

# Kartlegging av fluor i sjøen ved REC Scancell Narvik sitt avløp



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**



Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel  Kartlegging av fluor i sjøen ved REC Scancell Narvik sitt avløp	Løpenr. (for bestilling) <b>5683-2008</b>	Dato November 2008
	Prosjektnr. Undernr. 28356	Sider Pris 35
Forfatter Lars G. Golmen Fredrik Larsen (REC-Scancell)	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Nordnorge	Trykt CopyCat AS

Oppdragsgjevar REC Scancell AS, 8512 Narvik	Oppdragsreferanse Fr. Larsen
--	---------------------------------


**Samandrag** REC Scancell Narvik sitt avløp til sjø går ut på 40-50 m djup i Taraldsvika, saman med kommunalt overflate/drensvatn. I oktober 2008 utførte NIVA ein kartlegging og vurdering av dette utsleppet, som inkluderte sporstoff-forsøk, prøvetaking for fluor i råvatn og sjø, vertikalprofilering ved utsleppspunktet, modellsimulering og faglig analyse. Utsleppet kom til overflata under feltarbeidet og var tydeleg synleg. Analyseresultata viser at råvass-konsentrasjonen låg innafør konsesjonsgrensa på 780 mg/l fluor. Utsleppet gir kun svak/moderat overkonsentrasjon av fluor i sjøen, med høgste målte fluorverdi nær overflata på 1.5 mg/l, samsvarande med SFT tilstandsklasse "Moderat forureina". Bakgrunnsverdiane låg på 0.8 – 0.9 mg/l fluor. Det er konkludert med at utsleppet i dag neppe inneber negativ påverknad av marint miljø av betydning når det gjeld fluor. Det bør imidlertid vurderast tiltak for å redusere sannsynlegvis hyppig forekomande gjennomslag til overflata, enten ved å forlengje leidningen til større djup og/eller å justere utpumpingsraten frå REC.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. REC-Scancell	1. REC-Scancell
2. Narvik	2. Narvik
3. Utslepp til sjø	3. Marine outfall
4. Fluorid	4. Fluoride

Lars G. Golmen  
Prosjektleder

Dominique Durand  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag-og marknadssjef

**Kartlegging av fluor i sjøen**

**ved**

**REC Scancell Narvik**

**sitt avløp**

# Forord

REC Scancell i Narvik utvida produksjonen i 2007 og fikk i den anledning krav frå SFT om å dokumentere aktuelle konsentrasjonar av fluor ved utløpet i fjorden.

Norsk institutt for vannforskning, NIVA, blei kontakta av bedrifta i august 2008 for tilbud om å utføre målingar og prøvetaking, og prosjektet kom i gang i september 2008, etter dialog om omfang og tidsplan m.m.

Hos REC Scancell var Fredrik Larsen kontaktperson. Han bidrog også i feltarbeidet og til rapporten på det som går på vassmengder og avlaupssystemet hos bedrifta (Kapittel 2). Alle analyser, vurderingar og konklusjonar står for NIVAs rekning åleine.

Jan Åke Mangersnes hos REC Scancell bistod med båt til målingane ute på fjorden 7. og 8. oktober.

Hos NIVA var oseanograf Lars G. Golmen prosjektleiar. Han utførte også arbeidet i felt, og analyser og rapportering.

Kjemiske analyser blei utført på NIVAs laboratorium i Oslo.

Takk til alle involverte.

Bergen/Oslo, 30. november 2008

*Lars G. Golmen*

---

# Innhald

<b>Samandrag</b>	<b>6</b>
<b>1. Innleiing</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn og formål med prosjektet	7
1.2 Om REC Scancell Narvik	8
1.3 Omtale av området	8
<b>2. Avløpsarrangementet</b>	<b>11</b>
2.1 Væskestrøm	12
2.1.1 SNC 1	12
2.1.2 SNC 2	12
2.2 Fluoridkonsentrasjon i avløpet	14
2.2.1 SFT sine tilstandklasser	15
<b>3. Feltarbeid og prøvetaking</b>	<b>16</b>
3.1 Dosering av sporstoff 7. oktober	16
3.1.1 Sporstoffet	17
3.1.2 Kalibrering	17
3.2 Fotografi av utsløppsvatnet i sjøen	18
3.3 Målingar i sjøen	19
3.4 Prøvetaking i sjø	20
3.5 Flo/fjøre	20
<b>4. Resultat - måling og prøvetaking</b>	<b>21</b>
4.1 Hydrografi/sjiktning i sjøen	21
4.2 Sporstoff	22
4.3 Resultat av prøvetaking i sjø	24
<b>5. Teori/modellering</b>	<b>25</b>
5.1 Scenarier for utslippet	25
5.1.1 Utsleppsfluks	25
5.2 JETMIX modellen	26
5.2.1 Resultat for JETMIX	26
5.3 Modellen CORMIX	27
5.3.1 Resultat for CORMIX	28
<b>6. Oppsummering</b>	<b>29</b>
6.1 Tilrådingar	29

---

<b>7. Litteratur</b>	<b>30</b>
<b>Vedlegg A. Måleprinsipp for sporstoff</b>	<b>31</b>
<b>Vedlegg B. Resultat for CORMIX</b>	<b>32</b>
<b>Vedlegg C. Analyseresultata for fluor</b>	<b>35</b>

## Samandrag

Prosjektet er gjennomført i oktober-november 2008 av Norsk institutt for vannforskning, NIVA, på oppdrag frå REC-Scancell AS i Narvik. Bakgrunnen for prosjektet er REC sitt utslipp av fluorholdig avløpsvatn til sjø, som skriv seg frå etsing av silisiumbrikker (solceller) med flussyre.

Prosjektet har bestått av feltarbeid med prøvetaking og måling i sjøen i Taraldsvika ved Narvik, laboratorie-analyser av prøvene, teoretisk modellering av utslippet og fagleg analyse og vurdering. Denne fleirfaglege tilnærminga ga auka sjans for å avklare spørsmåla om utslippet innafør den knappe tidsfristen.

I feltprogrammet inngjekk eit forsøk med dosering av sporstoff i avløpet med påfølgjande deteksjon ute i sjøen med ein dedikert sensor for å kunne påvise utslippspunktet og utslippsvatnet. Det synta seg at utslippet ga gjennomslag til overflata og var lett synleg der, noko som ser ut til å hende ofte, i alle fall under forhold med moderat eller svak sjikting i sjøen.

Feltprogrammet for øvrig bestod av verikalprofilering for hydrografi, turbiditet og sporstoff (19 stasjonar i alt), og prøvetaking av sjøvatn i ulike djup og posisjonar, med i alt 42 prøver. I tillegg blei det tatt prøver av råvatnet for kjemisk analyse.

Sporstoff-målingane dokumenterte at utslippet nådde opp mot overflata like over utslippspunktet, og at det var påverka ned mot 20 m djup. Det farga utslippet var også godt synleg.

Analysene av råvatnet ga verdiar på 750-770 mg/l fluor, som er under den gjeldande konsesjonsgrensa fastsatt av SFT.

Vassprøvene frå sjøen ga høgast utslag ved utslippspunktet, med inntil 1.5 mg/l nær overflata. Dette motsvarar SFT tilstandsklasse 2, "Moderat forureina".

Bakgrunnsverdiane i sjøen ellers låg mellom 0.8 og 0.9 mg/l, motsvarande SFT tilstandsklasse 1, "Ubetydeleg forureina".

Modellsimuleringane av utslippet for ulike scenarier synta grunn innlagring eller gjennomslag for fleire tilfelle, slik det i realiteten skjer.

Resultata av simuleringane slik vi tolkar dei, tyder på at utslippspunktet ligg på 40 m og ikkje på 50 m djup, som opplyst frå REC.

Resultata indikerer at det er liten risiko for negativ påverknad på pelagiske eller botnlevande organismar som følge av utslippet av fluor.

Utslippet gir imidlertid hyppig overflatepåverknad, noko som vanligvis er rekna som miljømessig og visuelt sett ugunstig. Modellsimuleringar for ein full års-syklus, eller for eksempel daglege visuelle observasjonar, vil kunne dokumentere/kvantifisere det faktiske omfanget av dette.

Forlenging av leidningen bør vurderast som eit tiltak for å redusere omfanget av gjennomslag. Ein justering av pumperaten hos REC vil også muligens kunne bidra til å redusere omfanget av dette.

# 1. Innleiing

## 1.1 Bakgrunn og formål med prosjektet

REC-Scancell i Narvik (**Figur 1** viser lokalisering) utvida produksjonen i 2007 og har i konsensjonsvilkåra frå SFT fått pålegg/krav om å dokumentere dagens konsentrasjon av fluor i sjøen ved utsløppspunktet. Scancell nyttar flussyre (HF) i prosessen med overflateetsing av silisiumbrikker med inntil 400 tonn fluor pr år.

Gjennomsnittleg konsentrasjon av fluor i spillvatnet frå bedrifta skal ligge under 780 mg/l, midla over 7 dgr. Dette går til sjø på 40-50 m djup i fjorden nord for bedrifta (gjennom kommunal overvassleidning).

Fluorkonsentrasjonen i normalt sjøvatn ligg rundt 1-1.5 mg/l. For menneske er fluor eit vitalt sporstoff for beinbygging, tenner m.m., mens høge konsentrasjonar i mat/drikke er skadelig. Grenseverdi for grunnvatn (drikkevatt) er på 1 500 mg/l, altså høgre enn forventa konsentrasjon i utløpet hos ScanCell. Vasslevande organismar kan truleg respondere negativt sjølv på låge fluorkonsentrasjonar (avhengig av organisme, eksponeringstid, miljø og kva type molekyl/salt som er til stades).

SFT har primært stilt krav om måling av fluoridkonsentrasjonen i fjorden (Ofotfjorden/ Herjangsfjorden; nærområdet) for å finne høgste konsentrasjonar og også finne korleis fluor blir spreidd i fjorden.



**Figur 1.** Kart over nordre deler av Narvik by, med REC Scancell sin fabrikk avmerka.

Gjennom forhandlingar i august 2008 mellom REC-Scancell og NIVA vart det definert eit prosjekt med formål å søke påvise/måle fluor i sjøen ved utsløppspunktet og utover i fjorden.

Forholda både for sjølve utsløppet og for strøm og sjikting i fjorden varierer tidsmessig. Det ligg dermed ei betydeleg utfordring i å kunne spore utsløppsskya og samtidig få tatt prøver i denne. Eit alternativ er å ta masse prøver etter eit gitt mønster, og håpe på at nokre av desse gir utslag, som uansett neppe vil representere max konsentrasjon. Sidan prosjektet var tidsavgrensa til ein feltperiode, vart det lagt opp til å supplere prøvetakinga med andre taktiske målingar, samt med teoretiske vurderingar m.m.

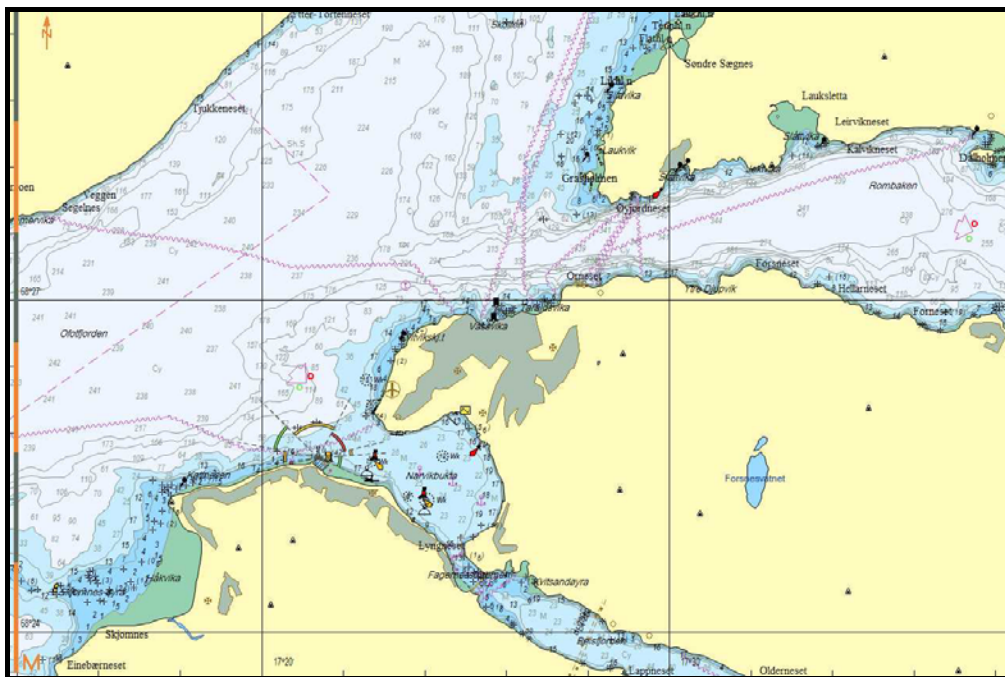


Prosjektet kom i gang i september 2008. Den feltmessige delen blei avslutta 8. oktober, og deretter følgde analyser, modellering/teori og avsluttande vurderingar.

