

Vurdering av sjøområdene  
vest for  
Bremnes Fryseri  
med forslag til  
plassering av  
utløps- og inntaksledninger

R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

**Rådgivende Biologer AS**

**191**

Vurdering av sjøområdene  
vest for  
Bremnes Fryseri  
med forslag til  
plassering av  
utløps- og inntaksledninger



Geir Helge Johnsen

Rådgivende Biologer AS  
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 191, november 1995.



# Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

## RAPPORTENS TITTEL:

Vurdering av sjøområdene vest for Bremnes Fryseri  
med forslag til plassering av utløps- og inntaksledninger

## FORFATTER:

dr.philos. Geir Helge Johnsen

## OPPDRAGSGIVER:

Bømlo kommune ved teknisk sjef Martin Laurhammer, 5430 Bremnes

## OPPDRAGET GITT:

16.oktober 1993

## ARBEIDET UTFØRT:

Oktober 1995

## RAPPORT DATO:

2.november 1995

## RAPPORT NR:

191

## ANTALL SIDER:

24

## ISBN NR:

ISBN 82-7658-056-4

## RAPPORT SAMMENDRAG:

Etter en vurdering av strøm- og skiktningsforholdene i Øklandsosen og sjøområdene rundt, har en konkludert med et opplegg for utplassering av inntaksledning for prosessvannet til Bremnes Fryseri as. og utlegging av avløpet fra Øklandsbekken. Det er foreslått at Inntaksledningen legges til dypvannet på 60-70 meters dyp nordvets for Øklandsvågen, mens utslippet legges på 20-30 meters dyp rett vest for Øklandsvågen. Dette er det klart minst kostnadskrevende alternativet, med en inntaksledning på omtrent 600 meter og en utslippsledning på tilsvarende lengde. Bakgrunnen for denne problemstillingen er at Bømlo kommune og Bremnes Fryseri as. arbeider med å redusere risiko for inntak av bakterien Listeria til bedriften, der denne har vært påvist i eksportert fisk

## EMNEORD:

-Bømlo kommune

## SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082  
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



## FORORD

Rådgivende Biologer as. har på oppdrag fra Bømlo kommune, gjennomført en beskrivelse av sjøområdene ved Øklandsosen for å vurdere alternative plasseringer for inntaksledning for prosessvann til Bremnes Fryseri as. samt plassere en avløpsledning fra Øklandsbekken ut i samme sjøområde. Oppdraget er begrunnet i en relativt omfattende tiltaksplan både i bedriften Bremnes Fryseri og i områdene rundt denne etter at bakterien *Listeria monocytogenes* ble påvist i både fersk og bearbeidet fisk levert fra Bremnes Fryseri as.

Bremnes Fryseri as. og Bømlo kommune, ønsker å begrense risikoen for at bakterien skal komme inn i bedriften ved blant annet å foreta følgende tiltak:

- 1) Plassering av inntak for prosessvann slik at det er minst mulig risiko for at det skal inneholde bakterien.
- 2) Fjerning av den periodevis sterkt kloakkbetastede Øklandsbekken ved å legge den i rør ut forbi anlegget.

Målsettingen med denne undersøkelsen er å foreta en beskrivelse av forholdene i sjøområdene utenfor anlegget. Foreslå en økonomisk optimal plassering av inntaksledningen for prosessvannet (tiltak 1) og utslippet fra Øklandsbekken (tiltak 2) slik at de ikke påvirker hverandre. En vil også vurdere betydningen av det kommunale utslippet av kloakken fra hele Bremnesområdet litt lenger syd.

Forfatteren vil få takke Bjarte Tveranger ved Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste for velvillig å ha stilt måleresultatene foretatt på aktuelle fiskeoppdrettsanlegg til vår disposisjon, slik at en enkelt kunne gjennomføre denne sammenstillingen.

Rådgivende Biologer as. takker Bømlo kommune ved teknisk sjef Martin Laurhammer for oppdraget.

Bergen, 2.november 1995.



## INNHold

FORORD .....	3
INNHold .....	4
Liste over figurer .....	4
Liste over tabeller .....	4
KONKLUSJON OG SAMMENDRAG .....	5
BAKGRUNN .....	6
DYBDEFORHOLD I ØKLANDSOSEN .....	8
STRØMFORHOLD I ØKLANDSOSEN .....	11
VANNUTSKIFTING OG SJIKTNINGSFORHOLD .....	19
VURDERING OG PROBLEMLØSING .....	21

## Liste over figurer

FIGUR 1: Skjematisk oversikt over inntaksveier for bakterien <i>Listeria</i> til Bremnes Fryseri as. ....	6
FIGUR 2: Oversiktskart over Øklandsosen og sjøområdene rundt .....	8
FIGUR 3: Dybdeprofil for Øklandsosen .....	9
FIGUR 4: Oversiktskart over stedene der det er foretatt strømmålinger .....	11
FIGUR 5: Resultatene av strømmålinger i overflaten nord for Åsholmen .....	12
FIGUR 6: Resultatene av strømmålinger i overflaten sør for Åsholmen .....	13
FIGUR 7: Resultatene av strømmålinger i dypvannet sør for Åsholmen .....	14
FIGUR 8: Resultatene av strømmålinger i overflaten øst for Hillesøy .....	15
FIGUR 9: Resultatene av strømmålinger i dypvannet øst for Hillesøy .....	16
FIGUR 10: Resultatene av strømmålinger i overflaten i Nesosen .....	17
FIGUR 11: Resultatene av strømmålinger i dypvannet i Nesosen .....	18
FIGUR 12: Skisse av indre bølger i dypvannet i Øklandsosen .....	19
FIGUR 13: Oversiktsbilde av strømforholdene i Øklandsosen .....	20
FIGUR 14: Prinsippskisse for utslipp av ferskvann til en sjøresipient .....	21
FIGUR 15: Kartskisse over utplasseringsalternativ 1 .....	23
FIGUR 16: Vertikalskisse av utplasseringsalternativ 1 .....	23
FIGUR 17: Kartskisse over utplasseringsalternativ 2 .....	24
FIGUR 18: Vertikalskisse av utplasseringsalternativ 2 .....	24

## Liste over tabeller

TABELL 1: Areal og dybdeforhol for skikt i de sentrale basseng i Øklandsosen .....	9
TABELL 2: Morfologisk beskrivelse av de søre sundene inn til Øklandsosen .....	10
TABELL 3: Morfologisk beskrivelse av de nordre sundene inn til Øklandsosen .....	10



## KONKLUSJON OG SAMMENDRAG

Rådgivende Biologer as. har, på oppdrag fra Bømlo kommune, foretatt en vurdering av sjøområdene rundt Øklandsosen,- vest for Bremnes Fryseri as., for å velge optimal plassering av inntaksledning for prosessvann til bedriften samt plassering av utslippsledning for Øklandsbekken. Bakgrunnen for denne problemstillingen er at Bømlo kommune og Bremnes Fryseri as. arbeider med å redusere risiko for inntak av bakterien *Listeria* til bedriften, der denne har vært påvist i eksportert fisk, noe som kan få betydelige konsekvenser for den videre eksport.

Strømningsforholdene i områdene rundt Øklandsosen er dominert av nordlige strømmer i overflatevannet. Disse er sterkest i forbindelse med tidevannsbølgen, slik at en i hovedsak har nordgående og kraftige strømmer hver 12. time. Innimellom disse periodene er det svake sørgående strømmer. I dypvannet er det periodevis nokså stille, mens det generelt er motgående strømmer av i overflaten. Terskeldypet i Øklandsosen ligger på 35 meter i nordøst, slik at skillet mellom dypvannet og det overliggende vannet ligger på omtrent 40 meter gjennom det meste av året.

Ved plassering av de to vann ledningene er det viktig å sørge for at inntaksledningen har tilgang på rent vann uten risiko for å få inn bakterien *Listeria*, samtidig som en vurderer kostnadene for de to ved valg av plassering. Begge ledningene bør i prinsippet være kortest mulig, men den største bør samtidig være den korteste. Inntaksvannet kan motta bakterier enten fra kloakkutslippet sør for Øklandsvågen eller fra Øklandsbekken, slik at en må søke å skille disse kildene fra inntaket. Dette kan gjøres på to måter

- 1) Inntaksledningen legges til overflateskiktet på 20-30 meters dyp i Brekkholmsundet øst for Brekkholmen, mens utslippsledningen legges til dypvannet på minst 60-70 meters dyp utenfor Øklandsvågen.
- 2) Inntaksledningen legges til dypvannet på 60-70 meters dyp utenfor Øklandsvågen, mens utslippet legges på 20-30 meters dyp like utenfor Øklandsvågen.

**Alternativ 1** er det mest kostbare, men også det sikreste, med en inntaksledning på vel 1 km og en utslippsledning på omtrent 600 meter. Det tilfredsstillende imidlertid behovet for høyest sannsynlighet for rent vann i inntaket. **Alternativ 2** er det klart minst kostnadskrevenende, med en inntaksledning på omtrent 600 meter og en utslippsledning på tilsvarende lengde. I utgangspunktet kan denne løsningen umiddelbart virke som den mest risikable ved at utslippet legges like oppstrøms inntaket, men de to ledningene er skilt vertikalt og risikoen for innslag av *Listeria* i inntaket vil være minimal.

