



**Forsidebilde: Kart over ytre deler av fjordarmen Leirpollen i Tanafjorden, inkludert bunnkonturer. Strømmålingspunktet er illustrert med et stort kryss nordvest for munningen av Vággejohka (kartkilde: Olex).**

**Akvaplan-niva AS**

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title****Del 2: Resultater fra strømmålinger ved Leirpollen i Finnmark, april – mai 2014****Forfatter(e) / Author(s)**

Eli Børve

**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

6969.01

**Dato / Date**

29.07.2014

**Antall sider / No. of pages**

13 + 2

**Distribusjon / Distribution**

Gjennom oppdragsgiver

**Oppdragsgiver / Client**

Rambøll AS

**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Tom Jahren

**Sammendrag / Summary**

Denne rapporten presenterer strømmålingsresultater fra Leirpollen i Finnmark. Målingene ble utført i april/mai 2014. Dypet på målepunktet var ca. 10 m, og det ble målt strøm ved hjelp av en punkt-strømmåler.

Hovedstrømretningen for området var i nord-nordvestlig retning, med en netto-strøm på 9,1 cm/s. 50 % av strømmålingene hadde en styrke på mellom 7,2 cm/s og 31,8 cm/s. Medianen for strømstyrken var på 16,7 cm/s. I området ble det målt et stort spenn i strømstyrke der 90 % av målingene lå innenfor et spenn mellom 2,5 cm/s og 52,7 cm/s.

Den store variasjonen i strømmen kan til stor grad forklares ved en sterk tidevannskomponent i nord-nordvestlig og sør-sørøstlig retning. Tidevannskomponenten ble estimert til å kunne forklare hele 54 % av strømhastighetene på lokasjonen. I dekomponert form kunne tidevannskomponenten forklare 87 % av variansen i nord-sør retning, og 72 % i øst-vest retning.

**Prosjektleder / Project manager**

Frank Gaardsted

**Kvalitetskontroll / Quality control**

Tore Hattermann

© 2014 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	2
1 INNLEDNING .....	3
2 METODIKK.....	4
2.1 Instrument og målemetode .....	4
2.2 Dataanalyse og visualisering .....	5
3 RESULTATER.....	6
3.1 Strømstyrke.....	6
3.2 Strømretning .....	7
3.3 Variabilitet .....	9
3.4 Tidevannsstrøm og reststrøm .....	10
4 DISKUSJON .....	12
5 REFERANSER.....	13
APPENDIKS 1 .....	14

# Forord

---

Kystverket har engasjert Rambøll AS til å utføre strømmålinger ved Leirpollen i Finnmark. I Rambølls oppdrag for Kystverket er Akvaplan-niva AS leverandør av oseanografiske tjenester og har derfor gjennomført arbeidet som presenteres i denne rapporten. Undersøkelsene er gjennomført i forbindelse med planlegging av mulig fremtidig deponering av mudringsmasser i området.

Følgende personer har deltatt i arbeidet:

Frank Gaardsted	Akvaplan-Niva	Prosjektleder
Eli Børve	Akvaplan-Niva	Dataanalyse, rapportering
Øyvind Leikvin	Akvaplan-Niva	Utsetting av strømmåler