## 1.2 Om REC Scancell Narvik

Solcellefabrikken REC Scancell AS i Narvik er del av Renewable Energy Corporation, REC AS. Fabrikken klargjer silisiumbrikker (wafers) for el-produksjon for vidareending, klare til montering i racks for markedet. Sjølve prosessen inneber bl.a. kjemisk og termisk behandling av brikkene. I prosessen blir det brukt kjemikaliar. Flussyre er eit av desse, som regarerer med mineralar etc på brikkene ved overflateetsing og dannar ymse fluoridsalt som går til avløp som ”fluor”.

## 1.3 Omtale av området



**Figur 2.** Kart over Narvik og deler av Ofotfjorden.

REC sitt fabrikkanlegg ligg i Taraldsvika på nordsida av byen, mot den breie og åpne Ofotfjorden (**Figur 2**). Avløpet går ut frå land gjennom munninga av ein bekk/elv (Taraldsvikelva), over eit grunt sjøområde ca 100 m ut, og så nedover slakt skråande botn ned til 40-50 m djup.

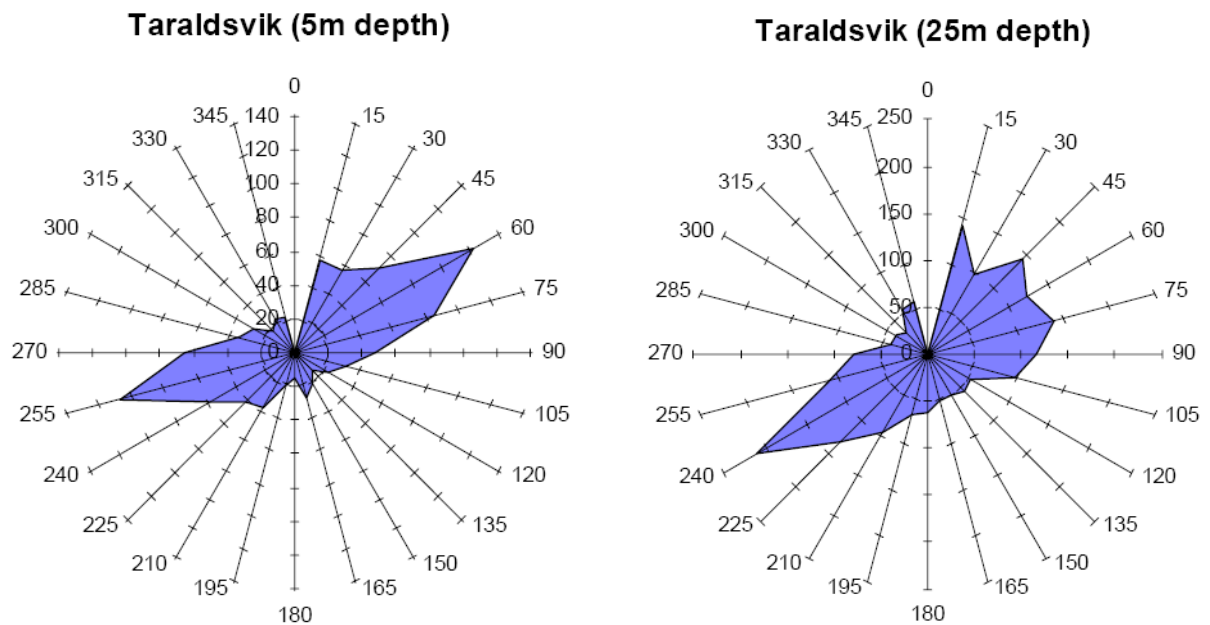
Foreliggende studie har ikkje innbefatta strømmåling eller vidløftig resipientanalyse. Akvaplan-niva gjorde undersøkingar i sjøområda ved Narvik i 1997 (Velvin 1997), i 1999 (Ringstad-Olsen 1999) og i 2005 (Velvin m. fl. 2006). Førstnemnde studie gjalt det kommunale avløpet frå Taraldsbø renseanlegg.

Resultat frå strømmålingar i det nå aktuelle sjøområdet utført i 1997 viste at strømmen synest gå vekselvis i retning SW og NE, i både 5 m og 25 m djup, med om lag like stort transportbidrag i begge retningar (**Figur 3**). Dette skuldast effekten av det vekslande halvdaglige tidvatnet. På fallande sjø var det tydelig ut-(vest) gåande strøm ned til 10 m djup. På fløande sjø var det ut frå land typisk austgåande strøm, men tendens til ei slags bakevje med vestgåande strøm nærare land. Det vart ikkje registrert transport inn mot gruntområda i Ornesvika (badeplassen), men delvis inn mot land lenger vest (Vassvika).

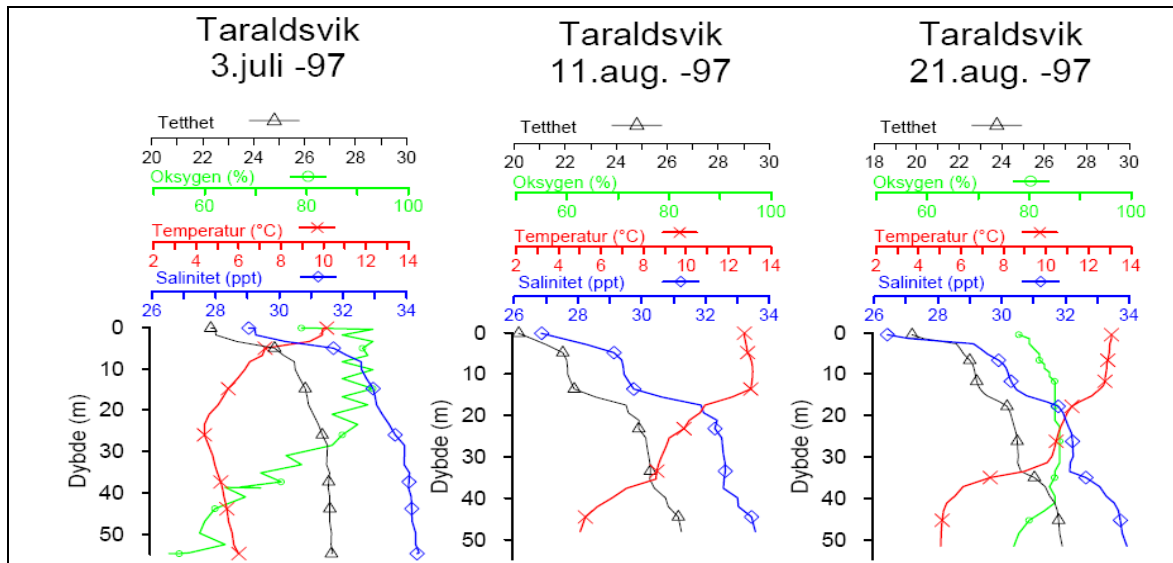
Strømstyrken i dei to måledjupa 5 m og 25 m varierte mellom null og 8-9 cm/s, m.a.o. relativt svak strøm i begge djup (måleperioden var 21. august- 21. september 1997). Resipienten blei karakterisert som relativt strømsvak.

Akvaplan-niva målte også hydrografi i juli-august 1997 (**Figur 4**). Studien den gang tilrådte for øvrig at det kommunale avløpet blei plassert på 50 m djup, for å unngå overflatepåverknad.

Oppfølgjande gransking for det kommunale avløpet i Taraldsvika vart utført av Akvaplan-niva i 2005 (Velvin m. fl. 2006). Det bli registrert høge bakterie(-TKB) konsentrasjonar i overflatelaget i Taraldsvika, tilsvarande klasse V, ”Markert høyt” i SFTs klassifisering. Tilhøva ellers m.h.t. næringssalt m.m. var tilfredsstillande. Modellsimulering av avløpsvatnet ga innlagring rundt 20 m djup om sommaren og gjennomslag til overflata om vinteren (februar situasjon). Sedimentprøven frå Taraldsvika lukta H<sub>2</sub>S, og botndyrssamfunnet var domiert av av forureiningstolerant børstemark. Tilstanden for sediment/botndyr generelt vart klassifisert som ”God”.



**Figur 3.** Resultat (strømroser) for strømmålingar i 5 m og 25 m djup i august-september 1997 i området litt nordaust for REC sitt utsleppspunkt. Frå Velvin (1997).



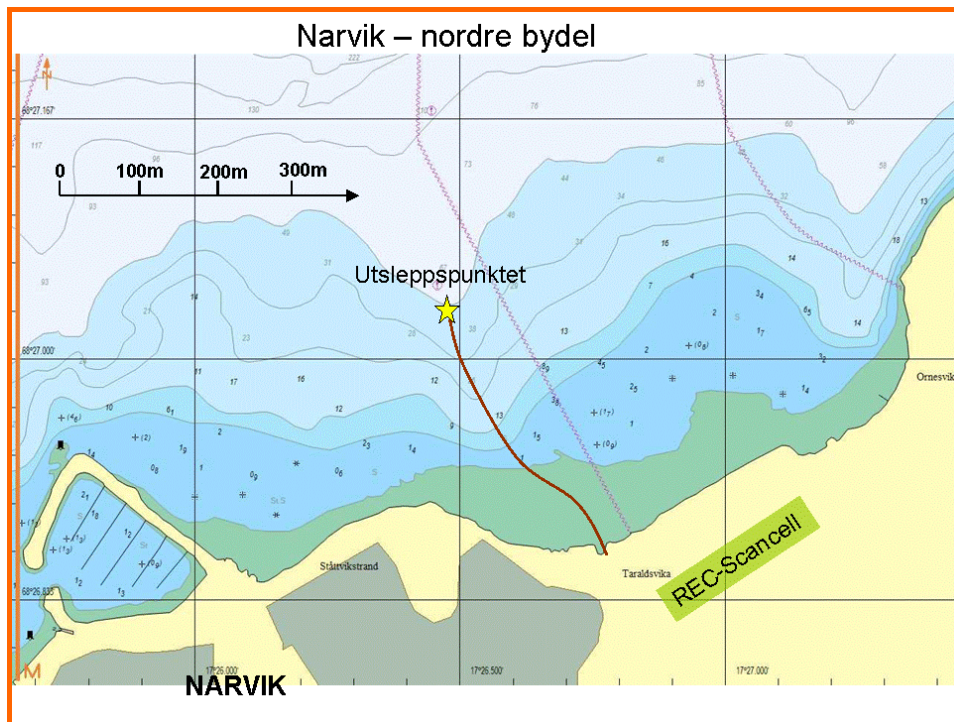
**Figur 4.** Hydrografimålinger i Taraldsvika juli-august 1997 (frå Velvin 1997).

## 2. Avløpsarrangementet

Avløpet frå REC sine sedimenteringstankar på fabrikkjen går via kommunal avløpskum (overløp) ved renseanlegget nede ved sjøen til Ofotfjorden på ca 40 m djup i følgje opplysningar frå kommunen i epost 11. august 2008 (**Figur 5, Figur 7**). (Det er litt usikkerheit knytt til utsløppsdiupet; om det er på 40 m eller 50 m, som opplyst av REC).

Kun prosessvatn frå REC og overflatevatn (frå nedbør) skal gå i den aktuelle leidningen til fjorden. Leidningen frå det kommunale renseanlegget går ut i nærleiken. Det kommunale bidraget til REC's avløp kjem via to stikkleidningar. I følgje kommunen er det ikkje gjort målingar av det kommunale bidraget eller av den totale vassmengda (fluks) som går til sjø.

Det er oppgitt at ved regnintensitet 100/10 000 m<sup>2</sup> kjem det 170 l/s med overvatn i desse leidningane. Status for dette under vårt feltarbeid var litt uklar når det gjeld faktiske tal. Uansett var det lite/ingen nedbør i det aktuelle tidsrommet i oktober, slik at bidraget utenom REC dermed kan antakast å ha vore lite.



**Figur 5.** Kart over sjøområdet der avløpet frå REC Scancell går ut, med avløpsleidningen og utsløppspunktet avmerka omtrentleg.

Avløpsrøret i sjøen har diameter på 350 mm. Lengda i sjø er 3-400 m. Avstanden frå land ut til 40 m koten er ca 300 m, og til 50 m koten ca 375 m.