Begge disse alternativene for utplassering vil også dekke opp den nødvendige sikkerhet ved perioder der det ikke er skikning i vannmassene i Øklandsosen. Når det også renner for mye vann i Øklandsbekken til at avløpet kan ta unna, vil tettheten av bakterier bli såpass fortennet at risikoen for å få det inn med fisken også er liten. Når da også prosessvannet,- som bare er tillatt benyttet til slaktning av fisk, i framtiden vil være renere enn fram til nå, vil problemene knyttet til overløp fra Øklandsbekken være små.

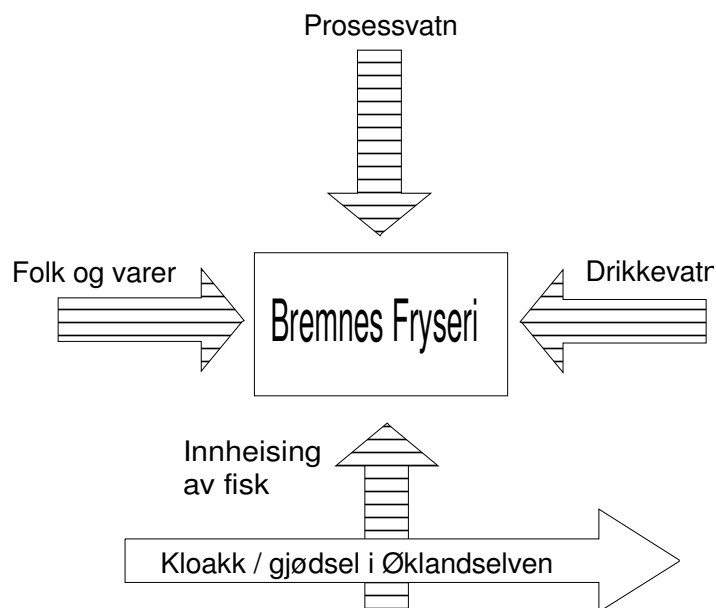


## BAKGRUNN

Bakterien *Listeria monocytogenes* er påvist i både fersk og bearbeidet fisk levert fra Bremnes Fryseri. Dette er svært alvorlig for fiskeeksportøren, og kan i verste fall medføre et kortere eller lengre opphold i eksporten. Kommuneveterinæren har også påvist bakteriene i selve anlegget. Bakterien kan formere seg i kjøleromtemperatur, den tåler sannsynligvis å fryses, og den er vanskelig å desinfisere bort dersom den kan "skjule seg" under fett eller protein. Godt renhold er derfor viktig i forbindelse med desinfeksjons-arbeide.

Denne bakterien er kjent å forekomme i kloakkvann, den finnes i jord, og den finnes i sauemiljø. Hos både sau og geit kan den gi alvorlige sykdomsproblem. Bakterien trives også veldig god i modnet skimlet ost. Rundt nyttår 1987/88 ble bakterien påvist i slik ost fra Frankrike, slik at all import til landet av slik ost ble umiddelbart stanset av frykt for problemer også for mennesker.

Bakterien kan komme inn i bedriften på mange måter (figur 1). Den kan komme med drikkevannet dersom dette ikke er behandlet og det forekommer spor av gjødsel eller kloakk i dette. Den kan komme med prosessvannet som tidligere ble hentet i sjøen like utenfor anlegget. Den kan komme inn med folk eller med varer som tas inn og som inngår i produksjonen. Den kan også komme inn med fisken som før slakting står i merder utenfor kaien, og som heises direkte inn i slaktelinjen. Mens fisken står i merder er den utsatt for kloakk/gjødsel som kommer inn med Øklandsbekken.



*FIGUR 1: Skjematisk oversikt over inntaksveier for bakterien *Listeria monocytogenes* til anlegget til Bremnes Fryseri. Den kan komme med prosessvannet som tas til bedriften fra sjøen (øverste pil), med ubehandlet drikkevann (høyre pil), med folk eller varer som kommer til bedriften (venstre pil) eller med fisken som heises inn til slaktelinjen etter å ha stått i kloakkvannet fra Øklandsbekken (nederste pil).*



Bremnes Fryseri har sammen med Bømlo kommune, grepet tak i dette og skal nå sette i verk tiltak som skal redusere risikoen for at bakterien i framtiden skal kunne påtreffes i fisk fra anlegget. Dette gjennomføres ved at et sett tiltak settes i verk for både å begrense inntaket til anlegget og ved å bedre de interne rutinene for å eliminere den dersom den først er kommet inn.

Etter tiltakene er satt i verk vil bakterien, vil prosessvannet være rent og fisken vil ikke ta bakterien med seg inn på slaktelinjen. All erfaring tilsier da at problemet med bakterier på rund fisk lagt på is vil være eliminert. Den andre hovedkilden for inntak er da at bakterien kommer inn med folk, knyttet til jord under skotøy etc.. Dersom denne skal komme på fisken, er når fisken blir bearbeidet,- skåret og behandlet. Erfaringer viser at bakterien overføres fra maskiner, kniver og særlig hardplast skjærebrett.

Godt renhold og jevnlig desinfisering av utstyret er selvsagte prosedyrer i denne type næringsmiddelindustri, men erfaringer fra andre tilsvarende bedrifter viser at en i stor grad finner interne kilder i bedriften i forbindelse med utløpsslukene i gulvene. Så uansett om man høytrykksspyler og desinfiserer maskiner og produksjonslinje, vil en ikke få bukt med de interne kildene, fordi her vil bakteriene kunne overleve i smuss og organisk materiale selv om en desinfiserer alt. I tillegg vil en ved høytrykksspyling av slukene til slutt i en renseprosess, risikere å spre bakteriene utover igjen.

For det videre internhygieniske arbeidet anbefales en å etablere god internkontroll, med dokumentasjon av gjennomførte rutiner og kontrollfunksjon på at disse er gjennomført. Slik hygienekontroll har vist seg nyttigere enn en ustanselig prøvetaking for å påvise eventuell tilstedeværelse av *Listeria* i bedriften eller de utgående produktene. For nærmere assistanse/råd/veiledning i slike spørsmål henvises til følgende to personer som har arbeidet i flere år akkurat med denne bakterien i denne type næringsmiddelbedrifter:

Cand.scient. Gro Johnsen, Seksjonsleder mikrobiologi ved Næringsmiddeltilsynet for Midt Rogaland

Dr.scient. Liv Marit Rørvik ved Veterinærhøyskolen i Oslo





## DYBDEFORHOLD I ØKLANDSOSEN

Øklandsosen er et sjøområde omkranset av en tett skjærgård omtrent på alle kanter. Det er likevel en noenlunde åpen ferdselsmulighet fra sør mot nordvest i dette området, samtidig som det er mulig å passere også mot nordøst syd for Goddo. Området er i hovedsak inneklemt mellom Bømlo i øst, Goddo i nord og Samnangsøyna/Rogøyna i vest (figur 2).



FIGUR 2: Oversiktskart over sjøområdene utenfor Øklandsvågen og i tilknytning til Øklandsosen.



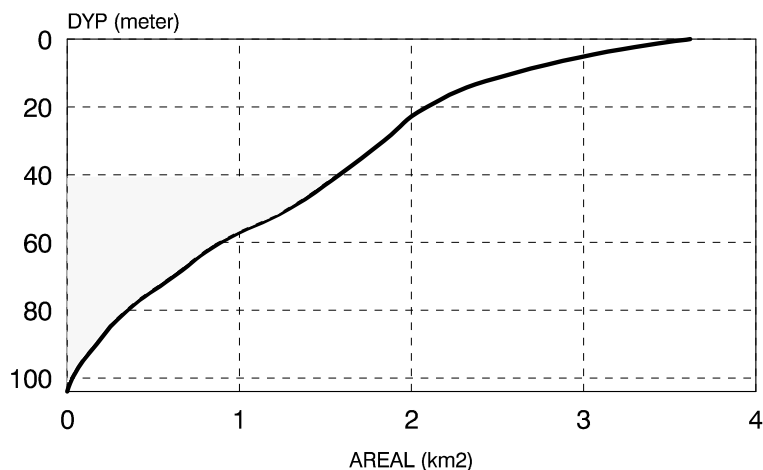
Øklandsosen består i hovedsak av tre dypbasseng avgrenset av en rekke sund og øyer. Det vestre av disse er 87 meter dypt og ligger rett øst for Rogøyna og nord for Samnangøyna. Det søre bassenget er det dypeste med 103 meters maksimumsdyp og ligger rett øst av Hillesøy og Samnangøy, - rett nord og utenfor Øklandsvågen. Det nordre er det minste, er 82 meter dypt og ligger sør for Gladungøyna.

