

O-93140 O-93062

# Miljøundersøkelser på A/S MOWIs oppdrettsanlegg i Skorpeosen

Fase. Innledende undersøkelser



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Undernr:
O-93140
O-93062
Løpenr:
3120

<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) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Miljøundersøkelser på A/S MOWIs oppdrettsanlegg i Skorpeosen. Fase 1. Innledende undersøkelser.	August 1994
Bjørn Braaten Lars Golmen	Hordaland, Sotra

Oppdragsgiver: A/S MOWI	Olav Breck
----------------------------	------------

<b>Ekstrakt:</b> I juni 1993 ble det utført studier av strøm og oksygeninnhold i og rundt oppdrettsanlegget i Skorpeosen. Dominerende overflatestrøm kommer inn i sørenden enden av anlegget, og bøyer av mot NV eller SØ, mens strømmen i 10 m dyp i større grad går gjennom anlegget. Strømmen var sterkst i sørenden, og det var aldri strømsvake perioder. Strømreduksjonen fra sørende til nordende av anlegget var på anslagsvis 75% i 3 og 10 m dyp. Oksygeninnholdet var høyt og aldri lavere enn 7 mg O <sub>2</sub> /l. Det ble utført en del beregninger av lokalitetens kapasitet ved hjelp av enkle modeller, som viste at kritiske situasjoner kan oppstå i perioden juli-september hvis strømmen blir svak. Kritisk strømstyrke er avhengig av dominerende strømretning. Arbeidet ble fulgt opp av en mer detaljert studie i fase II i oktober-93.
--

4 emneord, norske

1. akvakultur
2. strøm
3. oksygen
4. bæreevne

4 emneord, engelske

1. aquaculture
2. currents
3. oxygen content
4. carrying capacity

Prosjektleder

.....  
Bjørn Braaten

.....  
Gunnar Fr. Aasgaard

.....  
ISBN82-577-2593-5  
.....

**Norsk institutt for vannforskning**

**O-93140**

**O-93062**

**Miljøundersøkelser på A/S MOWIs oppdrettsanlegg i  
Skorpeosen. Fase 1. Innledende undersøkelser.**

**Oslo, 12 august 1994**

**Forfattere:  
Bjørn Braaten  
Lars Golmen**

## Forord

*Etter forespørsel fra A/S Mowi i brev av 15 juni-93 har NIVA gjennomført undersøkelser av lokaliteten i Skorpeosen for å bestemme anleggets kapasitet og bæreevne i relasjon til oksygenforhold og vannutskifting. Det ble enighet om at prosjektet skulle utføres i to faser. Den første skulle gjennomføres over 2 dager i perioden 22 - 23 juni-93 for å få en oversikt over forholdene, og denne studien skulle følges opp av en mer detaljert studie i august/september. Niva foreslo at den andre fasen skulle gjøres i samarbeid med Oceanor som et ledd i et forskningsprosjekt. Denne rapport beskriver resultatene fra første fase. Kontaktperson har vært veterinær Olav Breck. Deltagere i prosjektet har vært Lars Golmen NIVA Bergen, Johan Ahlfors og Bjørn Braaten NIVA Oslo. Vi takker A/S Mowi for all praktisk hjelp ved gjennomføringen av prosjektet.*

*Oslo, august 1994*

*Bjørn Braaten*

<b>Innhold</b>	<b>side</b>
Forord.....	1
Sammendrag.....	3
1. Innledning .....	4
1.1. Bakgrunn .....	4
1.2. Målsetting.....	4
1.3. Tidligere undersøkelser i området.....	4
1.4. Beskrivelse av lokaliteten .....	6
1.5. Beskrivelse av anlegget.....	6
2. Måleprogram.....	7
2.1. Målefilosofi og prinsipper.....	7
2.2. Strømmålinger .....	7
2.2.1. Instrumenter.....	7
2.2.2. Måleposisjoner .....	8
2.3. Oksygenmålinger.....	8
2.3.1. Instrumenter.....	8
2.3.2. Plassering av instrumenter.....	8
3. Måleresultater .....	9
3.1. Oksygenmålinger.....	9
3.2. Hydrografi .....	10
3.3. Strøm .....	11
3.4. Strøm kontra oksygenforhold.....	11
4. Analyser og vurderinger .....	13
4.1. Beregning av anleggets kapasitet .....	13
4.1.1. Modellberegninger .....	13
4.1.2. Alternativ kalkulasjon av oksygenforbruk .....	15
4.2. Konklusjoner.....	16
5. Litteratur .....	16
6. Figurer.....	17

## Sammendrag

Etter befaring og diskusjon om miljøforholdene i Skorpeosen ble NIVA anmodet om å kartlegge oppdrettslokaliteten i juni-93 for å få et detaljert bilde av strøm- og utskiftingsforholdene. Et viktig spørsmål å avklare var beregning av kapasiteten på lokaliteten og anleggets bæreevne. Undersøkelsene i juni ble sett på som første fase i et forskningsprosjekt i regi av NFFR, som skulle følges opp med en fase 2 i september/oktober. Hovedformålet med forskningsprosjektet er å utprøve og vurdere metoder/standarder til en objektiv og rasjonell inndeling av kysten i optimale soner m.h.p. smitterisiko, og som delmål å definere lokalitetens egnethet og bæreevne.

Måleprogrammet besto av strømmålinger og oksygenmålinger i/rundt fiskemerdene og foregikk i perioden 22/6 - 7/7-93. Oksygenmålingene viste at det var tilfredsstillende oksygeninnhold inne i merdene, og det ble ikke målt lavere verdier enn 7.2 mgO<sub>2</sub>/l. Vannfornyelsen skjer ved en kontinuerlig horisontal vannstrøm gjennom anlegget, og i tillegg finner det sted en adveksjon fra bunnen av merden.

Det generelle trekk ved strømbildet er at overflatestrømmen i sørenden av anlegget ser ut til å bøye av enten mot NV eller SØ, mens strømmen i 10 m dyp i større grad går inn i (gjennom ) anlegget. Strømmen var sterkest i sørenden, og det var aldri strømsvake perioder. Strømreduksjonen fra sør-ende til nord-ende var på anslagsvis 75 % i 3 m og 10 m dyp. Tidevannseffekten var sterkest i nordenden. Det ble også registrert korttidsvariasjoner i saltholdighet og temperatur som sannsynligvis kan påvirke fiskens adferd. Undersøkelsen tyder på at det er naturlig å relatere de hydrografiske variasjonene i 10 m dyp med data fra Havforskningsinstituttets faste målestasjoner på Utsira og Sognesjøen siden Skorpeosen ligger om lag midt mellom disse.

Målinger i juni viste at lokaliteten har en bæreevne på 1000 tonn laks eller mer, og vannkvaliteten m.h.p. oksygen var tilfredsstillende. En enkel datamodell som benytter horisontal strøm til beregning av anleggets oksygenforbruk kan bare gi grove indikasjoner på vannutskiftingen og kritiske grenser for vannstrøm og oksygeninnhold i anlegget. Modellen viste at de mest kritiske periodene opptrer i juli - september. Dersom anlegget dreies 90 ° vil hovedstrømmen komme inn mot anleggets langside og skape miljømessige fordeler.

Undersøkelsen ble fulgt opp av fase 2 i oktober, og materialet er for tiden under bearbeiding.

# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn

A/S Mowi har bygget opp et stort oppdrettsanlegg i Skorpeosen på vestsiden av Lokøy på Sotra, men mangler nødvendige bakgrunnsdata for å bedømme strøm og vannutskifting i området. I perioden juni - september vil den totale bestand av fisk overstige 1000 tonn, og det var spørsmål om hvor mye fisk det var tilrådelig å ha på samme lokalitet. Etter kontakt med NIVA reiste forskningsleder Bjørn Braaten på en befaring til Skorpeosen og diskuterte mulige framtidige undersøkelser med veterinær Olav Breck i Mowi. Det ble enighet om at NIVA skulle lage en plan for en foreløpig kartlegging av lokaliteten i juni 1993, for deretter å foreta mer detaljert fase 2 studie i perioden august /september, den tradisjonelt mest kritiske periode i året med høye sjøtemperaturer og stor biomasse.

NIVA foreslo at fase 2 kunne gjennomføres som et ledd i et forskningsprosjekt i regi av NFFR, der hovedformålet er å utprøve og vurdere hvilke metoder som kan benyttes til å beskrive miljøfaktorenes relative betydning på oppdrettsfiskens trivsel og helse i åpne oppdrettsanlegg. Prosjektet har som delmål å definere lokaliteters egnethet, og det skal utprøves og vurderes metoder/standarder for å definere lokaliteters bæreevne. Metodene skal nyttes til en objektiv og rasjonell inndeling av kysten i optimale områder m.h.p. smitterisiko og det skal tilstrebes høy anvendelighet.

Målet med fase 1 var å få en generell kartlegging av forholdene i Skorpeosen som kunne nyttes som et grunnlag i fase 2, men ville neppe kunne gi noe endelig svar på lokalitetens bæreevne. Undersøkelsen ville gi klare indikasjoner på om bestanden i juni hadde betryggende vannkvalitet og strømforhold.

## 1.2. Målsetting

Det er foretatt en teoretisk vurdering av oppdrettslokaliteter inklusive Skorpeosen på Sotras vestside (Golmen m. fl.1986) der Skorpeosen ble vurdert som "midt på treet" i forhold til andre lokaliteter. Her ble det stilt visse spørsmål ved ved strømforholdene (middels bra utskifting) og bunntopografien ble vurdert som noe kupert. Bortsett fra disse foreløpige studiene er det ikke foretatt ytterligere miljømålinger i Skorpeosen tidligere, med unntak av de daglige registreringer av temperatur på anlegget. Den viktigste målsettingen var derfor å få et mer detaljert bilde av strømforholdene på stedet, utskiftingsforhold og hvordan anlegget påvirket strømbildet. Det andre spørsmålet var om oksygenforholdene var tilfredstillende med en bestand på ca. 1000 tonn, og med inntil 100 tonn laks i en merd.

## 1.3. Tidligere undersøkelser i området

Så langt vi har kunnet bringe på det rene, er det ikke tidligere gjort grundige miljøundersøkelser lokalt der hvor MOWIs anlegg ligger. I området rundt har det imidlertid vært gjennomført flere undersøkelser de siste 10 åra. De fleste har bakgrunn i oppdrettsaktiviteten på Sotras vestside. Vi gjenngir summarisk det viktigste innholdet i en del foreliggende rapporter.

**1. Kystsoneplan for Fjell kommune. NIVA rapport nr. 2679, 1992.**

Kystsoneplanen omhandler akvakultur generelt som ett av flere tema. Området Skorpeosen ligger innenfor en sone som er definert som "fellesareal" for både fiske, ferdsel og akvakultur. Det er ingen friluftts- eller verneområder i umiddelbar nærhet av lokaliteten. Planen vurderer bl.a. resultat fra LENKA prosjektet. Lokaliteten ligger i et "A" område. Grensen til nærmeste "C" område går på terskelen mellom Lokøy og Algerøy.

**2. Vurdering av alternative oppdrettslokaliteter for MOWI AS på Sotras vestsida. NIVA rapp. nr. 1938, 1986.**

Flere lokaliteter, inkludert lokaliteten i Skorpeosen (Lyngholmane) ble vurdert m.h.t. egnethet for oppdrett. Skorpeosen ble vurdert som "midt på treet", i forhold til de andre lokalitetene. I rapporten stilles det visse spørsmål ved strømforholdene (middels bra vannutskifting) og bunntopografien (noe kupert).

**3. Veg til øyene vest for Sotra; Vindkjeften-Syltøy. Vurdering av effekter for drift av oppdrettsanlegget til AS MOWI ved utfylling m/ kullvert i Flogøykjølpo. Notat NIVA-Vest, juni 1985.**

Notatet omhandler miljøforhold i Flogøykjølpo, og mulige konsekvenser av delvis innsnevring av innstrømningsområdet p.g.a. planlagt vegfylling SØ for Skorpeosen. Dette relativt innestengte sjøområdet ble tidligere benyttet i oppdrettssammenheng.

**4. Resipientundersøkelse ved Flogøys Fiskeoppdrettsanlegg LOKØY Fjell kommune. Rapp. UiB, nr 10, 1985.**

Undersøkelser rundt Harald J. Flogøys oppdrettsanlegg ved Lokøy viste gode miljøforhold.

**5. Resipientgransking ved Langøy, Sotra. NIVA-Vest notat, 1989.**

Notatet vurderer effekter av økt organisk belastning (kloakk) fra planlagt bustadfelt på Langøy. Strømmålinger i Skålevikssosen indikerte netto sørgående strøm der.

**6. Undersøkelser i AS MOWIs oppdrettsanlegg på Sotra.**

I: Dokumentasjonsrapport, II: Konklusjonsrapport. NIVA rapp. nr 1694 og 1708, 1984/85.

Veløykjølpo og Flogøykjølpo ble undersøkt av NIVA i 1984. Bakgrunnen var observert redusert vekst på fisken, som muligens kunne knyttes til forverrede miljøforhold. Rapportene konkluderte med at strømforholdene var den mest ugunstige (negative) miljøfaktoren for fisken. Mulige forbedringstiltak ble skissert.

**7. Resipientundersøkelse ved MOWIs oppdrettsanlegg Fjell kommune. Rapp. UiB, nr 16, 1985.**

Områdene rundt MOWIs anlegg ved Veløy og Flogøy (Ø og SØ side av Lokøy) ble undersøkt i 1984. Resultatene av prøvetakingen viste markert påvirkning av omgivelsene til anleggene.