Posisjon for utløpet:

X=7595094.26 Y=600095.49 (UTM sone 33).  
 68° 27.033' N, 17° 26.55' E (WGS-84, omrekna frå oppgitte UTM koordinatar).  
 68° 27.04' N, 17° 26.45' E (Vår posisjon for målt sporstoff 7/10 2008, litt vestafor)



**Figur 6.** Synleg spor av utsleppsvatnet på overflata 8. oktober 2008.

Mens tømning pågår er utsleppsvatnet i perioder med rolig sjø godt synleg på overflata frå land (**Figur 6**).

## 2.1 Væskestrøm

Utsleppet til sjø frå Scancell kjem frå 2 kjelder; frå fabrikk/linje Scancell 1 (SCN 1) og Scancell 2 (SCN 2) som blei tatt i bruk i 2007.

Vatn med pH utanfor konsesjonsverdi (4-9) blir nøytralisert i fleire omgangar der nøytraliseringstanken blir fylt opp med vatn frå prosessbenkane. Dette blir nøytralisert vidare ved at syre og lut blir dosert etter behov.

Dette fører til at systemet dumpar ut innhaldet i tankane til sjø periodevis med 20-30 minutt mellomrom. Væskestrømmen varer gjerne i 20 minutt.

### 2.1.1 SCN 1

Frå den minste fabrikk/linja, SCN 1, strømmer det avløpsvatn med gjennomsnittleg væskestrøm på ca 12 m<sup>3</sup>/t til waste water tanken. Etter behandling der kan bidraget frå SCN 1 kome opp i ein momentan pumpeverdi på rundt 26 m<sup>3</sup>/t (7.2 l/s).

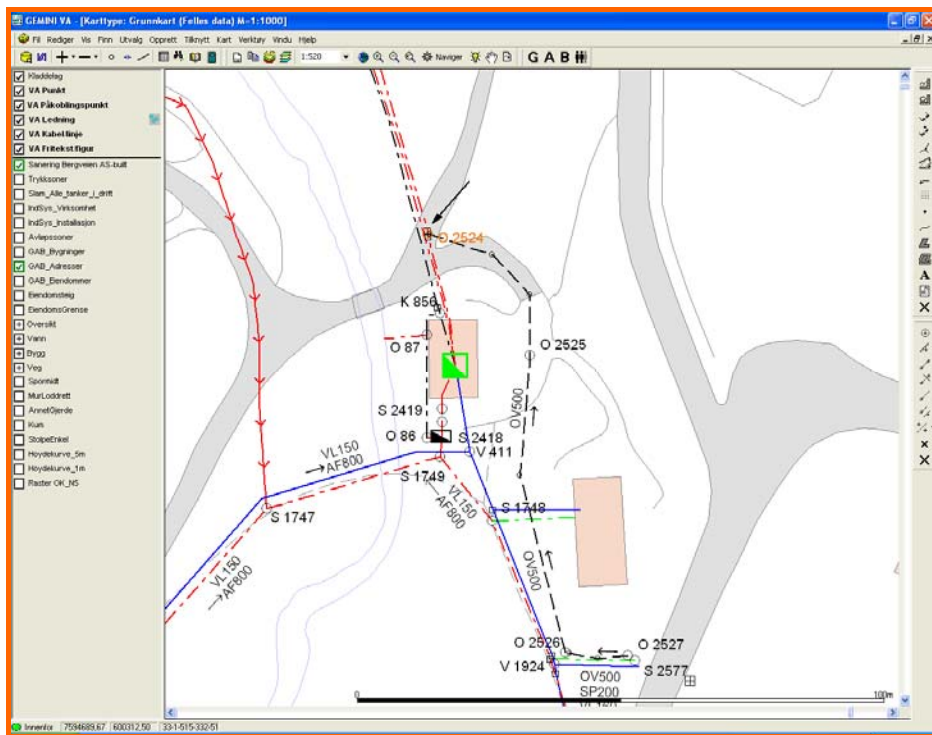
Når systemet ikkje dumpar, ligg væskestrømmen på rundt 5 m<sup>3</sup>/t (1.4 l/s).

### 2.1.2 SCN 2

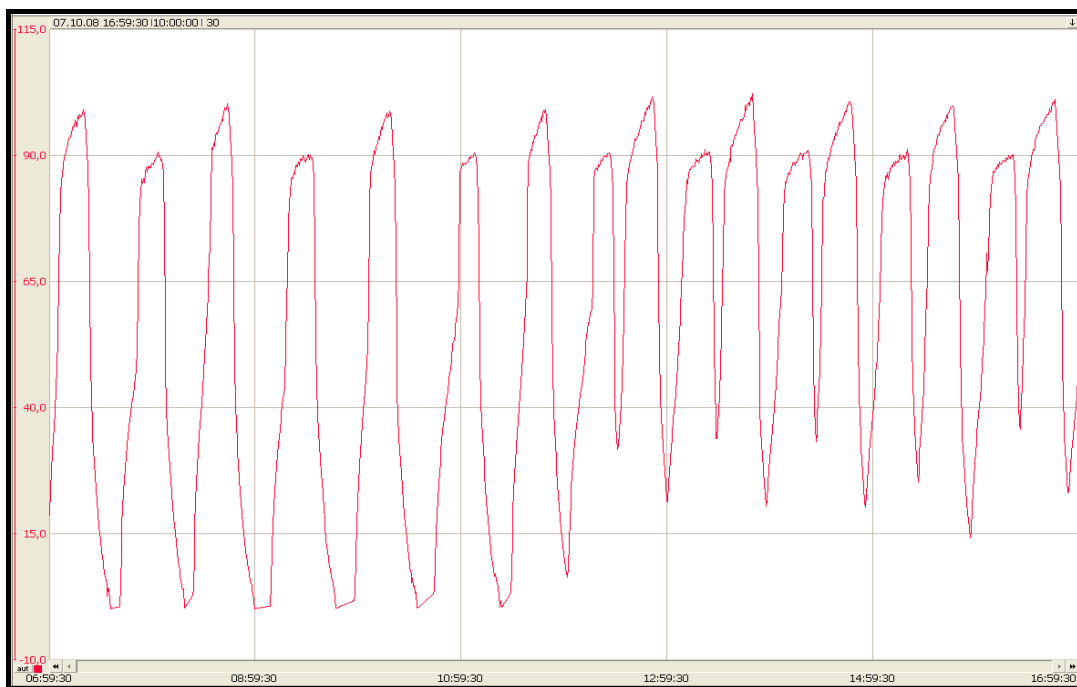
Avfallsvæske fra prosessbenkane på SCN 2 blir behandla på liknande måte som for SCN 1, men i større volum.

Gjennomsnittleg væskestrøm frå denne delen av fabrikk ligg typisk på 50 – 80 m<sup>3</sup>/t (13.9 – 22.2 l/s), varierende etter aktivitet i prosessen. Væskestrømmen frå SCN 2 for feltperioden 07.10.08 og 08.10.08, mens måling og prøvetaking foregjeikk, er vist i **Figur 8** og **Figur 9**.

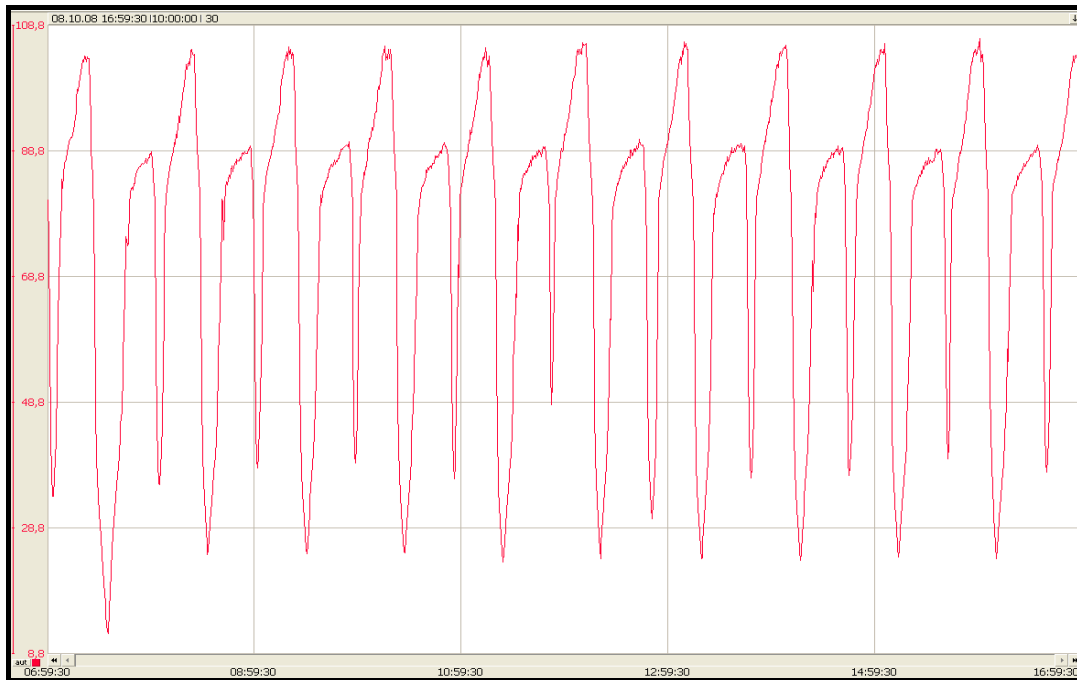




Figur 7. Kart over det kommunale ledningsnettet på nedsida av REC sin fabrikk, mot sjøen.



Figur 8. Væskestrøm fra vannbehandling i SCN 2, 07.10.08. Klokkeslett langs x-aksen, væskestrøm angitt i  $m^3/t$  langs y-aksen.



**Figur 9.** Væskestrøm frå vassbehandling i SCN 2, 08.10.08. Klokkeslett langs x-aksen, væskestrøm angitt i m<sup>3</sup>/t langs y-aksen.

## 2.2 Fluoridkonsentrasjon i avløpet

Online fluoridmålar for monitorering av rensinga ved SCN 1 var ikkje på plass under vårt feltarbeid. Det var derfor ikkje noko eksakt grunnlag for å berekne gjennomsnittleg fluoridkonsentrasjon frå denne lina. Stikkprøver tyder på eit gjennomsnitt i området 300 – 700 mg/l.

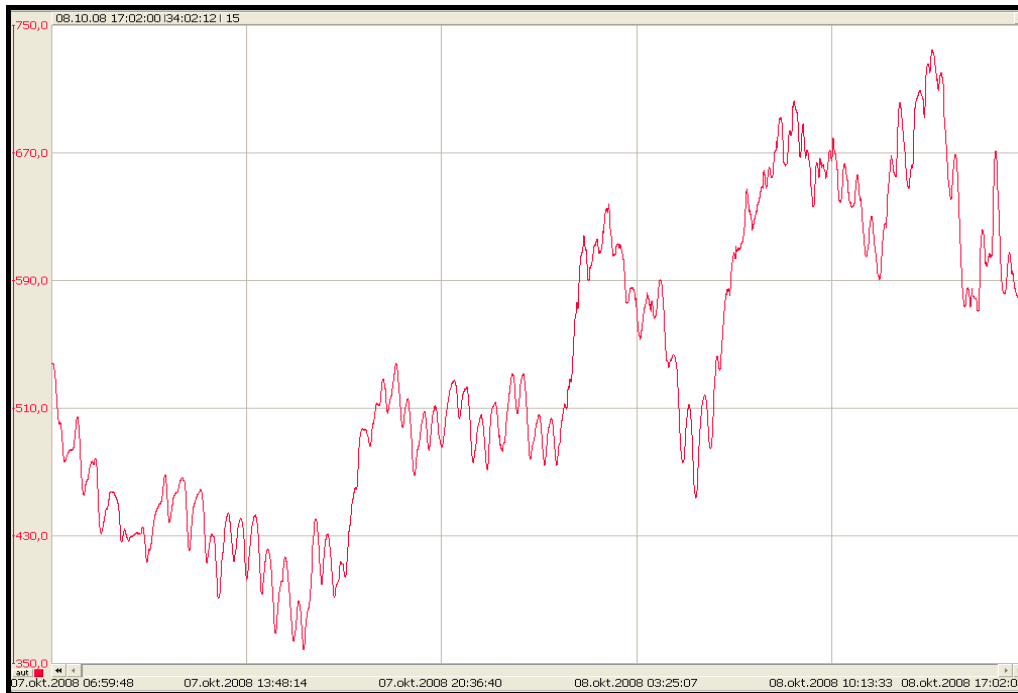
I brev frå fabrikk til NIVA 17. juni 2008 er det oppgitt ein totalt årlig mengde rein fluor på 400 tonn, respektivt midlare fluorkonsentrasjon på 780 mg/l i avløpet. Hausten 2008 var forventa konsentrasjon ca 690 mg/l total F ut frå fabrikk. Dette avløpsvatnet blir så i varierende grad fortynna med kommunalt overflatevatn før det går til sjø.