TABELL 1: Areal og dybdeforhold i de sentrale bassengene av Øklandsosen innenfor de omtalte tersklene (se neste side). Arealer er anslått for 10-meterskotene i kommuneplankartet for området. Volumene er for til svarende 10-meters skikt og volumet under hvert dyp er også angitt. Kommuneplankartet angir 10-meters koter ned til og med 50 meters dyp, men mangler koter mellom 50 og 100 meters dyp. Disse er trukket grovt og arealene beregnet.

DYP / SKIKT (meter)	AREAL (km <sup>2</sup> )	VOLUM (million m <sup>3</sup> )	VOLUM UNDER (million m <sup>3</sup> )
0 / 0-10	3,60	31,12	132,6
10 / 10 - 20	2,60	23,47	101,5
20 / 20 - 30	2,10	19,64	78,0
30 / 30 - 40	1,84	17,09	58,4
40 / 40 - 50	1,58	14,34	41,3
50 / 50 - 60	1,29	10,89	26,9
60 / 60 - 70	0,89	7,55	16,1
70 / 70 - 80	0,62	4,82	8,5
80 / 80 - 90	0,35	2,58	3,7
90 / 90 - 100	0,17	0,97	1,1
100 / 100 - 103	0,03	0,13	0,1
SAMLET VOLUM ::		132,6	-

Øklandsosen har et samlet areal innenfor tersklene på i overkant av 3,6 km<sup>2</sup>, og et samlet vannvolum på hele 132 millioner m<sup>3</sup>, hvorav nærmere 40% ligger under terskeldypet på 35 meter. I figur 3 er dette dypvannet under 40 meters dyp (terskeldyp + fem meter) skravert.

FIGUR 3: Dybdeprofil for Øklandsosen, basert på dybdekartet i kommunplanen for Bømlo samt tabell xx over. Det grå området representerer dypvannet under 40 meters dyp, - som er terskeldypet pluss fem meter.





## SUND OG TERSKLER INN TIL ØKLANDSOSEN

Hovedforbindelsen mellom Øklandsosen og de omkringliggende sjøområder er i sør og i nordvest ved Rogøyna. I sør ligger det en rekke med små øyer mellom Øklandsvågen og Samnangsøyna,-Brekkeholmen, Akselholmen og Lambholmen. Brekkeholmsundet er det dypeste med sine 24 meter, mens de andre er rundt 15 meter dype. Det nordvestre sundet mellom Rogøyna og Bukkholmen er 35 meter dypt, og utgjør det dypeste sundet inn til Øklandsosen. I nord og nordøst går Øklandsosen over i en vrimmel av småøyer, og sundet sør om Goddo har flere terskler på vel 10 meters dybde (tabell 2 og 3).

TABELL 2: Morfologisk beskrivelse av de søre sundene med terskler inn til de to bassengene i Øklandsosen. Opplysningene baserer seg i hovedsak på dybdemålinger presentert i kommuneplankartet for Bømlo i målestokk 1:20.000. Der sundets dyp ikke er oppgitt, er det anslått og merket med \*. Bredden på forskjellige dyp er tatt på det smaleste stedet i kanalen, slik som beskrevet i Stigebrandt (1992).

SUND	Terskel	Sundenes bredde på forskjellige dyp					Terskel
		0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	
Bømlo - Lambholmen	14m*	110	75	40	-	-	10
Lambholmssundet	15m*	100	85	70	-	-	20
Brekkeholmsundet	24m	140	120	100	70	40	10
Brekkeholmen -Samnangsøy	14m	160	110	50	-	-	5
Samnangsøy - Rogøyna	12m	70	50	30	-	-	5
<b>SAMLET</b>		<b>580</b>	<b>440</b>	<b>290</b>	<b>70</b>	<b>40</b>	<b>-</b>

TABELL 3: Morfologisk beskrivelse av de nordre og nordøstre sundene med terskler inn til de to bassengene i Øklandsosen. Opplysningene baserer seg i hovedsak på dybdemålinger presentert i kommuneplankartet for Bømlo i målestokk 1:20.000. Der sundets dyp ikke er oppgitt, er det anslått og merket med \*. Bredden på forskjellige dyp er tatt på det smaleste stedet i kanalen, slik som beskrevet i Stigebrandt (1992).

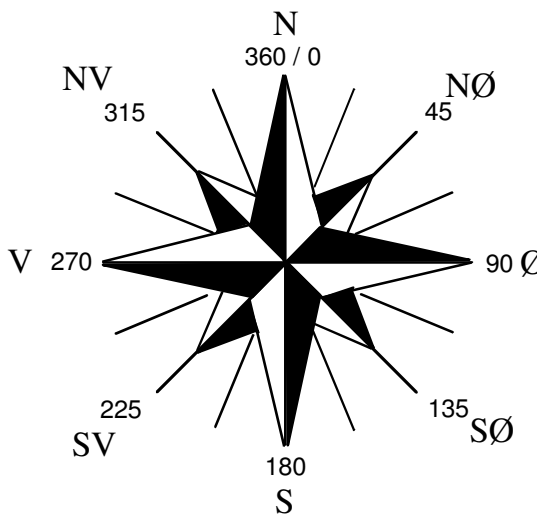
SUND	Terskel	Sundenes bredde på forskjellige dyp							Terskel
		0 m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	
Rogøyna-Bukkholmen	35m	140	110	80	75	70	60	50	10
Bukkholmen - - Gloadungsøy	2m	50	-	-	-	-	-	-	40
Gloadungsøy - - Røirøy	4m	190	-	-	-	-	-	-	100
Sæverudøy - Hillesøy	11m	40	30	20	-	-	-	-	10
Hillesøy - Goddo	8m	30	20	-	-	-	-	-	10
<b>SAMLET</b>		<b>450</b>	<b>160</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>-</b>

Sundene i sør har et anslått effektivt minimums tverrsnitt på det smaleste på omtrent 5.500 m<sup>2</sup>, mens de nordre og nordøstre har et effektivt minimums tverrsnitt på kun 3.700 m<sup>2</sup>. Det mindre effektive tverrsnittet medfører at vannets hastighet i de nordre sundene er større enn i de søre. Det effektive minimums tverrsnittet er beregnet ut fra tabellene xx og xx, der det smaleste stedet på hvert dyp i hvert sund er beskrevet. Det er imidlertid ikke alltid at et sund er smalest på alle dyp på samme sted, men minimums tverrsnittet er beregnet på denne måten fordi vannstrømmene som går gjennom et sund er å betrakte som horisontale lag som er begrenset av sundets smaleste bredde på det aktuelle dypet.



## STRØMFORHOLD I ØKLANDSØSEN

Strømførholdene er undersøkt på fire steder i sjøområdene vest for Bremnes Fryseri (figur 4). Det er Sunnhordland Havbruksring ved Bjarte Tveranger som gjennomførte målingene vinteren 1992-1993.



FIGUR 4:

**Til høyre:** Oversiktskart over stedene der det er foretatt strømmålinger som er presentert i denne rapporten.

Målingene er utført av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste vinteren 1992-1993.

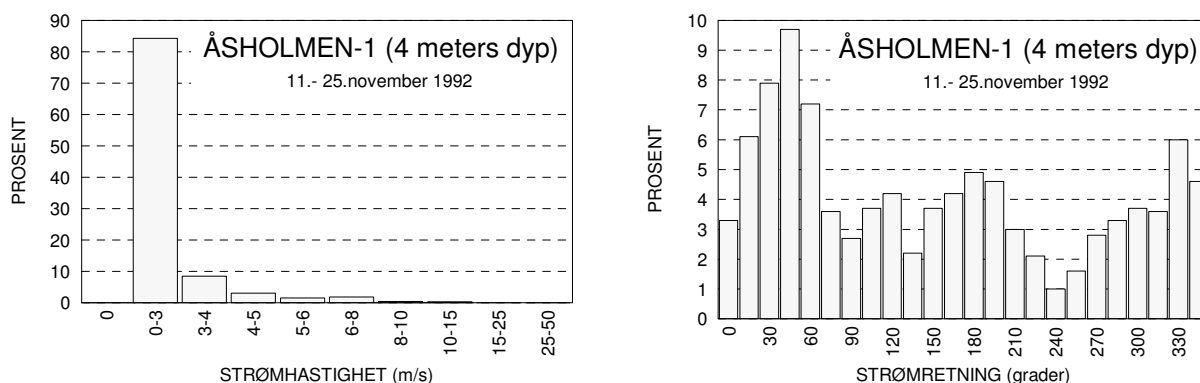
**Over:** Kompassrosen som angir himmelretninger og tilhørende garde-retninger som er benyttet i figurene.