**8. Resipientgransking ved Sekkingstad, Sotra. NIVA notat nr V-91/04.**

Notatet omhandler resipient-tilstand for sjøområdet ved Sekkingstad og SØ for Skorpo. Undersøkelsen indikerte svak strøm i området, med oksygenreduksjon i terskelbassengene der.



## 1.4. Beskrivelse av lokaliteten

Anlegget i Skorpeosen i Fjell kommune er en avlastingslokalitet som er plassert på vestsiden av Lokøy nordøst for Lyngholmen og ligger ca 200 m fra land med merdene plassert i to parallelle rekker (figur 1).

Lokaliteten er tidligere beskrevet og klassifisert av NIVA (Golmen m.fl. 1986), på basis av enkle målinger, samt noen teoretiske betraktninger. Det topografiske bunnkartet (figur 2) er hentet fra den rapporten. Rett under anlegget er bunndypet 60-80 m. Bunnen skråner langsomt innover i retning NØ. En rygg (minste dyp 14 m) i retning tilnærmet V-Ø deler Skorpeosen i to renner. Den nordligste har i følge bunnkartet en forsenking ned til 65 m dyp. Dette dype partiet ligger 3-400 m nord for anlegget.

Inne ved Skorpo er det ennå grunnere terskelområder, som nok hemmer både innstrømming og gjennomstrømming. Dette ble påpekt som en mulig negativ faktor i NIVA-rapporten. Sannsynligvis er det en mindre terskel også V-NV for anlegget, før bunnen skråner nedover mot V, til dybder større enn 100 m. Lokaliteten er relativt mye eksponert for vind og bølger fra SV, og også delvis fra N.

I NIVA-rapporten ble det påpekt at bunnen i Skorpeosen er nokså kupert, med noen rygger og basseng. Dette ble det også stilt visse spørsmål ved under den samlede vurdering av egnethet. Sedimentene i noen observerte groper (ca 50 m dyp) bestod av gråfarget skjellsand, med levende organismer. Det var lavt innhold av organisk materiale (C/N forhold var 7.7), og ingen spesiell lukt. Det var høy oksygenverdi nær bunn (50 m dyp).

Det ble ikke foretatt noen grundig bunnkartlegging av lokaliteten, men opplodninger av sted for plassering av strømmålere.

## 1.5. Beskrivelse av anlegget

Anlegget består av 16 stk Polarcirkel merder med 21 m i diameter, og 10 m dype nøter. Dette gir et volum på ca. 3500 m<sup>3</sup>. Selve bunnen av nota stikker dypere slik at det virkelige volumet blir betydelig større. Merdene består av to flyteringer med hoppegjerde. All foring blir foretatt med et datastyrt foringsanlegg der tørrfor blir blåst ut med trykkluft i hver merd. Foret ble spredd ut i vifteform og foringsperioden var fra kl.07.00 til kl. 22.00 .

Anlegget var plassert ut på to parallelle rekker i nordøstlig lengderetning. Figur 3 viser hvordan anlegget var fortøyd. Anlegget betjenes med båt fra et flytende driftshus på flåte ca. 50 m fra anleggets østside. Det var folk tilstede fra kl. 07.00 til kl. 22.00, hver dag. Det var også muligheter for døgnkontinuerlig overvåking.

## 2. Måleprogram

### 2.1. Målefilosofi og prinsipper

Måleprogrammet bestod av strømmålinger og oksygenmålinger i/rundt fiskemerdene. Målsettingen med programmet var å dokumentere de store trekk i strøm-situasjonen, samt å påvise eventuell oksygenreduksjon i vann som strømmer gjennom merdene. Nødvendigvis må fisken forbruke en del av oksygenet i det innstrømmende vannet. En må anta at den horisontale adveksjon er dominerende for vannutskiftingen i merdene. En viss effekt av vertikale strømmer kan ikke utelukkes, men måleprogrammet var ikke designet for å registrere vertikal strøm.

Strømfeltet nær land eller andre "forstyrrelser" er sjelden stasjonært. Vanligvis dannes det virvler på ulik skala, selv under rolige forhold. Vekslede tidevann, bølger og vind bidrar til et komplisert strømbilde, også rundt oppdrettsanlegg. I tillegg til horisontale forskjeller, er det oftest også markerte vertikale forskjeller (gradienter). Opp på det hele varierer feltet i tid. For å få med alle detaljer, kreves det et omfattende måleprogram. Programmet for foreliggende undersøkelse var ikke laget for å dekke de mange detaljer i strømbilledet.

For oppløste gasser slik som oksygen, vil tilførsler fra lufta over kunne bidra positivt til oksygenbudsjettet, og kompensere noe for fiskens forbruk. Effekten av dette avhenger av ulike faktorer slik som vind og bølgefôrhold (inkl. kapillærbølger), sjikting i sjøen, grad av oppløste bobler, oksygenstress (gradient) m.m. Vanligvis antas utveksling med lufta å være en sekundær effekt, som ved tilfredsstillende strømforhold ikke bidrar nevneverdig til oksygenbudsjettet. Ved stagnerende forhold kan imidlertid dette være en viktig effekt. Effekten for MOWIs anlegg konkret diskuteres seinere i lys av foreliggende måldata (kapittel 4).

### 2.2. Strømmålinger

Strømmålingene foregikk perioden 22/6 til 7/7 1993. I perioden 22/6 og 23/6 ble det gjennomført et spesielt program i samband med oksygenmålingene. Figur 1 viser plasseringen av de ulike målerne. Tabell I angir måledyp, måleperiode m.m.

#### 2.2.1. Instrumenter

Til målingene ble det benyttet automatisk registrerende instrumenter av type Aanderaa RCM. Noen var av eldre type, med intern datalagring på audio-tape. I de nyere instrumentene lagres data i en egen elektronisk lagringsenhet. Sistnevnte foretar også såkalt vektormidling av målingene, noe som gir et noe mer korrekt bilde av strømmen i løpet av midlingsintervallet (10 minutter).

Instrumentene innstiller seg i forhold til strømrretningen. Dette sørger et stort ror for. Strømfarten registreres v.hj. av en rotor. Dersom strømmen er svakere enn en gitt minstefart (1.5 cm/s), vil ikke rotoren gå rundt. Det registreres altså null strøm, selv om det i realiteten ikke er helt strømsstille.

I måleprosjektet ble det også benyttet to mer avanserte strømmålere som registrerer strøm ved hjelp av ultralyd. Disse har i praksis ingen nedre begrensning på strømstyrken (bortsett fra evt. kalibrerings-avvik), og har også et mer avansert måleprinsipp.

## 2.2.2. Måleposisjoner

Figur 1 viser plassering av målerne. Disse var plassert i enten 3 m eller 10 m dyp, og fordelt rundt anlegget så godt som det i praksis lot seg gjøre. Tabell I presenterer en del opplysninger omkring målingene. Instrumentene var bunnforankret, med unntak av en strømmåler ( stasjon 6), som var festet til hovedbryggen med hus. Et par av målerne hadde svikt i registreringene etter noen døgn. En måler (stasjon 6) falt av etter en uke, på grunn av slitasje på tauet. Den ble brakt opp ved hjelp av ROV senere på høsten.

Tabell I. Oversikt over NIVAs strømmålinger ved anlegget i Skorpeosen, juni - juli 1993.

Posisjon	Måledyp	Instr.	Interv.	Måleperiode	Komment.
1	3m	AA4772	10 min	22/6- 7/7-93	
1	10m	AA6106	10 min	22/6-26/6	avbrudd
2	3m	AA9059	10 min	22/6- 7/7-93	
3	10m	AA900	10 min	22/6- 7/7-93	
4	3m	AA8362	10 min	22/6- 7/7-93	
4	10m	AA9000	10 min	22/6- 7/7-93	
5	10m	AA9480	10 min	23/6-24/6 ?	avbrudd
6	3m	AA2608	10 min	23/6- 29/6	sank etter en uke

## 2.3. Oksygenmålinger

### 2.3.1. Instrumenter

Oksygeninnhold ble registrert med fire kontinuerlig registrerende WTW, Trioxmatic 600 oksygensonder (0-20 mgO<sub>2</sub>/l) som var koblet til en WTW Oxi 220 monitor med manuell saltkompensasjon. Instrumentene var kalibrert på NIVA før bruk, og kalibrering kan skje enten i luft eller i oksygenmettet vann. Alle sondene ble rekalibrert før bruk. Etter at sondene ble koblet til monitor sto sondene ca. 1 time for å bli polarisert og tilpasset det nye miljø. Etter bruk ble alle fire sonder sammenliknet og rekalibrert. Målerne fungerte bra i overflaten, men en av sondene fungerte ikke på 10 m dyp, og data fra denne sonden er utelukket. Responstiden på elektroden (90 % av endelig verdi) er 3 minutter ved 20 °C. Det var nødvendig med en strøm på minst 0.5 cm/sek for å oppnå 95 % nøyaktighet. Datane ble registrert og lagret på en Grant 12-bits Squirrel logger. Oksygen ble registrert med intervaller på ett minutt. Oksygenmålingene fikk strøm fra 12 volts batterier og ble kjørt på dagtid.

### 2.3.2. Plassering av instrumenter

På grunn av tidsnød ble det kun anledning til å gjennomføre kontinuerlige målinger på to lokaliteter. De utvalgte posisjoner var merd 9 med 93 tonn fisk med gjennomsnittsvekt på 3.3 kg, og merd 1 med 89 tonn. Målingene i merd 9 startet kl. 11.50 22/6-93, med to målere innvendig i merden, og to utvendig, mellom de to rekker med merder (figur 3). Et tau ble spent fast tvers over merden slik at målerne kunne plasseres midt i merden. Den ene sonden registrerte på 2 m dyp, den andre på ca. 10 m dyp. De samme dyp ble benyttet utenfor merden.

Kl. 19.55 ble sonden på 10 m dyp på østsiden av merd nr. 9 flyttet opp til 2m dyp på vestsiden av merden. Den nye måleserien fortsatte fram til kl. 23.00, da de ble stoppet for ikke å utlade batteriene.

Den 23/6 kl. 09.55 startet andre måleserie med oksygenmålinger i merd nr. 1 som inneholdt 89 tonn laks. Det ble benyttet samme dyp som i første måleserie, 2 og 10 m inne i merden og 2 og 10 m utenfor merd 1 på østsiden av merden (figur 3). Måleperioden var fra kl. 09.55 - 14.15.

## 3. Måleresultater

### 3.1. Oksygenmålinger

#### MERD 1

##### I merden

Oksygeninnholdet inne i merden var tilfredsstillende, og det ble ikke registrert lavere oksygenverdier enn 7.2 mg O<sub>2</sub>/l. Høyeste verdi var 9.8 mg O<sub>2</sub>/l (figur 4) og oksygeninnholdet var generelt høyere i 2 m dyp enn i 10 m dyp i hele perioden. Oksygenverdier lavere enn 8.5 mg/l ble bare registrert for korte perioder. Oksygeninnholdet i 10 m dyp viste et jevnt og relativt stabilt nivå i forhold til 2 m der det ble registrert kontinuerlig små svingninger.

##### Utenfor merden

Målingene på utsiden av merden ble tatt på østsiden (inn mot land), og bare målesonden i 2 m dyp fungerte tilfredsstillende. Oksygeninnholdet var på samme nivå som inne i merden, og de samme variasjonene som ble registrert i 2 m dyp inne i merden ble sett utenfor. Laveste verdi var 7.9 mg O<sub>2</sub>/l og høyeste, 9.5 mg O<sub>2</sub>/l. Resultater fra sonde 4 (10 m) kan ikke brukes da den ikke fungerte.

Tabell II gir en oversikt over gjennomsnittsverdier for alle fire sonder i måleperioden, samt maksimum og minimum for registreringene. Kanal 1-4 refererer til figur 4. For kanal 1-3 lå gjennomsnittsverdien på alle målingene (276 stk) i området 8.5 - 8.9 mg O<sub>2</sub>/l.

Tabell II Oversikt over oksygeninnhold i mg O<sub>2</sub>/l i merd 1 på 2 m og 10 m dyp innenfor og utenfor merden. \* Data utelatt på grunn av feil på sonden.

	Inne i merd	Inne i merd	Utenfor merd	Utenfor merd
Måleverdi	Kanal 2 - 2 m	Kanal 1 - 10 m	Kanal 3 - 2 m	Kanal 4 - 10 m
Gjennomsnitt	8.92	8.52	8.74	*
Maksimum	9.83	9.15	9.45	*
Minimum	7.16	8.24	7.95	*

#### Merd 9

Målingene i merd 9 viste også tilfredsstillende oksygeninnhold med gjennomsnittsverdier på 8.4 - 8.5 mg O<sub>2</sub>/l (figur 5). Laveste verdi var ca. 8 mg O<sub>2</sub>/l og høyeste ca. 9.3. I denne merden tyder målingene på at en del av vannfornyelsen skjer ved adveksjon gjennom bunnen av merden, og dette kommer klart fram som topper på figur 5. Vi ser også av figuren at det er større variasjoner på 2 m enn på 10 m dyp som følge av vannstrømmens retning og styrke. I ett dyp kunne oksygeninnholdet være vekselvis høyere eller lavere enn i det andre måledypet.

Målinger mellom rekkene av merder i 2 m dyp viste at oksygeninnholdet i store deler av perioden var lavere enn inne i merden, men ikke lavere enn 7.6 mg O<sub>2</sub>/l. Sonden i 10 m dyp virket ikke tilfredsstillende. Denne sonden ble i slutten av måleperioden flyttet ut på vestsiden og utsiden av merd 9, der den så ut til å virke normalt.

