



O-93118

Utslipp fra
treforedlingsindustri til
Kristiansandsfjorden

RAPPORT 1

Utslippssted og fortykning

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-93118	Undernr.:
Løpenr.: 3028	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Utslipp fra treforedlingsindustri til Kristiansandsfjorden. Rapport 1. Utslippssted og fortynning.	Dato: 16/2-94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Jarle Molvær	Geografisk område: Kristiansand	
	Antall sider: 29	Opplag: 70

Oppdragsgiver: Kristiansand kommune	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt:

I arbeidet for å bedre vannkvaliteten i Otra blir det bygget en avskjærende ledning som skal føre forurenset avløpsvann fra treforedlingsindustrien på Vennesla til Kristiansandsfjorden. Utslippet vil skje på dypt vann i Østerhavn sør for Otrav munning. Foreliggende rapport gir beregninger for innlagringsdyp og fortynning og beskriver strømforhold i området. Utslippssted, -dyp og nødvendig fortynning for å unngå oksygenproblemer blir vurdert. Hensynet til oksygenforholdene i innlagringsdypet tilsier en primærfortynning på minst 8 - 10 ganger. Dette kan oppnås med god margin med utslipp i 55 - 60 m dyp, gjennom et hull med diameter på 665 mm. Innlagring vil da finne sted i 15 til 35 m dyp. Beregningene viser ingen tilfeller av gjennomslag til overflaten. Utslippet bør plasseres sør for Galgebergtangene, i et nærmere anvist område.

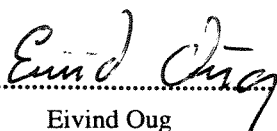
4 emneord, norske

1. Treforedlingsindustri
2. Innlagring
3. Oksygen
4. Kristiansandsfjorden

4 emneord, engelske

1. Wood-processing industry
2. Entrainment
3. Oxygen
4. Kristiansandsfjord

Prosjektleder


Eivind Oug

For administrasjonen


Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2474-2

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO**

O-93118

**UTSLIPP FRA TREFOREDINGSINDUSTRI
TIL KRISTIANSANDSFJORDEN**

**RAPPORT 1
UTSLIPPSSTED OG FORTYNNING**

**Oslo, 16. februar 1994
Jarle Molvær**

FORORD

I arbeidet for å bedre vannkvaliteten i nedre del av Otra er det vedtatt å legge en ledning fra Hunsfos Fabrikker til Kristiansandsfjorden. Ledningen skal føre avløpsvann fra Hunsfos Fabrikker, Norsk Wallboard og sigevann fra Støleheia fyllplass.

Utslipppet vil skje på 55-60 m dyp sør for OTRAS munningsområde.

Etter henvendelse fra Kristiansand kommune har NIVA utarbeidet et program for overvåking av utviklingen i Kristiansandsfjorden i forbindelse med det nye utslippet. Overvåkingen omfatter både hydrofysiske, vannkjemiske, sedimentkjemiske og biologiske forhold. Tilsagt til undersøkelsene ble gitt av Kristiansand kommune, Ingeniørvesenet, i brev av 19.5 1993.

Den foreliggende rapport vurderer utslippssted og utslippsdyp, samt nødvendig fortykning av avløpsvannet for å unngå oksygenproblem.

Feltarbeidet har foregått i nært samarbeid med Vannlaboratoriet, Agder Distriktshøgskole, hvor spesielt laboratorieleder Tom Pedersen og cand. real. Dag Olav Andersen takkes for godt samarbeid. Fisker Lorentz Andreassen, Kristiansand, takkes for all hjelp ved utplassering og innhenting av strømmålerne.

Ved NIVA har teknisk assistent Frank A. Kjellberg og ingeniør Johan Ahlfors tilrettelagt og deltatt i feltarbeidet. Programmerer Terje Hopen har utført behandlingen av data fra strømmålerne. Jarle Molvær har hatt ansvaret for dette delprosjektet, utført beregningene av innlagring og fortykning, samt skrevet rapporten.

INNHALDSFORTEGNELSE

side:

FORORD	1
KONKLUSJONER	3
1. INNLEDNING	4
1.1. Bakgrunn for undersøkelsen	4
1.2. Forurensningstilførsler	4
1.3. Tidligere undersøkelser	5
1.4. Formål	5
1.5. Undersøkellesprogram	6
2. BEREGNINGER AV INNLAGRINGSDYP OG PRIMÆRFORTYNNING	6
2.1 Metodikk	6
2.2 Resultater	9
3. UNDERSØKELSER AV STRØMFORHOLD I UTSLIPPSOMRÅDET ...	11
3.1 Metodikk	11
3.3 Strøm- og spredningsforhold	12
4. OKSYGENKONSENTRASJON ETTER PRIMÆRFORTYNNING	18
4.1 Metodikk	18
4.2 Resultater	19
5. ANBEFALINGER AV UTSLIPPSARRANGEMENT OG UTSLIPPSSTED	20
6. LITTERATUR	22
VEDLEGG 1	23
VEDLEGG 2	24
VEDLEGG 3	28

KONKLUSJONER

Denne delrapporten har som mål å komme fram til anbefalinger vedrørende utslippsarrangement og utslippssted for avløpsvannet som skal slippes på dypt vann i Kristiansandsfjorden. Vi understreker ellers at hensyn til oppankring, fiske mv. ligger utenfor vårt mandat.

- * Hensynet til oksygenforholdene i innlagringsdypet tilsier at avløpsvannet må fortynnes 8-10x med sjøvann. Beregninger av innlagringsdyp og primærfortynning basert på 68 tetthetsprofiler fra fjorden viser at dette oppnås med god margin med utslipp på 55-60 m dyp, gjennom et hull med diameter på 665 mm.*
- * Skal man unngå oksygenproblemer pga. avløpsvannets innhold av nedbrytbart organisk materiale, kreves tilgang på oksygenrikt fortynningsvann. Det betyr at utslippet må plasseres i betryggende avstand fra områder hvor bunndypet avtar raskt, og hvor tilgang på fortynningsvann av den grunn kunne blitt begrenset.*

For å imøtekomme forutsetningene om bunntopografi og fortynning tilrår vi at utslippet plasseres i det skraverte området på fig. 5.1.

- * Hvorvidt skyen av fortynnet avløpsvann vil skape problemer hvis den periodevis kommer i kontakt med vanninntaket til svømmehallen, er ikke vurdert. Under alle omstendigheter vil det være kortvarige situasjoner der avløpsvannet er fortynnet 80-90 ganger.*

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn for undersøkelsen

Otra har i flere tiår vært preget av utslipp fra treforedlingsindustri. De betydeligste utslippene kommer fra industrien på Vennesla, spesielt Hunsfos Fabrikker. Utslippene består i hovedsak av oksygenforbrukende organiske stoffer, suspendert stoff og syre. Den mest iøynefallende virkning i elva er blakking av vannet, ubehagelig lukt og begroing av sopp på elvebunnen. Lav pH på avløpet bidrar til giftvirkninger på fisk og bunndyr. Også i Kristiansandsfjorden er det lukt og virkninger av partikler fra ellevannet.

I arbeidet for å bedre vannkvaliteten i Otra er det vedtatt å legge en avskjærende ledning fra Hunsfos Fabrikker til Kristiansandsfjorden. I tillegg til avløpsvann fra Hunsfos Fabrikker skal ledningen føre avløpsvann fra Norsk Wallboard og senere rensset sigevann fra Støleheia søppelfyllplass når denne kommer i drift. Ledningen får en indre diameter på 665 mm og dimensjoneres for en total vannmengde på 350 l/s.

Utslipet vil skje i Østerhavnen sør for Galgebergtangenen. Arbeidet med legging av ledningen startet høsten 1993 med planlagt ferdigstilling i 1995.

Ved overføring til Kristiansandsfjorden skal utslippet arrangeres slik at avløpsvannet innlagres i fjordens dypvann. Fjordens overflatelag skal ikke bli påvirket av utslippet, slik at i forhold til dagens situasjon vil overflatelaget avlastes og bli renere. Det er også en forutsetning at det er tilstrekkelig utskiftning av dypvannet til at ikke negative virkninger i fjordens dypområder oppstår.

1.2. Forurensningstilførsler

Utslippene fra Hunsfos Fabrikker kommer fra bedriftens tømmerrenseri, cellulosefabrikk, tremassefabrikk og papirfabrikk. En oversikt over utslippene er gitt i bedriftens utslippstillatelse av 17.2. 1992. Hovedutslippene fra bedriften er suspendert stoff (fiber) og oksygenforbrukende stoffer i avløpsvannet. Bedriften er inne i en periode hvor utslippsmengdene reduseres. I henhold til utslippstillatelsen skal utslippet av suspendert stoff pr. 31.12.94 ikke overstige 1.3 tonn pr. døgn regnet som månedsmiddel og kjemisk oksygenforbruk (KOF) ikke overstige 42 tonn pr. døgn fra 30.6.94. I utslippene vil det også inngå lukt og smaksstoffer fra kondensat. I 1993 opphørte all bruk av klorholdige blekekjemikalier.

Utslippene fra Norsk Wallboard er mindre enn 10 tonn KOF pr. døgn. Sigevann fra den nye avfallplassen på Støleheia skal ikke tilkoples før 1995.

Tilførslene av kommunalt avløpsvann til Kristiansandsfjorden er blitt betydelig redusert over den siste tiden. Et større utslipp i Østerhavn syd for Tangen (36 000 p.e.) er nylig sanert og avløpsvannet overført til Odderøya renseanlegg. Det er etter dette ingen større tilførsler av forurensninger til Østerhavn-området utover det som tilføres med ellevannet.

1.3. Tidligere undersøkelser

Kristiansandsfjorden er tidligere undersøkt en rekke ganger. Undersøkelsene omfatter både bløtbunns- og hardbunnssamfunn, hydrografi, miljøgifter mm. Den viktigste undersøkelsen (basisundersøkelse) ble gjennomført i 1982-84 under *Statlig program for forurensningsovervåking*. Hovedresultatene er sammenfattet av Molvær (1986). Undersøkelsene av vannutskiftning og vannkvalitet (Molvær et al. 1986) er spesielt relevante i forbindelse med foreliggende undersøkelser.

Kristiansandsfjorden er tidligere vurdert som resipient for utslipp fra treforedlingsindustri. Utslipp via ledning til fjorden ble da utredet som et alternativ, og det ble påpekt at dette vil gi klare forbedringer for fjordens overflatevann i tillegg til avlastningen i elva (Molvær et al. 1989).

