

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-12/73

FREMDRIFTSRAPPORT FOR

1976-77

OVERVÅKNINGSUNDERSØKELSEN I NEDRE OTRA

10. mars 1978

Saksbehandler: Morten Laake

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud
ISBN 82-577-0036-3

FORORD

Denne rapporten er skrevet på oppdrag av Vassdragsrådet for Nedre Otra, Vest-Agder Fylke, Kristiansand, og behandler resultatene fra overvåkingsundersøkelsen i Nedre Otra i årene 1976 og 1977.

Rapporten er skrevet av siviling. Morten Laake, som også har ledet undersøkelsene. Vannkjemiske og biologiske analyser er utført ved NIVA's rutinelaboratorier, som takkes for vel utført arbeid. Tekniker Harry Efraimsen og ingeniør Åse Kristine Gudmundsson har deltatt i feltarbeidet. Analyser av organiske mikroforurensninger er utført som et ledd i forskningsprosjekter ved Sentralinstituttet for Industriell Forskning, og en takk rettes til siviling. Elisabeth Baumann-Ofstad og Georg E. Carlberg, Ph.D., for velvillig bistand. En takk rettes også til Kristiansand ingeniørvesen ved ing. Magne Aavitsland for bistand ved prøvetakninger, og til hr. Nils Moe for innsamling av fiskeprøver.

Blindern, 10. mars 1978

Morten Laake

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	
1. INNLEDNING	4
2. MÅNEDLIGE PRØVETAKINGER	5
2.1 Kjemiske data	5
2.2 Biologiske data	6
2.2.1 Klorofyll	6
2.2.2 Algevekstpotensial	6
2.2.3 Drivende biomasse og seston	6
3. BEFARINGER OG SIMULTANPRØVER	7
3.1 Befaringer	7
3.2 Kjemiske forhold under storflom	7
3.3 Kjemiske simultanprøver	8
3.4 Vannhastighet og innblanding	9
3.5 Begroingsmengde	9
3.6 Begroing etter gjennomførte tiltak	10
3.7 Kjemiske data for Høiebekken	10
3.8 Blakkingsfenomenet	11
3.9 Utviklingen i surhetsgrad	11
4. ORGANISKE MIKROFORURENSNINGER	12
4.1 Vannanalyser	12
4.2 Fiskeanalyser	13
5. ANBEFALINGER	15
6. LITTERATURHENVISNINGER	15
FIGURER	17-24
TABELLER	25-36

1. INNLEDNING

I januar 1976 ble resultatene av resipientundersøkelsen i Nedre Otra 1973-75 fremlagt for Vassdragsrådet (Laake og Skulberg 1976). Rapporten gir en oversikt over forurensningsbelastning og resipientmessige forhold ved vassdraget, og har ligget til grunn for planlegging og gjennomføring av avløpstekniske tiltak på kommunal- og industrisiden. Nødvendigheten av en oppfølging av tilstanden i vassdraget ble dessuten fremhevet, og NIVA fremmet i november 1975 sin rammeplan for videre undersøkelser for tidsrommet 1976-80. Planen omfatter dels en overvåking av kjemiske og biologiske forhold, og dels enkelte supplerende undersøkelser. Den forutsetter årlige overvåkingsrapporter, men på grunn av problemer med finansieringen kom denne delen først i gang fra november 1976. Erfaringene fra første halvår ble beskrevet i form av et notat til Vassdragsrådet, og denne rapporten omfatter årene 1976 og 1977.

Tilførslene av industriforurensninger til vassdraget er i perioden blitt vesentlig redusert ved at Hunsfos fabrikker har hatt sitt sedimenteringsanlegg for trefiber og barkslam fra vedrenseri og papirfabrikk i regelmessig drift. Fra juni 1977 har dessuten bedriftens anlegg for sulfittlutinndamping og kjemikaliegjenvinning kommet i drift, og de største og viktigste tiltak på industrisiden for å verne Otra er dermed gjennomført.

Det gjenstår imidlertid flere problemer både på industrisiden og ikke minst på kommunalsiden, og som må finne sin løsning i en nær fremtid.

En fullverdig rensing av alle industri- og kloakkutslipp er den målsetning en bør legge til grunn for med sikkerhet pånytt å oppnå en lakseproduserende Otra. Vedlagte rapport vil forhåpentlig kunne danne en verdifull basis for det fortsatte saneringsarbeidet.

2. MÅNEDLIGE PRØVETAKINGER

2.1 Kjemiske data

Kjemiske analysedata for månedlige vannprøver i 1976 og 1977 på 5 stasjoner er gjengitt i tabell 1. Det er analysert på ufiltrert prøve og prøver filtrert over glassfiberfilter. Vannprøvene er innsamlet av Kristiansand ingeniørvesen ved ingeniør M. Aavitsland.

Data for stasjonen ovenfor Hunsfos fabrikker kan sammenliknes med data for 1974-75, og en finner da en nedgang i pH på ca. 0,2 enheter til pH 5,23 med 4,62 som laveste målte verdi, en økning i total ionekonsentrasjon målt som konduktivitet på 25%, i totalnitrogen på 29% og i totalfosfat på 44%. Verdiene for konduktivitet og næringssalter indikerer en generell økning i forurensningsmengdene ved utløpet av Venneslafjorden på 30-40%, noe som er foruroligende. Det hefter imidlertid stor usikkerhet ved pH-målingene (få data med stor varians), og en må her basere en vurdering på hyppigere målinger utført ved Hunsfos fabrikker (se avsn. 3.9).

Det anbefales at Venneslafjorden inkluderes i overvåkingsundersøkelsen, og at de biologiske og produksjonsmessige forhold i fjorden undersøkes nærmere.

Forholdene lenger nede ved Hagen viser også en forverring i den generelle forurensningssituasjonen, men tallmaterialet for 1974-75 er her for tynt til at sikre konklusjoner kan trekkes. Tendensen er imidlertid en økning i totalt saltinnhold, totalfosfat og totalnitrogen på fra 30 til 270%. Derimot er konsentrasjonen av organisk stoff målt som permanganattall og turbiditet redusert med ca. 25%. Resultatene tyder på at belastningen fra nedbør, husholdning og deler av industrien nå gir seg større utslag enn før, og det er grunn til å påskynde saneringen av avløpsforholdene ved vassdraget.

Rensetiltakene ved Hunsfos som reduserer belastningen med organisk stoff i vassdraget har derimot hatt en positiv virkning i perioden. Dette går klart frem når en sammenlikner konsentrasjonene av organisk stoff målt som permanganattall (KOF) nedenfor Vigelandsdammen. For perioden november 1976 til og med mai 1977 var middelveiden for KOF 11,5 mg O/l, mens den for perioden juli til og med desember var 4,9 mg O/l, altså en reduksjon på 57%. Selv

uten å ta hensyn til variasjoner i vannføringen i måleperioden, er konsentrasjonsnedgangen statistisk signifikant.

2.2 Biologiske data

2.2.1 Klorofyll

Innholdet av klorofyll a ble bestemt ved fluorometri. Resultatene er gjengitt i tabell 2, og de viser generelt meget lave verdier med enkelte verdier på 5-6 µg/l ved utløpet av Venneslafjorden. Dette er hva en skulle vente i dagens situasjon, da begroingen er helt dominert av sopp. Imidlertid er analysen en verdifull overvåkingsparameter som kan avsløre en eventuell øket algebegroing ved reduksjon i den organiske belastningen.

2.2.2 Algevekstpotensial

Vannets potensial for å underholde algevekst er målt med testalgen *Selenastrum capricornutum* ved dyrkningsforsøk i laboratoriet. Resultatene er gjengitt i tabell 3. Bortsett fra en enkelt relativt høy verdi ved Steinsfoss, er verdiene svært lave og spesielt fra og med juni 1977 da en gikk over til autoklaving etter filtrering av vannprøvene. Dette var nødvendig på grunn av overhåndtakende vekst av flagellater, som forstyrret målingene.

Algevekstpotensialet indikerer at det i dagens situasjon med hard næringskonkurranse fra sopp og bakterier ikke er vekstgrunnlag for alger i særlig grad. Lav pH og inhiberende virkninger av industriutslipp gir imidlertid metodiske problemer som reduserer testens verdi som overvåkingsparameter, og den vil bli utelatt fra og med 1978.

2.2.3 Drivende biomasse og seston

Analyser på drivende biomasse som ATP var planlagt gjennomført, men lang og variabel transporttid før prøvene når laboratoriet har gjort at denne analysen har måttet utelates. Den vil imidlertid bli inkludert ved simultanprøveseriene. Vannets seston frafiltreres, og filtrene oppbevares for senere dokumentasjon av driftens sammensetning.

Sestonverdiene for 1976 og 77 er i figur 2 gjengitt som månedsmiddelverdier med variasjonsområde, og viser som vanlig en variasjon over året i samsvar med vannføringen. Det er ingen nedgang i forhold til 1974 og 1975. Målemetoden reflekterer vesentlig vannets innhold av små, uorganiske partikler og soppmycel. Mengden av trefiber antas redusert med ca. 90% etter at sedimentasjonsanlegget ved Hunsfos fabrikk kom i drift i 1974.

3. BEFARINGER OG SIMULTANPRØVER

3.1 Befaringer

Det ble i 1976 gjennomført befaringer 23. mai, 17. juni og 13. oktober med kvalitativ vurdering av begroingen i elven. Artssammensetning og mengde viste samme bilde som tidligere år og vil ikke bli nærmere omtalt. Den 13. oktober forsøkte en å gjennomføre simultanprøvetaking med automatiske prøvetakere, men kraftig nedbør og flom berøvet oss for ialt 4 prøvetakere, og det var ikke mulig å gjennomføre programmet.

Hovedbefaringen i 1977 ble gjennomført 2. - 6. mai med et omfattende program for dokumentasjon av tilstanden i vassdraget før gjennomføring av kjemikaliegjenvinning ved Hunsfos fabrikk. Resultatene fra disse undersøkelsene vil bli gitt en detaljert beskrivelse senere. Et tilsvarende program planlegges gjennomført i april-mai 1978. Ved en senere befaring 29. september ble det foretatt en kvalitativ bedømming av begroingens mengde og karakter.

3.2. Kjemiske forhold under storflom

Enkelte kjemiske data eksisterer fra befaringen 13.10.76 (tabell 4) og de viser større svingninger i pH og faktisk langt høyere konsentrasjoner av næringssalter enn normalt. Spesielt er tallene for nitrogen og særlig fosfat høye ved stasjon 11 (Kvarstein), og det er trolig overflateavrenning fra tettbebyggelse og dyrket mark, samt utspyling av ledningsnett på strekningen fra Vennesla som gir dette utslaget. Det falt 88 mm nedbør, og vannføringen varierte fra 500 til ca. 800 m³/s i løpet av døgnet.

Begroing både av sopp og alger antas å ha en utpreget evne til å lagre næringssalter som så brukes i dårligere tider. Resultatene illustrerer betydningen av å hindre forurensning også av markområder og av et separat ledningsnett for overflatevann.