Den 7. og 8. oktober låg snittet på henholdsvis 435 mg/l og 647 mg/l mellom klokka 0700 – 1700 frå SCN 2.

**Figur 10** syner grafisk framstilling av fluoridkonsentrasjonen i avløpsvatn frå SCN 2 ut av wastewater tanken 7. og 8. oktober 2008. Data er frå REC's eige prosesskontrollsystem.

Fluor i utslippet er antatt å foreligge som F<sup>-</sup>, KF og HF. HF (flussyre) blir nøytralisert i sjøvatn, og dannar mest dissosierte Ca eller K salt der.

Andre komponentar består av Ca, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SiF<sub>6</sub>, Tot-N og SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Det meste er m.a.o. komponentar/salt som finst naturleg i sjøvatn.



**Figur 10.** Fluoridkonsentrasjon i avløpsvatn frå SCN 2 den 7. og 8. oktober 2008. Konsentrasjon er angitt i mg/l på y-aksen.

### 2.2.1 SFT sine tilstandsklasser

SFT (SFT 1997) har i sine tilstandsklassifisering følgende konsentrasjonar og klasser, for fluorid:

---

1: Ubetydelig forureina :	< 1.3	mg/l
2: Moderat forureina:	1.3-4.0	mg/l
3: Markert forureina:	4.0-6.0	mg/l
4: Sterkt forureina:	6.0-10	mg/l
5: Meget sterk forureina:	> 10	mg/l

---



### 3. Feltarbeid og prøvetaking

Feltarbeidet foregikk 7. og 8. oktober 2008.

- 7. oktober: Befaring og dosering av sporstoff i utløpet med påfølgjande måling ute i fjorden frå båt.
- 8. oktober: Synfaring på bedrifta, prøvetaking og måling i sjøen.

Det var eit hovedformål med prosjektet å få gjort prøvetaking for å få verifisert konsentrasjonar i sjøen. Utfordringa var å finne kvar utsléppsvatnet tek vegen etter at det går ut av røret på 40-50 m djup. Prøvetaking oppstrøms vil naturleg nok gi mest blanke (bakgrunn) prøver. Og prøvetaking over/under utsléppsskya kan på same måte gi bakgrunnsverdi. Dermed risikerer ein å ta mange prøver som representerer bakgrunnsnivået. Det optimale er å kunne vite eksakt kvar utsléppsvatnet tek vegen og så ta prøver inne i utsléppsskya og langs ein konsentrasjonsgradient i ulik avstand frå utsléppsdjupet. Dette er den ideale situasjonen, som er vanskelig å etterleve.

I praksis er det ofte vanskeleg å få bestemt sjølv utsléppspunktet nøyaktig, fordi kart eller opplysningar om dette er mangelfulle. I tillegg kan avløpet ha varierende fluks (som hos REC), og strøm og sjikting i sjøen fører utsléppsskya i varierende djup- og retning.

For å få prøvetakingsstrategien mest mogleg taktisk, praktisk og effektiv blei det difor utført eit sporstoff-forsøk 7. oktober i forkant av prøvetakinga dagen etter.

#### 3.1 Dosering av sporstoff 7. oktober

Vi valgte å utføre sporstoff-forsøk med å dosere dette (fluorescerande fargestoff av type DYMO MS 200, Fluorescein) i utløpskum på land nær det kommunale renseanlegget (**Figur 11**), for deretter å trace avløpsvatnet med spesiell sensor festa på ei målesonde som blei firt ned frå båt.



**Figur 11.** Doseringa av sporstoff den 7. oktober foregjekk i denne kummen på utsida av renseanlegget (i bakgrunnen).

Det blei dosert ut i alt 2 liter sporstoff, fordelt i fire omgangar, med 0.5 liter fortynna med vatn i ein 40 liter stamp (konsentrasjon 1:80) i kvar omgang. Ei lita 12V senkepumpe sørge for å dosere stoffet rolig og jamt via slange ned i kummen.

Det tok knapt 15 minutt å tømme kvar stamp. Med korte pausar for etterfylling varte doseringa i knapt 1 time, frå kl 11:07 til kl. 11:55. Dette dekkar m.a.o. både utpumpingssekvens og pause for avløpsvatn frå REC.

Dersom ein antar ein fluks på 30 l/s, skulle doseringa av 0.5 liter sporstoff over 15 minutt teoretisk gje ein konsentrasjon på ca 20 µg/l i avløpet. Ved pumpestans vil konsentrasjonen bli større.

### 3.1.1 Sporstoffet

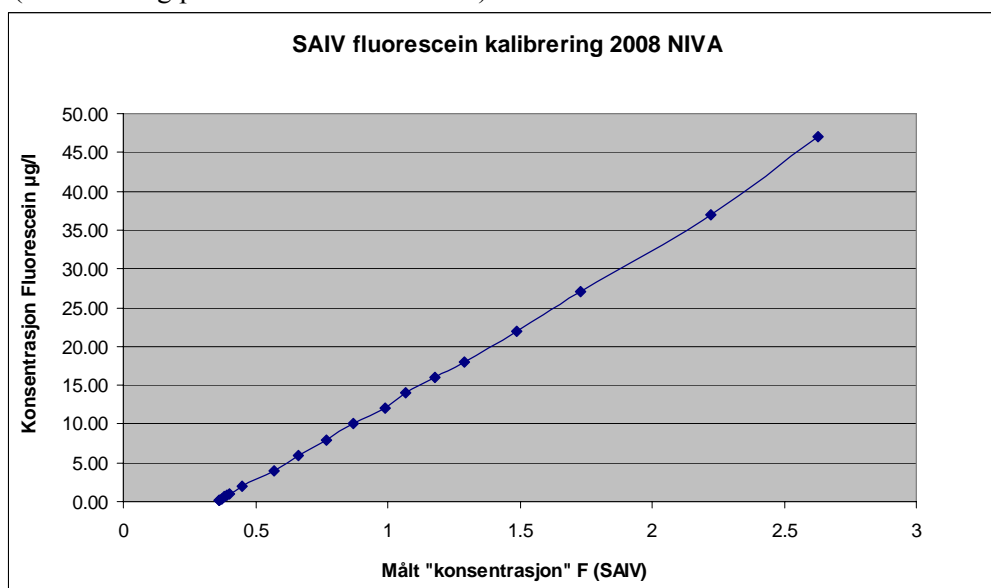
Sporstoffet Fluorescein blir lett nedbrotte i naturen (av sollys m.m.) og er ikkje rekna som giftig ("ikke farlig gods" etc). Nedre deteksjonsgrense for instrumentsensoren for dette stoffet er ca  $10^{-10}$  i konsentrasjon, m.a.o. deteksjon ved særst høg fortynning.

Fluorescein blir gjerne levert med 10-30% konsentrasjon. Stoffet er brunt/oransje, og går over til grønt og så gult ved aukande fortynning. Densiteten er oppgitt til 1,08 kg/l ved 25 °C, og pH verdi rundt 8-10. Densiteten er litt høgare enn for sjøvatn (ca 1.025 kg/l), men med dei låge konsentrasjonane (sterk fortynning) så var ikkje dette rekna å influere nemneverdig på densiteten i utløpsvatnet. Måleprinsippet for sporstoff er kortfatta omtalt i Vedlegg A.

### 3.1.2 Kalibrering

På førehand blei sensoren kalibrert mot kjent konsentrasjon av sporstoff forynna i ein stor stamp med sjøvatn. **Figur 12** viser ei kalibreringskurve for målt sensorverdi mot kjent konsentrasjon av sporstoffet. Kurva dekkar konsentrasjon ned til ca 0.1 µg/l; sonden kan detektere langt lågare verdiar enn dette. Kalibreringskurva er tilnærma lineær i det valgte intervallet; for lågare verdiar flatar kurva ut.

Vi testa også sensoren i lab mot avløpsvatn (råvatn) tilsendt frå REC, og dette ga ikkje utslag på sensoren (nullverdi låg på 0.06-0.07 for sensoren).



**Figur 12.** Kalibreringskurve for fluorescein sensoren på SAIV sonden.

### 3.2 Fotografi av utsleppsvatnet i sjøen

**Figur 13** syner fotografi tatt frå båten i det vi ankom utsleppspunktet den 7. oktober, like etter at doseringa var unnagjort. Utsleppsvatnet var tydeleg synleg i overflata.



**Figur 13.** Det farga utsleppsvatnet var lett synleg i sjøen den 7. oktober 2008 eit par timars tid etter at doseringa var avslutta.



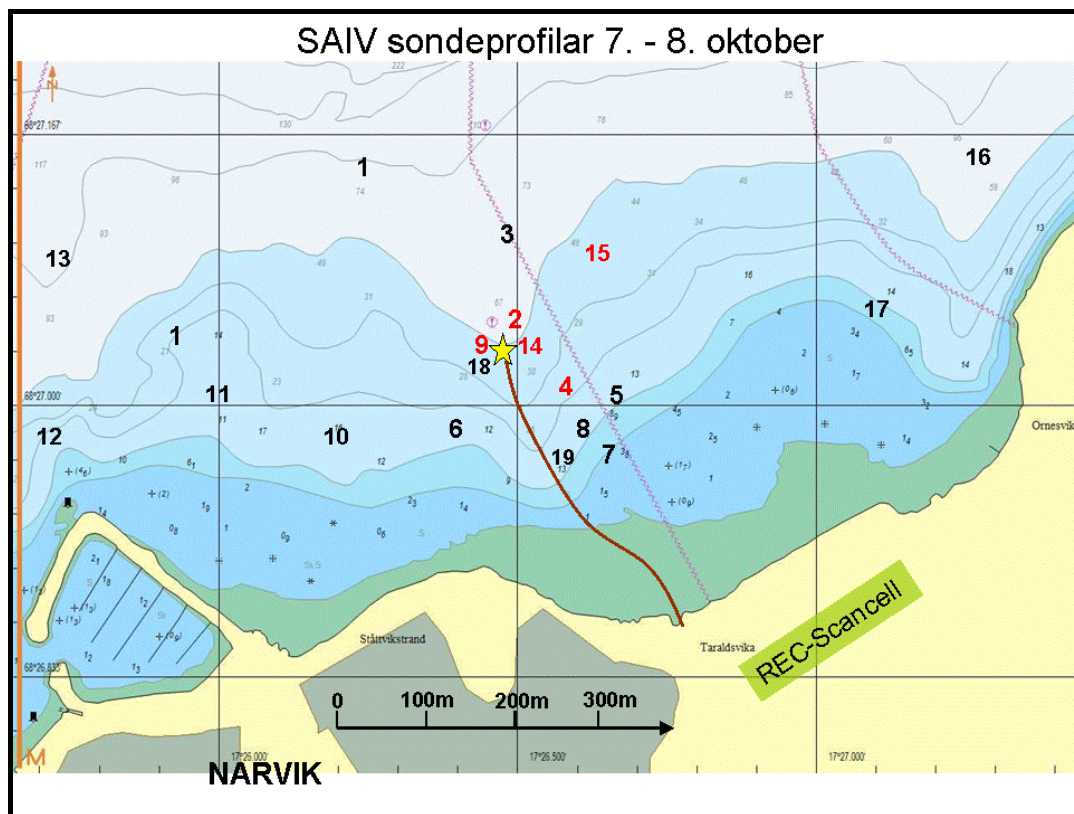
### 3.3 Målingar i sjøen

Målingane ute i fjorden vart gjort med ein nedsenkbar målesonde av type SAIV STD/CTD mod. 204. Denne har internt dataminne og loggar måledata frå sensorane i faste tidsintervall, inklusive tilhøyrande trykk (djup). Sonden hadde sensorar for temperatur, trykk (djup), konduktivitet (salinitet), turbiditet og sporstoff.

SAIV-målesonden var innstilt på å ta ei måling kvart sekund. Dei vertikale målingane (profilane) vart gjort ved å senke apparatet (festa til ein signalkabel) roleg nedover i sjøen. Opphaling vart gjort noko raskare. Sonden måler både ved nedsenking og opphaling; vertikal målingane presentert i denne rapporten er basert på målingar under nedsenking.

Måledata gikk rett inn på PC om bord, der ein kunne følgje med målingane on-line frå sonden i sjøen. Eventuell forekomst av sporstoff kunne umiddelbart påvisast. Data blei lagra i PC og i sonden, for postprosessering. Kursar og geografiske posisjonar vart registrert ved hjelp av medbrakt GPS.

