

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

0 - 209.

Undersøkelse av forurensningen i
Otras nedre løp
1960 - 1961.

Saksbehandler: cand.real. B. Bergmann-Paulsen.
Rapporten avsluttet 28/3 1962.

I N N H O L D .

	Side:
TABELLFORTEGNELSE.	4
FIGURFORTEGNELSE.	6
FORORD.	7
1. GENERELT.	9
1.1 Otra.	9
1.2 Bedrifter langs Otras nedre løp.	11
1.2.a Hunsfos Fabrikker.	12
1.2.b A/S Norsk Wallboardfabrikk.	17
1.3 Utviklingen av problemene angående forurensningen i Otra.	19
1.4 Tidligere undersøkelser av Otras nedre løp.	20
1.4.a Fysisk-kjemiske undersøkelser.	20
1.4 b Undersøkelse av fiskebestanden.	22
1.5 Problemstilling.	25
2. FYSISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER.	27
2.1 Stasjonsplassering.	27
2.2 Prøvetaking og analyser.	28
2.2.a Korttidsundersøkelsen 29/9 - 2/10 1960.	28
2.2.b Spredte prøvetakinger.	31
2.2.c Kjemisk undersøkelse av bunnprøver.	33
2.2.d Undersøkelse av avfallsvannet fra bedriftene.	34
2.3 Diskusjon av de fysisk-kjemiske undersøkelser.	35
3. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER.	43
3.1 Benthiske feltundersøkelser.	43
3.2 Fiskeundersøkelser.	49
3.2.a Innledning	49
3.2.b Fisketellinger.	50
3.2.c Diskusjon.	53
4. FISKEFORSØK.	54
4.1 Innledning.	54
4.2 Forsøk med fisk i nettingkasser i Otra.	55
4.3 Forsøk med fisk i forsøksanlegget.	57

	Side:
4.3.a Beskrivelse av forsøksanlegg.	57
4.3.b Metoder.	60
4.3.c Resultater.	61
4.3.d Diskusjon.	65
4.4 Toleranseforsøk med fisk i akvarier.	66
4.4.a Innledning.	66
4.4.b Metoder.	67
4.4.c Virkning av forskjellige avvannstyper på fisk.	68
4.4.d Sulfitavlutens toksiske virkning ved varierende fysisk-kjemiske faktorer.	77
4.4.e Testing av komponenter i sulfitavluten.	84
4.5 Diskusjon av fiskeproblemene.	87
4.5.a Biologiske undersøkelser i Otra sett i relasjon til resultatene av forsøksvirksomheten.	87
4.5.b Betragtninger over elvevannets giftvirkning.	92
4.5.c Endringer i laksebestandens størrelse sett i relasjon til industriutviklingen.	94
5. VEKST AV SOPPEN <u>FUSARIUM AQUAEDUCTUUM</u> .	98
5.1 Forekomst i Otra og isolering av soppen.	98
5.2 Laboratorieforsøk.	102
5.3 Renneforsøk.	104
6. SAMMENFATTENDE DISKUSJON.	107
LITTERATURFORTEGNELSE.	111

TABELLER (i tekst).

	Side:
1. Sammensetning av sulfitavlut.	13
2. Utslipp fra treforedlingsindustri som person- ekvivalenter.	15
3. Stasjoner i Otra.	27
4. Oversikt over analyser og målinger.	30
5. Oversikt over bunnprøver fra Otra.	33
6. Prøver fra A/S Norsk Wallboardfabrikk.	34
7. Prøver fra Hunsfos Fabrikker.	35
8. Skala for skjønsmessig vurdering av kvantitativ forekomst.	45
9. Benthisk fauna i Otra.	46
10. Benthisk vegetasjon i Otra.	47
11. Utbyttet av fisket i Otra 1945 - 1961.	50
12. Resultater av fisketellinger i Otra og Sogneelva.	51
13. Forsøk med aure i nettingkasser i Otra.	56
14. Aure eksponert i vann fra Otra.	63
15. Kontrollforsøk med aure i bekkevann.	64
16. Forsøk med aure i forskjellige konsentrasjoner av sulfitavlut.	69
17. Virkning av sulfitavlut på forskjellige fiskearter.	70
18. Virkning av avfallsvann fra A/S Norsk Wallboard- fabrikk på aure.	73
19. Virkning av pressvann fra A/S Norsk Wallboard- fabrikk på aure.	74
20. Virkning av $Mg(HSO_3)_2$ på aure.	76
21. Virkning av vann fra Otra tilsatt sulfitavlut og forskjellige mengder NaOH på aure.	80
22. Virkning av sulfitavlut på aure i forskjellige vanntyper.	81
23. pH i vann fra Otra etter tilsetting av forskjel- lige mengder sulfitavlut.	82
24. Virkning av vann fra Otra justert til forskjellig pH med ulike agenser på aure.	82
25. Oversikt over syrer i sulfitavlut.	85
26. Skadegrenser for en del stoffer i sulfitavlut.	85
27. Virkning av ammonium-lignosulfonat i vann fra Otra på aure.	85
28. Virkning av $Mg(HSO_3)_2$ på aure i forskjellige vanntyper og pH.	86
29. Virkning av eddiksyre på aure.	86

TABELLER (etter tekst).

	Side:
30. Analyseresultater av enkeltprover fra 15/7 1960.	113
31. pH av enkelte prøver fra 29/9 1960.	113
32. " " " " " 30/9 1960.	114
33. " " " " " 1/10 1960.	115
34. " " " " " 2/10 1960.	116
35. Analyseresultater av blandprover fra 29/9 1960.	117
36. - " - " " " 30/9 1960.	117
37. - " - " " " 1/10 1960.	118
38. -- " " " " " 2/10 1960.	118
39. Gjennomsnitt av samtlige blandprover fra 29/9, 30/9, 1/10 og 2/10 1960.	119
40. Analyseresultater av prøver fra st.2, 14/11 1960.	120
41. - " - " " " " 2, 16/11 1960.	121
42. - " - " enkeltprover 7/12 1960.	121
43. - " - " prøver fra st.4, 1/3 1961.	122
44. - " - " enkeltprover 18/4 1961.	123
45. Sulfitavlut benyttet ved toleranseforsøk med fisk i akvarier.	123
46. Forsøk med aure i vann fra Otra i forsøksanlegg.	124
47. Utbyttet av laks- og sjoaure på A/S Vigelands Brugs lakserettigheter i Otra.	126
48. Utbyttet av fisket i en del elver i det sørlige Norge 1951 - 60.	127
49-51. Laboratorieforsøk med <u>Fusarium aquaeductuum</u> .	128
49. Forsøk med forskjellige organiske næringsstoffer.	128
50. Forsøk med forskjellige næringssalter.	128
51. Forsøk med vann fra Otra og fra bekken ved forsøksanlegget.	128
52. Renneforsøk med <u>Fusarium aquaeductuum</u> .	129

FIGURER (i tekst).

	Side:
1. Oversiktsbilde av forsøksanlegget.	58
2. Lokalitet med begroing av <u>Fusarium aquaeductuum</u> .	98
3. <u>Fusarium aquaeductuum</u> . Habitus av myceliet.	100
4. <u>Fusarium aquaeductuum</u> . Utsnitt av hyfer og makrokonidier.	100

FIGURER (etter tekst)

5. Skisse over Otras nedre lopp.	130
6. Vannføringen i Otra i tiden 1/1 1960 til 17/10 1961.	131
7. Utbyttet av laksefisket i Otra 1880 - 1960.	132
8. Produksjonen ved Hunsfos Fabrikker 1880 - 1960.	133
9. Produksjonen ved A/S Norsk Wallboardfabrikk 1949 - 1960.	134
10. Resultater av enkeltprøver fra 15/7 1960.	134
11. Resultater av blandprøver fra 29/9 1960.	135
12. " " " " 30/9 1960.	136
13. " " " " 1/10 1960.	137
14. " " " " 2/10 1960.	138
15. Gjennomsnitt for blandprøvene fra korttidsundersøkelsen.	139
16. Resultater av prøver fra st. 2, 14/11 1960.	140
17. " " " " " 2, 16/11 1960.	141
18. " " enkeltprøver 7/12 1960.	142
19. " " prøver fra st. 4, 1/3 1961.	143
20. " " enkeltprøver 18/4 1961.	144
21. Situasjonsskisse av forsøksanlegget.	145
22. Forsøk med årsyngel av aure i vann fra Otra.	146
23. Tid for 100% dødelighet av aure ved forskjellige konsentrasjoner av sulfitavlut.	147
24. Resultater av renneforsøk med <u>Fusarium aquaeductuum</u> .	148

F O R O R D .

I februar 1960 mottok vårt institutt en henvendelse fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Hovedstyret, om å foreta en undersøkelse av Otra. Bakgrunnen var en rekke klager fra laksefiskerhold over tilbakegangen i utbyttet av laksefisket. Formålet med undersøkelsen skulle være å karakterisere forurensningssituasjonen og forurensningskildene.

Langs OTRAS nedre løp er det en del industribedrifter, som i de senere år har foretatt betydelige utvidelser og derved har øket belastningen på elven.

Undersøkelsene er foretatt på strekningen fra Venneslafjorden til Kristiansand og er dels utført som feltarbeid, dels i forsøksanlegg og laboratorier.

Instituttet har under sitt arbeid mottatt verdifull hjelp og støtte fra mange hold, og vi vil spesielt rette en takk til følgende:

Familien Back, Vikeland,
 Generalplanrådet for Kristiansandsområdet, v/plansjef G.Husa,
 Hunsfos Fabrikker, v/tekn. direktør R. Lindseth,
 Kristiansand kommune, v/stadsingeniør T. Timenes,
 Gårdbruker K. Lian, Skråstad,
 A/S Norsk Wallboardfabrikk, v/overingeniør E. Pedersen,
 Næringsmiddelkontrollen i Kristiansand, v/byveterinær Chr. Johnsrud,
 Otra Laksefiskerlag, v/gårdbruker G. Mosby,
 Fabrikkarbeider A. Tambini, Vikeland,
 A/S Vigelands Brug, v/direktør K.M. Engenes,

Fra instituttets side har følgende medvirket:

Fiskeriundersøkelsene og undersøkelsene av den bentiske fauna er foretatt av cand.real. M. Grande, de øvrige biologiske undersøkelser av cand. real. O. M. Skulberg.
 Forsøksanlegget er konstruert av siv. ing. T. Simensen.

Den kjemiske side er behandlet av cand.real. B. Bergmann-Paulsen.

Betydelige bidrag fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen har gjort det mulig å foreta såvidt omfattende undersøkelser.

Kjell Baalsrud
instituttchef.

1. GENERELT.

1.1. Otra.

Otra har sitt utspring i høyfjellet i de nordvestlige deler av Aust-Agder. Herfra løper den stort sett i sørlig retning gjennom Setesdalen, passerer Bygglandsfjord og Kilefjord, renner så gjennom Torridalen og munner til slutt ut i havet ved Kristiansand etter et løp på ca. 22 mil.

Nedbørfeltet ovenfor Vikeland er 37487 km^2 . Fjellgrunnen i dette området består i overveiende grad av gneis, gneisgranitt, granitt, enkelte forekomster av gabro og kvartsitt samt små forekomster av kambro-siluriske bergarter. Disse grunnforhold medfører at avrenningsvannet er saltfattig og noe surt.

Vannkraften er godt utnyttet i de nedre deler av vassdraget, og dette er derfor godt regulert. Følgende vann er nå regulert (i parentes er angitt det år reguleringen fant sted):

Bygglandsfjord (1905 og 1917), Longeraksvatn (1913), Gyvatn (1914), Hartevatn (1915), Brevikvatn (1915), Vatnedalsvatn (1919 og 1948, senket 1921), Bossvatn (1919), Breivatn - Sesvatn (1919), Førresvatn (1913, senket 1918), Ormsavatn (1951), Store og Lille Urarvatn (1952) og Skyvatn (1960).

En ytterligere regulering av vassdraget vil finne sted i årene fremover, idet det bl.a. arbeides med planer om utbygging av Øvre Otra.

Den nordvestre del av OTRAS nedbørfelt er rik på innsjøer, hvorav flere er relativt store. Bortsett fra Bygglandsfjord og Longeraksvatn ligger alle hittil regulerte vann i dette området nord og vest for Bykle.

Lenger syd i nedslagsfeltet er det færre store vann. Unntakelser er Store Bjørnevatn, Mjåvatn, Byrtingsvatn og Hovatn. Nederst i Setesdalen renner Otra gjennom den største innsjøen i vassdraget, den over 3 mil lange Bygglandsfjord. Her faller også tilløpet fra Longeraksvatn ut.

Ved Hornnes løper Dåeselva ut i Breiflåvatn som Otra renner gjennom. Noe lenger syd renner den så gjennom Kilefjord, som er det siste vann av noen betydning i vassdraget.

Ved Beihølen er elven demmet opp, og vannet ledes herfra ca. 6 km gjennom en tunnel til Steinsfoss kraftanlegg. Elveleiet på den mellomliggende strekning er omtrent tørrlagt i perioder med alminnelig lavvannsføring.

Undersøkelsene har omfattet OTRAS nedre løp, fra utløpet av Venneslafjorden til Kristiansand (se fig 5, s. 130). På denne strekningen er det også bygget noen mindre demninger. Venneslafjorden blir til en viss grad regulert ved to demninger, en på hver side av Hunsøya. Hunsfos Fabrikker har bygget disse av hensyn til bedriftens kraftanlegg. Likeledes har A/S Vigelands Brug demmet opp ved Vikelandsfossen. Herfra strekker Vikelandsdammen seg opp til den tidligere Hallandsfossen.

Bortsett fra områdene ved Hunsfos Fabrikker og A/S Vigelands Brug er det lite fall i elveløpet. Et stykke like nedenfor Vikelandsfossen danner elven noen stryk, bl.a. Ålestrøyen, men syd for Kvarsteinbrua løper den rolig helt til utløpet ved Kristiansand. Elven er farbar med mindre båter opp til Kvarsteinbrua.

Mange bekker munner ut i Otra på strekningen nedenfor Venneslafjorden. De fleste av disse har normalt liten vannføring, men de kan svulme betraktelig opp i nedbørperioder. For undersøkelsene har bare to av disse hatt betydning. Den ene er Høyebekken, som kommer fra heiene vest for Otra og renner ut ved Mosby. Foruten å være det største tillopet på den aktuelle elvestrekning, var den periodevis forurenset av industrielt avfallsvann. Det andre tillopet er en bekk som renner ut i Otra fra vestsiden, rett overfor Vigeland Hovedgård. Ved denne bekken ble et forsøksanlegg bygget.

Noen data om Otra:

Nedbørfelt til Vikeland:	3748 km ² ,
Lengde	: ca.220 km,

I fig.6, s.131, er vannføringen i Otra tegnet opp for tidsrommet 1/1 1960 til 17/10 1961. Den midlere vannføring i 1960 var $132,3 \text{ m}^3/\text{sek}$, med laveste vannføring på $65,6 \text{ m}^3/\text{sek}$ og høyeste på $426 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Midlere vannføring i tidsrommet 1/9 1960 til 31/8 1961 var $136,0 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Regulert lavvannsføring ved Vikeland er oppgitt til ca. $70 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Vannføringsmålingene er utført av A/S Vigelands Brug ved bedriftens måler i Vikelandsdammen.

1.2 Bedrifter langs OTRAS nedre løp.

Se skissen over området, fig. 5, s. 130.

Industrien ved OTRAS nedre løp er konsentrert i områdene Vennesla - Vikeland og Mosby.

Rett nedenfor utløpet av Venneslafjorden ligger Hunsfos Fabrikker på en øy i elven med fosser på begge sider. Begge elvegrenene er demmet opp. Bedriften har eget kraftverk nedenfor det vestre løp, mens overskuddsvannet slippes ut i Helvedesfossen gjennom valsedammen på østsiden. Hunsfos Fabrikker er en treforedlingsbedrift med produksjon av tremasse, sulfit-cellulose og papir.

På vestsiden av Hallandsfossen ligger Brødrene Rebers Heisefabrikk. Som forurensningskilde er denne bedrift uten interesse.

Ved Vikeland, rett opp for den østre bredden av Vikelandsdammen, ligger A/S Norsk Wallboardfabrikk, som produserer trefiberplater.

A/S Vigelands Brug er anlagt på østsiden av elven nedenfor Vikelandsdammen. Bedriften raffinerer aluminium til super kvaliteter. Fabrikken har eget kraftverk. Forurensninger blir bare tilført elven fra laboratorium og toiletter.

Alle de ovenfornevnte bedrifter ligger ved selve Otra. I tillegg

kommer tre bedrifter som ligger ved Høiebekken, og har sine utslipp av avfallsvann i denne. Høiebekken renner ut i Otra ved Mosby. Øverst ligger tekstilfabrikken A/S Høie Fabrikker, med A/S Norgesplaster rett nedenfor. Nederst ligger A/S Kristiansands Skinngarveri, på nedsiden av en foss i bekken. De to førstnevnte bedrifter har utslipp direkte i bekken, mens skinngarveriet skal føre avfallsvannet til en septiktank og derfra gjennom en rørledning langs bekken og ut i Otra ved bekkemunningen.

Av de nevnte bedrifter er det to, Hunsfos Fabrikker og A/S Norsk Wallboardfabrikk, som tilfører elven den overveiende mengde av forurensninger og som derfor blir behandlet særskilt.

1.2 a Hunsfos Fabrikker.

Otterelvens Papirfabrik, som ble anlagt på Hunsøya i 1873, ble i 1886 overtatt av det nydannede aksjeselskap Hunsfos Fabrikker. Gjennom årene har denne bedrift gjennomgått flere utvidelser og moderniseringer til den i dag står som en av landets store treforedlingsbedrifter. Salgsvarer er papir av diverse kvaliteter, fremstilt på grunnlag av egen produksjon av sulfit-cellulose og tremasse.

Tremassen fremstilles ved varmsliping i lukkede systemer. Ved celluloseproduksjonen blir nå bisulfitmetoden anvendt. Som base ble tidligere benyttet kalsiumoksyd (kalk), men i februar 1960 gikk en over til å bruke magnesiumoksyd. Fordelen ved denne forandring er at bedriften derved også kan bruke annet trevirke enn gran, bl.a. furu og enkelte løvtrearter. Utbyttet ved kokingen blir også noe større med magnesiumbase, men avtar igjen ved eventuell bleking.

Av hensyn til fibergjenvinning er det installert flere filtere, men det er ikke bygget noen gjenvinningsanlegg for kjemikalier eller anlegg for utnyttelse av biprodukter etter cellulosekokingen. Sulfitavluten blir derfor i sin helhet sluppet i cellulosefabrikkens hovedkloakk via en lutkum. Sulfitavluten blir sterkt fortynt med vann i kloakksystemet før den renner ut i Otra i undervannet fra kraftstasjonen og sliperiet. Dette sikrer en god blanding med elvevannet. Avfallsvannet fra papirfabrikken ledes

også ut i elveløpet på vestsiden av Hunsøya, delvis gjennom et overflateutløp og delvis gjennom et neddykket rør.

Den overveiende del av forurensningsmengden fra Hunsfos Fabrikker skyldes cellulosefremstillingen. Vedsubstansen er bygget opp av en rekke stoffer. I følge Gustafsson⁹⁾ er sammensetningen av granved: Cellulose ca. 43%, lignin ca. 28% og hemicellulose ca. 24%, regnet av tørrvekten.. Bedriften ønsker å få isolert cellulosefibrene i mest mulig ren tilstand. Dette blir oppnådd ved bisulfitkokingen, hvorved vedens øvrige bestanddeler blir overført til løselige forbindelser som kan vaskes ut av massen. Ligninstoffene blir overført til lignosulfonsyrer, og i følge Sundman (et al.²⁰⁾) blir hemicellulosen i granved hydrolysert til fem forskjellige monosaccarider. Disse monosaccarider er hexosene D-glucose, D-manose og D-galactose og pentosene D-xylose og L-arabinose.

Utbyttet av teknisk cellulose ved kokingen er normalt omkring 50%. Ved fremstilling av 1 tonn cellulose blir det således dannet ca. 1 tonn vannløselige, organiske stoffer som slippes ut i elven og transporteres **nedover** vassdraget av vannmassene. Sammensetningen av sulfitavluten er ikke den samme i de forskjellige kok. Det vil også bli variasjoner ved bruk av forskjellige baser. Sammensetningen av avluten med Ca-base er oppført i tabellen nedenfor etter Hentschel¹⁰⁾.

Tabell 1.

Sammensetning av sulfitavlut.

Tørrstoff	140 - 150 g/1
Derav organisk	130 - 140 g/1
Total hårdhet	7,5 - 8,5 g CaO/1
Fri og løst bundet SO ₂ ...	1,0 - 1,8 g/1
Ca-lignosulfonsyrer	85 - 95 g/1
Total sukker	38 - 45 g/1
Pentoser	9 - 12 g/1
Hexoser	29 - 33 g/1
Flyktige syrer	4,0 - 4,5 g/1

Tabell 1, (forts.)

Eddiksyre	3,4 - 3,7 g/1
Maursyre	0,6 - 0,8 g/1
Metanol	0,4 - 0,6 g/1
Furfural	0,5 - 1,2 g/1

Ved bruk av Mg-base vil utbyttet kunne bli større enn ved Ca-base. Mengden av løste organiske stoffer i sulfitavluten vil da kunne reduseres, spesielt vil sukkerinnholdet avta. Hunsfos Fabrikker hadde et utbytte på 53% ubleket masse i 1961 og regner med å komme opp i 56% i 1962. Utbyttet av bleket masse var ca. 50%.

Sulfitavlutens pH ligger jevnt over omkring 3,0, men variasjoner kan forekomme.

Uheldige omstendigheter som for tidlig øking av temperaturen i kokeren kan forårsake et såkalt svartkok. Svoveldioksyd penetrerer da raskere enn basen og reagerer med ligninet under dannelse av mørkfargede kondensasjonsprodukter. Koket blir spolert og må i sin helhet fjernes på en eller annen måte. Massen fra svartkoket blir i slike tilfelle benyttet til simplere papirkvaliteter.

Det er alltid en risiko til stede for at bedriften ved rene uhell, f.eks. ved feilkoplinger kan slippe ut i elven andre skadelige stoffer som ren kokesyre, løsninger av svovelsyrling (SO_2 i vann) eller liknende. I følge opplysninger fra Hunsfos Fabrikker har slike uhell imidlertid hittil ikke forekommet.

De mengder med avfallsstoffer som blir dannet ved sulfitcelluloseproduksjonen, er et alvorlig problem i alle land med treforedlingsindustri, og i de fleste av disse land drives det en intens forskning med henblikk på å kunne utnytte stoffene. En av de eldste metoder for uskadeliggjøring av avfallsstoffene er forbrenning av sulfitavluten etter at denne er dampet inn til en tilstrekkelig høy tørrstoffkonsentrasjon. Ved denne metoden kan meget av kjemikalene gjenvinnes, samtidig som prosessen gir overskudd av varme som kan utnyttes ved celluloseproduksjonen. Investeringsomkost-

ningene er relativt høye, slik at oljepriser og kjemikalieomkostninger ofte avgjør om et eventuelt anlegg kan bygges.

Direkte fremstilling av biprodukter har foreløbig vært begrenset til produksjon av produkter som alkohol, gjær, forgjær, tannin, vanillin, furfural og enkelte andre stoffer. Markedsforholdene har her vært den begrensende faktor. Det er imidlertid heller ikke teknisk mulig ved noen av metodene å ta vare på mer enn 85 - 90% av sulfitavluten.

I enkelte land blir cellulosebedriftene pålagt å rense sitt avfallsvann før det slippes ut i resipienten. Det eksisterer en rekke forskjellige typer anlegg for dette formål.

I forhold til forurensningene fra celluloseproduksjonen er bidragene fra tremasse- og papirfremstillingen små. Tabell 2 viser en sammenstilling av forureningsmengden fra de forskjellige prosesser. Som sammenlikningsgrunnlag benyttes antall person-ekvivalenter.

En personequivivalent tilsvarer den forureningsmengde som én person gjennomsnittlig leverer pr. dag fra husholdning, WC, bad osv, vesentlig i form av organisk avfall. Forureningsmengden bestemmes ved hjelp av det biologiske oksygenforbruk (BOF_5), dvs. den mengde oksygen som blir benyttet av mikroorganismer for å oksydere vannets innhold av organiske forbindelser under spesifikerte betingelser. Tallene varierer i de forskjellige kilder, men verdiene i Tabell 2 er av de lavest angitte i litteraturen.

Tabell 2.

Personekvivalenter av avfallsvann fra treforedlingsbedrifter.

Tremasse	/tonn masse	50 personekvivalenter
Sulfittcellulose	/tonn cellulosemasse	2000 personekvivalenter
Papir	/tonn papir	170 personekvivalenter
Wallboard	/tonn board	280 personekvivalenter ^{x)}

Tallene er hentet fra "Vatten och Vattenvård" 1958.

x) oppgitt av professor Groth, Stockholm.

I figur 8, s. 133, er årsproduksjonen ved bedriften fra 1888 til 1960 tegnet opp.

Produksjonen ved Hunsfos Fabrikker var i 1960 ca. 35 000 tonn 50%-ig våt tremasse, 30 000 tonn cellulose og 53 000 tonn papir. Pr. dag blir dette henholdsvis ca. 118 tonn, 100 tonn og 177 tonn. Forurensningene fra dette omregnet til personekvivalenter:

Tremasse	3 000	personekvivalenter
Papir	30 000	- " -
<u>Cellulose</u>	<u>200 000</u>	<u>- " -</u>
<u>Tilsammen over 230 000 personekvivalenter.</u>		

Det bør i denne forbindelse poengteres at personekvivalenter som sammenlikningsgrunnlag har en begrenset verdi som refererer seg til mengden organisk nedbrytbart stoff. Det viser f.eks. ikke noe om de rent hygieniske forhold ved utslippet.

Selv om fabrikken har installert filtere for fibergjenvinning, er ikke dermed tilførsel av fibere til elven hindret. Fabrikkens vannforbruk er oppgitt til ca. $3 \text{ m}^3/\text{sek}$. Det er vanskelig å lede hele denne vannmengden gjennom filtrene, og derfor kan bare bakvannet fra enkelte avdelinger bli behandlet.

I celluloseavdelingen kokes det diskontinuerlig med mellom 32 og 40 kok, i ferietiden ned til 20 kok pr. uke. Til hvert kok blir det benyttet omkring 120 m^3 kokesyre. Når koket er ferdig blir det under tilsetning av store vannmengder blåst ned i en blåsebinge som på forhånd er fylt med 50 m^3 vann. Den fortynnede sulfitavluten passerer deretter en lutkum på 40 m^3 som er fylt med vaskevann fra det foregående kok. Herfra føres den ned i hovedkloakken. Utslippene foregår omtrent hele døgnet, men konsentrasjonen av forurensningene i vassdraget vil være avhengig av tiden i forhold til tømningen av kokene. Fra tresliperiet, papiravdelingen og blekeriet tilføres forurensningene mer kontinuerlig.

Tidligere var det ikke produksjon på helligdager. Like før arbeidstidens slutt på lørdager ble det foretatt vask og spyling av fabrikanlegget. Etter innføringen av kontinuerlig produksjon blir rengjøringen fordelt over uken på de forskjellige avdelinger.

Ledelsen ved Hunsfos Fabrikker har antatt at bedriften ikke er pliktig til å søke konsesjon etter vassdragsloven for utslippet fra bedriften. I en skrivelse til vassdragsvesenet av 20/2-1956 fremholdt bedriften denne oppfatning, men søkte subsidiært om utslipningstillatelse for økningen av utslippet fra 1945 til 1956.

1.2 b A/S Norsk Wallboardfabrikk.

Fabrikken ble anlagt i 1948 ved østre bredden av Vikelandsdammen. Produksjonen ble startet i 1950, og i de følgende år er bedriften utvidet slik at produksjonen nå er kommet opp i ca. 30 000 tonn hårde og halvharde trefiberplater pr. år. I figur 9, s. 134 er årsproduksjonen fra 1950 til 1960 tegnet opp.

Råstoffet er for det meste mindreverdig trevirke av gran, furu og enkelte løvtrearter. Trefiberplatene blir fremstilt etter en svensk metode, Defibratormetoden. Dette er **vesentlig en mekanisk** prosess, hvor fibre i veden rives fra hverandre under gnidning mellom metallplater i såkalte defibrører. I defibrørene er det vanddampatmosfære med en temperatur på ca. 180°C og et overtrykk på 10 atmosfærer. Under disse forhold vil noe av vedens bestanddeler bli løst, bl.a. sukkerarter og organiske syrer som maursyre og eddiksyre. Dessuten vil harpiksstoffer løses kolloidalt.

Prosessen blir hovedsakelig drevet uten tilsatsstoffer av noe slag. Ved de bedrifter som har tilstrekkelig kapasitet i varmekammer, tilsettes ikke lenger voksemulsjon. Limingen av platene skjer ved utfelling av de harpiksstoffene som er løst i vannet. For å øke utfellingen tilsettes alun (kalium-aluminiumsulfat). Aluntilsetning vil forårsake en senkning av pH i bakvannet. I følge opplysninger fra A/S Norsk Wallboardfabrikk anser bedriften utfellingen for tilfredsstillende uten aluntilsetning. Sporadisk blir allikevel alun tilsatt i korte perioder, men da bare for å undersøke om det blir vesentlig kvalitetsforskjell på platene med og uten tilsetning.

I noen få tilfelle er mindre partier fiberplater solgt til tropiske land. For å få disse platene termitt-bestandige er pentaklorfenolnatrium (Basilit PN) benyttet til impregneringsmiddel. En del av dette stoff vil bli ført med avfallsvannet ut i Otra. Den maksimale konsentrasjonen av pentaklorfenolnatrium i vassdraget i den

tid tilsetningen finner sted, er beregnet til $0,044 \text{ mg/l}^{17)}$. Dette er mindre enn den letale dose for fisk, som i følge C.J. Goodnight ⁸⁾ er $0,2 \text{ mg/l}$. Boëtius ¹⁾ fant imidlertid ved sine undersøkelser at klorfenoler helt ned i konsentrasjoner på $0,001 \text{ mg/l}$ satte dårlig smak på fiskekjøttet.

Av økonomiske grunner kjøres prosessen med et mest mulig sluttet bakvannssystem. Fibertapet blir herved vesentlig redusert, samtidig som harpiksstoffene i større grad blir utfelt på platene. Den totale mengde av organiske stoffer i avfallsvannet kan imidlertid ikke forandres nevneverdig. Hvis konsentrasjonen av de løste, organiske stoffene i prosessvannet blir for store, kan dette forårsake flekkdannelse på platene, samtidig som styrken nedsettes. Det er derfor nødvendig å tilføre renavn under prosessen. Dette medfører tilsvarende utslipp av avfallsvann. Konsentrasjonen av de løste stoffer i avfallsvannet er omtrent omvendt proporsjonal med mengden av avfallsvannet. Ved fremstilling av wallboard er det normalt et tap på $10 - 20\%$ regnet av inngående tørrtenkt trevirke. Det meste utgjøres av løste stoffer.

Bedriften har døgndrift, men med full driftsstopp på helligdager. Produksjonen er ca. $30\ 000$ tonn pr. år. eller omtrent 110 tonn pr. dag. Forurensningsmengden kan beregnes til $30\ 000$ person-ekvivalenter ved hjelp av verdiene i tabell 2, s. 15.

Råvannet til driften blir pumpet opp fra Vikelandsdammen i en mengde av $3 \text{ m}^3/\text{min}$, eller 50 l/sek . Den del som skal benyttes til prosessvann, blir filtrert, mens den overskytende del blir sendt tilbake til elven gjennom avløpsrøret sammen med de frafiltrerte forurensningene.

A/S Norsk Wallboardfabrikk leder avfallsvannet gjennom et rør langs bunnen et stykke ut mot hovedstrømmen i Vikelandsdammen. På grunn av avfallsvannets høye temperatur ($20 - 30^\circ\text{C}$) har det en mindre tetthet enn ellevannet og vil derfor raskt stige mot overflaten og danne et forholdsvis tynt sjikt der når det slippes ut i de fri vannmasser. Sjiktet blir bredere etter hvert som avstanden fra utslippsstedet øker. De kolloidalt løste stoffer gir vannet en høy turbiditet som medfører at vannet får et grågult, grumsete utseende. Dette fenomen i Vikelandsdammen er kjent som "Melkeveien".

Fabrikken fikk i april 1949 tillatelse etter vassdragsloven til å slippe i Otra spillvann fra en fabrikkasjon av 10 til 12 000 tonn hårde og halvharde trefiberplater årlig. Produksjonen har senere øket, og den 4/2 1960 ble det gitt en midlertidig tillatelse til å slippe i Otra avfallsvann fra en årlig produksjon på 30 til 35 000 tonn trefiberplater.

1.3 Utviklingen av problemene angående forurensningen i Otra.

De første alvorlige klager over forurensningen i Otra ble reist i 1920-årene. Den gang som senere var det vesentlig tilbakegangen i laksefisket som ble diskutert. Fylkesmannen i Vest-Agder anbefalte en undersøkelse av elvevannets surhetsgrad ovenfor og nedenfor Hunsfos Fabrikker for å få belyst om fabrikkene kunne holdes ansvarlige for nedgangen i fiskebestanden. Den 2/2 1928 meddelte fylkesmannen at saken var forelagt inspektøren for ferskvannsfisket, som uttalte at "avfallsstoffene fra fabrikkene ikke kunne ansees å skade laksens forplantning hvorfor saken foreløpig skulle stilles i bero".

Saken ble senere tatt opp igjen av Kristiansands Fiskeristyre, og den 23/11 1936 ble det inngått en voldgiftsavtale. En voldgiftsrett avsa den 28. samme måned en dom hvor grunneierne til sammen ble tilkjent kr. 10 450 i erstatning for skade påført av Hunsfos Fabrikker i tidsrommet 2/9 1930 til 1/1 1936.

