



**Vurdering av alternativ  
for avløp for  
Hordatun-området på Lofthus i Hardanger**




NIVA  
Vestlandsavdelingen

ULLENSVANG HERAD



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Udemr.:
O-93199	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2980	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 173 Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Postboks 735 9001 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
<b>Vurdering av alternativ for avløp for Hordatun-området på Lofthus i Hardanger</b>	Des. 93	NIVA 1994
	Faggruppe:	
	Marin Eutrofi	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
<b>Lars G. Golmen</b>	Hordaland	
	Antall sider:	Opplag:
	28	

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Ullensvang Herad, Tekn. etat, 5780 Kinsarvik	R.G. Moen

Ekstrakt:

Ved Lofthus i Ullensvang skal det anleggast regulert utslepp for 265 pe frå Hordatun området. Via slamavskiljar nær fjorden skal utsleppet gå ut i Sørfjorden, til eit djup tilstrekkeleg til å unngå lokale forureiningseffekter. Basert på strømmålingar i resipienten i oktober 1993 og års-syklus av hydrografiske data frå tidligare, har NIVA modellert banen for ein utsleppsstråle. Det vert rådd til å legge utsleppet til minst 30 m djup, for å unngå overflatepåverknad. Røyret bør om mogleg, leggjast ut i botnskråninga.

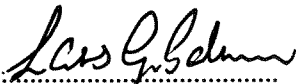
4 emneord, norske

1. Sørfjorden
2. Strøm
3. Hydrografi
4. Forurensning

4 emneord, engelske

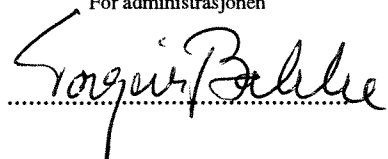
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder



Lars G. Golmen

For administrasjonen



ISBN-82-577-2417-3

O-93199

Vurdering av alternativ for

avløp

for Hordatun-området

på Loftus i Hardanger

**Bergen, desember 1993**

**Prosjektleder: Lars G. Golmen**  
**Medarbeider: Inger Midttun**

## FORORD

*Ullensvang herad i Hardanger skal bygge avløpsanlegg for ca 265 pe for eit område på Loftus (Ullensvang) ved Sørfjorden. Det er reist visse spørsmål kring val av utsleppsstad m.m. Heradet kontakta derfor NIVA, Norsk institutt for vannforskning, sommaren 1993 og ba om forslag til eit prosjekt for å vurdere ulike utsleppsalternativ.*

*Avtale om å foreta ei vurdering blei inngått i august 1993. Budsjettramma var 23,000 kr. NIVA fann det naudsynt å utføre visse målingar i resipienten for å skaffe grunnlagsdata for seinare vurderingar og rapport. I samband med desse målingane bistod Per Djønne frå Lofthus på beste måte med båten sin.*

*Planleggjar Rolf Gunnar Moen var oppdragsgjevars kontaktperson i prosjektperioden. Hos NIVA har avd. sekretær Inger Midttun bistått med EDB og rapportredigering. Lars G. Golmen har stått for øvrig feltarbeid, analyser og rapportering. Rapporten er trykt på NIVAs trykkeri i Oslo.*

*Bergen, desember 1993  
Lars G. Golmen  
prosjektleder*

# INNHALD

SAMANDRAG .....	3
1. INNLEIING .....	4
1.1. Bakgrunn for rapporten .....	4
1.2. Geografi og resipient .....	4
1.2.1. Tilførsler til frå land til fjorden .....	8
1.2.2. Hydrografi og strømforhold .....	9
1.3. Planlagt utslepp .....	11
2. MÅLEPROGRAMMET .....	13
2.1. Hydrografi .....	13
2.2. Strømmåling .....	13
2.2.1. Måleinstrument .....	13
2.3. Andre registreringar .....	14
3. MÅLERESULTAT .....	15
4. INNLAGRING OG FORTYNNING AV AVLØPSVATN .....	22
4.1. Teori .....	22
4.2. Dimensjonerande vassføring .....	22
4.3. Verdier til modellen .....	22
4.4. Resultat .....	23
4.5. Samla vurdering .....	25
REFERANSAR .....	26

Appendiks 1.

## SAMANDRAG

I samband med opprydding på kloakksektoren, skal Ullensvang herad anlegge nytt utslepp frå Hordatun området på Lofthus (Ullensvang). I dag går utsleppa enten ut i grunnen eller til fjorden gjennom spreidde utslepp. Utsleppet skal gå via slamavskiljar nær sjøen til fjorden. Utsleppet vil fullt utbygd ha ca 265 pe tilknytt. Dette utgjer 2-3 % av samla kloakktilførsler til Sørfjorden. Overvatn skal gå ut i separat leidning.

Forutsetninga er at utsleppet skal leggst slik at det ikke forureinar den lokale badeplassen og dei verneverdige båtstøene (kyrkjestøene) i vika. NIVA har derfor gjennomført ei gransking hausten 1993 for å bedømme hydrografisk sjikting og strømførhold lokalt. Frå heradets side ligg det føre to alternativ for rør-trasé, h.h.v. rett utanfor, og nord for støene. Desse alternativa er vurdert opp mot resultat av målingar og teoretiske berekningar.

Strøm blei målt i ei 3 vekers periode i oktober 1993. Strømmen i 6 m djup var vedvarande retta nordover (ut-) fjorden. I 16 m djup var biletet det same, men med svakare strøm. Data for sjikting er vesentlegast henta frå granskingar i 1950-åra (heil års-syklus), supplert med profilar frå oktober 1993.

Basert på måledata er teoretisk innlagingsdjup av dykka utsleppsvatn berekna ved hjelp av numerisk plume-modell. Dei viktigaste resultatata for utslepp mellom 20 m og 50 m djup var som følgjer:

	Grunnaste innlagring	Tidspunkt
Utslepp: 20 m djup	7.1 m	oktober
Utslepp: 30 m "	15.9 m	mars
Utslepp: 40 m "	23.7 m	februar
Utslepp: 50 m "	28.8 m	februar

Ved relativt grunn innlagring (februar-mars) vil ureininga sannsynlegvis bli ført nordover (ut av) fjorden i følgje strømmålingane. I så måte vil er det ingen tungtvegande grunnar for val av det eine eller det andre av dei to foreliggende utsleppsalternativa.

Sjølv om strømmen tidvis vil vende sørover, er innlagringa så djup at overflatevatnet og strandsona lokalt neppe vil bli påverka. Dette sjølv om det kan vere tale om stagnasjon og evt. bakevje i Haugesundsvika til tider. Lokale effekter vil kunne gå på ein viss opphopping av fin-partikulært materiale på botn nær utsleppet. Dette bør kontrollerast år imellom.

## 1. INNLEIING

*I dette kapittelet blir det kort gjort greie for bakgrunnen for -og hovedformålet med - rapporten. Relevante problemstillingar blir berørt. Det blir også gitt ein generell omtale av Ullensvang herad og det berørte området.*

### 1.1. Bakgrunn for rapporten

Ullensvang herad ved Sørfjorden i Hardanger (fig. 1.1) er komen godt i gang med opprydding på kloakksektoren. For Lofthusområdet ved Sørfjorden skal det anleggast samleavløp for Hordatun Folkehøgskule og annan busetnad. I dag går utsleppa enten uregulert ut i grunnen eller gjennom fleire avløp til strandsona i fjorden. Til saman vil det nye kloakkutsleppet representere 265 pe, fordelt på 100 pe frå skulen og 165 pe frå 41 bustadhus. Dette vil tilsvare om lag 200 kg P/år og 1.5 tonn N/år.