1.4. Formål

Undersøkelsene tar både opp spørsmål omkring lokalisering av utslippet (sted, dyp), teknisk arrangement og miljømessige forhold i resipienten. Nevnt i stikkords form skal undersøkelsene:

- være veiledende for valg av utslippssted og utslippsarrangement
- kontrollere for virkninger av avløpsvannet umiddelbart etter at utslippet er etablert
- danne grunnlag for en fremtidig overvåking av mulige effekter av utslippet.

Foreliggende rapport (Rapport 1) beskriver vannmassene ved utslippsstedet og gir beregninger for innlagringsdyp og fortykning. Det er også gjort beregninger av det forventede oksygeninnhold i det innlagrede avløpsvannet. Disse undersøkelsene er veiledende for utslippsarrangement og utslippssted, men gir også informasjon om mulig spredning av forurensninger.

1.5. Undersøkellesprogram

Undersøkelsene i denne rapporten har tre hovedelementer:

1. Beregning av innlagringsdyp og primærfortynning av avløpsvannet med utgangspunkt i hydrografiske profiler (temperatur, saltholdighet) fra fjorden.
2. Måling av strømforhold for å klarlegge spredningsveier for det innlagrede avløpsvannet og utskiftningsforhold for dypvannet.
3. Beregninger av forventet oksygenforbruk i det innlagrede avløpsvannet.

Beregningene av innlagringsdyp og fortynning bygger både på målinger foretatt sommeren 1993 og på eldre data. Dette er for å utnytte så stort datagrunnlag som mulig for beregningene. Det er også foretatt beregninger med en innsnevret åpning på utløpet for å avgjøre om det kan gi en større fortynning av avløpsvannet. Det har i prosjektperioden vært stilt flere spørsmål fra oppdragsgiver og miljøvernmyndighetene om utslippssted, innlagring og fortynning.

Strømforholdene i Østerhavn - i de aktuelle dyp - er ikke tidligere undersøkt. Målingene viser hvor det mest sannsynlige influensområdet for avløpsvannet er. Dette gir grunnlag for å velge lokaliteter for en fremtidig overvåking av mulige effekter av utslippet

Andre delundersøkelser i det foreliggende prosjektet (sedimentering av partikulært materiale, biologiske forhold, målinger av oksygenforbruk) vil bli rapportert senere.

2. BEREGNINGER AV INNLAGRINGSDYP OG PRIMÆRFORTYNNING

2.1 Metodikk

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann, og er dermed lettere enn sjøvann. Ved utslipp på dypt vann i en fjord vil derfor avløpsvannet straks stige opp mot overflaten mens det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Dermed øker både volumet og egenvekten av denne "blandingsvannmassen" mens den raskt beveger seg oppover i vannsøylen. Fjordvannet er til vanlig lagdelt, dvs. det er lettere vann over tyngre vann pga. av avrenning av ferskvann fra land, og avløpsvannet når derfor ikke opp til overflaten. Grunnen er at egenvekten til blandingsvannmassen (avløpsvann+sjøvann) etterhvert blir lik egenvekten til det omkringliggende sjøvannet.

Da vil skyen av sterkt fortynnet avløpsvann begynne å bre seg horisontalt utover, mens den fortynnes videre. Vi sier at avløpsvannet **innlagres**. Dette er illustrert i fig. 2.1. Fortynningen ved innlagring kalles **primærfortynning**.

Beregning av innlagringsdyp og primærfortynning er utført med et EDB-program, NIVA*JET.MIX utarbeidet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet beregner fortynning og innlagringsdyp for en enkelt stråle avløpsvann i en sjiktet resipient, på basis av tetthetsprofiler i resipienten og data om strålen i utløpet. Programmet beregner det nivået der avløpsvannets egenvekt er den samme som omgivelsenes egenvekt. Avløpsvannets vertikale bevegelsesenergi gjør imidlertid at det stiger noe forbi dette "likevektsdypet", før det synker tilbake og innlagres. I det følgende vil imidlertid innlagringsdyp være ensbetydende med likevektsdypet.

Dataprogrammet beregner imidlertid den teoretisk høyeste opptrengning på to måter:

- ved fortsatt fortynning etter at likevektsdypet er "passert" (EQS).
- uten blanding eller friksjon etter likevektsdypet er "passert" (GRAV).

Disse størrelsene er vist i Vedlegg 2.

Tetthetsprofilene fra fjorden stammer fra tidligere undersøkelser (Molvær et al., 1986) samt en dataserie sommeren 1993. Med en ukes mellomrom ble det da gjort målinger at temperatur og saltholdighet i utvalgte dyp mellom overflaten og 55-60 m dyp sør for Galgeberggtangen (fig. 2.2). Målingene ble utført av Vannlaboratoriet ved Agder Distriktshøgskole. Tidspunktene er vist i tabell 2.1.

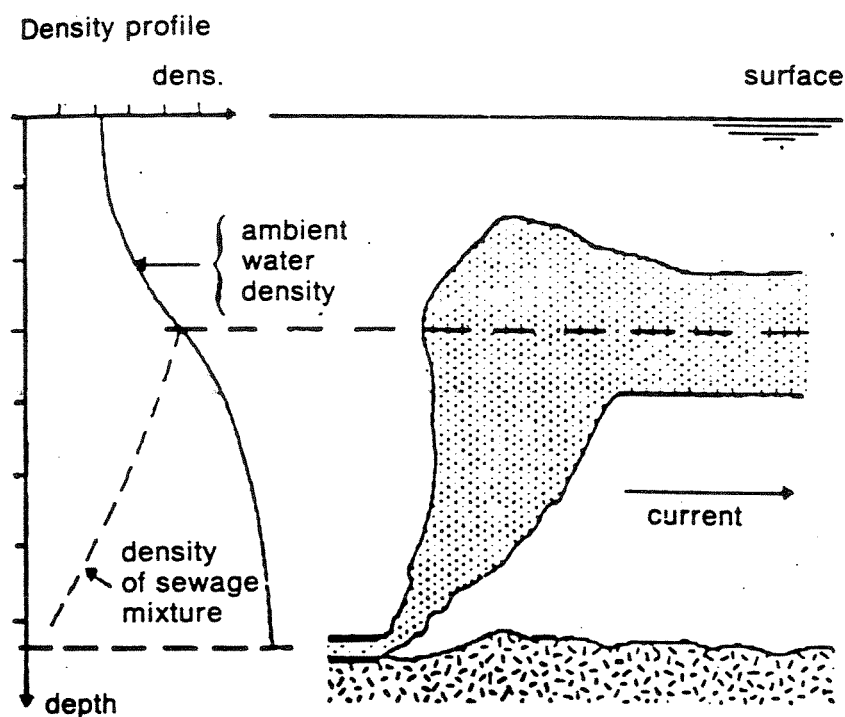


Fig. 2.1 Skisse av hvordan avløpsvann innlagres i en lagdelt vannmasse (etter Molvær og Skagen, 1991).

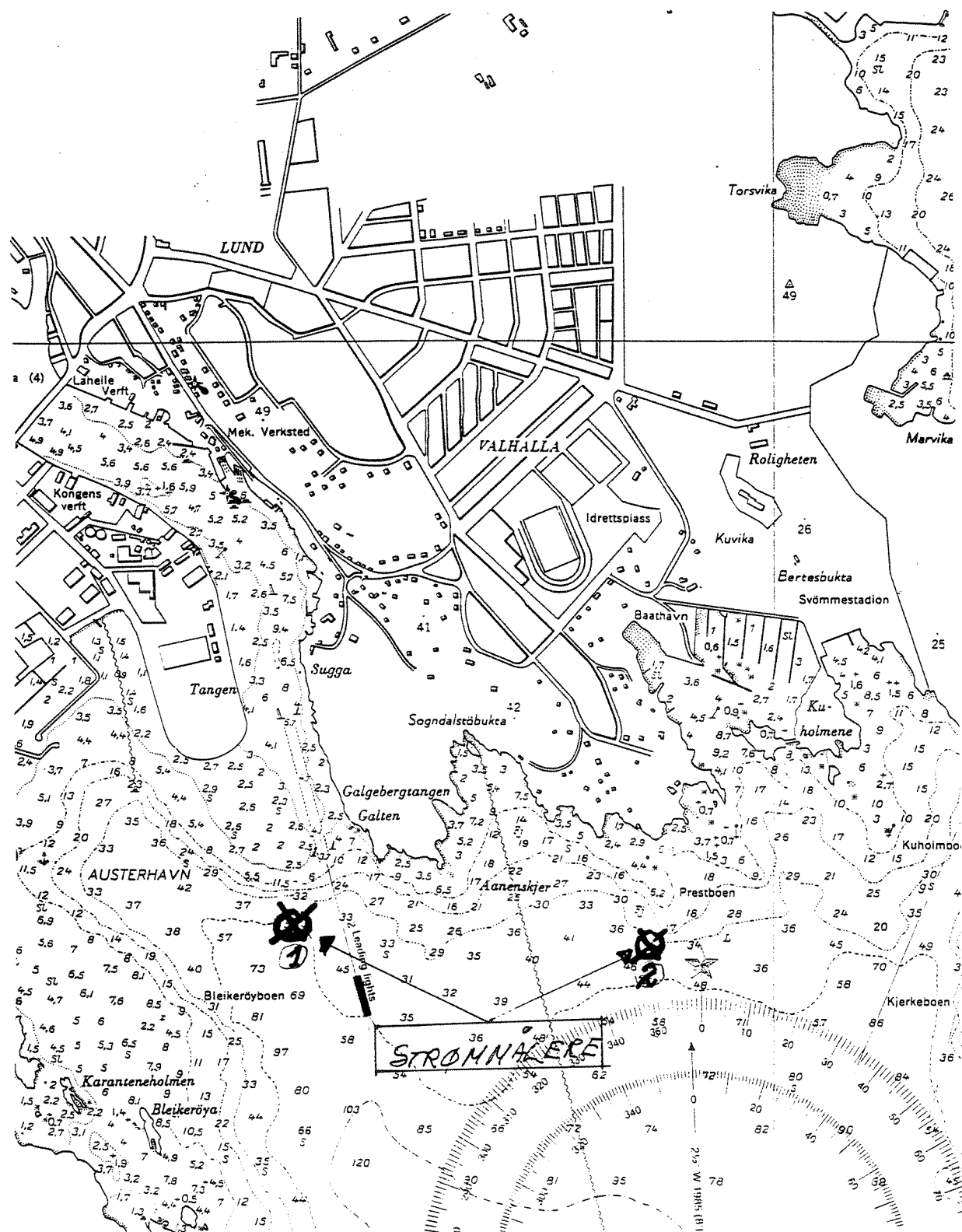


Fig. 2.2. Fjordområdet sør for Otrås munning. Posisjon for strømmålere er avmerket. (Utsnitt fra sjøkart nr. 459). Målingene av temperatur og saltholdighet ble foretatt rett syn for målerposisjon 1.

