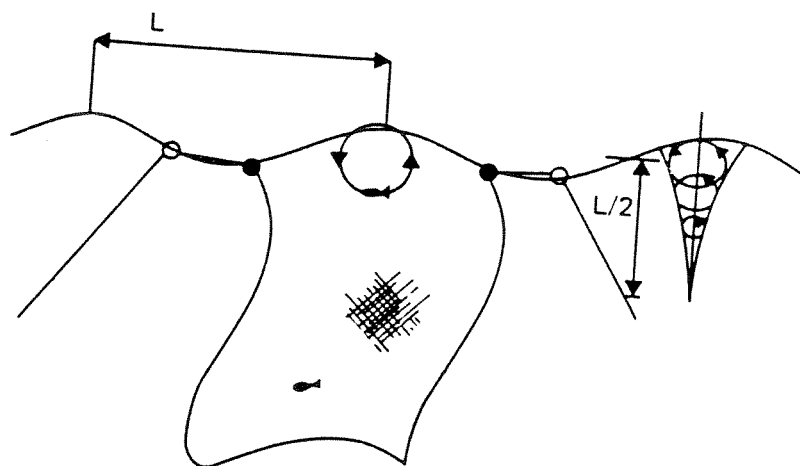


O-90006

Utvikling av miljøkontrollprogram for matfisk

PROSJEKT MB-89664/SAK B-292789

SLUTTRAPPORT



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-90006	Undernr.:
Løpenr.: 2709	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rapportens tittel: UTVIKLING AV MILJØKONTROLLPROGRAM FOR MATFISKANLEGG	Dato: 19.03.92	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Miljøteknologi	
Forfatter(e): Bjørn Braaten (NIVA) Halvor Hektoen (NIVA) Anders Stigebrandt (Ancyclus)	Geografisk område: Troms	
	Antall sider: 36	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Distriktenes utbyggingsfond, Norsk institutt for vannforskning	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
-------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Strøm, oksygen og vannutskifting ble undersøkt på to matfiskanlegg for laks i Troms i perioden 29. august til 4. september 1990. Det ble også tatt blodprøver av årets smolt over en periode på ett år for å studere klinisk-kjemiske endringer ved utbrudd av sykdom. Det ble funnet svake strømmmer i perioder med vindstille, men vertikale strømmmer forbedret vannutskiftingen. Oksygeninnholdet var tilfredsstillende selv ved svake og ikke registrerbare strømmmer. Det ble foreslått to metoder for reduksjon av strøm og vannutskifting i merdene. Resultatene viser at tidligere metoder for beregning av vannutskifting og oksygen er usikre.


4 emneord, norske

1. Akvakultur
2. Miljø
3. Helse
4. Vannkvalitet

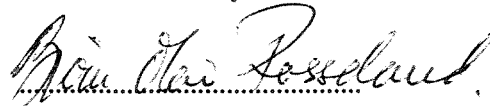
4 emneord, engelske

1. Aquaculture
2. Environment
3. Health
4. Water quality

Prosjektleder


Bjørn Braaten

For administrasjonen


Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-2070-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

SLUTTRAPPORT

PROSJEKT MB - 89664/SAK B - 292789

"UTVIKLING AV MILJØKONTROLLPROGRAM FOR MATFISKANLEGG".

PROSJEKTLEDER: Bjørn Braaten, NIVA

HOVEDMEDARBEIDERE: Halvor Hektoen (NIVA)
Knut Arne Pettersen (NIVA)
Børge Holthe (Akvaplan NIVA A/S)
Anders Stigebrandt (Ancylus, Gøteborg)

FORORD

Denne undersøkelse har hatt som formål å etablere kunnskap som kan benyttes i utvikling av miljø- og helsekontroll av oppdrettsanlegg. Prosjektet må sees som et ledd i en større undersøkelse av miljø og helseproblemer i oppdrettsnæringen, med hovedformål å drive anleggene på en trygg, sikker og lønnsom måte, gjennom praktiske råd og veiledning til oppdretter.

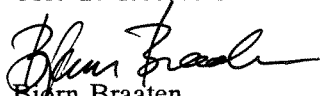
Prosjektet er finansiert av Distriktenes Utbyggingsfond med støtte av NIVAs interne forskningsmidler. De praktiske målingene er utført på de to oppdrettsanleggene Akvaprodukt A/S ved Roy Myrseth og Fagerlaks A/S ved Gunnar Fagerborg, og uten en villig støtte og hjelp fra anleggene ville ikke prosjektet kunne gjennomføres.

Statens Veterinære Laboratorium i Harstad og Veterinær Erik Engen Henriksen i den lokale veterinærtjeneste har hjulpet til med innsamling av blodprøver. Melica Moksnes ved Veterinærinstituttet har analysert prøver av blod og serum, og Børge Holte, AKVAPLAN - niva A/S har vært kontaktperson til anleggene og hjulpet til med feltarbeidet.

Alle instrumenter er kalibrert og satt i stand av NIVAs instrumentsentral og Knut Arne Pettersen og Bjørn Braaten har stått for feltarbeidet. Alle strømdata er behandlet av Anders Stigebrandt, Ancylus.

Halvor Hektoen har vært prosjektleder for helsedelen av prosjektet, Bjørn Braaten har vært ansvarlig for miljødelen. Sistnevnte har vært prosjektleder for hele prosjektet. Rapporten er skrevet av Bjørn Braaten, Halvor Hektoen og Anders Stigebrandt.

Oslo 17 februar 1992.


Bjørn Braaten

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	1
0. SAMMENDRAG	3
1. INNLEDNING	5
2. ORGANISERING AV PROSJEKTET.	7
3. MATERIALE OG METODER	8
4. KORT BESKRIVELSE AV ANLEGG	8
5. RESULTATER.	11
5.1 MILJØUNDERSØKELSER	11
5.1.1 STRØMMÅLINGER HOS AKVAPRODUKT A/S	11
5.1.2 OKSYGENMÅLINGER HOS AKVAPRODUKT A/S	12
5.1.3 STRØMMÅLINGER HOS FAGERLAKS A/S	12
5.1.4 OKSYGENMÅLINGER HOS FAGERLAKS A/S	14
5.1.5 BESTEMMELSE AV REDUKSJONSFAKTOREN FOR GJENNOMSTRØMNING VHA. STRØMVEIMETODEN	15
5.1.6 UTNYTTELSE AV TIDEVANNSTRØMMEN FOR Å BESTEMME STRØMREDUKSJONEN I ET ANLEGG.	16
6. DISKUSJON OG KONKLUSJON AV MILJØDATA	16
7 KLINISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER	18
7.1 RESULTATER KLINISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER	18
8 DISKUSJON OG KONKLUSJON AV HELSEDATA	19
9. TABELLER	20
10. FIGURER	25

0. SAMMENDRAG

Vannutskiftning, strøm og oksygenforhold er blitt undersøkt på to anlegg i Troms på den mest kritiske perioden i året, med vindstille, høy sjøtemperatur og lite strøm. I tillegg er det blitt tatt blodprøver av smolt gjennom et helt år for å følge utviklingen i klinisk-kjemiske parametere ved eventuelle sykdomsutbrudd. Formålet med undersøkelsen har vært å få bedre kunnskapsgrunnlag for å utvikle miljøkontrollprogrammer/modeller i fiskeoppdrett.

Gjennom tidligere undersøkelser er det utviklet enkle modeller for miljøbelastning, strømforhold i et merdanlegg og oksygenbalanse/bæreevne i anlegg. Modellene har ikke kunnet gi en tilfredstillende beskrivelse av vannmiljøet og knytte dette til fiskens helsetilstand. Undersøkelsen har ikke omfattet effekter fra sedimenter og anleggets daglige drift.

Det har blitt benyttet kontinuerlig registrerende instrumenter, og alle måleserier er logget og lagret ved hjelp av en bærbar PC. Informasjoner om fiskebeholdning, foring, stell og vannmiljø gjennom året er foretatt av oppdretter.

Anlegget, Akvaprodukt A/S, som ligger i den indre del av Hesfjord på 6 - 13 m dyp nær land, har ikke regulære strømmen som skifter hver 6 time i takt med tidevannet. Strømmene ved anlegget varierte hyppig i styrke og retning og det var lange perioder med ikke registrerbar strøm (45 -100 %). Undersøkelsene tydet på at anlegget ble utsatt for tredimensjonale korte hvirvler som ble transportert forbi anlegget og sannsynligvis generert av den sterke tidevasnstrømmen lenger ute i sundet. I merdene ble det påvist kraftige vertikale strømmen som beveget seg vekselvis oppover og nedover, med en gjennomsnittlig oppadgående vertikal komponent. Selv om strømforholdene tilsynelatende var langt dårligere enn tidligere antatte minstekrav for en lokalitet, var oksygenforholdene tilfredstillende og høyere enn en kritisk verdi på 7 mg O₂/l. Vi antar at de vertikale strømmene er en del av forklaringen på det høye oksygeninnholdet i merdene. Påvisning av kraftige vertikale strømmen i oppdrettsmerder er nytt og ikke tidligere beskrevet.

Det andre anlegget Fagerlaks A/S, ligger fritt på sjøen 60 m fra land i en innbuktning av Lyngenfjord. Under anlegget skråner bunnen ut mot 60 m. Anlegget er eksponert mot sydlig vind , men er beskyttet av bølgebrytere. Det ble ikke påvist målbare strømmen i overflatelaget (2 m dyp) i fra 8 - 55 % av måleperioden. Hovedstrømmen gikk parallellt med anlegget og skyldes sannsynligvis en sterk nord-syd vindkomponent og at fjorden ligger i samme retning. Anlegget bremses på strømmen og skaper et meget variabelt strømbilde. Ved svake strømmen er det vanskelig å påvise en dominerende strømetning. Det ble også her påvist kraftige vertikale strømmen, som vi antar skyldes at når anlegget bremses for strømmen, tvinges de horisontale strømmene til å forandre retning og presses blant annet under nøtene. Oksygenforholden var tilfredstillende og bare unntaksvis ble det målt verdier ned mot 6.5 mg O₂/l.

Det er utviklet to metoder for å bestemme anleggets reduksjonsfaktor for strømmen i området, strømvegmetoden og tidevannsmetoden. Reduksjonsfaktoren for Fagerlaks A/S ble beregnet til 0.4 ved strømvegmetoden. Det betyr at strømmen reduseres med 60 %. Tilsvarende analyse for Akvaprodukt A/S var 0.5 og 50 % reduksjon av strømmen. Ved hjelp av Aanderaa strømmålere kan en også bestemme svake tidevannstrømmen og derved reduksjonsfaktoren for et anlegg. Vår analyseperiode var for kort til en grundig analyse.

Undersøkelsene bekreftet at utskiftningsmekanismene for vann i et oppdrettsanlegg er betydelig mer kompliserte enn tidligere modeller har forutsatt. Dette betyr at tilfeldige oksygenmålinger kan være vanskelig å tolke korrekt, og hvis disse benyttes i modeller kan dette føre til feilaktige

konklusjoner.

De klinisk-kjemiske undersøkelsene av blod og serum viste at fisk som fikk kaldtvannsvibriose fikk svært avvikende verdier for en rekke kjemiske parametere i blod og serum. Verdiene indikerte at noe var galt lenge før oppdretter kunne påvise at fisken var syk. Merder med fisk som hadde avvikende blodparametere hadde litt høyere svinn/tap enn øvrige merder før sykdommen brøt ut. Selv om materialet er lite har det gitt meget verdifulle og interessante indikasjoner på at endringer i en rekke blodparametere kan gi signaler om at fisken kan få et snarlig sykdomsutbrudd.

Praktiske konsekvenser for anleggene.

Undersøkelsene viser at tidligere modeller og beregninger for vannutveksling i strømsvake og vindstille perioder er beheftet med stor usikkerhet. Slike perioder er de mest kritiske for et anlegg og er derfor særlig viktig å undersøke.

Alle anlegg som har hatt problemer med tilvekst og appetitt på fisken i sommerhalvåret bør gjennomføre spesialundersøkelser for å kartlegge utskiftingsforholdene på lokaliteten. Det bør benyttes Aanderaa strømmålere eller tilsvarende målere som kan registrere svake strømmer over perioder på minst 14 dager.

I tillegg bør anlegg benytte kontinuerlig registrerende oksygensonder å måle regelmessig i anlegget. Det er viktig at målingen foretas på bestemte steder innenfor og utenfor merdene. Målingene bør gjøres i nøter med høyest biomasse og det bør måles på i overflaten og nær bunnen, i sentrum av nota. Det beste er å foreta en måling over en periode på ett eller flere døgn ved hjelp av en datalogger.

Ved å måle på de mest kritiske perioder av året (august-september), og i vindstille perioder, får oppdretter informasjon om lokalitetens bæreevne og kvalitet.

Strømmålingene vil gi viktige informasjoner om vannutskiftningen og kan sammen med andre miljødata, som sedimentstudier og anleggsdrift, benyttes til beregning av lokalitetens kapasitet og totale bæreevne. De vil også gi viktige informasjoner om dominerende strømretning og veilede oppdretter om vridning/justering av anleggets hovedakse og plassering.

Forekomsten av vertikale strømmer på en lokalitet er viktig med hensyn til mulig transport av oksygenfattig og H₂S-holdig vann fra bunnen og opp i merden. I tillegg kan en vertikal strøm føre med seg organiske partikler og patogener (bakterier og virus) fra overflatesedimentet. På dype lokaliteter vil forekomsten av vertikale strømmer være positivt og bedre forholdene i ellers kritiske perioder. Vertikale komponenter kan måles ved hjelp av en ultralyd strømmåler som måler i tre dimensjoner. De kan også registreres ved å benytte oksygensonder. Ved måling av oksygen bør flere sonder benyttes simultant over en periode på 1-2 døgn.

Selv om undersøkelsen har gitt god innsikt i strøm- og vannbevegelsene ved svake vind- og strømsituasjoner, er ikke tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne uttale seg mer generelt om strøm og vannutveksling. Det er også for tidlig å utvikle nye modeller før fenomenene med vertikale strømmer og effekt av svake vinder er beskrevet nærmere. Der er derfor behov for betydelig flere undersøkelser, som dekker flere ulike lokaliteter og andre geografiske områder.