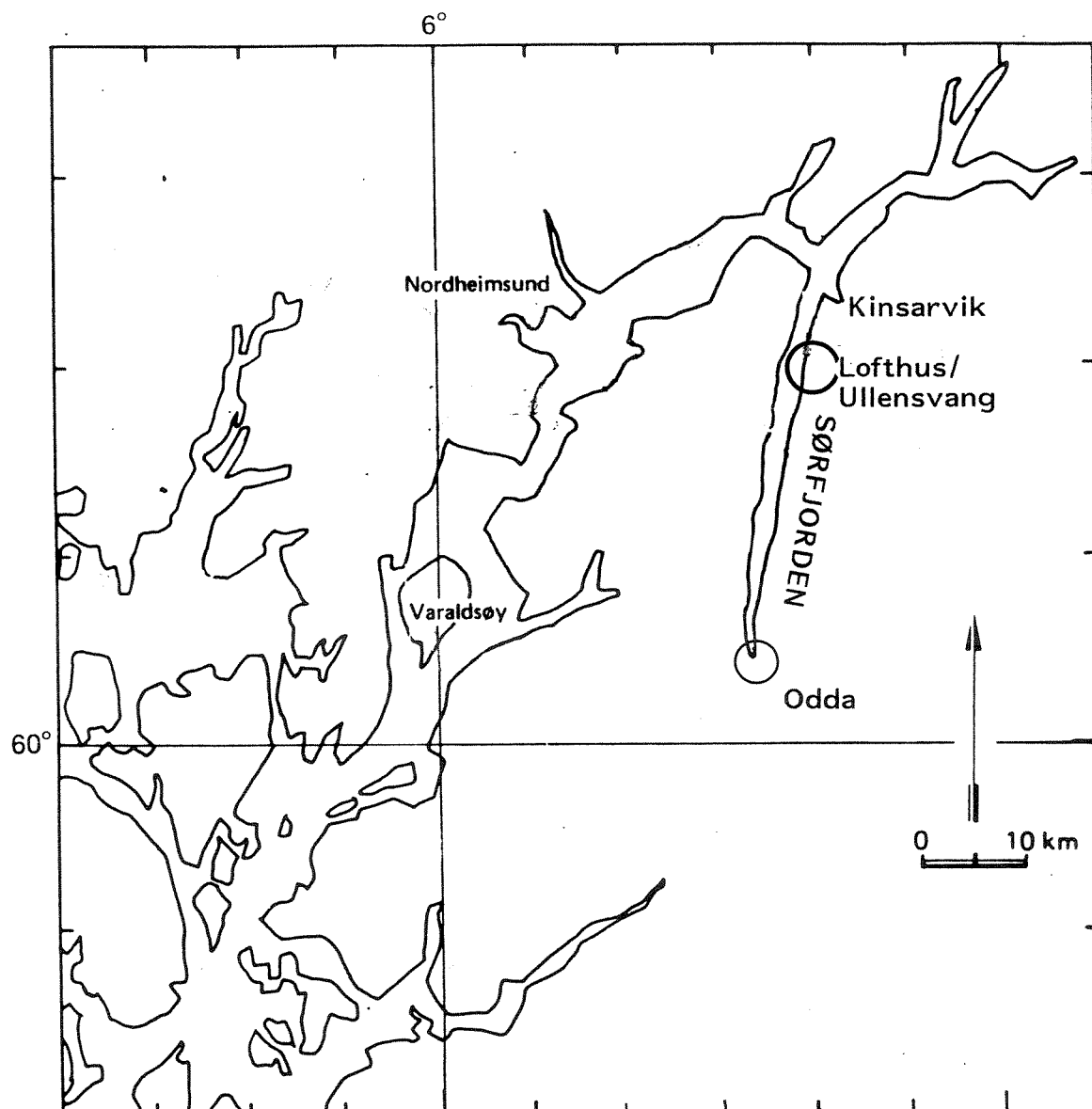
Området der det nye utsleppet er planlagt ligg i Haugesundsvika, like nedanfor kyrkja på Lofthus (fig. 1.2). Utsleppet vil bli nær gamle og verneverdige båtstøer (kyrkjestøer) som også blir nytta som badeplass om sommaren. Moglege konflikhtar med verneinteresser og friluftssinteresser har avla eit behov for m.a. dei naturvitskaplege granskingar og vurderingar som denne rapporten representerer. Fotografia i fig 1.3 syner den berørte strandlinja, med støene, og forskingsstasjonen i bakgrunnen.

Det kom merknader til planene for utslepp m.a. frå helse-og sosialstyret, som kravde at leidningstrasé skulle utgreiast av faginstans. Helse-og sosialstyret uttaler seg i slike saker i medhald av Forureiningslova, evt. også etter kap. 4 i Kommunehelselova. Merknadane gjekk spesielt på risikoen for oppkonsentrering av koliforme bakteriar i sjøen inne i vika ved badeplassen. Styret rådde til å legge utsleppet lenger nord (mot Prestebryggja) enn kommunens forslag.

Som reaksjon på innkomne merknader vurderer kommunen også eit anna alternativ med utslepp lenger nord i fjorden, for på denne måten å unngå påverknad av støene og badeplassen (basert på antaking om at strømmen går ut fjorden på staden).

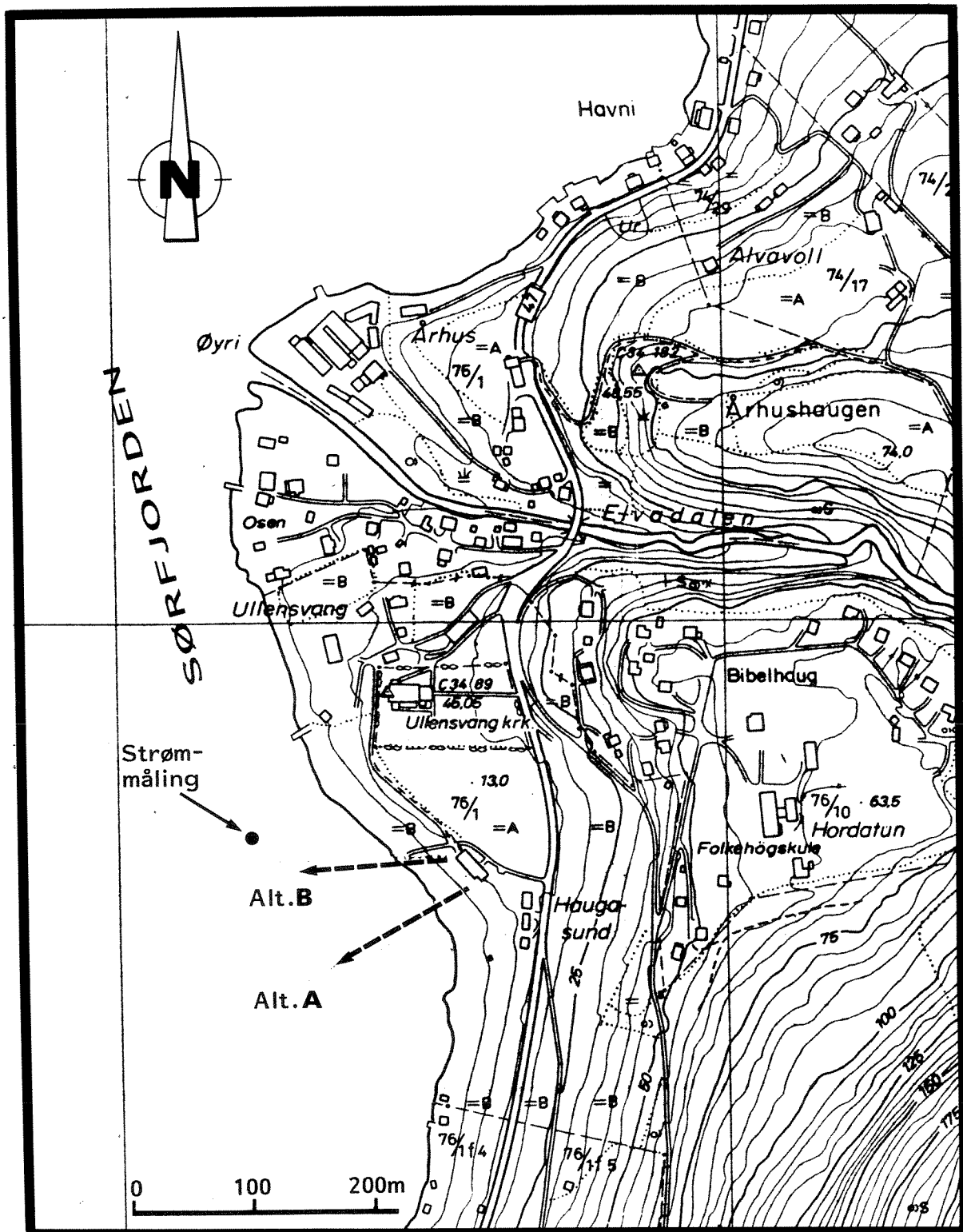
### 1.2. Geografi og resipient

Ullensvang herad omfattar det meste av Sørfjorden og til-liggande landområder, med unntak av inste delen som tilhøyrrer Odda kommune (fig. 1.1). Kinsarvik er kommunesenteret, med Lofthus/Ullensvang som andre største tettstad. Heradet er kjent som eit senter for fruktdyrking. Ved Ullensvang renn elva Opo ut.



