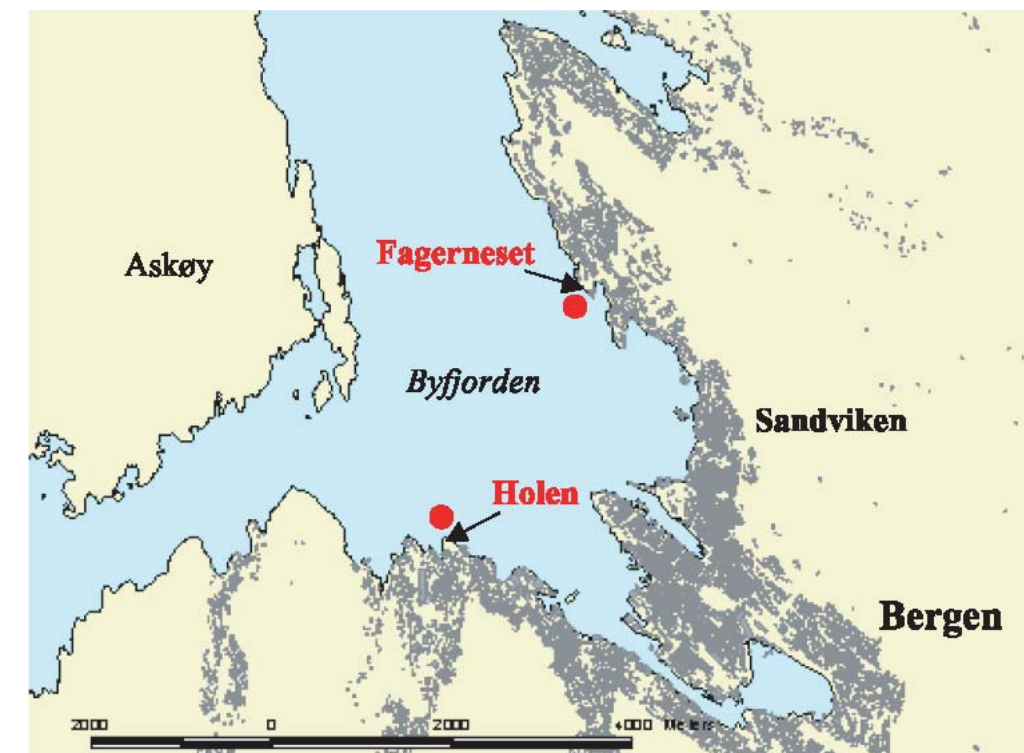




RAPPORT LNR 4760-2003

Bergen kommune
Utslepp Sentrum Syd-
Sentrum Nord

Kartlegging av spreining av
avlaupsvatn



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
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Utslepp frå Holen og Ytre Sandviken Renseanlegg i Bergen Kartlegging av spreining av avlaupsvatnet	Løpenr. (for bestilling) 4760-2003	Dato November 2004
	Prosjektnr. Undernr. 21911	Sider Pris 61
Forfatter(e) Lars G Golmen	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Bergen	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Bergen kommune, Tekniske Tjenester, Vann- og avløpsetaten, Postb. 7700, 5020 Bergen	Oppdragsreferanse Hogne Hjelle
---	-----------------------------------

Sammenheng Rapporten omhandlar resultat frå fem forsøk med dosering av sporstoff i avlaupa frå h.h.v. Holen RA og Ytre Sandviken RA med samtidig måling i fjorden. Dette gjekk føre seg i perioden mars-oktober 2003. Formålet med desse forsøka var å verifisere spreingsmønsteret for utsleppa og å sjå om der evt kunne vere samverknad melom dei. Resultata synte at utsleppa i det alt vesentlegaste innlagrar seg i djup mellom 15 og 25 m men at små fraksjonar av utsleppa til tider kan sporast på overflata. Det målte innlagringsdjupet harmonerer bra med teoretiske berekningar utført i design-perioden. Ved Fagerneset (utsleppspunkt for Ytre Sandviken) spreier avlaupsvatnet seg for det meste nordover, og kunne lett sporast 3-4 km frå utsleppspunktet. Ved Lyreneset (utslepp frå Holen RA) er dominerande spreingsretning mot NW, d.v.s. retning ut fjorden. Tidvis blei det observert høge konsentrasjonar av sporstoff inne i Simonsviken. Ved to høve blei det funne restar av sporstoff i Byfjorden frå doseringa dagen før, og ved eit høve fann vi restar av sporstoff frå Holen ved Fagerneset. Dette indikerer at utsleppa samverkar avogtil, men at dette ikkje gjenspeglar middeltilstanden.

Fire norske emneord 1. Bergen Byfjord 2. Kommunalt avløp 3. Spredningsforsøk 4. Avløpsdirektivet	Fire engelske emneord 1. The Byfjord, Bergen 2. Municipal outfall 3. Dispersion experiment 4. Water framework Directive
--	---



Lars G. Golmen
Prosjektleder



Dominique Durand
Forskningsleder



Jens Skei
Forskningsdirektør

Utslepp frå Hølen og Ytre Sandviken renseanlegg

i

Bergen

Kartlegging av spreining av avlaupsvatnet

Forord

Prosjektet kom i gang i februar 2003, etter innleiande diskusjonar mellom kommunen og NIVA sommaren/hausten 2002. Bakgrunnen var behovet for ein kartlegging og verifikasjon av spreinga av avlaupsvatn frå dei to store rensanlegga Holen RA og Ytre Sandviken RA. Dette var på førehand diskutert på møte i Rådgivende utvalg for Byfjordundersøkelsen, 19/6 2002.

Hogne Hjelle var kommunes kontaktperson og prosjektansvarlege. Vaktpersonellet ved rensanlegga, Oddvar Eide ved Ytre Sandviken RA og Vidar Onstad ved Holen RA bistod med assistanse og opplysningar om vassmengder m.m. Leon Pedersen frå Askøy stilte med M/S "SOLVIK" for kartlegginga til sjøs. Sissel Storebø frå Fylkesmannens Miljøvernavdeling deltok med stor entusiasme på toktet 16. mai.

Hos NIVA bidrog m.a. følgjande personar:

Arild Sundfjord:	Datainnsamling, EDB
Christine Olseng:	Datainnsamling
Henny Knutsen:	Økonomi, regnskap
Inge Døskeland:	Kart og GIS
Per Flood:	Undervanns video
Tom Chr. Mortensen:	Instrumentering

Takk til alle involverte.

Bergen, januar/april 2004

Lars G. Golmen

Innhald

Utslepp frå Holen og Ytre Sandviken Renseanlegg i Bergen	1 1
Samandrag	6
Report summary	8
1. Innleiing	9
1.1 Bakgrunn for prosjektet	9
1.2 Formål	9
1.2.1 Tidsplan	10
1.3 Byfjorden – kort om vasskvalitet og strømforhold	12
1.3.1 Strøm ved Laksevåg - Lyreneset	13
1.3.2 Strøm ved Sandviken-Fagernes	13
1.4 Utsleppa	14
1.5 Resipienteffekter - generelt	16
2. Måling av sporstoff; metodikk	17
2.1 Kalibrering	19
3. Dosering og måling	23
3.1 Dosering	23
3.2 Måling i sjøen ved utsleppa	24
3.3 Ekstra hydrografiske målingar	26
3.4 Strømmåling	28
3.5 Vertilhøva under tokta	28
3.6 Tidvatn	29
4. Resultat av sporstoffmålingane	30
4.1 Tokt nr 1, 27. februar, test-tokt	30
4.2 Tokt nr 2, 20. – 21. mars	30
4.3 Tokt nr 3, 15-16 mai.	34
4.4 Tokt nr 4, 30. juni- 1. juli	35
4.5 Tokt nr 5, 3.-6. oktober	36
4.6 Tokt nr 6, 27. – 28.-oktober	36
4.7 Horisontal-utbreiing	37
5. Resultat av andre registreringar	40
5.1 ADP strømmåling	40
5.2 Undervanns video	40
5.2.1 UV-Video opptak Holen v/UiB 19/12, 2002	40
5.3 Fugleansamling	42
5.4 Andre utslepp	43
6. Diskusjon og oppsummering	44
6.1 Vurdering av måleresultata	44

6.1.1 Innlagringsdjup	44
6.1.2 Fortynning og spreining	44
6.2 Spreiing vs. meteorologiske tilhøve	46
6.3 Spreining vs. tidvatn	46
6.4 Simonsviken	46
6.5 Litt generelt om Avløpsdirektivet og renskrav	47
6.5.1 PE og faktiske tilførsler	47
7. Referansar/litteratur	50
Vedlegg A. Hydrografiske profilar	53
Vedlegg B. Stasjonsplassering	57
Vedlegg C. Videoprofilering Holen 27. oktober 2003	60

Samandrag

Prosjektet hadde som føremål å kartlegge spreinga av avlaupsvatn frå utsleppa frå dei to kommunale renseanlegga Holen RA på Laksevåg og Ytre Sandviken RA i Bergen ved hjelp av sporstoff.

Bakgrunnen for dette var behovet for å verifisere/kontrollere tidlegare teoretiske berekningar utført i forkant av installasjon av avlaupsrøyra, og å få belyst i kva grad det kan vere interaksjon mellom dei to utsleppa (samverknad i resipienten). Granskingar av botnen i Simonsviken ved Laksevåg i 2000 avdekkja påverknad frå utsleppet frå Holen RA. Dette tilsa behov for ein nærmare vurdering av dette utsleppet, med sikte på å kunne foreslå evt. tilrå avbøtande tiltak slik som endring av utsleppsarrangementet.

Ved Sandviken var tilhøva antatt å vere tilfredsstillande men det blei likevel lagt inn parallelle sporstofforsøk der for å få verifisert tidlegare berekningar.

Det blei gjennomført i alt elleve dags-tokt i løpet av perioden februar-oktober 2003. Kjernen i programmet var dosering av sporstoff nedstrøms silane i renseanlegga med påfølgjande sondeprofilering rundt utsleppspunktet/punkta og logging av data og kring-informasjon. I alt blei det tatt ca 500 profiler. I tillegg blei det gjort andre observasjonar slik som vertikalprofilering med akustisk doppler strømmålar og videoopptak av partiklar med ein spesialrigg for videoprofilering.

Hovedresultat:

Opplegget med dosering og påfølgjande sporing fungerte teknisk sett bra og sporstoffet blei detektert i resipienten ved alle forsøka. Metoden er relativt kostnadseffektiv og vil lett kunne tilpassast tilsvarande kartlegging andre stader.

Avlaupsvatnet både frå Holen RA og Ytre Sandviken RA går ut gjennom diffusorsegment som ligg på botnen mellom 30 og 40 m djup. Avlaupsvatnet innlagrar seg i hovudsak i sjikt rundt 15-20 m, med tidvis opptrenging til ca 10 m djup i følgje dei nye målingane. Dette gjeld sjølve utsleppsvatnet som sporstoffet var oppløyst i, og i stor grad også den innlagra partikkelskya som var tydeleg begge stader, og særleg markert ved Laksevåg.

Spreiingsmønsteret ved Laksevåg er variabelt, med tidvis inntrenging av sporstoff (avlaupsvatn) i Simonsviken med til dels høge sporstoffkonsentrasjonar der. Ved eit høve blei det målt sporstoff 3-4 timar etter dosering ved Holen RA heilt ute ved Kvarven noko som tyder på tidvis kraftig vestgåande strøm forbi utsleppet og transport ut av Byfjorden.

Etter omstyring av utløpsslusene ved Holen RA i januar 2003 blei hovedstrømmen derfrå skifta frå å gå i vestre til austlegaste avlaupsrøyr, noko som sannsynlegvis har medført redusert påverknad i Simonsviken i høve til tidlegare. Vi registrerte likevel tidvis sporstoffinntrenging til Simonsviken etter denne omlegginga.

Ved Sandviken blei det i det alt vesentlegaste registrert dju innlagring og nordleg utbreiing av utsleppsvatnet, noko som harmonerer med resultat frå tidlegare strømmålingar der.

Ved eitt høve, 1. juli 2003, blei det dagen etter doseringsforsøket ved Holen RA registrert sporstoff i sjøen ved Fagerneset (Sandviken) før oppstart av dosering ved Sandviken RA. Dette indikerer at vatn tidvis kan spreie seg frå Laksevåg tvers over Byfjorden til Sandviken, men at dette skjer sjeldnare enn i 20% av tida.

Silane på dei to anlegga har 1 mm maskevidde. Dei nye registreringane tyder på at desse ikkje er 100% effektive. Det gjeld særleg for Holen RA, det opptrer ei tilsynelatande permanent innlagra partikkelsky over utsleppet ved Laksevåg. Ein mindre del av desse partiklane stig til overflata og trekk til seg fugl. Storleiken på desse lyse partiklane er typisk < 1 mm, men nokre opp til 2-3 mm. Dei opptrer for det meste som lagstrakte fnokkar eller strimlar. Mest sannsynleg er det tale om papir-restar som har trengt igjennom silane, evt kombinert med flak av lausrevne cyanobakteriar frå renseanlegget eller frå røyrveggane.

Det er spekulert på om partikkelskya kan bli halden i sjakk over eller nær utsleppet p.g.a. den dynamikken som utsleppet av avlaupsvatn skaper (entrainment, horisontal konvergens).

Report summary

Title: Mapping of the dispersion of the discharges from the Holen and Ytre Sandviken sewage treatment plants in Bergen.

Year: 2004

Author: Lars G Golmen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4435-2

There are two major sewage treatment plants covering the central parts of Bergen city; Holen and Ytre Sandviken treatment plants. Holen has a design capacity of 100.000 pe and Ytre Sandviken 35.000 pe. This is about 50% of the total load in Bergen – other plants discharge to other fjord areas than the Byfjord. The two plants discharge their effluents to the Byfjord via to or three separate 500 m.m. pipelines to about 40 m depth. Diffusers, each 41 m long with 10 ports at the end of each pipeline provide enhanced dilution of the discharges.

As part of the monitoring and reporting procedures, the city municipality wanted to conduct a field exercise to study the spreading and dissipation of the discharged water. The Norwegian Institute for Water Research (NIVA) was rewarded this project in early 2003. The background was some suspicion that the performance of the discharge at Holen was less than optimal, with signs of local bottom contamination. In order to study this and other aspects, a series of dye tracer experiments at each discharge was performed during the period February – October, 2003. The core of the experiments was to add a certain amount of fluorescent Rhodamine dye to the effluent water with subsequent measurements of the discharge plume in the fjord by using an STD probe with a Seapoint Rhodamine sensor. The data and results are dealt with in the present report.

Main results:

The procedure to insert the dye in the discharge water and measure the diluted dye worked well, and the plume was easily detected by the sensor during every experiment.

The discharge plumes from Holen and Ytre Sandviken WTPs exiting at 30-40 m depth are interleaving the water column usually between 15-20 m depth, with occasional rise to 10 m depth. This also is the case for the bulk of the semi-permanent cloud of minute particles that accompanied the plume, especially at Holen.

The dispersion pattern of the Holen discharge was variable, with occasional intrusion into the bay Simonsviken, while at other times discharge water was detected at Kvarven, ca 1.5 km to the NW only 3-4 hours after adding the dye.

Up until January 2003 the westernmost pipeline from Holen carried most of the discharge there. As this was the pipeline lying closest to Simonsviken, the sluice gate arrangement that divides the flow stream was rearranged to put the primary load on the easternmost pipeline. It is expected that this shift removed some of the impact on Simonsviken, but not completely as we still at times detected some dye there.

At Ytre Sandviken the interleaving plume usually advected northwards, which is in harmony with previous current measurements and model studies.

On one occasion, on 1. July, some dye from Holen was detected the following day near the Ytre Sandviken discharge. This seems to document that highly diluted discharge from one location can interfere with the other location, but that this happens only intermittently, estimated at much less than 20% of the time.

The interleaving particle cloud above the Holen discharge seems to be a fairly permanent feature. Some particles tend to rise to the very surface, attracting sea gulls and ducks that feed on them. It was anticipated that the particles are floculates from paper residuals etc that has passed the 1 mm screens at the WTP. The plume attracts and entrains a significant amount of neighbouring recipient water during the primary dilution stage. It is speculated whether this artificial convergence is a mechanism to keep the particle cloud in position.

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Bergen kommune gjennomførte på 1990-talet omfattande sanering av avløp i dei sentrale byområda. Holen renseanlegg (RA) på Ytre Laksevåg blei tatt i bruk våren 1997, og motsvarar avløp på 100.000 pe. Renseanlegget i Breiviken (Ytre Sandviken RA) blei opna i mai 1999 og motsvarar ca 35.000 pe. Frå begge renseanlegga går det utslepp til fjorden utanfor, på ca 40 m djup.

Prøver og målingar i sjøen og av botnen i nærleiken av utsleppet på Laksevåg (Lyreneset) i samband med "Byfjordundersøkelsen" i 2000 (UiB) avdekkja sannsynleg påverknad frå utsleppet der, særlig inne i Simonsviken/Nygårdsviken (Botnen m fl. 2001). Det har også vore registrert ein del fugleansamling (måse) over dette utsleppet, noko som også kan ha uheldige miljøkonsekvensar (smittfare/hygieneproblem- sjå t.d. Ferns og Mudge 2000).

Desse problema blei diskutert på møtet i Rådgivende utvalg for Byfjordundersøkelsen 19/6 2002, og seinare i møte mellom VA etaten v/Hogne Hjelle og NIVA 15/7 2002. Kommunen framsette så ønske om å få gjennomført ein nærmare kartlegging av spreing av avlaupsvatnet ved Laksevåg/Lyreneset med tanke på å finne tiltak som kan redusere eller heilt eliminere den lokale påverknaden. Samstundes ønska kommunen ein tilsvarande kartlegging ved utsleppet frå Ytre Sandviken RA sjølv om det på dette tidspunktet ikkje var rapportert om lokale effekter. UiB har nyleg rapportert om at prøvene frå 2002 syner visse effekter på lokal botnfauna også der- og at det både ved Lyreneset og Fagerneset er teikn til høgare næringssaltkonsentrasjonar i sjøen nær utsleppa i høve til bakgrunnskonsentrasjon (Botnen m. fl. 2003).

Ved å kartlegge spreingstilhøva ved begge utsleppa kunne ein også i teorien få informasjon om det kan vere resipientmessig samverknad mellom dei to hovudutsleppa til Byfjorden.

Figur 1 illustrerer skjematisk dei viktigaste del-elementa i prosjektet.

1.2 Formål

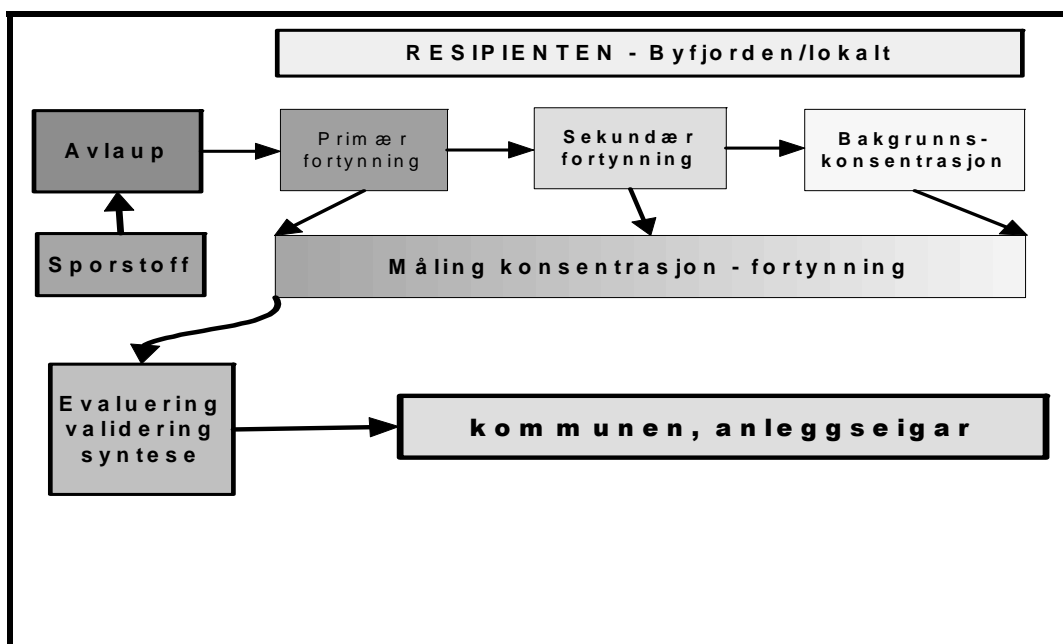
Prosjektet hadde konkret målsetting om å kartlegge utbreiinga av avlaupsvatn frå dei to renseanlegga Holen (Lyreneset - Laksevåg) og Ytre Sandviken (Breiviken – Fagerneset). Herunder verifisere tidlegare teoretiske berekningar om innlagringsdjup m.m. Dette skulle skje først og fremst ved hjelp av sporstoff som på førehand var dosert inn i avlaupsvatnet nedstrøms silanlegga.

I tillegg til sporstoff skulle andre metoder slik som akustisk doppler strømmålar og undevanns videokamera nyttast for å skaffe tilleggsdata om partiklar etc.

Eit viktig moment å få vurdert for avlaupet frå Holen RA var påverknaden i Simonsviken, og kva tiltak ein evt kunne foreslå for å redusere eller fjerne denne.

Sekundært var spørsmålet om det kan vere samverknad mellom dei to utsleppa (Holen og Sandviken); dette er ein meir kompleks problemstilling som prosjektet ikkje var fullt ut dimensjonert for å ivareta men som ville kunne gje nokre svar i tilknytting til dette.

I botnen for vurderingane ligg EU sitt avløpsdirektiv og rensekrava som er innført i Norge på bakgrunn av dette. Bergen kommunes avløp til sjølve Byfjordbassenget (**Figur 2**) er forutsatt å ligge under den tekniske grenseverdien på 150.000 pe som regulerer rensekrava. På bakgrunn av dette og fjordens antatt gode resipientkapasitet ønskjer kommunen å søke om dispensasjon frå kravet om sekundær-rensing.



Figur 1. Skisse av ulike element og aktivitetar i det foreliggende prosjektet.

1.2.1 Tidsplan

Prosjektet var foreslått å gå over 11 månader (**Tabell 1**), dels fordi det ville ta tid både til å mobilisere i starten og rapportere på slutten, og dels fordi det var interesse for å få med ulike situasjonar for vassmengder, vind, sjikting etc. Det var lagt opp til fem tokt med varierende innhald – alle med sporstoffdosering og måling. I tillegg var det lagt inn eit test-tokt i oppstartsfasen.

Prosjektavtalen med kommunen blei datert 28. januar 2003, og prosjektet starta opp i februar. Feltarbeidet gjekk i store trekk etter programmet. Alle planlagte tokt blei gjennomførte.

Tabell 1. Tidsplan for prosjektet, i h.h.t. prosjektforslaget (NIVA 2002).

Tentativ tidsplan, Mnd etter aksept/tinging av oppdrag frå kommunen

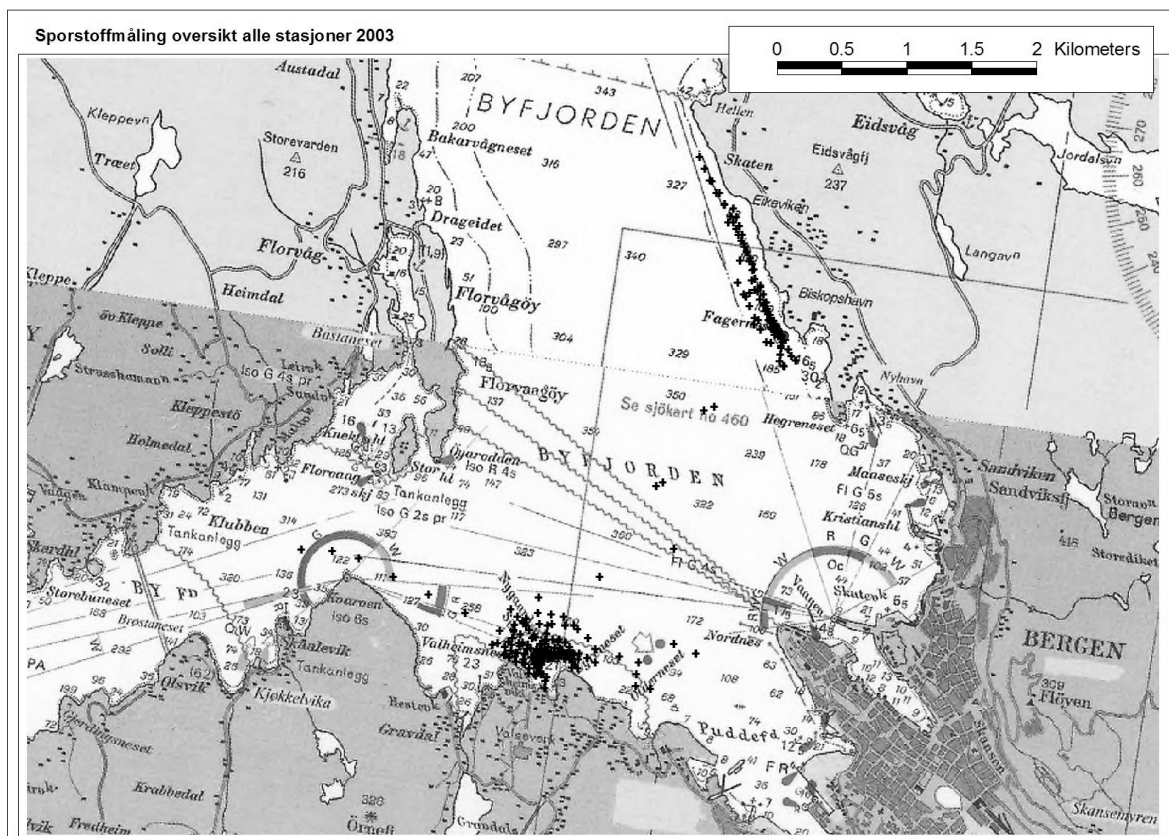
Aktivitet	Mnd->	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Revidert prosjektforslag til komm		X										
Aksept /kickoff m/møte		X										
1. Synfaring til renseanlegga			X									
2. Detaljplanlegging, design			X									
3. Test-tokt			X									
4. Regulære tokt/eksperiment				X	X		X		X		X	
5. ADP profilering					X		X		X			
6. Video-profilering			X	X	X		X		X		X	
7. Analyser og oppsummering				-----								
8. rapportutkast og evt møte											X	
9. Sluttrapport												X
10. Spinoff, evt vidare arbeid												▶▶



Figur 2. Kart over Byfjorden med avlaupspunkta frå Holen og Ytre Sandviken renseanlegg. Kartet syner også andre større utslepp/bidrag til sjøområdet. Grensene for Byfjorden en i h.h.t. definisjon av Lilletvedt (1994). Total sett mottar det skraverte området utslepp tilsvarande ca 175.000 pe, men deler av desse tilførsleane ligg utanfor det sentrale Byfjordbassenget.

