



O-93050

Resipientundersøkelse i Røyklibotn  
og forslag til gjennomføring av miljøtiltak ved

**Neptun Settefisk A/S**

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-93050	Undernr.:
Løpenr.: 2902	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Resipientundersøkelse i Røyklibotn og forslag til gjennomføring av miljøtiltak ved Neptun Settefisk A/S	Dato: 17.06.93	Trykket: NIVA 1993
	Faggruppe: Marin eutrofi	
Forfatter(e): Torbjørn M. Johnsen Halvor Hektoen	Geografisk område: Nord-Trøndelag	
	Antall sider: 24	Opplag: 40

Oppdragsgiver: Neptun Settefisk A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Resipientundersøkelsen har vist at Røyklibotn fra naturens side er en resipient med dårlig kapasitet. Dypbassenget i indre Røyklibotn har stagnant vann med lavt oksygeninnhold gjennom store deler av sommerhalvåret. På grunnlag av karbon- og nitrogeninnholdet i bunnsediment kunne imidlertid ikke resipienten betraktes som sterkt belastet. Belastningen fra Neptun Settefisk A/S må betraktes som liten i forhold til den naturlige belastningen. På grunn av resipientens lave kapasitet anbefales det likevel at fjordforbedringstiltak i form av neddykket ferskvannsutslipp settes i verk og eventuelt at rensing av avløpsvann fra settefiskanlegget gjennomføres.

4 emneord, norske

1. Røyklibotn
2. Settefiskanlegg
3. Resipient
4. Fjordforbedring

4 emneord, engelske

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

Prosjektleder

For administrasjonen

ISBN82-577-2323-1

O-93050

**Resipientundersøkelse i Røyklibotn**

**og**

**forslag til gjennomføring av miljøtiltak**

**ved**

**Neptun Settefisk A/S**

Bergen 9. juni 1993

Prosjektleder: Torbjørn M. Johnsen

Medarbeidere: Halvor Hektoen

Elisabeth Sandven

Inger Midtun

## FORORD

Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Vestlandsavdelingen, fikk tidlig på året i 1993 i oppdrag fra Neptun Settefisk A/S å gjennomføre en begrenset resipientundersøkelse i Røyklibotn i Nord-Trøndelag. Den foreliggende rapporten er i sin helhet finansiert av settefiskanlegget hvor Per H. Devik har vært kontaktperson.

Under feltarbeidet deltok Elisabeth Sandven og Torbjørn M. Johnsen fra NIVA med assistanse fra personalet på settefiskanlegget. Oppdrettskonsulent Per Andersen har vært behjelpelig med å gjennomføre strømmålinger etter at isen i Røyklibotn var borte. I forbindelse med rapportskrivningen har Halvor Hektoen, Lars G. Golmen, Jarle Molvær og Bjørn Braaten hos NIVA bidratt med faglige vurderinger/kommentarer. I forbindelse med rapporteringen har Inger Midtun ved NIVAs Vestlandsavdeling vært behjelpelig med figurtegning og redigering.

NIVA-Vestlandsavdelingen, 9. juni 1993

Torbjørn M. Johnsen  
Prosjektleder

## SAMMENDRAG

Prøvetakning av sediment og vannmasser ble gjennomført i Kjelheimbassenget og i indre Røyklibotn i begynnelsen av mars 1993. Prøvene ble tatt med henholdsvis sedimentprøvetaker og vannhenter. Hydrografiske målinger ble gjennomført på begge stasjoner ved bruk av STD-sonde. En korttidsmåling av strøm ble gjennomført samtidig. Strømmålingen ble senere supplert med en 12 dagers måleperiode.

Analysene av sediment og næringssaltinnhold i vannsmassene viste ingen forhøyede verdier som gir grunnlag for å vurdere resipienten som sterkt belastet. Målingene fra dypvannet i Indre Røyklibotn viser høye orthofosfatverdier, men dette synes å ha sammenheng med at dypvannutskiftning skjer relativt sjelden. Nedbrytningsprosessene i sedimentet forbruker imidlertid så mye oksygen at det i lengre perioder kan forekomme oksygensvikt i dypvannet.

Beregninger viser at utslippet fra Neptun Settefiskanlegg A/S bringer partikler m.m relativt raskt opp til overflaten og vil vanligvis fraktes sammen med det brakke overflatevannet ut av Kjelheimbassenget. Under gitt forhold kan imidlertid avløpsvann med partikler fraktes inn i Indre Røyklibotn. Nitrogen- og fosforbelastningen fra settefiskanlegget må likevel betraktes som små sammenlignet med den naturlige belastningen.

Røyklibotn er imidlertid en resipient som naturlig har liten kapasitet. For å forbedre forholdene i bunnbassenget i Indre Røyklibotn anbefales det at fjordforbedringstiltak settes i verk ved at ferskvann føres ned i bunnen av bassenget. Ved riktig dimensjonering og planlegging av ferskvannsutslippet vil resultatet bli hyppigere utskiftning av dypvannet og dermed forhindre at det oppstår oksygensvikt i dypvannet.

For å begrense utslippet fra Neptun Settefiskanlegg A/S, er filtrering av avløpsvannet den best gjennomførbare metoden. Gjennomføring av det foreslåtte fjordforbedringstiltaket vil sannsynligvis ha en adskillig større miljømessig positiv effekt enn rensing av avløpsvann fra settefiskanlegget.

## 1. INNLEDNING

I 1985 ble det gitt konsesjon til produksjon av 200 000 settefisk ved Kjelheimen med utslipp av avløpsvann til Røyklibotn (fig. 1 & 2). I de 8-9 årene som er gått siden dette, har denne konsesjonen vært benyttet.

For å få en beskrivelse av miljøsituasjonen før resipienten mottok avløpsvann fra settefisk-anlegget, ble det mot slutten av 1985 gjennomført en resipientundersøkelse i Røyklibotnens ytre basseng, Kjelheimbassenget (Holte et al. 1986). Denne undersøkelsen ble fulgt opp med hydrografiske målinger høsten 1986 (Holte 1986). Året etter ble det gjort både hydrografiske målinger og bunndyrsundersøkelse som omfattet hele Røyklibotn, dvs. både Kjelheimbassenget og dypområdet i indre Røyklibotn (Stokland & Berge 1988). I sistnevnte undersøkelse ble den relikte sjøtannarten *Siphonodentalium lobatum* funnet i det indre dypbassenget, og dette flyttet artens sørgrense fra Sørsalten (Haugen et al. 1987) til Røyklibotn.

I de senere årene har det etter initiativ fra miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, vært gjennomført oksygenmålinger i Røyklibotn. Målingene viser at det i store deler av sommerhalvåret er sterkt reduserte oksygenverdier i dypvannet. Miljøvernavdelingen setter dette i sammenheng med utslippene fra settefiskanlegget og krever derfor at det settes i verk tiltak som kan forbedre dypvannets vannkvalitet.

NIVA er blitt engasjert av Neptun Settefisk A/S for å:

- \* gi en tilstandsbeskrivelse av området med hensyn på vannkvalitet og sedimentforhold
- \* utarbeide forslag som forhindrer belastning på resipienten og forbedrer miljøforholdene i dypvannet i indre del av Røyklibotn

## 2. MATERIALE OG METODER

### 2.1 Områdebeskrivelse

Røyklibotn er et innelukket fjordområdet ca. 15 km nord for Namsos (fig.1). Området er forbundet med Blikengfjorden gjennom Jægtvikstrømmen med en terskel på ca. 10 meter. Også Blikengfjorden er et innelukket fjordområde som står i forbindelse med mer åpne fjordområder gjennom lange kanaler med relativt grunne terskler.

Selve Røyklibotn er delt i to basseng som i rapporten er kalt Kjelheimbassenget og indre Røyklibotn (fig. 2). Kjelheimbassenget har en maksimal dybde på 40 meter, mens den maksimale dybden i det indre bassenget i Røyklibotn er i overkant av 50 meter. Mellom disse bassengene er det i følge sjøkartet en terskel på ca. 15-20 meter som går fra Storbrannøy og i nordøstlig retning. I sørvestlig retning innenfor det indre bassenget i Røyklibotn ligger Vestgøten med største dyp på ca. 40 meter og med hovedforbindelse indre Røyklibotn gjennom en kanal med terskeldybde på 15 meter i følge sjøkartet.

Hele fjordområdet innenfor Jægtvikstrømmen er normalt islagt om vinteren.

