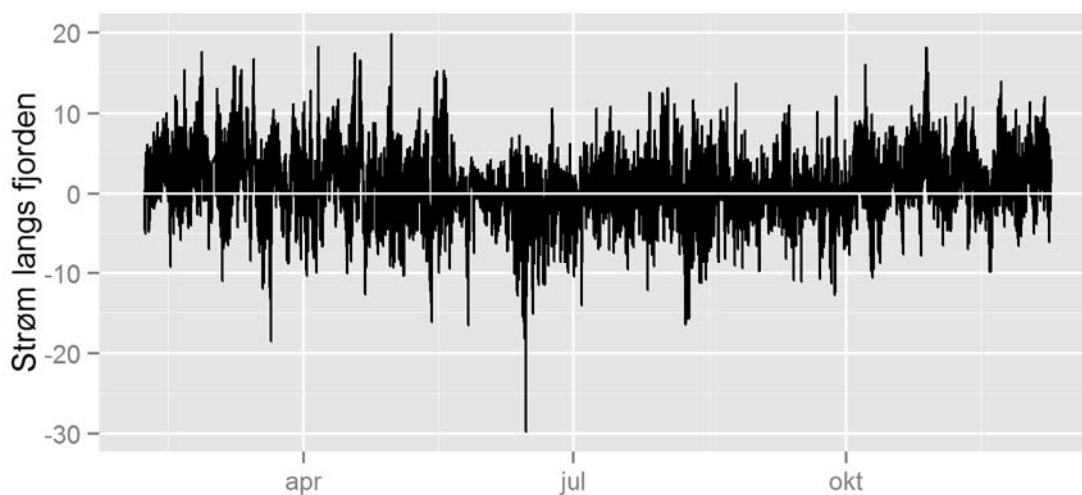
Figur 7. Et eksempel på strømmålinger og beregning av strømkomponent i fjordens retning. Målinger fra perioden 13.-25. februar er vist. **(a)** og **(b)** viser strømhastighet (i cm/s) og –retning (i grader). De stiplede linjene i midterste figur markerer 145 grader (sørøstlig strøm, dvs. innover fjorden) og 325 grader (nordvestlig strøm, dvs. utover fjorden). **(c)** viser beregnet strømkomponent i fjordens retning; positive verdier betyr at strømmen er inngående (inn fjorden), negative verdier at strømmen er utgående. De blå og røde vertikale linjene viser beregnet høyvann og lavvann.

Tabell 3. Prosentvis fordeling av ulike strømsituasjoner, dvs. beregnet strømkomponent langs fjord: om strømmen går inn eller ut av fjorden, og om strømkomponenten langs fjorden er liten (< 2.5 m/s) eller moderat/sterk.

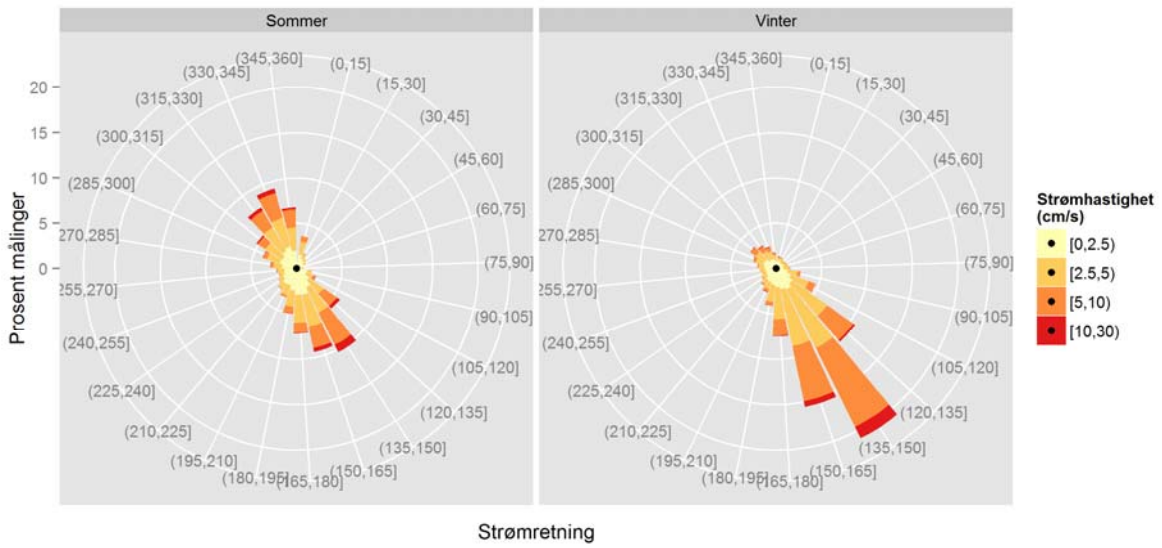
	Strømhastighet		Sum
	≤ 2.5 m/sek	> 2.5 m/sek	
Inngående strøm	26	41.4	67.4
Utgående strøm	19.4	13.1	32.6
Sum	45.4	54.6	100

Tabell 4. Prosentvis fordeling av ulike strømsituasjoner for hver måned (basert på beregnet strømkomponent langs fjord).

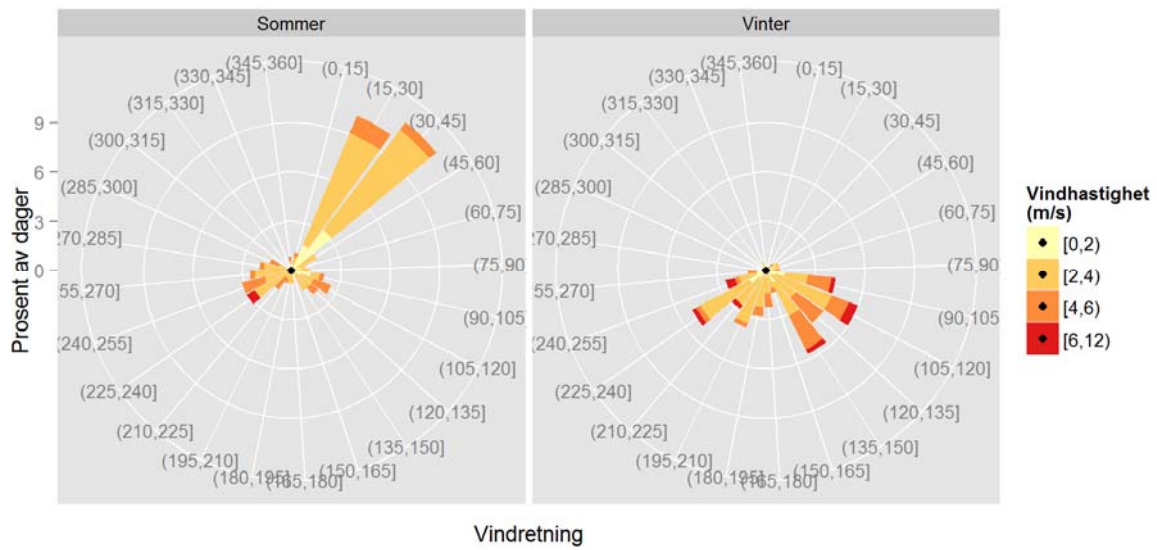
Måned	Utgående strøm		Inngående strøm		
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]	
2	3.9	13	25.6	57.5	100
3	14.8	12.7	17	55.4	100
4	24.6	18	14.8	42.6	100
5	21.5	25.1	29.8	23.6	100
6	28.1	25.5	30.6	15.7	100
7	21.2	25.5	28.2	25.1	100
8	23.3	23	28.3	25.4	100
9	19.7	32.7	26.3	21.2	100
10	7.8	14.8	27.3	50	100
11	7.4	24.8	30.7	37.1	100
12	2.7	7.8	21.9	67.5	100
Gjennomsnitt	15.9	20.3	25.5	38.3	100



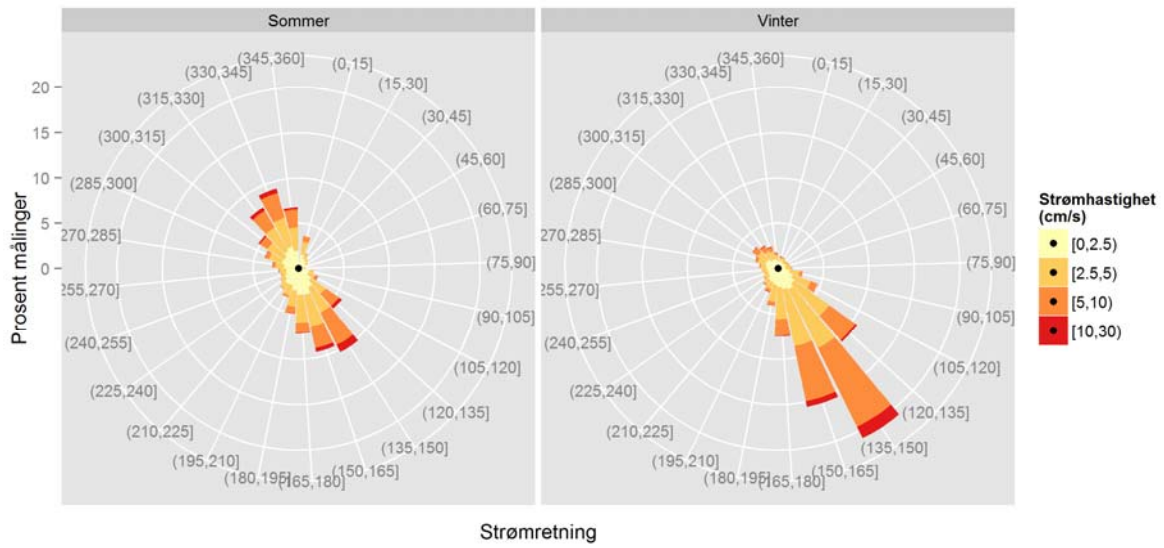
Figur 8. Hele tidsserien for strømkomponenten i fjordens retning, dvs. retning 135 grader. Positive verdier betyr at strømmen går innover fjorden.



Figur 9. Fordeling (i prosent) av strømretning og strømhastighet i sommerhalvåret (april-september) og vinterhalvåret (jan-mars, okt-des).



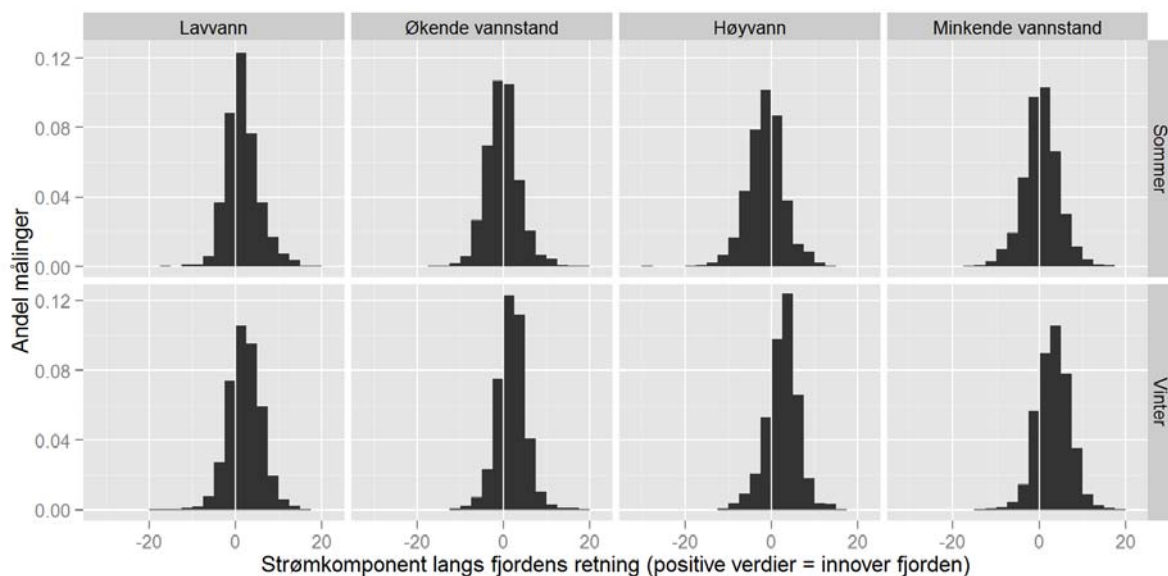
Figur 10. Fordeling av vindretning og vindhastighet i sommerhalvåret (april-september) og vinterhalvåret (jan-mars, okt-des). Vær oppmerksom på at vindretning tolkes som hvor vinden kommer fra (i motsetning til strømretning). Retningen i plottene må altså tolkes motsatt av **Figur 6** og **Figur 9**.



Figur 9. Fordeling (i prosent) av strømretning og strømhastighet i sommerhalvåret (april-september) og vinterhalvåret (jan-mars, okt-des).. En vindretning på 150 grader betyr vind utover fjorden, mens samme strømretning betyr strøm innover fjorden.

Tabell 5. Prosentvis fordeling av ulike strømsituasjoner (beregnet strømkomponent langs fjord) for ulike faser av tidevannssyklusen, basert på beregnet tidevannstand. Lavvann = mindre enn 90 minutter før/etter beregnet lavvann, høyvann = mindre enn 90 minutter før/etter beregnet høyvann, mens økende/minkende vannstand er mellom disse tidsperiodene.

	Utgående strøm		Inngående strøm		Sum
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]	
Sommer (apr-sept)					
Lavvann	11	22.3	30.7	35.9	100
Økende vannstand	25.8	26.9	26.5	20.9	100
Høyvann	35.6	26.1	22.3	16	100
Minkende vannstand	20.3	24.9	25.8	29	100
<i>Gjennomsnitt</i>	<i>23.2</i>	<i>25.1</i>	<i>26.3</i>	<i>25.4</i>	<i>100</i>
Vinter (feb-mars, okt-des)					
Lavvann	9.2	18.6	26.4	45.8	100
Økende vannstand	8.2	19	30.5	42.2	100
Høyvann	8.4	13.5	24.2	53.8	100
Minkende vannstand	5.2	14.3	22.4	58.2	100
<i>Gjennomsnitt</i>	<i>7.8</i>	<i>16.4</i>	<i>25.9</i>	<i>50</i>	<i>100</i>



Figur 11. Fordeling av strømkomponenten i fjordens retning (x-akse) avhengig av hvor man er i den beregnede tidevannssyklusen (hver kolonne) og om det er sommer eller vinter (øvre mot nedre rad).

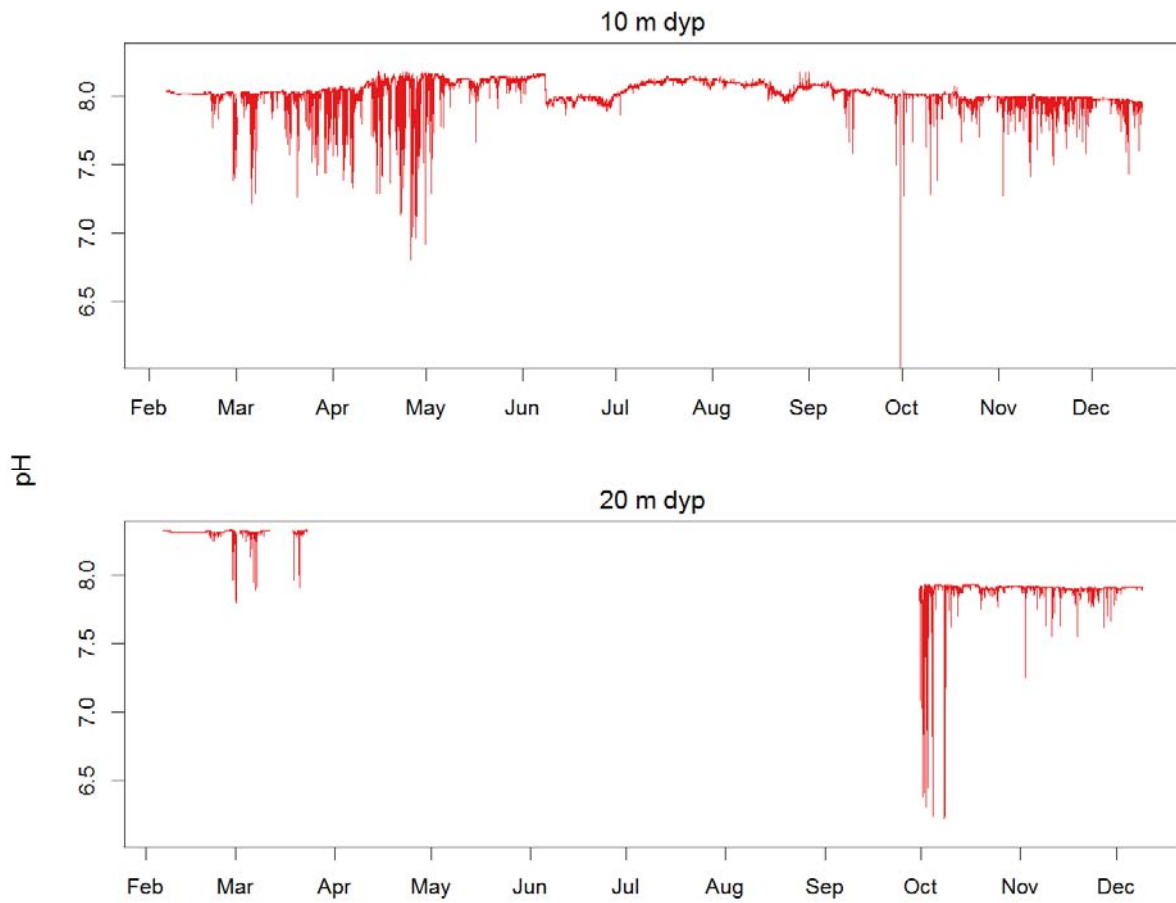
2.1.3 pH

De målte pH-verdiene viser et "asymmetrisk" forløp med mange kortvarige kraftige utslag i negativ retning (fra normal pH på rundt 8.1) og ingen tilsvarende utslag i positiv retning (**Figur 12**). Dette er som forventet med tanke på påvirkning av utslipp av pH fra bedriften.

