



O-91212

Utslipp fra slakteri til  
**Sørfjorden**  
i Rissa kommune

Vurdering av mulige miljøeffekter

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Udemnr.:
O-91212	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2795	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt. 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 32 56 40	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 95 21 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 32 88 33	Telefax (47 83) 80 509

<b>Rapportens tittel:</b> UTSLIPP FRA SLAKTERI TIL SØRFJORDEN I RISSA KOMMUNE VURDERING AV MULIGE MILJØEFFEKTER	<b>Dato:</b> Sept. 92 <b>Trykket:</b> NIVA 1992
<b>Forfatter(e):</b> Lars G. Golmen	<b>Faggruppe:</b> Marin Eutrofi <b>Geografisk område:</b> Rissa, Sør-Trøndelag <b>Antall sider:</b> 49 <b>Opplag:</b>

<b>Oppdragsgiver:</b> Rissa kommune, Teknisk etat, 7100 Rissa	<b>Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):</b> I.A. Fallmyr
--	---

**Ekstrakt:**

Rapporten omhandler vurderinger omkring mulige miljøeffekter i Sørfjorden og Stjørnfjorden, som følge av økte utslipp fra Bøndernes Salgslag sitt slakteri. Vurderingene er gjort på teoretisk basis. De planlagte utslippene representerer en økning på ca. 15 % BOF, 30 % fosfor og 20 % nitrogen, i forhold til dagens belastning. Det er mangelfull kunnskap om miljøforholdene i fjorden. Dette medfører en restriktiv holdning fra NIVAs side i forhold til det å anbefale økte utslipp.

4 emneord, norske

1. Rissa kommune
2. Sørfjorden
3. Slakteri
4. Eutrofi

4 emneord, engelske

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

Prosjektleder

Lars G. Golmen

For administrasjonen

ISBN 82-577-2132-8

UTSLIPP FRA SLAKTERI TIL  
SØRFJORDEN  
I  
RISSA KOMMUNE  
VURDERING AV MULIGE MILJØEFFEKTER

Bergen/Oslo september 1992

Lars G. Golmen

## FORORD

Foreliggende rapport er resultat av en henvendelse til NIVA fra Rissa Kommune i Sør-Trøndelag høsten 1991, angående ny konsesjon for utslipp fra Bøndernes Salgslag sitt slakteri til Sørfjorden.

Slakteriet har vært i virksomhet en ti års tid, med gradvis økende utslippsmengder. I samband med vurdering av ny utslippstillatelse, blei det reist spørsmål om fjordens (resipientens) bæreevne for forurensing av den aktuelle type.

Foreliggende rapport søker å belyse aktuelle problemstillinger, og å vurdere/kvantifisere effekter så langt det har latt seg gjøre. Forutsetningen har vært å gjøre en teoretisk analyse, basert på eksisterende tallmateriale og kunnskap. Resipientundersøkelse i vanlig forstand er ikke utført. I februar 1992 blei det foretatt en synfaring fra NIVAs side, med litt hydrografisk måling i fjorden. Teknisk etat i kommunen, ved avd. ing. Ivar Asbj. Fallmyr, har velvillig bisått med å tilveiebringe tallmateriale, og å koordinere lokal innsats.

Næringstilsynet i Fosen har bistått med prøvetaking, og med å framskaffe data for avgang fra slakteriet. Særlig takk i den sammenheng rettes til kommuneveterinæren Sigbjørn Gregusson.

*Lars G. Golmen*

# INNHold

SAMMENDRAG .....	1
1. INNLEDNING .....	3
1.1. Bakgrunn for undersøkelsen .....	3
1.2. Utslippskonsesjoner .....	6
1.3. Målsetting med foreliggende undersøkelse .....	6
1.4. Noen aktuelle problemstillinger .....	7
1.5. Beskrivelse av fjorder og omland .....	8
1.5.1. Geografi, nedslagsfelt .....	8
1.5.2. Arealer og topografiske data .....	9
1.6. Andre opplysninger .....	11
2. LITT OM VANNUTSKIFTING I FJORDER .....	12
2.1. Tilførsler og effekter. ....	12
2.2. Oksygenforhold .....	13
2.3. Utskifting og vannkvalitet .....	13
2.4. Sirkulasjon i fjorder .....	14
3. MÅLEDATA .....	19
3.1. Hydrografiske målinger .....	19
3.2. Strømmålinger .....	22
3.3. Oksygenmålinger .....	25
4. VURDERING AV TILSTAND OG EFFEKTER .....	28
4.1. Utslippene fra slakteriet .....	28
4.1.1. BOF .....	28
4.1.2. Fosfor og nitrogen .....	30
4.2. Andre utslipp .....	30
4.3. Modellberegninger for fjordsirkulasjon .....	31
4.4. Modellberegninger for innlagingsdyp .....	32
4.5. Utslippets bidrag til belastning av fjorden .....	34
4.6. Utslipp fra framtidig slakteri .....	36
4.7. Videre undersøkelser .....	36
LITTERATUR .....	37

VEDLEGG 1. Opplysninger fra LENKA undersøkelsen.

VEDLEGG 2. Resultat av modellberegninger.

## SAMMENDRAG

*På oppdrag fra Rissa kommune i Sør-Trøndelag har NIVA foretatt en vurdering av utslipp av organisk materiale og næringssalter til Sørfjorden. Bakgrunnen for dette er søknad om utvidet utslippstillatelse (ny konsesjon) fra Bøndernes Salgslag, avd. Fosen sitt slakteri. Auløpet fra slakteriet går ut i fjorden i ca. 20 m dyp gjennom en rørledning. I vurderingene er også utslipp fra bosetning (200 p.e.) og planlagt vaskeri tatt med.*

*Omsøkt økning i utslippskonsesjon fra slakteriet er på 43 %, fra 28 tonn BOF/år i dag til 40 tonn BOF/år. Tas dagens utslipp fra bosetning med, tilsvarer konsesjonsøkningen ca. 27 %. Allerede i dag indikerer målinger foretatt av Næringsmiddelkontrollen i Fosen at konsesjonsgrensen for utslipp er overskredet, og at dagens utslipp ligger rundt 35-37 tonn BOF/år.*

*I samband med NIVAs vurdering er det gjennomført ett hydrografitokt (februar 1992), og ett tokt med innsamling av oksygenprøver (mai 1992). Målinger og prøver blei tatt både i Sørfjorden og i den tilstøtende Stjørnfjorden, med Nordfjorden. Det blei også foretatt profilering med en ultralyd strømmåler, for å avdekke eventuelle strømsjikt i fjordene.*

*Oksygenprøvene synte noe lave verdier i mellomlag og dypvann over hele undersøkelsesområdet (75-80 % metning). Dette noe lave nivået er ikke antatt å ha direkte tilknytning til dagens utslipp i Sørfjorden. Innerst i Sørfjorden ligger et relativt grunt basseng. Dette hadde markert oksygenreduksjon, med 55 % oksygenmetning. I øvre lag der var vannet noe overmettet. Begge disse faktorene antyder overbelastning, og mulig effekt av eutrofiering (algevekst i mai) i indre deler av Sørfjorden.*

*Modellberegninger for naturlig organisk belastning av bassengvannet i Sørfjorden er beregnet til 260 tonn BOF, 22.2 tonn N og 3.1 tonn P. Tallene stemmer rimelig bra med beregninger gjort under LENKA prosjektet. I forhold til dette utgjør utslippene fra slakteriet (i dag) ca 15 % for BOF, 30 % for P og 20 % for N. Bare en del av utslippene havner i bassengvannet, men bidraget fra slakteriet er likevel signifikant, særlig for N og P, som kan generere sekundæreffekter i form av økt organisk produksjon i øvre del av vannsøylen i Sørfjorden.*

*Beregninger av innlagringsdyp for utslippsvannet (70 m<sup>3</sup>/døgn i middel) viser at dette typisk innlagres i 15-16 meters dyp idag. Strømmålingene indikerer at dette dypet er del av et sjikt i fjorden med innoverrettet strøm. Forurensingen fra det dykkede utslippet havner i så fall innest i fjorden, hvor en ser tydelig tendens til overbelastning. En justering av utslippsdypet kan bidra til å minske denne effekten.*

*Beregningene viser at slakteriet bidrar signifikant til belastningen av Sørfjorden. Ut fra dette, og med den begrensede kunnskap en har om både miljøtilstand og sirkulasjon/vannutskifting i fjorden, bør det foreløpig inntas en restriktiv holdning med hensyn til økte utslipp i fjorden. Med moderat innsats vil en imidlertid kunne skaffe til veie et vesentlig datagrunnlag for å kunne fatte endelige beslutninger. I rapporten er det skissert et opplegg for en praktisk undersøkelse.*

*Det antas at negative effekter av slakteriets utslipp er begrenset til Sørfjorden. Stjørnfjorden, med sitt langt større areal og volum, har mye større resipientkapasitet, og er neppe sårbar i forhold til verken dagens utslipp, eller det planlagte utslippet i Sørfjorden. Et lite spørsmålstegn stilles imidlertid omkring den allmenne tilstanden i Stjørnfjorden, siden oksygenprøvene synte en viss tendens til redusert oksygennivå også i frie vannmasser der.*

## 1. INNLEDNING

*I dette avsnittet gies en korfattet beskrivelse av bakgrunnen for - og målsettingen med - den foreliggende rapporten. Endel generelle opplysninger, slik som geografi / topografi blir også omtalt.*

### 1.1. Bakgrunn for undersøkelsen

Sørfjorden i Rissa kommune, Sør-Trøndelag (fig. 1.1), er en liten sidefjord til den større Stjørnfjorden (se avsnitt 1.5). Sørfjorden mottar betydelige mengder organisk og oksygen- nedbrytende materiale fra **slakteriet til Bøndernes Salgslag**, avd. Fosen. Slakteriet ligger 3-4 km fra indre enden av Sørfjorden, og avløpsvann føres ut til fjorden gjennom rørledning (fig. 1.2). Det dreier seg om årlige forurensingstilførsler på av størrelsesorden 30-40 tonn BOD.

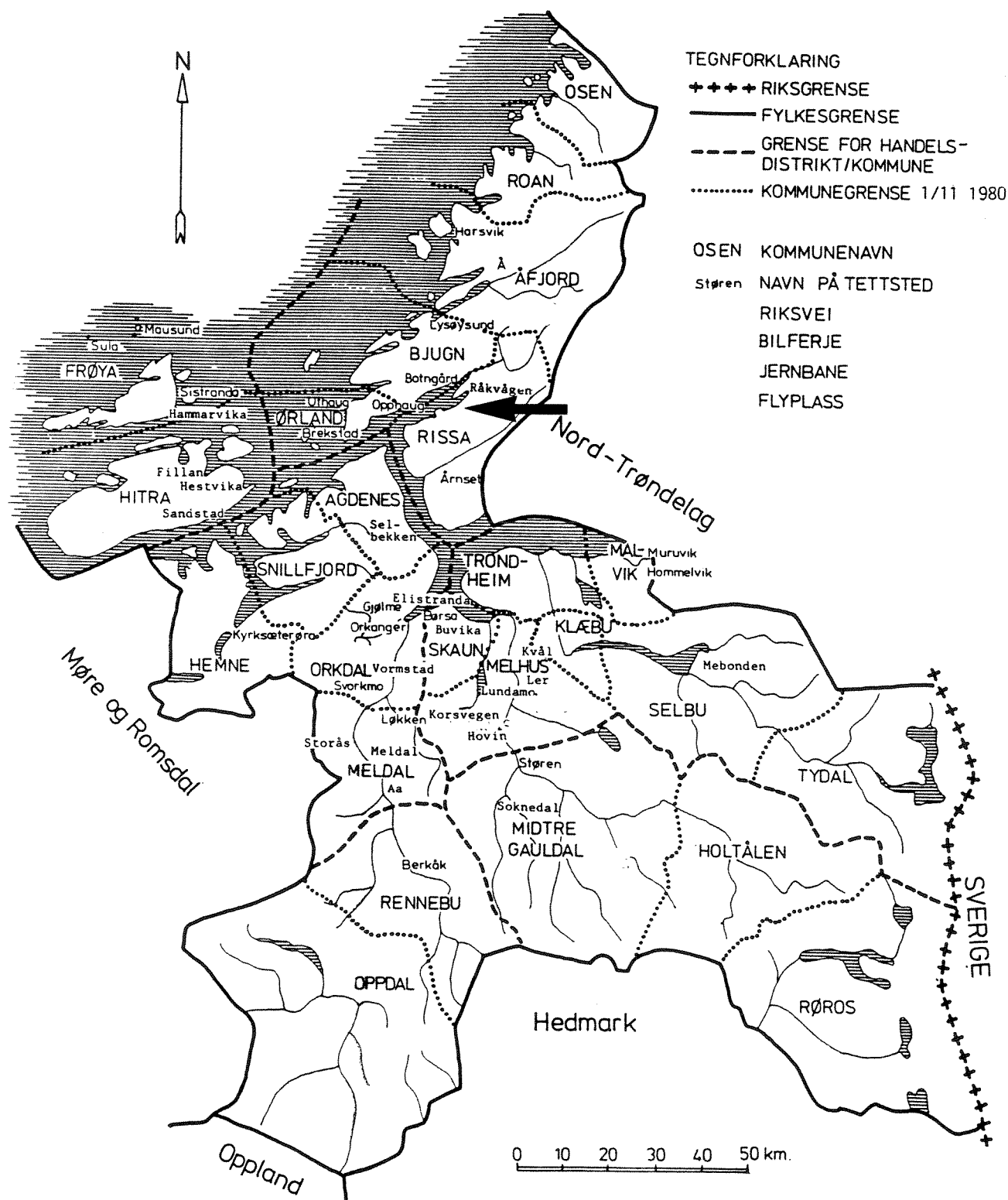
I forbindelse med forestående produksjonsøkning, er det tale om slaktemengder på 5000 tonn storfe pr år. Vaskevannet vil inneholde en del organisk materiale, selv etter siling og fettavskilling. Det opereres med tall på 8 kg BOD pr tonn slakt. Med 5000 tonn produksjon vil dette således utgjøre 40 tonn BOD pr år, tilført fjorden. Nåværende tilførsler skjer gjennom en 200 mm kommunal rørledning med utløp ca. 2.5 km ute i Sørfjorden, ved Årneset.

I tillegg til dette, kommer **utslipp fra regulær bosetning**, om lag 200 p.e. til Sørfjorden, hvorav ca. 100 p.e. går ut gjennom rørledningen.

Utslipp fra et **planlagt vaskeri** i området skal også vurderes. Antydnet vaskemengde for dette er 6-8 tonn pr døgn.