### 2.2 Feltarbeid

5. mars 1993 ble det utført feltarbeid. På dette tidspunktet var det ca. 20-30 cm tykk is innenfor Storskjæret, mens det lenger ut var utrygge isforhold. Dette førte til at en planlagt stasjon i den ytre del av Kjelheimbassenget måtte droppes. Prøvetakning ble derfor kun gjennomført i den indre del av Kjelheimbassenget (st. R1) og på det dypeste i den indre del av Røykliosen (st. R2).

For å komme gjennom isen på de to stasjonene ble det benyttet isbor. På hver stasjon ble det målt saltholdighet og temperatur fra overflaten og ned til bunnen ved bruk av selvregistrerende sonde av type Sensordata SD200 som logger måledata internt med faste tidsmellomrom (hvert 5. sekund i vårt tilfelle) etter hvert som sonden senkes ned. Dessuten ble det tatt vannprøver ved hjelp av vannhenter på 2 og 15 meter og 2 meter over bunnen for analyse av fosfat ( $\text{PO}_4$ ), totalt fosfor (Tot-P), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), totalt nitrogen (Tot-N), totalt organisk karbon (Tot-C) og oksygen ( $\text{O}_2$ ).

Ved bruk av sedimentprøvetaker med diameter 4,5 cm ble det på begge stasjonene tatt sedimentprøver for besiktigelse og analyser av totalt karbon og nitrogen i sedimentenes øvre 2 cm.

På stasjon R1 ble det dessuten satt ut Sensordata strømmålere på 2 og 7 meters dyp. Måleperioden var ca. 3 timer med registreringer hvert 8. minutt. Rotoren i strømmålerne har en startfriksjon på 2 cm/s slik at strømhastigheter under dette ikke blir registrert.

For å få en lengre strømmålingsserie etter at isen var borte i Røyklibotn, ble det på stasjon R1 gjennomført målinger i perioden 7. - 19. mai i år. Målingene ble gjort med Sensordata strømmåler på 7 meters dyp. Strømmåleren var festet til en overflatebøye som var forankret til bunnen.

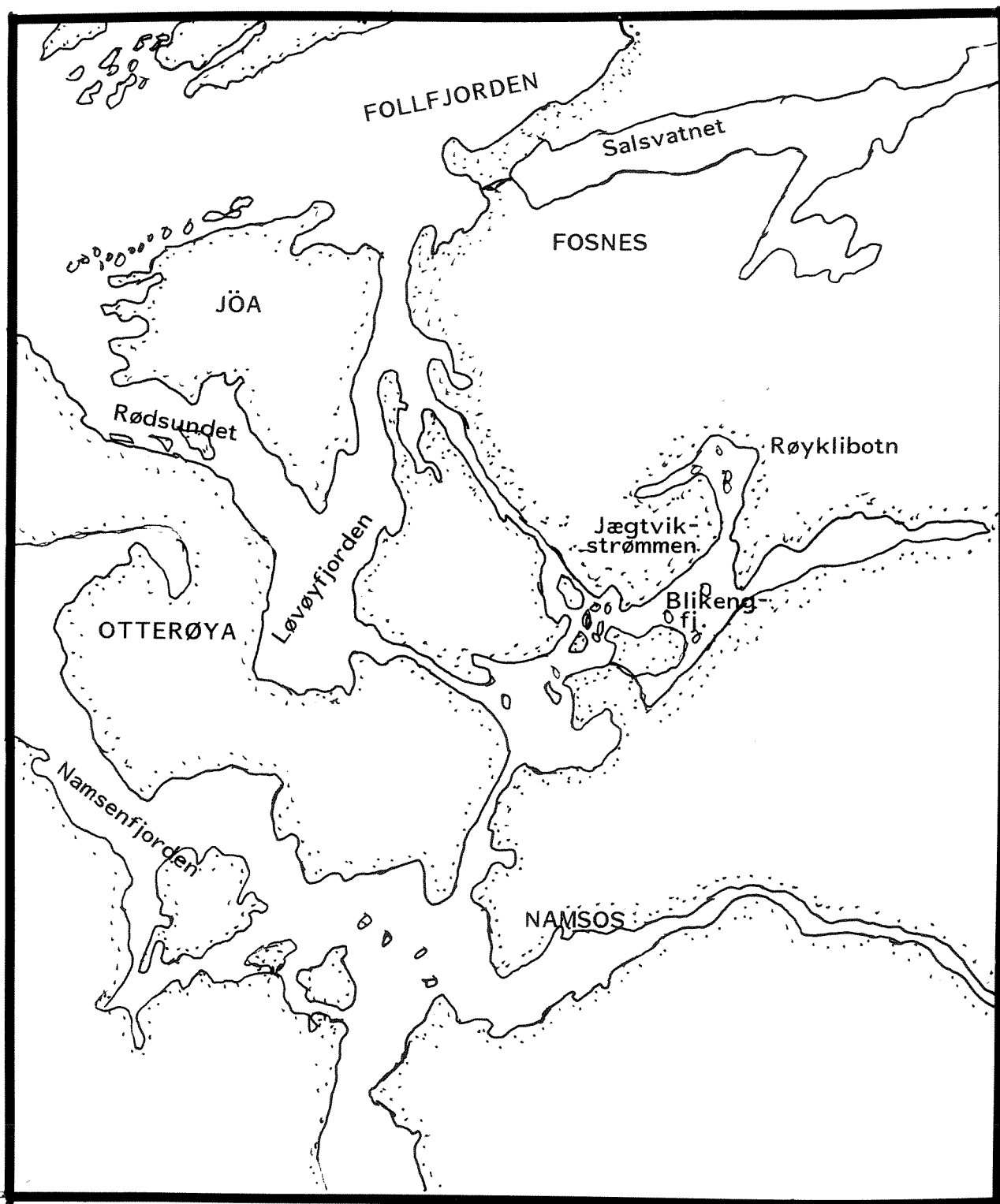


Fig. 1. Kart over området nord for Namsos.



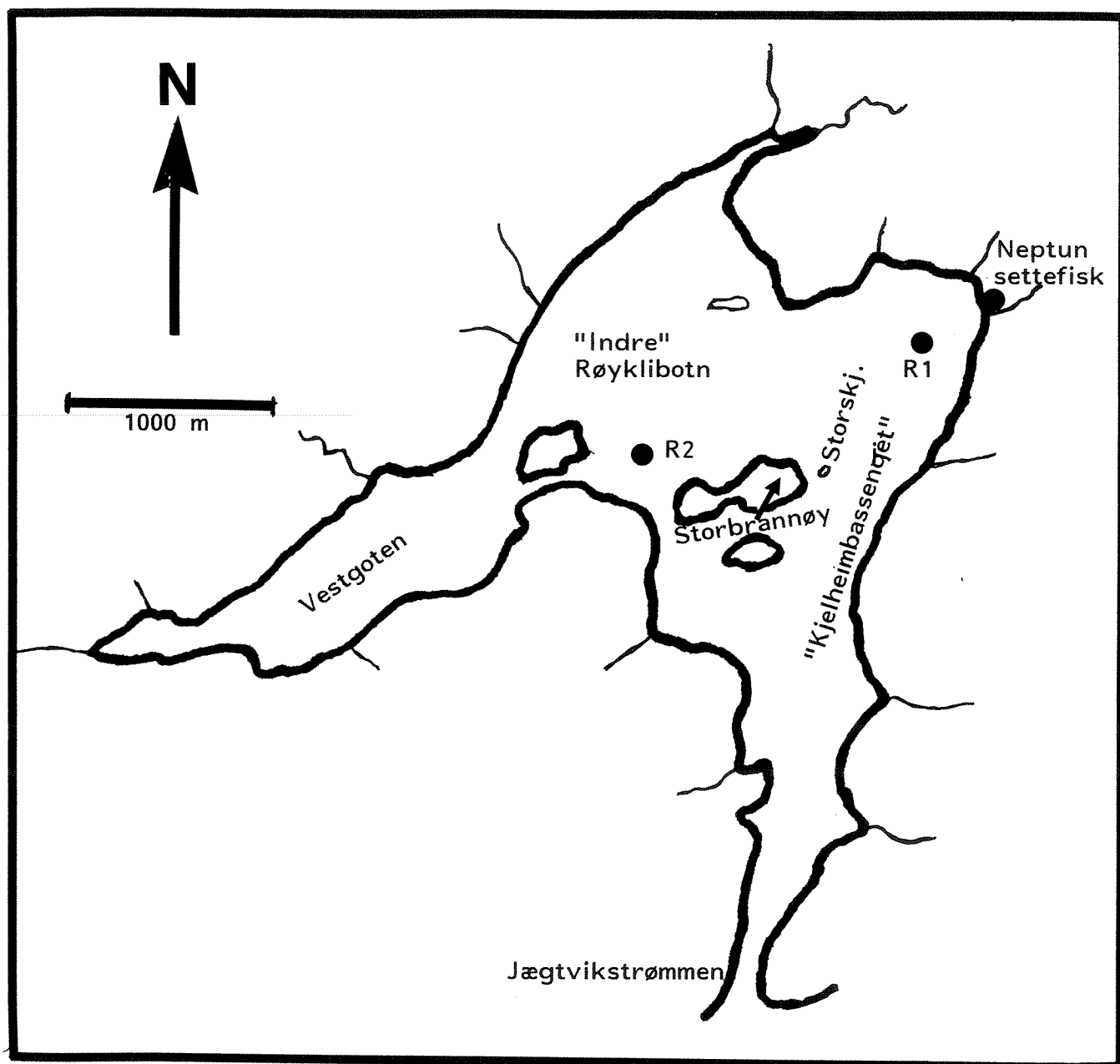


Fig. 2. Kart over Røyklibotn.