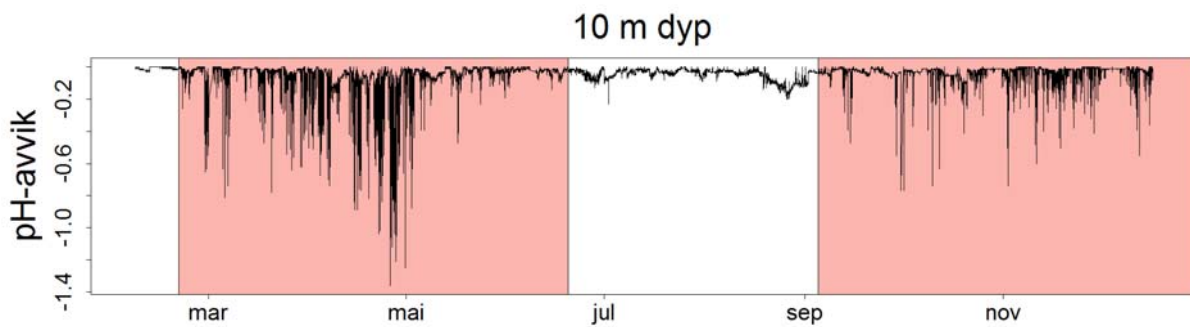
En kan se at "taket" for verdiene, altså upåvirket pH, også viser noe endring over tid (**Figur 12**). Dette kan både skyldes "vandring" i sensoren og naturlige årstidsvariasjoner i pH. Siden vi er mest interessert i å se på avvik fra normalen, regnet vi derfor ut avvikene i pH blir derfor regnet som avvik fra det tilsynelatende "taket" i pH-verdier til enhver tid. Vi korrigerer for dette ved å regne ut pH-avvik fra "normalverdi", der vi regner normalverdi som den ukentlige 95%-persentilen av pH-verdiene (**Figur 13**).

Vi analyserte pH-endringer på samme måte som for turbiditet, dvs. ved å se på fordelingen av pH-verdier i ulike strømsituasjoner. Vi fant her en klar sammenheng (**Figur 14**, **Figur 15**, **Tabell 6**). Andelen målinger som viser ingen eller ubetydelig avvik fra normal pH (avvik mellom 0 og -0.1) er lavest (83.6 %) når det er moderat/sterk strøm utover fjorden (fra utslippsrør mot målebøye), og høyest (94.2 %) når det er moderat/sterk strøm i motsatt retning (**Figur 14**). For svak strøm er andelen en mellomting. For å fokusere på målinger med pH-reduksjon over 0.1, har vi plottet disse målingene separat i **Figur 15**. En ser her et motsatt mønster: desto mer strøm man har innover fjorden, desto lavere er andel av målinger med større pH-reduksjon. Når det er moderat/sterk strøm fra utslippsrør mot målebøyene, er det et pH-reduksjon på >0.5 i 1.5 % av tilfellene, og et pH-reduksjon på >0.75 i 0.4 % av tilfellene.

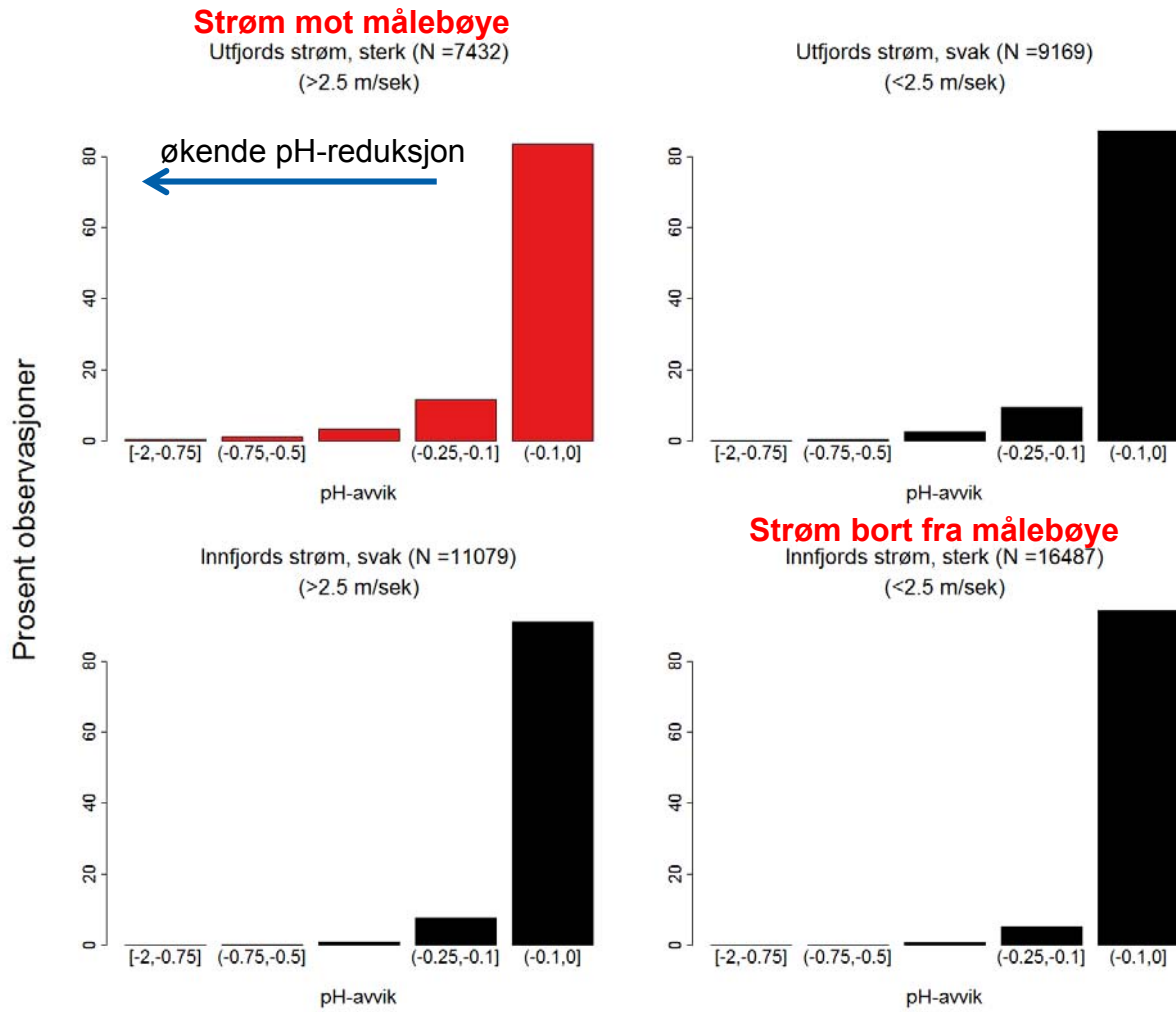
Vi valgte ut data med moderat/sterk strøm utover fjorden og sammenlignet perioder med og uten syrevask (avmerket i **Figur 13**, se også **Figur 16**). Disse resultatene (**Figur 17**, **Tabell 7**) bekrefter at det måles lavere pH i perioder med syrevask. Når syrevask pågår, er det en pH-reduksjon på >0.5 i 2.3 % av tilfellene, og en pH-reduksjon på >0.75 i 0.6 % av tilfellene. Om et tar utgangspunkt i at normal pH er 8.15, tilsvarer en pH-reduksjon på >0.75 en pH på 7.4 eller lavere.



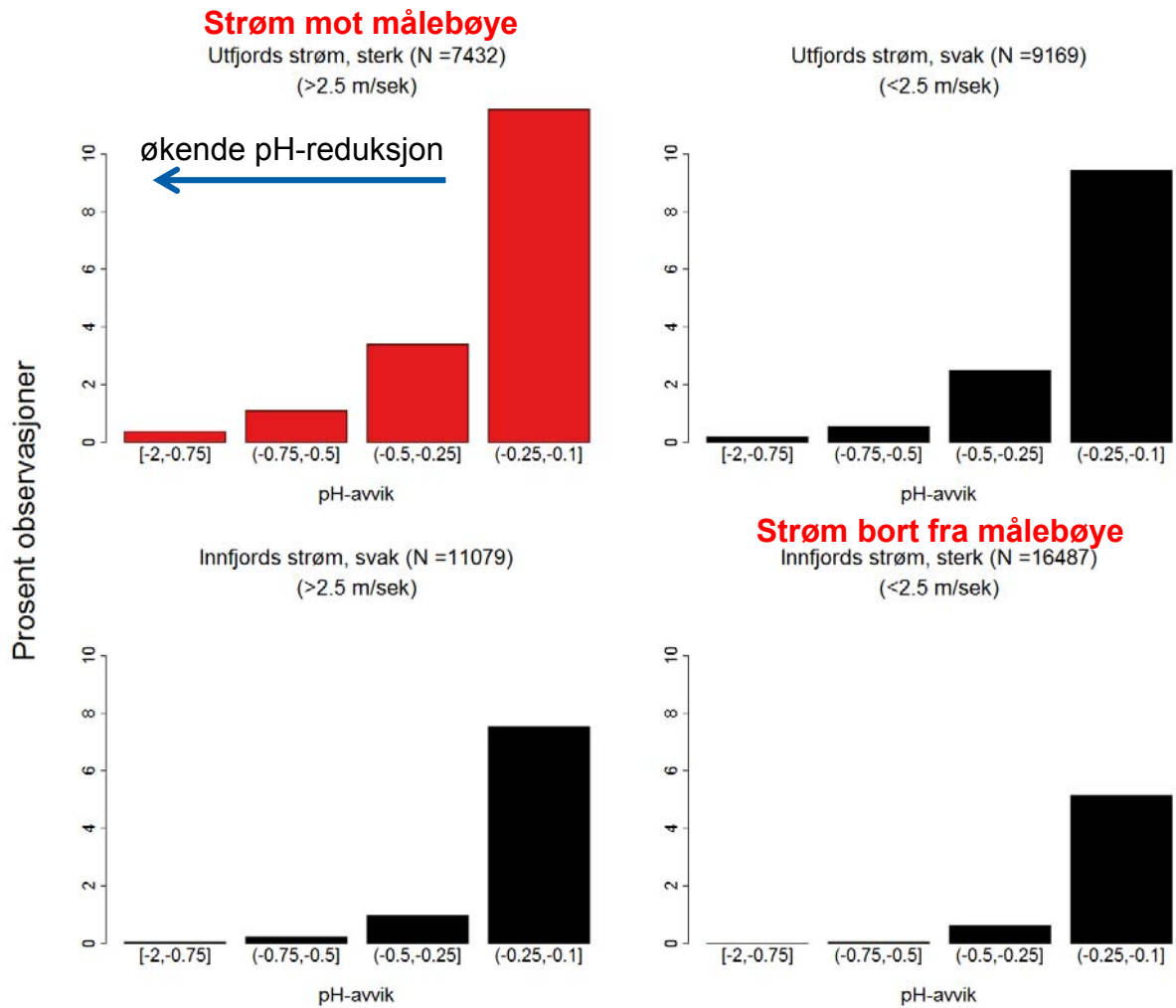
Figur 12. Målt pH, rådata.



Figur 13. pH-avvik fra normalverdier, definert som den ukentlige 95%-persentil en av verdiene. Figuren viser også perioder med syrevask (lyserød sjattering).



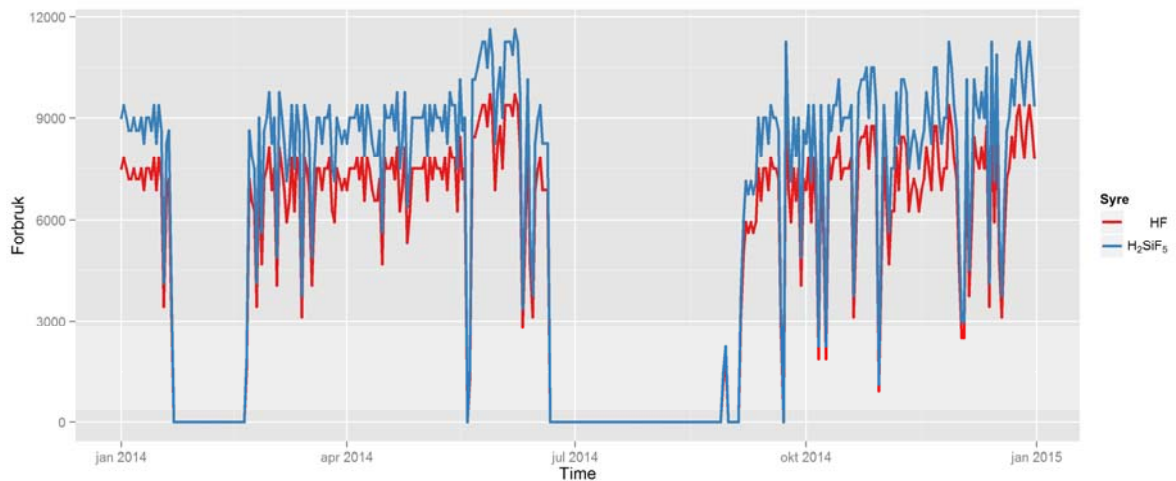
Figur 14. Fordeling av pH-avvik fra normalverdier i ulike strømsituasjoner. Legg merke til at avvik er definert som observert pH minus normal pH, slik at søylene lengst til venstre i hvert plot viser de største avvikene fra normalen.



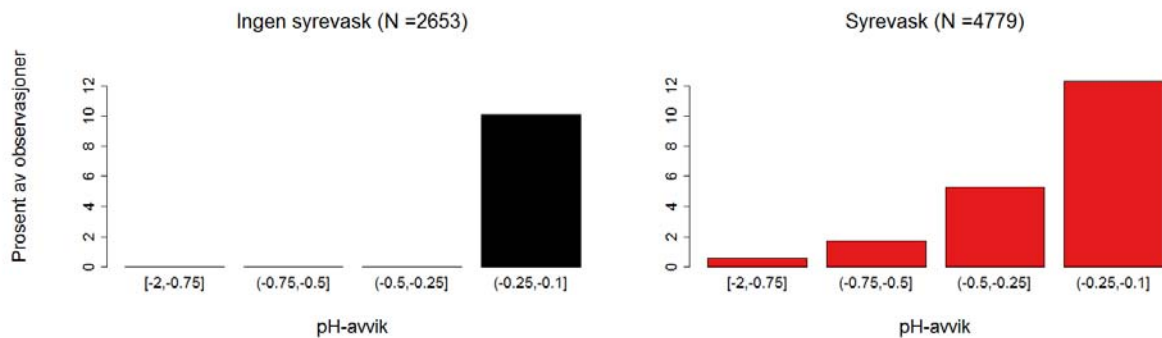
Figur 15. Fordeling av pH-avvik fra normalverdier i ulike strømsituasjoner, med visning kun av pH-avvik er mer enn -0.1 lavere enn normalverdi (dvs. kun de første 4 søylene i **Figur 14** er vist).