3.3 Kjemiske simultanprøver

En kjemisk simultanprøvetaking ble gjennomført 3. mai 1977 ved hjelp av de tekniske etater i Kristiansand og Vennessla, etter et tilsvarende opplegg som 18. april 1975. Prøvefrekvensen ble imidlertid redusert fra hvert 15. minutt til hver halvtime, og strakk seg over ialt 7,5 time pr. stasjon med 0,5 times tidsforsinkelse mellom hver. Både filtrert og ufiltrert prøve ble analysert, slik at data for driftens sammensetning fremkommer. Resultatene er sammenstilt i tabell 5, mens figur 3 gir et grunnlag for å sammenligne konsentrasjonsforløpet på alle fem stasjoner (se figur 1) for enkelte parametre.

Konsentrasjonen av organisk stoff målt som permanganattall og løst organisk karbon gjenspeiler episoder med utslipp fra Hunsfos fabrikker. Mønsteret fra stasjon 8 gjentar seg nedover elven, men ved stasjon 11 er utslippene nokså godt innblandet. Tilleggsbelastning fra Vigelandsområdet kan tydelig spores i middelverdiene (figur 4).

Utslipp av oppløst totalfosfat gir tydelig utslag ved stasjon 9 og 10 (Vigelandsområdet), men reduseres raskt ned til lave nivåer. Ortofosfat ligger under analysegrensen i områder med kraftig heterotrof begroing. Dette bekrefter konklusjonen fra 1975, da fosfat ble funnet å være begrensende næringsfaktor for soppveksten. Totalfosfat i ufiltrert prøve forandres lite, noe som bekrefter at fosfat fikseres i begroingen og transporteres ut som drivende biomasse. Økende drift fremgår også av den økende differanse mellom totalt organisk karbon og løst organisk karbon i figur 4 og av ATP-verdiene i figur 3.

Det skjer en viss reduksjon i totalnitrogen tross tilførsler (figur 4), men høye nivåer av nitrat og spor av ammonium (figur 3) tyder ikke på at nitrogen har spilt noen rolle som vekstbegrensende faktor.

Vannføringen var i april 1975 $67,7 \text{ m}^3/\text{s}$, mens den nå var $207 \text{ m}^3/\text{s}$ i gjennomsnitt. Dette har medført vesentlig lavere konsentrasjoner av organisk stoff og totalfosfor, mens totalnitrogenverdiene er 50% høyere. Biomassedriften målt som ATP var bare ca. 10% av nivået i 1975.

Resultatene er verdifulle først og fremst som en dokumentasjon av forholdene før gjennomføring av rensetiltak ved Hunsfos fabrikk, og prøveserien vil bli gjentatt etter samme opplegg i april-mai 1978.

3.4 Vannhastighet og innblanding

Graden av innblanding av punktutslipp og strømningshastighet ble undersøkt ved merking av vannet med bakterien *Serratia indica*. 2 liter kultur ble innblandet ved spredning i løpet av ett minutt over et damoverløp ved Hunsfos fabrikk. Vannprøver ble senere tatt med 15 minutters frekvens på alle stasjoner og 10 ml senere filtrert over membranfilter, som så ble inkubert på et spesialmedium. *Serratia indica* utvikler i løpet av ett døgn sterkt røde, små kolonier som er lette å telle, og konsentrasjonforløpet kan følges nedover i elven, som vist i figur 5.

Under de vannføringsforhold som rådet ($207 \text{ m}^3/\text{s}$) gikk ca. 50% av vannmassen rett gjennom Vigelandsdammen, mens resten gikk inn i bakevjen og ble forsinket med ca. 45 minutter. Hovedmengden i punktutslippet er ved stasjon 11 godt spredt, og passerer i løpet av 1,5-2 timer. Tidsforsinkelsen for første maksimum er omtrentlig beregnet til:

Stasjon	7- 8 :	ca. 30 minutter	
"	8- 9 :	45	"
"	9-10 :	15	"
"	10-10A:	15	"
"	10A-11 :	45	"

3.5 Begroingsmengde

Under befaringen i mai 1977 ble det også tatt såvidt mulig kvantitative begroingsprøver ved hjelp av Ekman-grabb fra båt, på ialt 15 punkter fra og med Sødal (stasjon 15) til Kvarstein (stasjon 11). Prøvene ble tatt under lavvannsmerket på ca. 1-2 m dyp og med såvidt mulig jevne avstander på 3-400 m. Grabben får ikke med seg all fastsittende begroing på steinet underlag, men med den mektighet lammehalebegroingen oftest har, gir prøvene likevel et semikvantitativt bilde av begroingsmengden. Prøvene ble homogenisert i ca. 2 minutter og prøver tatt for bestemmelse av organisk stoff (glødetap), klorofyll a og biomasse (som ATP). Resultatene er gjengitt i tabell 7.

Det datamateriale som her er innsamlet har først og fremst sin verdi som referanspunkt for senere prøver, slik at en eventuell reduksjon i begroingsmengden kan følges.

3.6 Begroing etter gjennomførte tiltak

Kjemikaliegjenvinning ved Hunsfos fabrikk ble startet opp 2. juni, og selv om anlegget i perioder har vært stanset, har trolig magasinkapasiteten vært tilstrekkelig til å hindre overløp av svartlut til elven. Som de kjemiske data også viser (1.1) har dette mer enn halvert konsentrasjonen av oksygenforbrukende organisk materiale i elven. Imidlertid er nivået fremdeles relativt høyt på grunn av andre kilder.

Befaringen 29.9. bekreftet at begroingen fremdeles domineres av heterotrofe organismer som sopp (*Fusarium aquaeductum*), protozoer og bakterier, som danner et fast, glatt belegg på stein og fjell og lammevalevekst i strømsvake områder. Ved Vigeland (stasjon 9), hvor det hyppig er foretatt observasjoner, var imidlertid begroingens mektighet tydelig redusert, og innslaget av en filamentvoksende grønnalge (*Mougeotia* sp.) mer markert enn før. Vegetasjonen av makrofytter lenger nede ved Skråstad (stasjon 14) var nå mer fremtredende (grønnfarget), antakelig på grunn av redusert påvekst av soppfilamenter.

Vannet var som helhet klarere enn vanlig, men svevende fnokker av sopp kunne stadig observeres. Siktedypet ved stasjon 15 ble anslått til 2 m.

3.7 Kjemiska data for Høiebekken (stasjon 12)

Den 5. mai ble det tatt vannprøver med automatisk prøvetaker i Høiebekken med 1 times intervall. Resultatene, som er gjengitt i tabell 8, viser jevnt over svært høye konsentrasjoner av fosfat og relativt mye totalnitrogen, samt fluktuerende pH og enkelte meget lave verdier. Tilstanden i Høiebekken er lite tilfredsstillende, og forholdene bør snarest saneres. Den må antas å være kilde for de periodisk meget høye verdier av fosfor og nitrogen som observeres ved Hagen. Giftighet og biologisk nedbrytbarhet av avløpsvannene ved Høie fabrikk er nå undersøkt og vil bli behandlet i en egen rapport.

3.8 Blakkingsfenomenet

Periodevis blakking av vannet i elven er blitt observert med jevne mellomrom, og vannprøve tatt ved Hagen i april 1977 er blitt analysert. Den viste et uvanlig høyt innhold av fargede forbindelser (136,5 mg Pt/l), uten at det kan påvises noen årsak til dette. Forøvrig var forholdene som normalt ved Hagen. Med mistanke til utslipp av hvite pigmenter på titanoksydbasis ble prøven også analysert på titan. Analysemetoden var imidlertid lite sensitiv, og nivået i løsning ble bare bestemt til å være lavere enn 0,1 mg/l, som fast stoff mindre enn 2,5 µg totalt i prøven.

Det er imidlertid senere blitt klarlagt at blakkingen skyldes utslipp av et hvitt pigment på titanoksydbasis som tilsettes ved papirproduksjonen ved Hunsfos fabrikk, og som ikke sedimenterer i sedimentasjonsanlegget. Pigmentet har trolig god oppdrift og optiske egenskaper som gir tydelig blakking selv ved meget lave konsentrasjoner, som imidlertid ikke antas å være betenkelige ut fra et fiskeribiologisk synspunkt. Forholdet bør imidlertid undersøkes nærmere.

3.9 Utviklingen i surhetsgrad

Hunsfos fabrikk måler regelmessig pH på inntaksvannet 4-10 ganger pr. måned, og data tilbake til 1970 ble gjengitt i hovedrapporten fra 1976. Data for de to siste år viser månedsmiddelverdier og ekstremverdier i overensstemmelse med tidligere års data, og det er lite som tyder på at det nå skjer en ytterligere forsurening i nedre del av Otra. Datamaterialet må imidlertid underkastes en nøyere statistisk analyse før sikre konklusjoner kan trekkes.

Laveste målte verdi var i 1976 pH 4,82 og i 1977 pH 4,81, henholdsvis i oktober og mai. Dette representerer avvik på 0,6 til 0,8 enheter fra vanlig årsmiddel, og viser at vassdraget nå som tidligere er betydelig influert av store syremengder under nedbørperioder og snøsmelting. Imidlertid er vassdragets bufferkapasitet antakelig tilstrekkelig til å unngå de helt lave ekstremverdier. Surhetsgraden er allikevel i perioder litt under eller svært nær grensen av det egg og yngel av laks og sjøaure kan tåle.

4. ORGANISKE MIKROFORURENSNINGER

4.1 Vannanalyser

Ved simultanprøvetakingen 3. mai (2.3) ble det hver halvtime tatt en ca. 0,3 l vannprøve, som ble oppsamlet i en 5 l glassflaske vasket med rensed acetone. Vannprøven ble oppbevart kjølig og etter 3 døgn ekstrahert med cyclohexan ved SI. Ekstraktene (2 µl) ble analysert ved gasskromatografi med "electron capture detector", programmert fra 60 til 230 °C med 8 °C økning pr. minutt. Gasskromatogrammene for stasjon 7, 8 og 11 er gjengitt i figur 6.

Bakgrunnsprøven ved stasjon 7 ble tatt som batch-prøve ved slutten av prøvetakingsperioden. Den inneholder meget lave nivåer, men enkelte tydelige topper (nr. 1, 4, 8, 9, 10, 11, 12 og 17) består sannsynligvis av klorerte monoaromater. Topp nr. 11 har omtrent samme retensjonstid som heksaklorbenzen. Kildene kan her være nedbør og tørravsetning fra luft, overflateavrenning fra veier og tettsteder, samt husholdningskloakkvann.

Nedenfor Hunsfos fabrikk på stasjon 8 viser kromatogrammet stor detaljrikdom med en rekke komponenter som mangler ved stasjon 7. Flere lavmolekylære forbindelser kommer til (2, 3, 5, 7) eller øker i mengde (4, 9), og en rekke forbindelser kommer til i det høymolekylære området (13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25). Disse utgjøres sannsynligvis av klorerte polyaromater (PCB etc.). Spekteret av forbindelser fra stasjon 8 finnes stort sett igjen nedover til stasjon 11 ved Kvarstein, men det skjer endel interessante forskyvninger i mengdeforholdene.

Gruppen fra nr. 14 til 24 viser et stabilt, meget lavt nivå, og hverken tilførsler fra nye kilder, akkumulering i benthos eller vesentlig mikrobiell nedbrytning er sannsynlig. Forbindelsene må antas å stamme fra Hunsfos fabrikk. Forbindelse nr. 2, 3, 5, 6 og 7 viser samme egenskaper.