## 2.3 Analyser

Analysene av karbon og nitrogen i sedimentet og næringssalter og totalt karbon i vannmassene er utført ved NIVAs laboratorier i Oslo. Oksygenprøvene er analysert ved NIVAs Vestlandsavdeling etter Winkler metoden. Alle analyser er gjort i henhold til Norsk Standard.

## 3 RESULTATER OG DISKUSJON

### 3.1 Hydrografi

Resultatene fra målingene av saltholdighet og temperatur på de to undersøkte stasjonene i mars 1993 er framstilt i fig. 3. Figuren viser at like under isen i Kjelheimbassenget lå et tynt, kaldt brakkvannslag og under dette var det et ca. 10 meter tykt vannlag med temperatur rundt 4,0°C og med saltholdighet økende fra 28,7‰ på 3 meter til 29,3‰ på 10 meter. 4-5 meter over bunnen på st.R1 var det et litt salttere (29,8‰) og varmere (4,3°C) vannlag (tab. 1).

I indre del av Røyklibotn er bildet i de øvre 20 meterene omtrent det samme som i Kjelheimbassenget, men med gjennomgående ca.1‰ lavere saltholdighet. Fra ca.20-30 meter ligger en tydelig avgrenset vannmasse med maksimumstemperatur på 6,5°C og saltholdighet på 30,8-30,9‰. Ned mot bunnen ligger et ca. 10 meter tykt tyngre vannlag med maksimal saltholdighet på 31,8‰ og temperatur 4,1°C.

Resultatene viser at fra 0-20 meter synes det å være god indre sirkulasjon i Røyklibotn. Det tunge og kalde vannet ved bunnen i indre del av Røyklibotn kan stamme fra en vinterutskiftning som har trykt lettere og varmere vann opp fra bunnen. En annen mulighet er at den varme vannkjernen fra 20-30 meter er rester av vann som stammer fra sommeren 1992. Den tydelige sjiktningen i det indre bassenget viser at de deler av vannmassene som ligger under terskeldypet mot Kjelheimbassenget, må betraktes som stagnante og som skiftes ut kun under spesielle situasjoner om vinteren.

### 3.2 Oksygen

De fleste dyreorganismer krever relativt høyt oksygeninnhold i vannmassene for at de skal trives. Når oksygenmetningen ligger konstant rundt 100%, er det god balanse mellom tilførsel og forbruk av oksygen. Hvis oksygeninnholdet i vannet er lavt, tyder det på et høyt forbruk av oksygen til respirasjon eller nedbrytning av organisk materiale, og/eller at det er dårlig utskiftning av bunnvannet.

Verdiene for oksygen i vannsøylen 5. mars på de to målestasjonene er vist i tabell 2. I Kjelheimbassenget, som er 40 meter dypt, var oksygeninnholdet i de øvre 18 meterene tilfredsstillende med verdier mellom 9,7 og 9,8 mg O<sub>2</sub>/liter og en O<sub>2</sub>-metning rundt 91-92%. Dette var som forventet, da dette bassenget har god forbindelse med Blikengfjorden. En tidevannsforskjell på ca. 1,5 meter tidlig i mars medfører at store vannmasser presses gjennom Jægtvikstrømmen som fører til en homogenisering av vannmassene over terskeldypet. Den betydelige energien som tidevannsstrømmingen gir, resulterer i en god vertikal diffusjon som medfører at bunnvannet i Kjelheimbassenget skiftes ut relativt raskt. Dårlige

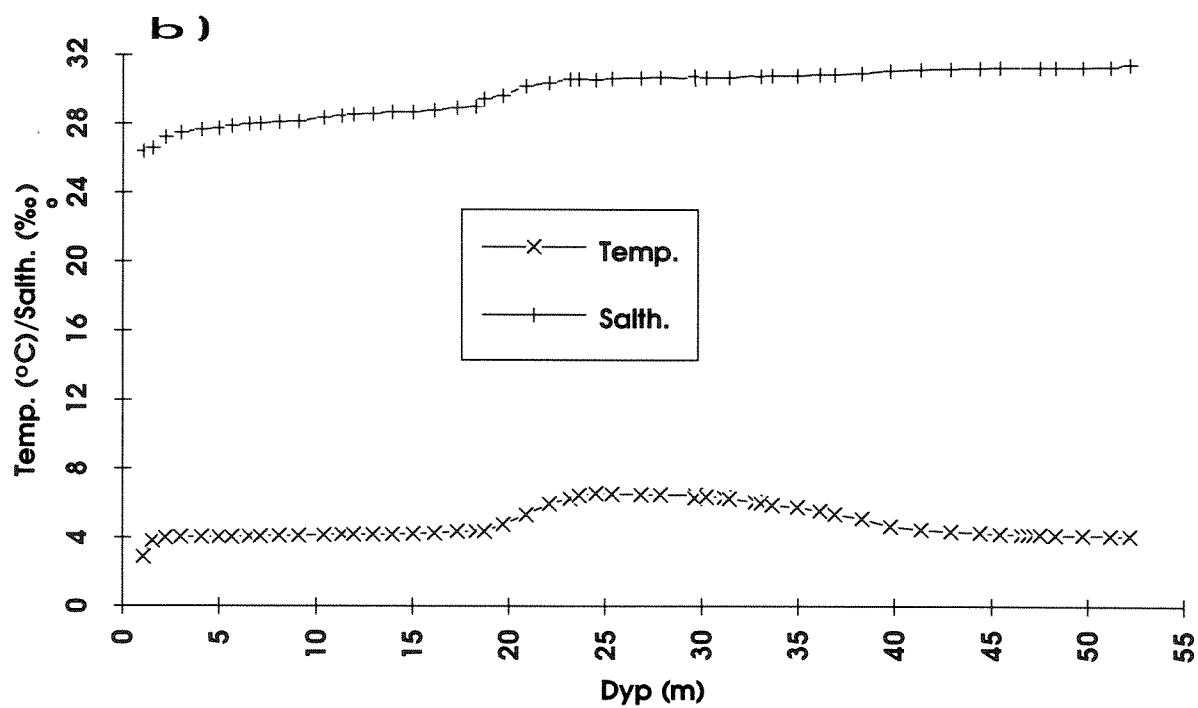
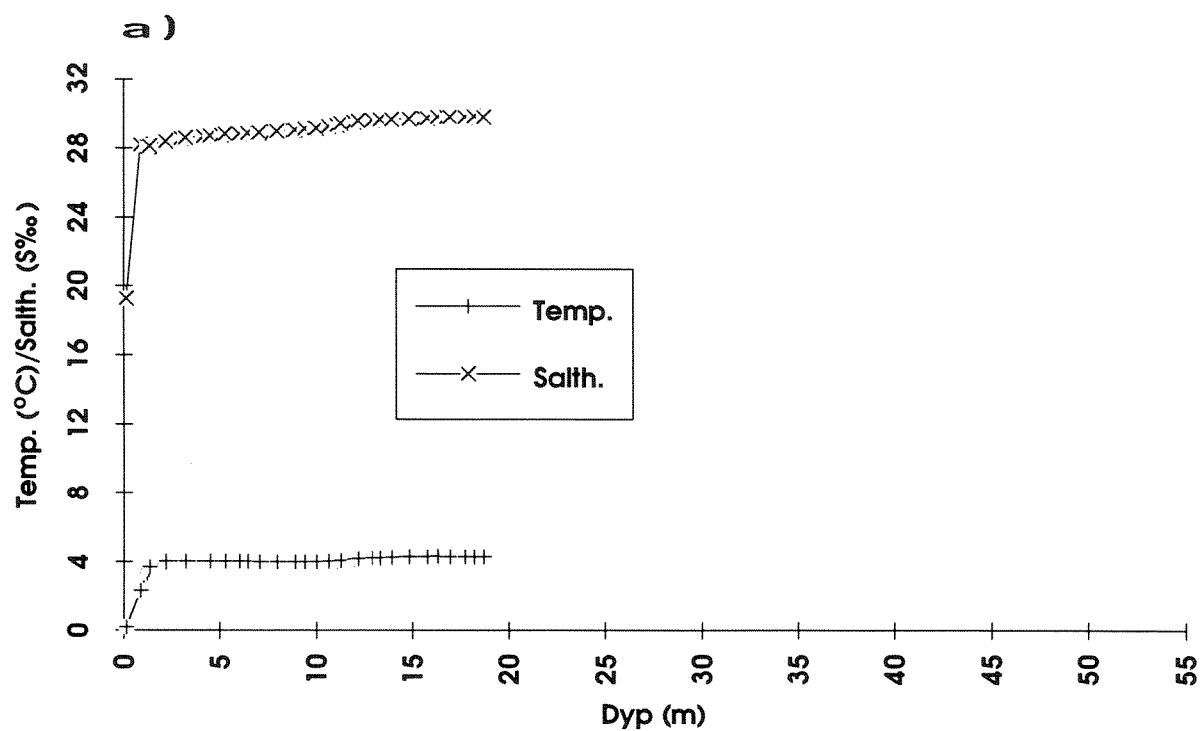


