

AKVA

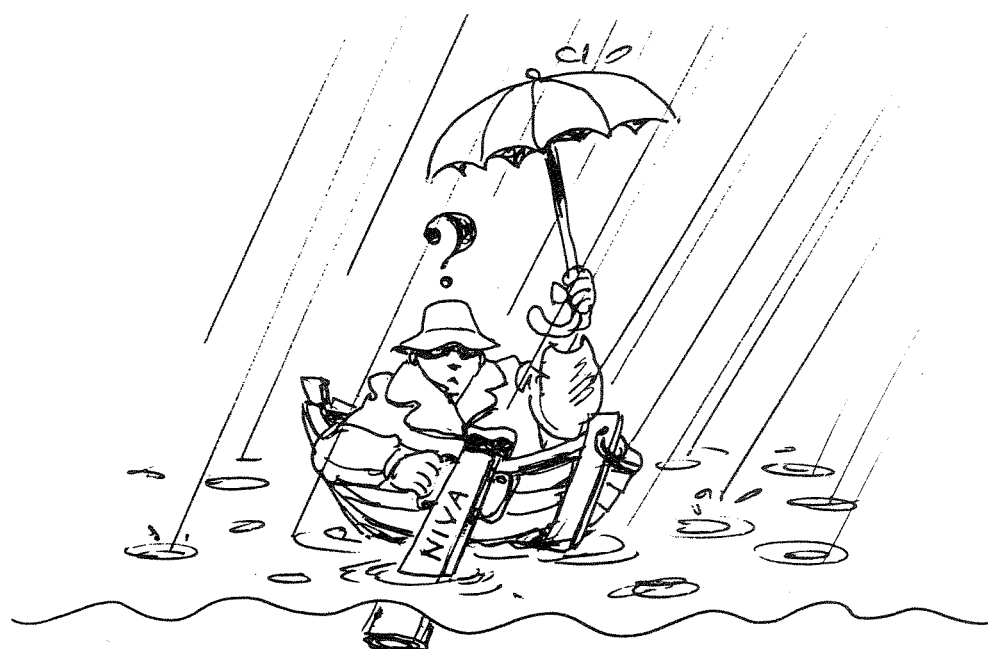


RAPPORT

2/89

O-89028

Vurdering av oppdrettslokaliteter i Lifjorden, Hyllestad kommune



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.: O-89028
Undernummer:
Løpenummer: 231
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Vurdering av oppdrettslokaliteter i Lifjorden, Hyllestad kommune	Dato: 15.04.89
	Prosjektnummer:
Forfatter (e): Vilhelm Bjercknes Lars G. Golmen Håvard Bakke	Faggruppe: Akvakultur
	Geografisk område: Sogn og Fjordane
	Antall sider (inkl. bilag): 58

Oppdragsgiver: L. Hatlem Fiskeoppdrett A.S., 5942 Hyllestad	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:
Lifjorden er vurdert med omsyn til eignaheit for oppdrett av laks i sjøen. Lifjorden er ein terskelfjord med to trange sund med terskeldjup på hhv. 3 og 4,5 m, ut mot Sognesjøen. Det drivast idag oppdrett med 8000m³ merdvolum fordelt på to lokaliteter, medan det er ønske om å utvida volumet til 12.000 m³.
NIVA har foreslått målingar av straum, hydrografi, oksygen, nærings salt og sediment i området. Ut frå måleresultata er det gjort eignaheitsvurderingar, m.a. ved hj. av NIVAs EDB-modell for belastning frå fiskeoppdrett. Berekingar og betraktningar tilseier at nemnte utviding er forsvarleg.

4 emneord, norske:

1. Akvakultur
2. Resipient
3. Eutrofi (marin)
4. Vannutskifting

4 emneord, engelske:

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

Prosjektleder:

Vilhelm Bjercknes

For administrasjonen:

Bjørn Olav Rosseland

ISBN - 82-577-1525-5

Vilhelm Bjercknes.....

Bjørn Olav Rosseland

O - 89028

**Vurdering av oppdrettslokaliter
i Lifjorden, Hyllestad kommune**

Bergen 15. april 1989

Vilhelm Bjerknes
Lars G. Golmen
Håvard Bakke

INNHALD

SAMANDRAG.....	2
1. INNLEIING.....	4
2. GENERELT OM KRAV TIL EIN OPPDRETTSLOKALITET.....	6
2.1. Miljøeffekter.....	6
2.2. Oppdrettsfisk og miljøkrav.....	9
3. LIFJORDEN. MORFOLOGI OG VERTILHØVE.....	12
3.1. Morfologi.....	12
3.2. Vertilhøve.....	13
4. FISKEOPPDRETT I LIFJORDEN.....	15
5. MÅLEPROGRAM OG DATAPRESENTASJON.....	16
5.1. Hydrografi.....	16
5.2. Straummålingar.....	20
5.3. Registreringer av næringssalt.....	24
5.4. Sedimentprøver.....	25
6. DISKUSJON.....	27
7. LITTERATUR.....	33
Vedlegg: 1. Resultat av modellberekning for hovedlokalitet og reservelokalitet.	
2. Notat om straumtilhøve og foring.	
3. Oppfølgjande overvåkingsprogram.	

SAMANDRAG

L. Hatlem Fiskeoppdrett A.S har drive fiskeoppdrett i Lifjorden i Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane sidan 1972. Verksemda har vorte gradvis utvida og omfater idag ein matfiskkonsesjon på 8000 m³ fordelt på lokalitetane Risnes og Angholmen, begge i Lifjorden; eit mindre klekkeri- og setjefiskanlegg på Risnes til produksjon av eigen setjefisk, samt eit sanitetsslaketeri for oppdrettsfisk.

Den undersøkjinga som vert presentert her kom istand etter krav frå Fylkesmannen i Sogn og Fjordane i samband med L. Hatlem Fiskeoppdrett A.S. sine planer om å søkja utviding av matfiskkonsesjonen til 12000 m³.

Undersøkjinga som vart gjennomført i februar-mars 1989 omfater hydrografi, analyser av næringssalt, straummåling og sedimentgransking. Til analyse av resultatata har ein m.a. nytta ein numerisk EDB-modell for berekning av belastning frå fiskeoppdrettsanlegg.

Lifjorden er ein terskelfjord med to innlaup frå Sognesjøen, Risnesstraumen frå vest med terskeldjup med terskeldjup 3 m, og Lистраumen frå sør med terskedjup 4.5 m. Sjøelve fjorden er omlag 4 km lang med eit overflateareal på 8.7 km² og eit volum på omlag 5.8 x 10⁸ m³. Største djup i Lifjorden er 176 m.

Vasskvalitet og utskiftingstilhøve er så langt våre begrensa målinger syner, stettande for den oppdrettsaktiviteten som går føre seg i Lifjorden idag. Med sikte på utviding til 12000 m³ vil vi tilrå at lokaliteten ved Angholmen nyttast som idag, til fisk frå 0 til 1 år i sjøen, og at hovudtyngda av biomassen (fisk > 1 år i sjø) haldast ved Risnes, der utskiftingstilhøva er best.

Under dei føresetnadene som vi har fått oppgjeve frå Leif Hatlem med omsyn til driftsplan for eit 12000 m³ matfisk-anlegg, tyder våre granskingsresultat på at resipient-tilhøva i Lifjorden vil vera stettande for ei verksemd av denne storleiken (12000 m³), både av omsyn til fisken sin trivnad og av omsyn til miljøet. Likevel tilrår vi at anlegget ved Angholmen vert halde under særleg oppsyn i den mest belastande perioden på ettersommaren/hausten. Dersom det skulle opptre kortare eller lengre perioder med tilnærma stagnante vassmasser på denne tida, kan dette medføra marginale tilhøve for fisken.

Sjølv om vi ikkje har gjort undersøkinger som viser det, kan ein ikkje utelukka at ein under særskilte tilhøve kan få ei forsterka planteplanktonoppblomstring i Lifjorden samanlikna med Sognesjøen.

Overvaking av vasskvaliteten i djupvatnet i Lifjorden vert tilrådd (Vedlegg 3), særleg med tanke på oksygen. Dersom det skulle oppstå anaerobe tilhøve (oksygensvikt) i djupvatnet, kan dette få katastrofale følger for oppdretts-verksemda i samband med terskeloverskylling.

1. INNLEIING

L. Hatlem Fiskeoppdrett A.S. sitt matfiskanlegg er plassert ved Risnes i Lifjorden i Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane (fig. 1.1.). I tillegg disponerer selskapet ein reservelokalitet vest av Angholmen i Lifjorden (Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, tilsagn av 26.02.88). Dagens konsesjonsvolum for anlegget er 8000 m³. Dette volumet kan fordelast på dei to lokalitetane etter trong. Det er meininga å søke om løyve til å utvide til 12000 m³, fordelt på dei to nemnde lokalitetane. I dette høve blei NIVA-Vestlandsavdelinga 20. januar 1989 kontakta for å vurdere dei to lokalitetane m.o.t. utviding. Både konsekvensar for det marine miljøet, og lokalitetens generelle eignaheit for oppdrett var det ønske om å få vurdert.

Prosjektet er i si form to-delt:

1. Vurdering av miljøkonsekvensar (eit utvida anlegg sin påverknad på det marine miljøet i Lifjorden)
2. Vurdering av effekten på fisken som følgje av utviding (dårlegare vassutskifting: verre vilkår for fiskens vekst.)

Både vedrørande 1. og 2. er det gjort granskingar ei rekkje stader dei seinare åra. Miljøkonsekvenser av oppdrettsaktivitet er eit mykje omtala tema, og ein opplever stadig diskusjon om tal og storleikar. For del 2. sin del, finns det ein del grenseverdier å halde seg til (fiskens toleranse). Felles for tidlegare granskingar og målingar, er at utgangspunktet har vore anlegg av max. 8000 m³ storleik. Det er ikkje utan vidare klart at ein kan overføre resultat direkte til eit 12000 m³ anlegg.

Vi har i denne rapporten hatt som utgangspunkt eksisterande kunnskap om effekter, og freista å overføre desse til eit anlegg av omsøkt storleik. Det er utan vidare klart at ein

her har mykje ugjort når det gjeld å framskaffa kunnskap, og at trongen for relevant forskning vil auka etter kvart som søknadstalet for utvidingar aukar.

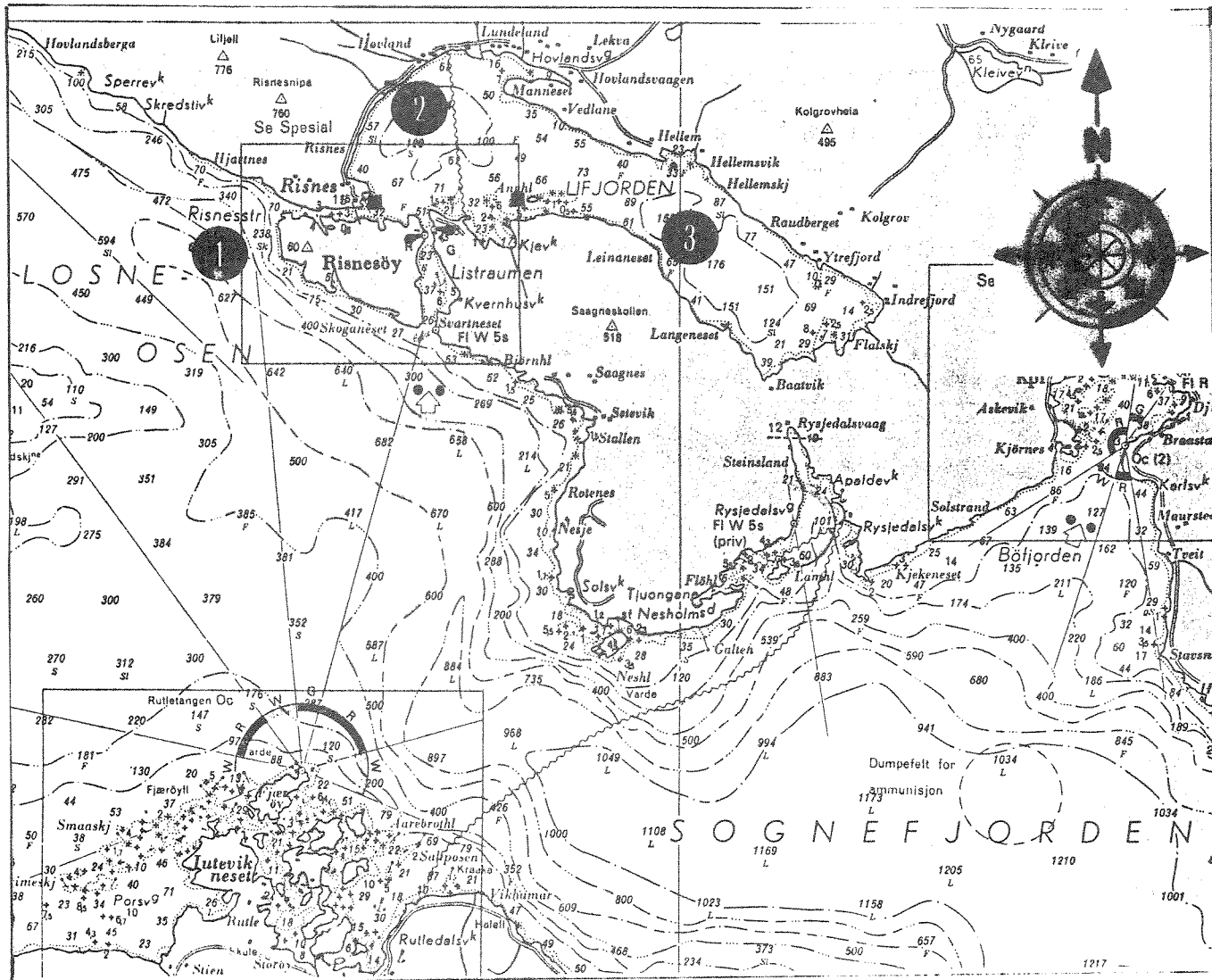


Fig.1.1. Lifjorden. Utsnitt av sjøkart nr. 251. Innteikna lokalisering av oppdrettsanlegg og strømmålarstasjonar (svart firkant), og hydrografistasjonar (1-3).

Fiskerisjefen i Sogn og Fjordane har i brev av 09.11.88 til oppdrettarane i fylket, foreslått retningslinjer for

kva miljøundersøkjinger som skal krevjast i samband med søknader om utviding av oppdrettsvolumet til 12.000 m³. Som grunnlag for desse retningslinene har ein m.a. nytta LENKA-prosjektet sin inndeling av kyst- og fjordområde i såk. A, B og C-område med bakgrunn i resipientkapasiteten (LENKA-metode nr. 9.1. 1. juli 1988). Etter det vi har forstått er retningslinene i Fiskerisjefen sitt brev utarbeidd i forståing med Fylkesmannens Miljøvernaving.

Våre granskingar baserer seg i hovudsak på dei nemnde retningslinene, og går ut på vurdering av belastning, straumtilhøve og utskifting i dei aktuelle områda. Dette er basert m.a. på registreringar av straum og hydrografi. Det er vidare tatt sjøvassprøver for analyse av nærings salt m.m., og det er tatt stikkprøver og analyse av sediment. Måle- og analyseresultata er så vurderte opp mot eksisterande og forventa belastning av Lifjorden.

