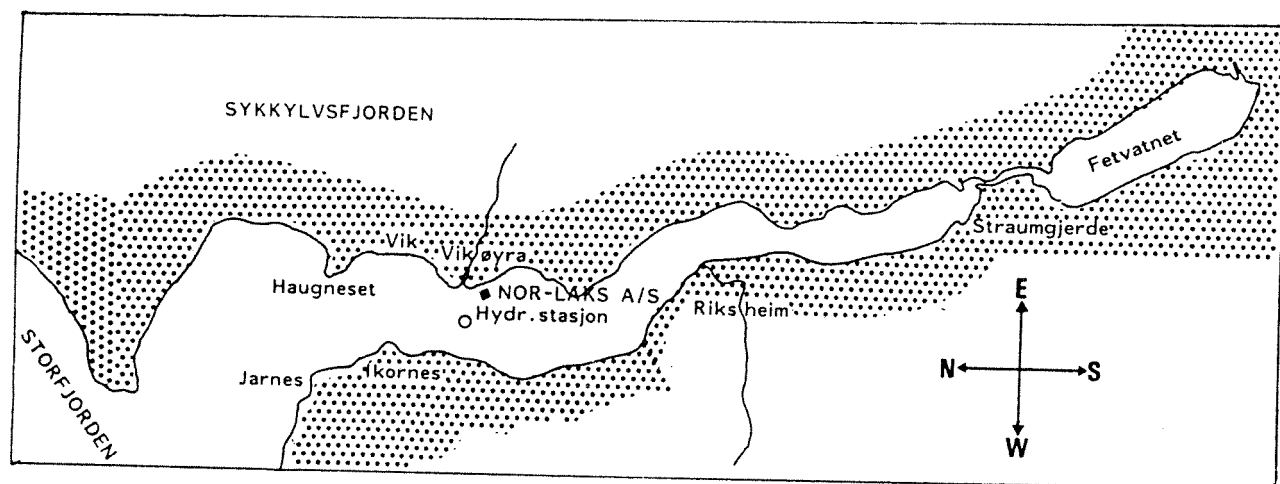


O-86081

# SYKKYLVSBRUA

Konsekvens for vassmiljø og  
istilhøve i Sykkylvsfjorden



Norsk institutt for vannforskning



NIVA

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	O-86081
Undernummer:	
Løpenummer:	1944
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: <b>Sykkylvsbrua Konsekvens for vassmiljø og istilhøve i Sykkylvsfjorden.</b>	Dato: <b>Des. 1986</b>
	Prosjektnummer: <b>O-86081</b>
Forfatter (e):  <b>Vilhelm Bjerknes Lars G. Golmen</b>	Faggruppe: <b>Akvakultur</b>
	Geografisk område: <b>Møre og Romsdal</b>
	Antall sider (inkl. bilag): <b>32</b>

Oppdragsgiver: <b>S-PLAN A/S, v/ ark. MNAL Jan Fredriksen 6230 Sykkylven</b>	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Rapporten bygger dels på data presentert av NHL, dels på eit enkelt hydrografisk måleprogram innafor den planlagte brutraséen over Sykkylvfjorden våren 1986. Rapporten skildrar metoder og resultater og drøfter desse. Det blir konkludert med at tilhøva for fiskeoppdrett i Sykkylvsfjorden vil bli dårlegare grunn auka osmotisk stress hos fisken, redusert vassutskifting, auke i islegging og oppstuing av is mot steinfyllinga for brua. Det blir peika på moglege tiltak for å fastslå omfanget av skadeverknadene og for å gjera desse minst moglege.

4 emneord, norske:
1. Hydrografi
2. Brufylling
3. Møre og Romsdal
4. Lakseoppdrett

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Prosjektleder:

*Vilhelm Bjerknes*

Vilhelm Bjerknes

For administrasjonen:

*Oddvar Lindholm*

ISBN 82-577-1174-8

Norsk institutt for vannforskning  
Vestlandsavdelingen  
Bergen  
O - 86081

SYKKYLVSBURIA  
KONSEKVENNS FOR VASSMILJØ  
OG ISTILHØVE I  
SYKKYLVSFJORDEN

Bergen, desember 1986  
Prosjektleder: Vilhelm Bjerknes  
Prosjektmedarbeidar: Lars G. Golmen

## INNHALD

KAP.	SIDE
Samandrag.....	2
1. Innleiing.....	3
2. Hydrografiske data frå Sykkylvsfjorden.	
2.1 Målingar gjort før 1986.....	4
2.2 Målingane i Sykkylvsfjorden i 1986.....	5
2.3 Oksygeninnhald og utskifting i botnvatnet...12	
3. Istilhøve i Sykkylvsfjorden i dag.....	14
4. Straumtilhøve.....	15
5. Brakkvatnet før og etter brua.	
5.1 Ferskvasstilrenning.....	17
5.2 Brakkvasslaget, observerte tilhøve.....	17
5.3 Teoretiske betraktningar om brakkvasslaget..18	
6. Islegging.	
6.1 Fysiske prosessar i vatnet.....	18
6.2 Modell for isdanning.....	19
6.3 Resultat av isberekningane.....	21
7. Fiskeoppdrett i Sykkylvsfjorden.	
7.1 Matfisk.....	21
7.2 Setjefisk.....	24
7.3 Syssetjing og ringverknader.....	24
7.4 Miljø-sjukdom-samanlikning av Sykkylvs- fjorden med fjordane kring Osterøy.....	24
8. Moglege verknadar av brufyllinga på fiskeoppdrett.	
8.1 Brakkvasslaget.....	26
8.2 Overflatestraum og djupvassutskifting.....	26
8.3 Istilhøve.....	26
9. Tiltak.....	28
Referansar.....	29

Appendiks A: NHL sitt rapportsamandrag.

Appendiks B: Utlista stasjonsdata frå Sykkylvsfjorden 1986.

## SAMANDRAG

Planane om bygging av bru over Sykkylvsfjorden inkluderer ei om lag 300 meter lang steinfylling frå Vik og i retning mot Ikornes. Steinfyllinga vil kunne få følgjande fysiske verknader:

- Lengre opphaldstid for det utstrøymande brakkvatnet.
- Lågare salinitet i overflatelaget.
- Auka tjukkeleik på brakkvasslaget.
- Redusert overflatestraum.
- Redusert djupvassutskifting; redusert oksygeninnhald i djupvatnet.
- Større fare for islegging og auka isdekkare areal om våren, og oppstuving av is mot steinfyllinga.

Desse konklusjonane bygger dels på berekningar som NHL foretok, (Jacobson 1985), og dels på eit enkelt hydrografisk måleprogram utført vinteren og våren 1986. Analysene av istilhøva er delvis gjort v.h.j.a. numerisk modell. Konsekvensanalysen for fiskeoppdrett bygger dels på opplysningar frå NOR-LAKS A/S, og på ei samanlikning med tilhøva kring Osterøy i Hordaland.

For matfiskanlegget til NOR-LAKS A/S kan brufyllinga få følgjande verknader:

- Auke i osmotisk stress og trenging av fisk mot botnen av mærene i perioder med stor ferskvass-tilrenning.
- Dårlegare transport ( auka sedimentasjon) av forpartiklar og avfallsstoff frå oppdrettsanlegget, og redusert tilførsle av friskt, oksygen rikt vatn.
- Auka risiko for skader på anlegg og tap av fisk p.g.a. isoppstuving i anleggsområdet.

For å redusere skadeverknadane p.g.a. is mest mogleg, må ein i første omgang rekne med å intensivere isbrøyting og buksering i isperiodene.

Tiltak som reduserer utslepp av forureining til fjorden generelt, (herunder frå oppdrettsanlegg) må vurderast, og eventuelt settast i verk umiddelbart dersom ein etter brua er ferdig registrerer markert reduksjon i vasskvalitet i fjordvatnet, og påviseleg skade på oppdrettsfisk som følge av brua.

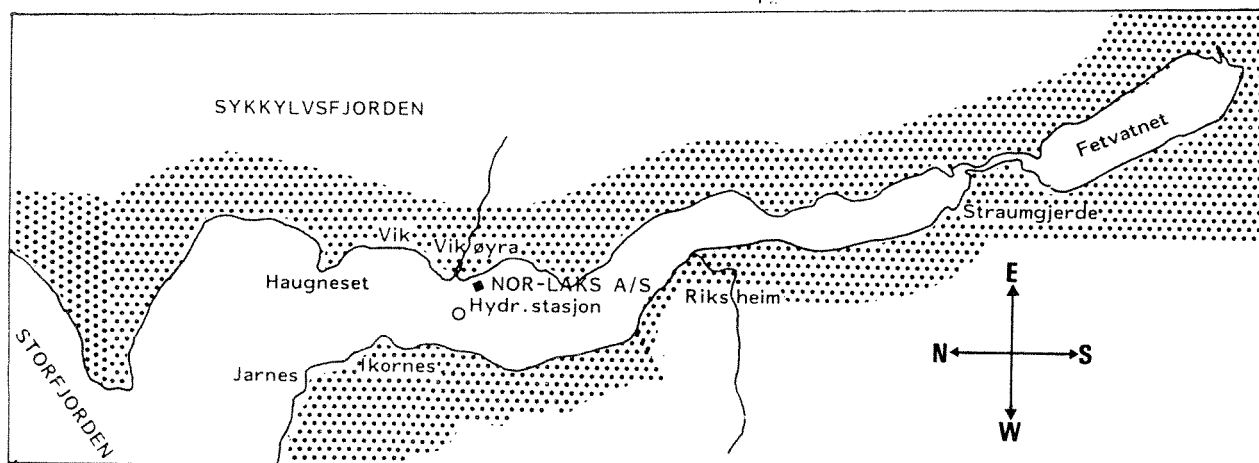
For å få eit best mogleg grunnlag for vurdering av eit konsekvenstap for NOR-LAKS A/S, bør lokaliteten rundt oppdrettsanlegget overvakast over eit lengst mogleg tidsrom før og etter brubygging.

Under sjølve anleggsperioden må graden av tilslamming av

vatnet i fjorden overvakast, slik at skadelege verknader på oppdrettsfisk kan unngåast.

### 1. Innleiing.

Den foreliggende planen for bru over Sykkylvsfjorden går ut på ei om lag 300 meter lang steinfylling frå Vik, og ei om lag 700 meter lang bru på søyler frå enden av fyllinga mot Ikornes, sjå Figur 1. I samband med dei opprinnelege planane, som omfatta tre ulike fyllingsalternativ, rådde Statens Forureiningstilsyn til at det blei utarbeidd ei konsekvensanalyse for utskiftingstilngstilhøva i Sykkylvsfjorden.



Figur 1. Sykkylvsfjorden, med skisse av bru og brufylling, samt innteikna posisjon for prøvetaking (x) i 1986.

Ei slik konsekvensvurdering blei gjort av Norges Hydrodynamiske Laboratorier (-NHL) i Trondheim, (Jacobson 1985). Det lengste fyllingsalternativet NHL vurderte var 500 meter, som er vesentleg lenger enn det noverande planer inneber. Grunna mangel på relevante hydrografiske data, måtte NHL basere seg på stort sett teoretiske vurderingar. NHL sitt rapportsamandrag er teke med i appendiks A.

For å vurdere konsekvensane av ei steinfylling spesielt for matfisknæringa i Sykkylvsfjorden, blei NIVA-Vestlandsavdelingen i brev av 6/11 1985 kontakta av NHL.

Gjennom arkitekt J.Fredriksen, S-PLAN, blei det i april 1986 inngått avtale mellom A/S Sykkylvsbrua og NIVA-Vestlandsavdelingen om ei utdjupeing av ein del av dei vurderingane NHL ga, og ei utgreiing om konsekvensane for fiskeoppdrett ved NOR-LAKS A/S.

Følgjande problemstillingar var aktuelle:

- Steinfyllinga vil føre til ei innsnevring av fjordbreidda og gjennomstrøymingsarealet der brua skal gå.
- Kva vil ei slik innsnevring ha å seie for vassutskiftinga i fjorden innafor?
- Kva endringar kan ein vente for brakkvasslaget og botnvatnet?
- Kva endringar i istilhøva kan ein rekne med?

Særleg dei to siste spørsmåla er viktige for matfisknær-  
inga som blir dreve i fjorden innafor den prosjekterte  
brua.

I vår rapport har vi for ein stor del bygd på NHL sine  
transport-vurderingar for dåverande alternativ 2 med 320  
meters fylling. Vidare deira tilrenningsestimat etc. Vi  
har brukt fleire figurar og kart frå Jacobson (1985). Ing.  
Jan Horgheim ved teknisk etat i Sykkylven har bistått med  
innsamling av hydrografiske data i løpet av perioden  
februar - juni 1986. Ein til to gonger i månaden blei det  
målt salinitet og temperatur i ulike djup frå overflata og  
til botn midtfjords utafor Vikøyra. Samstundes blei det  
tatt vassprøver for analyse av oksygeninnhald i to ulike  
djup like over botnen. Måleresultata er lagt inn på EDB  
ved NIVA-Vestlandsavdelingen.

Den 18. april 1986 foretok NIVA ei synfaring til NOR-LAKS  
A/S sitt anlegg, og ein kontroll av prøveinnsamlingsruti-  
nene på fjorden.

Øvrige data som er brukt i denne rapporten er henta frå:

NVE (avrenningsdata Straumgjerde).  
Vervarslinga på Vestlandet (vêrstatistikk).  
Meteorologisk Institutt, Klimaavdelingen - (vêrstati-  
stikk).  
Rundspørjing til ulike instansar, m.a. NOR-LAKS A/S.  
Statistikk frå Norske Fiskeoppdretteres salgslag.

Rapporten er utarbeidd av Lars Golmen og Vilhelm Bjerknes,  
og maskinskriven av sekretær Inger Midttun.

## 2. Hydrografiske data frå Sykkylvsfjorden.

### 2.1. Målingar gjort før 1986.

Einaste hydrografiske målingar av nyare dato som ligg føre  
frå Sykkylvsfjorden, er tre vertikalsnitt av salinitet og  
temperatur tekne av NHL i august 1985. Eit snitt var i  
fjordens lengderetning, (sjå Figur 5), og det andre på  
tvers av fjorden. I tillegg hadde Miljøvernavingdelinga ved  
Fylkesmannen sitt kontor i Møre og Romsdal føreteke

tilsvarande målingar på tre ulike stader i fjorden først i mai 1982, og i oktober same året.

## 2.2 Målingane i Sykkylvsfjorden i 1986.

I ein posisjon omlag midt i fjorden utafor Vikøyra blei det 1-2 gonger i månaden foretatt vannhentarobservasjonar for å finne vertikalfordelinga av salinitet og temperatur i vatnet. (Figur 1 for stasjons-lokalisering, samt tabell 1 for oversikt over stasjonane).