Tabell 6. Fordeling av pH-avvik (i prosent) fra normalverdier, i ulike strømsituasjoner. Fordelingen summerer til 100 % for hver strømsituasjon.

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[-2,-0.75]	0.4	0.2	0.1	0
(-0.75,-0.5]	1.1	0.5	0.2	0
(-0.5,-0.25]	3.4	2.5	1	0.6
(-0.25,-0.1]	11.5	9.4	7.5	5.1
(-0.1,0]	83.6	87.4	91.2	94.2
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	7432	9169	11079	16487



Figur 16. Syrevask i bedriften. Dataene viser forbruk (kg/dag) av flussyre (HF) og fluorkiselsyre (H_2SIF_5).



Figur 17. Fordeling av pH-avvik fra normalverdier i perioder med og uten syrevask, med visning kun av pH-avvik er mer enn -0.1 lavere enn normalverdi. Det er kun brukt data fra tidspunkter med moderat/sterk strøm utover fjorden (fra utslippsrør mot målebøye).

Tabell 7. Fordeling av pH-avvik fra normalverdier i forhold til perioder med og uten syrevask. Det er kun benyttet data fra perioder der det er moderat/sterk strøm utover fjorden, dvs. fra utslippsrør i retning av måleriggen (venstre kolonne i **Tabell 6**).

	Ingen syrevask	Syrevask
[-2,-0.75]	0	0.6
(-0.75,-0.5]	0	1.7
(-0.5,-0.25]	0	5.3
(-0.25,-0.1]	10.1	12.3
(-0.1,0]	89.9	80.1
Sum %	100	100
Antall	2653	4779

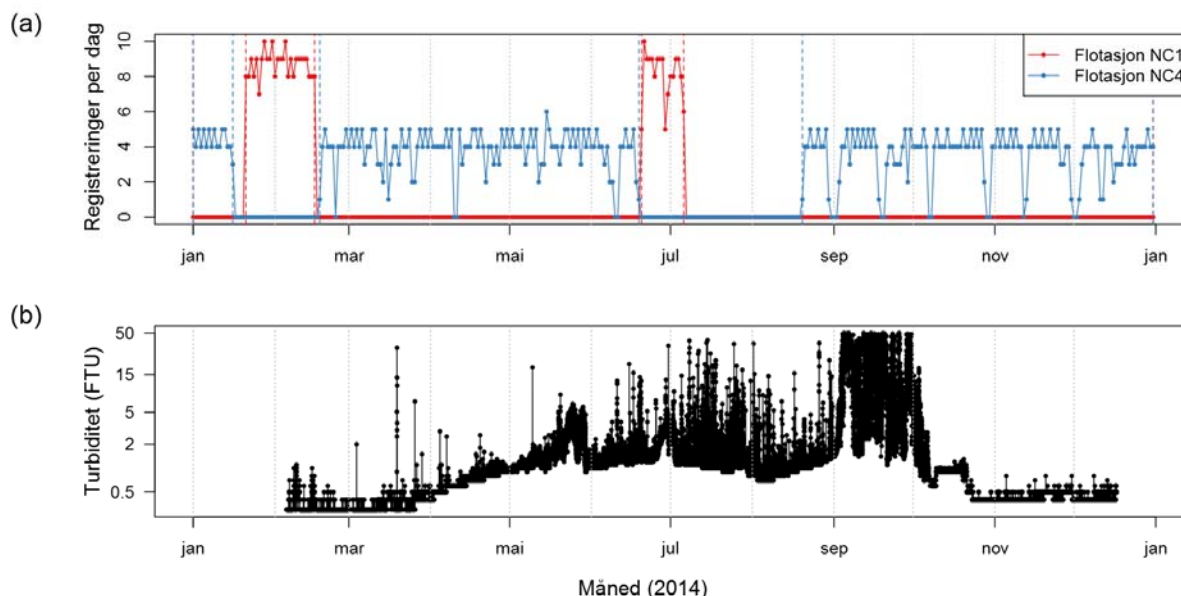
2.1.4 Turbiditet

Turbiditet, målt som spredning av en infrarød lysstråle, brukes ofte som et mål på partikkelmengden i en resipient og det antas at $1 \text{ FNU} \approx 1 \text{ TSM mg/l}^1$.

Figur 18 viser rådataene fra turbiditetssensorene. På 20 m er det kun korte perioder med målinger (**Figur 26b**), fordi feil i en kabel førte til at instrumentet sluttet å logge. Instrumentet ble etter hvert tatt inn og sendt til service. Etter service ble det etter en tid satt ut igjen. Vi har av denne grunn ikke analysert dataene fra 20 m.

Når det gjelder data fra 10 m dyp inneholder disse et antall verdier som er ekstremt høye ($>50 \text{ FNU}$) og må være feil (**Figur 26a**). I tillegg ser det ut til at den nedre grensen for turbiditeten varierer over tid (**Figur 18b**). Slik drift i målingene kan generelt skyldes både sesongvariasjoner og drift i selve sensoren. Siden man har en økning i verdiene utover våren, mens verdiene kommer tilbake igjen til lave verdier på slutten av året, virker det mest sannsynlig at det er en variasjon i bakgrunnsnivået av turbiditet, dvs. en økning av naturlig forekommende partikler i sommerhalvåret (bl.a. partikler som føres ut i fjorden fra elver og bekker). Sensoren ble ikke rekalkibrert i løpet av 2014, og det er det lite sannsynlig at sensorens følsomhet skulle drifte slik at sensorverdiene først øker og deretter synker tilbake til utgangspunktet. Det virker også lite trolig at det er utslipp fra bedriften som er årsak til denne driften i verdier, da en skulle forvente at målingene ikke påvirkes av disse utlippene i perioder med strøm innover fjorden, noe det stort sett er hvert døgn (se f.eks. **Figur 7**). Dersom det ikke er variasjon i turbiditetens bakgrunnsnivå, så skulle altså minimumsverdiene av turbiditet være omtrent konstante over tid. Da dette ikke er tilfelle konkluderer vi med at "driften" i minimumsverdiene av turbiditet skyldes naturlige sesongvariasjoner i turbiditet.

For å analysere dataene, luket vi først bort verdier over 50, som er urealistisk høyt. Videre slettet vi hele september / fram til rengjøring av sensor 1. oktober), der det er svært høye og variable verdier (**Figur 18b**, **Figur 26**) som trolig skyldes begroing på sensor, noe som er vanskelig å unngå selv om sensor er utstyrt med visker/børster. Videre delte vi opp tidserien i mindre deler for å fjerne tidstrender pga. sesongvariasjon, og analyserte hver del for seg. Vi har fokusert på å sammenligne målinger gjort under ulike strømforhold. Dersom man har påviselig forhøyet turbiditet som følge av utslipp fra bedriften,

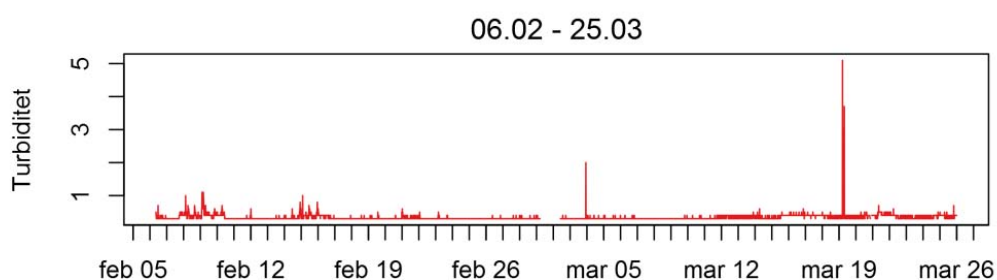


Figur 18. (a) Antall flotasjonsprosesser per dag, og (b) målt turbiditet på 10 meter (rådata, men verdier over 50 er fjernet). Legg merke til at y-aksen er en logaritmisk funksjon.

¹ FNU = Formazin Nephelometric Unit; TSM = Total Suspended Matter. Kai Sørensen, pers. med.

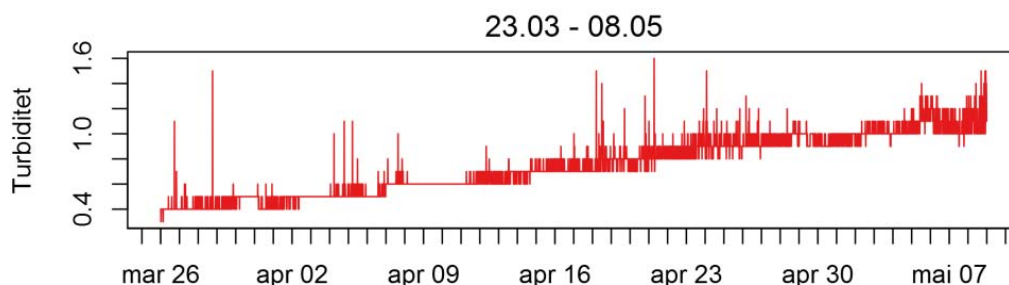
forventer man høyere turbiditetsverdier når det er strøm utover fjorden, dvs. fra utslippsrør i retning av målebøyen, og lave turbiditetsverdier (bakgrunnsnivå) når det er strøm innover fjorden.

Dataene ble delt opp i 7 perioder på bakgrunn av variabilitet og tidstrender grunnet naturlige sesongvariasjoner, med tanke på at det så ut til å være mulig å fjerne bakenforliggende tidstrender fra dataene matematisk innen hver av disse periodene. Innen hver periode var det omtrent samme nivå av variabilitet. I periode 1 (6. februar – 25. mars), 3 (22.-29. mai) og 6 (2.-6. oktober) var det ingen tydelig tidstrend i dataene, og disse seriene ble derfor analysert basert på rådata (**Figur 19**). For de andre periodene (periode 2, 4-5 og 7) var det mer eller mindre tydelig tidstrender i minimumsverdiene. Vi forventer at strøm innover fjorden forekommer hyppig, som regel daglig, og brukte derfor minimumsverdien i løpet av en dag som en referanseverdi for å ta hensyn til variasjoner i bakgrunnsnivået i turbiditet. For disse periodene brukte vi derfor avvik i turbiditet, definert som målt turbiditet minus den daglige minimumsverdien, som et mål på turbiditet. Vi slettet enkelte avvikende verdier som oppsto

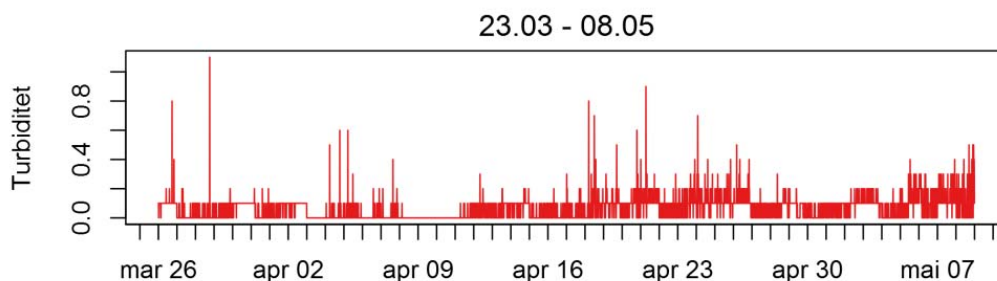


Figur 19. Målt turbiditet på 10 m i periode 1 (6. februar – 25. mars). Rådata.

(a)



(b)



Figur 20. Turbiditet på 10 m i periode 2, 23. mars – 8. mai. Rådata (a) og avvik fra ukentlig minimum (b). Verdiene vist i (b) ble brukt i videre analyse.

som en konsekvens av denne metoden. Vi viser kun tidsseriedata for en av disse periodene som eksempel (**Figur 20**); de andre er vist i vedlegget kapittel 6.3.1.

Turbiditet (periode 1 og 3) eller avvik i turbiditet (periode 2 + 4-6) ble så analysert i forhold til strømsituasjonen, klassifisert i de fire strømsituasjonene brukt i **Tabell 3** og senere tabeller. Siden strøm i store deler av perioden ble målt kun hvert 45. minutt, brukte vi nærmeste strømmåling i tid i forhold til hver turbiditetsmåling.

For periode 1 (6. februar – 25. mars) viste turbiditetsdataene et klart mønster i forhold til strømsituasjonen, som var slik som forventet dersom utslipp fra utslippsrørene bidrar til økt turbiditet (**Figur 21**,

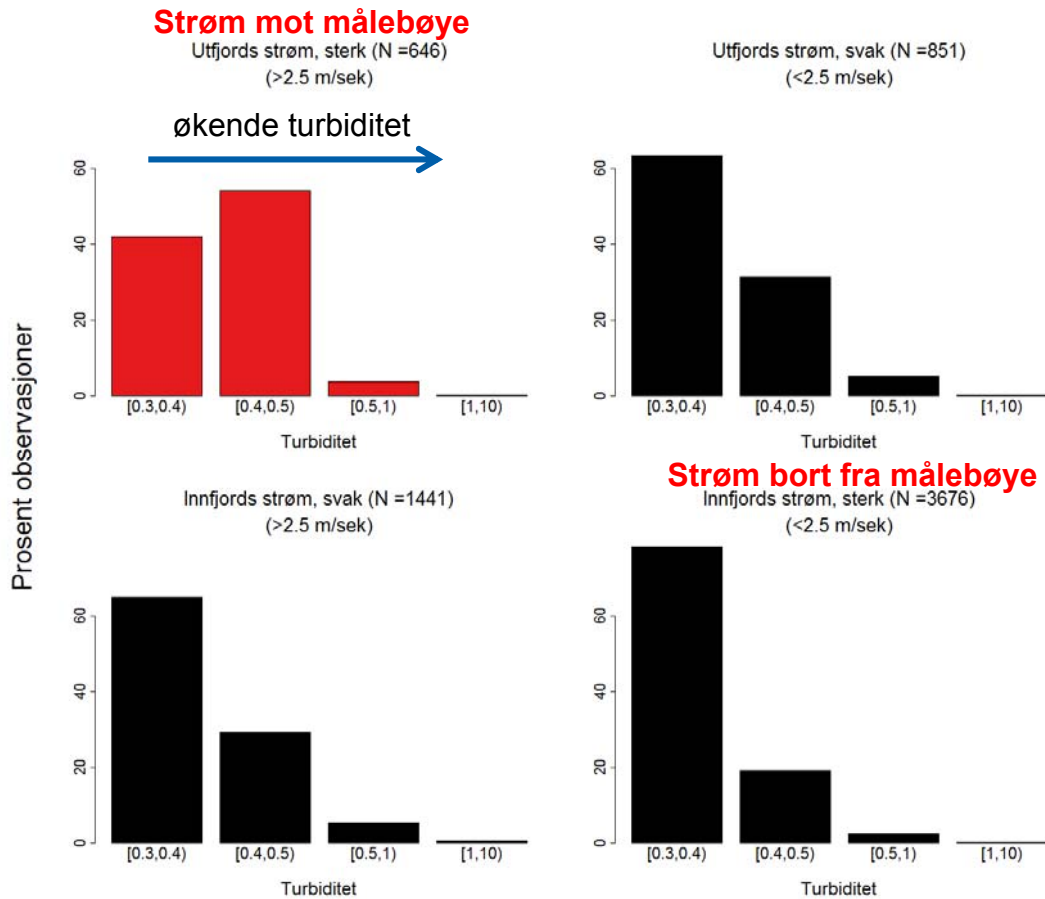
Tabell 8). Andelen målinger i den laveste turbiditetskategorien (0.3-0.4) var lavest (42 %) når det var moderat/sterk strøm fra utslippsrøret i retning av måleriggen. Andelen målinger i denne kategorien steg noe (63-66 %) når strømmen i fjordens lengderetning var svak, og dersom det var moderat/sterk strøm fra utslippsrøret i motsatt retning av måleriggen, hadde hele 78 % av målingene lav turbiditet. For noe høyere turbiditet (mellom 0.4 og 0.5) var mønsteret akkurat motsatt, med høy andel (54 %) når strømmen sto fra utslippsrøret mot riggen, og lav andel (19 %) når strømmen går motsatt vei. 13 målinger (0.17 %) hadde FNU-verdier over 2, og forekom i tre perioder.