I løpet av dei to dagane blei det foretatt 19 verikalprofileringar (stasjonar) med målesonden, 17 av desse den 7. oktober. Posisjonar er synt i **Figur 14**. Første profil blei tatt klokka 12:15 lokal tid 7. okt. nordafor utseppspunktet. I og med at utseppsskya var synlig i sjøen, kunne vi manøvrere oss nær opp til utseppspunktet og ta neste profil der. Denne ga tydeleg utslag på instrumentlogginga.

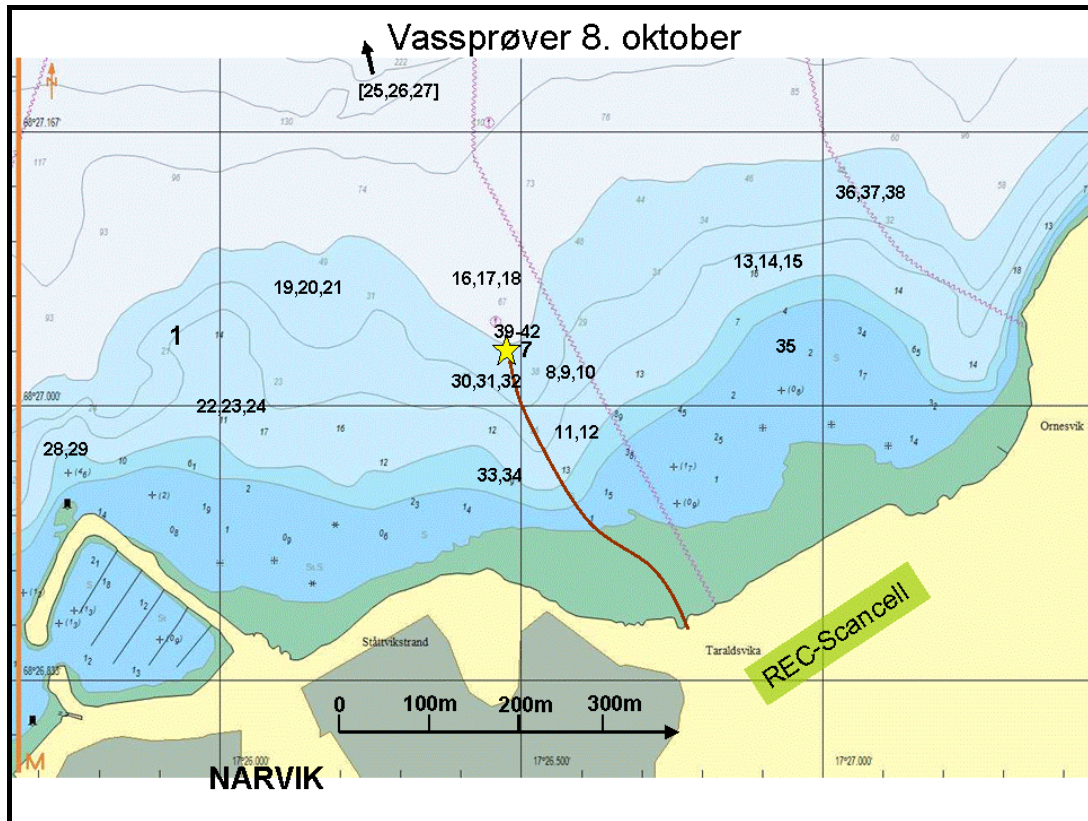


**Figur 14.** Sondeprofilar i samband med måleprogrammet 7. og 8. oktober 2008. Profil 18 og 19 blei tatt 8. oktober. Posisjonar med raud farge indikerer der sporstoff vart detektert.

Vi fortsatte så med å ta profilar vekselvis på utseppspunktet og i ulik avstand ut frå utseppspunktet og i ulike retningar, for å få eit inntrykk av spreiding og fortynning av utseppsvatnet. Av dei 17 profilane vi tok denne dagen, ga 5 utslag på sporstoff. Desse blir nærare presentert og omtalt i neste kapittel. Vi tok også nokre få vassprøver den 7. oktober men ønska å vente med det meste av

prøvetakinga til sjøen til neste dag då området burde vere reint for sporstoff, for tilfelle sporstoffet i seg sjøl skulle kunne påverke analysene.

Den 8. oktober blei det fokusert på å ta vassprøver i sjøen. Vi tok først to instrumentprofilar denne dagen. Den første ved ankomst utsleppspunktet kl. 12, og den neste nærare land (23 m botndjup, kl. 12:15) og begge var blanke for sporstoff. Utsleppsvatnet var for øvrig som dagen før, synlig på overflata, nå som ein blank flate mot småbølga bakgrunn (som i **Figur 6**).



**Figur 15.** Posisjonskart for vassprøver. Prøvene blei tatt i 2, 10 og 20 m djup der det var 20 m djup eller djupare. Ellers i 2 m og 10 m eller som det høvde.

### 3.4 Prøvetaking i sjø

Etter å ha fått slått fast at sjøen var fri for sporstoff, tok vi ein serie med 100 ml vassprøver i ulike posisjonar og i varierende djup. Til dette nytta vi ein Niskin vasshentar og hydrografiwinch med meterhjul.

I alt blei det tatt 41 prøver i sjøen, der eit lite mindretal var tatt dagen før. **Figur 15** viser posisjon for prøvetakinga. 2 prøver av råvatn var også med i analysene.

Ut frå erfaringa med kvar vi fann sporstoffet dagen før, blei prøvene stort sett tatt i 2 m og 10 m djup, supplert med prøver frå 20 m nær utsleppspunktet, samt på referansestasjon ute i fjorden (prøve 25-27).

### 3.5 Flo/fjøre

I følgje Statens kartverk-Sjøkartverket var det den. 7. oktober observert fjøre sjø kl 13, og dagen etter kl. 14. Våre registreringar foregikk m.a.o. i perioder frå litt før, gjennom og etter fjøre sjø.

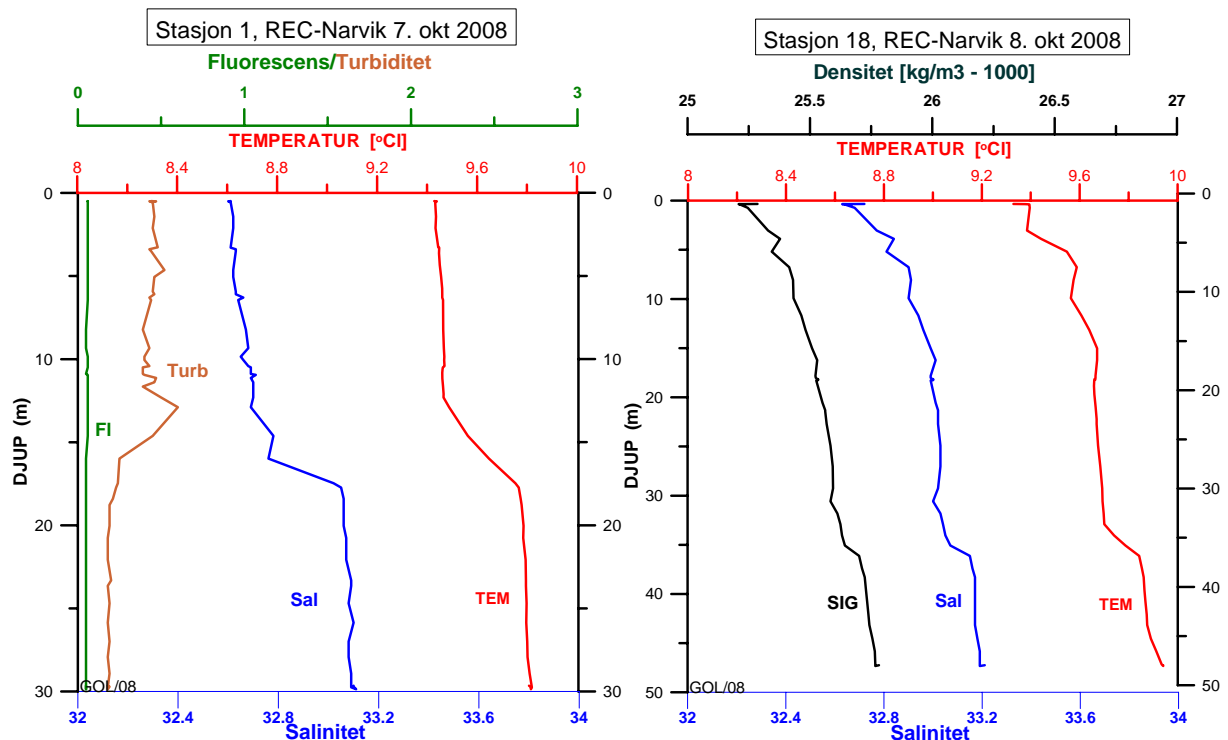
## 4. Resultat - måling og prøvetaking

### 4.1 Hydrografi/sjiktning i sjøen

Dei rådande sjiktingstilhøva er med på å bestemme spredningsmønsteret til utsléppsvatnet. Dersom sjiktinga er svak er det større risiko for at skya kjem til overflata (sjå teori i neste kapittel). Vi presenterer (**Figur 16**) to sondeprofilar med data for salinitet og temperatur, som bestemmer sjøens densitet, h.h.v. profil nr 1 den 7. oktober og profil nr 18 den 8. oktober. Sjå **Figur 14** for posisjonar. Disse målingane er for øvrig brukt som grunnlag for modelleringa i neste kapittel.

Det var relativt svak sjikting i sjøen begge dagar. Det kan sporast eit svakt sprangsjikt i 23-24 m djup 7. oktober og rundt 35 m djup den 8. oktober. Overflatesalinitet-og temperatur var h.h.v. 32.5 og 9.4 °C den 7. oktober, og 32.7 og 9.4 °C den 8. oktober. Temperaturen auka med djupet til ca 10°C i 50 m djup, med salinitet der på rundt 33.2.

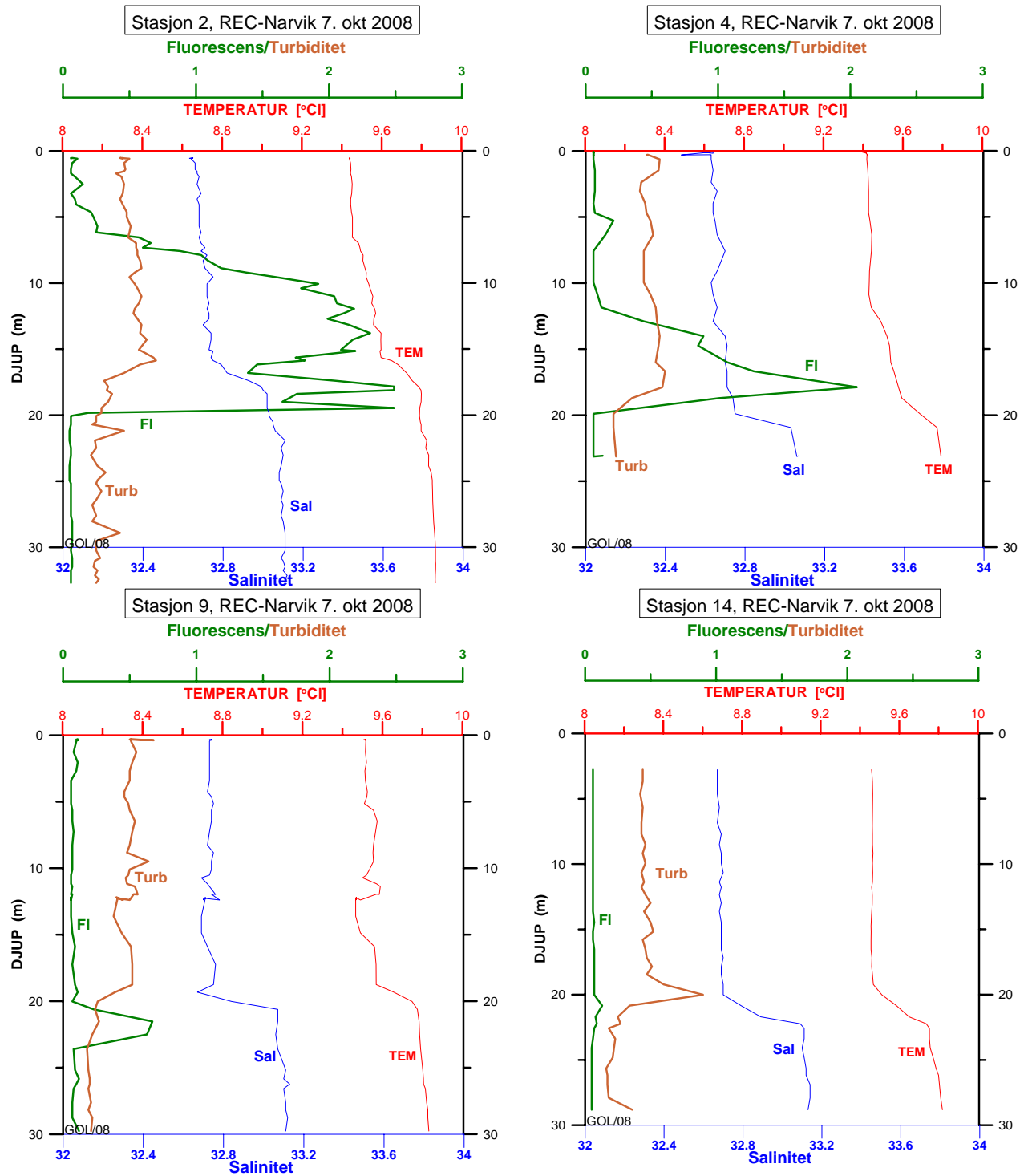
Det kan merkast eit turbiditetsmaksimum i ca 12-13 m djup 7. oktober, som muligens kan stamme frå REC sitt utslépp, eller frå det kommunale utsléppet i nærleiken. Sporstoff hadde kun bakgrunnsverdi på desse stasjonane (sensorverdi på 0.06-0.07). Stasjon 1 var tatt etter at sporstoff var kome ut i sjøen, men eit stykke borte frå utsléppspunktet.