De klinisk-kjemiske undersøkelsene har gitt veterinærer indikasjoner på mulige blodparametere som kan følges for å påvise mulige framtidige sykdomsutbrudd.

1. INNLEDNING

De fleste matfiskoppdrettere har større eller mindre miljøproblemer på anlegget i løpet av året. Når vannstrømmen er svak eller uregelmessig kan det være behov for å flytte anlegget. For mange anlegg kan det være behov for mindre justeringer, som vridning av anlegget, spredning av merdene for å bedre vannutskiftningen i anlegget. Alle vil ha behov for regelmessig tilsyn med miljøforholdene gjennom stikkprøver av oksygenforholdene eller kontroll av bunnforholdene, for å se om det utvikles metan/H₂S gass under anlegget.

Problemene merkes ved at laksen får redusert appetitt og vokser dårlig på sensommeren og første del av høsten. Denne tid sammenfaller med høye sjøtemperaturer og perioder med lite vind og lange perioder med svak strøm.

Disse periodene er svært kritiske for fisken og det kan lett oppstå stress og sykdommer som følge av et dårlig miljø. NIVA ønsket å følge utviklingen på utvalgte anlegg i denne perioden for å kontrollere utviklingen på anleggene. NIVA har tidligere arbeidet med registrering av miljøet på oppdrettanlegg gjennom tallrike besøk på anlegg gjennom mange år. Det ble etterhvert klart at det var behov for et dataprogram som kunne beregne de viktigste miljøparameterene på anlegg. Før et slik program kan utvikles er det nødvendig å ha detaljert kunnskap om hva som skjer i vannmassene på anlegget i kritiske perioder med liten vannutskiftning.

Anders Stigebrandt har i tidligere samarbeid med NIVA utviklet 3 modeller for henholdsvis miljøbelastning av næringssalter og organisk stoff, beregning av strøm og oksygen ved horisontal vanntransport, og beregning av tilvekst, forforbruk og svinn i relasjon til fiskemengde, oppdrettsvolum, temperatur, oksygeninnhold og saltholdighet. Modellene er egnet til en grov modellering av forholdene og etterberegning av endel resultater, men var ikke ferdig utviklet til et miljøkontrollprogram.

Et miljøkontrollprogram bør beskrive både forholdene i vannmassene og ved bunnen. I foreliggende undersøkelse har vi valgt å konsentrere studiene til utskiftning av vann og oksygenforhold. Forhold på bunnen under og rundt anlegget, samt drift og rutiner ved anlegget vil også i stor grad påvirke miljøet og resultatene, men ble begrenset til å omfatte effekter på fiskens helsesituasjon.

Problemet med å beskrive vannutskiftningen i en merd i sjøen kan deles i to deler. Den første delen må beskrive hvordan strømsituasjonen er på en gitt lokalitet, gjennom målinger og analyser. Den andre delen må beskrive hvordan anlegget selv modifierer det normale strømmønsteret gjennom merdene.

Fisken i anlegget får oksygen fra det omgivende vann som strømmer forbi. Gode strømforhold er derfor av avgjørende betydning for fiskens helse, appetitt og tilvekst.

For at en oppdretter skal opprettholde optimale forhold på en valgt lokalitet er det nødvendig å kjenne strømforholdene både i området og etter innstallering av anlegg. De fleste oppdrettere mangler skikkelige målinger, og generelt kan det sies at kunnskap om strøm og utskiftning av vann i en oppdrettmerd/anlegg er mangelfullt beskrevet og lite kjent.

Ved de fleste strømundersøkelser benyttes en standard beskrivning av strømdata, der sannsynligheten for strømstyrke i ulike hastigheter angis. De fleste målinger strekker seg over noen dager fra tilfeldig valgte perioder på året.

Fordi fisken trenger kontinuerlig oksygen er det innlysende at lengre perioder med svake strømmer eller helt strømsstille kan være svært skadelig for fiskens helse. I en beskrivelse av strømforholdene på en lokalitet bør en derfor også ta med frekvensen av perioder med strømsstille av ulik varighet.

Det er også sannsynlig at fiskens egenbevegelser og anleggets spesielle beskaffenhet påvirker strømforhold og utskiftningsmekanismer.

Det primære formålet med delprosjekt A, Miljø var å gi en detaljert beskrivelse av vannbevegelsene og utvikling av oksygenforholdene i to oppdrettsanlegg. Hvis endringene kan beskrives kvantitativt vil neste skritt være å lage en modell som kan etterprøves på andre anlegg.

Undersøkelsen ble derfor planlagt i tre trinn. Første trinn skulle gi en kvantitativ beskrivelse av strøm og oksygenforhold på lokaliteten. Det forutsatte at målingene gav en dekkende beskrivelse av forholdene på lokaliteten. Andre trinn skulle omfatte en analyse av data, og en justering av opplegget med etterfølgende supplerende undersøkelser. Tredje trinn skulle omfatte utviklingen av en modell som beskriver prosessen på et anlegg.

Det er anerkjent viten at mange av de sykdommene som inntreffer i norsk fiskeoppdrett har en sammensatt årsaksammenheng, hvor oppdrettsmiljøet og ytre påvirkninger ofte er en utløsende faktor. Tap i forbindelse med sykdomsangrep varierer fra anlegg til anlegg og det er mye som tyder på at miljøforholdene har avgjørende betydning for omfanget og tap ved et sykdomsbrudd.

Så lenge anleggene drives på en forsvarlig måte, og det ikke foreligger åpenbare miljøproblemer forventes normal tilvekst og produksjon. Delprosjekt B, Helse/sykdomsregistreringer ble lagt inn i prosjektet for å fange opp de gradvise eller pluselige endringer som finner sted i fisken før et eventuelt sykdomsutbrudd inntreffer. Disse endringer forventet vi å finne i fiskens blod og/eller serum. På begge anlegg ble det derfor samlet inn blodprøver fra en gruppe fisk som omfatter tidspunktet fra utsetting av smolten og videre gjennom et helt år.

På begge anlegg ble det registrert tilvekst, forforbruk og svinn, samt løpende kontroll av temperatur og salinitet. Disse observasjoner ble fullt og helt basert på oppdretters egne rutineobservasjoner, og supplert av en regelmessig veterinærkontroll.

2. ORGANISERING AV PROSJEKTET.

Prosjektet ble diskutert på et møte i Tromsø 16 februar 1990 med Troms oppdretterlag ved sekretær Stein Ivar Antonsen og styrerepresentant Roy Myrset, Biotec ved Åshild Johnsen og Havbruksstasjonen ved Jan Raa. Ønsket var å koordinere dette prosjektet med andre planlagte aktiviteter i regionen og ved prosjekter som har fått DU-støtte.

Det ble også avholdt et møte med Plan - og Utbyggingsavdelingen i Troms og konsulenten for rettleiing og kontroll i Tromsø, der planene for prosjektet ble lagt fram.

Prosjektet har vært et samarbeidsprosjekt mellom Norsk Institutt for Vannforskning - NIVA, Niva, Nord-Norge (nå Akvaplan NIVA A/S) og professor Anders Stigebrandt, Ancylus, Gøteborg.

Prosjektet har bestått av to delprosjekter, A Miljø og B, Helse/sykdomsregisteringer i matfiskanlegg.

Forskningsleder Bjørn Braaten, NIVA har vært prosjektleder, og ansvarlig for delprosjekt A, mens Halvor Hektoen har vært ansvarlig for delprosjekt B.

Delprosjekt A. Miljø - Utskiftning av vann og oksygen i merder
Prosjektleder: Bjørn Braaten

Delprosjekt B. Helse/Sykdomsregistreringer i matfiskanlegg- Klinisk kjemiske undersøkelser på smolt i ett år.
Prosjektleder: Halvor Hektoen

De praktiske undersøkelsene på anleggene er utført av NIVA ved Bjørn Braaten og Knut-Arne Pettersen med assistanse av Børge Holthe Akvaplan niva A/S. Alle instrumenter ble kalibrert og kontrollert av Knut Arne Pettersen.

Prøver av blod og serum av smolt ble tatt av NIVA ved inspeksjoner og senere fulgt opp av Børge Holte og distriktsveterinær. Prøvene er analysert på Veterinærinstituttet.

Alle strømndata ble grovbearbeidet på NIVA og sendt til Anders Stigebrandt for analyse. Oksygendata er behandlet på NIVA og analysert av Bjørn Braaten.

Informasjoner fra drift på anleggene er gitt av Roy Myrseth, Akvaprodukt A/S og Gunnar Fagerborg, Fagerlaks A/S.

Børge Holthe Akvaplan-niva A/S har hatt løpende kontakt med anleggene.

For å sikre god kontroll over anleggsdrift fikk begge anlegg benytte dataprogrammet "Salmon" som er utarbeidet av Anders Stigebrandt. Akvaprodukt A/S hadde datamaskin, mens Fagerlaks fikk leie utstyr av NIVA.

3. MATERIALE OG METODER

Målingene ble utført i perioden 29 august - 4 september i 1990. Før selve måleperioden ble det foretatt to befaringer på anleggene for å detaljplanlegge forsøkene. Det ble også tatt korte prøveserier av strøm og det ble utført test av en prototype på en nyutviklet strømmåler.

Ved andre besøk ble det arrangert et møte i Tromsø, og gitt instruksjoner i bruk av dataprogramet "SALMON" som et hjelpemiddel for å optimalisere driften i anleggene.

På hvert anlegg ble det benyttet 5 Aanderaa og 3 Gytre automatiske rotor-strømmålere, som ble plassert i og utenfor anleggene (figur 1 og 2). I tillegg ble det benyttet en transportabel ultralyd strømmåler (UCM) som kunne måle strøm i et tredimensjonalt mønster. Oksygen ble målt med 4 kontinuerlig registrerende sonder som var koblet til en monitor. UCM-målinger av strøm og oksygen ble logget og lagret på en transportabel datamaskin. Alle strømmålinger ble også logget kontinuerlig.

En automatisk værstasjon registrerte retning og hastighet til vind såvel som tidevannsnivå.

Alle blodprøver ble tatt på levende fisk, og serum ble sentrifugert på stedet og frosset ned for senere analyse. Det ble målt hematokrit ved hjelp av en .

4. KORT BESKRIVELSE AV ANLEGG

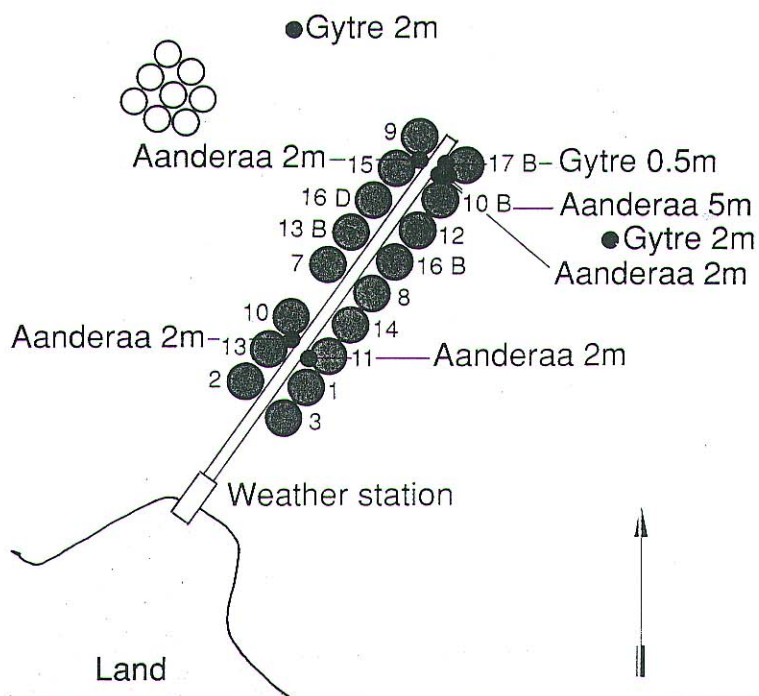
Akvaprodukt A/S

Akvaprodukt A/S er et anlegg på 12 000 m³ som er forbundet til land med en flytebrygge i stål (figur 1). På hver side av hovedbryggen ligger en rekke av flytemerder av standard størrelse (40 m i omkrets). Anlegget strekker seg fra land i nordøstlig retning ut mot indre del av Hesfjord. Lokaliteten er grunn (6 - 13 m dyp), men åpen mot fjorden. Tidevannsforskjellen er ca. 2.5 meter.

Anlegget hadde ca. 130 000 fisk fordelt på 3 årsklasser. I april var bestanden på ca. 166 tonn. Gjennomsnittelig fisketetthet gikk sjelden over 26 kg/m³. Forfaktor ble oppgitt å være ca. 1.5. For stor fisk og hele livsyklus ble forfaktor estimert til 1.7 - 1.8. Det ble benyttet en blanding av tørrfor og mjukpellet (pelletmix, sildemel, loddeolje, vitaminer og vann (35%)). All fisk ble sortert 2 ganger til fisken var 1.5 kg, og det ble tatt hyppige vektprøver underveis.

Temperaturen på anlegget varierte fra 3.2 oC (min) til 10 oC (maks). Tilveksten fra utsetting i mai/juni til slakt andre år (desember) er normalt 3.2 kg.

Anlegget hadde tidligere fått utført strømmålinger av Akvaplan A/S i april 1988. Konklusjon fra målingene var at lokaliteten ligger i et område som ikke har noen dominerende strømretning, og at strømstyrken var sjelden høyere enn 4 - 5 cm/sek. Oksygenmålingene gav tilfredsstillende verdier (95 - 100 % metning.). Anlegget har vært i drift i ca. 10 år.



Figur 1a Oversikt over matfiskanlegget Akvaprodukt A/S med plassering av strømmålere.



Figur 1b Akvaprodukt A/S, med oversikt fra land og ut over anlegget.