2. GENERELT OM KRAV TIL EIN OPPDRETTSLOKALITET.

2.1 Miljøeffekter

Effektene av oppdrett på det marine miljøet består i første rekkje av tilførsler av nitrogen, fosfat og org. materiale. Dei to førstnemnde påskundar primærproduksjon i sjøen. Sekundæreffekter av dette kan m.a. bli auka organisk belastning og oksygenmangel. Organisk materiale blir nedbrote på bekostning av oksygenet i sjøen. Fiskens eigen ekskresjon og respirasjon bidrar til nitrogenbelastning (ammonium), og oksygenforbruk.

Eventuelle negative miljøverknader vil i første rekkje vera lokale, i form av botnfall, og andre endringer i og i nærleiken av merdane. Håkanson m.fl. (1988) gjev tal for storleik på ein del miljøbelastningsparametrar. Deira utgangspunkt er å estimere gjennomsnittsverdiar for produksjonssesongen. Dei får tal for samla belastning t.d. pr. år frå eit anlegg. For eit regnbogaure-anlegg med netto

årsproduksjon 100 tonn, er oppgitt følgjande miljøbelastning av sjø og/eller botn (førfaktor 1.5):

Oksygenforbruk:	143 tonn O ₂
Nitrogen:	9.4 " N
Fosfor:	1.1 " P

Oksygenforbruk er summen av respirasjon og BOD (biologisk nedbryting av ekskrement), h.h.v. ca. 70% og 30%. Fosforbelastninga er i stor grad i form av ekskrement (ca. 90%). Nitrogenbelastninga består av løyst ammonium (80%) og fekaliar (20%). Desse tala indikerer altså at det er først og fremst nitrogenet som belastar det omgjevande sjøvatnet, mens fosforbelastninga er ein sekundær prosess, i form av langsam lekkasje frå sedimenta. Ved eit anlegg med lav forfaktor, er det såleis lite fosfor som sedimenterer. Molvær m.fl. (1988) fann at fosforutskiljinga består av 90% fosfat, mens nitrogentilførslene (løyst) består av 66% ammonium. Molvær m.fl. fann vidare at N:P forholdet (vekt) av utslepp frå eit anlegg var ca 6, m.a.o. nær den optimale verdien (7.2), slik at planteplankton under normale omstende effektivt kan utnytte utskilt N og P frå eit oppdrettsanlegg.

Belastinga frå oppdrettsanlegg er ikkje jamnt fordelt over sesongen. Fig. 2.1.1. syner tidsutviklinga for oksygenforbruk, samt N og P belastning. Dei høgaste verdiane finn ein i perioden august til oktober. Dagleg N og P belastning er då av storleiksorden 60 kg N og 6-7 kg P (Håkanson m.fl. (1988)). Oksygenbelastninga kjem opp i 700 kg O₂ (respirasjon) og 400 kg BOD. Også belastninga gjennom døgnet varierer sterkt. Oksygenforbruk er t.d. minst før daggry, og max. ved foring, medan maksimum nitrogenutskiljing finn stad seinare (3 timar etter). Fosfor- og nitrogenutskiljing er heller ikkje heilt i fase (Molvær m.fl. 1988).

2.2 Oppdrettsfisk og miljøkrav

Fiskens toleranse, eller minstekrav til miljø og vasskvalitet, kan i prinsippet definerast ved ei rekkje grenseverdier for ulike miljøparametrar. Sentralt her er oksygeninnhald og ammonium/ammoniakk i sjøvatnet. Ei rad andre parametrar påverkar fisken, og dens trivsel og vekst. I dag finns det ingen fastsette verdier for miljøkvalitet som skal vera stetta for at ein oppdrettslokalitet skal bli godkjent. Dette gjer at skjønnsmessige vurderingar i høg grad må anvendast når styresmaktane skal vurdere kor godt eigna ein spesifikk lokalitet er for oppdrett. Det er klart at fisk kan overleve kortare perioder der straum eller oksygen ligg under generelt aksepterte minimumsverdier. Likevel er det almen semje om at slike tilhøve påverker fisken sin trivnad, tilvekst og kvalitet i uønska retning.

Gode straumtilhøve ved eit oppdrettsanlegg er avgjerande for fisken sin trivsel og for vassmiljøet i og rundt anlegget. Stagnerande vatn vil kunne føre til kritiske oksygenverdier i vatnet, og store konsentrasjonar av ekskresjonsprodukt frå fisken, m.a. ammonium. For straumfart gjennom eit anlegg vil det gjelde ein kritisk minimumsverdi som er avhengig av ei rekkje faktorar, slik som fisketettleik, temperatur, O_2 -innhald og fôringsrate. Aure (1983) har for eit anlegg med medels fisketettleik 8-10 kg/m³ antyda 2 cm/sek. som minimum for medelstraumen gjennom merdane. Større fisketettleik vil fordre sterkare medelstraum. Straumen inne i ein merd og utanfor vil vere forskjellig. Notveggen vil dempe gjennomstrøyminga, og fisken inne i merdane vil i seg sjølv dempe eller endre strøymingsmønsteret. Sterkt tilgrodde nøter vil krevje hastigheiter rundt 10 cm/sek. (Møller, 1976). Lite er enno kjent om kva effektar fisken og fiskens eigenrørsle i seg sjølv induserer i strøymingsmønsteret.

Straumen gjennom og forbi anlegget medverkar også til at

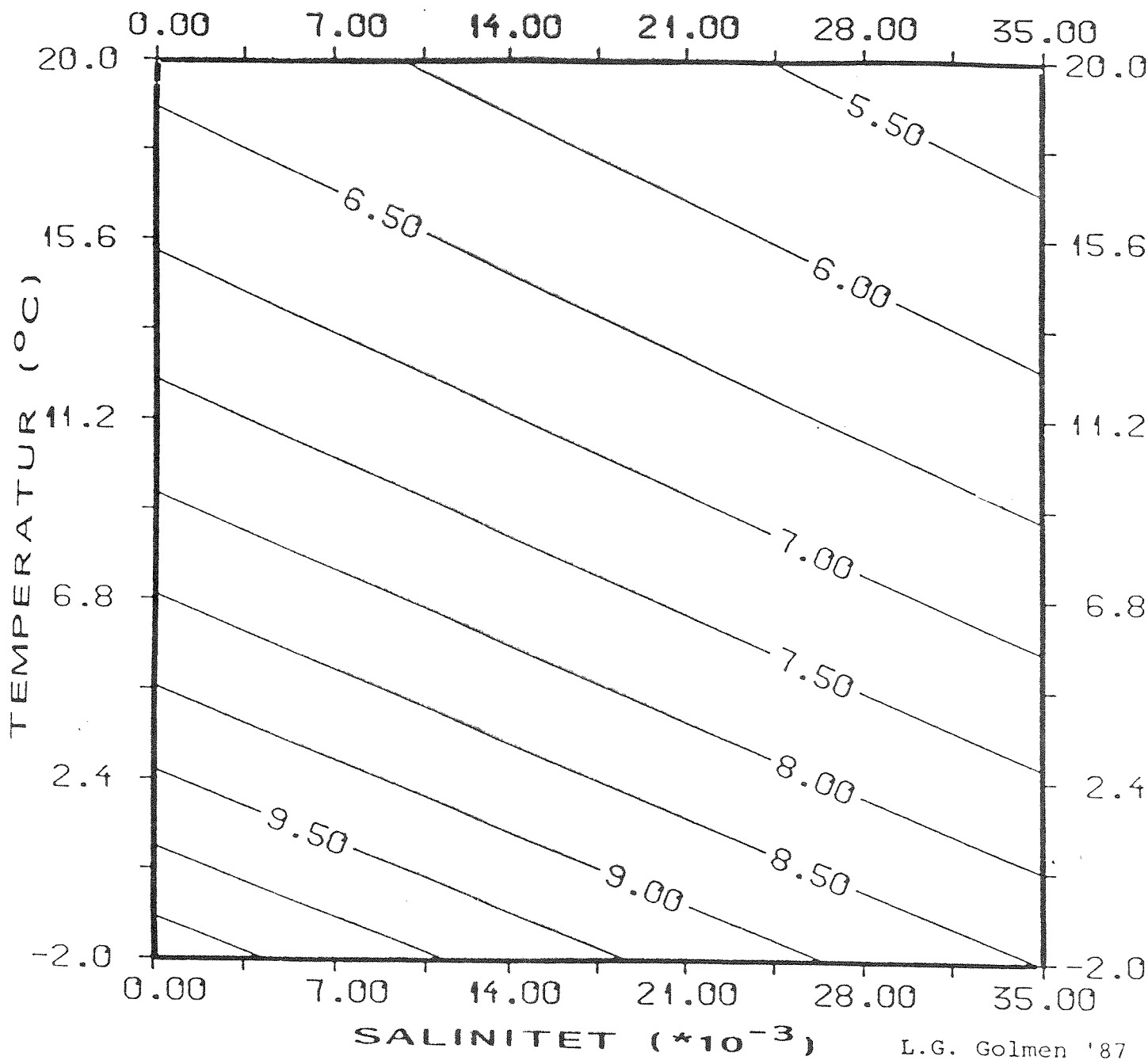
avfallsstoff blir transportert vekk, og at ekskrement, fôrrestar o.l. ikkje sedimenterer under anlegget. Nyare granskingar tyder for øvrig på at forureining frå oppdrettsanlegg raskt blir spreidd/fortynna i den delen av vassøyla som ligg over terskeldjup (Aure og Stigebrandt 1988).

Det er få stadar ein har einsretta og stabil straum. Regelen er heller at straumen varierer på ulike frekvensar. Den mest markerte variasjonen langs Norskekysten og i fjordane er knytta til det halvdaglege tidevatnet, men effektar knytta til endringar i vertilhøve o.a. føyer seg til, og kan gi eit komplisert strøymingsmønster. Begrepet medelstraum må difor brukast med reservasjon, og knyttast til andre parametrar som viser variabiliteten i straumen. I akvakultursamanheng skulle desse tilhøva m.a. tilseie at føring av fisken i ein periode med null straum (når tidevatnet snur) bør unngåast. Likeeins bør føring i for sterk straum (tidevasstraumen maksimal) også unngåast, for å redusere fôrspillet (Sjå Vedlegg 2.).

Periodar med for sterk straum kan vere eit problem ved oppdrettsanlegg m.a. gjennom den dynamiske/mekaniske belastninga dette medfører. Særleg dersom notveggane gror til, vil dette representere eit faremoment, ved reduksjon i effektivt merdvolum og med fare for havari. Tilgroing må derfor haldast under oppsyn, og reduserast om nødvendig. Sjå Pedersen (1982).

Oksygenkonsentrasjonen i øvre vasslag har nøye samanheng med straumtilhøve og vassutskifting. Metningsverdiane for oksygen er bestemt av salinitet og temperatur i vatnet. Fig. 2.2.1. viser metningsverdiar som funksjon av salinitet og temperatur. Varmt (og salt) vatn har mindre evne enn kaldt (og ferskt) vatn til å løyse opp gassar som oksygen.

Oksygen blir tilført vassmassene frå to kjelder: frå atmosfæren og frå planteplanktonet og tang og tare sin



L.G. Golmen '87

Fig. 2.2.1. Diagram som syner metningsverdi (ml/l) for oksygen i sjøvann som funksjon av salinitet og temperatur.

fotosyntese. Oksygenet blir fjerna ved kjemisk og organisk nedbryting, samt respirasjon. I sjøen blir oksygen transportert via molekylær og turbulent diffusjon, samt adveksjon. Det øverste vassjiktet som står i umiddelbar kontakt med atmosfæren, blir normalt rekna for å vere

metta, eller også svakt overmetta (Broecker og Peng, 1982). Observasjonar frå ope hav i arktiske strok har imidlertid vist at overflatevatn også kan vere markert undermetta, (Clarke, 1986).

Oksygentilførsle frå atmosfæren ned i vassmassene er ein langsam prosess (Broecker og Peng, 1982). I eit oppdrettsanlegg er ein difor avhengig av ei advektiv tilførsle av oksygenrikt vatn.

Om sommaren er vatnet varmt (låge metningsverdiar for O_2), samstundes som oksygenforbruket er stort (stor aktivitet og vekst hos fisken). I slike perioder er det ekstra viktig å ha gode utskiftingstilhøve rundt anlegget. Det er påvist ein samanheng mellom stagnasjon i vekst hos oppdrettsfisk og danning av små oksygenfrie lommer eller "mikro-miljø", særleg nær botnen (Avnimelech og Zohar 1986). Slike små lommer lar seg vanlegvis ikkje påvise ved vanlege prøvetakingsmetoder. Ei sikker gardering mot at slike tilstandar oppstår, er gode straumtilhøve.

I våre vurderingar har vi tatt utgangspunkt i gjeldande estimat for utslepp frå oppdrettsanlegg (avsn. 2.1). Saman med våre data om straum, hydrografi og vasskvalitet m.m. har vi freista å estimere kor mykje ekstra belastning resipienten (den frie vannmassen) og fisken kan tåle. Vi har ikkje foretatt noka særskildt sedimentgransking.

3. LIFJORDEN. MORFOLOGI OG VERTILHØVE.

3.1 Morfologi

Lifjorden strekkjer seg i tilnærma aust-vest retning, i ei lengde av om lag 6 km. Breidda er av storleiksorden 1 - 1.5 km. Overflatearealet er estimert til 8.7 km^2 (rekna nord- og austover frå ei line frå grøn lykt i Listraumen til innte 3 m terskel i Risnesstraumen). Samla vassvolum er rekna til om lag $5.8 \cdot 10^8 \text{ m}^3$. Fjorden har to markerte djupholer, ei ytre med maks. djup 120 m, og ei indre med

maks. djup 176 m. Bortsett frå dei markerte tersklane i Risnesstraumen (3m) og Lистраumen (4.5m), som skiljer Lifjorden frå Sognesjøen, har sjølve Lifjorden ingen markerte tersklar. Risnesstraumen vender mot Sognesjøen i tilnærma aust-vestleg retning, på nordsida av Risnesøy, medan Lистраumen går i nord-sørleg retning aust for Risnesøy.

Fig. 3.1. syner botnkonturane for 10, 50, 100 og 150 meter i Lifjorden. I samband med LENKA-prosjektet er det foretatt ei grovinndeling av fjord- og kystområda i Sogn og Fjordane. I denne inndelinga er Lifjorden karakterisert som eit C-område, d. v. s. dårlegaste kategori når det gjeld teoretisk vassutskifting (omsyn til tersklar) (T. Tørresen, S. og Fj. Fylkeskommune, pers. komm.).

Areal- og volumberekningar ut frå sjøkartet for Lifjorden syner at omlag 59 % av overflatearealet har ei djupne på over 50 m, medan omlag 45 % av vassvolumet ligg under 50 m-kota. Følgjande definisjon gjeld for terskelfjorder som fell i kategorien C-område (LENKA 1988):

- Lengde mindre enn 10 km
- Terskeldyp mindre enn 50 m
- Djup kan vera større enn 50 m

Ut frå dette fell Lifjorden klårt inn under kategorien C-område.