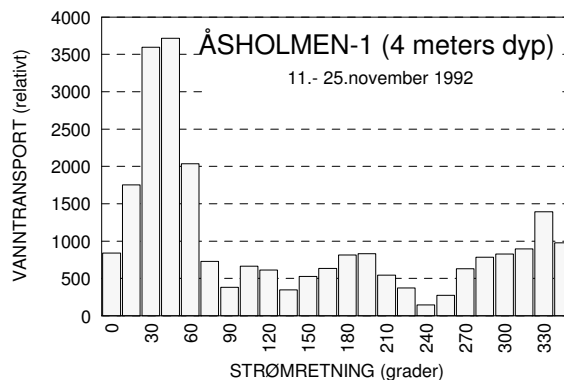
## VED ÅSHOLMEN

Målingene ble foretatt på to steder ved fiskeanlegget ved Åsholmen i Øklandsosen. Det ble målt både nordøst av Åsholmen mellom flåten og nord for anlegget, og rett øst for Åsholmen omtrent 15 meter syd for anlegget.

Anlegget ligger i et innestengt område med mange sund og små øyer. Her er det et relativt ensidig strømbilde som i hovedsak er preget av den nordgående tidevannsstrømmen i overflatelaget.



*FIGUR 5: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømrretning (over til høyre) og vanntransport i de enkelte retningene (til høyre) på fire meters dyp nord for anlegget ved Åsholmen. Figurene bygger på 669 målinger foretatt med en halvtimes intervall i perioden 11.-25.november 1992. Målingene er utført av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*



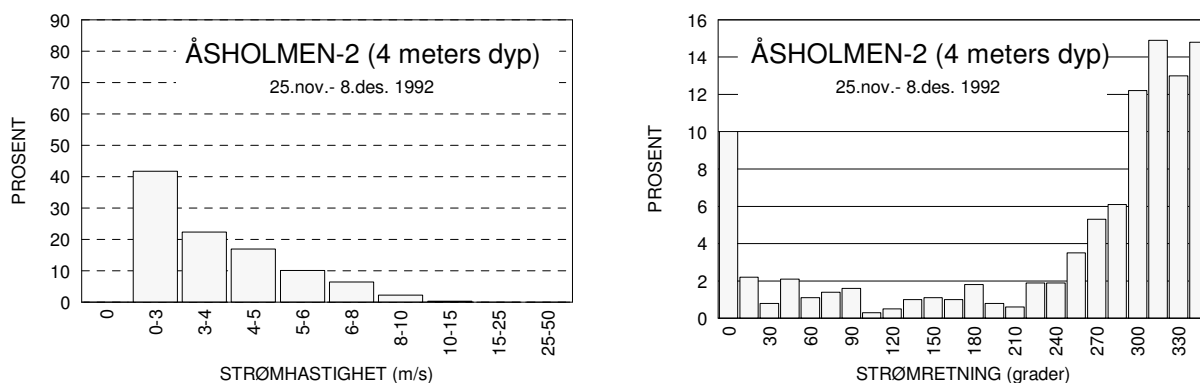
Målingene på fire meters dyp nord av anlegget viser at strømmen er nokså begrenset med korte perioder med maksimal strømhastighet på opp mot 10 cm/sek. I en periode på 3-4 dager var det omtrent helt strømstille. Omtrent 85% av målingene var på under 3 cm/sek (figur 5, oppe til venstre). Strømbildet er totalt sett nokså sammensatt og varierende gjennom hele måleperioden, men med dominans av nordøstlige retninger i hele perioden. Vestlige strømrretninger var det naturlig nok lite av på dette stedet rett øst av Åsholmen (figur 5, oppe til høyre). Vanntransporten på fire meters dyp viser et klart mønster med totalt dominerende nordøstlig retning (figur 5, nede til høyre). Dette bildet kommer fram når en kombinerer strømrretning med strømhastighet i de enkelte målingene. Det betyr at den dominerende nordøstlige strømrretningen også har de sterkeste strømhastighetene.



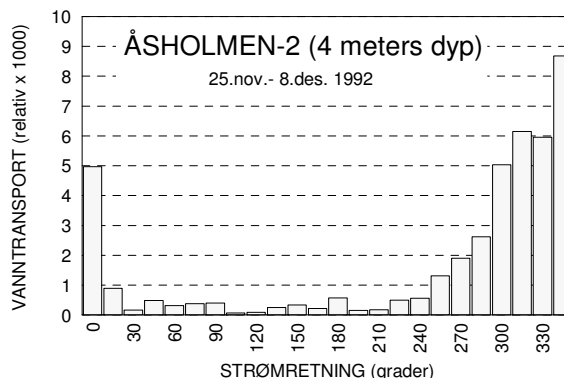
## SØR FOR ANLEGGET VED ÅSHOLMEN

Målingene på fire meters dyp sør for anlegget, rett øst av Åsholmen, ble foretatt i perioden etter overflatemålingene nordøst av Åsholmen.

Disse målingene viste samme mønsteret som målingene nord for anlegget, men med mer stabil og noe sterkere strøm. Den maksimale strømhastigheten var og her på opp mot 10 cm/s, men bare 42% av målingene hadde hastighet under 3 cm/sek, og middelhastigheten av alle målingene var omtrent dobbelt så høy som nord for anlegget (figur 6, oppe til venstre).



*FIGUR 6: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømretning (over til høyre) og vanntransport i de enkelte retningene (til høyre) på fire meters dyp sør for anlegget ved Åsholmen. Figurene bygger på 623 målinger foretatt med en halvtimes intervall i perioden 25.november. - 8.desember 1992. Målingene er utført av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*



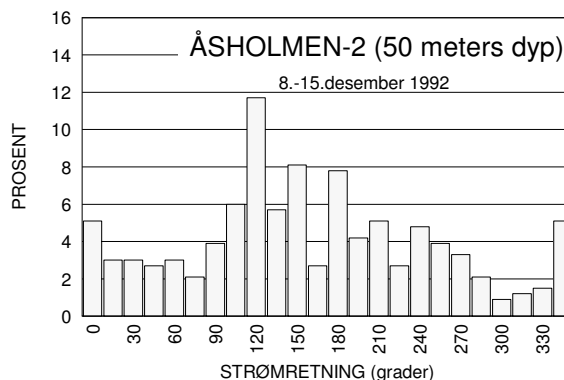
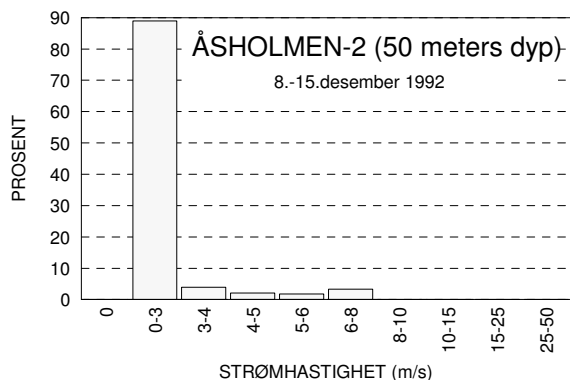
De målte strømretningene var her dominert av nordvestlige og nordlige retninger (figur 6, oppe til høyre) og representerer hovedoverflatestrømmen i hele området sør og vest for Åsholmen. Stabiliteten i strømmen var også mye bedre enn nord for anlegget. En "Neumann-parameter" på hele 0,74 viser dette klart.

Vanntransporten i overflaten viser at den nordlige strømmen her er den totalt dominerende transportretningen. Dette er den strømretningen som har de sterkeste strømhastighetene sammen med de mer nordvestlige retningene (figur 6 nede til høyre).

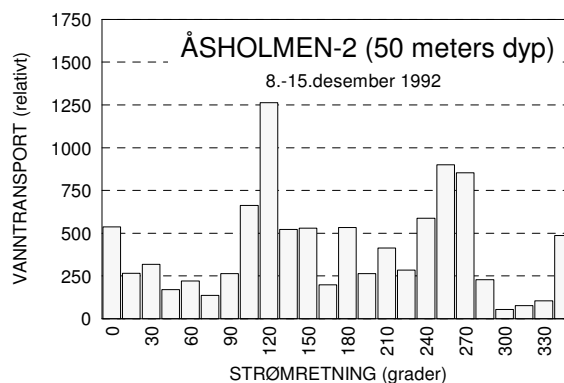


Sør for anlegget ble det også foretatt målinger på 50 meters dyp i dypvannet like over bunnen. Målingene varte bare i en uke.

Omtrent 90% av målingene hadde strømhastigheter på under 3 cm/sek, slik at det var nokså strømsstille i lengre perioder. Kun i korte perioder på rundt to timer økte strømmen til 6,5-7,5 cm/sek på det meste. Ved tolking av de enkelte måleresultatene viste det seg at disse to-timers periodene forekom omtrent hver 12 time i hele måleperioden, slik at de i all hovedsak er tidevannsbaserte.