Tabell III viser gjennomsnittsverdiene for de fire sondene samt maksimum- og minimumsverdier. Kanalverdiene refererer til figur 5.

Tabell III a Oversikt over oksygeninnholdet i mg O<sub>2</sub>/l i merd nr. 9 på 2 m og 10 m dyp inne i merden, og på 2 m dyp mellom rekken av merder. \* Data utelatt på grunn av feil på sonde.

	Inne i merd	Inne i merd	Mellom merder	Mellom merder
Måleverdi	Kanal 2 - 2 m	Kanal 1 - 10 m	Kanal 3 - 2 m	Kanal 4 - 10 m
Gjennomsnitt	8.47	8.42	8.22	*
Maksimum	9.31	8.99	9.37	*
Minimum	7.98	8.0	7.58	*

Tabell III b Oversikt over oksygeninnholdet i mg O<sub>2</sub>/l i merd 9 på 2 og 10 m dyp, inne i merden og utenfor merd i 2 m dyp. \* Data utelatt på grunn av feil på sonde.

	Inne i med	Inne i merd	Mellom merder	Utenfor merd
Måleverdi	Kanal 2 - 2 m	Kanal 1 - 10 m	Kanal 3 - 2 m	Kanal 4 - 2 m
Gjennomsnitt	8.55	8.21	8.65	*
Maksimum	9.16	9.2	8.86	*
Minimum	8.21	8.02	8.32	*

## 3.2. Hydrografi

Strømmålerne registrerte også salinitet og temperatur i 3 og 10 m dyp gjennom måleperioden 22/6 til 8/7 1993. Det kan være nyttig for oppdretteren å sammenlikne disse kontinuerlige målingene med egne daglige registreringer på anlegget i samme tidsrom. Korttidsvariasjoner kan i gitte tilfeller skape problemer for fisken, selv om dette ikke var ventet på en kystlokalitet som Skorpeosen. Videre er det relevant å relatere målte verdier til typiske verdier (månedsmidler).

Figur 6a viser registreringene av temperatur og salinitet i 3 m dyp (på rigg 4). Temperaturen varierte mellom 7.5 og 12 °C, og saliniteten mellom 31.5 og 34.75 ppt. Merk det tydelige fallet i salinitet om kvelden den 26/6, assosiert med noe økende temperatur. I dette tidsrommet var det også en markert midlertidig økning i strømstyrke (figur 8a), med østgående strøm.

I 10 m dyp (figur 6b) var det også tydelige variasjoner. Temperaturen varierte over lang tidsskala mellom 7 og 12 °C, og saliniteten mellom 32 og 34.75 ppt. Halvdaglige variasjoner (som må skyldes tidevannet) framtrer tydelig i tidsseriene etter 26/6. Disse var mye mer markert enn i 3 m dyp, og må skyldes at sprangsjiktet lå i nærheten av 10 m. Fall i salinitet var assosiert med sterkere strøm ("brakkvannsepisoder").

Havforskningsinstituttet har i en år-rekke målt hydrografi på ulike kyststasjoner (Aure og Østensen 1993). Skorpeosen ligger om lag midt imellom stasjonene Utsira og Sognesjøen, og våre data kan relateres til begge disse. I 10 m dyp viser middelverdiene for juni på Utsira (Ytre) 10°C og 31.6 ppt for temp. og salinitet h.h.v. For Sognesjøen er tilsvarende verdier 9.5 °C og 32 ppt. Våre målte temperaturer i 10 m dyp lå innenfor de angitte middelverdier +/- to standardavvik. Målt salinitet i 1993 var noe høyere enn normalt.

1993 hadde generelt sett lavere sjøtemperaturer på kysten i sommerhalvåret. Perioden på slutten av 1980-tallet var preget av høye sjøtemperaturer. Månedlige målinger fra Sund kommune (Golmen 1991) viste da at juni-temperaturene i 10 m dyp var oppe i 13-15 °C, m.a.o. vesentlig høyere enn verdiene målt i 1993 i Skorpeosen.

### 3.3. Strøm

Som ventet var det store variasjoner i strømstyrke over tid (figur 7). De fleste måleseriene viste sterkere strøm like etter fullmåne 4/7 enn ellers. Dette viser at tidevannsstrømmer er en vesentlig faktor på lokaliteten. I perioder med havdønning vil det også være mye drag i sjøen. Dette vil nok manifestere seg i inn-utgående bevegelser, med retning noe avhengig av innkommende havdønning. Hovedretningen for slikt strømdrag vil nok være SV-NØ, d.v.s. langs anlegget.

Figur 8 a viser tidsseriene av strømstyrke i 3 m dyp i måleposisjonene 2 og 4. Disse seriene representerte posisjoner delvis i "le" av anlegget. Middelverdiene var h.h.v. 5 cm/s og 7.5 cm/s (tabell IV).

Tidsserier fra 10 m dyp er representert ved posisjon 3 og 4 (nær NØ ende av anlegget) i figur 8 b. Tendensen med noe sterkere strøm i siste halvdel av måleperioden er tydelig. I posisjon 4 var det relativt svak middelstrøm (4 cm/s, jamfør tabell IV).

Fluksroser for strøm i 3 m dyp nær hver ende av anlegget (posisjon 1 og 4) er vist i figur 9. I SV-enden lå hovedstrømaksen langs  $150^{\circ}$ - $330^{\circ}$ . Dette må dreie seg om strøm som går N-S i Lyngholmsundet, muligens noe avbøyd p.g.a. anlegget. Der var også en NØ-rettet komponent, som muligens kan skyldes bølgedrag. I andre enden av anlegget var hovedaksen noe dreiet moturs, til  $130^{\circ}$ - $320^{\circ}$ , d.v.s. tvers av anlegget. Denne dreiningen kan være bunn-topografisk betinget.

Strømmåleren i 3 m dyp ved flåten (posisjon 6) hadde registreringer over ca. 1 uke (tabell I). Denne måleren hang nok noe i le av flåten i forhold til senere dokumentert dominerende strømmretning mot NV. Dette ga seg utslag i noe lavere max. strøm i 3 m dyp enn i de andre målepunktene (Tabell IV). Hovedstrømmretningen var også dreiet mot NØ-SV, som noenlunde tilsvarende retningen flåten og anlegget lå i.

Det kan fastslåes at det ikke ble målt perioder med "null" strøm ved noe tidspunkt. Laveste strømstyrker ble målt i posisjon 2 (3 m dyp) og posisjon 4 (10 m dyp). Dette dreiet seg stort sett om verdier (enkeltmålinger over 10 minutter) på 1.5-2 cm/s. Kun i ett tilfelle dreiet det seg om en noe lengre periode. Dette gjalt posisjon 2 (midten, NV for anlegget) i 3 m dyp, der strømmen den 3/7 vedvarende lå under 2 cm/s i 5-6 timer (figur 7 a). Også i de fleste andre målepunktene var det relativt sett svakere strøm enn normalt i dette perioden, men ikke så lavt som i posisjon 2.

### 3.4. Strøm kontra oksygenforhold

Måleseriene for oksygen var korte, i forhold til periodene for strøm. Den lengste oksygenserien (22/6) hadde parallelle strømmålinger kun i siste halvdel. Dette gjør at en korrelasjonsanalyse mot strøm gir lite utslagskraft. Det skjedde heller ingen store endringer i oksygen-nivåene mens målingene pågikk. Der var tildels regelmessige korttids fluktuasjoner av størrelsesorden 0.5 mg/l  $O_2$  over 5 minutter. Dette kan være dynamisk betinget (strømdrag fra dønning eller barotrope svingninger i systemet).

Vi har gjort et forsøk på krysskorrelasjon mellom strøm og oksygen i 10 m dyp målt 23/6 (merd 1). Som strøm-referanse er valgt data fra posisjon 4. P.g.a. at oksygen-målingene hadde 1 minutt måleintervall, og strømmålingene 10 minutt, måtte oksygenserien midles for å gi 10-minutts verdier.

Figur 10 viser resultat for krysskorrelasjonen. Maksimal korrelasjon opptrådte ved en forsinkelse på 10 minutter av oksygen i forhold til strøm. Dette dreide seg om en positiv korrelasjon, d.v.s. at når strømmen økte, steg også oksygen-nivået, 10 minutter etter at strøm-økningen skjedde. Tilsvarende skjedde en reduksjon i oksygen ved avtakende strøm. Dette virker rimelig. Men korrelasjonskoeffisienten var relativt lav, slik at resultatet kun må betraktes kvalitativt i denne omgang.

Tabell IV. Oversikt over noen statistiske verdier for strømmålingene ved MOWIs anlegg i perioden 22/6-7/7 1993.

Pos.	Dyp	Vmin	Vmidd	Vmax	Domin. retn. grad	
1	3m	9 cm/s	25 cm/s	50 cm/s	340(150)	NV (SØ)
1	10m	11 cm/s	18 cm/s	29 cm/s	45 (270)	NØ (V)
2	3m	1.8 cm/s	5 cm/s	19 cm/s	45 (330)	NØ (NV)
3	10m	1.5 cm/s	12 cm/s	30 cm/s	320	NV
4	3m	2.5 cm/s	7.5 cm/s	26 cm/s	330(120)	NV (SØ)
4	10m	1.5 cm/s	4 cm/s	15 cm/s	60 (330)	NØ (NV)
5	10m	2 cm/s	3 cm/s	4 cm/s	120(180)	Ø (S)
6	3m	1.8 cm/s	10 cm/s	16 cm/s	30 (210)	NØ (SV)

Det generelle trekk ved det midlere strømbildet er at overflatestrømmen i sør-enden av anlegget ser ut til å bøye av enten mot NV eller SØ, mens strømmen i 10 m dyp i større grad går inn i (gjennom) anlegget. Dette kan henge sammen med at motstanden som anlegget representerer, er mindre i 10 m dyp, men kan også være en effekt av bl.a. vind, som i størst grad påvirker overflatelaget.

Strømmen var sterkest i sørenden. Der var det aldri strømsvake perioder. Strømreduksjonen fra sør-ende til nord-ende av anlegget var på anslagsvis 75% (3 m og 10 m). Denne reduksjonen kan som nevnt være forårsaket av anlegget, eller også av naturlige (topografisk betingete) faktorer. I nordenden var det flere innslag av perioder med svak strøm, men ingen langvarige perioder med svak strøm. Tidevannseffekten var sterkest i posisjon 4 (ved nordenden).

## 4. Analyser og vurderinger

### 4.1. Beregning av anleggets kapasitet

#### 4.1.1. Modellberegninger

Det ble foretatt beregninger av hvor mye fisk lokaliteten kan tåle ved hjelp av en enkel datamodell som er utviklet av professor Anders Stigebrandt, Gøteborg. Modellen bygger på Stigebrandts miljøbelastningsmodell (Stigebrandt, 1986), men er utviklet som en spesialmodell, og er upublisert. I modellen ble det benyttet måledata fra lokaliteten og beregnede verdier for fiskens tilvekst. Tettheten i  $\text{kg/m}^3$  ble beregnet ut i fra eksisterende biomasse, et merdvolum på  $3500 \text{ m}^3$ , og et totalt anleggsvolum på  $56\,000 \text{ m}^3$ .

Modellen beregner oksygenforbruket i en vannmasse som transporteres med jevn hastighet vinkelrett på anlegget. I Skorpeosen er dominerende strømrretning fra sørenden av anlegget og nesten parallelt med merdene. Modellen forutsetter at lengden av anlegget er den siden som vender mot strømmens hovedretning. Modellen benytter verdier for totalt oppdrettsvolum og anleggets lengde og regner selv ut bredden. Anlegget i Skorpeosen får derfor en lengde på 50 meter og en bredde på 200 meter.

Forutsetningene for modellen er at den får data vedrørende temperatur, saltholdighet, fisketetthet, fiskens middelvekt pr. måned, dimensjonerende strømhastighet og anleggets dimensjoner (volum, lengde vinkelrett på dominerende strømrretning, merd-dyp)

Modellen regner deretter ut anleggets teoretiske kapasitet ( $\text{kg/m}^3$ ) ved henholdsvis 5 og 7  $\text{mg O}_2/\text{l}$ . I tillegg fås tabeller over belastning av ammonium ( $\text{NH}_4$ ) og fisketetthet ( $\text{kg/m}^3$ ) ved henholdsvis 5 og 7  $\text{mg O}_2/\text{l}$  for hver måned i året. I programmet beregnes teoretisk fisketetthet ved effektive strømhastigheter (etter passering gjennom anlegget) fra 0.5 - 8  $\text{cm/s}$  og for fiskevekter fra 50 g til 12 800 g.

Modellen tar kun hensyn til effekten av horisontal strøm. Eventuelle adveksjoner fra bunnen av merden eller økt utskiftning som følge av fiskens bevegelser er ikke medregnet.

I beregningene har vi definert to grenseverdier for vannets oksygeninnhold, 7  $\text{mg/l}$  og 5  $\text{mg/l}$ . Oksygeninnhold som er høyere enn 7  $\text{mg/l}$  anser vi for bra og har neppe negativ innvirkning på fiskens trivsel og tilvekst. Verdier mellom 5 og 7  $\text{mg/l}$  er akseptable men ikke ønskelige og kan gi redusert aktivitet og appetitt. Verdier lavere enn 5  $\text{mg/l}$  er alarmerende og tiltak som forbedrer miljøet bør settes i gang umiddelbart.