Nye forhandlinger ble senere opptatt, og den 1/20 1949 inngikk Hunsfos Fabrikker en overenskomst med samtlige fiskeriberettigede i Otra. I overenskomsten står det bl.a.:

"Med utgangspunkt i voldgiftsdom av 28/11 1936, avsagt av sorenskriver Bjarne Torstenson, professor Knut Dahl og gårdbruker Nils Nersten, har det vært forhandlet mellom partene om fastsettelse av en engangserstatning for tiden 1/1 1936 til 1/1 1986.

Det er oppnådd enighet om at erstatningen for disse 50 år vil bli utbetalt av Hunsfos Fabrikker med et engangsbeløp en gang for alle, stort kr. 84 500. Dette beløp utgjør samtlige fiskeriberettigedes godtgjørelse for eventuell forurensning av elven i nevnte tidsrom.

Hunfos Fabrikker forplikter seg til å holde sitt renseanlegg fullt ut moderne og så effektivt som mulig, slik at fabrikkens forutsetningsvis ikke forurenses vannet mer enn hva nå er tilfelle. Det er Hunfos Fabrikkers uttrykkelige forutsetning at erstatningsbeløpet som blir deponert, er full dekning for ethvert erstatningskrav fra samtlige fiskeriberettigede i Otra nedenfor Hunfos, og at beløpet i sin helhet benyttes til opphjelp av fiskebestanden".

I begynnelsen av 1950-årene hadde A/S Vigelands Brug visse vanskeligheter med regulering av turbinene i sitt kraftanlegg. Disse kunne bare stoppes helt ved manøvrering av trottventiler. Ventilene ble imidlertid tilstoppet av en blanding av "slim, fibre og kutterflis", som ble antatt å skrive seg fra A/S Norsk Wallboardfabrikk. Ingeniør F. Løschbrandt fra Papirindustriens forskningsinstitutt besøkte sammen med siv.ing. Sundt fra Vassdragsvesenet begge bedrifter. Ingeniør Løschbrandt leverte en rapport datert 12/2 1954, hvor han konkluderte med at utsiktene med hensyn til å bestemme hvor forurensningene skrev seg fra, var små.

Den 15/3 1954 mottok Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen en klage fra Otra Laksefiskelag ved formannen Gotfred Mosby, Mosby, over skade som ble påført laksefiskerne ved forurensninger fra industribedrifter i vassdraget. Klagen ble forelagt Inspektøren for ferskvannsfisket, og etter planer utarbeidet av vitenskapelig konsulent Kris.E. Gloppe ble det sommeren 1955 tatt en serie vannprøver for systematisk analyse av ellevannet i Otra. Resultatene av disse undersøkelser foreligger i en rapport datert 1/9 1955 fra kjemikerne Aa. Gjeruldsen og M. Guttelvik, A/S Vigelands Brug, Vikeland.

1.4 Tidligere undersøkelser av ellevannet i Otra.

1.4 a Undersøkelser av fysisk-kjemiske forhold.

Den første systematiske undersøkelse av de kjemiske forhold i Otra ble utført sommeren 1955 av kjemikerne Aa. Gjeruldsen og M. Guttelvik, A/S Vigelands Brug, etter et opplegg utarbeidet av Inspektøren for ferskvannsfisket og hans vitenskapelige

konsulenter. Undersøkelsene pågikk i vel $4\frac{1}{2}$ måned. Det ble innhentet i alt 303 prøver fra 3 prøvesteder.

Prøvested 1 var ved Moseid, som tilsvarer stasjon 1 i NIVA's undersøkelser.

Prøvested 2 i stryket nedenfor Hallandsfossen, ca. 50 m nedenfor stasjon 2 i NIVA's undersøkelser.

Prøvested 4 var i elvens innsnevring nedenfor Vigeland Hovedgård. Prøvestedet ligger mellom stasjonene 3 og 4 i NIVA's undersøkelser.

Prøvetakingsplanen forutsatte at prøvene skulle bli tatt regelmessig 2 ganger i uken, men slik at det annen hver lørdag kveld ble tatt prøver i den tiden rengjøring normalt ble utført på Hunsfos Fabrikker. Dessuten ble det tatt prøver et par søndager når fabrikken ikke var i drift. Enkelte lørdager ble det fra prøvested 2 innhentet prøver hvert 5 min. gjennom flere timer. Hver prøve ble analysert på pH, filtrerbare mekaniske forurensninger og inndampningsrest, enkelte ganger også gløderest og hydrogen-sulfid. Hydrogen-sulfid ble ikke funnet i noen prøve. Resultatene viste en markert øking i elvevannets innhold av mekaniske forurensninger fra prøvested 1 til prøvested 2. Mellom prøvestedene 2 og 4 var det i gjennomsnitt en meget betydelig øking. På grunnlag av analysene var det meget vanskelig å bestemme hvor meget mekaniske forurensninger elvevannet ble tilført mellom stasjonene 2 og 4 på grunn av at verdiene dels var høyere, dels lavere ved prøvested 4 enn ved prøvested 2. Målingene av pH viste at prøvested 1, Venneslafjorden, har et vann med pH $6,0 \pm 0,3$, mens det ved prøvestedene 2 og 4 var store variasjoner. Surhetsgradene på prøvestedene 2 og 4 var stort sett de samme, men sank med mellom 0,5 og 1,0 pH-enheter i forhold til prøvested 1. Lørdagskveldene var det på de nederste prøvesteder meget store variasjoner (pH 4,55 - 6,80). Inndampningsresten viste også en markert øking fra prøvested 1 til prøvested 2. Forskjellen mellom prøvested 2 og 4 var imidlertid vanskeligere å bestemme, da inndampningsresten dels økte, dels avtok sterkt på denne strekning. Den ovenfor nevnte rapport er kommentert i et brev fra vitenskapelig konsulent Kris. E. Gloppe til Inspektoren for ferskvannsfisket datert 26. november 1955.

I dette brev blir det også satt frem et forslag til løsning for å lede vekk avfallsvannet fra Hunsfos Fabrikker og A/S Norsk Wallboardfabrikk. Forslaget gikk ut på å bygge tunnel og kanal fra fabrikkene og ned til sjøen ved Ålefjær.

Undersøkelsen ble supplert med analyser av vannprøver innhentet i juli 1956 under papirstreiken ved Hunsfos Fabrikker. Disse analysene viste at det heller ikke denne gangen var tilført vesentlige mengder mekaniske forurensninger mellom stasjonene 2 og 4. Heller ikke surhetsgraden av vannet forandret seg. Inndampningsresten var omtrent den samme for begge prøvestedene. Undersøkelser som A/S Norsk Wallboardfabrikk foretok fra 24/7 til 21/9 1957 for å bestemme økingen i mekaniske forurensninger som fant sted mellom Hallandsbrua ovenfor A/S Norsk Wallboardfabrikk og Ålestraumen nedenfor fabrikk (det første prøvestedet tilsvarer stasjon 2, og det andre ligger ca. 350 meter ovenfor stasjon 4 i NIVA's undersøkelser), viste det samme resultat som de før nevnte undersøkelser. Økingen var minimal med hensyn på filtrerbare forurensninger mellom disse prøvesteder.

Den 20. og 21 juli 1956, da Hunsfos Fabrikker var ute av drift og A/S Norsk Wallboardfabrikk hadde full produksjon, ble det av ingeniør K. Helge ved Papirindustriens Forskningsinstitutt innhentet og analysert en del vannprøver fra prøvestedene Hallandsfossen og Ålestraumen. Det ble undersøkt på tørrstoffinnhold, både totalt, organisk og uorganisk, og resultatene viste at forholdene var omtrent de samme ved begge prøvesteder.

1.4 b Tidligere undersøkelser av fiskebestanden i Otra.

De tidligere regionale undersøkelser av fiskebestanden i Otra er samtlige utført av vitenskapelig konsulent L. Rosseland hos Inspektøren for ferskvannsfisket, den vitenskapelige avdeling.

I en rapport datert 11/10 1957 beskrev han en befaring av Otra i august 1939. Han skriver:

"Jeg fisket den gang på forskjellige steder med en finmasket not, ca. 18 favner lang og et par favner dyp.

Formålet var å fange utvandrende laksunger for merking.

Dessverre ble befaringen gjort så sent på året, først i august måned, at utvandrerne allerede hadde forlatt elven. Vesentlig for å se hvordan merket fisk oppførte seg, merket jeg likevel noen få laksepar, 11 ved Eg asyl og 1 oppe ved Hagen. Antall laks og aureunger som ble fanget ble dessverre ikke alltid notert, men følgende sitat fra dagboken kan likevel gi et inntrykk av hvordan forholdene var i august 1939:

"Etter middag 8/8, tok et nytt kast ved Egsgrunnen og fikk 4 laksunger. Neste kast fikk vi fuldt av kvist og småstein i noten, men også mange aure. Auren var usedvanlig fet og temmelig blank."

9/8. Kastet 3 kast ved Hagen i det gamle notkastet der. Det ovre kastet var det bare aure i. Det nedre mot sandgrunnen fikk vi to laksunger i, en på 10 cm og en på 9 cm. I alle kastene fikk vi den gang fler eller ferre aureunger, sannsynligvis mest sjøaureunger."

Om en befaring i tiden 3/8 - 9/8 1957 fortsetter han i samme rapport:

"Under min befaring i sommer kastet jeg på de samme grunnene ved Eg som jeg kastet på i 1939. Nå brukte jeg en not som var nesten 10 favner lengre og noe dypere enn den jeg hadde i 1939. Hadde forholdene vært de samme som før, skulle en ha fått noen lakseunger og et betydelig antall aureunger i kastene. Jeg fikk imidlertid ikke liv i noten.

I 1939 så en stadig vak av laks og aureunger i elven. Ved befaringen i sommer så jeg ikke et eneste vak til tross for at jeg befór hele elven med båt fra Eg til et godt stykke ovenfor broen ved Sagbakken.

Under befaringen i sommer satte jeg ut to auregarn av nylon ved Stray. I løpet av en natt var disse belagt med et tykt fiberlag så det var vanskelig å trekke. På de to nylongarna fikk jeg to sjøaure, henholdsvis på 800 og 500 gram. Begge fiskene var så små at de ikke ville bli fanget med yrkesfiskeredskap, som er lovlig å bruke i elven. Denne fangsten viser at det tross alt må være noen fisk i elven, men antallet er sikkert meget lite.

Begge fiskene hadde en meget ufyselig smak og måtte kastes. Kondisjonen var imidlertid normal.

Det ble under befaringen fisket med elektrisk fiskeapparat. Apparatet ble installert i båt, og det ble sammenlagt fisket over flere kilometer av elven fra Stray og oppover. Det ble fortrinnsvis fisket på slike områder som yngel og småfisk liker å holde til på. Til tross for det utstrakte elektrofisket ble det bare fanget 10 fisk, alle årsyngel av sjøaure. Disse fiskene ble tatt ved Hagen, det eneste sted jeg hørte at det var sett yngel i elven i sommer.

Elektrisk fiskeapparat er meget pålitelig til å påvise småfisk med. Jeg har fisket i mange elver på samme måte som i Otra, men bortsett fra i Årdalselven i Sogn, hvor fiskebestanden er slått i hjel ved forgiftning, har jeg aldri tilnærmelsesvis funnet så lite fisk som i Otra. Eksempelvis kan jeg nevne at i Sandvikselven har jeg funnet opp til 1200 fisk pr. 30 m elv, riktignok er det da fisket over hele elvens bredde. I Lierelven har jeg funnet omlag 2 fisk pr. m², i Lærdalselven i Sogn ca. 4 - 5 fisk pr. løpende meter elv, og da et det bare fisket fra land langs den ene bredden. Selv i den kalde og uproduktive breelven, Fortunselven i Sogn, finner en i alle fall mer enn en fisk pr. løpende meter elv når en fisker langs den ene bredden, slik som jeg gjorde i Otra. Selv i de aller mest produktive elvene ville en ha funnet flere tusen fisk på så lange strekninger som det ble fisket over i Otra."

Den 12/8 1958 hadde Rosseland en tredje befaring av Otra. Fra rapporten siteres:

"Elven var da liten, og forholdene var meget gunstige for elektrofiske. Jeg fisket over strekningen fra Mosby til Lian, en strekning på noe over 2 kilometer.

På hele strekningen ble det altså ikke funnet en eneste laksunge og bare 6 aureunger. De fleste aureungene, 4 stk., ble tatt ved Hagenlandet, to ble tatt nede ved Lian. Resultatet var således meget nedslående."

1.5 Problemstilling.

Den overveiende del av klagene over forurensningene av Otra fra industribedrifter ved vassdraget er kommet fra laksefiskernes organisasjoner. Laksefisket i Otra har spilt en stor økonomisk rolle for de fiskeriberettigede, og i de senere år har også de rekreasjonsmessige formål kommet med i bildet. I figur 7, s. 132 er utbyttet av laksefisket i Otra og enkelte andre sørlandselver tegnet opp for tiden 1880 til 1960^{5) 13)}. Utbyttet var i samtlige elver størst før århundreskiftet. Deretter har det avtatt jevnt til 1920 - 30, hvoretter noen av elvene har hatt en bedre avkastning frem til nå. Utbyttet i Otra har derimot sunket betraktelig siden 1953. I de senere år er det kun fisket noen få laks pr. år, tilsammen mellom 30 og 60 kg årlig.

I tillegg til problemet med tilbakegangen i laksefisket er det et annet problem som kommer inn. Bunnen av Otra er dekket av et fiberliknende belegg, som tidligere ble antatt å være sedimenterte cellulosefibre som ble sluppet ut i elven fra bedriftene. Dessuten inneholder ellevannet betydelige mengder av fibre eller fiberliknende materiale og fnokker som rives løs fra bunnen og transporteres med ellevannet. Ved undersøkelsene sommeren 1960 ble det konstatert at belegget på elvebunnen og fnokkene ikke først og fremst besto av fiber, men for en vesentlig del var en trådformet sopp, Fusarium aquaeductuum. Denne organismen må antas å ernære seg av stoffer som blir sluppet ut fra fabrikkene. Det har ikke vært mulig bestemt å tidfeste når denne organisme for alvor begynte å vokse i Otra. I den tidligere nevnte rapporten fra vitenskapelig konsulent Rosseland fra 1957 om befaringen i 1939, skriver han:

"En fikk noen kast ødelagt av kvist og kvas eller stein, men ingen steder har jeg notert at det var noen forurensning av fiber. Det er sannsynlig at det må ha vært en del fiberforurensning, men jeg kan ikke huske at det noen steder var sjenerende fibermengder til stede. Hadde så vært tilfelle tror jeg dette hadde blitt notert".

Fra undersøkelsene sommeren 1957 skriver han:

"Derimot ble noten så forurenset av fiber at det tok meget lang tid for å få den rengjort."

Fiskeriinteresserte som bor langs elven har opplyst at det siden mange år for krigen har vært "fiber"-belegg på elvebunnen.

De uønskede konsekvenser av forurensningen av Otra kan oppsummeres slik:

A. Estetiske ulemper:

Elvens utseende skjemmer landskapsbildet. Det oppstår sjenerende lukt langs elven.

B. Det erhvervesmessige laksefiske er i realiteten helt ødelagt.

C. Det skapes vanskeligheter for drikkevannsforsyningen på de nedenforliggende steder. Mulighetene for å benytte vannet som driftsvann ved nedenforliggende industribedrifter er redusert. Utnyttelsen av ellevannet til jordbruksformål er vanskeliggjort.

D. Rekreasjonsmulighetene reduseres. Badeplassene er ødelagt av begroingen. Fisket er for dårlig til å ha sportsmessig interesse. Det er praktiske vanskeligheter på grunn av begroingen, f.eks. på småbåter.

Ved NIVAS's undersøkelser av forurensningene i Otra i 1960-61, ble det funnet hensiktsmessig å dele problemet i tre punkter:

1. En fysisk-kjemisk og biologisk undersøkelse av OTRAS nedre løp fra Venneslafjorden til Kristiansand for å beskrive forurensningssituasjonen i vassdraget. Dette inkluderer en kvantitativ bestemmelse av forurensningsmengdene fra de forskjellige kilder og en vurdering av selvrengningsprosessene på den aktuelle elvestrekning.
2. En ny undersøkelse av fiskebestanden i elven, og en undersøkelse av viktige momenter ved årsaksforholdene som ligger til grunn for tilbakegangen i lakse- og sjøaurefisket.
3. En bestemmelse av årsakene til at soppen Fusarium aquaeductuum har masseopptreden og dominerer organismsamfunnene i elven.

2. FYSISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER.2.1. Stasjonsplassering.

Undersøkelsen har omfattet den nedre delen av Otra, fra Venneslafjorden til Kristiansand. Stasjoner for innhenting av vannprøver ble valgt langs hele strekningen. Beliggenheten ble i den øvre del av området bestemt i forhold til de steder bedriftene hadde sine utslipp av avfallsvann, mens det i den nedre del ble forsøkt å fordele stasjonene med hensiktsmessig avstand. Bruer og liknende som kunne lette prøvetakingen, hadde også noe innvirkning på stasjonsvalget. En oversikt over stasjonene er gitt i tabell 3 og figur 5, s. 130.

Tabell 3.
Stasjoner i Otra.

Stasjon:	Avstand fra st.1 i km.:	Beliggenhet:
1	0	Nedenfor utløp fra Venneslafjorden, rett ut for Nesset.
2	2,2	Hallandsbrua.
3	2,7	På demningen til A/S Vigelands Brug i Vikelandsdammen.
4	4,8	Sjøbua hengebru.
5	6,6	Kvarstein bru.
6	7,8	I Høiebekken ca. 50 m ovenfor riksvei.
7	9,0	Hagen hengebru.
8	12,0	Rett ut for Ytre Skråstad.
9	12,9	Rett ut for vanninntaket til Kristiansand kommune.
10	15,1	Rett ut for Ek sykehus.

Ved stasjonene 2, 4, 5 og 7 ble vannprøvene alltid innsamlet fra bruene og ved stasjon 3 på demningen, mens det ved stasjonene 1, 8, 9 og 10 ble benyttet båter. Når ingen båter var disponible, ble prøvene tatt ved bredden.

Stasjon 1, som lå mellom Moseid og Nesset like nedenfor utløpet av Venneslafjorden, ble brukt som nullpunkt ved undersøkelsen. Ovenfor dette sted har elven på en meget lang strekning bare mottatt små tilførsler av forurensninger fra kloakker eller industri, og vannet som passerer denne stasjon, kan betraktes som ubetydelig forurenset.

Ved stasjon 2 på Hallandsbrua ble de forurensningene registrert som tilføres elven fra Hunsfos Fabrikker. I strykene ovenfor brua skjer en god omveltning av vannmassene, slik at vannprøvene fra stasjon 2 skulle være representative.

Forurensningene fra A/S Norsk Wallboardfabrikk var det planlagt å få registrert ved stasjon 3. Vannprøvene herfra var ikke fullstendig representative på grunn av strømningsforholdene i Vikelandsdammen og det forhold at avfallsvannet fra denne fabrikk, "Melkeveien", ikke er innblandet i vannmassene, men ligger som et sjikt i overflatelaget. For å få mest mulig representative prøver også her ble det tatt visse forholdsregler som blir omtalt senere.

Nedenfor Vikelandsdammen løper elven i flere stryk. Dette forårsaker en fullstendig omveltning av vannmassene. Prøvene fra stasjon 4 må av denne grunn anses som meget representative.

Undersøkelsen av forholdene på de nedenforliggende stasjoner i Otra skulle beskrive det videre forløp av forurensningspåvirkningen og den selvrensningseffekt som gjør seg gjeldende.

Stasjon 6 i Høiebekken ble anlagt for å ha en viss kontroll med de forurensninger som eventuelt måtte tilføres denne, og for samtidig å se om disse forurensninger var tilstrekkelig store til å ha innvirkning på vannmassene i Otra.

2.2. Prøvetaking og analyser.

2.2.a Korttidsundersøkelsen 29/9 - 2/10 1960.

Undersøkelsen av Otra omfatter flere prøvetakinger til forskjellige tider. Selve hovedundersøkelsen omfatter en meget intens korttidsundersøkelse over 4 døgn i dagene torsdag 29/9, fredag 30/9, lørdag 1/10 og søndag 2/10 1960. Disse dager ble vannprøver innhentet hver time fra kl. 7.00 om morgenen til kl. 22.00 om kvelden, i alt 16 prøver fra hver stasjon pr. dag. Unntatt herfra er stasjon 6 i Høiebekken, hvor prøvetaking ble foretatt 4 ganger pr. dag.

Samtlige mannskaper til prøvetakingen var ansatt ved Kristian-

sand kommunes ingeniørvesen, hvorfra de ved velvillig hjelp fra stadsingeniør T. Timenes var permittert og stillet til instituttets disposisjon.

Prøvene ble tatt med et maksimalt avvik på 5 minutter fra den oppgitte tid, og på alle stasjoner i Otra ble hver prøve blandet av 3 vannprøver, hentet fra forskjellige steder i elvens tverrsnitt. Ved stasjon 3 ble prøven sammensatt av 2/3 fra kanalen som leder vannet til turbinene i kraftanlegget til A/S Vigelands Brug og 1/3 innhentet ved den dampport hvor overskuddsvannet ble sluppet ut. Dette var tilnærmet forholdet mellom vannføringene på disse steder.

Hver dag ble vannprøvene hentet fra stasjonene og transportert til Kristiansand. Næringsmiddelkontrollen stilte plass ved laboratoriet til disposisjon for NIVA. Her ble pH av hver enkelt prøve målt. De 16 prøvene fra hver stasjon pr. dag ble så slått sammen til en blandprøve. En del av denne prøven ble filtrert for bestemmelse av nutsjtall. Resten ble sendt til NIVA's laboratorium i Oslo for videre analyse.

Under korttidsundersøkelsen ble følgende analyser utført på samtlige blandprøver:

pH, elektrolytisk ledningsevne, farge, turbiditet, permanent-tall, bikromat-tall og nutsjtall. På enkeltvannprøver fra stasjonene 2, 3, 4 og 7, innhentet den 2/10 1960, ble forskjellen i total hardhet fra stasjon 1 bestemt. Resultatene angir til en viss grad kvantiteten av utslippene av sulfitavlut fra Hunsfos Fabrikker til forskjellige tider.

Resultatene av målinger og analyser av vannprøvene fra korttidsundersøkelsen er tegnet opp i figurene 11, 12, 13, 14 og 15, s. 135-139, og ført opp i tabellene 31 - 39, s. 113-119.

Tabell 4.

Oversikt over analyser og målinger utført på vannprøvene.

<u>pH</u>	vannets surhetsgrad målt elektrometrisk med et "Radiometer" pH-meter.
<u>"20"</u>	elektrolytisk ledningsevne ved 20°C er et mål for vannets innhold av løste salter. Den ble målt med platinaelektroder og Philips målebru. Resultatene ble oppgitt i $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.
<u>Farge</u>	ble målt fotometrisk med "Eel absorptiometer" mot standarder fremstilt av bestemte blandinger av koboltklorid, CoCl_2 , og kaliumheksakloroplatinat, K_2PtCl_6 . Fargen oppgis i mg Pt/l.
<u>Turbiditet</u>	er et uttrykk for vannets "uklarhet" eller opalescerende evne og ble målt i et "Sigrist" fotometer mot standarder av silisiumdioksyd - (SiO_2)-oppslemminger. Oppgis som mg SiO_2 /l.
<u>Permanganat-tall</u>	er et mål for den mengde organiske stoffer som blir oksydert av en kaliumpermanganatløsning. Ved denne behandling blir bare en del av de organiske stoffer angrepet, idet mange stoffer bare blir oksydert ufullstendig, mens andre ikke nedbrytes målbart. Permanganat-tallet blir oppgitt i mg O/l.
<u>Bikromattallet</u>	er også et mål for vannets innhold av løste og uløste organiske stoffer. Bikromat er et meget kraftig oksydasjonsmiddel, og de fleste organiske stoffer nedbrytes fullstendig til kulldioksyd og vann. Benevnningen er mg O/l.
<u>Nutsjtall</u>	angir den mengde oppslemmet, filtrerbart, organisk materiale som vannet transporterer. Vannprøven blir filtrert gjennom glassfilter-nutsjer, poreåpning G 3, og nutsjene oppsluttes med en bikromatløsning, se ovenfor. Nutsjtallet blir oppgitt som mg O/l, hvilket omtrent tilsvarende mg oppslemmet organisk stoff pr. l.

Tabell 4 (forts.)

<u>Hårdhet</u>	angir summen av vannets innhold av kalsium- og magnesiumsalter. Bestemmes ved kompleksometrisk titrering og angis i mg CaO/l.
<u>Ca - kalsium</u>	bestemmes i prinsippet som hårdhet og angis henholdsvis som mg CaO/l og mg MgO/l.
<u>Mg - magnesium</u>	
<u>Na - natrium</u>	ble bestemt flammefotometrisk. Oppgis i mg Na/l og mg K/l.
<u>K - kalium</u>	
<u>Cl - klorid</u>	titreres med en standard sølvnitratløsning etter Mohrs metode og angis i mg Cl/l.
<u>SO₄ - sulfat</u>	blir bestemt ved felling med bariumklorid og måling av turbiditeten. Oppgis i mg SO ₄ /l.
<u>PO₄ - orthofosfat</u>	ble bestemt ved molybdenblått-metoden, og måling av fargen i et fotometer. Bestemmes som mg PO ₄ /l.

2.2.b Spredte prøvetakinger.

10/7 - 15/7 1960. Forut for hovedundersøkelsen ble det fra 10/7 - 15/7 1960 foretatt en befaring av elvestrekningen med innhenting av en del prøver. Disse prøver ble delvis samlet inn fra lokaliteter utenom de stasjoner som senere ble opprettet. I rapporten er resultatene av de prøver som kan stedfestes med stasjonsnummer tatt med. Følgende analyser ble utført: pH, denne ene gang målt kolorimetrisk ved hjelp av en "Hellige komparator", elektrolytisk ledningsevne, farge og permanganat-tall. Resultatene er tegnet opp i figur 10, s.134, og satt opp i tabell 30, s. 113.

Flere prøvetakinger ble senere foretatt, delvis i den hensikt å få supplerende opplysninger om forholdene i Otra, men også for å kunne vurdere om resultatene fra korttidsundersøkelsene kunne anses å være representative.

14/11 - 16/11 1960. Resultatene av korttidsundersøkelsene viste at forholdene i de fri vannmasser kunne forandre seg i løpet av kort tid. I samarbeid med Hurnfos Fabrikker ble det den 14/11

og 16/11 1960 tatt to serier med vannprøver fra stasjon 2 rett nedenfor fabrikkene. Fra bedriften ble oppgitt de tidspunkter da sulfittkokerne ble tømt, og en tid senere ble prøvetakingen startet. Vannprøvene ble tatt med 5 minutters intervaller, og den elektrolytiske ledningsevne ble målt på stedet ved elvevannets temperatur for best mulig å følge utslippets forløp. Den 14/11 ble prøvetakingen foretatt over 2 timer, den 16/11 over 1 time, 50 min.

Vannprøvene ble analysert på følgende komponenter:

pH, elektrolytisk ledningsevne, farge, turbiditet, permanganattall og bikromattall. Prøvene fra 14/11 ble dessuten analysert på hardhet, noen på sulfat og noen få prøver på natrium, klorid, kalsium, magnesium og orthofosfat. Resultatene er tegnet opp i figurene 16 og 17, s. 140 og 141, og satt opp i tabellene 40 og 41, s. 120 og 121.

7/12 1960. Den 7/12 1960 ble det tatt nye prøver fra samtlige stasjoner nedenfor bedriftene. På stasjonene 8, 9 og 10 ble prøvene denne gang tatt fra bredden.

Elektrolytisk ledningsevne, farge, permanganattall og bikromattall ble bestemt. Resultatene er tegnet opp i figur 18, s. 142, og satt opp i tabell 42, s. 121.

1/3 1961. På stasjon 4 ble det den 1/3 1961 tatt prøver hver halve time fra kl. 8.00 til kl. 18.30. Disse prøver ble underkastet følgende målinger:

pH, elektrolytisk ledningsevne, permanganattall, bikromattall og hardhet. Av en blandprøve av alle disse vannprøver ble nutsjtallet bestemt. Resultatene er oppført i figur 19, s. 143, og satt opp i tabell 43, s. 122.

18/4 1961. Vannprøver fra samtlige stasjoner unntatt stasjon 8 og 10 ble innhentet den 18/4 1961. Det ble denne gang bestemt pH, elektrolytisk ledningsevne, permanganattall, bikromattall, nutsjtall og hardhet. Resultatene er oppført i figur 20, s. 144, og satt opp i tabell 44, s. 123.

2.2.c Kjemisk undersøkelse av bunnprøver.

I forbindelse med korttidsundersøkelsen ble en del prøver av bunnmaterialet i Otra samlet inn.

Prøvetakingen ble foretatt ved hjelp av rammer som omsluttet definerte arealer. Etter at rammen var stukket ned i elvebunnen, ble det organiske materialet innenfor rammen kvantitativt overført til plastposer sammen med en del grus og stein. Prøvene besto vesentlig av fiberliknende materiale. I laboratoriet ble aliquoter av prøvene tatt ut, og bikromatforbruket av disse ble bestemt. Forholdet mellom bikromatforbruket og tørrvekten av det organiske materialet var tidligere bestemt eksperimentelt til 0,85 mg organisk tørrstoff/mg oksygen forbrukt. Mengden organisk stoff pr. m² av elvebunnen på de forskjellige prøvesteder kunne på denne måte bli bestemt med forholdsvis stor nøyaktighet. Ved grovt overslag kunne herav størrelsesordenen av den samlede mengde organisk stoff på bunnen av elven i området fra Vennesla til Kristiansand bli beregnet. En oversikt over resultatene er angitt i tabell 5.

Tabell 5.

Oversikt over bunnprøver fra Otra.

Lokalitet:	Prøve nr.:	St.	Bunnforhold:	Strømhastighet	Prøveareal:	mg O/ prøve	gram organisk substans /m ²
Lok.A	1	2	Steiner opp-til 10 cm og sand	Ca. 4 cm /sek.	0,114 m ²	10720	80,9
Lok.B	2	2	En flat stein	Ca. 7 cm /sek.	0,109 m ²	9600	74,9
Lok.A pr.1	3	5	Grov grus, opptil 1 cm stor stein	Ca. 3 cm /sek.	0,250 m ²	20450	69,6
" " " 2	4	5	- " -	- " -	0,109 m ²	1400	10,9
" " " 5	5	5	- " -	- " -	0,109 m ²	6400	49,9
Lok.B " 3	6	5	Større steiner opptil 20 cm	Ca.10 cm /sek.	0,109 m ²	9250	72,2
Lok.C " 4	7	5	Større steiner opptil 10 cm og grus	Ca. 7 cm /sek.	0,109 m ²	16280	126,9

2.2.d Undersøkelse av avfallsvannet fra bedriftene.

Avfallsvannet fra bedriftene ble undersøkt flere ganger. Prøvene fra A/S Norsk Wallboardfabrikk ble hentet fra en kum i den ledning som fører avfallsvannet ut i Otra. Ved Hunsfos Fabrikker ble det hentet prøver vesentlig direkte fra kokerne, men også av avfallsvannet i kanalene i de forskjellige avdelinger.

Resultatene av prøvene fra A/S Norsk Wallboardfabrikk står oppført i tabell 6.

Tabell 6.

Prøver fra A/S Norsk Wallboardfabrikk.

Prøvene tatt:	pH	Ledn.evne. 10^{-6} % 20°C	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO_2 /l	Bikromattall mg O/l	Tørrstoff mg/l	Gløderest mg/l	Glucose mg/l	Al mg/l
30/9 -60	4,1	-	-	850	17305	-	-	390	0,45
17/11-60	-	57,5	-	-	910	924	133	88	-
26/8 -61	4,3	100	7200 ^{x)}	492	2950	-	-	-	-

^{x)} Skyldes hovedsakelig den høye turbiditet.

Avfallsvannet fra 30/9 1961 ble nærmere undersøkt for om mulig å finne grunnen til den høye turbiditeten.

Utseende: Svak brun, melkeaktig, sterkt turbid væske. pH 4,1, turbiditet 850 mg SiO_2 /l.

Ved tilsetning av Na_2CO_3 eller NaOH til basisk reaksjon forsvant det melkeaktige utseende og væsken ble klar. Vannet ble ekstrahert 1 gang med eter etter surgjøring med saltsyre. Turbiditeten sank til 152 mg SiO_2 /l. Etter ytterligere ekstraksjon med kloroform var turbiditeten av vannet 97 mg SiO_2 /l. Ekstraktene ble dampet inn til tørrhet. Inndampningsresten var en brun, seig masse som i mengde tilsvarte 380 mg/l i avfallsvannet. Residuet ga positiv Storck-Morawsky-test på harpiks. Turbiditeten av det ekstraherte vann skyldtes vesentlig fine fibre.

Fra Hunsfos Fabrikker ble i alt undersøkt sulfitavluten fra 7 forskjellige kok. pH varierte fra 2,6 til 3,6, turbiditeten fra 51 til 82 mg SiO₂/l og elektrolytisk ledningsevne fra 14400 til 22100 . 10⁻⁶ . ohm⁻¹ . cm⁻¹.

Bikromattallene for prøvene var:

225000, 152000, 141000, 188000, 190280, 177000 og 185500 med et gjennomsnitt på 179900 mg O/1.

Tørrestoff og gløderest ble bestemt for ett kok:

Bikromattall: 152000 mg O/1, tørrestoff 125100 mg/l, gløderest 15690 mg/l.

Fargen for sulfitavluten lå omkring 4000 mg Pt/1.

Prøver fra de forskjellige avdelinger ga følgende analyseresultater:

Tabell 7.