## SØR-TRØNDELAG



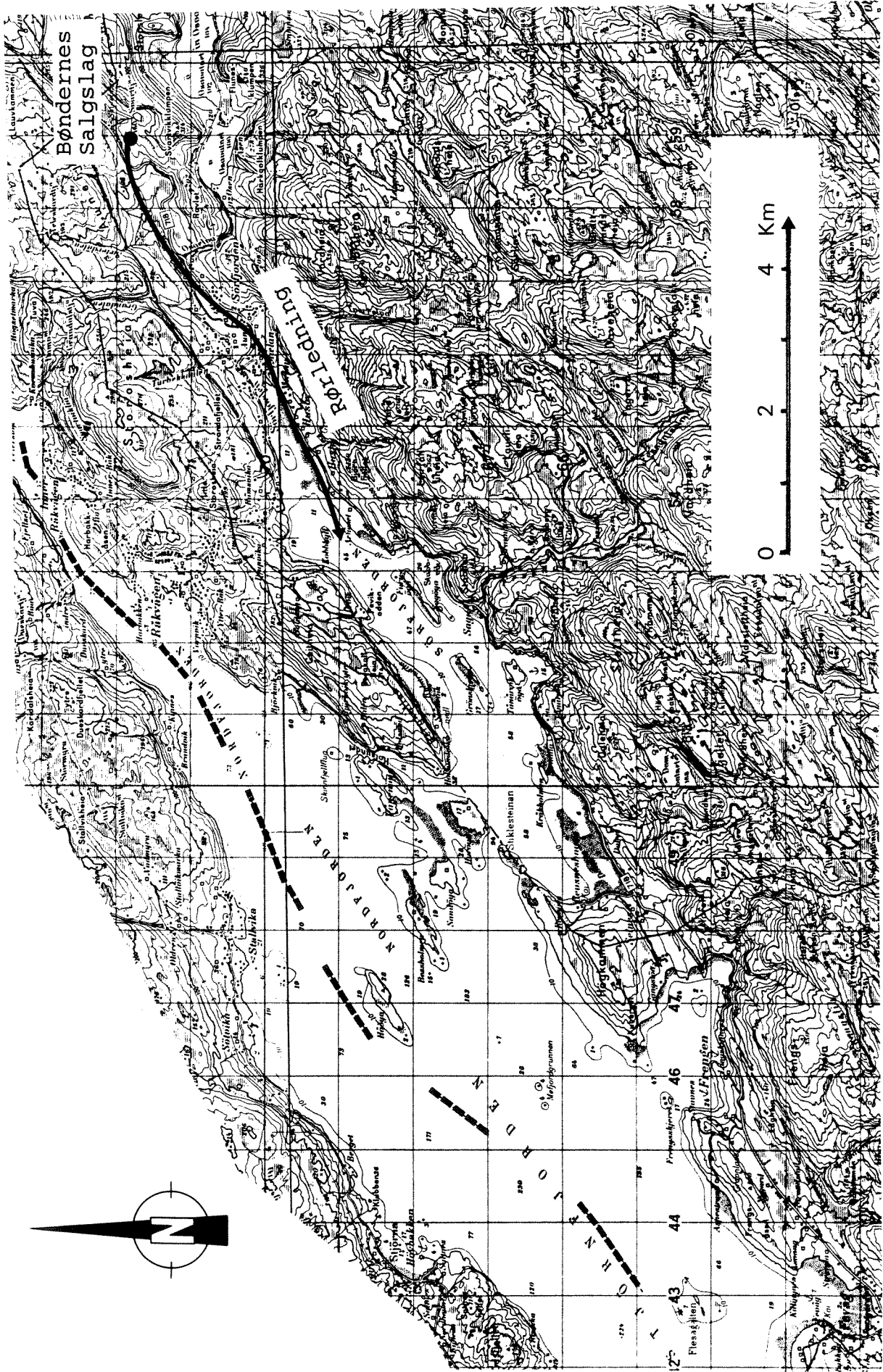


Fig. 1.2. Land-topografisk kart over Stjørnfjorden og Sørfjorden

## 1.2. Utslippskonsesjoner

De eksisterende utslippstillatelsene (pr. oktober 1991), knytter seg til utslipp av organisk materiale. Nærings salt-utslipp er ikke tatt i betraktning. Tillatelsene for Stjørnfjorden/Sørfjorden har vært/er i følge tilsendt materiale fra Rissa kommune:

**Bosetning:** Utslippstillatelse for kommunalt avløpsvann for inntil 620 p.e., gitt av Fylkesmannen i Sør-Trøndelag 22/6 1982. Dette tilsvarer ca. 17 tonn BOD/år (våre estimat). Ca. 200 p.e. av dette, tilsvarende ca. 5.5 tonn BOD, går til Sørfjorden.

**Slakteriet:** Utslippstillatelse anbefalt av SFT 24/5 1982, for inntil 1500 tonn storfe og 2500 tonn gris, tilsvarende h.h.v. 4 og 8 kg BOD/tonn. I alt 22 tonn BOD/år.

**Slakteriet:** Endret utslippstillatelse anbefalt av SFT 11/7 1989, tilsvarende 3500 tonn storfe og (bare) 20 tonn gris. Dette tilsvarer ca. 28 tonn BOD.

Den foreslåtte/omsøkte økningen til 5000 tonn storfeslakt, tilsvarende 40 tonn BOD/år medfører en utslippsøkning på 12 tonn (43 %) fra slakteriet i forhold til nåværende konsesjon på 28 tonn BOD. Tar en utslippene fra bosetning (ca 200 p.e.) i betraktning, vil utslippsøkningen til **Sørfjorden** utgjøre ca 27 %.

Utslipp av 40 tonn BOD/år vil medføre en betydelig økning i forhold til dagens utslipp/konsesjon. Dette har gjort at kommunen og Fylkesmannen begge har stilt spørsmål om hvilke effekter de økte utslippene kan ha for vannkvaliteten i fjorden/fjordene (sjøresipienten). Bl.a. er det uikkerhet med omsyn til eventuelle krav fra myndighetene om rensing. Søknaden om økte utslipp er derfor stilt i bero inntil det er foretatt en vurdering av aktuelle effekter.

## 1.3. Målsetting med foreliggende undersøkelse

Hovedmålsettingen med den foreliggende undersøkelsen er å vudere hvilke effekter de økte utslippsmengdene fra Bøndernes Salgslag kan medføre, i første rekke for vannkvali-

teten i resipienten(e). Det er lagt vekt på teoretiske betraktninger med basis i foreliggende opplysninger om utslippstall, og generell kunnskap om vannutskifting i fjorder.

Vurderingene skal gi kommunen of Fylket grunnlag for å behandle utslippssøknaden fra Bøndernes Salgslag på nytt, og eventuelt pålegge at søkeren gjennomfører nødvendige tiltak dersom dette skulle bli tilrådd.

Resipientundersøkelser i tradisjonell forstand (bunndyr-innsamling og prøvetaking over et lengre tidsrom) inngår ikke i prosjektet. Dette er tenkt å inngå i en fase 2, dersom konklusjonene fra foreliggende undersøkelse skulle tilsi dette. Det er imidlertid kjørt en prøveserie våren 1992 på oksygeninnhold i sjøen, som danner en viss basis for vurdering av dagens vannkvalitet i resipienten.

#### **1.4. Noen aktuelle problemstillinger**

Tilførsler av organisk materiale til en sjøresipient vil medføre et visst forbruk av oppløst oksygen i sjøen. En gitt mengde organisk materiale vil kunne forbruke en maksimal mengde oksygen, gitt som BOD (Biological Oxygen Demand, "BOF" på norsk) eller COD (Chemical Oxygen Demand, "KOF" på norsk). COD dreier seg om en fullstendig kjemisk oksydering. Derfor er tallverdier for COD om lag to ganger større enn for BOD.

Oksygenforbruket vil kunne gi seg utslag i reduserte oksygenverdier i sjøvannet, dersom vannutskiftingen ikke er tilstrekkelig. Begrepet vannutskifting står derfor sentralt, og omtales særskilt i kapittel 2.

Belastning som følge av store tilførsler av organisk materiale til en fjord vil kunne kompenseres av god vannutskifting. Vannutskiftingen vil bestemmes bl. a. av topografiske faktorer. I en terkselfjord vil det eksistere to adskilte regimer, med hyppig utskifting over terskelsdyp, og dårlig/sjelden i dypvannet.

I den foreliggende problemstillingen skal effekten av utslipp fra et dykket utslipp vurderes. Dette innebærer et punktutslipp i fast avstand fra sjøoverflaten. Utslipet består av ferskvann iblandet forurensinger. Ferskvannet vil stige oppover i sjøen et stykke, før det innlagres og spres horisontalt med strømmen. Gitt den fysiske tilstanden

til det omgivende vann (temperatur og salinitet i ulike dyp), samt utslippsvannets egenskaper, kan innlagingsdypet og fortynningsgraden beregnes.

## 1.5. Beskrivelse av fjorder og omland

### 1.5.1. Geografi, nedslagsfelt

Figurene 1.1 og 1.2 syner omtrentlig beliggenhet og fasong for Sjørfjorden og Stjørnfjorden. Innerste del av Stjørnfjorden kalles Nordfjorden. Geografiske koordinater er om lag 63°45'N, 10°Ø. Fig 1.2 gir et visst inntrykk av det lokale omland. Terrenget er middels bratt skrånende, med en strandflate langs det meste av fjordene. Bosetningen finnes langs sørøstsida av Sjørfjorden, og innerst i fjorden. Ved Nordfjorden er det meste av bosetningen konsentrert til Råkvåg.

Nedslagsfeltet til Sjørfjorden (for nedbør) er beregnet til 144 km<sup>2</sup>, inkludert fjordoverflaten. De viktigste vassdragene er gitt i tabell 1.1. Vannføringsdataene er basert på et spesifikt avløp på 45 l/s/km<sup>2</sup> (kilde: NVE/Rissa kommune). Hele nedslagsfeltet representerer ca 6.5 m<sup>3</sup>/s i årsmiddel. Som for andre vassdrag, vil det være store variasjoner i tilrenning over året.

**Tabell 1.1.** De viktigste vassdragene som drenerer til Sjørfjorden.  
Kilde: Rissa kommune og NVE.

VASSDRAG	NEDSLAGS-FELT	TILRENNING
Osa-vassdraget	54.3 km <sup>2</sup>	2.44 m <sup>3</sup> /s
Fessdalsvassdraget	41 km <sup>2</sup>	1.85 m <sup>3</sup> /s
Tverrelv--vassdraget	13 km <sup>2</sup>	0.59 m <sup>3</sup> /s
Dalaelva	8.7 km <sup>2</sup>	0.39 m <sup>3</sup> /s

Osa-vassdraget og Tverrelva har utløp innerst i Sjørfjorden. Fessdalsvassdraget løper ut ved Saga, på sørøstsida av fjorden, og Dalaelva i sørenden av fjorden. Mildere tilrenning på årsbasis er ca 6.5 m<sup>3</sup>/sek.

### 1.5.2. Arealer og topografiske data

Sjøkart nr 43 dekker det aktuelle fjordområdet, fra Agdenes (innløpet til Trondheimsfjorden) og nordover. Opplysningene derfra danner basis for de topografiske dataene som er presentert. Sjøkartverkets hydrografiske originalmålinger (i eget kart) er også benyttet som grunnlag. Dels er også opplysninger fra LENKA rapporten for Sør-Trøndelag benyttet.

**Sørfjorden** er ca. 8 km lang. Bredden varierer mellom 0.7 og 1.2 km i de sentrale delene. Overflatearealet til fjorden er om lag 8 km<sup>2</sup>. Bunntopografiske opplysninger er gitt i tabell 1.2.

**Stjørnfjorden** er i sin fulle lengde fra innerst i Nordfjorden til Trondheimsfjorden om lag 20 km lang. Bredden varierer mellom 3 og 5 km i de ytre delene. Overflatearealet (inkl. Nordfjorden) er om lag 80 km<sup>2</sup>. **Nordfjorden** er om lag 9 km lang, regnet fra Håøya (fig. 1.3) og innover. Bunntopografiske opplysninger er gitt i tabell 1.2. Hovedterskelen er dyp, og ligger 2-3 km innafor munningen (linje Autstråt-Fevåg).

**Tabell 1.2.** Topografiske opplysninger om Stjørnfjorden og Sørfjorden.

Karakteristikk/størrelse	Stjørnfjorden	Sørfjorden
Terskeldyp	126 m	37 m
Største dyp innafor terskel	232 m	98 m
Overflateareal	82 km <sup>2</sup>	8 km <sup>2</sup>
Totalt vannvolum	6X10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	2.5X10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>
Vannvolum under terskeldyp	1X10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	3.7X10 <sup>7</sup> m <sup>3</sup>
Tverrsnittsareal v/ terskel/innløp	2X10 <sup>5</sup> m <sup>2</sup>	6500 m <sup>2</sup>

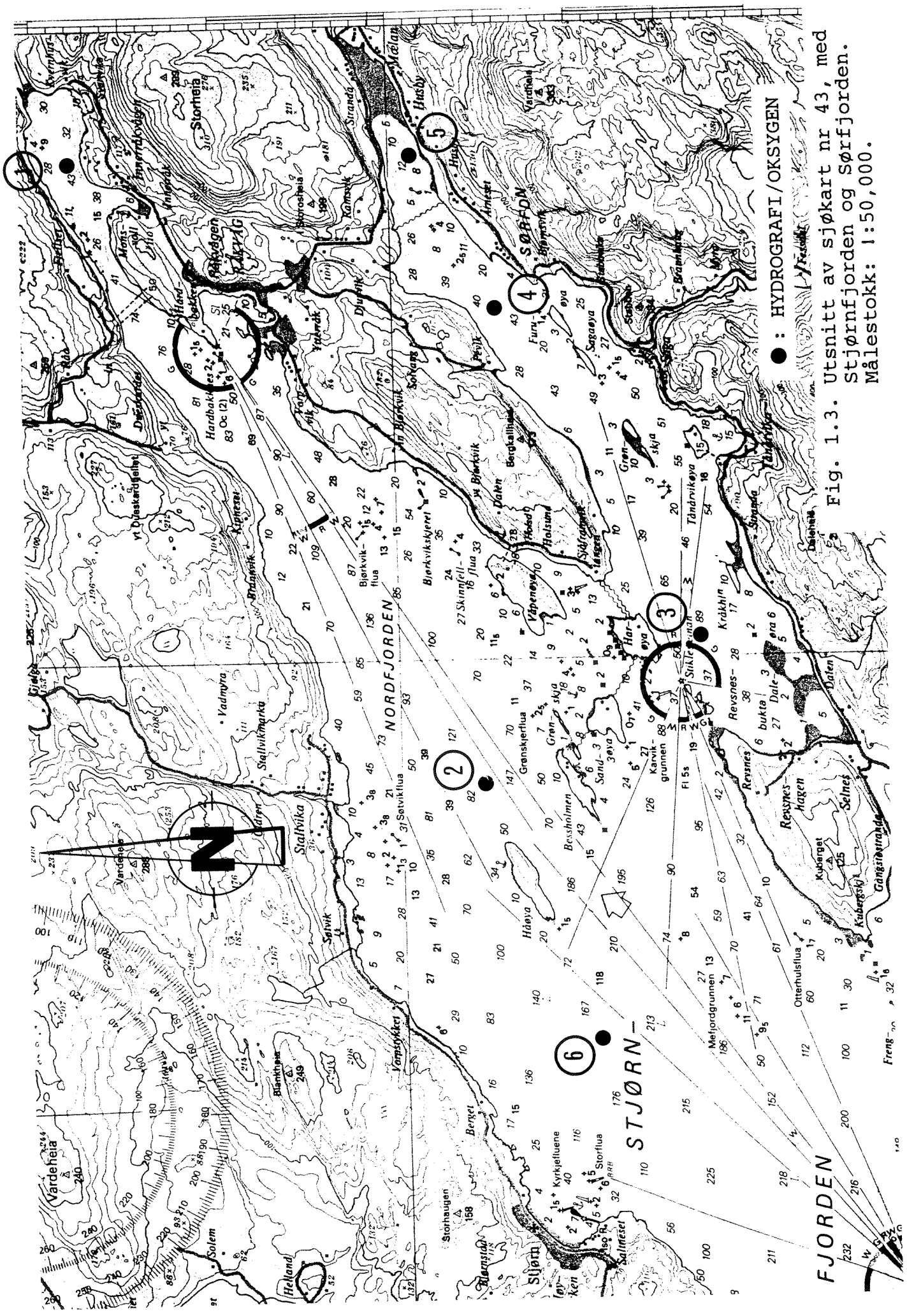


Fig. 1.3. Utsnitt av sjøkart nr 43, med Stjørnfjorden og Sørffjorden. Målestokk: 1:50,000.