Tabell 1. Oversikt over dei hydrografiske observasjonane i Sykkylvsfjorden i 1986. "X" angir kva parametrar som er målt.

20/2	18/3	3/4	18/4	7/5	23/5	19/6	→dato for prøvetaking
1	2	3	5	6	7	8	→Stasjonsnummer
X	X	X	X	X	X	X	→Salinitet-observ.
X	X	X	X	X	X	X	→Temperaturobserv.
X	X		X		X	X	→Oksygen-observ.

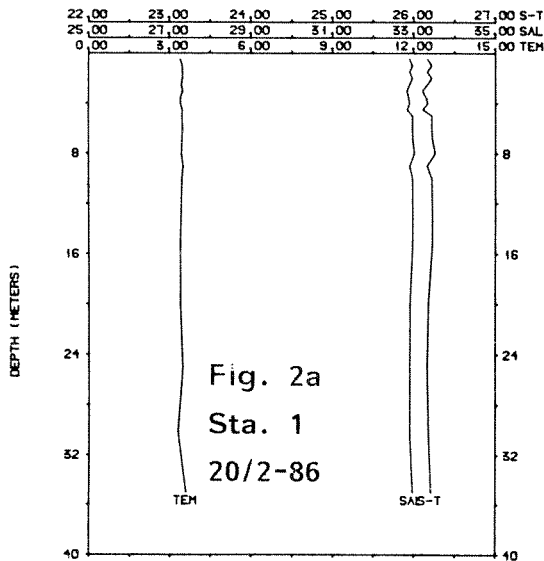
Temperaturmålingane blei gjort med vendetermometer, med estimert nøyaktigheit +/- 0.01 °C. Salinitet blei målt ved titrering hos Forurensingslaboratoriet i Molde. Nøyaktigheita på desse målingane er verre å anslå.

Titreringsmetoden gir i beste fall +/- 0.02 i salinitet. (I denne rapporten vil salinitet, som er definert som kg salt pr. kg sjøvatn, bli skreve på den internasjonalt anbefalte måten, d.v.s. utan faktoren  $10^{-3}$ , eller "promille"). I tillegg kan det kome feil ved prøvetaking etc. Under NIVAs befaring 18/4 1986 blei det òg tatt ein vertikalprofil av salinitet og temperatur med "Saliterm", medan vannhentarstasjon blei tatt. Samanlikning mellom desse to måle metodene synte rimeleg samsvar mellom temperaturane, mens Salitermen synte systematisk lågare salinitet (ca. 0.1) enn motsvarande vannhentarverdiar. I den vidare presentasjonen er vannhentarverdiane nytta utan korreksjonar. Dette medfører at enskilte observasjonar viser vertikalt ustabile vannmasser. Svakt ustabile tilhøve kan forekome, spesielt om vinteren nær overflata. Dei meir markerte ustabile sjikta som ein ser i dei ulike vertikalprofilane skuldast nok målefeil, mest sannsynleg i salinitet.

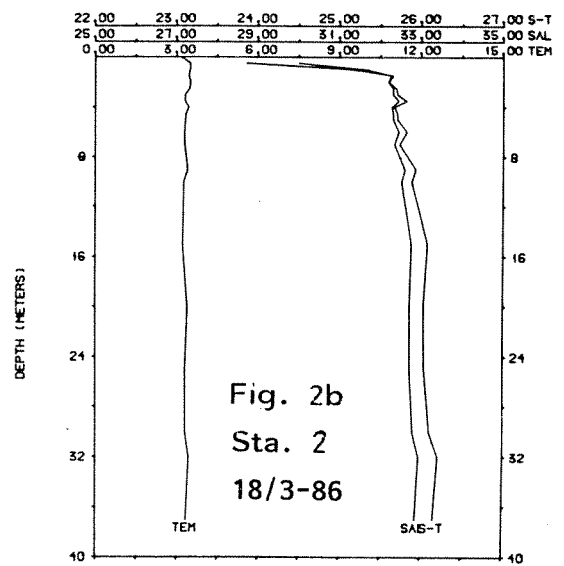
Figur 2a-g syner vertikalprofilar av salinitet, temperatur og sigma-t (tettleik) for dei ulike stasjonane tekne i perioden februar - juni 1986. Prøvetakingsdato er angitt for kvar stasjon. Utlisting av samtlege målte verdiar er tatt med i Appendiks B.

Figur 2a syner at ein i februar hadde nesten heilt homogene vannmasser i fjorden. Gradvis avkjøling av dei

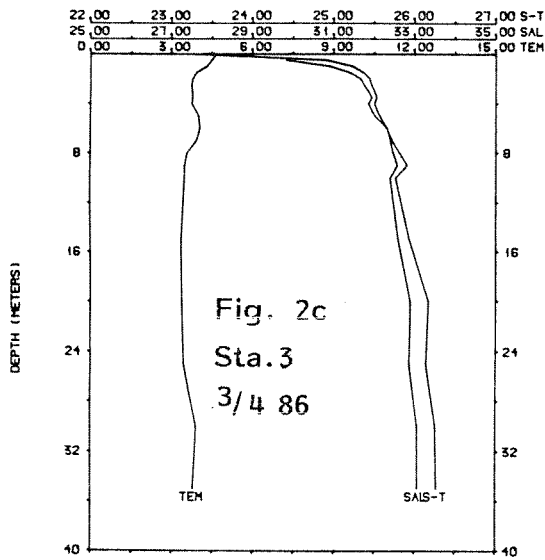




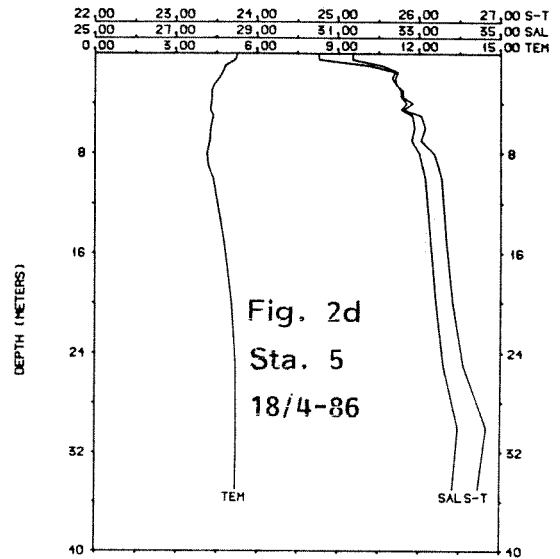
PROFILE:  
STA: 1 ; POS:62.230°N 6.350°E ; TIME:86. 2.20 : 12. 0



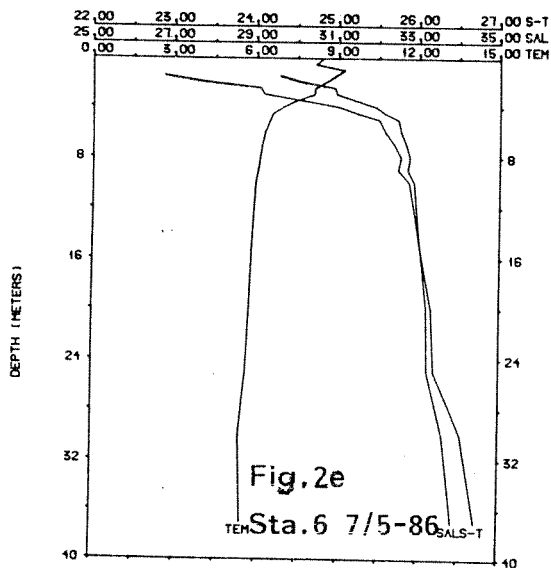
PROFILE:  
STA: 2 ; POS:62.230°N 6.350°E ; TIME:86. 3.18 : 12. 0



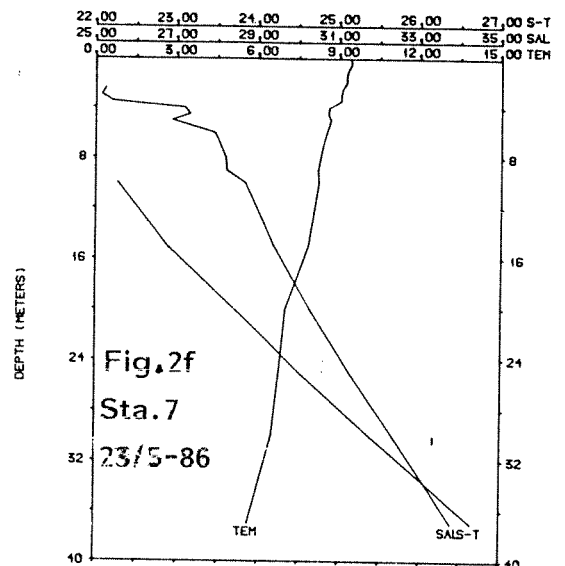
PROFILE:  
STA: 3 ; POS:62.230°N 6.330°E ; TIME:86. 4. 3 : 12. 0



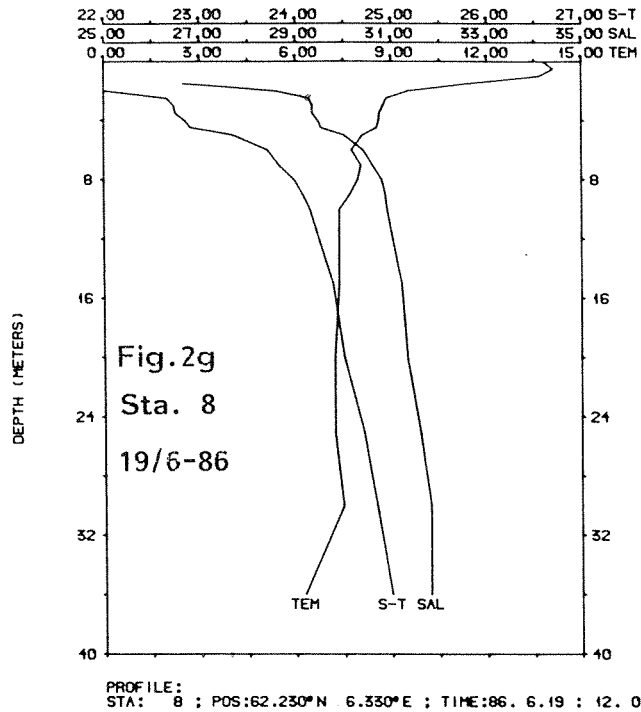
PROFILE:  
STA: 5 ; POS:62.230°N 6.330°E ; TIME:86. 4.18 : 12. 0



PROFILE:  
STA: 6 ; POS:62.230°N 6.330°E ; TIME:86. 5. 7 : 12. 0



PROFILE:  
STA: 7 ; POS:62.230°N 6.330°E ; TIME:86. 5.23 : 12. 0



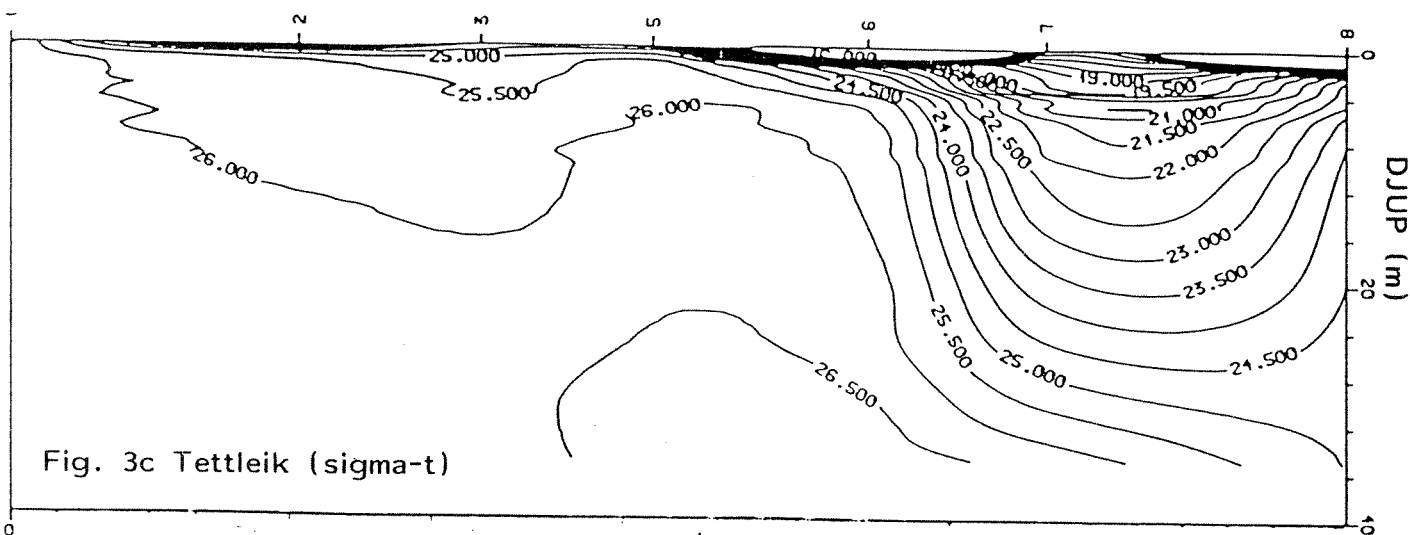
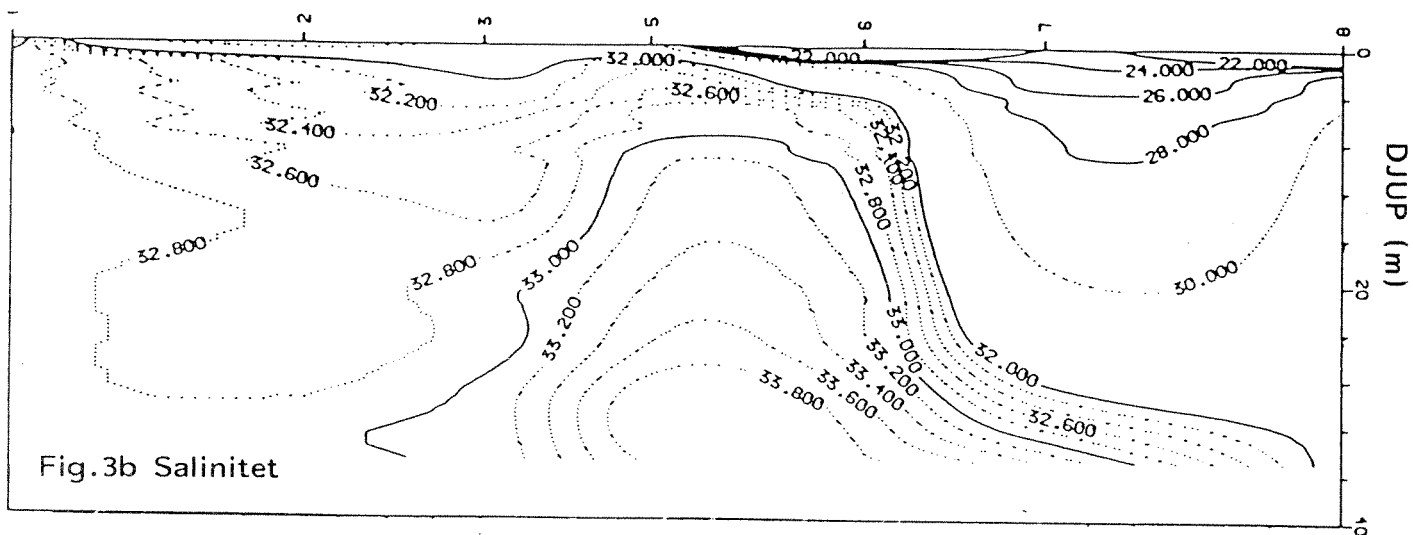
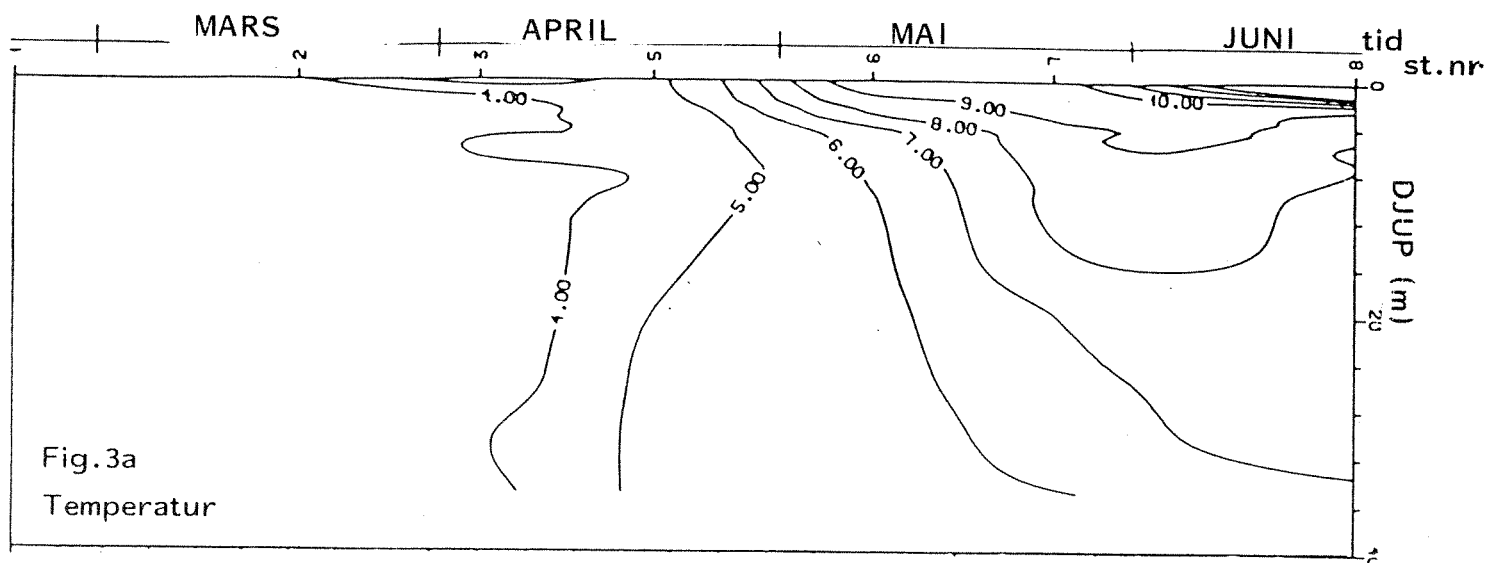
Figur 2a-g. Vertikalprofilar av observert salinitet (SAL) og temperatur (TEM), samt sigma-t(S-T) for vannhentarstasjonane i Sykkylvsfjorden 1986.