Fig. 3. Saltholdighets- og temperaturprofiler på stasjon a) R1 og b) R2.

oksygenforhold ved bunnen i dette bassenget skulle derfor ikke kunne påregnes over lengre perioder.

I indre del av Røyklibotn var oksygenforholdene i den øvre delen av vannsøylen like gode som i Kjelheimbassenget. I dypvannet (50 m) var imidlertid oksygenmengden redusert (3,3 mg O<sub>2</sub>/l) slik at oksygenmetningen bare var ca. 32%. Oksygenmålinger gjort 7. mai 1993 ved bruk av oksygenelektrode (YSI) viste svært lave oksygenverdier fra 40 meter og ned til bunnen i Indre Røyklibotn. Ut fra målingene kan en slutte at i perioden mars-mai har det ikke vært utskiftning av bunnvannet.

Målinger foretatt i 1991-1992 av miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag er forelagt oss, og de viser at bunnvannet i Røyklibotn hadde svært lavt oksygeninnhold hele sommerhalvåret i 1992 (tab. 7).

Dette viser at det er et betydelig oksygenforbruk i Indre Røyklibotn og/eller at bunnvannet sjelden blir utskiftet. Det kan i denne forbindelse være riktig å peke på at det ikke alltid er sikkert at bunnvannet i indre Røyklibotn skiftes ut med friskt oksygenrikt vann. På grunn av at områdene utenfor Røyklibotn også er terskelfjorder sannsynligvis med stagnerende bunnvann, kan vannutskiftning lengre ut føre til at oksygenfattig istedenfor oksygenrikt vann bli presset inn i det indre fjordområdet. Resultatet vil i så fall være at oksygensvikt oppstår relativt raskt i bunnvannet i indre Røyklibotn.

### 3.3 Næringssalter i vannmassene

For den øvre delen av vannmassene viser alle målingene av næringssalter fra mars verdier som må karakteriseres som normale for en vintersituasjon. Nitrat, totalt nitrogen, orthofosfat og totalt fosfor viser alle verdier som viser vannmasser av tilstandsklasse I (god) i følge SFTs tilstandskriterier gjeldende overgjødning. Prøvene fra 2 og 15 meter viste ingen forskjell i næringssaltkonsentrasjonene (tab. 3). Det viser at en iallfall på prøvestedene ikke ser noen forhøyede næringssaltverdier fra utslippene ved settefiskanlegget.

Resultatene fra dypvannet (50 m) på stasjon R2 viser sterkt forhøyet orthofosfatverdi, noe forhøyet nitrogeninnhold og lavt oksygennivå. Dette viser igjen at vannet er "gammelt" og inneholder derfor mye orthofosfat frigitt fra sedimentet.

### 3.4 Sedimenter

Sedimentet fra stasjon R1 i Kjelheimbassenget hadde leiraktig konsistens med lys grå farge uten lukt av H<sub>2</sub>S. Til sammenligning var sedimentet fra Indre Røyklibotn nesten svart og det luktet H<sub>2</sub>S av det.

Innholdet av totalt nitrogen og organisk karbon i de 2 øvre centimeterene av sedimentet er satt opp i tabell 4. Til klassifisering av organisk innhold benyttes ofte følgende oppsett (Wikander 1986):

Organisk innhold	TOC (mg/l)	Tot-N (mg/l)
Lavt	<30	<1
Middels	30-60	1-3
Høyt	>60	>3

Ut fra denne tabellen må både det totale organiske karboninnholdet og den totale nitrogenmengden karakteriseres som lave på begge stasjonene. I følge SFTs kriterier for klassifisering av tilstand ligger målingene på begge stasjoner innenfor tilstandsklasse I og basert på disse parameterene er tilstanden god. De lav oksygenverdiene som registeres i dypvannet medfører imidlertid til lavere klassifisering.

Hvis en ser på forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N), ligger dette begge steder i overkant av 9. C/N-forholdet sier noe om opphavet til det organiske materialet. Et C/N-forhold på ca. 7 betyr at opphavet er marine planter eller dyr. Ligger derimot forholdet i området 10-20, betyr det at materialet er helt eller delvis produsert på land og kan stamme fra f. eks. lauv, avrenning fra jordbruk eller kloakk. Når C/N-forholdet ligger i overkant av 9, tyder dette på at det organiske materialet er sammensatt av både tilførsler fra land og organismer produsert i det marine miljø.

### 3.5 Strømmålinger

Strømmålingene som ble foretatt 5. mars på stasjon R1, viste 0 strømhastighet både på 2 og 7 m. Det vil si at strømmen var mindre enn 2 cm/sek som er den hastighet som kreves for at rotoren skal drives rundt. På 2 meters dyp varierte strømmen mellom sør og vest (180-270 grader), dvs. utover mot Jægtvikstrømmen. Dette stemmer godt overens med at det var fjærende sjø i det tidsintervallet strømmålerne var utplassert. Strømretningen på 7 meter var mot nordvest (270-345 grader).

I den 12 dager lange måleperioden 7.-19 mai viste strømmålingene på 7 meters dyp pulser med strøm på maksimalt 7,6 cm/sek (fig. 4), men med en gjennomsnittlig målt strøm på 0,4 cm/sek (tab. 5). I lange perioder var imidlertid strømmen for var svak til å bli registrert (rotorens startfriksjon 2 cm/sek). Selv om strømhastigheten i lange perioder var svak, ble strømretningen registrert. Resultatet viser at strømmen på 7 meters dyp hovedsaklig går i nordøstlig retning (45 grader) (fig. 5), dvs. mot utslippet fra settefiskanlegget

Ved beregning av nettostrøm viser målingene fra mai en ensrettet strøm mot nordøst (fig. 6). Dette kan tyde på at det høyere opp i vannsøylen er en utoverrettet strøm sannsynligvis drevet av utslippet fra oppdrettsanlegget og at det strømmen på 7 meters dyp er en kompensasjonsstrøm. Hvis dette bildet er riktig, betyr det at vanntransporten nær overflaten er utoverrettet, og det medfører at mesteparten av det organiske materialet og oppløste næringsalter fra settefiskanlegget føres ut mot Jægtvikstrømmen.

Fra 7. mai til 19. mai steg temperaturen på måledypet fra 6,3 til 7,7°C (fig. 7).