## 1.6. Andre opplysninger

Stjørnfjorden og tilstøtende fjorder blei vurdert i samband med LENKA prosjektet (kapasitet for fiskeoppdrett). Noen resultater derfra er presentert i vedlegg.

85 % av Stjørnfjorden blei betraktet som "A" område, d.v.s. beste sort, topografisk sett. Ulike fysiske og fiskerimessige faktorer (arealkonflikter) medførte at fjorden likevel har null bruttokapasitet. Sørfjorden blei vurdert som et "C" område, d.v.s. ikke egnet for oppdrett, eller ekstra organisk belastning.

Den samlede organiske belastningen til Stjørnfjorden fra land er beregnet til 4672 p.e., tilsvarende 3 tonn P og 19.7 tonn N pr år. Samlet årlig fosfor- og nitrogentilførsel blei under LENKA beregnet til 11.3 tonn og 187.7 tonn h.h.v.



## 2. LITT OM VANNUTSKIFTING I FJORDER

*I den foreliggende undersøkelsen står begrepet resipientens (d.v.s. Sørfjordens og Stjørnfjordens) bæreevne for forurensing sentralt. Det er derfor aktuelt å forsøke å klargjøre en del begreper og faktorer som er knyttet til dette, i samband med de vurderingene som gjøres i påfølgende kapitler.*

### 2.1. Tilførsler og effekter.

Utskiftingsforhold og vannkvalitet i fjorder er begreper som henger nøye sammen i vurderinger omkring forurensingstilførsler. Det er blitt viktig å kunne påvise miljømessige effekter av eksisterende utslipp, og også å forutsi effekter av nye. Økende kunnskap gir oss i dag et visst grunnlag for å kunne forutsi effekter. EDB-modeller er nyttige i denne sammenheng, og disse forbedres stadig. Det fordres imidlertid et visst minimum av kunnskap om utskiftingsforholdene i den aktuelle fjorden for å kunne oppnå akseptable prognoser.

Både dypvann og øvre lag kan påvirkes av et utslipp. Effektene vil være ulike. Ved utslipp av næringssalter (typisk for kloakk) kan det oppstå ugunstig algevekst, og redusert siktedyp. Samtidig kan dypvannet oppleve redusert oksygennivå, på grunn av økt nedfall av oksygenforbrukende materiale. Fellesbetegnelsen på disse effektene er eutrofiering, som oftest skyldes menneskelig aktivitet.

Noen fjorder (særlig terskelfjorder) har dårlig dypvannskvalitet (lite oksygen), selv om tilførsler som skyldes menneskelig aktivitet er minimale. Tilførsler av organisk materiale fra land og fra naturlig biologisk produksjon i sjøen er i slike fjorder i seg selv tilstrekkelig til å forårsake redusert dypvannskvalitet. I nyere forskning har en søkt å finne metoder for å kunne skille mellom effekt av naturlige tilførsler, og tilførsler fra menneskelig aktivitet.

## 2.2. Oksygenforhold

Oksygenforhold er en god indikator på vannkvalitet og vannutskifting i fjordene. I enkelte norske fjorder utgjør industriforurensinger som tungmetaller og kjemiske forbindelser ("miljøgifter") en ekstra begrensende faktor for vannkvalitet, og for bruk av vannet. Tilstrekkelig oksygeninnhold gjennom året er imidlertid den primære betingelsen for at et balansert marint økosystem skal eksistere. Redusert oksygeninnhold i hele eller deler av året vil medføre redusert artsrikdom når det gjelder organismer i vann og på bunn, og innebærer sårbarhet for ytterligere tilførsler av oksygenforbrukende materiale.

Fjordene gjennomgår en naturlig årstidsvariasjon i oksygeninnhold. Dette skyldes dels tidsavhengige tilførsler, og tidsavhengig vannutskifting. For å opprettholde tilstrekkelige livsvilkår for et rikt spekter av organismer, er det viktig at minimumsverdien for oksygen i løpet av året holder seg over en viss kritisk minimumsgrense, som gjerne settes ved 2 ml/l oksygen.

## 2.3. Utskifting og vannkvalitet

Vannkvaliteten bestemmes i første rekke av forholdet mellom vannutskiftingshyppigheten og tilførsler/forbruk av oksygen. Vannutskiftingen bestemmes av faktorer som tidevann, vind og ferskvannstilrenning. Naturlige hydrografiske variasjoner i kystvannet (som endret densitet) vil også bidra til hyppig vannutskifting av vann over terskeldyp, og også av dypvann, men da er det tale om store og sjeldnere forekommende tetthetsendringer.

Begrepet oppholdstid for vann i fjorden henger nøye sammen med de nevnte faktorene. Liten oppholdstid og samtidig store forurensingstilførsler kan gi minimale effekter. De faktiske forurensingstilførslene (karakteristikk, flukser og dynamikk), sammen med prosesser som vertikal diffusjon, biologiske prosesser, ulike former for kjemisk omdanning av substans i vannmassen, og flukser fra sediment til vann vil til sist bestemme vannkvaliteten i de konkrete tilfeller.

### Sedimentflukser.

Fjorder i nærheten av industristeder kan ha sedimenter som permanent lekker giftig substans (f. eks. Odda/Sørfjorden). Sedimentert avfall fra fiskeoppdrett kan også etter en

tid bidra til sediment-til-vann flukser som kan påvirke vannkvaliteten i negativ retning (se bl. a. Pedersen 1982, Farestveit 1986).

#### Tilførsler utenfra.

**Kyststrømmen** er kilde for stofftilførsler av ulike slag til fjordene. Dette vannet er i seg selv m.a.o. aldri helt "rent". Hvilken tid på året, og under hvilke omstendigheter utskiftningen i fjordene skjer, vil være avgjørende for kvaliteten til det nye vannet i fjorden. Vannutskiftning behøver dermed ikke alltid å innebære "gammelt vann ut, friskt vann inn" (Bjerknes m. fl. 1987).

Kartleggingen av Kyststrømmen og de forurensningstilførsler denne fører med seg, har inntil algeinvasjonen i 1988 inntraff vært svært mangelfull. Først i 1989 blei det satt fart i planlegging og organisering av innsamlingsprogram for overvåkningsformål. Dette er mest resultat av initiativ og press fra andre europeiske land, særlig land rundt Nordsjøen.

Næringssalttransport i Kyststrømmen kan også være av betydning for eutrofisituasjonen i noen norske fjorder. I tillegg til vesentlige bidrag fra Østersjøen og sørlige Nordsjøen, anrikes Kyststrømmen sannsynligvis noe av tilførsler fra de befolkningstette regionene på Øst- og Sørlandet (Faafeng og Ibrekk, 1989). Videre mottar Kyststrømmen på sin veg langs kysten også bidrag fra selve Nordsjøbassenget. Muligens er dette bidrag av en annen karakter enn næringssalter, f. eks. miljøgifter. Det er generelt sett få problemer med eutrofiering i fjorder på Vestlandet og lenger nord. Dette indikerer at eventuelle bidrag fra Kyststrømmen der ikke medfører problemer.

#### **2.4. Sirkulasjon i fjorder**

**Kystvannet**, dets egenskaper og variasjoner er en viktig ytre påvirkningsmekanisme for vannutskiftningen i fjorder. Tetthetsvariasjoner i den øvre del av vannsøylen utenfor fjorden genererer inn- eller utgående strøm over en eventuell terskel. Disse tetthetsvariasjonene styres av meteorologiske faktorer og prosesser på større oseanisk skala. Variasjoner i kyststrømmen utenfor Vestlandet er sterkt medbestemmende for utskiftning i fjordene. Fluktuasjonene i tetthetsfeltet der er typisk av periode 3-5 dager (Fig. 2.1), og er relatert til langbølgede svingninger i strømmen.

Tetthetsvariasjonene er mer markert i sørlige deler enn nord på Norskekysten, og har derfor størst betydning i sør. For vannutskiftingen kompenseres dette ved et langt kraftigere tidevann i nord. Stor tidevannsamplitude medfører stimulert tidevannsutskifting over fjordterskler. Videre stimulerer tidevannet blanding mellom vannmasser over og under terskeldypet (vertikal diffusjon).

For norske fjorder er det et skille mellom de mest aktuelle utskiftingsmekanismene fra sør til nord i landet. Dette henger delvis sammen med topografiske forhold, ved at fjordene i nord oftere mangler en terskel i nærheten av fjordmunningen. Fjordene i nord er også i sterkere grad gjenstand for vertikalkonveksjon om vinteren på grunn av avkjøling, evt. kombinert med isdannelse. Dette kan en se i f. eks. Sør-Salten nærst i Nord-Trøndelag, der dypvannet er svært kaldt gjennom hele året (arktiske temperaturer, Golmen m.fl. 1988), og må ha sin opprinnelse som avkjølt vintervann i overflaten. Sør-Salten er imidlertid en fjord med svært grunn terskel, i forhold til Stjørnfjorden og Sørfjorden.

Dypvannsutskifting i fjorder (terskel-overskyllinger) er knyttet til langsommere, sesongmessige tetthetsvariasjoner, og medfører gjerne opp- og utstrømming av gammelt kaldt dypvann om våren eller sommeren (Fig. 2.1). Fjorder med grunne terskler gjennomgår ofte en dypvannsutskifting tidlig på våren på sør- og vestlandet. Fjorder med dypere terskler har gjerne utskifting seinere på året (Aure og Stigebrandt 1988). Det antas at fjorder nord i landet har dypvannsutskifting seinere på året enn sammenliknbare fjorder lenger sør (Haakstad 1979).

Sirkulasjonen i fjordene påvirkes av ferskvanns-tilrenningen (tilførsel av oppdrift) fra elvene, som i følge klassisk teori genererer en tolags sirkulasjon, s. k. estuarin sirkulasjon. Ferskvannet flyter øverst utover fjorden, drevet av en horisontal trykkraft. Dette utoverstrømmende vannet blandes gradvis med saltvann nedenfra, og det dannes brakkvann med stadig økende utoverrettet volumfluks. For å erstatte det saltvannet som blandes opp i øvre lag, skapes det en innoverrettet strøm av saltvann (kompensasjonsstrøm).

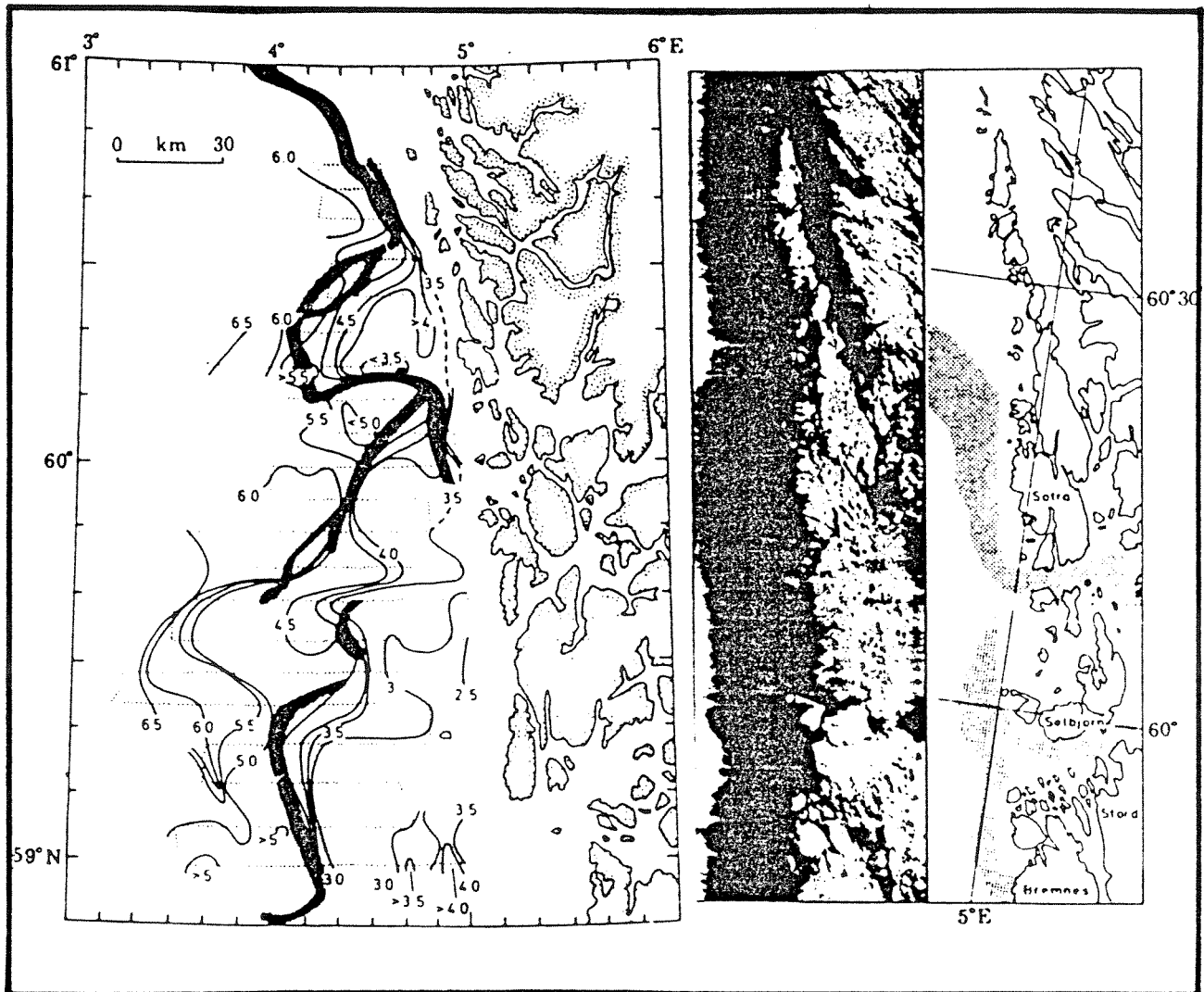


Fig. 2.1. Til venstre: Tetthetsvariasjoner i Kyststrømmen er knyttet til langbølgede svingninger av strømmen. Til h.: Terskeloverskyllinger om våren medfører utstrømming av kaldere fjordvann, lett synlig på satellittbilder. (Mork, 1981).