Tabell 2.1 Tidspunkt for målinger av temperatur og saltholdighet utenfor Otrasmunning i 1993.

9.7.93	13.8.93	13.9.93
16.7.93	19.8.93	24.9.93
27.7.93	26.8.93	
5.8.93	1.9.93	

2.2 Resultater

I det etterfølgende beregnes innlagringsdyp og primærfortynning både med eldre data (58 måleserier fra før 1990) og fra 1993. Datoene fra de gamle dataseriene er vist i Vedlegg 1. Der er også beregninger for "spissing" av avløpsledningens diameter til 400 mm og 500 mm, i tillegg til 665 m som er full åpning. For 1993-dataene er datoene vist ovenfor.

Beregningene viser resultater for "likevektsdypet", dvs. det dyp der det fortynnede avløpsvannet har samme egenvekt som omgivelsene. I dette dyp er imidlertid strålen i bevegelse oppover i vannsøylen, og det reelle innlagringsdypet vil bli på litt mindre dyp - med litt større fortynning. Avstanden mellom dette dypet og likevektsdypet vil i stor grad avhenge av tetthetsprofilen.

Videre understrekes at fortynningsberegningene gjelder **sentrum av skyen** med fortynnet avløpsvann, dvs. minste fortynning. Gjennomsnittlig fortynning er ca. 1.7 ganger senterfortynningen.

Beregninger med eldre data fra fjorden

Figur 2.3 viser beregninger for 58 situasjoner (alle data er vist i Vedlegg 2). Utslippsdypet er 60 m, ledningsdiameteren er 665 mm og vannmengden 350 l/s. Figuren viser at avløpsvannet innlagres. Ved dyp innlagring (liten avstand mellom utslippsdyp og innlagringsdyp) blir "fortynningsdistansen" liten, og fortynningen betydelig lavere enn ved innlagring høyt oppe i vannsøylen. Minste senterfortynning var 12x. Mindre utløpsåpning gav ingen vesentlig forbedring mht. fortynning og innlagringsdyp (se Vedlegg 2)

Beregninger med data fra 1993.

Resultatene er vist i tabell 2.2 og Vedlegg 3 i tilsvarende format som for eldre data i Vedlegg 2. Heller ikke her gav mindre utløpsåpning noen større fordel.

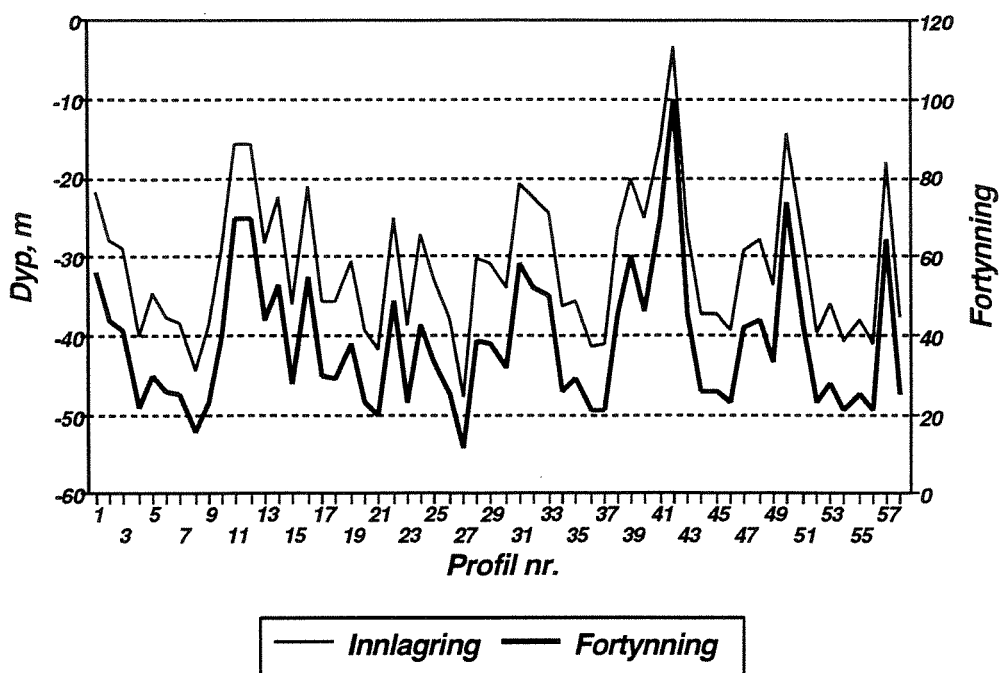


Fig.2.3 Utslipp i 60 m dyp. Innlagringsdyp og fortynning ved utslipp av 350 l/s ved 665 mm hulldiameter.

Tabell 2.2. Innlagring og fortynning av utslipp av avløpsvann i 55 m dyp, for 10 tidspunkt sommeren 1993. Vannmengden er 350 l/s.

JET DATA AFTER CONTRACTION					PRO- FILE NR.	RESULTS					
						NEUTRAL		POINT	EXTREMAL DEPTHS		
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					NR.	WIDTH ANGLE		CENTER	DEPTH	EQS.	GRAV.
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.		(M)	DEG.	DILUT.	(M)		
1	55.0	.66	1.00	0	1	7.2	86	35	27.3	19.9	8.9
					2	6.2	84	25	32.5	21.5	2.1
					3	8.5	86	44	21.8	10.1	.6
					4	8.2	87	45	21.7	12.2	1.6
					5	8.9	87	49	19.9	6.7	.6
					6	7.4	85	34	27.0	15.5	3.6
					7	7.2	86	34	27.4	18.9	9.2
					8	6.7	85	29	29.8	22.0	10.6
					9	7.3	85	30	28.8	16.4	7.8
					10	4.7	84	18	38.1	32.5	22.8

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

For de aktuelle tidspunktene vil avløpsvannet bli innlagret mellom ca. 35 m og ca. 10-15 m dyp. Det er ingen tilfeller av gjennomslag til overflaten. Minste fortykning var 18x.

Resultatene samsvarer i hovedsak med beregningene av eldre data.

3. UNDERSØKELSER AV STRØMFORHOLD I UTSLIPPSOMRÅDET

Dette delprosjektet hadde som mål å beskrive hovedtrekkene ved strømmønsteret i utslippsområdet.

3.1 Metodikk

Det har blitt utført målinger av strømhastighet, strømretning, temperatur og saltholdighet utenfor munningen av Otra (sør for Galgebergtangenen) og sør for Prestbåen lenger øst (fig. 1.1). Basisopplysninger er sammenfattet i nedenforstående tabell.

Sted	Fra	Til	Måledyp
Galgebergtangenen	29.6.93	24.9.93	25m, 45m
Prestbåen	29.6.93	24.9.93	25m, 45m

Måleperioden ble delt i to ved at instrumentene ble tatt opp og kontrollert den 28.8.93. Målerne ved Galgebergtangenen ble da flyttet 50-100 m sørover.

Målingene ble utført av selvregistrerende instrument (Aanderaa RCM4) med 20 minutters tidsintervall. Tidsseriene er behandlet av dertil egnede dataprogram (kalibrering, statistisk behandling mv.).

Opplysninger om vindretning og vindhastighet ved Oksøy fyr og Kjevik flyplass er framskaffet hos Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo. Målinger er gjort hver dag kl. 01, 07, 13 og 19.

3.3 Strøm- og spredningsforhold

Vi skal redegjøre for hovedtrekkene i strømbildet. I samsvar med målet for delprosjektet gis ikke noen detaljert beskrivelse av strømforholdene.

Hovedtrekkene mht. strømretning i de to måleperiodene er vist i fig.3.4-3.5.

Det er flere klare fellestrekk:

- * Strømretningen styres i stor grad av bunntopografien. Særlig klart framgår det på stasjon 2 sør for Prestbåen.
- * Periodevis vil det foregå transport av vann fra utslippsområdet inn mot munningen av Topdalsfjorden.
- * Vannmassen utenfor Galgebergtangangen forflytter seg uregelmessig etter påvirkning fra skiftende vindforhold, tidevann og lufttrykk. Hovedretningene er vest-nord og øst-sør, som tyder på en topografisk styrt sirkulasjon.
- * Det var gjennomgående liten strømhastighet. Fig. 3.6 viser fordelingen av strømhastighet i 25 m dyp. Mer enn 90% av registreringene var <5 cm/s. I 40 m dyp var hastigheten noe lavere enn dette.

Strømforhold og vannutskifting i Kristiansandsfjordens dypere vannlag (her dypere enn 20-25 m påvirkes både av tidevann, lufttrykkvarsiasjoner og av vind på kysten og inne i fjorden. Forholdene vil derfor variere mye over tid.

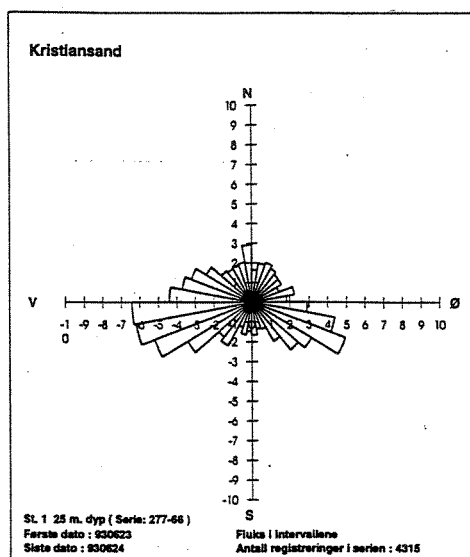
Vi anser målingene på Oksøy fyr som mest representative for vindens påvirkning av kystvannet og vannmassene i Kristiansandsfjorden. Fig. 3.7 viser døgnmidler av vindhastigheten ved Oksøy. Fig. 3.8 viser fordeling av vindretningen, mens fig. 3.9-3.10 viser henholdsvis døgnverdier av lufttrykk og dekomponert vindhastighet.