For periode 2-7 (vist i vedlegg, kap. 6.3.2 og 6.3.3) var det imidlertid ingen slik sammenheng med strømretning.

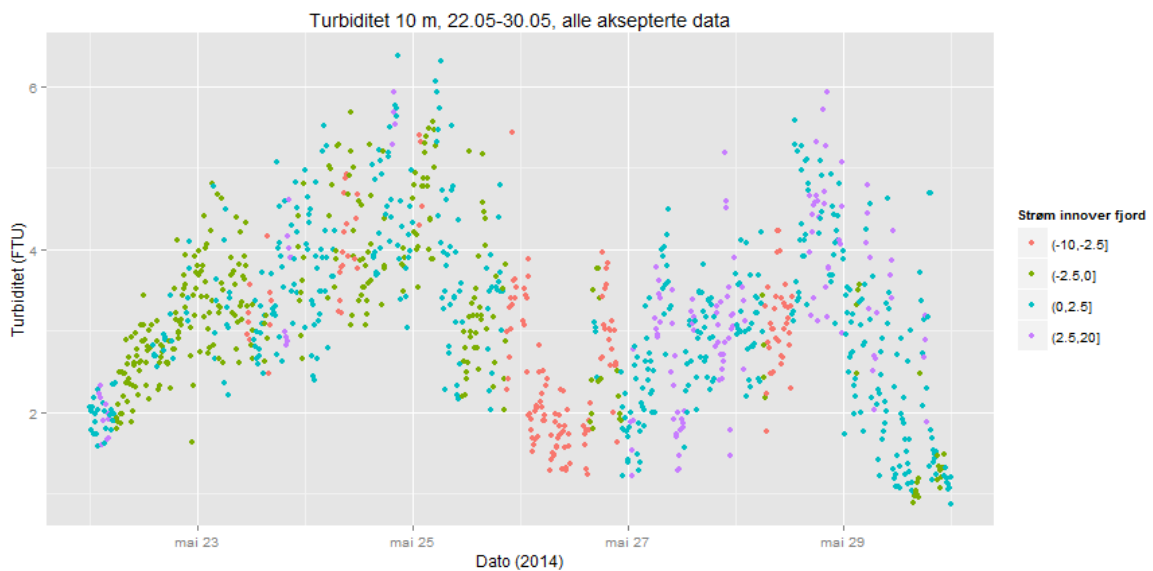
To kortere perioder (periode 3 og 6, hhv. 8 og 5 dager) ble plukket ut da dette var perioder med relativt lite "støy" og klare toppler i data som neppe kan skyldes begroing eller drift i sensor (**Figur 22, Figur 23**). I periode 3 (slutten av mai) var det to toppler (ca. 25. og 29. mai) med forholdsvis høy turbiditet (3-6 FNU) med en tydelig bunn mellom 26. mai (**Figur 22**). Mønsteret har imidlertid ingen sammenheng med strømretning (**Figur 22; Figur 36** i vedlegg), noe som tyder på at utslippsrørene fra bedriften ikke er kilden til partiklene. Vi så derfor på vannføringsdata fra Ravggajokka (Draugelva), den eneste en av elvene som renner ut i Tysfjord der vannføring blir kontinuerlig overvåket av NVE. Denne elva renner ut i Hellemofjorden innerst i Tysfjord, men vi antar at vannføringen her er representativ for vannføring i elver og bekker som renner ut i Tysfjord. Disse dataene tyder på at det var en flomtopp i lokale elver på denne tiden (**Figur 45**). Det er også et markert "ferskvannsignal" i saltholdighet på 10 m dyp (**Figur 46**). Selv om dette var en varm periode (**Figur 47**) tyder interpolerte værdi på at denne flomtoppen skyldes høy nedbør i fjellet (20-30 mm per døgn i 2 uker; **Figur 48**). I periode 6 (starten av oktober) var det markert variasjon, spesielt med en topp på 18 FNU den 3. oktober (**Figur 23**). Dette var rett etter at sensoren ble rensset den 2. oktober. Igjen var det ingen sammenheng mellom turbiditet og strømretning (**Figur 23, Figur 40**), og også i dette tilfellet hadde det også vært en markert flomtopp kort før (28.-30. okt; **Figur 49**). I dette tilfellet ga flomtoppen ingen klare utslag på saltholdigheten, selv om det er en nedadgående trend på både 10 og 20 m dyp (**Figur 50**). Flomtoppen er trolig forårsaket av intens nedbør i fjellet (75-94 mm nedbør per døgn) de samme dagene (**Figur 51**). Dette var for øvrig den høyeste flomtoppen hele året, og en eksepsjonell vannføring for denne tiden av året (**Figur 52**).

Vi konkluderer derfor med at de forhøyede partikkelkonsentrasjonene i periode 3 (mai) og 6 (oktober) sannsynligvis skyldes naturlig tilførsel av partikler fra elver og bekker. Også i første halvdel av juni og i første halvdel av juli var det flomtopper. Man skulle forvente at man så et signal fra flomtoppen i juli i turbiditetsdataene (periode 5), siden sensor ble rensset 2. juli. En mulig forklaring er at den første flomtoppen i mai bringer med seg mer partikler enn flomtoppen i juli fordi det i mai har akkumulert flere partikler i grunnen som kan vaskes ut.

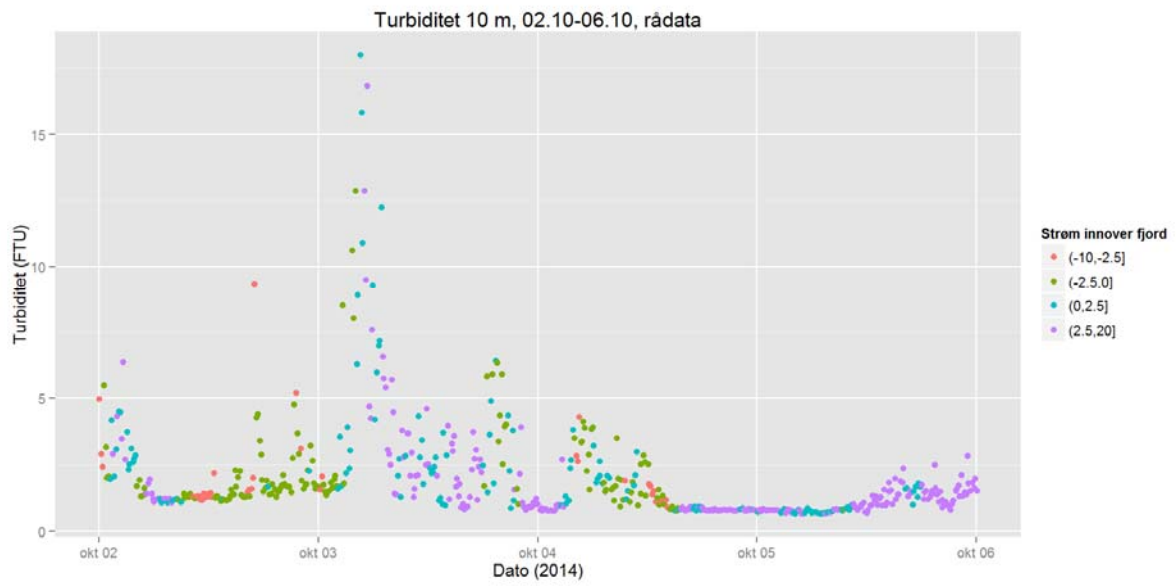
Vi sjekket også turbiditet i forhold til ulike perioder med flotasjon (NC1 og NC4), i de periodene hvor det var endringer i flotasjonsprosessen. I disse analysene plukket vi kun ut måletidspunktene med moderat/sterk strøm fra utslippsrøret i motsatt retning av måleriggen, siden det er i disse periodene en skulle forvente å se effekter av hvilke prosesser som går i bedriften. For periode 1 var turbiditeten omtrent lik i perioder med ingen flotasjon og i NC4-perioder, mens i NC1-perioder var det en mye større andel av høyere turbiditetsverdier (turbiditet > 0.5). Det er imidlertid svært få målinger (kun 54) med denne kombinasjonen av flotasjon og strøm, så det er vanskelig å si om dette kan skyldes en tilfeldighet. I periode 4 var det høye verdier av turbiditet i en periode uten flotasjon (**Figur 43**), men det var igjen ingen sammenheng med strømretning (**Figur 37, Figur 38**), og de høye verdiene skyldes trolig begroing før sensoren ble rensset 2. juli.



Figur 21. Turbiditet (rådata) i forhold til strøm, periode 1 (6. februar – 25. mars). Figuren i rødt markerer en situasjon der en har moderat/sterk strøm fra utslippsrøret i retning av måleriggen.



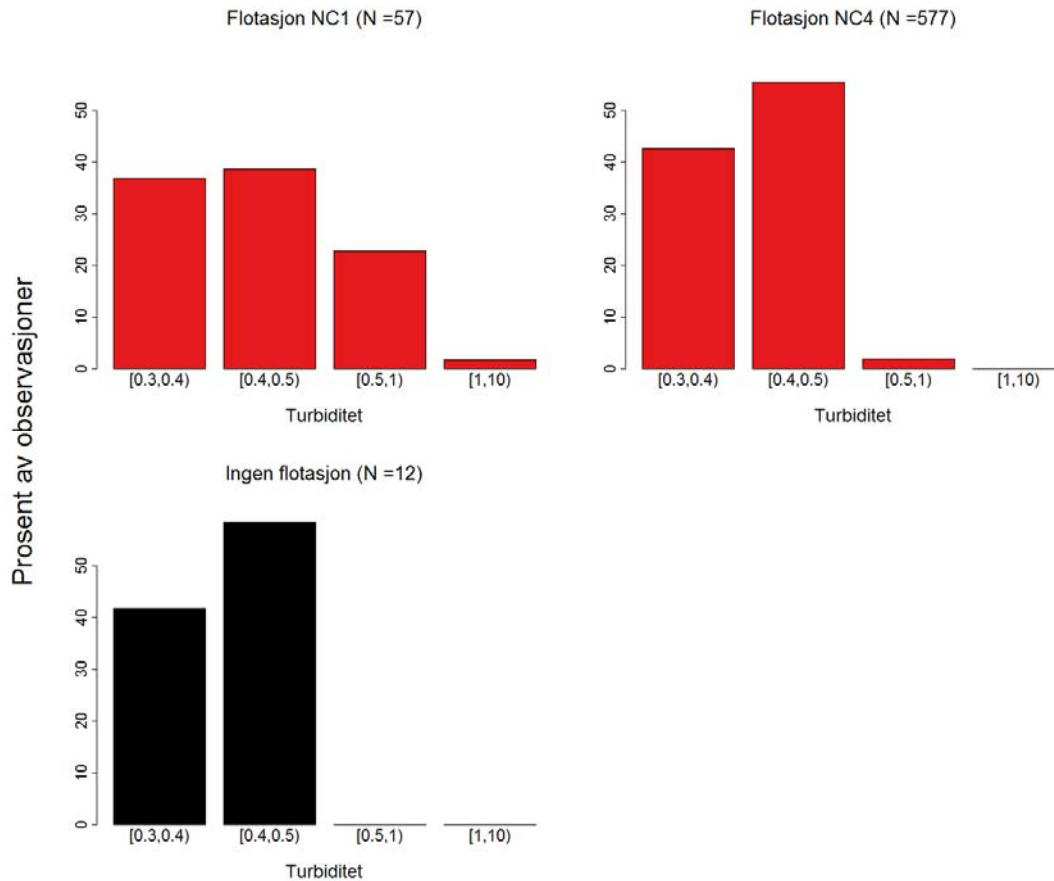
Figur 22. Turbiditet (rådata) over tid i periode 3 (22.05-30.05), med fargede punkter i forhold til strømretning (negative tall betyr at strømmen går utover fjorden, dvs. fra utslippsrør mot målebøye).



Figur 23. Turbiditet (rådata) over tid i periode 6 (02.10-06.10), med fargede punkter i forhold til strømretning (negative tall betyr at strømmen går utover fjorden, dvs. fra utslippsrør mot målebøye).

Tabell 8. Fordeling av turbiditet, rådata, i forhold til ulike strømsituasjoner. Periode 1, 6.2 – 25.3. Fordelingen summerer til 100 % for hver strømsituasjon.

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0.3,0.4)	42.1	63.5	65	78.4
[0.4,0.5)	54	31.4	29.3	19.2
[0.5,1)	3.7	5.1	5.3	2.3
[1,10)	0.2	0.1	0.5	0.1
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	646	851	1441	3676



Figur 24. Turbiditet (rådata) i forhold til flotasjon, periode 1 (6. februar – 25. mars). Det er kun benyttet data fra perioder der det er moderat/sterk strøm utover f jorden, dvs. fra utslippsrør i retning av måleriggen.

3. Diskusjon og konklusjon

For pH var det en klar sammenheng mellom perioder med syrevask og pH-verdier langt under det normale, og her var det også et samsvar med strømretning. Når strømretningen var gunstig for å måle effekten av bedriftens utslipp var det et pH-avvik på >0.5 i 1.5 % av tilfellene, og et pH-avvik på >0.75 i 0.4 % av tilfellene. Ettersom normal pH er rundt 8.1-8.2, svarer et pH-avvik på >0.75 til $pH < 7.4$. Dette samsvarer bra med resultatene fra 2012, som viste at 0.5 % av målingene hadde $pH < 7.4$, mens det viser en forbedring i forhold til 2013-resultatene, som viste at 0.4 % pH-målinger <7.0 og 1.7 % pH-målinger <7.5 . Tallene fra 2013 er beregnet fra alle data både i og utenfor syrevaskperioder og uansett strømforhold, mens tallene vi presenterer i denne rapporten gjelder kun for syrevaskperioder og kun i perioder ved strøm fra utslipp mot bøye. Dette forsterker inntrykket av at pH-avvikene var mindre i 2014 enn i 2013.

Sensordataene fra turbiditetsmålingene på måleriggen ved 10 m er periodevis usikre og gir lite grunnlag for videre databearbeiding. Periodevis er målingene meget lave og periodevis er målingene meget høye. Årsaken til dette er trolig begroing, og at denne har vært av et slikt omfang at visker/børster på sensorens vindu ikke har vært tilstrekkelig for å fjerne forstyrrelsene. Dette har ført til artefakter i datasettet, observert som «spikes», særlig tydelig observert på 10 m-sensor. Dette kan i fremtiden unngås ved hyppigere rengjøringsintervaller av sensorene på riggen. De store oppholdene i data på 20m-rigg skyldes defekt kabel på denne sensoren. Tiden det tok fra sensor ble tatt inn, sendt til service og deretter satt ut igjen, reflekteres av perioden uten data.

I den første perioden av turbiditetsmålingene på 10 m dyp (6. februar – 25. mars) fant vi en sammenheng mellom strømretning og turbiditet, slik en ville forvente ved utslipp av partikler fra bedriften. Selv i denne perioden ble det målt $FNU > 2$ kun i 0,17 % av tiden, og ingen målinger var >5 . For resten av året fant vi to perioder med en entydig økning av turbiditet på 10 m dyp. Data på vannføring og nedbør i området tyder på at det i begge tilfellene var høy avrenning i lokale elver og bekker i denne perioden og at økningen i turbiditet var av naturlige årsaker i disse to periodene. I andre perioder er det høye turbiditetmålinger som ganske sikkert skyldes begroing på sensor.

Selv om vi ikke fant indikasjoner på betydelig forhøyet turbiditet som følge av utslipp fra bedriften, kan vi ikke utelukke at dette kan forekomme. Dette skyldes bl.a. mangelen på målinger på 20 m dyp. Manuelle målinger av turbiditet tidligere har vist at målingene i målepunktet til måleriggen omkring 70 m fra utslippspunktet turbiditet opp mot 12 til 15 FNU^2 , og modellarbeid gjennomført for NC AS viste resultater på partikkelkonsentrasjoner i sjøresipienten på mellom 2 og 12 mg/l i en avstand fra 100 til 200 m fra utslippspunktet (Ledang og Beylich 2013).