Prøver fra Hunsfos Fabrikker.

	pH	$\eta_{20}^0 \cdot 10^{-6}$	K ₂ Cr ₂ O ₇
Bakvann fra papirmaskinene	6,4	35,7	-
Avfallsvann fra renseri og syrehus	4,9	78,6	251
Avfallsvann fra papiravdelingen	5,2	26,0	228
Avfallsvann fra celluloseavdelingen ...	4,6	75,9	-
Sulfitavlut (gjennomsnitt)	2,6 - 3,6	14400 - 22100	179900

2.3. Diskusjon av de fysisk-kjemiske undersøkelser:

De viktigste fysisk-kjemiske resultater ble oppnådd under korttidsundersøkelsen. Resultatene fra de spredte undersøkelsene viste såvidt god overensstemmelse med de førstnevnte at en ny korttidsundersøkelse ikke ble funnet nødvendig.

Vannføringen i Otra i tiden før og under korttidsundersøkelsen var meget jevn (figur 6, s.131). I tiden fra begynnelsen av september til avslutningen av undersøkelsesperioden var vannføringen omkring 80 m³/sek med unntakelse av en dag, den 24/9 1960, da den var 105 m³/sek. Diskusjonen av de fysisk-kjemiske forhold er vesentlig basert på analyseresultatene av blandprøver fra korttidsundersøkelsen (tabellene 31 - 38, s. 113-118 og figurene 11, 12, 13 og 14, s. 135-138. og gjennomsnittet av disse (tabell 39, s.119 og figur 15, s.139).

Vannkvaliteten ved stasjon 1 viste bare små forandringer. pH var i gjennomsnitt 5,85 og varierte fra pH 5,8 til 6,1. De øvrige analyseresultater varierte minimalt.

Stasjon 1 - 2. Fra stasjon 1 til stasjon 2 viste analyseresultatene markerte forandringer:

pH sank i gjennomsnitt fra pH 5,85 til 5,50, d.v.s. at hydrogenionekonsentrasjonen ble mere enn fordoblet. Den laveste pH som ble målt under korttidsundersøkelsen var 5,0 (2 prøver den 1/10), pH 5,1 ble målt på 3 prøver, mens pH 5,2 forekom relativt ofte, i alt 11 av 64 prøver. Den elektrolytiske ledningsevne, farge, turbiditet, bikromattall, permanganat-tall og nutsjttall økte. Samtlige forandringer markerer den ugunstige påvirkning av vassdraget som gjør seg gjeldende. Denne påvirkning må tilskrives utslippene fra Hunsfos Fabrikker. Den overveiende mengde av forurensningene kan tilbakeføres til celluloseproduksjonen.

På grunnlag av økingen i bikromattallet kunne det gjøres et grovt overslag over den mengde organiske stoffer som i gjennomsnitt ble tilført Otra mellom stasjonene 1 og 2 i undersøkelsesperioden:

Bikromattallet fra 6,0 til 22,5 mg O/1 = 16,5 g O/m³.

Nutsjtallet ved stasjon 2 var 2,7 g O/m³.

Differansen, 13,8 g O/m³, multiplisert med 0,85 angir direkte mengden av tilførte, løste organiske stoffer pr. m³ elvevann. Faktoren 0,85 er eksperimentelt bestemt som forholdet mellom gram organisk stoff og gram forbrukt oksygen (bikromattall).

Den gjennomsnittlige vannføringen i perioden var 83,3 m³/sek.

Mengde løste, organiske stoffer tilført elven blir:

$$13,8 \cdot 0,85 \text{ g organisk stoff/m}^3 \cdot 83,3 \text{ m}^3/\text{sek} \cdot 86400 \text{ sek/døgn} \\ \cdot 10^{-6} \text{ tonn/g} = \underline{\text{ca. 85 tonn/døgn.}}$$

Økingen i filtrerbart, organisk stoff kan bli beregnet på samme måte:

Differanse i nutsjttall mellom stasjonene 1 og 2: $2,25 \text{ g O/m}^3$.
 $2,25 \cdot 0,85 \text{ g organisk stoff/m}^3 \cdot 83,3 \text{ m}^3/\text{sek} \cdot 86400 \text{ sek/døgn}$
 $\cdot 10^{-6} \text{ tonn/g O} = \underline{\text{ca. } 13,8 \text{ tonn filtrerbart, organisk stoff/døgn.}}$

Den samlede øking i vannets innhold av organisk materiale mellom stasjonene 1 og 2 tilsvarer utslipp av over 100 tonn pr. døgn. Dette stemmer godt overens med en celluloseproduksjon på ca. 30000 tonn pr. år.

Det økede innhold av løst, organisk stoff i elvevannet må i sin helhet direkte tilskrives Hunsfos Fabrikker, mens noe av økingen i filtrerbart, organisk materiale er en sekundær effekt. En del av de filtrerbare stoffer var cellulosefibre, barkrester og liknende, men omtrent halvparten var fnokker av den trådformede sopp Fusarium aquaeductum (se avsnitt 5.1., s. 98), som ernærer seg av avfallsstoffene fra treforedlingsbedriftene. Vekten av den mengde organiske stoffer den har ernært seg av er flere ganger høyere enn tørrvekten av sopp (avsnitt 5.2., s.102).

Analyseresultatene ved stasjon 2 tydet på at det vesentlige av forurensningene ble tilført periodevis. Tabellene 31, 32, 33 og 34, s.113, 114,115 og 116 viser pH av hver enkelt prøve under korttidsundersøkelsen. Sprangene i pH av flere på hverandre følgende prøver var tildels meget store. Resultatene av prøvene, som ble tatt med 5 minutters intervaller etter tømning av cellulosekok ved Hunsfos Fabrikker (tabell 40 og 41, s.120 og 121, og figur 16 og 17, s.140 og 141), bekreftet antakelsen om diskontinuerlig tilførsel av forurensninger til elven, og at forurensningene hovedsakelig var sulfitavlut. Variasjonene av magnesium- og kalsiuminnholdet (bestemt som total hårdhet) i elvevannet ved stasjon 2 og nedover langs væsdraget sto i direkte forhold til forandringene i pH, elektrolytisk ledningsevne, farge, permanganattall og bikromattall.

Når et av kokene tømmes ved Hunsfos Fabrikker, renner det meste av sulfitavluten direkte i elven. Resten skylles ut med vaskevannet i løpet av noen timer, slik at det omtrent alltid er noe sulfitavlut i elvevannet. Den gjennomsnittlige konsentrasjon av sulfitavlut i vannmassene ble beregnet til ca. 0,1 ml avlut/1 elvevann og den maksimale konsentrasjon til ca. 0,5 ml/1.

Avfallsvannet fra de øvrige avdelinger ved bedriften blir sluppet ut mere kontinuerlig, men disse utslipp blir fullstendig maskert av sulfitavluten, som har et meget høyere innhold av både organiske og uorganiske stoffer (se tabell 2, s. 15). Det er derfor vanskelig å si hvilken virkning disse utslippene alene kunne ha på vassdraget hvis sulfitavluten ble holdt vekk fra elven. Renne- og laboratorieforsøk kunne antakelig gi visse holdepunkter.

Stasjon 2 - 4. Variasjonene i analyseresultatene mellom stasjonene 2 og 4 kan vesentlig føres tilbake til utslippet fra A/S Norsk Wallboardfabrikk. Forholdene ved stasjon 3 medførte en usikkerhet med hensyn til prøvenes representative verdi. Prøvene herfra ble blandet av vann fra turbinledningenes inntak og overløpet ved demningen, av volum som sto i forhold til vannføringerne på disse steder. Stasjon 4 ble likevel valgt som beste sted for å bestemme forurensningene tilført nedenfor Hallandsbrua. Vannets oppholdstid i Vikelandsdammen, den relativt lange strekning mellom stasjonene 2 og 4 og de herav følgende virkninger på vannmassene må bli tatt i betraktning. Store arealer av bunnen i Vikelandsdammen var dekket med et tykt lag av fiber, barkrester og flis, og bunnen i elveløpet nedenfor var begrodd med Fusarium aquaeductuum.

På denne strekning sank pH i gjennomsnitt fra 5,50 til 5,39, d.v.s. en økning i hydrogenionekonsentrasjonen på 25%. Fargen minket svakt, turbiditeten økte fra 1,2 til 1,3 mg SiO₂/l og bikromattallet fra 22,5 til 29,3 mg O/l i gjennomsnitt. Nutsjtallet, permanganat-tallet og den elektrolytiske ledningsevne var nær den samme begge steder.

Forandringene var som ventet etter utslipp av avfallsvann fra en wallboardfabrikk. Dette avfallsvannet er noe surt, har relativt lite saltinnhold men en meget høy turbiditet. I tillegg har det en del ekte og kolloidalt løste, organiske stoffer. Den mengde løste organiske stoffer som blir tilført elven mellom stasjonene 2 og 4 kan beregnes på samme måte som på side 36:

Bikromattallet øker fra 22,5 til 27,6, d.v.s. med 5,1 g O/m³.

Ved å trekke nutsjtallet fra denne verdi får en 2,4 g O/m³, som er et uttrykk for mengden av tilførte løste, organiske stoffer

på denne elvestrekningen. Dette gir:

$$2,4 \text{ g O/m}^3 \cdot 83,3 \text{ m}^3/\text{sek} \cdot 86400 \text{ sek/døgn} \cdot 0,85 \text{ g organisk stoff/g O} \cdot 10^{-6} \text{ tonn/g} = \underline{\text{ca. } 14,5 \text{ tonn løste, organiske stoffer /døgn.}}$$

På grunn av utslippene av sulfitavlut fra Hunsfos Fabrikker er det vanskelig uten videre å bedømme den virkning avfallsvannet fra A/S Norsk Wallboardfabrikk har på vassdraget. Den fysiologiske virkning på fisk av harpiksstoffer, som utgjør en stor del av de kolloidalt løste stoffer i avfallsvannet, er lite omtalt i litteraturen.

Stasjon 5 - 10. Videre nedover i elven er det liten forandring å spore:

pH holder seg forholdsvis konstant, med en svak antydning til øking, den elektrolytiske ledningsevne, permanganat-tallet, fargen og nutsjtallet holder seg jevnt helt til stasjon 10. Turbiditeten derimot viser en økende tendens, og bikromattallet synker svakt.

Dette tyder på at det på strekningen nedenfor stasjon 4 ikke forekommer noen vesentlig tilførsel av forurensninger. At pH stiger svakt og at bikromattallet viser en svak synkende tendens skyldes sannsynligvis selvrensingsprosesser i vassdraget. Årsaken til økingen i turbiditeten er noe mere usikker. Sannsynligvis står det i relasjon til fnokkene av organismen Fusarium aquaeductuum og størrelsen av disse. Transporten av organisk, filtrerbart materiale nedover i vassdraget forandres ikke vesentlig, idet nutsjtallet også er konstant.

Den forholdsvis konstante mengde av filtrerbare, organiske stoffer i vassdraget fra stasjon 2 og ned til utløpet er meget overraskende. Dette forhold hadde vært helt naturlig hvis forurensningene hadde vært sammensatt av cellulosefibre og finere bark- og flisrester. Som nevnt før besto imidlertid forurensningene for en stor del av den trådformede soppen Fusarium aquaeductuum, som vokser på elvebunnen og breddene fra Hunsfos Fabrikker og ned til utløpet ved Kristiansand. En tilsynelatende rimelig

konsekvens av dette ville vært at nutsaltinget hadde øket forholdsvis jevnt nedover hele vassdraget. En mulig forklaring på fenomenet er følgende:

Soppen ernærer seg i overveiende grad av stoffer i avfallsvannet fra treforedlingsbedriftene, spesielt av karbohydratene, og veksten er direkte avhengig av konsentrasjonene av disse stoffer. I den øverste delen av elvestrekningen vil organismene ha rikelig med næring og derfor ha en relativt rask vekst. Lengre nedover vil konsentrasjonene av næringsstoffene avta, og organismene får mindre veksthastighet. Når begroingen har oppnådd en bestemt størrelse, som er fullstendig avhengig av strømforholdene på de forskjellige lokaliteter, vil festet til underlaget bli brutt. Det blir revet løs flak eller fnokker av begroingen, som deretter føres nedover elven. Direkte fragmentering av soppmycelet finner også sted i begrenset utstrekning.

I de øverste partier av elven er strømhastighetene store, med kraftige turbulenser o.s.v. på grunn av strykene. Organismene vil her vokse raskt, samtidig som de blir revet løs før de har oppnådd noen vesentlig lengde. Fnokkene vil ikke sedimentere fordi egenvekten er meget nær vannets egenvekt.

Lengre nedover i vassdraget blir konsentrasjonene av næringsstoffene mindre, og strømhastighetene avtar. Av dette følger at organismene vil ha en mindre veksthastighet, og begroingen vil kunne oppnå en adskillig større tykkelse før det skjer noen løsrivning. På mange steder må det antakelig en temmelig stor vannføring til før det skjer en vesentlig avrivning av begroingen, og på meget stille lokaliteter, som bakevjer o.l., rives det kanskje ikke noe løs før flomsituasjoner inntreffer.

Fordi veksthastigheten i det øverste stykke av elven er så uforholdsmessig meget større enn på de nedenforliggende lokaliteter, er det derfor mulig at økingen nedover i vassdraget av filterbart, organisk materiale ikke vil merkes ved undersøkelsene.

Når begroingen rives løs på lokaliteter med små strømhastigheter, skjer dette antakelig i større flak, og uten av disse flakene blir utsatt for turbulenser o.s.v. som kan dele dem opp i mindre

fnokker. Under prøvetaking vil det være liten sjanse for å få noen av disse større flakene med i prøven. Dette kan også være en medvirkende årsak til de forholdsvis like mengder av organisk, filtrerbart stoff ved de forskjellige stasjoner.

Stasjon 6. Høiebekken. Vannet i Høiebekken var av en noe annen kvalitet enn vannet i Otra ved stasjon 1. Normalt var pH 6,5 - 7,0. Den elektrolytiske ledningsevne og bikromattallet var 4 ganger så høyt som i Otra, mens fargen og permanganat-tallet var dobbelt så høyt.

Periodevis var bekken sterkt forurenset. Den 30/9 1960 var den synbart forurenset fra ca. kl. 12.00 til ca. kl. 16.30. På en prøve ble målt pH 10,1. De synlige forurensninger besto av partikulære stoffer. Mikroskopisk undersøkelse viste at det partikulære innhold var sammensatt av pattedyrhår, plantefibre og udefinerbar detritus. Organismene var vesentlig bakterier, ciliater og tildels blågrønnalger. Hovedkomponentene ble gjenfunnet i vannprøver fra røret som fører avfallsvann fra Kristiansand Skinngarveri ut i Otra.

Forurensningene var delvis oppslemmet i vannet, men en del fløt og dannet en hinne på overflaten. Langt nedover i Otra kunne det observeres mindre arealer av overflaten som var dekket med slike forurensninger.

Forurensningene fra Høiebekken ble ikke nærmere bestemt. De er av en slik størrelsesorden at de antakelig ikke innvirker noe særlig på forholdene i Otra, selv om de er store nok til å ødelegge Høiebekken som oppholdssted for laks og aure. Med en helt intakt kloakkledning fra fabrikkene og ut i Otra ville nok forholdene i bekken kunne forbedres vesentlig.

Vannet i Otra viste ingen antydning til oksygensvikt mellom stasjonene 1 og 10 i undersøkelsesperioden. Hydrogensulfid ble ikke funnet på noen lokaliteter, hverken i vannet eller i bunnmaterialet. I bunnmaterialet levde oksygenkrevende organismer. Årsakene til at oksygensvikt ikke oppstår er delvis at vannet renner relativt raskt og med god lufting i stryk og liknende, og dessuten at sulfitavluten har størst virkning på oksygenba-

lansen etter ca. 2 døgn. Anslagsvis trenger vannet i gjennomsnitt omkring 10 timer på strekningen fra Vennesla til Kristiansand.

Anaerobe forhold i bunnslammet oppstår først ved Kristiansand og er der forårsaket av estuareffekten sammen med organiske stoffer, som blir ført nedover av vannmassene i Otra eller blir sluppet ut gjennom kloakkavløpene fra byen.

3. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER.

3.1. Benthiske feltundersøkelser.

Målsettingen for den biologiske feltundersøkelsen i Otra har vært å gi en beskrivelse av botaniske og zoologiske forhold som sammen med de innsamlede kjemiske og fysiske data kunne karakterisere forurensningssituasjonen på elvestrekningen. En industribedrifts påvirkning av resipienten er av fysisk-kjemisk natur. Imidlertid kan denne påvirkning resultere i endringer av biologiske forhold i resipienten. Dette er ofte en av de mest uønskede konsekvenser av en industriforurensning. Biologiske data representerer også et hjelpemiddel til vurdering av resultatene fra de fysisk-kjemiske undersøkelser. Det var derfor nødvendig å legge ned et forholdsvis stort arbeid i den biologiske del av Otra-undersøkelsen.

Den deskriptive utredning av de biologiske forhold i et vassdrag av OTRAS størrelse er en komplisert og tidkrevende oppgave. Den floristiske og faunistiske inventering alene ville fordre en rekke spesialister. Problemstillingen måtte derfor avgrenses for å få gjennomført en hensiktsmessig undersøkelse som kunne gi de nødvendige opplysninger for vurdering av forurensningssituasjonen uten samtidig å medføre uforholdsmessig store omkostninger. Dette ble realisert ved særlig å bearbeide materialet fra de valgte lokalitetene med henblikk på komponenter som kan karakteriseres som økologiske indikatorer på en forurensningspåvirkning.

Innsamlingen av materiale til undersøkelsen ble vesentlig gjennomført på befaringene av elvestrekningen i tidsrommene 29/9 - 6/10 1960 og 29/5 - 30/5 1961. Spredte observasjoner og prøvetakinger av biologisk materiale ble også gjort i sammenheng med feltarbeidet for den kjemisk-fysiske del av undersøkelsen. Materialet som er bearbeidet omfatter innsamlinger fra månedene mai, juli, august, september, oktober og desember. Årstidsvariasjoner i organismesamfunnenes sammensetning er derfor delvis blitt representert ved prøvetakingen.

Lokalitetene som ble valgt ut til den biologiske beskrivelse, faller sammen med stasjonene for undersøkelsen for øvrig.

Imidlertid er også lokaliteter mellom de faste stasjoner blitt representert ved prøver.

Det er særlig benthiske organismer (d.v.s. planter og dyr som lever knyttet til et underlag) som befolker et vassdrag av Otrás karakter, og de utgjør den overveiende del av biomassen. Fra Venneslafjorden og ned til munningsområdet ved Kristiansand bruker vannet så kort tid at noe eget plankton (d.v.s. organismer som lever i og følger de fri vannmasser) ikke vil komme til utvikling. Planktonet som føres ut av Venneslafjorden utgjør i kvantitet bare en liten del av organismeinnholdet i de fri vannmasser på elvestrekningen nedenfor. Feltundersøkelsene ble ut fra disse forutsetninger konsentrert om en beskrivelse av benthos.

Vegetasjonen av høyere planter i Otra er artsfattig og av liten kvantitet. De vanligste bestand-dannende arter omfatter Myriophyllum alterniflorum, Sparganium sp., Juncus sp. og Equisetum fluviatile. Fordelingen av vokseplassene til den høyere vegetasjon viste bare i liten utstrekning noen sammenheng med forurensningen av elven. Bestanden av disse planter og de akvatiske bryofytter som gikk inn i samfunnene, var på lokalitetene nedenfor Hunsfos Fabrikker nærmeste fullstendig tildekket med et belegg av Fusarium aquaeductuum og cellulosefibre.

Resultatet fra bearbeidningen av det innsamlede materiale av benthisk vegetasjon og fauna er gjengitt i tabellene 9 og 10 sidene 46 og 47. Ved den subjektive vurdering av kvantitativ forekomst er det benyttet betegnelser som er nærmere presisert i tabell 8 på neste side.

Det er karakteristisk for den undersøkte elvestrekning at klassene grønnalger og kiselalger var artsrikt representert. Dette er et forhold som er vanlig å finne i vannmasser med oligotroft (d.v.s. fattig på plantenæringsstoffer) preg. Tabellaria Flocculosa og arter av slekten Ulothrix og Microspora hadde forekomst på nærmest alle stasjoner. Likedan var desmidiaceer regionelt utbredt på hele den undersøkte elvestrekning. Det er imidlertid forekomster av vegetasjon av heterotrofe arter som bør vies størst oppmerksomhet.

Tabell 8.

Skala for skjønsmessig vurdering av
kvantitativ forekomst.

Kvantitetsgruppe	Definisjon ved mikroskopering	Betegnelse	Symbol brukt ved faunaundersøkelser
+	Ingen eksemplar funnet	Mangler	+
+	Et eksemplar funnet	Forekommer	+
1	Enkelte eksemplar funnet	Sjelden	rr
2	Forekommer ofte, men ikke i hvert synsfelt	Sparsom	r
3	Noen eksemplar i hvert synsfelt	Vanlig	c
4	Preger inntrykket av hvert synsfelt	Hyppig	cc
5	Utgjør nærmest hvert synsfelt fullstendig	Dominant	ccc

Spranget i den kvantitative og kvalitative sammensetning av den benthiske vegetasjon mellom stasjon 1 og 2 var iøynefallende markert: På stasjon 1 var det et normalt, autotroft algesamfunn som utgjorde vegetasjonen. Dette var på stasjon 2 helt erstattet av et mikroorganismesamfunn dominert av Fusarium aquaeductuum, en organisme som følger forurensninger med organisk substans. På stasjonene videre ned til Kristiansand utgjorde dette samfunn den alt overveiende del av den benthiske biomasse. I monoton utforming strakte denne begroing seg over hele elvetverrsnittet, også i dypålen, og preget stasjonenes organismeliv gjennom undersøkelsesperioden. Soppen hadde sin største forekomst ned til stasjon 5. Dette kan tolkes som en effekt av selvrensingsprosessen i elven. Chlamydobakterier var vanlige å finne sammen med Fusarium aquaeductuum. På stasjonene etter Kvarstein bru var det særlig Cladothrix dichotoma som inngikk i samfunnet.

Tabell 9. Benthisk fauna i Oтра.

Stasjon:	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	1/10 1960	30/5 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/9 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/9 1961	1/10 1960	30/5 1961	1/9 1961	1/10 1960
<u>ANNELIDA.</u>																				
Chaetopoda	c		cc	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
Lumbriculidae	c		cc	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
Phreoryctidae			cc																	
Hirudinea	c			c	I	c	c	c	I	I										c
Erpobdellidae	c			c	I	c	c	c	I	I										c
<u>MOLLUSCA.</u>																				
Bivalvia																				
Pisidium sp.											IT									
<u>INSECTA.</u>																				
Ephemera	c																			IT
Ecdyurus sp.																				IT
Leptophlebia sp.	c																			IT
Plecoptera		c																		
Nemoura sp.																				
Trichoptera	cc	c																		I
Cynurus sp.	c																			
Phryganea sp.	c																			
Hemiptera																				
Corixidae																				IT
Coleoptera																				IT
Deronectes sp.																				I
Gyrinus sp.																				I
Hydroporus sp.																				I
Platambus sp.																				I
Diptera																				
Chironominae																				I
Orthocladinae																				I
Tanypodinae																				I
Tipula sp.																				I
<u>CRUSTACEA.</u>																				
Entomostraca	c																			c
<u>ARACHNOIDEA.</u>																				
Hydrachnidae																				c

Station:	1		1 - 2		2		4		5		6		7		8		9		10		
	30/9	12/10	5/10	30/5	30/9	1/10	12/7	1/10	3/10	30/10	30/5	31/8	29/9	29/9	30/9	30/9	30/9	30/9	30/9	1/10	1/10
Materiale:	1960	1960	1960	1961	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1961	1961	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960
BACILLARIOPHYCEAE.																					
Achnanthes sp.																					
Ceratoneis arcus																					
Diatoma sp.	1																				
Eunotia sp.																					
Fragilaria sp.																					
Frustulia rhomboides																					
Gomphonema sp.	1																				
Navicula spp.	2																				
Nitzschia sp.																					
Pinnularia sp.	1																				
Stauroneis sp.	1																				
Tabellaria fenestrata																					
Tabellaria flocculosa	2																				
Ubestemte pennate diatomeer	1																				
DIVERSE ALGER.																					
Batrachospermum vagum																					
Cryptomonas sp.																					
Dinobryon sp.																					
Euglena sp.																					
Peridinium sp.																					
Tribonema cf. ulotricho-																					
ides	2																				
HETEROTROFE AKTER.																					
Chlamydobakterier	1																				
Cladotrix dichotoma																					
Ubestemte bakterier																					
Fusarium aquaeductum																					
Ascomycetes																					
Phycomycetes																					
Saccaromyces-liknende gærceller																					
Fiber (tråker, tråksider)																					

Resultatet av undersøkelsen av faunaforholdene viste god overensstemmelse med vegetasjonsanalyser. Annelidene og insektene var de dominerende grupper i kvantitativ sammenheng. Den ekstreme fattigdom på mollusker gjenspeiler elvevannets lave elektrolyttinnhold. Det store skille i elvens karakter som vegetasjonsutformingen viste mellom stasjon 1 og 2, kom for faunaens vedkommende best til syne i forekomsten av dipter-larven. Chironomidene hører til de beste indikatororganismer ved praktiske forurensningsundersøkelser. Det var karakteristisk for den undersøkte elvestrekning at orthocladine chironomider hadde stor forekomst samtidig med Fusarium aquaeductuum - samfunnet og siden fulgte dette organismesamfunn ned til estuar-området. Dette forhold med stor bestand av orthocladine chironomider i forbindelse med forurensningssituasjonen med sulfitcelluloseavlut er beskrevet fra andre områder i Europa (Liepolt ¹⁵).

Innholdet av partikulær substans i de fri vannmasser av Otra besto for en vesentlig del - ved siden av fiber - av organismer fra de benthiske samfunn. Fusarium aquaeductuum var derfor den vanligste komponent sammen med fiber (trakéer og trakeider) fra bedriftenes utslipp. Soppen var representert dels som større fnokker mekanisk løsrevet fra begroingen, dels som fri hyfer dannet ved fragmentering fra mycelier. Egentlige planktonorganismer var sjeldne.

Flomsituasjoner i Otra influerer i betydelig grad på elvestrekningens organismesamfunn. Den økte strømhaastigheten medfører mekanisk løsrivning og resulterer i en utvasking av begroingen i elveleiet. Etter slike situasjoner gir derfor elven et vesentlig renere inntrykk enn vanlig.

Resultatet av de biologiske feltundersøkelsene i Otra kan i hovedtrekkene stilles sammen i følgende punkter:

- a) Organismesamfunn preget av autotrofe arter forekom ned til Hunsøya.
- b) Fra Hunsøya og ned til estuar-området var vassdraget sterkt forandret fra sin opprinnelige naturlige tilstand. Heterotrofe organismesamfunn, dominert av Fusarium aquaeductuum og orthocladine chironomider, preget denne strekningen.
- c) Belastningen av organisk stoff er langt større enn vassdragets selvrensingsprosesser kan mineralisere.

- d) Giftvirkning av sulfittcellulose-avlut på benthiske flora-fauna-elementer ble ikke påvist på de undersøkte lokaliteter. En slik effekt er muligens kamuflert av næringstilførselen med organisk stoff som økologisk faktor.
- e) Fnokk-driften i de fri vannmasser på den undersøkte elvestrekning besto for en betydelig del av komponenter løsrevet fra de benthiske organismesamfunn. Fusarium aquaeductuum var kvantitativt den viktigste organisme i denne sammenheng.

3.2. Fiskeundersøkelser.

3.2.a Innledning.

Otra er, i likhet med de andre sørlandselvene, relativt fattig på fiskearter. Følgende arter er utbredt over større eller mindre strekninger av vassdraget:

Laks (Salmo salar L.), aure (Salmo trutta L.), abbor (Perca fluviatilis L.), trepigget stingsild (Gasterosteus aculeatus L.) skrubbeflyndre (Pleuronectes flesus L.) og ål (Anguilla anguilla L.). Dessuten finnes to arter av rundmunner (Cyclostomata), nemlig elvenioye (Lampetra fluviatilis L.) og havnioye (Petro-myzon marinus L.).

Hovedfiskene i vassdraget er aure og laks. Særlig har fisket etter laks og sjøaure spilt en stor rolle i Otra nedenfor Vike-landsfossen. Hverken laks eller sjøaure kan forsere denne 18 m høye fossen, som ligger ca. 15 km fra OTRAS munning i havet. Utbyttet av fisket etter disse artene refererer seg derfor til fangsten på denne relativt korte strekningen.

I fig. 7, s.132 er oppstilt utbyttet av laks- og sjøaurefisket i kg og prosent av beste år fra 1880 og frem til 1960 i Otra og noen andre sørlandselver. I tabell 48, s.127 er gjengitt utbyttet i kg av laks- og sjøaurefisket i endel elver i det sørlige Norge i årene 1951-1961. Statistikken gir ikke noe eksakt bilde av utbyttet, - i alle tilfelle er det minimumstall en opererer med. Statistikken er derfor ikke godt egnet ved vurderingen av bestandssvingninger i detalj, men kan gi et grovt bilde av utviklingen sett over en årrekke.

I det beste år siden laksestatistikken tok til ble det fanget 10980 kg laks og sjøaure. Det var i 1886. Siden den tid har

utbyttet svinget sterkt, og mens Mandalselva og Topdalselva har vist et jevnt synkende utbytte, viser Otra en stigning fra 1920-årene og frem til 1940. Tallene fra krigsårene er neppe representative for elvens virkelige utbytte i denne perioden.

Tabell 11.

Utbytte i kg av laks- og sjøaurefisket i
Otra i årene 1945 - 1961.

År	kg	År	kg	År	kg
1945	333	1951	2614	1957	88
1946	1198	1952	1452	1958	49
1947	2762	1953	1459	1959	56
1948	5023	1954	451	1960	34
1949	2460	1955	224	1961	30
1950	2691	1956	156		

Tabellen viser resultatene av fisket i årene 1945 - 1961. Etter et særdeles godt år i 1948 holdt utbyttet seg jevnt bra til og med 1953. Fra og med 1954 avtok utbyttet meget sterkt, og i 1955 var utbyttet lavere enn noengang tidligere siden 1880. Lavmålet er nådd i 1961 da fangsten var 30 kg eller ca. 0,3 % av beste år.

3.2.b Fisketellinger.

I forbindelse med tilbakegangen i fisket har det flere ganger i løpet av de siste 6 år vært foretatt biologiske undersøkelser i OTRAS nedre løp (se side 22). Som en videreføring av tidligere observasjoner ble det foretatt undersøkelser av Norsk institutt for vannforskning. I løpet av undersøkelsesperioden er det gjennomført befaringer av elvestrekningen fra Venneslafjorden til Kristiansand med elektrisk fiskeapparat. I Venneslafjorden er det også fisket med garn og sportsredskap, og det er foretatt befaring av laksegrunner i Otra med kunstig lys i gytetiden om høsten. Det har vært gjort observasjoner i Topdalselva, Mandalselva og Sogneelva for sammenlikning. I Sogneelva ble det også

fisket over flere strekninger med elektrisk fiskeapparat.

I tabell 12 er oppført antall fanget fisk pr. $\frac{1}{2}$ -time med elektrisk fiskeapparat på forskjellige lokaliteter i Otra og Sogneelva. Tallene for aure og laks refererer seg vesentlig til årsyngel. I større elver vil det fortrinnsvis være disse en får tak i ved elektrisk fiske. Lokaliteten Grovane i tabell 12 henviser til utløpet av en liten elv som faller ut i Venne-slafjorden ved Grovane st. ca. 3 km ovenfor Hunsfoss. Denne er tatt med fordi en her har eksempel på en god yngellokalitet.

Tabell 12.

Resultater av fiske med elektrisk fiskeapparat i Otra og Sogneelva. Gjennomsnitt av antall fisk fanget pr. $\frac{1}{2}$ -time.

Stasjonsplassering se 2.1.

M = mange.

Fiskeart:	Antall fisk pr. $\frac{1}{2}$ time								
	Grovane:	Otra, stasjoner:							Sogneelv Augland
		1	2	4	5	7	8	9	
Aure	53	12	2	-	-	-	-	-	35
Laks	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Stingsild	-	-	-	-	-	1	1	1	6
Ål	1	1	1	1	6	-	-	6	1
Nioye	-	1	1	-	M	M	1	M	1
Antall befaringer	4	4	2	1	1	1	1	2	2

Det ble ikke fanget årsyngel eller større eksemplarer av aure og laks med elektrisk apparat i Otra nedenfor stasjon 2. Ved stasjon 2, fra Hallandsbrua og ca. 250 m oppover langs elven ble det fisket 12 aureyngel på $1\frac{1}{2}$ time den 24/9 1961. Noen aureyngel og større aure ble også observert på denne strekningen høsten 1961. Høsten 1960 ble det ikke fanget eller observert aure på denne strekningen. Stingsild ble fanget og observert i små mengder i nedre del av Otra. Stingsilda opptrådte fortrinnsvis i eller ved utløpet av små bekker som faller ut i Otra. I selve elven ble den fanget sparsomt på grunt vann ved bredden. Ål og elvenioye forekom i betydelige mengder, særlig i elvens

nedre løp. Det var vesentlig larver av nioye som ble fanget. Av voksne (kjønnsmodne) nioyer ble bare 3 eksemplarer fisket.

I Otra ovenfor Hunsfoss ble det fanget rikelig med aureyngel. Særlig var forekomsten god ved Grovane. Noe ål og nioye ble også fanget og observert, men i mindre mengde enn i nedre del av Otra.

I Søgneelva ble det fanget mange aureyngel, endel laks og stingsild. Ål og nioye var derimot sparsomt utbredt på den lokalitet som er angitt i tabellen.