**Figur 16.** Vertikalprofilar av sjøens salinitet og temperatur 7. og 8. oktober 2008. Plottet t.v. syner også målt turbiditet (Turb) og sporstoff (Fl). I plottet t.h. er også det berekna densitetsprofil med.

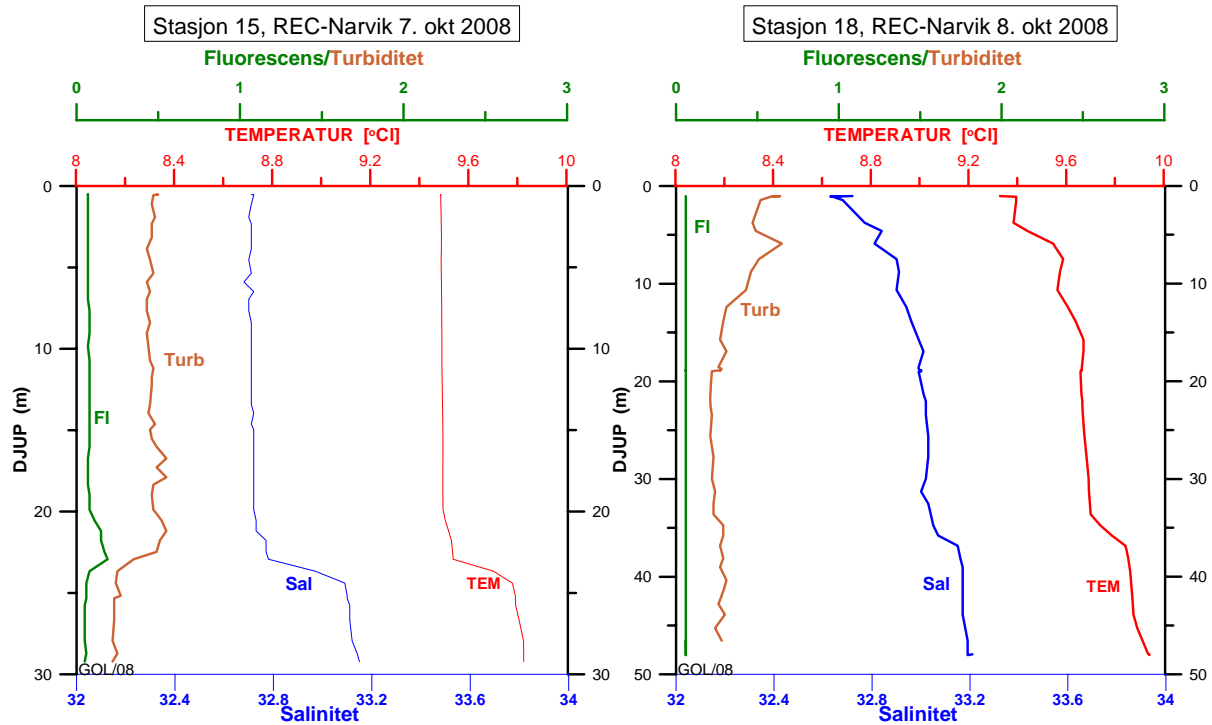
## 4.2 Sporstoff

For målt sportstoff har vi tatt med resultatene fra alle stasjonene/profilene der dette vart detektert, på Nr 2, 4, 9, 14 og 15. **Figur 17** Viser resultat for dei fire første av desse profilene, og **Figur 18** dei to siste.



**Figur 17.** Målte profiler av sporstoff (FI), turbiditet, salinitet og temperatur 7. oktober, stasjon 2, 4, 9 og 14.





**Figur 18.** Målte profiler av sporstoff (Fl), turbiditet, salinitet og temperatur 7. og 8. oktober, stasjon 15 og 18.

Av resultatene nemner vi følgende:

Tydelig sporstoff-deteksjon fra overflata til ca 20 m dyp på stasjon 2 som var tatt i sjølve utsløppsskya. Maksimumet syntes ligge mellom 15-20 m dyp.

Stasjon 4 viste samme trekk, med maksimum i 15-20 m, men hadde lågare max. verdi og svakare signal mot overflata.

Stasjon 9, 14 og 15 og hadde mest tydelig utslag mellom 20 og 25 m (med antydning også over og under).

Tendensen var at sporstoff-signala blei gradvis svakare med tida, m.a.o. avtok fra stasjon til stasjon, som også er rimeleg å anta ville skje.

Stasjon 18 og 19 den 8. oktober hadde null utslag i sporstoff.

Målt sensorutslag på 2-2.5 (max målt) i sjøen skal tilsvare konsentrasjon av sporstoff på ca 30-40 µg/l, i følge kalibreringa. Dersom avløpsfluksen under doseringa var 30 l/s, skulle konsentrasjonen i avløpet ligge rundt 20 µg/l. Det at vi faktisk har målt høgare konsentrasjon i sjøen, kan vere fordi deler av doseringa foregikk ved pumpepause hos REC, slik at vassfluksen tidvis var vesentlig mindre enn 30 l/s, og dermed at sporstoff-konsentrasjonen i avløpet var høgare enn 20 µg/l i perioder.

På grunn av den variable fluksen i avløpet er det vanskelig å berekne eksakt fortyning basert på sporstoff-målingane. Dette gir i første rekke informasjon om innlagingsdjup og influensområdet.

Turbiditet hadde forhøya verdiar fra ca 20 m og oppover, noko som teoretisk kan skrive seg fra REC sitt utsløpp, men meir sannsynlig fra utsløppet fra det kommunale renseanlegget. Siste hypotese er



mest sannsynleg sidan det ikkje var nokon tydelig korrelasjon/sammentreff mellom målt maksimum for sporstoff og turbiditet. Tidlegare modellsimuleringar (Velvin m. fl. 2006) for det kommunale avløpet synte innlagring rundt 20 m djup i sommarsituasjon, som sannsynlegvis ikkje var så langt unna forholda i oktober 2008, som altså ga turbiditetsutslag frå 20 m og oppover.

### **4.3 Resultat av prøvetaking i sjø**

Alle analyseresultat er gjengitt i Vedlegg C (som µg/l). Vi nemner her kortfatta hovedtrekk ved analysene.

Dei to prøvene av råvatnet synte verdi på 750 og 770 mg/l. Dette er under den verdien som er satt i konsesjonsvilkåra (780 mg/l).

Prøvene i sjøen hadde verdier mellom 0.8 og 1.5 mg/l. Dette er stort sett innafor det normale, ”Ubetydelig forureina”, i h.h.t SFT sin klassifisering (< 1.3 mg/l; sjå avsitt 2.2.1).

Bakgrunnsnivået på referansestasjonen (prøvene Nr 25-27) låg alle på 0.9 mg/l.

Mange andre prøver hadde verdi på 0.8 mg/l. Dette kan reflektere ferskvassinnblanding i sjøvatnet.

Høgste analyseverdi var 1.5 mg/l (1500 µg/l), for prøve Nr 7, tatt inne i utsleppsskya i 2.5 m djup klokka 12:10 8. oktober, og for prøve Nr 8, tatt like etterpå i 2 m djup i skya. Dette motsvarar SFT klasse ”Moderat forureina”.

Dei to nest-høgste prøvene (1.1 mg/l) var Nr 9 10, frå 10 og 20 m djup i utsleppsskya, samt prøve nr 39, i 2 m djup over utsleppspunktet.

Nokre prøver hadde 1.0 mg/l i verdi. Frå den 8. oktober gjalt dette prøvene Nr 12, 13, 19 og 40.

Alle prøvene med verdi 1.0 mg/l eller høgare var frå området ved utsleppspunktet eller litt innafor/austafør, med unntak av prøve nr 19 som var tatt NE for moloen (i 2 m djup). Dette kan indikere ein viss overvekt av austgåande strøm i prøvetakingsperioden.

Den geografiske fordelinga av prøver med litt høgare verdi enn normalt (> 0.9 mg/l) fordelte seg stort sett nær utsleppspunktet, og indikerer at analysen er sensitiv nok til å avdekke spor av utsleppsvatnet i sjøen.

## 5. Teori/modellering

Vi har gjennom måleprogrammet i oktober 2008 fått gjort observasjoner av korleis utsleppsvatnet oppfører seg i området like ved utsleppspunktet. For å sjå om dette stemmer med teorien, og for å betre kunne berekne fortynningsfaktorar, har vi berekna sannsynleg mønster for oppstiging, fortykning og innlagring for utsleppsvatnet for ulike scenarier for utsleppet (djup, fluks, tid) basert på eitt utslepp gjennom røyrenden (ingen diffusor).

Til berekningane har vi nytta NIVAs modell JETMIX og modellen CORMIX-GI, opprinnelig utvikla av US Army Corps of Engineers.



**Figur 19.** Foto frå laboratorieforsøk med farga oppstigande (lett, ferskt) vatn i ei sjikta væske (sjøvatn).

### 5.1 Scenarier for utsleppet

#### 5.1.1 Utsleppsfluks

Den faktiske fluksen av vatn ut gjennom røyrenden er viktig å vite for å kunne få fram realistiske simuleringar. Vi har sett at bidraget frå REC varierer over tid, mellom pumping/dumping, og pausar. I tillegg vil bidraget frå regnvatn/overvatn naturleg fluktuere uregelmessig, i takt med nedbør og evt. snøsmelting.

**”Låg” fluks:** Dette kan vere representert med periodene mellom pumpesekvensane. Dette vatnet består då av ymse bidrag frå fabrikkene som ikkje inneheld fluor. Det kan imidlertid vere relevant å rekne på ein slik fluks også, sidan den vil presse ut den siste resten av tanktømminga, d.v.s. det som er igjen i røret av fluorhaldig vatn. Vi kan ta som utgangspunkt at denne fluksen typisk er på 10 m<sup>3</sup>/h, eller 2.8 l/s.

**”Middels” fluks:** Dette gjeld typisk middelværdi under pumpesekvensane på ca 20 minutt. Den kan vere representert av bidrag frå SCN 1 og SCN 2 kombinert med h.h.v. 26 m<sup>3</sup>/h og 80 m<sup>3</sup>/h, til sammen 110 m<sup>3</sup>/h eller 30 l/s (avrunda verdiar).

**Høg” fluks:** dette kan bestå av høg fluks ved ekstra kjøring frå SCN 1 og SCN 2, samt bidrag frå regnvatn/overvatn. Vi har stipulert ein mulig representativ verdi på (130+30) m<sup>3</sup>/h = 160 m<sup>3</sup>/h (44 l/s). Dette kan vere for lite estimat, i og med at nedbørsverdiene åleine har blitt andtyda å kunne kome opp i 170 l/s (Kapittel 2). Også dette vil vere fluks gjennom ein ca 20 minutt periode, og i slike tilfelle vil fluorkonsentrasjonen ut til sjø vere redusert med ca 20% p.g.a. fortyninga med regnvatn.

