

RAPPORT LNR 4253-2000

**K**artlegging av  
vannkvalitet i  
Langfjorden ved Kirkenes  
i forbindelse med avløp  
fra kommunalt mekanisk  
renseanlegg

**Hovedkontor**  
Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**  
Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**  
Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**  
Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva A/S**  
9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Kartlegging av vannkvalitet i Langfjorden ved Kirkenes i forbindelse med avløp fra kommunalt mekanisk renseanlegg	Løpenr. (for bestilling) 4253	Dato 6.5 2000
	Prosjektnr. Undernr. 991191	Sider Pris 35 kr.75
Forfatter(e) Bjerkeng, Birger	Fagområde oseanografi	Distribusjon
	Geografisk område Finmark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Sør-Varanger Kommune v. Robert Pettersen	Oppdragsreferanse Fax datert 7.9.1999
--	--

**Sammendrag**

Langfjorden er en lang og smal terskelfjord med et areal på ca.7 km<sup>2</sup>. Fjorden står i forbindelse med Bøkfjorden utenfor via et 50 m bredt sund med terskeldyp bare omkring 1 m. Fjorden innenfor er delt i to bassenger med dyp ned til 60-70 m av et ca. 8-10 m dypt og 100 m bredt sund.

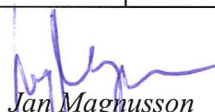
Et enkelt prøvetakingsprogram for å undersøke vannkvaliteten i området rundt utslippet ble utført 27. august 1999 på oppdrag for Sør-Varanger kommune. Målingene ble gjort i tilknytning til og som en utvidelse av et feltarbeid for Sydvaranger ASA hvor hovedhensikten var å undersøke om gruveavgang i den ytre del av fjorden begrenser vannutvekslingen.

Målingene viser at innholdet av totalnitrogen og nitrat i overflatelaget ved måletidspunktet i stor grad skyldes elvetilførsler. Ammonium og fosfat viste et motsatt bilde, med lave konsentrasjoner nær overflaten, og forhøyede konsentrasjoner i 5- 10 m dyp. Det er rimelig å se dette som virkning av det kommunale utslippet, som kan ventes innlagret omkring disse dypene. Konsentrasjonene stemmer godt med det en kan vente ut fra anslåtte tilførsler fra det kommunale utslippet og beregnet vannutskifting pga. tidevannsvexlingen. Det er ikke tegn til horisontale gradienter med avstand fra utslippet, og det ser derfor ut til at det innlagrede utslippet spres effektivt med strømmene i bassenget.

Oksygenforholdene i august 1999 var bra i dypvannet i bassenget mellom Strømmen og Sandnes, mens vannet i den dypeste delen av det innerste bassenget var omtrent oksygenfritt. Det kan forekomme helt naturlig for den gitte fjordtopografien, men menneskeskapte tilførsler er så store at de kan ha betydning for hyppighet og omfang av slike problemer. Det er for lite datagrunnlag til å anslå hvor stor betydning utslippet ved Sandnes har i forhold til elvetilførsler til det innerste bassenget. En bunnprøve fra det dypeste området innenfor terskelen ved Strømmen bru tyder ikke på at lokaliteten i det nordlige dypområdet i Langfjorden er påvirket av sterk oksygenmangel eller andre ugunstige betingelser.

Fire norske emneord 1. Langfjorden 2. vannutskifting 3. næringssalter 4. hydrografi	Fire engelske emneord 1. Langfjord 2. water exchange 3. nutrients 4. hydrography
---	--

  
Birger Bjerkeng  
Prosjektleder

  
Jan Magnusson  
Forskningsleder

  
Bjørn Braaten  
Forskningsssjef

**Kartlegging av vannkvalitet i Langfjorden ved  
Kirkenes i forbindelse med avløp fra kommunalt  
mekanisk renseanlegg**

## Forord

NIVA gjorde i august 1999 et kortvarig feltarbeid i Langfjorden. Hovedformålet var å vurdere hvordan vannkvalitet og vannutskifting er påvirket av oppfylling av gruveavgang fra tidligere gruvedrift i den ytre delen av fjorden, på oppdrag av Sydvaranger ASA. Feltarbeidet gikk i hovedsak ut på å undersøke strøm og sjiktning i den ytre delen av fjorden.

Etter oppdrag av Sør-Varanger kommune ble feltarbeidet noe utvidet for å kartlegge vannkvaliteten i indre deler av Langfjorden litt mer detaljert. Hensikten var å gi et bidrag til overvåkingen av virkningene av et eksisterende kommunalt kloakkutslipp.

I denne rapporten presenteres og drøftes de resultatene som angår det kommunale utslippet spesielt. De er også tatt med i rapporten til Sydvaranger ASA (Bjerkeng 1999), men er drøftet litt mer utfyllende her.

Vannanalysene er utført ved NIVAs analyselaboratorium. Brage Rygg har analysert bunnprøvematerialet. Ellers er oppdraget utført av undertegnede som prosjektleder. Kvalitetssikrer ved NIVA har vært Jarle Molvær.

Oslo, 6.5. 2000

*Birger Bjerkeng*

---

# Innhold

<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Beliggenhet - topografi</b>	<b>6</b>
2.1 Lokalt nedbørsfelt - ferskvannstilrenning til Langfjorden	9
2.2 Lokale forurensningstilførsler til Langfjorden	10
2.3 Ferskvannstilførsel til fjorden utenfor - Pasvikelva	11
<b>3. Feltarbeid i august 1999 - materiale og metoder</b>	<b>12</b>
<b>4. Feltarbeidet i august 1999 - resultater</b>	<b>15</b>
4.1 Værforhold og ferskvannstilførsel under feltarbeidet	15
4.2 Dypprofiler av temperatur, saltholdighet, oksygen og strøm	16
4.3 Oksygenmålinger	17
4.4 Næringssalter og organisk stoff	18
4.5 Bunnprøve	23
<b>5. Konklusjoner</b>	<b>24</b>
<b>6. Litteratur</b>	<b>25</b>
<b>Vedlegg A. Vannprøver - prøvetakingsmetoder og analysemetoder</b>	<b>26</b>
<b>Vedlegg B. Detaljert oversikt over måleprogrammet i august 1999</b>	<b>29</b>
B.1. Måleprogram 27. august - profiler av salt, temperatur, oksygen og strøm, siktedyp og vannprøver.	29
B.2. Hydrokjemisk analyse - analyseresultater for vannprøver	30
<b>Vedlegg C. Sjiktning og oksygen målt med Seacat SBE 19 CTD</b>	<b>31</b>
<b>Vedlegg D. UCM-40 sjiktungs- og strømprofiler</b>	<b>33</b>

---

## Sammendrag

Langfjorden er en lang og smal terskelfjord med et areal på ca. 7 km<sup>2</sup>. Fjorden står i forbindelse med Bøkfjorden utenfor via et 50 m bredt sund med terskeldyp bare omkring 1 m. Fjorden innenfor er delt i to bassenger med dyp ned til 60-70 m av et ca. 8-10 m dypt og 100 m bredt sund.

Lokal ferskvannstilførsel til de indre bassengene er ca. 5 m<sup>3</sup>/s. Sjøtningen vil også i stor grad være bestemt av den mye større ferskvannstilførselen til Bøkfjorden fra Pasvikelva. Det er et mekanisk rensed kloakkutslipp fra 4200 personekvivalenter til det ytterste dypbassenget.

Data fra direkte målinger av utslippet har ikke vært tilgjengelig, men kan anslås å tilføre fjorden ca. 2.1 tonn P og 16 tonn N pr. år, samt ca. 50 tonn oksygenforbruk som BOF<sub>7</sub>. Heller ikke elve-tilførslene er målt direkte, men kan anslås til ca. 4 tonn P og 27 tonn N pr. år, kanskje noe høyere. Tilførslene fra den kommunale kloakken kan dermed anslås å utgjøre 25-40 % av totaltilførslene fra land. Det må understrekes at dette bare er en helt grov, orienterende beregning.

Et enkelt prøvetakingsprogram for å undersøke vannkvaliteten i området rundt utslippet ble utført 27. august 1999 på oppdrag for Sør-Varanger kommune. Målingene ble gjort i tilknytning til og som en utvidelse av et feltarbeid for Sydvaranger ASA hvor hovedhensikten var å undersøke mulig virkning på vannutvekslingen av gruveavgang i den ytre del av fjorden.

Målingene for kommunen besto i hovedsak i å ta vannprøver for analyse av næringssaltinnhold på 1, 5 og 10 m dyp i 4 stasjoner i varierende avstand nordover fra utslippsstedet, dvs. med den strømretningen som gjaldt da målingene ble gjort. I tillegg ble saltholdighet, temperatur og til dels også oksygeninnhold målt med sonder. Det ble også tatt prøver lenger inn i fjorden og i den ytre delen, og også noen prøver fra større dyp.

Målingene i de indre bassengene viste at konsentrasjoner av totalnitrogen ved måletidspunktet i stor grad skyldes elvetilførsler. Det samme gjelder nitraten, som vil være dominerende løst uorganisk komponent knyttet til naturlig overflateavrenning og elvetilførsler.

Ammonium og fosfat viser et motsatt bilde, med lave konsentrasjoner nær overflaten, og forhøyede konsentrasjoner i 5-10 m dyp, hhv. på omkring 25-40 µg N/l og 2-3 µg P/l. Det er rimelig å se dette som virkning av det kommunale utslippet, som kan ventes innlagret omkring disse dypene. Konsentrasjonene stemmer godt med det en kan vente ut fra anslåtte tilførsler fra det kommunale utslippet og beregnet vannutskifting pga. tidevannsvekslingen. Det er ikke tegn til horisontale gradienter med avstand fra utslippet, og det ser derfor ut til at det innlagrede utslippet spres effektivt med strømmene i bassenget.

Det spinkle datamaterialet indikerer at fjordens øvre lag er moderat påvirket av kloakk-utslipp. Det var lavt siktedyp, kanskje pga. humuspåvirkning, men tilstanden i overflatelaget ellers ser stort sett ut til å være ganske god. Med den sjiktningen som gjaldt da målingene ble gjort blir tilførslene innlagret på 5-10 m dyp, og er ikke fullt tilgjengelig for algevekst, men i situasjoner med mindre ferskvannspåvirkning og svakere sjiktning kan det blande seg opp i overflaten i større grad. Oksygenforholdene i august 1999 var bra i dypvannet i bassenget mellom Strømmen og Sandnes. Det innerste bassenget hadde omtrent oksygenfritt vann nær bunnen i det dypeste området. Dette kan forekomme helt naturlig for den gitte fjordtopografien, men de menneskeskapte tilførslene er så store at de kan ha betydning for hyppighet og omfang av slike problemer. Skiftende strømretning gjennom sundet ved Sandnes pga. tidevannsvariasjoner gjør at kloakkutslippet ved Sandnes også kan påvirke bassenget i sør, men det er for spinkelt datagrunnlag til å si hvor mye dette kan ha å si for oksygenforholdene i det innerste bassenget i forhold til tilførsler med elvevannet.

En bunnprøve fra det dypeste dypområdet innenfor den naturlige terskelen ved Strømmen bru tyder ikke på at lokaliteten i det nordlige dypområdet i Langfjorden er påvirket av sterk oksygenmangel eller andre ugunstige betingelser.

Målingene gir bare et øyeblikksbilde. For å vurdere betydningen av lokale tilførsler og spesielt omfanget av oksygenproblemer i fjorden nærmere, trenges gjentatte observasjoner over et lengre tidsrom (noen år) av vannkvalitet og vannutskiftingsmønsteret i fjorden

## 1. Innledning

Langfjorden sørvest for Kirkenes i Sør-Varanger kommune mottar et mekanisk rensert kommunalt avløp fra 4200 p.e. (personequivallenter). Kommunen har bedt NIVA gjennomføre et enkelt prøvetakingsprogram for å undersøke vannkvaliteten i området rundt utslippet. Prøvetakingen ble gjort i tilknytning til og som en utvidelse av et feltarbeid for Sydvaranger ASA hvor hovedhensikten var å undersøke mulig virkning på vannutvekslingen av gruveavgang i den ytre del av fjorden. Feltarbeidet ble utført i slutten av august 1999. Resultatet av hele undersøkelsen er beskrevet i sammenheng i rapporten til Sydvaranger ASA (Bjerkeng 1999). Den herværende rapporten presenterer de målingene som ble gjort for kommunen, sammen med supplerende resultater fra undersøkelsen ellers som er egnet til å belyse spørsmålet om virkningen av det kommunale utslippet.

## 2. Beliggenhet - topografi

Langfjorden sørvest for Kirkenes er en sidearm til Bøkfjorden, som igjen munner ut i Varangerfjorden. Langfjorden er lang og smal, og ca. 70 m dyp på det meste. Figur 1 viser et kart over hele fjorden.

Fjorden er naturlig delt inn i tre hovedavsnitt ved innsnevring og grunne terskler ved Strømmen bru og ved Sandnes. Dyp refererer til nullnivå for sjøkart, definert som vårjevndøgns spring lavvann, for Varangerfjorden og Bøkfjorden. I følge Sjøkartverkets tidevannstabeller varierer lavvannstand fra 50 til 110 cm over sjøkartnull ved Kirkenes. Middelvannstand er 186 cm og høyvann varierer fra 262 til 372 cm over sjøkartnull. For fjorden innenfor Strømmen bru ligger lavvannstand ca. 2.1 meter over sjøkartnull ved Kirkenes, og høyvannstand omkring 2.5 m over sjøkartnull. Innenfor Strømmen bru vil det faktiske dypet i forhold til vannflaten alltid være minst 2 meter større enn angitt dyp i forhold til definert nullnivå.

Den ytre delen av fjorden fra Kirkenes og inn til Strømmen bru (Storstraumen) er ca. 5 km lang og 500 m bred. Gruveavgang ligger som en slambanke fra Melkberget og i en strekning på 2 km inn til Ytrenes. Ved lavvann er det bare åpen en ca. 100 m bred kanal langs nordsiden av fjordavsnittet omkring Hamnes. Det dypeste punkt i kanalvertsnittet varierer fra 2-3 meter under sjøkartnull i den ytre delen til 7-8 meter i den indre delen av kanalen.

Innenfor avgangsområdet er det et parti som er ca. 200 m langt og 500 m bredt med litt større dyp, ned til 4-6 m på sørsiden og 7-8 m på nordsiden. Deretter finnes utenfor Beddari (Langfjordstrømmen) et grunt parti med dyp 1-2 m under nullnivå i store deler av tverrsnittet, med litt større dyp på nordsiden og sørsiden, hhv. 5 og 3 m. Innenfor dette grunnområdet avtar bredden gradvis fra 550 m til 200 m og største dyp avtar fra 10 m til 5 m innover mot Strømmen bru.

Storstraumen rett utenfor Strømmen bru utgjør den trangeste åpningen og den grunneste terskelen for dypbassengene innenfor. Det er her ca. 50 m bredt over en lengde av ca. 100 m, og med terskeldyp som kan anslås å ligge rundt sjøkartnull, kanskje til og med så mye som 1 m høyere enn dette (se Bjerkeng 1999).

Den midtre del av Langfjorden (*Gukkesvuodna*), innenfor en smal og grunn forbindelse ved Strømmen bru (Storstraumen), har et areal på 2.4 km<sup>2</sup>. Største dyp er ca. 70 m, men bare anslagsvis 15 % av bunnarealet ligger dypere enn 40 m. Bassenget er avgrenset i sør av en terskel ved Sandnes (Litlestraumen).



**Figur 1.** Kart over Langfjorden med data om topografi tegnet inn.

Målestokk og retningspil er angitt i øvre del av kartet



**Tabell 1.** Areal- og volum forhold i de ulike avsnittene av Langfjorden

Tall med **fet** skrift er anslått ut fra kartinformasjon eller oppmåling, resten er anslått ved interpolering (dyp -3 m er ekstrapolert) eller beregnet ut fra de målte størrelsene. Flate-arealer under 10 m dyp er basert på koter som er tegnet inn skjønsmessig ut fra dybdeangivelser i sjøkart. Verdiene er tildels angitt med ett siffer mer enn nøyaktigheten tilsier, for å få frem relative forskjeller.