I måleperioden for oksygen ble det i posisjon 4 (figur 1) målt strøm på 7-8  $\text{cm/s}$  i 3 m dyp og 3-5  $\text{cm}$  i 10 m dyp. Oksygeninnholdet lå hele tiden over 8  $\text{mg O}_2/\text{l}$ . Modellberegningene viste at det var behov for en reststrøm ut av anlegget på 8-10  $\text{cm}$  i juni (tabell IV). Da forutsetter modellen en fisketetthet på  $20.3 \text{ kg/m}^3$  og en total biomasse på 1139 tonn ved et oksygeninnhold på 7  $\text{mg O}_2/\text{l}$ .

Tabellen IV gir en oversikt over maksimal fisketetthet og anleggets maksimale biomasse gjennom året for å holde en oksygenkonsentrasjon på minimum 7  $\text{mg O}_2/\text{l}$ , når reststrøm ut av anlegget er 8  $\text{cm/s}$ . Tabellen forutsetter at hovedstrømmen kommer inn i SV enden av anlegget og strømmer parallelt med anlegget.



Tabell IV Anleggets teoretiske produksjonskapasitet, og anbefalt tetthet i kg/m<sup>3</sup> ved en nedre grense på 7 mgO<sub>2</sub>/l i vannet. Totalt anleggsvolum 56 000 m<sup>3</sup>, anleggets lengde vinelrett på strømrretning; 50 m og merd-dyp 10 m.

Måned	Temp.	Salthold	Oksygen	Fiske vekt	Strøm	Tetthet	Produksj. kapasitet	Teoretisk tonn/mnd
	oC	ppt	mgO <sub>2</sub> /l	kg	cm/s	kg/m <sup>3</sup>	tonn	
Januar	7.5	35.00	9.30	1.2	8.0	35.0	1961	317
Februar	6.5	35.00	9.55	1.3	8.0	42.9	2404	350
Mars	5.50	35.00	9.81	1.5	8.0	53.1	2975	381
April	6.0	35.00	9.05	1.8	8.0	50.8	2846	356
Mai	8.5	35.00	9.05	2.2	8.0	33.5	1875	268
Juni	11.0	35.00	8.49	2.4	8.0	20.3	1139	193
Juli	13.0	35.00	8.08	3.0	8.0	13.3	743	137
August	13.5	35.0	7.99	3.6	8.0	12.1	679	122
Sept.	14.0	35.00	7.89	4.3	8.0	11.0	615	108
Oktober	11.3	35.00	8.43	5.0	8.0	22.7	1269	171
Nov.	8.5	35.00	9.05	5.6	8.0	41.9	2344	244
Des.	7.3	35.00	9.35	6.1	8.0	53.7	3007	276

Tabellen viser at tetthet i merdene og biomassen må reduseres i kraftig i perioden juli-september for ikke å redusere oksygeninnholdet i vannet under 7 mg O<sub>2</sub>/l.

Det er også mulig å beregne nødvendig vannstrøm som skal til for hver måned for å holde et akseptabelt oksygennivå på 7 mg O<sub>2</sub>/l når vi kjenner forandringen i total biomasse pr. tidsenhet. I tabell V har vi antatt at laksen vokser fra 1.2 kg i januar til 6.1 kg i desember og at det ikke slaktes fisk i perioden

Tabell V Strømbehov, beregnet som effektiv strøm ut av anlegget (cm/s), når hovedstrømmen kommer inn parallelt med anleggets langside, og lengden defineres til 50 m i modellen.

Måned	Fiskestørrelse	Total biomasse	Effektiv strøm
	kg	tonn	cm/s
Januar	1.2	531	2-3
Februar	1.5	676	2
Mars	1.5	664	2
April	1.8	797	3
Mai	2.2	974	4
Juni	2.4	1063	8
Juli	3.0	1329	15
August	3.6	1584	20
September	4.3	1904	20
Oktober	5.0	2215	15
November	5.6	2480	10
Desember	6.1	2702	8

Når strømmen kommer inn parallelt med anlegget er det behov for en reststrøm ut av anlegget på 2 - 4 cm/sek i perioden jan-april, økende til 4 cm mai, 8 cm, i juni, nær 20 cm i juli - september og avtagende til 15 cm i oktober, 10 i november og 8 i desember. I virkeligheten vil biomassen reduseres utover høsten på grunn av slakting, med tilsvarende redusert behov for strøm gjennom anlegget.

For å utnytte de naturlige strømforholdene burde anlegget vært snudd ca. 90° slik at strømmen kom inn vinkelrett på anleggets langside. Da kan anlegget tåle en reduksjon i vannstrømmen på 1/4, og fortsatt ha gode miljøforhold. Strømbehovet vil da bli 0.5 cm/sek i perioden jan - mars, økende til 2 cm, i juni, viderere økende til 4 - 8 cm, i aug - sept. for deretter å avta til 1 - 2 cm/sek i nov - des.

I virkeligheten vil strømmen variere kontinuerlig mellom de to omtalte ytterpunktene. De teoretiske beregningene kan bare antyde tendenser og gi et grovt bilde av strømbehovet og anleggets bæreevne. For å sikre seg mot uheldige situasjoner bør en ta bruke "worst case" situasjonen som grenseverdi for drift.

Modellen viser klart at biomassen nærmer seg kritiske verdier på sensommeren. Det kan oppstå farlig lave oksygenforhold i perioder med svak strøm og høye sommertemperaturer, hvis ikke bestanden reduseres kraftig ved regelmessig slakting.

Som en oppsummering er det viktig å påpeke at det er et klart behov for mer detaljerte oksygenmålinger i den kritiske perioden juli - september. I modellen er det ikke tatt hensyn til slakting av fisk, som finner sted kontinuerlig fra sommeren og hele høsten. Dette vil redusere biomassen og minske sjansen for kritiske situasjoner. Modellen må brukes med forsiktighet. Den gir grove tall for den reelle situasjonen og er avhengig av kontrollmålinger. Den utelater viktige faktorer som effekt av fiskens egenbevegelse og vertikal adveksjon. Den nyttigste funksjonen ved modellen er at den ved endringer i miljøet eller bestanden kan påpeke sannsynlige hendelsesforløp for tidspunkt og betingelser som kan skape kritiske forhold. Den viser klart hvor viktig det er å ha den største biomassen i anleggets sørlige del, og at biomassen bør reduseres i takt med lokalitetens bæreevne som forandrer seg fra måned til måned. Miljømessig ville det være en fordel å dreie anlegget 90 ° slik at hovedstrømmen kommer inn mot anleggets langside.

#### **4.1.2. Alternativ kalkulasjon av oksygenforbruk**

Faktisk oksygenforbruk i merdene avhenger av biomasse, fiskens respirasjon og foropptak. Disse faktorene er nært knyttet til vannets temperatur, og til fiskens vekstsyklus. Et grovt anslag for oksygenforbruket i juni-juli (uttrykt som UOD) kan settes til 10 kg O<sub>2</sub>/tonn fisk pr døgn. Dette tallet kan øke utover høsten.

Fisken antas fordelt jevnt over et effektivt volum på 3,500 m<sup>3</sup> pr merd. I det aktuelle måletidsrommet lå biomassen på rundt 90 tonn/merd, tilsvarende en "effektiv" fisketetthet på 25 kg/m<sup>3</sup>. Denne fisketettheten tilsvarer et oksygenforbruk pr døgn på om lag 250 mg/l/m<sup>3</sup>. Det er opplagt at med helt stagnerende vann (ingen vann- eller O<sub>2</sub>-utveksling) ville dette raskt bli katastrofalt. Et dødelig nivå på rundt 1-2 mg/l O<sub>2</sub> ville bli nådd på vel en halv time (10 mg/l/time i forbruk).

Med strøm gjennom merdene vil en få en gradvis oksygenreduksjon gjennom anlegget. Kritisk lav verdi for strøm i et anlegg (basert på O<sub>2</sub> betraktninger) tilsvarer at vann ut av anlegget har nådd kritisk lav verdi for fisken (f.eks. 2 mg/l). Med en start-verdi på f.eks. 8 mg/l, har en altså 6 mg/l å gå på.

Antas hovedstrømretning på langs av anlegget (8 merder) tilsvarer dette ca 0.75 mg/l O<sub>2</sub> pr merd i forbruk. Med ovennevnte tall for UOD og biomasse (90 tonn/merd) blir da kritisk verdi for strømhastighet lik 10 cm/s. Dette er en relativt høy hastighet. Dersom en gjør tilsvarende

betraktninger for strøm på tvers av anlegget (2 merder), får en 2.5 cm/s som kritisk strøm for den aktuelle fisketetthets strømstyrke.

Kun ved merd nr 1 og 3 samt ved flåten i MOWIs anlegg var strømmens middelerdi høyere enn 10 cm/s.

Middelerdi på 2.5 cm/s var imidlertid tilfredstillende i alle punkter.

Siden kritiske verdier ikke ble målt (forbehold her om O<sub>2</sub> sondenes plassering), må en gå ut fra at enten var strømforholdene tilstrekkelig gode, eller at andre faktorer, slik som effekter av fiskens egenbevegelser, vertikalutveksling og utveksling med lufta bidro til oksygentilførsler. Det må bemerkes at strømstyrken avtok mot et minimum i månedsskiftet juni-juli, slik at oksygenforholdene da kan ha vært mindre gunstige, men neppe kritiske.

## 4.2. Konklusjoner

Målingene i juni viste at lokaliteten hadde bæreevne for en biomasse på 1000 tonn laks, og at vannkvaliteten med tanke på oksygen var tilfredstillende. I merd 9 var bestanden beregnet til 93 tonn, og en gjennomsnittstørrelse på 3.3 kg. I merd 1 var biomassen beregnet til 89 tonn. Alle oksygenmålingene viste verdier som lå over en ønsket grenseverdi på ca. 7 mg O<sub>2</sub>/l. Modellen viser at den mest kritiske perioden vil være juli - september, og det er særlig viktig å følge opp med hyppig kontroll i dette tidsrommet.

Strømforholdene i området var ikke kartlagt før anlegget ble utplassert. Det kan antas at anlegget modifiserer strømbildet. Foreliggende data indikerer dette, men det er vanskelig å fastslå den eksakte effekten. Utskiftingsforholdene for resipienten som helhet er neppe forverret p.g.a. anlegget.

## 5. Litteratur

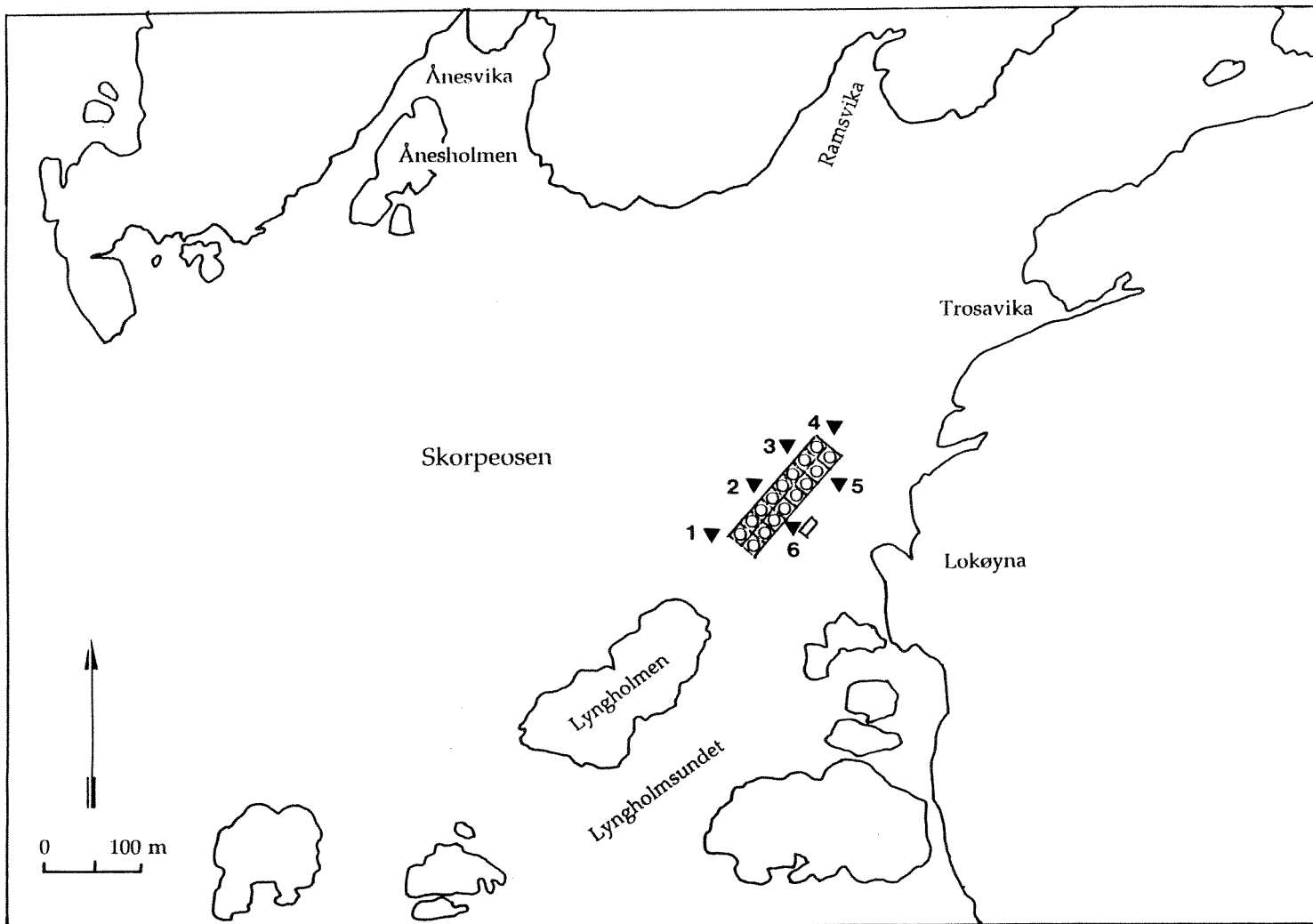
Aure, J. og Ø. Østensen 1993: *Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann*. Fisker og Havet, nr 6-1993.