Overgangen mellom brakkvann inne i fjorden og saltare overflatevann utenfor er ofte karakterisert av store horisontale gradienter. Dette overgangsområdet kalles en front, og framtrer både i horisontalfordeling og vertikalfordeling av hydrografiske parametre,

næringssalter, forurensning m.m. I frontområdet kan det foregå kraftig opp og nedstrømming, og blanding av ulike vannmasser. Tversgående fronter er også et karakteristisk trekk ved mange fjorder. Beliggenheten til disse vil i noen grad være bestemt av topografi, men varierende ferskvannstilrenning og vind kan forflytte fronten vesentlig.

Det s.k. estuarine strømningsmønsteret er ofte sterkt modifisert av vind (se Fig. 2.2.), tidevann, rotasjon og turbulens på ulike skalaer. Variasjon i hydrografiske forhold utenfor fjorden påvirker sterkt sirkulasjonen over terskelnivå i fjorden (Klinck m.fl., 1981, Aure og Stigebrandt, 1988). Simuleringsmodeller (numeriske modeller) for datamaskin hjelper til å øke forståelsen for dynamikken i et fjordsystem.

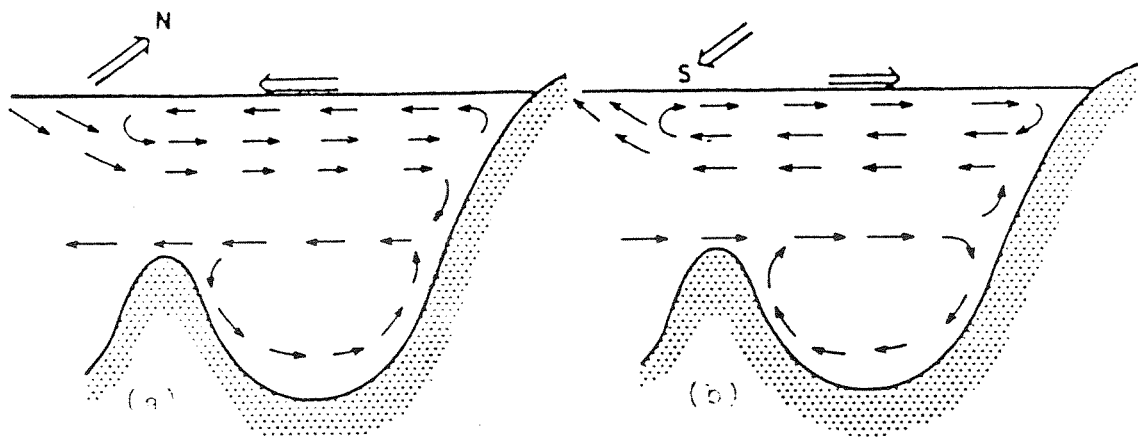


Fig. 2.2. Skisse av sirkulasjonen i en terskelfjord for framherskende vind. a: vind ut fjorden, og mot nord på kysten. b: Vind inn fjorden, og mot sør på kysten (fra Magnusson m. fl. 1983).

Det kan nevnes at det under algeoppblomstringen i Ryfylke sommeren 1989 blei observert overflatestrøm som var rettet innover i Hylsfjorden (Golmen m.fl. 1989). Dette hang trolig sammen med stor ferskvannstilførsel til midtre og indre deler av fjorden, bl. a. fra Suldalslågen. Dette sirkulasjonsmønsteret, med utoverrettet strøm i et underliggende lag (3-6 m dyp) medførte resirkulering og økt oppholdstid for overflatevannet.

Jordrotasjon påvirker strømningsmønsteret i brede fjorder. Den utoverrettede overflatestrømmen vil ofte ha tendens til å følge høyre side av fjorden, hvor også brakkvannslaget kan være tykkere enn på motsatt side. Eksempelvis er det observert forskjeller i saliniteten mellom nord og sørside av Jelsafjorden (Ryfylke) av størrelsesorden 10 promille (Golmen m.fl. 1989). Stjørnfjorden har et relativt bredt munningsområde, med ulike passasjer som kan bidra til inn-ut transport. Teoretisk kan det tenkes at utstrømmingen der har større tendens til å følge "høyre side", mens en større del av innstrømmingen foregår langs den sørøstlige siden.

### 3. MÅLEDATA

*Prosjektet har vært lagt opp som en teoretisk analyse, basert på eksisterende målinger og opplysninger. I resipienten blei det utført noen målinger under NIVAs synfaring 10. og 11. februar 1992. Noe seinere tok kommunen, sammen med den lokale Næringsmiddelkontrollen, noen oksygenprøver i sjøen. dette kapitlet gir en kort presentasjon av disse målingene, samt utslippsdata fra Bøndernes Salgslag.*

#### 3.1. Hydrografiske målinger

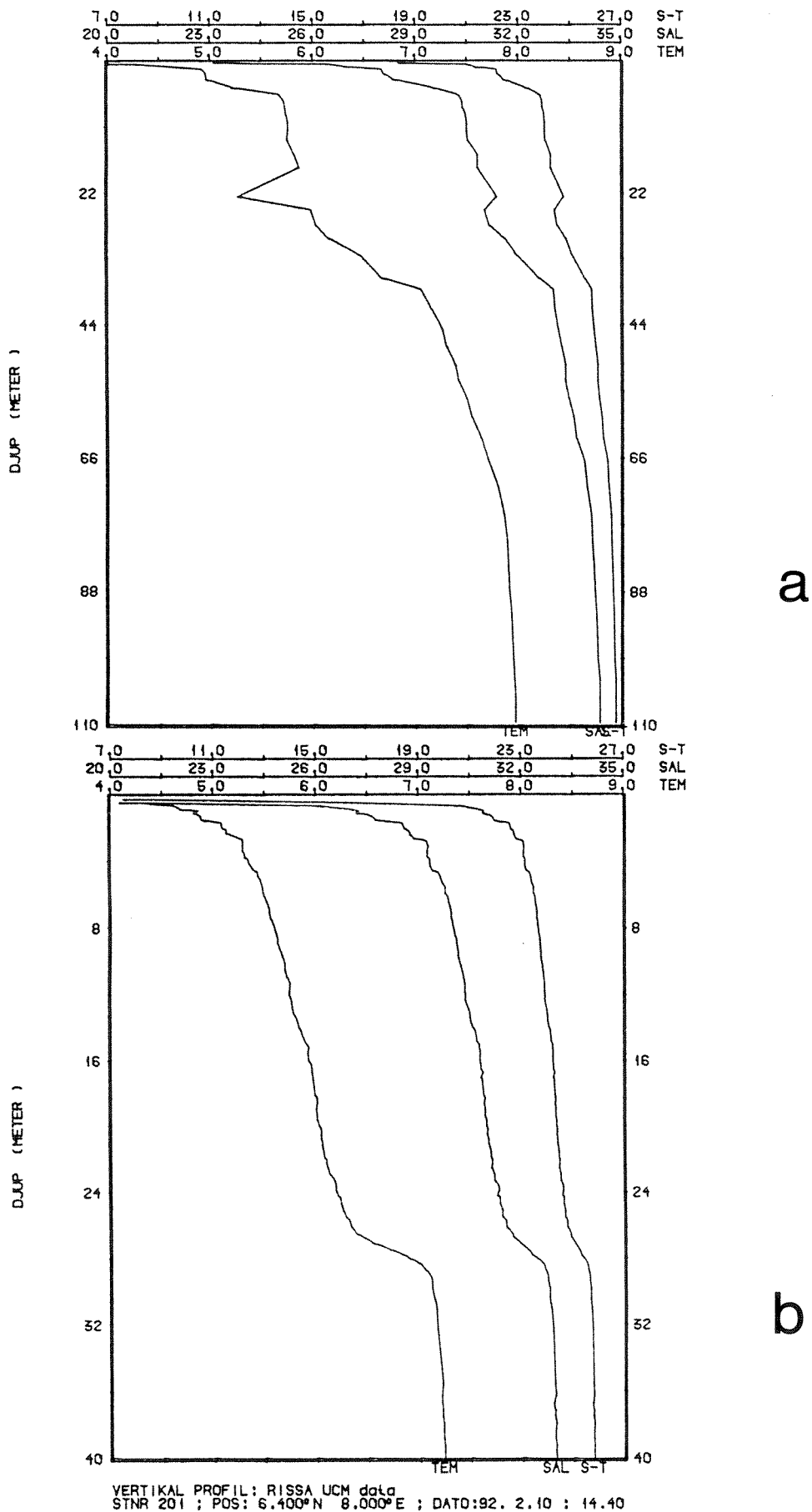
Målingene av salinitet og temperatur i ulike dyp i sjøen den 10. og 11. februar 1992 blei utført med h.h.v. en Sensordata ("Gytre") SD200 målesonde, og en SIMTRONIX UCM-40 målesonde.

Førstnevnte instrument måler automatisk hvert 5. sekund samhørende verdier av salinitet, temperatur og trykk (=dyp), etter hvert som sonden senkes i sjøen. Sistnevnte instrument gjør i prinsippet det samme som SD200 sonden, men logger hurtigere, og måler i tillegg strøm.

Måleposisjonene i Stjørnfjorden, Sørfjorden og Nordfjorden er markert i fig. 1.3. I alt 5 stasjoner blei tatt. Det var dårlig vær, og vanskelige forhold under målingene den 11. februar, og planlagt stasjon i ytre del av Sørfjorden (stasjon 3) måtte sløyfes. Profiler av salinitet, temperatur og sigma-t (sjøvannets densitet, repr. som  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) er synt i fig. 3.1 og 3.2.

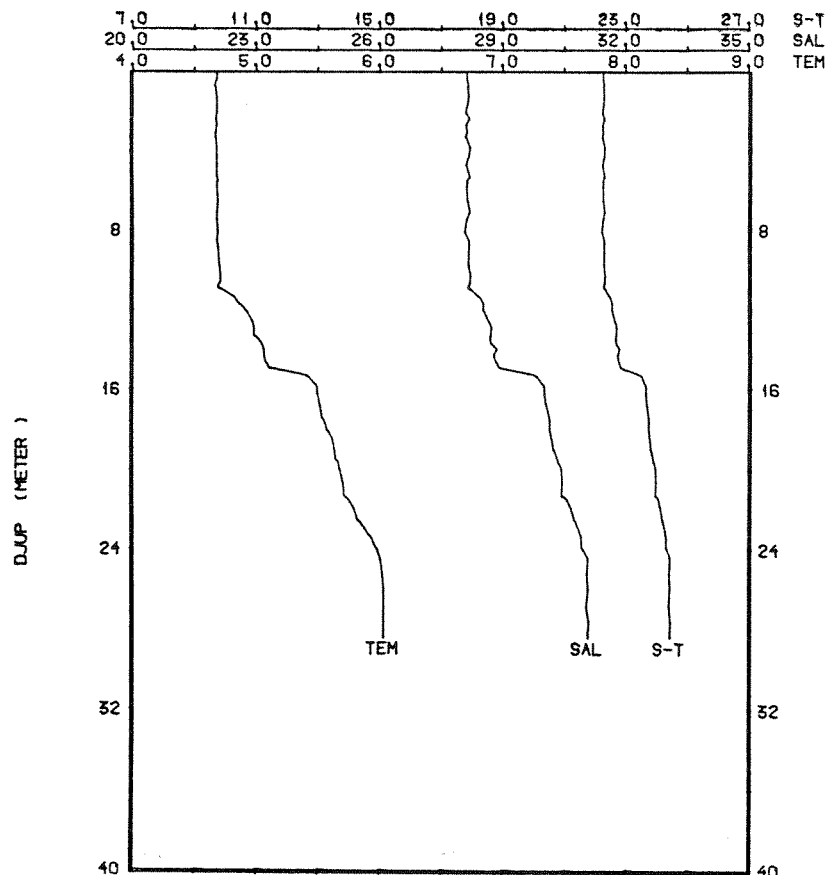
Stasjon 6 (fig. 3.1a) i Stjørnfjorden representerer en referanse for de andre stasjonene. Av profilene framgår det et kontinuerlig sjiktet lag fra overflate til ca 5 m dyp. Salinitetsverdiene nær overflaten var nær 23 promille, noe som indikerer markert ferskvannspåvirkning. Temperaturen i dette laget var også lav, noe som antyder påvirkning av kaldt ellevann. Fra 5 m til 20 m dyp er det et nesten homogent lag. Under dette igjen mer kontinuerlig sjiktning ned til 35 m dyp. Fra 35 m og nedover til max måledyp (110 m) var det tilnærmet homogene forhold, med salinitet og temperatur rundt 34.3 og 7.9°C h.h.v.