**Figur 1.1.** Kart over Hardangerfjorden og Sør fjorden.



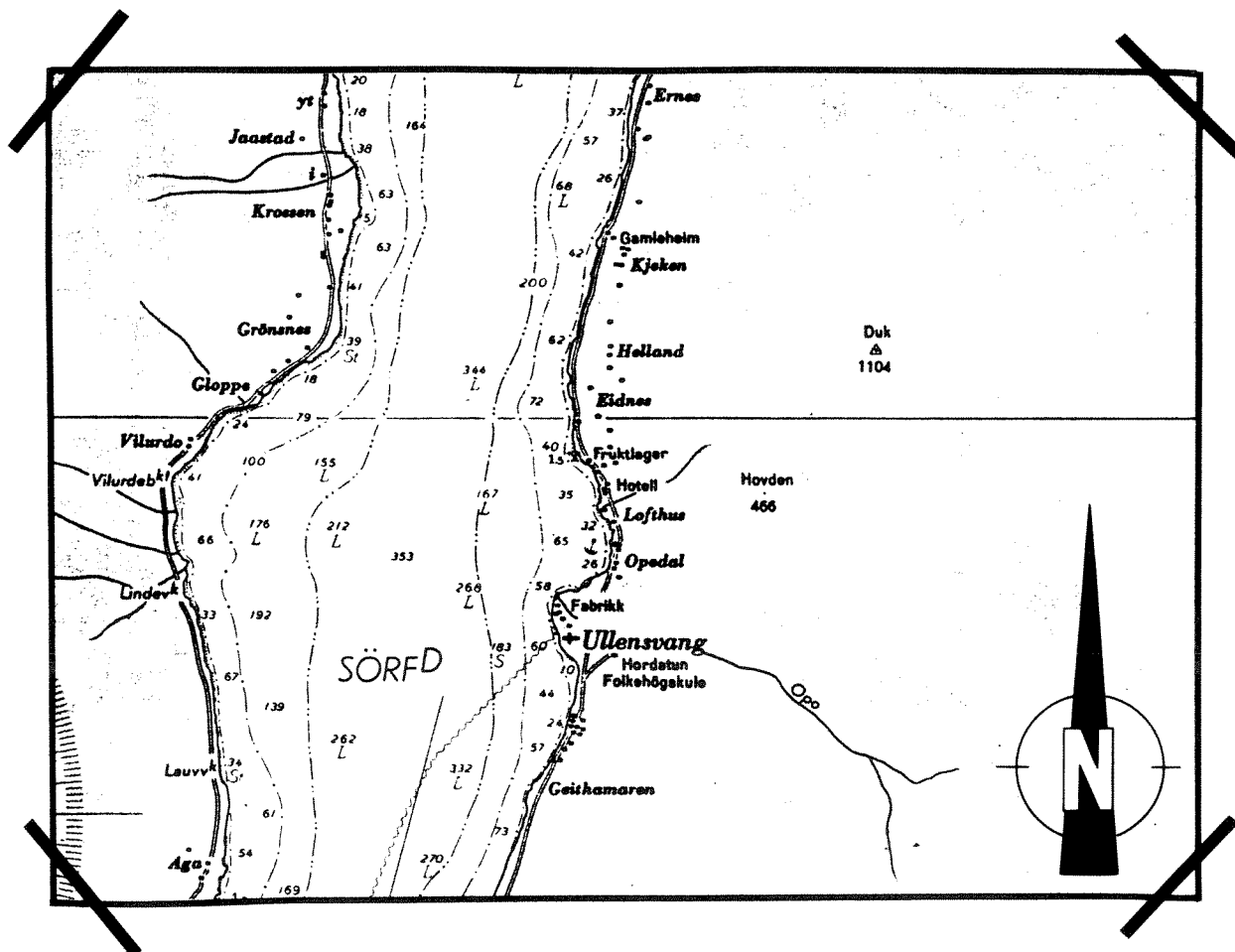


Figur 1.2. Kart over Ullensvang/Lofthus, med dei to alternativa for avløpstrasé markert.



**Figur 1.3.** Fotografi som syner strandlinja, båtstøene og badeplassen. Øverste foto syner NIVAs målebøye, med Prestebryggja i bakgrunnen.

Sørfjorden er ein ca 35 km lang fjord, som endar i industristaden Odda. Fjorden blir gradvis breiare utover, frå ca 1.5 km midtvegs inne i fjorden til 2-2.5 km utover mot Kinsarvik (fig. 1.2). Ved Lofthus (Ullensvang) vidar fjorden seg ut til ca 3 km breidde (fig. 1.4).



Figur 1.4. Kartutsnitt over Sørfjorden ved Ullensvang (sjøkart nr 118).

### 1.2.1. Tilførsler til frå land til fjorden

Sørfjorden har hatt, og har framleis fokus retta mot seg på grunn av forureining av tungmetall, PAH og andre stoff. Dette skriv seg frå industrien i Odda og Tyssedal, og har resultert i forhøya metallverdiar i organismer (fisk, skjell, tang) i heile fjorden. Utviklinga ser midlertid no ut til å gå i positiv lei for dei fleste forureinings-faktorane (Skei 1986, 1991). I det siste har det kome rapportar om høge DDT verdiar i Sørfjorden (Knutzen m.fl. 1993, SFT 1993). Dette stoffet blei tidlegare nytta som sprøytemiddel i landbruket, men blei generelt forbode så tidleg som i 1969 (likevel tillatt nytta av planteskular heilt fram til 1988).

Sørfjorden er direkte eller indirekte resipient for nesten 12,000 personar. Av dette bidrar Odda med 6000 pe. Dei samla årlege tilførslene via kloakk tilsvarar ca 8 tonn P, 50 tonn N og 255 tonn org. stoff. Landbrukets bidrag er til samanlikning rekna til 2.2 tonn P og 66 tonn N pr år (Hordaland Fylkeskommune 1989).

Største nitrogenkjelda er imidlertid industrien, med ca 800 tonn/år (1988), tilsvarande 76% av samla N-tilførsler. Ei anna kjelde som ikke er kvantifisert, er tilførsler av N via nedbør og avrenning. Her dominerer sannsynligvis nitrat, jamfør målingar i Bjerkreimsvassdraget i Rogaland (Henriksen m. fl. 1992). Sørfjorden har hatt fleire episoder med oppblomstring av giftige alger.

Dei framtidige utsleppa frå Lofthus (avsn. 1.1) er små samanlikna med totale tilførsler (2-3 %), og bidrar lite til eller frå for fjordens totalbudsjett. I kombinasjon med landbruksavrenning m.m. kan kloakkutsleppet på Lofthus i verste fall forårsake lokale problem.

### **1.2.2. Hydrografi og strømforhold**

Sørfjorden har vesentleg ferskvasstilrenning, og har tidvis eit markert sprangsjikt nær overflata. Trass i omfattande miljømålingar dei siste 10-20 åra, har målingar av strømforhold og hydrografi kun blitt utført sporadisk.

I 1950-åra blei det gjennomført eit relativt omfattande måleprogram for hydrografi i Hardangerfjorden (Sælen 1962). UiB gjennomførte målingar i Sørfjorden i 1972 (Svendsen 1976), og i 1981 (Golmen m. fl. 1982).

#### Hydrografi.

Max og min verdiar for målingane i 1955-1956 (13 månadsprofilar) på stasjon H3 0-20 m ved Ullensvang er synt i tabell 1.1. Hydrografien i dette djupneintervallet er det mest utslagsjevande for oppførselen til ein dykka utsleppsstråle. Månadane februar og september utmerkjer seg med ekstremverdiar. Vidare ser ein at brakkvatn forekjem tidvis i alle fall ned til 10 meters djup. Vinteren har høgst oveflatesalinitet og lågast temperatur, m.a.o. svakast sjikting. Denne perioden er derfor mest kritisk m.h.t. overflatepåverknad frå neddykka utslepp, uansett arrangement. Det må anmerkast at nyare vassdragsreguleringar kan ha endra tilhøva noko.

Fig. 1.5. syner eit snitt langs Sørfjorden frå 2. desember 1981. Sprangsjiktet låg den gangen mellom 3-4 m og 7-8 m. Eit temperaturmaksimum i mellomlaget var enno til stades.





**Tabell 1.1.** Minimums og maksimumsverdiar i ulike djup og tilsvarende tidspunkt for målingane i 1955-1956 ved Ullensvang.

	Temperatur, °C		Salinitet, ppt	
	MIN	MAX	MIN	MAX
Verdi 0m	-0.4	14.6	7.6	31.1
Tidspunkt	februar	august	august	mars
Verdi 5m	3.8	14.9	16.0	33.2
Tidspunkt	januar	august	august	februar
Verdi 10m	4.2	15.3	26.6	33.7
Tidspunkt	januar	september	september	februar
Verdi 20m	4.9	14.9	29.7	34.1
Tidspunkt	januar	september	september	februar

### Strømforhold

Det generelle biletet er (ferskvassdreven) strøm med retning utover fjorden i øvre lag, gjerne ned til 10-15 meter. Djupare enn dette er det eit sjikt med strøm retta innover (kompensasjonsstrøm). Vind, tidevatn og trykkrefter modifierer dette mønsteret hyppig. Lokal topografi vil kunne modifierere hovedstrømfeltet i fjorden. Strømmålingar gir nyttig dokumentasjon i slike tilfelle.

### Lokale effekter

Tilhøva ved Ullensvang kan reknast å vere bestemt av generelle tilhøve i Sørfjorden. Tilrenning frå Opo kan gi lokale effekter med litt større brakkvass-karakteristikk. Den lokale utvidinga av fjorden til 3 km i kontrast til breidde på ca 1.5 sørafor og nordafor vil ha ei viss betydning for sirkulasjon og sjiktning. Reint fysiske betraktningar vil tilsei eit noko djupare sprangsjikt ved Ullensvang enn ellers i fjorden (dette kan manifestere seg nedstrøms). Strømmen blir svakare, og opphaldstida noko lenger enn ellers i fjorden.

### **1.3. Planlagt utslepp**

Tilførslene av kloakk vil bli ført til slamavskiljar (klasse b, 340 l/pe). Frå slamavskiljaren vert avløpsvatnet ført ut i fjorden gjennom eit røyr med diameter på ca 20 cm (fig. 1.2). Avløp frå slamavskiljar er planlagt ført ut til 30 m djup, mens overvatn skal gå ut på 10 m djup i følgje planene (Ullensvang herad, 1993). Sjølvse slamavskiljingsanlegget ligg på området til Ullensvang Forskingsstasjon og inngrepa på land er, og vil bli, utført etter avtale med stasjonen.

Opprinneleg utsleppsalternativ var sør for støene og badeplassen.

Dei verneverdige støene med badeplassen ligg om lag midt i mellom dei to rør-traséane som er innteikna i fig. 1.2. Sjå også fig. 1.3. Alternativ A er kommunens opprinnelege forslag. Alternativ B blei utarbeidd på basis av merknadar frå den offentlege høyringsrunden.

## 2. MÅLEPROGRAMMET

*På grunn av tidsaspektet og den relativt avgrensa problemstillinga var det ikke grunnlag for å utføre noko omfattande måleprogram. Det blei i staden lagt vekt på eksisterande opplysningar om Sørfjorden.*

### 2.1. Hydrografi

Fordeling av temperatur og salinitet nedover i sjøen bestemmer sjøvatnets densitet og sjiktinga. Begge desse faktorane er viktige for å bestemme "oppførselen" til utsleppsvatn slik som frå det framtidige utsleppet ved Lofthus. På dei to tokta som blei gjennomført; 11. oktober og 2. november 1993, blei det nytta automatisk registrerande sonde av type Sensordata SD200 til profilering i sjøen. Denne sonden registrerer og lagrar data for temperatur, salinitet og djup i eit internt dataminne. Etter toktet kan alle måledata avlesast direkte til PC for vidare handsaming.