Øvre vannlag har ført til vertikal omblanding heilt til botnen. Februar-verdiane (Fig. 2a) ligg temmeleg konstant rundt 3.4 °C og 32.9 for temperatur og salinitet. Målingane frå 18/3 og 3/4 (stasjon 2 og 3) indikerer at tilhøva held seg tilnærma konstante i fjorden utover vinteren. Ein må her naturlegvis ta atterhald om kortvarige episoder som kan ha skjedd mellom våre observasjonar, d.v.s. av lengd maks 2-3 veker.

Frå og med stasjon 2 aukar sjiktninga i overflata. Oppvarming frå lufta gjer seg meir og meir gjeldande utover i april. Eit vertikalt temperatur-minimum (vinteravkjølt vatn) kan framleis observerast på 8-10 meters djup i slutten av april (stasjon 5).

Utviklinga i dei djupare vannmassane er karakterisert ved nesten konstante verdiar av salinitet og temperatur inntil byrjinga av april (t.o.m. stasjon 3). Frå midten av april (stasjon 5) skjer det markert auke i desse verdiane, med maksimalverdiar av salinitet opp i nær 34 ved botnen.

Denne episoden er betre illustrert i Figur 3a-c. Her er alle dei hydrografiske observasjonane plotta som funksjon av djup og tid. (Det er nytta eit datamaskinprogram for å teikne konturane. Alle observasjonane er først interpolerte i x og y retning til ei 101x101 punktts datamatrix).



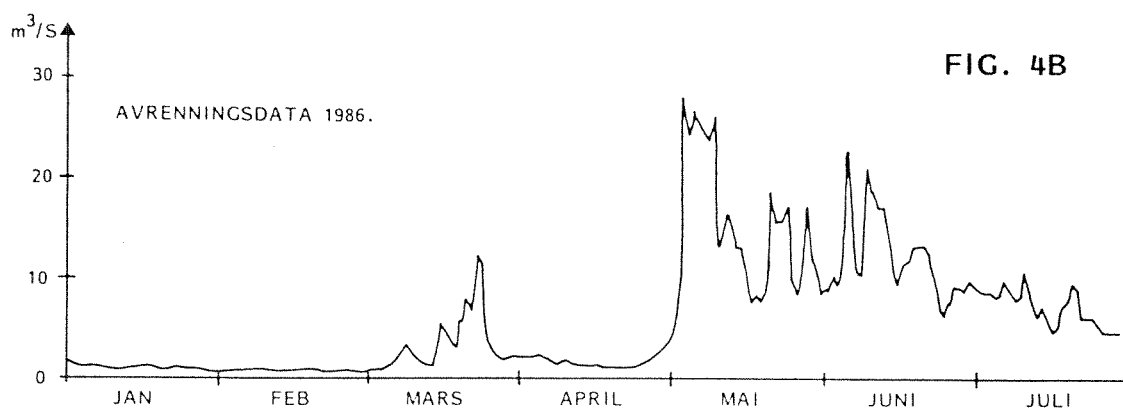
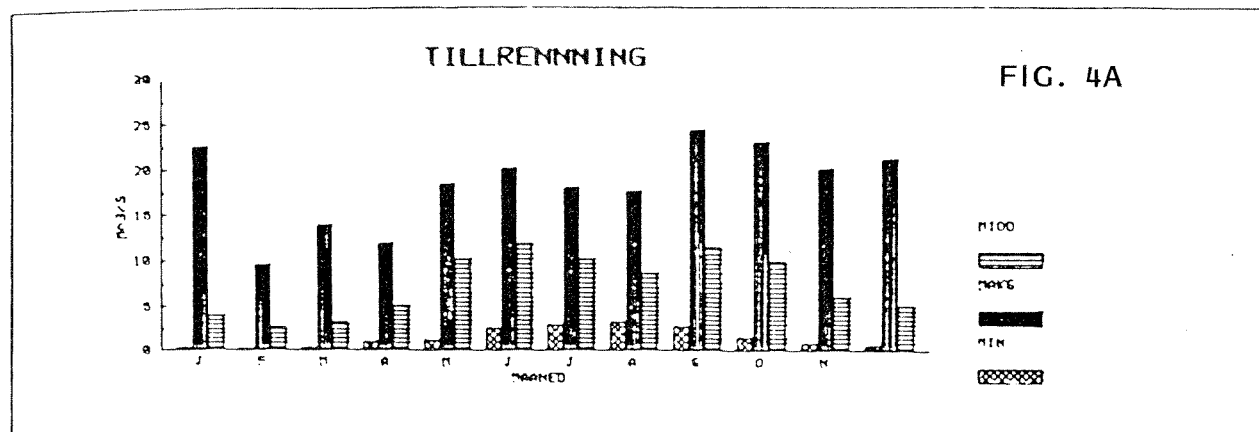
Figur 3a-c. Vertikalsnitt av temperatur (3a), salinitet, (3b) og potensiell tetthet (3c) for observasjonane frå Sykkylvsfjorden 1986, plotta som funksjon av tid, sjå rapportteksten.

Figur 3a og 3b viser at i perioden når stasjon 5 og 6 blei tatt (18/4 og 7/5) var det ein markert auke i salinitet og temperatur gjennom heile vassøyla, unnateke dei aller øverste metrane. Temperaturauken er på om lag 2 °C, mens auken i salinitet er på mellom 0.5 og 1. Det salte og varmare vatnet må kome frå den tilstøytande Storfjorden, sjå Figur 1, som resultat av endra sirkulasjon der.

Det som ein observerer ved stasjon 7 og 8, (i mai - juni) må vere ei total utskifting av dei djupare vassmassane i alle fall i dei ytre delene av fjorden. Dette vatnet er karakterisert ved å vere langt meir stabilt sjikta gjennom det djupdeintervallet vi har obsevert, enn vassmassane i Sykkylvsfjorden tidlegare på året, sjå Figur 3c. Ved botnen skjer utskiftinga seinare. Djupvatnet syntest ikkje å vere heilt utskifta då stasjon 7 blei tatt.

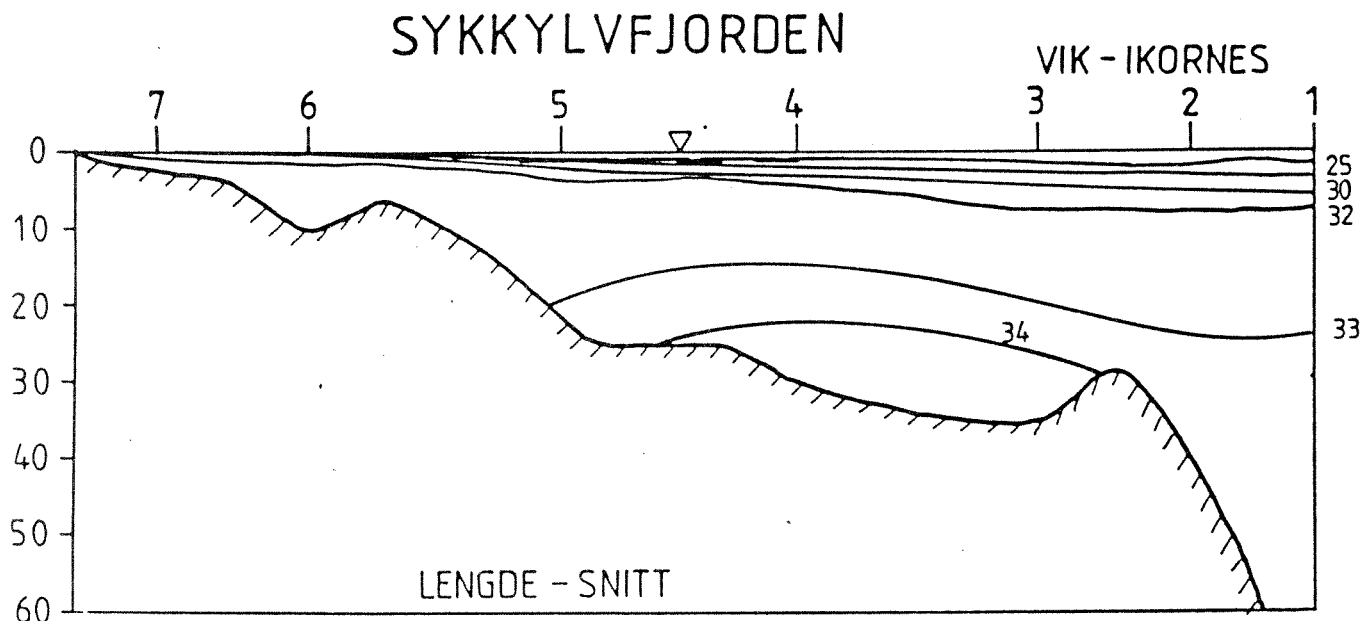
Kurva for avrenninga frå Fetvatnet 1986 (Figur 4b) syner ein markert auke i byrjinga av mai. Denne auken vil føre til markert auke i brakkvasstransporten. I følgje teoriane for tolags sirkulasjon i ein fjord, vil dette igjen skape ein auke i transport av djupvatn inn fjorden som vil bidra til djupvassutskifting. Det er difor mogleg at den djupvassutskiftinga vi har observert i mai, er direkte resultat av den auka avrenninga.

Figur 5 syner eit vertikalsnitt av salinitet i Sykkylvsfjorden, tatt av NHL i august 1985. (Våre observasjonar er frå den ytre djuphola, på om lag 36-37 meters djup). Mens NHL fann gjennverande salt vintervatn i djuphola innafor terskelen ved Ikornes så seint som i august, ser ein ikkje spor av slikt vatn under vår siste observasjon 19. juni. Dette tyder på at det har vore gunstigare tilhøve for utskifting i 1986 enn året før.