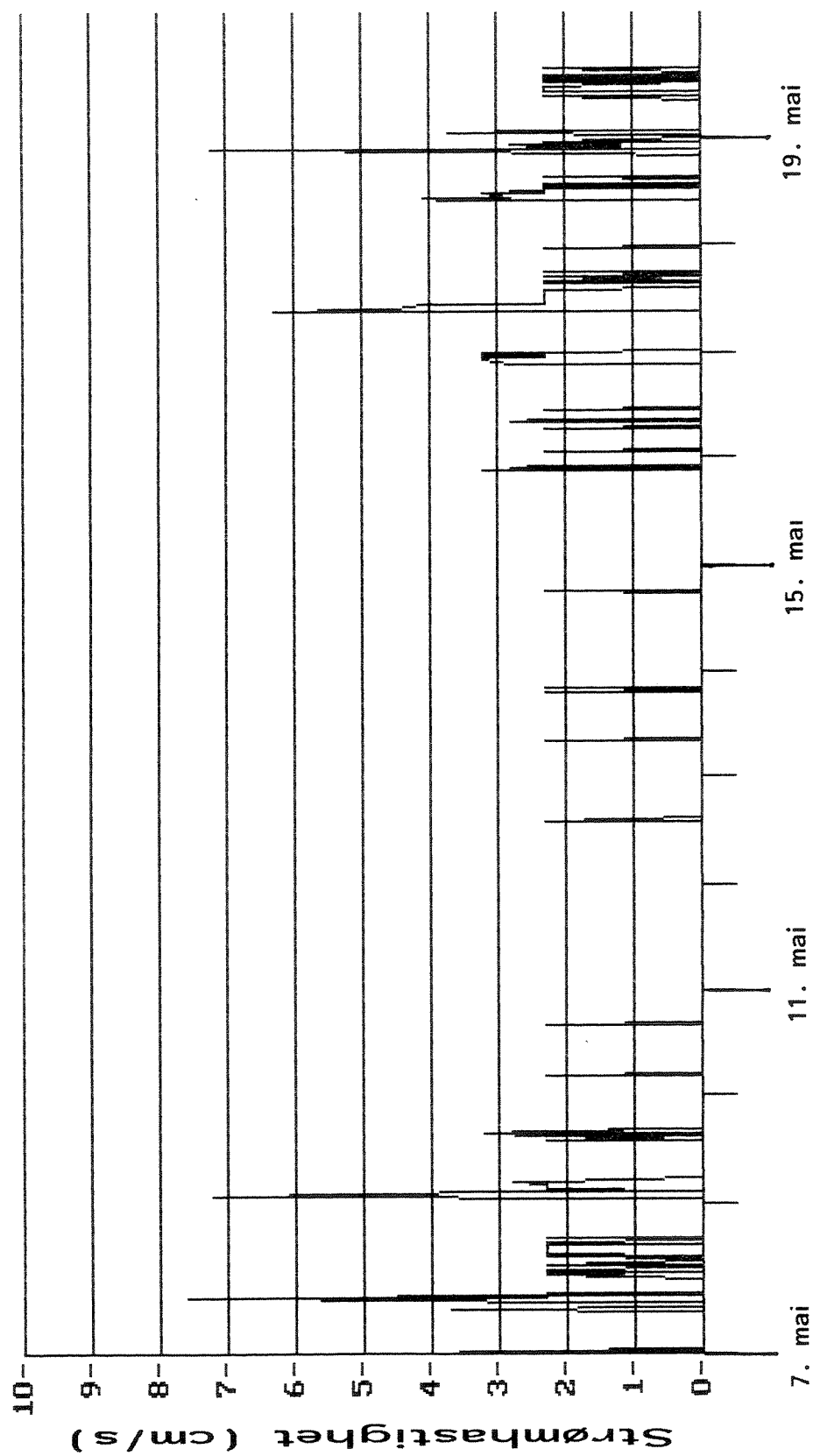
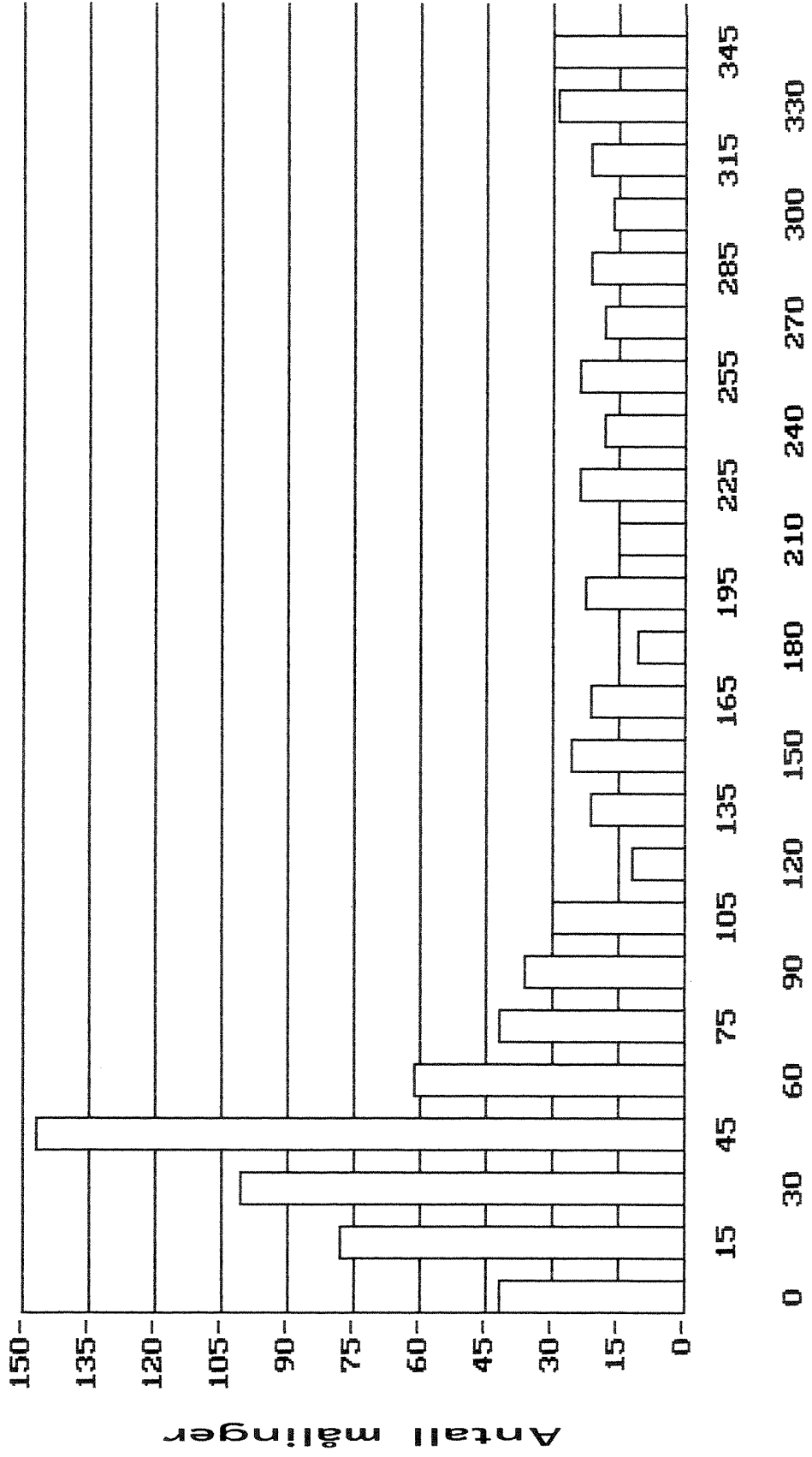


Fig. 4. Strømhastigheter på 7 m dyp på stasjon R1 for måleperioden 7.-19. mai 1993.



**Strømretning**

Fig. 5. Strømretning på 7 m dyp på stasjon R1 for måleperioden 7.-19. mai 1993.