3.2 Vertilhøve.

Vertilhøva påverkar straum og hydrografi. Opplysningar om vertilhøva før og under prøvetaking/måling kan gje verdfull tilleggsinformasjon ved datatolkinga. Avklimatiske data begrenser vi oss i denne rapporten til Meteorologisk Institutt sine nedbørnormaler frå dei næraste målestasjonane, Lavik og Ytre Solund. Årsmedelnedbøren på desse to

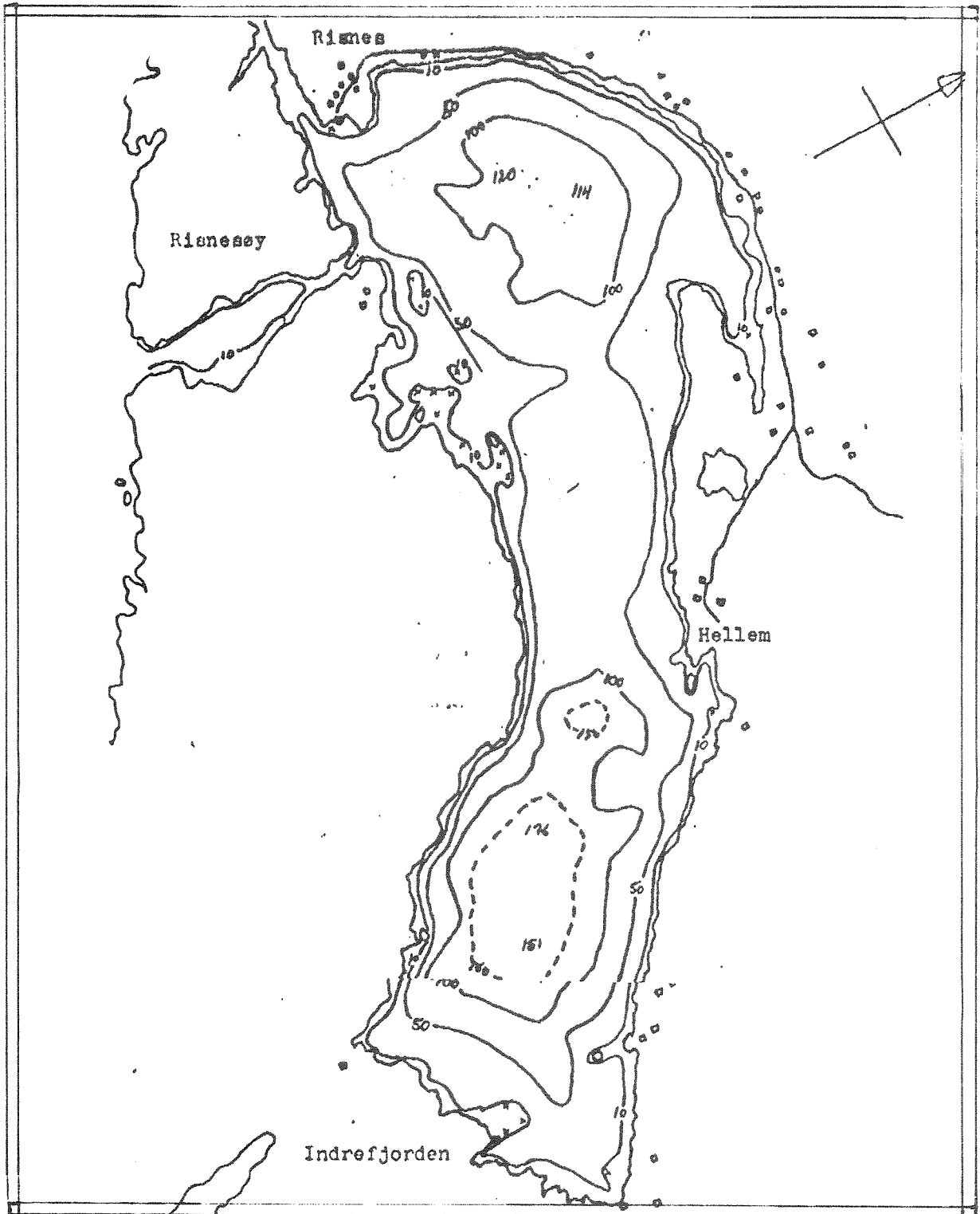


Fig. 3.1. Djupnekotekart over Lifjorden. M = ca. 1:21.000.

stasjonane er hhv. 2033 og 1693 mm. Årsnedbøren i nedslagsfeltet til Lifjorden ligg truleg ein stad mellom desse to ytterpunkta.

Klimatisk sett var vinteren 1988-89 unormal, med høge temperaturer, høg nedbør og kraftig vind. Dette gjer at ein bør vera varsam med å trekkja bastante almene konklusjoner basert på klimatiske data frå denne vinteren. Framherskande vindretning i området er sør-vestleg. Då våre sjømålinger vart gjort blåste det SV liten til stiv kuling, med storm i kasta. Det var snø- og haglbyger og lufttemperaturen var 2-3°C.

4. FISKEOPPDRETT I LIFJORDEN

Leif Hatlem starta fiskeoppdrett ved Risnes i 1972. I 1978 vart det gjeve konsesjon for utviding av matfiskanlegget til 3000 m³. Løyve til 8000 m³ vart gjeve i 1984, og fordeling av drifta på to lokaliteter vart gjeve i februar 1988. Produksjonen i 1988 er oppgjeve til omlag 180 tonn. I tillegg til matfiskeoppdrett driv L.Hatlem Fiskeoppdrett A.S. eit mindre klekkeri og setjefiskanlegg og sanitets-slakteri for oppdrettsfisk på Risnes. Avlaup frå desse verksemdene vert idag ført i røyr til djupt vatn i Sognesjøen.

Det har tidligare vore konflikter mellom oppdrettsverksemda og andre brukarinteresser om bruken av Lifjorden, og særleg Risnesområdet. Desse konfliktane er teke opp i ein tidlegare NIVA-rapport (Haugen m.fl. 1979), der det og er peika på ei rekkje tiltak for å løysa problema. Fleire av dei tiltaka som vart føreslått frå fiskeoppdrettsverksemda si side er idag fulgt opp, bla. røyrledning for avlaupsvatn frå den landbaserte aktiviteten på Risnes.

Overgang til tørrforbasert oppdrett med fråskiljing av støv før utforing, sanitetsslakting, syrekonservering av

daudfisk m.m. er og tiltak som er gjennomført i dei seinare åra, og som fører med seg betre miljøtilhøve kring oppdrettsverksemda.

5. MÅLEPROGRAM OG DATAPRENTASJON

5.1. Hydrografi

Sjømålingane vart utført 23. februar 1989. Vertikalprofiler av temperatur, salt og oksygen vart teke med sonde i Losneosen (Sognefjorden) og i Lifjorden, for å kartlegga sjiktningstilhøve m.m. (Fig. 5.1.1-5.1.4) Til profileringa

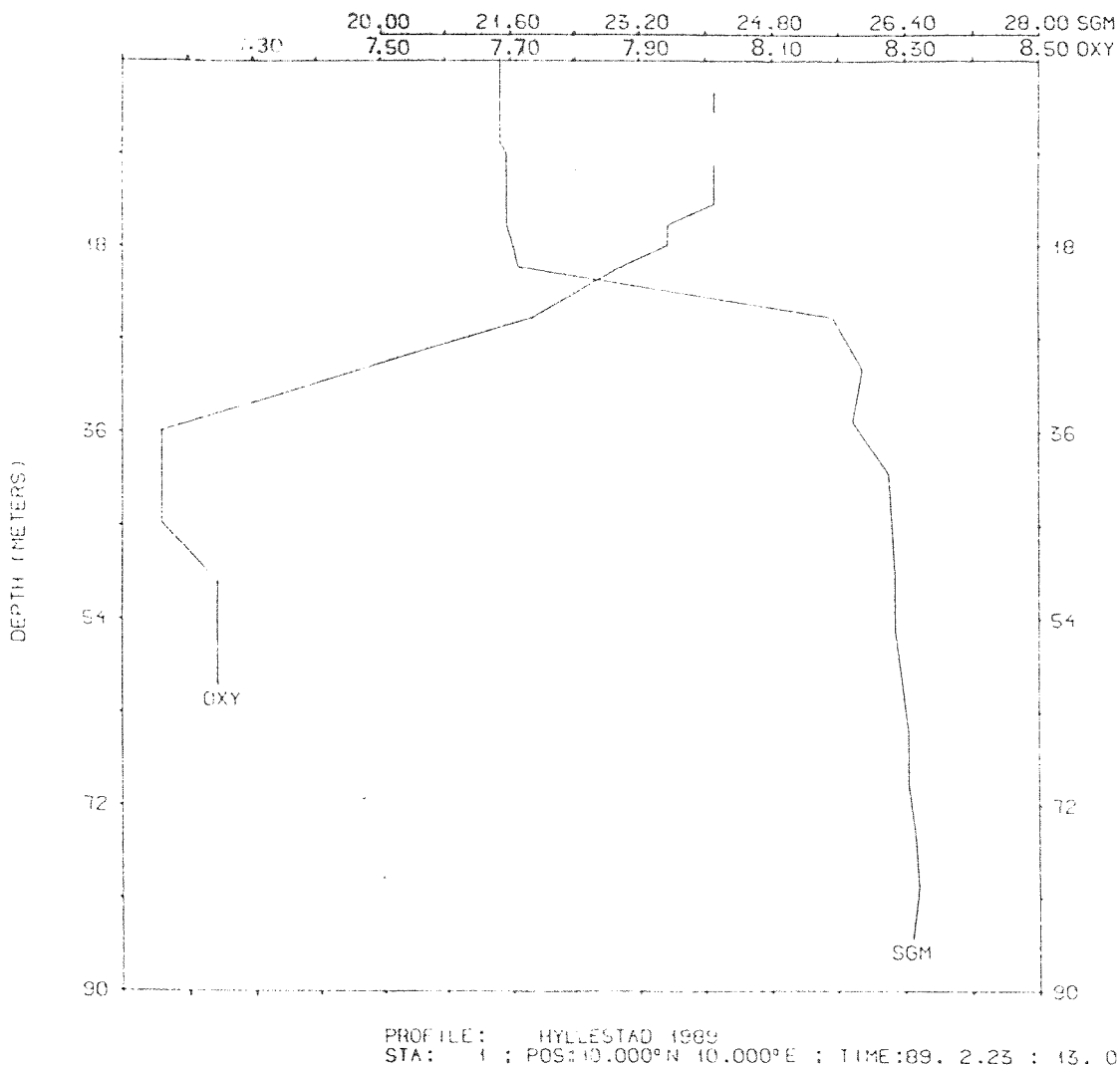


Fig. 5.1.1. Oksygen- (ml/l) (OXY) og tettleiksprofil (SGM)
 St. 1, Losneosen V. for Risnesøy, 23.02.89.

vart det nytta salitermsonde (85 m kabel), som måler temperatur og salinitet (eigntlig konduktivitet) i sjøen. I tillegg vart det nytta ein YSI oksygenprobe (60 m kabel) til vertikalprofil av oksygen.

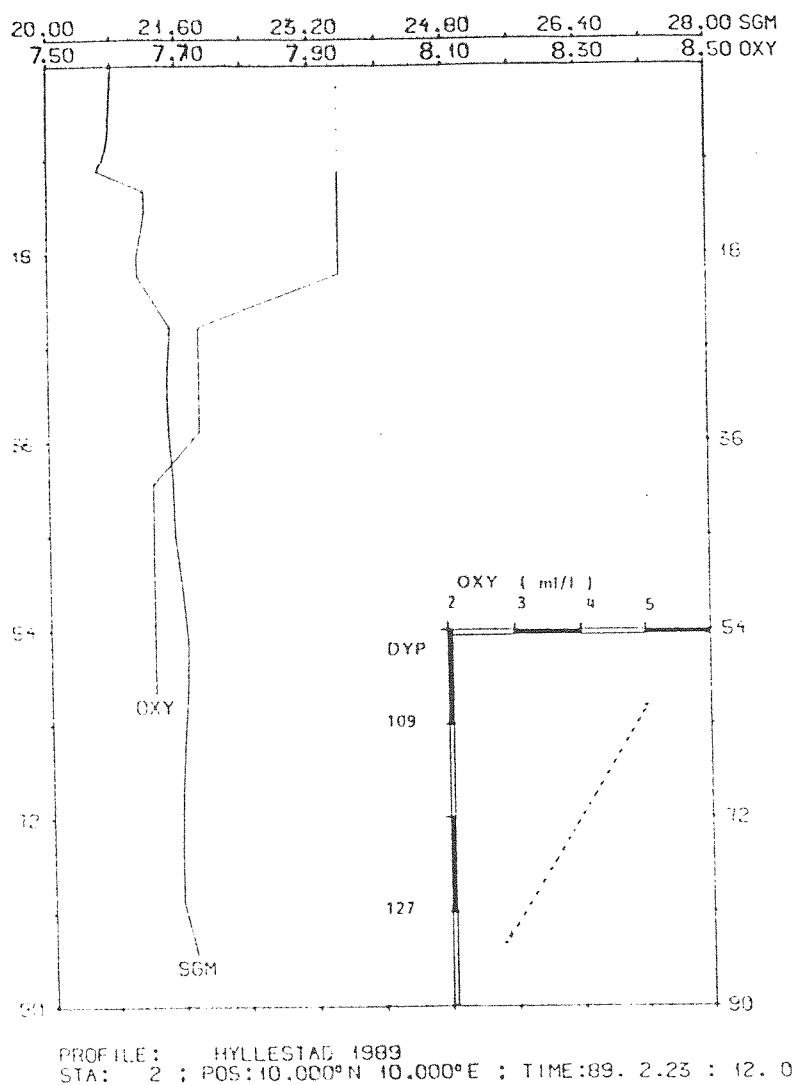


Fig. 5.1.2. Oksygen- (ml/l) (OXY) og tettleiksprofil, (SGM) ,St. Lifjorden, 23.02.89. Innfelt: Oksygenverdier frå vassprøver frå St. 3 på 107 og 130 m. djup.