	Dyp rel. til sjøkartnull (m)	Areal (km <sup>2</sup> )	Volum (mill m <sup>3</sup> )		Høyvann - lavvann (m over sjøkartnull)	
			Volum-element	Sum nedenfra		
Ytre Langfjord: Hamnes - Strømmen	-4	1.05	2.9	9.5	4.6	3.0 - 0.5 m
	<b>-2</b>	<b>0.79</b>	1.7	6.5		
	-1	0.55	3.9	4.7		
	<b>5</b>	<b>0.39</b>	1.0	1.0		
	<b>9</b>	<b>0.00</b>				
midtre Langfjord: Strømmen bru - Sandnes (Gukkesvuodna)	-4	2.46	4.9	71.3	1.0	2.5 - 2.1 m
	<b>-2</b>	<b>2.39</b>	3.6	66.4		
	-1	2.35	12.3	62.8		
	5	2.14	10.3	50.5		
	<b>10</b>	<b>1.98</b>	17.3	40.2		
	20	1.48	11.6	22.9		
	<b>30</b>	<b>0.83</b>	6.0	11.4		
	<b>40</b>	<b>0.36</b>	5.4	5.4		
<b>70</b>	<b>0.00</b>					
Indre Langfjord (Sandnes - Langfjordbotn)	-4	4.82	9.5	155.3	1.9	2.5 - 2.1 m
	<b>-2</b>	<b>4.65</b>	6.9	145.8		
	-1	4.50	23.5	139.0		
	5	4.05	19.3	115.4		
	<b>10</b>	<b>3.66</b>	57.5	96.2		
	20	2.84	42.8	62.2		
	30	2.09	38.7	38.7		
	<b>40</b>	<b>1.44</b>	19.4	19.4		
<b>67</b>	<b>0.00</b>					

Sundet ved Sandnes er ca. 90 meter bredt og ca. 8 m dypt i forhold til vannflaten (dvs. ca. 6 m i forhold til sjøkartnull, se side 6).

Den innerste delen av Langfjorden, fra terskelen ved Sandnes og sørover til Langfjordbotn, er ca. 9 km lang. Bredden av fjorden varierer mellom 350 og 750 m og overflatearealet er ca. 4.5 km<sup>2</sup>. Største dyp er 67 m, og anslagsvis 1/3 av bunnen ligger dypere enn 40 m. Denne delen av fjorden mottar ferskvann via Langfjordvatn sør for Langfjordeid i sørenden av fjorden og fra Sandneselva som renner ut på vestsiden av fjorden like sør for terskelen ved Sandnes (Figur 1).

Tabell 1 viser topografiske data for de ulike fjordavsnittene fra Hamnes og innover. Dyp er her angitt i forhold til nullnivå for sjøkart. Arealene er vist ekstrapolert til dyp -4 m, dvs. litt høyere enn høyeste høyvannstand (372 cm) ifølge tidevannstabellen. Tabellen viser også tidevannsprismet<sup>1</sup> for de ulike fjordavsnittene, basert på tidevannsforskjellene til høyre i tabellen. Karakteristikk av forbindelseskanalene er oppsummert i Tabell 2.

<sup>1</sup> Dvs. volumet som fylles og tømmes ved skiftning mellom høyvann og lavvann.

**Tabell 2.** Tverrsnitt i forbindelseskanalene mellom deler av Langfjorden

Sted	Minste bredde ved lavvann (m)	Terskeldyp i forhold til minste vannstand (m)	Minste tverrsnittsareal (m <sup>2</sup> )			Anslått lengde (m)
			ved midlere lavvann	ved middel-vannstand	ved midlere høyvann	
Kanal gjennom avgangsdeponiet ved Hamnes (Gullgruvenes)	60	3 <sup>#</sup>	175	400	750	1000
Grunnområde ved Langfjordstrømmen	100 - 200	6 <sup>#</sup>	350	800	1500	300
Storstraumen ved Strømmen bru, oppstrøms vannstand	50	1.1-2.0 <sup>§</sup> (anslått)	60 <sup>§</sup>	--	85 <sup>†</sup>	100
Litlestraumen ved Sandnes	90	8 <sup>§</sup>	600 <sup>§</sup>	625 <sup>§</sup>	650 <sup>§</sup>	100

#: Relativt til springlavvann = sjøkartnull

§: ved lavvannstand på innsiden (2.1 m høyere enn sjøkartnull)

† Ved høyvannstand på utsiden (3 m høyere enn sjøkart null)

## 2.1 Lokalt nedbørsfelt - ferskvannstilrenning til Langfjorden

Langfjorden innenfor Storstraumen har et nedbørsfelt på ca. 390 km<sup>2</sup> (NVE 1990). Det meste av nedbørsfeltet har avrenning til bassenget sør for Sandnes, hovedsakelig fra Sandneselva som renner ut på vestsiden rett sør for terskelen ved Sandnes, og fra Langfjordelva via Langfjordvatnet i sørenden av fjorden. Det er også avrenning fra noen mindre felter langs øst- og vestsiden av dette fjordavsnittet. Bare ca. 12 km<sup>2</sup> har avrenning til fjordavsnittet mellom Storstraumen og Litlestraumen (*Gukkesvuodna*). For den ytterste delen av fjorden, utenfor Strømmen bru, er det også bare et lite nedbørsfelt på anslagsvis 10 km<sup>2</sup>. Tabell 3 oppsummerer noen anslag for gjennomsnittlig ferskvannstilrenning, basert på størrelsen til nedbørsfeltene, og beregnet for en midlere avrenning på 14 liter s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> som oppgitt for Sandneselva av Sør-Varanger kommune, teknisk etat.

**Tabell 3.** Data om ferskvannstilførsel til Langfjorden

Fjordavsnitt	Nedbørsfelt (km <sup>2</sup> )	Gjennomsnittlig vannføring (m <sup>3</sup> /s)
<i>Hovedkilde:</i>		
Utenfor Storstraumen	10	0.14
Mellom Storstraumen og Sandnes	12	0.17
Innenfor terskelen ved Sandnes:	370	5.0
<i>Sandneselva</i>	172	2.4
<i>Langfjordelva (Langfjordeid)</i>	122	1.7
<i>Elv fra Ørnevatnet</i>	14	0.20
<i>Tunnel fra Bjørnevatn</i>	11	0.15
<i>Annen avrenning fra østsiden</i>	25	0.35
<i>Annen avrenning fra vestsiden</i>	12	0.17

Tunnelen fra Bjørnevatn fører vann fra et ca. 11 km stort område omkring gruvene, og ble bygd for å drenere dette området og tappe ut Bjørnevatn som tidligere var langt større. Tunnelen føres ut på østsiden av Langfjorden ca. 4-5 km sør for Sandnes. Den fører også ut vann fra selve gruva. Selv om gruva i øyeblikket ikke drives, pumpes det fortsatt noe overvann fra gruva gjennom denne tunnelen. Det kan være ca. 500 m<sup>3</sup>/døgn høst- og vinterstid, og 700-750 m<sup>3</sup>/døgn om sommeren (Einar Berg ved

Sydvaranger ASA pers. medd.), altså innenfor 10 l/s, og utgjør bare en liten del av det som kommer via tunnelen.

Fra Sandneselva er det siden 1980-årene blitt tatt vann til vannforsyning, med ca. 8 500 m<sup>3</sup>/døgn (Robert Pettersen, Sør-Varanger kommune, pers. medd.). Det tilsvarer ca. 4 % av middelvannføringen og 60 % av oppgitt minstevannføring i Sandneselva, som er 14 200 m<sup>3</sup>/døgn eller 0.165 m<sup>3</sup>/s. Det er altså bare ved svært lav vannføring dette kan ha noe å si for ferskvannstilførselen til fjorden, og i slike situasjoner har ferskvannstilførselen lite å si for sirkulasjon og vannutskifting i fjorden. En vannmengde som tilsvarer ca. 2/3 av det som tas ut til ferskvannsforsyning kommer som avløpsvann til fjorden gjennom det kommunale avløpet, se kapittel 2.2.

## 2.2 Lokale forurensningstilførsler til Langfjorden

Utslipp fra et mekanisk renseanlegg går ut på 15 m dyp ved Sandnes, rett nord for terskelen på øst-siden av fjorden (Figur 2). Anlegget mottar avløp fra et fellessystem med blanding av overvann og avløpsvann fra ca. 4 200 p.e. (personequivallenter). Vannmengden i utslippet er oppgitt til ca. 6 000 m<sup>3</sup>/døgn, eller 70 l/s<sup>1</sup>. I følge Bratli et al. (1995) kan en regne at urensset avløpsvann pr. døgn og p.e. inneholder ca. 1.6 g fosfor (P), 12 g nitrogen (N), og organisk stoff tilsvarende et oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>)<sup>2</sup> på 45 g. For mekaniske renseanlegg angir samme kilde en rensegrad på 15 % for P og N og 30 % for organisk stoff. Ut fra dette kan det anslås at årlig menneskeskapte utslipp til fjorden fra avløpet ved Sandnes er ca. 2.1 tonn P og 16 tonn N, samt ca. 50 tonn oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>).

Tidligere gikk det ut vann fra gruva, i hovedsak overvann, til den sørlige del av Langfjorden gjennom en tunnel fra Bjørnevattn. Selv om gruva nå ikke drives, pumpes det fortsatt noe overvann fra gruva gjennom denne tunnelen, som beskrevet i kapittel 2.1.

Velvin (1995) opplyser at det tidligere lå en avløpsledning fra Garnison Sør-Varanger i Straumbukta. Størrelsen på dette utslippet og tidsrommet er ikke angitt.

Vi er ikke kjent med data for vannkvalitet i elvetilførslene til Langfjorden. Under feltarbeidet i august 1999 ble det målt høyt innhold av totalnitrogen i overflatelaget. Verdiene følger i stor grad en fortynningskurve etter saltholdighet (se kapittel 4.4), og tyder på at elvetilførslene i perioden før har vært på minst 300 µg N/l. Dette ligger markert høyere enn gjennomsnittet for elver i Finnmark (Holtan et al. 1995), men ble målt etter en periode med kraftig regnvær (kapittel 4.1), og trenger derfor ikke være typisk for elvene til Langfjorden.

I følge Bratli et al. (1995) kan en som et gjennomsnitt regne med en flateavrenning av fosfor på 10 kg km<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>. For nitrogen kan det ifølge samme kilde regnes med en gjennomsnittlig nitrogenavrenning på ca. 70 kg km<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup> for Finnmark og Troms i områder med spesifikk avrenning 14 liter s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Hvis disse tallene anvendes på nedbørsarealet innenfor Storstraumen får en estimater på 4 tonn P pr. år og 27 tonn N pr. år. Fordelt på gjennomsnittlig ferskvannstilførsel skulle det bety typiske konsentrasjoner i elvevannet på 20 µg P/l og ca. 160 µg N/l. Det må understrekes at dette bare er helt grove og orienterende anslag basert på gjennomsnittstall, det kan tenkes store variasjoner rundt dette. Dersom de skulle være omtrent riktige, vil det kommunale utslippet utgjøre 35-40 % av totale tilførsler på 40-45 tonn N.

Observasjonene fra august 1999, som riktignok bare representerer et øyeblikksbilde, viste at nitrogeninnholdet i Sandneselva lå litt lavere enn veiledende tall ifølge Bratli et al., mens nitrogeninnholdet i overflatevannet tyder på at ferskvannstilførselen til den sørlige enden av Langfjorden i perioden før målingene har inneholdt det dobbelte mht. nitrogeninnhold. Kanskje kan det indikere menneskeskapt påvirkning også her. Hvis de målte konsentrasjonene skulle være typiske, indikerer de en nitrogenstilførsel via elvene på ca. 40 tonn N pr. år, altså noe høyere enn ut fra anslag for flateavrenning. Tilførslene via kloakkutslippet utgjør i såfall ca. 25-30 % av total tilførsel på 56 tonn N pr. år.

<sup>1</sup> Dette er svært mye vann i forhold til antall personequivallenter, og tyder på dominerende innslag av regnvann

<sup>2</sup> Biologisk oksygenforbruk over 7 døgn

Pga. den ekstreme nedbøren i uken før målingen ble gjort, kan det være at dette anslaget overestimerer elvetilførslene. Det må understrekes at tallene ovenfor uansett bare er en helt grov, orienterende beregning av tilførslene. Hvilke av de to alternative anslagene ovenfor som ligger nærmest sannheten er usikkert, og det kan tenkes store avvik i begge retninger også utenfor det området de to anslagene antyder. Beregningene representerer bare en foreløpig antydning av hvor stor betydning utslippet ved Sandnes har i forhold til elvetilførslene.

Rent generelt kan en si at elvetilførslene kan være noe mer tilgjengelige for lokal algevekst fordi de tilføres overflatelaget, mens det direkte kloakkutslippet er dykket. Til gjengjeld kan en regne med at en større del av tilførslene i det kommunale utslippet har en kjemisk form som gjør det lett tilgjengelig.

### **2.3 Ferskvannstilførsel til fjorden utenfor - Pasvikelva**

Pasvikelva er den dominerende ferskvannskilden til Bøkfjorden, som går ut mot Varangerfjorden fra Kirkenes, og som er utvekslingsområde for vannet i Langfjorden. Pasvikelva er sterkt utnyttet til kraftproduksjon gjennom til sammen 7 russiske og norske elvekraftverk, bygd mellom 1951 og 1978. Det kan tenkes at endret vannføringsmønster i Pasvikelva i forbindelse med kraftutbyggingen har gitt endrede forhold i overflatelaget i Bøkfjorden og at dette har hatt innvirkning på tetthetsvariasjonene i vann som strømmer inn i Langfjorden ved vannskiftinger. Vannføringen i Pasvikelva varierer mellom 90 og 500 m<sup>3</sup>/s. Detaljer er gitt i Bjerkeng (1999).

### 3. Feltarbeid i august 1999 - materiale og metoder

Feltarbeidet foregikk fra 25. til 28 august. Hele måleprogrammet beskrives i Bjerkeng (1999). Hovedvekten lå på å måle vannstand, sjiktning og strøm i det området slambanken ligger i, det vil si mellom Strømmen bru og Sydvaranger industriområde, på oppdrag for Sydvaranger ASA. Første og siste dag gikk med til hhv. å sette ut og ta opp instrumenter for kontinuerlig registrering av vannstand og strøm. Målingene i fjorden ble gjort 26. og 27. august.

De målingene som ble gjort i de indre bassengene på oppdrag fra Sør-Varanger kommune i forbindelse med deres kloakkutslipp foregikk i hovedsak 27. august, men noen målinger fra dagen før er også omtalt. Det ble tatt en del vannprøver for analyse av næringsstoffinnhold, og et par vannprøver for analyse av partikulært stoff og oksygeninnhold, og dessuten en enkelt bunnprøve.

Dypprofiler av saltholdighet, temperatur og oksygen ble delvis målt med Seacat SBE 19 CTD fra Seabird Electronics. Saltholdighet og temperatur bestemmes ganske nøyaktig av dette instrumentet, mens oksygensonden (YSI-sonde) erfaringsmessig ikke er noen presisjonsmåling. Oksygenverdiene fra sonden ble korrigert ut fra andre målinger, og en betraktning av sannsynlig oksygenmetning i overflaten (se Bjerkeng 1999).

I noen profiler ble det målt med MKII Ultrasonic Current and CTD Monitoring system (UCM-40) fra Sortec AS. Dette instrumentet måler både strømprofil og lagdeling (saltholdighet og temperatur). Detaljer om målemetodikk og bearbeiding av data, og en fullstendig presentasjon og drøfting av disse data finnes i Bjerkeng (1999). Her gjengis bare de profiler som ble målt i sammenheng med vannprøvetakingen i indre deler av fjorden.

Prøvetakingsmetode og analysemetoder er beskrevet i vedlegg Vedlegg A. Det ble også gjort enkelte målinger av sikten i overflatevannet med Secchi-skive.

De relevante delene av måleprogrammet er beskrevet i tabellen i vedlegg B.1, og posisjonen til målepunktene inne i fjorden er vist på kart i Figur 2.

Den 26. august ble måleprogrammet i hovedsak konsentrert til fjorden utenfor Storstraumen, og gjaldt da hovedoppgavet for Sydvaranger ASA, men målingene denne dagen ble avsluttet med en CTD-profil (C5) på det dypeste punktet i bassenget innenfor Strømmen bru (*Gukkesvuodna*) (Figur 2). Det ble samtidig tatt en vannprøve fra 60 m dyp for oksygenanalyse. Målingene ble avsluttet kl 17:30 UTC<sup>1</sup>.