På toktet 2. november blei det også tatt vassprøver som ein av kontroll på oksygenforholda. Det er ikkje venta at ein i åpne fjordar finn teikn på oksygenvinn, men tidvis (særleg om hausten) kan ein finne relativt låge verdiar i enkelte sjikt, gjerne som følgje av høg temperatur og/eller stor metabolisme. Oksygenprøvene blei konserverte i felt, og seinare analysert i lab etter Winklers metode.

### 2.2. Strømmåling

Måling av strøm blei foretatt i fast posisjon SV for Prestebryggja (sjå avmerka måleposisjon i fig. 1.2, samt øverste foto i fig. 1.3). Djupet på målestaden var ca 28 m. Til målingane blei det nytta automatisk registrerande instrument av type SD2000 og Aanderaa RCM. Tabell 2.1 syner måleperioder etc.

**Tabell 2.1.** Oversikt over strømmålingsprogrammet som blei gjennomført av NIVA ved Ullensvang i 1993.

Måledjup	Instrument, nr	Måleinerv.	Periode, 1993
6 m	SD2000, S4	12 min	11/10 -28/10
16 m	Aanderaa, 6106	10 min	11/10 - 2/11

#### 2.2.1. Måleinstrument

Til strømmålingane i fast forankra rigg blei det nytta strømmålarar av type Aanderaa RCM og Sensordata SD2000. Begge typer registrerer strøm ved hjelp av ein s.k. Savonisrotor som roterer p.g.a. strømmen. Strømretning blir registrert ved hjelp av eit ror som orienterer



instrumentet opp mot strømmen. Kompass og elektronikk for øvrig innebygd i instrumenta sørger for registrering av måledata med faste tidsintervall i eit internt dataminne.

Desse rotor-instrumenta treng ein viss minstefart for å kunne måle. Ved strøm svakare enn ca 1.5 cm/s vil rotoren ikkje rotere rundt i det heile. Strømstyrken er proporsjonal med antall rotoromdreiningar/måleintervall. Ved omrekning frå rotor-omdreiningar til strømfart (i cm/s) må det settast ein nedre grense for antall målte rotasjonar for at data skal vere gyldige. Dette fordi at ved lave rotasjonstall fungerer ikkje rotoren direkte proporsjonalt (lineært).

### **2.3. Andre registreringar**

Det blei tatt sedimentprøver på ca 35 m djup ved måleriggen og i 2 andre posisjonar innover mot land. Til dette blei det nytta ein Ekman-grabb. Djupnetilhøva i området blei også sjekka ved hjelp av ekkolodd. Frå land og utover til ca 30 m djup skråna botnen relativt jämt. Frå 30 m koten og utover var det brattare. Der var ingen markerte tversgåande revner eller rygger så langt vi kunne finne ut. Men topografien i valt trasé bør kontrollerast med f.eks. undervasskamera før utlegging av leidningen.

### 3. MÅLERESULTAT

#### Hydrografi

Resultat for hydrografimålingane (salinitet og temperatur) i form av vertikalprofilar frå 11/10 og 2/11 1993 er presentert i tabellar i appendiks. Overflatesaliniteten var ca 21 ppt i oktober, og 24 ppt i november. Overflatetemperaturen minka frå ca 9.5 til 5 °C mellom måletidspunkta. Saliniteten, og dermed densiteten gjennom heile vassøyla hadde auka i det same tidsrommet. Sprangsjiktet låg mellom 2 og 4 m ved begge måletidspunkta.

Strømmålarane registrerte også temperatur (og salinitet i 16 m) fortløpande. Måledata frå 16 m djup er synt i fig. 3.1, og frå 6 m djup i fig. 3.2. Temperaturen heldt seg relativt konstant første 8-9 døgn i begge djup, for deretter å falle nesten 2 grader i 6 m djup. Saliniteten i 16 m auka gradvis, og medføre auke i densitet frå ca 1023.75 til 1025 kg/m<sup>3</sup>. Dei relativt markerte brå endringane som inntraff i 6 m djup har nok sin årsak i forhold som vind og/eller nedbør. Det ligg utanfor ramma til denne rapporten å vidareføre analysen på dette feltet.

#### Oksygen

Prøvene frå 2/11 (tabell 3.1) synte tilfredsstillande verdiar med litt fallande metningsprosent med aukande djup. Dette kan neppe vere ein effekt av lokale organiske tilførsler.

Tabell 3.1. Resultat av oksygenprøvetaking ved Ullensvang 2/11 1993.

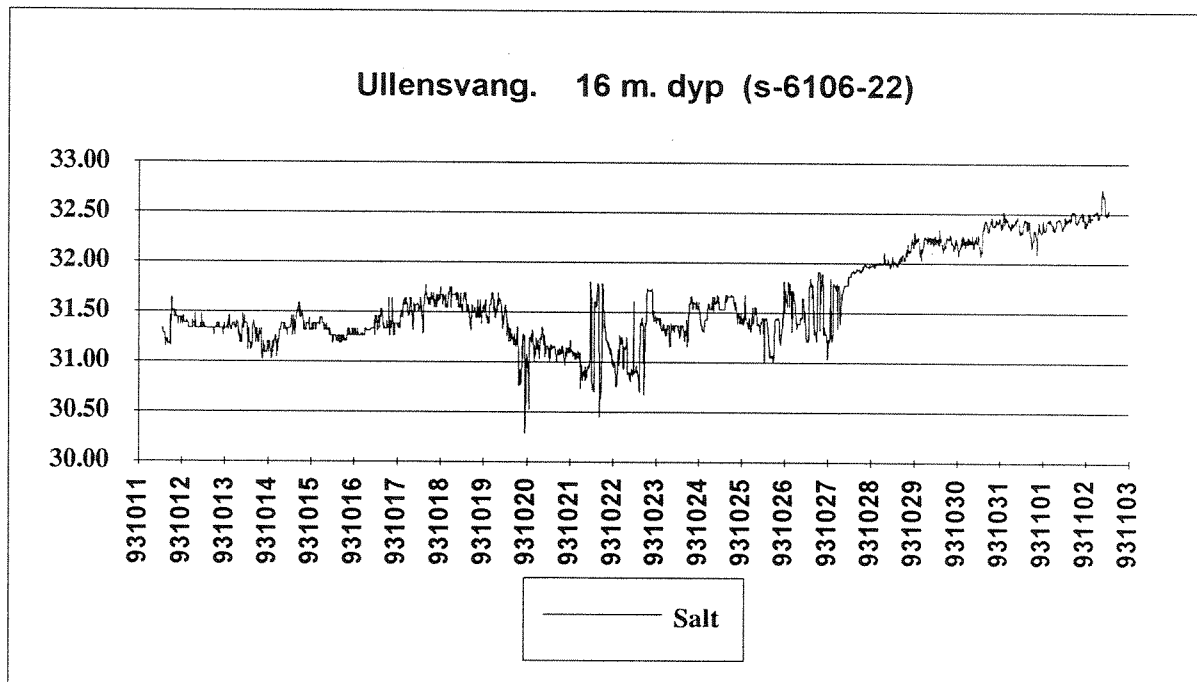
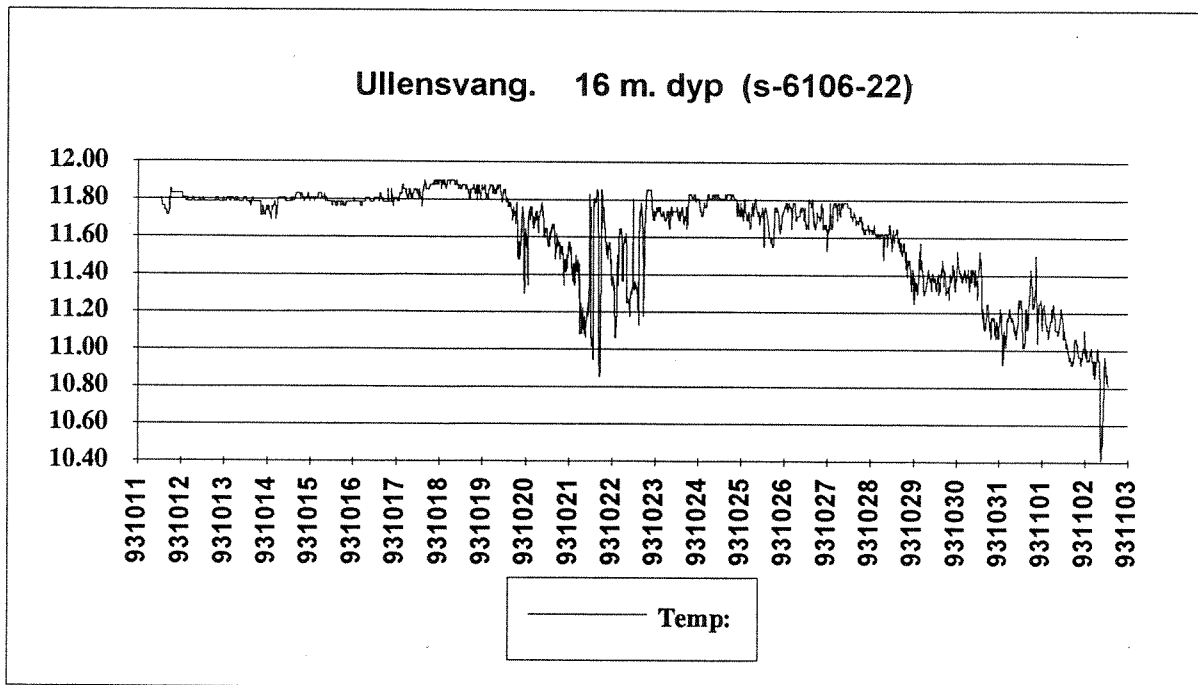
Prøvedjup	Oksygen, ml/l	Metningsprosent
5 m	6.4	92.2
10 m	5.7	91.3
20 m	5.5	86.8
30 m	5.3	81.1