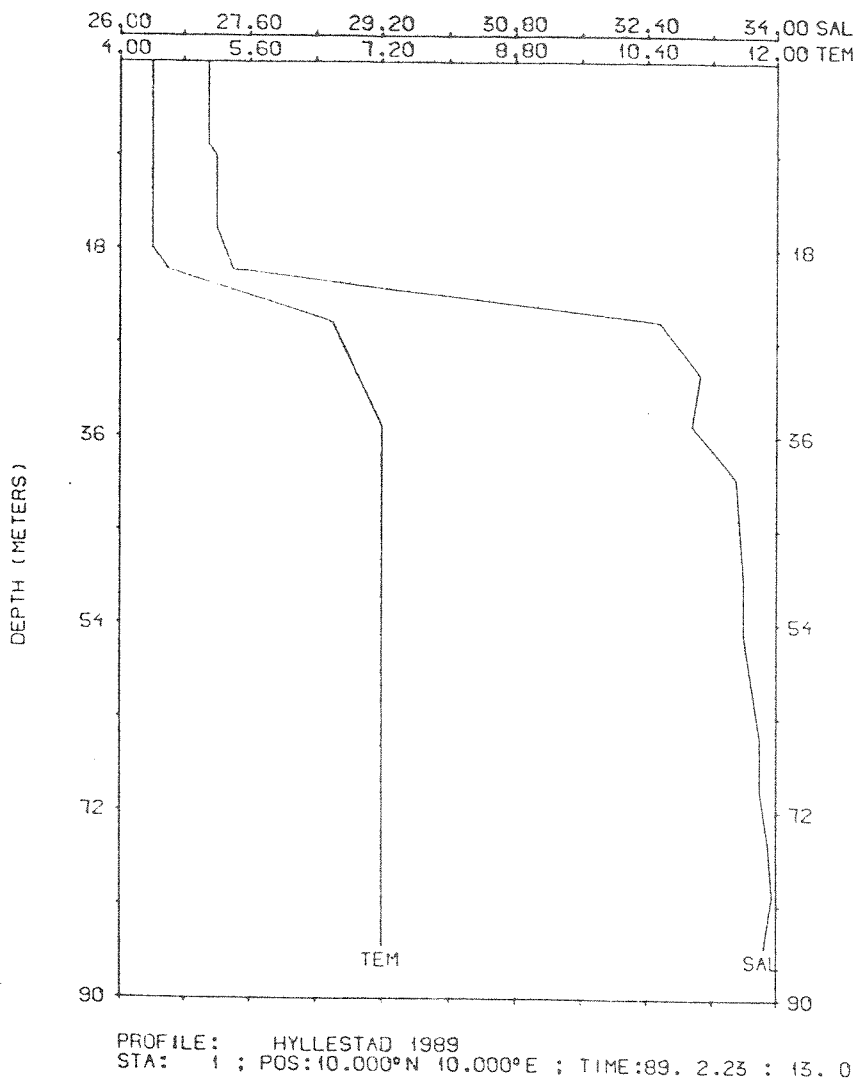


Fig. 5.1.3. Temperatur- og salinitetsprofil, St. 1
 Losneosen V. for Risnesøy, 23.08.89.

Ved hjelp av vasshentar vart det teke vassprøver frå ulike djup for m.a. kalibrering av sondemålingane. I tillegg vart det teke vassprøver for analyse av næringssaltinnhald (kap. 5.3.) og oksygen i djupare vasslag i Lifjorden. Vassprøvane er og nytta til korreksjon av hydrografiske verdier frå sondemålingar.

Vertikalprofilane av S, T og O_2 , samt utrekna densitet (tettleik av sjøvatnet) er presentert i fig. 5.1.1.-5.1.4.

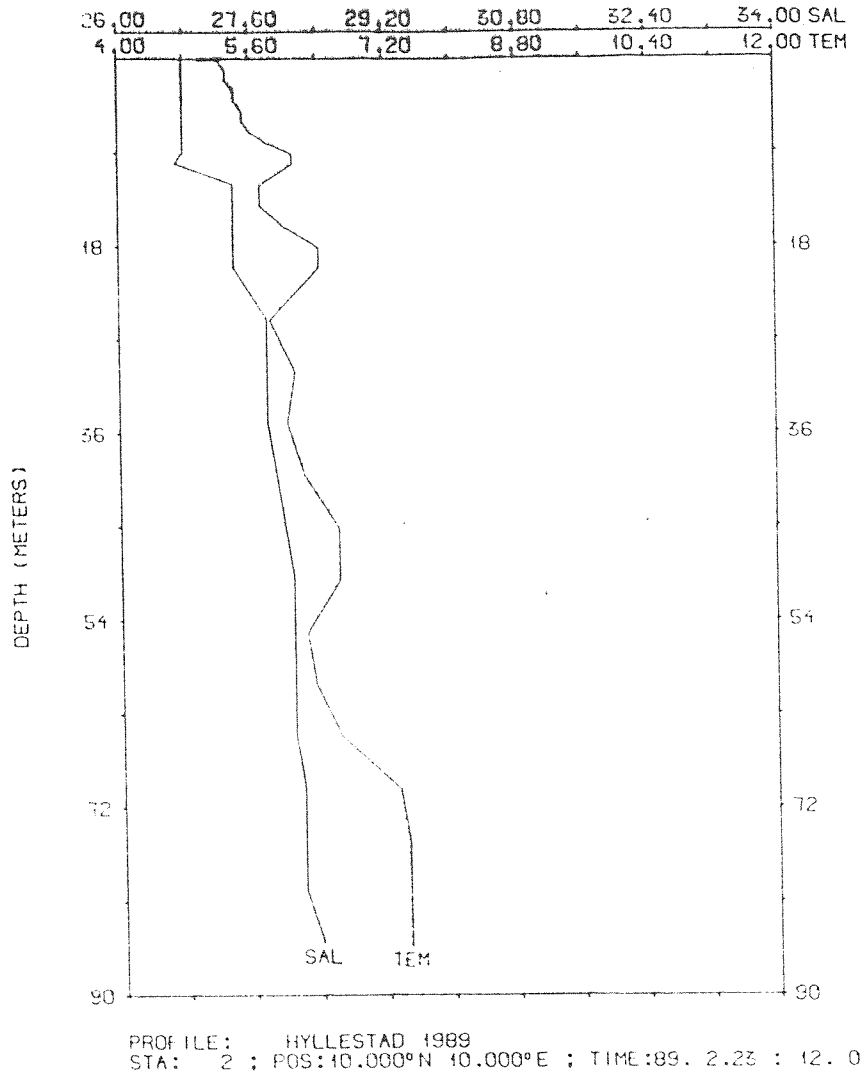


Fig. 5.1.4. Temperatur- og salinitetsprofil, St. 2
Liffjorden, 23.02.89.

Temperatur- og salinitetsprofilane 23. februar var markert ulike i Sognesjøen (Losneosen) og i Liffjorden. Medan Sognesjøen hadde eit markert sprangsjikt på 20 m djup, finn ein ikkje tilsvarende sjiktning i Liffjorden. Densitet, saltinhald og temperatur kan tyde på tilnærma eins

vasskvalitet i Sognesjøen og i Lifjorden ned til omlag 20 m, og altså ei delvis vassutskifting. Dei til dels ekstreme vertilhøva vinteren 1988-89, med kraftig pålandsvind, gjer dette sannsynleg.

Verdiane i djupvatnet i indre del av Lifjorden (St.3), tyder på rester av gammalt vintervatn (tab. 5.1.).

Tabell. 5.1. Hydrografi i djupvatn Lifjorden 23.02.89.

POS	DJUP	SALTINNHOLD	TEMPERATUR	OKSYGEN
St. 3 Lifjorden	107 m	32.15 ^o /oo	6.3 ^o C	4.96 ml/l
	130 "	32.87 "	5.0 "	2.83 "

5.2. Straummålingar

Ein straummålarrigg med to instrument vart utplassert ved Risnes frå 09.03.89 kl 1100 til 10.03.89 kl 1330, med eit instrument (Gytre SD 2000) på 3 m og eit på 15 m djup. Rikken var plassert på NØ-sida (innsida) av oppdrettsanlegget på høgde med den ytste merden. Rikken vart deretter utplassert ved Angholmen, med ein straummålar på 3m og ein på 30 m djup, på V-sida av anlegget. Målinga ved Angholmen pågjeikk frå 10.03.89 kl. 1400 til 13.03.89 kl 1100.

Måleperiodane er for korte til å gje eit heilskapeleg statistisk bilete av straumfart og retning i måleområda. Dersom målingane er representative for lokalitetane, vil tilhøva vera stettande både med omsyn til noverande og planlagt aktivitet på dei to lokalitetane.

Nokre av resultatata er synt i fig.5.2.1. til 5.2.6.. Medeltal frå desse målingane er nytta i modellberekningar for belastning frå oppdrettsanlegga (vedlegg.1.). Vedlegget viser at Risnes er ein meir optimal lokalitet for oppdrett

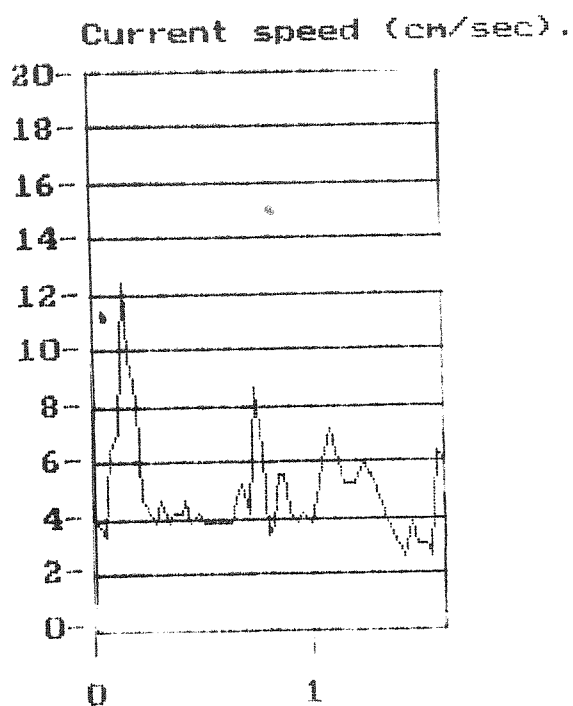


Fig. 5.2.1. Straumfart (cm/sek) i 3m djup ved Risnes i tidsrommet 9. mars 1989 kl. 1100 til 10. mars kl. 1330.

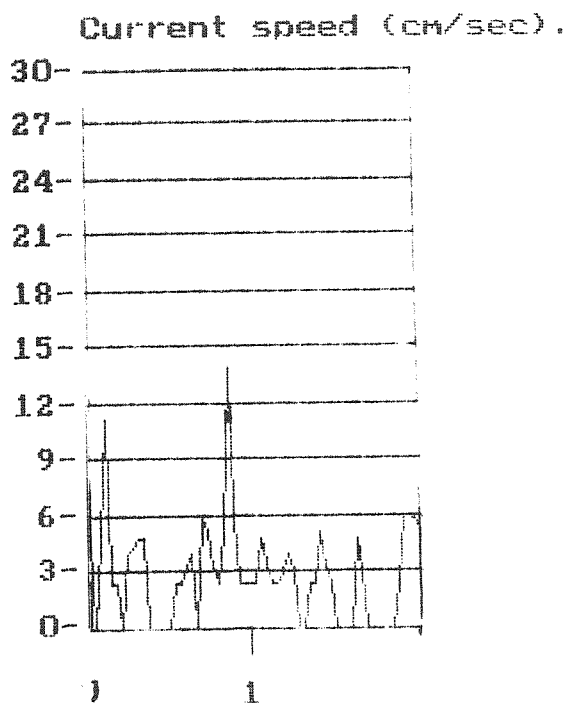


Fig. 5.2.2. Straumfart (cm/sek) i 15 m djup ved Risnes i tidsrommet 9. mars 1989 kl 1100 til 10. mars kl 1330.

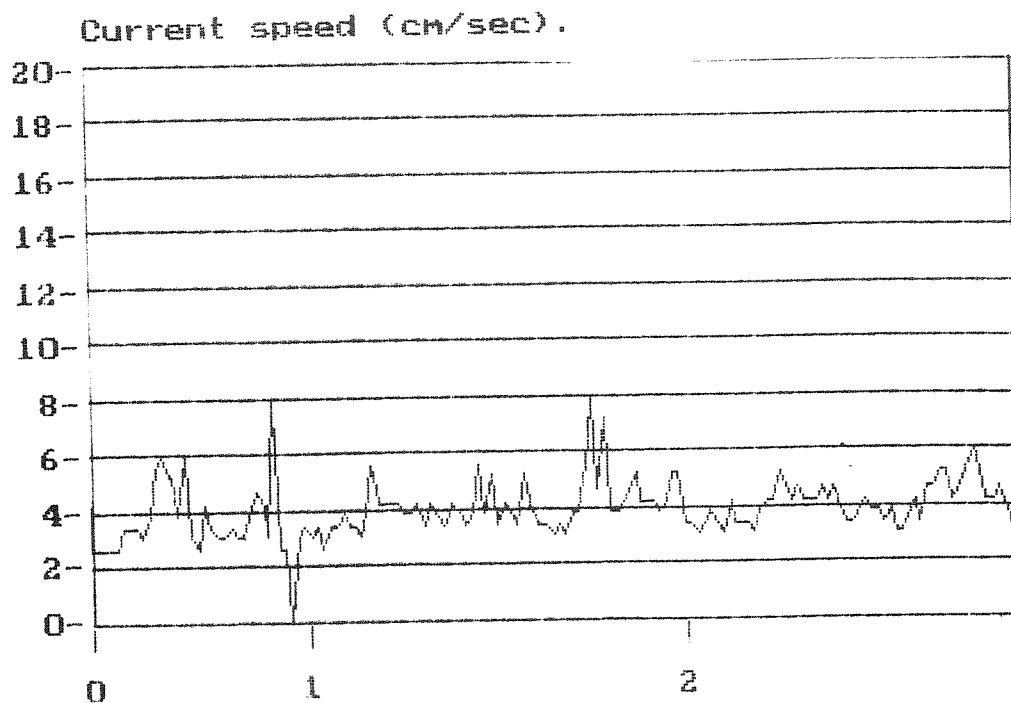


Fig. 5.2.3. Straumfart (cm/sek) i 3 m djup ved Angholmen i tidsrommet 10. mars 1989 kl 1400 til 13. mars kl 1120.

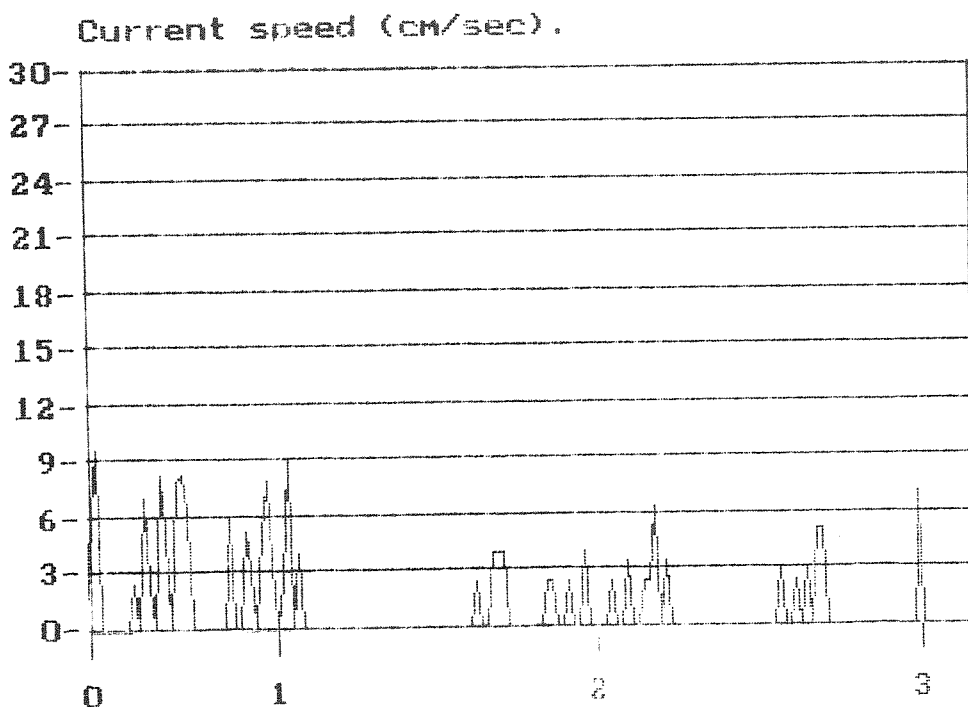


Fig. 5.2.4. Straumfart (cm/sek) i 30 m djup ved Angholmen i tidsrommet 10. mars 1989 kl 1400 til 13. mars kl 1120.