Tromsø, 26.08.2014



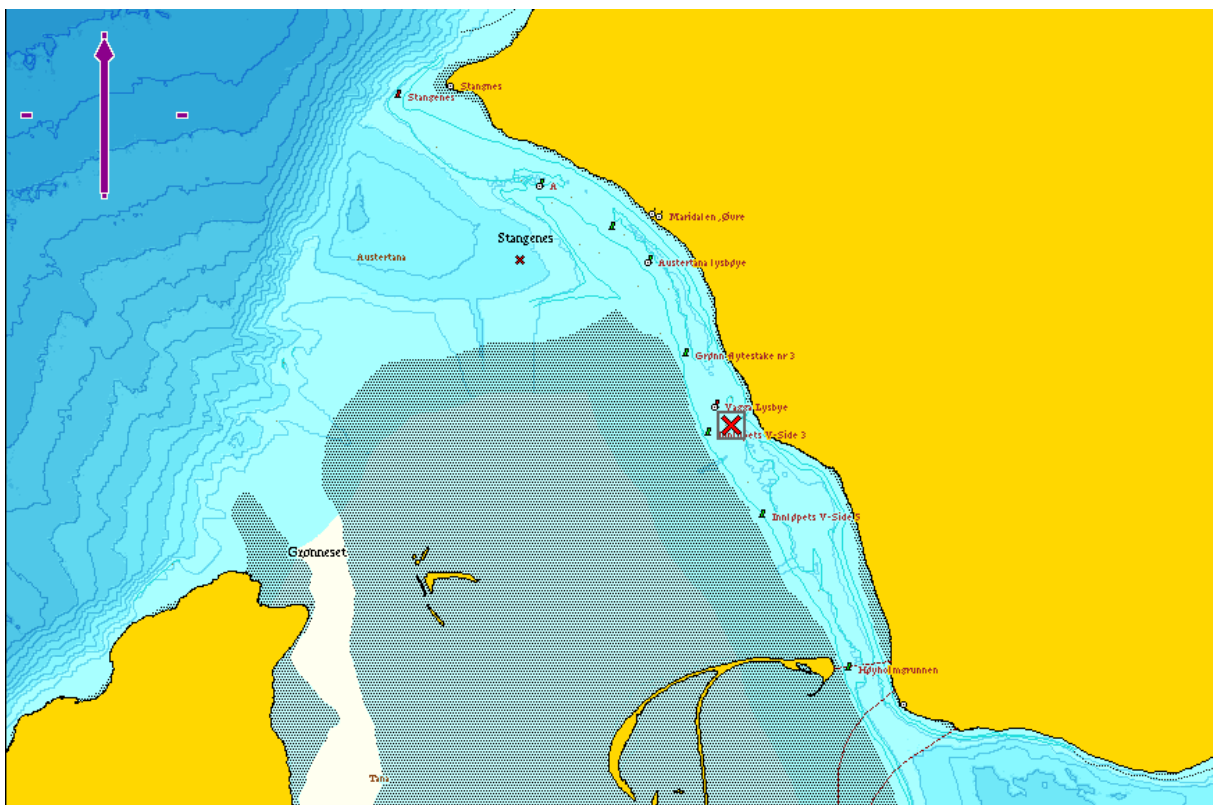
Frank Gaardsted

Prosjektleder

# 1 Innledning

---

I denne rapporten presenteres det resultater fra én måned med strømmålinger fra Ytre Leirpollen i Finnmark (Figur 1). Måleren var plassert på 10 m dyp nordvest for munningen av elva Våggejohka. Resultatene som presenteres her gir et inntrykk av strømbildet i området, men det er viktig å huske på det kan forekomme store variasjoner og at strømmen på et gitt tidspunkt og i et annet område kan avvike betydelig fra resultatene som presenteres her.



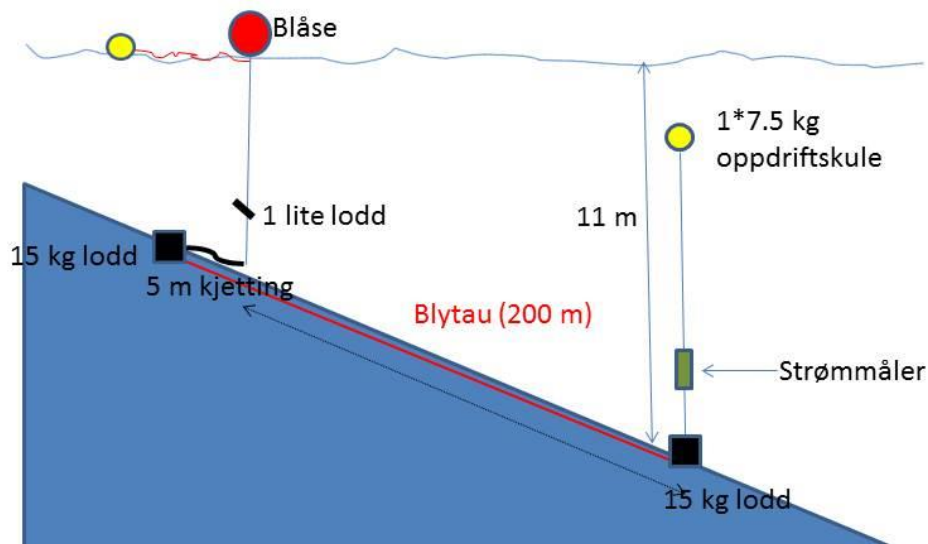
Figur 1. Oversiktskart. Det store røde krysset den Vagga lysbøye markerer posisjonen til strømmåleren (kartkilde: Olex).

## 2 Metodikk

### 2.1 Instrument og målemetode

Det ble brukt en Aquadopp punktmåler for innsamling av strømdata. Måleren ble satt ut 2.4.2014 og tatt opp 12.5.2014. Instrumentet stod på ca. 11 m dyp, én meter over bunnen (Figur 2). Og målte i dette tilfellet hastighet hvert 10. minutt på dette dypet. I tillegg til strøm, ble det også målt trykk og temperatur.

Lengdegrad	28°26.321'Ø
Breddegrad	70°31.466'N
Måleperiode	02.04.2014 – 12.05.2014
Dybde på måleinstrument	Ca. 11 m (1 m over havbunn)
Måleinstrument	Aquadopp Punktmåler (Nortek AS)
Måledyp - strøm	10 m
Andre sensorer	Trykk og temperatur
Sampling intervall	10 min



Figur 2. Riggskisse. Svarte firkanter er lodd, røde og gule sirkler er blåser/ flytekuler.