1.3 Byfjorden – kort om vasskvalitet og strømforhold

Dei sentrale delene av Byfjorden er djupe og er rekna å ha god vassutskifting i høve til dei aktuelle tilførslene. Største djup er på ca 350 m (Figur 3). Sirkulasjonsmønsteret er ikkje kartlagt i detalj men er gitt ein generell omtale av bl.a. Helle (1975, 1978), Lilletvedt (1994) og Hageberg (2001) der det også er referert til granskningar tilbake til 1909 supplert med sporadiske målingar seinare. Generelt kan tidevatn, vind og brakkvasstilførsler frå fjordane lenger inne vurderast som dei viktigaste strømningsgenererande faktorane. Desse vil også påverke tilhøva ved ei to nye utsleppsstadene, som for øvrig har vore gjenstand for meir detaljerte målingar.



Figur 3. Utdrag av sjøkart nr 23, med sentrale deler av Byfjorden. Dei to svarte punktstyene representerer posisjonane for ein del av målestasjonane for sporstoff i 2003 (svarte kryss).

Universitetet i Bergen gjennomfører løpande overvaking av vasskvaliteten m.a. med faste stasjonar i fleire posisjonar i "område IV" - Byfjorden m/ Bergen hamn. Siste foreliggende rapport er for prøvetakinga i 2002 (Botnen m. fl. 2003). Vasskvaliteten har generelt sett vore god eller tilfredsstillande, men i siste rapport er det gitt atterhald m.o.t. næringssaltkonsentrasjonar nær utsleppa frå Holen og Ytre Sandviken RA. I det siste er det også tatt botnprøver i nærleiken av desse to utløpspunkta. Kartlegginga i 2000 synte negativ botnpåverknad i Simonsviken (Botnen m. fl. 2001), og prøvene frå 2002 indikere også ein viss påverknad ved Fagerneset (Botnen m. fl. 2003). For verdiar av bakterieprøver av overflatevatnet nær dei to nye utsleppa kan ein ane ein tendens til auke etter 1997 d.v.s. sidan utsleppa blei etablert, spesielt ved Fagerneset, sjølv om dette ikkje er tydeleg (Botnen m. fl. 2002, s 43, Botnen m. fl. 2003, s 67).

Ved Geofysisk institutt blei det på slutten av 1990-talet satt opp ein fysisk modell (ROMEO; roterande bord) for Byfjorden (Hageberg 2001). Forsøka synte vesentlegast nordgåande strøm langs Sandviken

og nordover, og ein sørgående strøm langs austsida av Askøy. Nord for Laksevågneset var det ein hyppig forekomande virvel.

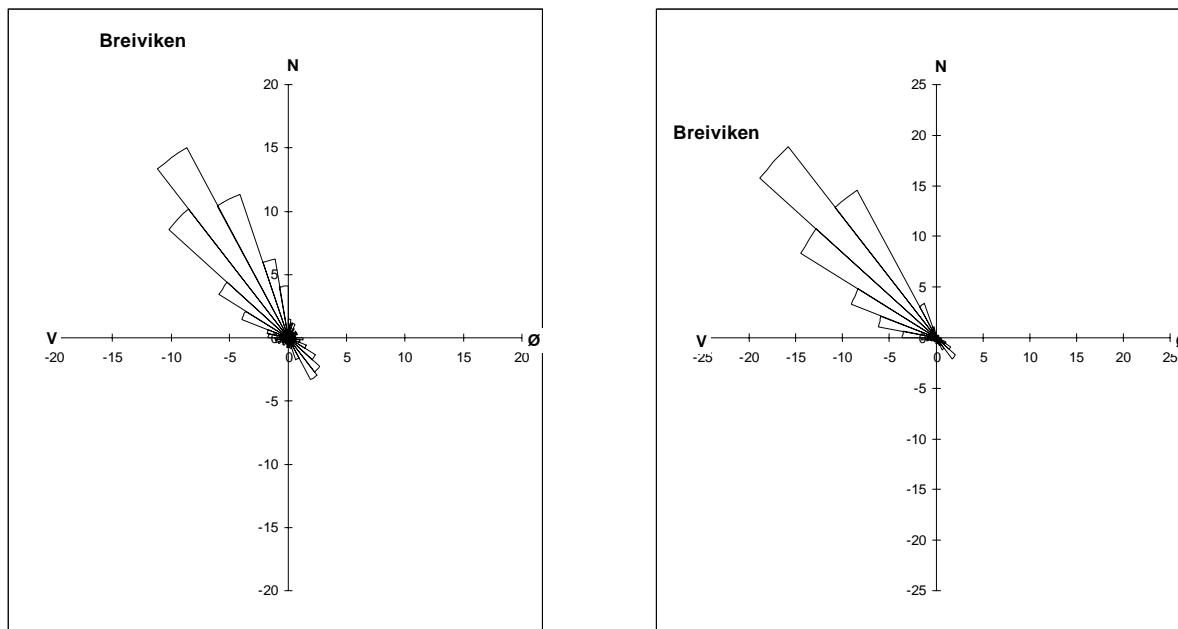
1.3.1 Strøm ved Laksevåg - Lyreneset

SINTEF NHL utførte strømmåling i to posisjonar ved Laksevåg/Lyreneset i mai – september 1991 (Eidnes 1991). Måledjupa var 5 m, 7 m og 15 m. Strømkors-observasjonane i tilknytting til målingane synte strømfart i området 5-20 cm/s, med tendens til utgåande (mot NW) strøm på fallande sjø i 10-15 m djup, og innoverretta (mot SE) på fløande sjø. Strømmen i 15 m djup snur innover 1,5 time før lågvatn, og utover 45 min før høgvatn, m.a.o. strømmen ligg litt "foran" flo/fjøre. Tidvatnet har størst innverknad i 15 m djup, mindre nærare overflata. Perioder med inngåande strøm i 15 m djup varer som oftast kort, 1-2 timar, og det totale innslaget i målingane av vedvarande innoverretta strøm var lite. Dette tilsa at i sbm sporstoff-forsøket er det viktig med ein god strategi for utoverretta strøm.

Universitetet i Bergen utførte strømmålingar i to posisjonar ved Lyreneset i mai 2001 og februar-mars 2002 (Gade 2002). Måledjupa var 9/10 m og 21/25 m. Målingane direkte over avløpet frå Holen (stasjon MII mellom avløp nr II og III –rør h.h.v. i midten og vestlegast) synte overvekt av strøm mot S/SE (vektormiddel), særleg i 21/25 m, men det var også vesentlig innslag av strøm inn mot land (retn 240°). Målingane i 25 m kan ha blitt påverka av ein le-effekt av Lyrenesryggen for vestgåande strøm (lite målingar med denne retningen). Meteorologiske faktorar vart for øvrig tillagt større vekt enn tidevatnet når det gjeld vassutskiftinga lokalt.

1.3.2 Strøm ved Sandviken-Fagernes

NIVA utførte måling av strøm ved Fagerneset, 10 og 20 m djup, i oktober 1994 og februar-mars, 1995. Hovedstrømretninga var mot nord/nordvest, med kun få innslag av sørgående strøm (**Figur 4**). Strømfarten i 10 m djup var typisk 2 x verdiane i 20 m. Oktober hadde sterkare strøm enn februar-mars.



Figur 4. Statistiske resultat (fluksfordeling) for strømmålingane ved Fagernes i oktober 1994. T.v.: for 10 m djup, t.h. for målingane i 20 m djup. Eining på aksene er cm/s. Strømretning mot NV dominerte.

Tabell 2. Nokre resultat frå strømmålingane ved Fagerneset i 1994-1995 (frå Golmen m. fl. 1995).

Måledjup	Oktober 1994		febr-mars 1995	
	middelverdi	Max. verdi	middelverdi	max verdi
10 m	14 cm/s	51 cm/s	4,7 cm/s	22 cm/s
20 m	6,7 cm/s	29 cm/s	2,6 cm/s	12 cm/s

1.4 Utsleppa

Begge utsleppa har eit ca 40 m lang diffusorsegment i enden av utløpsrøyra. Nedre (ytre) ende av diffusor ligg på ca 40 m djup, ca 100 m frå land. Diffusorane har 10 hol (diameter 14 cm) med 3 m avstand, vekselvis på høgre og venstre side av segmentet. Det er også ein opning i enden. Diffusorsegmenta har diameter 630 mm/582 mm (utvendig/innvendig).

Ved Laksevåg ligg det tre separate leidningar (PE-røyr - **Figur 6**), samt eit overløp inne ved land på ca 10 m djup. Rørdiameteren er oppgitt til 500 mm innvendig, 630 mm utvendig. Desse røyra blei videofotografert i desember 2002 av UiB og ser ut til å ligge bra (omtale av dette i avsnitt 5.2.2.).

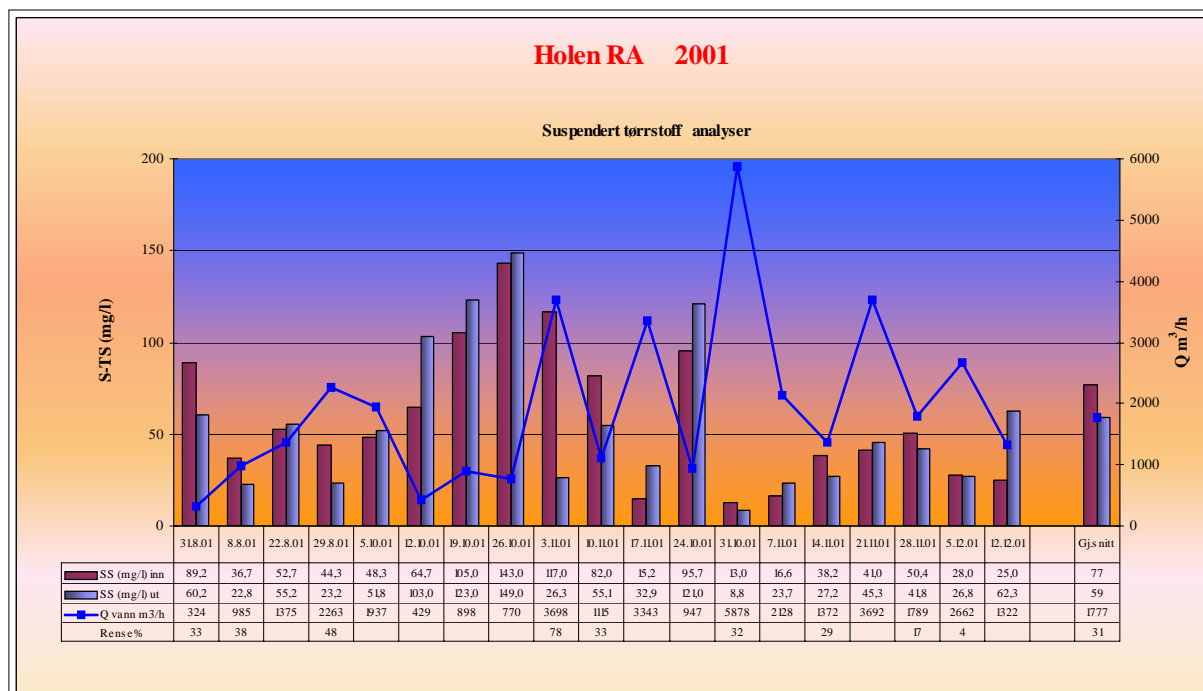
Ved Sandviken er det to leidningar av same type som ved Holen, med diffusorar.

Utsleppsfluksen både ved Laksevåg og Sandviken varierer over tid, i takt med vassforbruk og nedbør. Holen renseanlegg (Laksevåg) er dimensjonert for 2.400 l/s, tilsvarande 10 x tørrverstilførsel. Fluksen kan gå ned under 100 l/s i perioder med lite forbruk kombinert med tørrvêr. For Sandviken kan ein rekne med om lag same forholdstall, men mindre verdiar (ca 1/2 i høve til Holen).

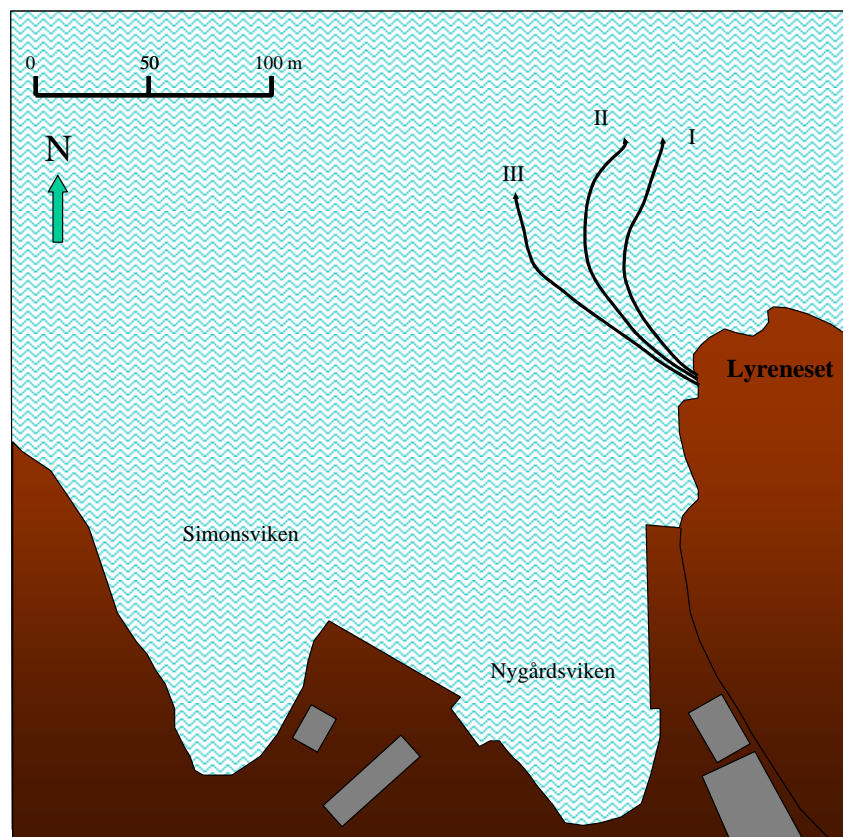
Middelverdi for målt vassfluks i år 2000 var ca 500 l/s (1.800 m³/h) ved Holen, og 300 l/s (1.100 m³/h) ved Ytre Sandviken RA.

For oppfølging/kontroll av rensing og avløp utfører kommunen målingar av suspendert tørstoff og BOF₅ i anlegga (inn – ut) ein gong pr veke i h.h.t. utsleppsløyvet. Målingane (Holen 2001 - **Figur 5**) synte ein klar samanheng mellom vassfluks og tørrstoff-konsentrasjon; stor vassfluks gir liten konsentrasjon i avlaupet, og omvendt. Vassfluksen (målingane) synte markert variasjon frå dag til dag, særleg om hausten.

Vassføringa blir registrert fortløpande og kalibrerte data blir lagra på kommunens datasystem. Det er dermed mogleg å få ut tal for dette både i sanntid og i ettertid. Sjølve målingane skjer ut frå nivået i ei såkalla Parshall renne der vatnet strøymar forbi eit parti med innsnevring og fordjuping i renna som forårsakar kritisk strømnig (Brière 1999). Overflatenivået blir avlest og automatisk omrekna til vassfluks.



Figur 5. Resultat av analyser for suspendert stoff ved Holen rensanlegg, h.h.v. før og etter silrening, 2001. Vassmengder på dagen for prøvetakinga er også gitt (heiltrekt kurve). Kjelde: Bergen kommune.

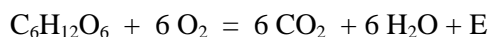


Figur 6. Kartskisse over avløpa frå Holen RA. Kvart avløp har eit diffusorsegment med 10 portar samt opning i enden. Diffusorsegmentet er 41 m langt, og strekkjer seg frå ca 30 m til 40 m djup. (Rekonstruert etter Bergen kommune/Asplan-Viak, teikning/kart 27.01.1998.)

1.5 Resipienteffekter - generelt

Tilførsler av organisk stoff og næringssalt gjennom avlaupa frå eit kommunalt rensanlegg vil medføre eit vist oksygenforbruk i resipienten. Når det gjeld anlegga ved Byfjorden i Bergen har den løpande overvakinga i regi av UiB imidlertid synt tilfredsstillande oksygentilhøve. Helle (1978) diskuterte målingar av oksygen i djupvatnet og i midlare sjikt i Byfjorden, og fann at det i samband med større utskiftingar (typisk på vårparten) kan opptre eit oksygenminimum i øvre lag, som kan vedvare til utover i mai.

Tilførsleane av organisk stoff som TOC vil umiddelbart bli gjenstand for nedbryting/mineralisering. Sluttproduktet av nedbrytinga av organisk stoff er CO₂. Dei organiske stoffa som er lettast tilgjengelig for biologisk nedbryting er stivelse/sukker, fettstoffer og protein. Ved tilgang på oksygen i sjøen blir desse stoffa forbrent av mikroorganismar under forbruk av oksygenet (aerob prosess). Sluttprodukta er CO₂ og vatn, samt energi:



Denne prosessen kan skje i alle delar av vassøyla, og i sedimentet. Eit kommunalt avlaup representerer såleis i siste instans eit utslepp av CO₂ til sjøen.

Nitrogen og fosfor i utsleppet kan bidra til stimulert primærproduksjon, m.a.o. algeproduksjon. Dette forutset at utsleppsvatnet innlagrar seg innafor rekkevidde av sollyset (typisk ned til max 15-25 m djup). Urensa bidrag frå 1 PE kan teoretisk medføre slik sekundæreffekt på opp til 900 g TOC (alger)/dag, som motsvarar eit oksygenforbruk på 1 kg O₂ pr dag, pr PE (som COD).

I praksis er nok denne sekundæreffekten mindre, rundt 300-600 g org. stoff som kan bli tilgjengelig for O₂ forbruk, men kan likevel under gjevne omstende bidra med 5-10 gonger det primære oksygenforbruket frå utsleppsvatnet (Källqvist et al. 2002) i ein resipient med lite sirkulasjon.

Med den utskiftinga som ein kan forvente i Byfjorden, vil evt. merkbare negative effektar frå kommunale utslepp sannsynlegvis vere av lokal karakter, begrensa til nærområdet rundt utsleppa (jamfør med dei påviste effektane på botnen i Simonsviken). Dette inkluderer effektar av partiklar og evt smittestoff.

2. Måling av sporstoff; metodikk

Sporstoffmåling har stått sentralt i prosjektet. Vi nytta Rhodamin-B fluoriserande fargestoff (miljøvennleg, nedbrytbart) som før/under kvar måleserie blei dosert ut i utløpsrennene i renseanlegga. Produktnamnet er Methic Red B Liquid. Rhodamin gir ein raudleg farge på vatnet sjølv ved svært høg fortynning. Rhodaminsensoren kan detektere ved langt høgare fortynning enn dette.

Doseringa i renseanlegga bestod av tilsetjing av konsentrert Rhodamin i stamp på 40 liter ferskvatn, motsvarande 1:100 fortynning. Denne fortynninga blei så pumpa ned i renna via slange med jamn fart til det utstrøymande avlaupsvatnet. Dette blei gjort i to omgangar, og det heile føregjekk i ca 40 minutt, med eit kort opphald midtvegs. Pumperaten motsvara dermed ca 2 l/min.

Med aktuell vassfluks i avløpa på typisk 100 x denne pumperaten, vart den aktuelle sporstoff-konsentrasjonen i utløpa til sjø av storleiksorden 10^{-4} – 10^{-5} som ligg godt innafor det målbare for den aktuelle sporstoff-sensoren.



Figur 7. Dosering av sportstoff i utløpsrenna (Parshallrenna) ved Ytre Sandviken RA (raudfargen kan skimtast nederst i renna).

Etter dosering blei - kort fortalt- utsleppsskya kartlagt frå båt med ein nedsenkbar STD sonde (**Figur 8**) påmontert rhodamin sensor (merke Seapoint SRF). Denne sensoren kan måle på konsentrasjonar ned mot $0.02 \mu\text{g/l}$ (tilsv. ca 10^{-10} konsentrasjon). **Tabell 3** gir tekniske data for sensoren.

Det praktiske opplegget bestod i å ta hyppige profilar frå båt under og etter rhodamindoseringa, med sanntids avlesing av konsentrasjon på PC-skjerm om bord. Ut frå målte konsentrasjonar i høve til avstand/retning frå utsleppet kunne ein følge skya nedstrøms, til sides etc.



Figur 8. SAIV SD202 med sensorar, samt Seabird SBE-19 STD hengande under i samband med interkalibering.

Tabell 3. Spesifikasjonar for Seapoint Rhodaminsensor.

Specifications			
w Power Requirements	8-20 VDC, 15mA avg., 27mA pk.		
w Output	0-5.0 VDC		
w Output Time Constant	0.1 sec.		
w Excitation Wavelength	470 nm CWL, 30 nm FWHM		
w Emission Wavelength	685 nm CWL, 30 nm FWHM		
w Sensing Volume	340 mm ³		
w Minimum Detectable Level	0.02 µg/l		
w Sensitivity/Range	<u>Gain</u>	<u>Sensitivity, V/(µg/l)</u>	<u>Range, µg/l</u>
	30x	1.0	5
	10x	0.33	15
	3x	0.1	50
	1x	0.033	150
w Depth Capability	6000 m (19,685 ft)		
w Weight (dry)	850 g (1.9 lbs)		
w Operating Temp.	0°C to 65°C (32°F to 149°F)		
w Material	ABS Plastic		
w Underwater Connector	Impulse AG-306/206 (others available on request)		

2.1 Kalibrering

Under vegs i prosjektet blei det gjort test av Seapoint sensoren mot kjent konsentrasjon av Rhodamin. Kjent mengde sportstoff blei dosert ut med pipette i 40 l sjøvatn, slik at konsentrasjonen gradvis auka. Sonden blei lagt i dette badet, med logging via kabel til PC (sjå **Figur 9**). Før oppstart av desse kalibreringane blei det gjort måling med SAIV sonden i sjøen for å sjekke bakgrunnsverdien, denne låg stabilt under heile prosjektet på rundt 0.06-0.10 ("µg/l") for Rhodamin (**Tabell 4**).

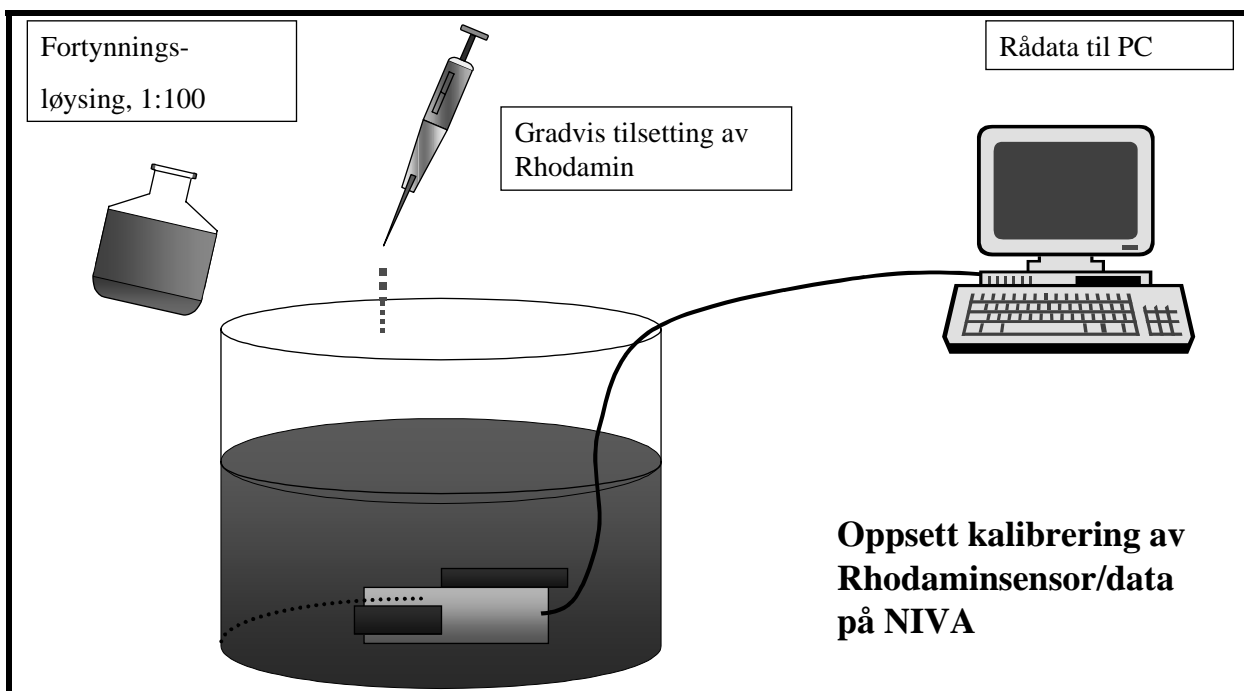
Svært små mengder sporstoff skulle til for å få sonden til å gi utslag. Tilsetning byrja med 0.5 µg tilsatt i 40 l, dette ga 0.30 i rhodaminverdi. **Tabell 5** syner ein kalibreringsserie. Lystilgangen blei begrensa til eit minimum for å hindre evt feilkjelde i tilknytning til dette, sjølv om lys normalt ikkje skal påverke denne sensoren.