Data valid from: Measurement number : 114
 Data valid to: Measurement number : 173
 Total number of measurements : 60
 File name : hat1s4

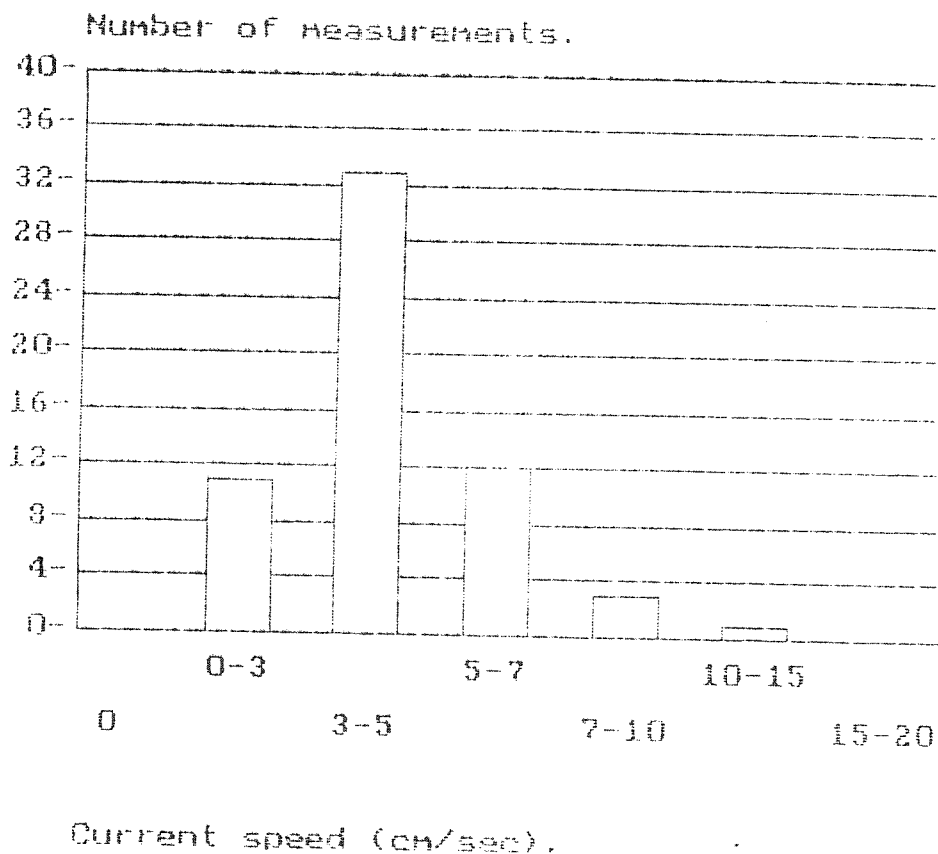


Fig. 5.2.5. Fordeling av registreringer etter fartsintervall, Risnes 3m.

enn Angholmen. Dersom lokalitetane vert nytta på den måten som vi har fått oppgjeve, med yngste generasjon ved Angholmen og eldste generasjon ved Risnes, vil begge lokaliteter gje stettande tilhøve for ein konsesjon på tilsaman 12.000 m³ konsesjonsvolum.

Målingane frå 15 og 30 m djup ved dei to lokalitetane (fig.5.2.2. og fig.5.2.4.) syner stettande rørsle ved botn nær anlegga til å transportera bort botnfall frå ekskrement

og evt. foroverskot. Inspeksjonsrapport frå "IDYKK" (1984) synte stettande tilhøve under anlegget ved Risnes. Botnen under anlegget er fjell, noko som stadfester god vassrørsle ("transportbotn"). Etter det vi har fått oppgjeve finn ein same botn kvalitet under anlegget ved Angholmen.

Data valid from: Measurement number : 182
 Data valid to: Measurement number : 350
 Total number of measurements : 169
 File name : hat1s4

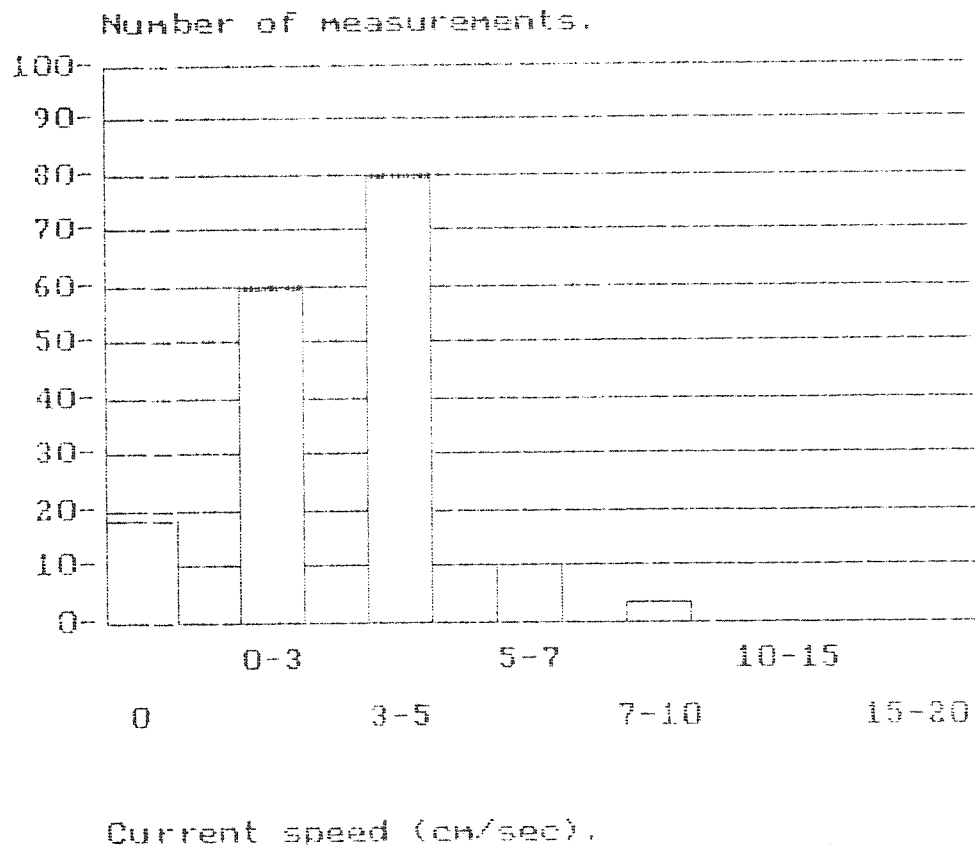


Fig. 5.2.5. Fordeling av registreringer etter fartsintervall, Angholmen 3 m djup.

5.3. Registreringar av nærings salt.

23. februar vart det teke vassprøver for analyse av

næringssalt. Nokre resultat er synt i tabell 5.2.

Tabell 5.2. Oversikt over analyseresultat for næringssalt
23. februar 1989.

Pos/djup	PARAMETER ($\mu\text{g}/\text{l}$)			
	Tot-N	Tot-P	NO ₃	PO ₄
St. 1. Losneosen				
0 - 2 m	243	17	116	13
10 m	237	15	115	11
St. 2. Lifjorden				
0 - 2 m	206	18	116	13
10 m	218	20	118	15
107 m	231	24	132	21
St. 3. Lifjorden				
130 m	375	68	260	63
v/Oppdrettsanlegg				
Risnes 0 - 2 m	194	17	117	13
Angholmen 0 - 2 m	231	19	127	15

Prøvene frå Risnes og Angholmen vart tekne på lesida av oppdrettsanlegga i ein avstand på omlag 10 m. Samtlige prøver av overflatevatn (0 - 2 m) og frå 10 m djup syner normale bakgrunnsverdier med omsyn til næringssalt, og det er ingen markert skilnad mellom verdiane frå Losneosen (utanfor Lifjorden) og verdiane i sjølve Lifjorden. Verdiane frå den ytre djuphola i Lifjorden (107 m, St. 2) er og normal, medan verdiane i den indre djuphola (130 m, St. 3) er 2 - 3 gonger høgare enn normale bakgrunnsverdier. Dette samsvarer godt med den låge oksygenverdien i den same vassprøva, og tyder på at det finn stad større sedimentasjon og nedbrytningsaktivitet i dette område samanlikna med andre deler av Lifjorden.

5.4. Sedimentprøver.

Det vart teke 4 sedimentprøver i Lifjorden 23. februar 1989

ved hjelp av Peterson-grabb. Tre av prøvene vart tekne i den i ytste djuphola (St. 2) på 115, 124 og 131 m djupne. I den inste djuphola måtte prøvetakinga avsluttast pga. vertilhøva etter at det var teke ei grabbprøve (161 m djup) . Samtlege prøver vart vurdert m.o.t. farge og lukt i felt, og deretter analysert for innhald av organisk stoff og nitrogen. Resultatet av desse granskingane er presentert i tab. 5.3.

Tabell 5.3. Resultat av sedimentgransking.

Pos/djup	PARAMETER (ug/mg)				
	TOC	TN	C/N	Lukt	Farge
Lifjorden St. 2					
115 m	45.1	4.99	9.0	0	M. g.
124 m	11.5	1.28	9.0	0	L. g.
131 m	27.2	2.99	9.1	0	L. g.
Lifjorden St. 3					
161 m	59.9	7.11	8.4	0	M. g.

Alle sedimentprøvene var luktfrie og hadde lys- (L.g.) til mørk grå (M.g.) farge. Det organiske innhaldet i sedimenta kan vurderast etter følgjande skala (Bjerknes m.fl. 1988):

> 100	ug/mg:	Svært høgt
60-100	" :	Høgt
30-60	" :	Medels
15-30	" :	Lågt
< 15	" :	Svært lågt

Ut frå dette vert det organiske innhaldet i sedimenta i den ytste djuphola i Lifjorden (St. 2) karakterisert som svært lågt til medels, medan ein i den inste djuphola finn sediment som ligg på grensa mellom medels høgt- og høgt innhald av organisk stoff. Forholdstalet mellom organisk

stoff og nitrogen er <10 i samtlige prøver, noko som indikerer at opphavet til det organiske materialet i hovudsak er av marin opprinnelse, og i mindre grad produsert på land (t.d. avrenning frå jordbruk og kloakk).

Resultata i Tab. 5.3 er i godt samsvar med analyseresultata av vassprøvene frå djupvatnet i Lifjorden (Tab. 5.2.), som antyder høg nedbrytningsaktivitet i djupvatnet ved St. 3. Farge og lukt tyder ikkje på fare for oksygenmangel i sedimenta eller i sjøvatnet over botn.

6. DISKUSJON

Vårt måleprogram har som siktemål å gje datagrunnlag for å vurdere moglege konsevenser for resipienttilhøva i Lifjorden m.o.t. drift med $12\ 000\ m^3$ merdvolum, samt å vurdere dei to lokalitetane m.o.t. generell eignaheit. Krava til ein reservelokalitet vil avhenge av i kor stor grad denne blir brukt, men generelle eignaheitskriterier bør likevel nyttast i vurderingane. Område med marginale miljøvilkår vil likevel kunne nyttast til oppdrett dersom ein tek omsyn og reduserer t.d. fisketettleik.

Dagens utgangspunkt er eit $8000\ m^3$ anlegg fordelt på lokalitetane ved Risnes og Angholmen, med oppgitt årsproduksjon 180 tonn laks (1988). Ved normal drift med 2 årgangar i dei to anlegga, og med slakting fordelt over året, vil maksimal biomasse i merdane vere lågare enn årsproduksjonen. Anlegget har hatt mindre angrep av vibriose, samt skader som følge av bakteriell nyresjuka ("IDYKK" 1983).

Anlegga gjev i dag inntrykk av å vere godt dreve, med m.a. regelmessig notvasking og godt tilsyn med fisken. Det vert idag utelukkande nytta tørrfor, og støv vert skilt ut frå foret før utforing. Under NIVA's synfaringar vart det ikkje observert lokale eutrofierings-effekter. Nedanfor

diskuterer vi lokalitetane ut frå våre måledata og registreringar.

Salinitet-temperatur:

Våre hydrografiske målinger avdekka markant forskjell mellom tilhøva i- og utanfor Lifjorden under 20 m djup, medan ein i dei øvre 20 m har tilnærma same vasskvalitet. Tettleiksforskjellen tyder på gode tilhøve for terskeloverskylling og vassutskifting i Lifjorden. Det gjenstår likevel å sjå om ein slik utskifting vil finna stad i løpet av våren 1989.

Oksygen:

Bortsett frå det djupaste området av Lifjorden, vart det registrert tilnærma metning av oksygen i heile vassøyla. Redusert oksygenkonsentrasjon i djupvatnet tyder på rester av gammalt vintervatn. Høgt innhald av nærings salt i det same vatnet tyder på høg nedbrytningsaktivitet og sedimentasjon av næringsrikt materiale.

Nærings salt:

Samtlige vassprøver frå Lifjorden, bortsett frå dei djupaste delane syner nærings saltinnhald som svarer til bakgrunnsnivået i Sognesjøen. Dette gjeld og prøver teke i nærleiken av dei to anlegga. På 130 m djup var innhaldet av nitrat dobbelt så høgt, og innhaldet av ortofosfat 3-4 gonger høgare enn bakgrunnsnivået. Dette tyder på at ein god del av tilførte næringsstoffar sedimenterer i Lifjorden. Ei vurdeing av utvida oppdrettsverksemd må taka omsyn til dette.

Sediment:

Sedimentprøver frå Lifjorden stadfester oksygen- og nærings saltmålingane når det gjeld dei djupaste delane av Lifjorden, der det organiske innhaldet i overflatesedimentet må karakteriserast som høgt. Det skal likevel understrekast at det ikkje var teikn til oksygen svikt i nokre av prøvane. Nitrogenverdiane i sedimenta tyder på at

tilførslene i hovudsak stammer frå marint materiale. Slikt materiale vil og inkludera avfallsprodukt frå fiskeoppdrett.

Straum:

Straummålingane ved begge lokaliteter vart gjort nær eksisterande anlegg (fig.1.1). Målingane representerer tilhøva for dei ytterste merdene. Det er her eventuelle tilleggsmurder er tenkt plassert i samband med utvidinga.