## 2.2 Dataanalyse og visualisering

Strøm varierer både i styrke og retning over tid, og det kan derfor være vanskelig å illustrere alle trekk ved strømbildet i én figur. I kapittel 3 presenteres et utvalg figurer for å oppsummere hovedtrekkene ved måleresultatene. Noen andre måter å visualisere dataene på er inkludert i Appendiks 1.

Variasjonen i strøm kan skyldes en rekke faktorer som for eksempel vind og ferskvannstilførsel. For å studere disse prosessene i detalj kreves en betydelig mer omfattende undersøkelse enn det som er gjennomført her. Tidevannsstrømmer er imidlertid et regelmessig fenomen som ofte kan estimeres basert på strømmålinger alene, gitt at måleserien er lang nok. I dette prosjektet ble det målt strøm i ca. en måned, noe som er tilstrekkelig for en brukbar analyse. Ettersom periodene til de ulike komponentene av tidevannet er kjente, kan man søke systematisk etter dem i måleserien og dermed estimere tidevannets bidrag til variabiliteten i det totale strømbildet. Den vanligste teknikken for å gjøre dette kalles harmonisk analyse. Den harmoniske analysen i denne studien ble utført med programvaren MATLAB og programpakken T-Tide (Pawlowicz et al., 2009).

## 3 Resultater

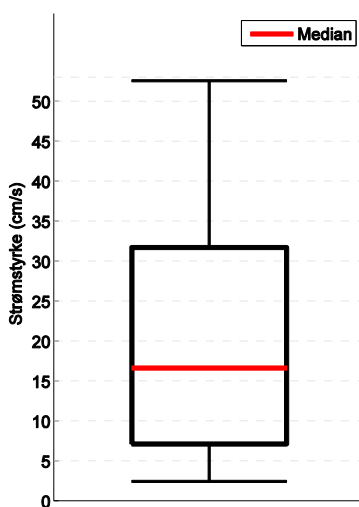
---

### 3.1 Strømstyrke

Et boks-plot over strømstyrke uavhengig retning for ulike dyp er vist i Figur 3. De røde linjene viser medianen av strømstyrke (dvs. den midterste verdien i strømstyrke i sortert rekkefølge) for hvert målepunkt og gir en indikasjon av den mest vanlige strømstyrken under måleperioden. De svarte boksene og «flaggene» i figuren viser fordelingen av strømstyrke og ekstremverdier som forekom i den målte tidsserien, med nærmere forklaring i figurteksten.

50 % av målingene på 10 m dyp lå mellom 7,2 cm/s og 31,8 cm/s og medianen var 16,7 cm/s (medianen). Figuren viser et stort spenn i strømstyrke der 90 % av målingene var innenfor et spenn på 2,5 cm/s og 52,7 cm/s.

Også strømstyrker høyere enn det som er vist i Figur 3 (over 95-prosentilen) ble observert i måleperioden, der de høyeste verdiene var opp mot 80 cm/s på det meste (se Figur 9 og Figur 10 i Appendiks 1). Verdier utenfor 95-prosentilet regnes som enkeltstående tilfeller og regnes ikke som normal tilstand for måleperioden. Dersom en antar at resultatene for vår måleperiode er representativ for normaltstanden til strømstyrken for denne lokaliteten (noe vår måleserie er for kort til å kunne fastslå), kan man forvente strømstyrker over 95-prosentilet ved 5 av 100 målinger. Men dette er selvsagt avhengig av vær og vind forhold på de gitte tidspunktene.



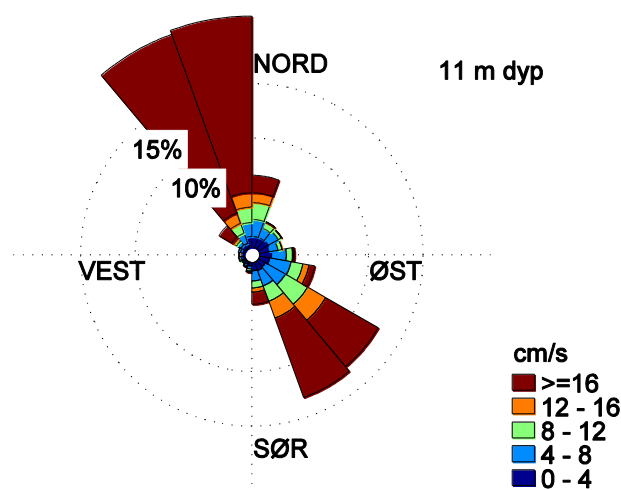
Figur 3. Boks-plot med de dominerende strømhastighetene på alle dyp. Den svarte boksen viser spennet i strømstyrke mellom 25-prosentil til 75-prosentil, dvs. inkluderer 50 % av alle målingene. Den røde linja viser medianen, dvs. den strømstyrken som hyppigest ble målt. De svarte horisontale linjene viser 5-prosentil og 95-prosentil, dvs. 90 % av alle målingene ligger i denne rekkevidden.