Etter avslutting lot vi blandinga stå nokre dagar, og foretok ny avlesing for å sjå om der kunne vere endring i målt verdi t.d. på grunn av degradering av sporstoffet. Avlest verdi heldt seg tilnærma konstant gjennom denne ekstra kontrollen.

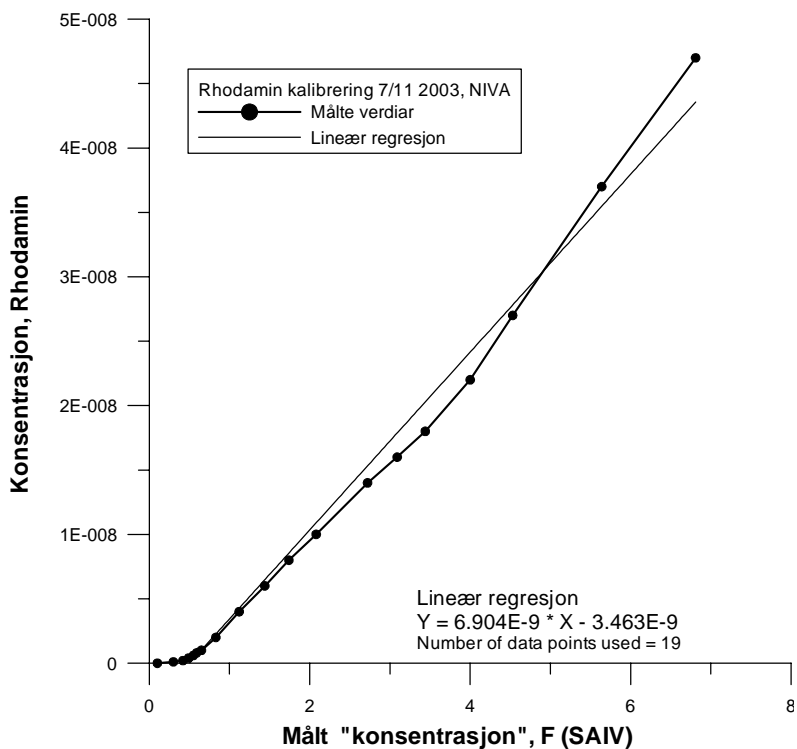
Vi har satt opp nokre kalibreringskurver basert på desse testane. **Figur 10** syner kurve for målt konsentrasjon mellom 0 og 8 µg/l, motsvarande faktisk (berekna) konsentrasjon mellom 0 og 0.5×10^{-7} .

Ved nokre høve tilsatte vi så mykje Rhodamin at sensoren gjekk over max range på 75 µg/l – så høge sporstoffkonsentrasjonar vart ikkje målt på noko av tokta, det maksimalt målte var 12 µg/l (kun ved eitt tilfelle under toktet ved Laksevåg i juni). Ellers låg max verdiane vanlegvis under 2 µg/l. Difor var det mest interessant å fokusere kalibreringa på målingar i intervallet 0

(d.v.s. avlest sondeverdi < 0.10) og 2 µg/l. **Figur 11** og **Figur 12** syner kalibreringsresultat for to ulike intervall. h.h.v. for 0-2.4 µg/l målt, og 0-0.6 µg/l målt rhodamin.



Figur 9. Oppsett for kalibrering av sportstoff-sensoren.



Figur 10. Kalibreringskurve for alle verdiane.

Tabell 4. Profil med SAIV sonden ved Nordnes 7. november 2003 kl. 10:25. Records # 408 – 450 (bakgrunns-måling).

Rec #	Djup (m)	Salinitet	Temperatur, °C	Turb* -FTU	F (Rhodamin)**
421-423	0	30.7	10.2	0.24	0.10
425-426	0.5	31.5	10.4	0.24	0.10
428-429	1	31.5	10.4	0.23	0.10
433-435	2	31.8	10.5	0.27	0.10
437-438	3	31.8	10.5	(62 – kontam.)	0.10

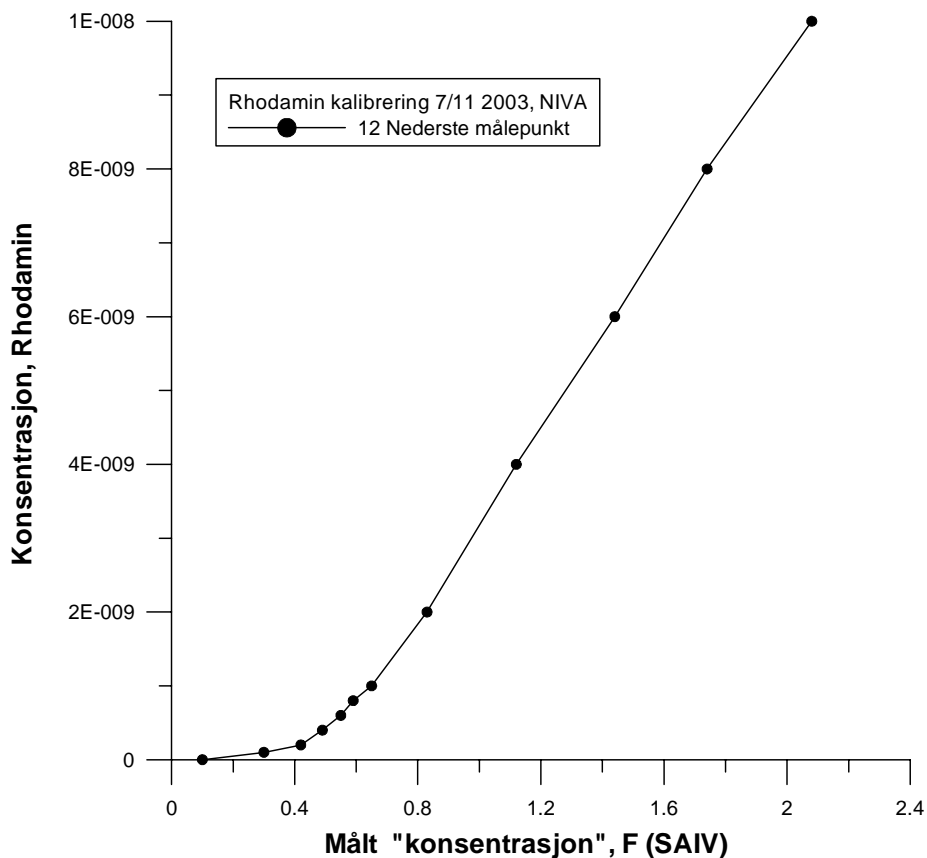
Tabell 5. Resultat av kalibrering i 40 liter sjøvattn. Tilsetning av startfortynning Rhodamin, 1:100,

SAIV SD202 nr 35	Salinitet	Temperatur	Turb*	F (Rhodamin)**
Start kl 10:28 før tilsetning	31.90	10.25	0.46	0.10

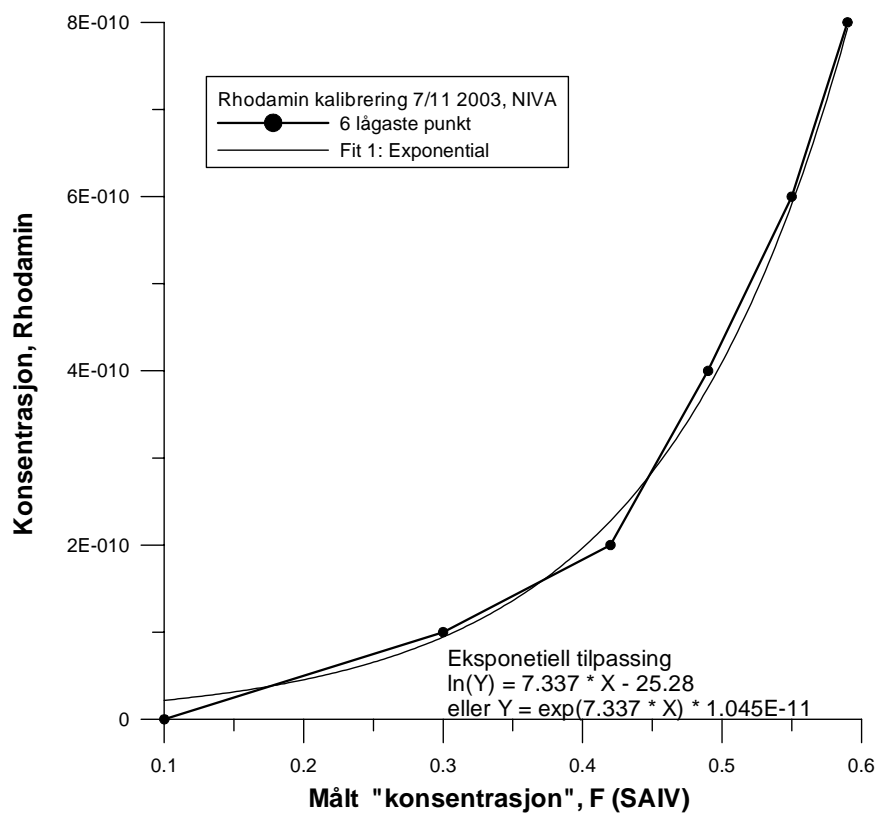
*) Korrekt avlesing avh. av at sonden er vertikal.

Kons	Tilsatt til 40 l		SAIV Målt (dt = 5 sekund)		
	[µl]	sum [µl]	F**	STD reg #	kommentar
1.0 x 10-10	0.4	0.4	0.30	555-578	
2 x 10-10	+0.4	0.8	0.42	579-	
4 x 10-10	+0.8	1.6	0.49	600-	
6 x 10-10	+0.8	2.4	0.55	622-	
8 x 10-10	+0.8	3.2	0.59	638-	
1.0 x 10-9	+0.8	4	0.65	655-	
2 x 10-9	+4	8	0.83	673-	
4 x 10-9	+8	16	1.12	695-	
6 x 10-9	+8	24	1.44	711-	
8 x 10-9	+8	32	1.74	730-	
1.0 x 10-8	+8	40	2.08	750-	
1.2x10-8	+8	48	2.41	770-	
1.4x10-8	+8	56	2.72	786-	
1.6x10-8	+8	64	3.09	800-	
1.8x10-8	+8	72	3.44	815-	
2.2x10-8	+16	88	4.00	831-	
2.7x10-8	+16	106	4.53	847-	
3.7x10-8	+40	146	5.64	860-	
4.7x10-8	+40	186	6.81	876-	

**) F-range: 0-75



Figur 11. Kalibrering med dei 12 lågaste konsentrasjonane.



Figur 12. Kalibrering med kun dei 6 lågaste konsentrasjonane.

3. Dosering og måling

3.1 Dosering

Tabell 6. Oversyn over datoar for sporstoff-forsøk med samsvarande vassfluks frå renseanlegga. Tokt nr 1 var prøvetokt, uten sporstoffdosering. Pilene indikerer retning av endring under doseringa.

Tokt nr	Dato, 2003		Vassmengder ut under dosering	
	Holen RA	Sandviken RA	Holen RA	Sandviken RA
1	27. februar	27. februar	170-245 l/s (ingen dosering)	180 l/s (ingen dosering)
2	20. mars	21. mars	340 l/s	70 → 130 l/s
3	15. mai	16. mai	550 → 670 l/s	150 - 170 l/s **
4	30. juni	1. juli	640 → 560 l/s*	210 → 255 l/s
5	3. oktober	6. oktober	1.980 → 1.840 l/s	395 l/s
6	27. oktober	28. oktober	150 → 300 l/s***	670 l/s

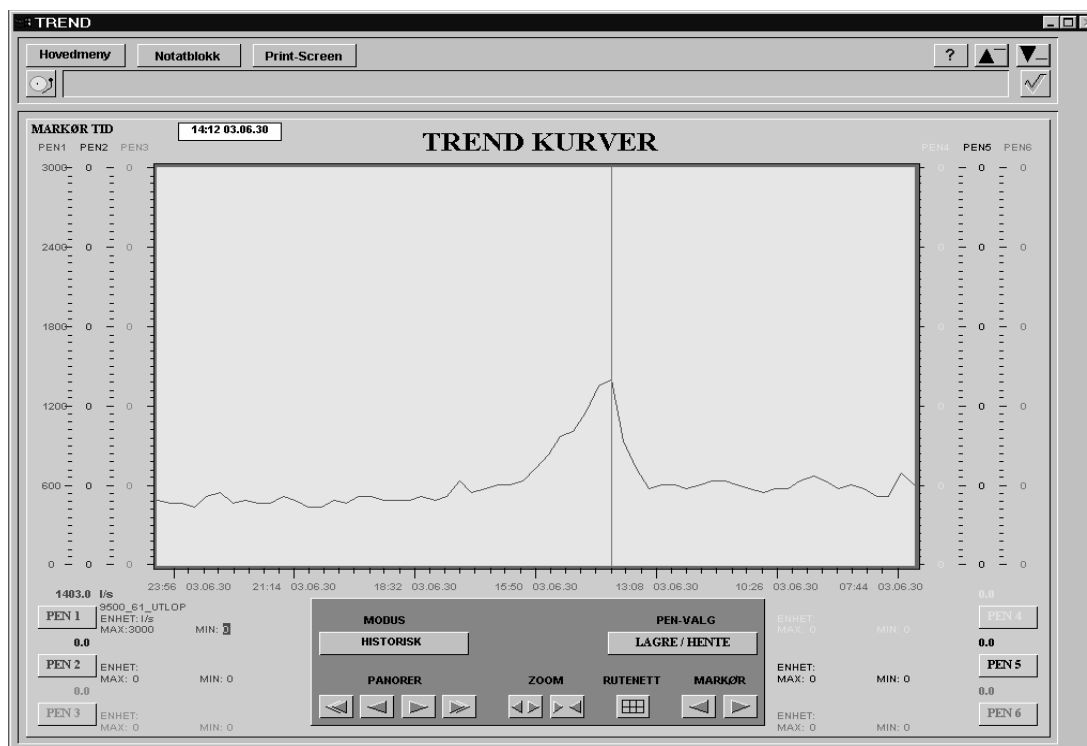
*) Det blei målt heile 1.880 l/s kvelden før, kl 19 som følge av kraftig nedbør.

**) Gjennomsnitt for perioden 09-13 var 749 m³/time (208 l/s).

***) På anlegget vart det registrert 581 l/s kl 0640 og 837 l/s kl 1220.

Vassmengdene varierte ved nokre forsøk ein del mens doseringa pågjekk, særleg ved Ytre Sandviken RA der det tidvis kan vere nesten full stans i avløpet (pumpestans). I tabellen over er det antyda vassmengder ved start dosering, og undervegs, evt. v/avslutning.

Figur 13 viser som døme samla vassmengde gjennom Holen RA den 30 juni. Den dagen var det ein del variasjon i vassmengda, noko som skuldast kortvarig krafteig nedbør.



Figur 13. Vassmengder [l/s - ref. til venstre akse] ved Holen 30. juni 2003. Kjelde: Alf Baadsvik.

Prosedyren som blei følgt var i grove trekk å dosere inn sporstoff over ca 1/2 time ved Holen RA om morgonen, og så foreta måling for å kartlegge innlagringsdjup og speiingsmønster ut over dagen. Den påfølgjande dagen eller evt. eit par dagar etter blei tilsvarande gjort ved Sandviken, etter først å ha målt bakgrunnsnivå der og for å sjekke om det evt. kunne vere restar av sporstoff frå Holen. **Tabell 7** gjev eit oversyn over kronologien i aktivitetane.

Det syntes mest aktuelt å starte ved Holen, og så ta Sandviken på dag nr to, for å få belyst hypotesen om evt vekselverknad mellom utsleppa, sidan Holen er dominerande og vil ha størst spreingspotensiale. I tilknytning til dette blei det på dag nr 2 byrja med å sjå om der var restar av spostoff i sjøen ved Holen, før det blei tatt eit stasjons-transekt tvers over Byfjorden i retning Fagernes/Sandviken.

Tabell 7. Skisse av kronologien i aktivitetande i samband med sporstoff-forsøka. I tillegg til det som er omtalt, blei det gjort andre registreringar innimellom. Strømkors blei utplassert ved byrjinga av doseringa, og følgt ut over dagen.

Dag 1, Holen-Lyreneset					
Måle bakgrunn	Dosere sporstoff		Måle sportsoff i sjøen	Transekt tilbake til Nordnes	
Dag 2, Sandviken					
Måle sporstoff v/Holen	Måletransekt Holen-Sandviken	Måle bakgrunn v/Sandviken	Dosere sporstoff	Måle sporstoff i sjøen	Transekt tilbake til Nordnes

3.2 Måling i sjøen ved utsleppa

Kjernen i måleopplegget var profilering med SAIV-sonde med påmontert Rhodaminsensor. Sonden var programmert til å logge 1g/sekund, med avlesing av data i sann tid på PC-skjerm om bord, og samtidig lagring av rådata. Ein person kontrollerte og firte ned sonden, mens ein annan var stand-by ved PCen for å følge med målingane og notere evt interessante observasjonar i loggen og sørge for at data blei lagra forsvarleg. Samme person sjekka også posisjon ved kommunikasjon med skipperen, som logga posisjonar i båtens eige data-anlegg. Det var her svært viktig å ha felles tids-base, og løpande kommunikasjon om stasjons-nr etc.

Kabelen til sonden var 40 m lang, det var tilstrekkelig i forhold til kartlegging av utsleppsskya som oftast blei påtreft i 15-20 m djup. Sonden hadde også sensorar for turbiditet, salinitet og temperatur som ga nyttige tilleggsdata – utsleppsskya kunne tidvis sporast som kontrastar også i desse parametrane.

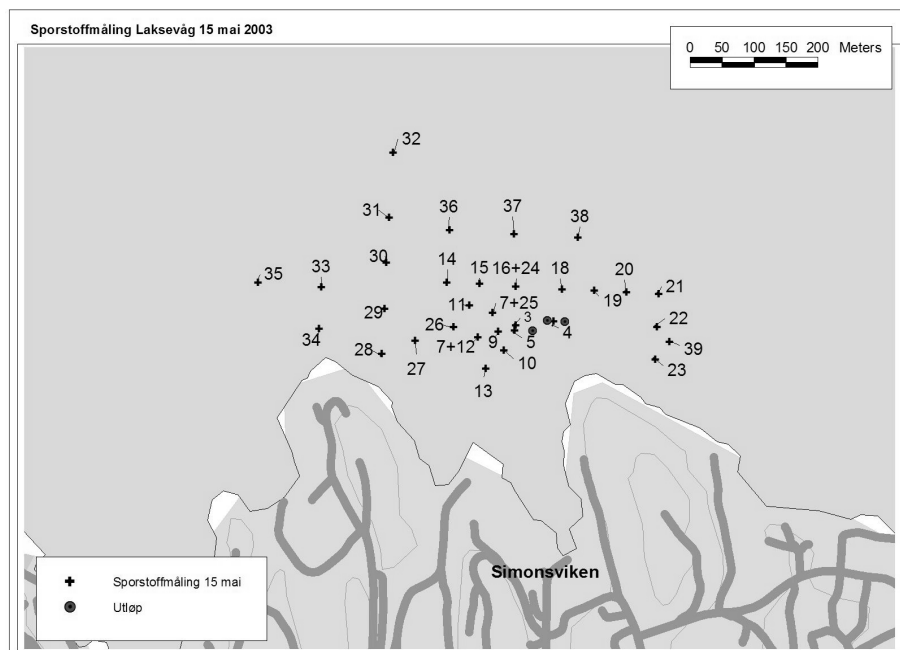
Ei anna STD-sonde (Seabird SBE19) blei nytta til å ta profilerar ved start og slutt av dagen, for å ha data for djupare sjikt som kunne vere relevante i foreliggende eller i framtidige prosjekt, t.d. i samband med vurderingar om djupare utslepp enn 40 m, og for inntak for fjordvarme/varmepumper.

Med ei omtalte prosedyrene rakk vi ca 40-50 stasjonar pr dag med SAIV-sonden, samt nokre djupare stasjonar med den andre STD sonden, strømkorsobservasjonar, tilleggsregistreringar med ADP strømmålar, videoprofilering, vanleg fotografering m.m. Tokt-dagane blei m.a.o. utnytta for å maksimere datafangsten. For prosjektet under eitt blei det tatt ca 500 profilerar totalt. **Figur 14** og **Figur 15** syner stasjonskart for målingane 15. og 16. mai. Øvrige stasjonskart er synt i Vedlegg B.

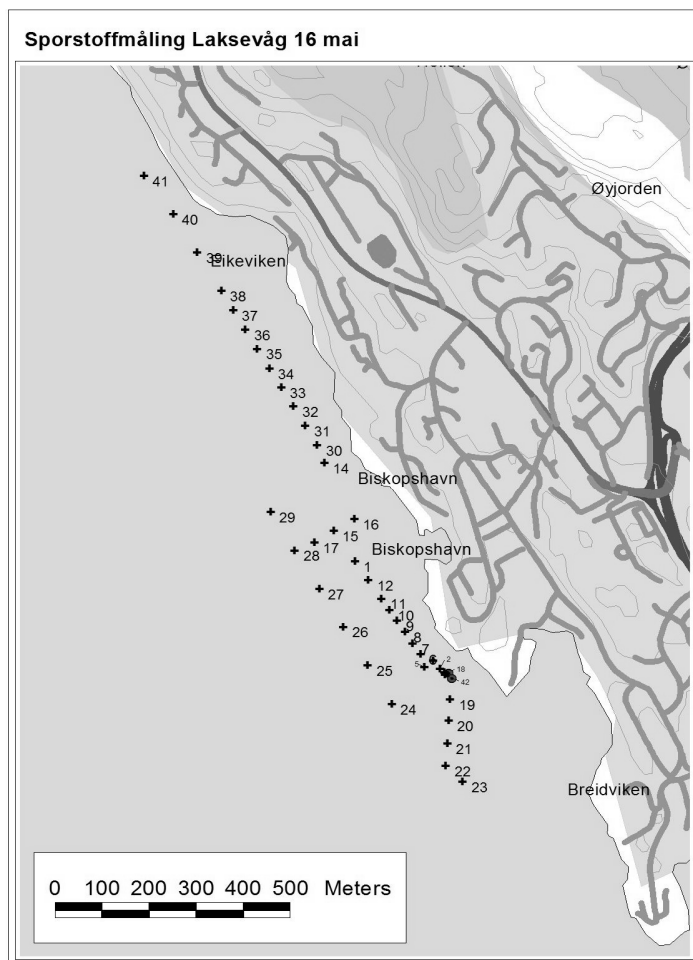
Det ligg såleis føre eit stort innsamla datamateriale og det er utanfor rekkevidde å presentere alt dette, som for ein del representerer bakgrunn, d.v.s ”null” verdiar for sporstoff. Målsettinga med rapporten er å presentere typiske trekk ispedd interessante eller særmerkte observasjonar.

Vanlegvis avtok sporstoff-signalet markert ut over dagen, til det ved slutten kun var restar igjen, evt ikkje målbart. Det var difor ikkje nokon strategi å halde fram med målingar ut over kvelden og natta, sjølv om dette i einsskilde høve kunne gitt nyttig informasjon. Men her kom også omsyn til kostnadar (kost/nytte) inn i biletet.

På nokre av tokta blei det som nemnt tidlegare, gjort andre typer registreringar slik som videoprofilering, strømmåling o.l. Desse målingane medførte pause i sporstoff-kartlegginga, og vi vedtok difor etterkvart å redusere omfanget av desse tilleggsmålingane for ikkje å få for store hol i sporstoff-seriane.