Foruten elektrofiske ble det den 2/10 1960 foretatt et garnsett ved stasjon 1 i Venneslafjorden. På en natt ble fanget 21 aure og 2 abbor med et garn av 20 mm maskevidde. Av de 21 aurer var 19 kjønnsmodne.

I Otra ble foretatt en befaring med kunstig lys over gytegrunner for laks fra Vikelandsfossen og nedover til Heisel hengebru. En liknende undersøkelse ble også foretatt over Egsgrunnen og Albertsgrunnen på strekningen mellom stasjon 9 og 10. Her ble tidligere fanget særlig mye gyteferdig og ikke kjønnsmoden sjøaure (blege) om høsten. Befaringene ble foretatt henholdsvis 9. og 11/11 1960.

Ved Heisel ble observert 2 smålaks eller sjøaure. Forøvrig ble ikke iaktatt fisk mellom Vikeland og Heisel.

Ved Egsgrunnen ble observert noen få unger av aure og 2 bleger. Dessuten ble fanget og undersøkt en utgytt hunlaks med total-lengde 87 cm og en vekt av 4,8 kg.

Sommeren 1961 ble det foretatt en rekke observasjoner av elven på forskjellige strekninger. Nedenfor Vikelandsfossen ble yngel av aure bare observert ved utløpet av en bekk som faller ut i Otra ca. 400 m nedenfor Vikelandsfossen. Noen få elveaure ble observert på forskjellige lokaliteter i elven.

Mandalselva og Topdalselva viste seg ved befaring å ha stor bestand av småfallen elveaure. Ved iakttakelser fra bredden eller fra bruer på egnede steder kan en her under gode forhold lett se elveaure i store mengder nær sagt over alt. Selv om

utbyttet av laks- og sjoaurefisket har gått sterkt tilbake, er i alle fall bestanden av elveaure stor i begge elvene.

3.2.c Diskusjon.

På grunnlag av fiske, observasjoner og innhentede opplysninger kan det konkluderes med følgende:

Otra ovenfor Hunsøya (Venneslafjorden) har en meget stor bestand av småfallen aure og bør karakteriseres som overbefolket av denne fiskearten. Abbor og ål finnes også i relativt stort antall. Det samme gjelder nioye.

Mellom Hunsøya og Hallandsbrua (stasjon 2) finnes i hvert fall periodevis litt aureyngel og jevnlig endel større elveaure. En del ål og nioye forekommer også.

I Vikelandsdammen finnes litt større elveaure, en del ål og nioye.

Nedenfor Vikelandsfossen, forekommer større elveaure, sjoaure og laks, men i meget små mengder. Yngel av aure og laks finnes sannsynligvis bare helt sporadisk. Stingsild er utbredt sparsomt i elvens nedre deler, fortrinnsvis i småbekker som har sitt utspring i Otra. Ål og nioye finnes særlig tallrikt i elvens nedre deler. Abbor er, såvidt vites, ikke fanget i Otras nedre del på mange år. Havnioye blir av og til observert i Otra opp til Vikelandsfossen. Skrubbeflyndre skal forekomme i munningsområdet i Kristiansand.

Sett i forhold til Sogneelva, Mandalselva og Topdalselva er Otra meget fattig på laksefisk nedenfor Hunsøya.

4. FISKEFORSØK.

4.1. Innledning.

Resultatene av tidligere undersøkelser og de som er beskrevet i denne rapport forteller om en påfallende forskjell i fiskebestandens sammensetning og størrelse ovenfor og nedenfor industribedriftene i Vennesla. Laksestatistikken viser en sterk nedgang i utbyttet av laks- og sjøaurefisket i Otra i årene fra 1954 til i dag. At dette skyldes bedriftenes virksomhet er en meget nærliggende tanke. Faktorer som kan ha innflytelse på fiskebestanden er reguleringer av vassdraget og utslipp av avfallsprodukter, som kan forårsake endringer i de fysiske-kjemiske forhold i vannet. I Otra er det først og fremst forurensningspåvirkningen som kan tenkes å spille en rolle. Reguleringene er i det aktuelle tilfelle en underordnet faktor i problemkomplekset.

Endringer i fiskebestandens størrelse og sammensetning som følge av forurensning kan tenkes å henge sammen med flere årsaksforhold. Noen punkter skal nevnes:

1. Det forurensede vannet virker drepende på fisken i et eller flere stadier av livssyklus.
2. Fisken skyr det forurensede vannet og vil ikke ta opphold i det til tross for at vannet ikke virker drepende på fisk.
3. Forurensningene virker forstyrrende eller drepende på organismer som utgjør fiskens næringsgrunnlag.
4. Forurensningene virker forstyrrende eller ødeleggende på fiskens reproduksjonsmuligheter.
5. Forurensningene kan bevirke endringer i en fiskearts leveområde, slik at den ikke lenger kan hevde sin plass i organismesamfunnet og derfor utkonkurreres eller utryddes av andre organismer.

Det første spørsmål som må besvares, er om det forurensede vannet virker drepende på fisk. Hvis så er tilfelle, er det av sekundær interesse å etterprøve eventuelle andre årsaker. I den aktuelle situasjonen i Otra måtte derfor den første oppgaven være å undersøke elvevannets virkning på fisken.

4.2. Forsøk med fisk i nettingkasser i Otra.

I tiden 4/10 - 10/10 1960 og fra 10/11 1960 til 5/1 1961 ble det foretatt forsøk med å oppbevare levende aure i nettingkasser på to forskjellige lokaliteter i Otra. Kassene hadde dimensjonene 100 x 35 x 20 cm og besto av galvanisert jernduk med maskevidde 5 mm. Duken var spent over en ramme av trelister, og den ene ende hadde en tett vegg av bord for å skjerme av for strøm i vannet.

Ved utsettingen av kassene sørget en for å få disse plassert slik at det ble så gunstige strømforhold som mulig inne i kassen. Kassene ble satt nær bredden og som regel belagt med stein, så de holdt seg på bunnen.

Kassene ble satt ut på elvens østside ved stasjon 2, Hallandsbrua, og mellom stasjon 7 og stasjon 8 ved Lian. Som kontrollforsøk ble det satt ut en liknende kasse i en bekk ved Oslo (Sognsvannsbekken).

Ved forsøkene i Otra ble det benyttet aure fra Venneslafjorden. Fisken ble fanget med elektrisk fiskeapparat og så snart som mulig etter fangsten sluppet i kassene. Forsøksfiskene varierte i lengder mellom 5 og 33 cm.

Resultatene av forsøkene er oppført i tabell 13, s. 56. Vannføringen i elven under forsøkene fremgår av figur 6, s. 131. Maksimal levetid for fisken i kassene i Otra var 34 døgn. De fleste fisk døde imidlertid etter en langt kortere tid. Dødeligheten inntraff betydelig tidligere ved Hallandsbrua enn ved Lian. Ved Hallandsbrua levde fisken i maksimalt 11 døgn. I kontrollforsøket levde samtlige fisk i 40 døgn, hvoretter all fisken ble drept under en flom i løpet av 2 døgn.

Tabell 13.

Forsøk med aure i nettingkasser i Otra. Antall døde fisk etter eksponeringstid i døgn.
Gjennomsnittlige totalledder i cm.

Sted:	Hallandsbrua:						Lian:						Kontroll:					
	4-6/10	10-12/11		14-23/11		19-25/11		7-19/12		4-11/10		10/11-14/12		6/12 - 5/1		22/1 - 5/3		
Døgn:	Antall:	Antall:	Lengde:	Antall:	Lengde:	Antall:	Lengde:	Antall:	Lengde:	Antall:	Lengde:	Døgn:	Antall:	Lengde:	Døgn:	Antall:		
1	-	6	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	4	-	40	-
2	Slutt	2	6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	19	4	5,4	5	1	42	5
3				2	7,6	-	-	-	-	-	-	20	5	6,4	8	-		
4				2	7,1	-	-	4	-	-	-	21	3	6,2	9	2		
5				3	11,7	4	8,1	-	-	-	-	22	2	7,0	13	-		
6				-	8,2	6	8,2	-	-	-	-	23	2	10,0	14	5		
7				1	15,0	-	-	1	-	Slutt	-	29	-	-	15	-		
8				-	-	-	-	-	-	-	-	30	2	12,5	16	2		
9				1	7,5	-	-	2	9,7	-	-	31	2	11,5	28	-		
10						-	-	-	-	-	-	33	-	-	29	1		
11						1	33,0	1	33,0	-	-	34	2	12,3	30	1		
Totalt antall:	6	8	8	9	10	8	8	7	22	13	5							
Lengde:	8 - 15	4 - 8	7 - 15	8 - 9	8 - 33	8 - 15	5 - 13	6 - 20	6 - 14									

Innenfor de størrelsesgrupper av aure som ble testet, levde stort sett de største fisk lengst i kassene.

Ved iakttakelser av fisk i kassene kunne en ikke observere noe unormalt adferdsmonster. Det kunne imidlertid se ut som fisken gradvis ble slappere og slappere. Ofte ble fisken liggende i lengre tid i sideleie før døden inntrådte. De døde fisk viste ingen ytre tegn eller skade som kunne peke mot en bestemt dødsårsak. Ved mikroskopisk undersøkelse kunne en heller ikke finne noen beskadigelse av gjelleepitel eller andre ytre organer.

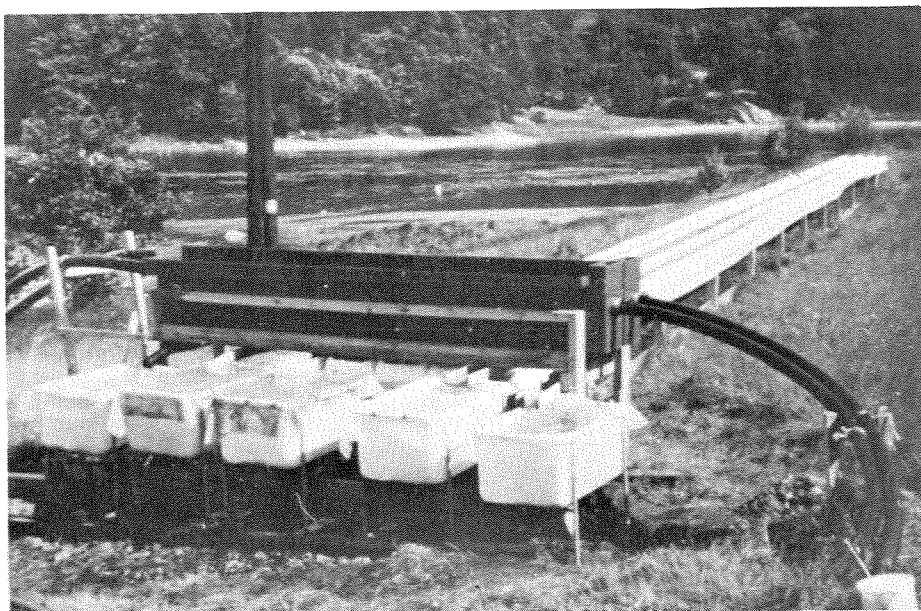
Kasseforsøkene viste at fisken døde på kortere tid i Otravann enn den gjorde under kontrollforsøket. En svakhet med disse kasseforsøkene var imidlertid at en ikke kunne ha kontrollerte, konstante strømforhold inne i kassene. Slik kassene var konstruert passerte vannet tilnærmet uhindret gjennom nettingveggene. Det er derfor en mulighet for at strømmen til tider kan ha vært for sterk for fisken, og at den er blitt utmaset av dette. Ved lave temperaturer vil fiskens stoffskifte være betydelig nedsatt og organismen ikke innstilt på anstrengende ytelse over lengre tid. Hvis fisken samtidig blir svekket på grunn av uheldige forhold ved vannet, kan dette ytterligere bidra til å fremskynde dødelighet. I selve elven vil fisken alltid ha muligheter til å finne rolige oppholdssteder.

Selv om resultatene av forsøkene pekte hen mot uheldige forhold ved Otravannet, kunne de ikke uten videre betraktes som bevis for at elvevannet har en drepende effekt på fisk. Det var derfor nødvendig å foreta ytterligere forsøk for å fastslå en eventuell slik virkning.

4.3. Forsøk med fisk i forsøksanlegg.

4.3.a Forsøksanlegget.

For å kunne studere elvevannets virkning på organismer ble det bygget et forsøksanlegg. Skulle anlegget svare til sin hensikt, måtte en i størst mulig utstrekning skape de forhold som til enhver tid var til stede i elven, og samtidig ha kontrollerbare betingelser. De organismer en først og fremst skulle konsentrere undersøkelsene om, var arter av fisk og soppen Fusarium aquae-ductuum.



Figur 1.

Oversiktsbilde av forsøksanlegget.

Valget av tomt til anlegget var særlig viktig. En måtte finne frem til et sted hvor elvevannet hadde stor forurensningsbelastning, samtidig som en måtte ha en fullstendig blanding av vannet. Det var også nødvendig med tilgang på rent vann for kontrollforsøk. Den mest hensiktsmessige plass ble funnet på vestsiden av elven ca. 400 m nedenfor Vikelandsfossen. Her måtte en anta å ha fullstendig blandet vann fra fossen og strykene ovenfor. Samtidig var det tilgang på rent vann fra en bekk som munner ut i elven på dette sted. Et viktig moment var også at det på denne strekning har vært noen av de viktigste gyte- og oppvekstplasser for laks i hele elven. Anlegget ble oppført på et flomareal som egnet seg godt for formålet.

Anlegget faller i to avdelinger, se figur 1 og 21, s. 58 og 145, en avdeling for begroingsforsøk med soppen Fusarium aquaeductuum, og en for fiskeforsøk. Til begroingsforsøkene ble det bygget 3 renner av tre. Rennene hadde en lengde av 30 m, bredde 25 cm og dybde 17,5 cm. Rennene ble dekket med plastfolie for å hindre vannet i å komme i kontakt med trematerialet og for å unngå lekkasje.

Til fiskeforsøkene ble benyttet 5 kar av polyetylenplast. Karene hadde et volum på 150 liter, var 80 cm lange, 50 cm brede og 40 cm dype. 5 cm fra karenes ene kortside ble montert et overløpsrør av plast.

For pumping av elvevann ble det benyttet en centrifugalpumpe med en kapasitet på 18000 l/h. Som suge- og pumpe-slange ble det benyttet polyvinylkloridslanger med henholdsvis 2,5" og 2" diameter. Ved inntaket ute i elven ble det montert en immorter med en grov sil. Til kontrollforsøkene ble det benyttet bekkevann, som ble ledet til anlegget gjennom en 2" pvc. plastslange fra et høyereliggende sted i bekken.

Fordeling av vannet til de forskjellige enheter ble besørget av fordelingstanker av pvc. plast. Tankene var bygget med overløpskant for å opprettholde konstant vann-nivå. Volumet av tankene var 322 liter (310 . 25 . 41,5 cm). I bunnen av tankene ble laget huller av forskjellige dimensjoner, slik at en kunne variere den vannmengde som skulle gå til de forskjellige forsøksenheter. De hull som ikke ble benyttet, ble proppet med gummi-propper.

Oppholdstiden for vannet i fordelingstanker og slanger var ca. 1 min. 15 sek. ved full effekt fra pumpen. I fiskekarene kunne vannet gis en oppholdstid på ca. 5, 7, 10 og 20 min. ved tilførsel av henholdsvis 30, 22,5, 15 og 7,5 l/min.

Anlegget var ferdig oppsatt og i drift den 15. juli 1961. Det første forsøk med fisk ble startet den 18. juli. Anlegget var siden under oppsyn og i full eller delvis drift i 85 dager til den 11. oktober. Etter denne tid var det ikke lenger mulig å holde anlegget i gang på grunn av flom og høy vannstand i Otra.

Den største vanskeligheten med å opprettholde kontinuerlig og tilfredsstillende drift av anlegget skyldtes den store mengde av partikler som Otra fører med seg. Dette resulterte i tetting av pumpe og dermed stans i tilførselen av Otravann. Særlig var dette sjenerende ved varierende vannføring og under flomsituasjoner. Bekkevannstilførselen var heller ikke tilfredsstillende når vannføringen i bekken ble stor.

Vanskeligheten med regelmessig vanntilførsel til anlegget virket sterkt hemmende på forsøksvirksomheten. Flere av forsøkene var langtidsforsøk over flere uker, og innenfor disse tidsrom var det som regel en eller flere flommer som resulterte i stans i vanntilførselen.

4.3.b Metoder.

Forsøkene med fisk tok sikte på å klarlegge Otravannets virkning på fisken. Til forsøkene ble mest benyttet aure, men også laks og stingsild ble prøvet. Grunnen til at aure ble mest benyttet, var at denne var betydelig lettere å skaffe i større mengder enn laks. Auren kunne også skaffes fra selve Otra, og en slapp derfor det usikkerhetsmoment som kan komme inn når fisk blir overført fra vassdrag med andre vannkvaliteter. Laks og stingsild ble hentet fra Søgneelva.

All fisk som ble benyttet til forsøkene, ble fanget med elektrisk fiskeapparat, og kontrollforsøkene med bekkevann viste at fisken ikke hadde tatt noen skade av denne fangstmetoden. Den elektrolytiske ledningsevne i vannet hvor fisken ble fanget, er såvidt lav at effekten av den elektriske strømmen blir relativt liten. Fisken fikk derfor som regel bare et mindre sjokk ved fangsten og var i full vigør etter få sekunder. Transporten av fisken foregikk i plastkar, og varigheten av transporten strakte seg maksimalt over $\frac{1}{2}$ time.

Etter transporten fra fangststedet ble fisken sluppet i plastkarene med gjennomstrømmende bekkevann. I noen tilfelle ble de også sluppet direkte ut i kar med gjennomstrømmende Otravann. Mengden av fisk som ble sluppet i hvert kar, varierte noe fra forsøk til forsøk, og med størrelsen av fisken. Maksimalt ble holdt 150 årsyngel av aure i et enkelt kar med bekkevann. I forsøkene med Otravann ble maksimalt holdt 30 årsyngel eller 10 større fisk i et enkelt kar.

Fisken ble ikke i noe tilfelle foret etter fangsten. Noe næring kan fisken ha fått i seg gjennom tilførselsvannet og fra luften, men noen betydning har dette neppe hatt. Ved forsøk som strekker seg over lengre tid, vil fisken gradvis svekkes dersom den ikke blir foret. Særlig ved høyere temperaturer (fra omlag 14

til 18°C) vil en slik svekkelse gjøre seg gjeldende, fordi fisken (aure) da er i størst aktivitet og stoffskiftet foregår raskt. Ved temperaturer under 7°C vil den kunne greie seg i flere måneder uten foring og uten noen vesentlig svekkelse av organismen. I begynnelsen av forsøksperioden lå temperaturen i Otravannet på omlag 15 - 17°C (tabell 46, s. 124). Ved slutten av perioden var temperaturen sunket til omlag 12°C. I de temperaturområder en her arbeidet under bør fiskeforsøk neppe strekke seg over mer enn 30 dager uten foring av fisken. Bli forsøkene av lengre varighet må en regne med en viss dødelighet på grunn av utmagring og forfølgelse av artsfeller.

Fisk av forskjellige størrelsesgrupper ble holdt adskilt. I forsøkene ble bare skjelnet mellom to kategorier, årsyngel i størrelse fra 4 - 8 cm og større fisk. Største fisk som ble benyttet i forsøkene hadde totallengde 21 cm.

Etter at fisken var sluppet i karene, ble den holdt under daglig observasjon. Det ble gjort iakttakelser og notater over fiskens atferd, og syk og død fisk ble registrert. Død fisk ble så snart som mulig tatt ut og målt fra snute til halepiss. Temperaturer i vannet ble målt minst en gang hver dag i forsøksperioden.

4.3.c Resultater.

I figur 22, s. 146 og tabell 46, s. 124 er oppført resultatene av forsøkene med årsyngel av aure i vann fra Otra. Samtlige forsøk ble utført med maksimal vanngjennomstrømming, det vil si ca. 30 l/min, som gir vannet en oppholdstid på ca. 5 min i karene. Antall fisk som ble benyttet i forsøkene, fiskens lengder, temperatur i vannet og vannføring i Otra fremgår av tabell 46.

Kurvene i figur 22 viser prosent kumulativ dødelighet av årsyngel fra 4 forsøk. Forsøk 1 - 3 ble brakt frem til 100% dødelighet, mens en i forsøk 4 kom frem til 66% dødelighet. Dødeligheten meldte seg i alle 4 forsøkene etter et tidsrom av 4 - 7 døgn. Kurvene har et noe forskjellig forløp som skal kommenteres nærmere.

I forsøk 2 fant den største dødeligheten sted i tidsrommet mel-

lom 6 og 10 døgn etter forsøkets start. Under dette forsøket hadde en fra start til slutt en jevn tilførsel av elvevann, uten forstyrrelser på grunn av flommer eller uhell. Vannføringen i Otra varierte under forsøket mellom 79,4 og 92,4 m³/sek. Det er sannsynlig at denne kurven gir det beste uttrykk for den dødelighet som vanligvis finner sted under tilsvarende stabile, normale vannstandsforhold i Otra.

Kurven fra forsøk 1 har et steilere forløp enn kurven fra forsøk 2. Dette skyldes antakelig mest at det her ble benyttet bare 13 forsøksfisk, mens det i de andre forsøk ble benyttet ca. 30. Den biologiske spredning er derfor ikke kommet så godt til uttrykk i dette tilfelle.

Forsøk 3 forløp på en måte som trenger nærmere utredning. Dødeligheten meldte seg også her etter 6 døgn eksponering, men opphørte etter 10 døgn. Dødeligheten begynte så igjen etter 20 døgn, og i løpet av 24 døgn var den 100%. Forklaringen beror sannsynligvis på det forhold at det etter 6 døgn kom en flom i Otra og i bekken, som resulterte i et uhell med vanninntaket ute i elven. Vanninntaket ble av flomvannet flyttet nedover, slik at det ble liggende nær munningen av bekken. På grunn av stor vannføring i bekken ble det derfor sannsynligvis for en stor del pumpet opp bekkevann. Først 18 dager etter forsøkets start ble inntaket flyttet tilbake og tilførselen av vann fra Otra kom i god gjenge. Dødeligheten meldte seg da igjen etter 2 døgn, og resten av fisken i forsøket døde i løpet av 6 døgn. Det er verdt å merke seg at denne stans i tilførselen av vann fra Otra også resulterte i opphold i dødelighet.

I forsøk 4 nådde dødeligheten opp til 66% etter 12 døgn. Her ble det flom i Otra og bekken etter 6 døgn. Syk fisk døde i løpet av de første dagene, mens dødeligheten forøvrig opphørte. Etter dette fikk en ikke lengre jevn tilførsel av vann fra Otra i anlegget. Vannføringen ble etterhvert så stor at en ble nødt til å avbryte forsøket.

Forsøkene med større aure resulterte ikke i den markerte dødelighet som en fant hos årsyngelen. I tabell 14 er oppført resultatene av de tre forsøk som ble utført med større aure over lengre tidsrom.

Tabell 14.

Aure eksponert i vann fra Otra. Antall døde fisk etter døgn. Totallengde i cm.

Dødelighet etter døgn:							
21/7 - 5/8			22/8 - 28/9			22/9 - 30/9	
Døgn	Antall	Lengde	Døgn	Antall	Lengde	Døgn	Antall
12	-	-	15	-	-	8	0
13	1	12,5	16	1	11,8	-	-
14	-	-	17	1	13,2	-	-
15	1	13,5	37	-	-	-	-
Totalt antall i forsøket		10	5			5	
Lengde		12,5-17	11,8 - 16			12 - 21	

Tabellen viser at dødelighet her inntraff ved senere tidspunkt enn hva som var tilfelle for yngelen. Innenfor den tid forsøkene pågikk inntraff også som regel kortere eller lengre stans i tilførselen av vann fra Otra. Når forsøkene strekker seg over såvidt lang tid som 14 døgn eller mer, blir også interpreteringen av dødeligheten noe vanskeligere. En kan derfor ikke legge annen betydning i de forsøkene som her er utført enn at den større fisken greide seg betydelig lengre i karene enn årsyngelen.

Ved slutten av forsøksperioden ble det startet opp et forsøk med aure, laks og stingsild i samme kar med vann fra Otra. Hensikten var å finne en eventuell forskjell i dødelighet hos disse artene. Forsøket måtte imidlertid avbrytes på grunn av flom i Otra. Et forsøk med fisk i filtrert vann fra Otra måtte også avbrytes av samme årsak.

Resultatene av kontrollforsøk med bekkevann er oppført i tabell 15 s.64.. Forsøk 1 resulterte ikke i dødelighet i løpet av 11 døgn. Forsøk 2 strakk seg over 46 døgn. Her inntraff første dødelighet etter 38 døgn. Den ene fisk som da døde var sterkt utmagret.

Etter 46 døgn døde ytterligere 2, og disse viste de samme tegn på utmagring. Forsøket ble da avsluttet, og en del av fisken var fortsatt i bra kondisjon, mens noen bar tydelig preg av lengre tids faste. Karene med bekkevann ble i det meste av tiden be-

nyttet til oppbevaring av fisk for akvarieforsøk. Det ble jevnlig oppbevart opptil 150 fisk av forskjellig størrelse i karene over kortere eller lengre tid, og dødeligheten var hele tiden minimal.

Tabell 15.

Kontrollforsøk med årsyngel av aure i bekkevann.
Antall døde fisk etter døgn. Totallengde i cm.

Dødelighet etter døgn:				
18/7 - 29/7		18/8 - 3/10		
Døgn	Antall	Døgn	Antall	Lengde
11	0	37	0	-
		38	1	4,5
		44	0	-
		45	1	4,8
		46	1	5,0
15		16	Totalt antall	
4 - 6		4 - 7	Lengde	

Den årsyngel som ble sluppet i karene med vann fra Otra viste ingen påfallende unormale reaksjoner ved utsettingen og den første tid etterpå. Det er allikevel mulig at fisken viste en større tendens til å stime mot overflaten og mot kanten av karet enn fisken i bekkevannet. Dette medførte en del vanskeligheter i begynnelsen, fordi en del av fisken unnslopp ved å smette ut gjennom åpninger under silduken som dekket over karene. Denne reaksjonen hos fisken kan muligens tolkes som et forsøk på å unngå et for den ubekvent miljø. Det er tidligere vist at fisk viser unngåelsesreaksjon overfor visse agenser. Blant annet er det påvist (Høglund¹¹) at laksefisk viser unngåelsesreaksjoner overfor surt vann med pH mellom 5,5 og 5,0, og ved konsentrasjoner av sulfittavlut ned i konsentrasjoner mellom 0,1 og 1 ml/liter. Bortsett fra denne tendensen til å stime mot overflaten, kanten av karet og tilloppsrorer viste fisken normale reaksjoner de første dagene etter utsettingen. Forstyrrelser utløste fluktreaksjoner. Partikler som ble sluppet oppi utløste spisereaksjoner. Jagereaksjoner i forbindelse med tendens til revierdannelse gjorde seg også gjeldende.

Som det fremgår av figur 22, s. 146 begynte dødeligheten i forsøkene

med årsyngel i vann fra Otra å gjøre seg gjeldende etter omlag 6 døgn. De første tegn på inntredende dødelighet viste seg gjerne ved at en enkelt eller flere fisk begynte å henge under silduken og reagere senere enn de andre fisk på forstyrrelser. Hvis de ble skremt ned mot bunnen kom de straks opp til overflaten igjen, mens de øvrige fisk oppholdt seg ved bunnen. Også disse fisk kunne gi inntrykk av at de forsøkte å komme seg vekk ved å følge utløpsvannet under silduken. Etterhvert ble de "syke" fisk slappere og kunne bli liggende på bunnen i lengre tid, bare avbrutt av krampaktig og anstrengt svømming opp mot overflaten. Mot slutten ble fisken gjerne liggende i sideleie i kortere eller lengre tid, med svake og uregelmessige åndingsbevegelser. Døden inntrådte vanligvis ca. 1 døgn etter at de unormale reaksjoner ble iakttatt. Det er verdt å legge merke til at mens en del fisk kunne være slappe eller døende, var de øvrige tilsynelatende i full vigør.

Et karakteristisk kjennemerke for syk eller døende fisk var større eller mindre hvite kanter eller bremmer på finnene. I enkelte tilfelle kunne finnene være hvitaktige helt inn til roten. Særlig lot bryst-, buk- og gattfinner til å være utsatt for dette, men også hale- og ryggfinner var gjerne hvite mot spissene. Ved undersøkelse i lupe og mikroskop fant en ut at dette sannsynligvis skyldtes en koagulering av det slim (mucus) som omgir fisken. Det hvite belegget kunne ved overfladisk betraktning minne om soppangrep, men dette ble aldri iakttatt på aure i vann fra Otra. Syk fisk syntes mange ganger også å bli noe mørkere i huden. Død fisk ble ofte funnet med deler av Fusarium aquaeductuum og cellulosefiber i munn og gjeller. Dette var sannsynligvis noe fisken fikk i seg ved de siste åndedrettsbevegelser før dødens inntreden. Fisken lå da på bunnen i sideleie, og ved de siste innåndinger og kramper har da rimeligvis en del av bunnmaterialet blitt ført med inn i munnhule og gjeller. På levende fisk ble ikke observert Fusarium aquaeductuum eller fiber i munn eller gjeller.

4.3.d Diskusjon.

Forsøkene med fisk i forsøksanlegget åpenbarte en meget stor dødelighet blant årsyngel som ble eksponert i vann fra Otra. En tilsvarende dødelighet fant ikke sted i kontrollforsøkene med

bekkevann. Den påfallende forskjell i dødelighet kan vanskelig forklares ut fra annet enn en forskjell i vannkvalitet. Vannets oppholdstid var den samme både i bekkevann og elvevann. Mengden av fisk var til dels betydelig større i bekkevannskarene enn i karene med elvevann. Temperaturen var som regel noe lavere i bekkevannet, særlig mot slutten av forsøksperioden. Forskjellen var imidlertid aldri større enn ca. 4°C . Ved slutten av perioden var også temperaturen i elvevannet lavere enn den var i bekkevannet ved periodens begynnelse. Det er derfor helt usannsynlig at temperaturen kan ha spilt noen rolle i denne sammenheng.

Den dødelighet som oppsto i karene med vann fra Otra kunne tenkes å skyldes en kronisk, kumulativ virkning av visse agenser. Den kunne også tenkes å oppstå som en følge av plutselige forandringer i vannkvaliteten. I forsøkene 3 og 4 med årsyngel (figur 22) ble det sluppet fisk i kar hvor det befant seg friske, syke og døende fisk fra forsøk av eldre dato. De nye ble merket med fettfinneklipping for gjenkjennelse. Det viste seg i begge forsøk at samtlige fisk fra første forsøk døde før de som ble sist utsatt. Det måtte i begge tilfelle gå nye 6 dager før dødelighet begynte å inntre blant de sist utsatte. Disse forsøkene skulle altså ikke tyde på at dødeligheten skyldtes plutselige endringer i vannkvaliteten, men at den skyldtes virkning av mer kronisk karakter. Denne skulle da betinge en viss oppholdstid i vannet for å gjøre seg gjeldende.

Etter dette kan en tenke seg to mulige årsaker til dødeligheten i elvevannet. Den kan enten bero på en mekanisk virkning av partikler i elvevannet, eller den kan skyldes toksisk virkning av oppløste stoffer. For å få et svar på dette er det foretatt en rekke akvarieforsøk som det skal redegjøres for i det følgende.

4.4. Toleranseforsøk med fisk i akvarier.

4.4.a Innledning.

Forsøkene med fisk i anlegget viste at årsyngel av aure døde etter relativt kort opphold i vann fra Otra. Aureyngelen som ble benyttet i forsøkene, var fortrinnsvis hentet fra Venneslafjorden, som ligger bare få kilometer ovenfor anlegget. Forandringen i vannets kvalitet må altså ha skjedd på denne korte strekning

mellom forsøksanlegget og fangststedet. Langs elven på denne strekningen er det et relativt tett befolket område og en rekke industribedrifter. Som tidligere nevnt er det først og fremst industribedriftene som kommer i søkelyset. Den mengde husholdningskloakk som tilføres elven kan neppe tenkes å ha noen ugunstig virkning på fiskebestanden. De industribedrifter som i første omgang kan komme på tale som forurensningskilde er da Hunsfos Fabrikker og A/S Norsk Wallboardfabrikk. De øvrige bedrifter er "tørre" industrier som ikke kan tenkes å slippe ut avfall av betydning.

Forsøkene med årsyngel av aure i vann fra Otra pekte hen mot en kronisk, kumulativ virkning av visse agenser. Det er derfor sannsynlig at denne må bero på stoffer som jevnlig er tilstede i vannet og som derfor til stadighet tilføres elven. Det er da først og fremst to avfallsvanntyper som kan komme på tale. Sulfitavlut, fra Hunsfos Fabrikker, som slippes i doser på ca. 120 m^3 i et antall av 20 - 40 i uken, og avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk, som jevnlig tilføres elven i en mengde av 50 l/sek. Herunder, og i tillegg, kommer annet avfallsvann fra Hunsfos Fabrikker, fiber og annen partikulær substans som til stadighet slippes ut i elven fra disse bedriftene.

Det var derfor naturlig at en først og fremst konsentrerte seg om disse avfallsvanntyper i søkingen etter det skadelige element i ellevannet.

4.4.b Metoder.

Ved undersøkelsen av avfallsstoffenes virkning på fisk ble benyttet relativt små forsøksenheter. Dette ble gjort for å kunne variere forsøksbetingelsene uten alt for store praktiske vanskeligheter. Som forsøksenheter ble benyttet små glassakvarier med rominnhold på henholdsvis 8 og 12 liter. Som regel ble det operert med et vannvolum på 6 eller 10 liter, alt etter forsøksopplegget.

For å opprettholde et høyt oksygeninnhold i vannet under forsøkene ble det blåst luft inn i akvariene fra en resiprotor luftpumpe.