#### Strøm

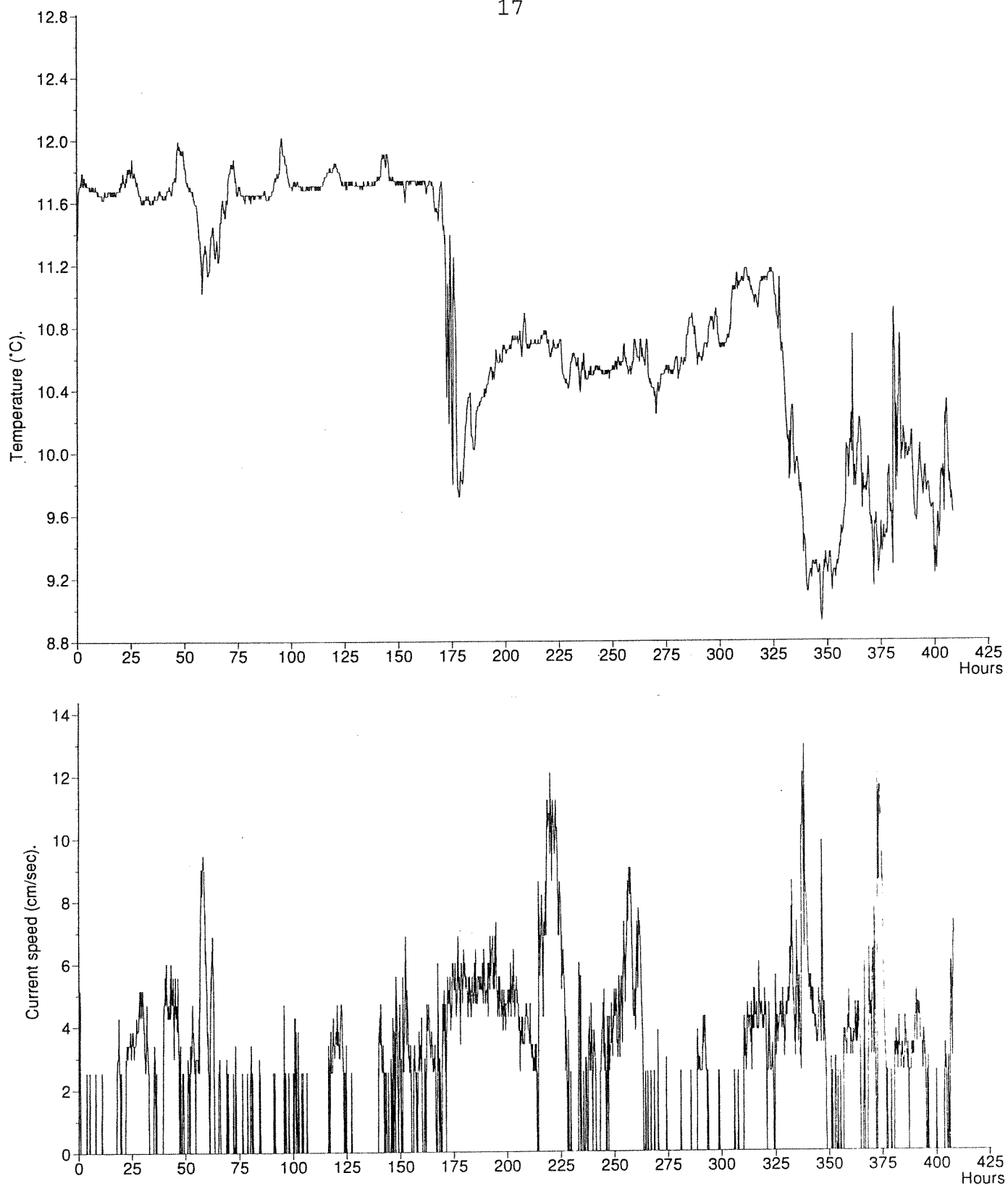
6 m djup:

Måleresultat (tidsserien) for den ca 17 døgn lange serien er synt i fig. 3.2. Middel strømstyrke var 2.6 cm/s. Sterkast strøm var 14 cm/s. Der var relativt få perioder med svak (< 1.5 cm/s) strøm. Desse periodene varte opp til 10 timar.

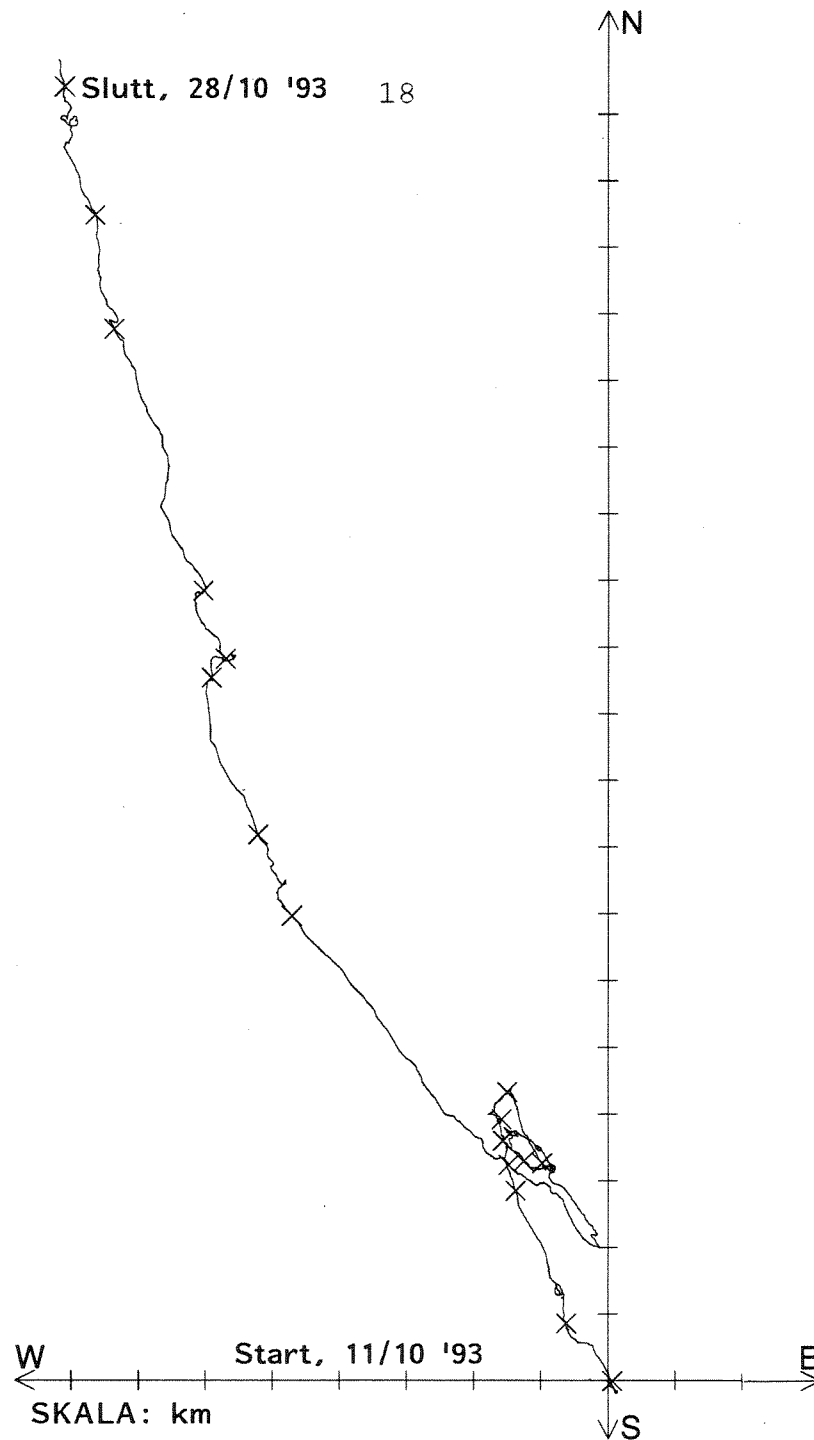
Fig. 3.3 syner s.k. progressiv vektor framstilling av målingane. Kvar strømbobservasjon ("strømpil") er der addert til foregåande, og ein får eit inntrykk av hovedstrømretning. Som det framgår, var hovedstrømmen retta mot ca 340°, d.v.s. retning utover fjorden. Nettostrømmens styrke var 1.5 cm/s. Svak eller null strøm var oftast knytt til strøm med retning innover fjorden.