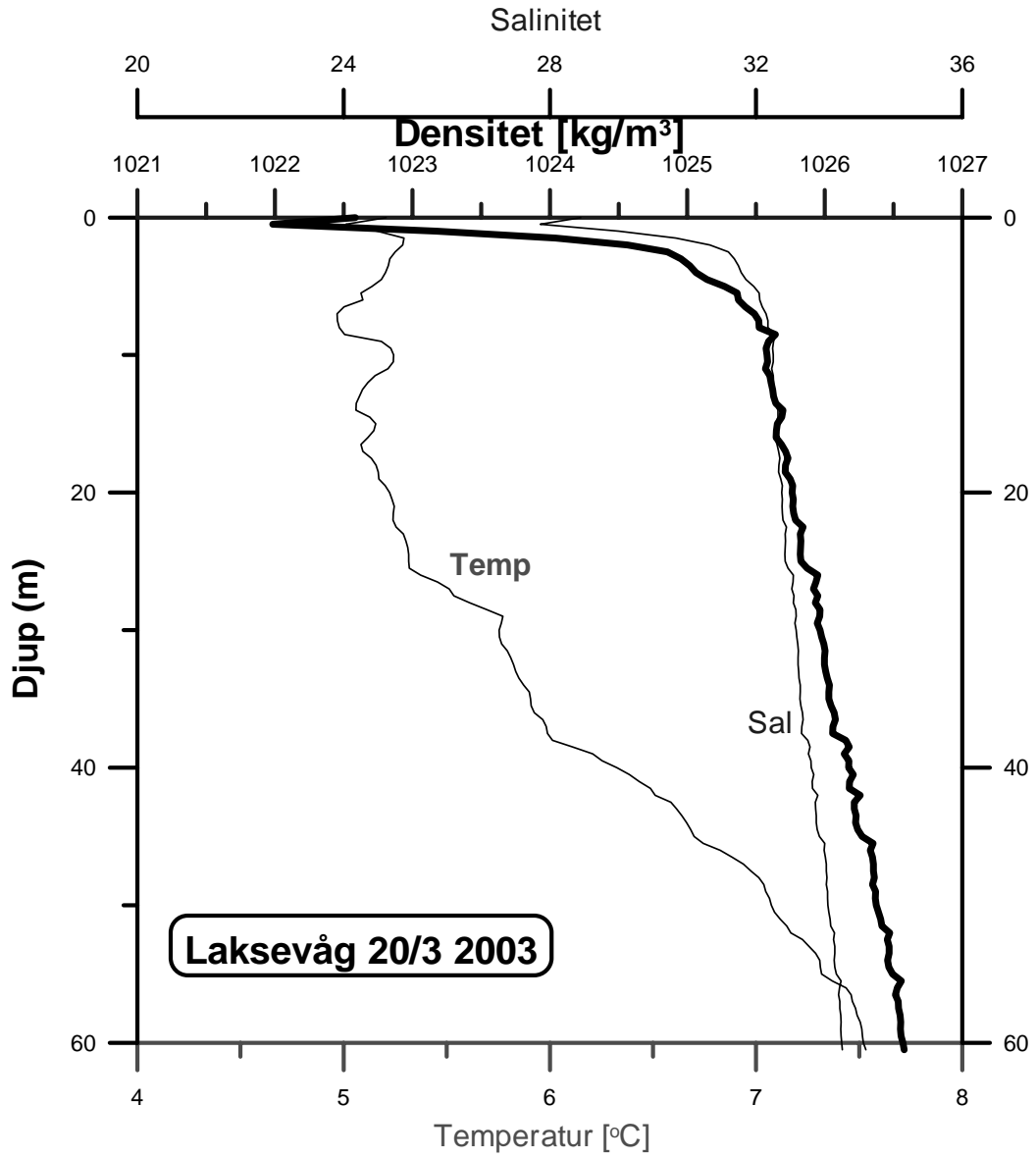
Figur 14. Måleposisjonar under toktet ved Laksevåg/Holen 15. mai 2003.



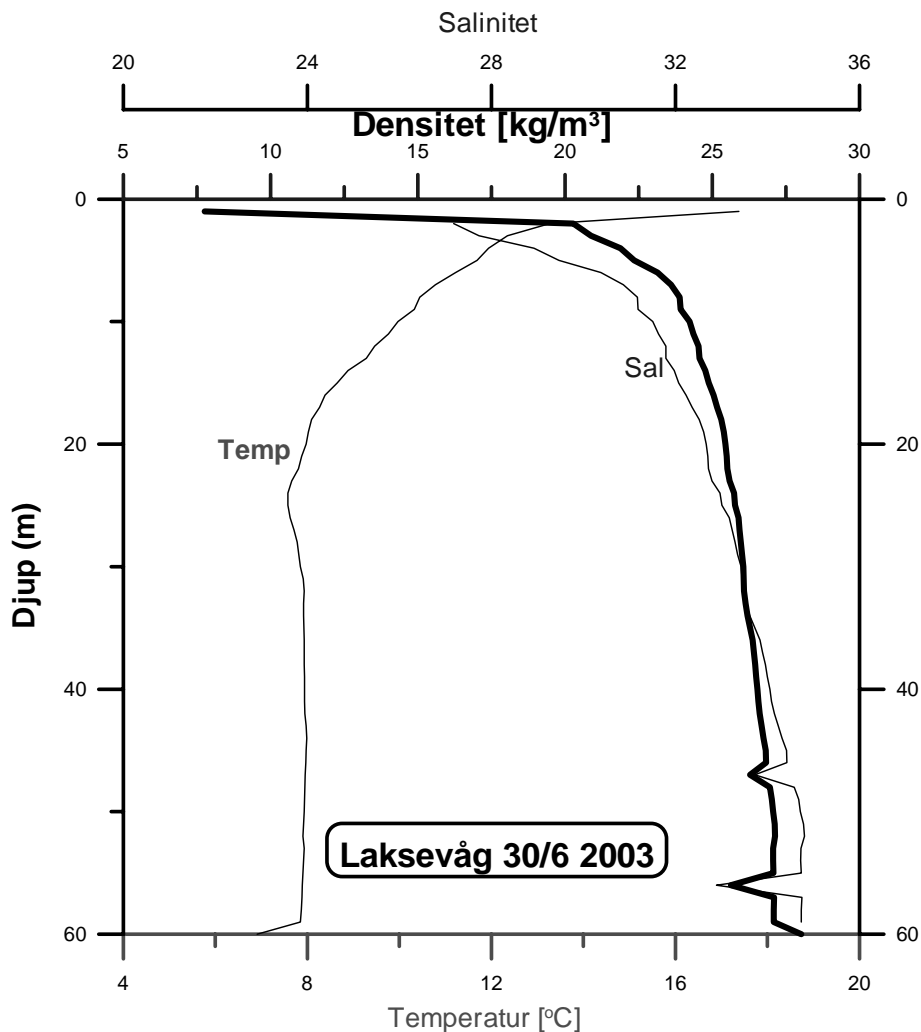
Figur 15. Måleposisjonar ved Sandviken/Fagernes 16. mai, 2003.

3.3 Ekstra hydrografiske målingar

SAIV sondens kabel rakk ned til max 40 m djup. For å få bakgrunnsdata for hydrografi for djupare sjikt enn dette blei det ved ankomst Holen evt. Fagernes tatt profilar med ein Seabird SBE19 sonde ned til 60-70 m djup. SBE19 har litt raskare og meir presis logging for salinitet og temperatur enn SAIV SD202. Det blei i tillegg tatt profilar med SAIV sonden oppstrøms/nedstrøms, for å dokumentere "førtilstanden", d.v.s. før doseringa byrja. Dette datamaterialet tenner som seinare referanse og som input i evt. berekningar av innlagring etc. Profilarne frå 20. mars og 30. juni ved Laksevåg er synt som døme i **Figur 16** og **Figur 17**. Profilar frå øvrige datoar er synt i Vedlegg. A.



Figur 16. Hydrografisk profil ved Laksevåg målt den 20. mars, 2003.



Figur 17. Hydrografisk profil ved Laksevåg målt den 30. juni, 2003.

3.4 Strømmåling

Utsleppsskya består av små partiklar og bobler som kan gi god refleks for høgfrequente akustiske signal. Ved å nytte akustisk doppler strømmålar som ser nedover i sjøen frå overflata (båten) vil ein under optimale forhold kunne detektere skya (med styrken på backscatter signalet), og på den måten få tilleggsopplysningar om skyas storleik og utbreiing. Denne metoden har vore nytta m.a. på utslepp frå VEAS i Oslofjorden (Lohrman og Ebbesmeyer 1992) og til kartlegging av andre fenomen slik som t.d. frontar i sjøen (Trumph og Marmorino 2003).

Som hjelpemiddel for å halde oppsikt med posisjon av utsleppsskya nytta vi konvensjonelle strømkors med overflatemarkør. Strømkorset blei satt ut over utsleppet ved starten av dosering og så posisjonert med jamne mellomrom med GPS, utan at det var tid til å følgje med drifta i detalj.

3.5 Vertilhøva under tokta

Toktprogrammet var lagt opp slik at ein kunne få dekkja sesongsvingingar for hydrografi og strøm, og også ulike versituasjonar. Vi har fått oversendt verdata for Bergen frå kvar toktperiode frå Vervarslinga på Vestlandet. Desse er presentert i **Tabell 8**.

Tabell 8. Oversyn over vertilhøva før/under dei ulike tokta. Vi har presentert verdiane for kl 13 kvar dag samt døgnverdi for nedbør. Kjelde: Vervarslinga på Vestlandet.

Dato, 2003	Luft-temp °C	Lufttrykk hPa	Nedbør mm	Vindretning	Vindstyrke m/s
19. mars	5.6	1028	0	330	3.6
20. mars	7.3	1027	0	160	9.3
21. mars	4.6	1028	0.3	140	9.3
14. mai	8.5	1005	13	330	4.6
15. mai	10.9	1017	0	310	7.7
16. mai	11.5	1015	0	300	4.6
29. juni	21.3	1013	41	200	2.6
30. juni	15.8	1013	4	0	2.6
1. juli	20.6	1003	0	80	4.6
2. oktober	11.8	1010	16	170	5.1
3. oktober	10.7	997	29	140	5.1
4. oktober	7.2	999	13	330	4.6
5. oktober	7.5	1004	8	140	3.1
6. oktober	8.2	986	7	150	10.8
26. oktober	5.9	1016	0	150	1.5
27. oktober	9	1008	19	150	8.2
28. oktober	10.2	1002	22	270	6.7

Kommentar:

Toktet i mars var prega av høgtrykk, ingen/lite nedbør og vind frå søraust.

I mai var det 13 mm nedbør dagen før toktet ved Laksevåg, men ingen nedbør under forsøka. Det var vind frå vest/NW kant og lufttrykk rundt normalen.

I månadsskiftet juni-juli var det varmt (over 20 grader) og mykje nedbør dagen før toktstart og på dag 1. Vinden var svak, h.h.v. nordleg og austleg på dei to toktdagane. Lufttrykk som normalt.

Oktober, 1. tokt: Vedvarande nedbør gjennom perioden. Vinden stort sett frå søraust, og lufttemperatur fallande frå 12 grader til ca 8 grader siste toktdag.

Oktober, 2. tokt: Lufttrykk litt under normalen. Temperatur aukande frå 6 til 10 grader, mykje nedbør begge toktdagane.

3.6 Tidvatn

Flo/fjøre vil vere med å påverke vassutskiftinga ved dei to utsleppa, sjølv om betydninga av denne faktoren særleg ved Laksevåg er noko omdiskutert (Gade 2002). Vi har satt opp **Tabell 9** for å gje ein indikasjon på amplituden som bidrag/underlag for tolkinga av måleresultata.

Tabell 9. Oversikt over tidvatnet (amplituden) ved dei ulike tokt-tidspunkta.

Tokt-nr	1 - mars	2 - mai	3 - juni/juli	4 - oktober	5 - oktober
Flo-fjøre	150 cm	130 cm	100 cm	60 cm	150

4. Resultat av sporstoffmålingane

Resultata av målingane blir her summarisk gjennomgått, med grafisk presentasjon kun frå dei to første tokta for å avgrense omfanget på rapporten. Stasjonskart er synt i kapittel 3, ev.t i Vedlegg B.

4.1 Tokt nr 1, 27. februar, test-tokt

På dette toktet var det ikkje gjennomført sportstoffdosering. Flo sjø var ca kl 08. Dagen starta med henting av utstyr i Florvåg og påfølgjande målingar ved Lyreneset/Laksevåg på formiddagen og ved Breiviken om ettermiddagen. Det var kaldt denne dagen med issørpe i Vågen og tildels ved Laksevåg, og 3 cm fast is inst i Florvåg.

Toktet vart utført for testing av måleutstyr og videorigg, opplodding av sjøbotnen nær utsleppa, kartfesting av utsleppspunkta og basiskartlegging for hydrografi. Botnen blei fotografert v hj.a. nedsenkbar videokamera.

Laksevåg/Lyreneset:

Det breistråla ekkoloddet på båten fanga brukbart inn utsleppsskya, som tilsynelatande hadde eit partikkelmaksimum i intervallet 15-20 m djup.

Det blei tatt profilar med SBE-19 sonden og SAIV sonden i 100-200 m avstand frå utsleppet ("referansestasjonar") og inne ved utsleppspunktet. Sistnemnde målingar med SAIV sonden ga godt utslag på turbiditet i utsleppsskya (**Figur 18**). Videoriggen blei testa med dioderekkene h.h.v. vertikalt og horisontalt.

Stor ansamling av fugl (måse, nokre ender) blei observert over utsleppet. Dette var eit frå før kjent fenomen. Fuglane ser ut til å beite på små partiklar som sannsynlegvis stammar frå utsleppet. Partiklane var knapt nok synlege frå båten. Fram mot kl 13 flytta utsleppsskya seg noko utover (vestover) og måsane såg ut til å følgje etter, delvis innover mot Simonsviken.

Breiviken:

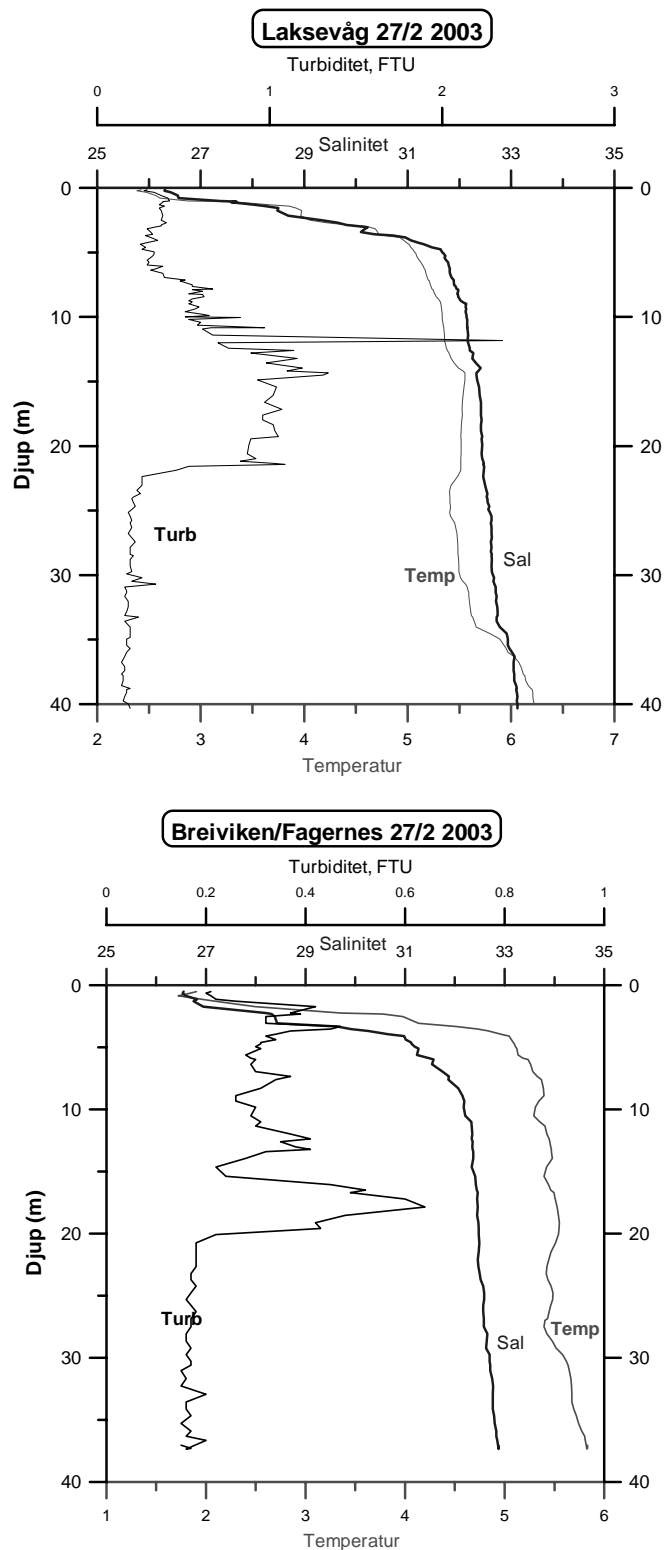
Kl 13:30 gjekk toktet vidare til Breiviken, med repetisjon av målingar etter same mønster som ved Laksevåg. Dei to utsleppsrøyra blei observert med videokameraet. Det sørlegaste røyret hadde det meste av vassføringa denne dagen, som er regelen ved normal vassføring på denne utsleppstaden. Utsleppsplumen var tydelig synleg i turbiditetssignalet (**Figur 18**).

4.2 Tokt nr 2, 20. – 21. mars

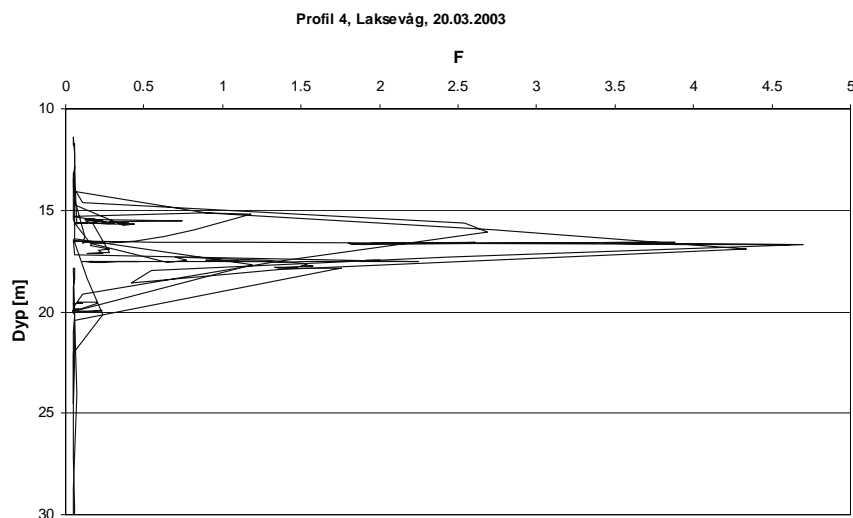
20. mars, Laksevåg: Dette toktet inkluderte 1. ordinære sporstoff-forsøk. Ved oppstart ved Laksevåg blei det gjort måling av bakgrunnsverdiar, og drifta av strømkorset observert. Dosering i anlegget tok til kl 10:47, og varte til 11:06 (noko raskare dosering enn det som blei regelen seinare). Dette toktet hadde også eit relativt omfattande program med både video profilering (partiklar) og ADP målingar, slik at måleprogrammet for sporstoff blei noko redusert i høve til etterfølgjande tokt. Sporstoff lot seg imidlertid lett detektere, og viktige observasjonar er tatt med i tabellen under.

Sporstoff blei tydeleg observert i intervallet 16-18 m, med max målt verdi på 4,7 rett over utsleppet men også med tydeleg konsentrasjon målt aust for utsleppet (max 2 i 18 m djup). **Figur 19** syner eit døme på måleresultat, for profil nr 5 nær utsleppspunktet.

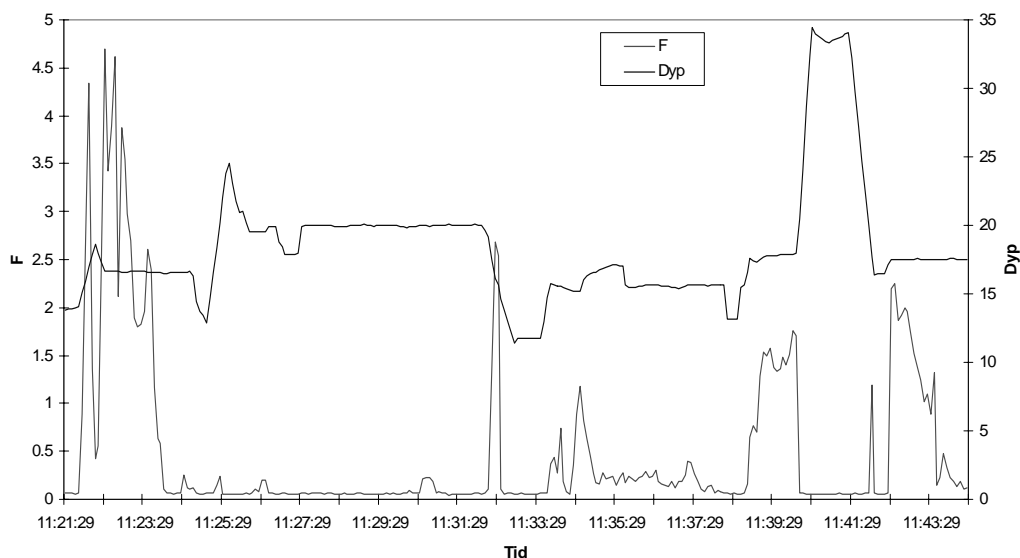
Måling nr 4 (start kl 11:21) var ein serie med SAIV sonden der denne blei taua etter båten i ca 20 m djup (+/- 2-3 m) mens den gjekk sakte ut frå utsleppet ca 35 m i retning vestover og så austover igjen til 30 m forbi utsleppet i ein liten halvsirkel der før avslutting. Sjå resultat i **Figur 20**.



Figur 18. Målt profil av salinitet, temperatur og turbiditet ved Laksevåg og Breiviken 27. februar 2003. Det var ingen sporstoffdosering denne dagen.



Figur 19. Rhodaminprofil i sjøen ved Laksevåg 20 mars, nær utsleppspunktet. Data for både ned-og opptur for sonden. Tydeleg maksimum rundt 16-17 m djup.



Figur 20. Tauing av SAIV sonden hengende i 17-18 m djup etter båten rundt utsleppet ved Laksevåg 20. mars 2003.

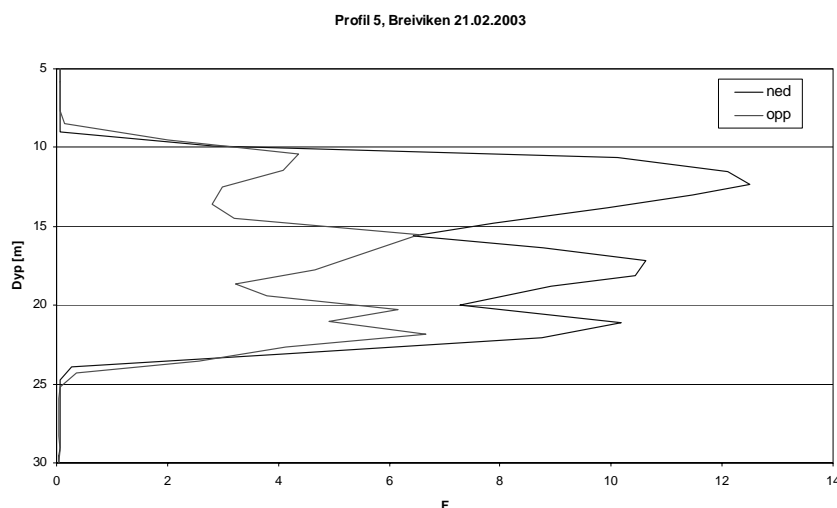
21. mars, Breiviken: Først gjekk båten innom Laksevåg/Lyreneset der det blei tatt tre profiler nær utsleppspunktet, utan at det blei påvist rest av sporstoff. P.g.a. lite vatn gjennom renseanlegget ved oppmøte (pumpestans) måtte doseringa vente litt. Når vassføringa var kome opp i ca 250 l/s starta doseringa (klokka 11:15). Vassføringa fortsatte å auke inntil doseringa var ferdig ca kl. 11:50. Sporstoff lot seg lett detektere i resipienten, med maksimum rundt 12-13 meter, men med tydeleg innslag av stoff over heile intervallet 10-25 m. **Figur 21** syner data for ein profil med maksimum sporstoffsignal på ca 13. Plumen synte teikn til splitting i vertikalen, med to evt tre lokale maksima på forskjellige djupner. Dette kan skrivast frå den variable avlaufsfluksen under doseringa, og at ein på slutten ved høgste vassføringa også kan ha fått aktivert rør nr 2.

Mot slutten var det også tilsynelatande innslag av sporstoff nær overflata, noko som kan tyde på at ein mindre fraksjon avlaupsvatn kom til overflata, evt. at sportsoff har hengt på partiklar som steig opp (det var observert eit lite antal beitande fugl). **Figur 22** syner slike signal frå profil nr 7.