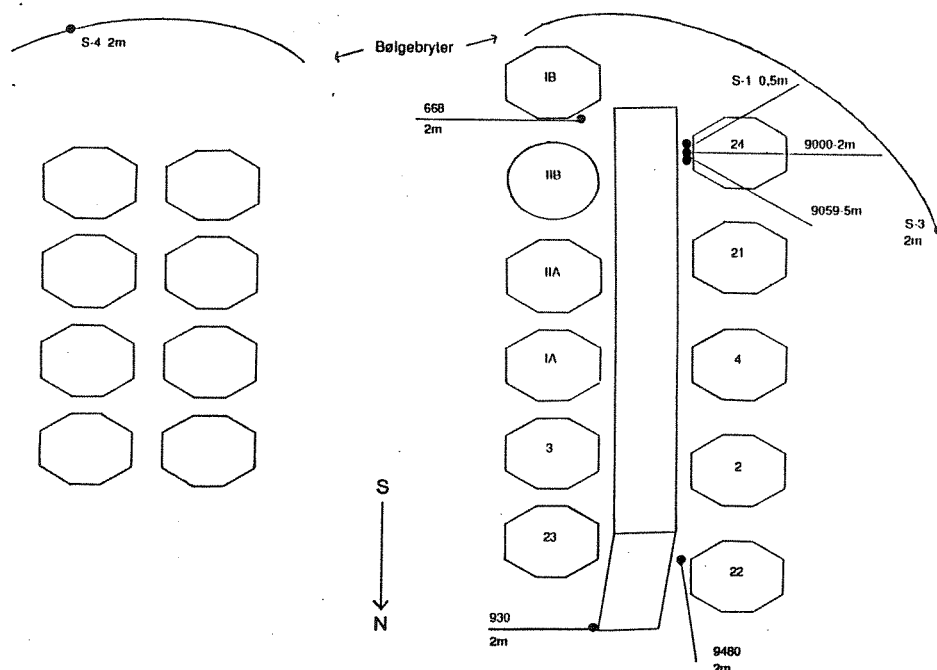
Fagerlaks A/S

Fagerlaks A/S er et anlegg på 12 000 m³, som ligger fritt på sjøen uten adgang til land. Det ligger imidlertid nær land (ca. 60 m) hvor bunnen skråner ut mot større dyp. Ca. 220 m fra land er dypet 37 m hvor bunnen flater ut. Anlegget ligger i en innbuktning av den store Lyngen fjord, beskyttet av nordlig og østlig vind, men eksponert til vind fra syd og vest (figur 2).

Anlegget er fordelt på tre enheter, et smoltanlegg som ligger ca. 500 m lenger øst, og to oppdelte matfiskanlegg. Den ene delen besto av 8 merder som var fortøyd i to parallelle rekker uten midtbrygge, mens hovedanlegget besto av en midtbrygge i tre med en rekke av merder på hver side. Hver merd er 8 kantet med flytepongtonger med åpninger i mellom. Merdene er 40 meter i omkrets og 5 meter dype. Anlegget ligger i nord-syd retning. Utenfor merdene er plassert to bølgebrytere i en halvmåneform for beskyttelse mot uvær. I april hadde anlegget 112 000 fisk.

Anlegget har selv beregnet en forfaktor fra 1.2 - 1.4 og en tilvekst fra 90 gram, ved utsetting i juli til 3400 gram i november andre år. En annen gruppe laks, som ble satt ut i juni ble 2700 gram i november andre året. Temperaturene varierte fra 2.0 (min) til 12.7 (maks). Det er ikke målt strøm på anlegget tidligere. Det har vært få problemer, lite svinn og dødlighet og få sykdomsproblemer. Hitrasyke ble påvist i 1987 (3-4% dødlighet). Tettheten i anlegget er ca. 25 - 30 kg/m³.

Bunnen består av sand og grus, og kontrolleres av froskemann hvert år. Produksjone på anlegget har variert fra 130 - 270 tonn pr. år. Anlegget startet produksjonen i 1987.



Figur 2. Oversikt over matfiskanlegget til Fagerlaks med plassering av strømmålere. Bare nr. betegner Aanderaa måler, S nr. er Gytre strømmåler.

5. RESULTATER.

Alle resultater er gitt en foreløpig behandling. De vil senere bli gjenstand for en mer kritisk analyse med tanke på publisering i et internasjonalt tidsskrift.

5.1 MILJØUNDERSØKELSER

5.1.1 STRØMMÅLINGER HOS AKVAPRODUKT A/S

Målingene ble foretatt fra 28 - 31 august 1990 i en periode preget av sol og vindstille. Det var en særdeles rolig periode (figur 3 a) og spesielt gunstig med tanke på valg av en representativ periode med dårlige miljøforhold.

Strømmålerne viste ikke utslag i 45 - 100% av måleperioden. Det ble ikke påvist regulære strømmen som skiftet retning hver 6 time. De registreringer som ble gjort av strøm viste stor variasjon i amplitude og retning. Dette er typisk for korte hvirvler som transporteres forbi anlegget (figur 3 b). Dannelsen av tredimensjonale hvirvler ble bekreftet av UCM-målinger som viste at de besto av like sterke horisontale og vertikale komponenter. Dette tyder også på at diameteren til hvirvlene ikke er større enn vanddyppet.

Nye tidsserier ble beregnet ut i fra antall strømmålinger som ble registrert over målerens terskelverdi. For Aanderaa-målerne er kritisk verdi ca. 1.2 cm/sek, og for Gytremålerne ca. 2cm/sek. Ultralydmåleren registrerer strømmen ned til mmm/sek. Det ble utført en spektralanalyse på den nye serien, og det viste seg at alle 6 målere i 2 m dyp hadde store toppe ved daglige og halvdaglige perioder (figur 3 c og figur 4). Dette tyder på at hvirvlene dannes av tidevannet, og sannsynligvis av den sterke tidevannstrømmen i Langsundet når tidevannet treffer bunnen. Når dette skjer skapes det hvirvler som transporteres innover i fjorden og mot anlegget (figur 5).

Figur 6 viser at det ble funnet store variasjoner i oksygeninnholdet nær bunnen av merdene. Dette vises av kurve 18 på figur 6. Vi antar at dette skyldes sterke vertikale innstrømninger av vann. Denne konklusjonen ble bekreftet av simultane UCM-målinger som viste en samvariasjon mellom vertikal hastighet og variasjoner i oksygeninnhold (figur 7). Den gjennomsnittelige vertikale hastigheten var ca. 5 mm oppover. Dette antar vi skyldes effekter av fiskens bevegelser eller av anlegget selv.

De sterke vertikale bevegelsene ble observert i flere merder gjentatte ganger. Etter noen minutter snudde retningen fra oppover til nedover eller omvendt. Vi antar at det er de tredimensjonale hvirvlene som er opphavet til de sterke vertikale strømmene.

Strømvegmeteren (som beskrives i punkt 6.1) har blitt applisert på målingene fra 2 m dyp i og utenfor Akvaproduktets anlegg. Gytremålerne er plassert utenfor anlegget og Aanderaamålerne inne i anlegget. I dette anlegget var såkalte nullregistreringer enda hyppigere forekommende enn i Fagerlaks anlegg. Dette medfører en større usikkerhet i metoden. Resultatene er presentert i tabell 1. Midlere strømveg utenfor og inne i anlegget er henholdsvis 5060 og 2410 m. Dette gir en reduksjonsfaktor på litt i underkant av 0.5.

5.1.2 OKSYGENMÅLINGER HOS AKVAPRODUKT A/S

Det ble foretatt en rekke måleserier på tvers av anlegget for å beregne reduksjonen i oksygenforbruk innenfor og utenfor merdene. I disse seriene antok vi at strømmen beveget seg parallellt med land i takt med tidevannet. Seriene startet ytterst på bryggen (merd 9 og 17) og deretter ble det tatt snitt midt på anlegget (merd 16 b og 7) og nær land (merd 11).

I alle måleserier var oksygeninnholdet høyest på den sydøstlige side og ca. 1 - 1.5 mg O₂/l høyere enn på den nordvestlige side av anlegget. I enkelte måleserier ble oksygeninnholdet redusert med ca. 2 mg/l. Alle målere viste grovt sett samme innebyrdes variasjoner. Raske endringer i oksygeninnholdet ble registrert både innenfor og utenfor merdene, men alle verdier lå godt over en kritiske verdi på 7 mg O₂/l.

UCM målinger fra de samme merder viste i tillegg til de horisontale strømmene også kraftige vertikale bevegelser (jfr.5.1.1). Dette kan forklare de raske variasjonene i oksygeninnhold som ble registrert.

Selv om oksygenmålerne ble kalibrert hyppig var det en viss drift i enkelte av målerne. Flere av måleseriene måtte derfor kanselleres.

For å få en bedre forståelse av de vertikale variasjonene i strøm og oksygen ble oksygenmålerne plassert på ulike dyp og posisjoner i og utenfor merden og logget kontinuerlig over mange timer. En måler ble plassert i overflaten og en nær bunnen av merden. De to andre målerne ble plassert i 2 m dyp utenfor merden, og på hver sin side. UCM strømmåleren ble hengt opp midt i merden på 2 m dyp.

I hele måleperioden var det vindstille. Måleren nær bunnen inne i merden viste de største variasjonene og verdiene var generelt høyere enn de andre målerne. De raske endringene i oksygeninnhold (kurve 18 i figur 5) kan bare forklares med vertikale vannbevegelser, og dette ble bekreftet av UCM målingene. Selv om det var helt vindstille ble det aldri funnet kritisk lave oksygenverdier.

5.1.3 STRØMMÅLINGER HOS FAGERLAKS A/S

Fem Aanderamålere (A) og tre Gytremålere (G) var utplassert i og omkring oppdrettet i perioden 1 - 4 september 1991. Samtidig ble det også målt vær og vannstand med en Aanderaa værstasjon (figur 8). Målerne plassering er vist i Figur 2. De fleste målerne var plassert på 2 m dyp. Måleren GS1 var imidlertid plassert i 0.5 m dyp og måleren A9059 i 5 m dyp. Aanderaamålerne registrerte strømmen hvert minutt mens Gytremålerne registrerte hvert åttende minutt.

Samtlige strømmålere sto stille under lengre eller kortere tid, fra 8 til 55% av tiden (figur 10 - 17). Hvis strømhastigheten er lavere enn en viss terskel-verdi vil rotoren stå stille. Terskelverdien er ~1.2 cm/s for Aanderaamålerne og ~2 cm/s for Gytremålerne. Måleren AD 668 ga nullregistrering i 95% av tiden den virket (figur 17). Den opphørte å virke ca et halvt døgn etter utsettelsen i sjøen. Statistikken over registrerte hastigheter i ulike intervall gis i Tabell 2. I Tabell 3 gis statistikk over antall perioder med strømstille av viss lengde.

Høyeste strømhastighet, 16 cm/s, ble registrert på måleren GS1 i 0.5 m dyp. Målerne i 2 m dyp registrerte maksimalhastigheter opp til ca. 11 cm/s mens måleren i 5 m dyp registrerte

maksimalhastighet på ca. 8 cm/s, se Tabell 2. Siden Gytremålerne integrerer strømmen over en mye lengre periode enn Aanderaamålerne (8 resp. 1 minutt) kan en for dette tilfellet ikke uten videre sammenligne maksimalhastigheter målt med de to instrumentene. Aanderaamålingene kan pga. den korte integrasjonsperioden registrere kortvarige pulser med høy hastighet.

Hastighetsfordelingen på 0.5 m dyp (målere GS1) skiller seg vesentlig fra den på 2 m ved at ca 50% av hastighetsregistreringene er i intervallet 11-17 cm/s. Slike sterke strømmer forekom overhodet ikke på 2 m dyp. Forskjellen skyldes at den vinddrevne strømmen har størst amplitude nærmest havoverflaten og avtar rask nedover. Spektralanalyse viser at det er mye høyere korrelasjon mellom vind og strøm på 0.5 m dyp enn mellom vind og strøm på 2 m dyp. Det er mulig at fiskens svømming, spesielt i forbindelse med utforing, kan bidra til de høyere hastighetene nær havoverflaten. Vi kan på nåværende tidspunkt imidlertid ikke kvantifisere betydningen av fiskens svømming.

Det er ingen større forskjell på strømmen på 2 m (målere A9000) og 5 m (målere A9059) i samme vertikal der også GS1 var plassert. Dette kan skyldes at måleren på 5 m sitter i underkant av merdene og derfor er mindre påvirket av disse enn måleren på 2 m dyp.

Målerne viste generelt noe sterkere strømmer parallellt med anlegget (N-S) enn tvers anlegget (Ø-V). En forklaring til dette kan være at vinden også var noe sterkere i retning N-S enn i Ø-V. En annen forklaring er at fjordens hovedretning er i nord-sør. Middelstrømmen på tvers av anlegget, målt med de forskjellige målerne, var som høyest ca. 0.7 cm/s med unntak for måler A9480 som ga midlere hastighet 2.5 cm/s. Midlere strømhastigheter i anleggets lengderetning varierte fra 0.7 cm/s og nedover. Måleseriene er imidlertid altfor korte for at en skal kunne si at disse middelstrømmene er normale.

En første indikasjon på anleggets innvirkning på strømmen kan fåes ved å sammenligne strømmålingene på 2 m dyp inne i anlegget og utenfor. For en sammenligning av perioder med svake strømmer (strømstille eller nesten strømstille) ser vi på hvor lenge målerne har registrert hastighet i intervallet 0-2 cm/s. Med dette valget spiller forskjellen i terskelverdi på Aanderaamålerne og Gytremålerne ingen rolle. Gytremålerne GS3 og GS4 som var plassert utenfor anlegget viser strøm i dette intervallet i henholdsvis 36 og 16% av tiden (Tabell 2). Aanderaamålerne A 9000 og A 9480 inne i anlegget viser begge strøm i dette intervallet i ca 65% av tiden. Måler A 9030 i utkanten av anlegget viser strøm i samme intervall i ca. 55% av tiden. Det er således en klar reduksjon av strømmene i anlegget slik at svake strømmer i anlegget er mye oftere forekommende sammenlignet med forholdene utenfor. Denne konklusjonen støttes av antall registreringer i intervallet 2-6 cm/s som var mye høyere for målerne utenfor anlegget enn for målerne i anlegget. For strømhastigheter over 6 cm/s er det imidlertid ingen større forskjell mellom målerne i og utenfor anlegget og det er faktisk slik at de høyeste hastighetene registreres inne i anlegget. Dette er formodentlig en effekt av at Gytremålerne (utenfor anlegget) integrerer over en betydelig lengre periode enn Aanderaamålerne (inne i anlegget) som forklart ovenfor.