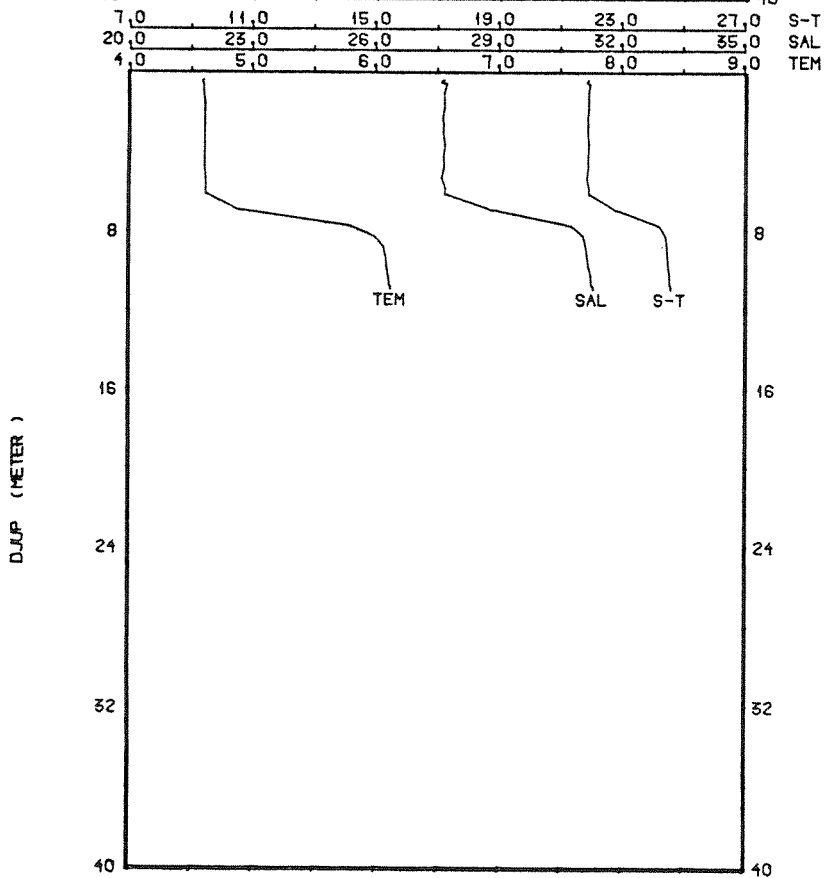


**Fig. 3.1.a,b.**

Vertikalprofil av målt salinitet (SAL), temperatur (TEM) og beregnet tetthet (S-T) på stasjon 6 (a) og 1 (b) 10. februar 1992.



a



b

VERTIKAL PROFIL: RISSA UCM data  
 STNR 203 ; POS:64.000°N 8.000°E ; DATO:92. 2.11 : 12. 0

**Fig. 3.2a,b.**

Vertikalprofil av målt salinitet (SAL), temperatur (TEM) og beregnet tetthet (S-T) på stasjon 4 (a) og 5 (b) 11. februar 1992.

Stasjon 1, innerst i Nordfjorden hadde en trelags struktur. Et sjiktet overflatelag strakte seg ned til 2-3 m dyp (fig. 3.1b). Helt i overflaten blei det målt salinitet rundt 5 promille, og temperatur under 2°C. I 1 m dyp var saliniteten 27 promille. Et karakteristisk grensesjikt som lå i 26-28 m dyp, markerte overgang til et nesten homogent dypvann, med verdier 7.2°C og 33.0 promille. Det markerte sprangsjiktet må skyldes terskelen til det indre bassenget i Nordfjorden, med terskeldyp på ca. 27 m, i følge hydrografisk originalkart fra Sjøkartverket.

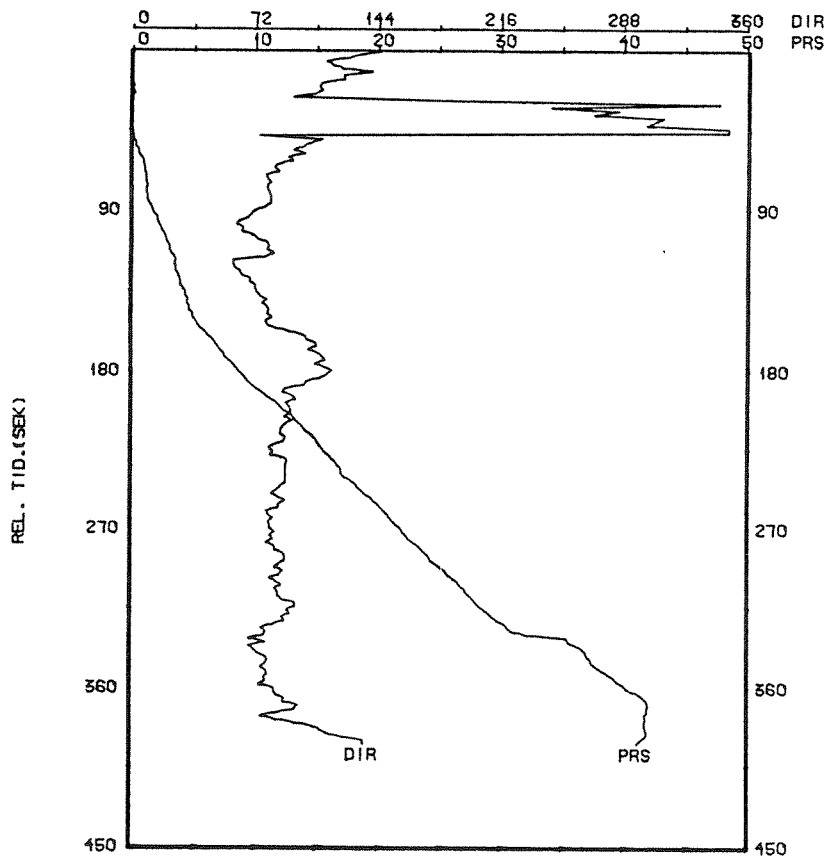
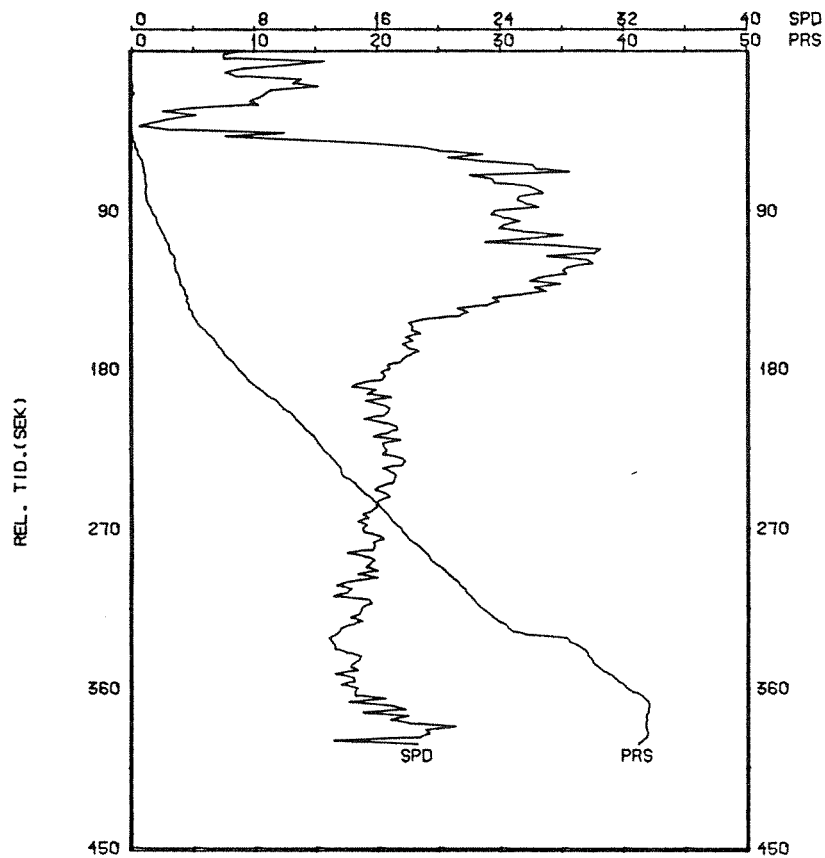
Stasjon 4, Sørfjorden midtre, hadde en annen lagstruktur enn stasjonene i Stjørnfjorden og Nordfjorden. Noe av forskjellen kan tilskrives at målingene blei tatt på to påfølgende dager. Det øvre laget strakk seg helt ned til 15 m dyp, og var tilnærmet homogent (S rundt 28, og T rundt 4.7°C ). Et tynt sprangsjikt i 15 m skilte mellom øvre lag og dypvannet, med verdier rundt 6°C og 31 promille (fig. 3.2a).

Stasjon 5, indre Sørfjorden hadde også en karakteristisk tolags struktur, med et spangsjikt i 7-8 m dyp, forårsaket av terskelen til det indre bassenget hvor målingene (fig. 3.2b) blei tatt. Bassengverdiene var rundt 6.1°C og 31.3 promille. Disse verdiene var vesentlig høyere enn i tilsvarende dybdeintervall på stasjon 4 lenger ute. I det øverste laget var verdiene litt lavere enn tilsvarende på stasjon 4.

### **3.2. Strømmålinger**

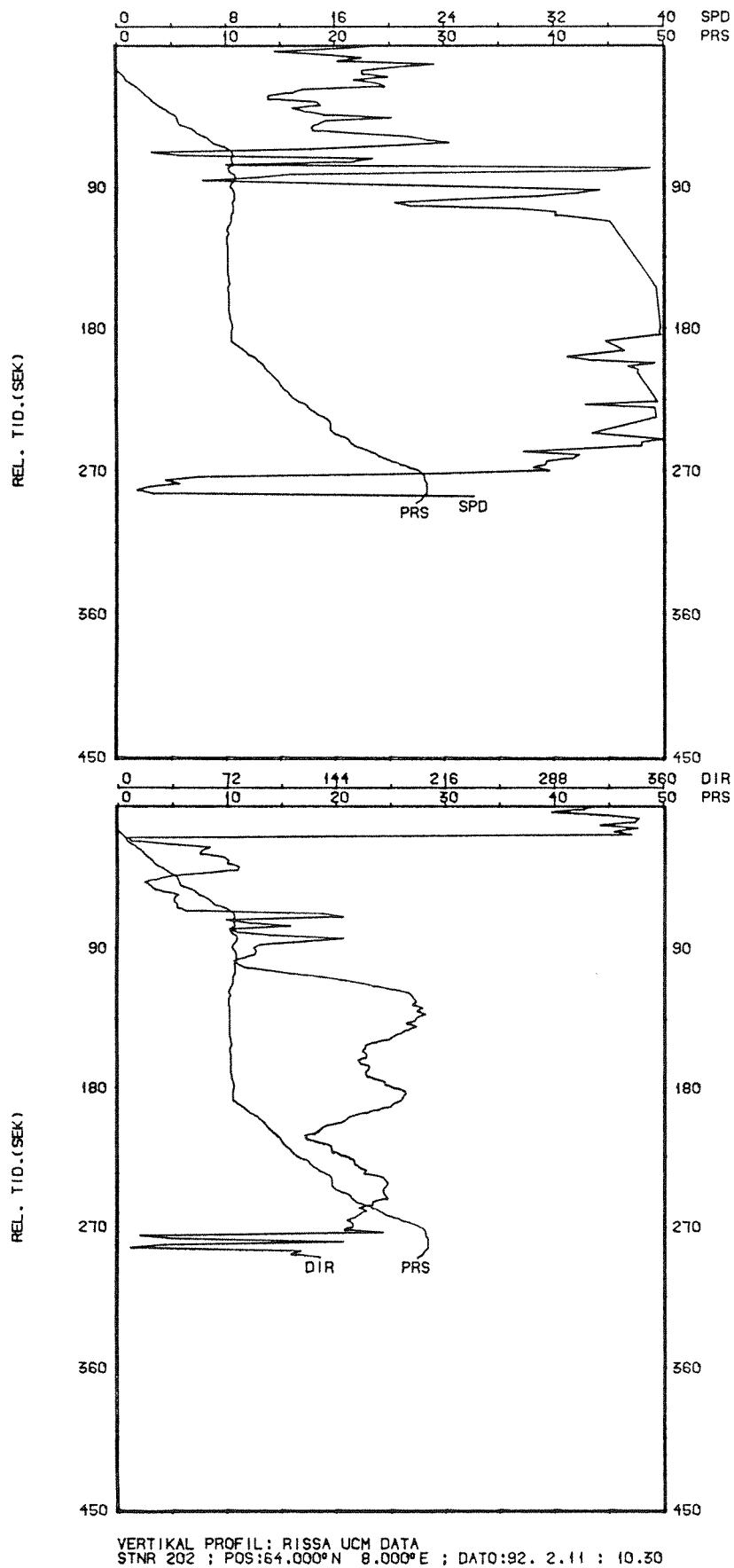
Strømmålinger begrenset seg til noen vertikalprofiler med ultralyd sonden UCM-40 den 10. og 11. februar 1992, på noen av stasjonene. Sonden blei senket sakte ned i sjøen frå båten, og holdt i ro i ulike dyp en stund. Måleintervallet var 2 sekunder. Figur 3.3 og 3.4 viser måleresultater, plottet som tidsserie sammen med kurven for sondens dyp. Båtens drift med overflatestrømmen vil påvirke målingene (absoluttverdiene). Det observerte profilet kan likevel gi informasjon om strømskille i gitte dyp, m.m.

Fig. 3.3 viser målingene fra stasjon 1, i Nordfjorden 10. februar. Båten dreiv langsomt (10-15 cm/s) utover fjorden. Dette ga seg utslag i målt strømretning, som synte verdier rundt 70-100°, d.v.s. motsatt rettet båtens drift. Helt i overflaten målte sonden naturlig nok null strøm.



VERTIKAL PROFIL: RISSA UCM DATA  
 STNR 201 ; POS: 6.400°N 8.000°E ; DATO:92. 2.10 : 14.40

Fig. 3.3. Målt strømfart (SPD, cm/s) og strømretning (DIR), samt måledypet (PRS, i meter) på stasjon 1 i Nordfjorden 10. februar 1992.



VERTIKAL PROFIL: RISSA UCM DATA  
 STNR 202 ; POS:64.000°N 8.000°E ; DATO:92. 2.11 : 10.30

**Fig. 3.4.** Målt strømfart (SPD, cm/s) og strømretning (DIR), samt måledypet (PRS, i meter) på stasjon 1 i Nordfjorden 10. februar 1992.

Fra like under overflaten og ned til 5-6 m dyp var det et karakteristisk maksimum i strømstyrken. Forklaringen på dette må være at laget representerer en inngående "kompensasjonsstrøm" i fjorden. Lagtykkelsen synes også å være bekreftet av de hydrografiske målingene (fig. 3.1.a).

Målingene fra stasjon 4 i Sørfjorden er synt i fig. 3.4. Også disse målingene er påvirket av båtens drift, med hovedretning mot øst, inn fjorden. Målingene indikerer et strømskille rundt 10 meters dyp. Også de samtidige hydrografiske målingene indikerte en overgang i dette dypet (fig. 3.2a).

Retningsobservasjonene viser en oscillasjon med periode ca. 2.5 minutt. Dette kan muligens være knyttet til indre bølger i fjorden, som er generert f. eks. av den sterke vinden den aktuelle dagen.