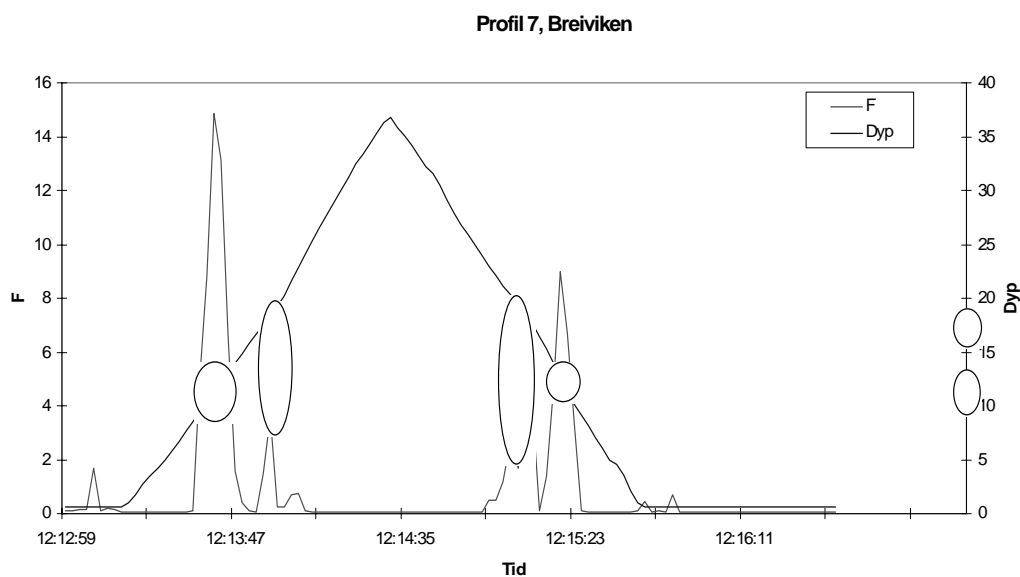
I **Figur 23** er nedstrøms fortykning som funksjon av avstand frå utsløppspunktet illustrert. Der er også tatt med ei kurve som syner at det meste av sporstoffet er "konserververt" men spreidd over eit større djupneintervall slik at max konsentrasjon blir gradvis redusert.

Oversyn over aktiviteten under tokt nr 2, 20-21 mars 2003.

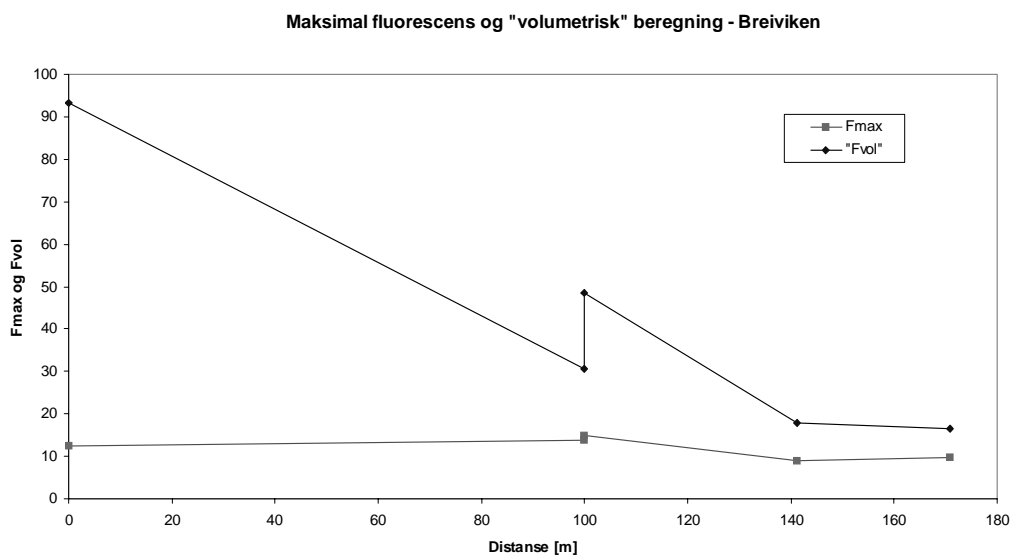
Tokt nr 2, 20-21 mars	Laksevåg 20/3	Brevikven 21/3
Antal stasjonar (profilar)	6	30
Max målt Rhodamin (ukalibrert verdi)	(4,7)	15
Djupet for max målt Rhodamin i vassøyla	17 m	13m
Djupdeintervall		10-25m
Vassmengde i utløpet	340 l/s	250 – 460 l/s
Strømkors observasjon, driftretning	Mot NW	Mot N
Laksevåg dag nr 2, rest av sporstoff observert?		Nei
Brevikven, rest av sporstoff frå Holen frå dagen før?		Nei



Figur 21. Rhodamin-profil ved Brevikven 21. mars 2003. Data for både ned-og opptur for sonden. Høgste verdiar blei målt på ned-tur (max ca 13).



Figur 22. Data for nedfiring og opphaling av sonden ved Breiviken 21. mars. Der var antydning til utslag også i overflata, i tillegg til markert utslag 10-13 m og 16-19 m på denne stasjonen.



Figur 23. Maksimal F-verdi ved Breiviken 21. mars med eit volumetrisk overslag for fleire profiler (i relasjon til avstand frå utsløppsunktet). "Fvol" er berekna som lag-tjukkjeiken av kvart måleintervall d.v.s. basert på gjennomsnittet for målepunkta i over- og underkant av kvart intervall.

4.3 Tokt nr 3. 15-16 mai.

15. mai, Laksevåg: Oppstart ved Laksevåg. Dosering foregikk frå kl 10:52 til kl 11:28. Vassføringa auka litt i løpet av doseringa, frå 550 til 660 l/s. Strømkorset blei observert å drive først mot N frå utsløppspunktet, så retning mot W før det igjen dreia mot SE. Dette tyder på at ein form for virvelrørsle kan opptre i dette området til visse tider, noko som også er funne i andre studiar (Hageberg 2001).

16. mai, Breiviken: Start dosering kl. 10:43, slutt kl. 11:13. Det var stor variasjon i vassmengdene denne dagen. Kl 08 var det målt rundt 550 l/s over 1 time. (Foregåande helg var det for øvrig målt 750 l/s etter kraftig nedbør.) På formiddagen då doseringa foregikk, var det ein viss pulsering i vassfluksen, med periode på rundt 10 minutt og med 50-60 l/s i variasjon. Dette skuldast sannsynlegvis pumping og er eit hyppig evt. fast innslag i fluksen ut frå Ytre Sandviken RA.

Også under dette toktet blei det registrert ein splitting av plumen i vertikalen, med maksimum i sportsoff rundt h.h.v. 15-16 m og 20-24 m nær utsleppspunktet.

Plumen såg ut til å synke sakte nedover utover ettermiddagen, då vi kunne sjå sporstoffsiganal ned til 30 m djup. Turbiditetsmaksimumet (partiklar) var gjerne grunnare enn sporstoff-maksimumet, f.eks. rundt 8 m djup for profil nr 33, mens sporstoff maksimumet då låg rundt 23 m djup. Dette kan skriv seg frå at partiklar og sjølve plumen skil lag vertikalt, p.g.a. ekstra oppdrift av partiklane.

Strømkorset dreiv først raskt nordvestover frå utsleppspunktet, og var observert ved Eikeviken ca kl 14:30. Deretter snudde korset og dreiv sørover til det blei tatt opp like N for Biskopshavn kl 15:40.

Tokt nr 3, 15-16 mai	Laksevåg 15/5	Breiviken 16/5
Antal stasjonar (profilar)	41	50
Max målt Rhodamin (ukalibrert verdi)	(0.7)	(4.5) 3-12
Djupet for max målt Rhodamin i vassøyla	20-24m/13m	25-25 m
Djupdeintervall	12-26m	15-30 m
Vassmengde i utløpet	550-660 l/s	ca 250 l/s
Strømkors observasjon, driftretning	Variabel, virvel	NW, så mot S
Laksevåg dag nr 2, rest av sporstoff observert?		Nei
Breiviken, rest av sporstoff frå Holen frå dagen før?		Nei

4.4 Tokt nr 4, 30. juni- 1. juli

30. juni, Laksevåg: Nok eit tokt over to påfølgjande dagar, med oppstart ved Laksevåg. Dosering der varte frå kl: 10:37 til 11:10. Strømkorset dreiv først i retning Nordnes, og dreia så utover fjorden. Overflatestrømmen var mot sør. Ingen fugl observert over utsleppet om morgenen, men større ansamling observert etter kl 14. Over normal vassfluks under doseringa (610-640 l/s, så ned til 550 l/s kl 11:20). Dette kan forklare dei relativt låge max. verdiane for sporstoff som blei målt i plumen (max på 0.69-profil # 19, 80 m W for utsleppet). Dagen før var det for øvrig målt opp i 1.883 l/s gjennom Holen RA i sbm kraftig nedbør.

1. juli, Breiviken: Båten gikk først til Laksevåg. Ingen fuglar observert der då, ei heller partiklar i overflata. Sjøen flødde på dette tidspunktet, (flo kl 12:00) og overflatestrømmen gjekk innover retn. Puddefjorden. Det blei registrert sporstoff i djupneintervallet 12-26 m; svakt signal, men signifikant (>0.10).

Gikk mot Askøy for å vere sikker på å finne ”nullnivå”: Stasjon nr 5 synt der bakgrunn, rundt 0.04. Nærare Breiviken blei det registrert svak konsentrasjon av sporstoff som må vere ein rest frå doseringa dagen før ved Laksevåg. Dosering i anlegget foregikk mellom kl. 10:28 og 10:58. Vassmengdene låg då rundt 225-250 l/s. Høge sporstoffverdiar målt, opp i 16 (profil # 18 og 21-23). På slutten av dagen gikk båten tilbake til Laksevåg, og det blei der registrert sporstoff både ved utsleppet (max 0.81) og inne i Simonsviken, max ca 0.5 der. Sannsynligvis restar frå dagen før. Det var nå stor ansamling av fugl over utsleppet ved Laksevåg.

Tokt nr 4, 30 juni – 1 juli	Laksevåg 30/6	Brevikven 1/7
Antal stasjonar (profilar)	42	43
Max målt Rhodamin (ukalibrert verdi)	(0.7)	14-16
Djupet for max målt Rhodamin i vassøyla	20-24m	12-18m
Djupdeintervall m. reg.	16-28m	19-30m
Vassmengde i utløpet	600-640-550 l/s	250-225 l/s
Strømkors observasjon, driftretning	E-NE så NW	
Laksevåg dag nr 2, rest av sporstoff observert?		Ja (ca 0.8)
Brevikven, rest av sporstoff frå Holen frå dagen før?		Ja (ca 0.10)

4.5 Tokt nr 5, 3.-6. oktober

3. oktober, Laksevåg: Oppstart som vanlig ca kl 09 med måling av bakgrunnsverdiar. Dosering inne i utløpet frå renseanlegget foregikk mellom kl 10:10 og 10:40, til saman 80 l sportsoff, fortynna til 1:100 også som vanlig. Stor vassmengd denne dagen; rundt 1.800 l/s, noko som tyder på at både rør nr 1 og 2 var i full drift, men litt vatn også i rør nr 3 (vestlegaste). Fugl observert litt NW for utsleppet i oppstarten. Klarte ikkje detektare utsleppsskya/skyene på ekkoloddet denne dagen.

Inngående (sydlig) strøm ved Lyreneset i oppstarten, men denne dreia raskt til utgåande (mot NW). Etter kl 13 gikk strømkorset i retning aust. Sporstoff blei observert mellom 15-19 m djup, men med relativt låge konsentrasjonar, sanns. vis p.g.a. dei store vassmengdene. Eit maksimum på 1 i Rhodamin blei observert m.a. på stasjon 9 nær utsleppspunktet, i 18 m djup. Dette falt saman med turbiditetsmaksimum. Ved eit tilfelle blei det registrert svakt sportsoff-signal i overflata (ca 0.10), muligens brakt dit saman med partiklar som flyt opp.

6. oktober, Brevikven: Gikk først til Laksevåg for evt. å fange opp rest av sportsoff frå 3. oktober, ingen spor av dette. Gikk så transekt i retning Brevikven med tre stasjonar – ingen spor av Rhodamin. Ved ankomst Brevikven kunne utsleppsskya sjåast på ekkoloddet (antydning rundt 15 m djup). Dosering foregikk i tidsrommet kl 10:20 – kl 10:48. Vassmengdene låg rundt 400 l/s. Eit maksimum på ca 6 for Rhodamin blei målt i 15 m djup på stasjon 14. Det var også teikn til utslag i overflata på stasjon 11 tatt kl 11:26 (verdiar rundt 0.10). Fortsatt teikn til splitting av plumen i to eller fleire sjikt. Sjølv på slutten av dagen, rundt kl 15 blei det målt sporstoffverdiar opp mot 1.

Tokt nr 5, 3. – 6. oktober	Laksevåg 3/10	Brevikven 6/10
Antal stasjonar (profilar)	44	55
Max målt Rhodamin (ukalibrert verdi)	1,1	5,97
Djupet for max målt Rhodamin i vassøyla	16-20 m	18-20
Djupdeintervall	15-24 m	11-30
Vassmengde i utløpet	ca 1.900 l/s	400 l/s
Strømkors observasjon, driftretning	NW, så E	NW, så S
Laksevåg dag nr 2, rest av sporstoff observert?		Nei
Brevikven, rest av sporstoff frå Holen frå dagen før?		Nei

4.6 Tokt nr 6, 27. – 28.-oktober

27. oktober, Laksevåg: Toktet følgde samme mønster om tidlegare. Fugl blei observert både over utsleppet og innover i Simonsviken. Dosering av sporstoff blei utført mellom kl. 10:15 og 10:45. Dei rapporterte vassmengdene låg rundt 150-200 l/s kl 10, og auka til 250-300 l/s kl 11. Sporstoff frå avløpet blei raskt detektert, med verdi rundt 4,4 i 19 m, og utslag/signal mellom 14-20 m. Også denne gang antydning til sporstoff i overflata (svakt signal, ca 0.10). Det var teikn til eit maksimum rundt 10-

12 m, m.a.o. litt grunnare enn tidlegare. Observerte tydeleg utslag for sportstoff inne i Simonsviken, frå 8 m og til bunns. Ved UiBs stasjon blei det målt eit sportstoffmaksimum på 0.5 i ca 15 m djup.

Strømkorset denne dagen låg først i ro, men satte så raskt vestover retning Kvarven. Etter 2-3 timar dreia det litt austover og blei tatt opp kl 14:40, 1.600 m frå utsleppspunktet og 300 m E for Kvarven. SAIV-profil ga der eit svakt (0.15) utslag for rhodamin i 15-24 m. Sportstoff også detektert på vegen tilbake til utsleppspunktet; ca 1 km vestafor målt 0.09-0.12 i 16-23 m djup (bakgrunnsverdien låg rundt 0.06).

På slutten av dagen blei det igjen tatt profiler inne i Simonsviken, og der låg forstatt igjen sportstoff (relativt svake konsentrasjonar på rundt 0.15-0.18 frå 12 m og nedover). Deretter blei det gjort forsøk på gjenfinning av sportstoff i retning Kvarven, med eit svakt utslag (0.08) i 26 m djup på ein stasjon ved Kvarven. Ein stasjon ytterligare 200 m lenger vest, retn. Askøybrua, ga intet signal. Siste stasjon blei tatt ved utsleppspunktet kl 16:32, og der var då tomt for sportstoff.

28. oktober, Breiviken: Oppstart ved Laksevåg som vanlig, for kontroll. Intet sportstoff der. Men på vegen over fjorden mot Breiviken blei det påvist sportstoff med verdiar rundt 0.2-0.5 med maksimum rundt 24 m djup midt på fjorden. Ikkje sportstoff å finne ved Fagerneset før dosering. Doseringa foregjeikk i tidsromet 10:53 – 11:25. Vassmengene låg rundt 670 l/s, som var største verdi registrert under forsøka ved Ytre Sandviken RA. Det blei opplyst på anlegget at det sørlegaste røret var tett, slik at alt vatn gjekk gjennom nordlegaste rør.

Etter dosering blei Rhodamin som vanleg raskt detektert i sjøen ved utsleppspunktet. Eit maksimum på 4,1 blei registrert i 22 m djup kl 11:27. Det blei registrert mykje sportstoff i intervallet 22-26 m. Forsatt splitting av plumen, med sekundært maksimum rundt 10 m djup. Vi følgde strømmen nordover, og kunne fange opp plumen i 14-26 m ved Biskopshavn og ved Eikeviken, maksimum 0.1-0.3 i 20-25 m djup. Fortsatte 600 m vidare nordover, der det fortsatt kunne detekterast eit svakt (ca 0.08) signal mellom 20-27 m djup.

Avslutta med stasjonstransekt i retning Nordnes; ikkje noko utslag på desse stasjonane. Strømmen ser ut til å føre det meste av utsleppet frå Ytre Sandviken RA nordover, slik tidligare strømmålingar har indikert.

Tokt nr 6, 27. 28. oktober	Laksevåg 27/10	Breiviken 28/10
Antal stasjonar (profilar)	47	49
Max målt Rhodamin (ukalibrert verdi)	4,4	4,1
Djupet for max målt Rhodamin i vassøyla	10 m/19 m	22 m
Djupdeintervall	10-20 m	10-26 m
Vassmengde i utløpet	150-300 l/s	670 l/s
Strømkors observasjon, driftretning	W/NW-raskt	NW
Laksevåg dag nr 2, rest av sportstoff observert?		Ja, midtjords
Breiviken, rest av sportstoff frå Holen frå dagen før?		Nei

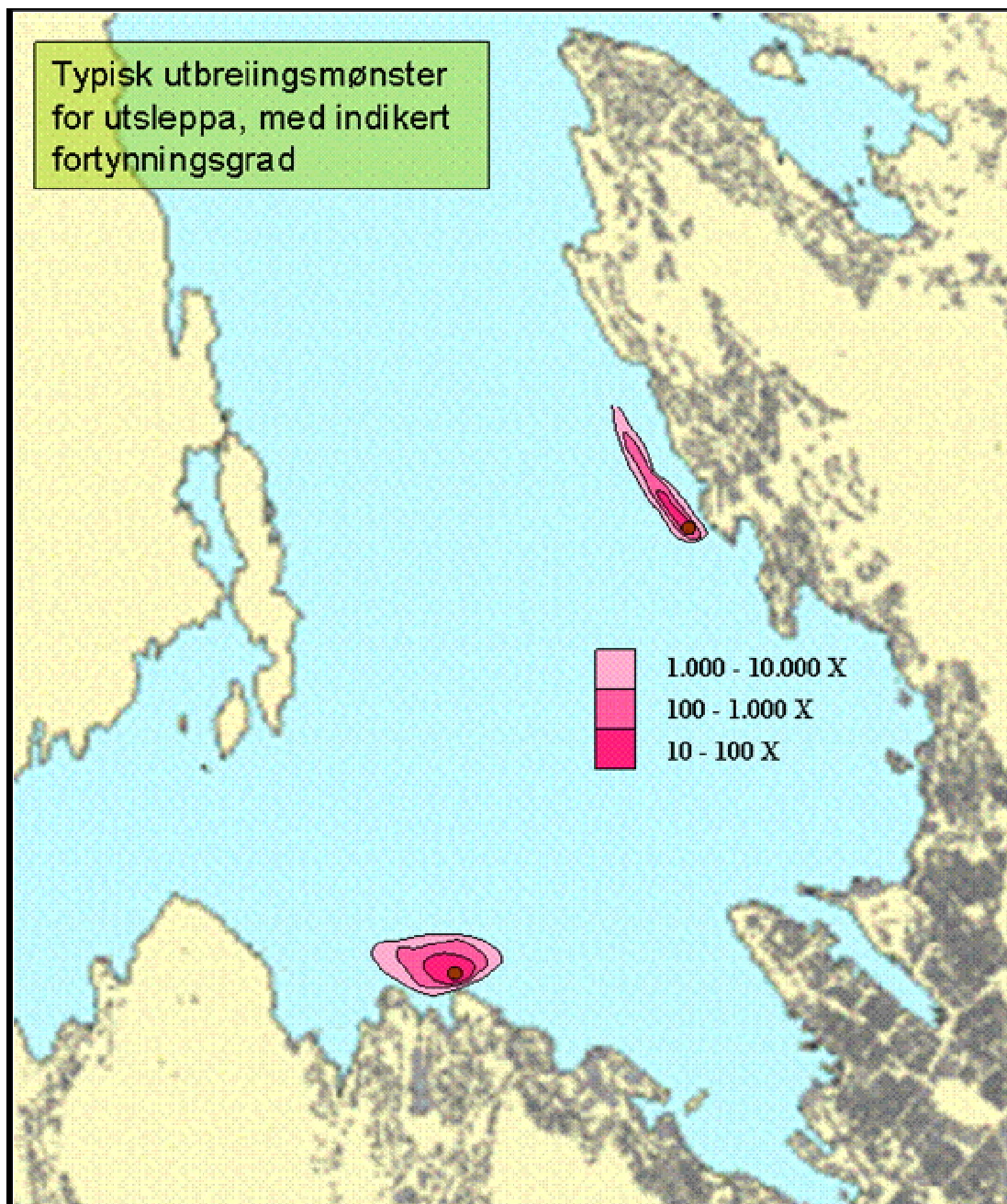
4.7 Horisontal-utbreiing

Sportstoff-forsøka avdekkar at utsleppsvatnet ved ei fleste høve blir raskt fortynna 100 X – 1.000 X, innanfor ein radius på av storleiksorden 100 m frå utsleppspunkta. Spor av utsleppet (sportstoff) ved ned mot 10.000 X fortynning blei detektert i lengere avstand, meir enn ein km borte ved eit høve ved Laksevåg. Dei målestasjonane som vi tok i indre deler av fjorden (retning Nordnes/Vågen) ga ikkje utslag, noko som indikerer at utsleppa spreier seg i sentrale deler av Byfjorden og ikkje påverkar dei meir innelukka områda (Puddefjorden/Vågen/Sandviken).

Figur 24 syner typisk utbreiingsmønster for dei to utsleppa, karakterisert ved raskt nordgåande speiing ved Breiviken i eit smalt belte, og meir sirkulær utbreiing ved Laksevåg, men med ein vestgåande dominans. Utsleppet frå Laksevåg har større utbreiing (influensovråde) enn utsleppet ved Breiviken.

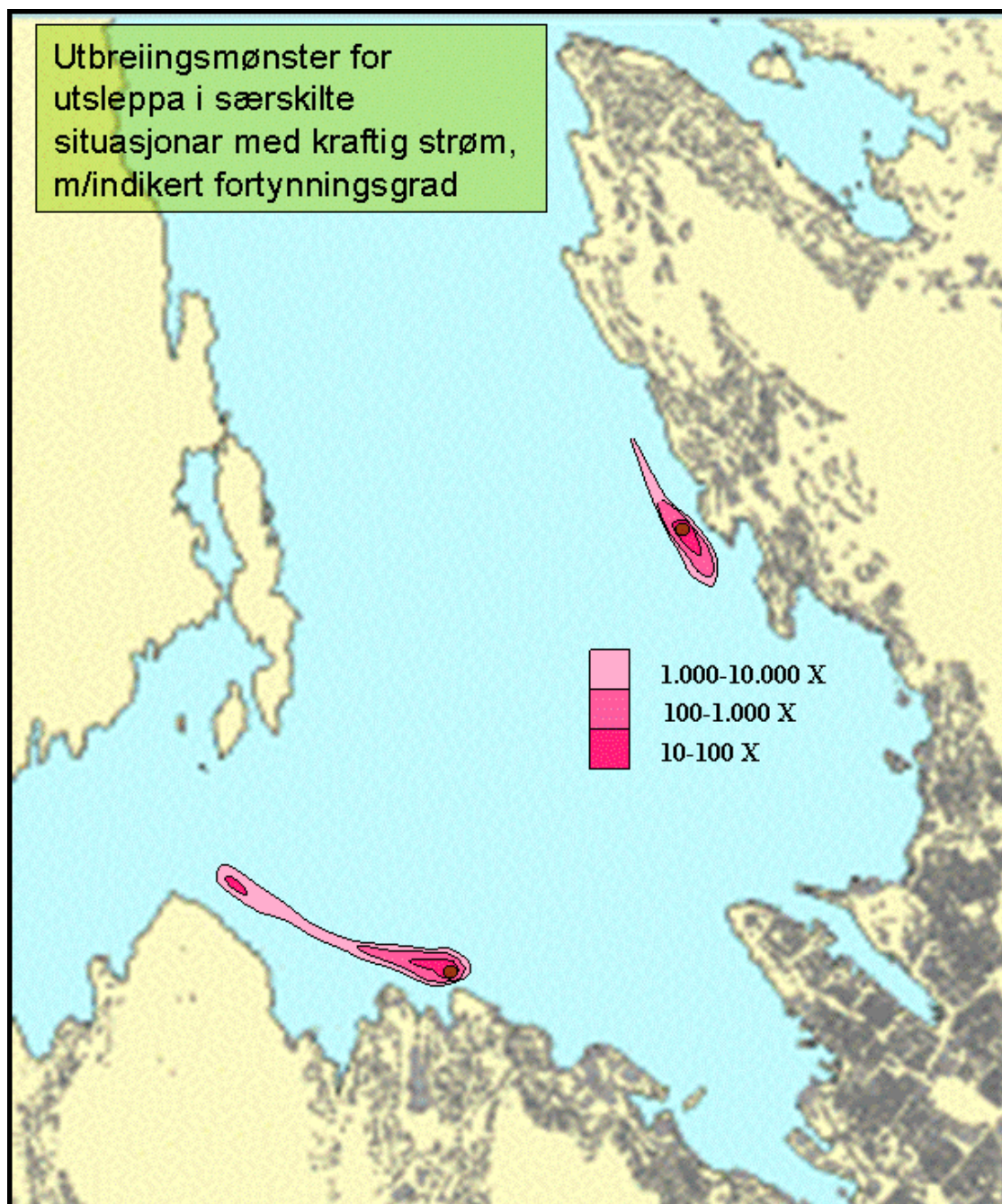
Utbreiingsmønster i ein meir atypisk situasjon er synt i

Figur 25, med rask vestgåande strøm og speiing ved Laksevåg, og tendens til sydgåande spreining ved Breiviken. Desse to mønstera opptrer kanskje ikkje samtidig (vi målte ikkje samtidig på begge utsleppsstadene).