De tre månedene har naturlig nok variable vindforhold, men hovedtrekkene kan karakteriseres ved overgang fra en situasjon med forholdsvis lavt lufttrykk og vind fra sørvest, til høyere lufttrykk og økende vind fra nordøst i siste halvdel av perioden. Storparten av tiden var vindhastigheten under 10 m/s, dvs. mindre enn frisk bris. Størst vindhastighet ble registrert i tidsrommet 11-15.september, med stiv til sterk kuling fra nordøst.

Mest interessant er situasjoner med vind fra vestlig til nordvestlig retning, fordi vinden da kan drive fjord-/kystvannet ut fra kysten, og dermed legge forholdene tilrette for en dypere innstrømning av vann til fjordene. I måleperioden opptrådte fire lengre perioder med vindhastighet over frisk bris (8 m/s) fra den retningen: 1-6.7.93, 18-27.7.93, 11-13.7.93 og 17-21.7.93. Ingen av situasjonene viste stor innvirkning på strømhastigheten

i noen av måledypene. Derimot framkom klare variasjoner i saltholdighet. En viss fornyelse av vannmassene i fjorden fikk man altså ved disse vindforholdene.

Galgebergtangen



Prestboen

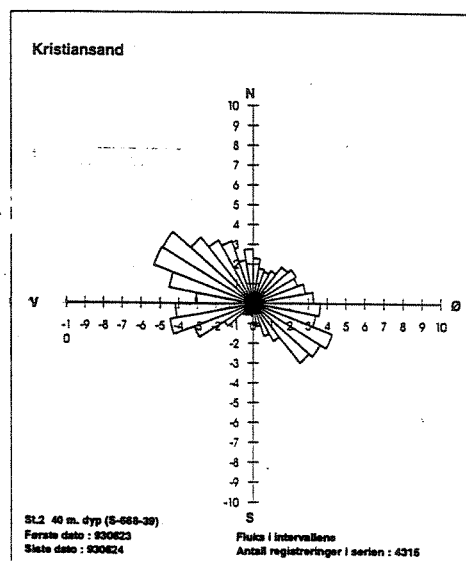
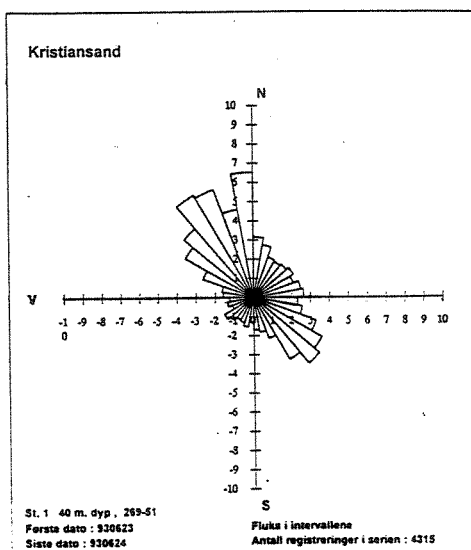
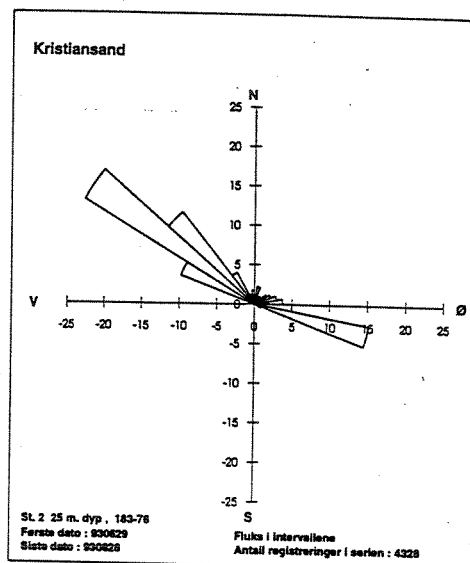
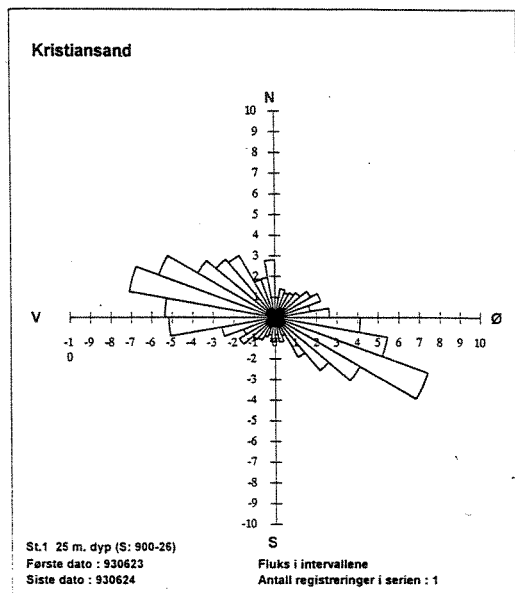


Fig. 3.4 Tidsrommet 29.6 - 28.8 1993. Beregnet transportprosent¹ fordelt i 15° sektorer i 25 m og 45 m dyp ved Galgebergtangen og Prestbåen.

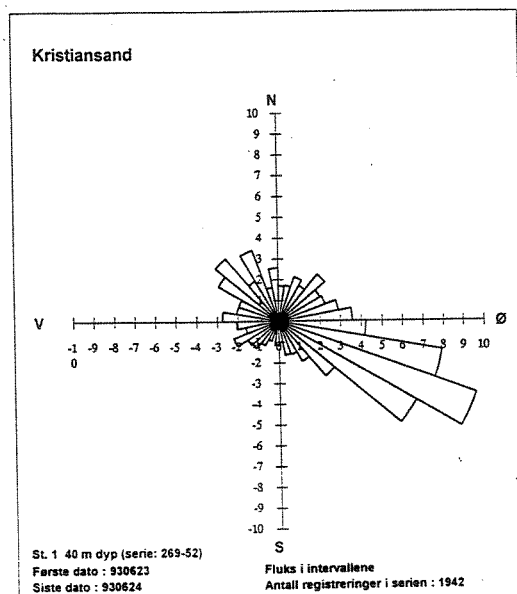
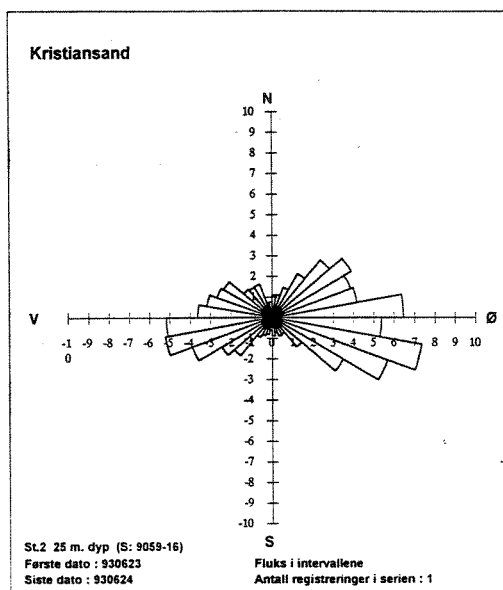
¹ Transportprosent = $v_i \cdot n_i / V \cdot N$, der v_i og n_i er henholdsvis middelhastighet og antall registreringer i sektoren i . V og N er middelhastighet og antall registreringer for hele måleserien.

Galgebergtangen



25 m

Prestboen



45 m

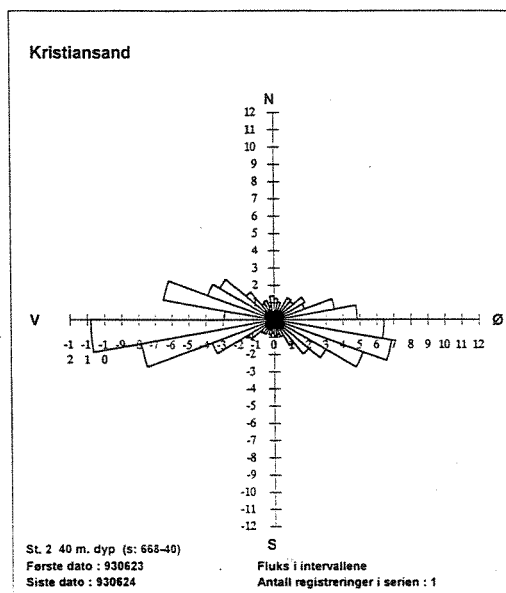
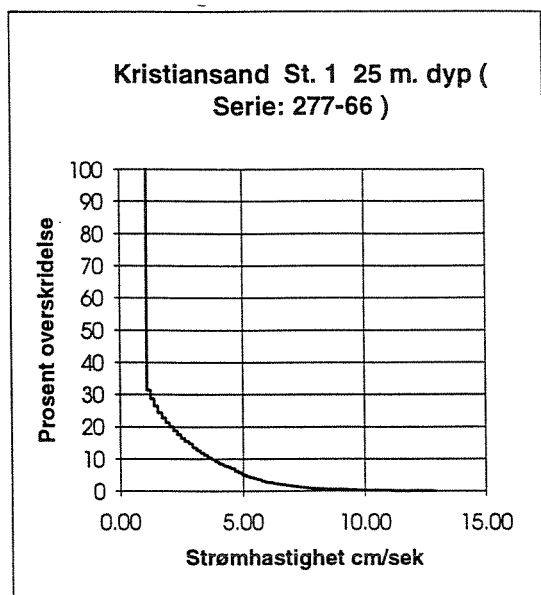


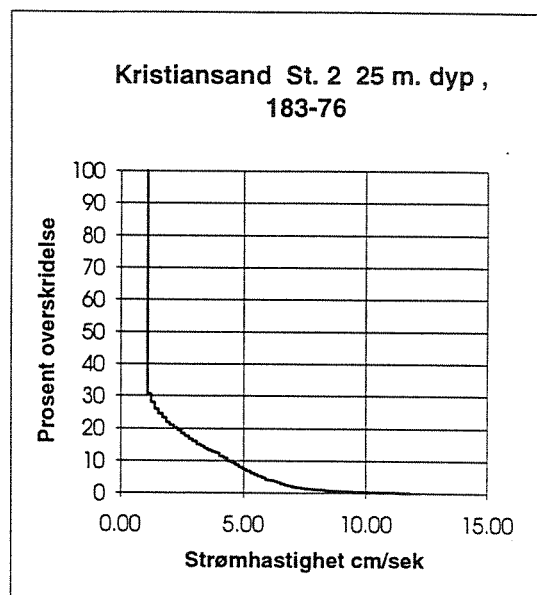
Fig. 3.5 Tidsrommet 28.8 - 24.9 1993. Beregnet transportprosent fordelt i 15° sektorer i 25 m og 45 m dyp ved Galgebergtangen og Prestbåen.