## 3.2 Strømretning

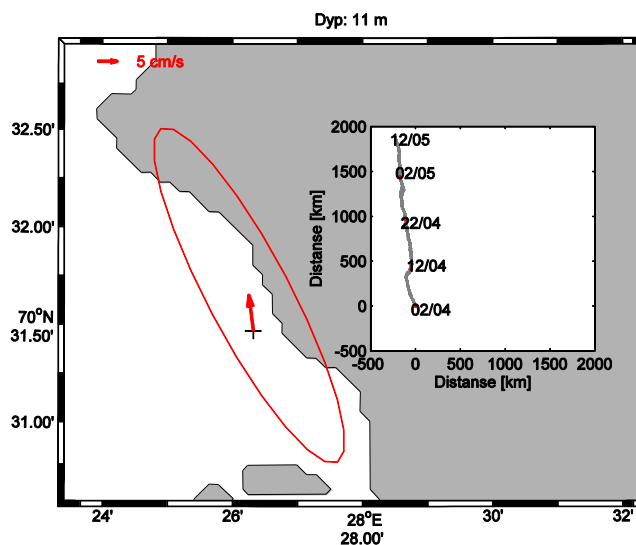
Retningsfordelingen til strømmen er vist i Figur 4. Hovedretningen på strømmen var nord-nordvest, men varierte hovedsakelig mellom nord-nordvestlig og sørøstlig retning.

Dette vises igjen i Figur 5 der kart med gjennomsnittshastighet og tilhørende varansellipse er vist. Gjennomsnittlig strømhastighet var på 9.1 cm/s og rettet langs topografien og ut av fjordarmen. I tillegg til sterk nord-nordvestlig netto strøm ble det også observert stor variabilitet både i strømstyrke og -retning gjennom måleperioden (dette er vist ved variansellipsen).

Til høyre på kartene i Figur 5 er et plot som viser progressiv vektor diagram for måledypet. Noter at lengeskala for dette plottet ikke samsvarer med lengeskala på kartet. Dette diagrammet viser hvordan en partikkel med samme oppdrift og egenvekt som vannmassen ville beveget seg gjennom måleperioden. Dette er gitt en antakelse om at partikkelen er eksponert for de samme strømforholdene som målt ved riggen til en hver tid, og flyter fritt i hele tiden. Den sterke gjennomsnittstrømmen vises igjen her ved en stor forflytning i nordlig retning. I løpet av denne måleperioden var nettoforflyttingen på ca. 2000 km i nordlig retning og nesten 200km i vestlig retning.



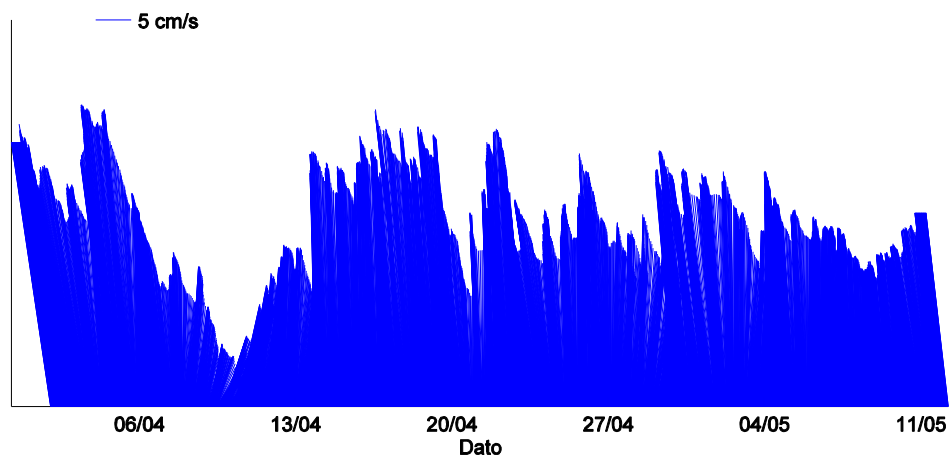
Figur 4. Retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger(%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke (se fargeskala). For eksempel, jo mer lyseblå farge i en sektor, desto mer strøm med styrke 4 cm/s – 8 cm/s i den retningen.