Golmen, L.G., J. Sørensen og K. Sjørgård (1986): *Vurdering av alternative lokaliteter for MOWI A/S på Sotras vestsider*. Rapp. nr. 1938, NIVA, Bergen/Oslo.

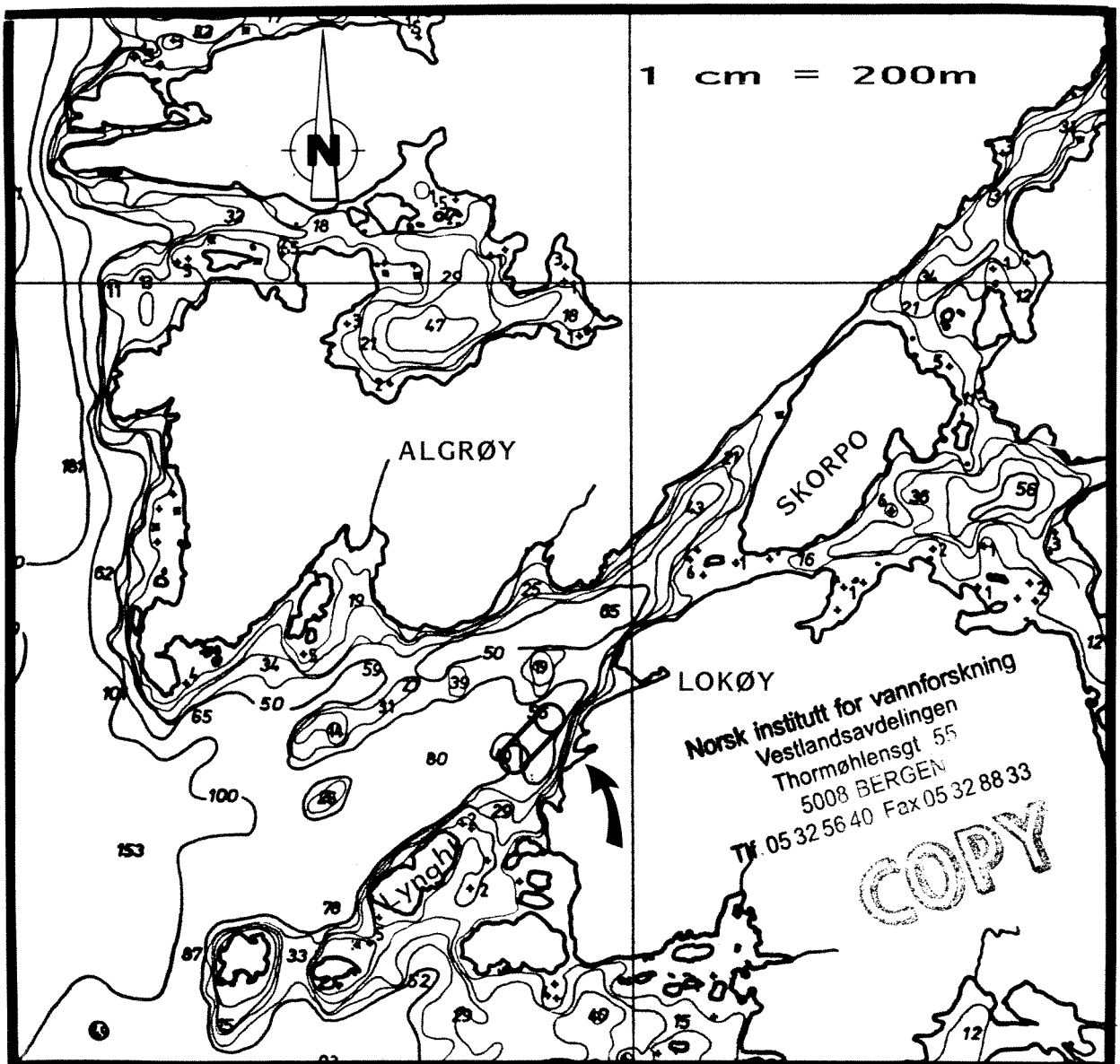
Golmen, L. G. 1991: *Overvaking av sjøresipientar i Sund kommune 1987-1990. Statusrapport*. Notat O-89005, NIVA-Vest.

Stigebrandt, A. 1986: *Modellberegninger av en fiskodlings miljøbelastning*. Rapport nr.1823, NIVA, Oslo.

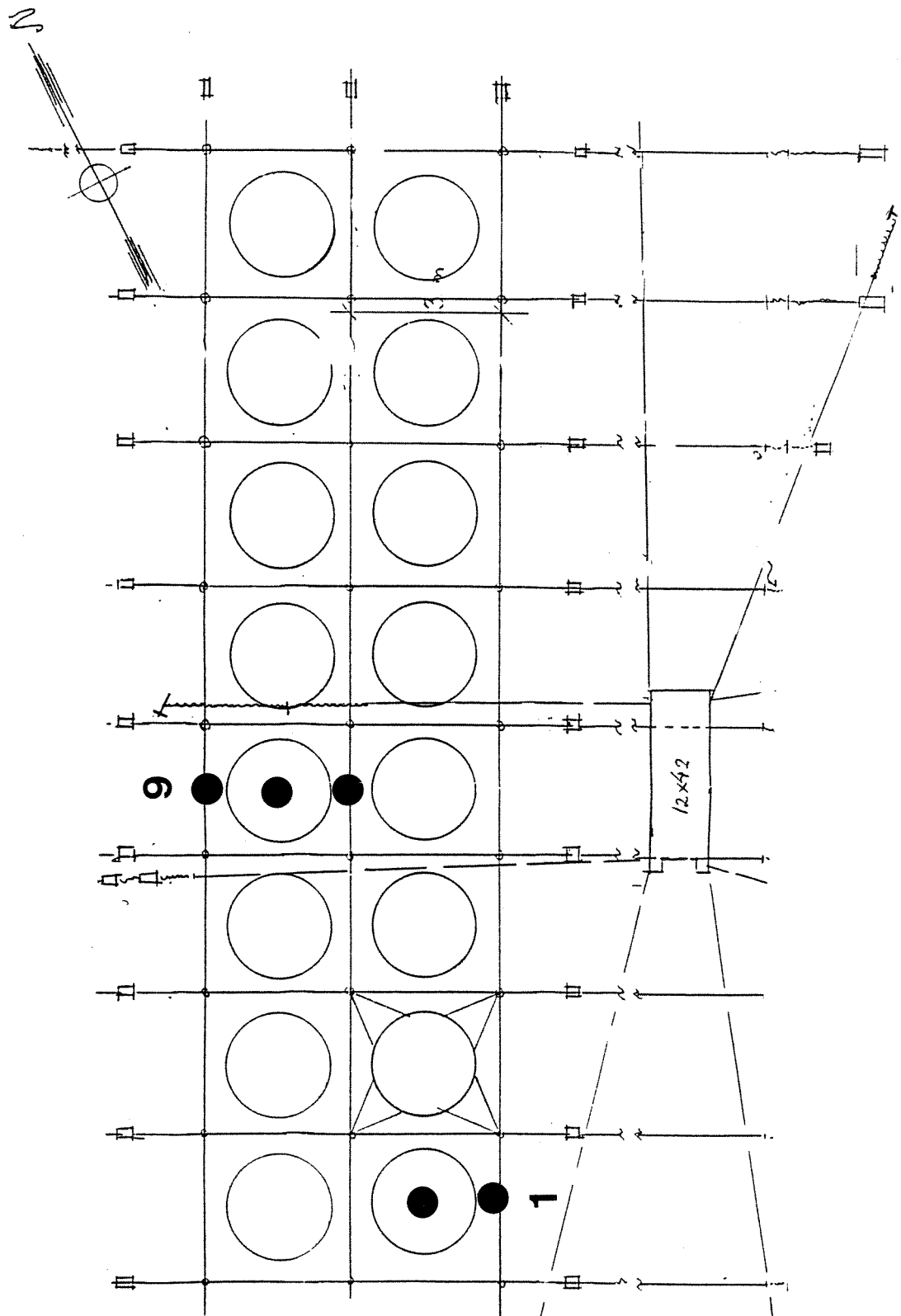
## 6. Figurer



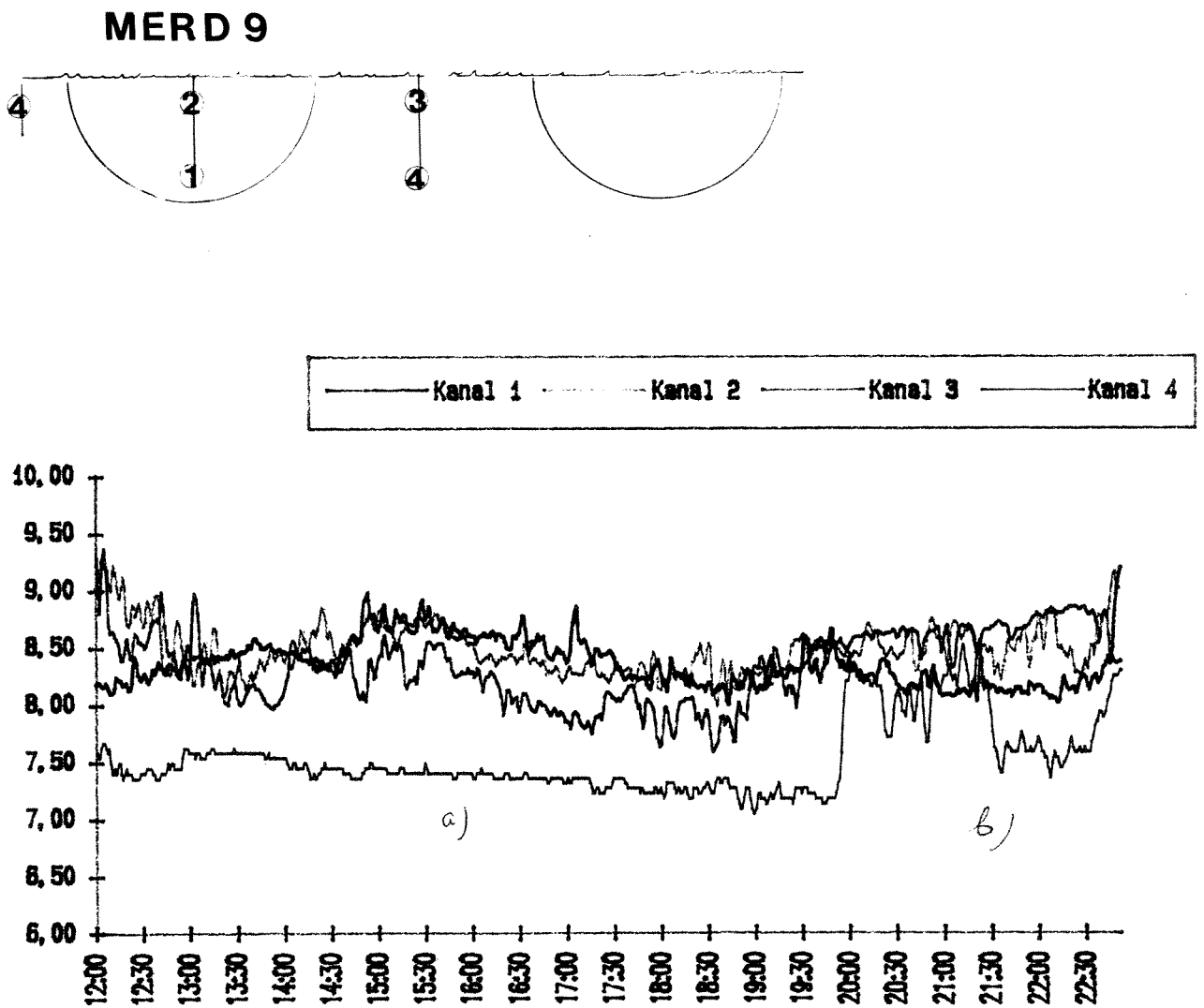
Figur 1 Oversiktskart over Skorpeosen med A/S MOWIs oppdrettsanlegg. Posisjon 1 - 6 viser plassering av strømmålere.



Figur 2 Bunn­topografisk kart i målestokk 1:20 000 fra Skorpeosen. Pilen viser plasseringen av oppdrettsanlegget.