Alt i alt finner vi i dataene fra målebøyen klare indikasjoner på forsenket pH som følge av bedriftens utslipp. Når det gjelder turbiditet er det en meget liten heving av turbiditet på den sensoren som virket (10 m) i en begrenset periode der dataene tyder på at turbiditeten påvirkes av bedriftens utslipp. Siden datakvaliteten periodevis har vært utilstrekkelig (bl.a. pga. begroing), kan vi ikke utelukke at det har vært utslipp med større effekter på turbiditet.

4. Anbefalinger

Vi vil gjenta anbefalingen om å flytte målebøyen innover fjorden, slik at den står nedstrøms av utslippspunktet også om vinteren. Vi vil videre anbefale at spesielt turbiditetssensoren renses noe oftere enn det er gjort i 2014 (enten i faste intervaller eller når dataene tyder på at det er begroing). Begge disse tiltakene vil føre til lengre perioder der det er mulig å fange opp eventuelt forhøyet partikkelpredning fra bedriften.

² 1 $FNU \approx 1$ mg/l.

5. Referanser

Ledang, A. B., Skei, J., Eikrem, W. Schaanning, M. og Norling, P., 2011. Undersøkelse av sjøresipienten utenfor Norwegian Crystallites AS på Drag i Tysfjord. NIVA-rapport, 6129-2011, 46 s.

Ledang, A. B. og Beylich, B. 2013. Dataanalyse av kontinuerlige målinger utenfor Norwegian Crystallites A/S på Drag i Tysfjord. NIVA-rapport, 6436-2012, 29 s.

Ledang, A. B. og Berge, J. A. 2014. Dataanalyse av kontinuerlige målinger utenfor Quartz Corp AS på Drag i Tysfjord. NIVA-rapport, 6710-2014, 27 s.

Ledang, A. B. og Schaanning, M., 2011. Modellering av utslipp og beregning av pH ved et framtidsscenario - et supplerende dokument til rapport 6129. Notat, 10 s.

6. Vedlegg

6.1 Statistikk over antall og frekvens av målinger

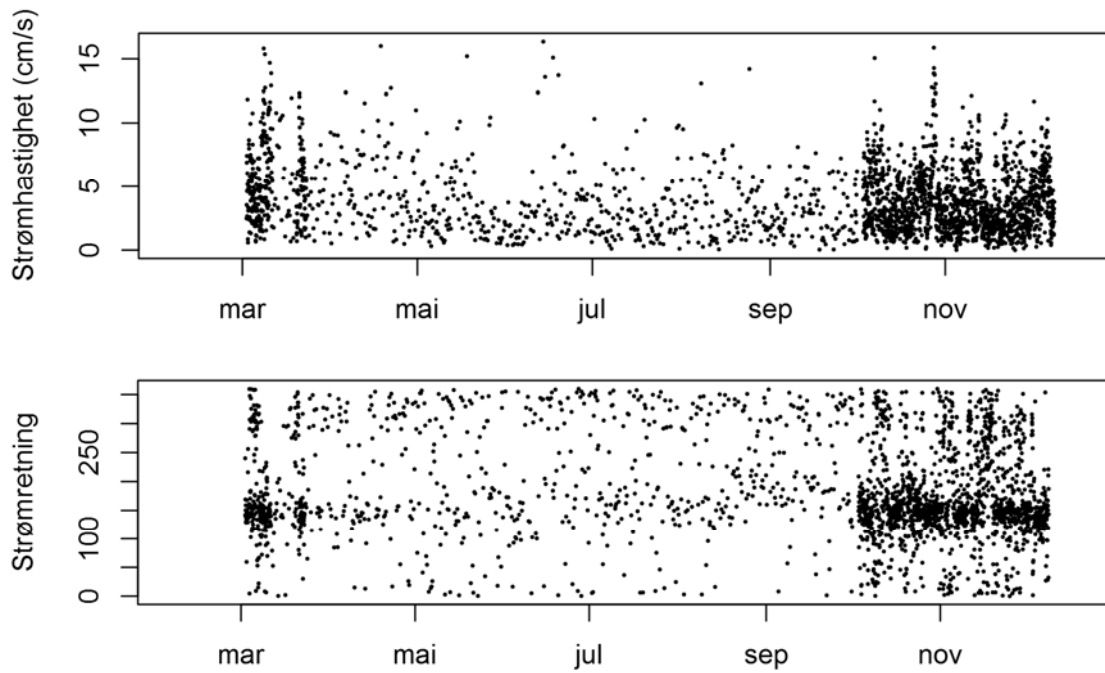
6.1.1 Antall målinger per måned og dybde

År	Måned	Dyp1	Strøm- hastighet	Strøm- retning	Salt- innhold	pH	Temp- eratur_	Turbiditet	Vann- stand
2014	2	10	0	0	3391	3251	3391	3391	0
2014	2	20	2165	2172	2172	2172	2172	2172	2172
2014	3	10	0	0	4290	4290	4290	4290	0
2014	3	20	1743	1753	1202	1202	1202	1202	1202
2014	4	10	0	0	4320	4320	4320	4320	0
2014	4	20	957	960	0	0	0	0	0
2014	5	10	0	0	4464	4464	4464	4464	0
2014	5	20	988	992	0	0	0	0	0
2014	6	10	0	0	4308	4308	4308	4308	0
2014	6	20	953	957	0	0	0	0	0
2014	7	10	0	0	4464	4464	4464	4464	0
2014	7	20	987	992	0	0	0	0	0
2014	8	10	0	0	4464	4464	4464	4464	0
2014	8	20	987	992	0	0	0	0	0
2014	9	10	0	0	4245	4245	4245	4245	0
2014	9	20	990	992	48	48	48	48	48
2014	10	10	0	0	4413	4413	4413	4413	0
2014	10	20	2970	2975	2975	2975	2975	2975	2975
2014	11	10	0	0	4320	4320	4320	4320	0
2014	11	20	2868	2878	2877	2877	2877	2877	2877
2014	12	10	0	0	2336	2336	2336	2336	0
2014	12	20	766	769	769	769	769	769	769

6.1.2 Målefrekvens per måned og dybde

År	Måned	10 m dyp				20 m dyp			
		<10 m.	10 min	15 min	45 min	<10 m.	10 min	15 min	45 min
2014	2	0	100	0	0	0	0	100	0
2014	3	0	100	0	0	0	0	68	31
2014	4	0	100	0	0	0	0	0	100
2014	5	0	100	0	0	0	0	0	100
2014	6	0	100	0	0	0	0	0	99
2014	7	0	100	0	0	0	0	0	100
2014	8	0	100	0	0	0	0	0	100
2014	9	0	100	0	0	0	0	5	95
2014	10	0	100	0	0	0	0	100	0
2014	11	0	100	0	0	0	0	100	0
2014	12	0	100	0	0	0	0	100	0

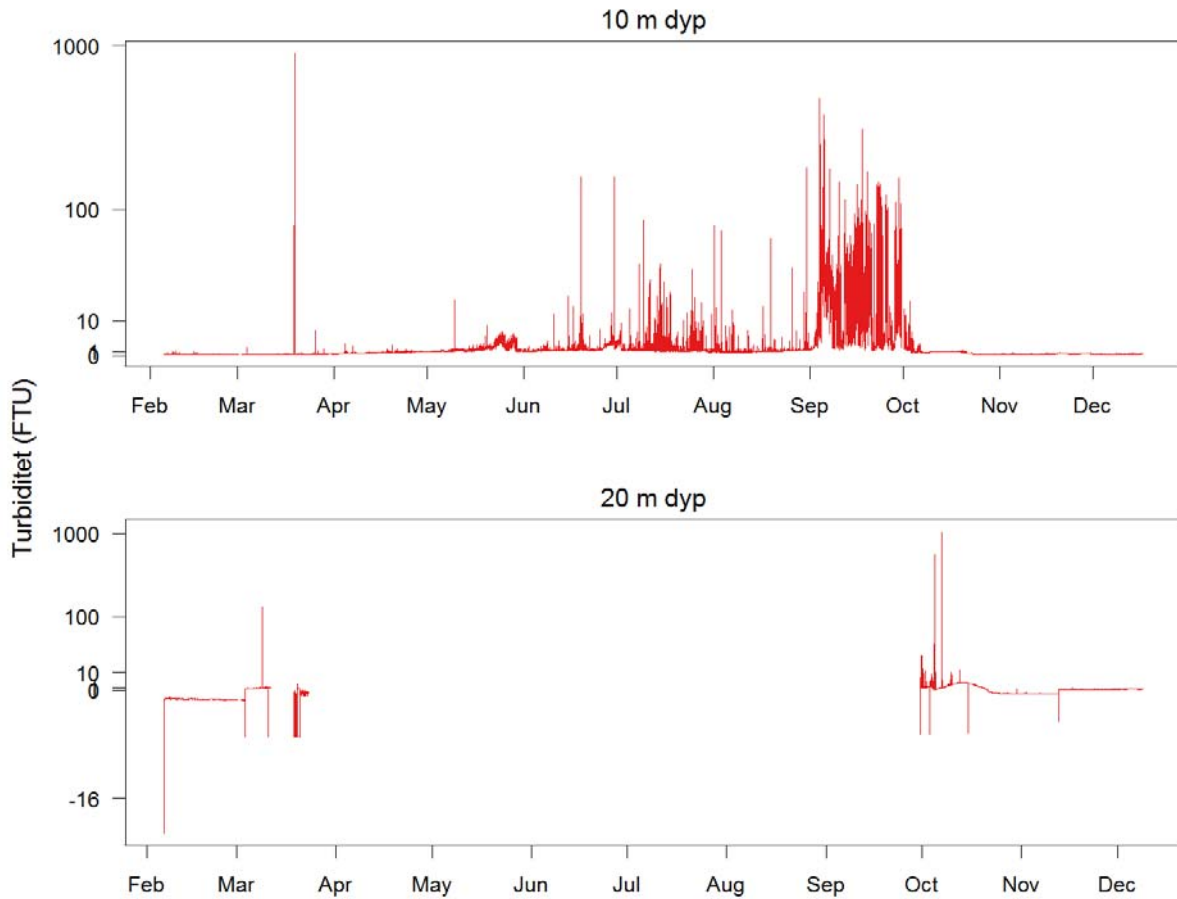
6.2 Strømmålinger



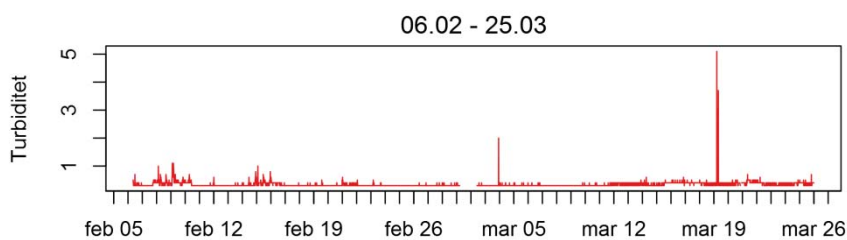
Figur 25. Tidsserier av målinger av strømhastighet og –retning.

6.3 Turbiditet

6.3.1 Tidsseriegrafer

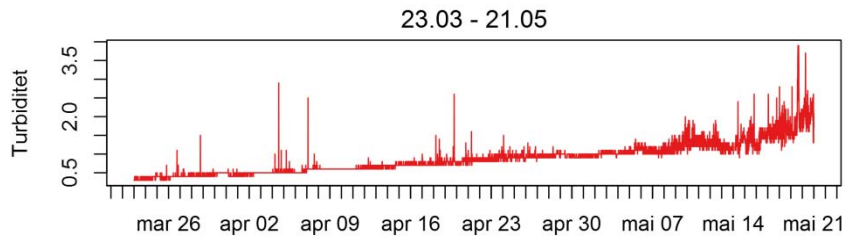


Figur 26. Målt turbiditet gjennom hele året. Rådata.

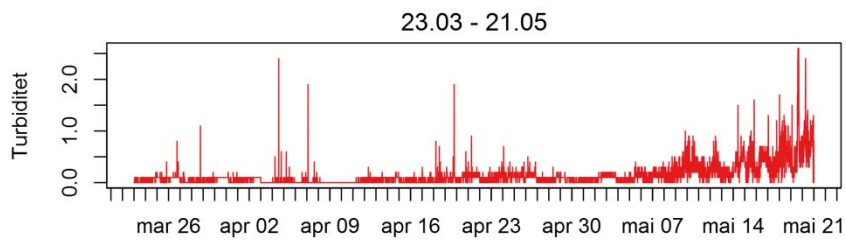


Figur 27. Målt turbiditet i periode 1 (6. februar – 25. mars). Rådata.

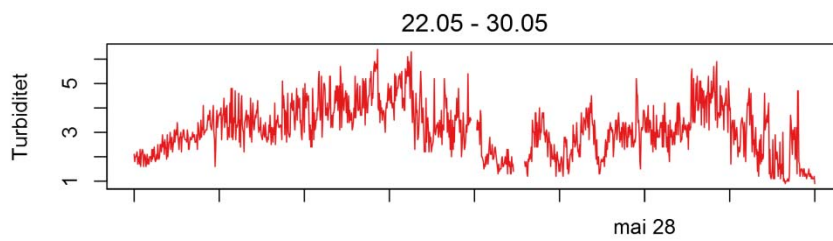
(a)



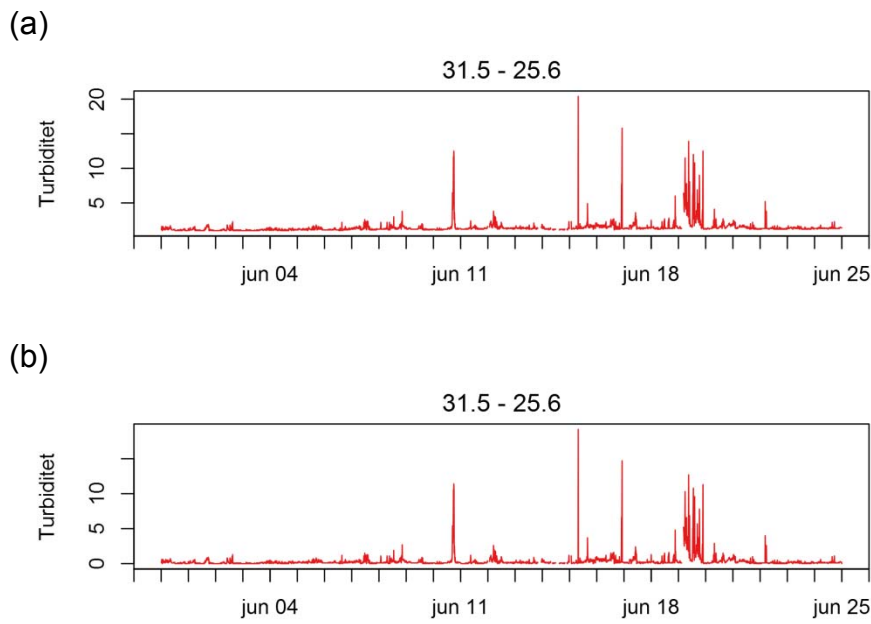
(b)



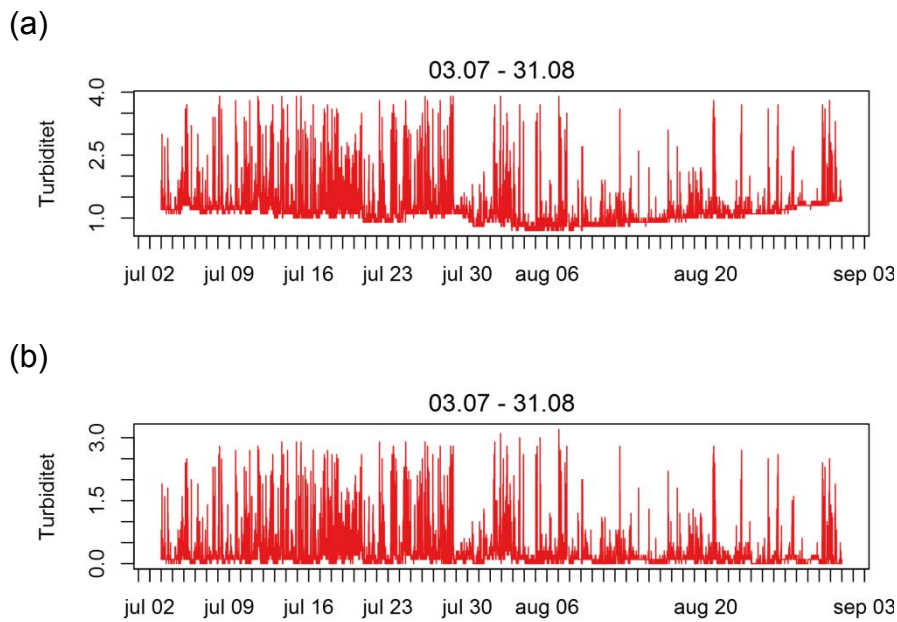
Figur 28. Turbiditet i periode 2, 23. mars – 21. mai. Rådata (a) og avvik fra ukentlig minimum (b).