*FIGUR 7: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømretning (over til høyre) og vanntransport i de enkelte retningene (til høyre) på 50 meters dyp sør for anlegget ved Åsholmen. Figurene bygger på 332 målinger foretatt med en halvtimes intervall i perioden 8.-15. desember 1992. Målingene er utført av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*



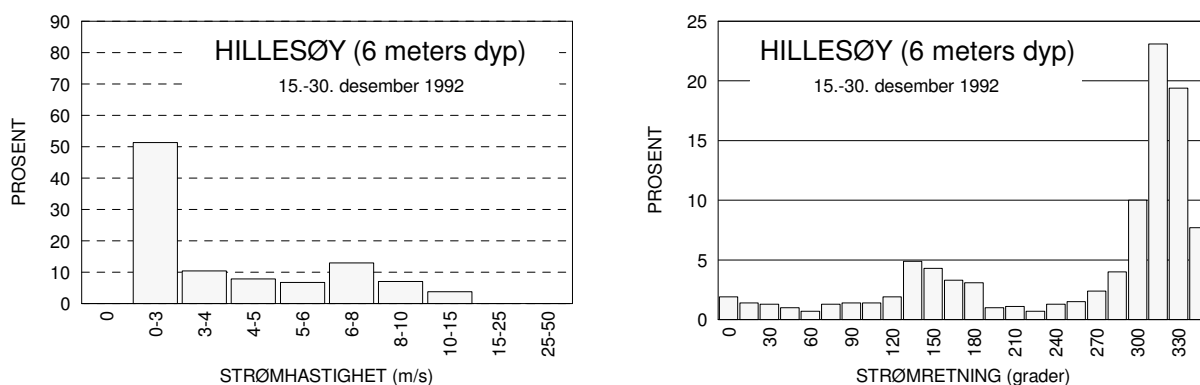
Strømbildet er nokså tilfeldig i hele måleperioden med en dominans av sørvestlige retninger til sørlige (figur 7, oppe til høyre). En "Neumann-parameter" på 0,17 bekrefter et ustabil strømbilde. Vanntransporten nær bunn viser at det var en svak dominans med transport i hele halvsirkelen nær vestlige, om sørlige og til østlige strømretninger.



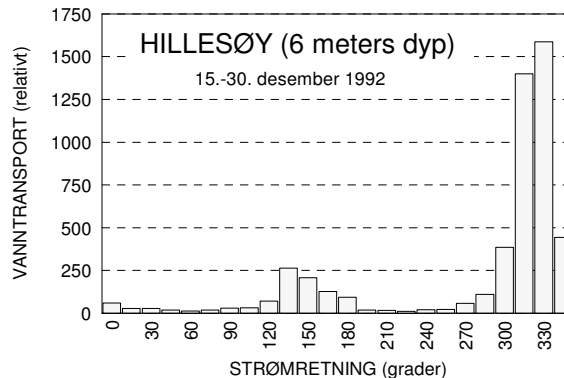
## ØST AV HILLESØY

Målingene øst for Hillesøy, som ligger noe lenger vest i Øklandsosen enn Åsholmen, ble foretatt i perioden rundt nyttårsskiftet 1992-1993.

Overflatemålingene ble utført på seks meters dyp, og strømmen var her omtrent som strømmen øst for Åsholmen. Den sterkeste strømmen som ble målt var på opp mot 13 cm/sek, og 51% av målingene var under 3 cm/sek. Middelhastigheten var på 3,9 cm/sek, samme nivå som øst for Åsholmen. Strømmen er styrt av tidevannsstrømmen og er sterkst hver 12 time gjennom hele måleperioden, men med strømperioder med noe svakere hastighet mellom disse (figur 8, oppe til venstre).



*FIGUR 8: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømretning (over til høyre) og vanntransport i de enkelte retningene (til høyre) på seks meters dyp sør for anlegget ved Hillesøy. Figurene bygger på 718 målinger foretatt med en halvtimes intervall i perioden 15.-30. desember 1992. Målingene er utført av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*



De nordvestlige strømretningene dominerte på dette stedet, men med en svak tendens til sørøstlige retninger innimellom (figur 8, oppe til høyre). De enkelte målingene viser at de sterkeste strømmene går i nordvestlig retning hver 12. time, mens det mellom disse periodene er en sørøstlig retning med noe øket hastighet. Dette bildet framstår klarere når en vurderer vanntransporten i dette området der den nordvestlige transporten dominerer med et innslag av sørøstlige strømretninger (figur 8, neden til høyre).

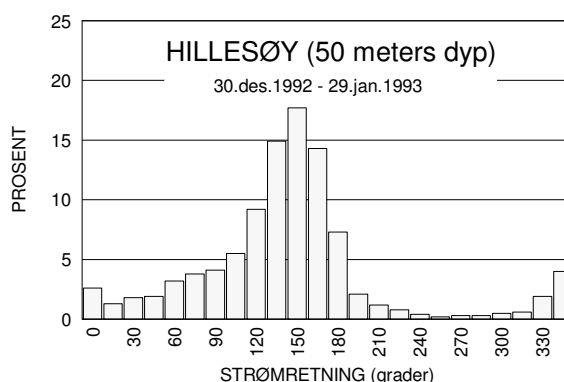
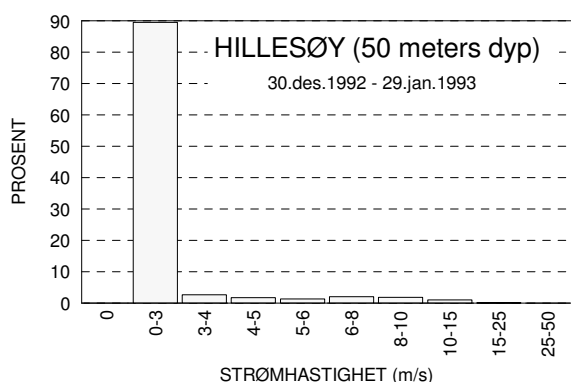




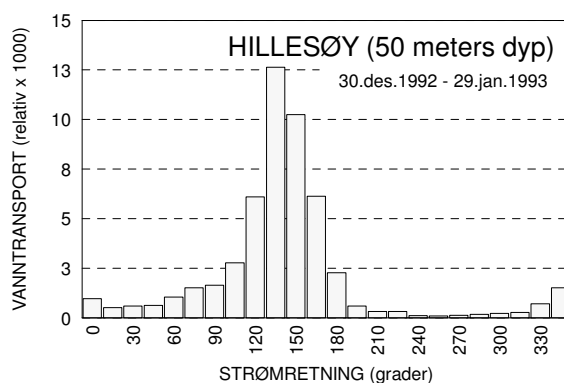
Ved bunnen var det lite strøm i hele perioden fram til 18.januar 1993. Da fikk en omtrent to dager med strøm som var over 5 cm/sekund og helt opp i 16 cm/sek på det meste. Denne perioden kom etter et par døgn med storm, og også i perioden etter var det tilsvarende vær med kortere og lengre strømsterke perioder ved bunnen. Utenom disse måleperiodene var det svært lite strøm ved bunnen, og 90% av målingene er under 3 cm/sek og gjennomsnittshastigheten er på 2,0 cm/sek (figur 9, oppe til venstre).

Strømmen beveget seg stort sett mot sør-øst i hele måleperioden. Neumann parameteren er på hele 0,71, hvilket viser at retningen er relativt konstant. Strømmen ved bunnen ser altså ut til å gå motsatt vei av overflatestrømmen (figur 9, oppe til høyre).

Vanstransporten, som er en kombinasjon mellom strømhastighet i den enkelte retning, viser at det aller meste av vanstransporten var konsentrert om den sør-østlige retningen (figur 9, nede til høyre).



*FIGUR 9: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømretning (over til høyre) og vanstransport i de forskjellige retningene (til høyre) på 50 meters dyp sør for anlegget ved Hillesøy. Figurene baserer seg på 1434 målinger foretatt med halvtimes intervall i perioden 30.desember 1992. - 29.januar 1993. Målingene er foretatt av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*





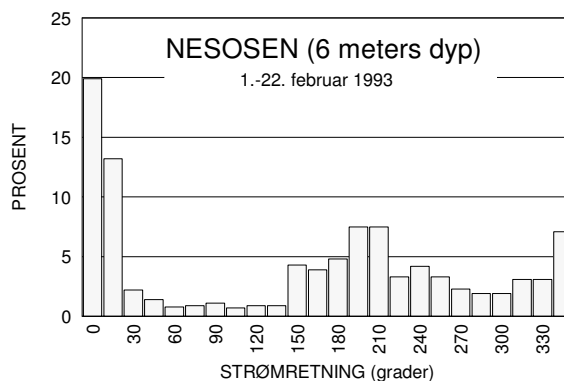
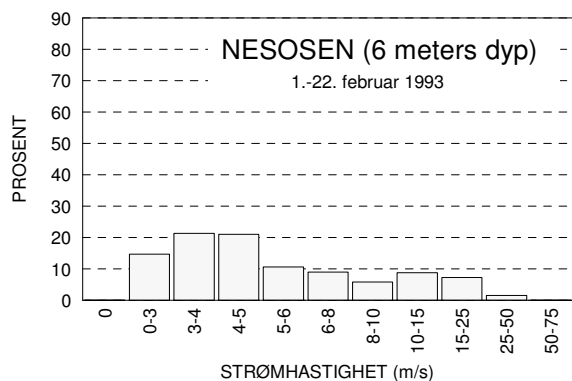
## NESOSEN

Målingene ble utført øst av Store Krossholmen, på en lokalitet som er i bruk til fiskeoppdrett. Anlegget ligger i en nordøst -sørvestgående os omgitt av en tilsvarende øyrekke i vest og Bømlolandet i øst. Strømmåleren ble utplassert omtrent 150 meter øst av Store Krossholmen sør for fiskeanlegget.