1. måleperiode

Galgebergtangen



Prestboen



2. måleperiode

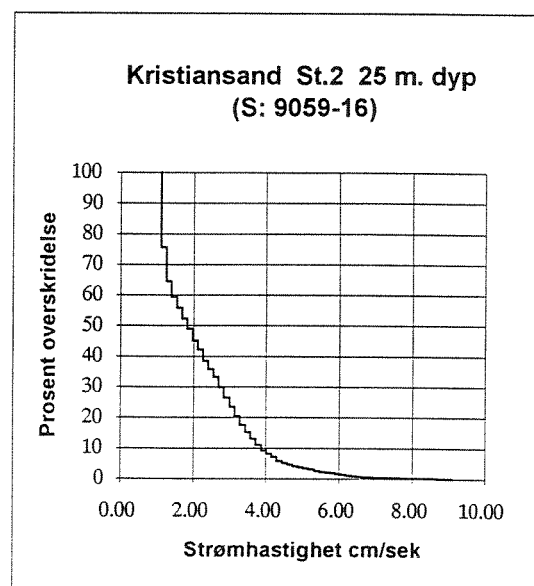
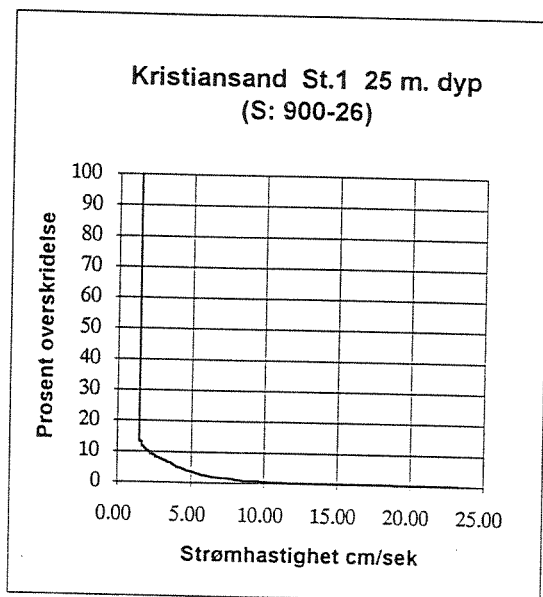


Fig. 3.6 Fordeling av strømhastighet i 25 m dyp ved Galgebergtangen og Prestbåen.

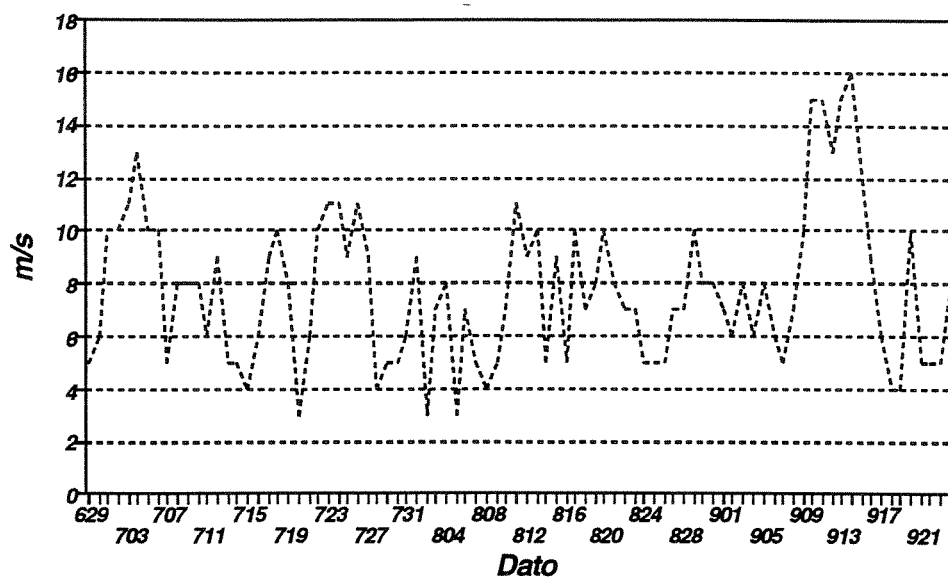


Fig. 3.7 Oksøy fyr. Døgnmiddel av vindhastighet.

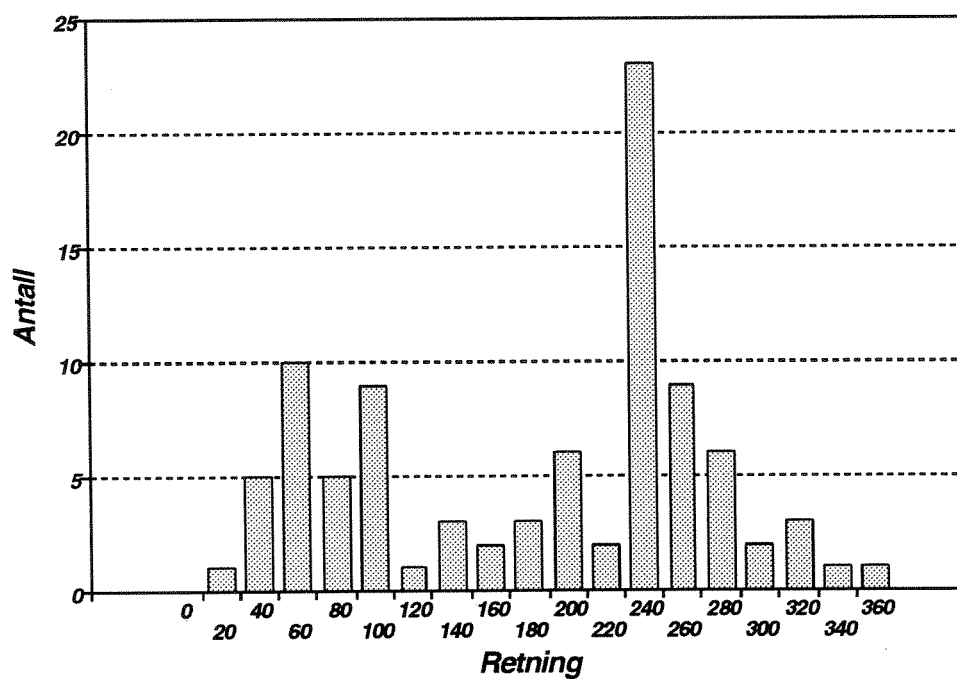


Fig. 3.8 Oksøy fyr. Fordeling av vindretning kl. 13 hver dag i måleperioden.

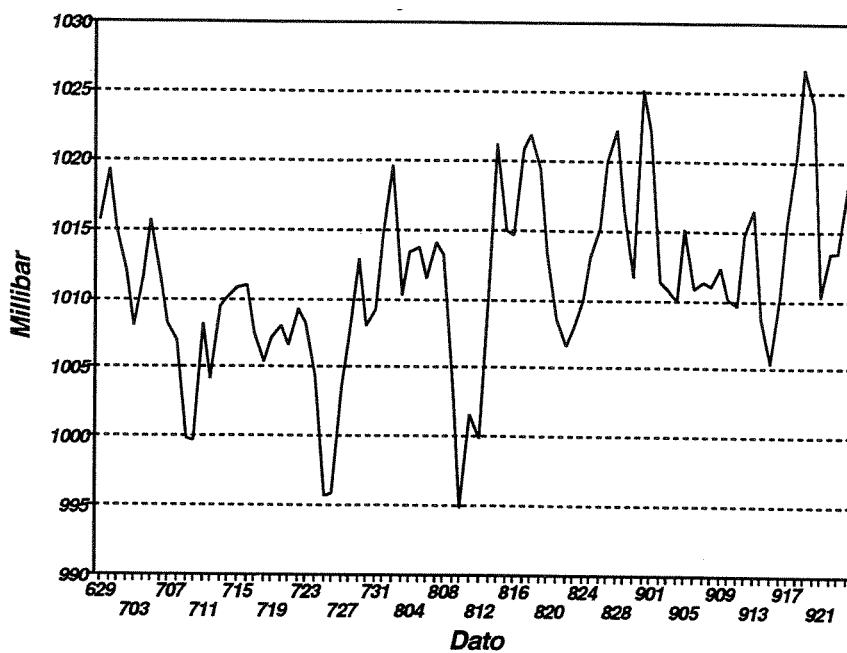


Fig. 3.9 Oksøy fyr. Lufttrykk ved havnivå.

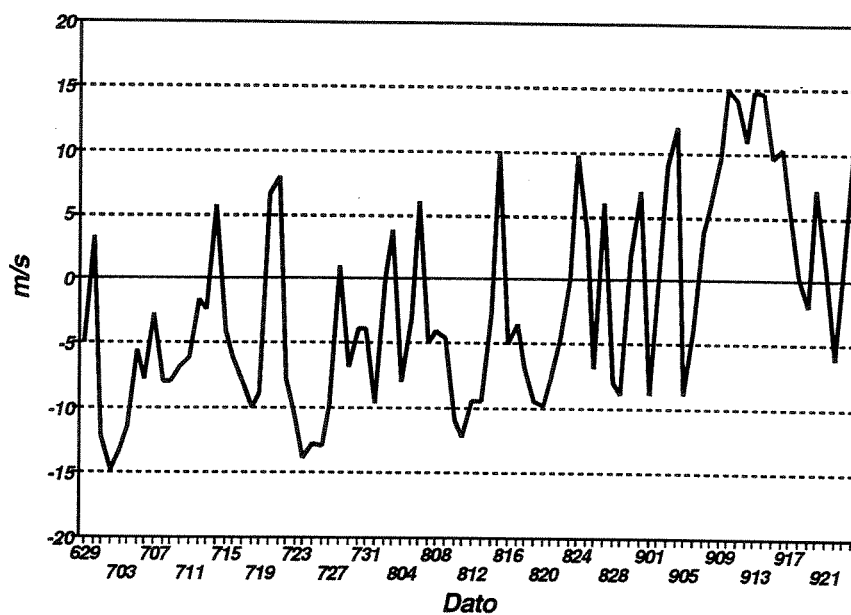


Fig. 3.10. Oksøy fyr. Vindhastighet dekomponert i nordøst (+) og sørvest(-) retning.