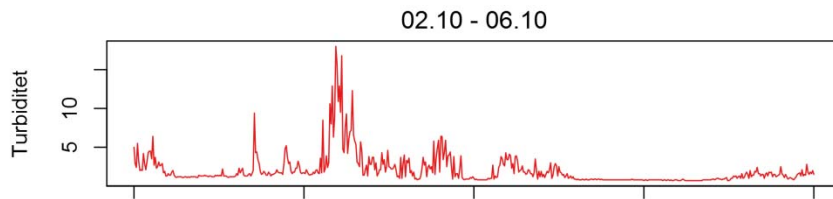
Figur 29. Turbiditet i periode 3, 21. – 29. mai. Rådata.



Figur 30. Turbiditet i periode 4, 30. mai – 25. juni. Rådata (a) og avvik fra ukentlig minimum (b).

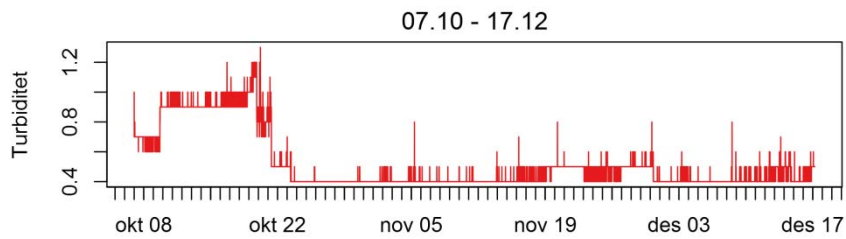


Figur 31. Turbiditet i periode 5, 3. juli – 31. august. Rådata (a) og avvik fra ukentlig minimum (b).

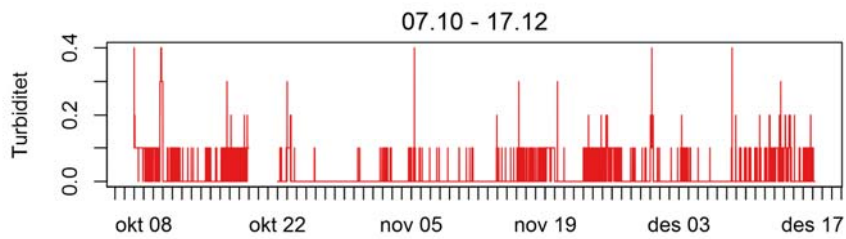


Figur 32. Turbiditet i periode 6, 2. – 6. oktober. Rådata.

(a)

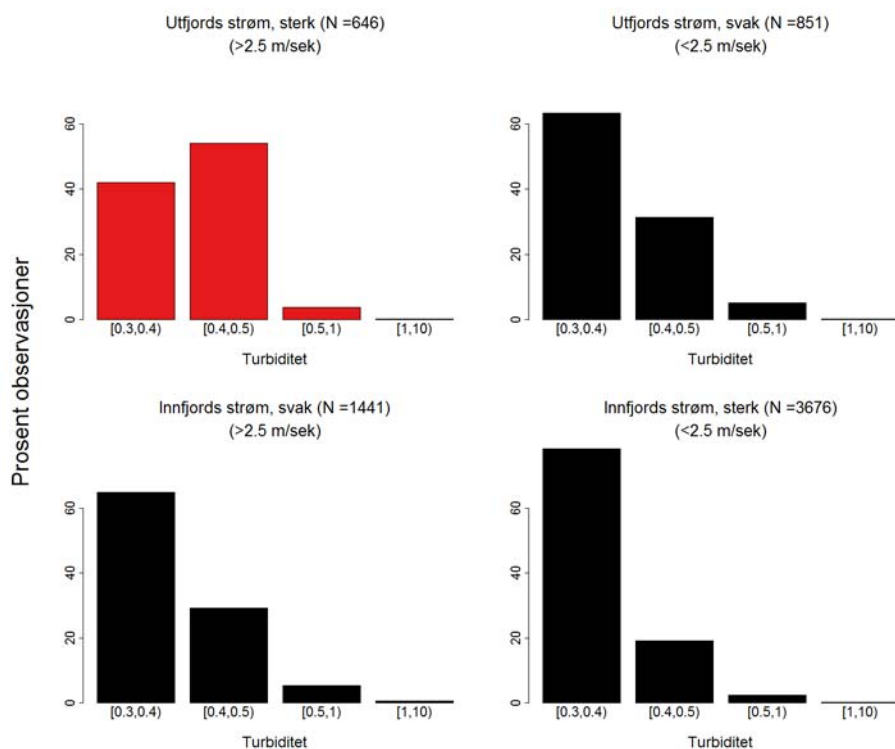


(b)

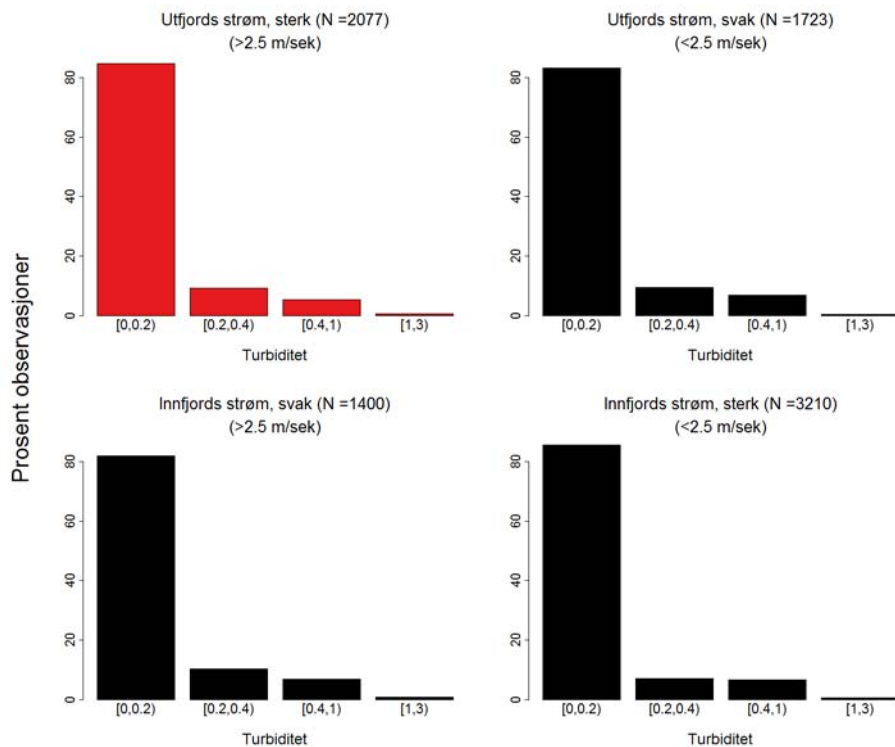


Figur 33. Turbiditet i periode 7, 7. oktober – 17. desember. Rådata (a) og avvik fra ukentlig minimum (b).

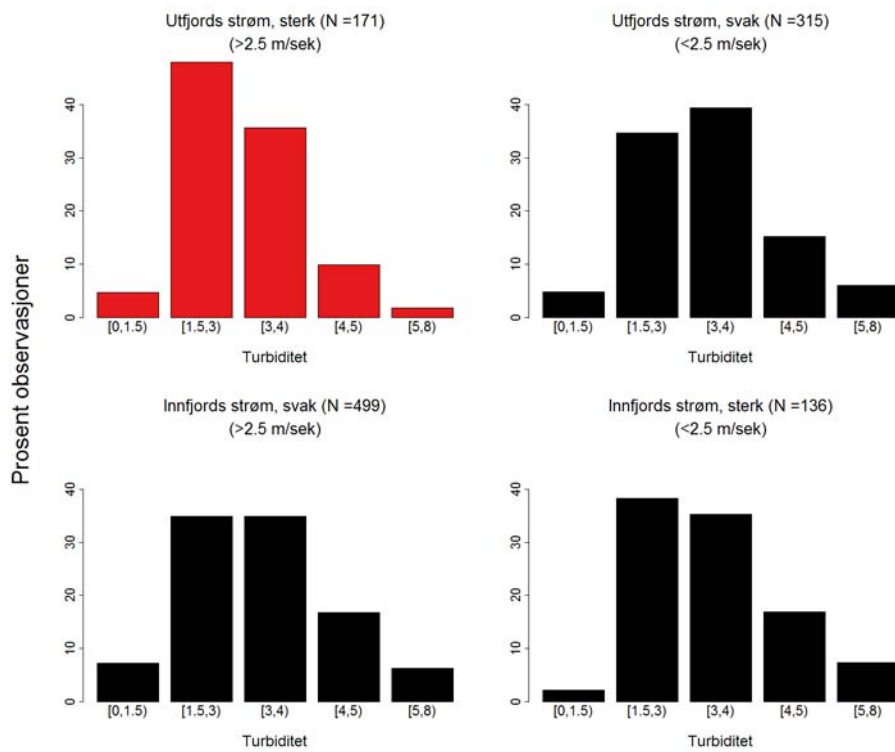
6.3.2 Fordeling av turbiditetsverdier for fire ulike strømsituasjoner (grafer)



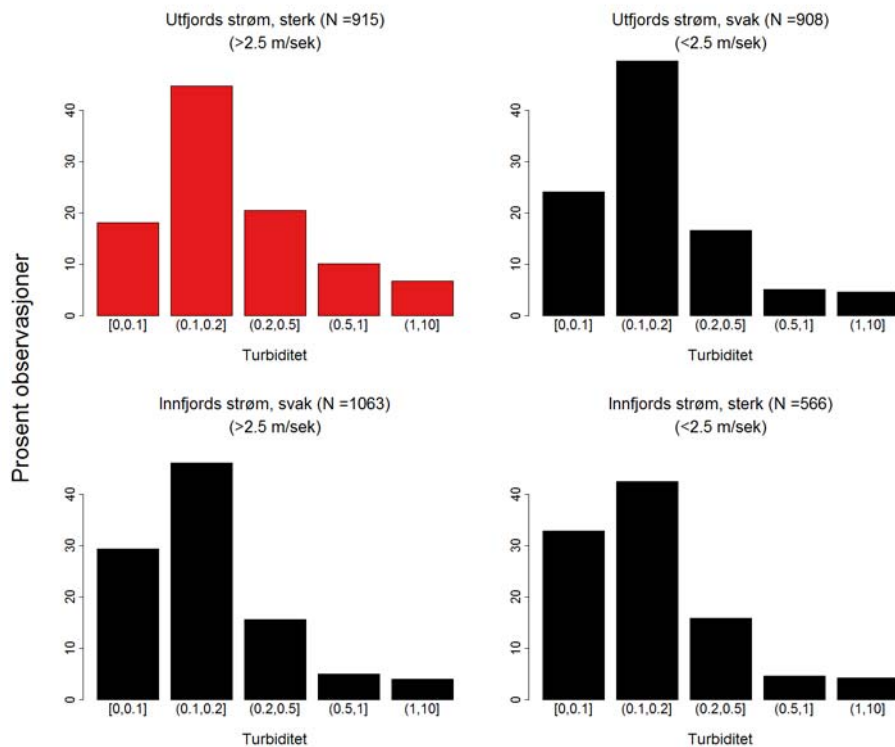
Figur 34. Turbiditet (rådata) i forhold til strøm, periode 1 (6. februar – 25. mars).



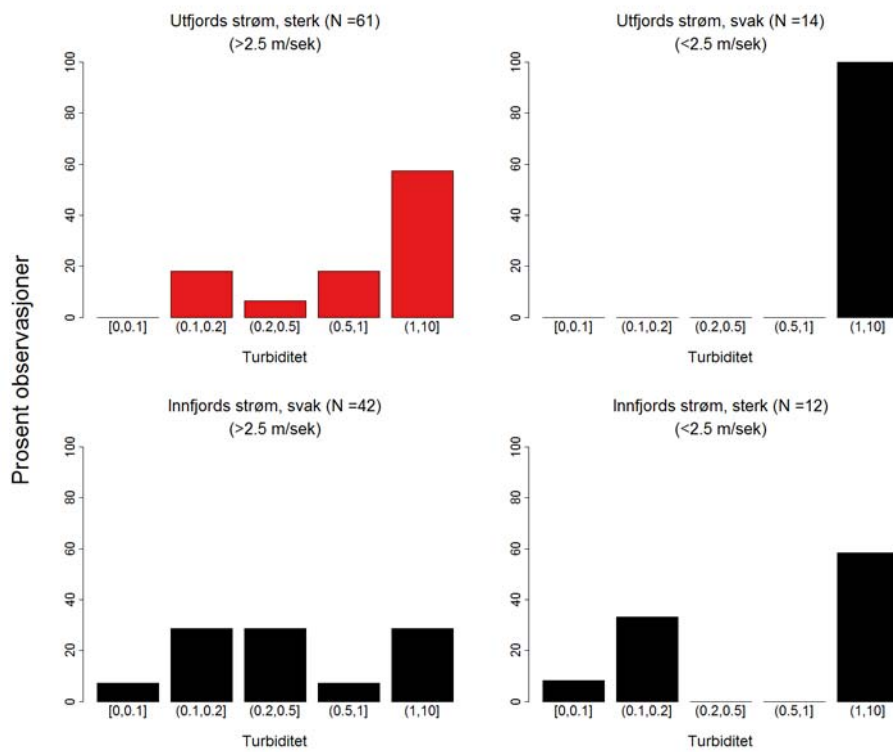
Figur 35. Turbiditet (avvik fra ukentlig minimum) i forhold til strøm i periode 2, 23. mars – 21. mai.



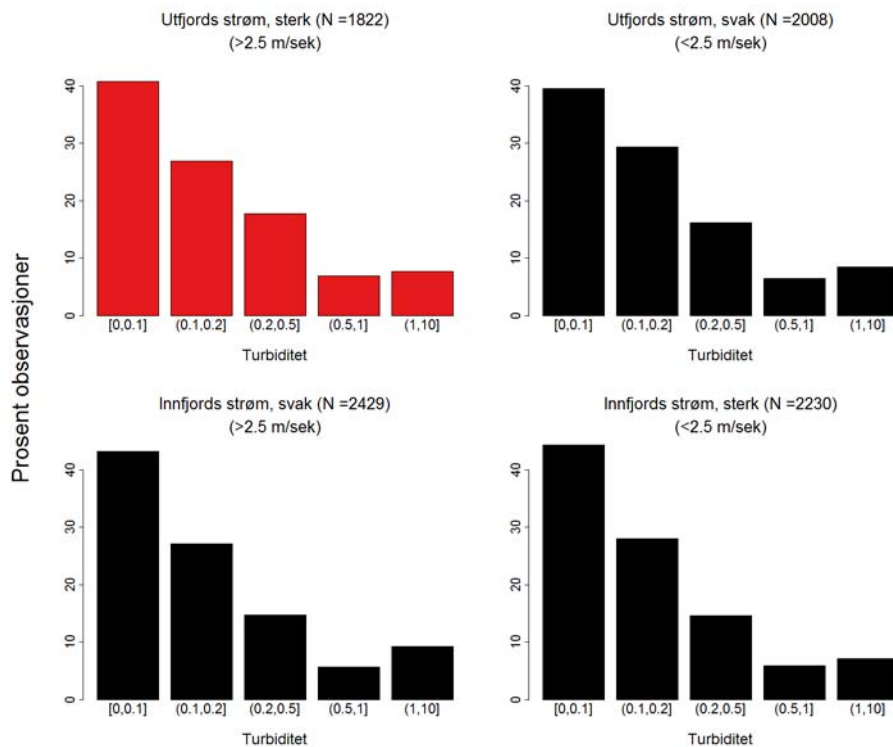
Figur 36. Turbiditet (avvik fra ukentlig minimum) i forhold til strøm i periode 3, 22. – 30. mai.