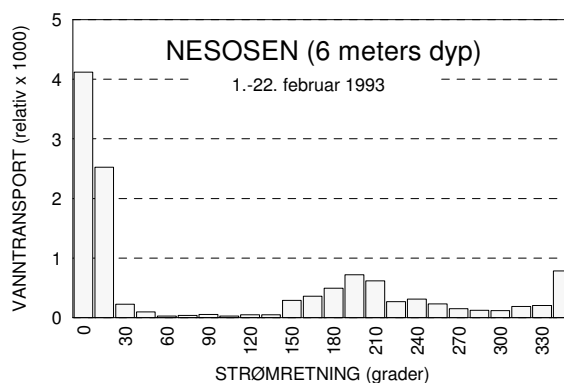
Målingene viser at det bare i korte perioder er strømskille, og at strømmen i hovedsak ligger mellom 3 og 8 cm/sekund. Innimellom er det kraftige tidevannsstrømmer to ganger i døgnet, med strømhastigheter opp mot 25-32 cm/sek. Bare 15% av målingene er under 3 cm/sek (figur 10, oppe til venstre). Gjennomsnittlig strømhastighet var på 6,7 cm/sek i denne perioden vinteren 1993.

Strømmen går for det meste i nordlig retning, men det er også en god del målinger som går i sørlig og motsatt retning (figur 10, oppe til høyre). I de periodene strømmen var sterke, gikk den omtrent bare mot nord, men til vanlig synes det å være en tidevannseffekt med dominerende nordlig med vekselvis en svakere sørlig retning innimellom.

Dette bildet forsterkes når en vurderer vanntransporten ved målepunktet, fordi det aller meste av vanntransporten går mot nord, og bare en mindre del går mot syd (figur 10, nede til høyre).



*FIGUR 10: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømretning (over til høyre) og vanntransport i de forskjellige retningene (til høyre) på seks meters dyp sør for anlegget i Nesosen. Figurene baserer seg på 1003 målinger foretatt med halvtimes intervall i perioden 1.-22.februar 1993. Målingene er foretatt av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*

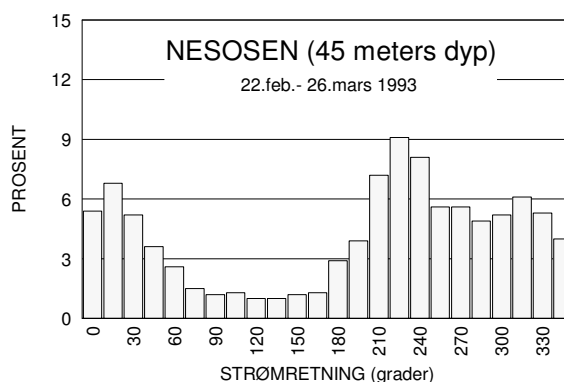
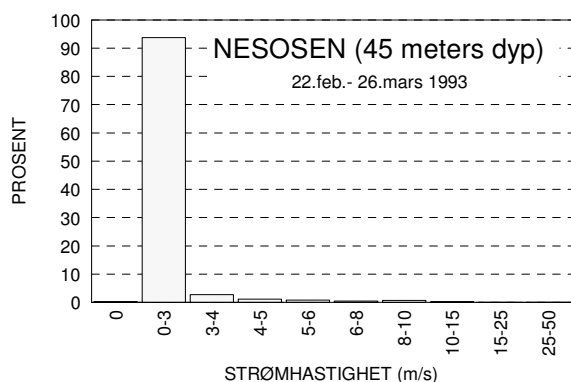




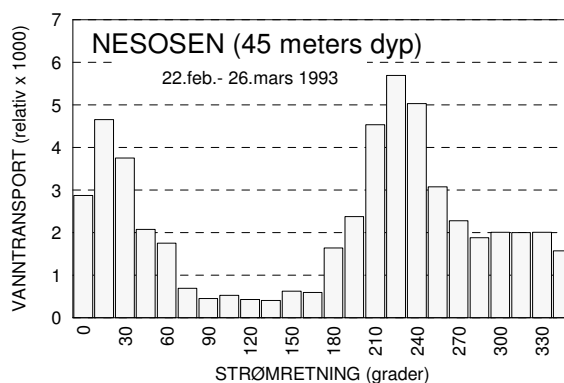
Ved bunnen ble strømmen målt i 32 dager, og det var særlig de første to ukene perioder med raskere strøm, opp mot 12 cm/sek. Etter dette avtok strømmen gradvis og resten av perioden var den sjelden over 3 cm/sek. Totalt sett var det lite strøm (under 3 cm/sek) i hele 94% av tiden, og gjennomsnittshastigheten var på 1,9 cm/sek (figur 11, oppe til venstre).

Noe av forklaringen på dette kan være at det i de tre første ukene av måleperioden var dårlig vær, noe som har skapt understrøm fordi overflatestrømmen har stuvet seg opp mot terskelen inn til Øklandsosen. Ettersom været bedret seg utover i mars, roet dypvannet seg.

Strømbildet ved bunnen er nokså tilfeldig, med en tendens til dominans av sørvestlige retninger. Det var og hyppig forekommende strømmer i hele spekteret videre via vest og nord mot nordvest (figur 11, oppe til høyre). Vannstrømmene i området viser at to retninger dominerer i denne sammenheng, den sørvestlige er klart størst, men også den nordnordvestlige er betydningsfull (figur 11, nede). Disse to retningene veksler med et intervall som tyder på at tidevannsstrømmen styrer det meste av dette bildet.



*FIGUR 11: Fordeling av strømhastighet (over til venstre), strømrretning (over til høyre) og vanntransport i de forskjellige retningene (til høyre) på 45 meters dyp sør for anlegget i Nesosen. Figurene baserer seg på 1545 målinger foretatt med halvtimes intervall i perioden 22.februar - 26.mars 1993. Målingene er foretatt av og stilt til disposisjon for denne rapporten av Bjarte Tveranger, Ytre Sunnhordland Fiskehelsetjeneste.*





## VANNUTSKIFTING OG SJKTNINGSFORHOLD

Overflaten i Øklandsosen har sannsynligvis en saltholdighet som ligger på 31-32 promille i perioden fra våren til høsten, mens det vinterstid sannsynligvis kan komme opp i nærmere 34 promille. Sjiktningsmønsteret med et adskilt overflatelag kan være mer ustabil og mindre framtreddende vinterstid. Dette forsterkes av at temperaturene synker om vinteren slik at tettheten av overflatevannet øker også på grunn av dette.

I overflatelaget er det for det alt vesentlige nordgående strømmer, dels styrt av kyststrømmen og sterkt påvirket av tidevannsstrømmer. De sterkeste strømmene er derfor nordgående, med nordvestlig retning i selve Øklandsosen, mens det vekselvis er perioder med stillestående forhold eller til og med sørgående strømmer. Dette strømbildet gikk igjen på omtrent alle de fire målestasjonene (figur 13).

En regner vanligvis at dypvannet befinner seg far bunnen og opp til omtrent fem meter under terskelnivå. Dette skyldes at overflatevannet, som strømmer inn og ut av bassenget daglig over terskeldypet, påvirker det underliggende vannet et par meter nedover i vannsøylen. Under dette dypet vil vannet vanligvis ligge stort sett i ro det meste av året.

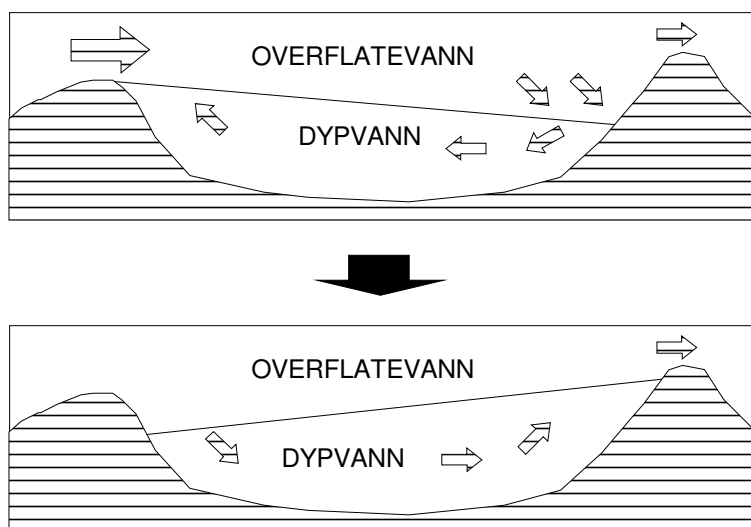
Tilførsler av nytt vann til dypvannet skjer ved at tungt vann utenfra strømmer inn over terskelen, som ligger i nordvest. Dette kan skje i perioder fra rundt nyttår til ut i mars. En vil derfor regne at dypvannsstrømmen vil gå fra nordvest og sørover når utskifting skjer. Dypvannet vil kun unntaksvis få tilførsler av vann fra sør over de vesentlig grunnere tersklene der.