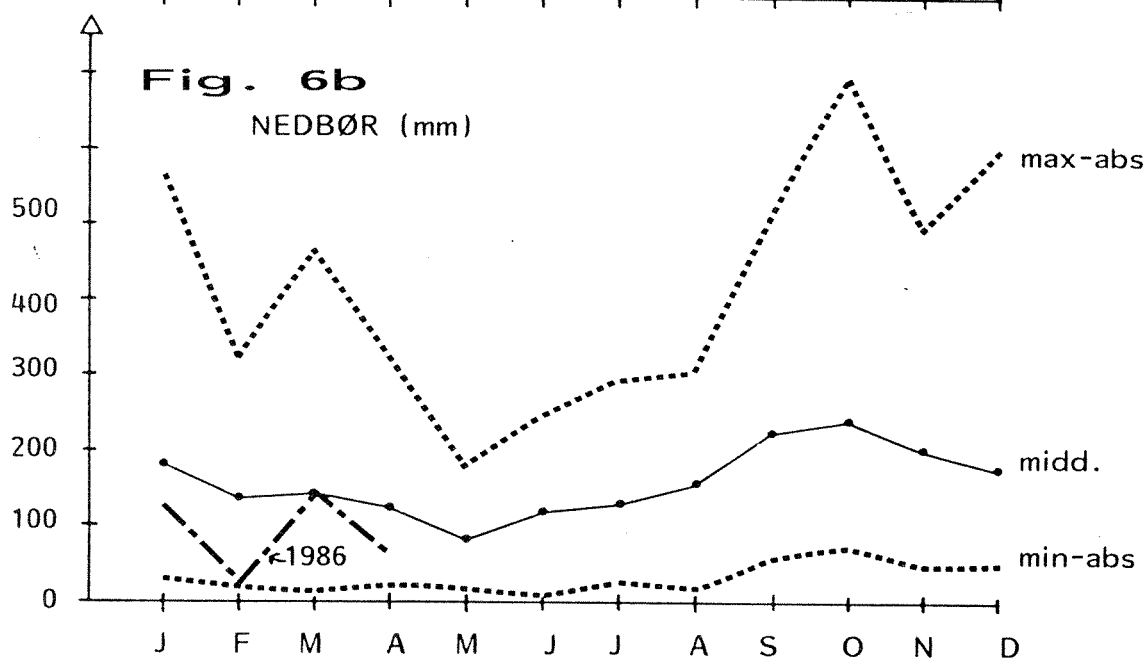
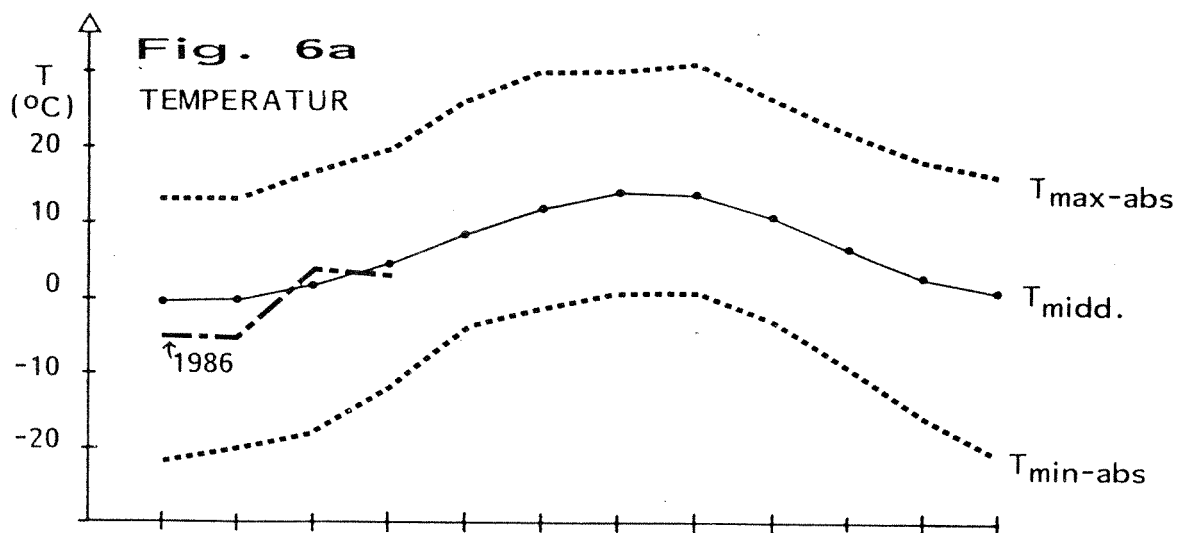


Figur 4a: Tilrenning frå Fetvatnet. 4a: Statistiske middelværdier, samt min. og max. månadsverdiar for perioden 1947-1982, (frå Jacobson, 1985).

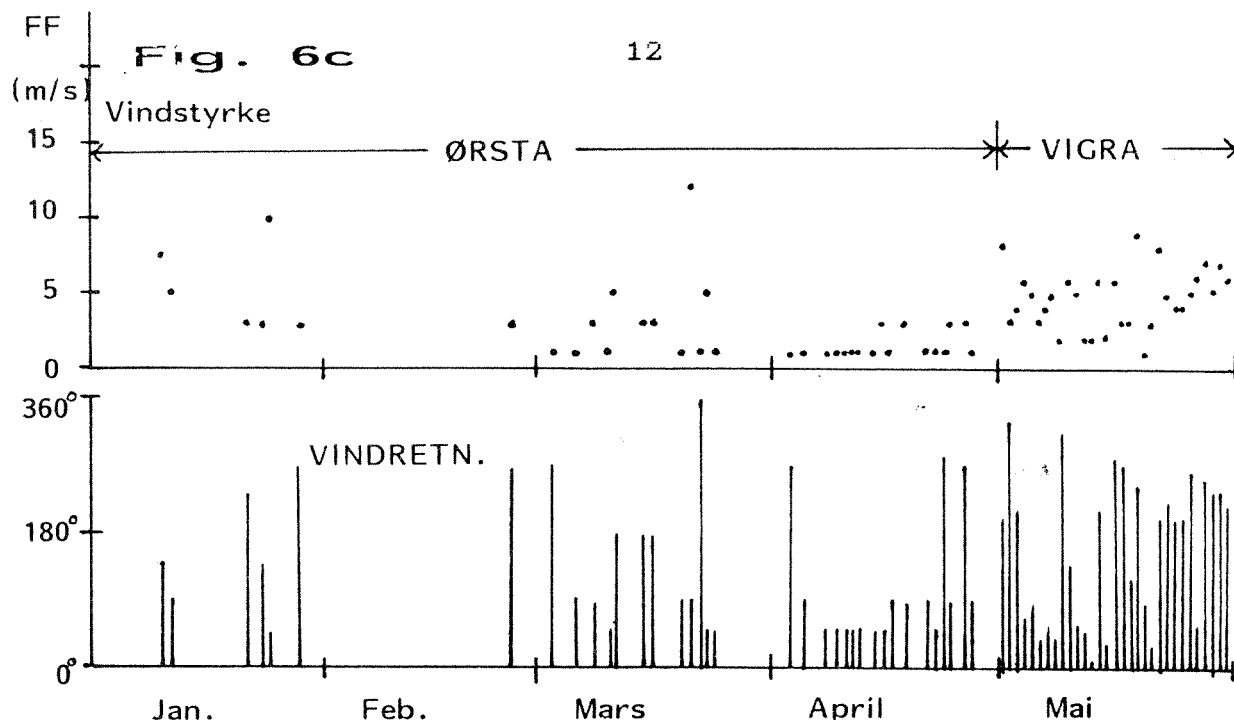
Figur 4b: Tilrenning januar-juni 1986.



Figur 5. Vertikalsnitt av salinitet i fjordens lengderetning observert 8. august 1985, (Frå Jacobson, 1985).



Figur 6a-b. 6a: Oversikt over normal temperatur , samt ekstrem-temperaturar observert i Ørsta. Innteikna er også temperaturkurva frå 1986 frå same stad. 6b: Som 6a, men for nedbør.



Figur 6c: Vindobservasjonar frå Ørsta 1986, supplert med data frå Vigra for mai s.å.

### 2.3. Oksygeninnhald og utskifting i botnvatnet i 1986.

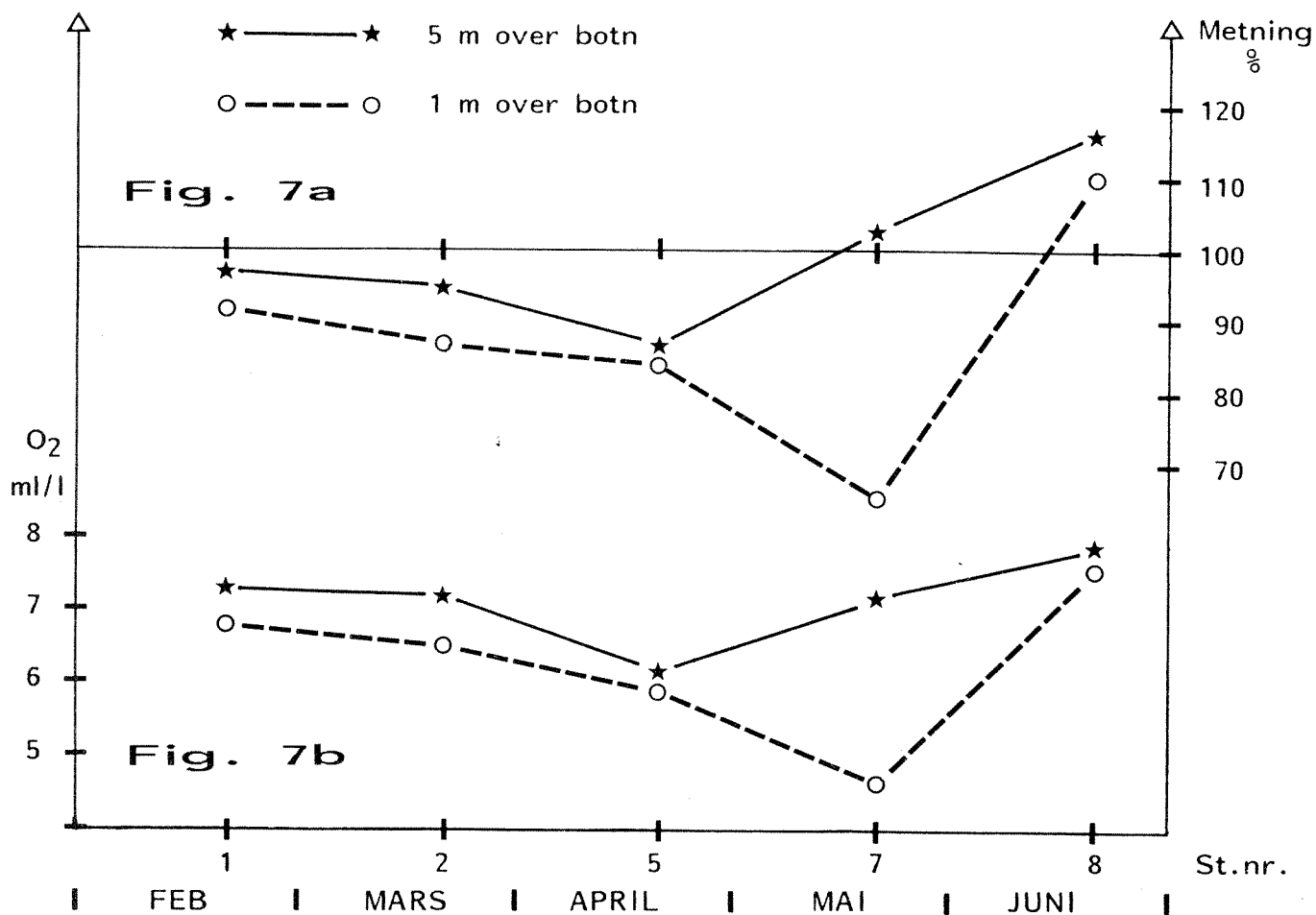
Utskiftingstilhøva i Sykkylvsfjorden er rekna å vere gode. Dei få observasjonane som var gjort før 1986, synte relativt høge oksygenverdiar i djupvatnet. Inst i fjorden har det om sommaren til tider vore observert flak av grønalger på overflata, (fiskerikonsulent Megård, Fylkesmannen sitt kontor i Møre og Romsdal, pers. komm.). Dette hadde truleg samanheng med eit kloakkutslepp som no er flytta.

Oksygenverdiane for botnvatnet (gjeve i ml/l) som blei observert i 1986, er synt i Figur 7a. Figur 7b syner tilsvarande metningsgrad i %. Den nedre akse viser stasjonsnr. og tid. Samanlikning av verdiane 1 meter (o) og 5 meter (x) over botnen, syner at vatnet nærast botnen har dei lågaste verdiane. Dette er ikkje urimeleg når ein tek omsyn til at målingane er frå ei grop innafor den ytre terskelen, sjå Figur 1. Ingen av oksygenverdiane er kritisk låge.

Både mengd oppløyst oksygen og motsvarande metningsprosent syner ein avtakande tendens til i midten av april (stasjon 5). Nærast botnen heldt denne tendensen seg også då stasjon 7 blei teken den 23/5, for deretter å auke til markert overmetning i juni. I nivået 5 meter over botn har det skjedd ein auke i oksygeninnhald alt før stasjon 7 blei teken.

Samanlikning med vertikalsnitta av salinitet og temperatur (Figur 3a og 3b) synest å stadfeste at total utskifting ennå ikkje hadde funne stad nær botnen då stasjon 7 blei teken. Saltare og kaldare vatn låg framleis att ved botnen i slutten av mai. Først i juni syntest alt djupvatnet å vere utskifta. Overmetninga i det "nye" vatnet kan dels skuldast fytoplankton-konsentrasjonar, dels at vatnet nyleg har vore i kontakt med lufta.

Mest truleg er ei djupvassutskifting som den vi har observert våren 1986 eit årleg fenomen, som medverkar til å oppretthalde god vasskvalitet i fjorden.

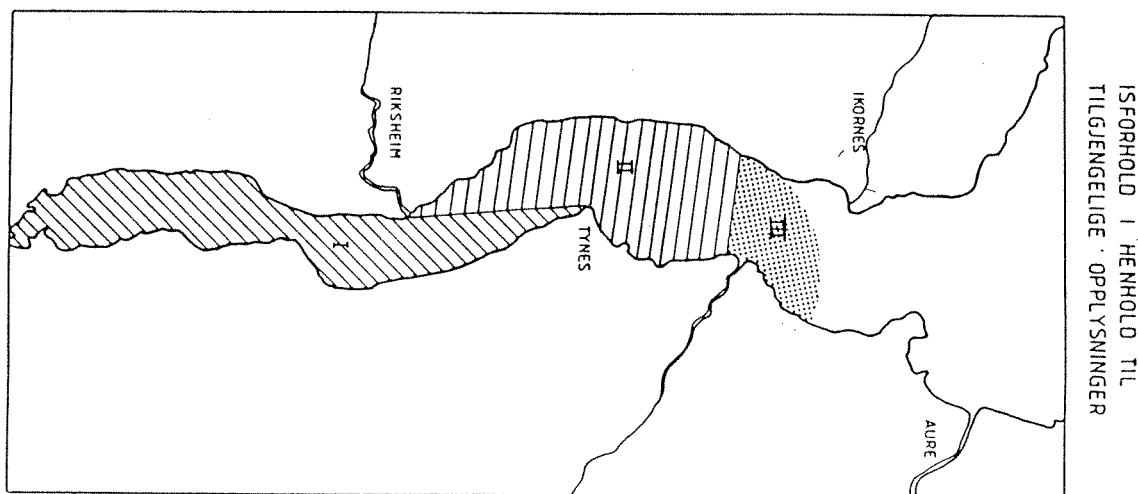


Figur 7a,b. Observasjonane av oksygeninnhald (7a) og metningsgrad (7b) i Sykkylvsfjorden 1986, 1 meter og 5 meter over botnen, (om lag 37 m).