Tidevannamplituden økte noe under måleperioden (Fig. 9). Midlere forskjell mellom høyvann og lavvann var ca. 1.8 m i måleperioden. Gjennom harmonisk analyse av strømmålingene fant vi at det var en svak oscillerende tidevannstrøm med perioden 12 timer i anlegget. Maksimal strømhastighet opptrer to til tre timer etter høyvann og lavvann. Tidevannstrømmen har høyest amplitude (0.6 - 1.2 cm/s) parallell med anlegget (omtrent nord-syd) og med svakere amplitude (0.2 - 0.5 cm/s) på tvers av anlegget, se Tabell 4. Signifikante tidevannstrømmer ble registrert kun på Aanderaamålerne men derimot ikke på Gytremålerne. Årsaken til dette er formodentlig den at Aanderaamålerne er mere følsomme for svake strømmer grunnet en lavere terskelverdi.

Fra undersøkelsene i Fagerlaks foreligger også målinger med en såkalt Gytre ultralydstrømmåler (UCM). På grunn av kabelbrudd ble det ikke gjort så mange og lange registreringer. Den lengste perioden som vi har analysert starter 90 09 03 kl. 1803 og slutter dagen etter kl. 1006 (figur 18). Målefrekvensen var ett minutt. Til forskjell fra forholdene i Akvaprodukts anlegg hvor vi registrerte en middelstrøm oppover er midlere vertikalhastighet null for denne måleserien. Fra spektralanalyse har vi funnet at horisontale og vertikale fluktusjoner ikke er signifikante korrelerte (i Akvaprodukts anlegg fant vi høy korrelasjon for visse lengre perioder). Videre fant vi at de vertikale fluktusjonene typisk svinger på lengre perioder enn de horisontale fluktusjonene som varierer hurtigere, dvs. svinger med kortere perioder.

Det ble også gjort målinger med fire oksygensonder. I perioden fra kl 1759 til 2214 den 3 september ble det gjort samtidige målinger med oksygensondene og UCM-måleren (figur 19). Vi har undersøkt korrelasjonen mellom fluktusjoner i vertikal hastighet og fluktusjoner i oksygenkonsentrasjoner. Spektralanalysen viser ingen signifikante korrelasjon. Det samme gjelder mellom horisontale hastighetsfluktusjoner og oksygen-fluktusjoner. Generelt er fluktusjonene i oksygenkonsentrasjoner konsentrert til lengre perioder, dvs. de varierer langsommere enn både vertikale og horisontale hastighetsfluktusjoner. Dette kan tyde på at innkommende vann har et varierende oksygeninnhold, muligens pga tidvis resirkulasjon av vann som nylig har vært inne i anlegget.

5.1.4 OKSYGENMÅLINGER HOS FAGERLAKS A/S

Det ble foretatt flere serier med oksygenstnitt på tvers av anlegget og vertikaltester i utvalgte merder. Seriene måtte utføres før resultatet av strømmålingene er ferdige og analysert, og det ble benyttet samme teknikk som hos Akvaprodukt A/S.

I likhet med erfaringene fra Akvaprodukt, viste oksygensondene noe avvik og måtte kalibreres før og etter hver serie. Det oppsto også problemer med vannlekkasje i koblingsboksene mellom hovedkabel fra monitor og kablen på 6 meter med sonden. Vi har derfor valgt å eliminere de usikre seriene.

I de aller fleste prøveserier ble det registrert oksygeverdier høyere enn 7.0 mg O₂/l. Bare unntaksvis ble funnet verdier mellom 7.0 og 6.5, og bare i korte perioder. Dette viser at vannutskiftningen på anlegget er tilfredstillende selv i kritisk stille perioder av året.

Det ble registrert store variasjoner i alle prøveserier som indikerer at det foregår en kontinuerlig utskiftning av vann, og at strømbildet er variabelt. Det var vanskelig å finne klare korrelasjoner mellom oksygenmålinger og strøm fordi det ikke ble påvist en kraftig hovedstrøm gjennom anlegget. De ulike strømmålerene viste forskjellige retninger på samme tid og i samme dyp og oksygenmålingene bekrefter at vanntransporten var god. Differansen mellom de ulike målerne på tvers av anlegget vist at variasjonene utenfor og innenfor merdene og på hver side av hovedbryggen var ca. 0.5 mg O₂/l (figur 20) og maksimum 1.5 - 2 mg O₂/l.

Det ble også utført flere forsøksserier for å se om det var vertikale forskjeller tilsvarende de som ble registrert hos Akvaprodukt A/S. UCM- målinger viste at det også var vertikale strømmer i merdene, men det ble ikke funnet signifikante korrelasjoner mellom vertikale fluktusjoner i strømmen og variasjoner i oksygen.

Derimot er det grunn til å tro at det er et samband mellom horisontal strøm utenfor merden og

vertikal strøm inne i merden. Når strømmen treffer notveggen vil den bremse opp og gå til siden og/eller dukke under nota. De aller fleste nøter er renere i bunnen enn langs sidene. Når nota er renere vil motstanden bli mindre og strømmen vil lettere passer igjennom. Når strømmen presses under nota kan den forandre retning og presse seg opp.

Vertikalmålinger på Fagerlaks viste at oksygeninnholdet var generelt høyest i bunnen av merden og lavest i overflaten, når oksygensondene ble plassert midt i merden. Det så også ut til komme korte pulser med oksygenrikt vann fra bunnen av merden (figur 21).

På grunn av kabelbrudd på UCM-måleren i første del av måleperioden på Fagerlaks ble det ikke foretatt så mange målinger som planlagt.

Vertikalmålingene viste variasjoner i oksygeninnholdet inne merden på 1.5 - 2 mg O₂/l, og differanser av samme størrelsesorden ble også funnet mellom topp og bunn av merden. Det er nødvendig med flere forsøksserier for å klargjøre om variasjonen skyldes vertikaltransport av vann eller fiskens plassering og oksygenforbruk, som forårsaker de største forskjellene. I perioder med kraftig horisontal strøm fulgte alle oksygenmålerne samme mønster og viste liten innebyrdes variasjon.

5.1.5 BESTEMMELSE AV REDUKSJONSFAKTOREN FOR GJENNOMSTRØMNING VHA. STRØMVEGMETODEN

Allerede ved etablering av et oppdrettsanlegg er det av stor interesse å ha kjennskap til lokalitetens strømforhold. Disse kan bestemmes fra strømmålinger som blir gjort før anlegget etableres. De virkelige strømforholdene i anlegget vil imidlertid bli dårligere siden anlegget selv vil redusere strømmen. Det er derfor meget nyttig å vite hvor mye et anlegg reduserer strømmen. Reduksjonen kan uttrykkes vha. en reduksjonsfaktor med verdi i intervallet 0 til 1. Om reduksjonsfaktoren for eksempel er lik 0.7 betyr det at strømhastigheten i anlegget er 70% av strømhastigheten før anlegget ble etablert (eller 70% av strømhastigheten utenfor anlegget etter etablering). Det var en av målsettingene for dette prosjektet å bestemme reduksjonsfaktorer for oppdrettsanlegg.

Hvordan kan en beregne reduksjonsfaktoren fra strømmålerdata? Det hadde vært enkelt hvis strømmen var konstant slik som i en elv eller ved et laboratorieeksperiment. En kan da måle strømmen i og utenfor anlegget og reduksjonsfaktoren beregnes fra kvoten mellom de oppmålte hastigheter. I sjøen er strømfeltet ofte meget komplisert med variasjoner på et bredt spekter av tids- og romskalaer. En mulighet som foreslås her er å utnytte tidevannstrømmen. Denne er ofte et relativt koherent signal og en kan da bestemme reduksjonsfaktoren ut i fra observasjoner av dette signalet, (se videre nedenfor).

Vi vil her også foreslå en annen metode å bestemme reduksjonsfaktoren på. Denne metoden, som vi kaller "strømvegmethode", går ut på å utnytte kvoten mellom den mengde vann som passerer visse punkter (strømmålere) inne i resp. utenfor et anlegg i en viss periode. Strømvegen er proporsjonal med hvor mye vann som har passert en strømmåler under en gitt periode. Ved beregningen av strømvegen brukes hastighetens absolutte beløp. Metoden tar altså ikke hensyn til hvorfra vannet kommer. For perioder med strømhastigheter under målernes terskelverdier setter vi hastigheten lik halve terskelverdien. Vi beregner strømvegen som summen av strømhastighet ganger integrasjonsperiodens lengde for samtlige registreringer i en bestemt periode. Resultatene for samtlige strømmålere i 2 m dyp er presentert i Tabell 5.

For den valgte perioden er middelverdien av strømvegen for målerne i Fagerlaks anlegg 3005 m og for målerne utenfor anlegget 7790 m. Kvoten mellom disse er et mål for strømreduksjonen. Denne blir i dette tilfellet lik ca. 0.4. Strømhastigheten i anlegget blir således redusert med ca 60% av anlegget selv.

5.1.6 UTNYTTELSE AV TIDEVANNSTRØMMEN FOR Å BESTEMME STRØMREDUKSJONEN I ET ANLEGG.

Det er meget interessant å konstatere at en nøyaktig kan bestemme selv svake tidevannstrømmer ved hjelp av Aanderaamålerne. Tidevannstrømmene er spesielt interessante fordi at disse som oftest har stasjonære mønstre som varierer langsomt horisontalt, dvs. på lengdeskalaer som er betydelig større enn størrelsen av et fiskeoppdrettsanlegg. En bør derfor kunne bruke tidevannstrømmen for å bestemme hvordan et fiskeoppdrett selv reduserer gjennomstrømningen. For en slik analyse bør en velge et eller flere anlegg med sterkere tidevannstrøm enn den som ble registrert hos Fagerlaks. Anleggene bør ligge i områder med relativt konstant vanddyb slik at effekter av varierende bunn ikke påvirker tidevannstrømmen på en betydelig måte. En bør måle minimum i 14 dager men gjerne en måned for å nøyaktig kunne estimere tidevannstrømmen. Målinger bør gjøres på flere steder i og omkring anlegget.

6. DISKUSJON OG KONKLUSJON AV MILJØDATA

Vi har funnet at oppdrettsanlegget selv reduserer strømmen i anlegget sammenlignet med strømmen utenfor anlegget. Dette gjelder også for svake strømmer.

Vi har diskutert to metoder å bestemme et anleggs reduksjonsfaktor: strømvegmeteren og tidevannsmeteren.

Gjennom å bruke beregnet strømveg for de ulike målerne på 2 m dyp under en ca. to døgn lang periode har vi estimert reduksjonsfaktoren for gjennomstrømning i anlegget. Vi fant at reduksjonsfaktoren for Fagerlaks anlegg er ca. 0.4. Dette betyr at strømmen reduseres av anlegget selv med ca. 60%. Det kan nevnes at en tilsvarende analyse av strømmålingene i Akvaproduks anlegg ga en reduksjonsfaktor straks under 0.5.

En annen metode å bestemme reduksjonsfaktoren er å utnytte tidevannstrømmen. Dette kunne vi ikke gjøre i Fagerlaks siden tidevannstrømmen var altfor svak for å måles med Gytremålere.

Metodene for å bestemme et anleggs reduksjonsfaktor ved hjelp av strømmålinger bør utvikles ytterligere både teoretisk og eksperimentelt. De to metodene bør sammenlignes vha data fra andre høvelige lokaliteter. Vi håper å senere få mulighet å komme tilbake til dette i et nytt prosjekt.

I anlegg med svake strømmer er det en fordel å bruke Aanderaamålere som har lavere terskelverdi enn Gytremålere. For å forenkle sammenligningen bør en bruke strømmålere av samme type for alle målinger i et anlegg samt bruke like lang integrasjonsperiode for alle målere.

Vi har målt delvis sterke vertikale strømmer i anlegget (omtrent like sterke som de horisontale strømmene). Vi har ingen referansemålinger utenfor anlegget så vi vet ikke om det er anlegget selv eller fisken som produserer de vertikale strømmene eller om dette er helt normalt også uten et oppdrettsanlegg. Målinger både i og utenfor anlegg må til for å belyse dette problemet.

Fiskens bidrag til vannutskiftningen i anlegget har vi ikke vært i stand til å beregne. Det bør imidlertid være mulig å anslå fiskens bidrag til strømmen hvis en har samtidige registreringer av både strøm og tidpunkter for utforing over en lengre periode.

I Fagerlaks anlegg var N-S strømmene generelt sterkere enn Ø-V strømmene. Anlegget skulle derfor få en bedre vannutskiftning hvis det ble vridd 90 grader slik at anlegget blir orientert i Ø-V retning.

Det ble ikke funnet kritisk lave oksygenverdier i noen av de to anleggene på tross av en periode med langvarig vindstille og pent vær. Det tyder på at den svake horisontal strømmen samt vertikale komponenter er i stand til å fornye vannet i merden tilstrekkelig til å skape gode forhold for fisken. Dette forutsetter at tettheten er moderat og at merdene ikke samles tettere sammen enn på de to undersøkte anleggene.

Ved måling av oksygen i en merd viser foreliggende undersøkelse at de laveste verdiene ble funnet i overflaten midt i merden, og nær bunnen av merden. Forskjellene kunne være betydelig, det er derfor viktig å standardisere prøvene, angi korrekt tidspunkt og hvis mulig angi strømstyrke og retning. Selv om ikke strøm måles på anlegget bør et enkelt strømkors angi retning. Oksygen bør helst måles over en lengre tidsperiode og på flere steder samtidig.

Strømmen var så svak at tidligere modeller ville gitt alarmerende tilstander for oksygenet i merdene. Det viser at utskiftingsmekanismene er betydelig mer varierte og kompliserte enn tidligere modeller har forutsatt.

7 KLINISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER

Formålet med prosjektet var å benytte blodundersøkelser (klinisk-kjemiske undersøkelser) som en indikator på sykkelighet på fisken i matfiskanlegg, og se om disse målingene hadde sammenheng med endringer i miljøet.