Figur 5. Kart over området med rigg posisjon (svart kryss) og netto-strøm for måleperioden (rød pil). Den røde kurven viser variansellipsen for strømhastigheten. Denne gir et visuelt inntrykk av variabiliteten i både strømrretning og styrke. Tilfeller med liten pil i forhold til variansellipsen tyder på det var stor variabilitet i strømmen med en netto-strøm der komponentene i ulike retninger kompenserer hverandre over tid. Eksempel på dette kan være tidevann som strømmer frem og tilbake, men over tid ikke vil ha noe særlig netto-strøm i noen retning. Den røde pilen i venstre hjørnet viser skaleringen av hastighetspilen og representerer 5 cm/s. Størrelsen på variansellipsen tilsvarer et standardavvik av strømvariabiliteten, dvs. at 68% av variabiliteten estimert fra måleperioden lå innenfor denne variansellipsen. Til høyre i figuren vises progressive vektor diagram. Noter at lengeskala i disse figurene ikke samsvarer med lengeskala på kartet. Dette diagrammet viser hvordan en partikkel med samme oppdrift og egenvekt som vannmassen ville beveget seg gjennom måleperioden.

### 3.3 Variabilitet

Tidsserie av strømhastigheten er vist i Figur 6. Tidsserien er midlet over 24 timer for å gi et bedre visuelt bilde av strømfeltet. Forholdsvis stor tidsvariabilitet ble observert i strømmen, der daglig midlet strøm varierte mellom nord-nordvestlig og nord-nordøstlig retning. Hovedsirkulasjonsmønsteret i fjordarmen antas å ha strøm inn i fjordarmen (sørover) langs vestsiden av fjorden og følge topografien med land til høyre (om man følger strømmen) og etter hvert ut av fjorden (nordover) på østsiden av fjordarmen. Den nordgående netto-strømmen observert i denne måleserien reflekterer sannsynligvis dette sirkulasjonsmønsteret. Variabiliteten i strømmen skyldes en kombinasjon av tidevannskrefter og ytre krefter som f.eks. vind og ferskvannstilførsel.



Figur 6. Strømhastighet på alle dyp gjennom måleperioden. De blå pilene viser strømsstyrke og retning gjennom tidsserien, der nord er oppover, sør nedover, øst mot høyre og vest mot venstre. Lengden på en strømhastighet på 5 cm/s er vist ved linjen øverst i figuren. Data serien er midlet med 1 dags løpende midling for bedre visualisering av strømmønsteret på tidsskala over 24 timer.

### 3.4 Tidevannsstrøm og reststrøm

For å skille ut tidevannskomponenten av strømmen ble det foretatt en harmonisk analyse av strømmen. Strømhastigheten ble først midlet over to timer for å fjerne målestøy fra tidsserien før analysen ble utført. Resultatene fra den harmoniske analysen ble brukt til å reprodusere tidevannsbidraget i måleserien ved hjelp av en tidevannsmodell (t\_tide, Pawlowicz, 2007). Den målte trykkvariasjonen og resultatet av tidevannsanalysen er vist i Figur 7.

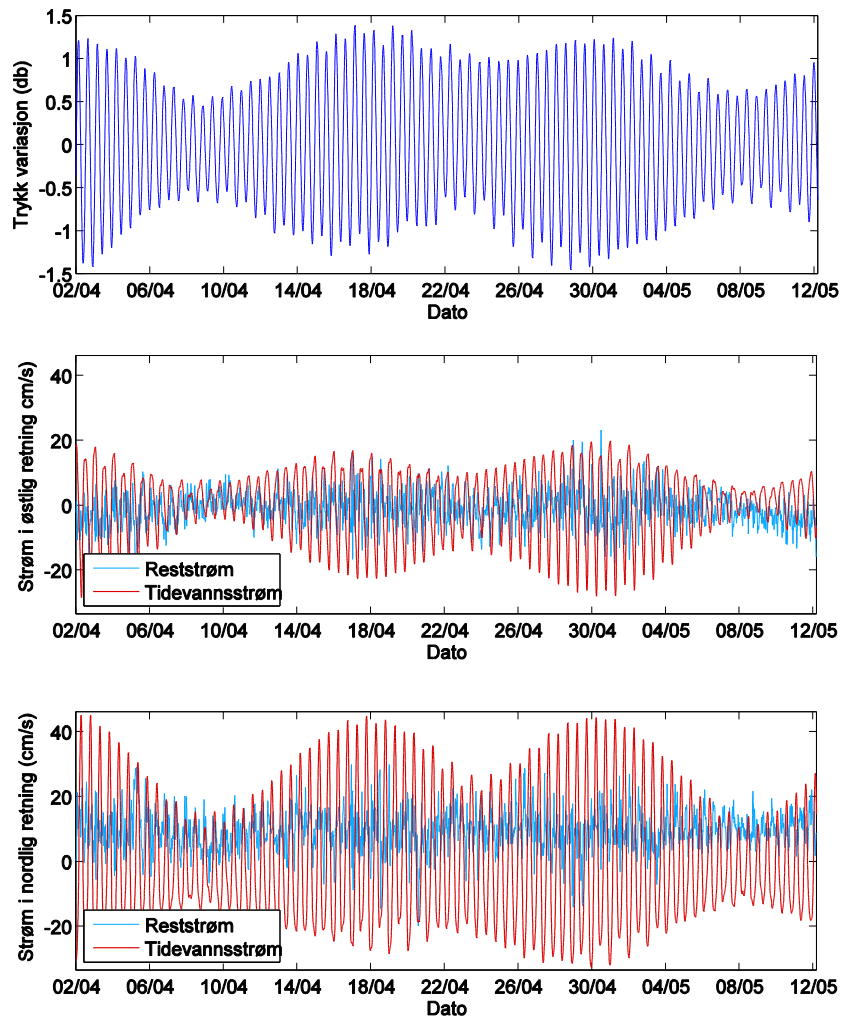
Den øverste kurven i Figur 7 viser variasjonen i trykket (middelverdien er trukket fra) som målt på instrumentet. Trykket bestemmes i hovedsak av tyngden av vannet over måleinstrumentet, og ettersom vannstanden fortrinnsvis varierer med tidevannet, gir trykkmålingene en god indikasjon på tidevannsvariasjon i området.