Forbindelsene nr. 13 og 25 stammer også fra Hunsfos, men synes å få et vesentlig tilskudd ved stasjon 10 A nedenfor bebyggelsen på Vigeland. Det samme gjelder nr. 11, men denne har i tillegg et relativt høyt bakgrunnsnivå på

stasjon 7. Forbindelsen tilsvare heksaklorbenzen i retensjonstid, og nivået ble på stasjon 10 A beregnet til 10 ng/l.

Komponent nr. 4 øker nedover i vassdraget i samsvar med kloakbelastningen, og stammer trolig fra husholdning. Det samme kan være tilfellet med nr. 13 og 25.

Forbindelsene nr. 1, 8, 9, 10 og 12 holder nivået fra bakgrunnsprøven, og kan ikke tilskrives industri eller kloakk fra Hunsfos og nedover.

Generelt er nivåene i vann meget lave (<10 ng/l), og det er ikke grunn til å vente direkte gifteeffekter av disse fettløselige, antagelig klorerte forbindelsene. Faremomentet ligger i at det dreier seg om relativt store totalmengder av forbindelser som er vel kjent for sin evne til bioakkumulering, med andre ord at de meget effektivt kan hentes ut av vann ved lave konsentrasjoner og oppkonsentreres i næringskjedene til relativt høye nivåer i f.eks. fisk. Dersom de mengdene som her ble funnet antas representative som årsmiddel, kan transporten av forbindelse nr. 11 (antagelig heksaklorbenzen) beregnes til ca. 60 kg pr. år.

4.2 Fiskeanalyser

I juni 1976 ble det fanget 5 småtorsk ved munningen av Otra, som straks etter fangsten ble frosset for senere analyse av fenol og substituerte fenoler, nærmere beskrevet av Carlberg (1977), og av klorerte, fettløselige forbindelser.

Figur 7 gjengir et gasskromatogram som viser at fisken inneholdt halogenerte fenoler, men totalinnholdet var meget lavt; <11 ppt. (pr. våtvekt fisk). Klorerte fenoler antas å stamme fra kloreringstrinnet i celluloseblekerier. Komponentene lar seg ikke identifisere ved så lave nivåer. Det hevdes fra lokalt hold at småtorsken fra elvemunningen er uspiselig på grunn av dårlig smak. Klorerte fenoler har ekstremt lave smaks- og luktterskler, og det er ikke usannsynlig at årsaken er å finne i disse komponentene, som imidlertid neppe representerer en helsemessig risiko ved de funne nivåer.

Mer betenkelig er da innholdet av klorerte benzener og andre klorerte aromatiske forbindelser, som vist i figur 8. Overraskende nok finner en her de samme forbindelser som er vel kjent fra fisk, skalldyr o.a. i Frierfjorden og omkringliggende områder (Molvær, Rygg og Bokn 1976):

pentaklorbenzen	0,02 ppm	(mg/kg totalt fettinnhold)	
heksaklorbenzen	0,14 ppm	"	"
oktaklorstyren	0,06 ppm	"	"

samt et typisk PCB-spektrum som totalt utgjør 0,52 ppm. Interessant er det også at forholdet mellom de tre komponenter er omtrent det samme som en finner i Frierfjorden, selv om nivået ligger på under 1 % av hva en vanligvis finner der. Ut fra vannanalysene synes det nærliggende å søke hovedkildene ved nedre Otra.

Dessverre er lite kjent om penta- og heksaklorbenzens effekter på akvatiske organismer og på mennesket som konsument, men FAO/WHO har anbefalt at daglig inntak ikke må overstige 0,6 µg pr. kg kroppsvekt, eller ca. 0,05 mg/døgn totalt for et voksent menneske. Torsken hadde et fettinnhold på 1,0 - 1,3 % pr. våtvekt, og det tilsvarende at en må konsumere 28 - 30 kg fisk pr. døgn for å nå grenseverdien.

Nivået av PCB er ca. 10 ganger så høyt som vanlig i torsk fra Nordsjøområdene, og tilsvarende verdier funnet i diverse fisk i munningen av Frazerelven ved Vancouver i British Columbia (Albright, Northcote, Oloffs and Szeto 1975). Høye nivåer er vanligst i estuarområder med høye befolkningsskonsentrasjoner, og tilførselen skjer antagelig i hovedsak via kloakk. Noe mer er kjent om PCBs giftighet, og nivået i torsken fra Otra ligger langt under hva som kan virke akutt dødelig i marine organismer. Giftigheten overfor mennesket antas å være omtrent som for heksaklorbenzen.

Det er ingen grunn til frykt for at helsemessige skadevirkninger skal oppstå ved konsum av fisk med de konsentrasjoner som er påvist. Den samlede belastning av skadelige stoffer vi utsettes for bør imidlertid reduseres så langt det er mulig, og det er grunn til å iverksette en nærmere undersøkelse med sikte på å kartlegge konsentrasjonene av organiske, halogenerte forbindelser i fisk og andre organismer fra Otra, OTRAS estuarområde og i Kristiansands nære kystområder med sikte på å klarlegge problemets omfang, samt om mulig å identifisere kildene.

5. ANBEFALINGER

Hovedoppgaven de kommende år vil være å bringe Otra tilbake som et lakseførende vassdrag. I samsvar med dette konsentreres NIVAs innsats fra og med 1978 om den fiskeribiologiske del av undersøkelsene, som forutsatt i rammeplanen for undersøkelsene. Utviklingen av fiskebestanden vil bli fulgt nøye, og likeledes forekomsten av bunndyr, som er av stor betydning for fiskeproduksjonen. Det vil bli et nært samarbeid med Otra Laksefiskerlag i fremføringen av denne oppgaven.

På grunn av en foruroligende forverring i vannkvaliteten, anbefales det at Venneslafjorden inkluderes i overvåkingsundersøkelsen, og at de biologiske og produksjonsmessige forhold i fjorden undersøkes nærmere.

Kjemiske data tyder på at en øket belastning fra deler av industri og husholdning nå gjør seg gjeldende i Nedre Otra. Det er grunn til å påskynde saneringen av avløpsforholdene ved vassdraget. Det er også av betydning å redusere belastningen fra overflateavrenning. Forholdene i Høiebekken er lite tilfredsstillende og bør snarest saneres.

Enkelte spesielle forurensningsproblemer er fortsatt for dårlig undersøkt og bør vies mer oppmerksomhet i de nærmeste årene. Dette gjelder spesielt utslipp av tilsatsstoffer fra papirproduksjonen samt blekeriavløp ved Hunsfos fabrikker, belastningen av organisk stoff og næringsalter fra A/S Norsk Wallboard, samt eventuelle utslipp av tungmetaller, beisevæsker, løsningsmidler, tjærestoffer o.a. fra metallbearbeidende industri.

Det bør foretas en kartlegging av konsentrasjonene av organiske, halogenerte forbindelser i fisk og andre organismer.

I nasjonal sammenheng er Otra et interessant og viktig vassdrag ut fra flere synsvinkler. Det knytter seg store fiske- og rekreasjonsinteresser til vassdraget, som en gang var blant Norges beste lakse-elver, og det gjøres nå en pionérinnsats fra industri og lokalsamfunn for å bringe tilstanden tilbake mot det opprinnelige. Spesielt når det gjelder rensetiltak innen treforedlingsindustrien har en kommet lengre her enn noe annet sted i landet, og ved nøye å følge utviklingen i vassdraget vil en kunne få svært verdifull informasjon om i hvilken grad rensetiltakene gir seg utslag i bedret vannkvalitet og

biologiske forhold. Det er viktig at sentrale miljøvermyndigheter gjøres oppmerksomme på dette, og gjennom økonomisk støtte til undersøkelsene sikrer at erfaringene kan gis en skikkelig dokumentasjon og bearbeiding.

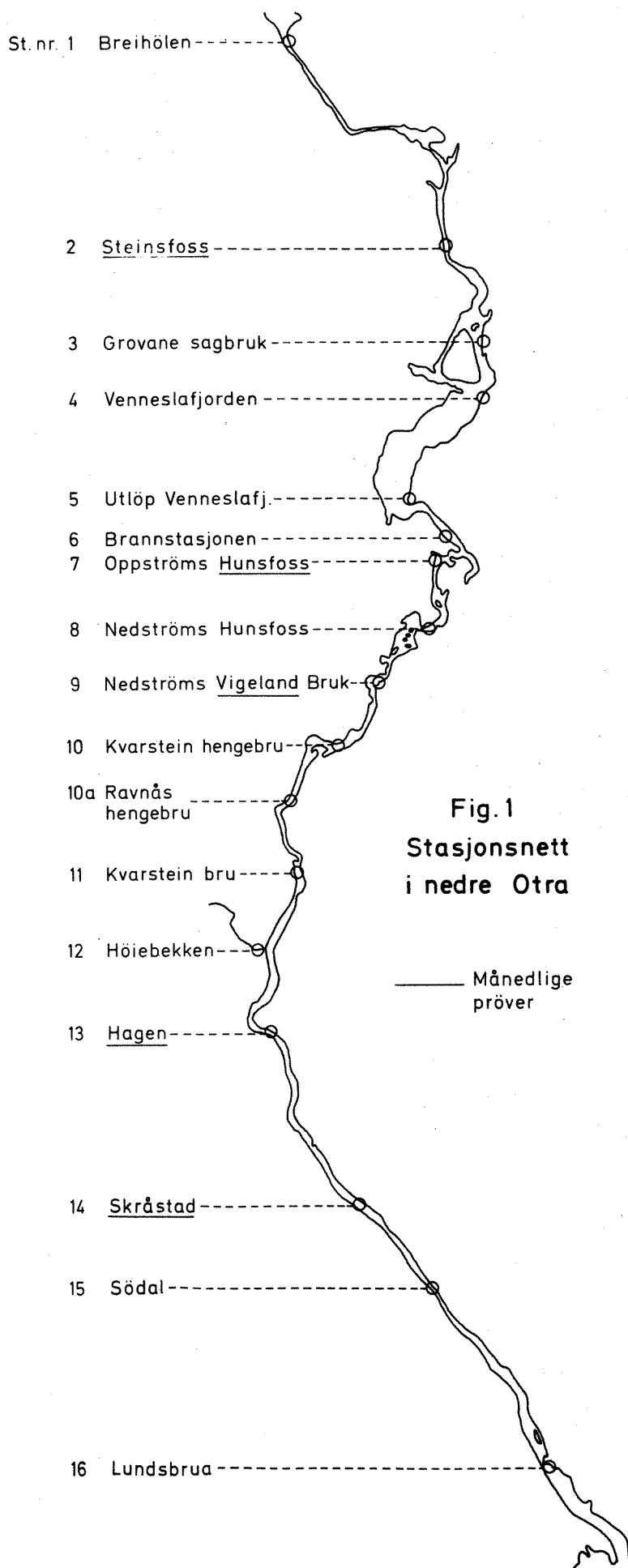
6. LITTERATUR

M. Laake og O. Skulberg (1976): Undersøkelser av forurensningsvirkninger i Nedre Otra. Utført for Vassdragsrådet for Nedre Otra 1973-75. NIVA-rapport O-12/73, Blindern, Oslo.