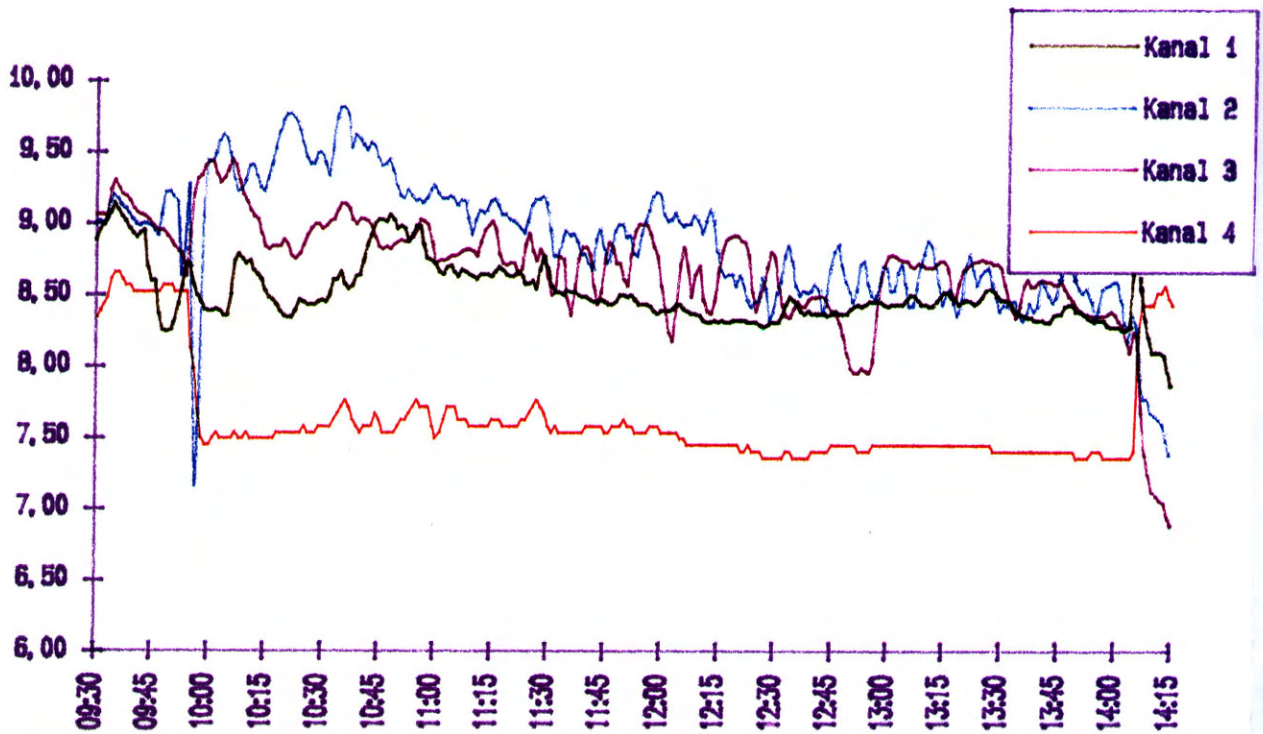
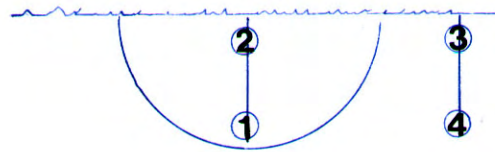


Figur 3 Skisse over anlegget som viser fortøyninger. De svarte punktene angir posisjonen for måling av oksygen innenfor og utenfor merd nr 1 og 9.



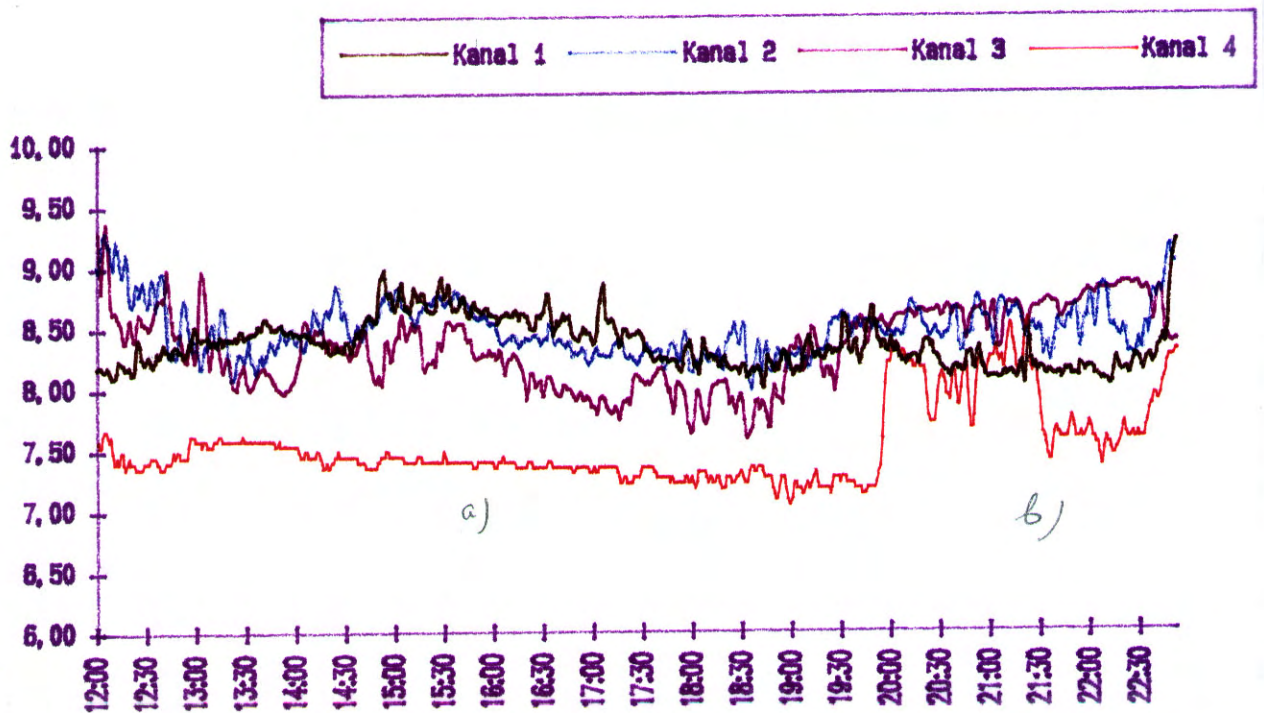
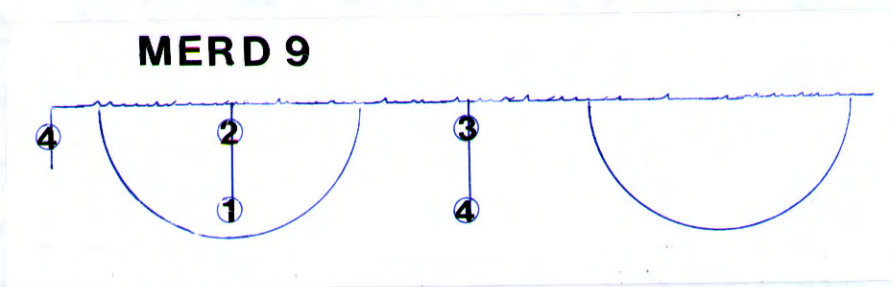
Figur 5. Oksygen i mg O<sub>2</sub>/l i merd 9 i perioden 22/6 - 94 kl: 11.50 - 23.00. Kanal 1 viser 10 m dyp midt i merden, kanal 2, 2 m dyp midt i merden, kanal 3, 2 m dyp utenfor merden (østside) og kanal 4, først 10 m dyp utenfor merd (østside) og deretter 2 m dyp utenfor merd (vestside).

## MERD 1

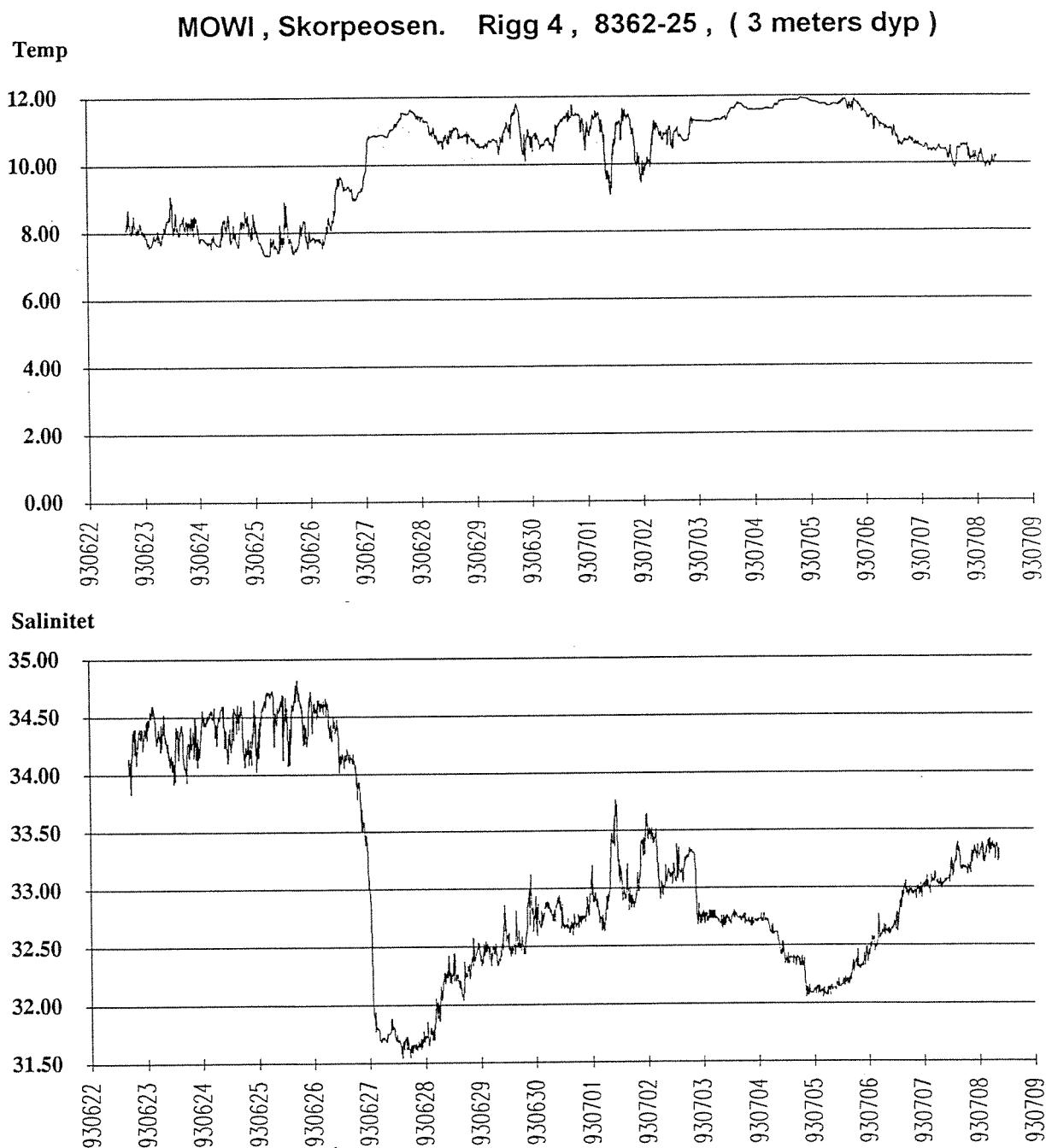


Figur 4. Oksygen i mg O<sub>2</sub>/l i merd 1 i perioden 23/6-93 kl 09.55 - 14.15. Kanal 1 viser 10 m dyp midt i merden, kanal 2, 2 m dyp midt i merden, kanal 3, 2m dyp utenfor merden og kanal 4, 10 m dyp utenfor merden.

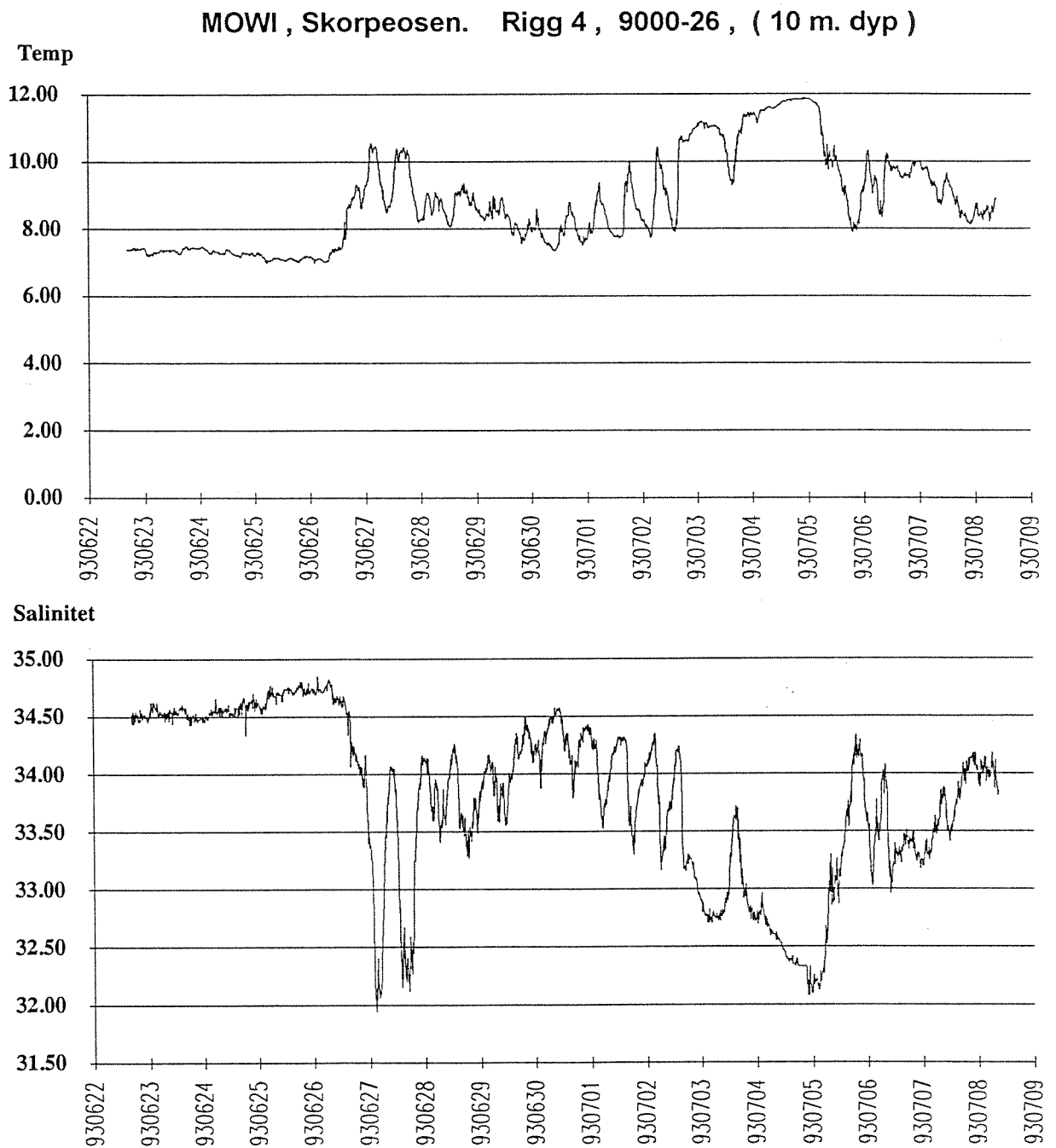




Figur 5. Oksygen i mg O<sub>2</sub>/l i merd 9 i perioden 22/6 - 94 kl: 11.50 - 23.00. Kanal 1 viser 10 m dyp midt i merden, kanal 2, 2 m dyp midt i merden, kanal 3, 2 m dyp utenfor merden (østside) og kanal 4, først 10 m dyp utenfor merd (østside) og deretter 2 m dyp utenfor merd (vestside).