### 3. Istilhøve i Sykkylvsfjorden i dag.

Sykkylvsfjorden er ein utsett fjord når det gjeld islegging. Vanlegvis kan ein observere is i fjorden i perioden november - april/mai. Tilhøva varierer frå år til år. Figur 8 (frå Jacobson, 1985) syner eit kart over istilhøva basert på intervju med folk som bur langs fjorden. I kalde vintrar har det tidvis lege fast is (som kunne bere folk) heilt ut til Jarnes/Haugneset.



Figur 8. Istilhøve i følge tilgjengelege opplysningar. Område I: permanent is jan. - mars. Område II: periodevis is i same periode. Område III: Is av og til. (Frå Jacobson 1985).

Tjukkkleiken på isen kan vere opp til 1/2 meter inst ved Straumgjerde. Ute ved NOR-LAKS A/S sitt matfiskanlegg (sjå Figur 1) er 15 cm tjukk is ikkje uvanleg. For å halde isen i sjakk ved anlegget i dag, er ein gjennom vinteren avhengig av å brøyte opp isen tildels dagleg, og føre han ut i fjorden. Vanlegvis driv isflaka vidare ut fjorden, men under sør-vestleg vind kan dei hope seg opp langs austsida av fjorden, og skape ekstra vanskar for anlegget.

Fjorden har relativt lite ferskvasstilrenning om vinteren, jamfør Figur 4a. Dette fører til liten sirkulasjon i overflatelaget, noko som medverkar til at vatnet får betre vilkår for å fryse, (Kaartvedt, 1984).

Etter lokalbefolkninga sine utsegner, synest det å ha vore normale istilhøve vinteren og våren 1986 i Sykkylvsfjorden. Verste isperioden var i januar - februar, som òg var kaldare enn normalt (jamfør Figur 6a). Ved NOR-LAKS A/S sitt anlegg blei første isen observert 4. november, og

siste isen forsvann 18. april, (ref. Kristian Aas, NOR-LAKS A/S).

#### 4. Straumtilhøve.

NHL føretok i august 1985 nokre enkle straum-målingar, men desse ga ikkje tilstrekkelege opplysningar for vidare analysar, (P. Jacobson, pers. komm.).

Det blei også gjort straumkors-observasjonar i fjorden under vårflaumen våren 1986, men heller ikkje desse målingane var tilstrekkeleg konsistente til å kunne nyttast vidare, (J. Fredriksen, J. Horgheim pers. komm.).

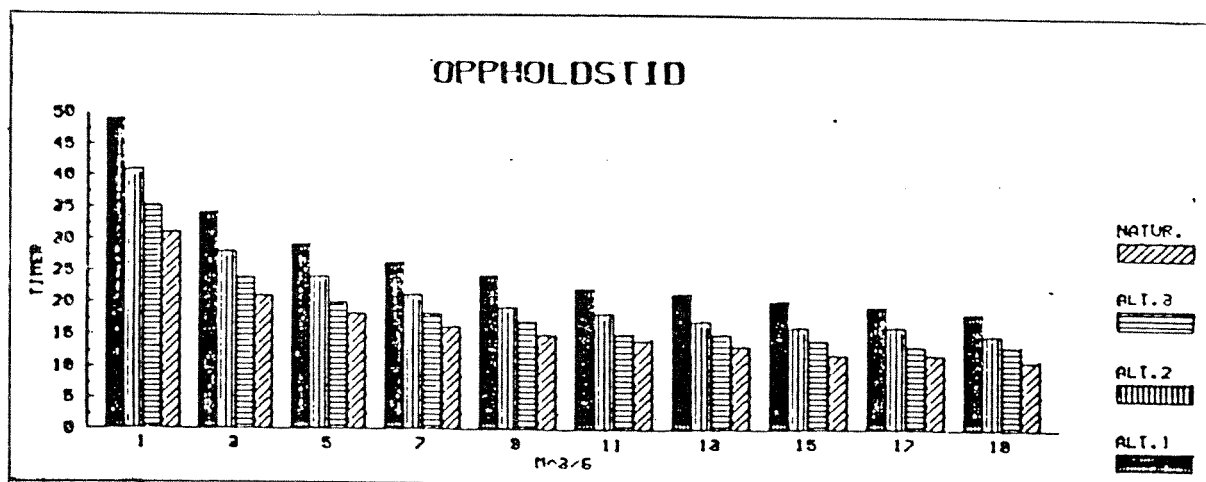
Volumbudsjettbetraktningar kan gje ein peikepinn på straumtilhøva i overflatelaget. Ein enkel tolagsmodell for sirkulasjon har følgjande uttrykk for transporten i øvre lag (fig. 9):

$$Q_1 = Q_r * S_1 / (S_2 - S_1)$$

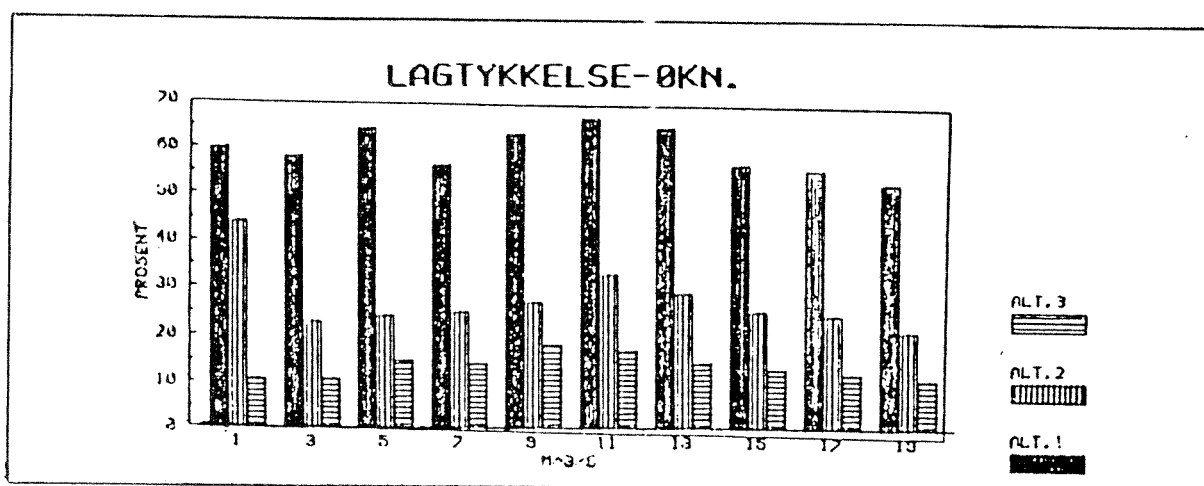
,der  $Q_r$  er ferskvasstilrenning,  $S_1$  og  $S_2$  er salinitet for øvre og nedre lag.

For stasjon 6 (7/5) t.d. kan ein setje  $S_1$  lik 25 (middel 0 - 4 m), og  $S_2$  lik 32, (middel for nedre lag). Mens stasjon 6 blei tatt, var ferskvasstilrenninga frå Fetvatnet om lag  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Med tillegg frå andre kjelder kan ein rekne med  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  for  $Q_r$ , og dette tilsvorar om lag  $3 \text{ cm/s}$  i straumstyrke i middel over eit 4 meter tjukt lag.

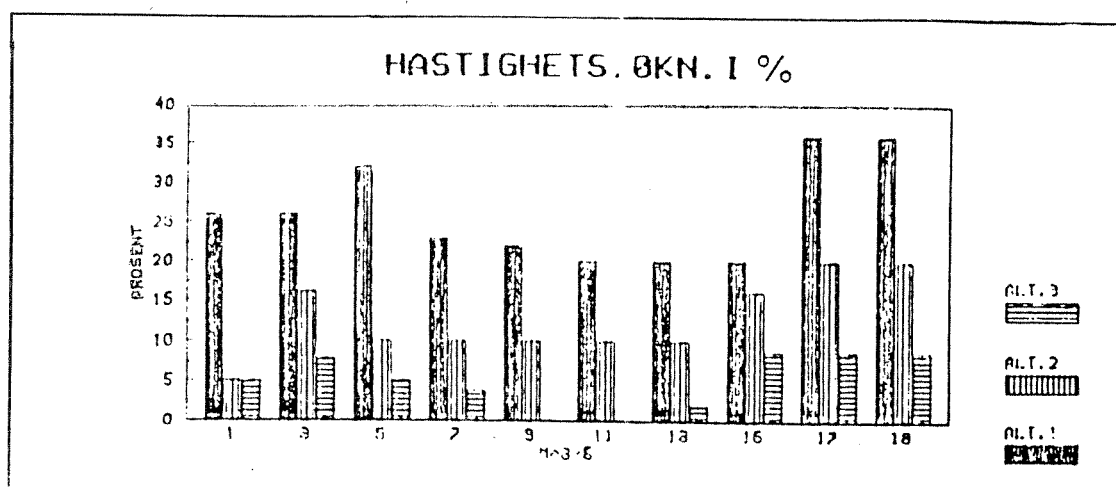
Tilsvarende betraktningar for stasjon 3 (3/4) gjev  $7 \text{ cm/s}$  for eit 1 meter tjukt overflatelag. Vintersituasjonen gjev altså sterkare straum, men mindre transport i overflatelaget.



Beregnete oppholdstider for Sykkylvfjorden ved de ulike utbyggingsalternativene som funksjon av ferskvannstilrenningen.



Brakkvannslagets spransjiktets dyp ved utbyggingsalt. 1 - 3 i forhold til nåværende forhold uttrykt i prosent og som funksjon av ferskvannstilrenning i m<sup>3</sup>/s.



Hastighetsøkning i brakkvannslaget ved utbyggingsalt. 1 - 3 som funksjon av nåværende forhold uttrykt i prosent og som funksjon av ferskvannstilrenning i m<sup>3</sup>/s.

Figur 9a-c. Resultat av berekningane for brakkvasslaget foretatt av NHL. (Frå Jacobson 1985).

## 5. Brakkvatnet før og etter brua.

### 5.1. Ferskvasstilrenning.

Ferskvassavrenninga er ein viktig faktor for brakkvasslaget.

Sykkylvsfjorden har eit samla nedslagsfelt på om lag 110 km<sup>2</sup>. Av dette er 88.4 km<sup>2</sup> knytt til Fetvatnet.

Figur 4a syner midlare månadeleg ferskvassavrenning frå Fetvatnet for perioden 1947 - 1982. Figur 4b syner målt avrenning vinteren og våren 1986. Middelferdiane syner at avrenninga held seg rundt 2-3 m<sup>3</sup>/s i januar - mars, for så å auke til maksimum i juni. Målingane frå 1986 har middelferdiar lik 1.0, .07 og 3.2 m<sup>3</sup>/s for januar, februar og mars, d.v.s. lågare enn normalt dei to første månadane. Dette heng saman med at spesielt januar og februar var vesentleg kaldare enn normalt, og hadde lite nedbør (Fig. 6a,b).

### 5.2 Brakkvasslaget, observerte tilhøve.

Stasjon 1 - 3 (Figur 2a-c) er tekne i risikoperioden for frysing. Stasjon 1 hadde ikkje noko brakkvasslag i det heile, mens stasjon 2 og 3 har antydning til eit om lag 1 meter tjukt lag. Bortsett frå overflateobservasjonen på stasjon 2, er alle dei observerte salinitetane over den fysisk sett kritiske grensa på 25, jamfør avsnitt 6.1.

Ved NOR-LAKS A/S sitt anlegg meinte ein å ha observert meir brakkvatn enn normalt vinteren 1985-86 (Kristian Aas, pers.komm.). Den relativt låge ferskvasstilrenninga dei tre første månadane (Fig. 4b) skulle åleine tilsei mindre brakkvatn. Liten ferskvasstilrenning kombinert med lite vind, eller vind inn fjorden, kan imidlertid føre til periodevis stagnasjon og opphoping av brakkvatnet i fjorden.

Vindobservasjonane frå Ørsta (Fig. 6c) syner at januar og februar for det meste hadde vindstille. Mars hadde også mange vindstille dagar, men med perioder med vind innimellom, då vesentlegast av nordleg til austleg retning.

Utover våren aukar i følgje våre observasjonar brakkvassmengda i fjorden, og tjukkleiken på brakkvasslaget aukar til over 4 meter i mai (Fig. 2e,f). Observasjonane frå juni syner eit litt grunnare (2 - 3 meter), men meir markert brakkvasslag enn i mai, med om lag 16 i midlare salinitet for den øvste meteren.

Brakkvassobservasjonar frå hausten avgrensar seg til Miljøvernavingdelinga i Møre og Romsdal sine 3 vertikalfilar frå oktober 1982, (Jacobson 1985). Desse målingane syner eit om lag 2 meter tjukt brakkvasslag, som tilsynelatande heldt seg ganske konstant utover fjorden.

### 5.3. Teoretiske betraktninga om brakkvasslaget.

Eventuelle endringar i brakkvasslaget som følgje av brua kan føre til endra vilkår for t.d. oppdrettsfisk, og for islegging. Ei steinfylling i samband med brua vil føre til innsnevring av tverrsnittet av fjorden mellom Vik og Ikornes. I følgje Jacobson (1985) vil det noverande ca. 16000 m<sup>2</sup> store tverrsnittsarealet bli redusert med om lag 25% for det dåverande alt. 2 (320 m fylling). Den tilsvarende breiddereduksjonen i overflata der brua vil gå, er om lag 33%.

Figur 9a-c syner NHL sine resultat av teoretiske berekningar for brakkvasslaget, (Stommel og Farmers teori). NHL sitt alternativ 2 ligg nærmast vårt vurderingsgrunnlag. For t.d. 10m<sup>3</sup>/s tilrenning kan ein i følgje NHL for overflatelaget i fjorden verte om lag 20% auke i oppholdstid, 30% auke av tjukkeleiker, samt 10% auke i straumfart i utlaupet ved brua.

NHL har følgjande generelle utsagn om istilhøva: "Reduksjonen i gjennomstrømningsarealet fører til lengre oppholdstid av brakkvannslaget som i sin tur fører til en lavere salthodighet og en høyere isleggingstemperatur. I tillegg fører lengre oppholdstid til lengre avkjølingstid og eksponering av overflaten. Disse forhold vil føre til en hyppigere islegging og en intensivering av forholdene."

## 6. Islegging.

### 6.1. Fysiske prosessar i vatnet.

Tilstrekkelege perioder med temperaturar under frysepunktet er første vilkår for at isfrysing skal kunne kome i gang. For sjøvatn vil det sei temperatur under ca. -2°C.

Avkjøling av det øverste vasslaget vil kunne skape vertikal konveksjon og gjennomblending. Saliniteten i det øverste sjiktet er her avgjerande for kva som skjer. Dersom saliniteten er lavare enn ca. 25, og vassstemperaturen samstundes over 4 °C, vil vatnet ved avkjøling oppnå maksimal tettleik før frysepunktet er nådd, og vertikal-konveksjon vil starte før overflatevatnet får sjanse til å fryse. Først når vannmassane er tilstrekkeleg blanda, vil ytterlegare nedkjøling av overflatelaget kunne finne stad, og is til slutt bli danna.