G.E. Carlberg (1977): Analyse av halogenerte fenoler i biologisk materiale, vann og sedimenter. Sentralinstituttet for Industriell Forskning, rapport nr. 720205-13, Blindern, Oslo.

J. Molvær, B. Rygg og T. Bokn (1976): Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Klorerte hydrokarboner i sedimenter og biologisk materiale. Foreløpig rapport om heksaklorbenzen, pentaklorbenzen og oktaklorstyren. NIVA-rapport O-111/70, Blindern, Oslo.

L.J. Albright, T.G. Northcote, P.C. Oloffs og S.Y. Szeto (1975): Chlorinated hydrocarbon residues in fisk, crabs, and shellfish of the lower Frazer river, its estuary and selected locations in Georgia Strait, British Columbia - 1972/73. Pesticides Monitoring J. 9 (3):134-140.



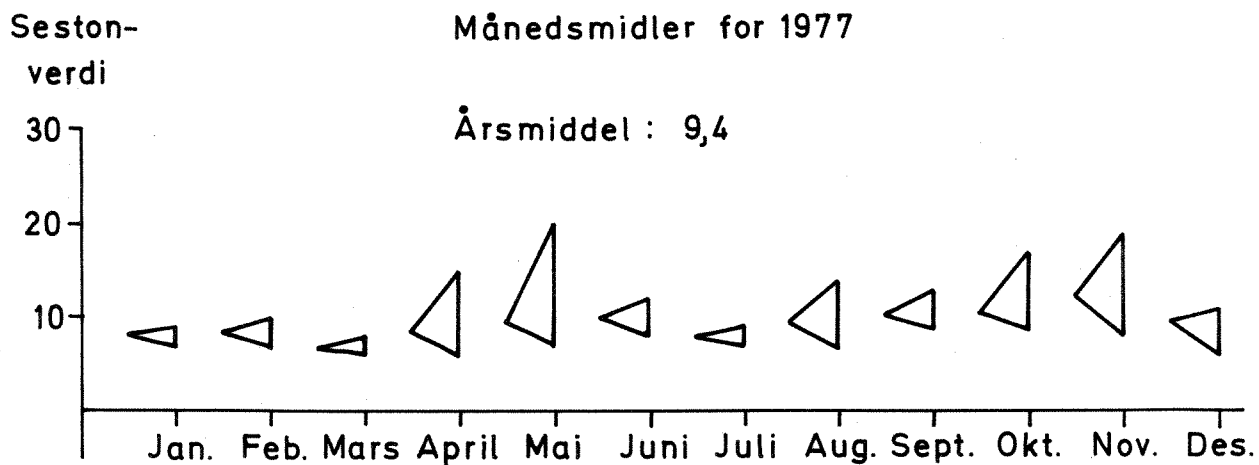
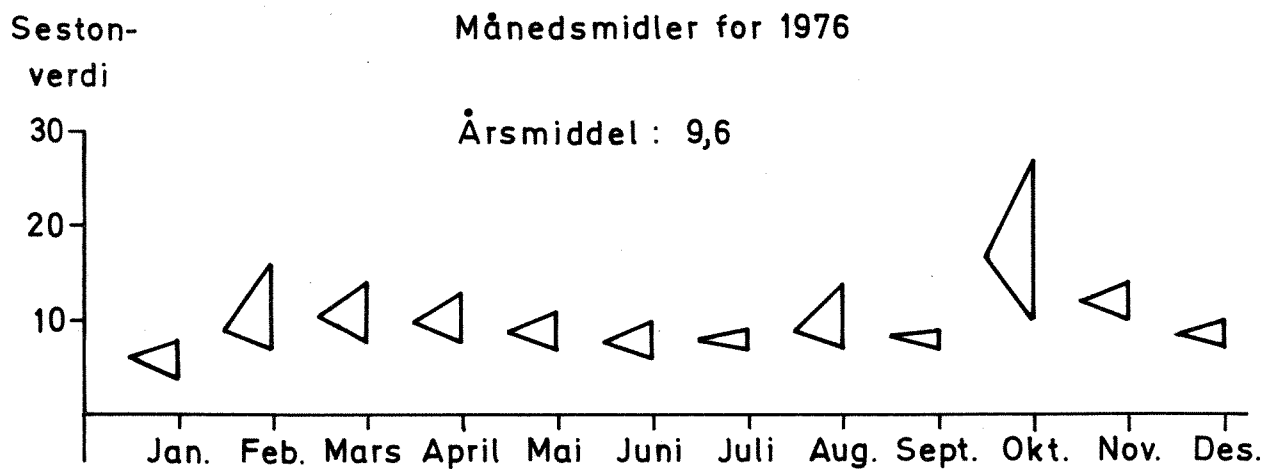


Fig. 2 Sestonverdier for Nedre Otra, Vigelandsdammen

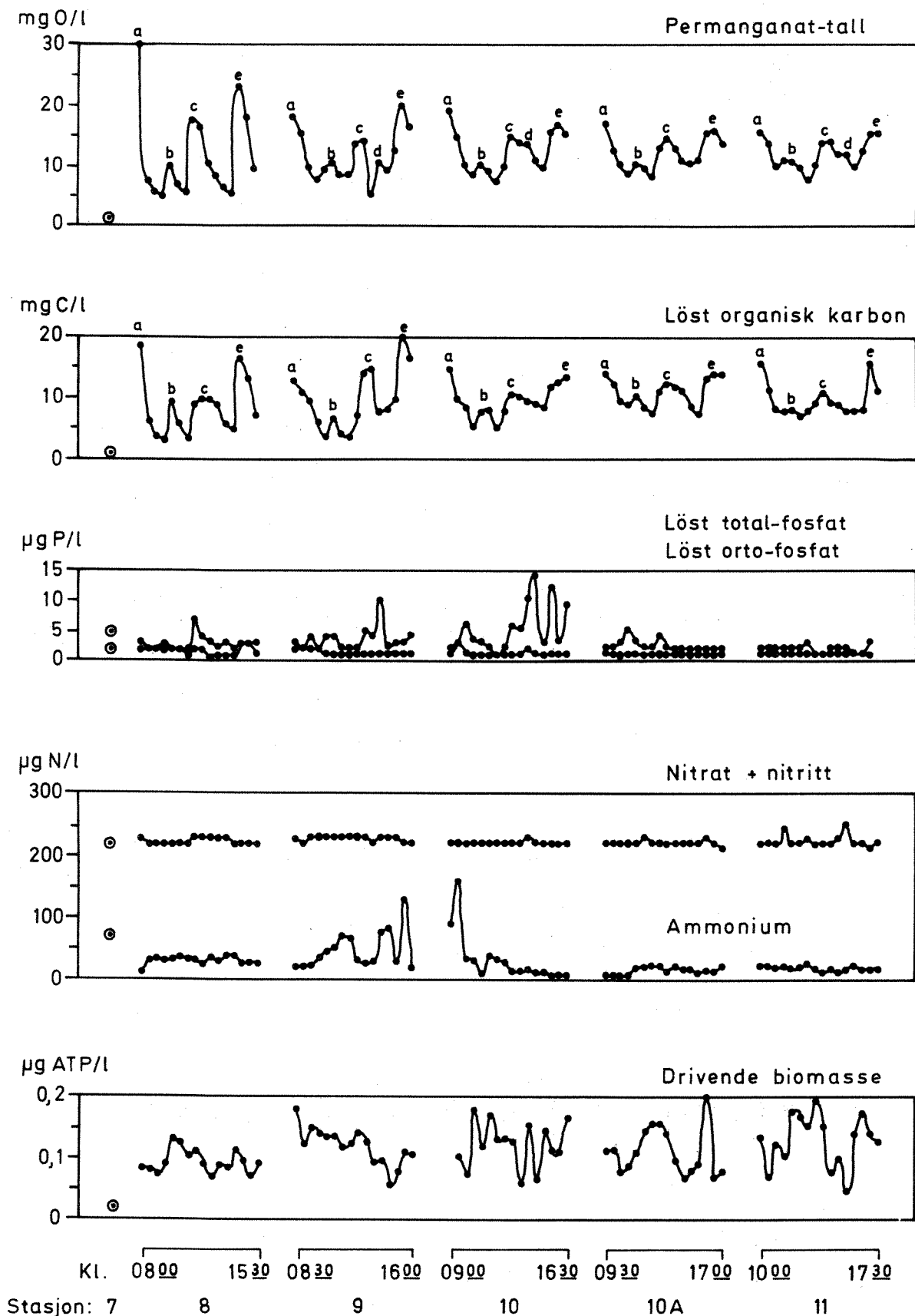


Fig.3 Konsentrasjonsforløpet for kjemiske komponenter ved simultanprøvetakingen 3. mai 1977

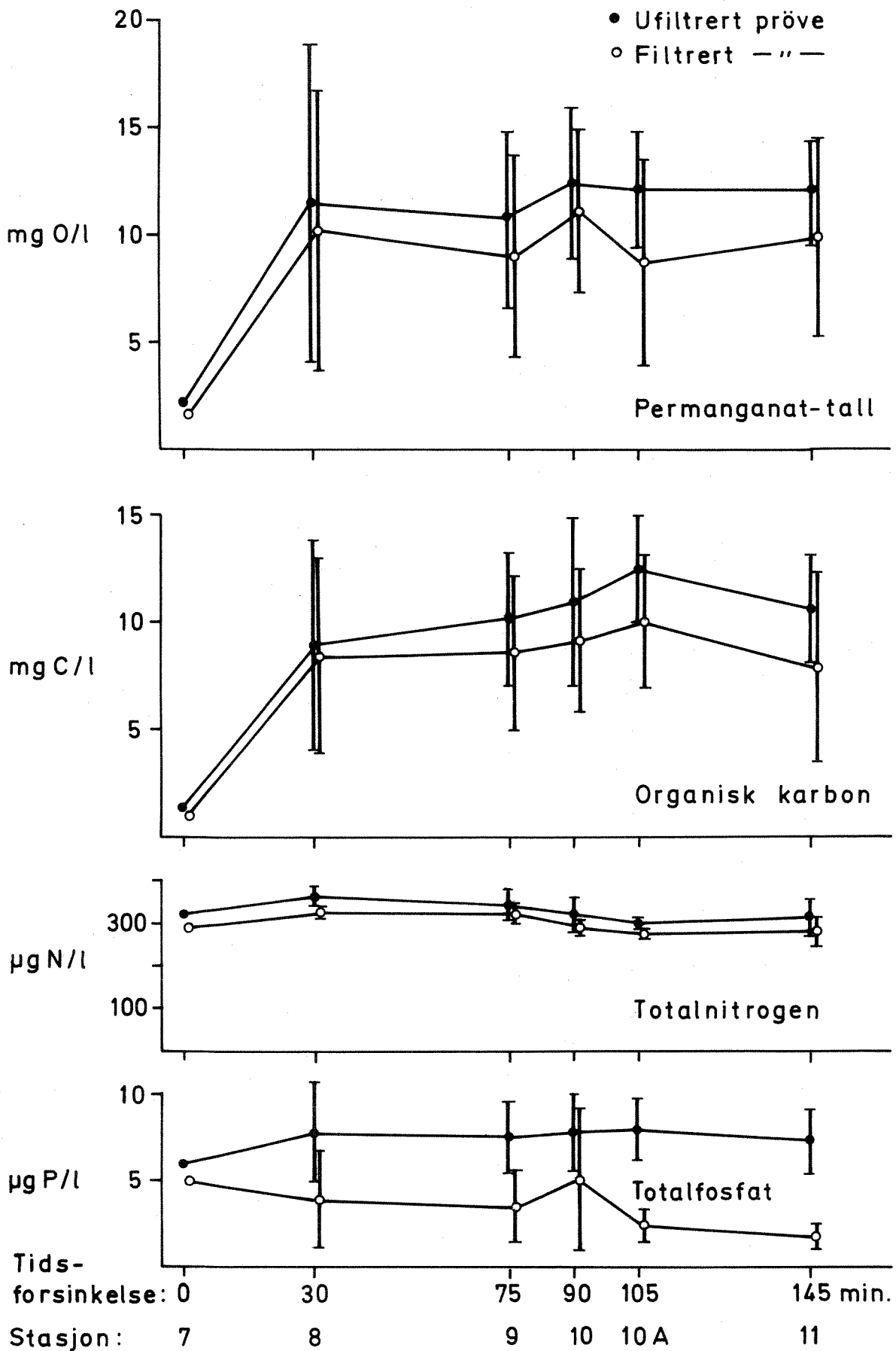


Fig.4 Middelværdier med standardavvik for kjemiske komponenter ved simultanprøvetakingen 3.mai 1977