**Figur 3.1.** Målt temperatur og salinitet i 16 m dyp ved Ullensvang 11/10-2/11 1993.



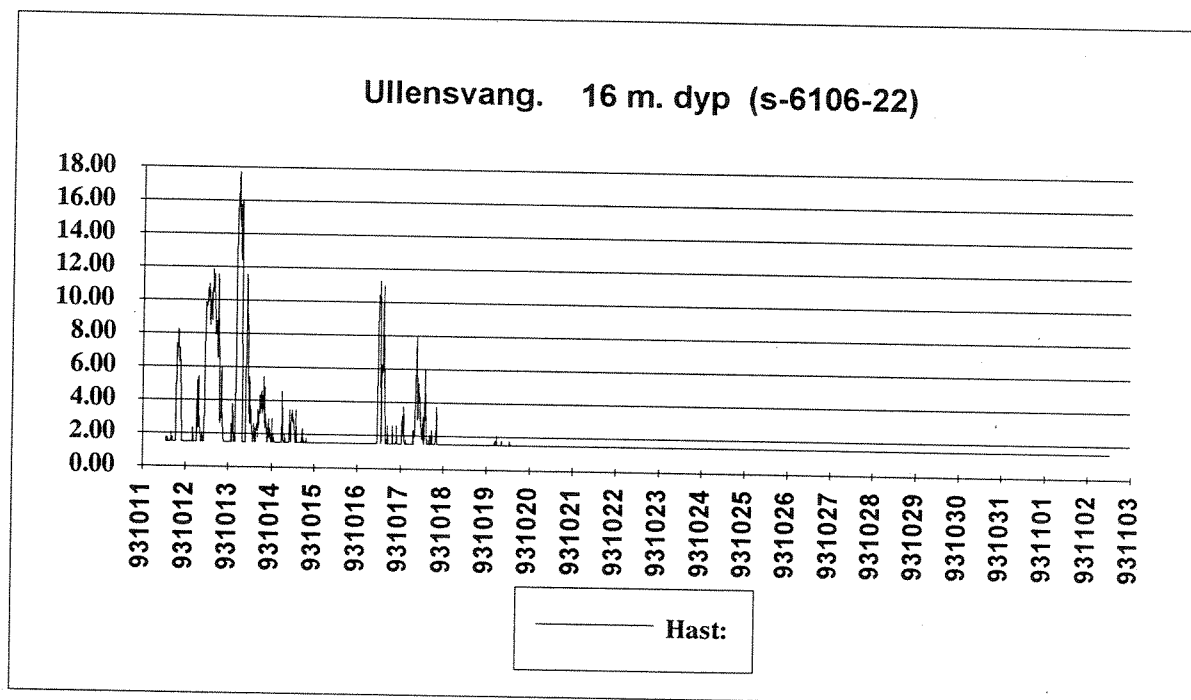
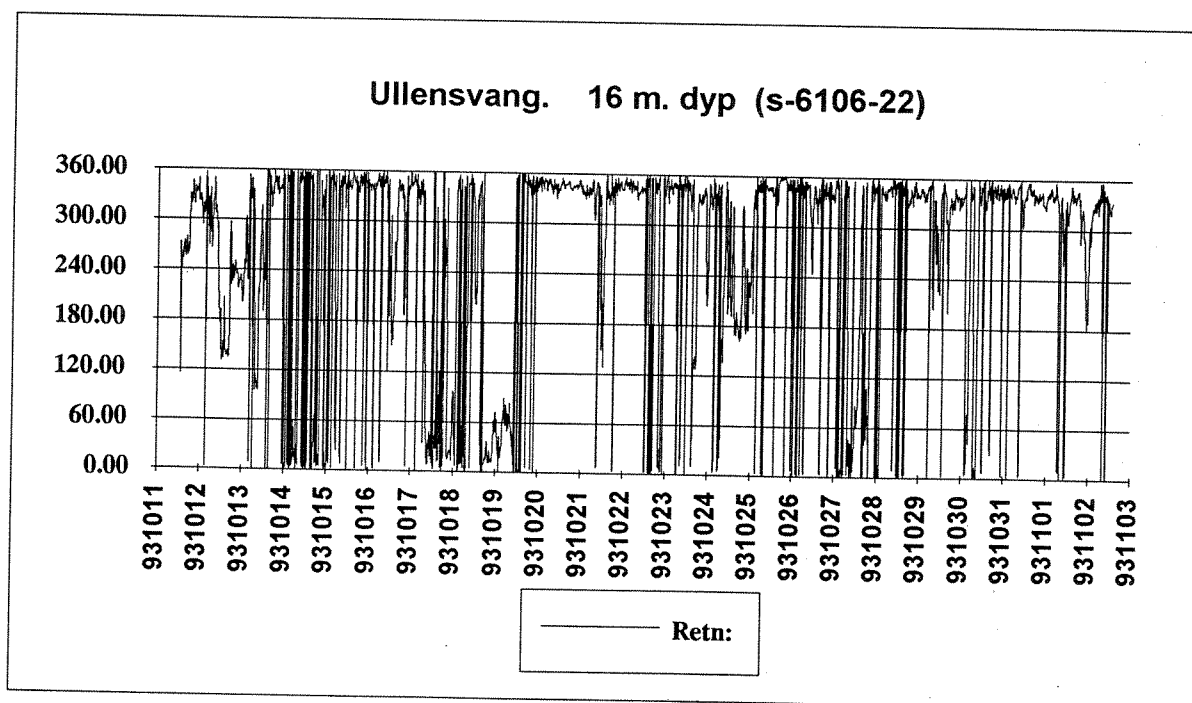
**Figur 3.2.** Målt temperatur (øverste kurve) og strømstyrke (cm/s) i 6 m djup ved Ullensvang 11/10-28/10 1993.



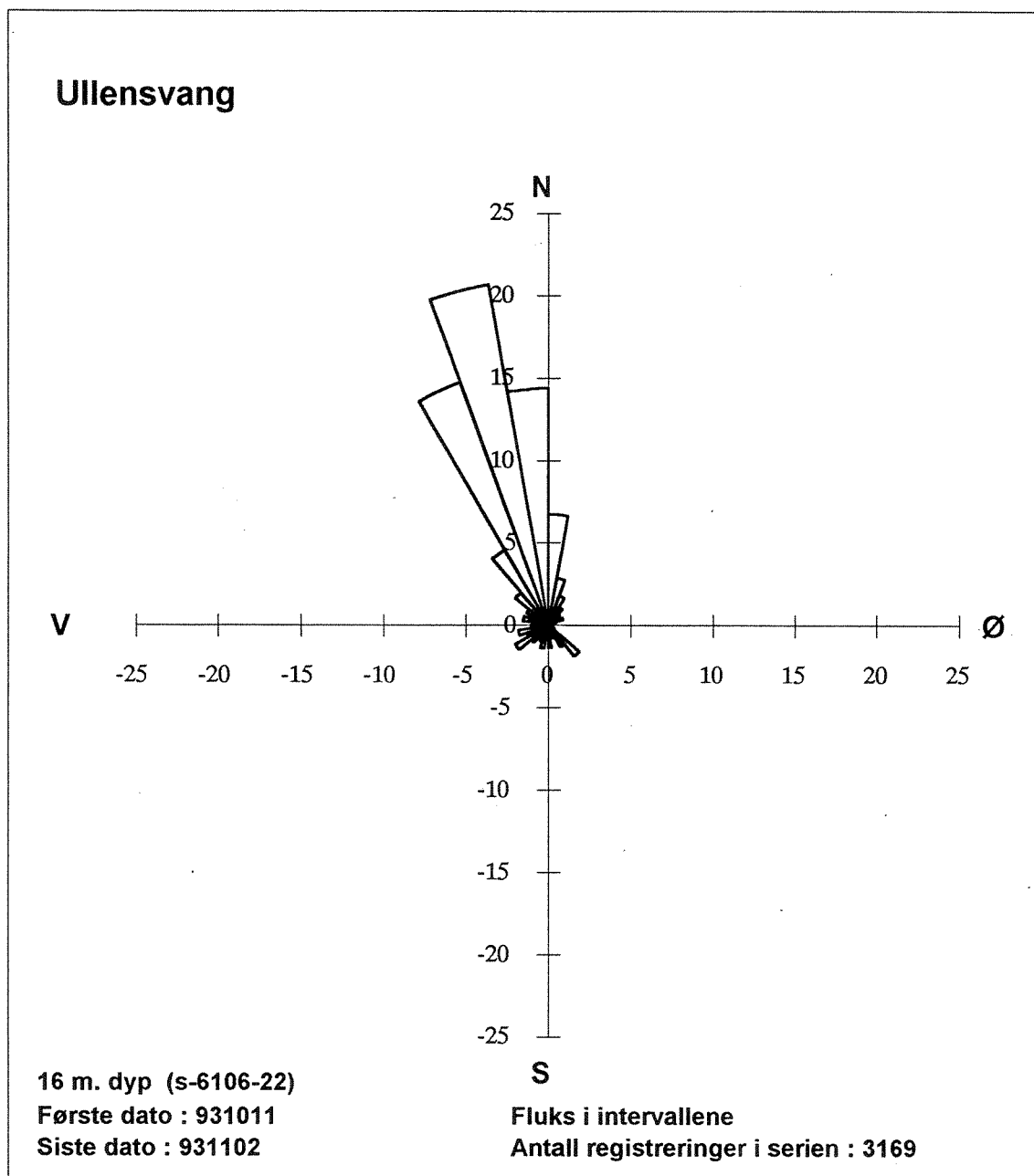
**Figur 3.3.** Progressiv vektor framstilling av måledata for strøm, 6 m djup 11/10-28/10 1993.

16 m djup:

Her hadde eit tau lagt seg om målaren og delvis blokkert rotoren etter ei tid i sjøen, slik at målingane i siste del av perioden må tolkast med varsemd. Måleresultata er synt i fig. 3.4. Eit generelt bilete med strøm ut fjorden (330-360°) dominerer. Fig. 3.5 viser fluksdiagram ("strømrose") for målingane, og stadfester den utover-retta komponenten.