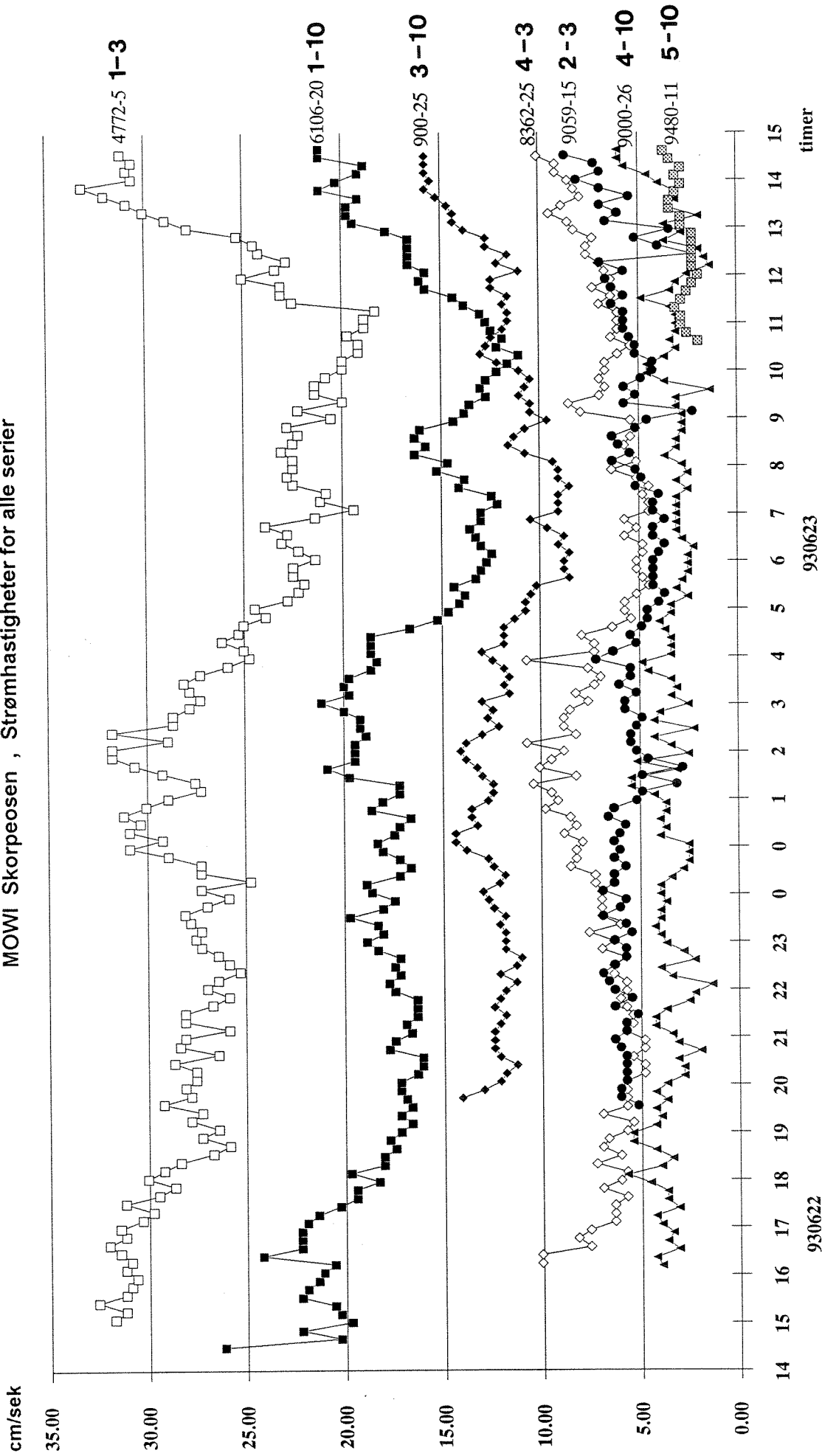


Figur 6 a Målte verdier for temperatur (øverst) og salinitet i riggposisjon 4, 3 m dyp i perioden 22/6 - 8/7 1993.



Figur 6 b. Målte verdier for temperatur (øverst) og salinitet i riggposisjon 4, 10 m dyp i perioden 22/6 - 8/7 1993.

MOWI Skorpeosen , Strømhastigheter for alle serier

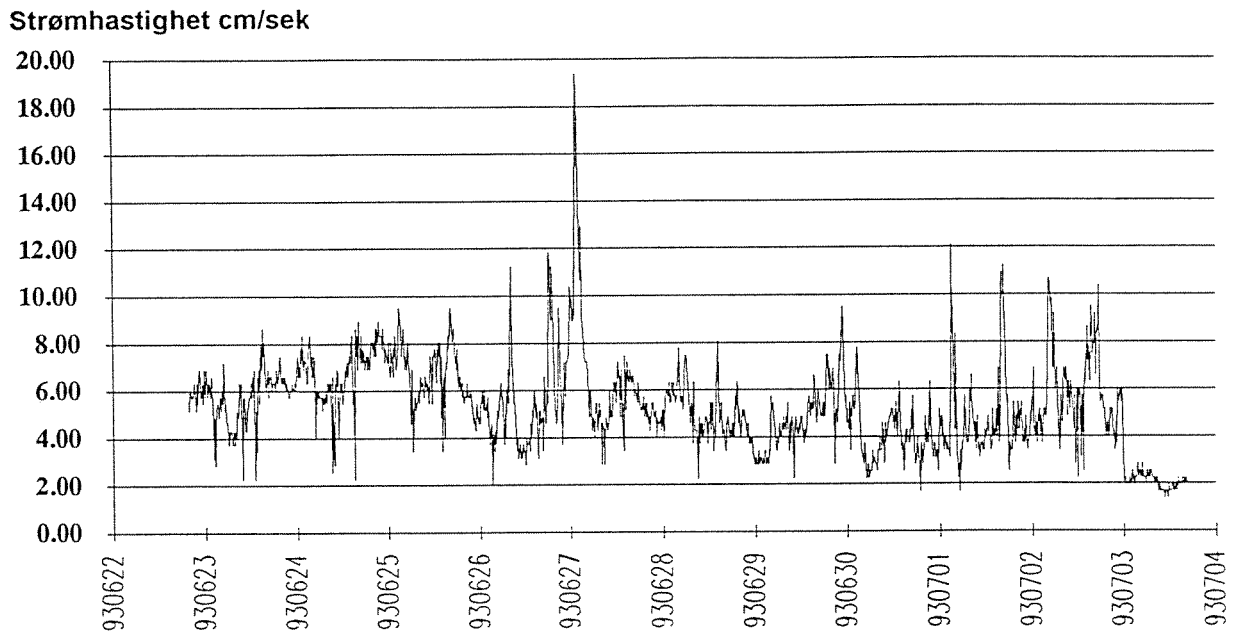


Figur 7. Målte tidsserier av gjennomsnittstrøm for alle tidsserier fra Skorpeosen gjennom 25 timer i perioden 22/6 - 23/6 - 94. Merk at seriene har noe ulik varighet.

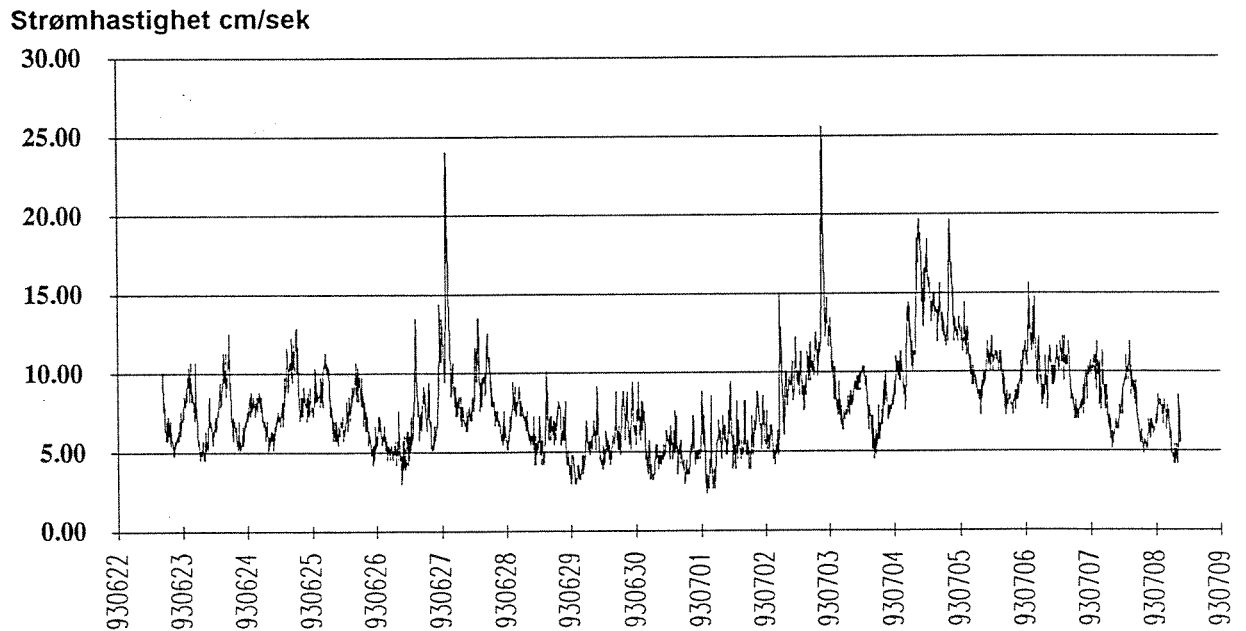
930622

930623

MOWI , Skorpeosen. Rigg 2 , 9059-15 , ( 3 m. dyp )



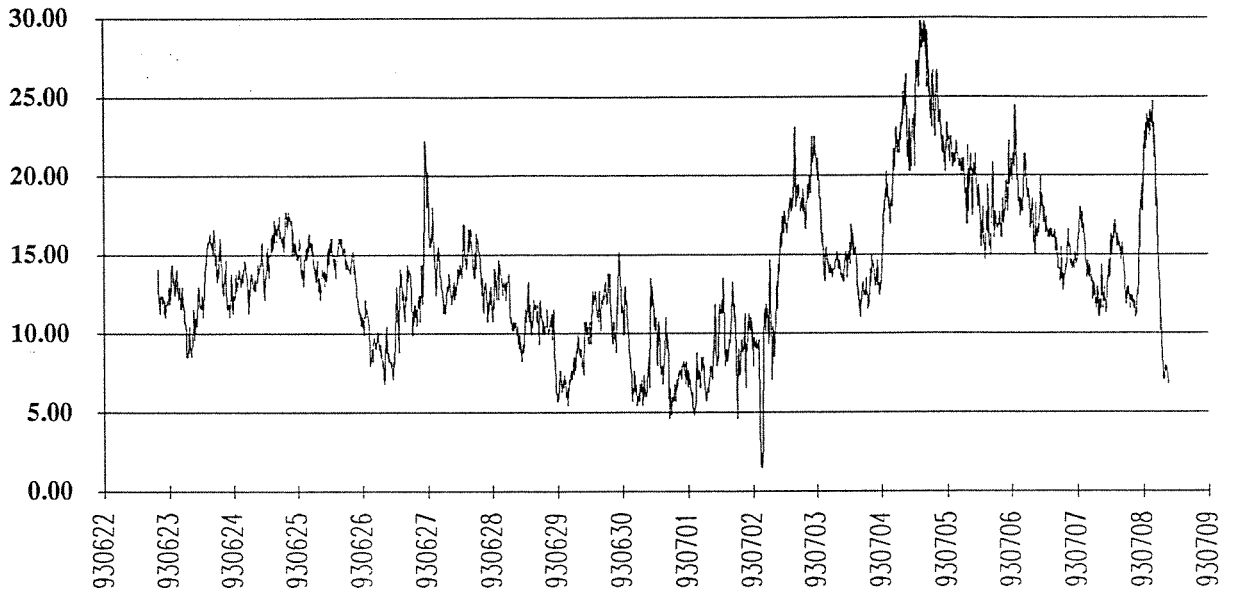
MOWI , Skorpeosen. Rigg 4 , 8362-25 , ( 3 meters dyp )



Figur 8 a. Målte tidsserier av strømstyrke i 3 m dyp, posisjon 2 og 4. Merk at seriene har noe ulik varighet.