Et annet forhold som kan påvirke strømforholdene i dypvannet i Øklandsosen er det faktum at arealet av sundene i sør, der tidevannsstrømmen går inn, er mye større enn de sundene der de samme vannmengdene skal presses ut i nord. I utgangspunktet vil dette føre til at vannmassene vil ha større hastighet i sundene i nordvest og nordøst, men dersom en også har perioder med mye sønnavind, vil det kunne føre til oppstuvning av tidevannet i nordre deler av Øklandsosen. Siden dette i liten grad medfører at vannstanden i osen vil stige i de nordre deler, vil derimot overflatelaget kunne bli tykkere i de nordre deler, og dermed presse det underliggende dypvannet sørover. Når presset fra tidevannet forsvinner, vil det fremdeles strømme vann ut i de nordre sundene, men samtidig vil ubalansen i bunnvannet svinge som en pendel i motsatt retning, og en kan få tidevannsstyrte indre bølger i dypvannet (figur 12).

*FIGUR 12: Enkel skisse av prinsippet for tidevannsdrevne indre bølger i dypvannet i et sjøbasseng.*

**Øverst:** Når tidevannet presser på fra ene siden, og utløpet er begrenset, stuver det seg opp og skubber vekk det dypere liggende dypvannet, - som derved presses i motsatt retning.

**Nederst:** Når tidevannspresset opphører, vil ubalansen i dypvannet føre til en tilbakestrøm av vannet, og såkalte indre bølger kan oppstå.





*FIGUR 13: Oversiktsbilde av strømforholdene i sjøområdene vest for Bremnes Fryseri as. Kartet baserer seg på sju strømmålingsserier (markert på kartet med firkanter) der det på tre av stedene er målt både overflatestrøm og dypvannsstrøm. Blå piler markerer overflatestrømmer og røde piler markerer strømretninger i dypvannet.*



Slike indre bølger, eller ubalanse i sjiktningen kan en observere både i Øklandsosen på målepunktet ved Åsholmen og også ved Nesosen i sjøområdet sør for Øklandsosen. Der går overflatestrømmen stort sett på nord, men siden den videre passasje er begrenset, presses sannsynligvis dypvannet ned, slik at en har fluktuerende tidevannsstyrte nord- og sørgående strømmer i dypvannet.

Dypvannet, som er stabilt så lenge det er tyngre enn det ovenforstrømmende overflatevannet, vil en ha en jevnt avtagende tetthet ettersom påvirkningen fra overflatevannet forplanter seg nedover i dypet. Denne tetthetsreduksjonen er teoretisk beregnet til å være på  $0,039 \text{ kg/m}^3/\text{mnd}$ . Dersom dypvannet er stabilt over en periode på to og et halvt år, vil tettheten ha kommet ned i tilsvarende nivå som overflatevannet. Det medfører at dypvannet da kan fornyes ved tilførsel av overflatevann som presses ned ved vindpåvirkning eller lignende krefter. Dypvannet i Øklandsosen vil imidlertid bli helt eller delvis fornyet årlig ved innstrømming av tungt nytt dypvann over terskelen.

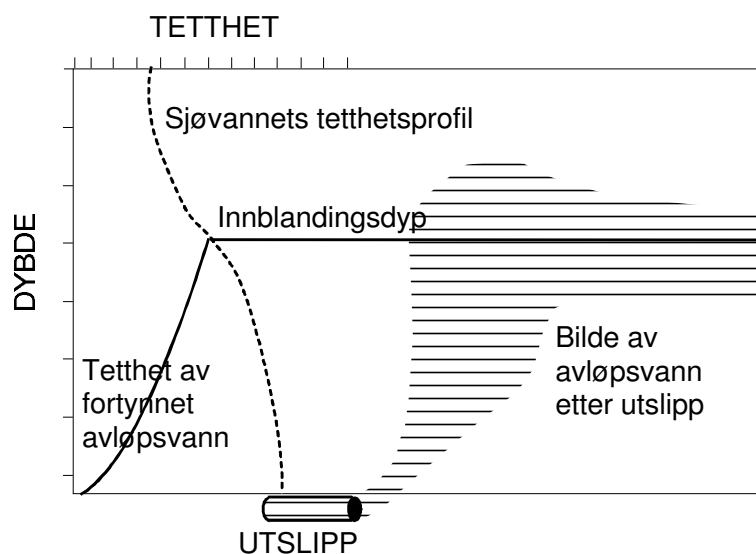
## VURDERING OG PROBLEMLØSING

### VIRKNING AV KOMMUNALT KLOAKKUTSLIPP

Kloakken fra Bremnesområdet samles og ledes til sjø omtrent tre kilometer sør for Øklandsvågen. Her går kloakken gjennom et mekanisk filter som tar unna de groveste partiklene samt en del av det organiske materialet. Ellers går kloakken direkte i sjøen ut på 37 meters dyp. Dette er kloakk tilsvarende omtrent 2.000 personekvivalenter. Det betyr at det går ut omtrent  $300 \text{ m}^3$  avløpsvann i døgnet eller 210 liter i minuttet.

Etter at kloakken har forlatt røråpningen, vil den stige i vannsøylen fordi den har lavere tetthet enn sjøvannet, inntil den finner et likevekstnivå med hensyn på egenvekt (tetthet) og oppdrift. Likevekstnivået oppnås fordi kloakkvannet blandes med sjøvannet slik at forskjellene mellom de to vanntypene gradvis utviskes. Dette kalles primærfortynningsfasen (figur 14), og skjer relativt raskt, gjerne innenfor meget få minutter. Etter dette overtar strømforholdene i området den videre fortynningen av utslippet, den såkalte sekundærfortynningen, og utslippsvannet spres da utover i området vesentlig høyere i vannsøylen enn utslippsdypet på 37 meter.

*FIGUR 14: Prinsippskisse for primærfortynningsfasen av innblanding av et ferskvannsutslipp i en sjøresipient. Utslippet får økt sin tetthet ettersom det lettere ferskvannet stiger opp og blandes med sjøvannet (heltrukken linje). Vanligvis vil tettheten av sjøvannet være størst nede (stiplet linje), slik at innblandingsdypet for utslippet blir der hvor tettheten av de to vannmassene er lik.*





Figur 14 viser at utslippet vil nå opp til et grunnere dyp enn det endelige innlagringsdypet der den har innstilt seg i likevekt med sjøvannet. Det betyr at dersom det er sterk overflatestrøm i området, vil utslippet rives med og fortynnes enda raskere ved at sekundærfortynningsfasen påskyndes.

Når utslippet har nådd sitt innblandingsdyp, er de fortynnende kreftene "brukt opp" dersom det bare er stabile og laminære strømningsforhold i området. Under slike forhold vil det fortynnede utslippsvannet flyte av videre nokså uforstyrret på et gitt dyp. Da vil virkningen av utslippet videre på ferden nordover i hovedsak være konsentrert om hvor fort tarmbakterier og andre mikroorganismer dør/nedbrytes.

I områder der strømningsforholdene er mer turbulente og ustabile, vil sekundærfortynningsfasen imidlertid være mer langvarig, noe en vil forvente i områdene sør for Øklandsosen. Her går overflatestrømmen i hovedsak nordover, men med tidevannssyklus der en innimellom får strømsstille og til og med sørgående strømmer. Det samme gjelder for dypvannet, som lenger sør ved Nesosen går omtrent like mye både nordøstover som sørvestover. Det betyr at utslippet, som sannsynligvis blir liggende i overflatelaget, blir utsatt for ytterligere fortynnende effekter etter at det har nådd sitt innlagringsdyp.

En antar derfor, - uten at dette er konkret målt, at kloakkutslippet fra Bremnesområdet sannsynligvis er så fortynnet når det kommer inn i Øklandsosen, at det ikke er mulig å påvise det. Med stort sett nordlige strømningsforhold i dette området med gjennomsnittshastigheter på mellom 2 og 3 cm/sek, vil vannmassene trenge over ett døgn på å nå bort til utløpet av Øklandsvågen. I perioder med spesielle stabile og nesten laminære strømforhold, vil det likevel være en liten sjanse for at restene av den fortynnede kloakken kan komme i Øklandsosen med overflatestrømmen i påviselige mengder.

## PLASSERING AV UTSLIPP OG INNTAKSLEDNING

Det er to sentrale hensyn som må tas ved plassering av de to ledningene. Det viktigste er å sørge for at inntaksledningen har tilgang på rent vann uten risiko for å få inn bakterien *Listeria*. Samtidig vil utslippsledningen ha en vesentlig større dimensjon enn inntaksledningen, slik at en må her vurdere kostnadene for de to ved valg av plassering. Begge ledningene bør i prinsippet være kortest mulig, men den største bør samtidig være den korteste.