Målingane i 3 m djup synte god middelstraum (4 cm/s ved Risnes og 1 cm/s ved Angholmen), Stagnerande perioder vart ikkje observert på 3 m i vår korte måleperiode, men ein kan likevel ikkje utelukke at stagnerande tilhøve kan finna stad. Kort måleperiode gjer det og vanskeleg å uttala seg om retning på nettotransport.

Effekt av auka belastning:

Modellberekningar

Vi har anvendt ein numerisk EDB-modell for berekning av belastning frå fiskeoppdrett (Stigebrandt, 1986). Input til modellen er basert på våre måledata om straum etc., samt m.a. anleggsstorleik, fisketettleik og storleik. I Vedlegg 1 har vi gjort følgjande føresetnader:

1. Dagens aktivitet:

-Tils. 8000 m³, fordelt med 6000 m³ ved Risnes og 2000 m³ ved Angholmen

-Sommarsituasjon med fiskestorleik ved Risnes-anlegget 2,5 kg og tettleik 30 kg/m³. Fiskestorleik ved Angholmenanlegget 0.5 kg og tettleik 25 kg/m³.

-Tonnasje ved Risnes og Angholmen tils. 224 tonn
Belastninga er rekna ut for begge anlegga tilsaman.

2. Framtidig aktivitet:

Same føresetnader som ovanfor, men utvida volum

til 12000 m³, og tonnasje til 336 tonn, fordelt med 100 tonn ved Angholmen og 236 tonn ved Risnes.

Input-parametrar, såvel som resultat er tabellert i Vedlegg 1. Modellen indikerer ingen markerte effekter av auka ammoniumkonsentrasjon og redusert oksygeninnhald på nokon av lokalitetane.

Korttidseffekter

Modellen ovanfor tar utgangspunkt i ein middeltilstand for straum m.m. Ved å ta utgangspunkt i målt oksygenkonsentrasjon, og varigheit av perioder med svak straum, kan vi under gjevne føresetnader (sjå Bjercknes m.fl.1988) berekne teoretisk max. fisketettleik i merdane. Med to timar stagnasjon, i ein periode med sterk vekst (10 kg O₂-/dag/tonn fisk i forbruk), får ein ca. 55 kg fisk pr m³ som øvre grense for fisketettleik. Dette er godt over vanleg tettleik (25-30 kg/m³), slik at både hovedlokalitet og reservelokalitet med oksygen som utgangspunkt har god teoretisk kapasitet.

Om vi tek tilsvarande utgangspunkt for ammonium m.o.t. den før nemnde letalgrensa, får vi ein max fisketettleik på 37 kg/m³, noko som og ligg over vanlege tettleiksverdiar for eit normalt anlegg.

Dersom merdene ved utvidinga blir plassert i forlenginga av dei eksisterande anlegga, vil dette vere tilnerma normalt på hovudstraumretninga i området, om ein legg våre begrensa straumdata til grunn. Gjennomstrøyminga i eksisterande merder vil då ikkje bli vesentleg redusert, og dei nye merdane vil ha god gjennomstrøyming (truleg betre dess lenger ut frå land dei ligg). Forutsatt at fisketettleiken blir halde på eit rimeleg nivå (sjå ovanfor), skulle dei to lokalitetane av omsyn til fisken vere beredyktig for eit 12000 m³ anlegg, ut frå dei retningslinene for fordeling av fisk som vi har fått oppgitt.

Langtidseffekter

Eit 12 000 m³ anlegg, med fiskebiomasse i storleiksorden 350 tonn, vil avgje i storleiksorden 70 - 106 kg nitrogen og 11 - 17 kg fosfor pr døgn, avhengig av temperaturen og forutsatt 0% overføring (jfr. tab. 7 vedlegg 1), for perioden september-november.

Samanlikna med dagens drift (8000 m³), gjev dette ei auke på 23 - 36 kg N og 3.5 - 5.5 kg P pr. døgn.

Om vi samanlikner desse verdiene med bakgrunnsverdiene for Lifjorden mht. N og P, så vart desse registrert til hhv. 206 og 18 ug/l. Fordelt på dei øvre 10 m av vassmassa i Lifjordbassenget svarer dette til 1710 kg N og 150 kg P. Utviding av oppdrettskonsesjonen representerer såleis ei auke i tilført mengde N og P på hhv. 1.4 - 2.1% og 2.3-3.6%. Forutsatt fullstendig blanding, men ingen utskifting (og ingen primærproduksjon), ville dette gje ei konsentrasjonsauke på maksimalt 29.5% N og 51% P over ei 2-vekers periode.

Vi har ikkje godt nok grunnlag for å fastslå effektiv opphaldstid for vatn i Lifjorden, men vil rekna 2 vekers utskiftingstid av dei øvre 10 m som eit verste tilfelle. Risnes, der hovudtyngda av biomassen vil vera plassert, ligg nær opptil Risnesstraumen og Lистраumen. Normalt vil utskiftinga her skje langt hyppigare, slik at (lokal) eutrofiering med oppkonsentrering av N og P, normalt ikkje vil skje.

Anlegget ved Angholmen vil iflg. modellberekningane bidra med 27.8 - 41.6 kg N og 4.3 - 6.5 kg P pr døgn, svarande til omlag 39% av totalutsleppet. Likevel representerer dette anlegget truleg eit større bidrag til næringssaltkonsentrasjonen i Lifjorden enn Risnes, grunna lågare medelstraum og større avstand til utlaupet. Informasjonen frå straummålingane tillet diverre ikkje nokon nærare

analyse av dette tilhøvet.

Oksygenforbruket på sedimenterbart materiale vil iflg modellberekningane auka frå i storleiksorden 200-300 kg/døgn til 300 - 450 kg/døgn. Om vi rekner med at alt sedimenterbart materiale havner i det djupaste området av Lifjorden vil ein her ha ei oksygenmengde til rådvelde på 3.95 mg/l (2.83 ml/l) iflg. våre prøver frå 23. februar 1989. Dette svarer til omlag 237 tonn oksygen om ein rekner volum av vassmengda under 100 m djup. Med ein berekna auke i sedimenterbart materiale på 100 kg pr døgn gjennom året, vil det teoretisk ta 2370 døgn eller 6.5 år før det djupvassoksygenet som finst i fjorden idag er brukt opp. Isåfall vil ein vera avhengig av at det skjer ei total utskifting av djupvatnet minst kvart 6. år, dersom ein vil unngå anaerobe (oksygenfrie) tilhøve i djupvatnet.

Utskifting i øvre vasslag sørger for at sedimentasjonen blir mindre enn det ovannemnte eksempelet.

Modellberekningane (Vedlegg 1) indikerer at oksygenreduksjonen i øvre vasslag under normale straumtilhøve vil bli redusert med omlag 1 mg/l (frå omlag 7 til 6 mg/l) ved maksimal belastning og 100% metning ved Angholmen. Vi ser dette som ein realistisk situasjon om seinsommaren/hausten. Tilsvarende tal for Risnes er rekna til omlag 1.3 mg. Under normale tilhøve vil oksygennivået inne i merdene ikkje komme under kritisk verdi (5 mg/l).

Under tilnærma stagnante tilhøve, kan ein, særleg på seinsommaren/hausten risikera kortare eller lengre perioder med lågt oksygen og akkumulering av avfallsstoff (ammoniakk), særleg ved Angholmen. Ein tilrår derfor at denne lokaliteten vert halden under særskilt oppsikt med tanke på vassutskifting.

Forsterka planteplanktonoppblomstringer i Lifjorden

samanlikna med Sognesjøen kan forventast under tilhøve som ovanfor.

Vidare tilrår vi overvaking av djupvasskvaliteten med tanke på oksygen. Dette vil vera ein god indikator på utviklinga av miljøtilhøva i Lifjorden. Dersom dette skulle endra seg i ugunstig retning, vil det kunne slå attende på oppdrettsverksemda, dersom terskeloverkylling fører til at H₂S-haldig botnvatn vert løfta til overflata. For ordens skuld føyer vi til at tilhøva i Lifjorden idag ikkje vil gje slike tilhøve.

Som konklusjon vil vi ut frå vårt begrensa datamateriale frå Lifjorden, tru at det vil vera forsvarleg å utvida oppdrettsvolumet til 12000 m³, basert på dei tala som er oppgjeve for samla biomasse i anlegga om hausten (jfr. vedlegg 1.). Modellberekningane førutset ei bestemt fordeling av biomasse på dei to lokalitetane Risnes og Angholmen. Truleg vil hovudlokaliteten ved Risnes tåla ei noko høgare biomasse enn oppgjeve. Av omsyn til fisken sin trivnad frårår vi ei permanent biomasseauke ved Angholmen utover det som er nytta i modellen. Dette bør likevel ikkje vera til hinder for at Angholmen kan nyttast mellombels som lokalitet for heile oppdrettsvolumet i tilfelle sjukdomsutbrot mm.

Eit utvida straummålingsprogram må til dersom ein skal kunne trekka sikrare og meir eksakte konklusjoner.

7. LITTERATUR

Aure, J. 1983: Akvakultur i Troms. Kartlegging av høvelige lokaliteter for fiskeoppdrett. Fisken og Havet 1983, Nr 1.

Aure, J. & Stigebrandt, A. 1988. Fiskeoppdrett og fjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i

Møre og Romsdal. Havbruksplan for Møre og Romsdal, Delrapport 3.1. Møre og Romsdal fylkeskommune.

Avnimelech, Y., og Zohar, G. 1986: The effects of anaerobic conditions on growth retardation in aquaculture systems. *Aquaculture* 58, pp 167-174.

Bjerknes, V., Golmen, L.G., Pedersen, A. og Sørgaard, K. 1988: Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA rapp. nr. 2072.

Broecker, W.S. og Peng, T.H. 1982: Tracers in the Sea. *Lamont-Doherty Geol. Obs., N.Y.* 690 pp.

Clarke, A. 1986: The formation of Greenland Sea Deep Water. *ICES C.M.* 1986/C:2.

Haugen, I.N., Råheim, J.M & Thaulow. H. 1979: Brukerkonflikter i Risneshamn, Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane. NIVA rapp. nr. 1095.

Håkanson, L., Ervik, A., Mäkinen, T. og Møller, B. 1988: Basic Concepts Concerning Assessments of Environmental Effects of Marine Fish Farms. Rapp. Nordisk Ministerråd 1988:90.

IDYKK, 1983: Inspeksjon av L. Hatlem fiskeoppdrett, Risnes i Lifjorden, 7.6.83. Besiktigelsesrapport IDYKK, Pb. 103, 5095 Ulset.

IDYKK, 1984: Inspeksjon av Leif Hatlem fiskeoppdrett, Lifjorden i Hyllestad, 31.1.84. Besiktigelsesrapport IDYKK, Pb. 103, 5095 Ulset.

LENKA, 1988. Kapasitetsvurdering av sjøområder i LENKA. LENKA-metode nr. 9-1.S.1-35 (stensil).

Molvær, J., A. Stigebrandt, J.A. Berge og V. Bjerknes, 1988: Modell for miljøbelastning fra fiskeoppdrettsanlegg. Om utskillelse av nitrogen og fosfor fra fiskeoppdrettsanlegg. NIVA rapp. O-86004, under utarb.

Møller, D. 1976: Recent development in Cage and Enclosure Aquaculture in Norway. FAO Fish. Rep.. FAO Techn. conf. on Aquacult.

Pedersen, A. (red) 1982: Miljøpåvirkning fra fiskeoppdrett. NIVA rapp. FP 80802.

Stigebrandt, A.. 1986: Modellberegninger av en fiskodlings miljøbelastning. NIVA rapp. nr. 1823.

Vedlegg 1

Modellberegninger:

1. Dagens anlegg

Risnes + Angholmen 8000 m³

2. Framtidig anlegg:

Risnes 8000 m³

Angholmen 4000 m³

Risnes + Angholmen 12000 m³

NIVA
Postboks 333 - Blindern
0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): RISNES+ANGHOLMEN 8000 M3

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.04	m/sek
Middelstrøm - tidevann	0.05	m/sek
Typisk saltholdighet (juli-sept)	27.5	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	1.0	m/sek
Terskedyp (utenfor anlegget)	4.5	meter
Areal innenfor evt. terskel	8.70	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	60.0	meter
Middeldyp ved anlegget	15.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SOGNESJØEN.

Jan=	5.8	Apr=	5.9	Jul=	13.5	Okt=	11.4
Feb=	4.8	Mai=	7.7	Aug=	14.6	Nov=	9.2
Mar=	4.5	Jun=	10.6	Sep=	13.9	Des=	7.6

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	8000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	120	meter
Mærenes dyp	5	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	28	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømning	0.60	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	44.50	prosent
Fett	22.50	prosent
Karbohydrat	14.00	prosent
Aske	9.00	prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	3486	kcal/kg (14598 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70	prosent
Fosfor	2.30	prosent
Forets synkehastighet	0.05	m/s

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende beregnede oksygenkonsentrasjonen lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 1500 GRAM, TEMPERATUR= 14.6 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 224000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	8.15	6.91	0	0.06
Fjordoverflate*)	6.48	5.50	0.01	0.06

*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjør anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 224000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.6	70.6	11.1
9.5	47.2	7.4
4.5	31.5	4.9

*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minskes ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 224000 KG (FISKENS VEKT 1.50 KG).

Overforing (prosent)	Temp (C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.6	304	178	174.4	0.60	3.80
25	14.6	1203	570	218.0	5.55	35.49
50	14.6	2101	963	261.6	10.51	67.19
0	9.5	203	119	116.4	0.40	2.54
25	9.5	803	381	145.6	3.71	23.70
50	9.5	1403	643	174.7	7.02	44.86
0	4.5	136	79	77.7	0.27	1.70
25	4.5	536	254	97.2	2.48	15.82
50	4.5	937	429	116.6	4.69	29.95

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 8800 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer og utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.001 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l, bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 1500 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	35.7	5.59	1.92	0.30	37.64	5.89
25	35.7	5.59	17.95	2.81	53.67	8.40
75	35.7	5.59	50.00	7.82	85.72	13.41
100	35.7	5.59	66.02	10.33	101.74	15.92

NIVA Postboks 333 - Blindern 0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): ANGHØLMEN 4000 M3

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.03	m/sek
Middelstrøm - tidevann	0.01	m/sek
Typisk saltholdighet (juli-sept)	27.5	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	1.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	4.5	meter
Areal innenfor evt. terskel	8.70	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	60.0	meter
Middeldyp ved anlegget	20.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SOGNESJØEN.

Jan=	5.8	Apr=	5.9	Jul=	13.5	Okt=	11.4
Feb=	4.8	Mai=	7.7	Aug=	14.6	Nov=	9.2
Mar=	4.5	Jun=	10.6	Sep=	13.9	Des=	7.6

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	4000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	80	meter
Mærenes dyp	5	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	25	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømning	0.30	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	44.50	prosent
Fett	22.50	prosent
Karbohydrat	14.00	prosent
Aske	9.00	prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	3486	kcal/kg (14598 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70	prosent
Fosfor	2.30	prosent

Forets synkehastighet	0.05	m/s
-----------------------	------	-----

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende oksygenkonsentrasjonen lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 500 GRAM, TEMPERATUR= 14.6 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 100000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium u (mg/l)
Middelstrøm*)	8.15	5.27	0	0.13
Fjordoverflate*)	7.17	4.30	0.00	0.14

*) OBS! Tabellen gir middelverdier. Lavere (høyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primrproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjøre anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 100000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.6	41.6	6.5
9.5	27.8	4.3
4.5	18.5	2.9

*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minske ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 100000 KG (FISKENS VEKT 0.50 KG).