Stor ferskvassmengd i ein fjord er derfor ikkje einsbetydande med raskare isdanning, dersom vassstemperaturen før kuldeperioden er over 4 °C (hausten).

Dersom saliniteten i det øvste laget er større enn 25, vil vatnet ved avkjøling kunne nå frysepunktet, utan at storstilt vertikal konveksjon på førehand har funne stad. Den faktiske vertikalfordelinga av salinitet (-vertikal-

profil; jamfør våre observasjonar, Figur 3a-g) avgjer kor omfattande konveksjonen vil bli. Dersom det øvste vasslaget (brakkvatnet) er kontinuerleg sjikta i salinitet (og dermed i tettleik), vil avkjølinga av det øvste laget berre føre til avgrensa konveksjon. Vatnet i det avkjølte laget vil etter omblending alltid ha tyngre vatn under seg.

## 6.2. Modell for isdanning.

For å berekne istjukkuleik under ulike brakkvasstilhøve og lufttemperaturar, har vi brukt ein enkel modell som simulerer isdannings- og konveksjonsprosessane. Kort fortalt går den ut på å finne kor mykje is som blir danna når overflata blir utsatt for ein gjeven avkjøling, eller varmeflukt ut. "Flytdiagrammet" i Figur 10 syner gangen i berekningane.

Modellskisse: Berre vertikale konveksjonsprosessar er innvolvert. Varmetap frå sjøoverflata ( - eller eventuelt isoverflata) i form av følbar varme  $Q_H$  eller latent smeltevarme  $Q_L$  driv modellen. Ved først å anta eit gjennomblanda overflatelag av tjukkuleik  $H$ , blir avkjøling simulert ved gradvis å senke temperaturen i dette laget. Denne avkjølinga vil skape vertikal konveksjon i det øvre laget. Når tettleiken for dette laget har nådd same verdi som laget under, som har tjukkuleik  $dH$ , antek ein at desse to laga blir samanblanda til eit nytt lag av tjukkuleik  $H + dH$ , med nye (vegde) blandingsprodukt av salinitet og temperatur. Varmare vatn frå underliggande lag vil dermed bidra til å seinke avkjølingsprosessen. Saltare vatn som blir brakt opp, vil medføre lavare frysepunkt i overflata. Dersom avkjøling fører til at frysepunktet blir nådd før konveksjon til neste nivå har byrja, antek ein at frysing av overflatevatn vil starte. Dette fører til at salt blir utskilt og tilført det avkjølte blandingslaget, som såleis får auka tettleik, og eventuelt, når tilstrekkeleg is er danna, vil bli oppblanda med nok eit underliggande lag.

Når ei gjeven varmemengd er tatt ut, vil ein såleis kunne få eit fysisk sett realistisk estimat for den isen som totalt blir danna. Horisontal adveksjon i vatnet er ikkje inkalkulert. Dei relativt horisontalt homogene tilhøva ein kan rekne å ha om vinteren ville ikkje influere stort på resultatane.

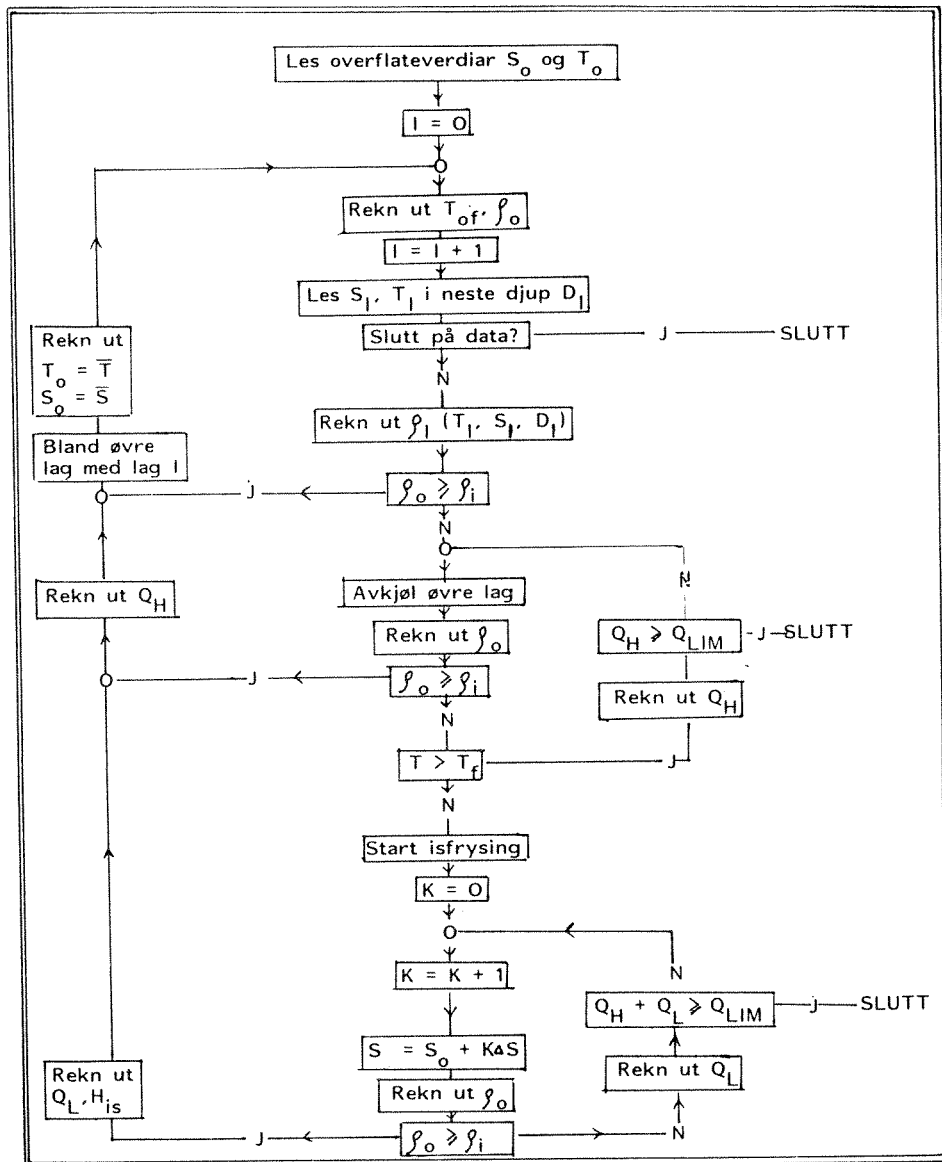
Følgjande konstantar er brukt:

Latent smeltevarme for sjøis:  $2.9 \cdot 10^8 \text{ J/m}^3$ .

Spesifikk varmekapasitet for sjøvatn:  $4.0 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$ .

I våre isberekningar vil vi ta utgangspunkt i observasjonane som er gjort. I Sykkylvsfjorden er det observert opp til 8 cm nydanna is på ei "natt". Slik isdanning tilsvarar eit varmetap på minimum  $2.3 \cdot 10^7 \text{ J/m}^2$ , ( tilsvarar  $540 \text{ W/m}^2$  i gjennomsnitt over ei 12 timars periode). I tillegg til dette varmetapet kjem eit mindre bidrag frå avkjøling

av øvre vannmassar til frysepunktet. Eit varmetap tilsvarande  $2.5 \cdot 10^7 \text{ J/m}^2$  vil derfor bli brukt som utgangspunkt for dei vidare modellberekningane.



Figur 10. Diagram som syner gangen i berekningane av istjukkleik ( $H_{IS}$ ), med utgangspunkt i eit gjeve varmetap  $Q_{LIM}$ , og ein gjeven vertikalfordeling av salinitet og temperatur i sjøvatnet.

### 6.3. Resultat av isberekningane.

Ved å anvende modellen direkte på våre hydrografiske observasjonar, fann vi resultat som varierte frå ingen is (stasjon 1) til 8.2 cm is for stasjon 2. Dette indikerer at brakkvasslaget observert på stasjon 2 har dei gunstige salinitet-temperatur karakteristikane under våre føresetnader. Resultatet for stasjon 2 stemmer også godt med det som til tider er observert, ref. avsnitt 6.2.

For øvrig merkar ein seg at konveksjonen under noverande tilhøve berre går 1-2 meter djupt før før det korresponderande varmetapet overskrid vår testverdi.

For å prøve modellen under andre tenkte hydrografiske tilhøve, som kan vere representative for brakkvatnet etter brua, har vi tatt følgjande utgangspunkt, delvis med bakgrunn i NHL sine resultat (Fig. 9, alt. 2):

- Antar 300 m brufylling, og same varmetap som ovanfor.
- Antar så (jamfør avsn. 5.3) 1): 20% auke i opphaldstid for brakkvatnet, som fører til om lag 10% reduksjon i salinitet.
- Antar 2): 30% auke i brakkvasslagets djupne.

Desse antakingane ga meir is (nokre få centimeter) på dei stasjonane der det "før brua" vart danna lite eller ingen is, (til dømes seint på våren). For t.d. stasjon 2 var det i hovudsak same resultat som "før brua".

Våre berekningar av endring i istilhøva basert på teoretiske betraktningar for brakkvasslaget tyder såleis på ein viss auke i islegging etter brua.

Under gjevne hydrografiske tilhøve vil ein på ei "frostnatt" kunne få danna nokre cm. is der ein tidlegare ikkje fekk is. Maksimaltjukkuleiken for ein frostnattsepisode synest derimot ikkje å auke.

Dei mest markerte endringane i istilhøva vil truleg skje i form av oppstuving innafor fyllinga, som vil danne ein fysisk barriere for transport av is ut fjorden.

## 7. Fiskeoppdrett i Sykkylvsfjorden.

### 7.1. Matfisk.

Fiskeoppdrettsverksemda i Sykkylvsfjorden starta opp med jorddammer så tidleg som i 1952. Anlegget vart seinare bygd ut med støypte kummar på land til ein produksjonskapasitet på 70 tonn regnbogaure pr. år.

NOR-LAKS A/S overtok anlegget i 1980. Firmaet produserer idag berre laks, og heile matfiskproduksjonen går føre seg i mærer i sjøen. Selskapet har løyve på 12.000 m<sup>3</sup>



produksjonsvolum, medan anlegget pr. idag berre er utbygd til kring 6.000 - 7.000 m<sup>3</sup>. Målet er å auka kapasiteten gradvis opp til 12.000 m<sup>3</sup>.

Matfiskproduksjonen i 1985 var 89.000 kg laks innan eit produksjonsvolum på 5.000 m<sup>3</sup> (17.8 kg/m<sup>3</sup>). I 1986 er det levert 103.000 kg slaktefisk.

Grunna utvida produksjonsvolum blir produksjonen pr m<sup>3</sup> omlag den same som i 1985.

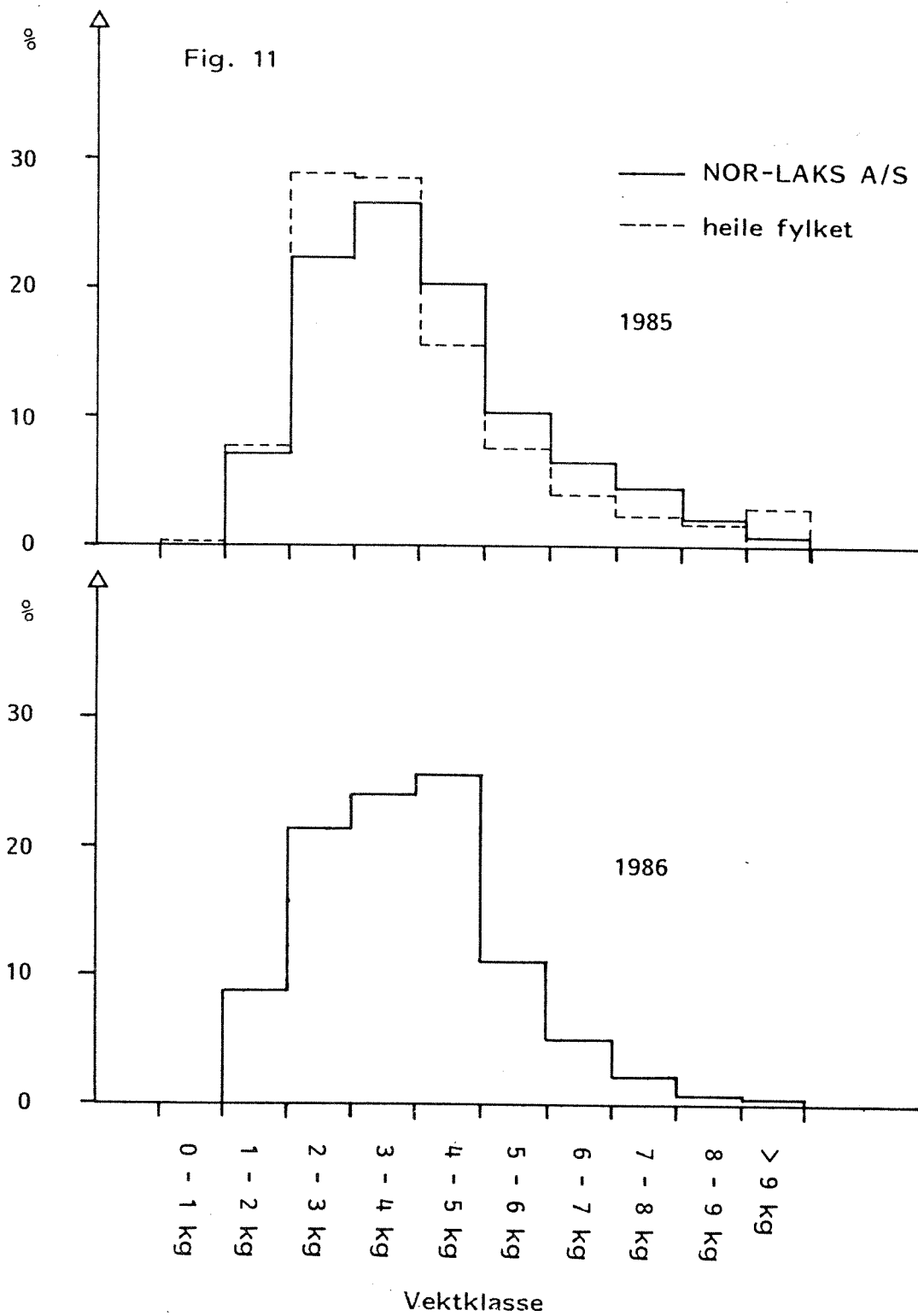
Fullt utbygd vil anlegget ut frå ei tilsvarande berekning produsere omlag 215 tonn laks pr. år til ein verdi av kring 8.5 mill. kr. Fig. 11 syner vektfordelinga av slaktefisk frå NOR-LAKS A/S i 1985 og -86. Verdiane er henta frå sluttsetlar frå Fiskeoppdretternes Salgslag A/L, og publisert med samtykke frå NOR-LAKS A/S. Tabell 2 nedanfor syner kumulert fordeling av vektklassane av slaktefisk i dei to åra 1985 og 1986, samt tilsvarande gjennomsnitt for Møre og Romsdal fylke 1985. Prosentane av dei ulike vektklassane er kumulert frå >9 kg og ned til 1-2 kg.