Som testfisk ble mest benyttet årsyngel av aure fra Vennesla-

fjorden. Yngelen ble som regel oppbevart en tid i forsøksanlegget før den ble tatt i bruk. Storrelsen av yngelen varierte i lengder fra 4 - 8 cm, målt fra snute til halespiss. Til vannvolum på 6 og 10 liter ble som regel benyttet henholdsvis 5 - 8 aureyngel. Fisken ble ikke foret under forsøkene og hadde ved forsøkets start lite eller intet mageinnhold.

Elvevann, som ble benyttet i løsningene, ble hver gang hentet på samme sted i Otra, ved Helvedesfossen i elvens østre løp ved Hunsøya. En får her vannet umiddelbart før forurensningene fra bedriftene tar til. Vannet ble transportert i plastkanner og benyttet straks eller etter få dager. Når annet vann er benyttet i forsøkene, er dette spesifisert i hvert tilfelle.

Stoffer som skulle testes, ble hentet på fabrikkene og transportert i flasker eller kanner av plast. Stoffene ble som regel testet straks etter avhenting. Imidlertid viste det seg for en del stoffers vedkommende at giftvirkningen ikke endret seg selv etter lengre tids lagring. Disse stoffer kunne da også benyttes etter en tids henstand.

Fisken ble vanligvis sluppet i akvariene innen 5 minutter etter at løsningene var laget ferdig. I forsøk som strakte seg over lengre tid, ble løsningene skiftet etter en viss tid. Tidsintervallet mellom hvert skift av løsning var forskjellig etter forsøkets art.

Temperaturer ble målt daglig i akvariene. Andre fysisk-kjemiske observasjoner ble foretatt i en del tilfelle og vil bli omtalt under hvert forsøk. Målinger av pH ble dels utført kolorimetrisk med Helliger Komparator, dels med Beckmans pH-meter.

Etter innsettingen i akvariene ble fisken holdt under observasjon i den utstrekning det var mulig. Det ble gjort notater og iakttagelser over fiskens atferd, og syk og død fisk ble registrert. Så sant det var mulig ble hvert forsøk ført frem til 100% dødelighet beregnet ut fra et mindre prosenttall død fisk.

4.4.c Virkning av forskjellige avfallsvanntyper på fisk.

Sulfitavlut.

Sulfitavluten fra Hunsfos Fabrikker slippes ut i elven hver

gang et cellulosekok er fullført. Slike kok slippes fra 20 - 40 ganger pr. uke, og hvert kok er på omlag 120 m^3 sulfitavlut. Ved full produksjon er antallet kok pr. uke vanligvis mellom 30 og 40. Hver gang et kok blir sluppet ut, vil den maksimale konsentrasjonen av sulfitavlut i elvevannet være omlag $0,5 \text{ ml}$ sulfitavlut/ 1 l elvevann ved en vannføring av $80 \text{ m}^3/\text{sek}$. Middelkonsentrasjonen over en uke vil ved samme vannføring variere mellom ca. $0,05$ og $0,1 \text{ ml/l}$, alt etter mengden av kok som er sluppet.

I figur 23 A, s. 147 og tabell 16, s. 69 er oppført resultatene av forsøk med sulfitavlut fra Humsfos Fabrikker. I tabell 45, s. 123 er spesifisert de kok som er benyttet ved forsøkene. Forsøkene er for det meste utført ved temperaturer mellom 16 og 13°C . I figur 23 B, s. 147 er satt opp resultatene av et forsøk med en bestemt konsentrasjon av sulfitavlut ved forskjellige temperaturer. Se også punkt 4.4.d, s. 77.

I et forsøk med konsentrasjonene 1 , $0,5$ og $0,1 \text{ ml/l}$ sulfitavlut/ 1 l vann ble benyttet 8 testfisk i akvarier med 10 l løsning. Løsningene ble her skiftet to ganger i døgnet for å motvirke endringer i løsningene. I de øvrige forsøk ble benyttet 6 l løsning og 5 testfisk i hvert akvarium.

Tabell 16.

Tid for 100% dødelighet av årsyngel av aure i forskjellige konsentrasjoner av sulfitavlut. pH-verdier og tid for dødelighet middeltall.

Døgn = d. Timer = . Minutter = '

Sulfitavlut ml/l	Tid for 100% dødelighet	% dødelighet ved slutt		Temp. °C	pH (mid- del)	Antall tester	Antall fisk
		tid	%				
8	45'	-		15-16	3,9	1	5
4	2.	-		13-16	4,0	6	30
3	2.45'	-		15-16		1	5
2	6.30'	-		15-16		1	5
1	77.	-		13-16	4,2	4	23
0,5	215. (9d.)	-		10-16	4,6	2	13
0,1	-	528 (22d)	25	9-13	5,1	1	8
0	-	31d	0	9-16	5,5	1	8

Det er foretatt to forsøk med 0,5 ml sulfitavlut/1 vann. I det ene forsøk som ble utført ved 15 - 16°C døde all fisk i løpet av 47 timer. Dette resultat er imidlertid neppe representativt for denne konsentrasjon. I samme forsøksserie døde også 20% av fisken i kontrollforsøket etter samme tid, og en skal derfor ikke legge for mye vekt på dette resultat. Det annet forsøk strakte seg over 384 timer. Her var imidlertid temperaturen betydelig lavere, og sank fra 14 til 10°C i løpet av perioden. Det er sannsynlig at middeltiden for 100% dødelighet ved 15 - 16°C ligger et sted mellom de funne tall.

Det er bare foretatt et forsøk med 0,1 ml sulfitavlut/1 vann. Forsøket strakte seg over 22 døgn og resulterte i 25% dødelighet. I kontrollforsøket, som strakte seg over 31 døgn, oppsto ingen dødelighet. Temperaturen sank i disse forsøkene fra 14 til 9°C. Forsøket med 0,1 ml sulfitavlut/1 vann foregikk ved såvidt lav temperatur at resultatet neppe kan sies å være helt representativt. Som konklusjon må en imidlertid si at det ikke er påvist noen sikker giftvirkning ved denne konsentrasjon.

For å se hvilken effekt sulfitavluten har på andre fiskearter i Otra, ble det foretatt orienterende forsøk med ål, laks, aure og stingsild. Resultatet er oppført i tabell 17.

Tabell 17.

Virkning av sulfitavlut på forskjellige fiskearter.

Timer = . Minutter = '

Sulfitavlut ml/l	Fiskeart	Tid for 100% døde- lighet	% dødelighet ved slutt		Antall fisk	Lengde cm.	Temp. °C
			tid:	%			
4	Sting- sild	2.30'			9	3,1-4,2	15-16
"	Ål	-	92.	33	3	9 - 15	"
"	Aure	3.45'	-		6	5,7-6,7	"
"	Laks	3.45'	-		6	5,2-6,6	"
1	Sting- sild	< 6.			2	3,1-3,8	"
"	Aure	-	92.	33	3	5,5-6,5	"
"	Laks	-	92.	66	3	5,5-6,5	"

Ved dette forsøket viste stingsilda seg å være mest sensibel overfor sulfitavluten. Imidlertid var testfiskene noe små, og dette kan være et moment som gjør det vanskelig å trekke sammenlikning med de andre artene. Ved et liknende forsøk ved lavere temperatur (8°C) levde stingsilda lenger enn auren, mens auren igjen levde lenger enn laksen. Forskjellen mellom disse fiskeartene er imidlertid ikke påfallende stor. Ålen derimot skiller seg vesentlig ut ved sin store motstandsdyktighet. I forsøket ble benyttet 3 ål, hvorav 1 var 9 cm og de øvrige 15 cm. Den minste ålen døde etter en tid av omlag 14 timer. De to største levde i 91 timer i den fortynnede sulfitavluten, derpå 1 uke i rent vann, tilsynelatende i beste velgående, hvorefter de ble sluppet ut i elven.

Fisk som blir sluppet ut i sterke konsentrasjoner av sulfitavlut, reagerer kraftig på sitt nye medium. I de første minuttene kan fisken se ut som om den får "noe i halsen". Muligens beror dette på en irritasjon av gjelleepitelet, fremkalt av stoffer i sulfitavluten. Er konsentrasjonen ikke særlig sterk, ser det ut som om fisken etterhvert venner seg til sitt nye medium for en tid. Imidlertid vil det som regel kunne iakttas et raskere og mer uregelmessig åndedrett enn hos fisk i rent vann.

Etterhvert vil fiskens integument gjerne bli noe mørkere, ofte avbrutt av lysere partier. Finnene blir hvitaktige mot spissen av finnestrålene. Når dette inntreffer, vil fisken reagere mindre på forstyrrelser. Senere sprer det hvite belegget seg inn mot roten av finnene. Etterhvert får fisken tydelig vanskeligheter med åndedrettet. Den svømmer anstrengt omkring i skråstilling med halen ned og foretar av og til rykninger og lynsnare utfall og krumspring i vannet. Til slutt synker fisken ned mot bunnen og blir som regel liggende i sideleie, periodevis avbrutt av anstrengt svømming eller uregelmessig tumling rundt i vannet. Når døden nærmer seg, vil fisken i de sterkere konsentrasjoner som regel være mer eller mindre dekket av hvitt belegg over hele kroppen. Hvis fisken blir liggende noen tid i vannet etter døden, blir dette enda mer utpreget. Dette hvite belegget, som først opptrer på finnene og senere sprer seg over kroppen, skyldes sannsynligvis en koagulering av mucus, - det slimlag som omgir fisken.

på 0,5 ml sulfitavlut/l vann viste seg å ha en sikker toksisk virkning med 100% dødelighet, i alle fall innenfor et tidsrom av 16 døgn. Forsøkene har vært utført under spesielle betingelser, og det er ikke urimelig at en kan finne uttalt giftvirkning ved betydelig lavere konsentrasjoner av sulfitavlut i vann fra Otra under andre situasjoner.

Avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk.

A/S Norsk Wallboardfabrikk benytter 3000 minuttliter vann til sine prosesser for fremstilling av trefiberplater. Dette vannet slippes ut kontinuerlig når bedriften er igang. Mellom kl. 18.00 lørdag ettermiddag og kl. 18.00 søndag er det arbeidsstopp ved bedriften. Ved en vannføring på $80 \text{ m}^3/\text{sek}$ i Otra vil denne utslippsmengde resultere i en middelkonsentrasjon på ca. 0,6 ml avfallsvann pr. liter ellevann. Pressevannet som er det konsentrerte avfallsvann, slippes ut i en omtrentlig mengde av 700 l ca. 300 ganger pr. døgn. Denne utslippsmengde tilsvarer en middelkonsentrasjon av 0,03 ml pressevann pr. liter ellevann ved en vannføring på $80 \text{ m}^3/\text{sek}$.

I tabell 18 og 19 er gjengitt resultatene av to forsøk som ble gjort med avfallsvann og pressevann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk.

Tabell 18.

Virkning av forskjellige konsentrasjoner av avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk på årsyngel av aure.

Timer = . Minutter = '

Avfalls- vann ml/l	Tid for 100% dødelighet	% dødelighet ved slutt		Antall fisk	Temp. °C	pH	Ledn. evne. 10^6 20°
		tid	%				
500	6.45'			5	14	4,5	59,6
100	16.	-	-	"	14-15	5,3	25,0
50	-	75.	40	"	14-16	5,2	18,6
10	-	75.	20	"	"	5,7	14,8
0	-	75.	0	"	"	5,9	13,1

Tabell 19.

Virkning av forskjellige konsentrasjoner av pressevann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk på årsyngel av aure.

Timer = . Minutter = ' "

Presse- vann ml/l	Tid for 100% dødelighet	% dødelighet ved slutt		Antall fisk	Temp. °C
		tid	%		
50	16.	-	-	5	8-10
30	-	44.	30	3	9-10
10	-	65.	0	5	9-10

Ingen av de utførte forsøk tyder på særlig sterk toksisk virkning av avfallsvannet fra A/S Norsk Wallboardfabrikk. I første forsøk med avfallsvann hentet i kloakken den 26/8 1961 ble det funnet at en konsentrasjon av 500 ml avfallsvann/l først resulterte i 100% dødelighet etter ca. 7 timer. Ved en konsentrasjon av 50 ml/l døde 40% i løpet av 75 timer.

Pressevannet må antas å være det mest konsentrerte avfallsvann fra denne fabrikk. Som pressevann betraktes da det vann som presses ut av massen i pressemaskinene. Det vann som hentes i kloakken kan være mer eller mindre fortynnet, men stort sett vil det neppe avvike særlig meget fra pressevannet i sammensetning og konsentrasjon.

Heller ikke for pressevannet ble det funnet noen utpreget toksisk virkning. I en konsentrasjon av 10 ml/l levde fisken tilsynelatende i beste velgående i 65 timer. En konsentrasjon av 30 ml/l resulterte i 30% dødelighet etter 44 timers eksponering. Temperaturen var under dette forsøket relativt lav, og en må ta dette i betraktning ved vurderingen av virkningen.

Fisk som ble eksponert i sterke konsentrasjoner av avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk fikk også formørket integument og hvite bremmer på finnene etter en viss tid. Dette var imidlertid noe mindre fremtredende her enn hos fisk i sulfitavlut. Det hvite belegget innskrenket seg også til finnene, mens det hos fisk i sulfitavlut kunne dekke hele kroppen. Døds kampen besto i en voldsom tumling rundt i vannet, hvor fisken var tilsynelatende helt ute av likevekt.

Avfallsvannet fra A/S Norsk Wallboardfabrikk er ikke testet i samme grad som sulfitavluten, men de forsøk som er utført tyder på at dette avfallsvannet er langt mindre giftig enn sulfitavluten. Interpretasjon av dødeligheten blir også noe vanskeligere i løsninger med store konsentrasjoner av et stoff. I slike tilfelle kan den store mengde av organiske stoffer meget raskt forårsake utvikling av mikroorganismer som kan resultere i endringer i løsningen.

Sett på bakgrunn av de aktuelle konsentrasjoner av avfallsvannet fra A/S Norsk Wallboardfabrikk i Otra, og det som er funnet toksisk ved akvarieforsøk, må en kunne fastslå at dette avfallsvannet ikke kan være hovedårsaken.

Cellulosefiber.

Det er foretatt en del analyser av vann fra Otra for å fastslå den omtrentlige mengde av fiber i elvevannet. Resultatene fremgår av tabell 39, s. 119. Mengden av partikulær organisk substans ser ut til å variere mellom ca. 1,5 og ca. 3,5 mg/l, alt etter lokaliteten og forholdene. Det er ofte blitt hevdet at fiber kan ha en skadelig virkning på fisk ved at den setter seg fast i gjeller, munnhule og svelg, og således hindrer fisken i å utøve livsviktige funksjoner. En grunn til denne formodning kan mange ganger være den at en har funnet død fisk med fiber i munn og gjeller.

Det er tidligere foretatt undersøkelser over cellulosefibres virkning på fisk. Vallin²¹⁾ (1935) holdt en harrunge, en mort og en karuss i et akvarium med 200 mg cellulosefiber pr. liter vann. Akvariet ble rikelig gjennomluftet for å holde fiberen i sirkulasjon. Testfiskene levde i 3 uker i forsøksakvariet uten å bli skadet av den store fibermengden i vannet.

Et liknende forsøk ble utført i forbindelse med undersøkelsen i Otra. 5 årsyngel av aure ble holdt i et akvarium på 10 liter med 1000 mg fiber av bleket grancellulose pr. liter vann. Det ble sorget for tilstrekkelig gjennomluftning i akvariet, men allikevel ikke nok til å holde all fiberen i stadig sirkulasjon. En del var til enhver tid sedimentert på bunnen. Det ble derfor

tatt prøve av vannet i overflaten for å bestemme den tilnærmet minimale konsentrasjon av fiber i overflatevannet under forsøket. Denne ble funnet å være 4 mg/l. Fisken oppholdt seg altså i et medium, hvor fibermengden ikke noe sted var mindre enn 4 mg/l. På bunnen av karet kunne den aktuelle fiberkonsentrasjon langt overstige 1000 mg/l. Disse forhold skulle likne mye de en til enhver tid har i en elv, hvor fiber både sedimenteres og holdes i sirkulasjon. Temperaturen i akvariet varierte mellom 7,5 og 10,6°C under forsøket.

I akvariet døde 1 fisk etter 19 døgn. De øvrige fisk levde alle tilsynelatende i beste velgående da forsøket ble avbrutt etter 37 døgn. Fisken kunne i lange tider oppholde seg i det tetteste fiberlaget på bunnen, uten tilsynelatende å ha vanskeligheter med åndedrettet.

Resultatene viser at det ikke er grunn til å tro at den mengde fiber som finnes i Otra kan være årsak til dødeligheten blandt årsyngel av aure i vann fra Otra.

Stoffer som sporadisk kan forekomme i avfallsvannet.

Kokesyre, $Mg(HSO_3)_2$ fra Hunsfos fabrikk.

Kokesyren benyttes ved sulfitkoket. Den vil bare ved rene uhell kunne komme ut i elven. Fordi den inngår i sulfitavluten, er den allikevel blitt testet med hensyn til giftighet. Resultatet fremgår av tabell 20.

Tabell 20.

Virkning av kokesyre, $Mg(HSO_3)_2$ på årsyngel av aure.

Kokesyre pH 3,9, mg SO_2/l 4,51. 3/10 1961.

Timer = . Minutter = '

Kokesyre ml/l	Tid for 100% dødelighet	% dødelighet ved slutt		Temp. °C
		tid	%	
10	45'			14
4	1.10'			"
3	1.15'			"
2	2.			"
1	4.40'			"
0,5	24.30'			"
0,1		72.	0	"

Kokesyren viste seg å være relativt sterkt toksisk. Imidlertid må en anta at den bare ved rene ulykkestilfelle kan komme ut i elven i slike mengder at den kan virke drepende på fisk. En konsentrasjon på 0,5 ml kokesyre/1 vann tilsvarer ca. 70^3 kokesyre sluppet i elven i løpet av 30 minutter ved en vannføring på $80 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Basilitt, P.N., $\text{C}_6\text{Cl}_5\text{ONa}$, fra A/S Norsk Wallboardfabrikk.

Basilitt, pentaklorfenol-natrium, benyttes som tilsetning ved fremstilling av termittbestandige plater. Tidligere undersøkelser har vist (Goodnight⁸), at fisk er meget sensible overfor dette stoffet. Allerede konsentrasjoner på 0,2 - 0,4 mg/l angis å virke toksisk på fisk i løpet av 4 - 7 timer. Goodnight anfører en terskelverdi på 0,2 mg/l og hevder at giftvirkningen er større i vann med pH under 7,0 enn i nøytrale og alkaliske vann med pH mellom 7 og 8.

A/S Norsk Wallboardfabrikk benytter dette stoffet bare 2 - 3 døgn i året (se 1.2.b), og en kan derfor ikke anse dette som en sannsynlig årsak til de toksiske forhold i Otra.

4.4.d Sulfitavlutens toksiske virkning ved varierende fysisk-kjemiske faktorer.

Det er tidligere foretatt en rekke undersøkelser over sulfitavlutens virkninger på fisk. Såvidt vites er det ikke tidligere funnet en så uttalt giftvirkning av sulfitavluten som i dette tilfelle. Ebeling⁷) fant at laue (Alburnus alburnus L.) ikke ble påvirket ved en konsentrasjon av 10 ml sulfitavlut/1 løsning, fremstilt etter kalsiumbisulfit-metoden. I en konsentrasjon av 50 ml/1 inntok fisken sideleie etter 10 minutter. Vallin²¹) fant at lakseyngel døde etter 30 minutter i en konsentrasjon av 20 ml sulfitavlut/1 løsning. Ved en konsentrasjon av 10 ml/1 døde lakseyngelen etter 48 timer, mens en konsentrasjon av 5 ml/1 ikke hadde noen virkning på forsøksfiskene. Williams et al.²²) utførte forsøk i system med gjennomstrømmende saltvann, og brukte unger av chinook salmon (Oncorhynchus tshawytscha) og pink salmon (Oncorhynchus gorbuscha) som testfisk. Ved korttidsforsøk over 72 timer med konsentrasjoner av kalsiumsulfitavlut fra ca. 1 til 5 ml/1 fant han ikke i noe tilfelle dødelighet

over 66%. For pink salmon forekom ikke dødelighet i konsentrasjoner opp til ca. 5 ml/l over et tidsrom av 72 timer.

Williams et al.²²⁾ foretok også undersøkelser over sulfitavlutens virkninger på disse laksearter over lengre tid. På grunnlag av 30 dagers forsøk med gjennomstrømmende saltvann i 340 l akvarier kunne han sette opp terskelverdier for sulfitavlutens virkninger innenfor dette tidsrom. Terskelverdiene ble da nær ved den konsentrasjon hvor laveste statistisk signifikante dødelighet inntrådte. For den mest ømfintlige art og størrelsesgruppe fant Williams et al. en terskelverdi på ca. 0,5 ml sulfitavlut/l løsning. Denne terskelverdi ble beregnet ut fra et forsøk hvor det opptrådte 53% dødelighet i løsning med 728 mg/l sulfitavlut over et tidsrom av 30 dager. For de andre arter og størrelsesgrupper varierte terskelverdiene for giftvirkning mellom ca. 0,55 og 1,5 ml sulfitavlut/l løsning.

I en oversikt utarbeidet av National Council for Stream Improvement¹⁶⁾ blir det på grunnlag av tidligere undersøkelser hevdet at giftvirkning av sulfitavlut representerer liten fare i praksis. Det nevnes at hvis avluten forekom i tilstrekkelige mengder til å øve giftvirkning, ville oksygenmengden i vannet bli redusert til null lenge før en slik giftvirkning fant sted. Dette skyldes sulfitavlutens store oksygenforbruk. Det bemerkes imidlertid at når det gjelder laksefisk, kan en giftvirkning allikevel gjøre seg gjeldende. En refererer her til arbeidene av Williams et al.

De resultater en er kommet frem til ved Otraundersøkelsen, avviker sterkt fra de tidligere erfaringer med hensyn til sulfitavlutens virkning på fisk. Hvis en satte aureyngel i vann fra Otra med en konsentrasjon av 5 ml sulfitavlut/l vann, ville de være døde etter mindre enn 2 timer ved en temperatur på omlag 16°C. Ved Vallins undersøkelser ble det ikke funnet noen giftvirkning på lakseyngel med tilsvarende konsentrasjoner av sulfitavlut. Det samme gjelder sannsynligvis også for Ebelings undersøkelser. Ved undersøkelsene foretatt av Williams et al. ville dødeligheten neppe være over 70% etter 3 døgn, hvis en antar at aure ikke er mer sensibel enn de amerikanske laksearter.

Denne store forskjell i giftvirkning kan bero på forskjellige egenskaper ved sulfitavluten, på testfiskene som er benyttet og på forskjeller i vannkvaliteten. De refererte undersøkelsene er utført med sulfitavlut fremstilt etter kalsiumbisulfitmetoden. I Otraundersøkelsene er benyttet sulfitavlut som er fremstilt med magnesiumoksyd som base. Williams et al.²²⁾ foretok sammenliknende undersøkelser av de to typer sulfitavlut, men kunne ikke påvise noen forskjell i giftvirkning. Når det gjelder testfiskene er det liten grunn til å tro at det foreligger noen vesentlig forskjell mellom de arter som er benyttet. Tilbake står da vannkvaliteten som en mulig utslagsgivende faktor.

For å undersøke hvilken virkning sulfitavlut utøver i forskjellige vanntyper ble det utført sammenliknende forsøk med vann fra Otra og vann fra 6 forskjellige vannkilder ved Oslo. Resultater er oppført i tabell 22, s. 81. Tabellen viser at det er en vesentlig forskjell i virkning i de forskjellige vanntyper. I vann fra Otra var 100% dødelighet inntrådt etter bare 3 timer og 30 minutter. I vann fra Østensjø var 60% av forsøksfiskene døde etter 96 timer. De gjenværende levde videre i tilsynelatende beste velgående i samme vann i ytterligere 14 døgn. I de andre vanntypene fant en overganger mellom disse ekstreme resultatene. Det kan etter dette neppe være noen tvil om at vanntypen spiller en avgjørende rolle for sulfitavlutens virkning på fisk.

pH (surhetsgraden).

Ved betraktning av tabell 22 vil en finne en iøyenfallende sammenheng mellom vannets pH-verdier og tiden for 100% dødelighet. Jo mindre pH-verdiene er, jo raskere synes giftvirkningen å gjøre seg gjeldende.

For nærmere å studere surhetsgradens betydning ble det foretatt forsøk med årsyngel av aure i løsninger av sulfitavlut tilsatt forskjellige mengder NaOH. Til dette ble det benyttet vann fra Otra tilsatt 4 ml sulfitavlut/1 vann. Løsningene ble så justert til forskjellige pH-verdier med NaOH. Resultatene er oppført i tabell 21, s. 80.

Tabell 21.

Virkning av vann fra Otra tilsatt 4 ml sulfitavlut/l og forskjellige mengder NaOH på årsyngel av aure.

Timer = .
Minutter = ' .

pH	Tid for 100% dødelighet	% dødelighet ved slutt		Temp. °C
		tid	%	
3,9	1.25'			13-14
4,2	7.			"
4,7	92.			"
5,4	-	142.	80	"
6,2	-	142.	60	"
6,6	-	72.	40	"

Vallin²¹⁾ har tidligere påpekt faren ved utslipp av sulfitavlut i sure vassdrag, fordi dette kan medføre en senkning av surhetsgraden som gjør vannet farlig for fisk. I praktisk fiskeribiologi i Norge har en regnet med at vann med pH-verdier under 5,0 stort sett er lite egnet for laksefisk. Dette resonnement bygger bl.a. på forsøk utført av Knut Dahl³⁾ og på praktiske erfaringer som er vunnet ved klekking og utsetting av laksefisk i surt vann. Dahl fant at vann som ble gjort surt med torvstrø, hadde en sterk toksisk virkning på nyklekket yngel av aure, og at vann med pH-verdier under 5,0 virket drepende på yngelen i løpet av kort tid. Det er senere foretatt en rekke forsøk med fisk i vann som er gjort surt med forskjellige syrer. Resultatene har til dels vært sterkt avvikende, se således Doudorff og Katz⁶⁾. Det ser ut til at det kan være meget vanskelig å sette sikre grenser for hva fisk tåler med hensyn til surhet i vann.

I tabell 23 er gjengitt pH-verdier som er målt i løsninger av forskjellige mengder sulfitavlut i vann fra Otra. Sulfitavluten som er benyttet her skriver seg fra et temmelig surt kok (kok nr. 1052). pH-verdiene er i dette tilfelle målt kolorimetrisk med Helliger-komparator.

Tabellen viser at allerede en konsentrasjon av 0,2 ml sulfitavlut/l vann frembrakte en pH-verdi som var lavere enn 5,0. I dette tilfelle var vannet surere enn vanlig i Otra, og koket hadde også en lav pH-verdi. En må allikevel anse det som sann-

Tabell 22.

Virkingen av sulfittavlut på årsyngel av aure i forskjellige vanntyper.
4 ml sulfittavlut/1 løsning.

Timer = .
Minutter = ' .
Før = Før tilsetting av sulfittavlut.
Etter = Etter tilsetting av sulfittavlut.

Vanntype:	Tid for 100% dodelighet:	% dodelighet ved slutt	Temp. °C (start)	pH		Ledn. $\mu\text{mhos} \cdot 10^6$		Total hårdhet $\frac{\text{mg CaO}}{\text{l}}$ før	Turbiditet $\frac{\text{mg SiO}_2}{\text{l}}$ før
				før	etter	før	etter		
Otra	3.30		11,3	5,50	4,56	17,2	194,8	2	0,68
Hysmerbekken	4.30		11,3	5,92	4,61	43,0	212,0	7	0,25
Sognsvann	5.55		11,1	6,40	4,70	41,7	210,9	8	0,51
Maridalsvannet	7.35		11,0	6,60	4,71	37,8	214,9	7	1,24
Ulsrudvannet	10.		11,0	6,61	4,95	51,3	183,1	10	1,36
Gaustadbekken	31.		11,2	7,00	5,84	80,4	214,1	20	3,22
Østensjøvannet	-	96.	11,7	7,22	6,60	184,8	318,3	38	1,88

synlig at konsentrasjoner av sulfitavlut på mellom 0,2 og 1 ml/1 vil resultere i pH-verdier under 5,0 i Otra (se også 2.3. s. 36).

Tabell 23.

pH-verdier i vann fra Otra etter tilsetning av forskjellige mengder sulfitavlut.

Sulfitavlut ml/1	pH	Sulfitavlut ml/1	pH
0	5,3	2,0	4,0
0,1	5,1	4,0	3,9
0,2	4,7	6,0	3,8
0,5	4,4	8,0	3,7
1,0	4,1	1000	2,6

Det kan være to mulige årsaker til den sterke dødeligheten i sulfitavlutkonsentrasjoner med lave pH-verdier. Det kan enten foreligge en direkte virkning av de hydrogenioner som befinner seg i løsningen, eller det kan være en eller flere komponenter i sulfitavluten som virker toksisk ved lav pH.

Hvis hydrogenionene i seg selv var det avgjørende, skulle den samme giftvirkning gjøre seg gjeldende i løsninger av andre syrer justert til samme pH. I tabell 24 er oppført resultatene av forsøk med forskjellige konsentrasjoner av saltsyre og svovelsyre sammenliknet med sulfitavlut.

Tabell 24.

Virkning av vann fra Otra justert til forskjellige pH-verdier med ulike syrer på årsyngel av aure.

Timer = .

Minutter = ' .

Syre:	pH	Tid for 100 % dødelighet	Dødelighet i % ved slutt		Temp. °C
			tid	%	
H ₂ SO ₄	3,3	14.			14-15
HCl	3,3	ca.12.			"
HCl	4,1 (3,8-4,6)	-	170	0	13-15
Sulfitavlut	4,0	2			14-15

Det er utpreget forskjell i virkningen av sulfitavluten og de sterke uorganiske syrene ved de pH-verdier som er testet. Selv ved en pH på 3,3 døde ikke fisken før etter 14 timer i svovelsyre. Ved en pH som varierte mellom 3,8 og 4,6 i en løsning av saltsyre levde auren uten tegn til svekkelse inntil forsøket ble avbrutt etter 170 timer (7 døgn).

Forsøkene er utført i liten målestokk, men kan allikevel gi en pekepinn om at det er spesielle komponenter i sulfitavluten som virker toksisk ved lave pH-verdier. Å finne frem til de elementer som er årsak til denne virkning kan være et langt og tidkrevende arbeid, og en har hittil ikke kunnet gjøre forsøk i den utstrekning det kunne være ønskelig på dette felt. Noen få punkter skal allikevel nevnes i et senere avsnitt (4.4.e).

Temperatur.

Det er allerede nevnt at temperaturen ser ut til å spille en viktig rolle for sulfitavlutens giftvirkning på fisk. I figur 23 B s.147 er oppstillet resultatene av et forsøk, hvor samme konsentrasjon sulfitavlut ble prøvet samtidig ved forskjellige temperaturer. Testfiskene (årsyngel av aure) var akklimatisert til de forskjellige temperaturer i løpet av 24 timer.

At temperaturen har betydning for vekselvarme dyrs toleranse overfor giftstoffer er vel kjent. For våre fiskearter er stoffskiftet nedsatt ved de lavere temperaturer. Alle stoffomsetninger foregår langsommere, og giften trenger lengre tid til å gjøre seg gjeldende i organismen.

En må imidlertid ta i betraktning fiskens akklimatiseringstid til den angjeldende temperatur. Jo lengre denne er, jo mindre vil sannsynligvis forskjellen i giftvirkning være (Bucksteeg et al.²⁾). Ved de variasjoner i temperatur som skyldes årstidsvekslingene vil da forskjellen i giftvirkning være mindre uttalt.

Tidsfaktoren og lufttilførselen.

Hvis de toksiske komponenter i sulfitavluten var meget lett oksyderbare stoffer, kunne en tenke seg at en sterk fortynning og utluftning av løsningen ville resultere i en oksydasjon, og

dermed uskadeliggjørelse av giftstoffene over kort tid. Som orientering ble utført et mindre forsøk. 2 akvarier ble fylt opp med 6 liter vann og satt til kraftig gjennomlufting. Til vannet i det ene akvariet ble straks tilsatt 4 ml sulfitavlut/l vann. Til vannet i det andre ble samme mengde sulfitavlut dosert etter 24 timer. Begge løsninger ble så prøvet med hensyn til giftvirkning. 5 årsyngel av aure ble testet, og det viste seg ingen forskjell i tid for 100% dødelighet. I begge tilfelle var tiden ca. 3 timer og 40 minutter. Overført til forholdene i et vassdrag skulle dette bety at giftvirkningen av sulfitavluten neppe forandres på grunn av omrøring og utlufting av vannmassene over en tid av 24 timer. I Otra er vannet antatt å bruke omlag 10 timer fra Venneslafjorden til Kristiansand under normal vannføring.

4.4.e Testing av komponenter i sulfitavluten.

Det er foretatt en del orienterende forsøk for å finne frem til de komponenter i sulfitavluten som kan tenkes å være årsak til den sterke toksiske virkning. I tabell 1 s. 13 er oppført de stoffer som forekommer i størst mengde i sulfitavluten. Tallene er hentet fra forskjellige kilder, og mengden av stoffene er angitt med omtrentlige tall.

I tabell 25 s. 85 er gjengitt de syrer som inngår i sulfitavluten og deres pK_s (negativ logaritme til syrens protolysekonstant).

En del stoffer som finnes i avluten, og som tidligere er testet med hensyn til giftvirkning, er oppstillet i tabell 26 s. 85. Som en ser er ikke alle undersøkt, og de tall en er kommet frem til kan heller ikke uten videre overføres til de vanntyper og forhold en her har å gjøre med. For en stor del er også benyttet andre, mer tolerante fiskearter ved forsøkene. I tabellen er oppført skadegrensen, som er den største giftkonsentrasjon som ikke skader fisken under gitte betingelser.