Inntaksvannet kan motta bakterier enten fra kloakkutslippet sør for Øklandsvågen eller fra Øklandsbekken, slik at en må søke å skille disse kildene fra inntaket. Dette kan gjøres på to måter, - ved å legge inntaket oppstrøms kildene, eller også å skille utslipp og inntak ved å plassere de i forskjellige vertikale skikt i vannmassene. Det er også ønskelig å sørge for at kildene for bakterier blir fortynnet og ført fortest mulig vekk fra området.

Det er en liten mulighet for at kloakkutslippet i sør vil kunne påvirke vannmassene utenfor Øklandsvågen en sjelden gang og eventuelt kun i korte perioder. Dette vil da eventuelt komme med overflatetsrømmen rett utenfor Øklandsvågen eller i Sundet vest for Lambholmen. Utenfor Øklandsvågen vil overflateskiktet vanligvis strekke seg ned til 35-40 meters dyp.

Skal en unngå denne tross alt minimale kilden, framstår det to alternative plasseringsalternativer for de to ledningene:

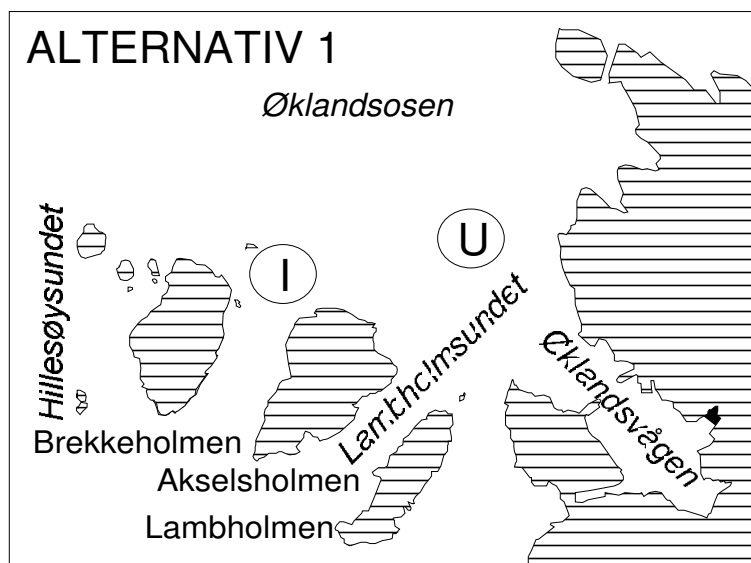
ALTERNATIV 1: Inntaksledningen legges til overflateskiktet på 20-30 meters dyp i Brekkholmsundet øst for Brekkholmen, mens utslippsledningen legges til dypvannet på minst 60-70 meters dyp utenfor Øklandsvågen.

ALTERNATIV 2: Inntaksledningen legges til dypvannet på 60-70 meters dyp utenfor Øklandsvågen, mens utslippet legges på 20-30 meters dyp like utenfor Øklandsvågen.

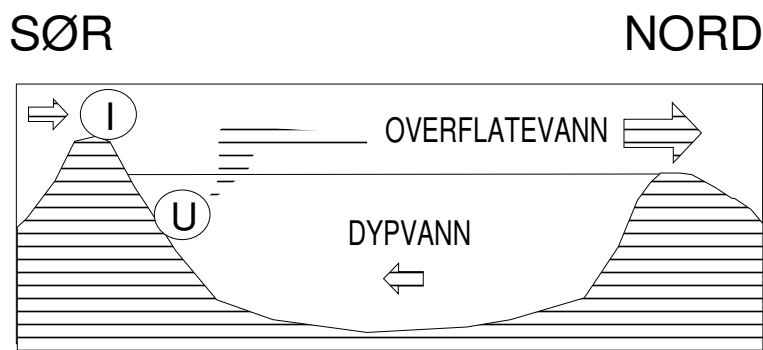


## ALTERNATIV 1

Dette alternativet (figur 15) er det mest kostbare, med en inntaksledning på vel 1 km og en utslippsledning på omtrent 600 meter. Det tilfredsstillende imidlertid behovet for høyest sannsynlighet for rent vann i inntaket. I Brekkeholmsundet vil overflatelaget verken være påvirket av kloakkutslippet eller utslippet av Øklandsbekken. Dette vil, når det slippes til dypvannet i Øklandsosen, stige i vannsøylen og bli kraftig fortynt før det i all hovedsak transporteres videre nordover med overflatestrømmen. Sjansen for at det kan påvirke inntaket over 500 meter lenger vest er meget liten.



FIGUR 15: Utplaseringsalternativ 1, med inntak (I) i Brekkeholmsundet og utslipp (U) i dypvannet i Øklandsosen.



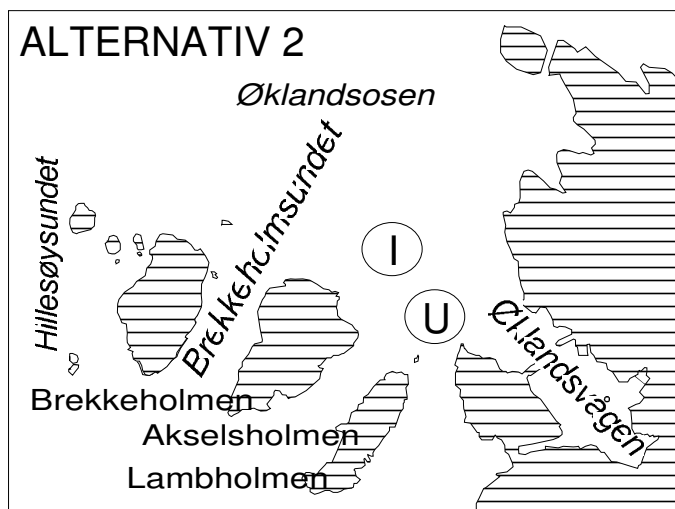
FIGUR 16: Vertikalprofil av utplaseringsalternativ 1, med inntak (I) i Brekkeholmsundet og utslipp (U) i dypvannet i Øklandsosen.



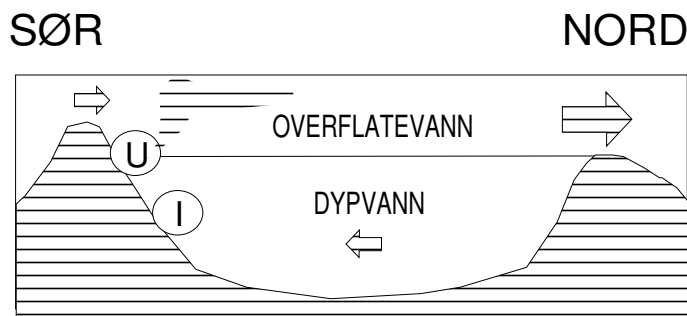


## ALTERNATIV 2

Dette alternativet er det klart minst kostnadskrevenende, med en inntaksledning på omtrent 600 meter og en utslippsledning på tilsvarende lengde (figur 16). I utgangspunktet kan denne løsningen umiddelbart virke som den mest risikable ved at utslippet legges like oppstrøms inntaket. Men ved at de to er adskilt vertikalt og noe forskjøvet i øst-vest-retningen, vil utslippet bli fortynnet og transportert fortere nordover og bort i overflatelaget, samtidig som inntaket vil være stort sett uforstyrret i dypvannet. Her kommer nemlig den dominerende tilførselen av nytt vann fra nord, slik at en dermed slipper unna påvirkningen fra både kloakkutslippet og utslippet av Øklandsbekken.



FIGUR 17: Utplaserings-alternativ 2, med inntak (I) i dypvannet i Øklandsosen og utslipp (U) i Lambholmsundet .



FIGUR 18: Vertikalprofil av utplaserings-alternativ 2, med inntak (I) i dypvannet i Øklandsosen og utslipp (U) i Lambholmsundet .

## KONKLUSJON

Alternativ 2 er det mest kostnadseffektiv, og innehar tilstrekkelig sikkerhet til at en skal kunne satse på dette. Det betyr at den allerede utlagte inntaksledningen for prosessvann bør forlenges noe utover på dypet, mens utleggingen av Øklandsbekken kan iverksettes når det er mulig.

Begge de presenterte alternativene for utplasing vil også dekke opp den nødvendige sikkerhet ved perioder der det ikke er skiktning i vannmassene i Øklandsosen. Når det også renner for mye vann i Øklandsbekken til at avløpet kan ta unna, vil tettheten av bakterier bli såpass fortynnet at risikoen for å få det inn med fisken også er liten. Når da også prosessvannet, - som bare er tillatt benyttet til slaktning av fisk, i framtiden vil være renere enn fram til nå, vil problemene knyttet til overløp fra Øklandsbekken være små.