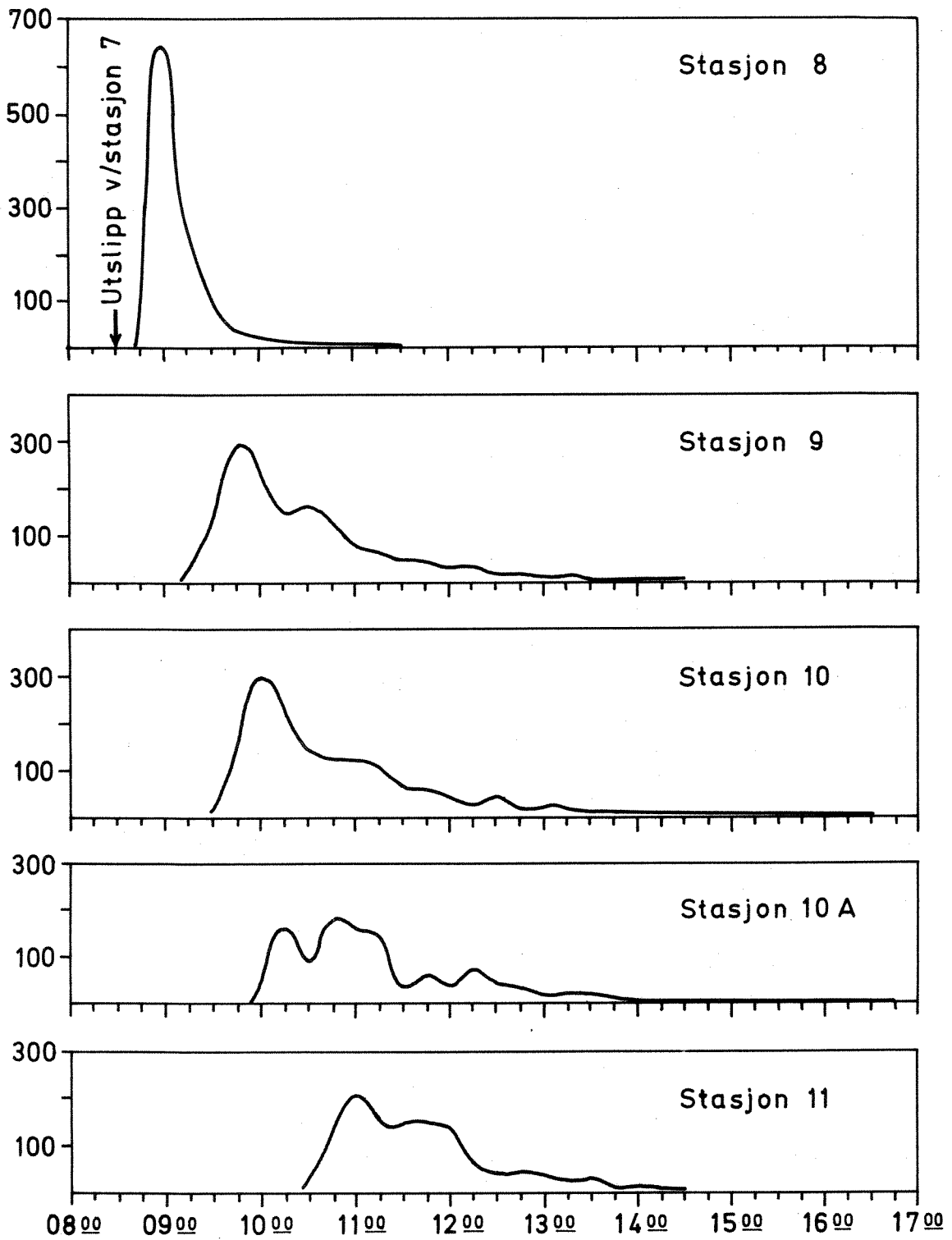


Fig.5 Kimtall av *Serratia indica* etter utslipp ved stasjon 7 kl. 08³⁰, 3.mai 1977.
Vannføring: 207 m³/s

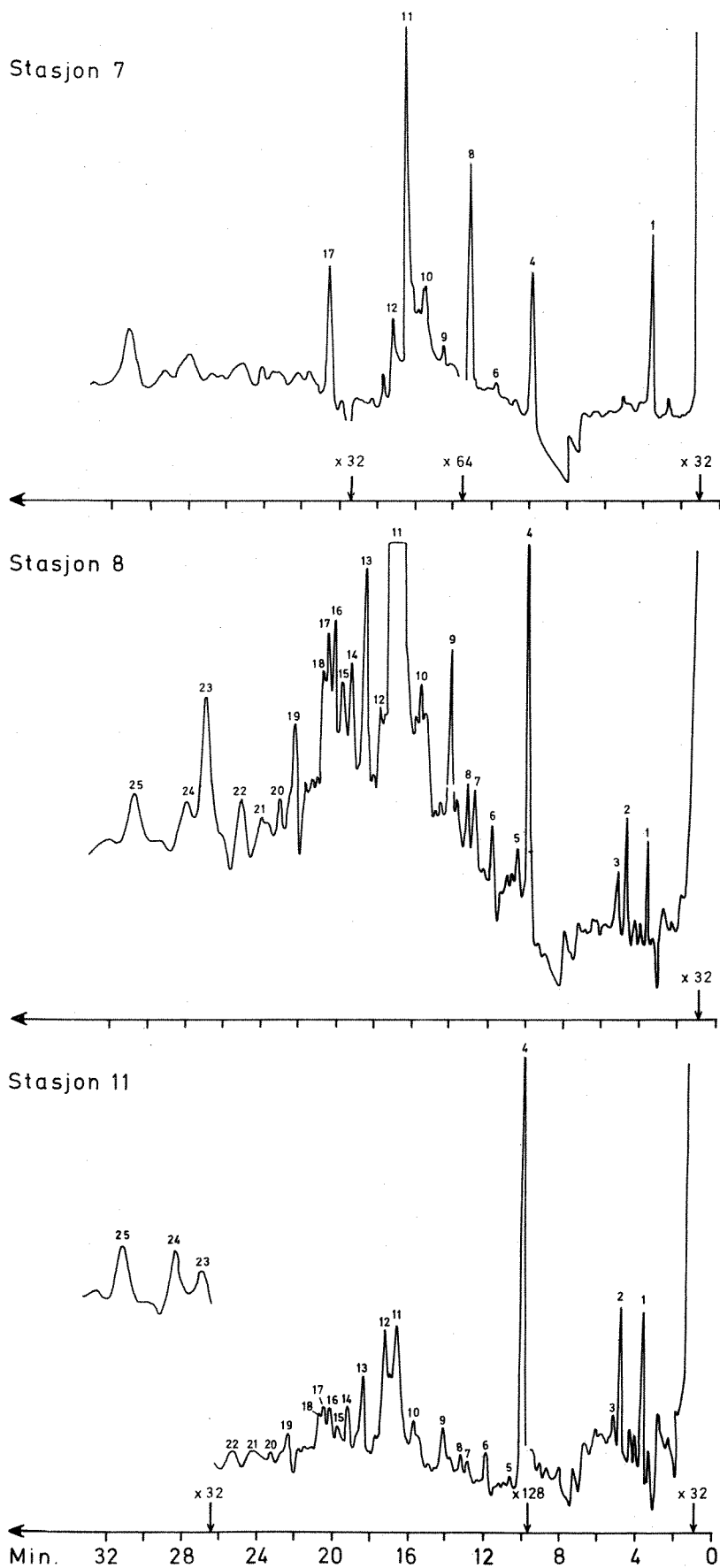


Fig.6 Analyse av fettløselige, halogenerte forbindelser i vannprøver fra Nedre Otra