Lignosulfonsyrene forekommer i stor mengde i sulfitavluten, og som orientering er gjort et forsøk med ammoniumlignosulfonat på årsyngel av aure. I to av løsningene ble tilsatt HCl for å øke hydrogenionekonsentrasjonen. Resultatene er oppført i tabell 27 s. 85.

Tabell 25.

Oversikt over de syrer som finnes i sulfitavluten.
(Rydholm¹⁸) 1954).

	Syre:	Kjemisk formel:	pK _s 20°C
Sterke syrer. (fullstendig dissosiert i kokevæsken)	Svovelsyre	H ₂ SO ₄	< 0
	Lignosulfonsyre	R-SO ₃ H	< 0
	Sukkersulfonsyrer	R-SO ₃ H	< 0
	- oxisulfonsyre	R ₂ C(OH)SO ₃ H	< 0
Middelsterke syrrer. (Partielt dissosiert)	Bisulfation	HSO ₄ ⁻	1,6
	Svovelsyring	H ₂ SO ₃	1,7
Svake syrer. (Nesten udissosiert i kokevæsken)	Maursyre	HCCOH	3,6
	Aldonsyre	RCH(OH)COOH	3,6
	Uronsyre	RCH(OH)COOH	3,6
	Eddiksyre	CH ₃ COOH	4,7
	Karbonsyre	H ₂ CO ₃	6,3
	Bisulfition	HSO ₃ ⁻	7,0

Tabell 26.

Skadegrenser for en del stoffer i sulfitavlut.
(Liebmann¹⁴).

Stoff:	mg/l	pH
Edikksyre	100 - 500	4,5 - 5,0
Svovelsyre		4,4 - 5,0
Harpikssyre	1 - 5	
Kullsyre	50 - 200	
Furfurol	10 - 15	
Metylalkohol	8000	

Tabell 27.

Virkning av ammoniumlignosulfonat i vann fra Otra
på årsyngen av aure.

Timer = . Minutter = 1

Ammonium- lignosulfonat mg/l	pH (start)	100% dødelighet etter tid	% dødelighet ved slutt		Temp. °C
			tid	%	
10.000	-	4.			13-14
1.000	6,0	-	91.	0	"
1.000(+ HCl)	4,0	-	45.	0	"
100(+ HCl)	3,9	-	45.	0	"

I tabell 20 s. 76 er tidligere gjengitt virkningen av kokesyre ($\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$) på aure. Dette stoffet har en forholdsvis sterk virkning, men finnes ikke i særlig store mengder i sulfitavluten. I et forsøk ble testet virkningen av kokesyre på årsyngel av aure ved forskjellige pH-verdier. Resultatet går frem av tabell 28.

Tabell 28.

Virkning av kokesyre ($\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$) på årsyngel av aure i forskjellige vanntyper og ved forskjellig pH.

5 ml kokesyre/1 vann.

Timer = . Minutter = '

Vanntype	pH	Tid for 100% dødelighet	Temp. °C
Maridalsvann	4,2	50'	10,1
- " - (+NaOH)	5,5	15'	10,1
Ulsrudvann	4,5	1.	11,3
Østensjøvann	5,0	15'	11,4

Forsøket viser ikke den samme sammenheng mellom løsningens pH-verdi og giftvirkning som en fant i sulfitavluten.

I tabell 29 er gjengitt resultatene av et orienterende forsøk med eddiksyre i to forskjellige vanntyper. Til hvert akvarium ble tilsatt 50 mg eddiksyre/1 vann.

Tabell 29.

Virkning av eddiksyre på årsyngel av aure.

50 mg eddiksyre/1 vann.

Timer = . Minutter = '

Vanntype	pH	Tid for 100% dødelighet	% dødelighet ved slutt		Temp. °C
			tid	%	
Otra (+HCl)	4,0	21.			9-10
Otra	4,2	35.			"
Gaustadbekken	5,8		72.	0	8-10

Den mengde eddiksyre som ble benyttet, er betydelig mindre enn en tidligere har funnet å være toksisk for fisk (Liebmann¹⁴). Forsøket foregikk ved lav temperatur, og det er rimelig å anta at en kan finne uttalt giftvirkning ved lavere konsentrasjoner

ved høyere temperatur. Eddiksyrens giftvirkning var tydelig bestemt av løsningsens pH-verdi på samme måte som sulfitavlutens. Det er derfor ikke utenkelig at eddiksyren, og eventuelt andre organiske syrer som inngår i sulfitavluten, kan spille en betydelig rolle i årsakssammenhengen.

Til slutt skal nevnes at det i sulfitavluten kan forekomme et eller flere stoffer som har en synergistisk virkning. Selv om skadegrensen for de enkelte stoffer ikke er overskredet, kan det allikevel foreligge giftvirkning på grunn av samvirke mellom stoffene. En slik virkning er bl.a. funnet for flere av tungmetallene. I sulfitavluten kan en f.eks. si at de sterke syrene og eddiksyren virker synergistisk. De sterke syrene senker løsningsens pH-verdi. Dette fører igjen til en økning i eddiksyrens giftvirkning. På samme måte må en anta at det sure vann fra Otra er med på å forhøye sulfitavlutens giftvirkning.

4.5. Diskusjon av fiskeproblemene.

Forsøkene med aure i nettingkasser i Otra og med årsyngel av aure i forsøksanlegget åpenbarte en meget stor dødelighet av fisken i elvevannet. Dette indikerte bestemte forhold ved vannet som virket drepende på fisk. Forsøkene ga også inntrykk av at disse forhold jevnlig var tilstede i vannet, og at det ikke var plutselige forandringer i vannkvaliteten som medførte dødelighet. Akvarieforsøkene sannsynliggjorde at det var toksiske tilstander i elvevannet, og at det var sulfitavluten fra Hunsfos Fabrikker som var hovedårsaken til forholdene.

4.5.a Biologiske undersøkelser i Otra sett i relasjon til resultatene av forsøksvirksomheten.

Hvordan kan en nå ved betraktning av undersøkelsene som helhet forstå sammenhengen mellom de biologiske forhold som er funnet i elven og de resultater en er kommet frem til ved forsøkene? I kapittel 4.1. s. 54 er stillet opp i noen punkter de årsaksforhold som kan tenkes å stå i forbindelse med fiskebestandens tilbakegang i et forurensset vassdrag. I det følgende skal først kort diskuteres disse punkter.

1. Det forurensede vannet virker drepende på fisken i et eller flere stadier av livssyklus.

Fiskeforsøkene har sannsynliggjort at dette er tilfelle i Otra. Det viste seg i forsøksanlegget i alle fall å være en sikker dødelighet av årsyngel opp til 7 - 8 cm i løpet av få dager. Blant større fisk ble ikke påvist sikker dødelighet over de tidsrom forsøkene pågikk. Forsøkene viste seg vanskelig å gjennomføre over lengre tid. Ved tidligere undersøkelser har det stort sett vist seg at unge fisk tåler mindre enn eldre av samme art når det gjelder ytre påvirkninger av forskjellige slag (Liebmann¹⁴), og det er rimelig å betrakte dette som en regel. Vi ser bort fra fiskens første stadium som egg. Når det gjelder fisk som er klekket, må en anta at regelen stort sett gjelder. I tilfellet Otra skulle dette bety at nytteklekket yngel skulle være mest følsom overfor giftstoffene.

I motsetning til det som her er funnet fant Williams et al.²²) i sine forsøk med unger av stillehavslaks i sulfittavlut at yngre fisk tålte mer enn eldre av samme art. Imidlertid omfattet disse undersøkelser fisk som befant seg på utvandningsstadiet. Fisken gjennomgår i denne tid inngripende fysiologiske endringer, og det er mulig at dette kan være en årsak til de spesielle resultater en her kom frem til. I alle tilfelle er aldersgruppens motstandsdyktighet overfor giftstoffer et meget viktig punkt som det er nødvendig å komme til klarhet i.

De biologiske undersøkelser i Otra viste at bestanden av laks og aure var meget fattig nedenfor Vikelandsfossen. Ål og nioye forekom derimot i relativt store mengder på visse strekninger av elven. Stingsild fantes også på enkelte lokaliteter. Nedenfor Hunsfos Fabrikker, mellom Vikelandsdammen og Hunsfoss, fantes både noe større aure og årsyngel av aure.

Det er naturlig å spørre hvorfor det finnes årsyngel av aure på strekningen mellom Hunsfoss og Vikelandsdammen hvis sulfittavluten fra Hunsfos Fabrikker var det vesentlige toksiske

element. En kan likeledes spørre hvordan det i det hele tatt kan være noe laks og aure nedenfor fabrikkene hvis vannet er giftig. Stingsilda skulle for så vidt også være like følsom overfor giftstoffene som laks og aure. Likevel finnes den i elvens nedre deler. Det kan være verdt å stille spørsmål også om de andre fiskearter og faunaelementer og vegetasjon.

Når det gjelder ålen, skulle saken være klar. Denne fiskearten er meget motstandsdyktig overfor giftstoffer, noe som akvarieforskene også ga tydelig uttrykk for. At det finnes noe aureyngel mellom Hunsfoss og Vikelandsdammen er kanskje vanskelig å forstå. Imidlertid må en være oppmerksom på at avfallsvannet fra Hunsfos Fabrikker her neppe ennå har oppnådd full blanding med det rene ellevannet. En må også regne med at det til stadighet vil komme fisk fra Venneslafjorden og nedover. En vet således ikke hvor lenge den fisk som blir observert eller fisket har oppholdt seg på strekningen. Sommeren og høsten 1961 var det til stadighet flommer i elven, og det ble observert rikelig med fisk tett ovenfor valsedammen ved Helvedesfossen i Otras østre løp ved Hunsøya. Det kan neppe være tvil om at en stor del av denne fisken følger vannet nedover under flomperioder. Det hevdes også at det til tider blir fisket en del stor fisk på denne strekningen, - fisk på henimot 2 kg skal være fisket her i de senere år. Slike fisk er meget sjeldne i Venneslafjorden. Det er derfor rimelig å tro at disse fisk må ha oppholdt seg på strekningen mellom Hunsfoss og Vikelandsdammen under den senere del av vekstperioden. Fiskeforsøkene viste at de større fisk lot til å greie seg bedre enn de små. Dette kan da være forklaringen på at det finnes noe større aure og laks i Otra i sin helhet. Den laks som kommer opp i elven kan være forvillede eksemplarer som sokner til andre elver, og da særlig naboelvene. Dette resonnement støttes bl.a. av det faktum at det etter de foreliggende opplysninger i de senere år bare er fanget små og mellomstor laks opp til ca. 7 kg i Otra, mens Otra tidligere var spesielt kjent for store og særlig kraftige laks på henimot 30 kg. I Otras naboelver har laksen vanligvis vært betydelig mindre enn i Otra og av en annen, slankere type.

Stingsildas forekomst kan forklares ut fra det faktum at den fortrinnsvis finnes kloss innunder bredden og i småbekker som faller ut i Otra. Vannkvaliteten på disse lokaliteter kan være betydelig forskjellig fra selve elvevannets kvalitet. Nioya lever for en vesentlig del nedgravet i bunnmaterialet, hvor forholdene kan være forskjellig fra forholdene i de fri vannmasser. Nioye er heller ikke testet med hensyn til toleranse overfor giftstoffer.

Når det gjelder grupper av invertebrater og vegetasjon har en ennå lite kjennskap til deres toleranse overfor giftstoffer og krav til vannkvalitet. Det er derfor meget vanskelig å vurdere forekomsten av de forskjellige grupper i forhold til de toksiske forhold en mener å ha funnet for fisk i elvevannet.

Et forhold som også må tas i betraktning ved vurderingen av tilstanden i Otra er den naturlige spredning en alltid vil finne mellom individer av samme art. Graden av resistens overfor påvirkninger av forskjellige slag kan være meget forskjellig hos individene. Er utvalget stort, vil en kanskje kunne finne individer som kan tåle en betydelig større dose av et bestemt giftstoff enn hva som er normalt. I en elv hvor konsentrasjonen av et giftstoff ikke er for høy, og hvor det er et jevnt tilsig av fisk fra omgivelsene, skulle en således alltid vente å finne en del resistente individer.

2. Fisken skyr det forurensede vannet og vil ikke ta opphold i det til tross for at vannet ikke virker drepende på fisk.

Fra tidligere undersøkelser (Höglund¹¹) m.fl.) vet en at fisk viser unnvikelsesreaksjoner overfor visse stoffer. Höglund mener bl.a. å ha påvist unnvikelsesreaksjoner for laksefisk i konsentrasjoner av sulfitavlut på mellom 0,1 og 1 ml/l. Ved forsøkene i anlegget viste også fisken en atferd som kunne tyde på unnvikelsesreaksjoner (s. 64). Det er således ikke umulig at dette er tilfelle også i selve Otra. Imidlertid har en her funnet at vannet også virker toksisk, slik at dette momentet har mindre betydning i dette tilfelle.

3. Forurensningene virker forstyrrende eller drepende på organismer som utgjør fiskens næringsgrunnlag.

Dette anses som en lite sannsynlig årsak til bestandens tilbakegang i Otra. Småkreps og fjørmyggglarver, som vanligvis er den viktigste ernæring for yngel av aure og laks, fantes til dels i store mengder i bunnvegetasjonen. Vannkalver og døgnfluer ble også funnet i relativt stort antall. Vårfluelarver og steinfluelarver var det derimot lite av, og bløtdyr fantes praktisk talt ikke. I en elv vil imidlertid fisken i stor utstrekning også ernære seg av terrestriske dyreformer (dyr fra land), og mengden av disse skulle neppe bli vesentlig mindre i Otra enn i andre elver.

4. Forurensningene virker forstyrrende eller ødeleggende på fiskens reproduksjonsmuligheter.

Det kunne her bl.a. tenkes at fiber og slam kunne dekke over fiskens gyteplasser, slik at det kunne oppstå oksygenfattige områder (anaerobe forhold) omkring rognen. På de strekninger i Otra hvor laks og aure har sine gyteplasser, har en ikke kunnet iaktta anaerobe forhold i grusen, og det er neppe noen grunn til å tro at slike forhold kan oppstå i det raskt strømmende vannet på disse partier. En annen tenkelig mulighet er at den sopp som dominerer i elven (Fusarium aquaeductuum) kunne feste seg til rognen og beskadige denne. Etter det vi nå vet om denne sopparten er dette ikke sannsynlig. Hverken denne eller andre sopparter har antakelig noen særlig evne til å feste seg til levende, ubeskadiget vev av fisk. Den beste metode til å fastslå virkningen av forurensningene på fiskens reproduksjonsmuligheter ville trolig være forsøk med å legge ut rogn i spesialkonstruerte esker og se hvordan utvikling og klekking foregår.

5. Forurensningene kan bevirke endringer i en fiskearts leveområde, slik at den ikke lenger kan hevde sin plass i organismsamfunnet og derfor utryddes eller utkonkurreres av andre organismer.

En forurensning kan tenkes å føre til oppblomstring og dominans av visse organismegrupper med den følge at andre grup-

per skyves i bakgrunnen. Ved betraktning av forholdene i Otra kan en imidlertid ikke se noen slik sammenheng. At f.eks. ål og niøye skulle ha funnet endrede levevilkår i elven, og av den grunn på en eller annen måte ha fortrenget aure og laks, virker urimelig.

Stort sett må en si at de resultater en er kommet frem til ved forsøksvirksomheten stemmer overens med det biologiske bilde en har dannet seg av Otra på grunnlag av undersøkelser og observasjoner i selve elven.

4.5.b Betraktninger over elvevannets giftvirkning.

Det kan synes overraskende at vannet i OTRAS nedre del virkelig er giftig overfor laks og aure. Vi har mange eksempler på vassdrag som er forurenset med avfallsvann fra treforedlingsbedrifter, men noe liknende er hittil ikke beskrevet. Dramselva har en relativ belastning av treforedlingsindustri som kan tilsvare den en har i Otra, men her fiskes ennå bra kvanta med laks og aure. Annen mer eller mindre verdifull fisk forekommer også i til dels betydelige mengder. Etter det som er nevnt om vannkvalitetens betydning for sulfitavlutens giftvirkning på fisk (s. 79) kan en imidlertid forstå at Dramselva må være i en helt annen stilling enn Otra. Vannet har i Dramselva naturlige pH-verdier på omkring 7,0, d.v.s. omkring nøytralt punktet. I slikt vann skal det betydelig større mengder sulfitavlut til for å få den samme giftvirkning som i vann med en pH omkring 5,8. Såvidt vites har en i utlandet ikke eksempel på utslipp av større mengder avfallsvann fra celluloseindustri i vann av liknende kvalitet som Otra. Problemene blir da også andre, og som regel er det sulfitavlutens store oksygenforbruk som er i søkelyset ved vurderingen av skader ved utslipp.

En har ved undersøkelsen funnet at sulfitavluten er det vesentlige toksiske element i Otra. Avfallsvannet fra A/S Norsk Wallboardfabrikk er imidlertid av sur karakter og vil derfor ha en synergistisk virkning med sulfitavluten - avfallsvannet medvirker til å øke elvevannets surhetsgrad, noe som igjen fører til sterkere giftvirkning av sulfitavluten (se også s. 80). Hvor stor betydning dette har, er det foreløpig vanskelig å ha noen sikker formening om.

Ved studium av tabell 46.s.124 vil en kunne se at konsentrasjonene var nede i 0,03 - 0,04 ml sulfitavlut/1 elvevann under første forsøk med årsyngel av aure i forsøksanlegget. Konsentrasjonene er beregnet ut fra den mengde kok som ble sluppet fra Hunsfos Fabrikker på denne tid. Konsentrasjonen av avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk var omlag 0,3 - 0,5 ml/1 elvevann. Ved neste forsøk var konsentrasjonen av sulfitavlut øket til det dobbelte, d.v.s. mellom 0,07 og 0,08 ml sulfitavlut /1 elvevann. Konsentrasjonen av avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk lå også noe høyere og var mellom 0,56 og 0,65 ml/1 elvevann. I de to siste forsøk ble konsentrasjonen av sulfitavlut høyere og lå til dels over 0,09 ml/1 elvevann. Konsentrasjonene av det øvrige avfallsvann fra Hunsfos Fabrikker varierte under forsøkene mellom 20 og 40 ml avfallsvann/1 elvevann, alt etter vannføringen i elven.

Det er bemerkelsesverdig at det ble funnet giftvirkning i elvevannet ved de lave konsentrasjoner av sulfitavlut en hadde under det første forsøket i anlegget (tabell 46 s. 124). Det er mindre enn 1/10 av hva en fant som sikkert toksisk ved akvarieforsøkene. Det er også bemerkelsesverdig at tiden for begynnende dødelighet var såvidt lik i alle forsøkene til tross for at konsentrasjonene varierte.

Det er her viktig å være oppmerksom på en del forhold. For det første vil det i elvevannet være et samvirke mellom sulfitavluten, annet avfallsvann fra Hunsfos Fabrikker og avfallsvann fra A/S Norsk Wallboardfabrikk. Dette kan ha en betydelig effekt etter det som er funnet om synergistisk giftvirkning. Dessverre ble ikke disse typene av avfallsvann testet samtidig i akvariene. Det må også tas med i betraktningen at sulfitavluten blir sluppet ut diskontinuerlig, slik at konsentrasjonen i realiteten svinger mellom ca. 0,5 og 0 ml sulfitavlut/1 elvevann i løpet av døgnet. Hvor stor betydning dette har vet en ikke. Det kan tenkes at sammenhengen mellom antall utslipp og den maksimale konsentrasjon også spiller en stor rolle i dette tilfelle.

Når det gjelder tiden for begynnende dødelighet, må en være oppmerksom på at yngelen ble eldre (større) etterhvert. I første forsøk var yngelens gjennomsnittsstørrelse således omlag 4,2 cm,

mens den i de senere forsøk var mellom 5,5 og 6,5 cm. Årsyngelen som ble testet i akvariene var også vesentlig i lengder omkring 6,0 cm. Som tidligere nevnt må en regne med at den yngste (minste) fisken er mest sensibel overfor giftstoffene. Temperaturene ble også gradvis lavere. I første forsøk var den for en stor del omkring 17°C. Dette er høyere enn temperaturen under akvarieforsøkene og de senere forsøk i anlegget. I akvariene varierte temperaturene mellom 9°C og 16°C, og i anlegget sank middeltemperaturene ned til ca. 13°C ved slutten av forsøkene. Etter hva som er nevnt om sammenheng mellom temperatur og giftvirkning (4.4.d, s. 83) er det mulig at den høyere temperatur ved de første forsøk har ført til en noe fremskyndet dødelighet i forhold til de senere forsøkene.

4.5.c Endringer i laksebestandens størrelse sett i relasjon til industriutviklingen.

Når det gjelder laksebestanden i Otra i tidligere år har en bare laksestatistikken å holde seg til. Den kan være et tvilsomt hjelpemiddel hvis en vil studere bestandssvingninger i detalj. Når vi derfor likevel vil forsøke å gi en vurdering av sammenhengen mellom industriell utvikling og laksebestand, er det under den uttrykkelige forutsetning at det skjer under hensyn til statistikkens svakheter.

Som nevnt i kap. 4.3.b, s. 60 er det først i 1954 - 1956 at en for alvor kan snakke om en katastrofal nedgang i utbyttet av laksefisket i Otra. Etter denne tid har oppgangen av laks i elven vært forsvinnende liten. Det kan tenkes to mulige årsaker til det dårlige fisket i 1954-56. Det kan ha skjedd forandringer med vannet i disse årene, slik at laksen enten ikke har villet gå opp, eller at den har gått opp og bare i liten utstrekning har latt seg fiske på grunn av vantrivsel eller dødelighet. Den annen mulighet, og den som vi her anser for sannsynlig, er at resultatene av en svikt i rekrutteringen som allerede har funnet sted i flere år, først er blitt merkbar i årene 1954-56.

Den laks som fiskes i elvene etter å ha vært i havet, er stort sett fra 3 til 9 vintre gammel. I Otra må en regne med at smålaksen gjennomsnittlig har en alder av 4 vintre, mellomlaksen 5 og storlaksen 6 vintre eller mer. 3 av disse årene faller på

elv (Dahl⁴). I Otra har smålaksen i de fleste år bare utgjort en liten del av det samlede fangstkvantum. Dette fremgår bl.a. tydelig av en journal som har vært ført over fisket ved A/S Vigelands Brug, Fishing Book, Vikeland (tabell 47 s. 126). Den fisk som skulle vært fanget i Otra i årene 1954 - 1956, skulle altså fortrinnsvis vært mellom- eller storiaks, d.v.s. fisk i en alder av 5 - 7 år. Disse fisk skulle ha levd i elven som årsyngel i årene 1948 - 1951. Vi må derfor anse det som sannsynlig at det først og fremst er innenfor disse årene at rekrutteringen først må ha sviktet som følge av endringer i industriell virksomhet.

A/S Norsk Wallboardfabrikk startet virksomheten sommeren 1950 og produserte da omtrent en tredjedel av det som produseres idag (figur 9 s. 134). I 1951 var produksjonen noe større, men i 1952 var den igjen som i 1950. I årene frem til 1956 var produksjonen omtrent halvparten av den nåværende. Det ser ut til at produksjonen på A/S Norsk Wallboardfabrikk kom noe sent igang til at den kan være hovedårsaken til svikten i rekrutteringen. Når vi nå kjenner giftvirkningen av avfallsvannet for denne bedrift, og vet at produksjonen i de første årene bare var mellom en tredjedel og en halvpart av hva den er idag, synes det mindre sannsynlig at A/S Norsk Wallboardfabrikk har hovedansvaret for nedgangen i disse årene.

Produksjonen av cellulose på Hunsfos Fabrikker var relativt lav i årene 1942 - 1947 (figur 8 s.133). I årene 1948 - 1951 øket den til noe over den tidligere maksimumsproduksjon i årene 1938 - 1941. Senere er produksjonen øket til omtrent det dobbelte. Hvis svikten i rekruttering av laksen skulle skyldes avfallsvann fra A/S Hunsfos Fabrikker, må dette ha sin årsak i at belastningen er blitt for stor i 1948 - 1951. Terskelverdien for hva laksen tåler av sulfitavlut i vannet skulle da være overskredet. Imidlertid var produksjonen også i 1939 - 1941 nesten på samme nivå som i 1948 - 1951. Dette skulle da også ha ført til en svikt i laksefisket i årene omkring 1945. Statistikken viser meget lave tall i 1944 og 1945. Selv om statistikken her - på grunn av forholdene under okkupasjonen - muligens viser noe lave tall i forhold til det reelle fangstkvantum, er det likevel mulig at det kan være en sammenheng her. Den lave produksjonen

i krigsårene kan på samme måte ha ført til det gode fisket i etterkrigsårene. Det er verdt å merke seg at lakseoppgangen var god og fisket godt både i årene 1939 og 1941, og særlig godt i 1948. Det er således ingen grunn til å tro at den terskel som eventuelt her er overskredet også har influert på oppgangen og fisket av voksen laks. Det er først og fremst yngel, og muligens også større lakseunger, som må ha vært utsatt for skadevirkningene.

Et forhold som muligens kan ha betydning i forbindelse med avkastningen av laksefisket i Otra, er det kulturarbeide som har vært utført siden 1924. Etter at laksefisket mot 1920-årene hadde sunket betraktelig, ble det iverksatt kunstig utklekking av lakseyngel. Yngelen ble utsatt i Otra og i tilløpsbekker til denne. Den første utsetting fant sted i 1926. Økningen i utbyttet av laksefisket i slutten av 1930-årene kan muligens ha en viss sammenheng med dette. Antall utsatt yngel har variert en del, men i beste år har det visstnok vært utsatt omlag 250 000 yngel. I årene etter 1949 har utsettingen på grunn av forskjellige vanskeligheter vært mer uregelmessig og det utsatte kvantum til dels mindre. Hvis utsetting av yngel har spilt noen rolle for OTRAS vedkommende, kan dette også ha hatt en viss betydning for det dårlige fisket fra 1954 og utover. I 1956 ble utsatt 80 000 yngel i et rotenonbehandlet vann og i en bekk med avløp til Otra. Resultatene av denne utsettingen var meget vellykket, og det ble konstatert at denne yngel raskt vokste opp til utvandningsstadiet. Noe videre resultat av denne utsetting har en imidlertid ennå ikke kunnet spore.

Dersom svikten i utbyttet av laksefisket fra 1954 og utover skyldes endringer i kulturarbeidet, må det bety at forholdene i Otra fra og med 1950 har gjort elven utjenlig som gyte- og oppvekstområde for laks. I motsatt fall skulle en ha sett resultater av den naturlige reproduksjon i årene 1950 - 1953, da lakseoppgangen i elven var relativt god til og med 1953. Elven kan også ha vært utjenlig til reproduksjon av laks i mange år tidligere. Hvis oppgangen i laksefisket i 1930-årene skyldtes utsetting av yngel, måtte dette ha hatt sin årsak i at elven allerede da i liten grad var tjenlig som gyteelv for laks.

Etter vår oppfatning er det ikke grunn til å anta at endringene i kulturarbeidet etter 1949 kan ha hatt noen vesentlig betydning for svikten i fisket fra 1954 og utover.

Det skal til slutt på nytt understrekes at de betraktninger som er gjort her, bare kan bli teoretiske spekulasjoner med tvilsom holdbarhet. Den største vanskeligheten er at A/S Norsk Wallboardfabrikk startet opp akkurat i de årene som er i søkelyset, og at Hunsfos Fabrikker samtidig øket sin produksjon.

Undersøkelsene i Otra har ført til resultater som skiller seg betydelig fra tidligere erfaringer når det gjelder forurensning fra treforedlingsindustri. På grunn av relativt knapp tid og begynnervanskeligheter i forsøksmetodikk er det imidlertid en rekke spørsmål som står ubesvart, og de fleste forsøk må sies å ha vært av orienterende art. Vi har under arbeidet allikevel vunnet mange erfaringer, og når det gjelder forsøksanlegget vil det ved eventuell fortsatt drift kunne rettes på de mangler som førte til de største vanskeligheter sommeren og høsten 1961. Resultatene av forsøksvirksomheten er såvidt bemerkelsesverdige at det ville være av meget stor almen og vitenskapelig interesse å følge undersøkelsene videre opp og få en bredere underbygging av de hittil vunne erfaringer og resultater.

5. VEKST AV FUSARIUM AQUAEDUCTUUM.

5.1. Forekomst i Otra og isoleringen av soppen.

Fusarium aquaeductuum inntar en særstilling blant de mikroorganismer i Otra som forekommer i tilstrekkelig mengde til å være synlig selv ved en overflatisk betraktning. Denne soppen danner regionalt - fra utslippstedet for kloakk ved Hunsfos Fabrikker og like til estuarområdet ved Kristiansand - nærmest sammenhengende bevoxsninger som preger det visuelle inntrykk av elvestrekningen. Alle faste gjenstander i elven, steiner og høyere vegetasjon i hele elvetverrsnittet, blir begrodd med de forgreinede hyfer av soppen. De soppbevokste flatene fanger opp partikulær substans (som vesentlig består av fiber) fra elvevannet. Etterhvert bygges det karakteristiske, pelsaktige belegg på elvebunnen opp. Fotografiet i figur 2 viser det makroskopiske utseende av en slik forekomst rett nedenfor Hunsøya.



Figur 2.

Lokalitet med begroing av Fusarium aquaeductuum.

Ved en undersøkelse i mikroskopet er det vanlig å finne at belegget er dannet av Fusarium aquaeductuum sammen med en varierende mengde med cellulosefibre. Andre organismer inngår også i disse dannelser - særlig bakterier, andre sopparter, proto-

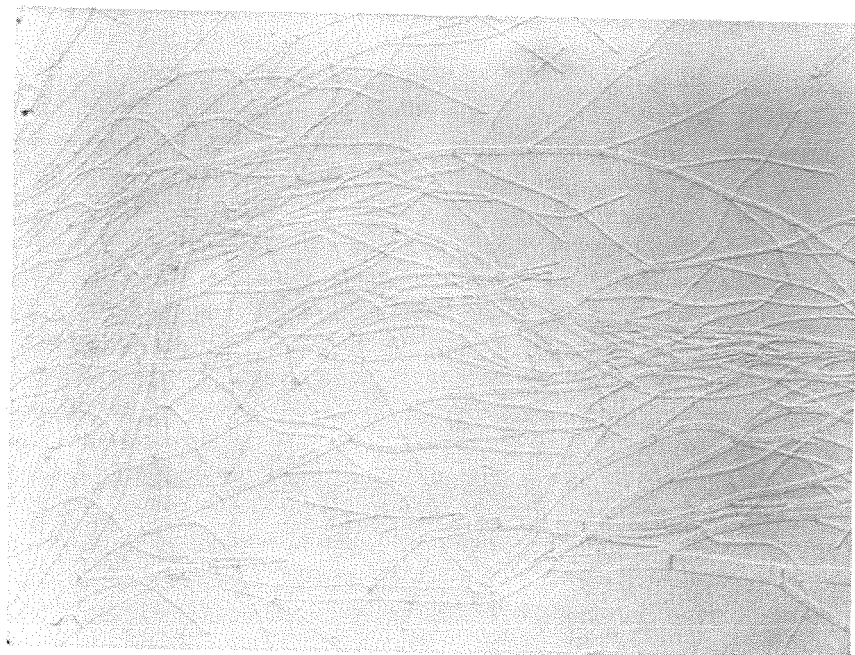
zoer og alger - men Fusarium aquaeductuum er den helt dominerende i kvantitativ henseende. En detaljert beskrivelse av utvikling og artssammensetning av dette organismesamfunn bør bli gjennomført ved en særlig undersøkelse.

Fusarium aquaeductuum produserer et pigment (fargestoff). Dette pigmentet har forskjellig farge, avhengig av enkelte ytre forhold. For eksempel er fargen rød i vann med pH større enn 5.2, mens den er gul ved lavere pH. Disse farger kommer også tydelig frem i begroingen i Otra. På de fleste lokaliteter er begroingen gul, men ved Hallandsbrua og ved varegrinden til A/S Vigelands Brug er soppen tydelig rød. Årsaken til at fargen varierte på forskjellige lokaliteter i elven, ble ikke bestemt.

Viktige systematiske karakterer ved identifikasjonen av soppen fremgår av fotografiene, figur 3 og figur 4, s. 100.

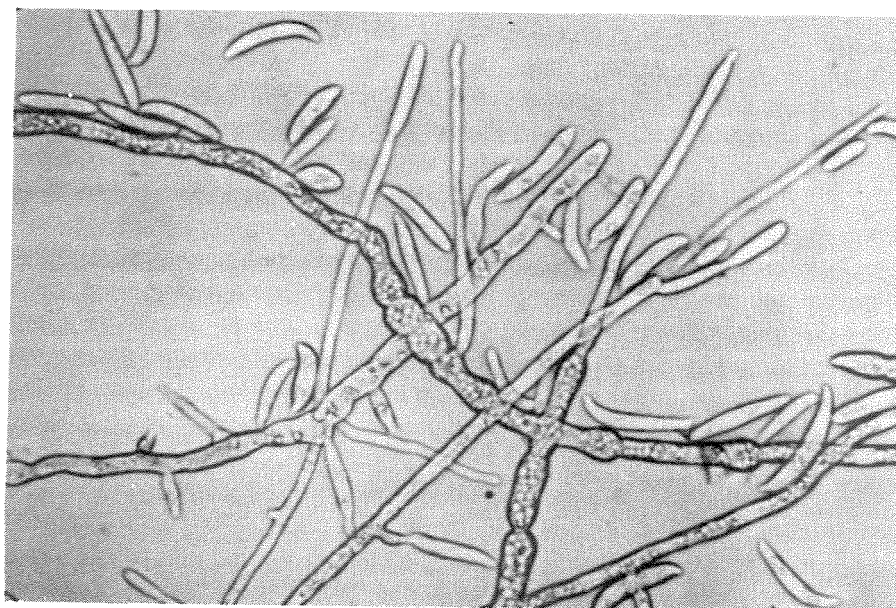
Det er god overensstemmelse mellom de morfologiske karakterer som det legges vekt på i den systematiske beskrivelse av arten og det soppen fra Otra demonstrerer. Fusarium aquaeductuum føres sammen med en rekke andre arter med felles morfologiske karakterer inn i formslekten Fusarium av Fungi imperfecti. Slektskapet med ascomycetene er imidlertid indikert ved de septerte hyfene, flercellige makrokonidier og chlamydosporer (parallele karakterer har arter av slekten Nectria under ascomycetene). Fusarium aquaeductuum har en kosmopolitisk utbredelse. En nærmere undersøkelse av denne soppen fra ulike geografiske områder vil være betydningsfull for videre utredning av taxonomiske forhold. Det kan nevnes at i Europa har Fusarium aquaeductuum gjennomgående en sjeldnere forekomst enn Sphaerotilus natans og Leptomitus lacteus. Dette tilskrives at Fusarium aquaeductuum foretrekker heller sure vanntyper og høye oksygenkonsentrasjoner, noe som er uvanlig på forurensede lokaliteter på kontinentet. Fusarium aquaeductuum er blitt betegnet "industrial sewage-fungus" (Hynes¹²), mens de to andre organismene i større utstrekning følger forurensninger av vanlig husholdningskloakk.