Overforing (prosent)	Temp (C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.6	187	109	107.1	0.37	2.34
25	14.6	739	350	133.9	3.41	21.81
50	14.6	1291	592	160.7	6.46	41.28
0	9.5	125	73	71.5	0.24	1.56
25	9.5	493	234	89.4	2.28	14.56
50	9.5	862	395	107.3	4.31	27.56
0	4.5	83	49	47.8	0.16	1.04
25	4.5	329	156	59.7	1.52	9.72
50	4.5	575	264	71.6	2.88	18.40

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 2080 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mrene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.001 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l, bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 500 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	32.4	5.07	1.82	0.28	34.26	5.36
25	32.4	5.07	17.00	2.66	49.43	7.73
75	32.4	5.07	47.36	7.41	79.79	12.48
100	32.4	5.07	62.54	9.78	94.97	14.86

NIVA Postboks 333 - Blindern 0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): RISNES 8000 M3

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.04	m/s
Middelstrøm - tidevann	0.05	m/s
Typisk saltholdighet (juli-sept)	27.5	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	1.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	4.5	meter
Areal innenfor evt. terskel	8.70	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	60.0	meter
Middeldyp ved anlegget	10.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SOGNESJØEN.

Jan=	5.8	Apr=	5.9	Jul=	13.5	Okt=	11.4
Feb=	4.8	Mai=	7.7	Aug=	14.6	Nov=	9.2
Mar=	4.5	Jun=	10.6	Sep=	13.9	Des=	7.6

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	8000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	100	meter
Mærenes dyp	5	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	30	kg/m ³
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømning	0.50	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	44.50	prosent
Fett	22.50	prosent
Karbohydrat	14.00	prosent
Aske	9.00	prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	3486	kcal/kg (14598 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70	prosent
Fosfor	2.30	prosent

Forets synkehastighet 0.05 m/s

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende beregnede oksygenkonsentrasjon lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2500 GRAM, TEMPERATUR= 14.6 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 240000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium u (mg/l)
Middelstrøm*)	8.15	6.46	0	0.08
Fjordoverflate*)	6.57	5.23	0.01	0.08

*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjør anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 240000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.6	66.7	10.4
9.5	44.5	7.0
4.5	29.7	4.6

*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minskes ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 240000 KG (FISKENS VEKT 2.50 KG).

Overforing (prosent)	Temp (C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.6	281	165	161.4	0.55	3.52
25	14.6	1113	528	201.7	5.14	32.84
50	14.6	1944	891	242.1	9.73	62.17
0	9.5	188	110	107.7	0.37	2.35
25	9.5	743	352	134.7	3.43	21.93
50	9.5	1298	595	161.6	6.49	41.51
0	4.5	125	73	71.9	0.25	1.57
25	4.5	496	235	89.9	2.29	14.64
50	4.5	867	397	107.9	4.34	27.71

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 5600 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.001 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 2500 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	37.4	5.86	1.98	0.31	39.40	6.16
25	37.4	5.86	18.44	2.89	55.87	8.74
75	37.4	5.86	51.37	8.04	88.80	13.89
100	37.4	5.86	67.84	10.61	105.26	16.47

NIVA
Postboks 333 - Blindern
0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): RISNES+ANGHOLMEN 12000 M3

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.04	m/s
Middelstrøm - tidevann	0.05	m/s
Typisk saltholdighet (juli-sept)	27.5	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	1.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	4.5	meter
Areal innenfor evt. terskel	8.70	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	60.0	meter
Middeldyp ved anlegget	15.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SOGNESJØEN.

Jan= 5.8	Apr= 5.9	Jul= 13.5	Okt= 11.4
Feb= 4.8	Mai= 7.7	Aug= 14.6	Nov= 9.2
Mar= 4.5	Jun= 10.6	Sep= 13.9	Des= 7.6

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	12000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	180	meter
Mærenes dyp	5	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	28	kg/m ³
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømning	0.6	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	44.50 prosent
Fett	22.50 prosent
Karbohydrat	14.00 prosent
Aske	9.00 prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	3486 kcal/kg (14598 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

Forets synkehastighet 0.05 m/s

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende beregnede oksygenkonsentrasjon lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 1500 GRAM, TEMPERATUR= 14.6 GRADER C. TONNAGEN I MÆRENE ER 336000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium u (mg/l)
Middelstrøm*)	8.15	6.91	0	0.06
Fjordoverflate*)	5.65	4.67	0.01	0.07

*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjør anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 336000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.6	106.0	16.6
9.5	70.7	11.1
4.5	47.2	7.4

*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minskes ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 336000 KG (FISKENS VEKT 1.50 KG).

Overforing (prosent)	Temp (C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.6	456	267	261.6	0.89	5.70
25	14.6	1804	856	327.0	8.33	53.24
50	14.6	3152	1444	392.4	15.77	100.78
0	9.5	305	178	174.7	0.60	3.81
25	9.5	1204	571	218.3	5.56	35.55
50	9.5	2104	964	262.0	10.53	67.29
0	4.5	203	119	116.6	0.40	2.54
25	4.5	804	381	145.8	3.71	23.73
50	4.5	1405	644	174.9	7.03	44.92

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 13200 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.001 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 1500 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	35.7	5.59	1.92	0.30	37.64	5.89
25	35.7	5.59	17.95	2.81	53.67	8.40
75	35.7	5.59	50.00	7.82	85.72	13.41
100	35.7	5.59	66.02	10.33	101.74	15.92

Vedlegg 2

Strømforhold og føring

(B:lars.for).

Internt notat. NIVA Vestlandsavd. mai 1987. Lars G. Golmen.

STRØMFORHOLD OG FØRING

INNLEDNING

Det er allment kjent at fôrspill ved oppdrettsanlegg både øker miljøbelastningen, og reduserer det økonomiske resultatet av driften. Oppdrettere er oppmerksomme på dette, og prøver å holde fôrspillet så lavt som råd. Miljøet rundt anleggene blir også overvåket bedre enn før, for å forhindre uønskede forurensingseffekter.

Den observerte svikten i tilgang på fôrråstoff (lodde m.m.), sett i sammenheng med den forventede økningen i fôretterspørselen, har understreket behovet for økt kontroll med fôringen. Dette har også resultert i økt forskningsinnsats på området. Eksempel her er forsøkene med akkustisk måling av fôrspill som foregår ved Akvakulturstasjonen i Austevoll (Juell 1987).

For å holde fôrspillet så lavt som råd, må oppdretteren selv ta hensyn til en rekke faktorer, som fôrtype, fisketettheten, fiskens appetitt, vanntemperatur m.m.

All fôring bør i prinsippet avsluttes når fisken er mett. Dette lar seg vanligvis registrere ved manuell fôring, men er vanskeligere å kontrollere ved automatisk fôring.

Vi vil i dette notatet først omtale en del effekter strømforholdene ved et oppdrettsanlegg forårsaker i forbindelse med fôring og fôrspill. Dernest diskuteres det hvordan kunnskap om fôringsrutiner og strømforhold kan kombineres for en optimal utnyttelse av fôret.

FORETS SYNKEHASTIGHET

Før vi går i mer detalj om strømforholdenes innvirkning på fôring og fôrspill, er det aktuelt å nevne noe om fôrets synkehastighet, som i likhet med strømmen bidrar til at fôr

transporteres utenfor fiskens rekkevidde.

Det synes allment godtatt at en liten synkehastighet gir minst fôrspill. Fisken får god tid til å nyttiggjøre seg fôret før det forsvinner ut av rekkevidde.

Synkehastigheten til fôret er i første rekke gitt av fôrets konsistens og partikkelstørrelse. Konsistensen er i første omgang gitt av fôrtype: våtfôr, mjukfôr eller tørrfôr. En regner at tørrfôr synker hurtigst, og våtfôr langsamst (Pedersen 1982). Synkehastigheten bestemmes av tetthetsdifferansen mellom fôrpartikkelen og det omgivende vannet, og av den motstand (friksjon) partikkelen møter. Høyt vanninnhold i fôret gjør tetthetsdifferansen, og dermed synkehastigheten liten. Større fôrpartikler vil vanligvis ha en høyere synkehastighet enn små partikler, på grunn av større friksjonskraft (pr. masseenheter) for mindre partikler.

I en gitt avstand fra overflaten vil fôrpartikkelen nå maksimal synkehastighet, på grunn av oppnådd likevekt mellom tyngdekraft og friksjonskraft. Etter hvert som partikkelen synker videre, vil den absorbere noe vann. Dette vil redusere tetthetsdifferansen mellom partikkel og vann, og dermed reduseres synkehastigheten. Fôrpartikkelen vil etterhvert også løses opp i mindre partikler, noe som øker friksjonskraften, og dermed reduserer synkehastigheten.

Sjiktforholdene i vannet influerer også på synkehastigheten. En gradvis økning av vannets tetthet med dypet vil medføre en reduksjon av den ovenfor nevnte tetthetsdifferansen etter som fôrpartikkelen synker. Dersom det eksisterer et markert sprangsjikt (som i fjordene om våren og sommeren), kan en risikere at fôret "bremses opp" ved sprangsjiktet, og ikke synker videre.

STRØMFORHOLD

Ved svak eller ingen strøm er det fôrets synkehastighet som

alene bestemmer fôrets oppholdstid innenfor mæren. Slike strømforhold er langt fra gunstige hva angår vannutskifting og fiskens miljø.

For sterk strøm vil åpenbart være ugunstig for fôringen sin del. En risikerer at mye av fôret føres (horisontalt) ut av mæren før fisken har fått nyttiggjort seg dette. En langsommere fôringsrate, kombinert med visuell kontroll, vil kunne redusere slikt fôrspill, men sterk strøm vil fortsatt være ugunstig, særlig fordi fisken da bruker mye energi på å få tak i fôret.

Det er ikke gitt at strømforholdene inne i en mær er lik forholdene utenfor mæren. Begroing på mærene vil redusere gjennomstrømningen, og fiskens egenbevegelse vil kunne forandre strømningsmønsteret. For selve fôringen vil strømforholdene inni mæren være viktigst. For forureningsproblematikken er det forholdene utenfor mæren som er viktigst.

Strømmen varierer

Ved alle oppdrettsanlegg vil en oppleve at strømforholdene varierer. Tidevannet forårsaker i de fleste tilfeller den mest merkbare og regelmessige variasjonen. Meteorologiske forhold innvirker også på strømforholdene, spesielt på lavere frekvenser. Vind kan resultere i f.eks. daglige variasjoner (fønvind). For øvrig vil sjiktningsforholdene i de øvre vannlag invirke på den vindgenererte strømmen, En gitt vindstyrke vil gi kraftigere overflatestrøm under forhold med markert sjikting (sommeren), sammenlignet med en vintersituasjon med mindre markert overflatelag.

Lufttrykksvariasjoner vil også direkte og indirekte medføre variasjon i strømmen. Sesongmessige variasjoner er knyttet til bl. a. temperatur og ferskvannsavrenning, som innvirker på sjiktningsforholdene i sjøen.

Fôring bør unngås i peioder med sterkest strøm ut fra ønsket om å redusere fôrspillet. Svak strøm reduserer

fôrspillet, men kan ha negative effekter for fisk og miljø. Fôring i stillestående vann kan føre til ugunstig lave oksygenverdier i vannet innenfor mærene, med negative følger for fisken. Fôring i stillestående vann øker også sedimenteringsraten under mærene (ekskremitter og uutnyttet fôr).

Tidevannsstrøm

Variasjonene i strømforholdene er mer eller mindre forutsigbare. Den mest åpenbare regularitet er knyttet til tidevannsstrømmen. På Norskekysten og i fjordene er en halvdaglig periode (omtrentlig) dominerende. Merkbart sterkere tidevannsstrøm oppleves ofte ved tidspunkt rundt nymåne og fullmåne. Figur 1 viser et eksempel på en måleserie for strøm. Det er målt over en periode på ca. 2 1/2 uke. Måledypet er ca. 4 meter. (Den langsomt varierende kurven er tidsmidlete verdier, og kan sees bort fra i denne sammenheng).

Målingene er foretatt i et sund, hvor strømmen veksler mellom nord (+) og sør (-) retning. En halvdaglig variasjon framgår tydelig av fig. 1. Strømhastighetene i dette tilfellet har maksimalverdier rundt 15 - 20 cm/sek. Kurven er ikke helt retningssymmetrisk. Nordgående strøm har høyest maksimalverdier. Disse maksimalverdiene opptrer imidlertid bare over korte perioder. Den sørgående strømmen holder seg tilnærmet konstant over et lengere tidsrom.

En merker seg også at strømmen i dette tilfellet hurtig skifter retning fra nord til sør og omvendt. Periodene hvor en har stillestående vann er kortvarige.

En liknende strømkurve som den i fig. 1 vil en finne ved mange oppdrettsanlegg langs Norskekysten. Maksimal strømhastighet vil variere fra sted til sted. Likedan "fasongen" på kurven. Periodene med stillestående vann kan være lengre.

Spørsmålet er om strømvariasjonene er så regelmessige (forutsigbare) at de kan taes hensyn til ved bestemmelse av

fôringstidspunkt og fôringsrate, slik at fôrspillet reduseres. Det første en da trenger, er objektive metoder til å beskrive strømforholdene ved et anlegg, særlig med henblikk på variabiliteten.

Karakterisering av strømforhold

Dersom de foran nevnte idéene om fôring og strømforhold skal kunne brukes i praksis, må en først og fremst ha egnete objektive metoder for å karakterisere, eller beskrive - strømforholdene.

Begreper som middelstrøm og reststrøm vil være mindre aktuelle i denne sammenheng. En må bruke, evt. utvikle metoder som også gir opplysninger om variabiliteten. En må finne brukbare parametre som kan si hvorvidt strømmen er tilsrekkelig periodisk (regelmessig) til at dette kan nyttes i fôringssammenheng.

Vi antar at det ved et gitt anlegg er foretatt måling av strømmen over et tilstrekkelig langt tidsrom, slik at måleresultatene er representative for forholdene generelt.

En kurve (tidsserie) som i figur 1, vil umiddelbart kunne framstilles, og vil gi grunnlag for en subjektiv vurdering av periodisiteten. Andre dataframstillingsmåter gir også endel grunnlag for å kunne beskrive periodisiteten. Middelerverdiens standardavvik uttrykker variabiliteten, men sier ikke noe om periodisiteten.