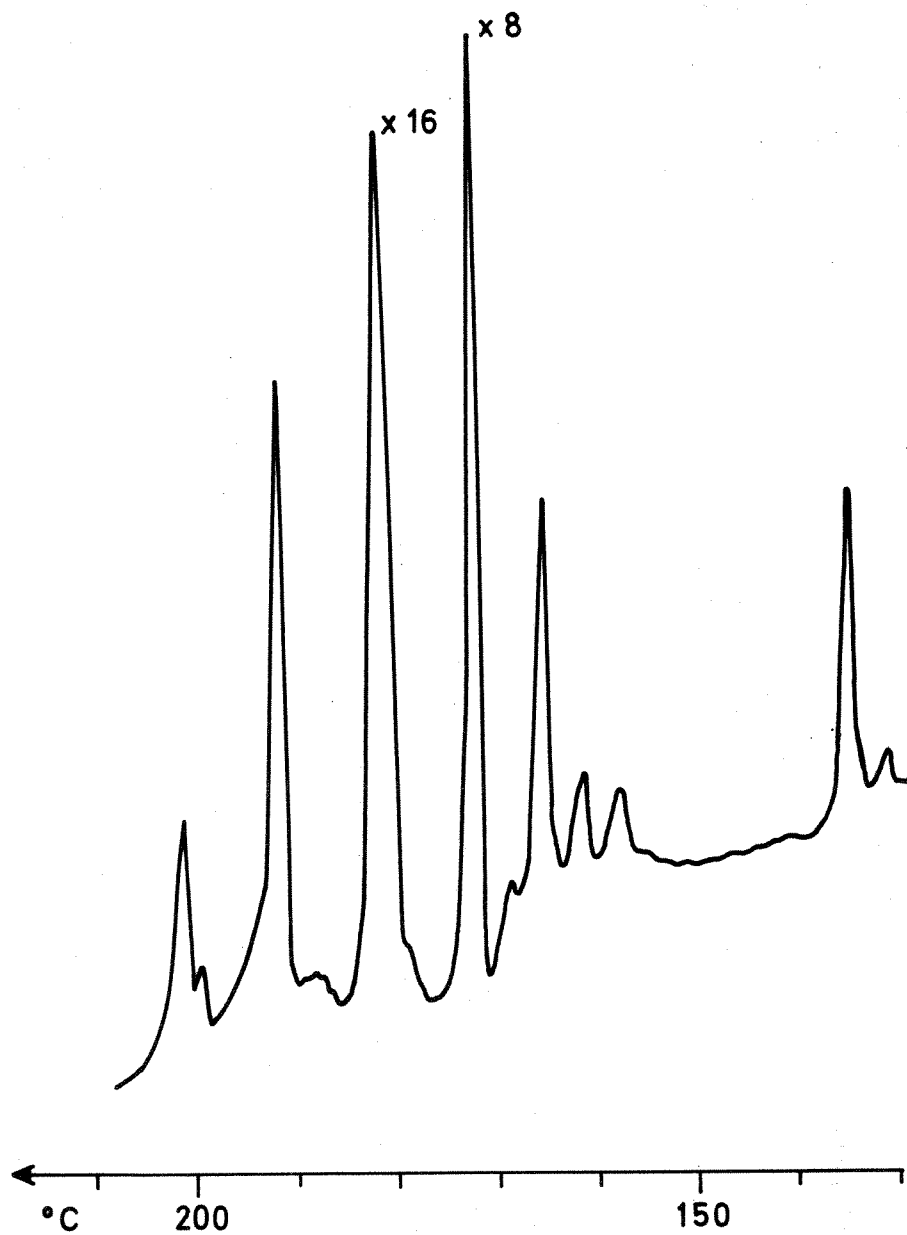


Fig. 7 Analyse av klorerte fenoler i torsk fra utløpet av Otrå

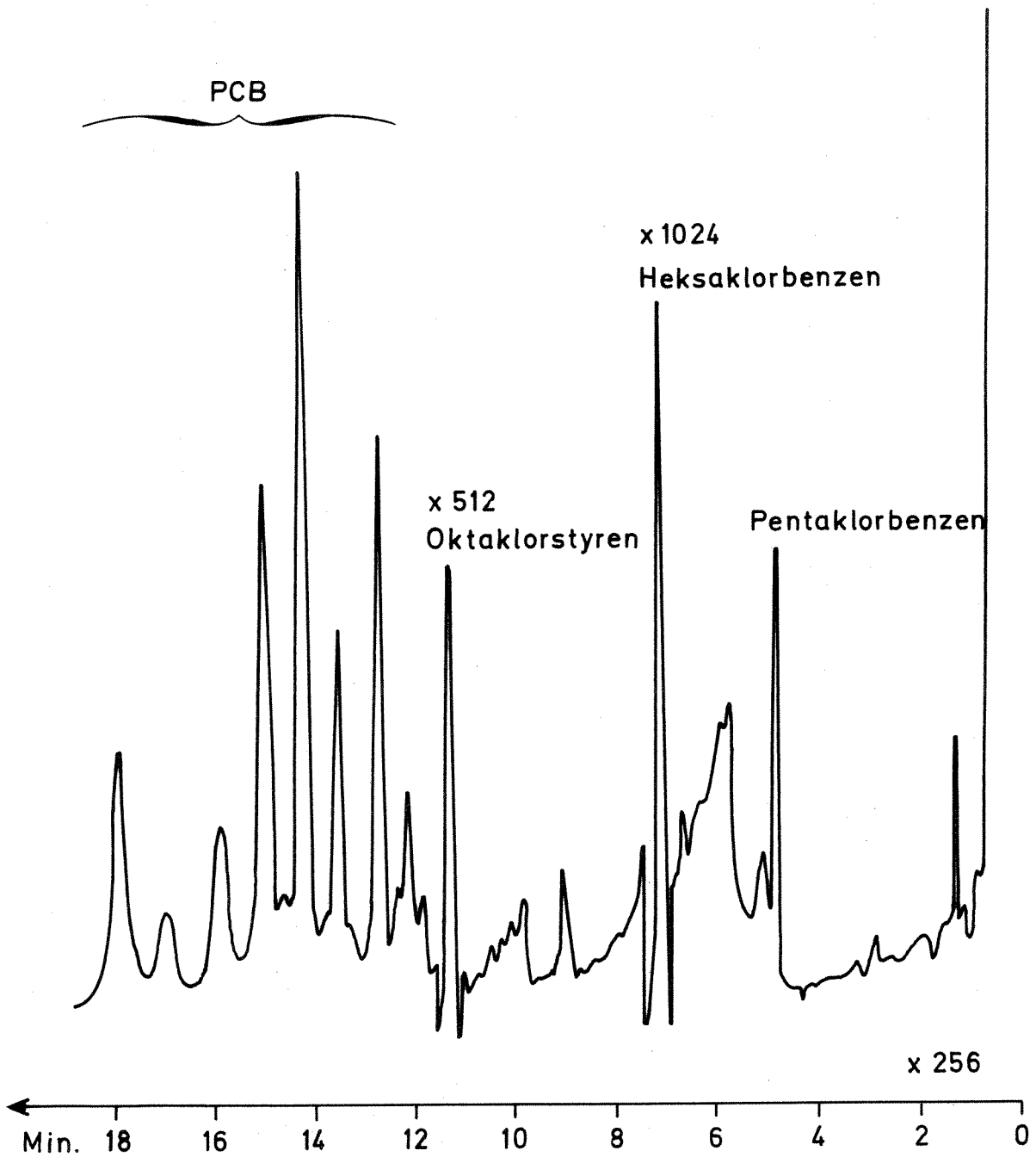


Fig.8 Analyse av klorerte, fettløselige forbindelser i torsk fra utløpet av Otra

Tabell 1. Kjemiske analysedata fra månedlig prøvetaking. 1976-77.

(F = filtrert, UF = ufiltrert)

STASJON	DATO	pH	KOND µS/cm	TURB JTU	FARGE		ASID		TOT P		TOT N		PERM	
					mg Pt/l	F	m10,1N NaOH	UF	F	µg P/l	UF	F	µg N/l	UF
STEINSSFOSS	29.11.76	5.13	18.2	-	21.5	8.5	0.97	0.66	10	9	310	190	2.3	1.7
	15.12.76	5.12	19.9	-	21.5	23.5	0.72	0.77	14	8	320	360	2.5	1.9
	17.01.77	5.41	18.0	0.50	8.5	4.0	0.63	0.66	6	4	210	200	1.2	1.6
	15.03.77	4.99	25.6	0.47	19.5	13.0	0.93	0.89	3	2	330	320	2.5	2.7
	14.04.77	5.17	19.6	0.40	19.5	8.5	0.64	0.66	4	3	310	260	2.8	2.6
	16.05.77	5.49	16.3	0.47	30.0	6.5	1.06	0.66	6	7	220	200	2.3	1.7
	16.06.77	5.24	16.7	1.2	16.5	9.5	0.56	0.50	2	6	160	190	2.1	1.4
	14.07.77	5.42	13.8	0.48	26.5	18.5	0.55	0.58	3	3	170	170	1.7	1.9
	15.08.77	5.44	12,5	0.54	16.0	10.5	0.41	0.44	4	2	170	180	1.1	0.7
	14.09.77	5.69	14.0	0.33	2.5	2.5	-	-	8	2	200	170	1.1	0.9
	17.10.77	5.28	16.8	0.33	24.0	16.0	0.67	0.65	15	<2	280	250	1.7	1.7
	15.11.77	5.25	17.6	1.1	32.5	16.0	0.70	0.68	<2	<2	110	8	2.5	2.4
	19.12.77	5.05	21.9	0.5	35.0	21.5	0.85	0.77	6	5	330	310	2.6	3.0
\bar{x}		5.24	18	0.57	21	12	0.71	0.66	6.4	4.2	240	216	2.0	1.6
SD		-	4	0.29	9	7	0.19	0.12	4.3	2.5	76	89	0.6	0.8

Tabell 1. forts. Kjemiske analysedata fra månedlig prøvetaking. 1976-77.

(F = filtrert, UF = ufiltrert)

STASJON	DATO	pH	KOND µS/cm	TURB JTU	FARGE mg Pt/l		ASID ml 0,1NNaOH		TOT P µg P/l		TOT N µg N/l		PERM mg O/l	
					UF	F	UF	F	UF	F	UF	F	UF	F
HUNSFOS	29.11.76	5.07	19.5	-	21.5	13.0	0.83	0.63	6	8	320	370	1.6	1.4
	15.12.76	5.16	20.8	-	23.5	23.5	0.88	0.66	11	7	330	340	2.4	2.8
	17.01.77	5.46	16.0	0.50	17.0	6.5	0.76	0.75	8	7	210	190	1.8	1.7
	15.03.77	5.36	19.4	0.37	15.0	6.5	0.66	0.57	4	4	280	300	1.8	1.6
	14.04.77	5.18	20.9	0.42	17.0	10.5	0.66	0.57	5	4	320	330	2.5	2.6
	16.05.77	5.27	17.2	0.45	17.0	8.5	0.75	0.48	5	6	290	230	1.3	1.7
	16.06.77	4.62	32.3	1.4	26.0	9.5	1.00	0.86	6	6	160	180	3.0	2.9
	14.07.77	5.67	14.6	0.5	26.5	21.5	0.68	0.38	12	7	220	270	2.3	1.7
	15.08.77	6.89	16.3	0.78	24.0	18.0	0.46	0.40	26	16	380	280	2.0	1.7
	14.09.77	6.14	23.3	0.76	10.5	8.0	-	-	24	14	350	290	1.3	1.2
	17.10.77	5.28	16.6	0.33	24.0	16.0	0.62	0.6	<2	<2	250	220	1.7	2.1
	15.11.77	5.38	20.2	0.46	32.5	18.5	0.68	0.60	3	2	200	90	1.9	2.0
	14.12.77	5.28	16.6	0.33	24.0	16.0	0.62	0.64	<2	<2	250	220	1.7	2.1
	\bar{x}	5.23	20	0.57	21	14	0.72	0.59	8.8	6.5	274	255	1.9	2.0
	SD	-	5	0.31	6	6	0.14	0.14	7.8	4.3	65	77	0.6	0.5

Tabell 1. forts. Kjemiske analysedata fra månedlig prøvetaking. 1976-77.