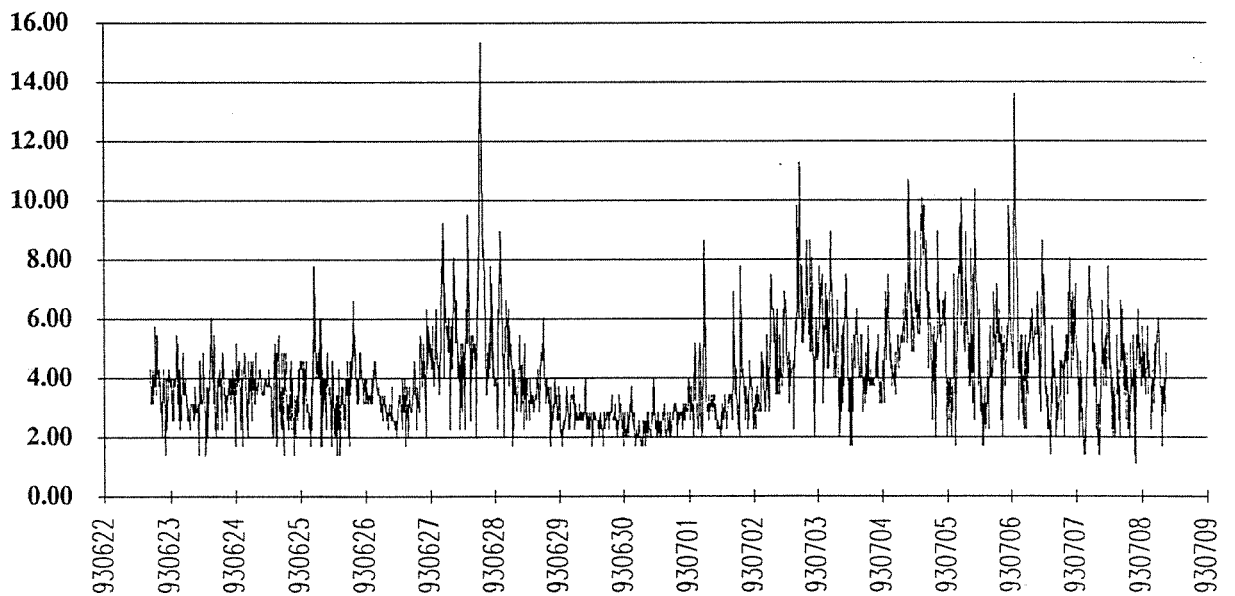
MOWI , Skorpeosen. Rigg 3 , 900-25 , ( 10 meters dyp )

Strømshastighet cm/sek



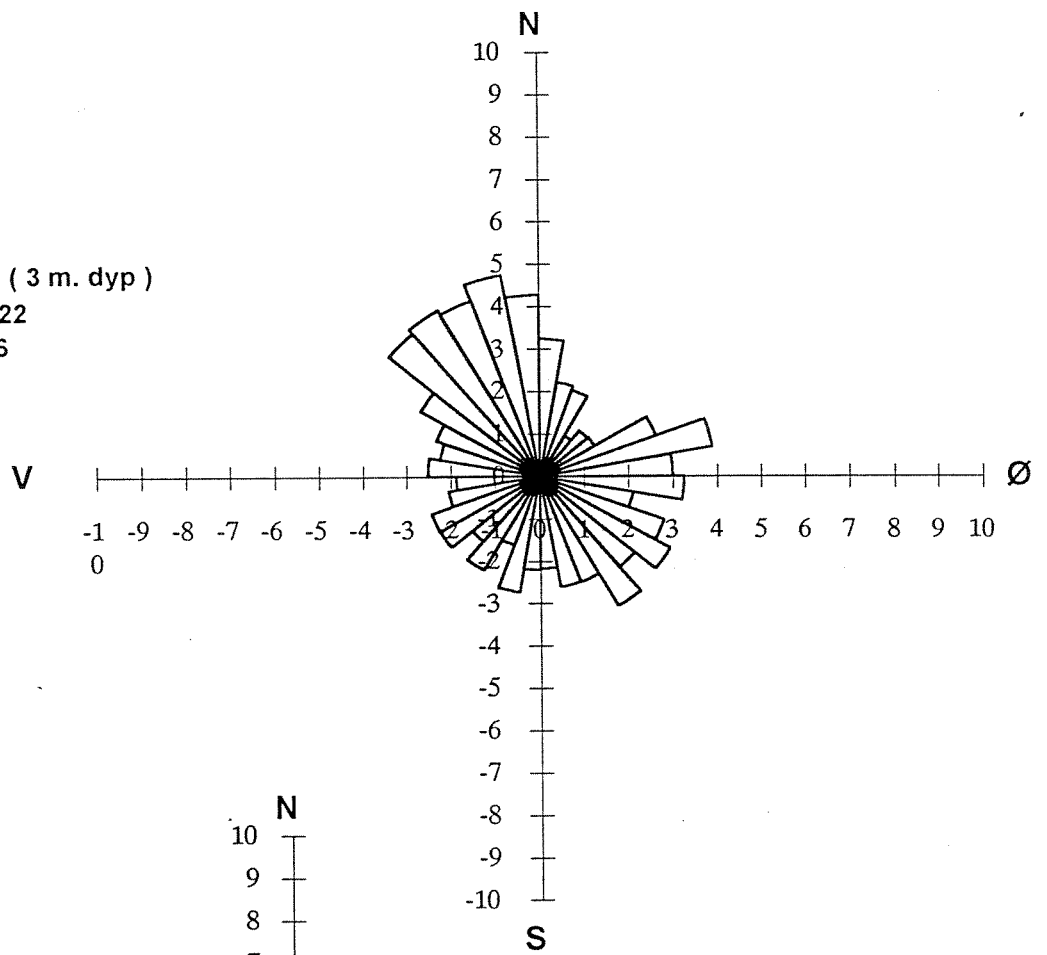
MOWI , Skorpeosen. Rigg 4 , 9000-26 , ( 10 m. dyp )

Strømshastighet cm/sek

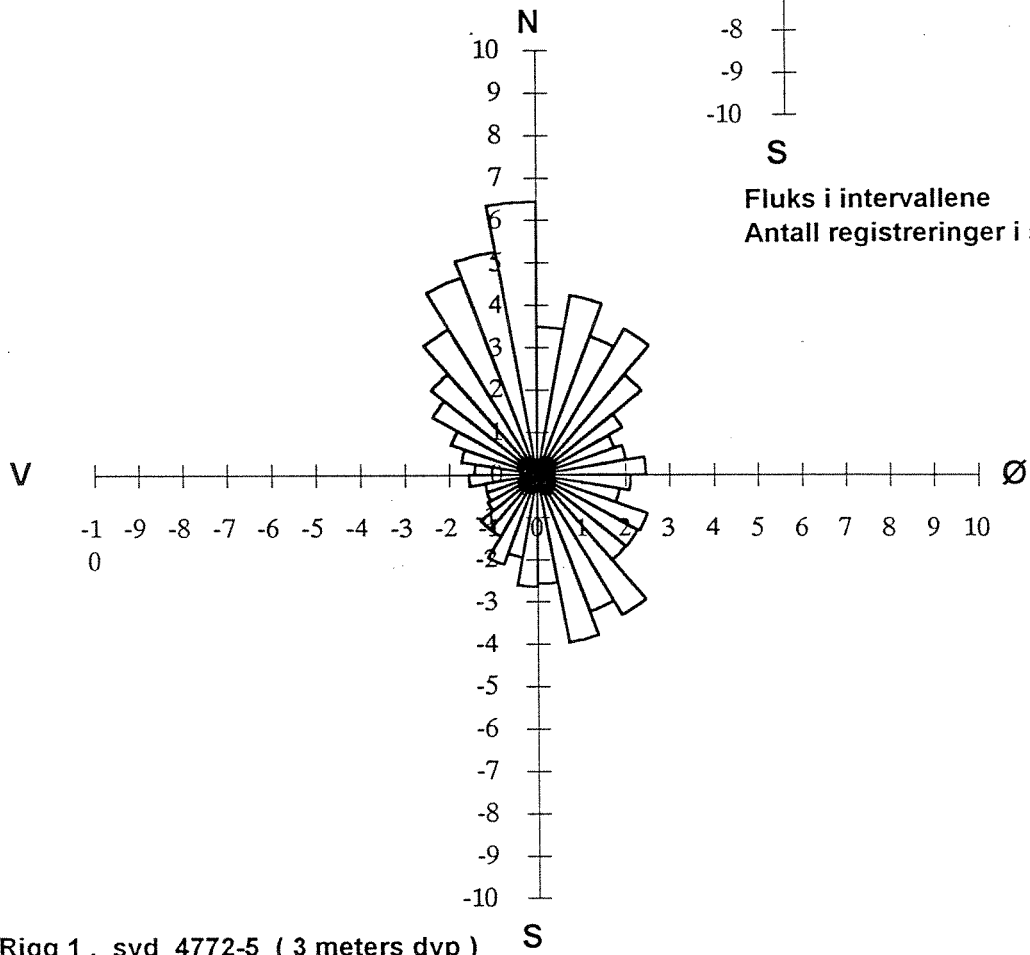


Figur 8 b. Målte tidsserier av strømstyrke i 10 m dyp, posisjon 3 og 4 i perioden 22/6 - 8/7 1993. Serien fra posisjon 3 viser ca 10% lavere verdier enn det reelle, p.g.a. feil kalibrering.

Rigg 4 , 8362-25 , ( 3 m. dyp )  
 Første dato : 930622  
 Siste dato : 930626



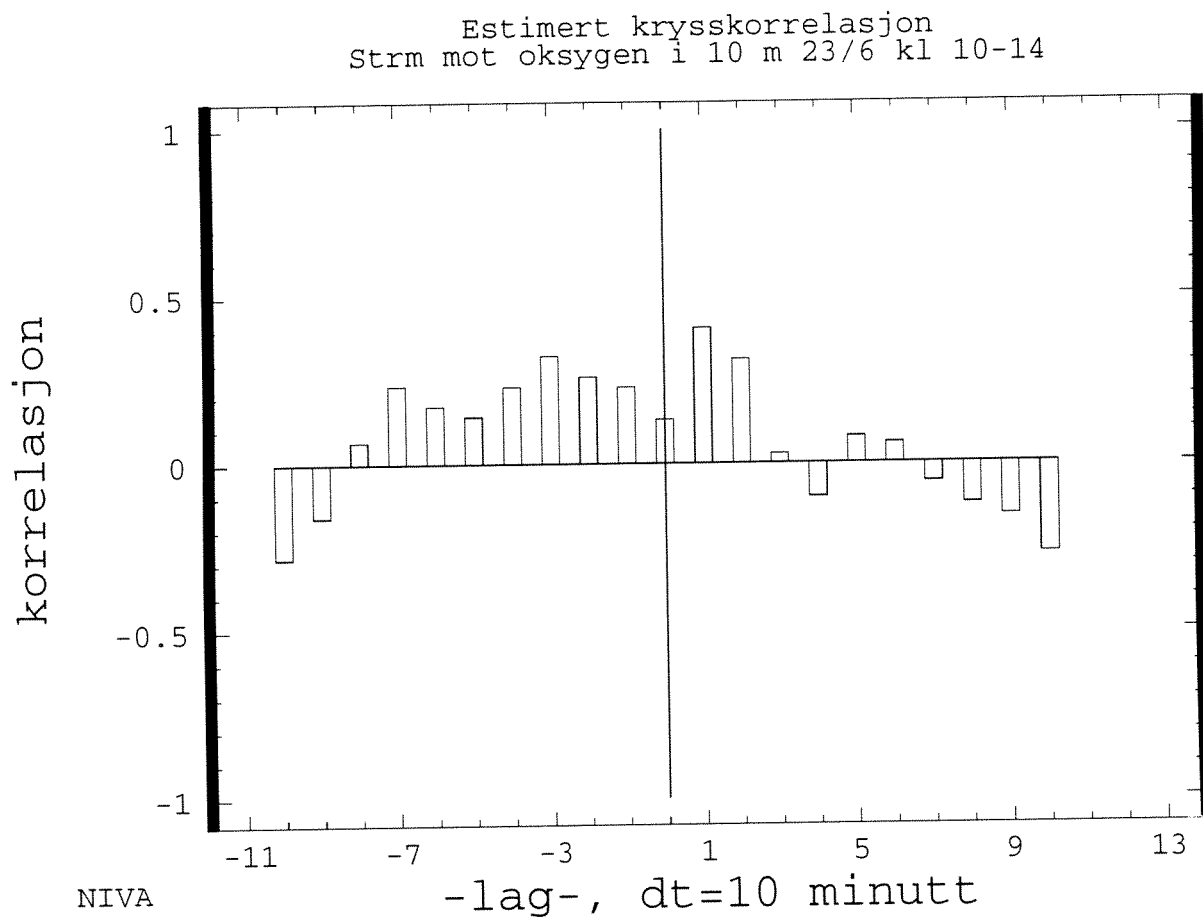
Fluks i intervallene  
 Antall registreringer i serien : 2260



Rigg 1 , syd 4772-5 ( 3 meters dyp )  
 Første dato : 930622  
 Siste dato : 930709

Fluks i intervallene  
 Antall registreringer i serien : 2262

Figur 9. Fluksroser for målt strøm i posisjon 1 og 4, 3 m dyp.



Figur 10. Resultat for kryss-korrelasjon analyse mellom strøm i 10 meter og oksygen i 10 m dyp, merd 1, 23/6 kl 10-14 1993.





**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2593-5