Den 27. august under utstrømning i Storstraumen (kl.6:30 - 14:00 UTC) ble det gjort målinger i fjordbassengene innenfor Strømmen bru. Det ble tatt vannprøver på 6 stasjoner i disse bassengene. Prøvetakingen inne i fjorden ble foretatt i dypområdet i det sørligste bassenget (H1), ved utløpet av Sandneselva (H2) og på fire stasjoner i økende avstand nordover fra det kommunale kloakkutslippet nord for terskelen ved Sandnes (H3-H6).

Stasjon H2-H5 og noen av analysene på H6 ble tatt spesielt på oppdrag for Sør-Varanger kommune som tillegg til det avtalte måleprogrammet for Sydvaranger ASA. Hensikten var å se om det kommunale kloakkutslippet nord for Sandnes kan spores i vannkvaliteten. Måleprogrammet ble utvidet tidsmessig for å få til dette.

Det ble også målt strøm-profil og lagdeling med UCM-40 ved noen av prøvetakingsstasjonene (U16 ved H2, U18 ved H3 og U19 ved H4) og i strømtverrsnittet ved terskelen ved Sandnes (U17). Dette er også vist på Figur 2).

Stasjonen H6 27. august var omtrent sammenfallende med posisjonen for CTD-profilen C5 fra kvelden før. På denne stasjonen ble det i tillegg til vannprøver for næringsstoffanalyser også tatt en bunnprøve med grabb. Hensikten var å få et inntrykk av hvordan bunnforholdene var på stort dyp i dette bassenget, som et supplement til prøver fra mindre dyp lenger sør som var tatt av Akvaplan-niva

---

<sup>1</sup> Alle klokkeslett i denne rapporten er gitt i såkalt UTC-tid (Coordinated Universal Time), tidligere kalt GMT (Greenwich Mean Time). Lokal sommertid som gjaldt under feltarbeidet i august 1999 ligger to timer foran UTC, og finnes altså ved å legge 2 timer til de oppgitte UTC-klokkeslettene.

i 1995 (Velvin 1995). Stasjonsplasseringen er som nevnt vist i Figur 2. Vannprøvetakingsprogrammet er oppsummert i Tabell 4.

**Tabell 4.** Vannprøvetakingsprogram - oversikt over stasjoner, dyp og analyse-variable

Prøvedyp (m):	Stasjon H1-H6 se Figur 2. H7 er rett utenfor SydVaranger ASA (Figur 1)						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
0.2	pCN	N+P					pCN
1	N+P		N+P	N+P	N+P	N+P	N+P
5	N+P		N+P	N+P	N+P	N+P	N+P
10	N+P		N+P	N+P	N+P	N+P	N+P
25	N+P					N+P	
55-60	N+P,O2					O2	
Bunndyp (m):	60-65	6	9	12	13	60-65	28
Tilhørende sjiktningsmåling:		U16	U18	U19		(C5)	

Analyseparametre:

pCN: Partikulært organisk C og N

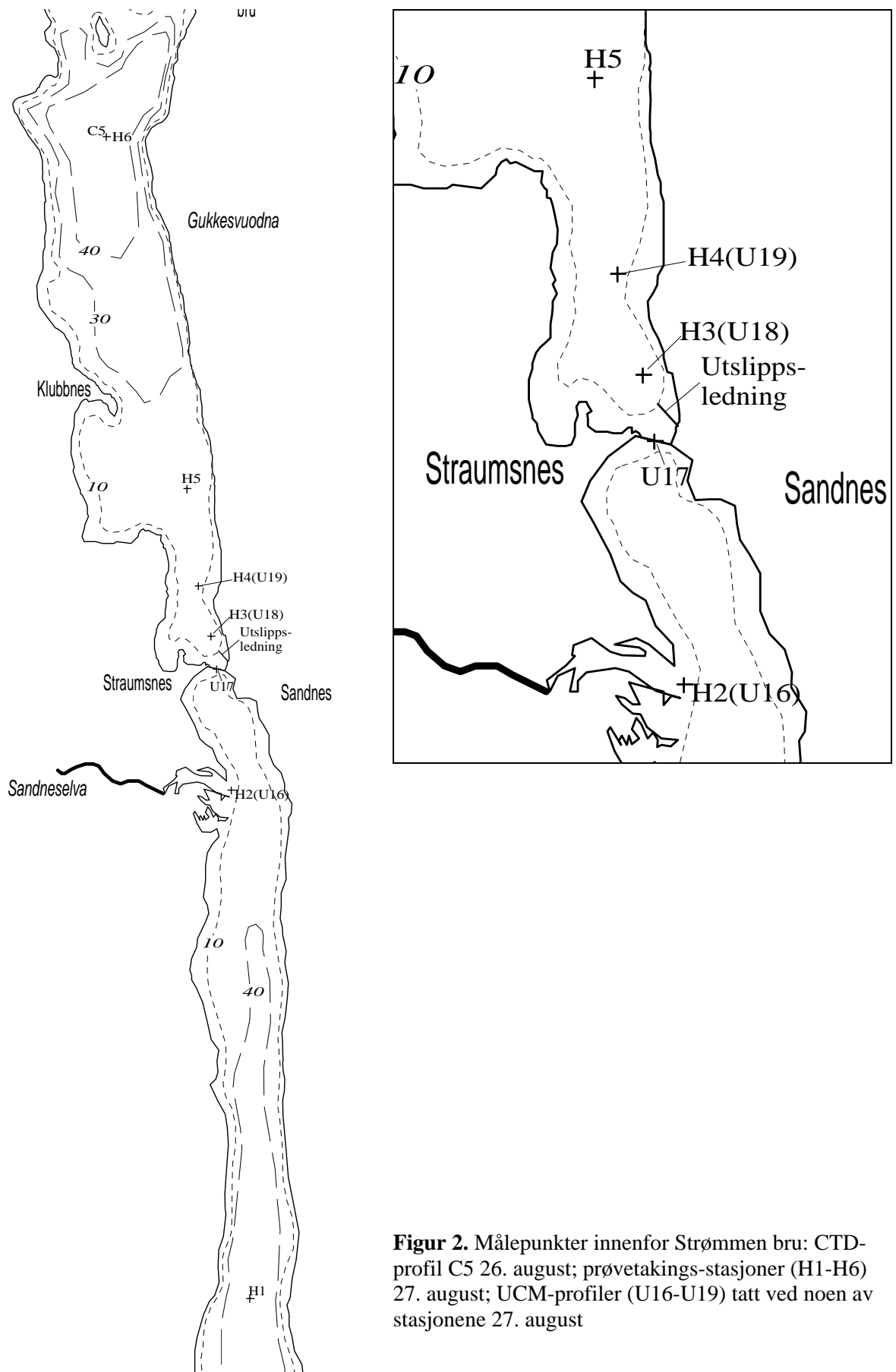
N+P: Nitrogen (total-nitrogen og nitrat, for de fleste vannprøver også ammonium), og fosforinnhold (ortofosfat, på hovedstasjonene også totalfosfor).

O2: Oksygeninnhold (Winkler)

Målingene 27. august ble avsluttet kl. 16:30-17:00 UTC, omtrent ved høyvann i Bøkfjorden, med vannprøvetaking på en stasjon (H7) rett ut for Sydvaranger industriområde. Denne stasjonen er ikke vist på kart i denne rapporten.

Seacat CTD ble også brukt ved noen av stasjonene den 27. august (se feltlogg i Vedlegg B.1), men det ble senere oppdaget at kjøringene fra denne datoen ikke var blitt registrert. Det ser ut til å skyldes et problem som hadde oppstått i forbindelse med et forsøk på å overføre data fra instrumentet til data-maskin etter den første måledagen og som gjorde at instrumentet ikke hadde gått i hvilemodus klar til måling slik det skal automatisk ifølge brukermanualen. Lagdelingen ble derfor dessverre ikke registrert på stasjonene H1, H5, H6 og H7 i forbindelse med prøvetakingen. På stasjon H2, H3 og H4 ble lagdelingen målt med UCM-40 sammen med strømprofiler. På den siste stasjonen, H7 ved Sydvaranger ASA, ble det tatt vannprøver fra 5 og 25 m dyp for saltholdighetsanalyse.

Både på stasjon H1 og H7 ble det også tatt vannprøver fra overflaten (20 cm dyp) for måling av partikulært totalt organisk karbon og totalt partikulært nitrogen.



**Figur 2.** Målepunkter innenfor Strømmen bru: CTD-profil C5 26. august; prøvetakings-stasjoner (H1-H6) 27. august; UCM-profiler (U16-U19) tatt ved noen av stasjonene 27. august

## 4. Feltarbeidet i august 1999 - resultater

Dette kapitlet gjennomgår resultatene fra feltarbeidet, med hovedvekt på analyser av næringssalter på ulike dyp i området rundt det kommunale utslippet. Analyseresultatene er vist i tabell i vedlegg A.1. For en mer fullstendig analyse av alle data fra undersøkelsen, inkludert strøm og vannutveksling over slambanken, henvises til Bjerkeng (1999). Når det gjelder presentasjon av data gjelder generelt følgende:

- Alle målte kompassretninger er korrigert for misvisning, som er beregnet til å være ca. -12 grader ut fra tilgjengelige opplysninger, dvs. at det er lagt 12 grader til målt kompassretning for å få retning i forhold til geografisk nord.
- Alle dyp i tabeller og figurer refererer til sjøkartnull for Varangerfjorden der det ikke sies noe annet. For fjorden utenfor Strømmen bru vil vannstanden stort sett variere mellom 0.5 m og 3.5 m over sjøkartnull. For fjorden innenfor Strømmen vil den stort sett variere mellom 2.1 og 2.5 m over dette nivået. Dypprofiler presenteres med økende positivt dyp nedover, og negativt dyp for nivåer som ligger høyere enn sjøkartnull.

### 4.1 Værforhold og ferskvannstilførsel under feltarbeidet

Utskrift av 6-timers data (kl. 07, 13 og 19) for værstasjonen ved Kirkenes Lufthavn nord for Langfjorden fra Klimaavdelingen ved Det norske meteorologiske institutt (DNMI) viser at det 24. august var sørlig bris av gjennomsnittlig styrke 5-7 m/s. Den 25. august var det vind fra vest (280-290°) av gjennomsnittlig styrke ca. 10 m/s, med ca. 17 m/s i kastene. Neste dag, under strømmålingene i den ytre delen av fjorden, viser DNMI's data at det fortsatt var vestlig vind, men dreid litt i sørlig retning (270-250°) med gjennomsnittlig styrke 7-8 m/s om formiddagen og omtrent vindstille om kvelden. Denne dagen var det gråvær, men lite regn. Torsdag 27. august var det en del sol midt på dagen. DNMI's data viser vind fra nord (330-350°) av styrke 5-6 m/s om morgenen og formiddagen. Vindmålinger fra båten 27. august viste nordlig vind med styrke 3-6 m/s i de indre delene av Langfjorden. Begge disse dagene var det bare svak vind om kvelden.

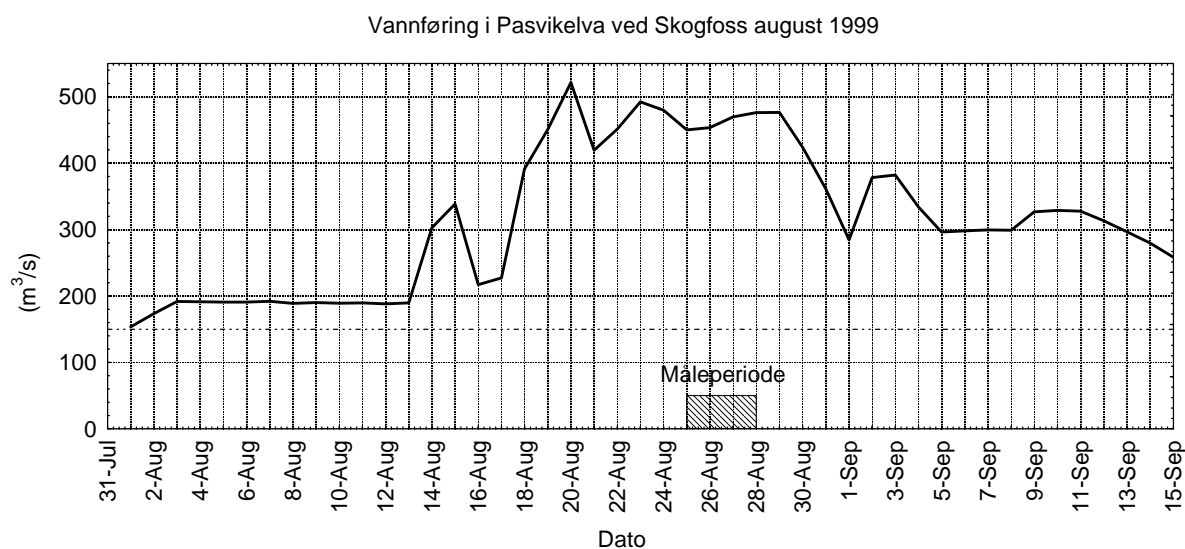
Lufttrykket varierte ifølge DNMI's data innenfor et intervall som tilsvarer 5 cm vannsøyle i måleperioden.

Det kom ca. 5 mm nedbør 25. august, men ellers var det lite nedbør under feltarbeidet og i dagene før. Det hadde imidlertid regnet kraftig i området en uke før. DNMI's data viser at det ved Kirkenes lufthavn kom 60 mm nedbør 14. og 15. august, og til sammen 91 mm i tidsrommet 17.-20. august. Samlet for det lokale nedbørsfeltet på 390 km<sup>2</sup> gir dette en vannmengde på 59 mill. m<sup>3</sup>, som tilsvarer 34 % av normal årsavrenning til Langfjorden (kfr. kapittel 2.1). Temperaturen varierte stort sett mellom 6 og 10 °C under feltarbeidet. I den foregående regnværsperioden var den i det samme området, men i ukene før det hadde det vært noe varmere, typisk 12-15 °C.

Data for lokal ferskvannstilrenning er ikke direkte tilgjengelig, men Figur 3 viser vannføringen i Pasvikelva ved Skogfoss (kilde Pasvikkraft ASA) for august og første halvdel av september. Det sees at målingene ble gjort i en periode med stor ferskvannstilførsel til Bøkfjorden. Det hadde som nevnt regnet kraftig i området i uken før, og det har tydelig gjort utslag på vannføringen, som frem til 14. august hadde ligget konstant på 190 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen på 450-500 m<sup>3</sup>/s forekommer bare en gang pr. år eller sjeldnere. Det betyr at Bøkfjorden har vært spesielt sterkt påvirket av ferskvann i måleperioden. De to første markerte flomtoppene i Figur 3 faller godt sammen med de to nedbørsperiodene uken før, og skyldes antagelig avrenning fra de nedre delene av nedbørsfeltet, mens den fortsatt høye vannføringen under feltemålingene må antas å skyldes avrenning fra de øvre delene av nedbørsfeltet, bl. a. via Enare-sjøen. Siden Pasvikelva må antas å ha lenger responstid enn de lokale elvene, er det rimelig å anta at disse elvene har hatt flomtopper før feltarbeidet, men ikke så stor vannføring i selve måleperioden.

Målingene ble altså antagelig gjort i en periode ca. en uke etter stor ferskvannstilrenning både lokalt til Langfjorden og til Bøkfjorden, og mens det ennå var stor ferskvannstilførsel til Bøkfjorden.





**Figur 3.** Døgnvannføring i Pasvikelva ved Skogfoss i perioden omkring feltarbeidet i august 1999. Måleperioden er indikert med skravert felt.

## 4.2 Dypprofiler av temperatur, saltholdighet, oksygen og strøm

Profilen C5 (Figur 9) ble tatt i det dypeste området av bassenget rett innenfor Strømmen bru om ettermiddagen 26.august. De øverste 2 metrene hadde saltholdighet ned mot 5. Under dette var det et ca. 20 m tykt lag hvor saltholdigheten økte jevnt med dypet og hvor temperaturen var nokså konstant, men likevel med et markert maksimum omkring 10-15 m dyp. Rundt 20 m dyp fantes et mer markert sprangsjikt med overgang til et nokså homogent dyplag med tyngre og mye kaldere vann, med saltholdighet ca. 32 og temperatur 0.8-1.0 °C. Sjiktningen her ligner på den som ble observert ved samme tid på året i 1995 (Velvin 1995). Den lave temperaturen i dypvannet både i 1995 og i 1999 kan tyde på at det er et vanlig trekk at dypvannmassene fornyes om vinteren, når det er lave temperaturer i fjorden utenfor, og at det så ikke skjer noen videre dypvannsutskifting i løpet av sommeren. Dette er drøftet mer i Bjerkeng (1999).