Fusarium aquaeductuum ble tatt i laboratoriekultur ved NIVA. Materialet soppen ble podet over fra, var innsamlet i Otra ved stasjon 4 30/9 1960. Fusarium aquaeductuum forekom her som



Figur 3.

Fusarium aquaeductuum. Habitus av myceliet.



Figur 4.

Fusarium aquaeductuum. Utsnitt av hyfer og makrokonidier.

den dominerende art i organismesamfunnet (se tabell 10), s. 47). Det viste seg at soppen vokste villig ved romtemperatur i et medium av følgende sammensetning:

Maltose	20 g
Pepton	10 g
Glycerol	5 ml
Dest. vann	1000 ml
pH justert til	5,5

Dette medium ble benyttet videre ved kultivering, dels som flytende substrat i rundkolber, dels med agar-tilsetning i Petri-skåler. Isoleringen av soppen foregikk fra kulturer av sistnevnte type. Soppen beholdt under kulturbetingelsene i hovedtrekkene de morfologiske karakterer den hadde på lokalitetene i Otra, og dette lettet arbeidet med isoleringen betydelig. Det kan også nevnes at soppens evne til pigment-produksjon var til nytte i denne forbindelse. Vanskelighetene i isoleringsprosessen representerte epifytiske bakterier (bakterier som benytter soppen som vekstunderlag) som alltid ble funnet sammen med Fusarium aquaeductuum på lokalitetene i Otra. Disse bakteriene vokste i tette kolonier ut over hyfene gjennom hele myceliet, og de lot seg ikke fjerne med en vanlig vaskeprosess. Imidlertid var det mulig å skille soppen fra bakteriene ved å utnytte den raske radiale vekst av soppmyceliet på agar-mediet. Gjennom gjentatte overføringer av hyfe-spisser, som ved mikroskopisk undersøkelse viste seg fri for bakterier, ble isoleringen realisert. Alle kulturer som senere er benyttet i laboratoriet ved undersøkelsene av Fusarium aquaeductuum er podet opp av samme klon. Som kriterium på bakteriefrihet i soppkulturene er bare benyttet at bakterievekst ikke kunne påvises etter poding i et kontrollmedium med denne sammensetning:

Glukose	1,0 g
Kjøtt-ekstrakt	3,0 g
Pepton	10,0 g
NaCl	0,5 g
Dest. vann	1000 ml

Det kan nevnes at det ikke har vært særlige vanskeligheter med

å holde kulturene av Fusarium aquaeductuum fri for bakterier. Erfaringene kan tyde på at soppen produserer en antibiotisk faktor.

5.2. Laboratorieforsøk.

Klonkulturene av Fusarium aquaeductuum dannet grunnlaget for laboratorieundersøkelsene som vesentlig ble utført med 500 ml løsninger i 1 liters rundkolber. Etter poding med sopp fra klonkulturer i Petriskåler ved hjelp av en på forhånd glødet bøyle, ble løsningene satt 5 døgn på ristebord. Ristebordet hadde en hastighet på ca. 80 svingninger/min og en amplitude på ca. 7 cm. Temperaturen var ca. 24°C. Løsningene ble deretter filtrert gjennom glassfilternutsjer, porositet G 3. Det frafiltrerte mycelium ble vasket gjentatte ganger med destillert vann, tørret ved 105°C, og vekten av organismetilveksten ble bestemt. Til samtlige løsninger ble benyttet glassdestillert vann, og pH før poding var i området fra 5,1 - 6,0. Som referanse ble benyttet veksten etter 5 døgn i en løsning med 1 g maltose, 0,1 g NH₄Cl, 0,1 g MgSO₄, 7 H₂O og 0,05 mmol fosfatbuffer pr. 1 løsning. Med relativ vekst i en løsning menes her forholdet mellom den absolutte vekst i denne løsning og veksten i referanseløsningen.

Den relative veksten i medier hvor maltose var skiftet ut med forskjellige andre carbonkilder, ble bestemt, likeledes organismens behov for en del næringssalter. Et enkelt forsøk ble utført for å finne hvilke salter som var minimumsfaktorer ved veksten i vann fra Otra og fra bekken ved forsøksanlegget.

Resultatene er oppført i tabellene 49, 50 og 51, s. 128. ,

En interessant observasjon ble gjort ved bruk av citronsyre (delvis nøytralisert med NaOH) som carbonkilde. Etter vekst i 5 døgn viste myceliet et annet utseende enn vanlig, og ved undersøkelse i mikroskopet ble det konstatert at det var foregått en intens utvikling av konidiesporer. Tilsetting av citronsyre (pH justert til ca. 5,5) i næringsløsningen induserte regelmessig sporulering.

Resultatene viste at Fusarium aquaeductuum kan gro på en rekke organiske stoffer. Veksten i løsninger med carbohydrater (sukkerarter) var meget rask, men også andre stoffer, f.eks. eddiksyre, ga godt vekstgrunnlag. Forsøk med ammonium-lignosulfat tydet på at lignosulfonsyreinnholdet i sulfitavluten ikke gir grunnlag for vekst av denne organisme. Andre vekstforsøk viste at ingen vitaminer eller liknende organiske vekstfaktorer var nødvendige. I tillegg til de i tabell 49 oppførte carbonkilder kan det anføres at soppen vokste godt på ribose, arabinose og cellebiose, men dårlig på ethanol. Den vokste ikke på metanol eller natriumformiat.

En del av carbonkilden blir assimilert og brukt til oppbygging av myceliet, mens resten forbrukes som energikilde til denne oppbygging og for andre livsfunksjoner. Energien får soppen ved oksydasjon av de organiske stoffene, som på denne måten brytes ned til hovedsakelig carbondioksyd og vann. Derved skjer en mineralisering av de organiske forurensninger i vannmassene. Dette er en av de viktigste selvrensningseffekter i vassdraget. Til oksydasjonen bruker soppen oksygen som er løst i vannet. I dype og stilleflytende vassdrag med store forurensningstilførsler kan alt oksygenet i vannet bli forbrukt, og det oppstår anaerobe forhold med de derav følgende ulemper, som f.eks. utvikling av hydrogensulfid. Disse tilstander har ikke forekommet i Otra ovenfor estuarområdet.

Resultatene av undersøkelser med forskjellige næringsalter viste at soppen hadde et stort behov for nitrogen, enten i form av ammoniumsalter, nitrater, eller bundet i organiske stoffer, som f.eks. urea. Ved vekstforsøkene i vann fra Otra og fra bekken ved forsøksanlegget var det nitrogenforbindelsene som var minimumsstoffer og derved kontrollerte veksthastigheten. Materialet av den tørrede soppen fra laboratorieforskene ble oppsluttet etter Kjeldahls metode, og nitrogeninnholdet ble bestemt. Dette varierte mellom 4,8 og 7,2 % av tørrstoffet. Ved laboratorieforsøk i løsninger som inneholdt meget lite av nitrogenforbindelser, gikk nitrogeninnholdet ned til 2%. Det er sannsynlig at nitrogeninnholdet kan gå ned til 1 - 2% av myceliets tørrvekt under forhold med nitrogenmangel, som f.eks. i Otra.

Tørrstoffet ble hydrolysert, og en del av hydrolysatets innhold av karbohydrater ble undersøkt ved papirkromatografering. Den vesentligste komponent var glucosamin, med bare små mengder av andre sukkerarter ved siden av.

De ovenfor nevnte resultater tydet på at celleveggene i Fusarium aquaeductum, som i de aller fleste sopper, vesentlig var bygget opp av chitin $(C_8H_{13}NO_5)_x$, som er en polymer forbindelse av N-acetyl-glucosamin. Det er til dannelse av chitin og andre nitrogenholdige stoffer, f.eks. protein, at soppen trenger en nitrogenkilde. Sulfitavluten har et ubetydelig nitrogeninnhold, mens vanlig kloakkvann er noenlunde rikt på alle de næringsalter som må være tilstede for at soppen skal ha gode livsbetingelser.

5.3. Renneforsøk.

Ved forsøksanlegget nedenfor stasjon 3 på vestsiden av Otra ble anlagt 3 renner (se figur 1, s. 58). Lengden av hver renne var 30 m og bredden ca. 24 cm. Avløpsenden var forsynt med en regulerbar vegg. Ved hjelp av denne kunne vannstanden i rennene, og dermed tverrsnittet og strømhastighetene, bli regulert. Vannføringen kunne også varieres i flere trinn. Vannmassene på den aktuelle strekning av Otra har konstant et høyt innhold av biologiske fnokker. For å forhindre at noen av disse skulle komme i rennene og derved forstyrre forsøkene ble alt vannet filtrert gjennom nylonduker med maskeåpning ca. 60μ (0,060 mm). Rennene var satt sammen av tre-seksjoner, foret med skjøtefritt plastfolium. Vannet kom derfor bare i kontakt med plasten. Bunnen av rennene var dekket med grus og stein som var hentet fra elven. På en strekning av ca. 3 m i innløpsdelen av rennene var det satt ned større steiner for å få gode strøm- og blandingsforhold.

I rennene ble plassert små, uglaserte keramikkplater ca. 3×5 cm² store. Så snart forsøket ble startet, festet sopp seg til platene og begynte å vokse. Platene ble fjernet etter en viss eksponeringstid. Den mengde sopp som hadde vokst på platen, ble bestemt ved å oppslutte platene med begroingen i bikromatløsning. Bikromattallet ga derved et direkte uttrykk for veksten pr. flateenhet i eksponeringstiden.

Platene ble plassert i følgende avstander fra begynnelsen av rennene: 5, 10, 15, 20, 25, og 30 m. Serier med eksponeringstider 43, 72, 90, 120 og 140 timer ble prøvet. I tabell 52 s.129 er resultatene satt opp, og i figur 24 A, B og C er de tegnet opp grafisk.

Vannføringen i rennene var 0,9 l/sek med en teoretisk oppholdstid på $5\frac{1}{2}$ minutt.

Kurvene i figur 24, s.148 gir en del viktige opplysninger. Veksthastigheten er størst i den første delen av rennene (figur 24 A og C). På grunn av strømforholdene (større stein og kraftige turbulenser) helt i begynnelsen av rennene ble det en tilsynelatende mindre veksthastighet enn ventet. Etter en maksimal veksthastighet ved ca. 8 m fra innløpet i rennene avtok den igjen nedover mot utløpet. I den siste del av rennene så det ut til at veksthastigheten nærmet seg en konstant verdi.

Veksthastigheten var også avhengig av eksponeringstiden. (figur 24 B og C). Den første tiden var veksthastigheten lav, men den økte sterkere etter hvert til et maksimum etter en tid som var avhengig av avstanden fra innløpet i rennen, hvoretter den igjen avtok. At den absolutte vekten av dannet mycelium avtok etter ca. 120 timers eksponeringstid har sannsynligvis sin årsak i at begroingen hadde antatt størrelser som resulterte i avriving og fnokkdannelse i de fri vannmasser.

Sammenlikninger med forholdene i Otra.

Carbohydratinnholdet i sulfitavlut er betydelig. En sulfitcellulosefabrikk med en døgntilvirkning på 100 tonn masse slipper ut ca. 20 tonn karbohydrater i avfallsvannet pr. døgn, og en wallboardfabrikk med produksjon av ca. 100 tonn plater pr. døgn slipper ut ca. 2 tonn pr. døgn. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av karbohydrater i Otra ved en vannføring på $80 \text{ m}^3/\text{sek}$ blir ca. 3,2 mg/l. I tillegg til dette kommer eddiksyre med ca. 0,4 mg/l. De maksimale, periodevise konsentrasjoner blir henholdsvis ca. 14,5 mg/l og 2 mg/l. De stoffer Fusarium aquaeductuum best kan bruke til carbonkilde, er derfor tilstede i OTRAS vannmasser i relativt høye konsentrasjoner, hvilket tydelig setter preg på vassdraget.

Fra kloakkutløpene i Otra tilføres elven de næringsalter (N, P o.s.v.) soppen må ha for å kunne vokse. Nedenfor Byglandsfjord er det kloakkavløp fra følgende steder: Tettbebyggelsen ved Evje stasjon og det nærliggende boligområde for militærforlegningen ved Evjemoen, Hornnes Landsgymnas, arsenalet ved Hornnes, boligene ved Steinsfoss kraftanlegg og tettbebyggelsene ved Vennesla, Vikeland, Moseidmoen og Mosby. Antall personer tilknyttet disse kloakkene kan anslagsvis settes til 10.000.

Professor L. Scheuring¹⁹⁾ har foretatt en del undersøkelser av Fusarium aquaeductuum. På de punkter der hans og våre resultater kan sammenliknes, viser de god overensstemmelse.

I gjennomstrømningsapparat, hvor avlut fra cellulosefabrikker ble dosert til destillert vann, utførte han vekstforsøk med soppen. Den vokste innenfor et stort pH-område, fra pH 2,5 til pH 10, optimalt mellom pH 4 og 8. Ved forsøk med avluter fra kok med forskjellig trevirke fant han at soppen vokste innenfor følgende fortynninger:

Bokavlut: Fra 1 : 1,5 til 1 : 1.300.000.

Furuavlut: Fra ren avlut til 1 : 2.082.000.

(Avlut fra bok har et sukkerinnhold på 35 - 70 g/l, fra furu 30 - 40 g/l og fra gran 38 - 45 g/l).

Soppen utnyttet best det sukkeret som var i avluten ved store fortynninger. Forholdet begroingsmengde/sukkertilsetning pr. min ved fortynningene 1 : 300, 1 : 10.250 og 1 : 900.000 var henholdsvis 0.0009, 0,0045 og 0,3. Ved forsøk med forskjellige sukkerarter varierte forholdet begroingsmengde/forbrukt substrat mellom 0,25 og 0,35. Det vil si at mellom 25 og 35 % av sukkerarter som soppen utnytter, går med til oppbygging av mycelium, mens resten oksyderes til carbondioksyd og vann.

Hvis det var mulig å overføre resultatet av laboratorieundersøkelsene direkte til forholdene i Otra, hvor det slippes ut ca. 20 tonn sukker pr. døgn, ville det bety at det dannes mellom 5 og 7 tonn sopp pr. døgn. Dette stemmer godt overens med de faktiske forhold i Otra, der fnokktransporten ble bestemt til ca. 13,8 tonn pr. døgn, hvorav ca. halvparten var mycelium av Fusarium aquaeductuum.

6. SAMMENFATTENDE DISKUSJON.

Forurensningssituasjonen i Otra på strekningen mellom Venneslafjorden og Kristiansand er i tidsrommet juli 1960 til september 1961 undersøkt ved hjelp av fysiske, kjemiske og biologiske metoder. Fisketellinger i elven er inkludert. Videre er det foretatt forsøk med fisk, for det meste årsyngel av aure. Forsøkene er utført i akvarier, fiskekummer med gjennomstrømmende elvevann og i nettingkasser i elven. Dessuten er det gjort vekstforsøk med soppen Fusarium aquaeductuum i renner med strømmende elvevann og i kolber under laboratoriebetingelser.

I forbindelse med resultatene kan det anføres følgende:

I et vassdrag som er resipient for industrielt avfallsvann, vil belastningen ofte være meget variabel. De fysisk-kjemiske analysedata kan derfor bare vise vannmassenes tilstand i det øyeblikk eller i den periode vannprøvene innhentes. Utviklingen av benthos, de organismer som er knyttet til bunnen, er avhengig av miljøfaktorenes variasjon gjennom året. Resultatene av de biologiske undersøkelser gir derfor et uttrykk for den påvirkning av elven som har funnet sted gjennom lengre tidsrom.

Ved utløpet av Venneslafjorden var vannmassene ikke målbart forurenset. Vannet inneholdt lite organiske stoffer, var saltfattig og relativt surt, selv etter norske forhold. Dette skyldes nedbørfeltets geologi.

De biologiske forhold var også som normalt for lite forurensningspåvirkede elvestrekninger. I overensstemmelse med dette var de systematiske grupper diatomeer og desmidiaceer artsrikt representert. Organismesamfunnet var preget av autotrofe arter. Fusarium aquaeductuum forekom ikke. Ved fisketellinger ble det funnet meget aure foruten noe ål, abbor og niøye.

Nedenfor Hunsøya var forholdene vesensforskjellige fra Venneslafjorden. De fysisk-kjemiske analysedata fra Hallandsbrua viste at vannmassene på den ovenforliggende strekning var tilført betydelige mengder avfallsstoffer. Disse besto i overveiende grad av løste organiske stoffer.

I mindre mengder forekom også løste uorganiske stoffer, mest som magnesiumsalter.

De tilførte forurensningene skrev seg fra utslippene til Hunsfos Fabrikker. Nedenfor Vikelandsdammen var belastningen øket ytterligere på grunn av avfallsvannet fra A/S Norsk Wallboard-fabrikk. Også dette avfallsvannet var rikt på løste organiske stoffer, men hadde dessuten en meget høy turbiditet.

I de strømmende vannmasser var det en betydelig transport av oppslemmet organisk materiale. Ved en overflatisk betraktning kunne dette materialet se ut som cellulosefibre. I realiteten var det overveiende fnokker som bestod av mycelier av soppen Fusarium aquaeductuum sammen med cellulosefibre. Soppen ernærte seg av organiske stoffer i avfallsvannet fra bedriftene, spesielt av karbohydrater.

De biologiske forhold i Otra skiftet fullstendig karakter nedenfor Hunsøya. Både den benthiske vegetasjon og fauna var kvalitativt og kvantitativt preget av forhold som bare forekommer i sterkt forurensningspåvirkede vassdrag.

På denne elvestrekning var organismesamfunnene dominert av heterotrofe arter. Det forekom få arter, men disse opptrådte til dels i store mengder. Det kan nevnes at larver av en art fjørmygg (en orthocladin Chironomidae) forekom i relativt stort antall i bunnmaterialet.

Den mest karakteristiske forandringen var at elvestrekningens opprinnelige benthos var nesten fullstendig fortrent av det monotone og artsfattige Fusarium aquaeductuum-samfunn. Dette dannet et omtrent sammenhengende "teppe" på strekningen fra Hunsøya til Kristiansand. Fnokktransporten i elvevannet utgjør for en stor del løsrevet materiale fra dette belegget av sopp og cellulosefibre.

Resultatene av fisketellingen på strekningen nedenfor Hunsøya viste også andre forhold enn ovenfor. Det ble bare funnet noen få årsyngel av aure. Lakseyngel ble ikke observert på noen lokaliteter. Ål og niøye ble derimot funnet i forholdsvis store

mengder. Stingsildforekom på denne strekning.

Høiebekken som renner ut i Otra ved Mosby, tilføres periodevis forurensninger fra bedrifter. Påvirkningen av vannmassene i Otra fra disse bedriftene blir ubetydelig, men Høiebekken må antas ødelagt som tilholdssted og gyteplass for fisk. Undersøkelsene omfattet ikke nærmere beskrivelse av forurensnings-situasjonen i Høiebekken.

Ved utsetting av årsyngel av aure i nettingkasser i Otra ved Hallandsbrua, viste det seg at fisken døde etter en viss oppholdstid. Dødeligheten inntrådte først etter lengre tid ved Lian, Skråstad. Det ble også utført forsøk med årsyngel av aure i plastkar med gjennomstrømmende Otra-vann ved forsøksanlegget. Her døde regelmessig fisken etter 6 - 10 døgns oppholdstid.

Ved et enkelt tilfelle hvor forsøket ble avbrutt etter 7 - 8 døgn, og bekkevann ble tilført i stedet for vann fra Otra, stoppet dødeligheten. Når det igjen ble tilført vann fra Otra, inntrådte dødeligheten på nytt.

Akvarieforsøk med årsyngel av aure og laks, indikerte at dødeligheten hovedsakelig skyldes giftvirkning av stoffer i sulfitavluten fra Hunsfos Fabrikker. Det ble utført flere forsøk med enkelte komponenter i sulfitavluten, men det ble ikke innenfor den tid som sto til rådighet, avklaret hvilke stoffer som var skyld i giftvirkningen.

Sulfitavlutens virkning på fisk ble undersøkt i forskjellige vanntyper. Resultatene påviste en direkte forbindelse mellom dødeligheten og vannets (resipientens) fysiske-kjemiske egenskaper. Fisken var atskillig mer tolerant overfor samme konsentrasjoner av sulfitavlut i vann med forholdsvis høy pH og hårdhet enn i sure og bløte vanntyper. Dette kan forklare den sterke giftvirkning av sulfitavlut som gjør seg gjeldende i Otra.

En sammenlikning med et annet vassdrag med sulfitavlutforurensning er av interesse. Dramselva har en belastning av sulfitavlut som ved lav vannføring ($130 \text{ m}^3/\text{sek}$) i gjennomsnitt øker fra ca. 0,1 ml sulfitavlut pr. l elvevann ved Hellefoss til ca. 0,4 ml/l ved

utløpet i Dramsfjorden. Denne påvirkningen har ført til lite tilfredsstillende forhold med begroing av elvebunnen, luktulempet og annet, men det er fremdeles laks i dette vassdraget i motsetning til i Otra. Mens Dramsvassdraget har en naturlig pH på ca. 7,0, er pH i Otra ca. 5,8. De elektrolytiske lednings- evner er henholdsvis ca. $30 \cdot 10^{-6}$ og ca. $12 \cdot 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

En annen forskjell mellom Dramselva og Otra er de organismer som utgjør begroingen på elvebunnen. Mens soppen Fusarium aquaeductuum er nær enerådende i Otra, er trådbakterien Sphaerotilus natans fremherskende i Dramselva.

Resultatene kan oppsummeres slik:

På strekningen nedenfor Venneslafjorden mottar Otra avfallsvann fra Hunsfos Fabrikker og A/S Norsk Wallboardfabrikk. Utslippene medfører fysiske og kjemiske forandringer av elvevannet. Dette har konsekvenser for de biologiske forholdene i vassdraget.

Heterotrofe organismesamfunn dominert av Fusarium aquaeductuum er etablert på hele den forurensede elvestrekning. Organiske stoffer i avfallsvannet danner næringsgrunnlaget for soppen.

Løsrevet materiale fra begroingen på elvebunnen sammen med fibre fra fabrikkene danner fnokktransport i elvevannet og sedimenterer som slambanker.

Sulfitavlut i den aktuelle vanntypen har en tydelig giftvirkning overfor laks og aure. Årsyngel dør i elvevannet, og laksen utryddes i vassdraget.

Undersøkelsene viste at av de mengder organiske avfallsstoffer som elven er belastet med, kommer ca. 85% fra Hunsfos Fabrikker og ca. 15% fra A/S Norsk Wallboardfabrikk. Utslipp av vanlig kloakkvann på den aktuelle elvestrekning er ubetydelig i sammenlikning.

Den dødelige virkning av elvevannet på årsyngel av laks og aure synes, i følge de hittil utførte undersøkelser, vesentlig å være forårsaket av sulfitavluten som blir sluppet ut fra Hunsfos Fabrikker.

LITTERATURLISTE.

1. Boetius, Jan: Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser.
Ny serie, Bind II, nr. 4, 1959.
2. Bucksteeg, W., Thiels, H. og Stölzel, K.: Die Beeinflussung von Fischen durch Giftstoffe aus Abwässern.
Vom Wasser, 22, s. 194 - 211, 1955.
3. Dahl, Knut: Vandets surhetsgrad og dens virkninger på orret-
yngel.
Tidsskrift for det norske landbruk, nr. 7,
s. 1 - 12, 1926.
4. Dahl, Knut: Parr life of salmon.
Salm. Trout. Mag., no. 86, s. 10 - 13, 1937.
5. Dahl, Knut og Dahl, Eyvind:
Norges lakseelver. Deres utbytte.
Oslo, 1942.
6. Doudorff, Peter and Katz, Max:
Critical review of literature on the toxicity
of industrial wastes and their components to fish.
Ind. Wastes, 22, no. 11, s. 1432 - 1458, 1950.
7. Ebeling, G.: Untersuchungen über die Wirkung von Zellstoff-
fabrikabwässern auf Fische und Fischnährtiere.
Z. f. Fischerei, 30, 1932.
8. Goodnight, C.J.: Toxicity of Sodium Pentachlorophen and Penta-
chlorophenol to fish.
Ind. Eng. Chem., 34, no. 7, s. 868 - 872, 1942.
9. Gustafsson, Ch.: Paperi ja Puu-Papper och Trä. 38, s. 363, 1956.
10. Hentschel, H.: Chemische Technologie der Zellstoff- und Papier-
herstellung.
Verlag Technik, Berlin, 1959.
11. Höglund, L.: Studier över fiskarnas reaktioner i koncentra-
tionsgradienter med särskild hänsyn til sulfit-
avlut, pH, koldioxid och syrgass.
Medd. Skogindustriernas Vattenskyddsrad,
Stockholm, nr. 23, s. 6 - 21, 1960.
12. Hynes, H.B.N.: The biology of polluted water.
Liverpool University Press, s. 100, 1960.
13. Inspektøren for ferskvannsfisket:
Personlige opplysninger.
14. Liebmann, Hans: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie,
II, München 1960, s. 1149.

15. Liepolt, R.: Gewässerverunreinigung in Österreich durch Holz-
industrieabwässer.
Verh. Internat. Ver. Limnologie, XIII, s. 481 - 490.
Stuttgart, februar 1958.
16. National Council for Stream Improvement:
Aquatic biology and the pulp and paper industry.
(Report no. 7), Technical Bulletin No. 148, s. 100.
17. A/S Norsk Wallboardfabrikk.:
Brev av 6/3 1958, bilag 5, til Norges Vassdrags-
og Elektrisitetsvesen.
18. Rydholm, Sven: Aciditeten under sulfitkoket.
Svensk Papperstidning, 57, s. 427 - 436, 1960.
19. Scheuring, L.: Neuere Erkenntnisse über die Biologie und Physio-
logie der "Abwasserpilze", Sphaerotilus natans,
Fusarium aquaeductuum und Leptomitus lacteus und
ihr Wachstum auf den Abwässern der Zellstoff-
industrie.
V. Eu-Ce-Pa-Symposium, 4.-7. oktober 1960, Wien.
20. Sundman, J., Saarnio, J. och Gustafsson, Ch.:
Pappers- och trävarutidn. Finland, 31, s. 467, 1949.
21. Vallin, Sten: Cellulosefabrikerna och fisket.
Medd. Lantbr. Styr. Nr. 5, s. 1 - 41, 1935.
22. Williams, R.W., Eldridge, W.E., Mains, E.M. and Lasater, J.E.:

Toxic effect of Sulfite Waste Liquor on Young
Salmon.
State of Washington Department of Fisheries
Research Bull, No. 1, s. 111, 1953.
23. Wuhrmann, K. und Woker, H.:
Vergiftungen der aquatischen Fauna durch Gewäs-
serverunreinigungen.
Verh. Internat. Ver. Limnologie, 12, s. 557-583,
1958.

Analyseresultater av enkeltprøver fra 15/7 1960.

St.	pH	$\kappa_{20} \cdot 10^{-6}$ ohm ⁻¹ cm ⁻¹	Farge mg Pt/1	Permanganattall mg O/1
1	6,5	13,9	23	3,0
2	5,7	15,1	26	4,1
3	5,5	16,0	26	5,2
6a	5,5	16,2	28	7,2
7	5,5	17,3	32	5,7
8	5,5	17,3	32	7,8
10	5,5	17,3	32	8,0

6a Otra ved utløp av Høiebelken.

Tabell 31.

pH av de enkelte prøver fra 29/9 1960.

Kl.	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10
7	5.9	5.4	5.2	5.2	5.3	6.7	5.8	5.2	5.4	5.4
8	5.8	5.2	5.2	5.3	5.5	-	5.4	5.3	5.3	5.4
9	5.8	5.2	5.2	5.2	5.2	-	5.4	5.3	5.3	5.4
10	6.0	5.3	5.2	5.5	5.2	-	5.3	5.4	5.3	5.4
11	5.8	5.4	5.5	5.2	5.2	-	5.5	5.5	5.3	5.4
12	5.9	5.1	5.3	5.4	5.2	7.1	5.3	5.5	5.4	5.4
13	5.8	5.6	5.3	5.3	5.2	-	5.2	5.3	5.4	5.4
14	5.8	5.5	5.3	5.2	5.3	-	5.3	5.3	5.4	5.4
15	5.8	5.6	5.5	5.4	5.5	-	5.4	5.4	5.4	5.4
16	5.8	5.5	5.5	5.5	5.3	6.5	5.4	5.4	5.4	5.4
17	5.8	5.6	5.5	5.5	5.4	-	5.4	5.3	5.3	5.4
18	5.8	5.4	5.4	5.5	5.4	-	5.4	5.4	5.3	5.3
19	5.9	5.2	5.4	5.5	5.4	-	5.4	5.4	5.3	5.4
20	5.8	5.2	5.2	5.5	5.5	6.6	5.5	5.3	5.4	5.3
21	5.8	5.2	5.3	5.2	5.4	-	5.5	5.4	5.3	5.3
22	5.8	5.5	5.2	5.2	5.4	-	5.5	5.4	5.3	-

Tabell 32.

pH av de enkelte prøver den 30/9 1960.

Kl.	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10
7	5,9	5.5	5.5	5.5	5.4	6.3	5.4	5.5	5.5	5.3
8	6.1	5.6	5.4	5.5	5.5	-	5.5	5.5	5.5	5.3
9	6.0	5.2	5.3	5.5	5.5	-	5.5	5.4	5.4	5.4
10	6.1	5.6	5.3	5.4	5.5	-	5.5	5.5	5.4	5.4
11	6.1	5.7	5.5	5.3	5.4	-	5.5	5.5	5.4	5.4
12	6.0	5.7	5.5	5.4	5.3	6.4	5.5	5.5	5.4	5.4
13	5.9	5.6	5.5	5.4	5.4	-	5.4	5.5	5.4	5.4
14	6.1	5.2	5.5	5.5	5.4	-	5.3	5.5	5.5	5.4
15	5.8	5.9	5.3	5.5	5.4	-	5.4	5.5	5.4	5.5
16	5.9	-	5.4	5.3	5.5	7.3	5.4	5.3	5.4	5.5
17	5.8	5.7	5.4	5.4	5.4	-	5.4	5.3	5.4	5.4
18	5.8	5.6	5.4	5.4	5.4	-	5.4	5.4	5.3	5.4
19	5.8	5.6	5.3	5.5	5.4	-	5.4	5.4	5.3	5.3
20	5.9	5.6	5.3	5.5	5.5	10.1	5.4	5.4	5.3	5.3
21	5.8	5.7	5.6	5.5	5.5	-	5.4	5.4	5.3	5.3
22	5.9	5.2	5.6	5.6	5.5	-	5.5	5.4	5.4	5.3

Tabell 33.

pH av de enkelte prøver den 1/10 1960.

Kl.	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10
7	5.9	5.6	5.5	5.4	5.7	7.1	5.6	5.5	5.6	5.6
8	5.9	5.6	5.5	5.5	5.4	-	5.6	5.5	5.6	5.5
9	5.8	5.5	5.6	5.6	5.4	-	5.6	5.5	5.6	5.6
10	5.9	5.5	5.5	5.6	5.5	-	5.5	5.6	5.5	5.5
11	5.9	5.0	5.5	5.6	5.5	-	5.5	5.6	5.4	5.5
12	5.9	5.6	5.2	5.4	5.5	6.8	5.5	5.6	5.5	5.4
13	5.9	5.6	5.3	5.3	5.5	-	5.5	5.6	5.6	5.4
14	5.9	5.5	5.4	5.4	5.3	-	5.5	5.6	5.6	5.6
15	5.9	5.0	5.4	5.4	5.4	-	5.5	5.7	5.5	5.7
16	5.9	5.4	5.3	5.4	5.3	7.1	5.4	5.7	5.5	5.7
17	5.9	5.6	5.4	5.3	5.4	-	5.3	5.7	5.5	5.7
18	5.9	6.0	5.5	5.3	5.4	-	5.4	5.6	5.5	5.7
19	5.9	5.6	5.7	5.4	5.4	-	5.5	5.5	5.5	5.6
20	6.0	5.2	5.5	5.4	5.5	7.0	5.4	5.5	5.5	5.6
21	6.0	5.3	5.3	5.4	5.5	-	5.5	5.4	5.5	5.5
22	5.9	5.7	5.2	5.3	5.5	-	5.5	5.4	5.4	5.5

Tabell 34

pH av de enkelte prøver den 2/10 1960.