(F = filtrert, UF = ufiltrert)

STASJON	DATO	pH	KOND µS/cm	TURB JTU	FARGE		ASID		TOT P		TOT N		PERM	
					UF	F	UF	F	UF	F	UF	F	UF	F
VIGELAND	29.11.76	4.89	29.6	-	21.5	26.0	1.10	1.03	8	8	370	340	15.4	13.4
	15.12.76	5.24	27.7	-	57.5	28.0	1.04	0.82	33	13	360	380	9.7	7.7
	17.01.77	5.69	29.5	1.2	37.0	19.5	1.28	0.89	8	3	200	150	17.6	14.2
	15.03.77	5.08	26.6	0.93	43.5	19.5	1.00	0.63	6	3	230	200	8.5	8.3
	14.04.77	5.26	33.5	1.3	62.0	37.0	1.30	0.93	11	3	400	300	11.0	23.0
	16.05.77	5.39	22.2	0.70	34.5	17.0	0.91	0.51	8	6	260	230	6.8	6.5
	16.06.77	5.32	24.8	1.2	46.0	12.0	0.96	0.64	8	8	200	200	3.6	3.6
	14.07.77	4.76	30.1	0.88	51.5	32.5	0.99	0.98	7	<2	160	130	6.7	2.8
	15.08.77	4.89	26.5	2.3	54.5	21.5	0.62	0.68	11	3	170	120	6.6	6.4
	14.09.77	5.34	23.5	1.7	29.5	5.0	-	-	7	2	220	190	4.3	4.2
17.10.77	5.39	20.8	0.76	43.0	21.5	0.62	0.60	2	3	240	240	4.2	3.7	
15.11.77	5.86	21.8	1.4	46.0	21.5	1.02	0.56	3	6	170	170	2.9	3.6	
19.12.77	4.85	32.6	1.4	60.5	26.5	1.12	1.06	8	4	360	370	4.8	4.4	
	\bar{x}	5.12	27	1.3	45	22	1.00	0.78	9.2	4.9	257	232	7.9	7.8
	SD	-	4	0.5	12	8	0.21	0.20	7.6	3.2	86	89	4.5	5.8

Tabell 1. forts. Kjemiske analysedata fra månedlig prøvetaking. 1976-77.

(F = filtrert, UF = ufiltrert)

STASJON	DATO	pH	KOND µS/cm	TURB JTU	FARGE		ASID		TOT P		TOT N		PERM	
					UF	F	ml 0,1 N NaOH	F	UF	F	UF	F	UF	F
HAGEN	29.11.76	4.94	68.0	-	57.5	39.0	1.40	1.22	160	100	2960	2800	7.9	8.1
	15.12.76	5.75	28.8	-	57.5	32.5	1.24	0.84	54	18	420	430	9.6	9.6
	17.01.77	5.32	31.0	1.5	39.0	19.5	1.56	1.28	16	4	280	190	18.7	21.1
	15.03.77	5.13	27.6	1.6	48.0	13.0	0.71	0.55	6	3	280	120	8.7	5.9
	14.04.77	5.00	37.4	1.3	74.0	37.0	1.42	0.84	12	4	320	300	23.0	16.8
	16.05.77	5.27	20.2	0.68	30.0	13.0	0.85	0.56	9	6	290	240	4.3	3.7
	16.06.77	4.98	25.6	1.8	49.0	16.5	0.96	0.73	6	5	230	160	4.5	3.8
	14.07.77	5.32	25.8	1.0	79.5	46.0	0.89	0.55	21	6	150	230	13.6	11.5
	15.08.77	4.84	30.3	1.7	57.5	32.5	1.04	0.68	10	3	230	160	8.6	8.5
	14.09.77	5.14	25.6	3.2	46.0	16.0	-	-	10	5	250	240	3.6	3.5
	17.10.77	5.62	20.8	0.74	43.0	18.5	0.54	0.50	6	<2	260	280	4.0	3.4
	15.11.77	5.27	21.5	1.2	43.0	21.5	0.90	0.90	5	<2	120	100	3.5	4.0
	19.12.77	4.70	34.5	1.4	49.0	21.5	1.22	1.14	10	5	340	340	4.7	4.4
		\bar{x}	5.09	31	1.5	52	25	1.06	0.82	25	13	472	430	8.8
	SD	-	12	0.7	14	11	0.31	0.27	43	27	752	718	6.2	5.6

Tabell 1. forts. Kjemiske analysedata fra månedlig prøvetaking. 1976-77.

(F = filtrert, UF = ufiltrert)

STASJON	DATO	pH	KOND µS/cm	TURB JTU	FARGE		ASID		TOT P		TOT N		PERM	
					UF	F	ml 0,1 N NaOH	F	UF	F	UF	F	UF	F
SKRÅSTAD	29.11.76	4.88	42.1	-	67.0	30.0	1.04	0.98	160	67	1680	920	8.6	8.0
	15.12.76	5.43	31.4	-	62.0	46.0	0.96	0.86	27	9	500	530	10.7	11.2
	17.01.77	5.37	29.5	1.4	53.0	17.0	1.00	0.84	14	6	330	290	15.6	14.2
	15.03.77	5.40	29.7	1.4	55.0	21.5	0.91	0.58	11	4	360	220	10.8	9.4
	14.04.77	5.12	34.3	1.1	55.0	32.5	1.26	0.82	12	6	570	310	18.5	16.8
	16.05.77	5.25	21.5	0.77	30.0	17.0	1.00	0.53	9	7	270	220	5.8	5.5
	16.06.77	5.44	21.3	1.4	41.0	16.5	0.86	0.48	6	5	250	250	4.4	3.6
	14.07.77	5.30	28.9	1.8	92.0	16.0	1.14	0.50	39	5	230	100	6.3	3.2
	15.08.77	4.74	29.9	1.7	54.5	35.0	0.91	0.79	10	2	180	140	7.3	7.2
	14.09.77	5.43	23.5	5.3	69.5	10.5	-	-	13	<2	250	190	3.2	3.2
	17.10.77	5.22	22.3	0.56	37.5	18.5	0.54	0.65	2	2	230	210	3.5	3.1
	15.11.77	5.34	23.0	1.1	43.0	21.5	0.92	0.56	2	<2	230	130	3.4	3.6
	19.12.77	4.77	34.5	1.1	43.0	21.5	1.18	1.18	8	5	320	310	4.3	4.3
		\bar{x}	5.13	29	1.6	54	23	0.98	0.73	24	9	415	271	7.1
	SD	-	6	1.3	16	10	0.18	0.22	42	17	396	378	4.3	4.3

Tabell 2. Analyseverdier for klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i månedlige prøver.

Dato	Steinsfoss	Hunsfos	Vigeland	Hagen	Skråstad
29.11.76	-	-	-	-	-
15.12.76	-	-	-	-	-
16.01.77	0,93	5,18	0,22	0,21	0,48
15.03.77	-	-	-	-	-
14.04.77	0,55	0,69	0,40	0,33	0,40
16.05.77	5,02	0,81	0,80	0,90	0,80
16.06.77	0,70	0,90	1,30	3,66	0,80
14.07.77	0,50	1,0	1,0	1,30	1,20
15.08.77	0,44	1,98	0,88	0,65	0,38
14.09.77	0,45	5,76	0,54	0,42	0,54
17.10.77	0,32	0,36	0,72	0,47	0,54
16.11.77	0,20	0,31	0,28	0,22	0,17
19.12.77	0,32	0,35	0,24	0,26	0,29

Tabell 3. Algevekstpotensial på månedlige vannprøver (10^6 celler/l).

Dato	Steinsfoss	Hunsfos	Vigeland	Hagen	Skråstad
29.11.76	260,0	6,3	12,0	64,0	38,0
15.12.76	3,8	4,3	8,9	6,0	34,0
16.01.77	9,3	4,4	5,1	7,6	30,0
15.03.77	6,6	11,0	25,0	34,0	26,0
14.04.77	2,4	4,3	7,9	7,5	5,8
16.05.77	6,0	33,0	54,0	50,0	35,0
16.06.77	3,9	3,1	4,7	3,7	9,3
14.07.77	2,0	1,7	2,7	2,3	3,0
15.08.77	2,3	4,0	4,0	5,0	6,0
14.09.77	2,7	6,9	3,0	2,6	2,4
17.10.77	2,7	2,7	4,7	8,2	2,3
16.11.77	2,9	4,0	7,4	4,1	3,8
19.12.77	6,2	1,7	3,7	2,4	3,9

29.11.76 - 16.05.77 vannprøve filtrert

Fra 16.06.77 " " og autoklavert

Tabell 4. Kjemiske analysedata fra simultanprøvetaking 13.10.76.
(avbrutt)

STASJON	KLOKKELETT	pH	KOND µS/cm	TOT N µg N/l	NO ₃ µg N/l	NH ₄ µg N/l	TOT P µg P/l	ORT P µg P/l	KOF mg O/l	TOC mg C/l	LOC mg C/l	POC mg C/l
7	08.40	5.23	28.7	480	170	90	22	7	16.8	3.7	3.2	0.5
	09.40	5.23	26.6	460	180	75	27	7	18.2	3.6	2.7	0.9
	13.40	5.17	26.5	610	160	85	30	10.5	30.5	4.1	2.9	1.2
11	10.30	5.86	32.1	790	160	70	67	18	40.8	7.5	5.0	2.5
	11.30	5.71	30.3	1230	180	110	120	43	39.3	8.2	4.9	3.3
	12.30	6.15	31.5	740	170	45	68	25	34.2	7.1	5.2	1.9
	13.30	6.35	31.5	1130	160	35	88	22	38.6	9.0	4.2	4.8

Tabell 5. Kjemiske analysedata fra simultanprøvetaking i Nedre Otra 3.5.77.