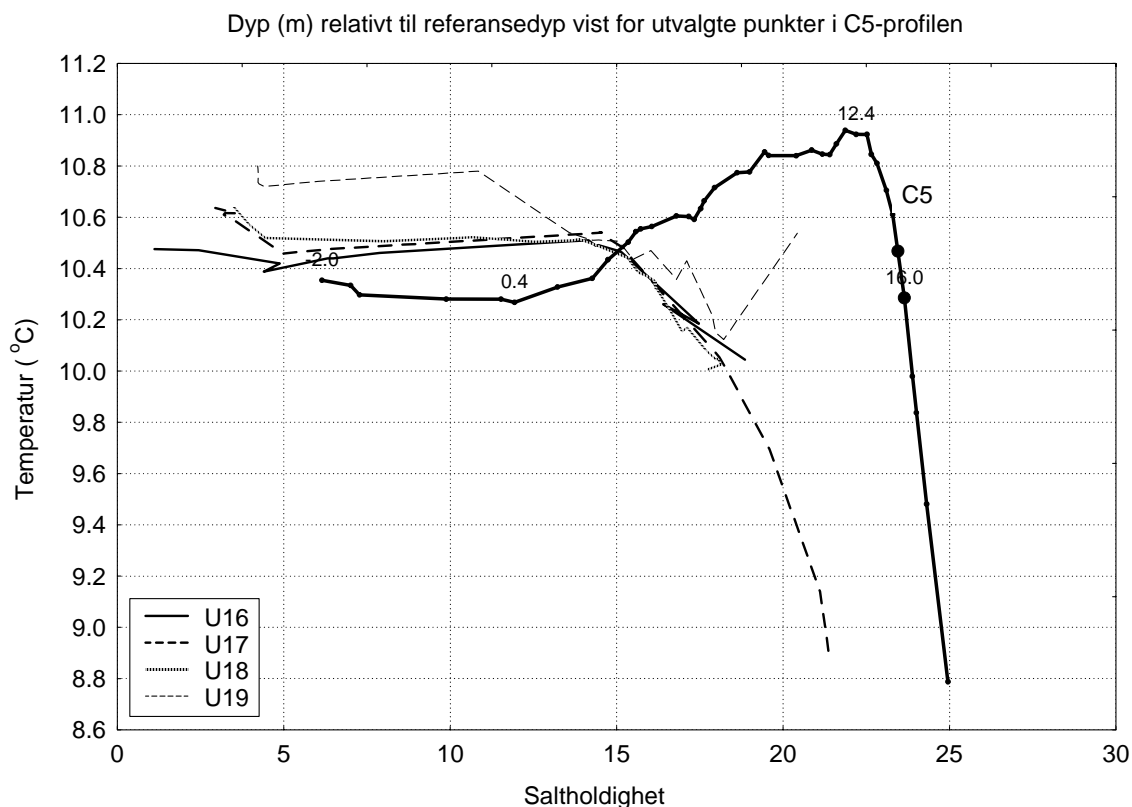
De målingene av sjiktning og strøm som ble gjort i dypprofiler med UCM-40 i forbindelse med vannprøvetakingen er vist i figurer i Vedlegg D, side 33ff. For detaljer om bearbeiding av data vises til Bjerkeng (1999). Temperatur er korrigert ut fra en kalibrering mot CTD, men en bør ta i betraktning en mulig feil på opp til  $\pm 0.1$  °C. Saltholdigheten kan anses som nokså nøyaktig bestemt i forhold til variasjonene i vannmassene, iallfall innenfor  $\pm 0.05$ .

Verdier for saltholdighet og temperatur fra disse profilene, og fra saltanalyser av vannprøver på stasjon H7, er satt inn i resultat-tabellen i vedlegg A.1. Det er nyttig å se næringssaltmålinger i sammenheng med saltholdighet og temperatur for å tolke data.

I det tidsrommet målingene i H1-H5 ble gjort var det utstrøm i Storstraumen, og dominerende strøm nordover i området ved Sandnes og nordover mot Klubbnes. Profil U16 ved utløpet av Sandneselva viser ingen strøm ut i overflaten, men elvevannet vises tydelig i saltholdigheten. Profil U17 midt i brutverrsnittet har gjennomsnittshastighet 12 cm/s i nordlig retning integrert over vannsøylen. Hvis en går ut fra bredde 90 m og dyp 8 m gir det en transport på ca. 85 m<sup>3</sup>/s, dvs. litt over 0.31 mill m<sup>3</sup> pr. time. I betraktning av at beregningen antagelig overdimensjonerer tverrsnittet, stemmer dette bra med de 0.24 mill m<sup>3</sup>/time som kan beregnes ut fra målt vannstandsreduksjon på innsiden av Strømmen bru (Bjerkeng 1999).

For å se på profilene i sammenheng kan det være en hjelp å plote dem i et såkalt TS-diagram, med temperatur langs den ene akselen og saltholdighet langs den andre. Et slikt diagram gjør det lettere å identifisere vanntyper uavhengig av forflytninger i dyp, og å se hvor vannet i en gitt profil kan stamme fra ved transport eller blanding. TS-diagrammet i Figur 4 viser at de tre sørligste profilene (U16, U17, U18) stemmer godt overens, og synes å beskrive den samme vannmassen for saltholdighet  $\geq 5$ . Bare ferskvannspåvirkningen ved elveutløpet (U16) skiller seg ut med lavere saltholdighet enn i de

andre profilene. Det kan antas at de tre profilene representerer vannmassene som var i det sørlige bassenget. For saltholdighet  $>15$  var vann med lik saltholdighet kaldere i det sørlige bassenget enn i det midtre bassenget. Profil U18 litt nord for terskelen består bare av vann som har strømmet inn fra det sørlige bassenget, mens profil U19 viser betydelig avvik fra dette. Den nederste delen av U19 (saltholdighet  $\geq 18$ ) ligger dypere enn den nordgående strømmen, og ser ut til å representere en blanding av innstrømmende vann og vann som er i bassenget fra før (profil C5). Det bekreftes også av strømprofilen. Den høyere temperaturen i overflaten i U19 i forhold til C5 fra kvelden før kan kanskje være en virkning av soloppvarming i løpet av formiddagen 27. august.



**Figur 4.** TS-diagram av UCM-profiler i området rundt Sandnes sammenlignet med CTD-profil C5 i det nordlige dypbassenget.

### 4.3 Oksygenmålinger

En vannprøve som ble tatt fra 60 m dyp i det nordlige dypbassenget samtidig med at profil C5 ble målt ga oksygeninnhold 5.03 ml/l. Dette er brukt som grunnlag for å korrigere målingene med oksygen-sonden, som i dette dypet viste ca. 1.5 ml/l lavere verdi. Korreksjonen virker rimelig også ut fra overflateverdiene (se Bjerkeng 1999).

Korrigerte oksygenverdier fra oksygensonden i ytre og midtre deler av Langfjorden lå stort sett i området 5-6 ml/l, og det må ansees som meget tilfredsstillende. Oksygenprofilene fra C5 i Figur 9 i Vedlegg C viser resultat fra en første senking til ca. 50 m, hvor instrumentet traff bunnen fordi båten hadde drevet noe av, og deretter en ny senking fra ca. 30 til 60 m etter å ha posisjonert båten til et område med større bunndyp. Begge senkingene viser omtrent samme reduksjon av oksygenkonsentrasjonen mot bunnen, med anslagsvis 0.1-0.2 ml/l, til en verdi 5.0 ml/l ved bunnen. Oksygendata må tolkes forsiktig, da nøyaktigheten er begrenset.

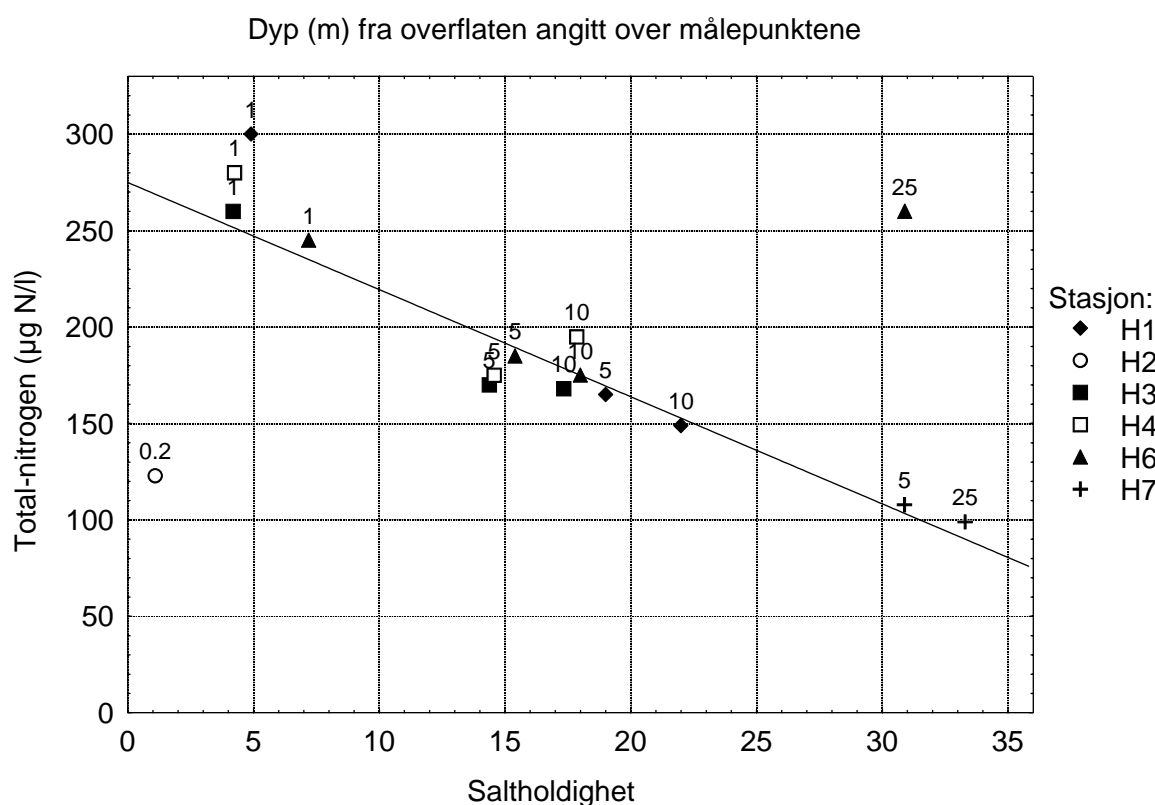
Vannprøve fra 55 m dyp i det sørlige bassenget i Langfjorden (stasjon H1) ga oksygeninnhold 0.1 ml/l, altså omtrent helt oksygenfritt. Det stemmer godt med at svak lukt av hydrogensulfid ble observert da denne prøven ble tappet. Om dette er representativt for dypvannet i bassenget, eller påvirket av bunnforholdene, kan ikke sies helt sikkert. Ved nedfiringen tok loddet som hang under vannhenteren ned i bunnen, men vannhenteren ble så hevet ca. 3 meter opp over bunnen før prøven ble tatt. Fordi båten kan ha drevet av før vannhenteren ble utløst, er det vanskelig å si nøyaktig hvor langt

fra bunnen den var da. Vannet som ble tappet viste ingen spor av partikler som kunne tyde på innblanding av opphvirvlet bunnslam.

#### 4.4 Næringsalter og organisk stoff

Innholdet av totalnitrogen og nitrat var størst i overflatevannet inne i fjorden. For de målingene hvor saltholdigheten i vannprøven ble målt eller kan fastsettes ut fra CTD- eller UCM-målinger, følger både totalnitrogen og nitrat i stor grad saltholdigheten som ved en fortynningskurve, dvs. med en lineær sammenheng. Data fra stasjon H7 utenfor Sydvaranger ASA ligger nær den samme kurven. Det er fra området ved H7 innstrømningen til Langfjorden kommer.

De fleste resultatene for totalnitrogen ligger på en lineær fortynningskurve som tilsvarer 250 til 300  $\mu\text{g N/l}$  for ferskvann og 80  $\mu\text{g N/l}$  for sjøvann med saltholdighet 35. De høyest verdier ble målt nær overflaten, hvor saltholdigheten er lavest. Sammenhengen mellom nitrogenkonsentrasjon og saltholdighet er vist i Figur 5. Et unntak er prøven fra 25 m dyp på stasjon H6, hvor konsentrasjonen er høyere enn fortynningslinjen tilsier. Avviket fra fortynningskurven for totalnitrogen tilsvarer nokså nær målt nitratkonsentrasjon på 185  $\mu\text{g N/l}$  i denne vannprøven. Nedbrytning av organisk stoff har her åpenbart gitt økte konsentrasjoner av nitrat. Nitrogen-konsentrasjonene var omtrent de samme på 25 m dyp i det sørlige bassenget ved H1, med totalinnhold 245  $\mu\text{g N/l}$ , og nitrat 180  $\mu\text{g N/l}$ , men her ble ikke salinitet målt, så denne vannprøven er ikke med i Figur 5.

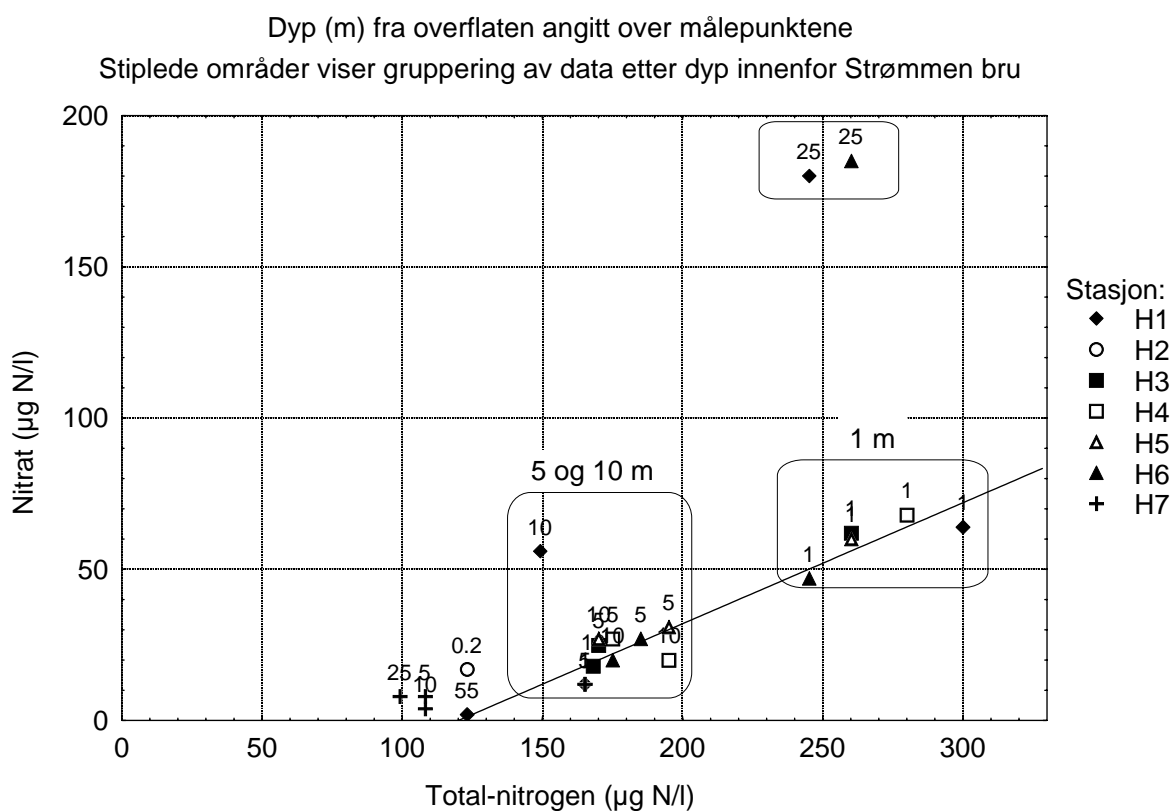


**Figur 5.** Sammenheng mellom totalnitrogen og saltholdighet i Langfjorden 27. august 1999.

Også overflateprøven fra stasjon H2 ved utløpet av Sandneselva, med nesten rent ferskvann, viser avvik fra fortynningskurven, med vesentlig lavere nitrogenkonsentrasjon enn for overflatevannet ellers i fjorden. Verdien er innenfor det normale i mindre elver i Finnmark generelt (Holtan et.al 1995). Ut fra de andre overflateprøvene ser det ut til at ferskvannstilførslene i tiden før målingene ble gjort har inneholdt mer nitrogen enn 275  $\mu\text{g N/l}$ , kfr. overflateprøven fra H1 med 300  $\mu\text{g N/l}$ . En sammenligning av dette med den lave nitrogenkonsentrasjonen i overflaten i H2 må ta hensyn til at vannmassene rundt H1 antagelig er resultat av tilrenningen noe tidligere, kanskje under det kraftige

regnværet en til to uker tidligere, mens H2 mer representerer Sandneselva i måleøyeblikket. I Bjerkeng (1999) er det anslått at oppholdstiden i de øvre 10-15 m kan være 20 til 40 døgn ut fra tidevannstransporten, som er dominerende vannutvekslingsmekanisme, og det er derfor rimelig om overflatelaget inne i fjorden er preget av flomvannføring 1-2 uker tidligere.