Klinisk kjemi har innen human- og veterinærmedisinen lenge vært brukt som et diagnostisk hjelpemiddel. Hos fisk er denne type undersøkelser i imidlertid bare i startgropa for sykdomsdiagnostikk. Det er også angitt muligheten av å bruke slike undersøkelser som et ledd i en systematisk helseovervåking. Forandringer i blodverdiene kan gi et holdepunkt for at fisken kan lide av subkliniske sykdommer eller stå under suboptimale betingelser.

Helseovervåkingen i dette prosjektet ble basert på observasjoner fra oppdretter, lokal veterinær og egne registreringer. Oppdretter har journalført dødelighet, øvrig tap samt driftsrutiner som sortering, veiing, mottak av ny fisk osv. Lokal veterinær har foretatt regelmessig gjennomgang av anlegget med obduksjoner og innsending av eventuell syk fisk til laboratorieundersøkelse. Blodprøver for hematokritanalyse og klinisk kjemisk undersøkelse ble tatt ut. Hematokritanalyse ble foretatt på stedet, mens blodplasma for klinisk-kjemisk undersøkelse ble analysert ved Veterinærinstituttet. I utgangspunktet skulle det foretas undersøkelser i begge anleggene:

Fagerlaks A.S og Akvaproduct A.S. Akvaproduct A.S falt fra da de ikke hadde organisert veterinærdekning gjennom perioden.

7.1 RESULTATER KLINISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER

Som det går fram av miljøundersøkelsene (kapittel 5.1) er det lite sannsynlig at de miljømessige forholdene i anleggene har vært suboptimale. En skulle derfor ikke forvente at fisken ble utsatt for miljøforhold som svekket motstandskraften.

I det følgende er resultatene satt opp i tabellform. Det er ikke gått videre inn på betydningen av de enkelte parametrene da det vil føre for langt. Interesserte henvises til litteraturen.

Tabell 6 viser blodverdiene fra smolt 29.11.91, 7.2. og 28.4 91. Det går fram av tabellen at fisk i merd 8 skiller seg signifikant fra fisk i merd 5 og 6 i november og februar. I april er det lave verdier i merd 7 hvor det var utbrudd av kaldtvannsvibriose.

I tabell 7 er det satt opp forholdet mellom beregnet vekt, dvs. den vekt som fisken skulle hatt etter utforing og vanntemperatur, og justert vekt, dvs. den målte vekten på fisken. Dette forholdstallet vil være et uttrykk for reell tilvekst i forhold til forventet tilvekst. Det er ikke signifikante forskjeller mellom de ulike merdene, men en tendens til at tilveksten har vært noe dårligere i merd 8.

I tabell 8 er tapsprosenten i tidsperioden 29.11.90 til 29.6.92 i de ulike merdene satt opp. Tapsprosenten i merd 8 har vært høyere enn i de øvrige merdene i perioden februar til april. I slutten av april brøt det ut kaldtvannsvibriose i anlegget, og blodprøver ble tatt fra syk fisk i merd 7. Det største tapet i mai er i merd 5 og i juni i merd 7.

8 DISKUSJON OG KONKLUSJON AV HELSEDATA

De undersøkelsene som er foretatt gir ikke noe holdepunkt for miljømessige forhold som virker inn på fiskehelsen i anlegget. Blodundersøkelsene viser imidlertid svært avvikende verdier i merd 8 i vintermånedene. I denne perioden har tapet i denne merden også vært høyere. I april brøt det ut kaldtvannsvibriose i anlegget, noe som gjenspeiler seg i høyere tapstall i flere av merdene. Av blodprøvene tatt 28.4.91 går det fram at merd 7 har jevnt over lavere blodverdier, og i denne perioden er tapstallene også vært høyest i denne merden.

Materialet er altfor lite til å trekke sikre konklusjoner. Årsaken til de lave blodverdiene i merd 8 er vanskelig å si noe om. Det kan imidlertid spørres om fisken i denne merden har vært kronisk syk som har gitt et økt svinn, men ikke nok til at oppdretter har reagert og iverksatt behandling. I slutten av april er det stadfestet kaldtvannsvibriose utbrudd og blodprøvene er lave som forventet.

7. TABELLER

Tabell 1. Strømveg (=summen av hastighet*integrasjonstid) under perioden 900828 kl. 16⁰⁰ til 900831 kl. 12⁴⁵ for målerne på 2 m dyp i og utenfor Akvaprodukts anlegg.

Målere (nr)	Strømveg (m)
GS3	5685
GS4	4439
A9030	2898
A9059	2357
A9480	1911

Tabell 2. Statistikk over hastighetsregistreringer. Antall (%) registreringer i ulike hastighetsintervall (cm/s).

hastighet	Antall registreringer (%)							
	GS1	GS3	GS4	A9030	A9000	AD668	A9059	A9480
0 - 1	8.1	36.1	15.9	34.1	48.9	95.1	55.3	50.5
1 - 2	0	0	0	18.7	17.7	0	18.0	14.0
2 - 3	3.1	37.5	28.4	16.4	19.4	0	13.6	13.7
3 - 4	2.7	17.0	26.8	12.5	9.0	0	7.6	10.0
4 - 5	4.0	6.0	17.7	5.4	2.4	4.9	2.2	4.1
5 - 6	5.4	1.6	6.1	5.6	1.4	0	1.6	3.5
6 - 7	2.7	1.4	2.9	2.8	0.4		1.0	1.5
7 - 8	5.4	0.4	2.0	3.1	0.4		0.5	1.2
8 - 9	6.3	0	0.2	1.0	0.2		0.2	0.7
9 - 10	4.9		0	0.4	0.1		0	0.4
10 - 11	9.4			0.2	0.1			0.4
11 - 12	16.9			0	0			0.1
12 - 13	10.6							0
13 - 14	9.4							
14 - 15	7.7							
15 - 16	2.0							
16 - 17	1.6							
17 - 18	0							

Tabell 3. Antall perioder med strømstille av viss lengde (i minutter) for de ulike strømmålene.

Strømstille (min)	Antall perioder							
	GS1	GS3	GS4	A9030	A9000	AD668	A9059	A9480
8	6	26	8	26	30	2	43	64
16	4	5	6	14	13	1	12	17
24	0	5	3	3	4	1	3	16
32	0	4	0	2	2	0	3	1
40	0	5	2	2	1	0	1	1
48	0	2	0	0	3	1	2	1
56	0	1	2		1	1	1	1
64	0	1	0		2	1	0	0
72	1	3	2		0	0	1	1
80	0	0	0		0	0	0	0
88	2	1	0		0	0	0	0
96	0	1	1		1	0	0	0
104		0	0		0	0	0	1
112		1			1	0	0	0
...								
128		0			0	0	1	
144		1			0	0	0	
200					0	0	1	
260					1	0	0	
560					0	1		

Tabell 4. Resultat av harmonisk analyse av strømmålingene for perioden 12 timer. Vi har analysert nord-syd (parallell med anlegget) og øst-vest komponentene hver for seg. Fasen 30° tilsvarer at strømmen er maksimal 1 time etter høy- og lavvann (60° tilsvarer to timer etc.).

Målere (nr)	Strøm (komp.)	Amplitude (cm/s)	Fase (°)
9030	N-S	1.2	64
9030	O-V	0.4	62
9000	N-S	0.5	71
9000	O-V	0.2	80
9059	N-S	0.8	100
9059	O-V	0.2	79
9480	N-S	0.7	97
9480	O-V	0.0	--

Tabell 5. Strømveg (=summen av hastighet*integrasjonstid) under perioden 900901 14⁰⁰ - 900903 15⁰⁰ for målene på 2 m dyp.

Målere (nr)	Strømveg (m)
GS3	6656
GS4	8924
A9000	2321
A9430	3093
A9030	3601

Tabell 6. Blodverdier fra smolt hos Fagerlaks A/S uttatt 29.11.90,07.02 og 28.04.92. (*-merket angir signifikante forskjeller p= 0,05).

Blod- under- søkelse	Dato								
	29.11.90		07.02.91			28.04.91			
			Merd						
	6	8	5	6	8	5	6	7	
Antall	9	9	6	6	7	8	5	7	
AP	111	3,7*	93	96	19*	10	7,4	1,5*	
TG	3,1	0,91*	2,3	2,8	1,9	1,4	1,3	0,66*	
Totprot	38	15*	36	48	23*	14	15	12	
Alb	13	3,4*	8,3	12	3,6*	6,1	8,2	3,4*	
Chol	5,6	0,57*	4,3	6,1	1,5*	0,58	1,3	0,1*	
Gluk	7	2,4*	7,8	9,5	3,9*	3,2	1,8*	5,2	
Osm	398	409				400	399	473*	
Cl	166	192*				178	178	200*	

AP = alkalisk fosfatase, TG = triglyserider, totprot = totalprotein, Alb = albumin, Chol = kolesterol, Gluk = glukose, Osm = osmolaritet, Cl = kloridionekonsentrasjonen

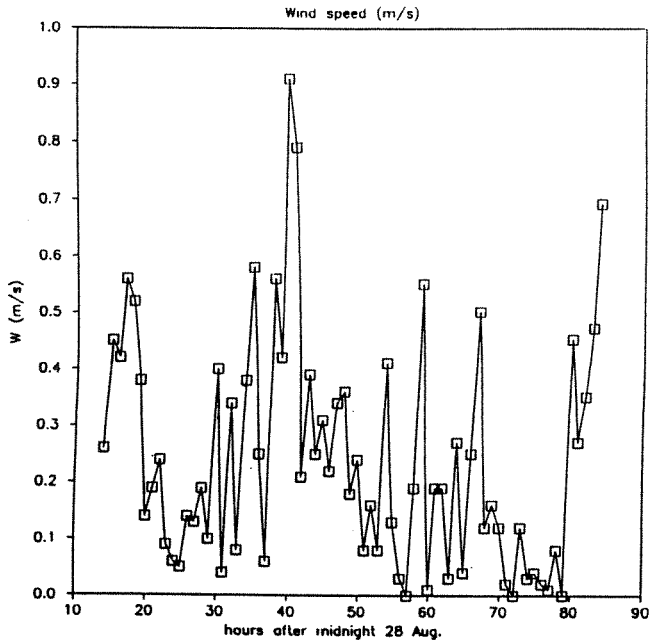
Tabell 7. Forholdet mellom justert vekt og beregnet vekt i merdene 5, 6, 7 og 8 ved de ulike datoene.

Dato	Merd	5	6	7	8
29/11 1990		$\frac{650}{770}=0,84$	$\frac{560}{670}=0,83$	$\frac{480}{579}=0,82$	$\frac{370}{455}=0,81$
7/2 1991		$\frac{750}{980}=0,76$	$\frac{660}{870}=0,75$	$\frac{580}{775}=0,74$	$\frac{470}{645}=0,72$
28/4 1991		$\frac{810}{985}=0,82$	$\frac{710}{870}=0,81$	$\frac{630}{775}=0,81$	$\frac{550}{686}=0,80$

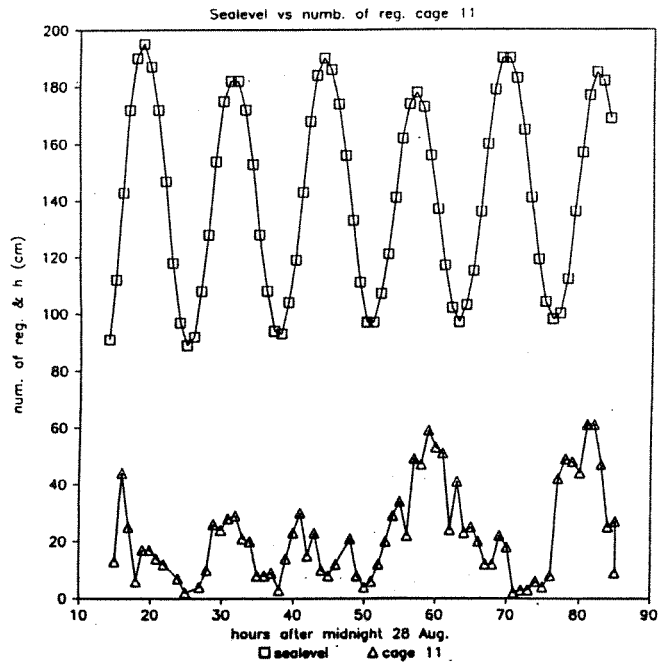
Tabell 8. Prosentvis tap i merd 5, 6, 7 og 8 fra 29/11 1990 til 29/6 1991.

Dato	Tap i %				
	Merd	5	6	7	8
29/11					
7/2		0,5	0,9	0,8	2,8
28/4		2,1	1,8	0,5	2,7
28/5		3,6	1,6	1,5	1,9
29/6		1,0		3,2	0,7

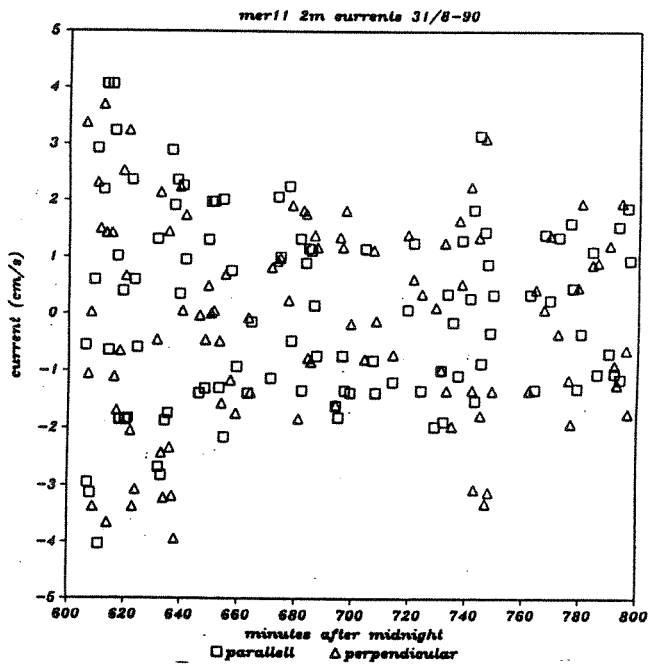
10. FIGURER



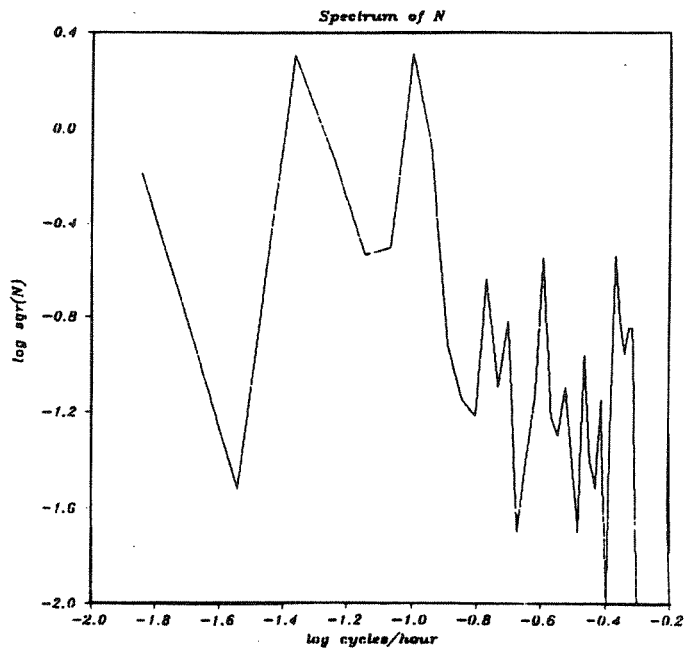
Figur 3a Typisk vindhastighet i forsøksperioden, Akvaprodukt A/S.