Tidevannssignalet i trykkmålingene var tydelig med flo og fjære ca. to ganger per dag (halvdaglig), i tillegg til en halvmånedlig variasjon i amplituden til flo/fjære. Dette er et vanlig variasjonsmønster i Nord-Norge. Det ble også estimert en tidevannskomponent i strømmen på lokaliteten (vist ved rød kurve). En sterk tidevannskomponent var observert i øst-vest retning. Denne reflekterer variasjonsmønsteret i trykkmålingene med både halvdaglige og halvmånedlige svingninger. I nord-sør retning på den andre siden var tidevannssignalet nesten neglisjerbart, med kun en svak daglig komponent. Maksimal tidevannsstrøm var 52,9 cm/s og gjennomsnittlig tidevannsstrøm var 18,9 cm/s.

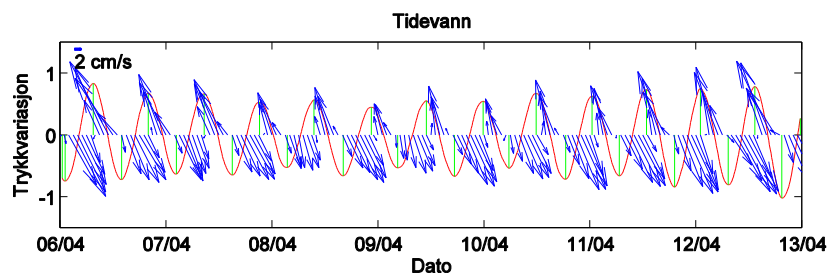
Tidevannsstrømmen var hovedsakelig rettet mot sør-sørøst på stigende vannstand og mot nord-nordvest på synkende vannstand (Figur 8). Det er viktig å notere seg at tidevannskomponentene er estimater fra en tidevannsmodell og ikke reelle målinger.

Reststrømmen i måleperioden varierte mye i styrke og retning. Styrken på reststrømmen vil være avhengig av både andre drivkrefter enn tidevann, som for eksempel den generelle sirkulasjonen i fjorden, vind og ferskvannstilførsel, men også på kvaliteten på tidevannsanalysen. Maksimal styrke på reststrømmen var 50,6 cm/s, men så høye verdier var forholdsvis sjelden og reststrømmen var vanligvis svakere enn tidevannsstrømmen og hadde en middelverdi på 12,1 cm/s.

Tidevannskomponenten kan forklare 54 % av variansen i strømstyrken observert i måleperioden. Den mest dominerende komponenten av tidevann var i nord-sør retning og kunne forklare hele 87 % av variansen i denne retningen. I øst-vest retning kunne tidevannskomponenten forklare 72 % av variansen.



Figur 7. Trykkvariasjon (øverst) og estimert tidevannsstrøm og reststrøm (midten og nederst). Tidevannsanalysen er basert på vertikalmidlet strøm og er dekomponert i strøm mot øst (midten) og strøm mot nord (nederst). Hastighetstidsseriene er midlet med to timers løpende midling. Negative verdier indikerer strøm mot vest og sør. Den røde kurven viser estimert tidevannsstrøm, og den blå kurven viser reststrømmen (strømhastighet som ikke kan forklares ved tidevannskrefter). Den totale strømmen er summen av tidevannsstrømmen og reststrømmen.



Figur 8. Estimert tidevannsstrøm fra én uke i april 2014. Blå piler viser retning og styrke til estimert tidevannsstrøm. Resultatet er basert på harmonisk analyse av vertikalmidlet strøm. Den røde kurven viser variasjonen i trykket som ble målt av trykksensoren på strømmålerinstrumentet. Middelveien er trukket fra slik at kurven varierer rundt null. Dette er en god approksimasjon på vannstandsvariasjonen. De grønne vertikale linjene markerer tidspunkt for flo og fjære.