**Figur 3.4.** Målt strømretning (øverst) og strømstyrke (cm/s) i 16 m djup 11/10-2/11 1993.



**Figur 3.5.** Fluksdiagram (strømrose) for strømmålingane i 16 m djup, 11/10-2/11 1993.

Sediment

Grabb-prøver frå ca 35 m djup og innover mot land synte brun til gråaktig sand/leire, med litt skjell i. Der var ingen lukt eller spesielle negative synlege trekk ved sedimenta.



## 4. INNLAGRING OG FORTYNNING AV AVLØPSVATN

*Avløpsvatnet frå det neddykka utsleppet består av ferskvatn iblanda visse deler organisk stoff, næringssalt m.m. Sidan ferskvatn er lettare enn sjøvatn, vil utsleppsvatnet stige mot overflata, før det blir spreidd vidare i fjorden. Utsleppsvatnet kan enten stige heilt opp til overflata, eller bli "innlagra" i sjikt under overflata, avhengig av utsleppsdjup og sjikting i fjorden. Vi syner nedanfor resultat for berekningar av den sannsynlege strålebanen for avløpsvatnet.*

### 4.1. Teori

Den faktiske banen til utsleppsvatnet vil vere bestemt av fleire faktorar, m.a. dei til ei kvar tid rådande sjiktingstilhøva i Sørfjorden, utsleppsfluks og djup for utsleppet. Visse sjiktingstilhøve kan favorisere grunn innlagring, og andre djup innlagring. For å verifisere kva innlagringsdjup som er aktuelle, har vi benytta NIVAs EDB modell "JETMIX" (Bjerkeng og Lesjø, 1973). Den numeriske formuleringa i modellen baserer seg på eit sett av første ordens differensial-likningar for konservering av masse og momentum (rørslemengde) under oppstiging av utløpsvatnet ("primærfortynningsfasen).

Berekningane baserer seg på gjevne data for sjikting (hydrografi), og for utleppskonfigurasjon (djup, rørdiameter, vassfluks m.m.). Sjiktingsdata har vi tilgang til gjennom dei målingane som blei foretatt i 1955-1956, samt hausten 1993.

### 4.2. Dimensjonerande vassføring

Det ligg ikkje føre eksakte berekningar for forventa vassføring. Det vil truleg vere tale om relativt små vassmengder i gjennomsnitt, men med store tidsvariasjonar. Ein kan rekne med toppar morgon og kveld, når det gjeld hushaldskloakk. Viss ein reknar med eit vassforbruk på 150 l/døgn pr person, vil dette tilsvare 0.5 l/s i døgnmiddel for eit 265 pe utslepp. Med forventa tidsvariasjon for vassforbruk, kan ein sannsynlegvis rekne med variasjonar innafor intervallet 0-10 l/s for utsleppet ved Ullensvang.

Overvatn skal gå utenom sjølve rensesystema til separat avgang. Dersom store deler overvatn går inn i avløpssystemet for kloakk, vil ein tidvis få svært stor vassfluks. Vi har i det følgjande ikkje tatt omsyn til denne effekten, som sannsynlegvis er uaktuell.

### 4.3. Verdier til modellen

Ved modellberekningane krevst opplysning om **rørdiameter**. Denne har vi satt til 20 cm. Vassfluksen er satt til ca 5 l/s, d.v.s. 10 gonger det antatte døgnmidelet for vassforbruk. Dette gir tilsvarande **strålefart** på ca 0.15 m/s ut av røyropningen.

Vidare krev modellen opplysning om **utsleppsdjup**. Vi har modellert for 20 m, 30 m, 40 m og 50 m, som dekkjer realistiske verdier. Basisdata er 15 ulike hydrografiske profilar, vesentlegast frå perioden 1955-1956. Desse profilane bør dekkje ein realistisk års-syklus, sjølv

om kortvarige ekstremsituasjonar ikkje nødvendigvis er fanga opp.

#### 4.4. Resultat

Tabell 4.1. syner resultatata for modellberekningane. Viktigaste parameter er DEPTH, som angir innlagringsdjupet. Det framgår at dess djupare utsleppsdjup, dess djupare blir innlagringa. I typiske tilfelle stig strålen 10-15 m oppover i vassøyla før den innstiller seg i nøytral likevekt. Tabell 4.2. angir grunnaste berekna innlagringsdjup, og tidspunktet (månad) då dei sjiktingdata som ga dette resultatet blei målt.

**Tabell 4.1.** Resultat av modellberekningar for utsleppsstråle for 15 ulike hydrografiske profiler. Inn-data til venstre, og resultat til høgre. Viktigaste kolonne er "DEPTH" som angir kalkulert innlagringsdjup ved dei aktuelle sjiktingstilhøva.

PRO- ! JET DATA AFTER CONTRACTION !						RESULTS						
FIL !						NEUTRAL		POINT		EXTREMAL		
NR. ! HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE !						WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH	DEPTHS		
! NR. (M) (M) (M/S) DEG. !						(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	GRAV.	(M)
sept	1	20.0	.20	.15	5	1.1	88	26	15.4	13.8	11.3	
1955	2	30.0	.20	.15	5	1.7	89	69	22.6	20.1	17.6	
	3	40.0	.20	.15	5	1.3	89	46	34.4	32.5	29.4	
	4	50.0	.20	.15	5	1.3	89	44	44.6	42.8	39.9	
okt	1	20.0	.20	.15	5	1.5	88	43	13.7	11.5	38.6	
1955	2	30.0	.20	.15	5	1.4	89	49	24.1	22.2	18.9	
	3	40.0	.20	.15	5	1.6	89	60	33.4	31.2	27.7	
	4	50.0	.20	.15	5	1.7	89	69	42.8	40.4	36.8	
nov	1	20.0	.20	.15	5	1.3	88	34	14.6	12.7	9.5	
1955	2	30.0	.20	.15	5	1.8	89	75	22.3	19.8	17.0	
	3	40.0	.20	.15	5	2.4	89	127	29.4	26.9	23.0	
	4	50.0	.20	.15	5	2.8	89	160	37.8	34.0	28.2	
jan	1	20.0	.20	.15	5	2.5	89	107	8.9	5.9	.3	
1956	2	30.0	.20	.15	5	1.4	89	52	24.0	22.0	18.6	
	3	40.0	.20	.15	5	2.3	89	120	29.9	28.0	25.3	
	4	50.0	.20	.15	5	2.7	89	167	37.7	34.2	28.7	
febr	1	20.0	.20	.15	5	2.7	89	123	8.1	4.7	3.3	
1956	2	30.0	.20	.15	5	3.1	89	196	16.4	12.1	6.3	
	3	40.0	.20	.15	5	3.6	89	264	23.7	18.7	11.8	
	4	50.0	.20	.15	5	4.7	89	409	28.8	23.8	16.5	
mars	1	20.0	.20	.15	5	2.6	89	122	8.2	4.9	2.3	
1956	2	30.0	.20	.15	5	3.2	89	208	15.9	11.4	5.9	
	3	40.0	.20	.15	5	3.5	89	230	24.7	19.6	12.6	
	4	50.0	.20	.15	5	3.4	89	227	35.1	30.5	22.0	
apri	1	20.0	.20	.15	5	2.0	89	72	11.4	8.5	4.1	
1956	2	30.0	.20	.15	5	2.5	89	112	18.8	15.8	11.1	
	3	40.0	.20	.15	5	3.1	89	154	26.3	21.9	16.1	
	4	50.0	.20	.15	5	3.4	89	166	35.4	30.6	23.5	

Tabell 4.1. forts.

PRO- FILE NR.	JET DATA AFTER CONTRACTION				RESULTS						
	HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EXTREMAL EQS. (M)	GRAV. (M)
mai 1956	1	20.0	.20	.15	5	1.1	88	26	15.5	13.9	11.4
	2	30.0	.20	.15	5	1.6	88	47	23.4	21.2	18.1
	3	40.0	.20	.15	5	2.4	89	102	29.4	27.1	23.8
	4	50.0	.20	.15	5	3.0	89	141	37.0	32.8	27.4
juni 1956 nr1	1	20.0	.20	.15	5	.9	87	18	16.6	15.3	13.3
	2	30.0	.20	.15	5	1.8	89	60	22.3	19.8	17.8
	3	40.0	.20	.15	5	2.5	89	110	29.0	26.2	22.1
	4	50.0	.20	.15	5	3.3	89	170	35.4	30.8	25.9
juni 1956 nr2	1	20.0	.20	.15	5	1.2	88	28	15.3	13.6	10.9
	2	30.0	.20	.15	5	1.6	88	49	23.2	20.9	17.7
	3	40.0	.20	.15	5	1.7	89	54	32.8	30.4	26.6
	4	50.0	.20	.15	5	2.1	89	75	41.2	38.5	34.7
juli 1956	1	20.0	.20	.15	5	1.3	88	35	14.5	12.6	9.7
	2	30.0	.20	.15	5	1.6	88	48	23.3	21.1	17.7
	3	40.0	.20	.15	5	2.4	89	100	29.5	27.3	23.9
	4	50.0	.20	.15	5	3.0	89	148	36.7	32.7	27.3
aug 1956	1	20.0	.20	.15	5	1.5	88	43	13.8	11.7	9.3
	2	30.0	.20	.15	5	1.6	88	46	23.6	21.4	17.8
	3	40.0	.20	.15	5	2.4	89	102	29.4	27.2	24.0
	4	50.0	.20	.15	5	2.9	89	134	37.4	33.3	27.6
sept 1956	1	20.0	.20	.15	5	1.9	89	60	12.2	9.7	8.7
	2	30.0	.20	.15	5	2.3	89	83	20.4	17.7	13.7
	3	40.0	.20	.15	5	2.4	89	92	29.8	26.6	21.5
	4	50.0	.20	.15	5	2.2	89	80	40.7	37.4	31.6
okt 1993	1	20.0	.20	.15	5	2.8	89	135	7.1	4.2	3.0
	2	30.0	.20	.15	5	2.6	89	108	18.8	14.9	7.0
	3	40.0	.20	.15	5	2.5	89	97	29.4	24.3	17.7
	4	50.0	.20	.15	5	2.5	89	104	39.0	35.6	30.1
nov 1993	1	20.0	.20	.15	5	1.7	88	46	13.3	10.6	7.2
	2	30.0	.20	.15	5	1.6	88	44	23.6	21.4	17.8
	3	40.0	.20	.15	5	2.3	89	102	29.5	27.3	24.2
	4	50.0	.20	.15	5	3.1	89	155	36.2	31.9	27.1

Vinterhalvåret har generelt sett størst risiko for grunn innlagring. Dette fordi sjiktinga då er minst. Sjølv ikkje så grunt utslepp som i 20 m djup ga overflatepåverknad. I perioder med ekstremt liten sjikting i sjøen kan ein imidlertid ikkje sjå bort frå slik påverknad ved så grunt utslepp. Utslepp i 30 m synes gi sikker klaring til overflatelaget, til liks med dei djupare alternativa. Grunnast innlagring vil då skje i februar-mars.