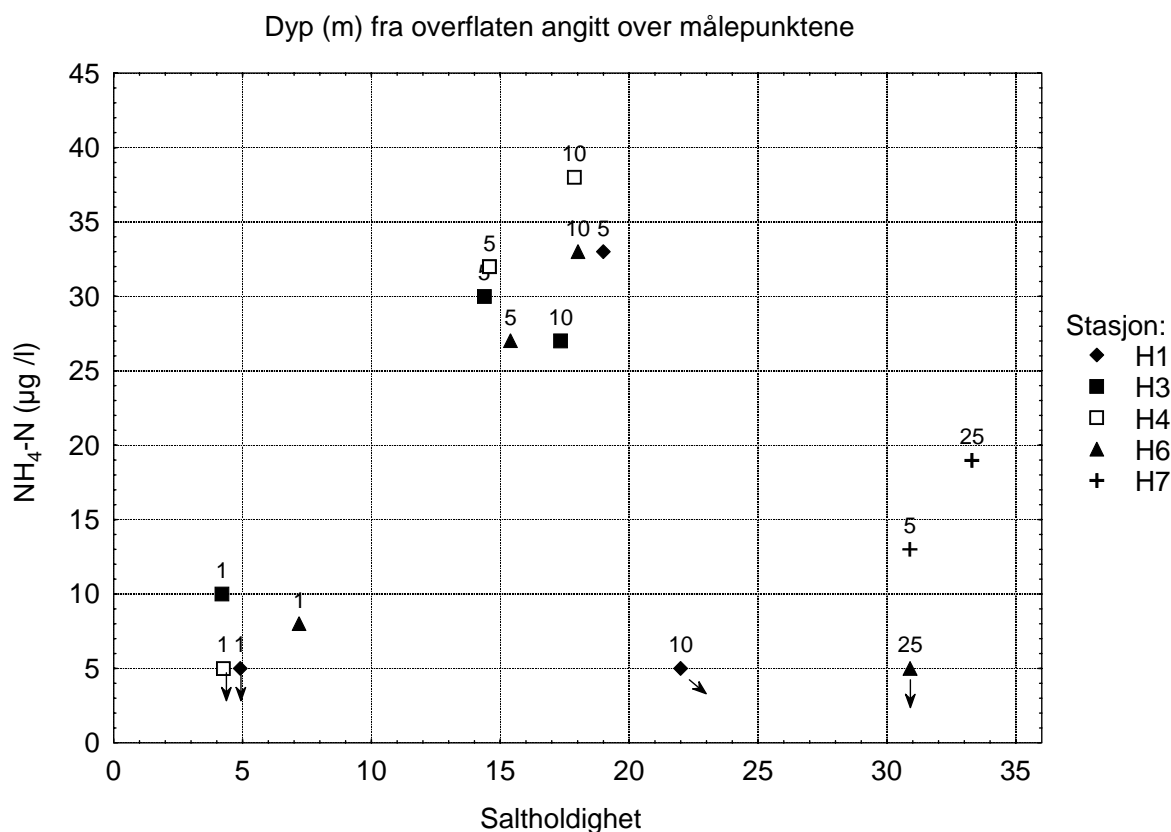
Alt i alt gir målingene et bilde av at totale nitrogenkonsentrasjoner i tiden før målingene ble gjort i stor grad er knyttet til elvevannet, kanskje spesielt i sørenden av fjorden. Det samme gjelder nitraten, som vil være dominerende løst uorganisk komponent knyttet til naturlig overflateavrenning og elvetilførsler. Nitrat varierer i store trekk med saltholdighet på tilsvarende måte som totalnitrogen. Sammenhengen mellom nitrat og totalnitrogen vises i Figur 6. De fleste punktene for 1-10 m dyp ligger langs en rett linje hvor nitrat-konsentrasjonen øker proporsjonalt med totalnitrogen fra omkring 0 ved de laveste konsentrasjonene av totalnitrogen. De avvikende punktene for 10 og 25 m dyp viser høyere nitratverdier, som best kan forklares ved frigivelse av nitrat pga. nedbrytning av organisk materiale i dypere lag. Utenfor SydVaranger ASA, dvs. i Varangerfjorden, ses at nitrat-konsentrasjonene er mye lavere.



**Figur 6.** Sammenheng mellom nitrat og totalnitrogen i Langfjorden 27. august 1999.

Langfjorden var altså ved måletidspunktet preget av relativt høyt innhold av total-nitrogen og nitrat i overflaten i den indre delen, tydeligvis pga. tilførsler med elvevannet. I den forbindelse kan det være verdt å påpeke at Langfjordelva i sørenden av fjorden kommer direkte fra et ganske stort vann, Langfjordvatnet. Det kan vel tenkes at tilrenning av kaldere vann (kfr. kapittel 4.1 side 15) i forbindelse med det kraftige regnværet uka før har gitt utskiftning av vann fra litt dypere lag i Langfjordvatnet og derved stor transport ut i Langfjorden av dette vannet. Dette vannet kan godt ha hatt forhøyet konsentrasjon av akkumulerte uorganiske næringsstoffer sammenlignet med det som kommer i elvetilførslene. Det er mulig så høye overflatekonsentrasjoner av nitrogen som observert vil være knyttet til slike episoder. Dette er bare en spekulasjon, hensikten er bare å peke på et forhold som bør tas i betraktning dersom en skal vurdere elvetilførslene nærmere.

Ammonium har en motsatt tendens av det totalnitrogen og nitrat viser, dvs. at konsentrasjoner av ammonium i hovedtrekk øker med økende saltholdighet fra overflaten og ned til 10 m dyp. Sammenhengen mellom ammonium og saltholdighet er vist i Figur 7. For stasjoner mellom de to bruene, altså i det bassenget som primært er påvirket av kloakkutslippet, er det klart høyere ammoniumkonsentrasjoner i 5 og 10 m dyp enn i overflaten, uten noen geografisk gradient, mens den er lavere igjen for større dyp (25 m) ved stasjon H6. Nitrogenet i kloakkutslippet vil i stor grad finnes som ammonium. Det kan derfor være naturlig å sette de høyere ammoniumkonsentrasjoner på 5-10 m dyp i sammenheng med det lokale kloakkutslippet, som må forventes å bli innlagret i dette sjiktet. Sør for Sandnes er det bare 5 m dyp som viser høyere konsentrasjon av ammonium.

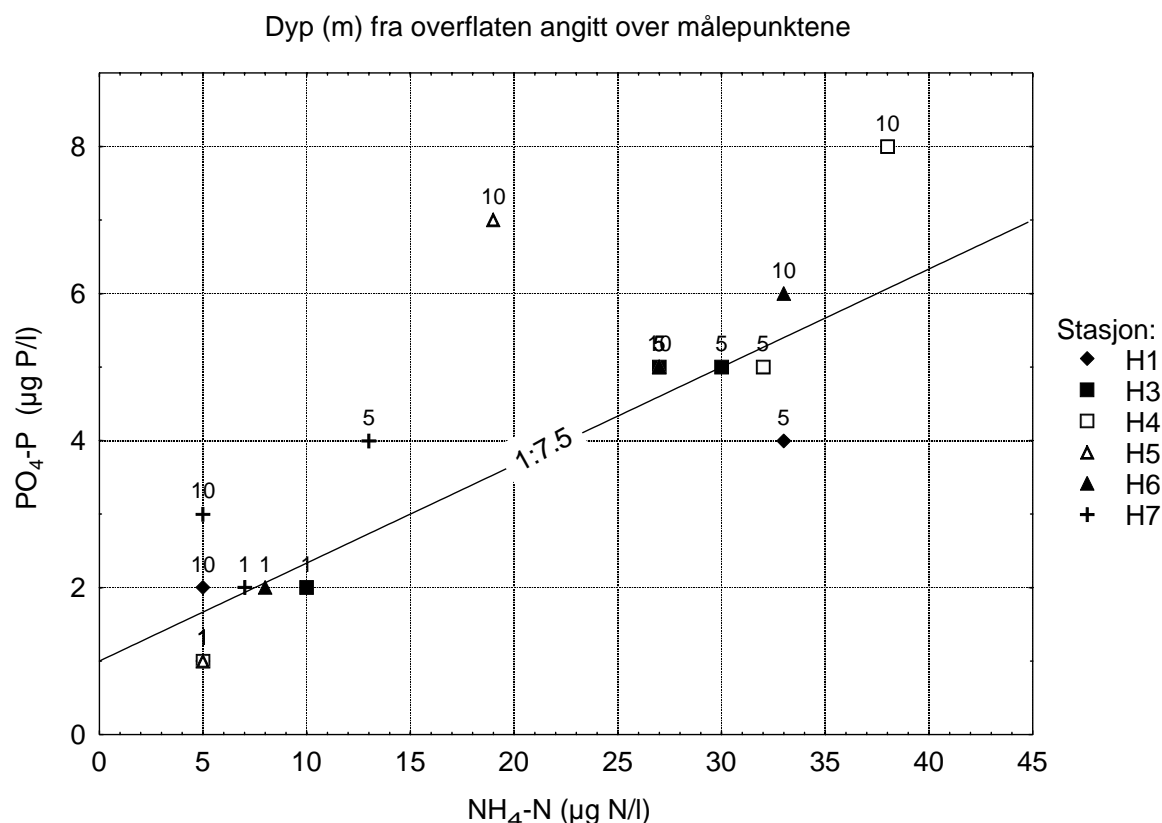


**Figur 7.** Ammonium-konsentrasjon (NH<sub>4</sub>) i Langfjorden 27. august plottet mot saltholdighet. Resultater som angir grenseverdier, dvs. under deteksjonsgrense for ammonium, og nedre grense for saltholdighet, er markert med piler inn i aktuelt variasjonsområde.

Kloakkutslippet vil også ha en betydelig fosfatkonsentrasjon. Fosfatkonsentrasjonene viser også en økning omkring saltholdighet 15-20 på samme måte som ammonium, anslagsvis på 2-3 µg P/l ut fra sammenligning med konsentrasjoner i fornyingsvannet utenfra, målt ved H7 ute ved Sydvaranger ASA. For dyp ned til 10 m er det en klar dominerende sammenheng mellom ammonium og fosfat, 7.5 g N pr. g P (Figur 8). Det N:P-forholdet tilsvarer nettopp det en vil vente for mekanisk rensed utslipp, kfr. kapittel 2.2, og det styrker antagelsen om at de økte konsentrasjonene i 5 og 10 m er spor av kloakkutslippet. For 10 m på stasjon H4 og H5 er det høyere fosfat-konsentrasjoner enn på samme dyp i andre stasjoner. Det er ikke mulig å si hva det skyldes, men en mulighet er at det henger sammen med utsynking av partikler, siden det er kjent at fosfat vil være bundet til partikler.

Data viser ingen klar geografisk gradient med avstand fra utslippspunktet inne i fjorden. Kloakkutslippet kan anslås til i middel å tilføre fjorden ca. 0.066 g/s fosfor og 0.50 g/s nitrogen, i stor grad

som fosfat og ammonium<sup>1</sup>. Hvis dette fordeles i en vannmengde som strømmer forbi med hastighet 0.1 m/s i et tverrsnitt 100·2 m, altså ca. 20 m<sup>3</sup>/s, gir det riktignok konsentrasjonstillegg på 3.5 µg P/l og 25 µg N/l, hovedsakelig som fosfat og ammonium<sup>2</sup>. Det er omtrent som den observerte overkonsentrasjonen i 5-10 m dyp, men da er strømhastigheten relativt lavt anslått i forhold til hva som ble målt 27. august<sup>3</sup>. I den grad en slik sammenligning mellom øyeblikksmålinger i fjorden med gjennomsnittstal for tilførselene er holdbar, kan det derfor se ut til at de reelle strømmene i området i forbindelse med tidevannstransporten effektivt fordeler tilførselene horisontalt, slik at det ikke blir noen lokal opphopning i nærheten av utslippet. De forhøyde konsentrasjonene av ammonium og fosfat i 5-10 m dyp er rimelige hvis vi ser på vannutvekslingen i Langfjorden. Hvis transporten gjennom Storstraumen på 3 mill m<sup>3</sup> pr. tidevannssyklus antas å gi 30-50 % effektiv vannfornyelse, skulle kloakktilførselene bety en overkonsentrasjon på rundt 20 µg N/l og 3 µg P/l, og det stemmer ganske godt med ammonium- og fosfat-konsentrasjonene rundt 5-10 m dyp hvis vannet her tenkes fortynnet med overflatevann til den gjennomsnittlige saltholdigheten utstrømmende vann er anslått å ha. Igjen er dette basert på en sammenligning av gjennomsnittlige anslag for tilførselene med øyeblikksbilde av konsentrasjoner i fjorden, og derfor bare av rent orienterende karakter.



**Figur 8.** Fosfat-konsentrasjoner plottet mot ammonium i 1-10 m dyp for data fra Langfjorden 27. august.

<sup>1</sup> Tallene er oppgitt litt høyere i Bjerkeng (1999). Det er tallene ovenfor som er riktig ut fra forutsetningene i kapittel 2.2.

<sup>2</sup> I Bjerkeng (1999) ble det her feilaktig operert med 200 m<sup>3</sup>/s i regnestykket. Det er beregningen ovenfor som er riktig på dette punktet. Det er bare en røff overslagsberegning, og feilen har ingen betydning for de generelle konklusjonene.

<sup>3</sup> Strømmåling 75 m nord for utslippet (H3) viste nordlig rettet strøm med hastighet 0.3 m/s mellom 9 og 12 m dyp (relativt til vannflaten), og en hastighet 0.1 m/s på tvers av lengderetningen.

Prøven fra 55 m dyp i det indre bassenget (H1), hvor det var tilnærmet oksygenfritt, hadde høyt fosfatinnhold (313 µg P/l), og lavt nitrogeninnhold, så å si helt uten nitrat, og i stedet med en relativt høy konsentrasjon av ammonium. Dette er normalt for oksygenfritt vann, og skyldes at det løses ut fosfor fra sedimentene og at nitrat omdannes til molekylært nitrogen ved denitrifisering.

Konsentrasjonen av partikulært organisk stoff i overflaten ved H1 og H7 er omtrent som normalt for relativt upåvirkede fjorder og kystfarvann, og har et C:N-forhold på 7.6 og 11.6, som er forholdsvis normalt for planktonmateriale. Konsentrasjonen inne i fjorden ved H1 er ca. dobbelt så stor som ute ved H7.

En måte å forsøke å karakterisere forholdene er å sammenligne analyseverdiene med SFTs kvalitetskriterier for Fjorder og Kystvann (Molvær et al. 1997). Det må presiseres at datamaterialet ikke er tilstrekkelig til å klassifisere fjordens tilstand. Kriteriene er knyttet til en statistisk vurdering, og krever et bredere datamateriale (minst 10 målinger) som gir et representativt bilde av hvordan forholdene varierer over tid. **Det som sies nedenfor er derfor bare rent orienterende antydninger om hvordan fjorden ville bli klassifisert dersom de observerte verdiene er representative for forholdene.** For næringsalter vil det si i nærheten av gjennomsnittlige eller typiske verdier, mens en for oksygen vil legge vekt på minimumsverdier.