### **3.3. Oksygenmålinger**

Oksygenmålingene som vi her refererer til, blei innsamla på et tokt 4. mai 1992. (Oksygenprøvene innsamla i februar gikk tapt under transport). Det blei ikke samtidig målt salinitet. For beregninger av metningsverdier har vi derfor benyttet salinitetsmålingene fra februar (foregående avsnitt), med antakelse om at det ikke har vært store endringer i mellomtiden. Feilen (p.g.a. evt. feil salinitet) vil uansett neppe være mer enn max 5 %.

For analyse av oksygenprøvene blei Winklers metode benytta. Resultatene av oksygenanalysene er synt i tabell 3.1. Resultatene indikerer noe lave, men likevel tilfredsstillende oksygenverdier i Stjørnfjorden, og på den ytre stasjonen i Sørfjorden. Den indre stasjonen (stasjon 5) viser tegn til overbelastning i dypvannet.

Den høye verdien i 5 m dyp kan skyldes osygenproduserende alger i sjøen (også en effekt av lokal overbelastning). Det blei imidlertid ikke tatt noen prøver av vannet som kan bekrefte dette. Tidspunktet på året er også tidlig i forhold til vanlig algeoppblomstring.

**Tabell 3.1.** Resultat av oksygenanalyser (Winklers metode) fra prøvetaking 4. mai 1992 i Stjørnfjorden og Sørfjorden i Rissa. Se fig. 1.3 for stasjonsplassering. Verdier omregnet til ml O<sub>2</sub>/l. (1 ml O<sub>2</sub>/l = 1.42 mg O<sub>2</sub>/l).

STASJ	DJUP	S(‰)	T (°C)	SIGMA <sub>t</sub>	O <sub>2</sub> (ml/l)	METN	O <sub>2</sub> (%)	AOU(ml/l)
St 1	10 m:	30.00	7.30	23.44	5.35	6.93	77.2	1.58
St 1	20 m:	31.00	7.60	24.19	5.35	6.84	78.2	1.49
St 1	40 m:	33.00	7.10	25.83	5.00	6.83	73.2	1.83
St 2	20 m:	31.00	7.60	24.19	5.42	6.84	79.2	1.42
St 2	50 m:	33.00	7.80	25.73	5.28	6.72	78.5	1.44
St 2	100 m:	34.50	7.80	26.91	5.50	6.66	82.6	1.16
St 2	140 m:	34.80	7.80	27.15	5.50	6.65	82.8	1.15
St 3	20 m:	31.00	7.60	24.19	5.35	6.84	78.2	1.49
St 3	50 m:	33.00	7.80	25.73	5.14	6.72	76.5	1.58
St 3	90 m:	34.50	7.90	26.90	5.21	6.64	78.4	1.43
St 4	10 m:	30.00	7.20	23.46	5.85	6.95	84.2	1.10
St 4	20 m:	31.00	7.70	24.18	5.28	6.83	77.4	1.55
St 4	40 m:	33.00	7.80	25.73	5.07	6.72	75.4	1.65
St 5	5 m:	30.00	7.80	23.38	7.18	6.85	104.8	-0.33
St 5	10 m:	30.00	7.60	23.40	3.80	6.89	55.2	3.09

### Målinger med sonde

På to stasjoner blei det også tatt prøver med oksygen-sonde, for sammenlikning. Tabell 3.2 viser resultatene av disse målingene, sammen med tilsvarende Winkler-resultat. Resultatene viser at målesonden ga noe for høye verdier (0.7 til 1.2 ml/l for høyt). For vårt formål finner vi det mest aktuelt å holde oss til de kjemiske analyse-resultatene. Disse er antatt å ha den høyeste presisjonen. Dessuten foreligger det ikke sondemålinger fra alle stasjonene.

**Tabell 3.2.** Sammenlikning mellom oksygenverdier fra kjemisk analyse og målesonde. Verdier gitt som ml O<sub>2</sub>/l.

	Sta. 5, Sørfjord indre		Stasj. 4, Sørfjord midtre		
Måledyp	5 m	10 m	10 m	20 m	40 m
Winkler	7.18	3.80	5.85	5.29	5.07
Målesonde	7.89	3.73	7.11	5.99	5.77
Differanse	-0.71	0.07	-1.26	-0.70	-0.70



## 4. VURDERING AV TILSTAND OG EFFEKTER

*Måledata og generelle opplysninger gitt i foregående kapitler, gir et visst grunnlag for en vurdering av tilstand i Sørfjorden (resipienten), og sårbarheten for (økte) organiske tilførsler og annen forurensing.*

### 4.1. Utslippene fra slakteriet

#### 4.1.1. BOF

Næringsmiddeltilsynet i Fosen står for regelmessig kontroll av prosessvannet (vaskevann, blodvann) fra Slakteriet. Det antas at prøvene, som tas i ulike sykler av produksjonen, fanger opp det meste av den forurensing som produksjonen gir.

Produksjonen varierer fra dag til dag. Det er også tale om topper og slakke perioder i løpet av døgnet. Variasjon innenfor prøvetakingsdøgnet antas å bli dekket gjennom den aktuelle prøvetakingsprosedyren, med prøver som tas ut med faste tidsintervall gjennom døgnet.

Vi har tatt utgangspunkt i prøver tatt i årene fra 1990 t.o.m. 18. februar 1992. Resultater er presentert i Tabell 4.1. Det framgår av tabellen at spesifikke utslippsmengder av organisk utslipp (som er konsesjonsbetinget) varierer mye. Middelveiden på 9.7 kg BOF/tonn slakt ligger over konsesjonsgrensen på 8 kg/tonn (avsnitt 1.2).

Selv om slaktemengden i 1992 har økt, har de spesifikke utslippstall holdt seg jevne, og under konsesjonsgrensen. Dette kan skyldes grundigere kontroll og rensing. Aktuelt vannforbruk påvirker imidlertid beregningene; lite vannforbruk gir seg utslag i mindre totalutslipp av KOF, og dermed mindre KOF/tonn slakt. I følge tabellen har det vært store variasjoner i vannforbruk, fra 47 til 82 m<sup>3</sup>/døgn. I 1992 var verdiene for vannforbruk nær eller litt over middels.

**Tabell 4.1.** Analyseresultater for avløpsvann, samt produksjonstall for Bøndernes Salgslag, avd. Fosen, sitt slakteri i perioden 1990-1992. Kilde: Næringsmid-deltilsynet i Fosen.

DATO	VANN-MENGDE	SLAKTE-MENGDE	BOF <sub>7</sub> /m <sup>3</sup>	BOF <sub>7</sub> /tonn	Tot. BOF
16/01/90	54 m <sup>3</sup>	19.4 tonn	2.76 kg	7.7 kg	149 kg/d
07/03/90	71 m <sup>3</sup>	18.7 tonn	4.28 kg	16.2 kg	304 kg/d
15/05/90	54 m <sup>3</sup>	22.8 tonn	2.38 kg	6.5 kg	128 kg/d
17/07/90	79 m <sup>3</sup>	18.7 tonn	2.39 kg	10.9 kg	189 kg/d
20/11/90	75 m <sup>3</sup>	20.1 tonn	4.44 kg	16.5 kg	333 kg/d
10/06/91	82 m <sup>3</sup>	21.1 tonn	1.94 kg	7.55 kg	159 kg/d
17/12/91	47 m <sup>3</sup>	14.7 tonn	2.77 kg	8.84 kg	130 kg/d
08/02/92	72 m <sup>3</sup>	24.3 tonn	2.18 kg	6.45 kg	172 kg/d
17/02/92	68 m <sup>3</sup>	25.8 tonn	2.52 kg	6.66 kg	157 kg/d
<b>Middel</b>	67 m <sup>3</sup>	20.6 tonn	2.85 kg	9.7 kg	177 kg/d

Tabell 4.1 gir lite grunnlag for å avdekke eksakte tidstrender for de ulike verdiene. Økningen i slaktemengde i 1992 er sannsynligvis signifikant, og i tråd med den forventede produksjonsøkningen (til 5000 tonn/år) som det søkes konsesjon for (avsnitt 1.2).

Totale døgnutslipp har imidlertid ikke økt i takt med produksjonen. Om en regner 220 produksjonsdager pr år, vil dette utgjøre (8kg/tonn X 5000 tonn)BOF/220 dager = 182 kg BOF/dag. Verdiene fra tidlig i 1992 ligger under denne grensen. En døgnproduksjon på 25.8 tonn (17/2 1992) tilsvarer imidlertid ca 5500 tonn på årsbasis, og kan indikere at produksjonsanslaget på 5000 tonn/år er for konservativt.

For våre betraktninger synes det være realistisk å regne med døgnutslipp på ca 170 kg BOF, eller en årsverdi på ca. 37.5 tonn BOF. Tillegget fra bosetning på 5.5 tonn BOF gir et totalt utslipp på ca. 42.5 tonn BOF gjennom rørledningen.

#### 4.1.2. Fosfor og nitrogen

Det er gjort lite analyser på fosforinnholdet i avløpsvannet. Nylige målinger antyder verdier for Tot-P mellom 11 mg/l og 35 mg/l. På årsbasis vil dette utgjøre mellom 170 og 500 kg Tot-P pr år i utslippet fra slakteriet.

**Vaskevannet** har langt høyere Tot-P verdier. tidligere målinger antyder verdier av størrelsesorden 5-10 g/l. Vaskevannsmengdene er små i sammenlikning med produksjonsvannet (ingen vannmengdedata foreligger), men kan likevel bidra noe til totalen.

Vennerød (1984) angir verdi for Tot-P på 0.12-0.28 kg/tonn slakt (storfe) fra slakterier. Med årsproduksjon på 5000 tonn/år, tilsvarer dette fra 600 til 1400 kg Tot-P/år. M.a.o. noe mer pr. år enn det målingene i avløpsvannet fra Bøndernes Salgslag viser.

For nitrogen foreligger det lite analyser. En verdi fra 1988 antyder Tot-N lik 23.5 mg/l i "utslipp etter rensing". Dette vil tilsvare ca 350 kg på årsbasis. Vennerød (1984) angir 0.72-1.68 kg Tot-N/tonn slakt. Dette tilsvarer (for 5000 tonn slakt/år) 3.6 - 8.4 tonn Tot-N/år. Sistnevnte verdier kan være noe for høye for tilfellet Bøndernes Salgslag, avd. Fosen sitt utslipp, men antyder hvor øvre grense kan ligge.

Vennerød opererer for øvrig med et Tot-N/Tot-P forhold på 6.25 (vekt) for utslipp fra slakterier. Dette er litt lavere enn det naturlige forholdet i sjøvann/marine organismer, og indikerer et fosfor overskudd i utslippet. Om en også tar i betraktning vaskevannet, vil fosfor-overskuddet bli ennå større (lavere N/P forholdstall). Vaskevannets bidrag er imidlertid vanskelig å kvantifisere ut fra foreliggende data.

Fosfor og nitrogenutslipp fra 200 pe (bosetning) tilsvarer om lag 150 kg P og 900 kg N, d.v.s. av størrelsesorden 20-25 % av slakteriets utslipp.

#### 4.2. Andre utslipp

En oversikt over samlede utslipp (fordelt på ulike kilder) innenfor **LENKA** sone 1615, som omfatter Stjørnfjorden med sidefjorder, er gitt i vedlegg 1. Det er der ikke spesifisert hvilke kilder som er knyttet til hver fjord. For Tot-N dreier samlede årstilførsler til sonen seg om 188 tonn, og for Tot-P om 11.3 tonn.

Selv om Sørfjorden er vesentlig mindre enn Stjørnfjorden, (arealforhold 1:10), er sannsynligvis tilførslene relativt sett større, p.g.a. vesentlig bosetning, jordbruk og noe industri i nedslagsfeltet til Sørfjorden. Om en grovt sett antar at 1/3 av N og P tilførslene går til Sørfjorden, utgjør dette ca. 60 tonn Tot-N og 4 tonn Tot-P pr år, hvor utslippene fra Bøndernes Salgslag sitt slakteri er antatt inkludert.

En sammenlikning mellom de antatte totale utslippene og bidraget fra slakteriet, gir relative bidrag av størrelsesorden 10 % for Tot-N, og 25 % for Tot-P. M.a.o. langt større relativt bidrag for fosfor, og også et vesentlig bidrag totalt sett.

#### 4.3. Modellberegninger for fjordsirkulasjon

For å få et overslag over vannutskiftingsmekanismer og ulike belastningsfaktorer, har vi kjørt EDB modellen "Fjordmiljø", som er utviklet av A. Stigebrandt i Gøteborg, i samarbeid med NIVA (Stigebrandt, 1991). En del av den basale teorien og det empiriske grunnlaget for modellen er dokumentert i Stigebrandt m.fl. (1992).

Resultat av beregningene er synt i Vedlegg 2, med ymse tabeller. Noen av tabellene refererer seg til (effekt av) fiskeoppdrett, og er ikke umiddelbart relevante i vår sammenheng.

Av tabell 5 framgår det at teoretisk beregnet oppholdstid for vann over terskeldyp er 6.3 døgn. For ferskvannet i Sørfjorden (tilnærmet brakkvannet) er oppholdstiden av størrelsesorden 0.5 til 1 døgn, avhengig av tilrenning og vindforhold (tabell 5A).

*Naturlige tilførsler til bassengvannet (dypvannet) av N, P og organisk materiale er h.h.v. 22.2, 3.1 og 441 tonn/år (tabell 6A). Sistnevnte refererer seg til oksygenforbruk (UOD, tilnærmet KOF). Omregnet til BOF vil dette tilsvare om lag 260 tonn. Disse tallene er teoretiske, men baserer seg på erfaringsgrunnlag fra en rekke fjorder langs norskekysten.*

Merk at disse tallene rimer noenlunde bra med opplysningene hentet fra LENKA utredningen (se ovenfor), selv om størrelsene ikke er helt sammenliknbare (tilførsler til bassengvannet versus tilførsler til en geografisk sone).

#### 4.4. Modellberegninger for innlagringsdyp

Tilførslene av organisk materiale o.a. gjennom rørledningen vil bli fortennet og spredd i fjorden. Rådende hydrografiske og strømmessige forhold vil bestemme både fortenning og spredning. Siden utslippet består av ferskvann, vil dette til enhver tid være lettere enn det omgivende fjordvannet i utslippsdypet på 20 meter.

Utslippsvannet vil stige opp i vannsøylen et stykke, inntil det er så mye innblandet med fjordvann at det innlagres. Innlagringsdypet kan beregnes, forutsatt at en kjenner vannfluksen i røret, og de hydrografiske forholdene (sjiktningsforholdene) i resipienten. Utslippsvannet kan således enten føres utover, og ut av fjorden, eller innover i fjorden med kompensasjonsstrømmen under overflatelaget. Våre målinger indikerer eksistensen av en slik strøm.

De hydrografiske forholdene varierer gjennom året. Vi har ikke foretatt målinger ut over de som blei utført i februar 1992. Disse representerer sansynligvis en typisk vintersituasjon i fjorden.