STASJON	TID	UFILTRERT						FILTRERT							
		pH	KOND µS/cm	TOC µg C/l	PERM µg O/l	TOT P µg P/l	TOT N µg N/l	TOC µg C/l	PERM µg O/l	TOT N µg N/l	NO ₃ µg N/l	NH ₄ µg N/l	ORT P µg P/l	TOT P µg P/l	
8	0800	4,89	37,2	16,4	30,0	6	380	18,7	27,0	330	230	10	2	3	
	0830	4,93	26,9	5,7	7,4	6	360	6,4	7,3	340	220	30	2	2	
	0900	4,94	25,6	6,1	5,4	8	340	4,0	5,4	320	220	35	2	2	
	0930	4,92	25,1	5,5	4,7	6	340	2,95	4,3	340	220	30	2	3	
	1000	4,86	28,6	8,4	9,9	6	350	9,2	10,0	320	220	30	2	2	
	1030	4,94	25,6	5,3	6,3	15	340	5,7	6,2	320	220	35	2	2	
	1100	4,89	24,6	4,2	5,4	14	360	3,2	4,5	310	220	30	<2	2	
	1130	4,90	30,3	10,6	17,4	8	370	8,9	15,4	320	230	30	2	7	
	1200	4,85	31,6	11,0	16,6	6	360	9,5	16,6	340	230	25	2	4	
	1230	4,86	30,0	8,6	10,4	(480)	420	9,7	10,1	330	230	35	<2	3	
	1300	4,92	27,8	8,1	8,3	6	340	8,7	7,8	340	230	30	<2	2	
	1330	4,92	26,8	1,3	6,4	9	350	6,7	6,5	310	230	35	<2	3	
	1400	4,91	25,7	6,0	5,3	6	360	4,7	5,2	310	220	40	<2	2	
	1430	4,80	32,1	19,5	23,0	7	400	16,6	20,0	320	220	25	3	3	
	1500	4,79	32,1	15,5	18,0	7	360	13,05	17,5	310	220	25	3	3	
1530	4,82	29,0	10,3	9,4	7	340	6,9	9,3	300	220	25	<2	3		
9	0830	4,76	32,1	16,3	18,0	9	390	12,8	17,4	330	230	20	2	3	
	0900	4,80	31,1	13,8	15,2	7	360	10,5	14,8	290	220	20	2	2	
	0930	4,87	28,6	9,7	9,4	7	350	9,05	9,1	320	230	20	2	4	
	1000	4,99	27,3	7,9	7,6	11	440	5,8	7,3	300	230	30	2	2	
	1030	4,93	28,1	8,2	9,5	10	310	3,3	9,5	310	230	45	<2	4	
	1100	4,86	28,3	9,3	10,2	8	310 ^x	6,5	9,8	360 ^x	230	50	<2	4	
	1130	4,88	26,4	5,3	8,4	7	330	3,9	7,5	330	230	70	<2	2	
	1200	4,88	26,2	5,3	8,3	6	310	3,5	7,3	290	230	65	<2	2	
	1230	4,86	29,2	8,2	13,6	8	340 ^x	7,0	5,0	380 ^x	230	30	<2	2	
	1300	4,84	30,0	10,3	14,0	7	340	13,8	13,8	320	230	25	<2	5	
	1330	4,85	29,5	11,6	5,2	8	330	14,6	4,6	310	220	25	<2	4	
	1400	4,86	28,2	9,8	10,4	10	330	7,4	10,1	330	230	75	<2	10	
	1430	4,85	26,9	8,3	9,0	6	320	8,1	9,0	320	220	80	<2	2	
1500	4,84	28,0	10,6	12,2	5	300	9,5	12,0	300	220	25	<2	3		
1530	4,79	30,4	15,1	20,0	5	320	8,5	20,0	320	220	130	<2	3		
1600	4,79	30,7	12,3	16,4	4	380	12,3	16,2	320	220	15	<2	4		
10	0900	4,76	31,1	12,4	19,0	7	370	14,5	18,5	290	220	90	<2	2	
	0930	4,82	29,4	10,6	14,6	7	360	9,4	13,6	310	220	160	3	3	
	1000	4,85	27,5	5,1	9,9	6	340	8,3	9,2	290	220	30	<2	6	
	1030	4,86	26,7	6,4	8,4	6	290	<0,5	8,2	290	220	30	<2	3	
	1100	4,88	27,2	7,6	10,1	8	320	7,6	9,7	280	220	<10	<2	3	
	1130	4,89	26,2	9,0	8,9	9	280 ^x	8,1	8,7	300 ^x	220	35	<2	2	
	1200	4,88	26,0	5,9	7,2	6	290	5,0	7,0	290	220	30	<2	<2	
	1230	4,88	27,1	7,7	9,8	7	290	7,6	9,5	290	220	25	<2	2	
	1300	4,88	30,3	12,8	14,8	6	290	10,6	14,0	290	220	10	<2	6	
	1330	4,89	30,3	15,8	13,8	7 ^x	340	9,9	13,6	310	220	10	<2	5 ^x	
	1400	4,86	29,7	14,3	13,6	7 ^x	360	9,3	11,6	310	230	15	2	10 ^x	
	1430	4,85	28,7	10,5	10,8	6	280	8,8	9,8	260	220	10	<2	14	
	1500	4,83	28,0	9,7	9,4	14	290	8,1	9,2	260	220	10	<2	3	
	1530	4,86	29,6	17,6	15,6	9 ^x	280	11,8	14,6	280	220	<10	<2	12 ^x	
1600	4,86	31,0	15,6	16,8	11	300	12,3	16,0	260	220	<10	<2	3		
1630	4,86	30,5	13,9	15,2	9	410	13,0	15,0	280	220	<10	<2	9		

Tabell 5. Kjemiske analysedata fra simultanprøvetaking i Nedre Otra 3.5.77. (forts.)

STASJON	TID	UFILTRERT						FILTRERT						
		pH	KOND µS/cm	TOC µg C/l	PERM µg O/l	TOT P µg P/l	TOT N µg N/l	TOC µg C/l	PERM µg O/l	TOT N µg N/l	NO ₃ µg N/l	NH ₄ µg N/l	ORT P µg P/l	TOT P µg P/l
10A	0930	4,85	30,7	17,3	17,0	7	300	13,8	16,2	270	220	<10	<2	2
	1000	4,84	30,0	12,3	12,4	6	290	12,0	11,8	270	220	<10	<2	2
	1030	4,86	28,8	11,8	10,2	7	280	8,9	9,2	260	220	<10	<2	3
	1100	4,86	28,0	10,2	8,6	11	310	8,5	8,6	270	220	<10	<2	5
	1130	4,87	28,5	11,8	10,2	8	300	10,4	9,0	270	220	15	<2	3
	1200	4,87	27,5	10,5	9,4	8	300	8,2	9,4	280	230	20	<2	2
	1230	4,87	27,6	11,8	8,2	7	310	7,2	7,6	270	220	20	<2	2
	1300	4,87	29,2	16,4	12,8	8	300	11,1	11,0	280	220	20	<2	4
	1330	4,88	30,7	16,5	14,4	7	310	12,1	12,8	260	220	10	<2	2
	1400	4,89	30,2	11,6	13,0	8	280	11,3	12,6	280	220	20	<2	2
	1430	4,85	29,4	10,5	10,8	5	280	11,1	10,8	270	220	15	<2	2
	1500	4,91	28,7	9,4	10,4	8	300	8,4	10,0	260	220	15	<2	2
	1530	4,88	28,7	10,7	11,0	12	280	7,1	10,6	270	220	10	<2	2
	1600	4,89	30,0	14,6	15,4	8	310	13,2	14,2	300	230	10	<2	2
	1630	4,89	30,8	11,0	15,8	10	310	13,7	15,2	300	220	10	<2	2
1700	4,88	30,0	11,3	13,8	8	310	13,6	13,4	280	210	20	<2	2	
11	1000	4,88	31,5	13,2	15,4	6	420	15,5	15,2	380	220	20	<2	2
	1030	4,84	30,0	14,5	13,8	6	320	11,0	13,6	320	220	20	<2	2
	1100	4,85	29,2	5,9	9,8	8	350	7,7	9,6	270	220	15	<2	2
	1130	4,85	28,2	8,2	10,8	5	300	7,7	9,0	280	250	20	<2	2
	1200	4,87	28,0	7,4	10,6	11	360	7,8	9,6	280	220	15	<2	2
	1230	4,86	28,1	11,2	9,6	10	270	6,7	9,4	270	220	15	<2	2
	1300	4,87	27,1	10,3	7,6	5	350	7,7	7,2	310	230	25	<2	3
	1330	4,89	28,4	9,9	10,2	9	290	8,9	9,8	250	220	15	<2	<2
	1400	4,88	29,9	13,2	13,8	6	310	10,8	12,6	290	220	10	<2	<2
	1430	4,86	30,3	13,7	14,0	9	250	9,0	12,4	250	220	15	<2	2
	1500	4,86	30,2	10,5	12,0	7	260	8,6	11,8	260	230	10	<2	2
	1530	4,85	29,4	8,8	11,8	5	300	7,4	11,0	250	250	15	<2	2
	1600	4,84	28,1	10,7	9,8	8	320	7,7	9,4	260	220	20	<2	<2
	1630	4,84	29,4	9,9	12,4	7	300	7,8	12,2	230	220	15	<2	<2
	1700	4,86	30,3	13,5	15,2	6	300	15,6	14,6	300	210	15	<2	<2
1730	4,86	30,9	9,4	15,6	9	310	11,0	15,4	300	220	15	<2	3	

x)
UV-belyst og kjørt to ganger.

Tabell 6. Drivende biomasse (filtrert ATP) ved
simultanprøveserie 3.5.77 ($\mu\text{g ATP/l}$).

Stasjons nr. Klokkeslett	8	9	10	10A	11
0800	0,084				
0830	0,081	0,180			
0900	0,073	0,118	-		
0930	-	0,151	0,095	0,109	
1000	0,133	0,137	0,070	0,111	0,132
1030	-	-	0,177	0,074	0,066
1100	0,104	0,135	0,117	0,088	0,123
1130	0,111	0,116	0,170	0,114	0,101
1200	0,087	0,122	0,126	0,145	0,175
1230	0,069	0,140	0,131	0,155	0,169
1300	0,089	0,127	0,122	0,155	0,152
1330	0,083	0,092	0,057	0,129	0,194
1400	0,114	0,095	0,155	0,088	0,150
1430	0,096	0,051	0,064	0,064	0,073
1500	0,070	0,078	0,145	0,079	0,099
1530	0,094	0,108	0,108	0,088	0,045
1600		0,106	0,109	0,200	0,139
1630			0,167	0,064	0,173
1700				0,077	0,138
1730					0,127

Tabell 7. Biomasse av fastsittende begroing, Nedre Otre 4.5.77.

Prøver tatt med Ekman-grabb ($0,02 \text{ m}^2$) på 1-2 m dyp, i rekkefølge fra stasjon 15 til 11 med 3-400 m mellomrom.

Stasjon nr.	Glødetap		Klorofyll <u>a</u>		ATP-biomasse	
	% pr. TV	g/m^2	% pr. GT	mg/m^2	% pr. GT	mg/m^2
15/1	15,5	266	0,02	52,8	0,003	8,5
15/2	5,2 ^x	> 87	0,10	87,9	0,015	12,8
15/3	7,0	276	0,14	397,6	0,012	32,9
15/4	2,4	11	0,31	34,5	0,030	3,3
14/1	13,6	158	0,06	100,0	0,013	21,3
14/2A	8,5	117	0,17	204,0	0,012	13,9
14/2B	8,9	254	0,07	177,6	0,007	18,4
14/3	8,2	112	0,02	25,7	0,010	11,0
14/4	2,8	11	0,06	6,7	0,030	3,3
14/5	6,7	70	0,08	53,3	0,008	5,8
14/6	6,8	87	0,05	41,4	0,009	7,5
14/7A	8,8	201	0,05	104,0	0,012	24,9
14/7B	19,9 ^x	>434	0,05	236,6	0,005	23,2
13/1	8,0	136	0,08	102,7	0,016	21,3
13/2	19,9	213	0,12	248,4	0,015	31,8
13/3	10,0	356	0,06	201,6	0,008	28,0
11/1	11,0	129	0,11	138,0	0,019	24,8
Middel	9,6	170	0,09	130	0,013	17,2
St.avvik	±5,1	±120	±0,07	±100	0,008	9,7

x) Antatt for lav verdi.

TV = Tørrvekt, GT = Glødetap.

Tabell 8. Kjemiske data fra prøvetaking ved stasjon 12
(Høiebekken) 5.5.77.

KLOKKESLETT	pH	KOND μS/cm	ASIDITET ml 0,1 N NaOH	PERM μg O/1	TOT N μg N/1	TOT P μg P/1
0915	4,21	50,4	2,10	8,3	1520	89
1015	5,06	32,6	1,05	5,9	1080	87
1115	4,63	35,1	1,36	6,0	1030	110
1215	4,86	29,9	1,09	6,1	970	74
1315	4,64	34,0	1,02	5,5	700	70
1415	5,30	46,6	1,52	9,8	640	620
1515	5,25	32,5	0,90	5,5	1010	95
1615	4,70	35,7	1,45	6,0	810	83
1715	4,49	36,8	1,23	6,1	740	81
1815	4,65	33,6	1,06	6,5	760	140
1915	4,68	36,2	1,08	7,4	1130	900