## 4 Diskusjon

---

En rekke faktorer er med på å bestemme strømbildet i et område. Strømmen på et gitt sted vil til enhver tid påvirkes av ulike drivkrefter der noen opptrer regelmessig mens andre er uregelmessige. Strømmer påvirkes blant annet av vannstandsvariasjoner på grunn av tidevann, ferskvannstilførsel, vind, topografi, og potensielt også storskala sirkulasjon i det større området som målelokaliteten er en del av. Sirkulasjonen i kystnære områder kan derfor være komplisert og ofte svært variabel, både i tid og rom.

Lokaliteten hvor disse målingene er tatt er i en kanal på nordsiden av fjorden, nær munningen av fjordarmen. Topografien i dette området dikterer strømretningen langs kanalen enten mot nord-nordvest eller sørsørøst, og vil ha lite strøm på tvers av kanalen.

En sterk netto-strøm for området ble observert i nord-nordvestlig retning. Denne bakgrunnsstrømmen følger hoved-sirkulasjonen i fjorden, mens observerte variabiliteten kan til stor del forklares ved den kraftige tidevannskomponenten i målingene. Dette indikerer at regulære tidevannsstrømmer (med hovedretning nord-nordvest eller sør-sørøst) alltid vil utgjøre en stor del av strømbildet i området.

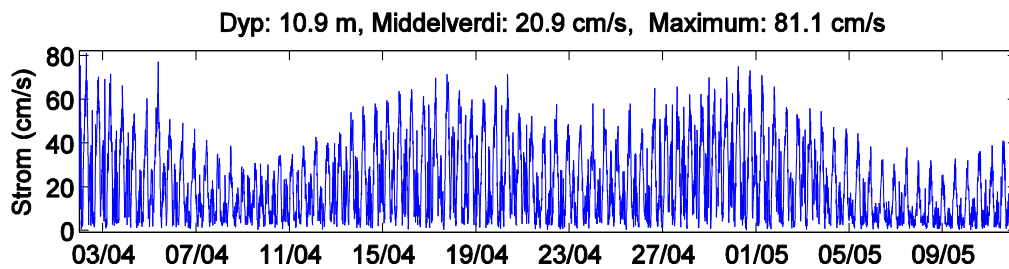


## 5 Referanser

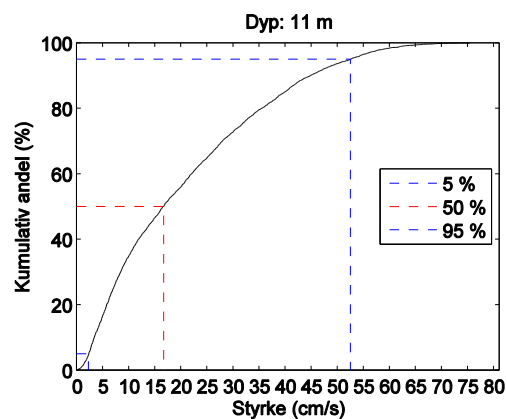
---

**Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz**, "Classical Tidal "Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using t\_tide", *Computers and Geosciences*, 28, 929-937 (2002).