4. OKSYGENKONSENTRASJON ETTER PRIMÆRFORTYNNING

4.1 Metodikk

Utslippsmengder:

Kristiansand kommune har oppgitt at vannmengden gjennom ledningen vil være **350 l/s**. Etter opplysninger fra Hunsfos Fabrikker vil det være følgende utslipp av organisk stoff pr. 1.6.95 (målt ved kjemisk oksygenforbruk, KOF):

Utslipp KOF, tonn/døgn	Konsentrasjon, mgO/l
34 (halvårsmiddel)	1125
40 (månedsmiddel)	1323

Beregning av oksygenforbruk og konsentrasjon:

Vi anvender i prinsippet samme metodikk som brukt ved den tidligere vurderingen av utslipp til fjorden (Molvær et al., 1989). Den gang valgte man å benytte BOF_7 heller enn KOF, og analyser av avløpsvannet tydet på at BOF_7 utgjorde ca. 1/3 av KOF. Hunsfos Fabrikker mener at dette forholdstallet kan legges til grunn denne gangen også.

Oksygenforbruket går over relativt lang tid. Molvær et al. (1989) antok at ca. 20% ble brukt første døgnet. Senere arbeider ved NIVA (Källqvist, 1992, Harry Efraimsen pers. medd.) tyder på at dette er et sannsynlig estimat (fig. 4.1). Selve primærfortynningen foregår over noe ti-talls sekunder. Over det tidsrommet som betraktes blir derfor bare en mindre del av "døgnverdien av BOF_7 " realisert. I 1989 antok man 20%, som også anvendes i det etterfølgende (selv om det kan være høyt regnet). Beregningene er utført for 35, 40 og 50 tonn/d av KOF.

Sjøvannets oksygeninnhold mellom overflaten og 60 m dyp kan ventes å variere i intervallet 6-9 mgO/l, vanligvis innen intervallets øvre halvdel. Det kan nevnes at i tidsrommet 1983-84 ble laveste konsentrasjon i 150-175 m dyp målt til 7.4 mgO₂/l (5.2 mlO₂/l, Molvær et al., 1986). I de etterfølgende beregningene legger vi imidlertid 6 mgO₂/l (4.2 mlO₂/l) til grunn, som gir en rimelig sikkerhetsmargin.

Prinsippet i beregningen er at man først beregner hvor mye oksygen som er tilgjengelig i fortynningsvannet. Her er altså oksygenkonsentrasjonen fast (6 mgO₂/l) mens vi lar fortynningen variere. Deretter beregnes nedgangen i oksygenkonsentrasjon som følge av oksygenforbruket.

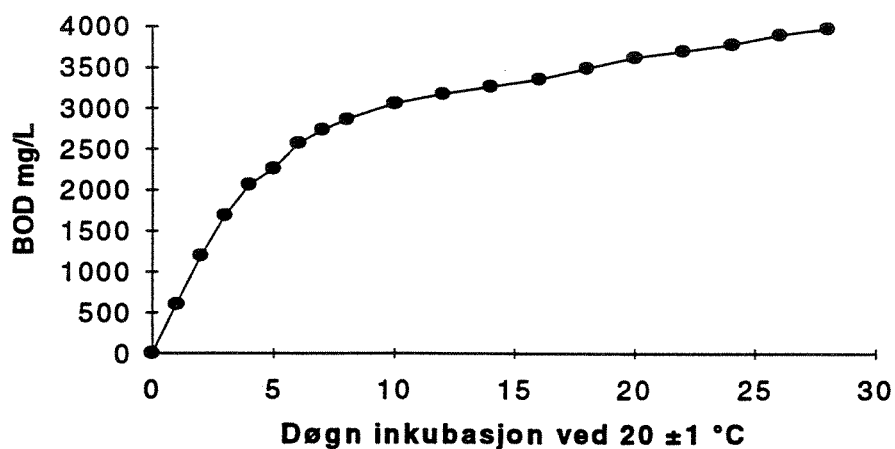


Fig. 4.1 Forløp av nedbrytbarhet registrert som oksygenforbruk ved 20°C (fra Källqvist, 1992).

4.2 Resultater

Resultatet av beregningene er presentert i fig. 4.2, og viser at fortynning større enn 10x bør gi en rimelig sikkerhetsmargin for å sikre gode oksygenforhold etter primærfortynning. Som veiledning inneholder figuren også kriterier til bedømmelse av oksygenforholdene (Rygg og Thélin, 1993).

Vi minner dessuten om at beregningen gjelder selve sentrum av fortynnet avløpsvann, der fortynningen er minst etter primærfortynningen. Vi har ikke hatt muligheter til rimelig sikre beregning av den videre utvikling av oksygenforholdene. Tilstanden vil være et resultat av balansen mellom oksygenforbruk fra fortsatt nedbrytning av organisk materiale og oksygentilførsel fra innblanding av oksygenrikt fortynningsvann (sekundærfortynning). Vår skjønsmessige vurdering er imidlertid at fortynningen vil være stor nok til å sikre gode oksygenforhold.

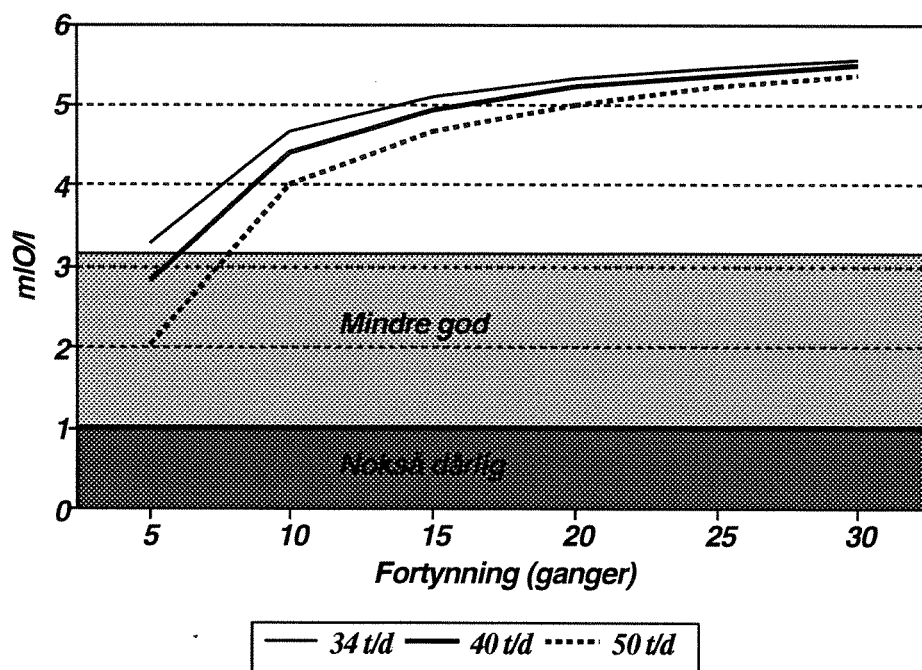


Fig. 4.2 Beregning av oksygenkonsentrasjon i fortynnet avløpsvann etter primærfortynning. Utslippsdyp 60 m. Vannmengde 350 l/s. KOF: 24-50 tonn/døgn.

5. ANBEFALINGER AV UTSLIPPSARRANGEMENT OG UTSLIPPSSTED

Utslippsarrangement:

Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen, har presisert at man skal benytte et utslippsarrangement som sikrer at utslippet ikke medfører mindre gode/dårlige oksygenforhold i dypet hvor avløpsvannet innlagres.

Dette betyr at avløpsvannet må fortynnes 8-10x med sjøvann. Beregninger basert på 68 tetthetsprofiler fra fjorden viser at dette oppnås med god margin med utslipp på 55-60 m dyp, gjennom et hull med diameter på 665 mm.

Utslippssted:

Effektene fra avløpsvannet mht. oksygen forutsetter tilstrekkelig tilgang på fortynningsvann. Det betyr at utslippet må plasseres i betryggende avstand fra områder hvor bunndypet avtar raskt.

For å imøtekomme forutsetningene mht. utslippsdyp og avstand til land tilrår vi at

utslippet plasseres i de skraverte området i fig. 5.1. Vi understreker ellers at hensyn til oppanking, fiske mv. har ligget utenfor vårt mandat.