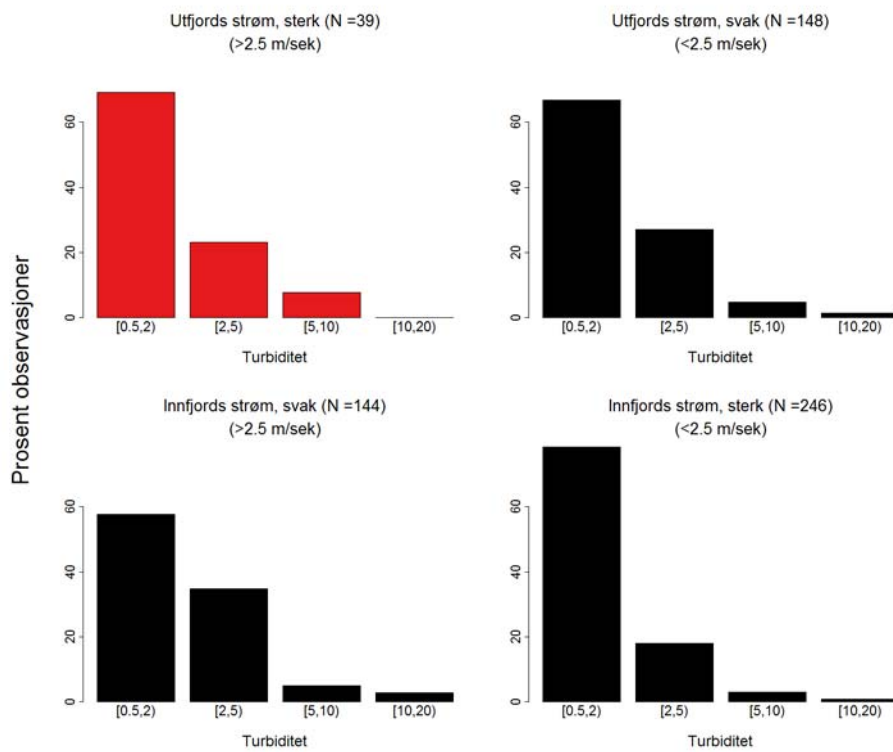
Figur 37. Turbiditet (avvik fra ukentlig minimum) i forhold til strøm i periode 4, 31. mai – 25. juni.



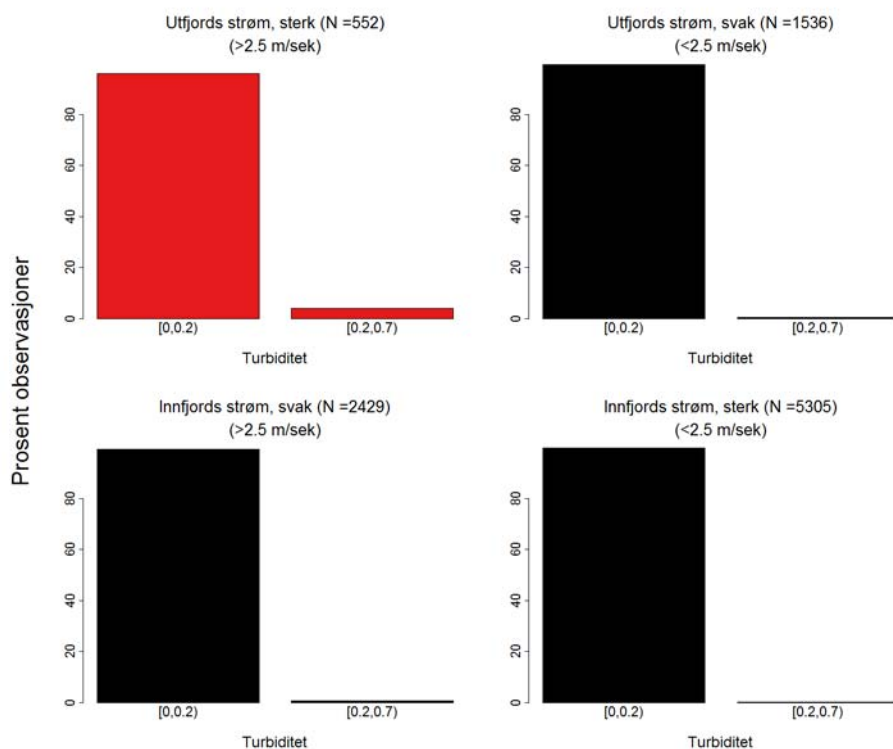
Figur 38. Turbiditet (avvik fra ukentlig minimum) i forhold til strøm i periode 4, 31. mai – 25. juni, kun perioden uten flotasjon.



Figur 39. Turbiditet (avvik fra ukentlig minimum) i forhold til strøm i periode 5, 3. juli – 31. august.



Figur 40. Turbiditet (rådata) i forhold til strøm i periode 6, 2.-6. oktober.



Figur 41. Turbiditet (avvik fra ukentlig minimum) i forhold til strøm i periode 7, 7. oktober – 17. desember.

6.3.3 Fordeling av turbiditetsverdier for fire ulike strømsituasjoner (tabeller)

Turbiditet, rådata. Periode 1, 6.2 – 25.3

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0.3,0.4)	42.1	63.5	65	78.4
[0.4,0.5)	54	31.4	29.3	19.2
[0.5,1)	3.7	5.1	5.3	2.3
[1,10)	0.2	0.1	0.5	0.1
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	646	851	1441	3676

Turbiditet, avvik fra daglig minimum. Periode 2, 23. mars – 21. mai.

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0,0.2)	84.7	83.3	81.9	85.6
[0.2,0.4)	9.2	9.4	10.3	7.1
[0.4,1)	5.3	6.9	6.9	6.6
[1,3)	0.7	0.4	0.9	0.7
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	2077	1723	1400	3210

Turbiditet, avvik fra daglig minimum. Periode 3, 22. – 30. mai

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0,1.5)	4.7	4.8	7.2	2.2
[1.5,3)	48	34.6	34.9	38.2
[3,4)	35.7	39.4	34.9	35.3
[4,5)	9.9	15.2	16.8	16.9
[5,8)	1.8	6	6.2	7.4
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	171	315	499	136

Turbiditet, avvik fra daglig minimum. Periode 4, 30. mai – 25. juni

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0,0.1]	18	24.1	29.4	32.9
(0.1,0.2]	44.7	49.6	46.1	42.4
(0.2,0.5]	20.4	16.6	15.6	15.9
(0.5,1]	10.1	5.1	5	4.6
(1,10]	6.8	4.6	4	4.2
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	915	908	1063	566

Turbiditet, avvik fra daglig minimum. Periode 5, 3. juli – 31. august

	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0,0.1]	41.9	40.5	44.4	45.3
(0.1,0.2]	27.6	30	28	28.6
(0.2,0.5]	18.3	16.5	15.1	14.9
(0.5,1]	7.1	6.6	5.8	6
(1,10]	5.1	6.4	6.7	5.2
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	1773	1964	2361	2185

Turbiditet, avvik fra daglig minimum. Periode 7, 7. oktober – 17. desember

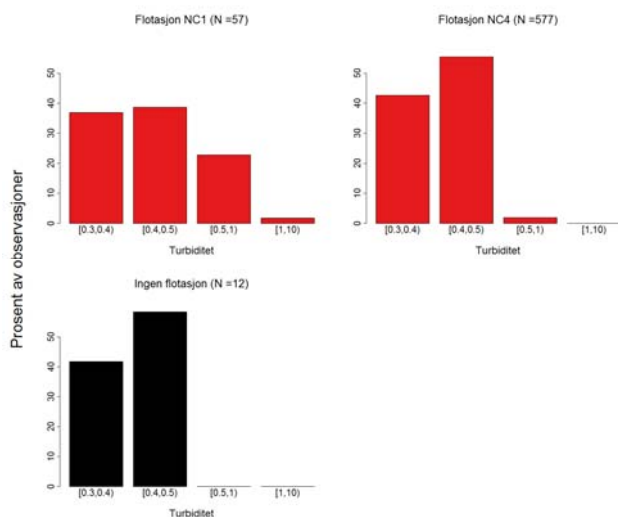
	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0.5,2)	69.2	66.9	57.6	78.5
[2,5)	23.1	27	34.7	17.9
[5,10)	7.7	4.7	4.9	2.8
[10,20)	0	1.4	2.8	0.8
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	39	148	144	246

Turbiditet, avvik fra daglig minimum. Periode 7, 7. oktober – 17. desember

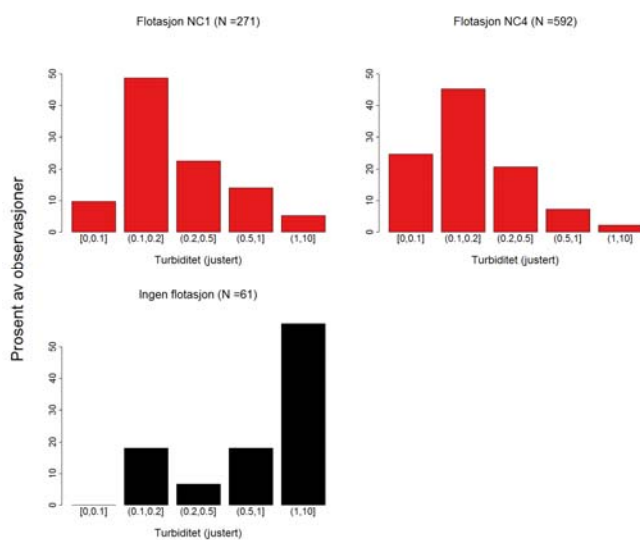
	Strøm utover (cm/s)		Strøm innover (cm/s)	
	(-10,-2.5]	(-2.5,0]	(0,2.5]	(2.5,20]
[0,0.2)	96	99.4	99.4	99.8
[0.2,0.7)	4	0.6	0.6	0.2
Sum %	100	100	100	100
Antall målinger	552	1536	2429	5305

6.3.4 Fordeling av turbiditetsverdier for tre typer perioder i forhold til flotasjon. Kun data fra perioder med strøm utover fjorden og der strømkomponenten lang fjorden er >2.5 cm/s (grafer)

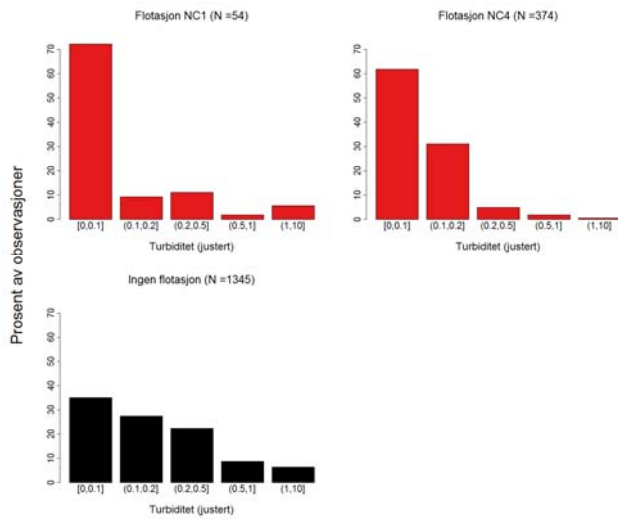
Denne analysen kunne ikke gjennomføres for periode 2 og 5, da det var NC4-flotasjon hele tiden i disse periodene.



Figur 42. Turbiditet (rådata) i forhold til flotasjon i perioder med moderat/sterkt strøm utover fjorden. Periode 1, 6. februar – 25. mars.



Figur 43. Turbiditet (avvik fra daglig minimum) i forhold til flotasjon i perioder med moderat/sterkt strøm utover fjorden. Periode 3, 31. mai – 25. juni



Figur 44. Turbiditet (avvik fra daglig minimum) i forhold til flotasjon i perioder med moderat/sterkt strøm utover fjorden. Periode 4, 3. juli – 31. august

6.3.5 Fordeling av turbiditetsverdier for tre typer perioder i forhold til flotasjon. Kun data fra perioder med strøm utover fjorden og der strømkomponenten langs fjorden er >2.5 cm/s (tabeller)

Turbiditet (rådata). Periode 1, 6. februar – 25. mars

	Ingen flotasjon	Flotasjon NC1	Flotasjon NC4
[0.3,0.4)	41.7	36.8	42.6
[0.4,0.5)	58.3	38.6	55.5
[0.5,1)	0	22.8	1.9
[1,10)	0	1.8	0
Sum %	100	100	100
Antall	12	57	577

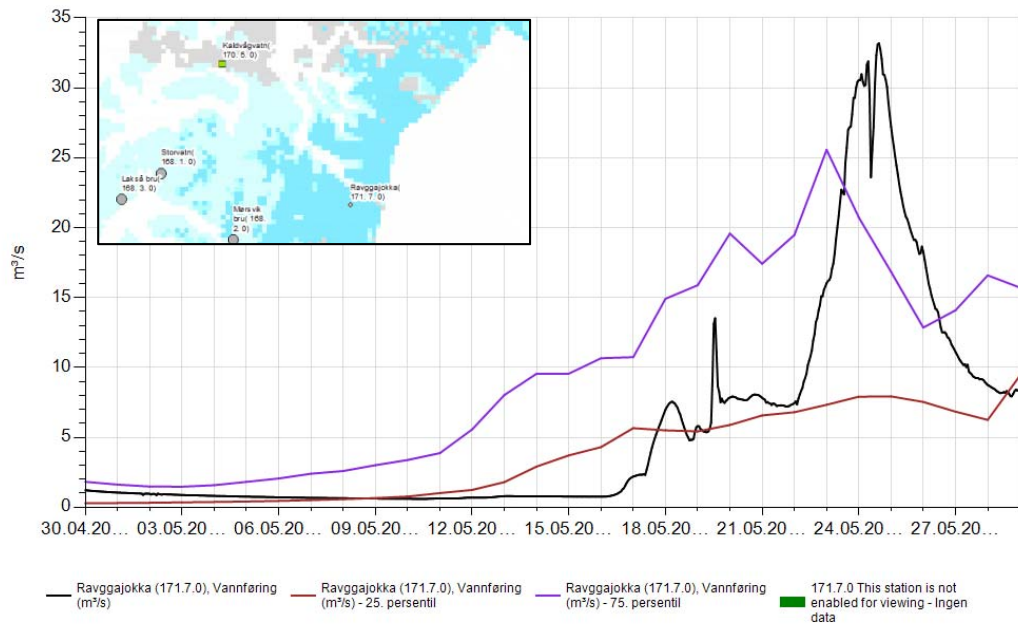
Turbiditet (avvik fra daglig minimum). Periode 3, 31. mai – 25. juni

	Ingen flotasjon	Flotasjon NC1	Flotasjon NC4
[0,0.1]	0	7.3	24.7
(0.1,0.2]	18	49.6	45.3
(0.2,0.5]	6.6	23.3	20.6
(0.5,1]	18	14.5	7.3
(1,10]	57.4	5.3	2.2
Sum %	100	100	100
Antall	61	262	592

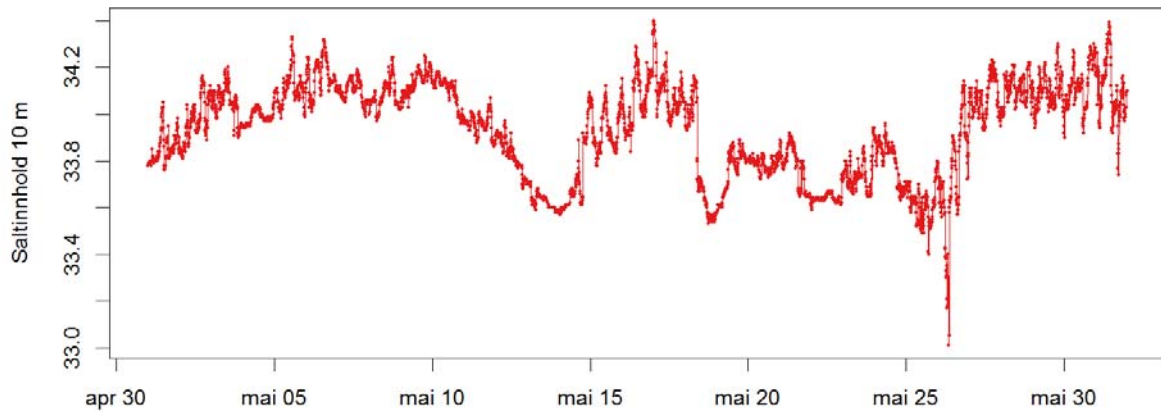
Turbiditet (avvik fra daglig minimum). Periode 4, 3. juli – 31. august