Konsentrasjonene av nitrogen i overflatelaget var 165 µgN/l i Bøkfjorden og hhv. 245 og 300 µgN/l i de to bassengene innenfor Strømmen bru. Dersom dette er representativt, vil det tilsvare SFTs tilstandsklasse II/I (god/meget god). Nitratverdiene på ca. 60 µgN/l i overflaten innenfor Strømmen bru tilsvarer tilstandsklasse "meget god" ved aktuell saltholdighet. Alle observerte fosfor- og fosfatverdier i overflaten tilsvarer tilstandsklasse god/meget god. ***Når det gjelder løste næringsalter må det tas forbehold om at tilstandskriteriene anbefales begrenset til områder i Sør-Norge. Spesielle tilstandskriterier er ikke definert for Nord-Norge.***

Siktedyp 2.5-3 m inne i fjorden tilsvarer tilstandsklasse III/IV mindre god/dårlig. De lave verdiene kan skyldes farge fra humus eller mineralske partikler (leire) fra elvene.

De korrigerede oksygen-konsentrasjonene som ble målt i ytre og midtre del av Langfjorden 26. og 27. august ligger stort sett alle over 4.5 ml/l, som er grensen for tilstandsklasse I "meget god". Bare bunnvannet i profil C3 kommer litt under grensen. Bunnprøven fra 60 m dyp innenfor Strømmen bru tyder på at det kan være nokså jevnt bra oksygenforhold her (se kapittel 4.5).

Dypvannsprøven fra det innerste bassenget med tilnærmet oksygenfritt vann og en klar plassering i tilstandsklasse "meget dårlig" viser imidlertid at det iallfall tidvis kan være vesentlige oksygenproblemer i dyplagene i dette bassenget. Hvor høyt opp i vannmassen det strekker seg, eller hvor ofte det forekommer, kan ikke sies uten et bredere undersøkelsesprogram.

Selv om data gir indikasjoner på at forholdene i de øvre lag av fjorden kan karakteriseres som relativt gode, betyr ikke det nødvendigvis at de menneskeskapt tilførselene er uten betydning for forholdene i fjorden. Med den sjiktningen som gjaldt da målingene ble gjort blir tilførselene innlagret på 5-10 m dyp, og er ikke fullt tilgjengelig for algevekst, men i situasjoner med mindre ferskvannspåvirkning og svakere sjiktning kan det blande seg opp i overflaten i større grad. Oksygenfritt dypvann som observert i det sørligste bassenget kan være naturlig i en fjord med den topografien Langfjorden har, men lokale kloakktilførsler kan tenkes å ha betydning for hyppighet og omfang. Tidevannsvariasjonene vil gi skiftende strømretning gjennom sundet ved Sandnes, og kloakktutslippet ved Sandnes kan derfor også påvirke bassenget i sør. De forhøyede verdiene av ammonium og fosfat som ble målt i 5 m dyp sør for Sandnes kan stemme med dette. Datagrunnlaget er for spinkelt til å si hvor mye det kan ha å si for oksygenforholdene i det innerste bassenget i forhold til tilførsler med elvevannet i sørenden.

Dersom de lokale tilførselene til fjorden innenfor Strømmen bru har endret seg vesentlig over tid kan det ha ført til forandringer mht. hyppighet og omfang av oksygenproblemer i dypvannet i den indre delen av fjorden. I den grad gruveavgangen i den ytre delen fører til opphopning og større tilbakeføring inn i Langfjorden av brakkvann som har strømmet ut i Storstraumen, kan det tenkes å ha forsterket virkningen av kloakktilførselene (se Bjerkeng 1999).

## 4.5 Bunnprøve

Bunnprøven på stasjon H6 i dypområdet i Gukkesvuodna, bassenget innenfor Strømmen bru, ble hentet fra ca. 60 m dyp med en liten *van Veen*-grabb. Prøven inneholdt ca. 0.75 liter bunnsediment. Prøvematerialet var grågrønt, og uten H<sub>2</sub>S-lukt, men det ble observert litt innslag av mørkere striper. Prøven ble oppbevart ca. 1 døgn ved ca. +10 °C, og deretter frosset og oppbevart for analyse.

Materialet fra bunnprøven lignet på et normalt fjordsediment. Det var svært finkornet (silt og leire). Etter tining ble prøven vasket gjennom 0.5 mm sil og resterende materiale gjennomgått for å registrere eventuelle bunndyr (bløtbunnsfauna). Følgende dyr ble funnet:

- Musling (Bivalvia)
- Børstemark (Polychaeta), flere arter
- Krepsdyr (Ostracoda)
- Krepsdyr (Tanaidacea)
- Krepsdyr (Amphipoda)
- Sjøpølse (Holothuroidea)

Dette er omtrent hva en kan forvente på en normal fjordlokalitet. Resultatene tyder ikke på at denne lokaliteten i Langfjorden er påvirket av sterk oksygenmangel eller andre ugunstige betingelser.



## 5. Konklusjoner

Dypvannet i fjorden er fra naturens side avstengt, og det begrensende tverrsnittet er Storstraumen ved Strømmen bru. Fjorden innenfor dette punktet er preget av dette.

Denne rapporten beskriver resultatet av målinger foretatt i hovedsak på en dato, altså basert på et øyeblikksbilde av forholdene i fjorden. Ut fra disse målingene synes fjorden å være moderat påvirket av kloakk-utslipp. Det ser ut til at det kommunale utslippet ved Sandnes ved måletidspunktet kunne spores ved forhøyde konsentrasjoner av fosfat og ammonium på 5-10 m dyp i bassenget mellom Storstraumen og Sandnes. Det var lavt siktedyp, kanskje pga. humuspåvirkning, men tilstanden i overflatelaget ellers så stort sett ut til å være ganske god.

Oksygenforholdene var bra i dypvannet i dypbassenget mellom Strømmen og Sandnes, og her var det også frisk bunn, men det innerste bassenget var omtrent oksygenfritt nær bunnen på største dyp i august 1999. At dette kan forekomme i en så avstengt fjord innenfor to grunne terskler kan være helt naturlig, uavhengig av menneskelig påvirkning. Menneskeskapt tilførsler kan likevel ha betydning for hyppighet og omfang av slike problemer. Skiftende strømrøtning gjennom sundet ved Sandnes pga. tidevannsvariasjoner gjør at kloakkutslippet ved Sandnes også kan påvirke bassenget i sør, men det er for spinkelt datagrunnlag til å si hvor mye dette kan ha å si for oksygenforholdene i det innerste bassenget i forhold til tilførsler med elvevannet. I den grad gruveavgangen fører til opphopning og større tilbakeføring inn i Langfjorden av brakkvann som har strømmet ut i Storstraumen, kan det forsterke virkningen av kloakktilførslene.

Det lave oksygeninnholdet i dypvannet i det sørligste bassenget kan tyde på at dette vannet har vært i fjorden mye lenger enn dypvannet i det midtre bassenget, og at det altså har skjedd en eller flere fornyelser av dypvannet i det midtre bassenget som ikke har nådd over i det sørligste bassenget. Det er rimelig ut fra topografien, fordi en fornyelse av det sørligste bassenget krever at det midtre bassenget først er fylt opp av tyngre vann til terskeldypet ved Sandnes. Det kan også tenkes at oksygenforbruket er større i den sørlige delen av fjorden.

Fordi data fra Akvaplan-nivas undersøkelse i 1995 ikke går dypere enn 27 m, og fordi det uheldigvis mangler temperatur- og saltdata fra dypvannet fra den sørlige delen av Langfjord i august 1999 pga. instrumentsvikt (se side 13), har vi ikke noe komplett bilde av forholdene i dypvannet på noen av måletidspunktene.

Hensikten med undersøkelsen var å gi et bidrag til å kartlegge virkningen av kloakkutslippet ved Sandnes. En slik en-dags undersøkelse er bare et øyeblikksbilde, og gir selvsagt ikke noe godt grunnlag for å vurdere forholdene generelt. Det er gjort et forsøk i denne rapporten på å vurdere om resultatene er rimelige i sammenheng med anslag om tilførsler generelt, og det er antydning hva resultatene indikerer dersom de skulle være noenlunde representative. Det siste er usikkert, fordi forholdene i en slik fjord kan variere sterkt over tid. Målingene ble gjort relativt snart etter en meget kraftig regnværperiode, hvor både vannmengder og konsentrasjoner i tilførslene kan ha vært annerledes enn vanlig. Det gjør at også de målte konsentrasjonene i øvre lag godt kan avvike fra det som er vanlig. Forholdene i dypvannet i fjorder med grunne terskler vil vanligvis også variere sterkt over tid.

For å vurdere betydningen av lokale tilførsler og spesielt omfanget av oksygenproblemer i fjorden nærmere, trenges derfor gjentatte observasjoner over et lengre tidsrom (noen år) av vannkvalitet og vannutskiftingsmønsteret i fjorden, og mer fullstendige data om tilførslene og deres variasjon i tid. Det er ønskelig å kartlegge variasjonene i vannmassene inne i Langfjorden nærmere med gjentatte målinger, gjerne månedlig, av sjiktning og vannkvalitet gjennom 1-2 år som grunnlag for en slik vurdering.

## 6. Litteratur

Bjerkeng, B. (1999): Vurdering av vannutskifting i Langfjorden ved Kirkenes - Betydning av tidligere avgangsdeponering i området. NIVA-rapport 4121-99, 102 sider.

Bratli, J.L., Holtan, H., Åstebøl, S.O. (1995): Miljømål for vannforekomstene. Tilførselsberegninger. SFT-veiledning 95:02. TA-nr. TA-1139/1995.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T. (1995): Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1994. NIVA-rapport O-90001, løpenr. 3361.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B. , Skei, J. og Sørensen, J. (1997): Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Utgiver: Statens Forurensningstilsyn, veiledning 97:03, ISBN 82-7655-367-2, TA-nr. TA-1467/1997.

NVE (1990): Vassdragsregisterets Kartbok Publikasjon nr. V24, Norges Vassdrags- og Energiverk.

Velvin, R. (1995): Resipientundersøkelse i Langfjord, Sør-Varanger kommune 1995. Akvaplan-niva rapport nr. 412.95.769, 63 sider.

## Vedlegg A. Vannprøver - prøvetakingsmetoder og analysemetoder

Det ble tatt prøver for analyse av følgende kjemiske komponenter:

Kolonne i tabell i vedlegg A.1	Beskrivelse	Labdatakode
O <sub>2</sub>	Oksygeninnhold	O2-Sj
Tot-P	Totalfosfor, ufiltrert vann	Tot-P/L
PO <sub>4</sub> -P	Ortofosfat i ufiltrert vann	PO4-P
Tot-N	Totalnitrogen i ufiltrert vann	Tot-N/L
NH <sub>4</sub> -N	Ammonium i ufiltrert vann	NH4-N, NH4N-Sj
NO <sub>3</sub> -N	Nitritt+nitrat i ufiltrert vann	NO3-N
PN	Nitrogen i partikulært stoff, filtrert med glassfiberfilter	TN/F, GFF
POC	Organisk karbon i partikulært stoff, filtrert med glassfiberfilter	TC/F, GFF

Alle prøvene ble konserverte i felt. De ble oppbevart ved ca. +5 til 10 °C i ett døgn, tatt med som reise gods på fly og deretter satt på kjølerom for senere analyse.

- Prøver for analyse av oksygen ble tappet på glassflaske med glasskork og konserverte, prøveflasken ble oppbevart og oppbevart i lukket vannfylt plastbeholder for Winkler-analyse.
- Prøver for totalfosfor og ortofosfat: 100 ml plastflaske, konserverte med 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Prøver for totalnitrogen og nitrat: 100 ml glassflaske, konserverte med 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Prøver for ammonium: 20 ml plastflaske, konserverte med 0.2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Prøver for analyse av partikulært organisk stoff ble tatt på 1/2-liters lystette plastflasker, og konserverte med 1 ml Hg-klorid.

Analysene ble gjort på NIVAs laboratorium, etter metoder beskrevet nedenfor.

NIVA-metode nr. <b>F 1-2</b>	Analysevariabel: <b>Oksygen</b>	Måleenhet: ml/l	Labdatakode: <b>O2-sj</b>
<b>Tittel:</b> Titrimetrisk bestemmelse av løst oksygen i sjøvann.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden kan anvendes til bestemmelse av innholdet av løst oksygen i sjøvann som ikke inneholder vesentlige mengder reduserende eller oksiderende stoffer. Nitritt (opp til 6 mg/l NO <sub>2</sub> -N) og jern(II) (opp til 1 mg/l) påvirker ikke resultatet, men hvis prøven inneholder andre reduserende stoffer, slik som lett oksiderbart organisk materiale eller sulfitt, bør man heller anvende potensiometrisk oksygenbestemmelse. Minste bestembare konsentrasjon er 0.1 ml/l O <sub>2</sub> .			
<b>Måleusikkerhet:</b> Ved 12 dobbeltbestemmelser av naturlige prøver ble middelverdien for differansen 0.006 ml/l, og standardavviket ble 0.038 ml/l. Dette gir et uttrykk for metodens repeterbarhet.			
<b>Referanser:</b> NS-ISO 5813. Bestemmelse av oppløst oksygen. Iodometrisk metode. 1. Utg. 1993.			

NIVA-metode nr. <b>D 2-1</b>	Analysevariabel: <b>Totalfosfor</b>	Måleenhet: $\mu\text{g/l P}$	Labdatakode: <b>Tot-P/L</b>
<b>Tittel:</b> Bestemmelse av totalfosfor i ferskvann og sjøvann med Skalar Autoanalysator etter oppslutning med peroksoedisulfat.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden gjelder for bestemmelse av totalfosfor i naturlig ferskvann og sjøvann med Skalar autoanalysator, og er ikke egnet for avløpsvann med høyt innhold av organisk materiale. Den maksimale fosforkonsentrasjon som bestemmes uten fortyning er 500 $\mu\text{g/l P}$ . Prøver med høyere innhold av fosfor må fortynnes. Nedre bestemmelsesgrense er 1 $\mu\text{g/l P}$ .			
<b>Målesikkerhet:</b> 44 målinger av en kaliumhydrogenfosfatløsning med konsentrasjon 4 $\mu\text{g/l}$ ga middelveidi 3,86 $\mu\text{g/l}$ og standardavvik 0,17 $\mu\text{g/l}$ . Tilsvarende for 40 målinger av 40 $\mu\text{g/l}$ ga 39,6 og 0,46 $\mu\text{g/l}$ , og 44 målinger av 400 $\mu\text{g/l}$ ga 401,4 og 3,2 $\mu\text{g/l}$ .			
<b>Referanser:</b> Norsk Standard, NS 4725. Bestemmelse av totalfosfor – Oppslutning med peroksoedisulfat. 3. Utg. 1984. Modifisert ved at bestemmelsestrinnet er automatisert.			

NIVA-metode nr. <b>D 1-1</b>	Analysevariabel: <b>Fosfat</b>	Måleenhet: $\mu\text{g/l P}$	Labdatakode: <b>PO4-P</b>
<b>Tittel:</b> Bestemmelse av fosfat med Skalar Autoanalysator.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden gjelder for bestemmelse av fosfat i naturlig ferskvann og sjøvann. Den maksimale fosforkonsentrasjon som kan bestemmes uten fortyning er 500 $\mu\text{g/l P}$ . Prøver med høyere innhold av fosfor må fortynnes. Nedre bestemmelsesgrense er 1 $\mu\text{g/l P}$ . Silisium og arsen kan interferere, men ved de betingelser som brukes her interfererer ikke 5 $\text{mg/l SiO}_2$ .			
<b>Målesikkerhet:</b> 43 målinger av en syntetisk fosfatløsning med konsentrasjon 4 $\mu\text{g/l}$ ga som middelveidi 4,03 $\mu\text{g/l}$ og standardavvik 0,14 $\mu\text{g/l}$ . Tilsvarende for 41 målinger av 40 $\mu\text{g/l}$ ga 40,0 og 0,41 $\mu\text{g/l}$ , og 42 målinger av 400 $\mu\text{g/l}$ ga 400,2 og 2,7 $\mu\text{g/l}$ .			
<b>Referanser:</b> Norsk Standard NS 4724. Bestemmelse av fosfat. 2. Utg. 1984. Modifisert ved at metoden er automatisert.			