Modellscenaria i tid (variasjon) er representert ved

- 1) Hydrografiske tilhøve (sjikting) i fjorden 7. og 8. oktober 2008.
- 2) Utsleppsfluks, h.h.v. ”låg”, ”middels” og ”høg” fluks, i høve til sannsynlege/aktuelle verdiar som er oppgitt.
- 3) Utsleppsdjup: 40 m og 50 m (40 m er mest sannsynleg).
- 4) Densitet på utsleppsvatnet:  $1.003 \text{ kg/m}^3$  (målt på prøve tilsendt)

Vi har latt enden av leidningen ligge med ein helling på  $5^\circ$  langs sjøbotnen, m.a.o. strålen er retta litt nedover. **Tabell 1** syner verdi for nokre av input parametrane til modellen.

**Tabell 1.** Nokre utsleppstal brukt i simuleringane.

Utsleppsdjup:	40 m og 50 m
Leidningsdiameter:	350 mm ( $0.1 \text{ m}^2$ tverrsnittsareal)
Utsleppsfluks:	2.8 l/s, 30 l/s og 44 l/s

## 5.2 JETMIX modellen

Vi nytta NIVAs numeriske modell JETMIX (Berkeng og Lesjø 1973) for berekning av primærfortynning. Formålet med å kjøre JETMIX er å finne kor høgt opp utsleppsvatnet stig før det blir innlagra (sjå døme på innlagring i **Figur 19**).

### 5.2.1 Resultat for JETMIX

Resultata av kjøringane for dei ulike scenaria er presentert i **Tabell 2**.

DEPTH som angir likevektsdjupet for utsleppsvatnet etter at det har nådd innlagringsdjupet, viser at dess større fluks, dess grunnare innlagring blir det, uansett utsleppsdjup.

Situasjonen i sjøen 7. oktober var gunstigare m.h.t. djup innlagring enn 8. oktober.

For utslepp i 50 m djup blir vatnet innlagra i 10 m djup eller djupare for alle tre fluks-scenaria.

For utslepp i 40 m skjer innlagringa nær overflata, i 4.5 m ved høgste fluks.

Verdien EQS evt GRAV angir max opptrengingsdjup før avløpsvatnet finn likevektsdjupet (jamfør med **Figur 19**). For utslepp i 40 m djup framgår det at det kan inntreffe overlatepåverknad for både ”Middels” og Høg” fluks, spesielt gjeld dette situasjonen for Profil 2, 8. oktober.

Fortynninga (Center Dilution) ved innlagring er høg for dei fleste scenaria. For 40 m utsleppsdjup og ”Middels” fluks er denne på h.h.v. 78 ganger den 7. oktober og 191 ganger 8. oktober. Ved aukande fluks avtar denne senterfortynninga noko.

Med den aktuelle fortynninga vil fluor-konsentrasjonen ved innlagring bli redusert til av storleiksorden 0.5 – 1% av utgangspunktet, på 500-700 mg/l. Det er då snakk om teoretiske konsentrasjonar i sjøen nær utsleppspunktet på frå 2.5 -7 mg/l. Dette er innafør primærfortynningsfasen. Vår prøvetaking ga for øvrig 1.5 mg/l som høgste verdi.

I og med at vi observerte overflatepaverknad begge dagar, er det ut frå simuleringane meir sannsynleg at utsleppet ligg på 40 m djup enn på 50 m, m.a.o. det er simuleringane for 40 m som bør leggst til grunn for vurderingane.

**Tabell 2.** Resultat av kjøring av JETMIX modellen for utslepp i 40 og 50 m, med h.h.v. 2.8, 30 og 44 l/s vassfluks. Kalkulert situasjonane/profilane frå 7. (Profile 1) og 8. (Profile 2) oktober 2008. ”DEPTH” er innlagersdjupet etter at skya er kome i likevekt, mens EQS og GRAV angir kor høgt opp skya kan stige før den sekk ned til likevektsdjupet.

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 2      OUTFALL SITE:      RECC1  
 PAGE 1

---

JET DATA AFTER CONTRACTION													RESULTS					
! PRO- !																		
! FILE !													NEUTRAL			POINT	EXTREMAL	
! !																DEPTHS		
FLUXH DIAM.		VEL.		ANGLE		NO.		WIDTH ANGLE		CENTER DEPTH		EQS.		GRAV.				
l/S	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.		DILUT.	(M)	(M)	(M)					
2.81/s	40.0	.35	.03	-5	!	1 !	3.9	89		326	22.1	20.7	15.8					
					!	2 !	5.1	89		457	17.4	11.3	3.2					
30 l/s	40.0	.35	.31	-5	!	1 !	4.0	89		78	21.6	13.9	<1.7					
					!	2 !	7.6	89		191	6.6	<1.1	<1.1					
44 l/s	40.0	.35	.46	-5	!	1 !	4.2	88		64	21.3	11.0	<1.7					
					!	2 !	8.1	89		165	4.5	<1.1	<1.1					
2.81/s	50.0	.35	.03	-5	!	1 !	4.8	89		399	29.1	21.9	19.6					
					!	2 !	3.0	89		230	35.8	28.3	6.4					
30 l/s	50.0	.35	.31	-5	!	1 !	6.1	89		147	22.0	18.3	3.6					
					!	2 !	8.4	89		218	13.2	3.5	<1.1					
44 l/s	50.0	.35	.46	-5	!	1 !	6.2	89		117	21.9	16.6	<1.7					
					!	2 !	9.0	89		191	10.7	1.6	<1.1					

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT  
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

< : BEYOND MIN DEPTH OF DENSITY RANGE  
 :> END

### 5.3 Modellen CORMIX

Modellen CORMIX er opprinnelig utvikla frå Cornell Mixing Zone Experiment (US Army Corps of Engineers) og er hyppig nytta av m.a. US EPA. Den bereknar spreing og primær/sekundær fortykning av vatn/væske frå eit neddykka utslepp, med basis i data for strøm, sjikting og enkel topografi i resipienten.

For strøm har vi lagt til grunn ein middelværdi på 5 cm/s, jamfør måleresultata frå 1997. Inngangsdata ellers er for det meste som for JETMIX. Vi har kjørt modellen for sjiktingstilhøva den 8. oktober som ser ut til å ha vore dei mest kritiske m.h.t. oppstiging/gjennomslag, og for ”Middels” fluks.

### 5.3.1 Resultat for CORMIX

Nokre resultat av kjøringa er tatt med i Vedlegg B.

Hovedresultat:

Innlagring skjer rundt 14-15 m djup med max oppstiging til 4 m under overflata. Dette er litt forskjellig frå JETMIX, som sannsynligvis skriv seg mest frå forskjellig formulering av input hydrografisk profil; JETMIX tar inn alle data direkte, mens CORMIX tar inn ein forenkla (midla) profil. Effekten av strømmen i CORMIX bidrar også til å auke innlagringsdjupet.

Fortynninga ved innlagring blei i CORMIX funne å bli 180 ganger (JETMIX ga 169).

CORMIX definerer ei nærsone (Near field), som har utstrekning 34 m nedstrøms utsleppet (for strømfart på 5 cm/s). Utsleppsvatnet når denne grensa 447 sekund (vel 7 minutt) etter at det forlot rørøpingen. Her er senterfortynninga auka til 352 ganger.

Vidare spreining skjer i fjernsonen, nedstrøms. I denne aukar fortynninga gradvis vidare til ca 1000 ganger i avstand 270 m nedstrøms, og 2000 ganger 500 m nedstrøms.

Med utsleppskonsentrasjon av fluor frå REC-Scancell på inntil 700 mg/l skulle ein då teoretisk få konsentrasjonar i 34 m avstand på max 2 mg/l, i 270 m avstand 0.7 mg/l og i 500 m avstand 0.35 mg/l. Dette gjeld konsentrasjonar i innlagringsdjupet rundt 14-15 m djup.

Det må presiserast at desse konsentrasjonane er uten bidrag frå det innblanda sjøvatnets fluor, som kan ligge på 1-1.5 mg/l. Dermed må konsentrasjonsverdiane påplussast den normale sjøvannskonsentrasjonen for å finne realistiske teoretiske verdier.

SFTs grenser for fluor (fluorid) i sjø:

1: Ubetydelig forureina :	< 1.3	mg/l
2: Moderat forureina:	1.3-4.0	mg/l
3: Markert forureina:	4.0-6.0	mg/l
4: Sterkt forureina:	6.0-10	mg/l
5: Meget sterk forureina:	> 10	mg/l

#### **Konklusjonar frå modelleringa:**

Konsentrasjonen innafor nærsonen (radius på 30-40 m) har verdier tilsvarande "Moderat forureina". Dette samsvarar bra med våre analyseresultat for vassprøvene; dei høgste verdiane i sjøen.

I avstand frå 50-100 m og utover vi konsentrasjonane tilsvare "Ubetydelig forureina", d.v.s. ned mot bakgrunnsverdi.

Ut frå dette skal det fortynna utsleppsvatnet teoretisk dermed ikkje representere nokon miljørisiko.

Konsentrasjonen i utløpet på inntil 700 mg/l er derimot høg, og kan truleg forårsake effekter evt vedvarande eksponering. Utsleppsvatnet stig oppover i sjøen, slik at det evt. måtte vere pelagiske organismar som blir utsett for slik eksponering, ikkje fastsittande botnlevande organismar. Pelagiske organismar vil neppe opphalde seg tilstrekkelig lenge i/ved utsleppsskya til å kunne bli skadd, dette må i så fall skje kun viss det er stoff eller partiklar i utsleppsvatnet som verkar tiltrekkande. Sidan utsleppspumpinga går på og av, vil dette medføre at organismar sannsynlegvis vil fjerne seg i perioder med pumpepause, og ikke "henge rundt" til neste utpumping.

## 6. Oppsummering

Prosjektet har bestått av ein kombinasjon av feltarbeid med prøvetaking og måling, laboratorie-analyser og teoretisk modellering. Dette innebar ein fleirfagleg tilnæringsmåte til spørsmålet om nivå og verdiar på fluor i resipienten.

Hovedinntrykket er at dei forskjellige metodene var konsistente og ga rimelig bra samanfallande resultat. Feltmålingar beståande av vertikalprofilering for deteksjon av sporstoff ga tydelig utslag på/nær utsleppspunktet, og utsleppsskya var tydelig synleg på overflata, der vi fann dei høgste verdiane frå vassprøvene.

Vassprøvene som ga høgast utslag ved utsleppspunktet, syner at lab-analysene er sensitive nok til å avdekke spor av eit slikt utslipp i sjøen.

Verdiane som er målt i sjøen (vassprøvene) synte imidlertid normale verdiar med unntak av nokre få prøver ved utsleppspunktet som falt i SFT klasse "Moderat forureina".

Fastsetting av aktuell vassfluks i avløpet er tilknytt ein viss usikkerheit, spesielt p.g.a. a manglande data for det kommunale bidraget. Overslaga under doseringa samanheldt med målingar av sporstoff i sjøen ga imidlertid sammenliknbare resultat.

Modellsimuleringane tyder på at utsleppspunktet ligg på 40 m og ikkje på 50 m djup, som antyda.

Målingane, simuleringane og prøvetakinga indikerer at det er liten risiko for påverknad på pelagiske eller botnlevande organismar som følgje av utslippet av fluor.

### 6.1 Tilrådingar

Utsleppet gir hyppig overflatepåverknad. Vanligvis er slik påverknad rekna å vere miljømessig (og visuelt) ugunstig. Utslepp blir difor helst lagt lengst mulig ut frå land, og på tilstrekkelig djup for å unngå dette (oppnå innlagring).

Nye modellsimuleringar basert på resipientsdata (sjikting) for heile året (årssyklus) vil avdekke det faktiske omfanget av slikt gjennomslag til overflata. Ut frå resultatane kan det evt. vurderast å forlengje leidningen ut til tilstrekkeleg djup for å unngå dette, evt å justere pumpefrekvensen hos REC viss det er mulig. Bättre data for samla vassfluks (og variasjon) i avløpet til sjø vil også bidra til å forbetre presisjonsnivået til dei teoretiske berekningane som er gjort for gjennomslag/innlagring.

Tidlegare (2005) prøver frå dette sjøområdet har vist høge konsentrasjonar av bakteriar (TKB) i overflata. Sidan REC sitt avløp også innbefattar kommunalt overflatevatn m.m. bør det granskast om kjelda til TKB kan komme frå dette utslippet.

Det kommunale hovedavløpet skal ligge i samme område som REC sitt avløp, på 50 m djup. Det kan vurderast å sjå på dei to avløpa i fellsskap, om der er tendens til evt gjensidig påverknad som også påverkar fortytning/spreiing.

Avløpet frå REC har også andre komponentar enn fluor, for eksempel Tot-N, som vi ikkje har vurdert her. Dette kunne tas med i ein evt. oppfølgjande studie, saman med gode strømmålingar (profilerande Doppler-måling) ved utsleppspunktet.