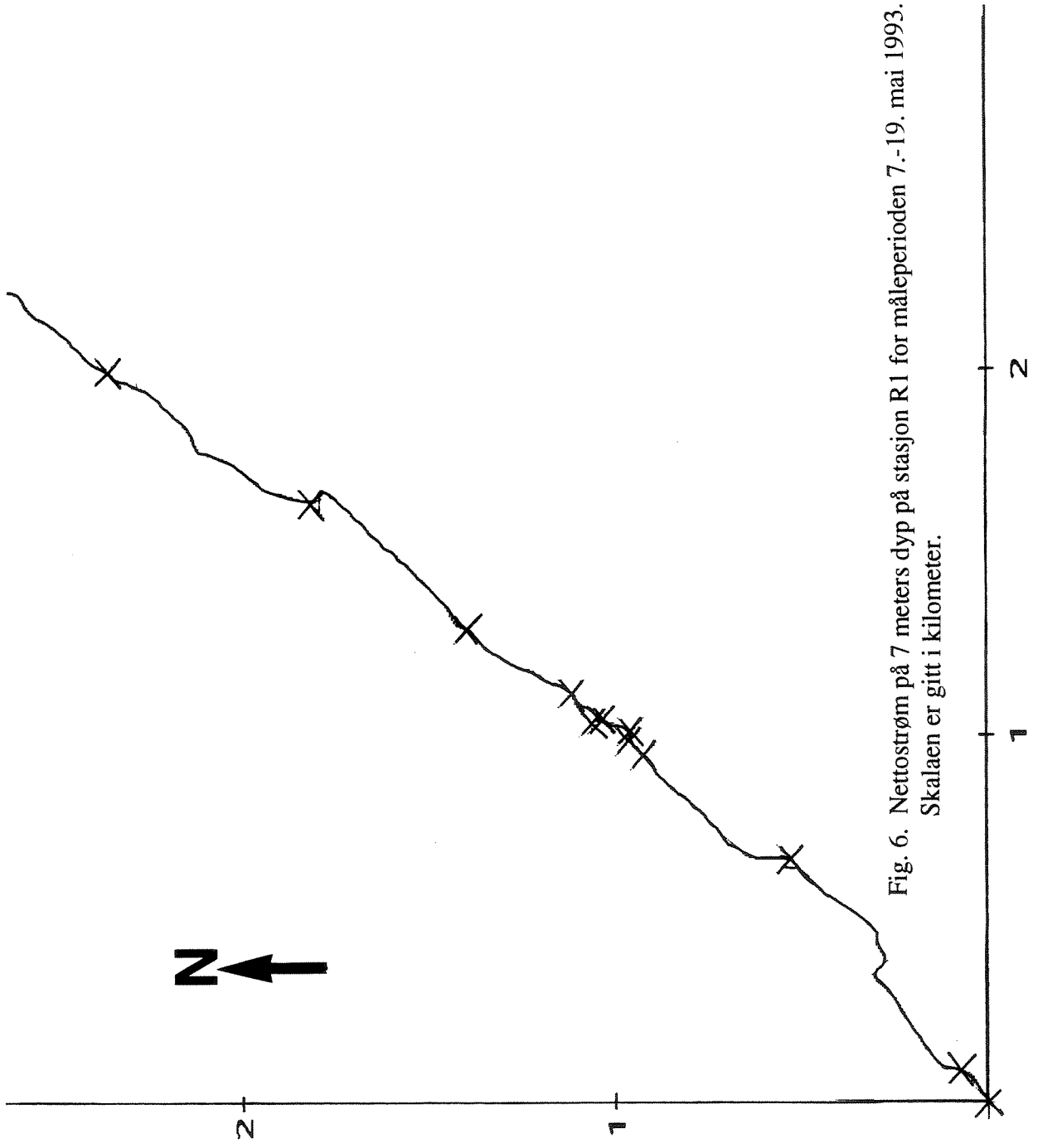


Fig. 6. Nettostrøm på 7 meters dyp på stasjon R1 for måleperioden 7.-19. mai 1993.  
Skalaen er gitt i kilometer.



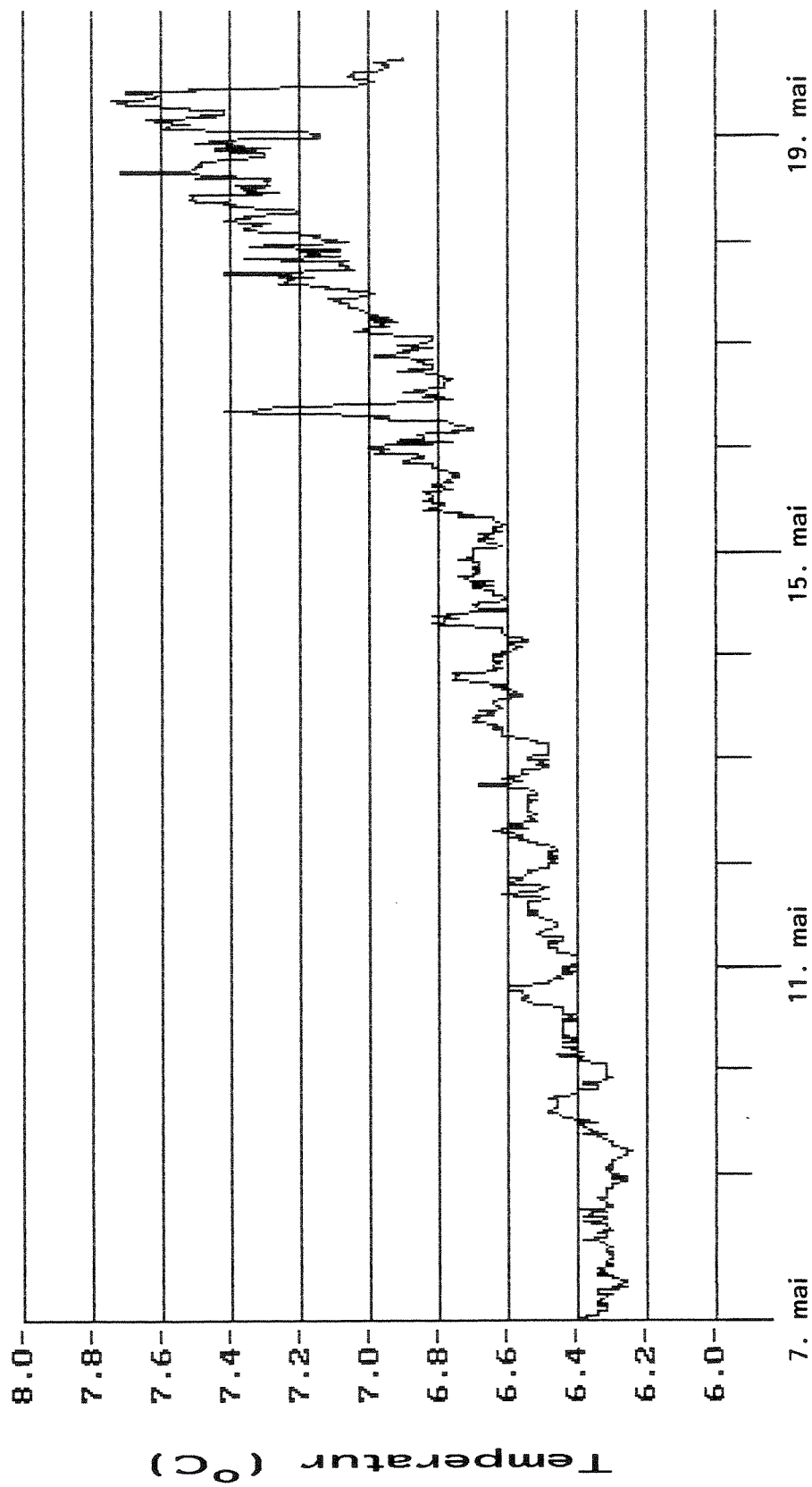


Fig. 7. Temperaturutviklingen på 7 m dyp på stasjon R1 for måleperioden 7.-19. mai 1993.

### 3.6 Modellberegninger

For å beregne vannets oppholdstid, oksygenforbruk i dypvannet og effekten av utslippene fra settefisk anlegget, er det gjort modellberegninger ved bruk av to modeller - Fjordmiljø (Aure og Stigebrandt 1989) og Jetmix (Bjerkeng & Lesjø 1973).

Fjordmiljømodellen ble først benyttet hvor hele vannvolumet innenfor terskelen ble betraktet som resipient med en naturlig belastning fra land på 1 tonn fosfor pr. år og 13 tonn nitrogen pr. år og med et oksygeninnhold på 7,4 ml/l i "nytt" bassengvann. De viktigste resultatene er satt opp i tabell 6. Ut fra modellens beregninger vil vannet over terskeldypet i dette tilfellet ha en oppholdstid på 3,7 døgn. Oksygenforbruket pr. måned ble beregnet til 0,69 ml/l. For dypvannets angir modellen at oksygen ikke skulle komme under 6,0 ml/l. Dette skyldes at modellen ikke tar hensyn til at det er en terskel mellom Kjelheimbassenget og Indre Røyklibotn.

Ved neste modellberegning ble derfor data for Indre Røyklibotn benyttet, mens belastningen og oksygeninnholdet i "nytt" bassengvann ble holdt på samme nivå som ved første test. Vannet over terskelnivået ble beregnet til å ha en oppholdstid på 3,0 døgn i dette bassenget, mens oksygenforbruket pr. måned ble beregnet til 0,51 ml/l. Dette stemmer bra overens med målinger foretatt av miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag som gir et oksygenforbruk på 0,58 ml/l (beregnet over en 8 måneders periode). I følge modellen er det beregnede oksygenforbruket tilstrekkelig til at oksygenminimumet vil gå ned til 0 ml/l. Det vil si at den naturlige belastningen på Røyklibotn som er benyttet under beregningen (se ovenfor), medfører oksygensvikt i bunnvannet. Hvis oksygenfattig vann presses inn i indre Røyklibotn, blir resipientens kapasitet ytterligere svekket.