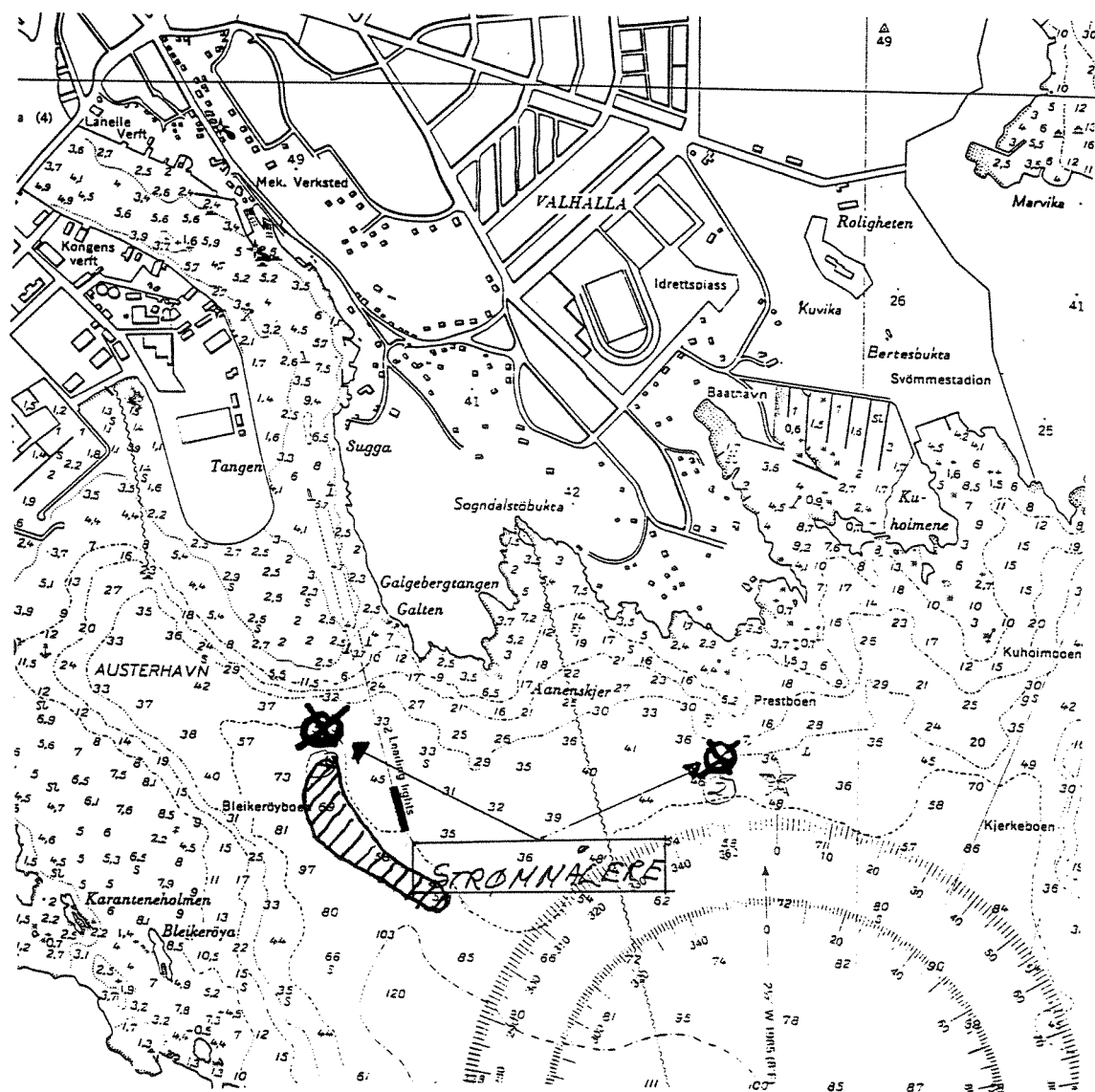


Fig. 5.1 Anbefalt utslippsområde er anvist med skravur (fra sjøkart nr. 459).

6. LITTERATUR

- Bjerkeng, B. og Lesjø, A., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.
- Dammen, B., 1979: Diffusorprogrammet DIFDIM. Input og output. Bruk av EDB i VA-teknikken. Kursdagene ved NTH-Trondheim 3.-5. januar 1979. Norske Sivilingeniørers Forening.
- Källqvist, T., 1992: Økotoksikologisk testing av avløpsvann fra Peterson A/S. NIVA-rapport nr. 2742. 21 s. Oslo.
- Molvær, J., Solheim, H.I. og Källqvist, T., 1986: Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 5. Vannutskiftning og vannkvalitet. NIVA-rapport nr. 1993. Oslo.
- Molvær, J., 1986: Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden 1982-84. Delrapport 6. Konklusjoner. NIVA-rapport nr. 1884. Oslo.
- Molvær, J., Källqvist, T. og Traaen, T., 1989: Resipientvurdering av Otra og Kristiansandsfjorden for utslipp fra treforedlingsindustri. NIVA-rapport nr. 2218. 42 s. Oslo
- Molvær, J. og Skagen, G., 1991: Improving Water Quality by Deep Water Discharge. pp. 115-117 in: International Public Health Engineering 1991 (ed. R. Beardsall). The Winchester Group. London.
- Rygg, B. og Thélin, I., 1993: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Virkninger av næringssalter. SFT-veiledning nr. 93:04. Oslo.

VEDLEGG 1**DATO FOR DE ELDRE TETTHETSPROFILENE**

PROFILE	DATO	PROFIL	DATO
NR		NR	
1		810609	30
2		810623	31
3		810707	32
4		810721	33
5		810804	34
6		810818	35
7		810901	36
8		810916	37
9		810929	38
10		811015	39
11		811111	40
12		811126	41
13		820415	42
14		820428	43
15		820512	44
16		820526	45
17		820609	46
18		820622	47
19		820705	48
20		820716	49
21		820727	50
22		820812	51
23		820827	52
24		820909	53
25		820923	54
26		821012	55
27		821025	56
28		821115	57
29		830504	58
			830520
			830601
			830616
			830628
			830712
			830726
			830809
			830823
			830908
			830922
			831004
			831018
			831102
			831117
			840209
			840316
			840405
			840426
			840516
			840601
			840614
			840702
			840718
			840806
			840823
			840906
			840921
			841016
			841120

VEDLEGG 2**Beregning av innlagringsdyp og primærfortynning for utslipp i 55 m og 60 m dyp. Eldre data.****Hulldiameter 400-665 mm.****Vannmengde 350 l/s**

Beregningsresultatene er presentert i tre hoveddeler:

1. Utslippsdata:

- HOLE NR: Nummer for det alternativet som beregnes
- DEPTH (M): Utslippsdyp
- DIAM. (M): Kontrahert strålediameter
- VEL. (M/S). Vannhastighet i strålen
- ANGLE DEG. Strålens vinkel med horisontalplanet

2. Angivelse av hvilken tetthetsprofil beregningen gjelder (PROFILE NR.)**3. Resultater:**

Disse angis i to hovedgrupper: for likevektsdypet (NEUTRAL POINT) og høyeste opptrengning (EXTREMAL DEPTHS).

- WIDTH (M): Strålens bredde
- ANGLE DEG.: Vinkel i forhold til horisontalplanet
- CENTER DILUT.:Fortynning i strålens senter
- DEPTH (M): Likevektsdyp
- EQS. (M): Høyeste opptrengning etter fortynningsligningene
- GRAV. (M): Høyeste opptrengning uten blanding og friksjon etter likevektsdypet.

Dessuten brukes symbolene:

- < : gjennomslag til overflaten
- X : beregningen stanset, intet likevektsdyp

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1 OUTFALL SITE: KRSAND

JET DATA AFTER CONTRACTION					! PRO- !	RESULTS							
					! FILE !	NEUTRAL		POINT		EXTREMAL DEPTHS			
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					! NR. !	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH				
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	GRAV.	(M)	
1	55.0	.40	2.80	0	!	1	!	9.4	82	54	21.0	9.3	1.7
					!	2	!	8.2	81	43	26.6	17.9	10.0
					!	3	!	7.8	81	40	28.0	17.4	6.5
					!	4	!	6.2	75	24	37.0	27.6	18.6
					!	5	!	6.7	78	30	33.7	25.5	12.2
					!	6	!	5.9	76	25	37.0	28.9	18.5
					!	7	!	5.7	76	23	37.9	31.9	21.7
					!	8	!	4.7	70	16	43.1	37.9	32.3
					!	9	!	5.7	76	23	37.8	32.1	22.9
					!	10	!	8.2	80	40	27.8	15.6	1.5
					!	11	!	10.4	84	66	15.6	7.9	1.7
					!	12	!	10.5	84	68	14.9	5.6	1.5
					!	13	!	7.4	82	41	28.0	20.4	6.7
					!	14	!	9.5	82	53	21.4	10.7	2.3
					!	15	!	6.2	78	27	35.4	25.0	6.9
					!	16	!	10.0	82	55	19.9	12.0	3.8
					!	17	!	6.2	79	29	34.9	31.1	25.8
					!	18	!	6.6	77	28	34.6	28.0	21.1
					!	19	!	7.7	80	38	29.2	18.7	6.1
					!	20	!	5.7	76	23	38.1	29.2	21.8
					!	21	!	5.1	73	19	40.8	33.2	22.0
					!	22	!	9.0	82	49	23.4	12.4	2.6
					!	23	!	6.3	74	24	36.8	27.6	11.6
					!	24	!	8.4	81	43	26.2	19.6	7.0
					!	25	!	7.9	78	36	29.6	19.5	3.2
					!	26	!	5.8	76	24	37.4	31.3	20.1
					!	27	!	4.2	65	13	45.8	38.5	23.9
					!	28	!	8.2	80	41	27.6	13.9	.9
					!	29	!	7.7	80	37	29.5	21.3	16.2
					!	30	!	7.0	79	33	32.3	22.1	12.1
					!	31	!	9.7	83	57	19.8	9.7	1.0
					!	32	!	10.5	81	56	19.0	13.4	6.9
					!	33	!	9.0	82	49	23.1	12.9	2.0
					!	34	!	7.2	75	29	33.5	26.0	14.5
					!	35	!	6.5	78	29	34.6	27.8	19.9
					!	36	!	5.0	75	19	40.8	34.1	22.2
					!	37	!	5.1	75	20	40.4	34.9	26.9
					!	38	!	8.2	81	44	26.1	18.0	6.6
					!	39	!	10.1	83	61	17.7	9.2	3.4
					!	40	!	9.8	81	51	21.4	10.5	1.6
					!	41	!	10.6	84	68	15.0	6.9	1.3
					!	42	!	13.5	85	95	3.3	1.1	.2
					!	43	!	8.8	81	45	25.1	14.1	2.3
					!	44	!	7.4	75	29	33.4	21.9	7.6
					!	45	!	6.2	77	26	36.2	29.1	21.0
					!	46	!	5.4	75	22	39.1	34.2	26.4
					!	47	!	7.4	81	39	29.0	23.5	17.1
					!	48	!	7.8	82	42	27.3	21.1	16.2
					!	49	!	6.5	80	31	33.4	27.1	21.6
					!	50	!	10.3	84	70	14.5	7.8	2.9
					!	51	!	7.9	81	41	27.5	19.1	9.1
					!	52	!	5.7	76	23	38.1	29.2	20.8
					!	53	!	6.6	77	28	34.7	25.8	14.3
					!	54	!	5.3	74	20	40.1	34.1	24.1
					!	55	!	5.6	77	24	37.7	31.9	21.8
					!	56	!	5.6	74	21	39.3	31.4	18.4
					!	57	!	9.9	84	62	17.6	8.0	2.2
					!	58	!	6.1	76	25	36.6	28.1	10.4