Stabilitetsfaktoren ("Neumann-faktoren") B, er definert ved

$$B = \frac{|\bar{v}|}{\bar{s}} * 100 \%,$$

der \bar{s} er middelerverdien for fart over en gitt midlingsperiode ($t_2 - t_1$), og $|\bar{v}|$ er et mål for strømmens netto bevegelse i samme periode (fig. 2). B gir et uttrykk for strømmens retningsstabilitet, og den kan tolkes som forholdet mellom reststrøm og fluktuasjoner (Hackett 1981). En monoton, ensrettet strøm vil ha en stabilitetsfaktor lik 1, mens for en fullstendig periodisk og aksisymmetrisk strøm vil $|\bar{v}|$, og dermed B være lik null.

Spektralanalyse av en strømserie er basert på teorien om at serien kan framstilles som en sum av mange egensvingninger (-Fourierrekke framstilling). Ved en slik analyse vil en se hvilke eventuelle frekvenser som går igjen i måleserien, og hvor stor strømhastighet (-energi) disse frekvensene representerer.

For å få et grunnlag for å vurdere strømforholdene bedre, må det utvikles og anvendes metoder som gjør det mulig å parametrisere andre trekk, slik som hvor raskt strømmen skifter retning, graden av aksial-symmetri for retningen, varighet av strømsvake i forhold til strømsterke perioder etc.

FORINGEN I PRAKSIS

Gunstige fôringsperioder

Figur 3 viser en typisk kurve for forløpet av tidevannsstrømmen, tegnet med større oppløsning på tidsaksen enn eksemplet i fig.1. I løpet av et døgn (tilnærmet) har en fire perioder med maksimalstrøm: to med sørgående og to med nordgående.

I figur 3 har vi antatt en øvre og en nedre grense for tillatelige strømhastigheter under fôringen. Disse grensene vil avhenge av bl.a. fôrtypen og fiskens appetitt. Jo større appetitt, jo større strømhastighet kan tolereres. Disse grensene medfører at døgnet deles opp i ulike perioder hvor det er gunstig og ugunstig å fôre. I praksis vil en kurve for strømmen ved et anlegg ikke være så regelmessig som i fig. 3, (jamfør fig. 1). Kurven vil oftest ikke være retningssymmetrisk, slik at f. eks. nordgående strøm er sterkere enn sørgående. I et slikt tilfelle kan en da finne at kun perioder med nordgående strøm har kritisk høye hastigheter, med tilsvarende færre ugunstige fôringsperioder i løpet av døgnet.

I praksis vil ikke alle "gunstige" perioder som de som framkommer i fig. 3 kunne brukes til fôring. Perioder på natten kan falle bort. Et ønske om å begrense forurensingen på f.eks. sørsiden av anlegget, kan eliminere perioder med sørgående strøm, eller en tar hensyn til disse periodene ved at fôringen da begrenses.

På et oppdrettsanlegg inne i en bukt eller liten fjordarm (poll), vil en ved å fôre kun ved utgående tidevannsstrøm unngå unødig forurensing i bukten eller fjordarmen (fig. 4).

Praksisen med fôring 3-4 ganger pr dag vil i de fleste tilfeller kunne opprettholdes. Men i stedet for fôring til faste klokkeslett, blir fôringstidspunkt knyttet til tidevannet, med en langsom forskyving av klokkeslett fra dag til dag. Regulering av fôrmengdene (f. eks. mest fôr først på dagen) er fortsatt mulig. Spørsmålet er hvor ømfindtlig fisken er for disse noe uregelmessige fôringsperiodene i forhold til klokka. Det synes rimelig å tro at fiskens døgnrytme fra naturens side er vel så mye tilpasset tidevannets variasjoner som de variasjoner som skyldes f. eks. solens gang.

En omlegging av fôringspraksisen til å følge tidevannssyklusen vil kreve at en kjenner strømbildet ved anlegget. Strømmålinger må evt. foretas. Fra disse målingene trekker en ut de regelmessige svingningene og relaterer faseforskjeller og perioder til tidevannstabellen. Basert på dette kan en enkel tidstabell (plan) lages. Ved anlegg med automatisk fôring kan en skifte ut klokka med en programmerbar mikroprosessor, hvor en legger inn ønskede parametre.

I prinsippet vil strømmålingene også kunne gi indikasjon på hvilke endringer i strømforholdene som lufttrykksforandringer, vind etc. forårsaker. Slike endringer vil imidlertid være vanskelige å forutsi med sikkerhet. Hensyntagen til slike forhold er derfor vanskeligere å kombinere med

automatisk (programmert) fôring, men en erfaren oppdretter kan på en skjønnsmessig måte ta hensyn til dette i forbindelse med manuell fôring.

REFERANSER.

Hackett, B. 1981. Innføring i behandling av strømdata. FOH rapport nr. 2 1981. Miljøverndept. Oslo.

Juell, J.E. 1987. Optimal appetittfôring i matfiskanlegg ved akustisk registrering av fôrspill. Norsk Fiskeoppdrett nr. 5 1987.

Pedersen, A. 1982. Miljøpåvirkning fra fiskeoppdrett. Rapp. nr. 80802, Norsk Inst. for Vannforskning, Oslo.

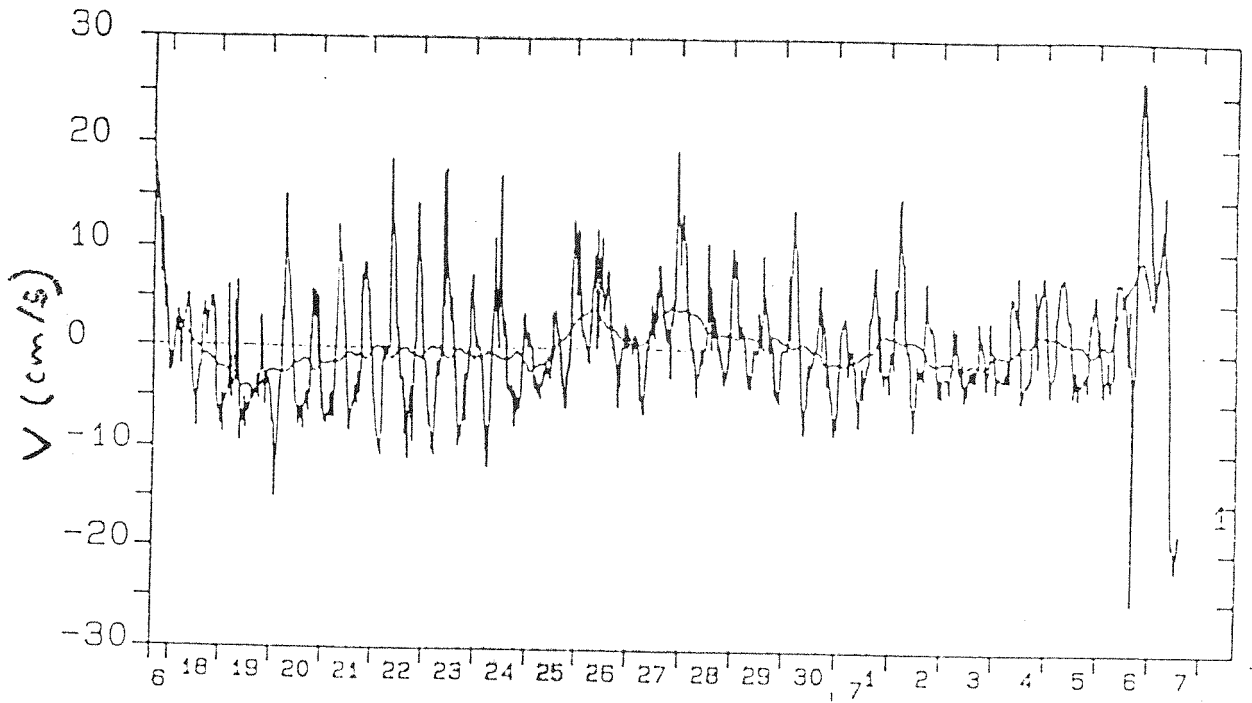
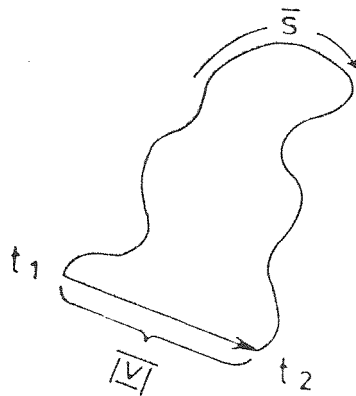


Fig. 1. Eksempel på måleserie for strøm, her representert ved nord (+)-sør (-) komponenten. Dato (i juni-juli) på nederste akse.



b) Stabilitetsfaktor ("Neumann faktor") B ,
definert ved

$$B = \frac{|\bar{v}|}{\bar{s}} \cdot 100\%,$$

Fig. 2. Forklaring til beregning av stabilitetsfaktoren (se teksten).

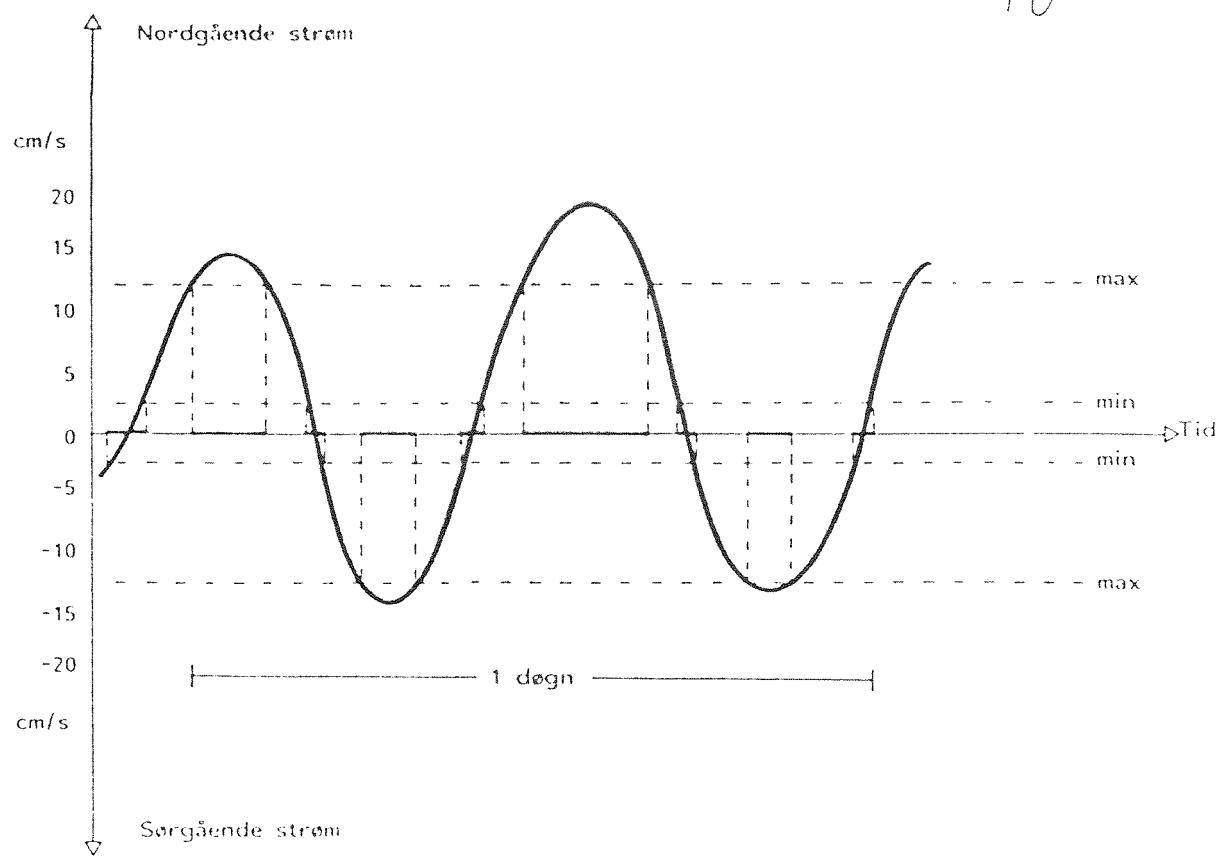


Fig. 3. Skematisk framstilling av en tidevannsdomminert strøm, med markerte grenser for akseptabel strøm m.o.t. føring. Tykke avsnitt av tidsaksen angir ugunstige føringstidspunkt.

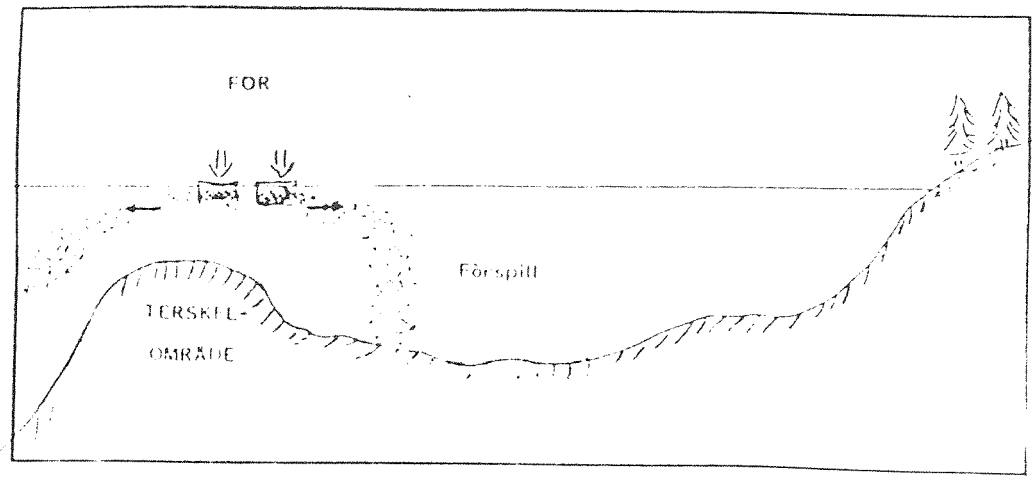


Fig. 4. Skjematisk framstilling av førspill ved ulike strømretninger, fra et anlegg som ligger i terskelområde ved utløp av en fjord.

Vedlegg 3

Oppfølgjande overvåkingsprogram

OPPFØLGJANDE OVERVAKINGSPROGRAM.

Eit enkelt program for undersøking av djupvassutskiftinga vart igangsett 7. april 1989. Prøvetakinga vert utført av L. Hatlem Fiskeoppdrett A.S. etter rettleiing frå NIVA. Prøvene vert analysert ved NIVA. Ved avslutninga av programmet vil det bli utarbeidd eit konkluderande notat.

Programmet som går ut på å følgja med i ei mogleg djupvassutskifting våren 1989, går ut på følgjande:

- Vassprøver frå 0, 50, 100 og 150 m djup vert analyserte for salt og oksygen. Samtidig vert det registrert temperatur på dei same djupa, og målt siktedjup.
- Prøvetakingsfrekvensen er 2 veker.
- Programmet vil førebels strekkja seg ut mai 1989.

Målet med programmet er å sjå kva utskifting som finn stad i Lifjorden. Dette vil gje noko sikrare indikasjonar på Lifjorden si bereevne for belastning frå fiskeoppdrett, enn det vi har oppnådd gjennom vår kort undersøking.