NIVA-metode nr. <b>D 6-1</b>	Analysevariabel: <b>Totalnitrogen</b>	Måleenhet: $\mu\text{g/l N}$	Labdatakode: <b>Tot-N/L</b>
<b>Tittel:</b> Bestemmelse av nitrogen i ferskvann og sjøvann etter oppslutning med peroksoedisulfat, sluttbestemmelse med Skalar Autoanalysator.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden gjelder for bestemmelse av "totalnitrogen" i ferskvann og sjøvann etter oppslutning med peroksoedisulfat. Metoden er tilpasset syrekonserverte prøver. Den maksimale nitrogenkonsentrasjon som kan bestemmes uten fortyning av prøven er 1500 $\mu\text{g/l}$ , og nedre bestemmelsesgrense settes da til 10 $\mu\text{g/l}$ . Prøvene fortynnes maksimalt 1:4. Prøver med høyere nitrogeninnhold sendes til bestemmelse av TOT-N/H.			
<b>Målesikkerhet:</b> 45 målinger av en kaliumnitratløsning med konsentrasjon 400 $\mu\text{g/l}$ ga middelveidi 405 $\mu\text{g/l}$ og standardavviket 7,9 $\mu\text{g/l}$ . 45 målinger av en EDTA-løsning med 400 $\mu\text{g/l N}$ ga tilsvarende 405 og 7,2 $\mu\text{g/l}$ .			
<b>Referanser:</b> Norsk Standard, NS 4743. Vannundersøkelse – Bestemmelse av nitrogen etter oksidasjon med peroksoedisulfat.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>D 5-1</b>	<b>Ammonium-nitrogen</b>	µg/l	<b>NH4-N, NH4-N-Sj</b>
<b>Tittel:</b> Bestemmelse av ammonium-nitrogen med Technicon Autoanalytator.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Denne metoden gjelder for bestemmelse av ammonium-nitrogen i ferskvann og sjøvann. Minste bestembare konsentrasjon er 5 µg/l . Høyeste konsentrasjon for direkte bestemmelse er 500 µg/li ferskvann og 250 µg/l for sjøvann. Ved å bruke en 1:10 fortykning kan man analysere opp til 5000 µg/l. Prøver med høyere ammoniuminnhold, forurensede prøver og sulfidholdig sjøvann analyseres med ammonium elektrode.			
<b>Måleusikkerhet:</b> 43 målinger av en ammoniumsulfatløsning med konsentrasjon 200 µg/l N i ferskvann ga middelværdi 199,8 µg/l og standardavvik 1,9 µg/l. Tilsvarende for en 200 µg/l løsning i sjøvann ga 42 målinger 201,0 og 5,0 µg/l N.			
<b>Referanser:</b> Norsk Standard, NS 4746. Vannundersøkelse. Bestemmelse av ammonium-nitrogen. 1. utg.1975. Modifisert ved automatisering av bestemmelsen.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>D 3</b>	<b>Nitrat + nitritt-nitrogen</b>	µg/l N	<b>NO3-N</b>
<b>Tittel:</b> Bestemmelse av nitritt + nitrat med Skalar Autoanalytator i ferskvann, sjøvann og rensset avløpsvann.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden gjelder for bestemmelse av summen av nitrat- og nitritt-nitrogen i naturlig fersk-vann og sjøvann, samt i rensset avløpsvann. Metoden er ikke egnet for direkte bestemmelse i avløpsvann med høyt innhold av metaller eller organisk materiale. Avløpsvann som inneholder partikulært materiale må filtreres før analyse. Metoden er tilpasset syrekonser-verte prøver. Den maksimale nitrogenkonsentrasjon som kan bestemmes uten fortykning av prøven er 1200 µg/l, og nedre bestemmelsesgrense er 1 µg/l.			
<b>Måleusikkerhet:</b> Området 1 – 150 µg/l: 44 målinger av en kaliumnitratløsning 5 µg/l N ga middelværdien 5,6 µg/l og standardavviket 1,0 µg/l. 43 målinger av 50µg/l ga tilsvarende 49,7 og 1,3 µg/l. For området 5 – 1200 µg/l: 45 målinger av 5 µg/l ga 4,8 og 1,1 µg/l, 43 målinger av 50 µg/l ga 49,2 og 1,7 µg/l, og 42 målinger av 1000 µg/l ga 1013 og 16 µg/l.			
<b>Referanser:</b> Norsk Standard, NS 4745. Bestemmelse av summen av nitritt- og nitratnitrogen. 2. Utg, 1991. Modifisert ved automatisering av bestemmelsen.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>G 6</b>	<b>Totalt karbon og nitrogen</b>	mg/l	<b>TC/F, TN/F</b>
<b>Tittel:</b> Bestemmelse av karbon og nitrogen i fast stoff med Carlo Erba elementanalytator.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden gjelder for bestemmelse av nitrogen og karbon i tørt stoff og i ikke-flyktige, tungt-flytende væsker, samt frafiltrert materiale på glassfiberfiltre. Konsentrasjonsområdet for bestemmelsen er 0.1 % - 100 %. Tørkede prøver må kunne homogeniseres til pulverform da uttaket pr. prøve er fra 0.5 mg til 10 mg. Deteksjonsgrenser : 0.1% nitrogen - 1.0 µg/mg N,0.1% karbon - 1.0 µg/mg C.			
<b>Måleusikkerhet:</b> 84 målinger av sulfanilamid med teoretisk verdi 41.84 % C ga middelværdi 41.66 % og standardavvik 0.22 % C. For nitrogen er teoretisk verdi 16.27 %, og 84 målinger ga her 16.37 og 0.36 % N.			
<b>Referanser:</b> CARLO ERBA STRUMENTAZIONE, ELEMENTAL ANALYZER 1106. Instruction manual. APPLICATION LAB REPORTS, Elemental analysis lab, Carlo Erba. January 1987.			

## Vedlegg B. Detaljert oversikt over måleprogrammet i august 1999

### B.1. Måleprogram 27. august - profiler av salt, temperatur, oksygen og strøm, siktedyp og vannprøver.

Alle dyp i denne tabellen refererer seg til vannflaten ved måletidspunkt.

Tid (UTC):		Vannstand på målepunkt		Beskrivelse	Bunn (m) ekko-lodd	Sikte-dyp (m)	UCM		Vann-prøve måle-punkt	
Start	Stopp:	fase	(m)				Punkt	Dyp		Punkt
7:55	9:20	synkende	2.30	I indre del av Langfjorden, ca. sør for Sandnes, omtrent over største bunndyp i det indre bassenget. Overflateprøve for TOC-analyse. Vannprøver for næringsalter fra 1, 5, 10,25 og 55 m dyp, fra siste dyp også for oksygenanalyse. Vannhenteren gikk i bunn på 58 m dyp (Ifølge meterhjul på vinsjen), ble heist opp 3 m før utløsning. Vannprøven hadde svak H2S-lukt.	65-60	2.5			ikke reg.	H1
10:30	11:02		2.20	Ved utløpet av Sandneselva. Vannprøver fra overflaten (0m). Vind fra nord, 3-5 m/s		3			ikke reg.	H2
10:55	11:02		2.21	UCM-profil ved H2	6		U16	5.7		
11:23	11:29		2.18	UCM-profil midt i brotverrsnittet ved Sandnes. Ekkolodd viste 8 m dyp ca. 20 m lenger nord	10		U17	8.4		
11:45	11:49		2.17	Posisjon litt nord for kloakkutslipp ved Sandnes. Vannprøver fra 1, 5 og 10 m. UCM-profil	14		U18	12		H3
12:30	13:00			Vannprøver fra 1, 5 og 10 m		3				H4
13:07	13:10	lavvann	2.11	UCM-profil ved H4			U19	13		
13:20	14:00			Vannprøver for næringsalter og total N og P fra 1,5 og 10 m. Vind nordlig, 5 m/s						H5
14:30	15:10	stigende	2.15	Vannprøver fra 1,5,10 og 25 m for næringsalter og total N og P. Bunnprøve hentet fra 60 m med grabb	65-60				ikke reg.	H6

## B.2. Hydrokjemi - analyseresultater for vannprøver

Stasjon (UCM- profil)	Dyp(m) fra over- flaten	Sal.	Temp °C	O <sub>2</sub> (ml/l)	Tot-P (µg/l P)	PO4-P (µg/l P)	Tot-N (µg/l N)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l N)	NO <sub>3</sub> -N (µg/l N)	Org-N <sup>‡</sup> (µg/l N)	Partikulært stoff		
											tot-N (µg/l N)	TOC (µg/l C)	C:N mol:mol
H1	0.2										51.4	344	7.8
	1				9	<1	300	<5	64	231			
	5				8	4	165	33	12	120			
	10				5	2	149	<5	56				
	25				30	27	245	<5	180				
	55				0.1	311	313	123	43	2	78		
H2 (U16)	0.2	1.1	10.44		<1	<1	123		17				
H3 (U18)	0.4	3.5	10.6										
	1	4.20	10.50			2	260	10	62				
	5	14.38	10.47			5	170	30	25				
	10	17.34	10.10			5	168	27	18				
H4 (U19)	0.3	4.2	10.76										
	1	4.25	10.70			1	280	<5	68				
	5	14.58	10.47			5	175	32	27				
	10	17.86	10.18			8	195	38	20				
H5	1					<1	260	<5	60				
	5					5	195	27	31				
	10					7	170	19	27				
H6 (C5 <sup>*</sup> )	0.37	(6.1)	(10.4)										
	1	(7.2)	(10.3)			10	245	8	47	190			
	5	(15.4)	(10.5)			10	185	27	27	131			
	10	(18)	(10.7)			10	175	33	20	122			
	25	(30.9)	(1.5)			34	260	<5	185	70			
	60	(31.81)	(0.744)		5.02								
H7 <sup>§</sup>	0.2										22	219	11.6
	1					7	165	7	12	146			
	5	30.884				9	108	13	8	87			
	10					9	108	5	4	99			
	25	33.296				10	99	19	8	72			

<sup>‡</sup> Org-N beregnet som [Tot-N] - [NH<sub>4</sub>-N] - [NO<sub>3</sub>-N]

\*: Saltholdighet , temp. og oksygen fra 26. august

§: Saltholdighet ved titrering av vannprøve

## Vedlegg C. Sjiktning og oksygen målt med Seacat SBE 19 CTD

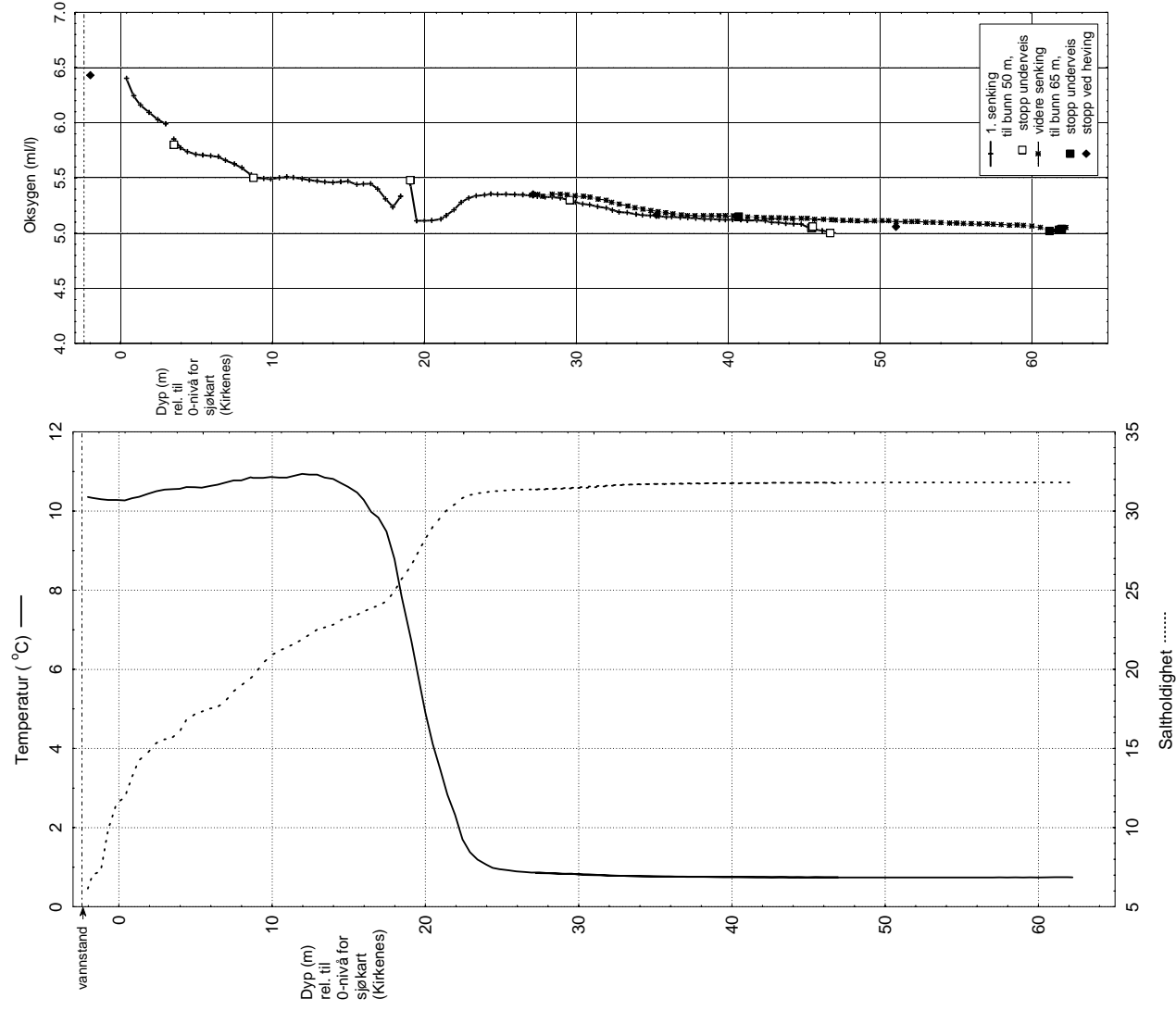
Figuren på neste side viser resultatet av sjiktning og oksygen med CTD-sonde i *Gukkesvuodna* 26.august etter bearbeiding som beskrevet i Bjerkeng(1999). Måleposisjon (C5) er vist i Figur 2, og sammenhengen med andre observasjoner er vist i tabellen i vedlegg B.1.

Figuren til venstre viser temperatur mot øvre akse, og saltholdighet mot nedre akse. Tetthet vil i all hovedsak variere lineært med saltholdighet, og er ikke vist spesielt. CTD-profiler ser ut til å ha en praktisk nøyaktighet på ca.  $\pm 0.1$  i saltholdighet, og  $\pm 0.01$  i temperatur ved gjentatt profil på samme sted innenfor noen få minutter (sammenligning av gjentatt kjøring over samme dypintervall, se Bjerkeng (1999)). Dette inkluderer da også reelle endringer i dypprofilene pga. at vannmassene strømmer forbi måleprofilen, og variasjoner med tilfeldig preg knyttet til f.eks. hvirvler (turbulens) i vannet.

Figuren til høyre viser målte oksygenkonsentrasjoner med oksygensonden, korrigert som beskrevet i Bjerkeng (1999). Beregnede utflatingsnivåer for langtidsmålinger av oksygen med stillestående sonde er vist som punkter, mens kurvesegmentene viser korrigert oksygenprofil fra senking av sonden. Ut fra sammenligning med mer nøyaktige analyser, og en vurdering av oksygenkonsentrasjoner i overflaten i forhold til metningskonsentrasjoner ble det estimert at sonden viste 1.6 ml/l for lave verdier, og det er korrigerte verdier som er vist i figuren (se Bjerkeng 1999). Oksygenmålingene med sonde er ikke presisjonsmålinger. Selv med korreksjon bør en ikke stole på at verdiene har bedre nøyaktighet enn ca. 0.5-1 ml/l, men forskjell mellom ulike dyp og ulike profiler vil antagelig være noe mer nøyaktige enn absoluttverdiene.