Resultatene fra testene av fjordmiljømodellen må imidlertid brukes med varsomhet da blant annet de benyttede tallene for fosfor- og nitrogenbelastning er meget usikre. Dessuten vil det være en diffusjon av oksygenet ned i terskelbassenget slik at oksygenreduksjonen vil være noe lavere enn det modellen beregner. I tillegg er det usikkerhet i forbindelse med de data som er benyttet for terskelen mellom Kjelheimbassenget og Indre Røyklibotn da det ikke eksisterer nøyaktig opplodding av terskelområdet.

Jetmix-modellen er benyttet for å finne innlagingsdyp for utslippene fra settefiskanlegget. Beregningene viser at utslippene av avløpsvann vil stige fra 10 meter og rett opp til overflaten. Avløpsvannet vil være fortynt 17-18 ganger når det kommer til overflaten.

### 3.7 Belastning fra oppdrettsanlegget

Utslipet fra anlegget vil være fra fôrspill, avføring og ekskresjon fra fisken. Selve fôret inneholder ca. 48% protein, 22% fett, 22% karbohydrater og 8% aske. KOF-innholdet (kjemisk oksygen forbruk) kan regnes å være 1200 g O/kg fôr. Total nitrogen utgjør ca. 6%, mens det totale fosforinnholdet er ca. 1%.

Ved produksjon av 1 kg smolt vil det via avføring og ekskresjon utskilles ca. 38 g protein, 26 g fett, 88 g karbohydrater, 33 g totalt nitrogen og 6 g totalt fosfor. Med en fôrfaktor på 1 vil fôrspillet være 96 g protein, 44 g fett, 44 g karbohydrater, 15 g totalt nitrogen og 3 g totalt fosfor. Den totale belastningen ved produksjon av 1 kg smolt og en fôrfaktor på 1 vil da være:

Protein	134 g
Fett	70 g
Karbohydrater	132 g
Totalt nitrogen	48 g
Totalt fosfor	9 g

En høyere fôrfaktor vil øke utslippet kraftig. Fisken vil ikke lagre byggestoffer på samme måte slik at mengde avføring og ekskresjon vil øke og spesielt vil fôrspillet øke. Ved en fôrfaktor på 1,8 vil for eksempel totalutslippene være:

Protein	518 g
Fett	246 g
Karbohydrater	308 g
Totalt nitrogen	110 g
Totalt fosfor	19 g

Dette viser at en meget effektiv måte å redusere utslippene på, er å redusere fôrfaktoren. Hos Neptun Settefisk A/S er fôrfaktoren angitt til 1. Med en så lav fôrfaktor er det ikke store gevinster å hente selv om fôrfaktoren reduseres med 1-2 tiendedeler.

Ved en årsproduksjon på 200.000 smolt á 50 g vil produksjonen i settefiskanlegget være 10 tonn smolt. Ved en fôrfaktor på 1 tilsvarer dette et utslipp på ca. 480 kg nitrogen og 90 kg fosfor. Av nitrogenet vil ca. 70% skilles ut over gjellene, dvs. som oppløst nitrogen, mens fosforet i hovedsak vil være partikkelbundet (60-80%). Det vil si at hvis alt partikulært materiale fra avløpsvannet sedimenterer i Indre Røyklibotn, vil området bli tilført ca. 140 kg nitrogen og mellom 55 og 70 kg fosfor pr. år. Dette er urealistisk og belastningen fra settefiskanlegget må derfor ansees å være adskillig mindre enn dette i Indre Røyklibotn. Sammenlignet med den belastningen som er forbundet med avrenning fra land er tilførslene av nitrogen og fosfor små.

#### 4. KONKLUSJON

Målingene av næringssalter i vannsøylen og karbon og nitrogen i sedimentet viser ingen forhøyede verdier som forteller at resipienten er sterkt belastet. De hydrografiske målingene fra Indre Røyklibotn viser imidlertid at dypvannet i dette bassenget utskiftes relativt sjeldent, og den naturlige belastningen på resipienten er så høy at oksygenet i dypvannet forbrukes relativt raskt.

Beregningene viser at utslippet fra settefiskanlegget bringes raskt opp til overflaten og ut fra strømmålingene ansees det som sannsynlig at avløpsvannet med oppløste næringsstoffer i hovedsak fraktes fra utslippsstedet og ut mot Jægtvikstrømmen. Under ugunstige værforhold, fløende sjø og liten ferskvannsavrenning fra land kan avløpsvannet med partikler føres inn i Indre Røyklibotn, og enhver ekstra belastning av denne resipienten er uheldig da den fra naturens side tåler liten ekstrabelastning.

Det bør presiseres at belastningen via partikler med opprinnelse fra avløpsvannet er relativt liten sammenlignet med den naturlige tilførsel av nitrogen og fosfor. Næringssaltutslippene fra settefiskanlegget er imidlertid biotilgjengelige og bidrar dermed til øket algeproduksjon i området. Hvor stor økning i primærproduksjonen dette forårsaker i Røyklibotn og hvor stor andel av denne produksjonen som belaster dypvannet i Indre Røyklibotn, har vi ikke datagrunnlag for å anslå.

Ut fra det foranstående kan det konkluderes med at belastningen fra Neptun Settefisk A/S ikke kan betraktes som stor, men at den kan være tilstrekkelige til å gi økt belastning på en resipient som naturlig har liten kapasitet.

## 5. FORSLAG TIL MILJØFORBEDRENDE TILTAK

### 5.1 Fjordforbedringstiltak i Indre Røyklibotn

Fra naturens side er Indre Røyklibotn en resipient med relativt liten kapasitet. Målinger de siste årene har vist at det er oksygensvikt i bunnvannet gjennom store deler av sommerhalvåret.

For å bedre på disse forholdene foreslås det at det føres ferskvann ned i bunnen av Indre Røyklibotn. Vannet føres ned til bunnen gjennom rør med diffusor i enden for å gi så stor effekt som mulig av ferskvannstilførslene. På denne måten tilfører en bunnvannet oksygenrikt vann og samtidig senkes bunnvannets tetthet. Resultatet vil være øket hyppighet i bunnvannsutskiftningen, og dermed vil forholdene i Indre Røyklibotn kunne forbedres betydelig. Ved tilstrekkelig tilførsel av ferskvann kan bunnvannsutskiftningene komme så ofte at det kanskje ikke vil være nødvendig å kjøre systemet i mer enn deler av året.

Metoden er utprøvd og har vist seg effektiv i flere tilfeller, og inntaksnivået trenger ikke å ligge mer enn 3-4 meter over havoverflaten. Imidlertid er det nødvendig med beregninger for å få klarlagt nødvendig vannvolum for å gi tilstrekkelig effektivitet, nødvendig rørdiameter for å redusere motstanden i røret tilstrekkelig og nødvendig trykkehøyde på ferskvannet. Beregningene er relativt enkle å utføre og NIVA har den nødvendige ekspertise på området.

### 5.2 Rensetiltak ved settefiskanlegget

Den viktigste måten å begrense utslippet fra et settefiskanlegg på er å redusere fôrfaktoren i anlegget. Ved Neptun Settefisk A.S oppgis imidlertid fôrfaktoren å være 1 og dermed er det liten miljøforbedrende gevinst å hente her.

Det eneste realistiske alternativ vil da være å filtrere avløpsvannet. På markedet finnes systemer som filtrerer avløpsvannet og hvor filtreringssystemet er selvrensende (UNIK, Biotech). Filtrene renses ved automatisk spyling, og spylevannet føres til sedimenteringskar som tømmes etter behov.

Filtreringseffektiviteten er for det første avhengig av filterdukens kapasitet. Ved bruk av filterduk på 50 µm anslås renseeffekten å være mellom 60 og 90%. Renseeffektiviteten er også avhengig av hvor lenge fôrparkler blir liggende i karet før de kommer fram til filteret. Jo lenger partiklene blir liggende i vannet, dess større andel av dem løses opp i vannet og renseeffektiviteten reduseres dermed. Det bør derfor presiseres at ved maksimal partikkelfjerning kun er den partikkelbundne fraksjonen som renses.