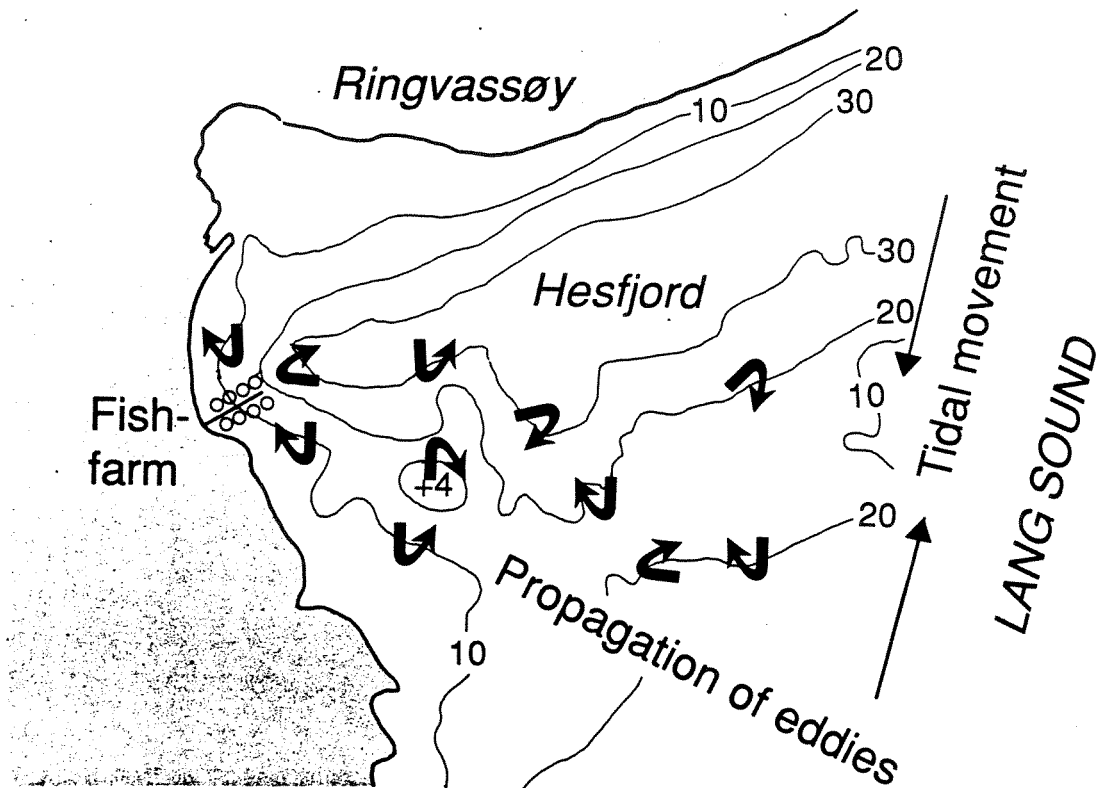
Figur 3c Variasjon i vannstand og antall strømregistreringer over terskelnivå nær merd 11.



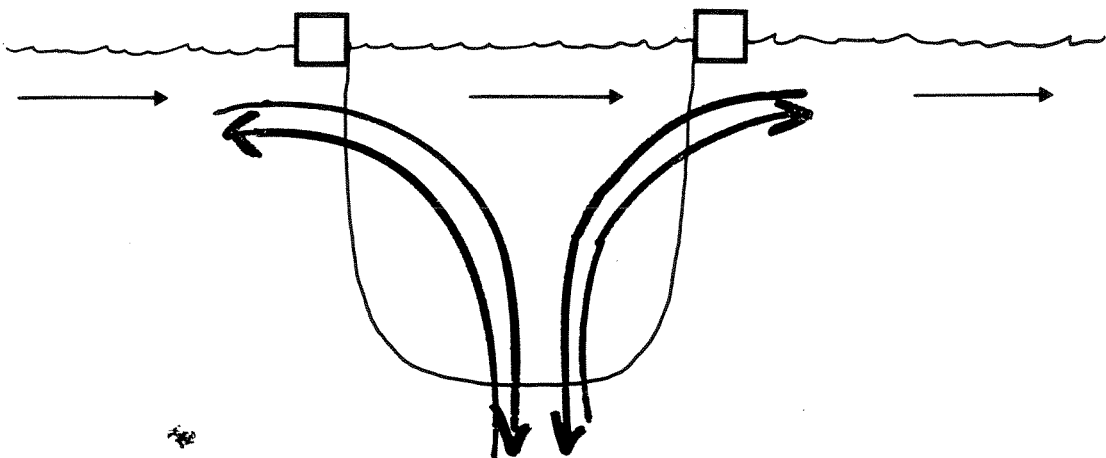
Figur 3b Registrering av horisontale strømmer parallelt og perpendikulært til hovedbrygge hos Akvaprodukt A/S.



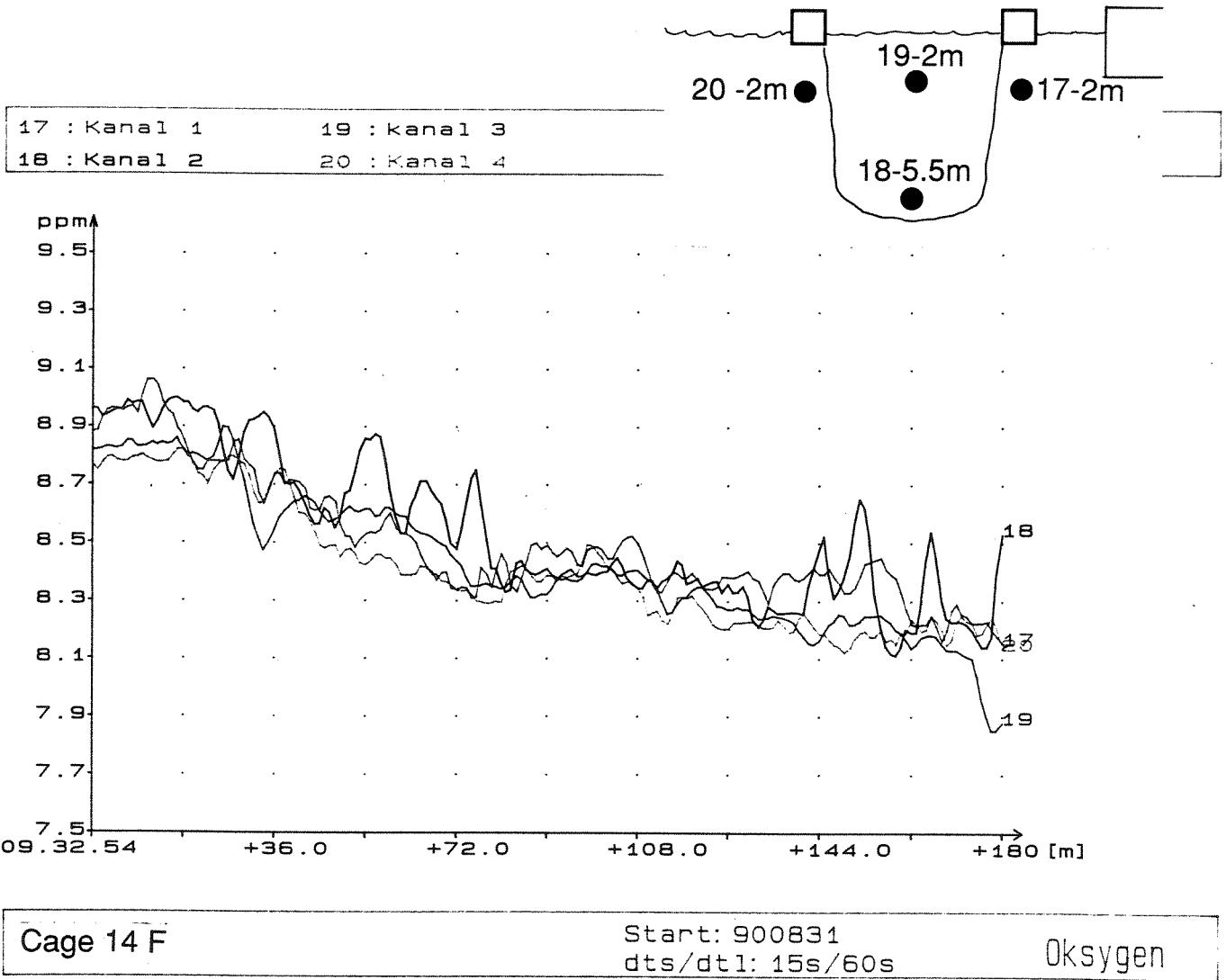
Figur 4 Spektralanalyse av tidsserien



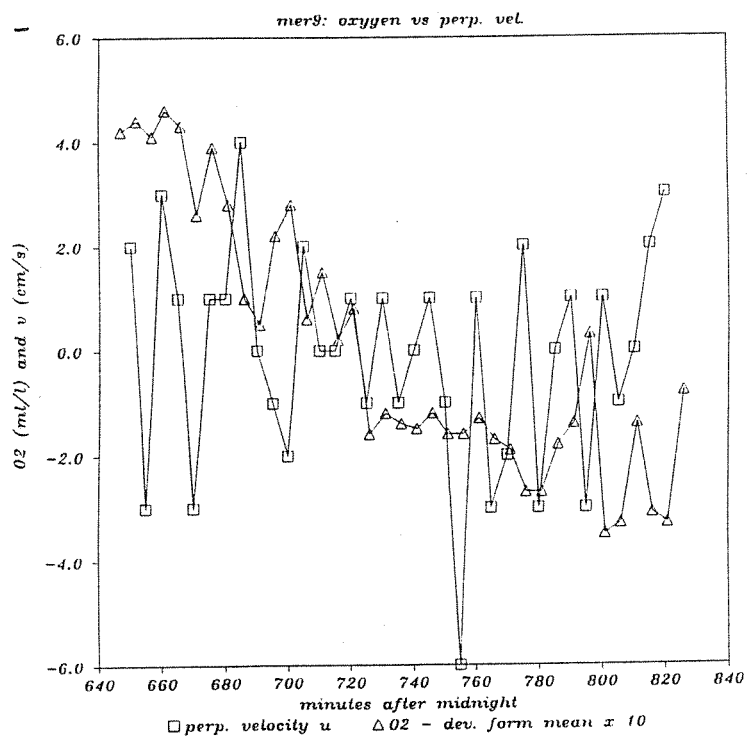
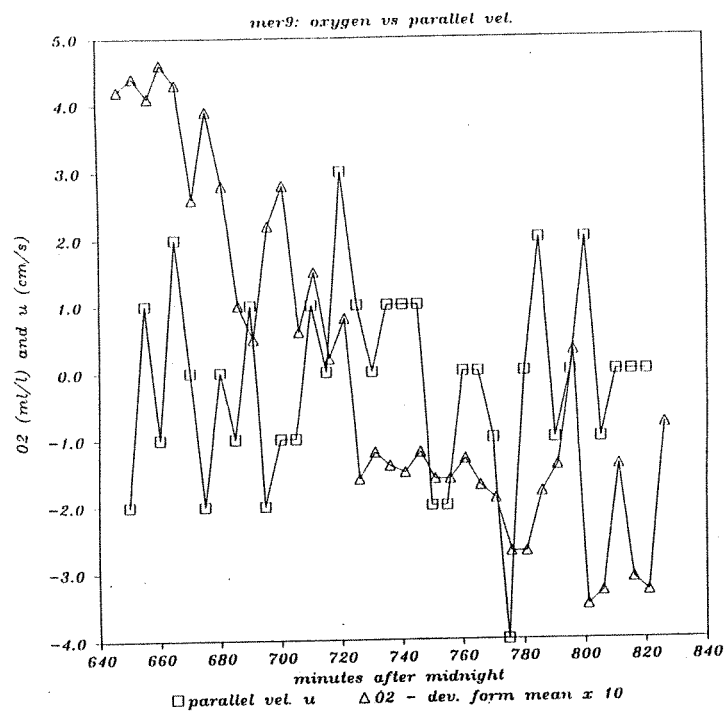
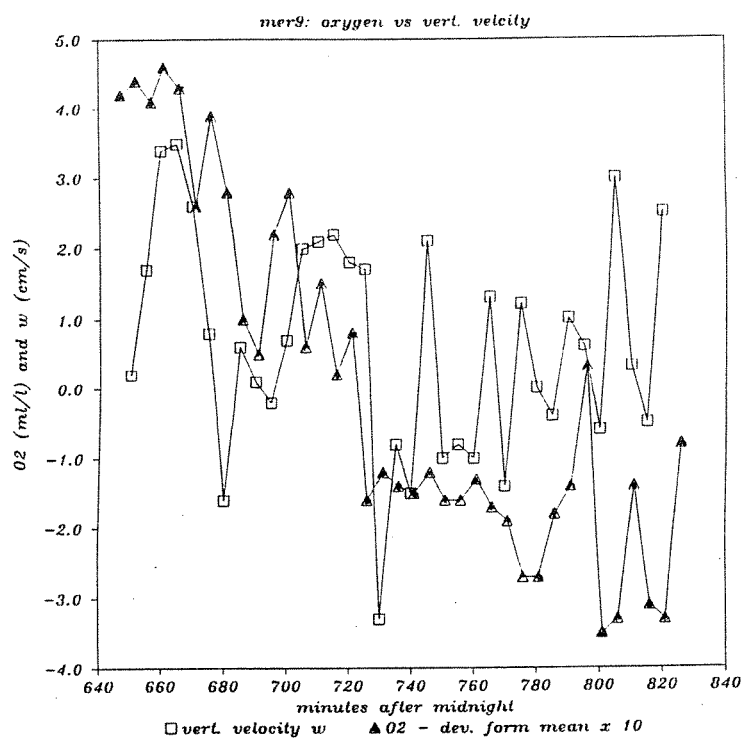
Figur 5a Dannelse av hvirvler i Hesfjord



Figur 5b Mulig vertikal innstrømming av vann i merden ved tredimensjonale hvirvler.