Tabell 2. Kummulerte prosentverdier for ulike vektklasser av slaktefisk levert i 1985 og -86. Verdiane er kummulerte frå største vekstklasse (> 9 kg) og ned til minste (1-2 kg). Tabellen syner også tilsvarande fylkesstatistikk for Møre og Romsdal for 1986.

Vektkl. (kg)	>9	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3	1-2
År									
1985	0.72	2.82	7.34	13.72	23.87	44.05	70.54	92.81	100.
1986	0.48	1.28	3.51	8.48	19.58	44.92	69.10	91.31	100.
Møre & R.									
1985	3.1	4.8	7.2	11.2	18.9	34.5	63.1	91.2	99.8

Tabellen syner at 44-45% av slaktefisken låg i vektgruppene frå 4-5 kg og oppover begge år, medan omlag 70% låg i vektgruppene 3-4 kg og oppover. Med omsyn til produksjon pr. konsesjons-kubikkmeter (omlag 18 kg), kan ein slå fast at dette er eit særst godt resultat, som ligg godt over fylkesstatistikken. Til samanlikning kan det nemnast at omlag 40% av slaktelaksen i Osterøy kommune i Hordaland i 1984 låg i vektklassane 4-5 kg og over. Det nemnte området er rekna blant dei beste i Noreg når det gjeld medelstorleik (tilvekst) av oppdrettslaks (Norsk Fiskeoppdrett nr. 7/8 1986).

Noko av forklåringa på den høgare slaktevekta i Sykkylvfjorden ligg i driftsmessige tilhøve, i det ein ved NOR-LAKS A/S føretek konsentrert slakting i juni - juli, etter at all fisken har stått 2 år i sjøen. I Osterfjorden



Figur 11. Vektfordeling av slaktefisk ved NOR-LAKS A/S 1985 - 86. (Publisert etter samtykke frå NOR-LAKS A/S).

startar utslaktinga på dei fleste anlegga allereie i november etter 1.5 år i sjøen, og vert avslutta i april-mai året etter.

Foringa ved NOR-LAKS A/S går føre seg med sjølvprodusert våtfôr (pellets). Fôrforbruket i 1985 er oppgjeve til 400 - 500 tonn (Kristian Aas pers. komm.).

## 7.2. Setjefisk.

Setjefiskanlegget til NOR-LAKS A/S produserte 500.000 sjøferdig setjefisk i 1986. Målet er ein årsproduksjon på 1 mill. sjøferdig setjefisk til ein verdi etter dagens prisar på 15-20 mill. kr.

Avlaupsvatnet frå setjefiskanlegget går ut i overflata etter mekanisk reinsing (sedimentasjonskum). Setjefiskproduksjonen vil ikkje bli påverka av brua, og vil derfor ikkje bli vidare omtalt.

## 7.3. Sysselsetjing og ringverknader.

NOR-LAKS A/S har i dag 3 heiltidssysselsette. Med dei planlagte utvidingane vil dette talet truleg måtte doblast dei næraste åra.

Setjefiskproduksjonen er idag stor nok til å stetta 8-10 fullt utbygde matfiskanlegg i tillegg til å dekkja NOR-LAKS A/S sin eigen trong for setjefisk til eigen matfiskproduksjon. Etter planen skal setjefiskproduksjonen doblast.

Slaktefisken frå matfiskanlegget blir idag ført med brønnbåt til Alesund og Florø for slakting og pakking, og bidrar såleis til sysselsetjing på desse stadene. Fullt utbygd, og med ei jamnare fordeling av slakteaktiviteten gjennom året, vil NOR-LAKS A/S kunne halda ei slakte- og pakkeline med 8-10 personar sysselsett gjennom store delar av året.

I framtida ligg det og potensielle arbeidsplassar i vidareforedling av oppdrettsprodukt frå anlegget.

## 7.4. Miljø - sjukdom - Samanlikning av Sykkylvsfjorden med fjordane kring Osterøy.

Temperatur og salinitet i Sykkylvsfjorden ligg stort sett innafor det ein reknar som optimalt for laks (6-18°C). Sjølv om fjorden i seg sjøl både topografisk og miljømessig er svært ulik Osterfjorden/Sørfjorden i Hordaland finn ein visse fellestrekk som gjer det naturleg å samanlikna tilhøva for lakseoppdrett i dei to områda. Når vi har valt å trekke ein del samanlikningar mellom desse fjordane er det fordi tilhøva kring Osterøy er relativt godt kjent, og fordi det inngrepet som er planlagt for Sykkylvsfjorden vil skape miljøendringar i same retning som den planlagte flytebrua over Salhusfjorden (Bjerknes m.fl. 1985).

Likevel vil omfanget av endringane truleg bli mindre drastiske i Sykkylvsfjorden.

Karakteristisk for driftstilhøva i dei to fjordane er:

- Minimale problem med ektoparasittar (lakselus). Lakselus førekjem i vinterhalvåret, men forsvinn når vårflaumen set inn og saliniteten i overflate laget går ned.
- Lite eller ingen problem med den ellers så vanlige fiskesjukdommen vibriose.
- Haemorhagisk syndrom ("Hitrasjuke") har vore registrert i Osterfjorden/Sørfjorden, uten at dette har resultert i dramatiske tap av fisk. I Sykkylvsfjorden har ein til no vore fri for sjukdommen.

Desse tilhøva har truleg samanheng med følgjande:

- Brakkvasstilhøva og dei varierende saltkonsentrasjonane gjev dårlege tilhøve for lakselus og fiskesjukdomsbakteriar.
- Fråver av parasitt- og sjukdomsinfeksjon gjev god ålmentilstand hos fisken.
- Fisken unngår å bli stressa som følgje av handsaming med medikament og kjemoterapeutika.
- Begge områda ligg relativt isolert i høve til anna oppdrettsverksemd, og er sjølvforsynte med setjefisk. Dette gjev ei viss sikring mot overføring av sjukdom og parasittar.

På den negative sida kan følgjande nemnast når det gjeld miljøtilhøva:

- Raske fall i salinitet og temperatur (vinterstid) og auka tjukkeleik av overflatelaget verkar stressande på fisken i oppdrettsmørane. I vårflaumssituasjonen er overflatevatnet gjerne noko varmare enn vatnet under (sjå fig. 2e), medan flaum vinterstid gjev ein kombinasjon av fall i temperatur og fall i salinitet. Desse tilhøva blir særleg alvorlege ved raske fall i salinitet til verdiar ned mot, og under 10-12, som svarar til saliniteten i kroppsveskene til fisken. Slike situasjonar kan finne stad i samband med flaum i nedslagsfelta, og kan bli forsterka dersom flaumen fell saman med sterk pålandsvind.

Under slike tilhøve er det vanleg å observera følgjande åtferd hos fisk i oppdrett:

1. Fisken sluttar å ta fôr og står og sturer i nota.
2. Fisken stiller seg djupt nede i nøtene, og går av og til overflata og snappar.

### 3. Fiskedød årsaka av samantrenging og kveling i kombinasjons med osmotisk forstyrring.

Dei tre punkta kan ein sjå som trinn i ei utviklingsrekke. I Osterfjorden har ein observert at det kan ta overraskande kort tid frå punkt 1 til 3 (under eit døger). I Sykkylvsfjorden er punkt 1 og 2 vanlege i samband med vår- og haustflaum, medan ein til no ikkje har opplevd punkt 3 (Kristian Aas, pers. komm.). Dette heng saman med at saliniteten i overflatelaget truleg sjeldan eller aldri kjem under 12, noko som derimot er sær vanleg i Osterfjorden/Sørfjorden.

Ved NOR-LAKS A/S nytta ein tidlegare 4 m djupe nøter. Overgang til 8 m djupe nøter i dei siste åra gjev ei sikring mot trenging og dermed kvelning av fisk som søker å unnvika det saltfattige og kalde overflatelaget.

Følgjande faktorar er truleg avgjerande for omfanget av skadeverknadane:

- Kor hurtig skiftningane i salinitet og temperatur skjer.
- Storleiken av fallet i salinitet og temperatur.
- Kor lenge episoden varer.
- Mektigheiten (tjukkkleiken) av overflatelaget.
- Førekomsten av to eller fleire påfølgjande flaum-episodar.

Medan saliniteten i overflatelaget i Osterfjorden varierer mellom 6 og 30‰/‰, er variasjonsområdet i Sykkylvsfjorden truleg snevrare. Våre observasjonar frå 1986 syner tidsvariasjonar mellom 22 og 33‰/‰, med ekstremverdiar så låge som 5-6‰/‰ i overflata. Saliniteten i Osterfjorden fell ofte under den kritiske verdien på 10-12‰/‰, og verkar stressande for laks som er tilvendt sjøvatn. I følgje våre observasjonar var det berre i det aller øverste vassjiktet (vasskorpa) at ein til tider fann så låge verdiar i Sykkylvsfjorden i 1986.

## 8. Moglege verknadar av bruffyllinga på fiskeoppdrett.

### 8.1. Brakkvasslaget.

For noverande fyllingsalternativ (tilnærma) antyder Jacobson (1985) ein auke i sprangsjiktsdjupne på kring 25% ved ei tilrenning på 15 m<sup>3</sup>/sek. (normalavrenning for mai). Med ei sprangsjiktsdjupne på 5 meter (jamfør Fig.2e, mai 1986), vil ein såleis kunne få ein auke til 6.25 meter etter brua.

Dei mæranne som vert nytta dag er 8 m djupe. Iersom vi føreset at fisken stiller seg under sprangsjiktnivå ved flaum, medfører dette ein midlertidig reduksjon i

tilgjengeleg mærvolum på 62.5% under noverande tilhøve, og 78% ved tilsvarande flaum etter brua.

Ved auka samanpressing av fisken aukar risikoen for kveling som følgje av oksygenforbruk og nedsett rørslefridom. Samstundes aukar risikoen for osmotisk stress fordi andelen av vatn med låg salinitet i mæren aukar.

Lengre opphaldstid for brakkvatnet vil gjera at slike stressituasjonar vil halde seg over lengre tid, som følgje av brufyllinga.

Sjølv om saliniteten ikkje vil gå ned til 12 eller lågare, vil skilnaden i salinitet mellom djupvatn og overflatevatn bli større enn idag, med større fare for osmotisk stress.

## 8.2. Overflatestraum og djupvassutskifting.

I kap. 2.2 og 2.3 ovanfor har vi skildra den djupvassutskiftinga som fant stad i Sykkylvsfjorden våren 1986. Slike utskiftingar førekjem truleg kvart år. Ei samanlikning mellom NHL sine observasjonar frå 1985 og våre observasjonar frå 1986 tyder likevel på at effektiviteten av desse utskiftingane varierer. Eventuell redusert straum i brakkvatnet i fjorden etter brua vil i følgje teori om estuarin sirkulasjon kunne redusere djupvassinnstrøyming til fjorden i samband med flaum. (NB. 10% auke i straumen i følgje NHL gjaldt åpningen ved brua).

Auka opphaldstid for overflatevatnet i fjorden medfører auka sedimentering av organisk materiale, m.a. av fôrpartiklar og fiskeekskrement frå NOR-LAKS A/S, med ei tilsvarande auke i oksygenforbruket. Redusert straum i overflatelaget vil redusere vassutskiftinga og dermed oksygentilførsla til mæraane, noko som kan vera kritisk for laksen, særleg sommarstid med høge temperaturar og intensiv fôring.

NOR-LAKS A/S har både løyve til og planar om å dubla oppdrettsvolumet for matfisk i høve til dagens volum, og til å dubla setjefiskproduksjonen frå 250.-500.000 sjøferdig setjefisk. Utar særskilte reiningstiltak tyder dette ei dobling av den årlege utsleppsmengda. Dersom denne auken skjer samtidig med eit inngrep som gjev auka sedimentasjon og redusert vassutskifting, vil oksygenverdiene i djupvatnet, på visse deler av året bli redusert samanlikna med dei tilhøva ein finn i dag.

Dei begrensa midlane som er stilt til rådvelde for prosjektet gjev ikkje rom for ei meir inngående drøfting om graden av desse endringane.

## 8.3. Istilhøve.

I følgje våre berekningar av isdanning (avsn. 6.3), er det på vårparten eventuell ekstra isdanning vil skje etter brua. Under normale tilhøve blir den oppbrøyte isen ført

ut i fjorden, og driv ut med strømmen. Under ugunstige vêrtilhøve kan ein ikkje sjå bort frå at is vil stuve seg opp på innsida av fyllinga, og at denne oppstuvinga kan forplante seg innover til oppdrettsanlegget, med fare for skader. Det let seg vanskeleg gjera å talfesta ei slik risiko. Dei mæra som no blir tekne i bruk ved NOR-LAKS A/S er på 15 x 15 x 8 m (1.800 m<sup>3</sup>). Dersom ei not med 20 kg slaktefisk pr. m<sup>3</sup> (36.000 kg) revnar som følgje av isoppstuving, vil dette representera eit tap i storleiksorden 1.5 mill. kr.

Ein kan heller ikkje sjå bort frå at is til tider kan bli hindra i å reke ut fjorden p.g.a. samanstøyt med brusøylene i åpningen. Eventuelle negative effekter her vil vere avhengig av avstand mellom søylene, og vil kunne bli motverka ved ekstra isbryting/buksering.

### 9. Tiltak.

Auka brøyting og buksering av isen vinterstid under ugunstige vind-og straumtilhøve vil minske eventuell opphoping av drivis på innsida av brufyllinga, og minske faren for skade på oppdrettsanlegget. Bortsett frå auka risiko for isskader, kan konsekvensane av brufyllinga i hovudsak dreia seg om subletale effektar på fisken (mistrivnad, stress, redusert tilvekst) som følgje av redusert kvalitet på sjølve oppdrettslokaliteten. Effekter som ikkje kjem fram i form av plutselig massedød eller skader på fisk og anlegg kan vera særst vanskelege å måla utan nitid overvaking. Endå verre kan det vera å påvisa klar årsakssamanheng i slike tilfelle.

Dersom anleggsarbeidet medfører høg grad av tilgrumsing som følgje av oppvirvling av sediment og slam, med skadeleg verknad på fisken i oppdrettsanlegget (gjelle-skader), bør reduksjon i fyllingsaktiviteten, eller mellombels flytting av matfiskanlegget til ein alternativ lokalitet vurderast for å unngå slike skader.