Dybdeaksene refererer til sjøkart-nullnivå for Varangerfjorden. Vannstanden ved måletidspunktet er angitt ved en stiplet horisontal linje i figurene. Ved sammenligning med vann-analysene, hvor dypet er angitt fra overflaten, må det korrigeres for dette.





**Figur 9.** CTD-profil C5 i midtre basseng i Langfjorden, innenfor Strømmen bru, 26. august kl. 17:30-18:00.

## Vedlegg D. UCM-40 sjiktungs- og strømprofiler

Etterfølgende figurer viser resultatet av strøm og sjiktning med UCM etter bearbeiding som beskrevet i Bjerkeng (1999). Måleposisjoner (U16-U19) er vist i Figur 2, og sammenhengen med andre observasjoner er vist i tabellen i vedlegg B.1. Tabell 5 oppsummerer nøkkelinformasjon om UCM-profilene.

**Tabell 5.** Liste over UCM-profiler i indre deler av Langfjorden 27. august 1999, med dyp-forhold og hovedstrømretning. Maksimaldyp i forhold til sjøkartnull ved Kirkenes finnes ved å subtrahere vannstand lest ut av vannstandskurvene.

Profil	Kl. (UTC)	Sted	Vannstand ved angitt målepunkt (m)		Maks. dyp (m)	Hovedstrømretning (grader)
U16	10:55	Ved utløpet av Sandneselva (H2)	2.21	STD1	5.7	60
U17	11:23	Midt i brotverrsnittet ved Sandnes	2.18	STD1	8.4	360
U18	11:45	Ca. 75 nord for kloakkutslipp ved Sandnes	2.17	STD1	12	360
U19	13:07	Ca. 300 m nord for kloakkutslipp	2.11	STD1	13	310

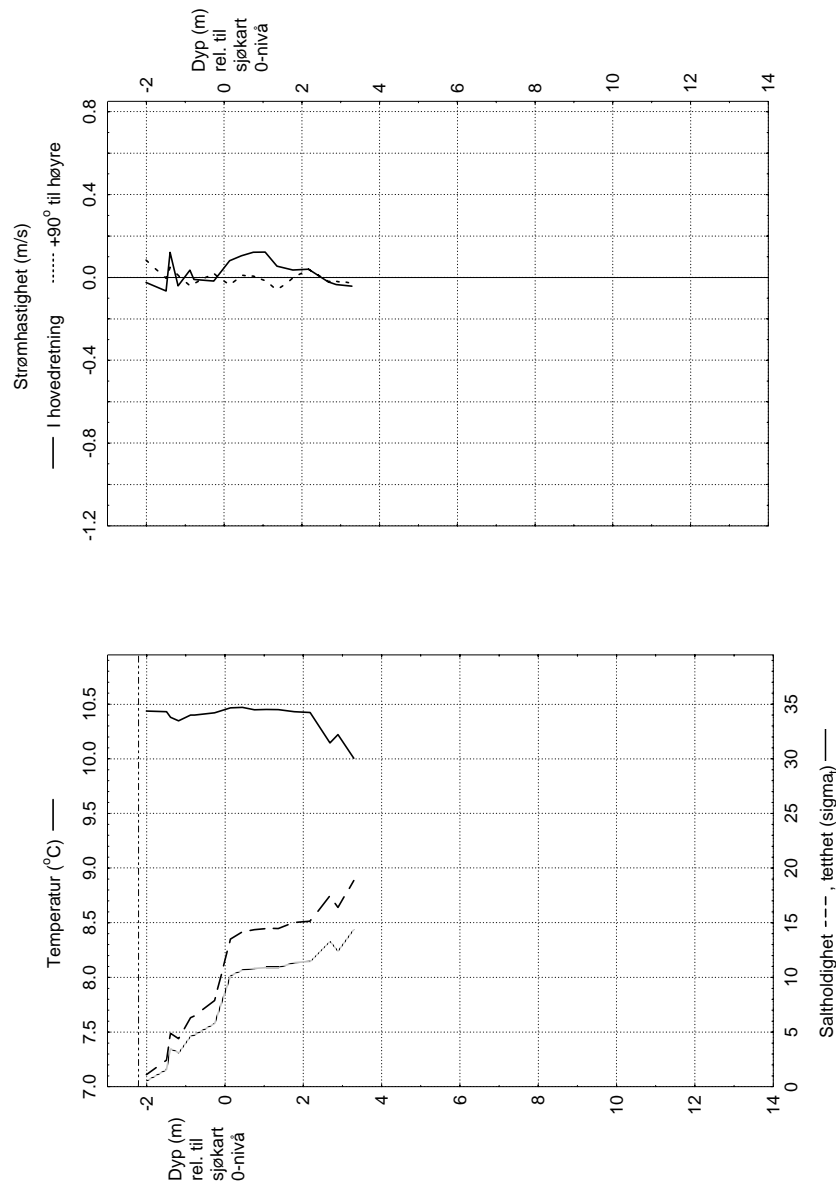
Figurene på venstre side viser sjiktning (temperatur, saltholdighet og tetthet som  $\sigma_t$ ). Figurer til høyre viser strømhastigheten dekomponert i en hovedretning for den aktuelle profilen (angitt i tabellen og i teksten under hver figur) og i en retning  $90^\circ$  til høyre for hovedretningen.

Hovedretningen er valgt ut fra vektet fordeling av strømhastighet, med et visst hensyn til naturlig lengderetning i de forskjellige fjordavsnittene.

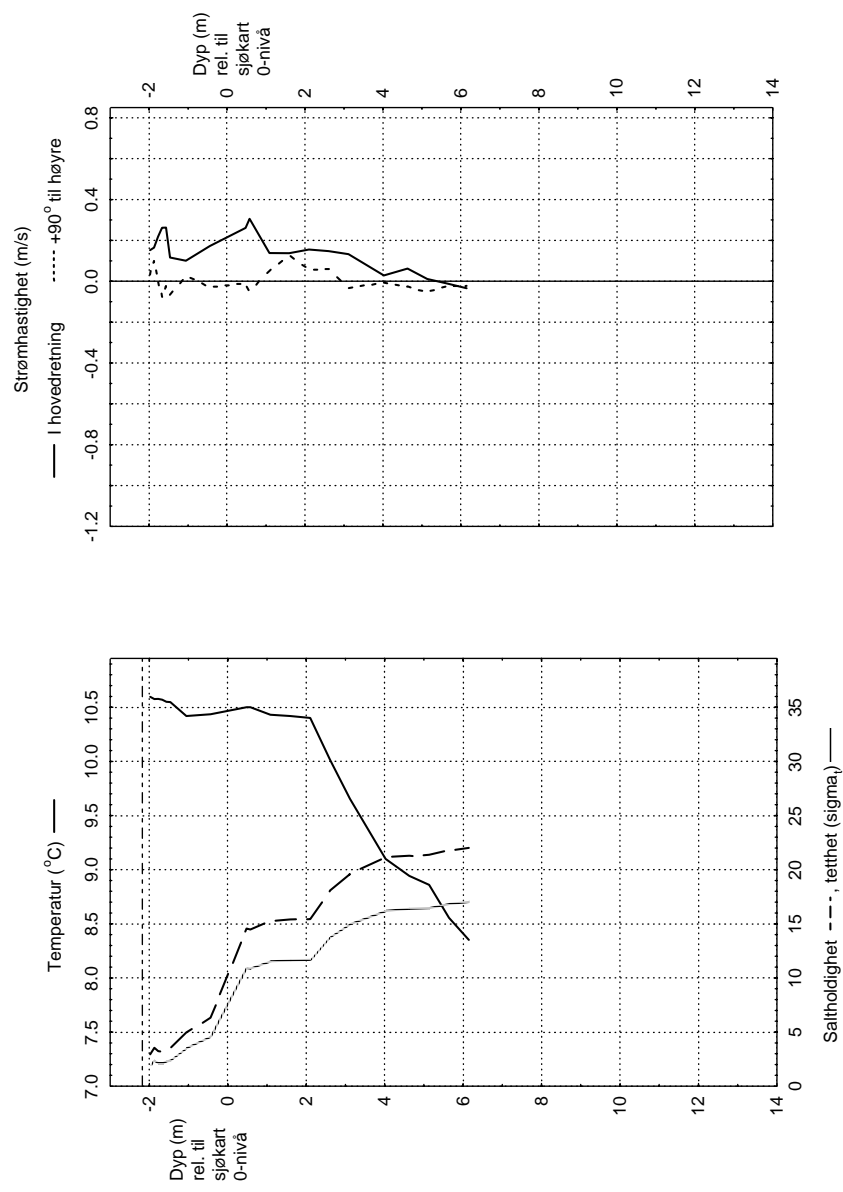
Hovedretningen er alltid valgt utover i fjorden, også for de profiler hvor dominerende strømretning går innover. For disse profilene vil da strømhastigheten være negativ i hovedretning.

Variasjon i strømretning er vist ved hjelp av strømkomponenten  $90^\circ$  til høyre for hovedretningen. På dyp hvor de to komponentene har samme fortegn vil strømretningen være dreid mot høyre i forhold til hovedkomponenten, enten den har positivt eller negativt fortegn. Hvis de to komponentene har motsatt fortegn, vil strømmen være dreid mot venstre i forhold til hovedkomponenten.

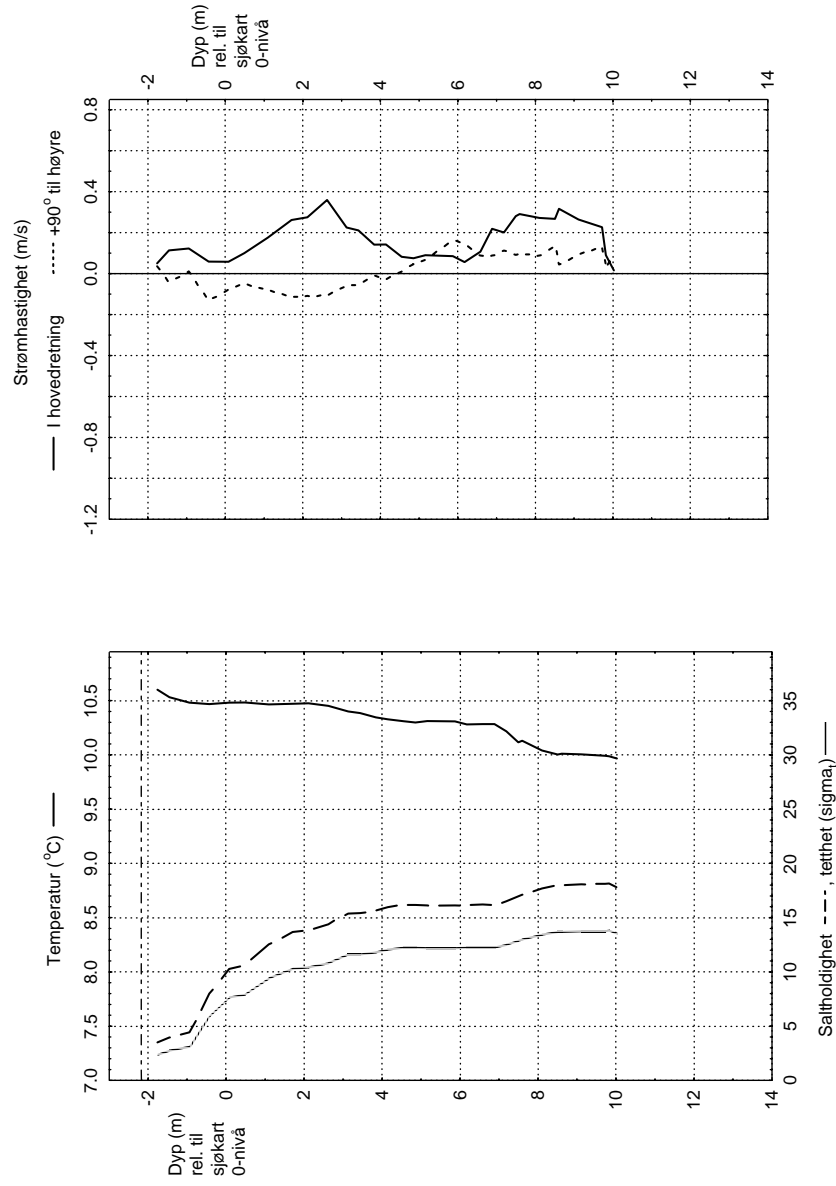
Strømprofilene er resultat av bearbeiding som beskrevet i Bjerkeng(1999). Hvert punkt i profilene representerer middelveier av målinger som varierer ganske mye over kort tid og profilene må tolkes ut fra at målefeilen kan være fra ca. 3 cm/s opp til 10 cm/s for enkelte punkter.



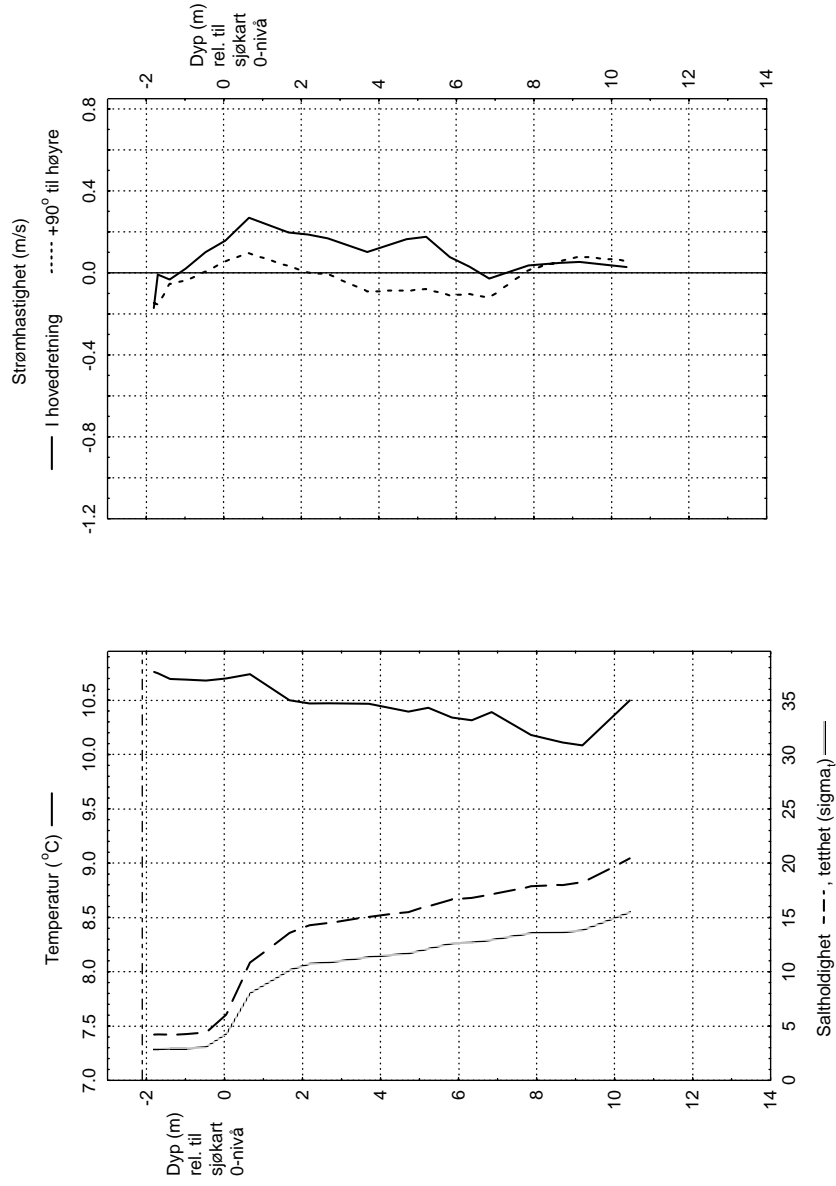
Profil U16. Ved utløpet av Sandneselva (H2) 27. aug. kl.10:55. Hovedretning 60°



Profil U17. Midt i broverrsnittet ved Sandnes. 27. aug. kl.11:23. Hovedretning 360°



Profil U18. Ca. 75 nord for kloakkutlipp ved Sandnes (H3) 27. aug. kl.11:45. Hovedretning 360 °



Profil U19. Ca. 300 m nord for kloakkutlipp (H4) 27. aug. kl.13:07. Hovedretning 310 °