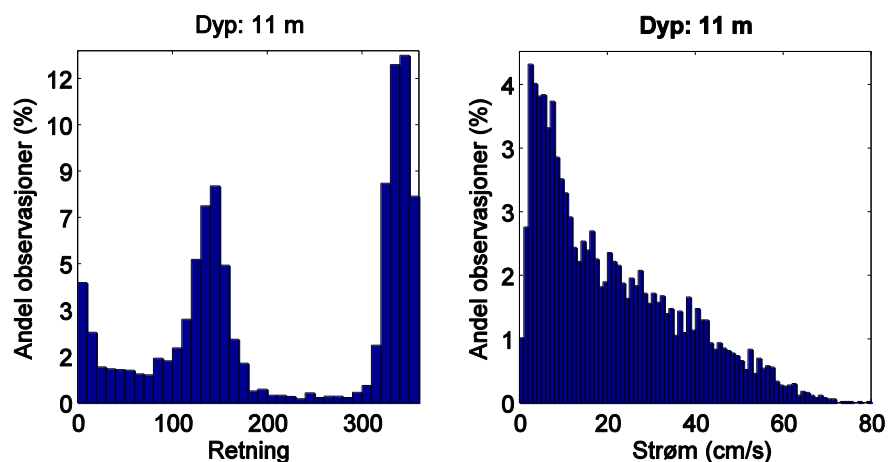
# Appendiks 1



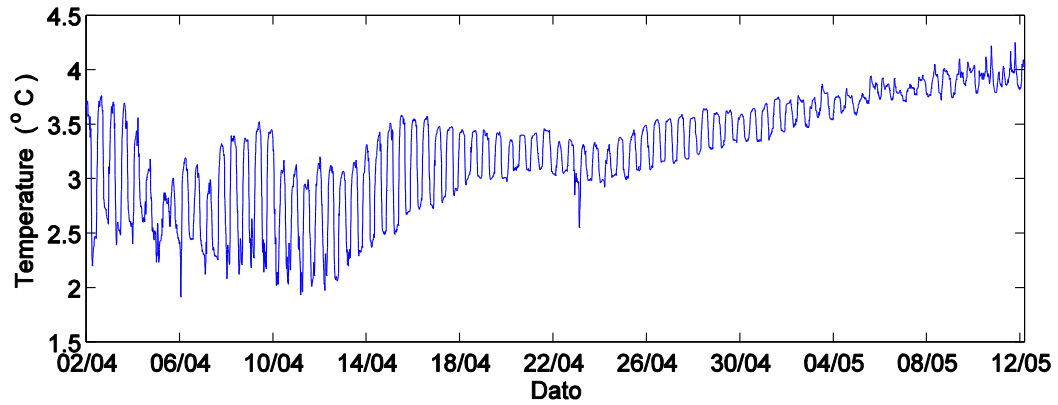
Figur 9. Strøm uavhengig av retning. Dyp, middelværdi  $\pm$  standardavvik, samt maksimumsstrøm er gitt over hver figur.



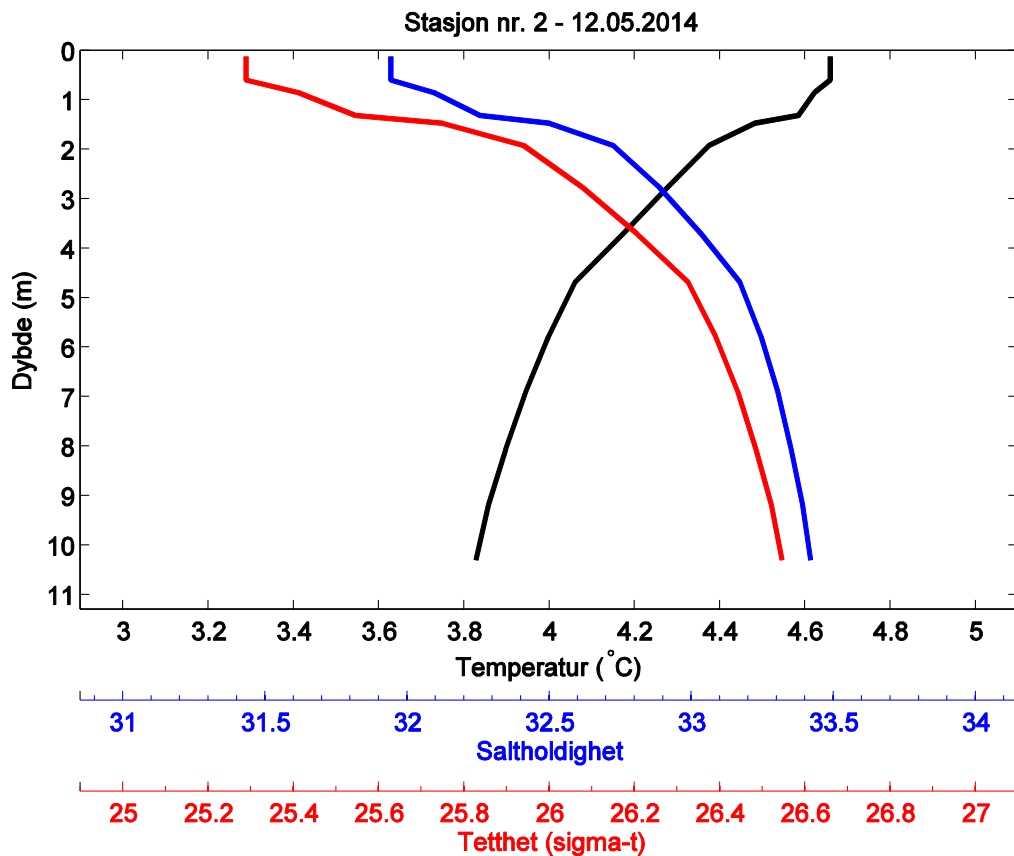
Figur 100 Prosentvis kumulativ fordeling av strømsstyrke for alle dyp. Stiplet rød linje markerer 50 % grensen (50 % av strømmålingene var lavere enn denne verdien). Nedre stiplet blå linje markerer 5 % grensen og øverstiplet blå linje markerer 95 % linjen (samsvarer med verdiene bruk i Figur 3).



Figur 111. Histogram med fordeling av strømreretning til høyre og strømsstyrke til venstre.



Figur 12. Temperatur i måleperioden. Temperatursensoren var montert på instrumentet og målte på ca. 11 m dyp.



Figur 133. Vertikalprofiler av temperatur, saltholdighet og tetthet (sigma-t). Målingene ble utført på posisjonen til strømmålerrikken 12.5.2014.