Målingene (fra stasjon 4 og 5) danner basis for innlagrings- og fortenningsberegninger foretatt med modellen "JETMIX" (Bjerkeng, 1979). Stasjon 5 er påskjøtet data fra stasjon 4, for dyp større enn 10 meter. Vi har også "laget" en sannsynlig sommer-profil, med sterkere sjiktning, og foretatt modellberegning på denne, selv om dette muligens ikke gir realistiske resultater.

##### Initialbetingelser

For hver profil/beregning gjelder

Utslippsdyp:	20 m (beregning 1,2 og 3, 25 m (4) og 30 m(5).
Rør-diameter:	0.20 m.
Vannfluks:	70 m <sup>3</sup> /døgn.
Rør-diffusor:	ingen (sirkulær røråpning, hosisontalt rør)

Som tidligere beskrevet, er det tildels store variasjoner i vannfluks fra dag til dag. Vi har tatt utgangspunkt i en middelsituasjon. Vannfluksen er neppe jevnt fordelt over døgnet. Derfor har vi foretatt tre simuleringer, med fluksen fordelt over h.h.v. 24 timer (3 cm/s utslippshast.), 12 timer (6 cm/s utslippshast.) og 8 timer (9 cm/s utslippshast.). I alle

tilfellene dreier det seg om små hastigheter ut av røret. Initalfortynningen i den s.k. jet-fasen er derfor trolig liten, slik at oppdriftskreftene dominerer.

### Resultater

De viktigste resultatene av beregningene er presentert i tabell 4.2. For våre betraktninger er "Center Depth" og "Center Dilution" de viktigste. Profil 1 er NIVAs stasjon 4. Profil 2 er NIVAs stasjon 5, og profil 3 er den konstruerte "sommerprofilen".

Innlagringsdypet varierer lite med vannfluksen, og ligger rundt 15-16 meter (vinter) og 16-17 meter (sommer). Stråletykkelsen er liten, 1-2 meter. Økning av utslippsdyp til 25 eller 30 m øker innlagringsdypet markert. Fortynningen ligger i området 40 - 70 for vinterprofilene, og noe lavere for sommeren. Merk at profil 1 og 2 har samme hydrografiske data for dybder større enn 10 meter, slik at for større innlagringsdyp enn dette, vil resultatene se like ut.

**Tabell 4.2.** Resultat av innlagrings- og fortynningsberegninger med modellen JETMIX. For hver hydrografisk profil er det foretatt 5 ulike beregninger, for varierende vannfluks og utslippsdyp (se teksten ovenfor). DEPTH angir nøytralt innlagringsdyp, og CENTER DILUT. angir fortynning etter innlagring. EQS er minste dyp for senter av "strålen" før den innstiller seg i likevektsdypet.

ENTRAINMENT AND DILUTION, 3      OUTFALL SITE: Sørfjorden, RISSA												
PRO- FILE NR.	JET DATA AFTER CONTRACTION					RESULTS						
	NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	NEUTRAL		POINT		EXTREMAL DEPTHS		
					WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)		
1	1	20.0	.20	.03	0	1.0	89	70	15.6	14.7	13.3	
	2	20.0	.20	.06	0	1.1	89	49	15.3	14.2	12.2	
	3	20.0	.20	.09	0	1.1	89	41	15.2	13.9	11.4	
	4	25.0	.20	.09	0	1.4	89	55	19.1	17.0	14.2	
	5	30.0	.20	.06	0	1.7	89	99	22.8	20.7	18.0	
2	1	20.0	.20	.03	0	1.0	89	70	15.6	14.7	13.3	
	2	20.0	.20	.06	0	1.1	89	49	15.3	14.2	12.2	
	3	20.0	.20	.09	0	1.1	89	41	15.2	13.9	11.4	
	4	25.0	.20	.09	0	1.4	89	55	19.1	17.0	14.2	
	5	30.0	.20	.06	0	1.7	89	99	22.8	20.7	18.0	
3	1	20.0	.20	.03	0	.7	89	39	17.0	16.1	14.5	
	2	20.0	.20	.06	0	.8	89	30	16.7	15.5	13.8	
	3	20.0	.20	.09	0	.9	88	26	16.4	15.2	13.3	
	4	25.0	.20	.09	0	1.3	89	47	19.7	17.7	15.8	
	5	30.0	.20	.06	0	1.3	89	64	24.5	22.5	19.6	

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

#### 4.5. Utslippets bidrag til belastning av fjorden

Vi har ikke tilstrekkelig datagrunnlag for fullstendig å beskrive eutrofitilstanden i Sørfjorden. Oksygenmålingene fra mai 1992 indikerer tilfredsstillende forhold (om enn ikke 100 % metning) i største deler av fjorden, men lave verdier i innerste delen. Målingene blei tatt i et tidspunkt på året før - eller i tidlig fase av - den biologiske produksjonssyklusen. Dypvannsutskifting i terskelfjorder skjer gjerne på ettervinteren eller om våren.

Det er mulig at en dypvannsutskifting alt hadde funnet sted før målingene i mai blei utført. Målingene fra 90 m dyp ytterst i Sørfjorden (stasjon 3) tyder på dette, selv om vi ikke kjenner før-situasjonen der. Det indre bassenget som syntet markert oksygenreduksjon, er grunt, og vannet der har derfor neppe lang oppholdstid uansett (liten, men jevn utskifting over året). De lave oksygenverdiene tyder derfor på at den indre delen av fjorden er overbelastet med oksygenforbrukende materiale.

Tilførsler av organisk stoff fra Bønderenes Salgslag til resipienten er av størrelsesorden 37.5 tonn BOF pr år. Modellberegningene for naturlige tilførsler av organisk materiale (avsnitt 4.3, og vedlegg 2) til bassengvannet ga et tall av størrelsesorden 260 tonn pr år, eller av størrelsesorden 7 ganger utslippet fra Bøndernes Salgslag. Bare en del av utslippene fra slakteriet havner i bassengvannet, slik at forholdstallet i realiteten er større enn det antydete, muligens rundt 15. Sett i relasjon til dette, synes ikke organiske tilførsler fra slakteriet å bidra mer enn av størrelsesordenen 5-10% til belastningen av Sørfjorden, om en antar noenlunde jevn horisontal fordeling av utslippet i fjorden.

Fosfortilførslene fra slakteriet er sannsynligvis av størrelsesorden 500-1000 kg pr år. De beregnede naturlige tilførslene til bassengvannet er av størrelsesorden 3 tonn pr år. Fosfortilførslene fra slakteriet har med andre ord et langt større relativt bidrag enn de organiske tilførslene.

Om vi tar utgangspunkt i Vennnerøds (1984) tall for nitrogenutslipp fra slakterier, ligger disse tilførslene fra slakteriet på rundt 20 % av det beregnede naturlige bidraget til bassengvannet. Som for organisk materiale, vil bidragene for både N og P til selve bassengvannet sannsynligvis bli noe mindre enn antydnet, siden en del av stoffet vil forbli i øvre del av vannsøyen og til sist bli ført ut av fjorden. Næringssalt-tilførslene fra slakteriet synes imidlertid å bidra relativt sett mer til stoffbudsjettet i fjorden, enn organiske tilførsler.

Strømmålingene som blei foretatt med ultralyd måler i februar 1992, indikerer et sjikt med innoverrettet strøm (kompensasjonsstrøm) i Sørfjorden. Et slikt sjikt eksisterer i de fleste fjorder som har ferskvannstilrenning av betydning (jamfør med kapittel 2). Dybden og tykkelsen av dette sjiktet vil variere over året. Våre målinger indikerer at sjiktet lå fra 10 meters dyp og nedover. Dette vil i så fall si at under de rådende forhold i februar, blei utslippet fra rørledningen på 20 m dyp ført innover i fjorden, muligens helt inn mot det indre bassenget hvor oksygenprøvene synte redusert nivå (påvirkning).

Modellberegningene for naturlig organisk belastning m.m. gjaldt Sørfjorden som helhet. Selv om måleomfang for både strøm og oksygen/hydrografi er beskjedent, synes målingene å indikere at utslippet gjennom rørledningen ikke spres jevnt i fjorden, men at en større del føres innover mot fjord-enden, og sannsynligvis påvirker vannkvaliteten negativt der. Dette har sammenheng med at utslippsvannet i alle fall tidvis har stor sannsynlighet for å innlagres i et innoverrettet strømsjikt.

Målingene indikerer at indre deler av Sørfjorden i dag er overbelastet, forurensingsmessig sett. Lokale kilder (elv, jordbruk) bidrar utvilsomt til denne belastningen. Dagens tilførsler fra slakteriet og noe bosetning, med dykket utslipp i 20 meter ute i fjorden, synes også å bidra til overbelastningen lenger inne. Sentrale deler av Sørfjorden synte noe redusert oksygeninnhold (75-80 % metning) i mai. Dette var imidlertid ikke lavere enn i Stjørnfjorden, og er muligens ikke unormalt.

En justering av utslippsdypet, eller en annen døgn-fordeling av utslippet (f. eks. sterkere kortvarige pulser) vil kunne bringe utslippsvannet til innlagring i et gunstigere sjikt, med utoverrettet strøm. Våre innlagringsberegninger synte f. eks. at en senking av utslipps-



dypet også vil medføre vesentlig økt innlagringsdyp, muligens under sjiktet med innoverrettet strøm.

#### **4.6. Utslipp fra framtidig slakteri**

Det er som antydnet i kapittel 1, også planlagt et vaskeri med utslipp på 6-8 tonn vaskevann pr døgn til Sørfjorden, gjennom rørledningen. Vaskevannet kan ha høye konsentrasjoner av fosfater. I dag brukes imidlertid mye fosfatfrie vaskemidler, som ikke belaster resipienten i like stor grad som før. Med nye teknikker kan en relativt stor rensegrad oppnåes. Før en kjenner den endelige kjemiske sammensetningen av avløpsvannet, er det vanskelig å uttale seg om relative bidrag til belastningen i fjorden.

#### **4.7. Videre undersøkelser**

Kunnskapen om miljøtilstanden i Sørfjorden synes mangelfull. Dette gjør det vanskelig å kunne fatte endelige beslutninger om økte forurensingstilførsler. En prøvetakingssyklus for oksygen og hydrografi over ca ett år vil være et nyttig og viktig bidrag for å kunne fatte disse beslutningene. Slik prøvetaking kan gjennomføres i lokal regi.

Prøver av bunnsediment og bunnfauna ulike steder i fjorden vil også gi nyttig informasjon om tilstanden i fjorden.

En nærmere kartlegging av inn- og utoverrettede strømsjikt vil kunne avdekke gunstigste innlagringsdyp for å få transportert utslippet ut i hoveddelen av Sørfjorden, og videre utover i fjorden. Dette kan gjøres med faststående strømmålere over visse perioder, helst til ulike tider av året for å få best mulig statistisk grunnlag.

Basert på strømmålingene, vil en kunne designe og kontrollere utslippet slik at mesteparten av forurensingen føres direkte ut av fjorden.

Det anbefales også at det legges opp til en viss langsiktig overvåking av miljøtilstanden, ved hjelp av et begrenset årlig prøvetakingsprogram.

## LITTERATUR

Aure, J. og A. Stigebrandt 1988: Fiskeoppdrett og fjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Havbruksplan, Møre og Romsdal, delrapp. 3, I. M & R Fylkeskommune, Molde.

Bjerkeng, B. 1979: Diffusor og initialfortynning. Brukerbeskrivelse for programmet JETMIX. Notat, NIVA, Oslo, 32s.

Bjerknes, V., L. G. Golmen, J. Sørensen, K. Sørgaard og P. B. Wikander 1987: Kriterier og metoder ved planlegging av fiskeoppdrett i sjøen. NIVA rapp. nr. 2063.

Erga, S. R., E. Oug, J. Knutzen og J. Magnusson 1990: Eutrofitilstand i norske fjorder og kystfarvann med tilgrensende havområder. Rapp. nr. 2370 NIVA, Oslo.

Farestveit, T. 1986: Tiltak for å redusere forurensnings-belastninger fra fiskeoppdrett. SFT rapp nr.76.

Faafeng, B. og H. O. Ibrekk 1989: Norske tilførsler av fosfor og nitrogen til Skagerrak. VANN nr 2/89.

Golmen, L. G., I. Haugen, B. Rygg og J. Skei 1988: Indre Namsenfjorden i Nord-Trøndelag. Vurdering av vannkvaliteten. Rapp. nr. 2129 NIVA, Oslo.

Golmen, L. G., H. Svendsen og S. Mikki 1989: Straumtilhøve og vassutskifting i Sandsfjorden og Hylsfjorden i Ryfylke. Norsk Fiskeoppdrett, nr. 11/89.

Haakstad, M. 1979: The exchange of water between the Norwegian coastal current and the fjords in autumn. Rapp. 1979:4 Nordl. Distriktshøgskole Bodø.

Klinck, J. M., J. J. O'Brien og H. Svendsen, 1981: A Simple Model of Fjord and Coastal Circulation Interaction. Journ. Phys. Ocean, Vol. 11, nr 12.

Mork, M. 1981: Circulation phenomena and frontal dynamics of the Norwegian coastal current. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A **302**.

Pedersen, A. (red.) 1982: Miljøpåvirkning frå fiskeoppdrett. Rapp. FP 80802 NIVA, Oslo.

Stigebrandt, A. 1991: Beregning av miljøeffekter i fjorder fra fiskeoppdrett m.m. Lærebok for brukere av dataprogrammet Fjordmiljø. Foreløpig rapport, 17/7 1991, ANCYLUS, Gøteborg.

Stigebrandt, A., J. Aure og J. Molvær 1992: Utprøving og kalibrering av terskelfjordmodellen. Rapp. nr. 2701, NIVA, Oslo.

Vennerød, K. 1984: Håndbok i innsamling av data om forurensingstilførsler til vassdrag og fjorder. Rapp. nr. 1668, NIVA, Oslo.

## Beregning av tilgjengelig kapasitet organisk belastning.

Sonenummer: 1615  
Sonenavn: Stjørnfjorden  
Fylke: Sør-Trøndelag  
Kommunenr.: 1621, 1624, 1627

Har fylket informasjon om marine  
konsesjoner er aktivisert eller ikke ?  Ja  
(Hvis "Nei" registreres alt som  
aktiviserte).

Sist kalkulert: 30-06-1989

Totalt sjøareal 90,6 km<sup>2</sup>  
Areal A-områder 78,0 km<sup>2</sup>  
Areal B-områder 2,3 km<sup>2</sup>  
Areal C-områder 10,3 km<sup>2</sup>

Kalkulasjonen er basert  
på 100,0 % av parametrene.