	Ingen flotasjon	Flotasjon NC1	Flotasjon NC4
[0,0.1]	35.2	72.2	61.8
(0.1,0.2]	27.4	9.3	31
(0.2,0.5]	22.3	11.1	4.8
(0.5,1]	8.7	1.9	1.9
(1,10]	6.4	5.6	0.5
Sum %	100	100	100
Antall	1345	54	374

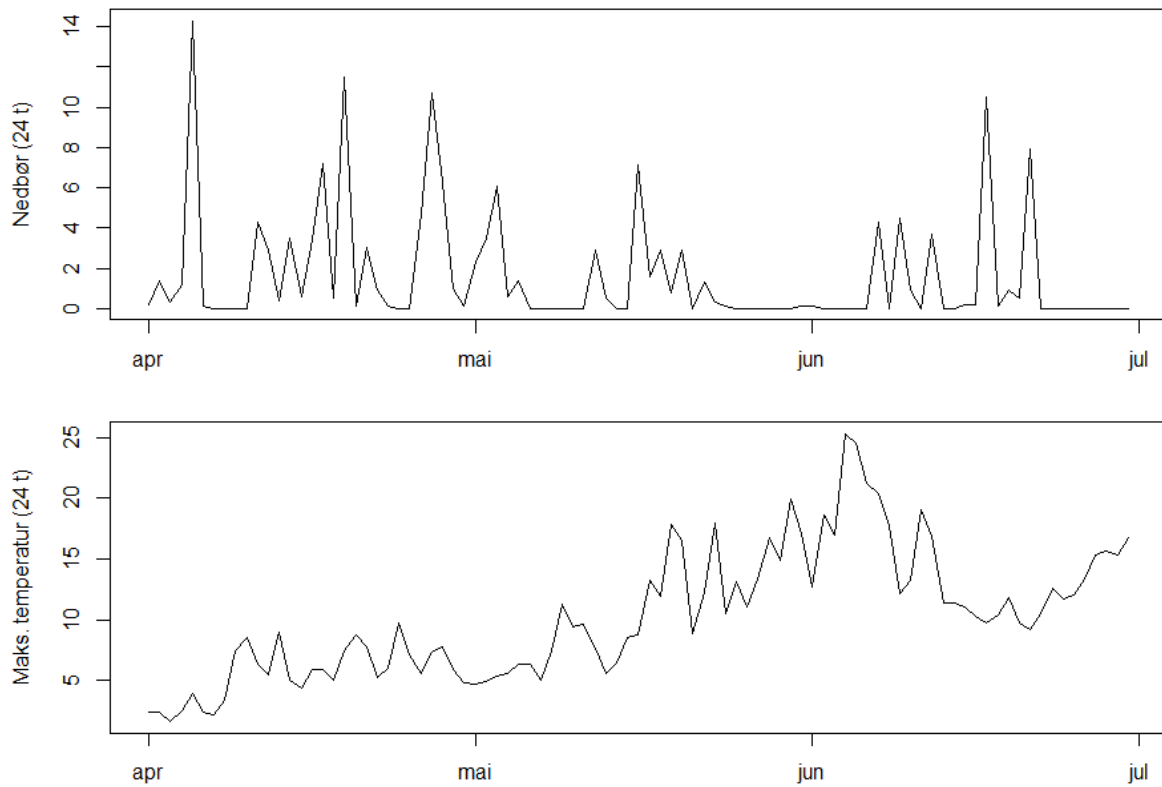
6.3.6 Ekstra figurer brukt i vurderingen av turbiditetsmålingene



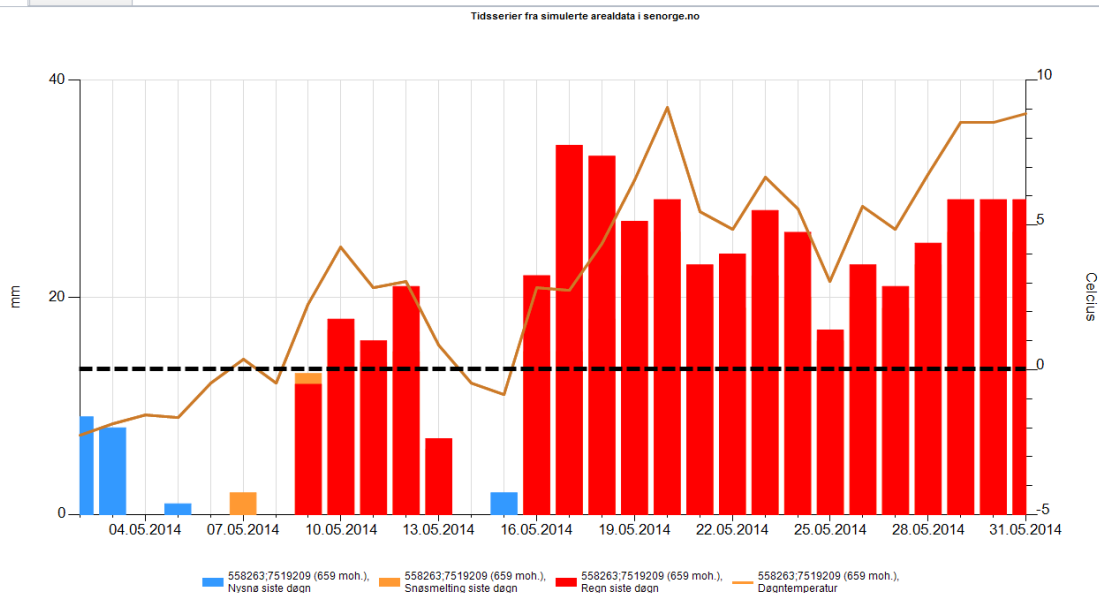
Figur 45. Vannføring i Ravggajokka (Draugelva), en av elvene som renner ut i Hellemofjorden innerst i Tysfjord (se kart), i mai 2014. Fra <http://senorge.no>.



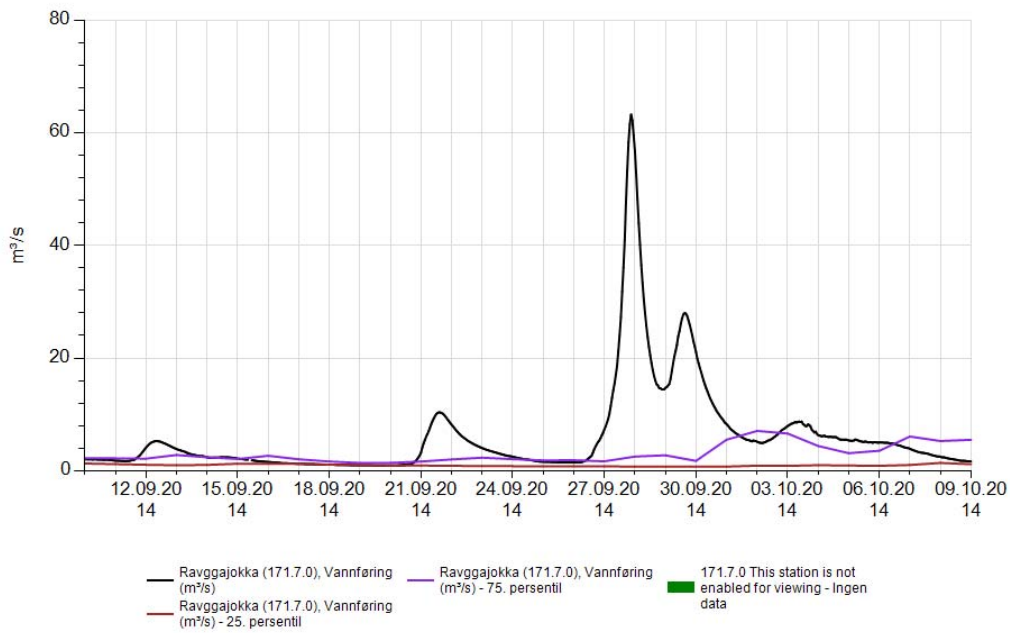
Figur 46. Saltholdighet på 10 m dyp i mai 2014.



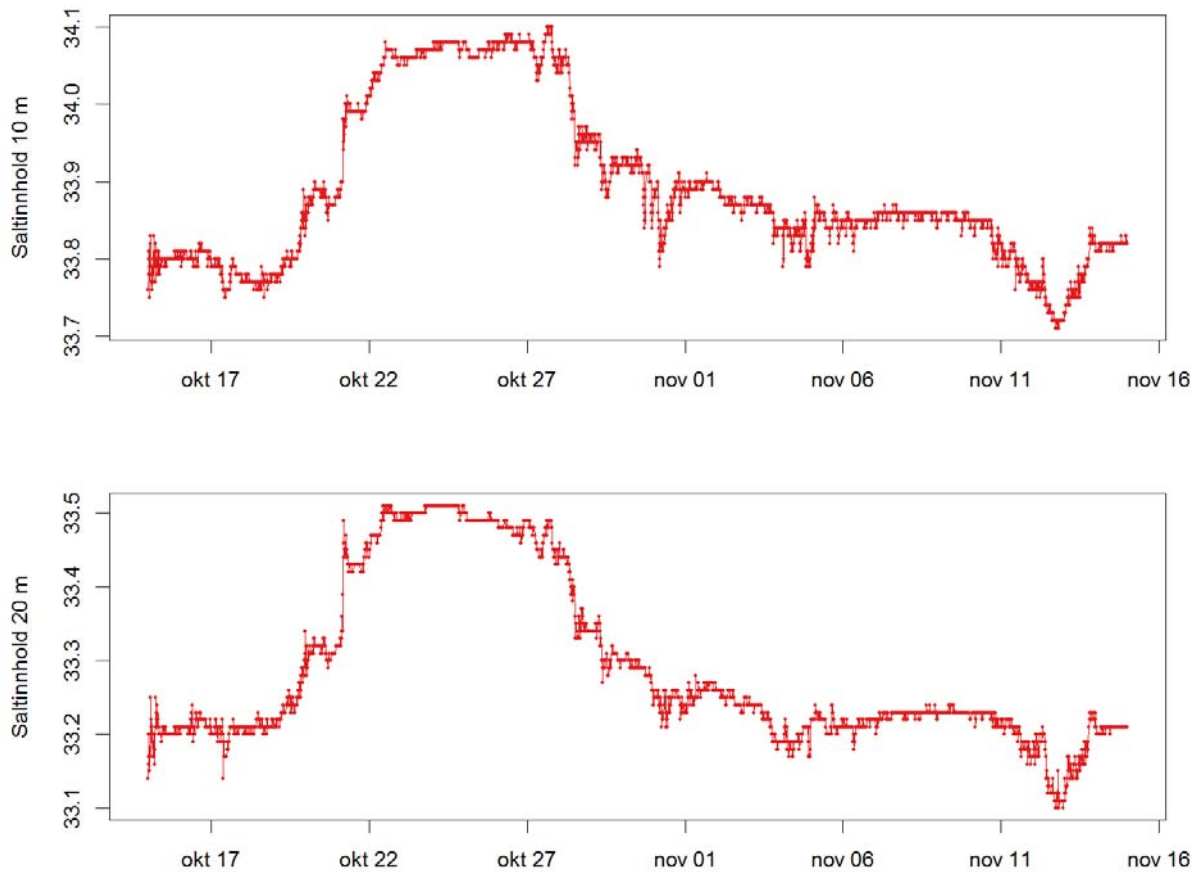
Figur 47. Nedbør og maksimumstemperatur på Drag i perioden april-juni 2014. Data fra Meteorologisk Instituttets server (api.met.no/weatherapi).



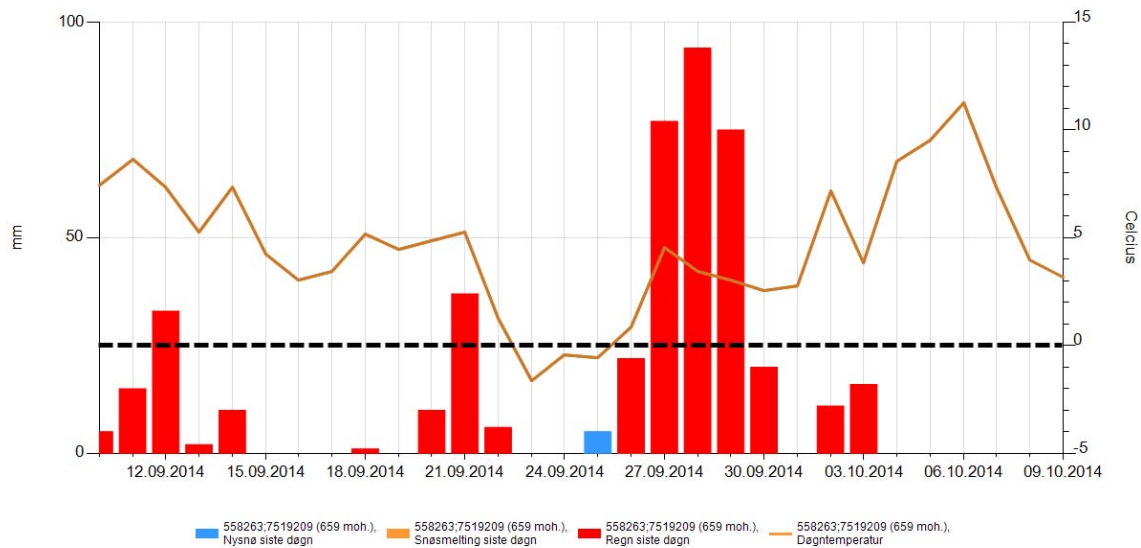
Figur 48. Beregnet (interpolert fra målestasjoner) nedbør i mai 2014 i et punkt på 659 m.o.h. i fjellet sør for Tysfjord ($16^{\circ} 22.94' \text{Ø}$, $67^{\circ} 46.92' \text{N}$; noe sør for innsjøen Hujtakjåvvre). Fra <http://senorge.no>.



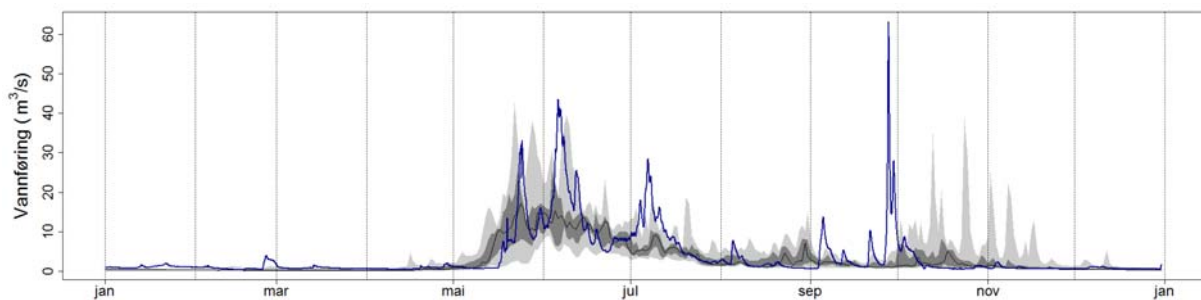
Figur 49. Vannføring i Ravggajokka i september/oktober 2014. Fra <http://senorge.no>.



Figur 50. Saltholdighet på 10 og 20 m dyp i oktober-november.



Figur 51. Beregnet (interpolert fra målestasjoner) nedbør i september/oktober 2014 i et punkt på 659 m.o.h. i fjellet sør for Tysfjord ($16^{\circ} 22.94' \text{ Ø}$, $67^{\circ} 46.92' \text{ N}$; noe sør for innsjøen Hujtakjåvvre). Fra <http://senorge.no>.



Figur 52. Vannføring i Ravggajokka gjennom hele 2014 (blå linje), sammenlignet med 5-95 persentilen (lyst grått), 25-75-persentilen (mørkere grått) og median (svart linje). I 90 % av årene forventer man at vannføringen ligger innenfor de grå sonene. Basert på data lastet ned fra <http://senorge.no>.

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 samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no