Figur 24. Skisse av typisk fordeling av sporstoffet 3-6 timar etter dosering, med antyda fortynningsgrad.

Spreiingsmønsteret ved det høvet det blei detektert sporstoff ved Breiviken dagen etter dosering ved frå Laksevåg, er vanskeleg å skissere i detalj, sidan det ikkje blei gjort registreringar gjennom heile døgeret. Resultata frå ROMEO prosjektet (sjå kapittel 6) synte ein mot-urs kvervel i sentrale deler av fjorden. Dette kan gje ein peikepinn om mønsteret, ved at utleppsvatn frå Laksevåg først breidde seg nordover og så blei dradd inn i denne kvervelen.



Figur 25. Skisse av fordeling av sporstoffet 3-6 timar etter dosering i tilfelle med kraftig vestgåande strøm ved Laksevåg, evt. sørgåande strøm ved Breiviken.

5. Resultat av andre registreringar

5.1 ADP strømmåling

20. mars blei det gjort forsøk med tauing av ein NORTEK 500 KHz Akustisk Doppler profilerande strømmålar, som blei hengt opp-ned ved skutesida. Det er tidlegare gjort forsøk på kartlegging av partiklar frå avlaup, m.a. i Oslofjorden (Lohrman og Ebbesmeyer 1992), med brukbart resultat. Vi ville teste metoden i forhold til utsleppa i Bergen, og nokre resultat for målingar ved Laksevåg 20. mars er synt i **Figur 26**. Utsleppsskya lot seg relativt godt avbilde i denne grafikken, med eit partikkelmaksimum rundt 17-20 m, som stemte bra med dei andre målingane (sporstoff).

5.2 Undervanns video

På nokre av tokta blei det gjort forsøk med å få identifisert og målt dei lyse partiklane som synes forekome meir eller mindre permanent over utsleppet frå Holen, og til dels også ved Fagernes (langt mindre mengder der). Formålet med denne kartlegginga var først og fremst knytt til spørsmåla om utsleppa lokkar til seg fisk og andre organismar som beiter der. Til dette nytta vi ein nedsenkbar videorigg som er spesialbygd for identifisering/fotografering av små organismar og partiklar i sjøen, (zooplankton, dråpar m.m.). Oppløysninga ved optimale tilhøve er < 1 mm. Nokre resultat (foto) er synt i Vedlegg C – stillfotoa der gir ikkje fullverdig kvalitet.

Typisk storleik på partiklane var < 1 mm, men nokre var større – fleire m.m. Det er ikkje gjort nærare analyse av desse, men det kan dreie seg om papirrestar som har passert 1 mm silane og flokkulert på veg ut. Det er også mogleg at det kan vere innslag av koloniar av cyanobakteriar, som kan ha tilsvarande storleik og fasong (Lundven m. fl. 2003).

5.2.1 UV-Video opptak Holen v/UiB 19/12, 2002

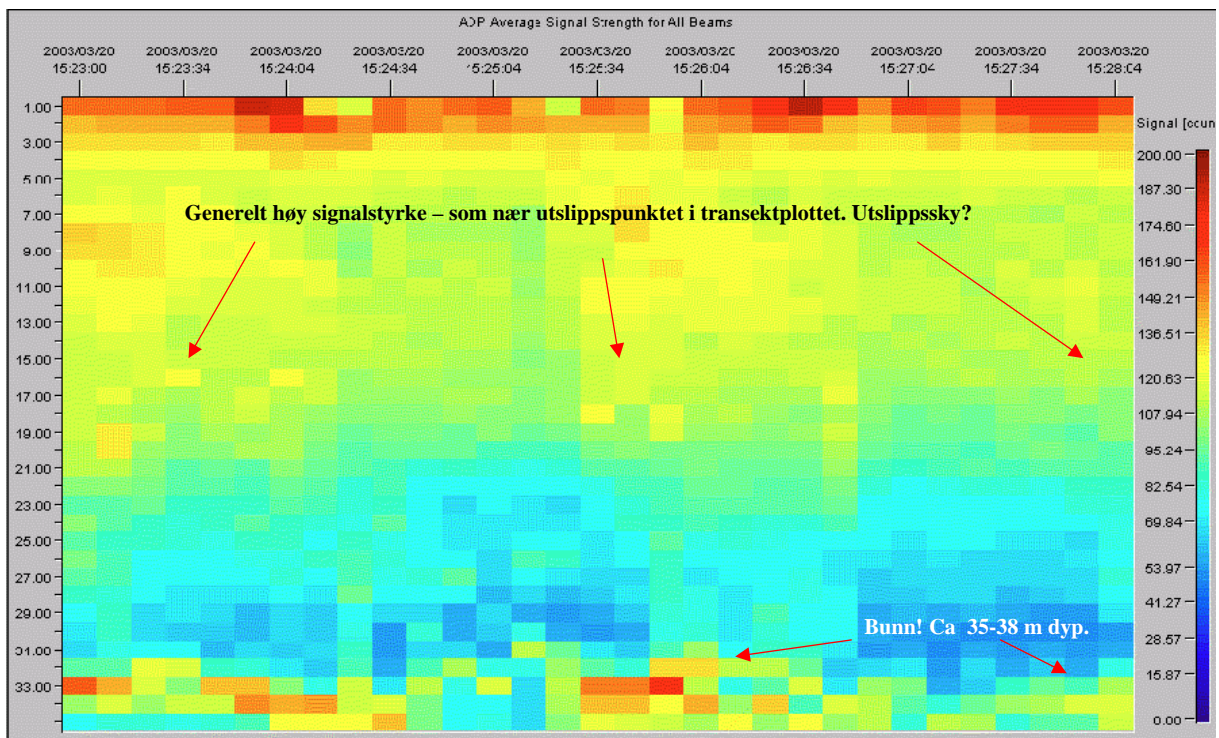
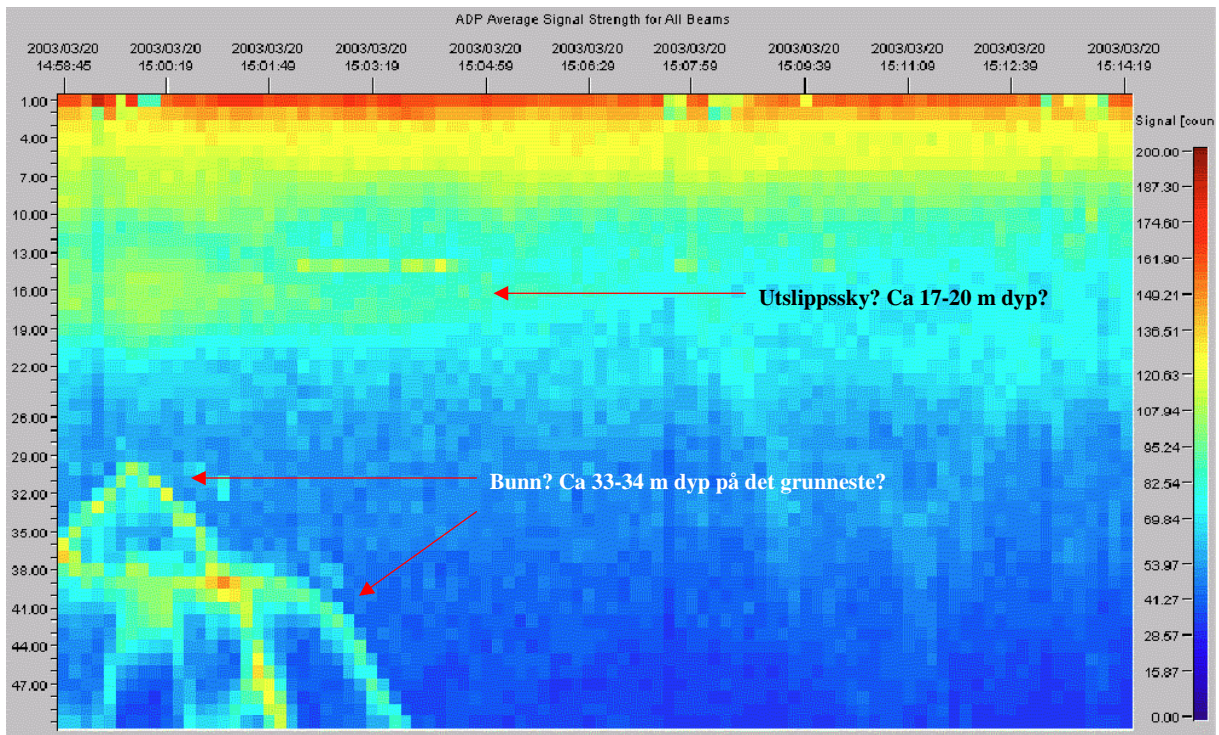
19. desember 2002 (før NIVAs prosjekt byrja) fikk kommunen gjort videoopptak av dei tre avlaupsleidningane ved Laksevåg. NIVA fikk tilgang til desse opptaka og vi har laga nokre kommentarar til desse. Nokre observasjonar er notert i tabellen nedanfor.

Videosekvens, Rør #	Observasjon
Start øvst på rør nr 1, sørlegaste rør	Rør intakt. Alle diffusorhall i aktivitet. Tydeleg å sjå avløpsvatnet i kontrast til sjøvatnet.
Neste rør, Nr 2, i midten	Rør intakt. Kun første 6 diffusorar i operasjon – alle hol så OK ut (opne)
Rør nr 3, lengst mot N nærast Simonsviken	Rør så OK ut. Alle diffusorhall i aktivitet. Tilsynelatande <u>mest vatn gjennom dette røyret</u> . Antydning til kvite partiklar i avløpsvatnet?
Avslutning-sekvens i Simonsviken?	Mykje sediment

Andre kommentarar:

Mykje kvite partiklar/flak til stades i sjøen ved alle røyra. Dette stemmer med NIVAs opptak og registreringar. Det kunne sjå ut som om spesielt Rør 3 (vestlegast) slapp ut slike partiklar.

På dette tidspunktet var det dette røyret som tok det meste av vassføringa i normalsituasjonen. Dette blei endra under synfaring ved VA seksjonen og NIVA i januar 2003, ved å endre på slusene i anlegget slik at røyr nr 1 –lengst aust deretter tar det meste av vatnet under normale tilhøve.



Figur 26. Signalstyrke for to ADP transekt målt 20. mars 2003 over utslippet ved Laksevåg.

5.3 Fugleansamling

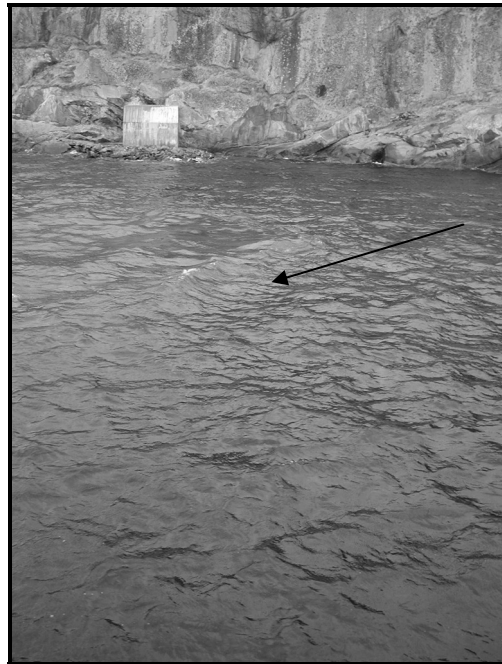
Ved alle tokta blei det observert ansamling av fugl ved Lyreneset. Eit par fotos er tatt med for å vise dette (**Figur 27**). Antalet fugl varierte, men på det meste kunne det dreie seg om eit hudretalls fugl, for det meste måse/svartbak, men også innslag av ender som tilsynelatande beita på små partiklar som kom til overflata. Dette fenomenet kan ha eit miljømessig/hygienisk aspekt som det kanskje bør sjåast nærare på. Ved Fagerneset kunne ein sporadisk observere ein handfull antal fugl, men langt færre en ved Laksevåg.



Figur 27. Fotografi som syner ansamling av fugl (mest måse) over utsleppet ved Lyreneset. Dato øvst: 20/2, dato nedst: 15/5 2003.

5.4 Andre utslepp

Under fleire av tokta blei det oppdaga vatn frå andre utslepp. Ca 100 m nordafor kommunens bygg ved Fagernes kom det ut overflatevatn frå eit grunt utslepp. Dette er eit regulært overløp (ved mykje nedbør) som enno ikkje blir fanga opp av renseanlegget. Ved Lyreneset blei det den 20. mars observert brunleg eller gråleg vatn som spreidde seg langs land (**Figur 28**). Dette kom frå ei feilkopling i renseanlegget, som vart retta opp like etterpå. Desse utsleppa har neppe interferert med måleprogrammet, men informasjonen om dei er likevel tatt med her.



Figur 28. Foto som syner vatn frå andre utslepp nær hovedutsleppa. Øvst: ved Fagerneset 21. mars, ca 100 m nordafor kommunens bygg (kan skimte gråleg vatn i senter av fotoet -pila). Nedst: Uhells-utslepp i flomålet ved Lyreneset 20. mars, litt W for hovedutløpet, retning Simonsviken.

6. Diskusjon og oppsummering

6.1 Vurdering av måleresultata

6.1.1 Innlagringsdjup

Det Norske Veritas gjorde simuleringar for det planlagte utsleppet frå Holen RA i 1994 (DNV 1994). Dette var for dimensjonerande vassføring på 666 l/s (2.400 m³/h) og utslepp på 40 m djup. For middels lagdeling berekna dei maksimal oppstiging til ca 11 m djup (innlagring i 13-14 m), og for svak lagdeling opptrenging til overflata og innlagring rundt 5 m djup. I høve til noverande måleresultat frå 2003 kan dette tyde på at berekningane frå designperioden har vore noko for konservative, og at innlagring faktisk skjer djupare. Dette trass i at faktisk utsleppsdjup ved Lyreneset er noko mindre enn 40 m. NIVAs registreringar t.d. frå 27. oktober synte senterinnlagring rundt 22 m djup for tilnærma samme vassmengde (670 l/s) som det DNV nytta.

NIVA gjorde tilsvarende simuleringar for innlagring og fortynning for utsleppet frå Ytre Sandviken RA (Golmen m. fl. 1995), for vassmengder på 240 og 400 l/s, og utslepp i 40 m djup. Resultata synte innlagring mellom 12 og 30 m (varierte i høve til hulldiameter, lagdeling og fluks). Det synes vere rimelig godt samsvar mellom desse berekningane og dei målte verdiane i 2003.

Lette partiklar er ikkje simulert i dei forreggåande studiane. Desse synes ha tendens til å trenge høgare opp mot overflata på begge utsleppsstadene, men i mest omfang ved Lyreneset/Laksevåg.

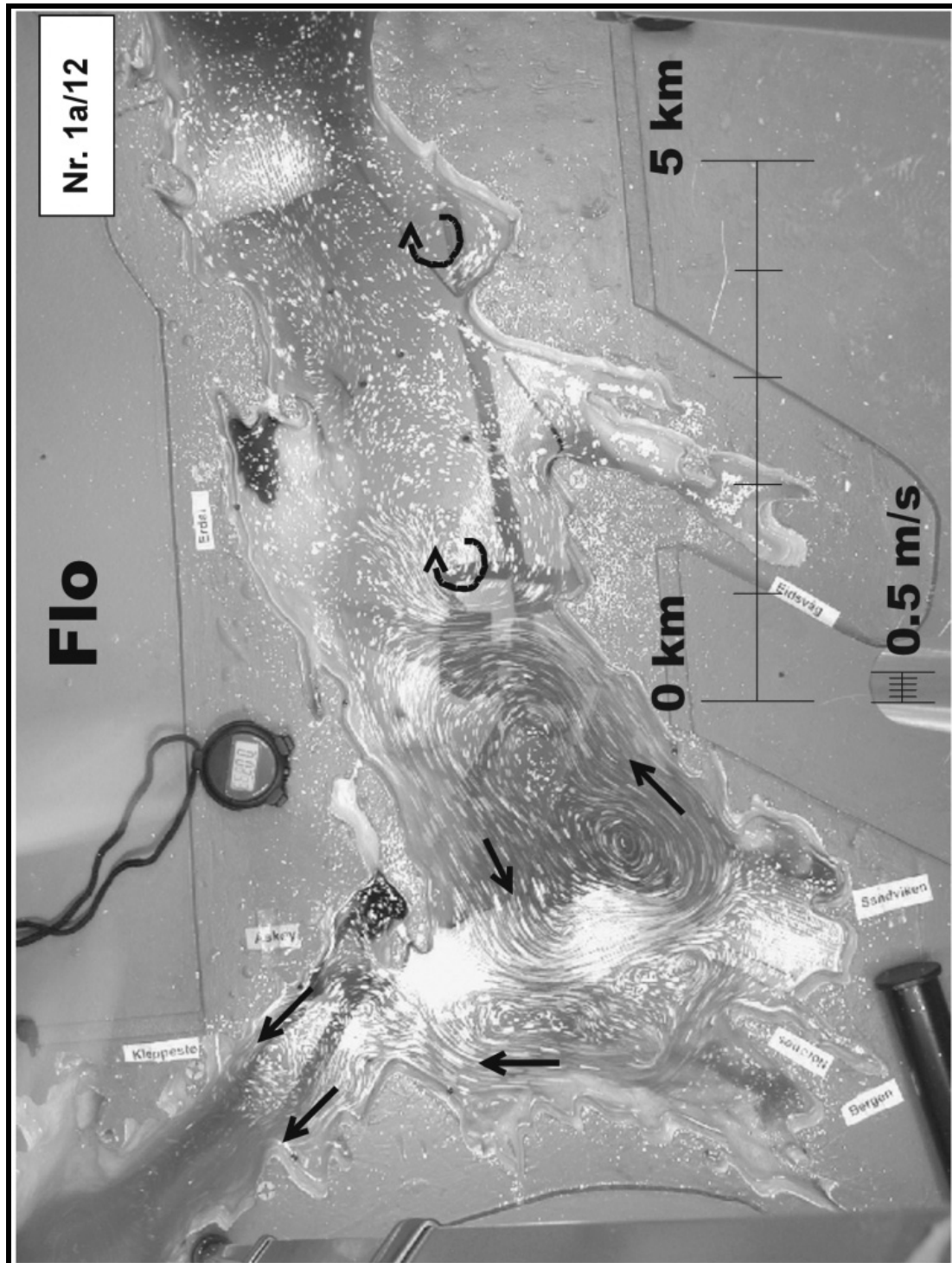
6.1.2 Fortynning og spreining

Måleresultata ga typisk senterverdi for rhodamin på frå < 1 til opp i max 15-16 i sjeldne tilfelle (ved Breiviken). Ein måleverdi på 1 tilsvarer (**Figur 11**) 3×10^{-9} µg/l rhodaminkonsentrasjon. Rhodaminen var i utgangspunktet fortynna 1:100 før dosering. 80 l av denne fortynninga blei tilsatt den aktuelle vassmengda i utløpet av rensaneanlegga over ca 1/2 time. For eksempelvis ein vassfluks på 300 l/s, motsvarar dette ein konsentrasjon ut av røyret under doseringa (forutset fullstendig mixing inne i røyret på veg ut) på 1.5×10^{-6} . Ein slik rhodaminkonsentrasjon ville tilsvare ein målt verdi med Seapoint/SAIV sonden på opp mot eller over max range for sensoren (75). Under kalibreringa gjorde vi ein test på dette og avleste ein råverdi på 66 ved ein faktisk sporstoffkonsentrasjon på 1.67×10^{-6} . Dette syner at vi heile tida under tokta har målt på konsentrasjonar som ligg godt innafor måleområdet for sensoren, noko som også var forutsetninga og grunnlaget for val av primærfortynning på 1:100.

Tidlegare berekningar for Laksevåg (DNV 1994) ga senterfortynning ved innlagring innafor intervallet 44-86, avhengig av lagdeling, strøm og utslippsanordning. NIVA fant tilsvarende fortynning innafor intervallet 27-127 for utsleppet frå Ytre Sandviken. Om vi tar utgangspunkt i 50X fortynning som ein typisk situasjon, skulle dette motsvare rhodaminkonsentrasjon på ca $1.5 \times 10^{-6} / 50 = 3 \times 10^{-8}$ µg/l ved 300 l/s fluks. I høve til kalibereringskurvene skulle dette motsvare avlest sondeverdi på ca 5. Ved fleire høve detekterte vi slike verdiar, noko som indikerer at vi har fanga opp senter av plumen i mange tilfeller, mens målingane i intervallet $0 < \text{målt} < 5$ motsvarar ulike nedstrøms eller sidevegs fortynningar av plumen. Det er i dette området dei fleste målingane ligg, d.v.s. avlest verdi < 1, motsvarande < 3×10^{-9} i konsentrasjon.

Det blei ved to høve detektert restar av sporstoff frå Holen dagen etterpå enten midtjfjords (målt verdi max 0.8) eller ved Breiviken (låg verdi, < 0.1). Dette indikerer at der tidvis er ein vekselverknad mellom utsleppa, men at den adderande effekten (Rest frå Holen + Breiviken) neppe har nokon praktisk effekt. Restverdiane ved Breiviken tilsvarte konsentrasjon på < 10^{-10} eller fortynning av storleiksorden 10.000 (10^4). Det er m.a.o. kun små restkonsentrasjonar av stoff frå det eine anlegget som tidvis vil kunne opptre ved det andre. **Figur 29** syner ei simulering med fysisk modell for Byfjorden (roterande bord) ved Geofysisk institutt (Hageberg 2001). Denne aktuelle situasjonen

representerer moderat tidvassamplitude og tidspunkt nær flo sjø. Sirkulasjonsmønsteret i sørlege del av fjorden kan gje ein peikepinn om korleis sporstoff frå Laksevåg breidde seg i retning Breiviken ved først å bli dradd nordover og så inn i mot-urs kvervelen sentalt i fjorden.



Figur 29. Sirkulasjonsmønster i Byfjorden slik det er simulert med den fysiske modellen ROMEO (Hageberg 2001). Pilene indikerer dominerane strømreretning. Situasjonen representerer moderat tidvassamplitude, ved tidspunkt rundt flo sjø.

6.2 Spreiing vs. meteorologiske tilhøve

Det var ein tydeleg kontrast i nedbøren mellom dei to første sporstoff-tokta (lite nedbør) og dei tre siste (**Tabell 8**). Dette avspeglar seg i avrenninga frå anlegga som for Holen RA toppa seg under første toktet i oktober. Holen ser for øvrig ut til å respondere meir på variasjon i nedbør enn Ytre Sandviken RA- noko som har med oppsamlingsssystemet å gjere. Ved Ytre Sandviken RA blir vatnet pumpa inn frå oppsamlingskummar/basseng lenger inne, og pulsar p.g.a. nedbør kan bli jamna ut. Oppstrøms Holen RA er det fritt fall nedløp fra større deler av nedslagsfeltet.

Stor vassmengde i avlaupa synes ikkje gje merkbar grunnare innlagring – faktisk er det ein motsatt tendens i alle fall for Holen RA. Dette kan avspegle effektiviteten av diffusorane når det er stor vassføring med kraftig blanding i nærsonen.

Raske lufttrykksendingar Bergensområdet bidrar også til endring i overflatenivå i Byfjorden. Ved siste toktet i oktober fall trykket frå 1016 hPa dagen før oppstart til 1002 hPa under toktet ved Breiviken/Ytre Sandviken RA. Dette kan ha vore assosiert med ei lang barotrop overflatebølge evt eit sett av bølger som har bidratt markert til vassutskiftinga i tillegg til tidvatnet som for øvrig også hadde stor amplitude under dette toktet.

6.3 Spreiing vs. tidvatn

Tidvatnet spelar sannsynlegvis ei viktig rolle når det gjeld den regelmessige utskiftinga på middels og lang tidsskala i Byfjorden. Tidvatnet modifierer også straumbiletet på kort tidsskala, i høve til fellande/fløande sjø (Hageberg 2001). Når det gjeld tilhøva i nærsona til utsleppa så er tidvatnet sin rolle for spreinga noko uklår, i høve til dei straummålingane som er gjort. Ved Fagerneset er det ein dominerande nordgåande straum, sjølv om det i korte perioder strøymer sørover. Ved Laksevåg/Lyreneset er målingane uklåre når det gjeld effekten av tidvatnet, i alle fall for sjikt djupare enn 20 m djup der meteorologi synest ha størst effekt (Gade 2002, s. 24).

Måletokta i 2003 var gjennomført ved ulike månefasar som avspeglar seg i ulik amplitude. Forskjellen var markert t.d. mellom tokta 3-6 oktober (60 cm amplitude) og 27-28 oktober (150 cm amplitude). Ved siste høve observerte vi strømkorset ved Laksevåg som satte av stad i rask tempo nordvestover mot Kvarven, der også sporstoff blei målt. Ved første oktober-toktet var drifta svak/varierende og meir lokal. Også ved første toktet, i mars, var det stor tidvassamplitude og på same måte som sist i oktober observerte vi rask drift forbi Lyreneset mot NW.

Det synes difor klart at ved stor tidvassamplitude i Byfjorden er tidvatnet viktig for å transportere avlaupsvatn ut av systemet (gjeld særleg avlaup frå Holen RA). Likevel er ikkje utskiftinga 100% effektiv under desse tilhøva – vi registrerte restar av sporstoff frå Holen midtfjords den 28. oktober, noko som kan avspegle lagring/opphoping i ein virvel midtfjords under slike tilhøve.