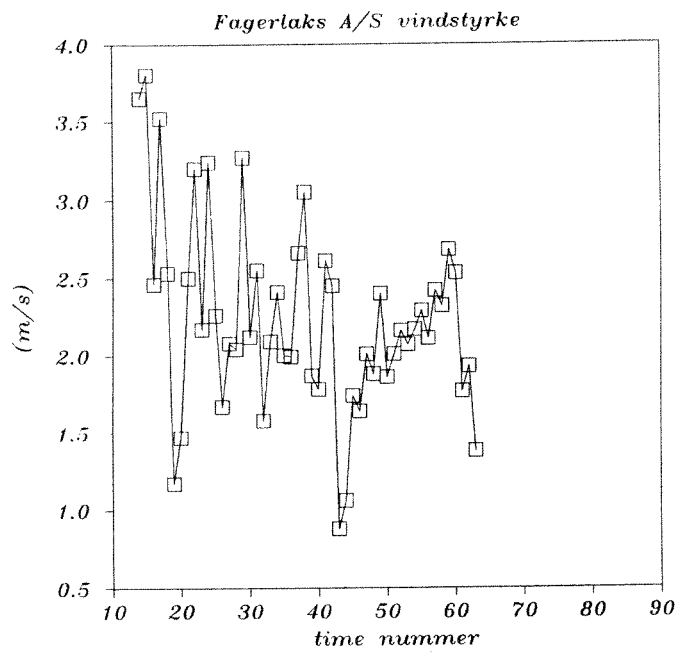


Figur 6 Variasjon i oksygeninnhold på innsiden og utsiden av merd 14 F, Akvaprodukt A/S

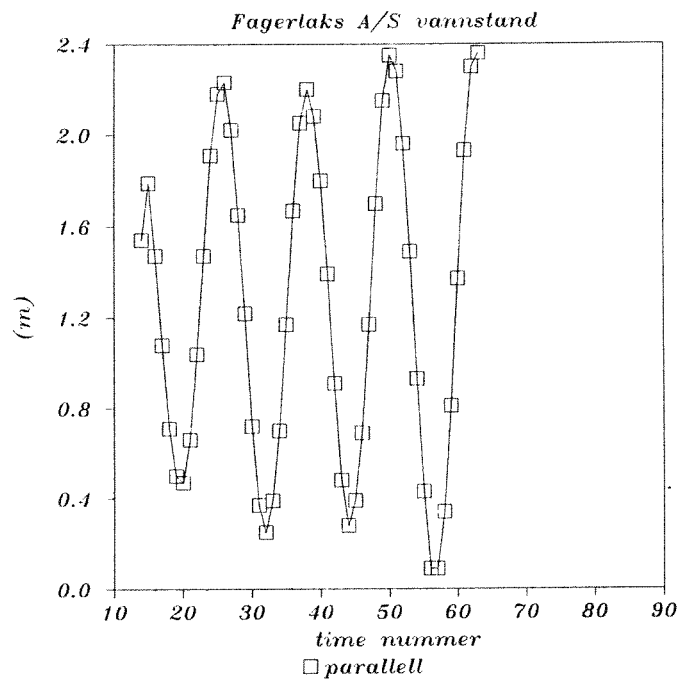


Figur 7 Strømhastighet og variasjon i oksygeninnholdet i vannet i merd 14 F, Akvaprodukt A/S.

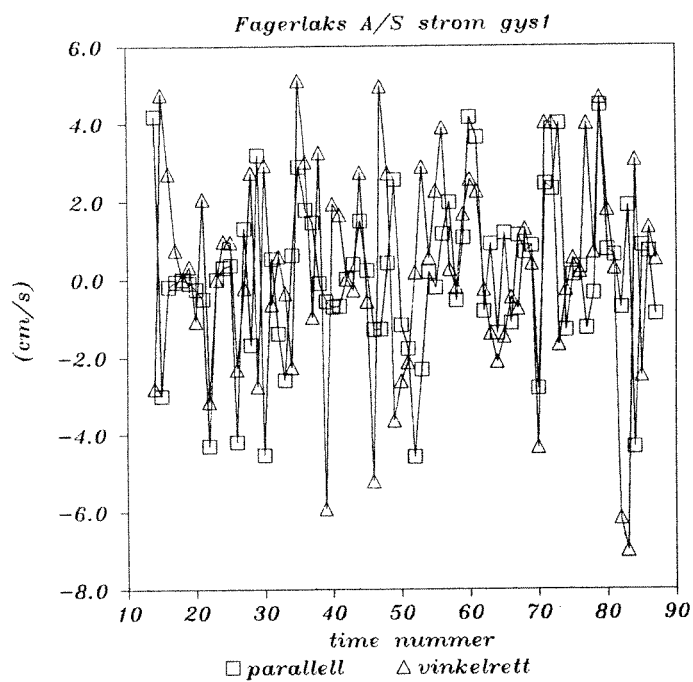
- a Strømhastighet
- b Horisontal vinkelrett på hovedbrygge.
- c Horisontal strøm parallell med hovedbrygge.



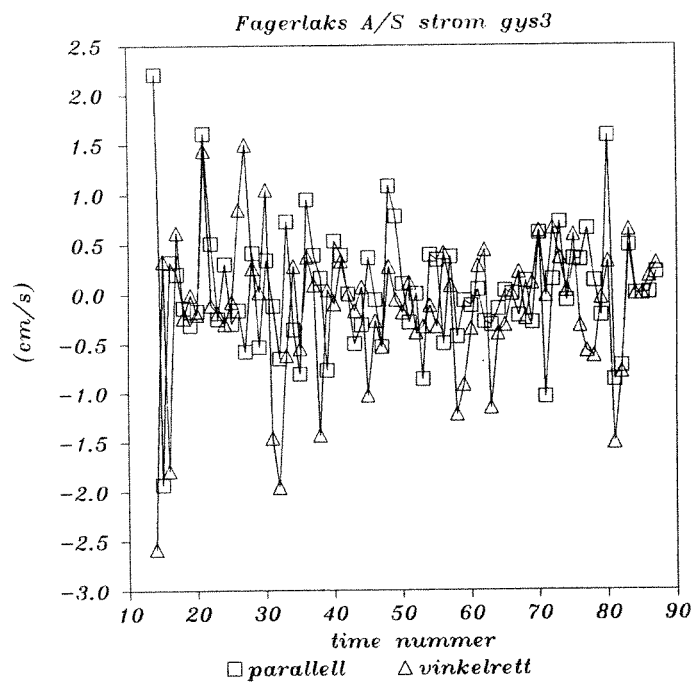
Figur 8 Vindstyrke under måleperioden (timesmidler), Fagerlaks A/S



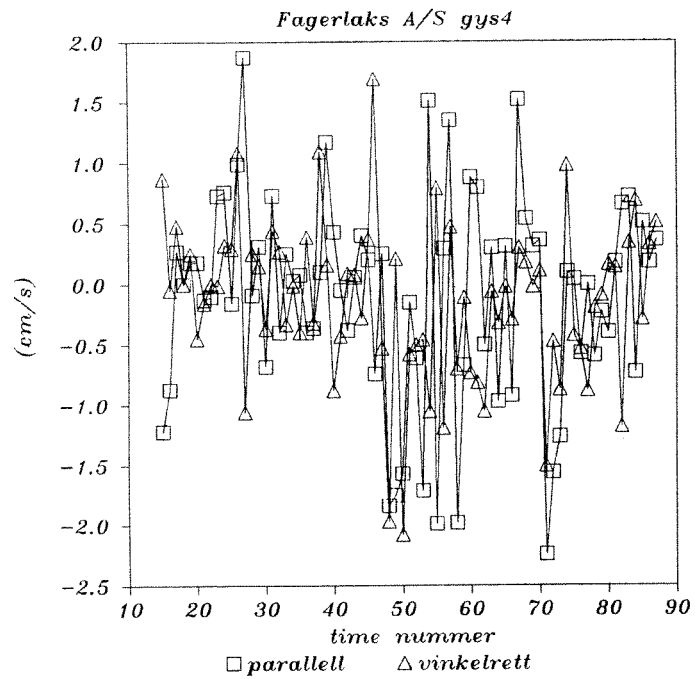
Figur 9 Vannstand under måleperioden (timesmidler), Fagerlaks A/S



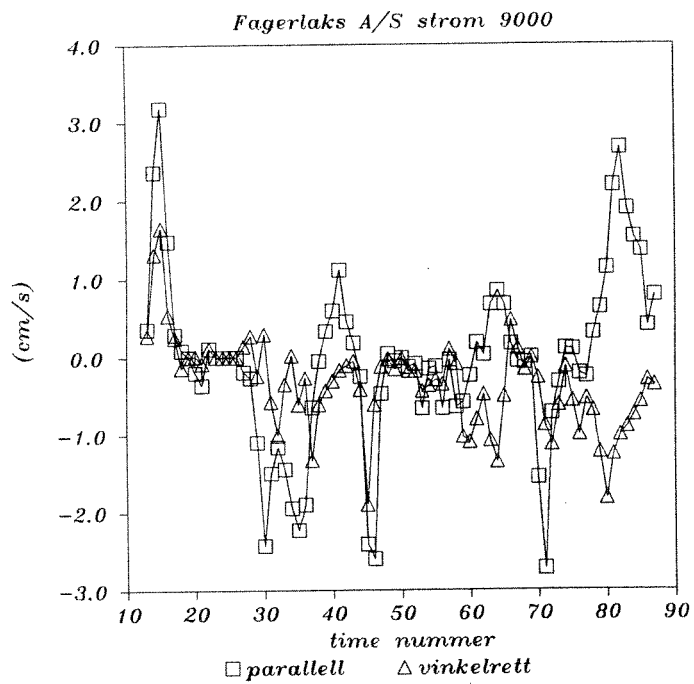
Figur 10 Strømhastighet måler GS1 (timesmidler), Fagerlaks A/S



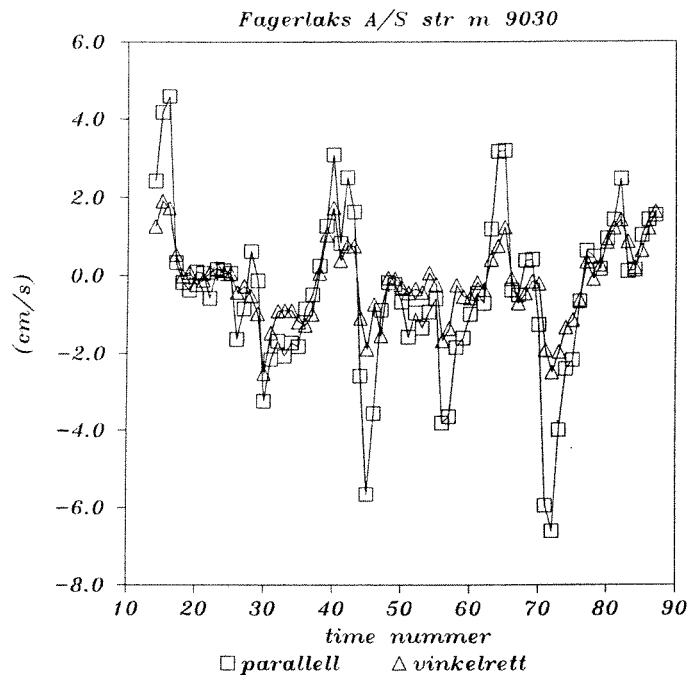
Figur 11 Strømhastighet måler GS3 (timesmidler), Fagerlaks A/S



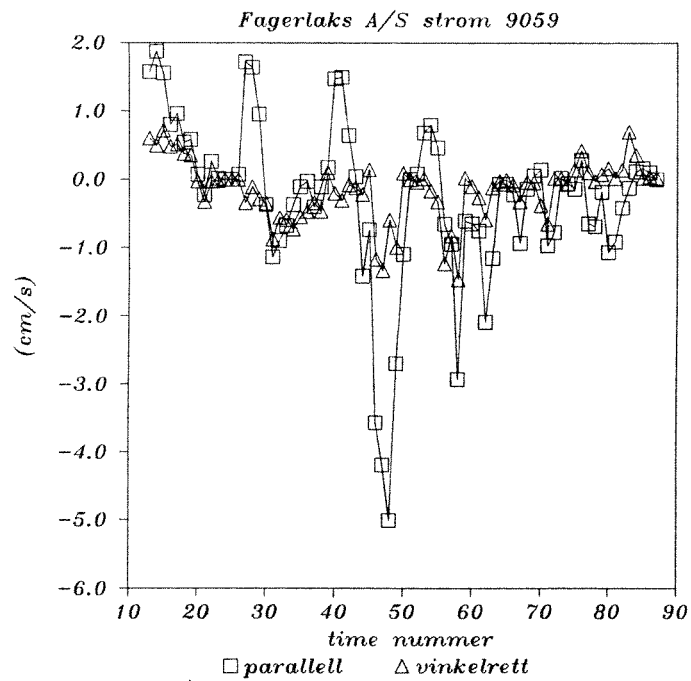
Figur 12 Strømhastighet måler GS4 (timesmidler), Fagerlaks A/S