## 7. Litteratur

Bjerkeng, B. og A. Lesjø 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA rapport O-126/73. Oslo.

Ringstad Olsen, L. 1999: Vurdering av utslippspunkt for Ankenes avløpsanlegg, Narvik kommune, 1999. Rapp. Akvaplan-niva Nr APN 412.99.1587, 23s.

SFT 1997 (J. Molvær m. fl.) Klassifisering av miljøkvalitet i fjordar og kystfarvatn. Vegleining. Vegleining 97:03, SFT, Oslo, 36s.

Velvin, R. 1997: Vurdering av utslippspunkt for Taraldsvik avløpsanlegg, Narvik kommune 1997. Rapp. Nr APN 412.97.1253, Akvaplan-niva, Tromsø, 23s.

Velvin, R. B. Vögele, J. Skardhamar og G. Pedersen 2006: Resipientundersøkelse i tilknytning til Hovedplan Vannmiljø 2007-2010 (16), Narvik 2005. Rapp. nr. APN-412.3245, Akvaplan-niva, Tromsø, 54s + vedl.

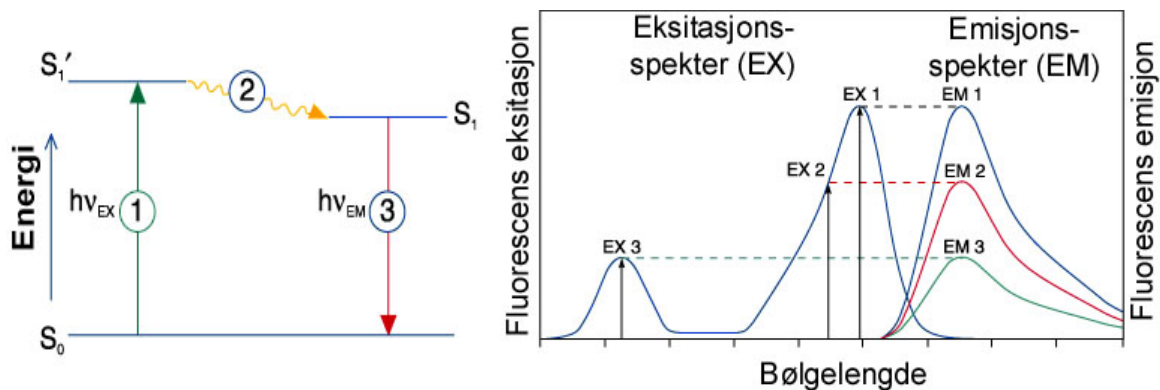
## Vedlegg A. Måleprinsipp for sporstoff

Faktaboksen omtalar måleprinsippet for fluorescens som målingane i sjøen ved Narvik er basert på. Eksempelet er for Rhodamin B som er eit fluorescerande sporstoff som liknar Fluorescein, men som har litt forskjellig eksitasjon/ emisjons-spekter. Dei to stoffa krev dermed kvar sine spesialtilpassa målesensarar.

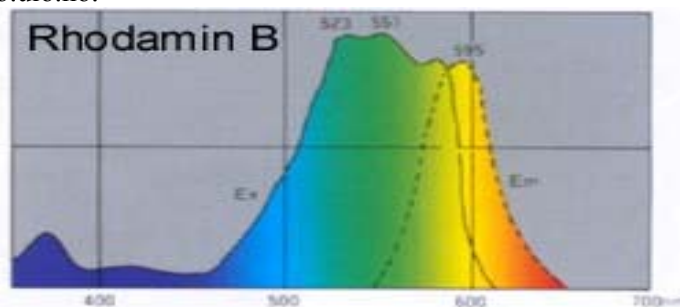
Rhodamin er eit fluorescerande stoff (fluorokrom), i slekt med mange andre tilsvarende syntetiske stoff (både organiske og uorganiske) slik som Fluorescein og Pyranine. Det er fleire typer Rhodamin, til dømes: Rhodamin red dye (brukt i dette prosjektet), sulphu-Rhodamin B, Rhodamin WT, Rhodamin-B, Rhodamin 6G og Rhodamin Green dye. Naturlige stoff, slik som klorofyll i fytoplankton (klorofyll-a) har også fluorescerande eigenskapar.

Fluorescensmolekyla er oftast polyaromatiske hydrokarbonar med den eigenskap at dei opptar energi i form av lys av i bestemt bølgjelengd (eksitasjon) og avgir automatisk energi med litt større bølgjelengd (emisjon).

Diagrammet under t.v. illustrerer dette, der  $h\nu_{EX}$  representerer energien frå lyset som eksisterer molekylet til  $S_1'$  fasen. Fase 2 er mellomtids og der noko energi går tapt p.g.a. vibrasjonar m.m. inntil molekylet når ein metastabil fase  $S_1$ . Etter kort tid vil så molekylet gå tilbake frå  $S_1$  til normaltstanden  $S_0$  ved å emittere energi  $h\nu_{EM}$  i form av lys som representerer ei litt lengre bølgjelengd enn  $h\nu_{EX}$ . Dette lyset kan så detekterast av ein eigna sensor (fluorometer) som absorberer energien på den aktuelle bølgjelengda. Figuren t.h. viser eksempel på spektra for tre ulike stoff, i dette tilfellet med ulik eksitasjon, men same emisjonsbølgjelengd.



Figurkjelde: [www.iob.uio.no](http://www.iob.uio.no).



Spekteret over, som er for Rhodamin B, syner at eksitasjonen ikkje nødvendigvis er svært tydelig definert. For deteksjon krevst det då eit smalt filter som fangar opp toppen på 595 nm i dette tilfellet. Rhodamin Red dye har liknande spekter, med eksitasjon maksimum på 570 nm og emisjon maksimum på 590 nm.

Måleinstrumentets fluorometer nyttar LED lampar for å eksitere sporstoffet. Det mottokne emiterte lyset går så gjennom eit filter og blir fanga opp av ei silisium fotodiode som genererer ei spenning proporsjonal til sporstoff-konsentrasjonen.





BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Plume-like motion in linear stratification with weak crossflow.

Zone of flow establishment: THETA= -4.91 SIGMA= 71.38  
 LE = 0.34 XE = 0.10 YE = 0.32 ZE = 1.97

Profile definitions:

B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory  
 S = hydrodynamic centerline dilution  
 C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	B
0.00	0.00	2.00	1.0	0.690E+03	0.17
0.10	0.32	1.97	1.0	0.690E+03	0.18
Minimum jet height has been reached.					
0.98	1.28	5.45	8.1	0.848E+02	0.50
2.06	1.49	9.20	22.5	0.306E+02	0.92
3.37	1.60	12.83	42.9	0.161E+02	1.38
4.95	1.67	16.39	69.7	0.990E+01	1.91
6.83	1.72	19.77	102.1	0.676E+01	2.52
9.15	1.77	22.89	136.1	0.507E+01	3.20
12.14	1.81	25.37	179.7	0.384E+01	4.16
Maximum jet height has been reached.					
15.86	1.86	26.13	206.4	0.334E+01	4.70
19.49	1.90	24.78	230.0	0.300E+01	4.77
22.78	1.93	22.75	272.4	0.253E+01	5.19

Terminal level in stratified ambient has been reached.  
 Cumulative travel time = 230. sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

BEGIN MOD136: TERMINAL LAYER IMPINGEMENT/UPSTREAM SPREADING

Vertical angle of layer/boundary impingement = -31.29 deg  
 Horizontal angle of layer/boundary impingement = 0.48 deg

UPSTREAM INTRUSION PROPERTIES:

Maximum elevation of jet/plume rise = 33.92 m  
 Layer thickness in impingement region = 9.28 m  
 Upstream intrusion length = 11.04 m  
 X-position of upstream stagnation point = 11.74 m  
 Thickness in intrusion region = 9.28 m  
 Half-width at downstream end = 21.71 m  
 Thickness at downstream end = 4.86 m

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B
22.78	1.93	22.75	272.4	0.253E+01	5.19

Profile definitions:

BV = top-hat thickness, measured vertically  
 BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction  
 ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)  
 ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)  
 S = hydrodynamic average (bulk) dilution  
 C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
11.74	1.93	22.75	9999.9	0.000E+00	0.00	0.00	22.75	22.75
12.18	1.93	22.75	1091.6	0.632E+00	2.32	3.07	23.91	21.59
14.32	1.93	22.75	454.4	0.152E+01	5.56	7.46	25.53	19.97
16.47	1.93	22.75	345.0	0.200E+01	7.33	10.09	26.41	19.09
18.61	1.93	22.75	299.1	0.231E+01	8.45	12.17	26.97	18.52
20.76	1.93	22.75	278.1	0.248E+01	9.09	13.94	27.29	18.21
22.91	1.93	22.75	272.4	0.253E+01	9.28	15.51	27.39	18.11
25.05	1.93	22.75	285.2	0.242E+01	8.57	16.93	27.03	18.46
27.20	1.93	22.75	310.8	0.222E+01	7.14	18.25	26.32	19.18
29.34	1.93	22.75	333.4	0.207E+01	5.88	19.47	25.69	19.81
31.49	1.93	22.75	345.7	0.200E+01	5.20	20.62	25.35	20.15
33.64	1.93	22.75	351.7	0.196E+01	4.86	21.71	25.18	20.32

Cumulative travel time = 447. sec



## Vedlegg C. Analyseresultata for fluor

**Resultat av analyser av vassprøvene hos NIVAs laboratorium. Prøvene merka 1-6 var tatt 7. oktober, resten den 8. oktober.**

Rekvisisjonsnr : **2008-02297** Mottatt dato : **20081015** Godkjent av : **EHA** Godkjent dato: **20081015**  
 Prosjektnr : **O 28356**  
 Kunde/Stikkord : **Rec ScanCell**  
 Kontaktp./Saksbeh. : **GOL**

Analysevariabel					F
Enhet ==>					µg/l
Metode ==>					C 4-3
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype	TESTNO	
1	20081008	Råvann 1	sjø	2008-02297	750000
2	20081008	Råvann 2	sjø	2008-02297	770000
3	20081008	1	sjø	2008-02297	1000
4	20081008	2	sjø	2008-02297	800
5	20081008	4	sjø	2008-02297	900
6	20081008	5	sjø	2008-02297	900
7	20081008	6	sjø	2008-02297	1000
8	20081008	7	sjø	2008-02297	1500
9	20081008	8	sjø	2008-02297	1500
10	20081008	9	sjø	2008-02297	1100
11	20081008	10	sjø	2008-02297	1100
12	20081008	11	sjø	2008-02297	900
13	20081008	12	sjø	2008-02297	1000
14	20081008	13	sjø	2008-02297	1000
15	20081008	14	sjø	2008-02297	800
16	20081008	15	sjø	2008-02297	800
17	20081008	16	sjø	2008-02297	800
18	20081008	17	sjø	2008-02297	800
19	20081008	18	sjø	2008-02297	800
20	20081008	19	sjø	2008-02297	1000
21	20081008	20	sjø	2008-02297	800
22	20081008	21	sjø	2008-02297	800
23	20081008	22	sjø	2008-02297	800
24	20081008	23	sjø	2008-02297	800
25	20081008	24	sjø	2008-02297	900
26	20081008	25	sjø	2008-02297	900
27	20081008	26	sjø	2008-02297	900
28	20081008	27	sjø	2008-02297	900
29	20081008	28	sjø	2008-02297	900
30	20081008	29	sjø	2008-02297	900
31	20081008	30	sjø	2008-02297	800
32	20081008	31	sjø	2008-02297	900
33	20081008	32	sjø	2008-02297	800
34	20081008	33	sjø	2008-02297	800
35	20081008	34	sjø	2008-02297	900
36	20081008	35	sjø	2008-02297	800
37	20081008	36	sjø	2008-02297	900

Rekvisisjonsnr : **2008-02297** Mottatt dato : **20081015** Godkjent av : **EHA** Godkjent dato: **20081015**  
 Prosjektnr : **O 28356**  
 Kunde/Stikkord : **Rec ScanCell**  
 Kontaktp./Saksbeh. : **GOL**

Analysevariabel					F
Enhet ==>					µg/l
Metode ==>					C 4-3
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype	TESTNO	
38	20081008	37	sjø	2008-02297	800
39	20081008	38	sjø	2008-02297	900
40	20081008	39	sjø	2008-02297	1100
41	20081008	40	sjø	2008-02297	1000
42	20081008	41	sjø	2008-02297	900
43	20081008	42	sjø	2008-02297	900

PrNr 1 NB! Råvannsprøvene kan inneholde spor ac HF Prøve 3 mangler  
 F resultatene er fortynnet 1:100 og 1:1000 pga prøvens matriks.Gjelder hele serien.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)