6.4 Simonsviken

Den registrerte påverknaden av botnen i området Simonsviken er ugunstig sjølv om tilhøva kan ha blitt forbetra etter omstyringa av avlaupet frå Holen RA i januar 2003 frå røyr 3 til røyr 1. Ei mogleg løysing på dette problemet er å omregulere diffusorane, evt legge dei ut på større djup (i alle fall det røyret som er hyppigast i bruk/har størst fluks). Djupare utslepp vil kunne hindre avlaupsvatn å stige så høgt i sjøen at det kan trenge inn over botnområda i Simonsviken.

Vi har gjort nokre ad-hoc modellsimuleringar av avlaupet frå Holen RA med modellen CORMIX GI (CORMIX2 for diffusor), og lagt inn data for resipienten (middels/svak sjikting). Avlaupsfluksen er satt til 500 l/s (typisk middelværdi for Holen RA), og ellers diffusordata i høve til eksisterande konfigurasjon. Vi har nytta ein strømværdi på 10 cm/s, som nok er eit overestimat i høve til typisk

middelverdi, men som kan vere representativ for episoder med stofftilførsler inn i Simonsviken (jamfør målingane 27 oktober med stor tidvassamplitude, trykkendring og samstundes tydeleg påverknad i Simonsviken). **Figur 30** syner prinsippkisser for nærsonespreinga av diffusorutsleppet, og **Tabell 10** syner nokre resultat frå simuleringane.

Det framgår ein tilnærma lineær relasjon mellom utsleppsdjup og innlagingsdjup/øvre grense for skya. Dersom ein reknar 20 m som kritisk djup for inntrenging til Simonsvik vil ei forlenging av utsleppet frå 30-40 m djup (diffusorsegmentet) til 40-50 m vere tilstrekkeleg. Det faktiske kritiske djupet for inntrenging vil vere bestemt av botntopografien – eit studium av detaljert botnkart vil kunne gje ein meir eksakt verdi for kritisk djup.

Tabell 10. Nokre resultat av modellsimuleringane for diffusor lagt til aukande djup, frå dagens 30-40 m ut til 60 m.

Utsleppsdjup	Djup for innlagring (senter)	Øvre grense av plumen	Senterfortynning v/innlagring
30-40 m	22 m	13.5 m	133
40-50 m	31 m	22 m	158
50-60 m	40 m	31 m	189

6.5 Litt generelt om Avløpsdirektivet og renskrav

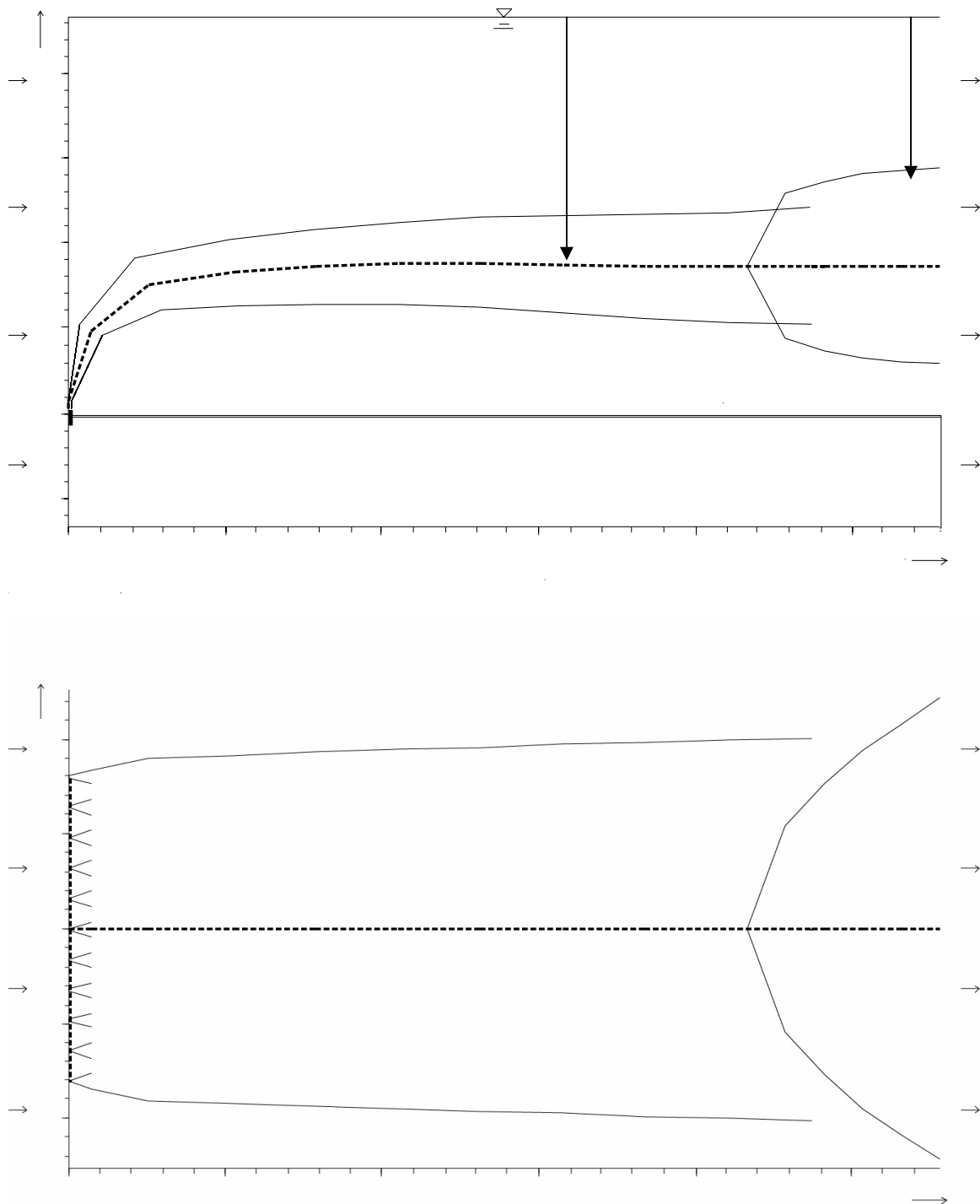
EUs Avløpsdirektiv legg føringar for renskrav også i Norge. Alle avløp > 10.000 PE skal i følge gjeldande forskrift basert på direktivet gjennomgå sekundærrensing for det aktuelle området av kysten som Bergen tilhøyrer. Fylkesmannen kan her gje dispensasjon for anlegg opp til 150.000 PE, forutsatt at avløp går til ein god resipient som ikkje blir forringa av dette, men anlegga får i utgangspunktet krav om sekundærrensing. Eit evt. unntak vil innebere minimumskrav til primær-rensinga: BOF₅ verdien skal reduserast med minst 20% eller ikkje overskride 40 mg O₂/l i utløpet. Tilsvarande er kravet for suspendert stoff 50 % reduksjon i anlegget, respektivt max. 60 mg/l i utsleppet. SFT har hatt på høyring forslag til ny norsk avløpsforskrift meir tilpassa norske tilhøve (SFT 2003). Ei ny høyringsrunde blir gjennomført i 2004, og forskriften er planlagt å tre i kraft 1/1 2005.

6.5.1 PE og faktiske tilførsler

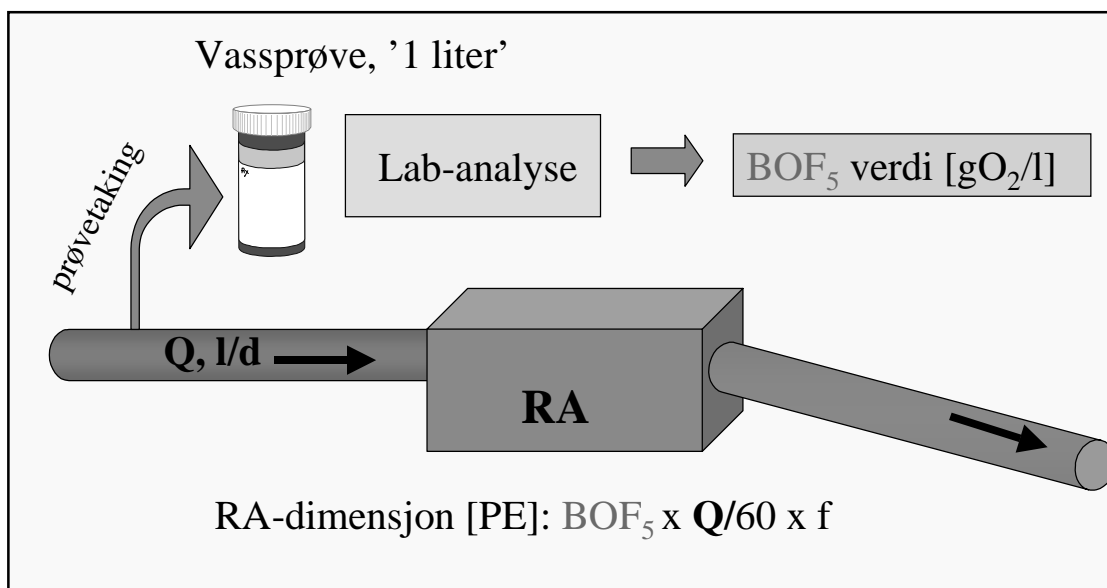
Eksisterande norske anlegg er stort sett dimensjonerte i h.h.t. retningslinene gitt av SFT i 1983, i høve til antal personar (folkesetnad) som er tilknytt. I det nye regelverket er det eininga PE som gjeld, mens utsleppsløyva stort sett er gitt i høve til antal pe.

Omgrepet personekvivalent, “pe”, refererer til tal for spesifikke (pr person) forureningsmengder for både oksygenforbruk, nitrogen og fosfor, i form av normale døgnverdiar. BOF₇ var nasjonal standard i perioden før innføringa av avløpsdirektivet og PE definisjonen.

Antal PE som er tilknytt eit renseanlegg skal bereknast på grunnlag av største målte vekemiddelverdi (i form av BOF₅) som normalt går inn til anlegget eller evt til sjø dersom ingen rensing finn stad (**Figur 31**). D.v.s. at målingar ved uvanlege tilhøve med sterk nedbør o.l. (ekstremverdiar) ikkje skal reknast med. Omgrepet PE er ikkje nytt. SFT brukte det i 1995 (SFT 1995) som forkorting for “personenheter”. PE multiplisert med folketalet gir i den SFT rapporten “total ekvivalent befolkningsmengde”.



Figur 30. Simulert innlagring for utslepp ved Holen, 500 l/s, diffusor med 11 portar. Lik fluks fordeling mellom alle portane. Øvre figur syner utsleppsskya frå sida, lang vertikal pil er djup for senterfortynning, kort pil indikerer grunnaste sjikt for evt. påverknad.



Figur 31. Skisse som syner relasjon mellom målt BOF₅ og den totale mengde PE som belastar eit renseanlegg. For å få den dimensjonerande PE verdien for anlegget kan ei normal døgn-prøve, evt. års-middel multipliserast med faktoren $f = 2$, evt. 2,5 (NORVAR 2002).

Den nye definisjonen skal nyttast til å fastslå dimensjonen på eit renseanlegg. Dimensjonen skal altså basere seg på berekningar ut frå målte verdiar avBOF₅ i avløpsvatnet som går inn til renseanlegget, og ikkje som før berekna på basis av antal personar/husstandar, industri, overvatn og andre kjelder i det tilknyttaregulerte arealet. Skilnaden mellom gamle og nye reglar skriv seg dermed for det meste i omlegging av metodikk og statistikk, mens tala for den faktiske forureininga frå eit menneske stort sett er som før. Der blir no utarbeidd ein ny Norsk Standard for utrekning av PE.

Bergen kommune måler regelmessig BOF₅ på renseanlegga i h.h.t. dei nye retningslinene. Vi gjengir verdiar frå 2002 for Holen og Ytre Sandviken RA i **Tabell 11**. Verdiane syner eit avvik mellom dimensjonerande storleik på anlegga (100.000 resp. 35.000 pe) og faktisk gjennomsnittsverdi-sistnemnde var på 42% for Holen og 76% for Ytre Sandviken RA. Kun i sjeldne tilfelle forekom det større last på anlegga (max verdiane) enn det designverdien tilseier.

Tabell 11. Verdiane for målt BOF₅ (pe) i dei to renseanlegga i 2002 (Kjelde: Bergen kommune).

Anlegg	Max BOF ₅	Min. BOF ₅	Gj. snitt
Holen RA	128.000	15.000	42.000
Ytre Sandviken RA	51.000	11.000	27.000

7. Referansar/litteratur

- Agunwamba, J C 2002: Optimal design of dispersion experiment. *Water Research*, Vol. 36, 4570-4582.
- Botnen, H., G. Vassenden, S. Hjøhman, P-O Johansen og P. J. Johannessen 2001: Byfjordundersøkelsen – overvåking av fjordene rundt Bergen. Miljøundersøkelse 2000. Rapp nr. 13/2001, IFM, UiB, 155s.
- Botnen, H., E. Heggøy, G. Vassenden, P-O Johansen og P. J. Johannessen 2002: Byfjordundersøkelsen – overvåking av fjordene rundt Bergen. Miljøundersøkelse i 2001. Rapp nr. 5/2002, IFM, UiB, 158s.
- Botnen, H., E. Heggøy, G. Vassenden, P-O Johansen og P. J. Johannessen 2003: Byfjordundersøkelsen – overvåking av fjordene rundt Bergen. Miljøundersøkelse i 2002. Rapp nr. 11/2003, IFM, UiB, 180s.
- Bourgeois, W og R M Stuetz 2002: Use of a chemical sensor array for detecting pollutants in domestic wastewater. *Water Research*, Vol 36, 4505-4512.
- Brière, F. G. 1999: Drinking-water distribution, sewage, and rainfall collection. *Ecole Polytechnique de Montreal*, 385s.
- Chen, Z, P Pavelic, P Dillon og R Naidu 2002: Determination of caffeine as a tracer of sewage effluent in natural waters by on-line solid phase extraction and liquid chromatography with diode-array detection. *Water Research*, Vol. 36, 4830-4838.
- DNV 1994: Utslippsberegninger Bergen kommune. Teknisk rapport, 17. febr. 194, VERITAS, 31 s.
- Eidnes, G. 1991: Sentrum Syd hovedavløpsanlegg. Strømforholdene i Puddefjorden. Rapp nr. STF60 F91099, SINTEF NHL, 45 s.
- Ferns, P. N. og G. P. Mudge 2000: Abundance, diet and salmonella contamination of gulls feeding at sewage outfalls. *Water res*, Vol. 34, No. 2, 2653-2660.
- Gade, H G 2002: Strømmåling ved Bjørvika og Fanaholmen i Fanafjorden, og ved Lyreneset og Simonsviken i Byfjorden. Rapp. Nr 9, 2002, IFM, UiB, 64 s.
- Golmen, L.G. 1991: Resipientgransking ved Lauvøya i Vikna, Sør-Trøndelag. Rapp. Nr. 2736, NIVA, Oslo, 74s.
- Golmen, L.G., J. Molvær og K. Sørensen 1995: Sentrum Nord, Eidsvåg hovedavløpsanlegg. Vurdering av vanutskifting ved alternative utslippslokaliteter. Rapp. Nr. 3293, NIVA, Oslo, 70 s.
- Hageberg, A. 2001: ROMEO. Roterande fysisk fjordmodell av Hjeltefjorden, Byfjorden, Herdlefjorden og fjordane rundt Osterøy. Hovedoppgåve, Geofysisk institutt, UiB, 92s.
- Helle, H 1975: Oseanografisk resipientundersøkelse av fjordene rundt Bergen 1973-74. Rapp. juni 1975, Geofysisk institutt, UiB, 44 s.

Helle, H. 1978: Summer replacement of deep water in Byfjord, Western Norway: mass exchange across the sill induced by coastal upwelling. *Hydrodynamics of Estuaries and Fjords* (J.C. Nihoul, red.), Elsevier forlag, s. 311-324.

Kalikhman I 2002: Patchy distribution fields: Sampling distance unit of a zigzag survey and reconstruction adequacy. *Env. Monitoring and Assessment*, Vol 80, 1-16.

Källqvist et al. 2002: Implementation of the Urban Waste Water Treatment Directive in Norway. An evaluation of the Norwegian approach regarding Wastewater Treatment. Rapp Nr 4466, NIVA, 70s.

Leredde, Y., I Dekeyser og J-L Devenon 2002: T-S data Assimilation to optimize turbulent viscosity: An application to the Berre Lagoon Hydrodynamics. *J Coastal Research*, Vol 18, Nr 3, 555-567.

Lilletvedt, T. 1994: Næringssaltregnskap for Byfjorden, Bergen. Hovedoppgave i VAR teknikk 1994, NTH-Institutt for Vassbygging, Trondheim, 72 s.

Lohrman, A og C C Ebbesmeyer 1992: Acooustic Monitoring and Tracking of Waste water plumes. MEMO, Nortek AS, 9 s.

Lundven, M., P. Gentien, K. Kononen, E. LeGall og M. M. Danielou 2003: In situ video and diffraction analysis of marine particles. *Estuarine, coastal and shelf science*, Vol 57, 1127-1137.

Lynch, D og D J McGillicuddy 2001: Objective analysis for coastal regimes. *Cont. Shelf Res.* Vol. 21, 1299-1315.

Mork, K 1997: Utslepp of rensing av avløpsvatn. Datakvalitet og beregningsmåter. Rapp. Statistisk Sentralbyrå, Nr 97/02, 64 s.

NIVA 2002: Bergen kommune; Utslepp sentrum Syd-Sentrum Nord. Kartlegging av spreiring av avlaupsvatn. Prosjektforslag, 27/7 2002, revidert 12/12 2002, NIVA-Vest.

NIVA/NHL 1985 (Molvær et al.): Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport nr 1721, NIVA, Oslo, 83s.

NORVAR 2002: Implementering av Eus avløpsdirektiv. Spesifikk produksjon av BOF5/BOF7, beregning av PE, relevante koeffesienter. Notat Norvar, sept. 2002, 16 s.

SFT 1983: Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrenseanlegg. Revidert utgave. Rapp. Nr TA-525, Statens forurensingstilsyn, 68 s.

SFT 1995: Miljømål for vannforekomstene. Tilførselsberegninger. Rapp Nr. TA 1139/1995, SFT, 70s.

SFT 1996: Forurensingsregnskap for avløpssektoren. SFT rapp. Nr 96:19, 80s.

SFT 2001: Krav til kommunale avløpsanlegg 2001-2005. Retningslinjer til Fylkesmannen. SFT veiledning TA-1820/2001, 19 s.

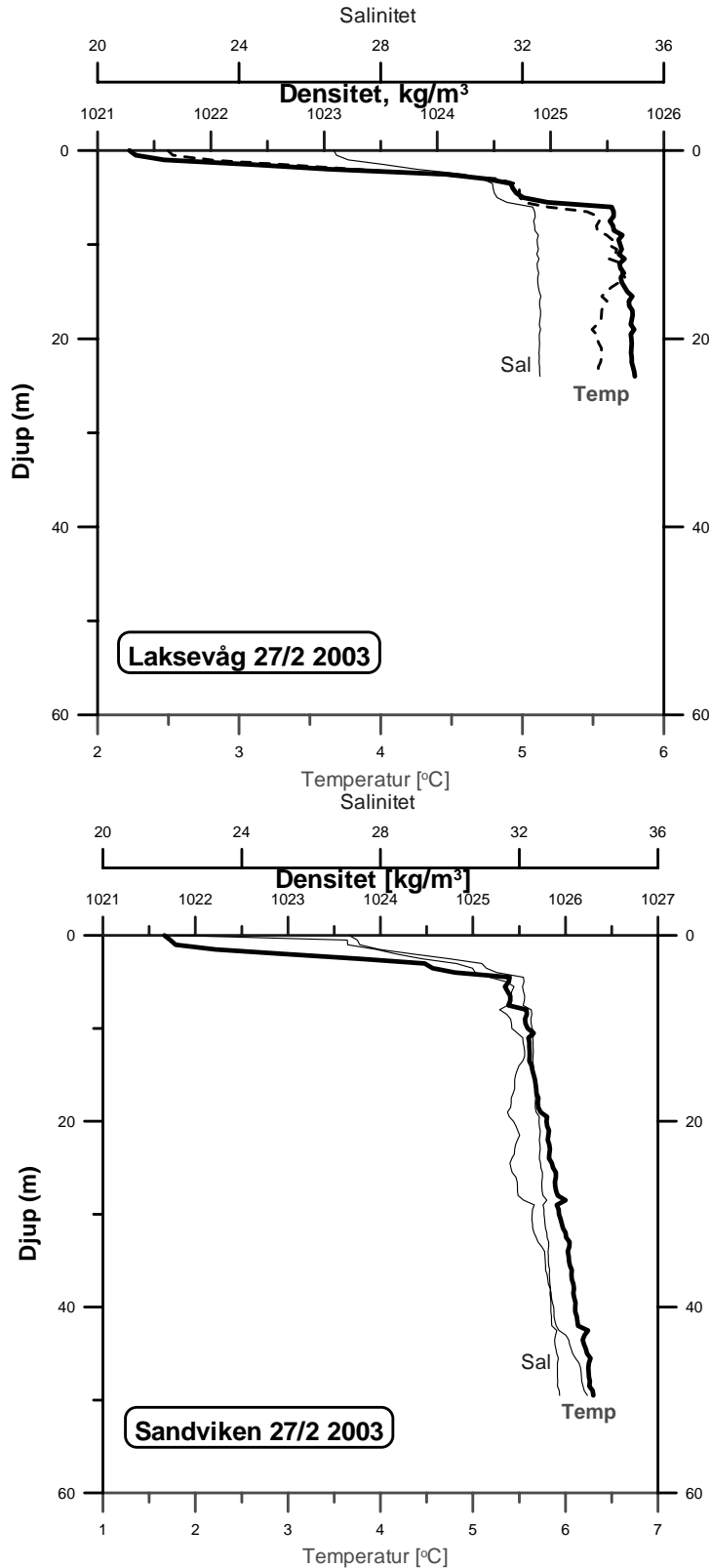
SFT 2003: Vurdering av konsekvenser av forslag til fellesforskrift for avløpssektoren. Notat på høyring 01.07.2003, SFT, Oslo, 39s.

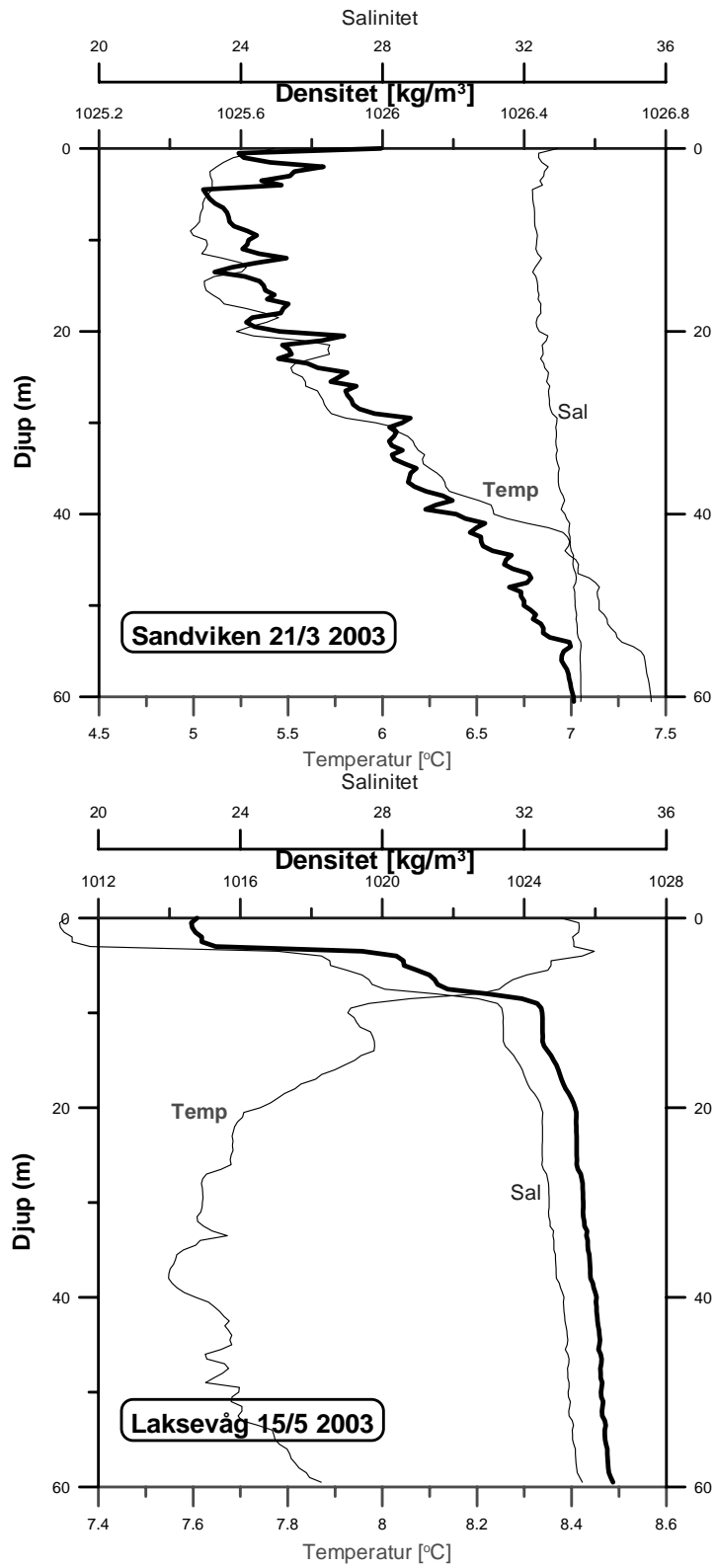
Trump, C. L. og G. O. Marmorino 2003: Mapping small-scale along-front structure using ADCP acoustic backscatter range-bin data. *Estuaries*, Vol. 26, Nr 4A, 878-884.