Andre tiltak vil måtte gå på ein reduksjon av utsleppa til Sykkylvsfjorden, som t.d. reinsetiltak, djupvassavlaup, eller overføring av avlaup til Storfjorden. For NOR-LAKS A/S vil overgang til tørrfôr og bruk av straumsetjarar truleg gje redusert belastning av oppdrettslokaliteten og dei næraste områda omkring, og auka gjennomstrøyminga av oksygenrikt vatn gjennom mæra.

For å skape grunnlag for vurdering av årsakssamanheng vedr. framtidige skader for NOR-LAKS A/S, tilrår vi gjennomføring av eit hydrografisk overvåkingsprogram, supplert med registreringar av åtferd og tilvekst hos oppdrettsfisken over eit lengst mogleg tidsrom før og etter bygging av den planlagte brua.

**REFERANSAR**

Bjerknes, V. m.fl. (1985): Flytebro over Salhusfjorden. Konsekvensanalyse vedrørende miljøendringer og akvakultur. NIVA rapport nr. 1723.

Jacobson (1985): Sykkylvsfjorden - en konsekvensvurdering. NHL rapport nr. STF60 F85110.

Kaartvedt (1984), Vassdragsregulerings virkning på fjorder. Fisker Hav., 1984 (3):1-104.

Norsk Fiskeoppdrett (1986): Landets beste laksefjord i fare? Norsk Fiske oppdrett nr. 7/8 1986.



## SAMMENDRAG

A/S Brusambandet Vik-Ikornes har prosjektert flere forslag til ei bru over Sykkylvfjorden. I de ulike bruforslagen inngår lengre eller kortere fyllingsalternativ.

Rapporten viser at de ulike fyllingalternativene fører til arealreduksjoner av tverrsnittet Vik-Ikornes som vil føre til lengre oppholdstid for i hovedsak det utstrømmende brakkvannslaget. Lengre oppholdstid vil føre til noe lavere saltholdighet i overflatelaget. Strømmen i det reduserte tverrsnittet vil øke da det samme volum idag går til og fra fjorden skal passere gjennom et mindre areal enn tidligere. Foran og bak fyllingen vil strømhastigheten reduseres og strømbildet vil i tillegg bli forandret. Lengre oppholdstid og mindre saltholdighet vil vinterstid føre til at frysepunktet for vannet stiger noe som vil føre til hyppigere og større utbredelse av det isdekkede areal enn tidligere.

Resultatene kan i konsentrert form summeres slik at:

- brakkvannslagets oppholdstid vil øke med 10 - 60% avhengig av utbyggingsalternativ.
- saltholdigheten i brakkvannslaget vil minke.
- strømmen vil minke i det lokale område som vil bli skjermet av fyllingen ved de ulike utbyggingsalternativene.
- turbulensnivået kan synke og medføre roligere forhold, med generellt lavere strømnivå og mindre vertikal utveksling i fjorden, (som kan resultere i noe økt oksygenforbruk, i bunnvannet, i fjordens indre deler).
- vannkvalitetsparametre kan forandres.

Befaring til området ble foretatt 7-8 august 1985.

Rapporten er etter avsluttet arbeid gjennomgått av cand.real. S.A.Gjerp.

APPENDIKS A. NHL sitt rapportsamandrag. Frå Jacobson (1985).

STA: 1 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 96. 4. 2 20 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 35.  
 SYKKYLVEN 2/2 86 TITRETT SALT  
 A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .65-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	1.50	3.410	3.410	.000	32.900	26.172
50	1.00	3.430	3.430	.000	32.970	26.222
50	1.50	3.490	3.490	.000	32.900	26.165
50	2.00	3.490	3.490	.000	32.970	26.221
50	2.50	3.440	3.440	.000	32.900	26.170
50	3.00	3.500	3.500	.000	32.830	26.108
50	3.50	3.410	3.410	.000	32.870	26.148
50	4.00	3.410	3.410	.000	32.900	26.172
50	4.50	3.480	3.480	.000	32.830	26.110
50	5.00	3.470	3.470	.000	32.970	26.223
50	6.00	3.490	3.490	.000	32.970	26.221
50	7.00	3.460	3.460	.000	32.980	26.231
50	8.00	3.440	3.440	.000	33.020	26.265
50	9.00	3.510	3.509	.000	32.900	26.163
50	10.00	3.460	3.459	.000	32.970	26.223
50	15.00	3.400	3.399	.000	32.970	26.229
50	20.00	3.400	3.399	.000	32.910	26.181
50	25.00	3.490	3.488	.000	32.900	26.165
50	30.00	3.310	3.308	.000	32.900	26.181
50	35.00	3.600	3.598	.000	32.970	26.210

STA: 2 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 96. 3. 19 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 35.  
 SYKKYLVEN 18/3 96 TITRETT SALT  
 A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .65-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	3.140	3.140	.000	31.40	23.671
50	.50	3.510	3.510	.000	30.010	23.862
50	1.00	3.490	3.490	.000	31.660	25.177
50	1.50	3.440	3.440	.000	32.260	25.660
50	2.00	3.510	3.510	.000	32.190	25.598
50	2.50	3.470	3.470	.000	32.310	25.697
50	3.00	3.310	3.310	.000	32.310	25.711
50	3.50	3.300	3.300	.000	32.450	25.824
50	4.00	3.440	3.440	.000	32.270	25.668
50	4.50	3.340	3.340	.000	32.310	25.709
50	5.00	3.320	3.320	.000	32.310	25.710
50	6.00	3.280	3.280	.000	32.450	25.826
50	7.00	3.290	3.290	.000	32.340	25.737
50	8.00	3.370	3.370	.000	(31.910)	26.981
50	9.00	3.399	3.399	.000	32.500	25.934
50	10.00	3.250	3.249	.000	32.520	25.884
50	15.00	3.390	3.389	.000	32.760	26.072
50	20.00	3.390	3.389	.000	32.720	26.031
50	25.00	3.300	3.299	.000	32.720	26.039
50	30.00	3.310	3.308	.000	32.800	26.102
50	32.00	3.440	3.438	.000	32.950	26.209
50	37.00	3.340	3.338	.000	32.970	26.155

STA: 3 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 96. 4. 3 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 35.  
 SYKKYLVEN 3/4 86 TITRETT SALT  
 A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .65-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	4.670	4.670	.000	27.540	21.798
50	1.00	4.690	4.690	.000	30.820	24.415
50	1.50	4.310	4.310	.000	31.470	24.949
50	2.00	3.930	3.930	.000	31.740	25.200
50	2.50	3.800	3.800	.000	31.890	25.332
50	3.00	3.760	3.760	.000	31.940	25.376
50	3.50	3.790	3.790	.000	32.010	25.428
50	4.00	3.800	3.800	.000	32.070	25.475
50	4.50	3.770	3.770	.000	32.010	25.430
50	5.00	3.890	3.890	.000	32.070	25.467
50	6.00	4.020	4.020	.000	32.140	25.510
50	7.00	4.070	4.070	.000	32.330	25.656
50	8.00	3.950	3.950	.000	32.400	25.723
50	9.00	3.590	3.590	.000	32.470	25.813
50	10.00	3.500	3.499	.000	32.580	25.909
50	15.00	3.690	3.689	.000	32.600	25.937
50	20.00	3.370	3.369	.000	32.600	25.967
50	25.00	3.490	3.489	.000	32.900	26.174
50	30.00	3.460	3.458	.000	32.870	26.164
50	35.00	3.920	3.918	.000	33.070	26.259
50		3.780	3.778	.000	33.070	26.273

STA: 4 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 96. 4. 18 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 35.  
 SYKKYLVEN 18/4 86 SALITERM OBS.  
 A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .65-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	4.100	4.100	.000	31.300	24.835
50	.50	4.100	4.100	.000	31.300	24.835
50	1.00	4.200	4.200	.000	31.500	24.984
50	2.00	4.400	4.400	.000	32.350	25.639
50	3.00	4.100	4.100	.000	32.400	25.709
50	4.00	4.300	4.300	.000	32.350	25.808
50	5.00	4.300	4.300	.000	32.600	25.847
50	6.00	4.200	4.200	.000	32.650	25.887
50	7.00	4.100	4.100	.000	32.700	25.937
50	8.00	4.100	4.099	.000	32.800	26.026
50	9.00	4.100	4.099	.000	32.900	26.106
50	10.00	4.200	4.199	.000	32.950	26.136
50	12.00	4.600	4.599	.000	33.000	26.155
50	14.00	4.600	4.599	.000	33.150	26.253
50	16.00	4.700	4.699	.000	33.200	26.282
50	18.00	4.900	4.899	.000	33.300	26.339
50	20.00	5.000	4.999	.000	33.350	26.367
50	25.00	5.200	5.198	.000	33.450	26.463
50	30.00	5.200	5.198	.000	33.600	26.533
50	35.00	5.300	5.297	.000	33.650	26.571

STA: 5 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 86, 5, 21 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 36.  
 SYKKYLVEN 18/4 1986 VANHENTERDATA V/ J. HORGHEIM A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .45-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	5.260	5.260	.000	31.350	24.755
50	.50	5.190	5.190	.000	31.350	24.782
50	1.00	4.810	4.810	.000	32.090	25.389
50	1.50	4.720	4.720	.000	32.470	25.700
50	2.00	4.580	4.580	.000	32.400	25.660
50	2.50	4.390	4.390	.000	32.440	25.711
50	3.00	4.300	4.300	.000	32.540	25.800
50	3.50	4.310	4.310	.000	32.540	25.799
50	4.00	4.290	4.290	.000	32.590	25.920
50	4.50	4.250	4.250	.000	32.540	25.805
50	5.00	4.370	4.370	.000	32.810	26.023
50	6.00	4.270	4.270	.000	32.880	26.073
50	7.00	4.240	4.240	.000	32.810	26.020
50	8.00	4.130	4.129	.000	33.000	26.182
50	9.00	4.180	4.179	.000	33.070	26.233
50	10.00	4.370	4.369	.000	33.150	26.277
50	20.00	4.750	4.749	.000	33.270	26.332
50	25.00	5.030	5.029	.000	33.410	26.411
50	30.00	5.190	5.188	.000	33.600	26.544
50	35.00	5.210	5.209	.000	33.960	26.827
50		5.190	5.187	.000	33.540	26.734

STA: 7 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 86, 5, 21 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 36.  
 SYKKYLVSFJORDEN 23/5 1986 VANHENTERDATA V/ J. HORGHEIM A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .45-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	7.410	9.410	.000	24.200	18.620
50	.50	7.420	9.420	.000	21.930	18.408
50	1.00	7.290	9.290	.000	21.930	18.426
50	1.50	7.230	9.230	.000	24.530	18.902
50	2.00	7.240	9.240	.000	24.950	19.228
50	2.50	7.090	9.090	.000	25.240	19.476
50	3.00	7.030	9.030	.000	25.140	19.406
50	3.50	7.030	9.030	.000	25.420	19.624
50	4.00	7.590	8.590	.000	27.180	21.060
50	4.50	7.560	8.560	.000	27.310	21.166
50	5.00	7.660	8.660	.000	26.870	20.808
50	6.00	7.510	8.509	.000	27.920	21.778
50	7.00	7.380	8.379	.000	28.060	21.778
50	8.00	7.290	8.279	.000	28.190	21.893
50	9.00	7.190	8.189	.000	28.210	21.921
50	10.00	7.220	8.219	.000	28.660	22.270
50	15.00	7.840	7.839	.000	29.370	22.878
50	20.00	4.990	6.938	.000	30.270	23.697
50	25.00	4.770	6.748	.000	31.260	24.504
50	30.00	4.510	6.507	.000	32.330	25.380
50	37.00	4.530	5.527	.000	33.800	26.650

STA: 6 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 86, 5, 7 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 36.  
 SYKKYLVEN 7/5 1986 VANHENTERDATA V/ J. HORGHEIM A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .45-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	9.430	8.430	.000	5.870	4.436
50	.50	9.120	8.120	.000	10.760	8.287
50	1.00	9.200	9.200	.000	23.920	18.131
50	1.50	9.850	9.850	.000	29.540	22.869
50	2.00	9.500	8.500	.000	30.080	23.342
50	2.50	9.090	8.090	.000	30.890	24.035
50	3.00	9.070	8.070	.000	30.940	24.077
50	3.50	7.430	7.430	.000	31.420	24.543
50	4.00	6.950	6.950	.000	31.910	24.992
50	4.50	6.570	6.570	.000	32.140	25.223
50	5.00	6.460	6.460	.000	32.470	25.497
50	6.00	6.280	6.280	.000	32.540	25.575
50	7.00	6.170	6.170	.000	32.670	25.690
50	8.00	6.109	6.109	.000	32.760	25.769
50	9.00	6.049	6.049	.000	32.710	25.737
50	10.00	5.960	5.959	.000	32.870	25.875
50	15.00	5.840	5.839	.000	33.020	26.008
50	20.00	5.750	5.748	.000	33.200	26.161
50	25.00	5.630	5.628	.000	33.330	26.199
50	30.00	5.400	5.398	.000	33.620	26.535
50	37.00	5.490	5.487	.000	33.870	26.722

STA: 5 POS: ( 62.2700, 6.3300) DATE: 86, 6, 19 TIME (GMT): 12: 0 DEPTH: 36.  
 SALITERMORS SYKKYLVEN 12/6 86 A0869999  
 KU: 1.000000, ALPHA: .45-005, BETA: .15-007, LAG CORR.: .000 SEC.

NUM	PRESS	TEMP	THETA	COND	SALT	SIG-T
50	.00	17.780	13.780	.000	11.130	7.854
50	.50	14.110	14.110	.000	15.030	10.793
50	1.00	17.650	17.650	.000	21.300	15.693
50	1.50	11.380	11.380	.000	26.680	20.244
50	2.00	7.530	9.530	.000	28.570	22.009
50	2.50	7.440	8.440	.000	29.280	22.657
50	3.00	7.740	8.740	.000	28.350	22.736
50	3.50	9.610	8.610	.000	28.350	22.752
50	4.00	9.610	8.610	.000	29.470	22.649
50	4.50	9.550	8.550	.000	29.540	22.912
50	5.00	9.100	8.100	.000	29.540	23.344
50	6.00	7.750	7.749	.000	30.010	23.706
50	7.00	9.050	8.049	.000	30.610	23.821
50	8.00	7.940	7.939	.000	30.800	23.986
50	9.00	7.680	7.679	.000	30.910	24.077
50	10.00	7.350	7.349	.000	30.910	24.151
50	15.00	7.350	7.349	.000	31.210	24.389
50	20.00	7.210	7.208	.000	31.330	24.502
50	25.00	7.210	7.208	.000	31.590	24.706
50	30.00	7.467	7.467	.000	31.810	24.864
50	35.00	5.270	6.267	.000	31.310	25.000