For å redusere belastningen på resipienten i Røyklibotn anser vi installasjon av filtreringsanlegg som eneste løsning. Vi vil likevel anbefale at før en går til det skritt å investere i et partikkelfjerningsanlegg, bør det gjennomføres et pilotprosjekt for å beregne effekten av disse systemene under de forhold som er ved Neptun Settefisk A/S.

Det bør imidlertid presiseres at rensing av avløpsvannet fra settefiskanlegget vil gi liten miljømessig effekt sammenlignet med gjennomføring av et fjordforbedringstiltak.

## 6. SLUTTKOMMENTARER

### 6.1 Alternative fjordforbedringstiltak

Neddykket utslipp av ferskvann er bare ett av flere fjordforbedringstiltak som kan settes i verk. Nedenfor følger noen andre mulige tiltak som kan settes i verk for å stimulere blanding og/eller terskelutveksling i Røyklibotn (Golmen 1989).

- a) Pumping av brakkvann ned i dypbassenget. Effekten er den samme som ved ned neddykket ferskvannsutslipp, dvs. nedbrytning av tetthetsgradientene, senking av tettheten og økende hyppighet i dypvannsutskiftningene. Her kreves det elektriske installasjoner for bruk av pumpe for å få brakt brakkvannet ned i dypet og oppankring av flåte for plassering av pumpe.
- b) Oksygenering eller lufting av dypvann. Ved bobling blir vertikalblandingen stimulert, og medrivning av vann resulterer i nedbrytning av tetthetsgradientene. Resultatet blir også her hyppigere dypvannsutskiftninger. Metoden har vært forsøkt med hell i Norge, men den krever permanente installasjoner med betydelige driftsutgifter.
- c) Dypvann til overflaten eller mellomlagsvann til dypet. I dette tilfellet vil det være snakk om opp-pumping av dypvann for å luften vannet og blande det med overflatevann. Golmen & Cushman-Roisin (1992) har i denne sammenheng publisert et konstruksjonsprinsipp som vil kunne trekke ut gratis energi fra vannsøylen slik at pumpeutgiftene vil reduseres til et minimum. Prinsippet med å føre dypvann til overflaten endrer de hydrografiske forholdene slik at antall terskeloverskyllinger stimuleres.

### 6.2 Oppfølgende undersøkelser

Det hydrografiske datagrunnlaget for Røyklibotn og det tilstøtende fjordområdet, som synes å være et relativt sett komplisert hydrografisk system, er mangelfullt. På grunnlag av eksisterende data er det vanskelig å danne seg et klart bilde av hvordan og når vannutskiftningen i Indre Røyklibotn foregår. For å få et slikt bilde er det nødvendig at det gjennomføres et måleprogram med månedlige observasjoner av temperatur, saltholdighet og oksygen i vannsøylen. Målingene bør gjennomføres både i Kjelheimbassenget og i indre Røyklibotn. Det bør også foretas målinger i Blikengfjorden utenfor Jægtvikstrømmen (referansestasjon).

Hvis anbefalingene i denne rapporten følges med gjennomføring av fjordforbedringstiltak i indre Røyklibotn, bør det legges opp til et hydrografisk måleprogram slik at effektiviteten av tiltaket kan kontrolleres. På minst 2 stasjoner i indre Røyklibotn bør saltholdighet og temperatur registreres fra overflaten til bunnen med jevne mellomrom. Dessuten bør oksygeninnholdet i vannsøylen registreres.

NIVA kan være behjelpelig med utvelgelse av stasjoner og opplæring av lokale observatører hvis det er ønskelig.

## Referanser

- Aure, J., & A. Stigebrandt. 1989. Fiskeoppdrett og terskelfjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Havforskningsinstituttet, Bergen. Rapport Nr. FO 8803. 106 s + app. 10 s.
- Bjerkeng, B., & A. Lesjø. 1973. Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.
- Golmen, L. 1989. Auka vassutskifting i Skjoldafjorden. Om moglege fysiske tiltak, konsekvensar og kostnader. Vann, nr. 3 (1989):363-370.
- Golmen, L., & B. Cushman-Roisin. 1992. A self-sustained pump across temperature-salinity gradients in coastal waters. Ocean Engng., 19 (1):57-74.
- Haugen, I., B. Rygg & P.B. Wikander. 1987. Sørsalten - en arktisk fjord på 65° nord? Årsrapport fra Norske havforskerers forening 1987, s.21. Referat fra foredrag holdt på årsmøte 27. oktober 1987.
- Holte, B. 1986. Hydrografi og resipientundersøkelser i Røyklibotn, Namsos kommune, Nord-Trøndelag fylke. Rapport fra Akvaplan, Tromsø. 18 s.
- Holte, B., W. Skaufel, R. Nilsen & J. Køgler. 1986. Resipientundersøkelse i forbindelse med planlagt settefiskproduksjon i Røyklibotn, Namsos kommune, Nord-Trøndelag fylke. Rapport fra Akvaplan, Tromsø. 30 s.
- Stokland, Ø., & F.S. Berge. 1988. Resipientundersøkelse i Røyklibotnområdet - Namsos. Rapport fra Oceanor. Trondheim. 22 sider + vedlegg.
- Wikander, P.B. 1986. Egnethetsundersøkelse for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA-rapport nr.1898.

Tabell 1. Temperatur- og saltholdighetsmålinger gjennomført  
5.mars 1993 i Kjelheimbassenget (R1) og i indre Røyklibotn (R2).

Dyp (m)	Temp ( C) R1	Temp ( C) R2	Salth.(% ) R1	Salth. (% ) R2
2	3,91	3,95	28,340	27,034
4	4,04	4,05	28,677	27,676
6	4,03	4,06	28,826	27,937
8	4,00	4,09	28,972	28,119
10	4,00	4,12	29,077	28,313
12	4,14	4,17	29,558	28,554
14	4,25	4,18	29,689	28,703
16	4,31	4,26	29,798	28,824
18	4,31	4,35	29,842	29,017
20		4,92		29,818
25		6,54		30,653
30		6,42		30,721
35		5,80		30,888
40		4,64		31,171
45		4,25		31,330
50		4,13		31,368

Tabell 2. Resultater av oksygenprøver. Tettheten sigma-t er beregnet ved hjelp av saltholdigheten og temperaturen.

Stasjon	Dyp (m)	Sigma-t	Oksygen (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen- metn. (%)
R1	2	22,50	9,81	6,87	90,8
	15	23,58	9,74	6,82	91,9
	18	23,66	9,69	6,78	91,5
R2	2	21,46	9,83	6,88	90,3
	15	22,78	9,79	6,85	91,5
	50	24,89	3,34	2,34	31,7



Tabell 3. Nitrogen, fosfor og karbon i vannmassene.

Stasjon	Dyp (m)	NO <sub>3</sub> -N (ug/l)	Tot-N (ug/l)	PO <sub>4</sub> -P (ug/l)	Tot-P (ug/l)	Tot-C (mg/l)
R1	2	86	165	15	18	1,5
	15	90	195	15	18	1,6
	18	90	175	17	20	1,4
R2	2	82	175	16	19	1,7
	15	87	165	16	20	1,7
	50	108	210	120	125	1,7

Tabell 4. Nitrogen og karbon i de 2 øvre centimeterene av sedimentet.

Stasjon	Dyp (m)	T-gløder. (g/kg)	Tot-N (ug/g)	Tot-C (mg/g)	C/N
R1	20	950,2	1,4	12,9	9,2
R2	54	902	2,8	26,7	9,5

Tabell 5. Resultater fra strømmålinger gjennomført i Kjelheimbassenget (st. R1).

Målestart	Målestopp	Ant. målinger	Max. strømh. (cm/sek)	Gj. strømh. (cm/sek)
07.05.93	19.05.93	877	7,6	0,4

Tabell 6. Resultater fra modellberegninger.

Beregningsområde	Oppholdstid, vann over terskeldyp (døgn)	Oksygenforbruk (ml/l/måned)	Oksygenminimum (ml/l)
Hele Røyklibotn	3,7	0,69	6
Indre Røyklibotn	3,0	0,51	0

Tabell 7. Oksygenverdier angitt i ml/l for 1991-1992 fra Indre Røyklibotn.

(Kilde: Miljøvernadv. hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag.)

Dato	Dyp		
	5 m	30 m	45 m
28.06.91	10.7	7.7	1.3
01.11.91	4.5	4.2	4.8
12.02.92	9.9	8.6	0.6
25.06.92	9.4	5.8	0.2
29.07.92	8.8	5.8	0.1
18.09.92	8.7	5.4	0.3

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2323-1