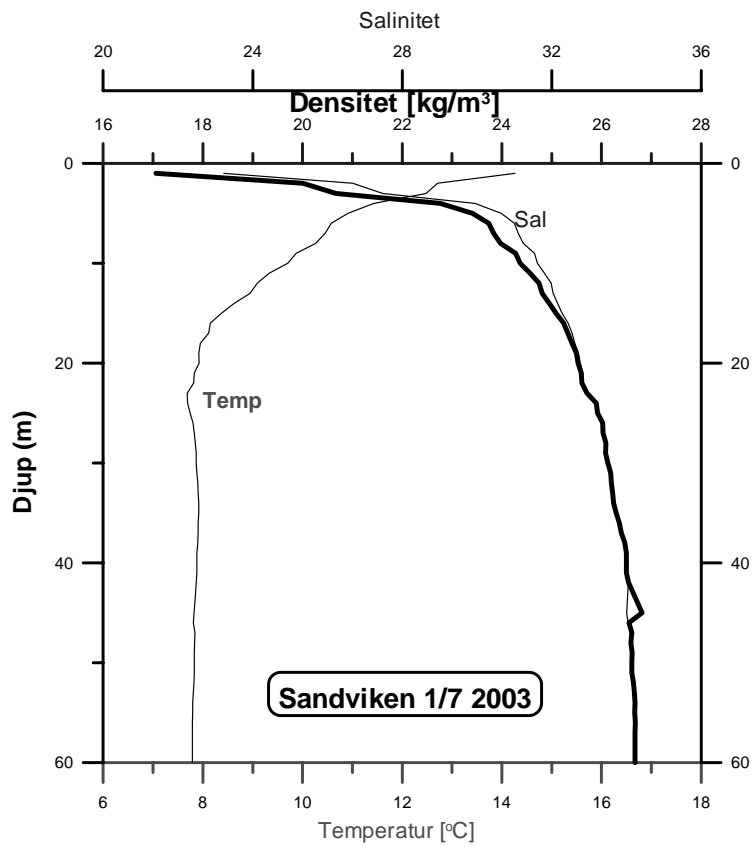
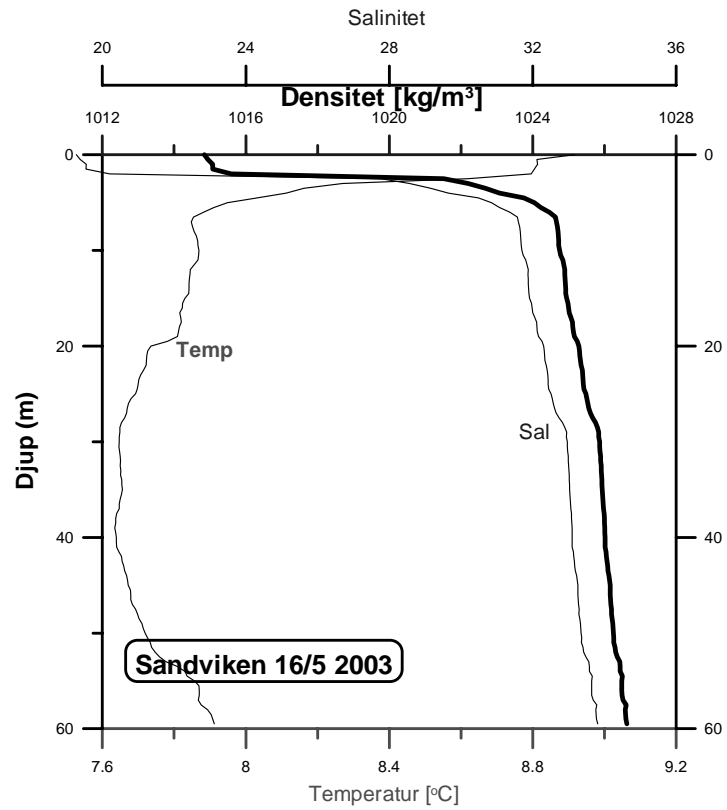
Vråle, L. 1987: Forurensingsmodell for avløpsvann fra boliger. NTNFs program for VAR teknikk. Proj. rapp. 60/87, 45 s.

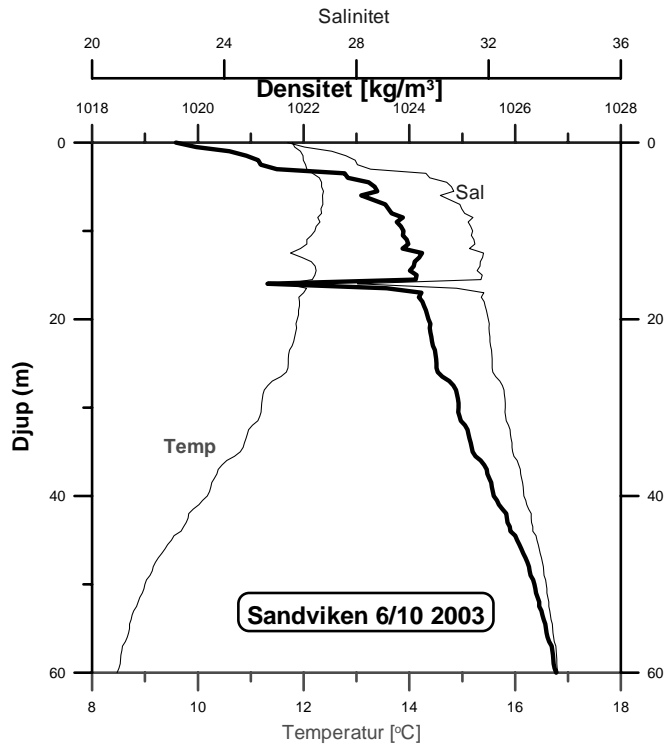
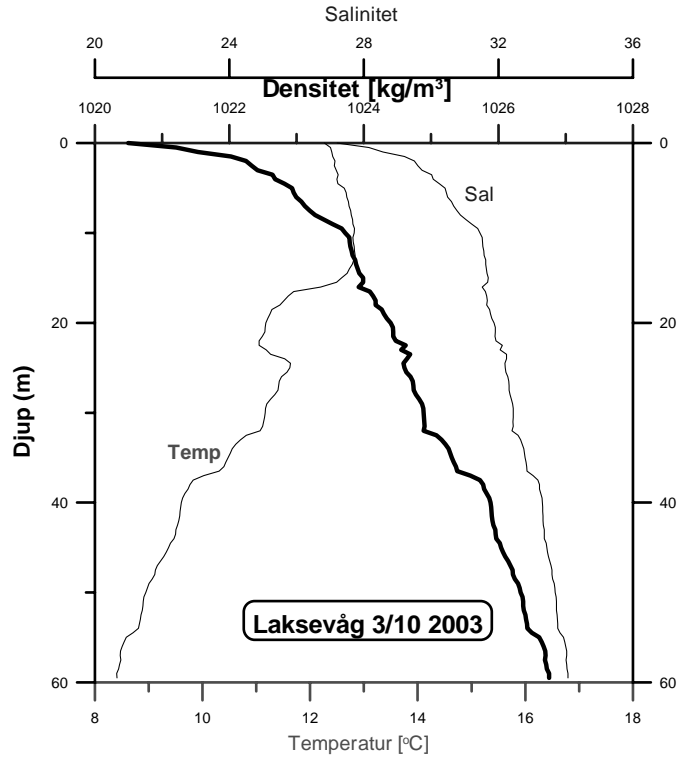
Vedlegg A. Hydrografiske profilar

(2 profilar frå datoane 20/3 og 30/6 er synt framme i rapporten).

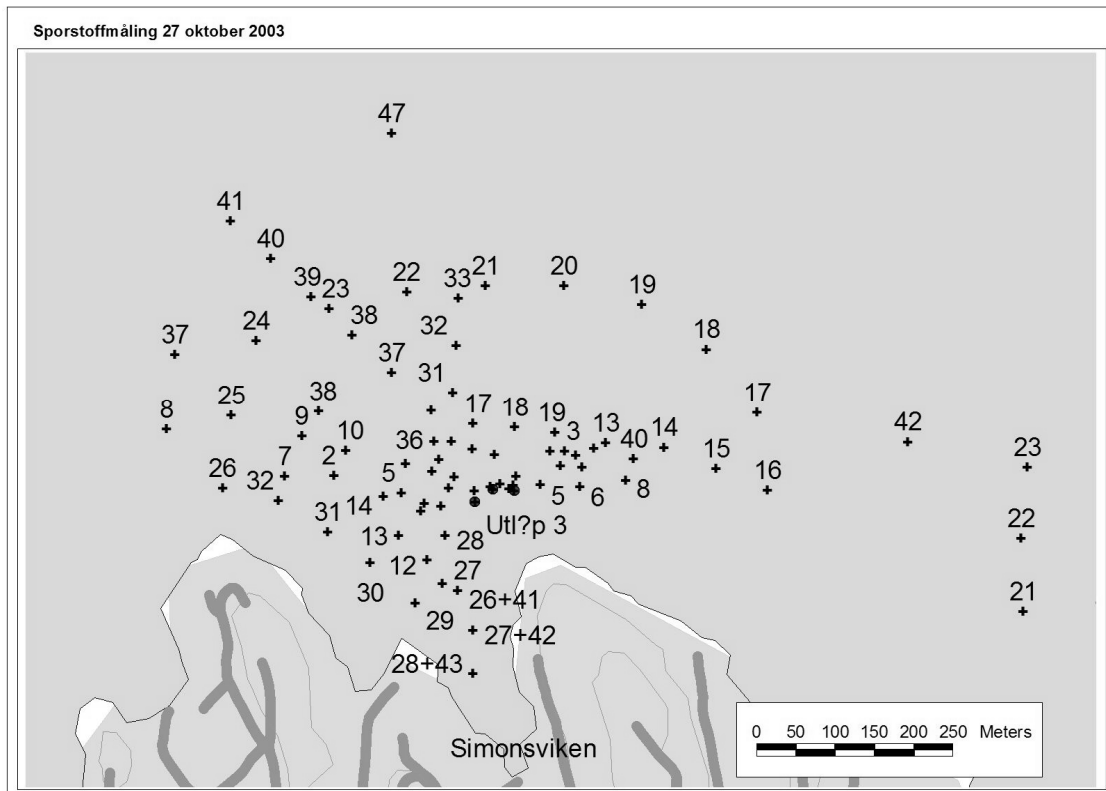
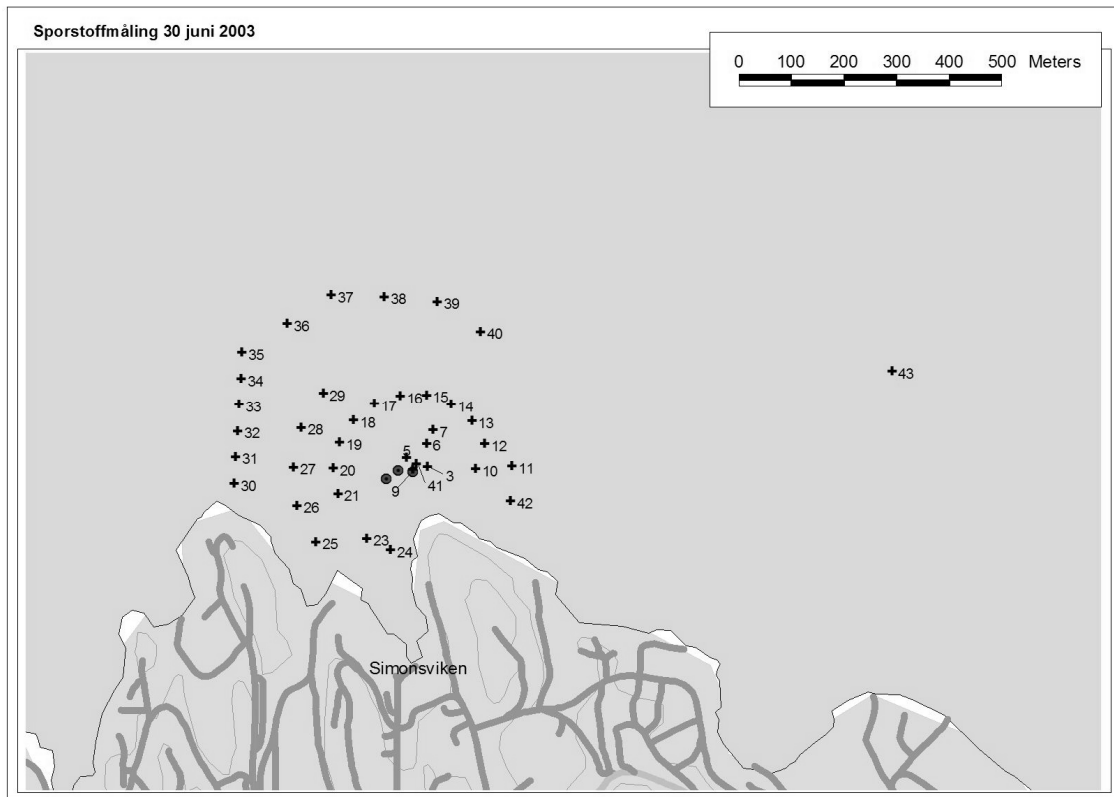






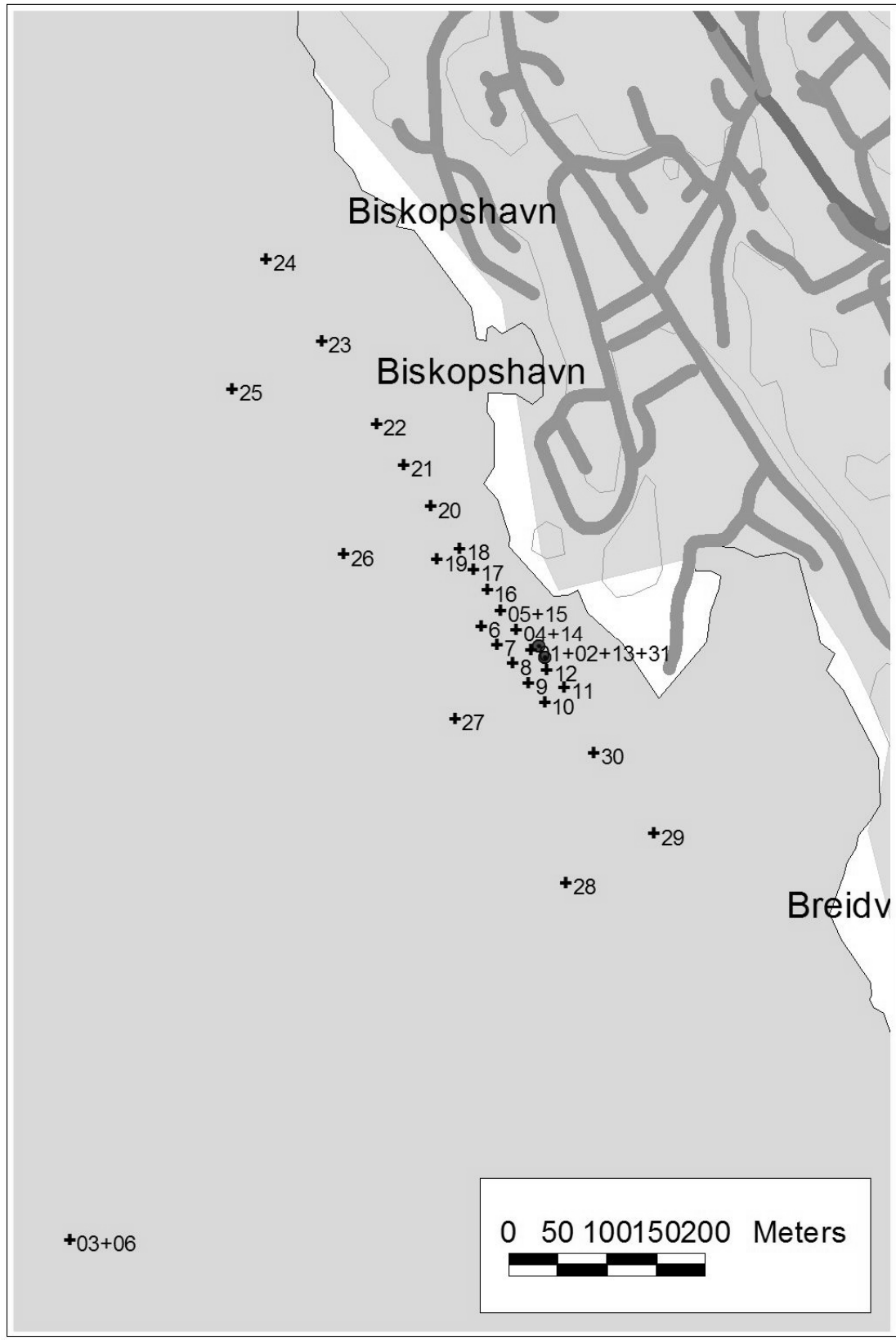


Vedlegg B. Stasjonsplassering

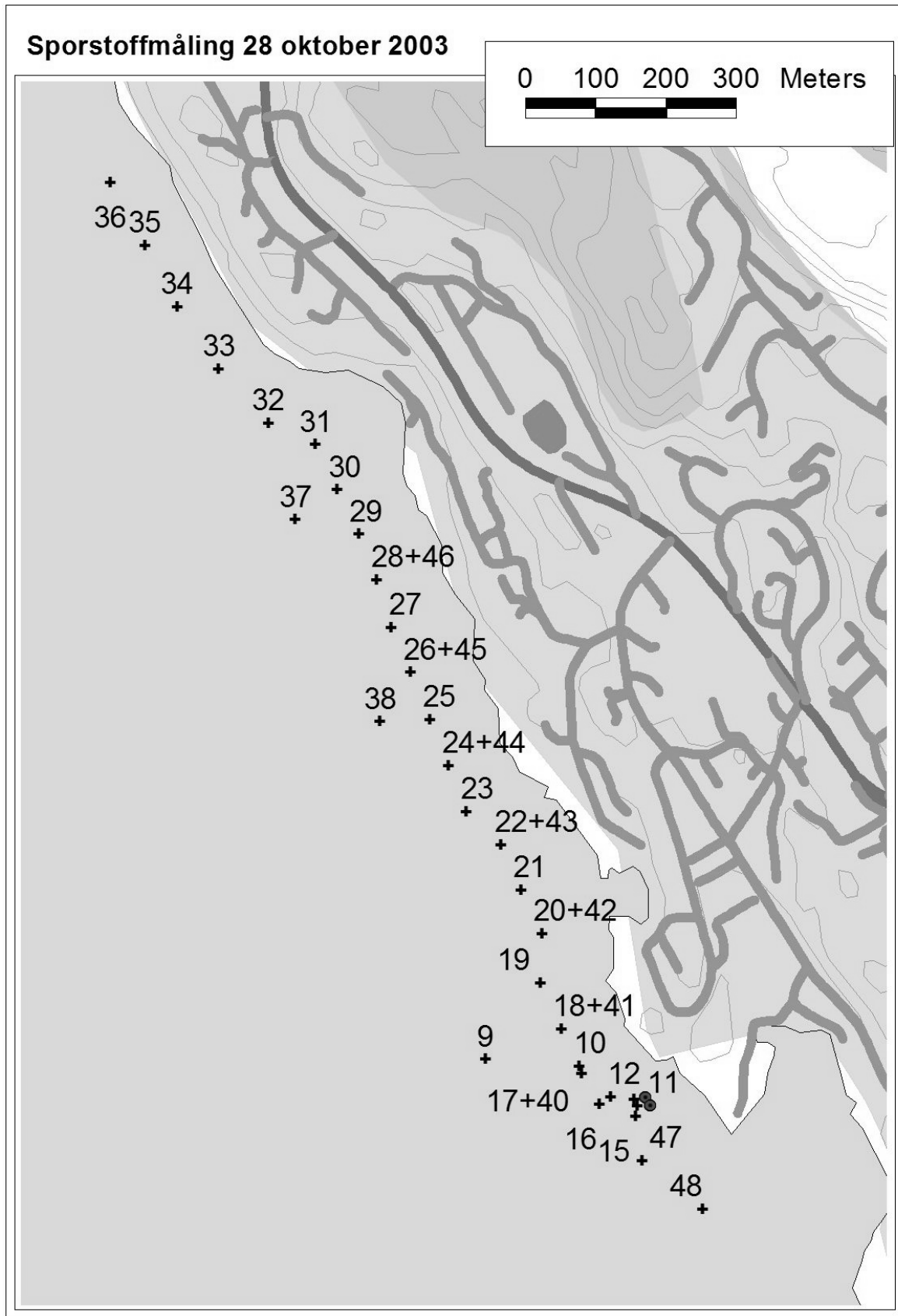


VEDLEGG B. forts.

Sporstoffmåling 1 juli 2003

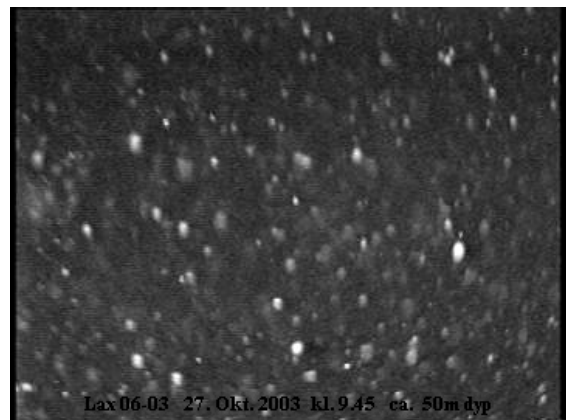
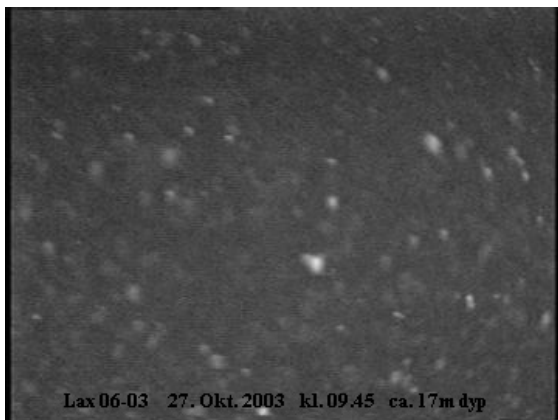
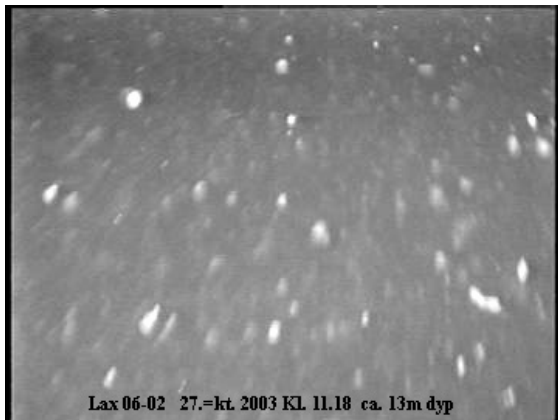
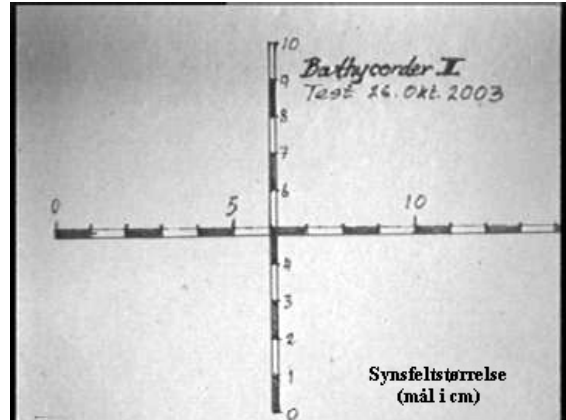
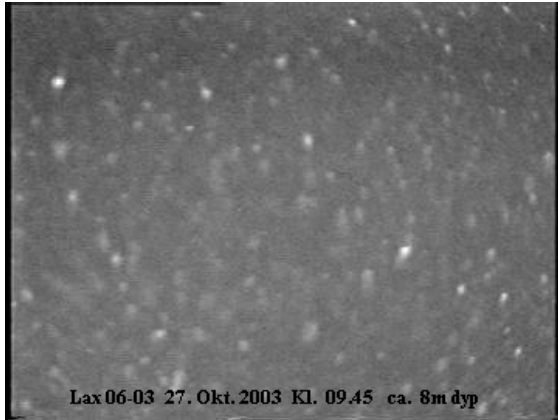


VEDLEGG B, forts.



Vedlegg C. Videoprofilering Hølen 27. oktober 2003

Posisjon: Lax 06-03. Dato: 27. Okt. 2003. Start kl. 09,45 Bunndybde ca. 60m
Stillbilder fra forskjellig dyp, kopiert fra videofilm.



Videoopptak og billedbearbeidelse ved
Bathybiologica A/S