Ein noko mindre eller større vassfluks enn 5 l/s (f.eks. 3 l/s eller 10 l/s) påverkar ikkje resultatane nemneverdig.

**Tabell 4.2.** Grunnaste berekna innlagringsdjup, og tilhøyrande tidspunkt på året (månad).

	Grunnaste innlagring	Tidspunkt
Utslepp: 20 m djup	7.1 m	oktober
Utslepp: 30 m "	15.9 m	mars
Utslepp: 40 m "	23.7 m	februar
Utslepp: 50 m "	28.8 m	februar

#### 4.5. Samla vurdering

Strømmen i djupneintervallet 6-16 meter synte overveiande retning utover (mot nord). Ved relativt grunn innlagring (februar-mars) vil i så fall ureininga bli ført nordover (ut av) fjorden. I så måte er det ingen tungtvegande grunnar for val av det eine eller det andre av utsleppsalternativa "A" eller "B", med omsyn til påverknad i strandsona.

Sjølv om strømmen tidvis vil vende sørover, er innlagringa så djup at overflatevatnet og strandsona lokalt ikkje vil bli påverka. Dette sjølv om det kan vere tale om stagnasjon og evt. bakevje i Haugesundsvika til tider.

Ein del organisk materiale kan muligens sedimentere på botnen nær utsleppsåpninga (uansett alternativ). For å redusere denne effekten, kan det vere gunstig å få lagt åpninga ut i bratt skrånande botn. Overgang frå slakt til brattare skrånande botn synes å skje rundt 80-100 m frå land, men botntopografien bør kontrollerast nærmare før utlegging.

Vidare overvaking og kontroll av tilhøva kring utsleppet kan innskrenke seg til visuell inspeksjon av rør og området kring røropning år om anna. Vassprøver for kontroll av bakteriologi (stikkprøver) bør takast med mellomrom i badesesongen.

## REFERANSAR

Bjerkeng, B. og A. Lesjø 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. Rapp. nr. O-126/2, NIVA, Oslo.

Golmen, L.G., S. E. Hansen, A. K. Magnusson og S. Østerhus 1982: Undervisningstøkt i Hardangerfjorden desember 1981. Rapp. Geofysisk Inst, UiB, 51s.

Hordaland Fylkeskommune 1989: Miljøplan Hordaland. Tema Vassforureining. Rapport Planavd./Miljøvern avd. Hordaland, 115s.

Henriksen, A., M. Beckmann og D. Hessen 1992: Nitrogen fra fjell til fjord-Årsrapport 1992. Rapp. nr. 2901, NIVA, Oslo, 64s.

Knutzen, J., F. Moy og B. Rygg 1993: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapp. nr. 2, Miljøgifter i organismer, bløtbunnfauna og gruntvannsamfunn. Rapp. nr. 2847, NIVA, Oslo, 66s.

SFT 1993a: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. Veiledning nr. 93:02, SFT, Oslo, 20s.

SFT 1993b: Miljøgifter i Norge. Rapport nr. 93:22, SFT, Oslo, 115s.

Skei, J. 1986: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1984-1985. Konklusjonsrapport. Rapp. nr. 1889, NIVA, Oslo, 32s.

Skei, J. 1991: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. Rapp. nr. 2804, NIVA, Oslo, 53 s.

Svendsen, H. 1976: Some hydrographic observations of the Sørfjord during 1972. I: Freshwater on the Sea, Red. Skreslet m. fl., s 89-99.

Sælen, O.H. 1962: The Natural History of the Hardangefjord. 3: The Hydrographical observations 1955-1956. SARSIA Vol 6, Febr. 1962.

Ullensvang herad 1993: Avløpsanlegg Hordatun, 1. byggetrinn 1993. Notat, teknisk etat, 16/3 1993, 5s.

APPENDIKS 1.

Hydrografiske målinger Ullensvang oktober-november  
1993

11. oktober 1993, kl 1310:

#	Djup	RELTIM	TEMP	OXY-ml	SALIN	SIGMA
10	.0	45.0	9.480	-99.000	20.431	15.675
11	.4	50.0	9.470	-99.000	21.910	16.830
12	1.1	55.0	9.780	-99.000	23.829	18.283
13	2.0	60.0	10.140	-99.000	25.447	19.493
14	2.6	65.0	10.600	-99.000	29.340	22.451
15	3.3	70.0	10.980	-99.000	29.773	22.728
16	4.2	75.0	11.330	-99.000	30.893	23.541
17	5.2	80.0	11.480	-99.000	30.883	23.512
18	6.3	85.0	11.500	-99.000	30.945	23.561
19	7.5	90.0	11.540	-99.000	30.978	23.585
20	8.5	95.0	11.610	-99.000	31.228	23.771
21	9.6	100.0	11.680	-99.000	31.172	23.720
22	10.8	105.0	11.680	-99.000	31.181	23.732
23	12.1	110.0	11.700	-99.000	31.257	23.793
24	14.5	115.0	11.740	-99.000	31.299	23.830
25	17.6	120.0	11.750	-99.000	31.326	23.863
26	22.4	125.0	11.820	-99.000	31.609	24.092
27	25.1	130.0	11.850	-99.000	31.727	24.190
28	28.7	135.0	11.850	-99.000	31.737	24.214
29	30.0	140.0	11.860	-99.000	31.802	24.268
30	31.1	145.0	11.860	-99.000	31.872	24.327
31	33.3	150.0	11.830	-99.000	31.991	24.435
32	35.1	155.0	11.840	-99.000	32.026	24.469
33	36.4	160.0	11.830	-99.000	32.112	24.543
34	38.5	165.0	11.830	-99.000	32.128	24.565
35	39.7	170.0	11.790	-99.000	32.151	24.595
36	40.0	175.0	11.760	-99.000	32.224	24.659
37	41.6	180.0	11.750	-99.000	32.311	24.735
38	43.2	185.0	11.740	-99.000	32.368	24.789
39	44.0	190.0	11.750	-99.000	32.379	24.799
40	44.1	195.0	11.750	-99.000	32.379	24.799
41	44.5	200.0	11.740	-99.000	32.399	24.818
42	44.4	205.0	11.740	-99.000	32.401	24.820
43	45.8	210.0	11.700	-99.000	32.416	24.845
44	48.6	215.0	11.540	-99.000	32.550	24.991
45	49.7	220.0	11.480	-99.000	32.574	25.026
46	51.8	225.0	11.170	-99.000	32.774	25.247
47	52.7	230.0	11.110	-99.000	32.825	25.301
48	54.3	235.0	11.020	-99.000	32.903	25.385
49	56.4	240.0	10.780	-99.000	32.915	25.447
50	58.0	245.0	10.630	-99.000	32.909	25.476
51	60.4	250.0	10.300	-99.000	32.946	25.572
52	62.3	255.0	9.910	-99.000	33.123	25.785

2. november 1993:

#	Djup	RELTIM	TEMP	OXY-ml	SALIN	SIGMA
5	.4	20.0	5.020	-99.000	24.420	19.300
6	.8	25.0	4.860	-99.000	24.564	19.430
7	1.4	30.0	5.030	-99.000	24.719	19.540
8	3.2	35.0	8.160	-99.000	31.754	24.717
9	5.3	40.0	10.730	-99.000	31.003	23.736
10	7.9	45.0	11.230	-99.000	31.095	23.732
11	10.5	50.0	11.530	-99.000	31.662	24.131
12	11.9	55.0	11.690	-99.000	31.873	24.273
13	11.9	60.0	11.720	-99.000	31.865	24.261
14	12.2	65.0	11.710	-99.000	31.858	24.259
15	14.1	70.0	11.710	-99.000	31.989	24.369
16	15.4	75.0	11.550	-99.000	32.132	24.515
17	16.8	80.0	11.280	-99.000	32.310	24.708
18	19.5	85.0	10.520	-99.000	32.652	25.120
19	22.1	90.0	10.040	-99.000	32.907	25.412
20	25.0	95.0	9.440	-99.000	33.256	25.796
21	26.6	100.0	9.150	-99.000	33.462	26.011
22	29.0	105.0	8.880	-99.000	33.703	26.254
23	30.4	110.0	8.780	-99.000	33.856	26.396
24	32.0	115.0	8.610	-99.000	34.025	26.562



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2417-3