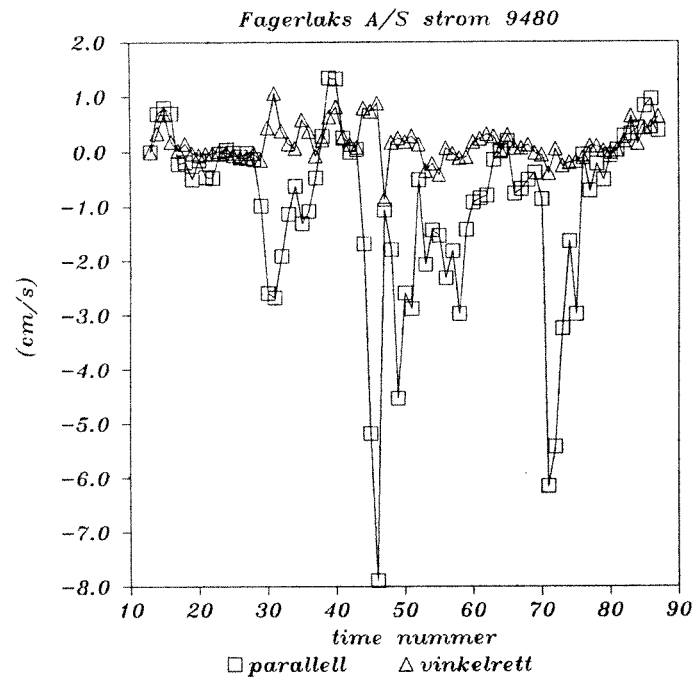
Figur 13 Strømhastighet måler A9000 (timesmidler), Fagerlaks A/S



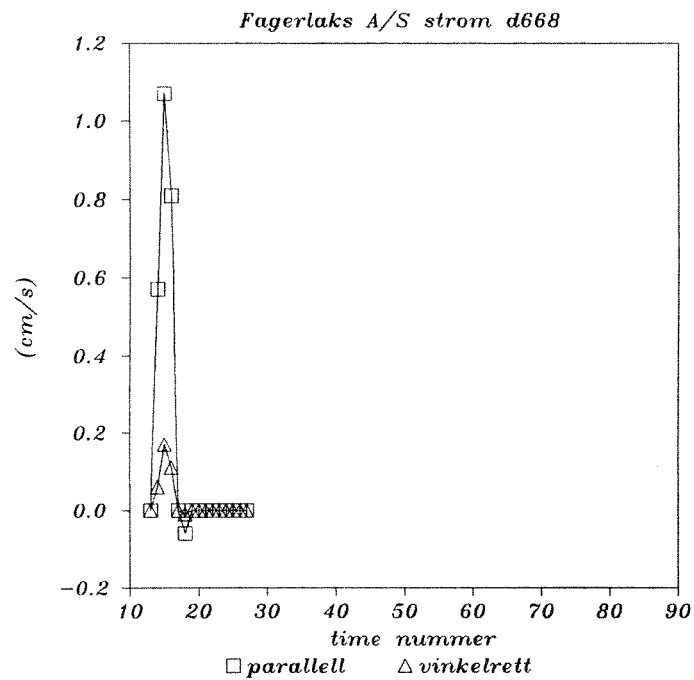
Figur 14 Strømhastighet måler A9030 (timesmidler), Fagerlaks A/S



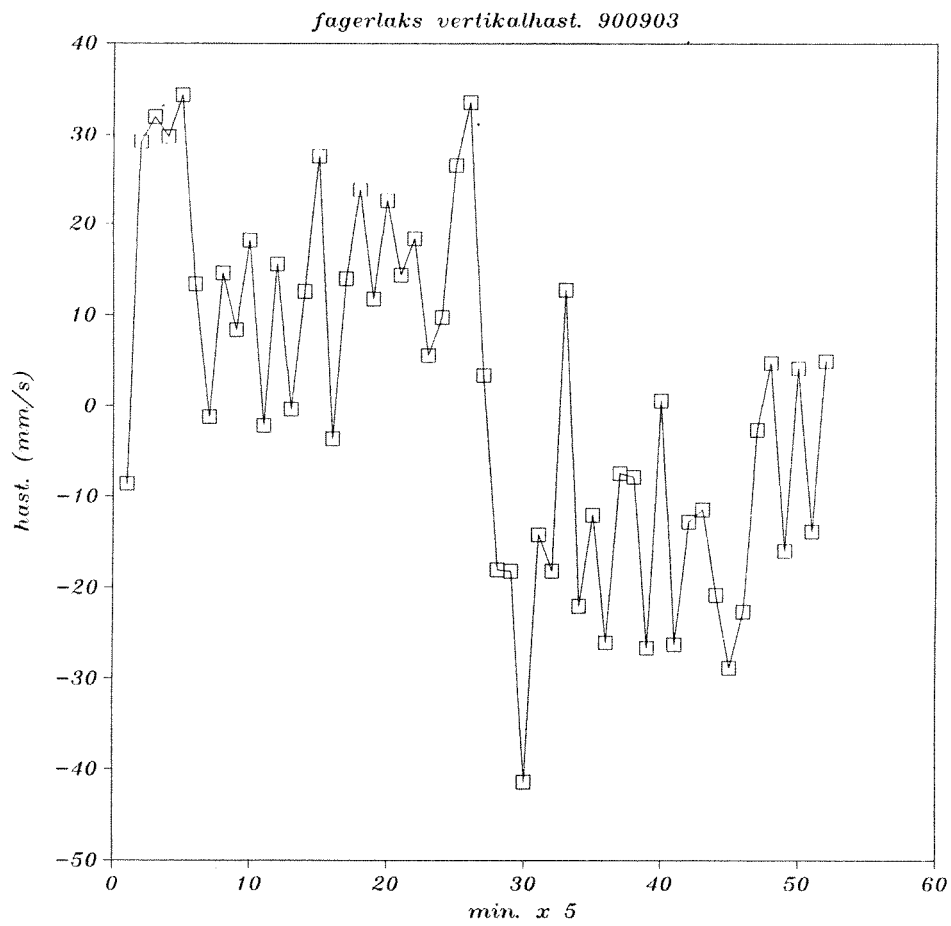
Figur 15 Strømhastighet måler A9059 (timesmidler), Fagerlaks A/S



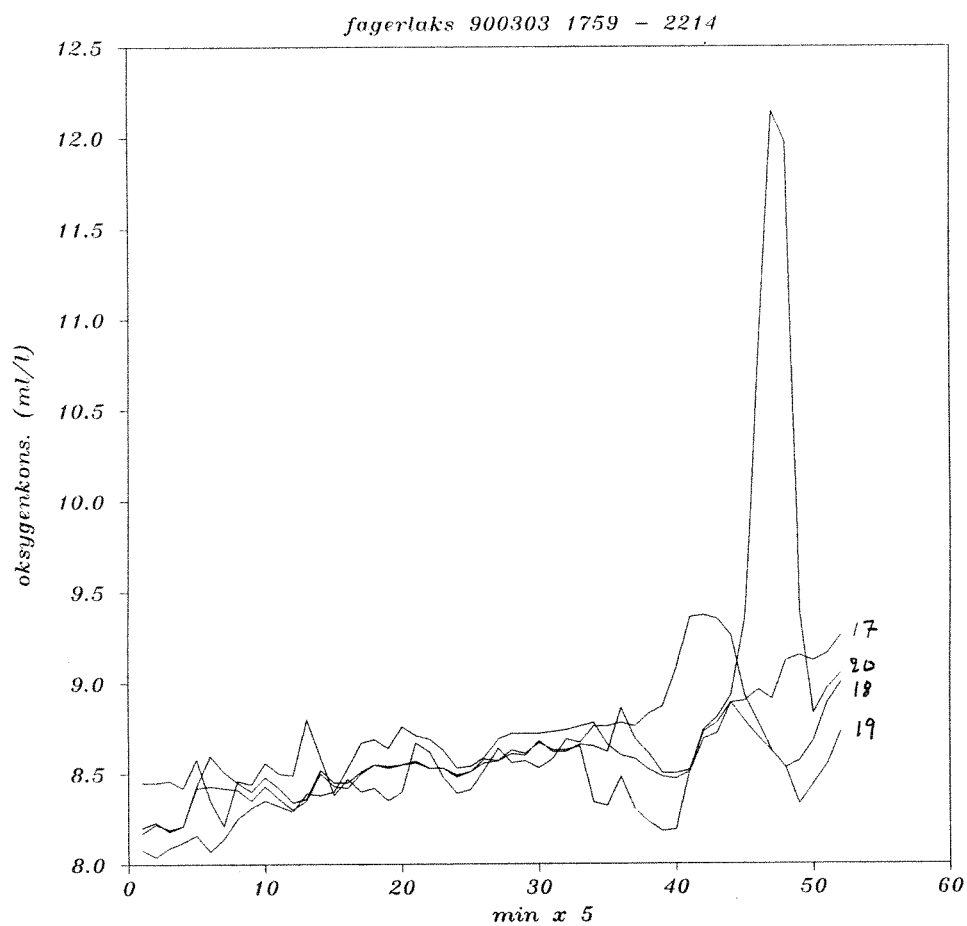
Figur 16 Strømshastighet måler A9480 (timesmidler), Fagerlaks A/S



Figur 17 Strømshastighet måler AD668 (timesmidler), Fagerlaks A/S

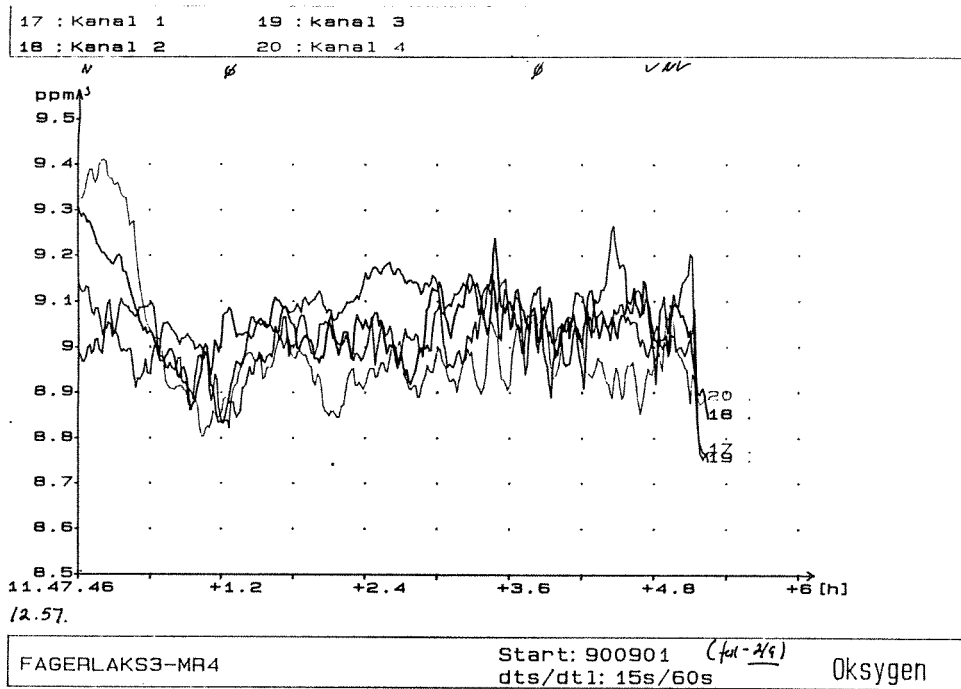


Figur 18 Vertikale hastigheter målt med UCM i perioden 900903 kl. 17.59 til kl. 22.14

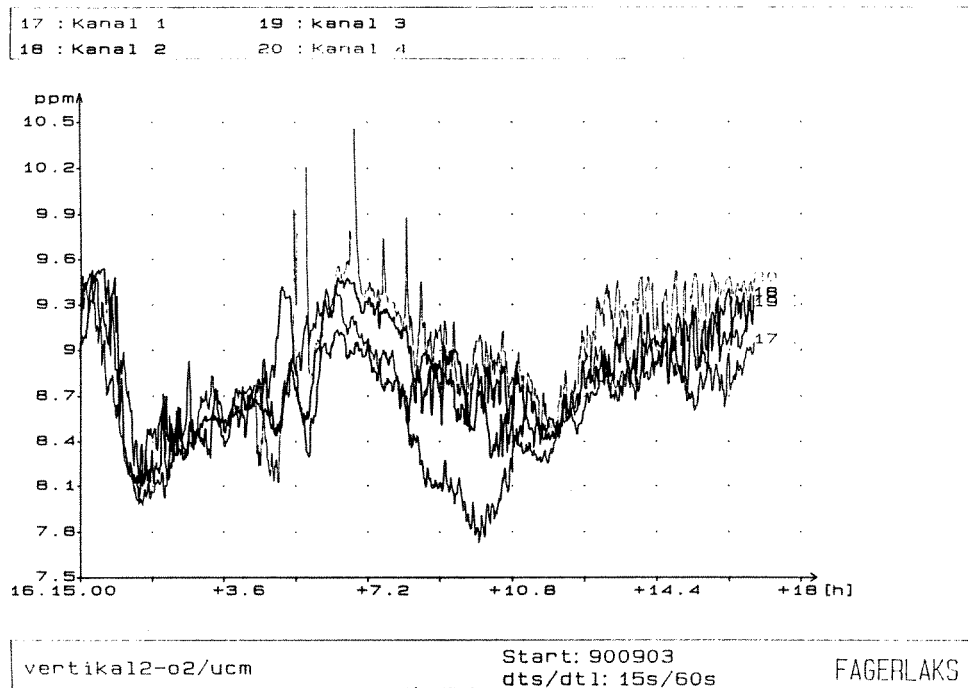


Figur 19

Okszygenkonsentrasjon målt med fire sensorer (17, 18, 19 og 20) i perioden 900903 kl. 17.59 til kl. 22.14



Figur 20 Oksygenforhold innenfor og utenfor merd 4, Fagerlaks A/S



Figur 21 Oksygenforhold på ulike dyp i merd 4, Fagerlaks A/S

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2070-4