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

JET DATA AFTER CONTRACTION					!	!	RESULTS					
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL		
					!	!				DEPTHS		
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					!	!	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH		
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	GRAV.
					!	!					(M)	(M)
2	55.0	.50	1.80	0	!	1	10.4	85	59	15.8	8.4	1.9
					!	2	8.1	84	42	24.9	16.9	9.7
					!	3	7.6	84	38	26.7	15.8	6.0
					!	4	6.6	80	26	33.2	25.8	17.9
					!	5	6.4	82	28	32.5	23.7	9.8
					!	6	5.7	81	23	35.8	27.3	16.6
					!	7	5.3	80	21	37.0	30.7	19.5
					!	8	4.7	76	15	41.2	37.0	31.0
					!	9	5.3	80	21	37.0	31.0	21.3
					!	10	7.9	83	38	26.4	13.1	.7
					!	11	9.9	86	62	15.3	7.4	1.4
					!	12	10.3	86	65	13.7	5.3	1.4
					!	13	7.0	84	37	27.6	19.2	5.9
					!	14	9.3	85	51	19.7	9.7	1.7
					!	15	6.1	82	26	33.7	22.3	5.0
					!	16	9.4	85	52	19.1	11.0	2.8
					!	17	5.7	82	25	34.7	30.8	25.2
					!	18	6.2	81	26	33.6	27.0	20.2
					!	19	7.7	83	37	27.1	17.2	5.1
					!	20	5.5	80	22	36.7	27.9	21.2
					!	21	5.0	79	18	39.1	30.8	21.2
					!	22	9.0	84	49	21.1	11.3	2.4
					!	23	6.3	80	25	34.2	24.5	8.7
					!	24	8.1	84	41	24.8	18.5	5.3
					!	25	7.6	82	35	27.9	16.6	1.2
					!	26	5.5	81	22	36.5	30.3	17.5
					!	27	4.8	73	14	41.9	34.5	20.4
					!	28	8.6	83	43	23.8	11.5	.9
					!	29	7.7	83	37	27.2	20.7	16.1
					!	30	7.1	83	32	30.0	20.7	11.8
					!	31	9.2	85	53	19.2	8.7	.7
					!	32	10.6	84	57	15.8	12.6	6.0
					!	33	9.0	84	48	21.1	11.8	1.6
					!	34	6.9	81	29	31.3	23.8	10.7
					!	35	6.2	82	26	33.6	26.8	18.8
					!	36	4.7	79	17	39.9	32.6	20.3
					!	37	4.8	79	18	39.6	34.0	25.5
					!	38	7.9	84	41	25.2	17.1	5.4
					!	39	9.9	85	59	16.1	8.9	3.3
					!	40	10.1	84	53	17.6	8.8	1.4
					!	41	10.3	86	64	14.1	6.3	1.2
					!	42	13.0	86	91	2.7	1.1	.1
					!	43	8.9	84	46	22.2	12.4	2.0
					!	44	8.0	81	33	28.2	17.9	6.1
					!	45	6.0	81	25	34.7	27.8	20.0
					!	46	5.0	80	19	38.4	33.2	24.4
					!	47	6.9	84	35	28.7	23.0	16.5
					!	48	7.6	84	40	26.2	20.6	16.0
					!	49	6.1	83	28	32.8	26.5	21.2
					!	50	9.9	86	65	14.2	7.4	2.7
					!	51	7.5	84	39	26.6	18.2	8.2
					!	52	5.9	80	23	35.6	27.9	20.3
					!	53	6.7	81	28	32.0	24.2	13.3
					!	54	5.1	79	19	38.8	32.7	21.4
					!	55	5.2	81	21	37.0	30.9	19.9
					!	56	5.6	79	21	36.9	29.2	15.8
					!	57	9.5	86	58	16.9	7.4	2.0
					!	58	5.9	80	24	35.2	24.9	7.1

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

JET DATA AFTER CONTRACTION					!	!	RESULTS						
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL			
					!	!				DEPTHS			
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					!	!	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH			
					!	!			DILUT.		EQS.	GRAV.	
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.	(M)	(M)	(M)	(M)	
3	55.0	.66	1.00	0	!	1	10.0	87	58	15.4	8.0	1.8	
					!	2	7.8	86	40	24.4	16.4	9.5	
					!	3	7.4	86	38	25.8	15.1	5.8	
					!	4	6.7	84	28	30.7	24.7	17.6	
					!	5	6.2	85	27	31.6	22.6	8.5	
					!	6	5.4	85	22	34.9	26.3	15.7	
					!	7	5.0	84	20	36.4	29.9	18.6	
					!	8	4.5	82	15	39.8	36.3	30.0	
					!	9	5.0	84	20	36.5	30.4	20.6	
					!	10	7.6	86	37	25.4	11.9	.5	
					!	11	9.5	87	60	15.0	7.2	1.3	
					!	12	10.0	87	64	13.3	5.1	1.4	
					!	13	6.7	87	36	27.3	18.7	5.5	
					!	14	9.0	87	50	19.0	9.2	1.5	
					!	15	6.1	85	26	32.3	20.7	4.4	
					!	16	9.0	87	50	18.8	10.6	2.6	
					!	17	5.3	85	23	34.5	30.5	24.7	
					!	18	5.9	85	25	32.8	26.4	19.7	
					!	19	7.6	86	38	25.7	16.4	4.8	
					!	20	5.3	84	21	35.7	27.1	20.9	
					!	21	5.0	83	18	37.4	29.2	21.0	
					!	22	8.9	87	49	19.8	10.8	2.4	
					!	23	6.5	84	26	31.6	22.0	7.5	
					!	24	7.6	86	39	24.6	18.0	4.4	
					!	25	7.4	86	35	26.7	14.8	.7	
					!	26	5.2	84	21	35.8	29.7	15.6	
					!	27	5.1	81	16	38.1	30.7	16.3	
					!	28	8.4	86	42	22.6	10.1	.8	
					!	29	7.6	86	37	25.8	20.2	16.1	
					!	30	7.0	86	32	28.7	19.8	11.7	
					!	31	8.9	87	52	18.7	8.2	.6	
					!	32	9.9	87	55	15.8	12.5	5.8	
					!	33	8.8	87	49	19.9	11.2	1.5	
					!	34	6.7	85	29	29.9	22.5	8.7	
					!	35	5.9	85	25	32.8	26.1	18.2	
					!	36	4.6	83	17	38.8	31.3	19.3	
					!	37	4.5	84	17	38.9	33.4	24.7	
					!	38	7.6	86	40	24.5	16.6	4.9	
					!	39	9.6	87	58	15.7	8.8	3.2	
					!	40	9.6	87	52	17.1	8.0	1.1	
					!	41	9.9	87	63	13.9	6.3	1.2	
					!	42	12.6	88	90	2.3	1.1	.1	
					!	43	8.9	86	47	20.4	11.6	1.9	
					!	44	7.9	85	35	25.6	15.0	4.6	
					!	45	5.7	85	24	33.9	27.0	19.5	
					!	46	4.7	84	18	37.9	32.6	23.2	
					!	47	6.6	86	34	28.5	22.8	16.2	
					!	48	7.3	86	39	25.7	20.5	16.0	
					!	49	5.8	86	27	32.3	26.1	21.1	
					!	50	9.5	88	64	14.1	7.2	2.6	
					!	51	7.3	86	38	26.0	17.7	7.9	
					!	52	5.8	84	23	34.1	27.3	20.0	
					!	53	6.7	85	29	30.3	23.2	12.7	
					!	54	4.8	83	18	38.0	31.7	19.5	
					!	55	4.9	84	20	36.5	30.2	18.7	
					!	56	5.5	84	21	35.3	27.6	14.2	
					!	57	9.2	87	57	16.5	7.3	2.0	
					!	58	5.8	84	24	33.7	22.2	5.5	

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

VEDLEGG 3

Beregning av innlagringsdyp og primærfortynning for utslipp i 55 m dyp. Data fra 1993.

Hulldiameter 400-665 mm.

Vannmengde 350 l/s

Beregningsresultatene er presentert i tre hoveddeler:

1. Utslippsdata:

- HOLE NR: Nummer for det alternativet som beregnes
- DEPTH (M): Utslippsdyp
- DIAM. (M): Kontrahert strålediameter
- VEL. (M/S): Vannhastighet i strålen
- ANGLE DEG. Strålens vinkel med horisontalplanet

2. Angivelse av hvilken tetthetsprofil beregningen gjelder (PROFILE NR.)

3. Resultater:

Disse angis i to hovedgrupper: for likevektsdypet (NEUTRAL POINT) og høyeste opptrengning (EXTREMAL DEPTHS).

- WIDTH (M): Strålens bredde
- ANGLE DEG.: Vinkel i forhold til horisontalplanet
- CENTER DILUT.: Fortynning i strålens senter
- DEPTH (M): Likevektsdyp
- EQS. (M): Høyeste opptrengning etter fortynningsligningene
- GRAV. (M): Høyeste opptrengning uten blanding og friksjon etter likevektsdypet.

Dessuten brukes symbolene:

- < : gjennomslag til overflaten
- X : beregningen stanset, intet likevektsdyp

JET DATA AFTER CONTRACTION					!	!	RESULTS					
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL		
					!	!	WIDTH		CENTER	DEPTH	DEPTHS	
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	GRAV.
					!	!					(M)	(M)
1	55.0	.40	2.80	0	!	1 !	7.5	80	36	30.1	21.5	10.7
					!	2 !	6.0	75	24	37.5	27.9	7.1
					!	3 !	9.1	80	45	24.6	14.0	1.5
					!	4 !	8.8	82	49	23.4	13.9	2.4
					!	5 !	9.0	82	49	23.3	10.0	.7
					!	6 !	7.3	78	32	31.7	20.9	5.8
					!	7 !	7.5	79	35	30.4	21.2	10.4
					!	8 !	7.1	77	30	33.3	24.9	14.2
					!	9 !	6.3	75	25	36.4	25.2	9.1
					!	10 !	5.4	74	21	39.6	34.3	26.4

2	55.0	.50	1.80	0	!	1 !	7.3	83	35	28.4	20.5	9.5
					!	2 !	6.0	80	24	35.1	24.3	2.9
					!	3 !	8.8	84	44	22.8	11.1	.8
					!	4 !	8.5	85	47	22.3	12.7	1.7
					!	5 !	9.0	84	48	21.2	7.8	.6
					!	6 !	7.3	82	32	29.4	17.6	4.0
					!	7 !	7.4	83	34	28.5	19.7	9.6
					!	8 !	6.9	81	29	31.3	23.0	11.9
					!	9 !	6.6	80	26	33.0	18.6	7.7
					!	10 !	5.0	79	19	38.7	33.2	24.2

3	55.0	.66	1.00	0	!	1 !	7.2	86	35	27.3	19.9	8.9
					!	2 !	6.2	84	25	32.5	21.5	2.1
					!	3 !	8.5	86	44	21.8	10.1	.6
					!	4 !	8.2	87	45	21.7	12.2	1.6
					!	5 !	8.9	87	49	19.9	6.7	.6
					!	6 !	7.4	85	34	27.0	15.5	3.6
					!	7 !	7.2	86	34	27.4	18.9	9.2
					!	8 !	6.7	85	29	29.8	22.0	10.6
					!	9 !	7.3	85	30	28.8	16.4	7.8
					!	10 !	4.7	84	18	38.1	32.5	22.8

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

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2474-2