	A-områder	B-områder	C-områder
Naturlig kapasitet for organisk belastning (tonn fisk).	4680	69	154
Aktiviserte konsesjoner for laks og ørret (m <sup>3</sup> ).	0	0	8000
Ikke aktiviserte konsesjoner for laks og ørret (m <sup>3</sup> ).	0	0	0
Aktiviserte konsesjoner for marine arter (m <sup>3</sup> ).	0	0	0
Ikke aktiviserte konsesjoner for marine arter (m <sup>3</sup> ).	0	0	0
Konsesjoner for røye (m <sup>3</sup> ).	0	0	0
Samlede merdekonsesjoner (omregnet til tonn fisk).	0	0	200
Annen organisk belastning (måles i tonn produsert fisk).	1784	62	228
Tilgjengelig kapasitet for organisk belastning (tonn fisk)	2896	7	-273

**Tekstfelt:**

Samlede utvidelsesmuligheter for eks. laksefiskkonsesjoner er 4.000 m<sup>3</sup>. Settefiskkonsesjon på 300.000 stk har avrenning til C-områdene.

# Utskriftsskjema B: Beregning av tilgjengelig arealkapasitet.

Sonenummer: 1615

Sonenavn: Stjørnfjorden

Fylke: Sør-Trøndelag

Kommunenr.: 1621, 1624, 1627

Totalt sjøareal 90,6 km<sup>2</sup>

Areal A-områder 78,0 km<sup>2</sup>

Areal B-områder 2,3 km<sup>2</sup>

Areal C-områder 10,3 km<sup>2</sup>

Sist kalkulert: 30-06-1989

Kalkulasjonen er basert på 100,0 % av parametrene.

	A-områder	B-områder	C-områder
Samlet areal av A-, B- eller C-områder i sonen (km <sup>2</sup> ).	78,0	2,3	10,3
Areal gruntområder i sonen (km <sup>2</sup> ).	14,7	1,8	4,3
Areal med kritiske temperatur-verdier (km <sup>2</sup> ).	0	0	0
Andelen av temperatur-områdene som overlapper med gruntområdene (km <sup>2</sup> ).	0	0	0
Areal med kritiske salinitets-verdier (km <sup>2</sup> ).	0,8	0	2,1
Andelen av salinitetsområdene som overlapper med enten temperatur- eller grunt-områdene (km <sup>2</sup> ).	0,2	0	0,8
Areal med kritisk islegging (km <sup>2</sup> ).	0	0	2,6
Andelen av isleggingsområdene som overlapper med enten temperatur-, grunt- eller salinitets-områdene (km <sup>2</sup> ).	0	0	2,1
Areal med kritisk eksponering (km <sup>2</sup> ).	72,6	0,9	0
Andelen av de eksponerte områdene som overlapper med enten temperatur-, grunt-, salinitets- eller isleggings-områdene (km <sup>2</sup> ).	12,2	0,4	0

Forts.

## Forts. Utskriftsskjema B

Sonenummer: 1615	A-områder	B-områder	C-områder
Areal med kritisk forurensning (km <sup>2</sup> ).	0	0	0
Andelen av de forurensede områdene som overlapper med enten temperatur-, grunt-, salinitets-, isleggings-, eller de eksponerte områdene (km <sup>2</sup> ).	0	0	0
Effektivt areal av båndlagte områder (km <sup>2</sup> ). (overføres automatisk fra skjema D)	78,0	2,3	10,3
Andelen av effektivt areal av de båndlagte områdene som overlapper med temperatur-, grunt-, salinitets-, isleggings-, eksponerte eller de forurensede områdene (km <sup>2</sup> ).	75,7	2,3	6,1
Effektivt areal av uegnede og båndlagte områder (km <sup>2</sup> ).	78,0	2,3	10,3
Nettoareal (km <sup>2</sup> ).	0,0	0,0	0,0
Tilgjengelig arealkapasitet (tonn fisk). Beregningen er foretatt Automatisk/Manuelt:	0,0 A	0,0 A	0,0 A

## Tekstfelt:

Areal for kritisk eksponering resultat av HISWA-bølgeomodellberegninger.

LENKASONE : 1615 FYLKE : Sør-Trøndelag

OMRÅDE	DYRKET km2	SKOG km2	VANN km2	ANNET km2	TETT p.e.	SPREDT p.e.	RTP %	RTN %	RSP %	RSN %
133.0-1	7.30	48.8	.0	128.1	371.	1165.	73.	12.	10.	5.
133.0-2	19.54	9.2	.0	16.1	1838.	1298.	0.	0.	10.	5.
USPESIFISERT	.00	.0	90.5	.0	0.	0.	0.	0.	10.	5.
SUM	26.8	58.	90.5	145.	2209.	2463.				
KOEF-P (kg/år)	150.0	7.0	15.0	6.0	.73	.73				
KOEF-N (kg/år)	4000.0	180.0	250.0	150.0	4.38	4.38				

FOSFORTILFØRSLER PR.ÅR

OMRÅDE	DYRKET		ANNET		BEFOLKNING		PUNKTKILDER		SUM	
	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%
133.0-1	1.10	10	1.11	10	.84	7	.00	0	3.04	27
133.0-2	2.93	26	.16	1	2.19	19	1.63	14	6.92	61
USPESIFISERT	.00	0	1.36	12	.00	0	.00	0	1.36	12
SUM	4.0	36	2.6	23	3.0	27	1.6	14	11.3	100

NITROGENTILFØRSLER PR ÅR

OMRÅDE	DYRKET		ANNET		BEFOLKNING		PUNKTKILDER		SUM	
	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%
133.0-1	29.20	16	28.01	15	6.28	3	.00	0	63.49	34
133.0-2	78.16	42	4.11	2	13.45	7	5.83	3	101.54	54
USPESIFISERT	.00	0	22.63	12	.00	0	.00	0	22.63	12
SUM	107.4	57	54.7	29	19.7	11	5.8	3	187.7	100

**VEDLEGG 2. MODELLBEREGNINGER FOR FJORDMILJØET**  
**Program: Ancylus FJORDMILJÖ (ver. 1.1), Stigebrandt/NIVA**

**Sørfjorden i Sør-Trøndelag**

**TABELL 1 FJORDENS DYBDEFORHOLD**

Bassengets største dyp, Hmax (m).....	98
Terskeldyp, Ht (m).....	37
Midlere dyp av terskelbassenget, Hb (m).....	30.9
Bassengets totale volum, Vol (km <sup>3</sup> ).....	0.3455
Volum over terskeldypet, Volt (-"-).....	0.2220
Volum under terskeldypet, Volb (-"-).....	0.1235
Areal ved havoverflaten, Af (km <sup>2</sup> ).....	8.000
Areal på terskeldypet, At (km <sup>2</sup> ).....	4.000

**TABELL 1A FJORDENS AREAL I VALGTE DYP, OG VOLUMET UNDER DISSE.**

dyp (m)	areal (km <sup>2</sup> )	volum (km <sup>3</sup> )
0	8.000	0.3455
37	4.000	0.1235
98	0.050	0.0000

**TABELL 2 MUNNINGENS DYBDEFORHOLD**

Terskeldyp, Ht (m).....	37
Munningens areal, Am (m <sup>2</sup> ).....	7450
Dyp for halve munningsarealet, Ht50% (m)....	4.8
Munningen er ikke kanalformet	

**TABELL 2A MUNNINGENS BREDE I VALGTE DYP, OG AREALET UNDER DISSE.**

dyp (m)	bredde (m)	areal (m <sup>2</sup> )
0	1150	7450
5	370	3650
15	100	1300
25	70	450
37	5	0

**TABELL 3. TILFÖRSLER FRA LAND**

Ferskvann (årsmiddel), Qfm (m <sup>3</sup> /s).....	6.5
Fosfor, Pa (tonn/år).....	4
Nitrogen, Na (tonn/år).....	60

**TABELL 4 FORFAKTOR, SIKTEDYP, OKSYGENKONSENTRASJON I "NYTT" BASSENGVANN SAMT ANTALL ÅR MED FISKEOPPDRETT.**

Antatt forfaktor.....	1.5
Typisk siktedyp sommerstid, D0 (m).....	5.0
Oksygenkons. i "nytt" bassengvann (ml/l).....	6.0
Beregning av oksygenforhold i år.....	5

TABELL 5 **ALLMENN FJORDDIAGNOSE**

Fjordareal/Munningsareal, Af/Am.....	1074
Strupningskoeffisient, cc.....	1.00
Tidevannshastighet i munningen, us0, (m/s).....	0.15
Indre bølgers hastighet i fjorden, ci, (m/s).....	0.41
Intermediær sirkulasjon, Qint (m <sup>3</sup> /s).....	229
Tidevannsdreven sirkulasjon, Qtid (m <sup>3</sup> /s).....	178
Oppholdstid for vannet over terskeldyp Tv (døgn).	6.3
Synketid for part. org. materiale, Tp (døgn).....	24.7
Siktedyp sommerstid hvis tilførselen av nærings- salter fra land opphør (%).....	107

TABELL 5A **ESTUARIN SIRKULASJON** Qest for ulike ferskvannstilførsler Qf og med noen vindhastigheter W. H er tykkelsen av brakkvannslaget og DS er saltholdighetsreduksjonen i dette laget grunnet ferskvannstilførselen. Ferskvannets oppholdstid i fjorden er Tf.

Qf (m <sup>3</sup> /s)	W (m/s)	H (m)	DS (o/oo)	Qest (m <sup>3</sup> /s)	Tf (døgn)	Type
6.5	4	1.6	1.58	135	1.1	(N-fjord)
19.5	4	0.7	7.89	82	0.7	(N-fjord)
65.0	4	0.5	23.10	93	0.5	(N-fjord)
19.5	6	1.8	2.81	229	0.7	(N-fjord)
65.0	6	0.8	13.49	159	0.5	(N-fjord)
19.5	8	4.1	1.25	516	0.7	(N-fjord)
65.0	8	1.5	7.45	288	0.5	(N-fjord)

TABELL 6 **NATURLIGE FORHOLD I TERSKELBASSENGET**

Fjorden er av bølgetype, ci/us0.....	2.76
L=Volb/Am (m).....	16500
Terskelbassengets Re-verdi (kg/m <sup>3</sup> ).....	1.33
Terskelbassengets R-verdi (kg/ <sup>3</sup> ).....	4.80
Arbeid W mot oppdriftskreftene i terskelbassenget:	
bakgrunn, W0 (mW/m <sup>2</sup> ).....	0.030
tidevannsdreven, Wt (mW/m <sup>2</sup> ).....	0.268
Tetthetsreduksjon dro/dt (kg/m <sup>3</sup> /måned).....	0.165
Oksygenforbruk dO/dt (ml/l/måned).....	0.21
Oksygenminimum i bassengvannet (ml/l).....	4

NB! Den observerte reduksjonen av oksygenkonsentrasjonen vil normalt være noe lavere enn dO/dt grunnet diffusjon av oksygen ned i terskelbassenget. Negativ oksygenminimum betyr at det, i hvert fall periodevis, vil være hydrogen-sulfid i nedre del av bassengvannet

TABELL 6A **NATURLIGE FLUKSER** av karbon, nitrogen og fosfor med marint organisk materiale ned i terskelbassenget (tonn/år). UOD er den mengde oksygen som årlig trenges for en fullstendig oksydering av det organiske materialet

Karbon:	126.0
Nitrogen:	22.2
Fosfor:	3.1
UOD:	440.9



TABELL 7 **EFFEKTER PÅ SIKTEDYPET AV FISKEOPPDRETT I FJORDEN**

FP=årlig total fiskeproduksjon i fjorden. Produksjon per flateenhet = FP" beregnet på overflatearealet av fjorden (= 8.0km<sup>2</sup>). Fiskeproduksjonen forårsaker ekskresjon av oppløste plantenæringssalter direkte fra fisken (Nf tonn nitrogen og Pf tonn fosfor). D er beregnet siktedyp i prosent av utgangsverdien D0 (se Tab. 4)

FP"	FP	Nf	Pf	D
(tonn/km <sup>2</sup> /år)	(tonn/år)	(tonn/år)	(tonn/år)	(%)
0	0	0.0	0.00	100
25	200	8.0	1.40	98
50	400	16.0	2.80	95
100	800	32.0	5.60	91
200	1600	64.0	11.20	84
400	3200	128.0	22.40	72
800	6400	256.0	44.80	57

TABELL 8 **BEREGNEDE EFFEKTER I TERSKELBASSENGET AV FISKEOPPDRETT OVER DYPE OMRÅDER, DVS VANNDYPET VED OPPDRETTSANLEGGET ER DYPERE ENN CA. 42 (M). BEREGNINGENE GJELDER LIKEVEKTSFORHOLD**

FPD=årlig total fiskeproduksjon over dype områder i fjorden. Produksjon per flateenhet = FPD" beregnet på arealet av dype områder (= 3.7 km<sup>2</sup>). VD er den akkumulerte massen av forspill og fekalier ved likevekt. dO/dt er beregnet oksygenforbruk i terskelbassenget og O2min er beregnet oksygenminimum dypt nede i bassenget. UODf er den mengde oksygen som årlig trenges for nedbrytingen av forspill og fekalier

FPD"	FPD	VD	dO/dt	O2min	UODf
(tonn/km <sup>2</sup> /år)	(tonn/år)	(tonn)	(ml/l/mån)	(ml/l)	(tonn/år)
0	0	0	0.21	4	0
25	92	460	0.22	4	40
50	184	919	0.24	4	79
100	368	1838	0.28	4	158
200	735	3676	0.35	3	316
400	1470	7352	0.50	2	632
800	2941	14705	0.80	-0	1265

TABEL 8A **BEREGNEDE EFFEKTER I TERSKELBASSENGET** AV FISKEOPPDRETT OVER DYPE OMRÅDER, DVS VANNDYPET VED OPPDRETTSANLEGGET ER DYPERE ENN CA. 42 (M). BEREGNINGENE GJELDER ETTER 5 ÅRS DRIFT

FPD=årlig total fiskeproduksjon over dype områder i fjorden. Produksjon per flateenhet = FPD" beregnet på arealet av dype områder (= 3.7 km<sup>2</sup>). VD er den akkumulerte massen av forspill og fekalier ved likevekt. dO/dt er beregnet oksygenforbruk i terskelbassenget og O2min er beregnet oksygenminimum dypt nede i bassenget. UODf er den mengde oksygen som årlig trenges for nedbrytingen av forspill og fekalier

FPD" (tonn/km <sup>2</sup> /år)	FPD (tonn/år)	VD (tonn)	dO/dt (ml/l/mån)	O2min (ml/l)	UODf (tonn/år)
0	0	0	0.21	4	0
25	92	188	0.21	4	16
50	184	376	0.22	4	32
100	368	753	0.24	4	65
200	735	1505	0.27	4	129
400	1470	3011	0.33	3	259
800	2941	6022	0.45	2	518

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2132-8