Kl.	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10
7	5.7	5.3	5.4	5.4	5.4	6.7	5.8	5.3	5.3	5.3
8	5.7	5.2	5.4	5.4	5.4	-	5.4	5.4	5.3	5.4
9	5.7	6.2	5.2	5.3	5.4	-	5.4	5.4	5.4	5.4
10	5.8	5.8	5.2	5.4	5.4	-	5.4	5.3	5.4	5.4
11	5.7	5.5	5.5	5.3	5.3	-	5.5	5.3	5.4	5.4
12	5.7	5.5	5.4	5.4	5.3	6.6	5.4	5.3	5.4	5.4
13	5.7	5.4	5.4	5.6	5.2	-	5.4	5.3	5.3	5.4
14	5.7	5.4	5.3	5.4	5.3	-	5.3	5.4	5.4	5.4
15	5.7	5.2	5.1	5.2	5.4	-	5.4	5.4	5.4	5.4
16	5.7	5.1	5.1	5.2	5.4	6.6	5.4	5.3	5.4	5.5
17	5.7	5.5	5.1	5.3	5.3	-	5.4	5.3	5.4	5.4
18	5.7	5.1	5.2	5.3	5.3	-	5.4	5.4	5.3	5.5
19	5.7	5.9	5.1	5.2	5.3	-	5.4	5.3	5.3	5.3
20	5.7	5.9	5.1	5.2	5.3	6.5	5.3	5.3	5.3	5.3
21	5.7	5.8	5.3	5.3	5.3	-	5.3	5.4	5.4	5.4
22	5.7	5.9	5.4	5.3	5.2	-	5.3	5.3	5.4	5.4

Tabell 35.

Analyseresultater av blandprøver fra 29/9 1960.

St.	pH	Ledn. evne. 10^6 % _{20°}	Farge mg Pt/1	Turbiditet mg SiO ₂ /1	Perm.tall mg O/1	Nutsj- tall mg O/1	Kalium- bikromat- tall mg O/1
1	5,8	12,7	9	0,8	2,3	0,67	8,4
2	5,3	18,9	12	1,0	11,4	3,22	24,8
3	5,3	19,4	13	1,2	12,2	2,65	27,2
4	5,3	19,8	12	1,1	11,5	2,26	34,4
5	5,3	19,0	12	1,1	11,3	3,24	26,8
6	6,4	112	14	1,7	8,6	-	41,7
7	6,2	20,4	14	1,5	11,4	1,84	31,4
8	5,3	21,2	14	1,5	12,2	-	25,8
9	5,3	20,3	14	1,2	12,3	1,20	26,8
10	5,3	20,4	12	1,4	16,8	1,91	23,9

Tabell 36.

Analyseresultater av blandprøver fra 30/9 1960.

St.	pH	Ledn. evne. 10^6 % _{20°}	Farge mg Pt/1	Turbiditet mg SiO ₂ /1	Perm.tall mg O/1	Nutsj- tall mg O/1	Kalium- bikromat- tall mg O/1
1	5,8	12,6	12 ^{x)}	0,9	2,0	0,33	5,7
2	5,3	18,0	18	1,3	9,0	1,98	26,5
3	5,4	17,3	14	1,5	8,3	1,85	47,4
4	5,3	17,1	15	1,5	7,8	3,64	23,3
5	5,4	16,8	16	1,4	8,3	2,58	19,0
6	7,7	65,6	37	1,9	5,1	2,48	24,6
7	5,4	17,6	14	1,4	8,6	1,72	15,2
8	5,4	17,2	14	1,5	8,3	2,18	45,5
9	5,3	17,6	14	2,5	8,8	1,72	32,2
10	5,4	17,5	14	2,7	9,3	9,93	22,7

x) Filtrert gjennom blåttbåndfilter.

Tabell 37.

Analyseresultater av blandprøver fra 1/10 1960.

St.	pH	Ledn. evne 10^6 $\kappa_{20^{\circ}}$	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO_2 /l	Perm.tall mg O/l	Nutsj- tall mg O/l	Kalium- bikromat- tall mg O/l
1	5,7	11,9	9	0,9	2,1	0,13	3,8
2	5,4	18,3	12	1,2	10,2	2,56	15,2
3	5,7	18,1	13	1,5	11,0	2,13	22,7
4	5,7	18,3	12	1,5	10,1	2,39	30,3
5	5,5	18,0	12	1,3	9,8	1,93	34,1
6	7,0	58,4	27	1,7	4,7	-	17,1
7	5,5	18,3	11	1,5	9,9	1,74	52,0
8	5,4	18,4	12	1,5	9,7	1,99	17,1
9	5,5	18,5	12	1,5	10,4	1,27	30,3
10	5,5	18,9	11	1,5	10,0	2,35	22,7

Tabell 38.

Analyseresultater av blandprøver fra 2/10 1960.

St.	pH	Ledn. evne 10^6 $\kappa_{20^{\circ}}$	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO_2 /l	Perm.tall mg O/l	Nutsj- tall mg O/l	Kalium- bikromat- tall mg O/l
1	6,2	1,8	9	0,6	1,9	0,53	6,1
2	5,5	17,8	12	0,9	9,2	2,97	23,5
3	5,3	19,1	12	0,6	8,1	1,79	22,3
4	5,7	18,6	12	0,9	10,6	2,38	29,1
5	5,4	17,9	12	0,8	9,6	3,18	22,3
6	6,7	46,8	20	0,9	3,5	-	30,4
7	5,7	18,0	12	1,0	8,6	3,37	12,2
8	5,7	18,0	12	1,0	9,0	2,38	15,0
9	5,9	17,9	12	0,8	9,2	2,38	16,2
10	5,7	18,3	12	0,9	9,3	2,38	22,3

Tabell 39.

Gjennomsnittlige analyseresultater av blandprøver fra dagene 29/9, 30/9, 1/10 og 2/10 1960
 pH som gjennomsnitt pr. dag av 16 prøver pr. stasjon og i gjennomsnitt for alle dagene.

	St. 1.	St. 2.	St. 3.	St. 4.	St. 5.	St. 6.	St. 7.	St. 8.	St. 9.	St. 10.
Ledn. evne. $^{\circ}\text{H} \cdot 10^{-6}$	12,5	18,3	18,5	18,5	17,9	70,7	18,6	18,7	18,6	18,8
Farge $^{\circ}\text{H}$	10	14	13	13	13	25	13	13	13	12
Turbiditet mg $\text{SiO}_2/1$	0,8	1,1	1,2	1,3	1,2	1,6	1,4	1,3	1,5	1,6
Permanganattall mg O/1	2,1	10,0	9,9	10,0	9,8	5,5	9,6	9,8	10,2	11,4
Nutsj-tall mg O/1	0,42	2,68	2,11	2,66	2,73	2,48	2,17	2,18	1,64	4,14
Bikromattall mg O/1	6,0	22,5	29,9	27,6	25,6	28,5	27,7	25,9	26,4	22,9
Surhetsgrad, pH	5,85	5,49	5,36	5,39	5,39	6,97	5,44	5,43	5,40	5,43
pH 29/9	5,83	5,37	5,33	5,35	5,34	6,73	5,42	5,36	5,34	5,38
pH 30/9	5,93	5,56	5,43	5,45	5,44	7,53	5,43	5,44	5,39	5,38
pH 1/10	5,91	5,48	5,43	5,42	5,45	7,00	5,49	5,56	5,52	5,57
pH 2/10	5,71	5,54	5,26	5,33	5,33	6,60	5,41	5,34	5,36	5,39

Tabell 40.

Analyseresultater av blandprøver fra 14/11 1961 innhentet ved stasjon 2 med 5 minutters mellomrum.

Kl.	pH	Ledn. % ₂₀ ¹⁵⁶	Farge mg l/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Perm. tall mg O/l	Hårdhet mg CaO/l	Bikro- mattall mg o/l	Sulfat mg SO ₄ /l	Klorid mg Cl/l	Natrium mg Na/l	Kalsium mg CaO/l	Ortho- fosfat mg PO ₄ /l	Magne- sium mg CaO/l
12.40	5,3	21,0	48	2,8	3,6	2,7	18,9	4,5			1,3	<0,07	1,2
12.45	5,6	21,0	50	4,4	7,3	4,4	13,3	5,0				<0,07	
12.50	5,1	24,4	46	2,4	12,6	3,8	22,7	5,0					
12.55	5,1	23,9	44	2,4	12,2	3,8	28,4	5,0					
13.00	5,0	26,5	44	2,6	17,0	4,2	36,0	5,0					
13.05	5,0	26,9	41	2,5	16,6	4,3	30,4	6,0					
13.10	5,0	27,6	45	2,2	18,5	4,8	43,5	5,0					
13.15	6,2	27,8	53	2,2	17,5	7,8	45,5	5,0	0,7	1,4	3,1		3,7
13.20	5,0	27,8	45	2,3	18,3	4,7	36,0	5,0	2,3	1,4	1,7	0	2,4
13.25	5,2	26,3	46	2,3	17,6	4,9	39,5	5,0					
13.30	5,7	25,7	49	2,2	16,9	6,1	39,5	5,0			2,4		2,7
13.35	5,0	26,5	44	2,0	15,8	4,4	32,2	5,0					
13.40	5,5	24,9	48	2,6	14,9	5,2	32,2	5,0					
13.45	5,1	24,8	46	2,2	13,5	4,0	28,4	4,5					
13.50	5,1	23,9	46	2,6	11,3	3,5	36,0						
13.55	5,1	25,1	45	2,4	14,4	3,8	26,5						
14.00	5,1	23,7	44	2,4	12,2	3,4	21,0						
14.05	5,5	22,2	46	2,2	10,7	4,0	22,5						
14.10	5,0	23,5	44	2,2	10,6	3,2	21,0						
14.15	5,1	22,9	42	2,6	9,7	3,5	21,0						
14.20	5,0	23,1	44	2,2	9,2	2,9	17,0						
14.25	5,4	21,6	48	2,4	9,6	4,1	21,0						
14.30	5,0	23,0	46	2,4	8,6	3,0	22,5						
14.35	5,0	22,7	44	2,2	8,5	2,8	17,0						
14.40	5,0	22,8	44	2,2	8,9	2,9	21,0					0	

Analyseresultater av vannprøver fra 16/11 1960
innhentet ved stasjon 2 med 5 minutters mellomrom.

Kl.	pH	Ledn ₂₀ evne. 10^6	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Perm.tall mg O/l	Bikromat- tall mg O/l
11,05	4,9	23,5	46	2,4	5,4	15,1
11,25	5,0	25,6	45	2,4	7,2	13,2
11,30	4,9	26,5	46	2,8	10,3	15,1
11,35	4,9	30,3	46	2,4	15,8	34,1
11,40	5,8	30,6	53	2,6	18,9	39,5
11,45	6,9	36,4	58	3,0	19,4	35,8
11,50	6,5	33,9	54	2,8	19,1	41,5
11,55	6,3	33,0	53	2,8	18,9	37,8
12,00	5,8	31,6	50	2,4	18,9	37,8
12,05	5,5	31,3	49	2,6	17,9	39,5
12,10	6,0	30,9	53	2,4	17,6	32,1
12,15	6,6	32,6	58	2,8	16,4	35,8
12,20	6,6	32,4	58	3,0	15,2	30,2
12,25	6,2	29,6	52	2,6	14,1	30,2
12,30	5,7	28,1	50	2,2	13,2	42,0
12,35	5,4	27,8	48	2,4	12,4	44,2
12,40	5,2	28,0	48	2,6	12,8	42,0
12,45	5,1	31,3	50	2,4	11,5	26,4
12,50	5,1	27,8	50	2,8	11,0	32,1
12,55	5,0	27,8	50	2,8	11,1	24,5

Tabell 42.

Analyseresultater av enkeltprøver fra 7/12 1960.

St.	pH	Ledn ₂₀ evne. 10^6	Farge mg Pt/l	Perm.tall mg O/l	Bikromat- tall mg O/l
2		21,8	35	8,2	15,0
3		25,8	39	18,4	37,5
4		23,9	39	14,1	28,2
5		23,3	26	16,6	24,5
7		24,4	35	14,3	32,0
7A		22,6	33	9,8	30,0
8		22,2	33	6,5	39,5
9		21,8	33	0,0	16,9
10		22,2	35	7,5	26,4

St. 7A var ved Skråstad.

Analyseresultater av enkeltprøver fra 1/3 1961innhentet ved stasjon 4 med 1/2 times mellomrom.

Kl.	pH	Ledn. evne. 10^6 % _{20°}	Perm. tall mg O/1	Hårdhet mg CaO/1	Bikromat- tall mg O/1	Nutsj- tall mg O/1
8.00	5,2	25,0	14,4	3,6	17,3	
8.30	5,0	25,6	13,5	3,9	24,2	
9.00	5,1	26,3	17,2	4,3	31,1	
9.30	5,4	23,8	13,8	4,7	27,6	
10.00	5,1	24,7	11,7	3,9	10,3	
10.30	5,1	23,4	10,1	3,2	13,8	
11.00	5,1	22,7	9,4	3,1	10,3	
11.30	5,2	22,0	9,5	3,6	13,8	
12.00	5,1	22,9	9,6	3,0	10,3	
12.30	5,1	23,8	12,0	3,2	38,0	
13.00	5,0	27,0	17,7	4,7	27,6	
13.30	5,0	27,0	17,5	4,7	32,8	
14.00	5,0	25,1	14,4	3,8	13,8	
14.30	5,1	23,8	12,8	3,3	29,4	
15.00	5,1	24,2	13,0	3,4	20,7	
15.30	5,3	22,9	10,1	3,6	27,6	
16.00	5,2	22,7	10,6	3,3	13,8	
16.30	5,1	27,6	21,8	4,8	31,1	
17.00	5,2	27,5	22,4	4,7	27,6	
17.30	5,0	27,8	21,2	4,6	13,8	
18.00	5,1	26,7	21,8	4,5	34,5	
18.30	5,1	24,7	14,8	4,3	-	
Blandprøve						2,3

Analyseresultater av enkeltprøver fra 18/4 1961.

St.	pH	Ledn. evne. 10^{-6} $\frac{\mu}{20^{\circ}}$	Perm. tall mg O/l	Hårdhet mg CaO/l	Bikromat- tall mg O/l	Nutsj- tall mg O/l
1	.	.	.	0,8	6,1	.
2	5,5	16,4	5,3	2,5	18,7	2,6
3	5,2	23,4	17,1	4,7	33,7	2,7
4	5,2	22,2	16,8	4,2	26,2	2,3
5	5,4	17,8	6,7	2,9	67,4	2,8
6	6,8	87,6	4,0	-	7,5	-
7	5,5	17,6	6,1	2,6	22,5	2,6
8						
9	5,5	17,6	6,5	2,5	33,7	3,1
10						

Tabell 45.

Sulfitavlut benyttet ved toleranseforsøk med fisk i akvarier.

Kok nr.	Tresort	pH	Total SO ₂ mg/l
910	gran	2,8	0,28
917	"	3,4	0,77
952	furu	2,1	0,34
1052	gran	2,6	0,30
1206	"	3,5	0,20

Tabell 46.

Forsøk med årsyngel av aure i vann fra Otra i forsøksanlegg. Antall døde fisk etter døgn.

Konsentrasjon av sulfittavlut i elvevannet beregnet ut fra antall kok sluppet pr. uke.

SL = Sulfittavlut. NWF = A/S Norsk Wallboardfabrikk.

23/8 - 6/9 1961															
Døgn	Antall døde	Lengde g.j.sn.	Temp °C	Vannf.	antall kok SL pr.uke	SL ml/l	Avfalls- vann NWF ml/l	Døgn	Antall døde	Lengde g.j.sn.	Temp °C	Vannf.	Antall kok SL pr.uke	SL ml/l	Avfalls- vann NWF ml/l
1			16	163		0,03	0,31	1			15	89		0,07	0,56
2			17	131		0,03	0,38	2			14	84		0,07	0,60
3			16	109	22	0,04	0,46	3			15	88	29	0,07	0,57
4			17	115		0,04	0,43	4	1	5,0	15	82		0,07	-
5			16	112		0,04	-	5			15	79		0,08	0,63
6			17	110		0,03	0,45	6	1	5,4	-	86		0,07	0,58
7	3	4,1	17	94		0,04	0,53	7	6	5,7	15	92		0,07	0,54
8	5	4,3	17	95		0,04	0,53	8	14	5,5	15	92	30	0,07	0,54
9	4	4,2	17	99	19	0,04	0,51	9	5	6,4	15	90		0,07	0,56
10	-		18	92		0,04	0,54	10	1	6,2	16	81		0,07	0,62
11	Avsl.		17	90		0,04	0,56	11	-		16	79		0,08	-
								12	-		16	83		0,07	0,60
								13	-		16	83	29	0,07	0,60
								14	1	6,8	16	88		0,07	0,57
Antall: 13														Antall: 29	

Tabell 46 (forts.)

SL = Sulfitavlut. NWF = A/S Norsk Wallboardfabrikk.

1/9 - 25/9 1961										20/9 - 1/10 1961					
Døgn	Antall døde	Lengde gj.sn.	Temp °C	Vannf.	Antall kok SL pr.uke	SL ml/1	Avfalls- vann NWF ml/1	Døgn	Antall døde	Lengde gj.sn.	Temp °C	Vannf.	Antall kok SL pr.uke	SL ml/1	Avfalls- vann NWF ml/1
1			16	81	30	0,07	0,62	1			13	84		0,09	0,60
2			16	79		0,08	-	2			13	83	37	0,09	0,60
3			16	83		0,07	0,60	3			13	84		0,09	0,60
4			16	83		0,07	0,60	4			14	82		0,09	-
5			16	88		0,07	0,57	5			13	84		0,09	0,60
6	1	5,2	13	152	29	0,04	0,33	6			13	156		0,05	0,32
7	4	5,4	9	119		0,05	0,42	7	1	5,8	13	188	36	0,04	0,27
8	5	5,4	14	92		0,06	0,54	8	3	5,8	-	121		0,06	0,41
9	1	6,0	15	87		0,07	-	9	6	6,1	13	187		0,04	0,27
10			13	92		0,08	0,54	10	8		-	290		0,03	0,17
11			13	92		0,08	0,54	11	-		-	361			
12			13	96		0,07	0,52	12	-	6,2	-	452			
13			13	114	35	0,06	0,44								
14			14	115		0,06	0,43								
15			13	95		0,07	0,53								
16			13	85		0,08	-								
17			13	81		0,09	0,62								
18			14	85		0,09	0,59								
19			13	85		0,09	0,59								
20	5	6,6	13	84	37	0,09	0,60								
21	2	6,6	13	83		0,09	0,60								
22	6	6,5	14	84		0,09	0,60								
23	1	5,8	13	82		0,09	0,60								
24	1	8,3	13	84	36	0,09	-								
						0,09	0,60								
Antall: 26										Antall: 30					

Tabell 47.

Utbyttet av laks- og sjøaurefisket på A/S Vigelands Brug's lakserettigheter i Otra. Fra "Fishing Book", Vikeland.

År	Antall laks:	Antall smålaks:	Antall sjøaure:	Antall innlandsaure:	Vekt i lbs.
1920	22	52	3	1	468
21	34	24	1	3	618
22	26	13	0	2	516
23	67	28	2	2	1167
24	59	9	2	0	968
1925	20	16	21	2	416
26	27	16	8	1	635
27	31	9	4	1	544
28	29	7	1	0	444
29	27	5	6	30	436
1930	22	14	3	61	450
31	31	8	1	0	560
32	30	1	2	3	509
33	17	4	1	0	337
34	28	10	1	2	524
1935	15	16	8	1	468
36	28	13	0	4	601
37	21	1	3	1	348
38	45	2	1	0?	843
39	26	3	0	0	477
Krig, opphold i 7 år.					
1947	8	5	3	-	131
48	14	-	-	-	193
49	24	6	2	-	428
1950	17	6	5	-	323
51	22	2	3	-	350
52	12	3	1	-	256
53	-	-	-	-	307
54	3	2	-	-	59,5
55	17	25	-	-	286

Tabell 48.

Utbytte i kg. av laks- og sjøaurefisaket i endel elver i det sørlige Norge i årene 1951-1960.

År:	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Numedalslågen	6133	4113	8562	10289	11221	9390	10387	10319	4960	16011
Nisserelva	392	312	250	1800	685	800	533	515	325	354
Topdalselva	1364	1023	815	460	478	499	365	303	227	582
Øtra	2614	1452	1459	415	224	156	88	49	56	34
Mandalselva	300	154	315	348	266	470	488	398	417	737
Audnedalselva	489	673	1204	1341	917	1508	1268	1027	365	1044
Lyngdalselva	74	97	279	224	333	124	204	272	153	80
Kvina	593	304	550	521	674	409	745	1312	135	0 ?
Tengs- Ejerkreimselva: elva (øvre del)	384	195	354	87	23	329	873	1013	716	815
Tengselva (nedre del)				459	280	832	1345	1345	384	864
Sogneelva	201	188	514	695	236	1385	494	422	884	1289

Laboratorieforsøk med Fusarium Aquaeductuum.

Tabell 49

Forsøk med forskjellige organiske næringsstoffer:

Næringsstoff:	g/l	Relativt vekst:
Maltose	10	3,40
- " -	1	<u>1,00</u>
Galactose	1	0,75
Fumarsyre	1	0,65
Eddiksyre	1	0,65
Mannitol	1	0,60
Xylose	1	0,55
Dextrose	1	0,40
Eddiksyre	0,5	0,40
Melkesyre	1	0,25
Maltose	0,1	0,20
Mannose	1	0,15
Sitronsyre	1	0,10
Eddiksyre	0,1	0,05
Maltose	0,01	0,01
Lignosulfonsyre	0,5	0,00

Tabell 50

Forsøk med forskjellige næringsalter:

Maltose g/l	N	MgSo ₄ 7H ₂ O g/l	Fosfater mmol/l	Relativ vekst:
1	NH ₄ Cl	0,1	0,05	<u>1,00</u>
10	0,1 g/l	"	"	3,40
10	NH ₄ Cl	"	"	3,60
10	1 g/l	"	"	0,50
1	0	0	0	
1	KNO ₃	0,1	0,05	1,05
1	0	0,1	0,05	0

Tabell 51

Forsøk med vann fra Otra og fra bekken ved forsøksanlegget. Relativ vekst ved tilsetning av 1 g/l maltose og forskjellige næringsalter i overskudd.

Vann fra:	Kalium K	Ammonium NH ₄ ⁺	Fosfater PO ₄ ⁻⁻⁻	Relativ vekst
Otra	0	0	0	0,15
"	+	0	0	0,10
"	0	+	0	0,50
"	0	0	+	0,20
Bekken	0	0	0	0,05
"	+	0	0	0,10
"	0	+	0	0,50
"	0	0	+	0,05

Tabell 52.

Renneforsøk med vekst av *Fusarium aquaeductuum*.

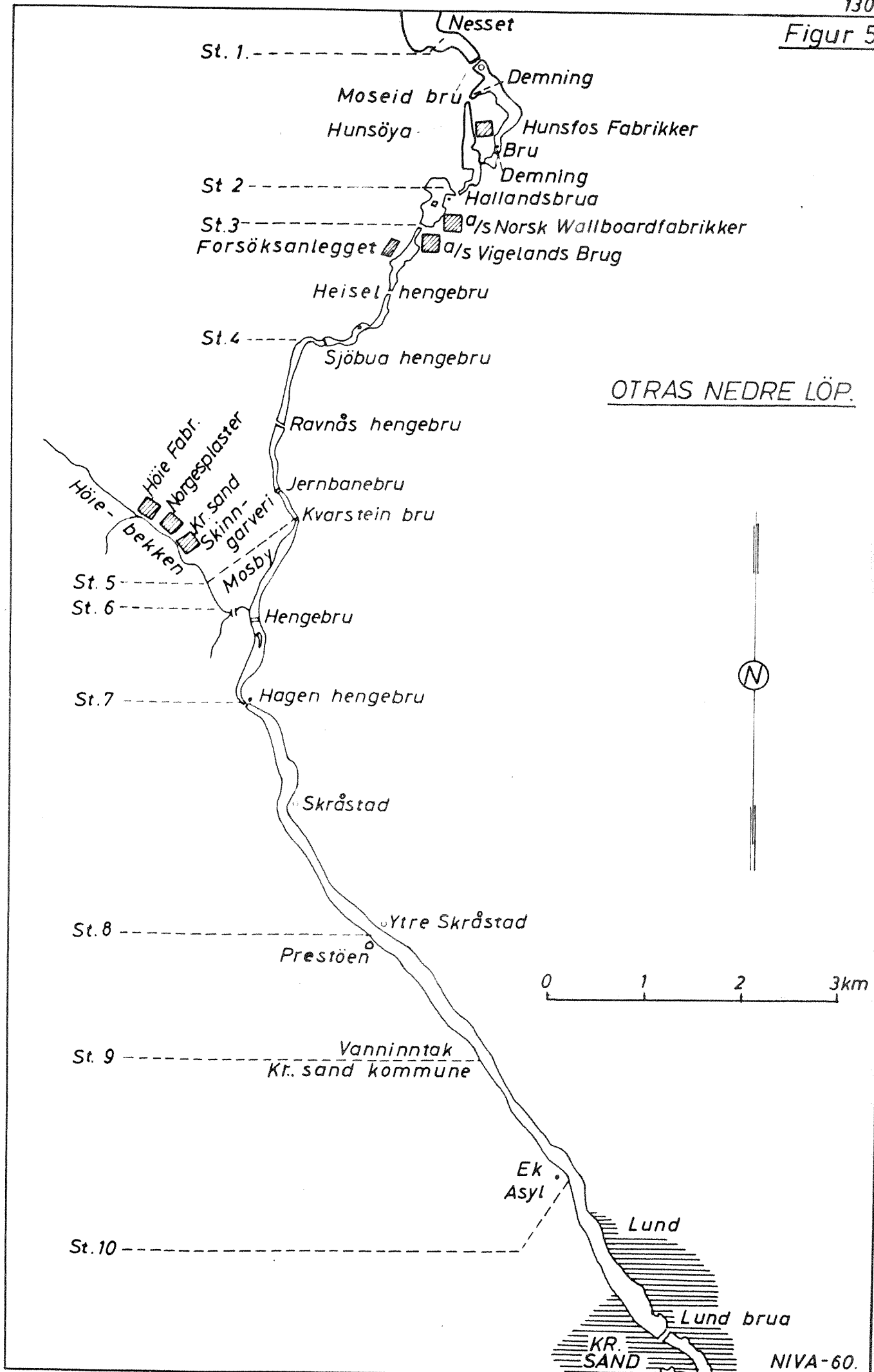
A: Resultat for hver plate.

B: Gjennomsnitt for hver tredjedel i rennen.

v = vekst pr. plate.

v/t = vekst pr. plate pr. time.

Eksponerings- ringstid:	43 t		72 t		90 t		116 t		120 t		140 t		Middel
	v	v/t	v	v/t	v	v/t	v	v/t	v	v/t	v	v/t	
A. 1 m	0,5	0,01			15,4	0,17							0,09
2,5 "													
5 "			15,0	0,21	31,0	0,35			33,0	0,28	36,3	0,26	0,26
6 "	7,1	0,17						35,6	0,31				
10 "			24,9	0,35	28,8	0,32			43,2	0,36	31,2	0,22	0,31
12 "	6,9	0,16											
15 "			14,3	0,20	17,9	0,20			30,8	0,26	29,6	0,21	0,21
16,5 "								21,8	0,19				
18 "	4,1	0,10											
20 "			6,8	0,10	14,7	0,16			24,7	0,21	29,6	0,21	0,16
25 "	5,7	0,13	5,9	0,08	12,1	0,14					24,6	0,18	0,11
30 "	3,6	0,08	4,0	0,06	8,9	0,10			5,3	0,04	16,9	0,12	0,10
B.5-10 "	7,0	0,16	20,0	0,28	29,9	0,33			38,1	0,32	33,8	0,24	
15-20 "	4,1	0,10	10,6	0,15	16,3	0,18			27,8	0,23	29,8	0,21	
25-30 "	4,5	0,11	5,0	0,07	10,5	0,12			5,3	0,04	20,8	0,15	
Middel		0,12		0,17		0,21			0,21		0,20	0,20	

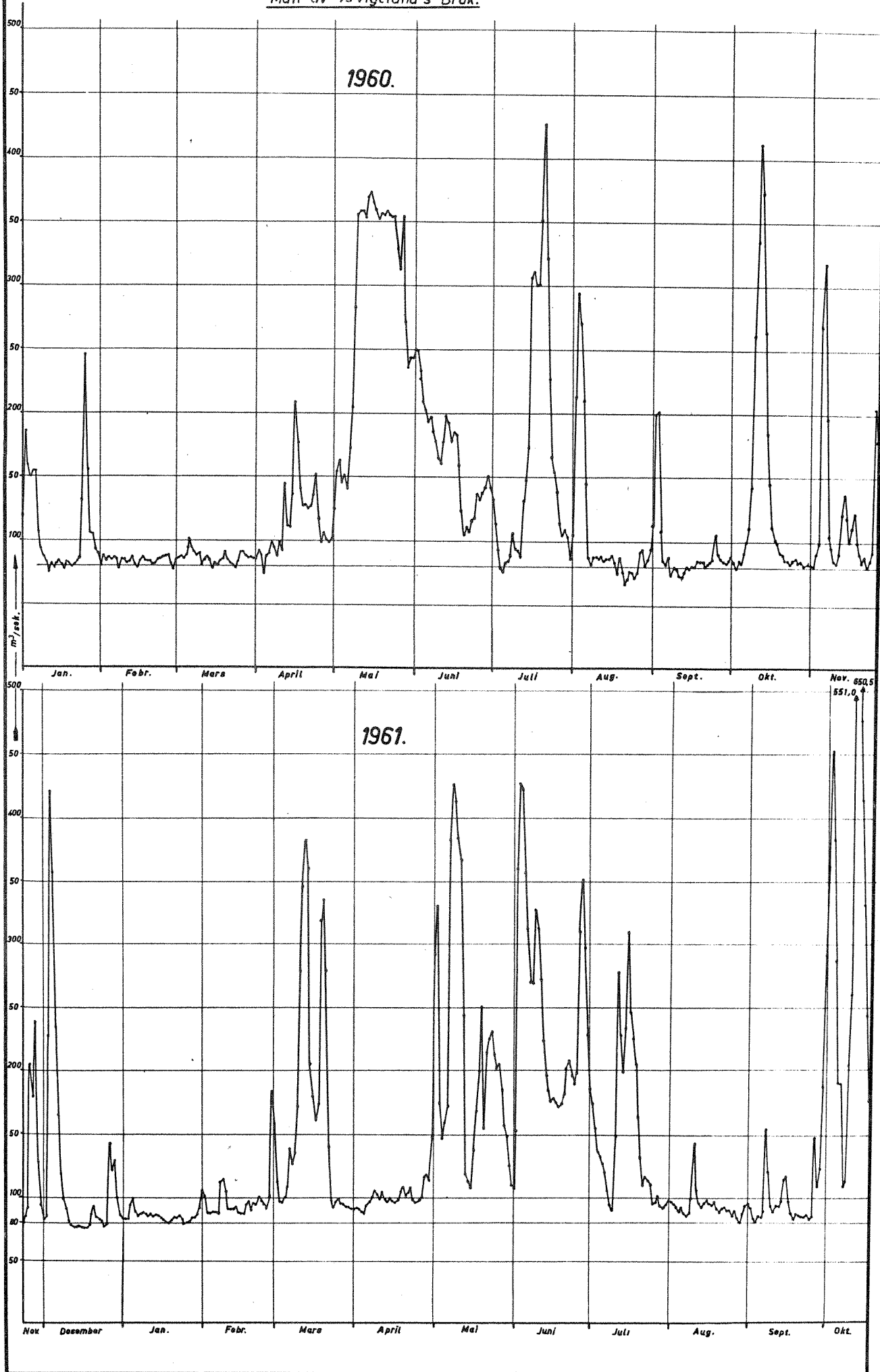


OTRAS NEDRE LÖP.

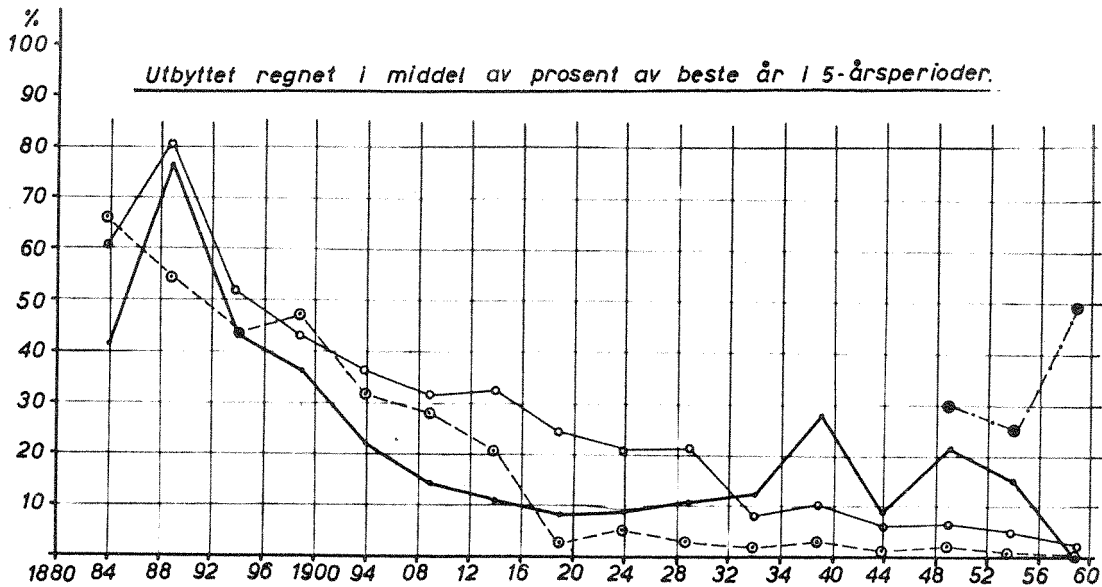
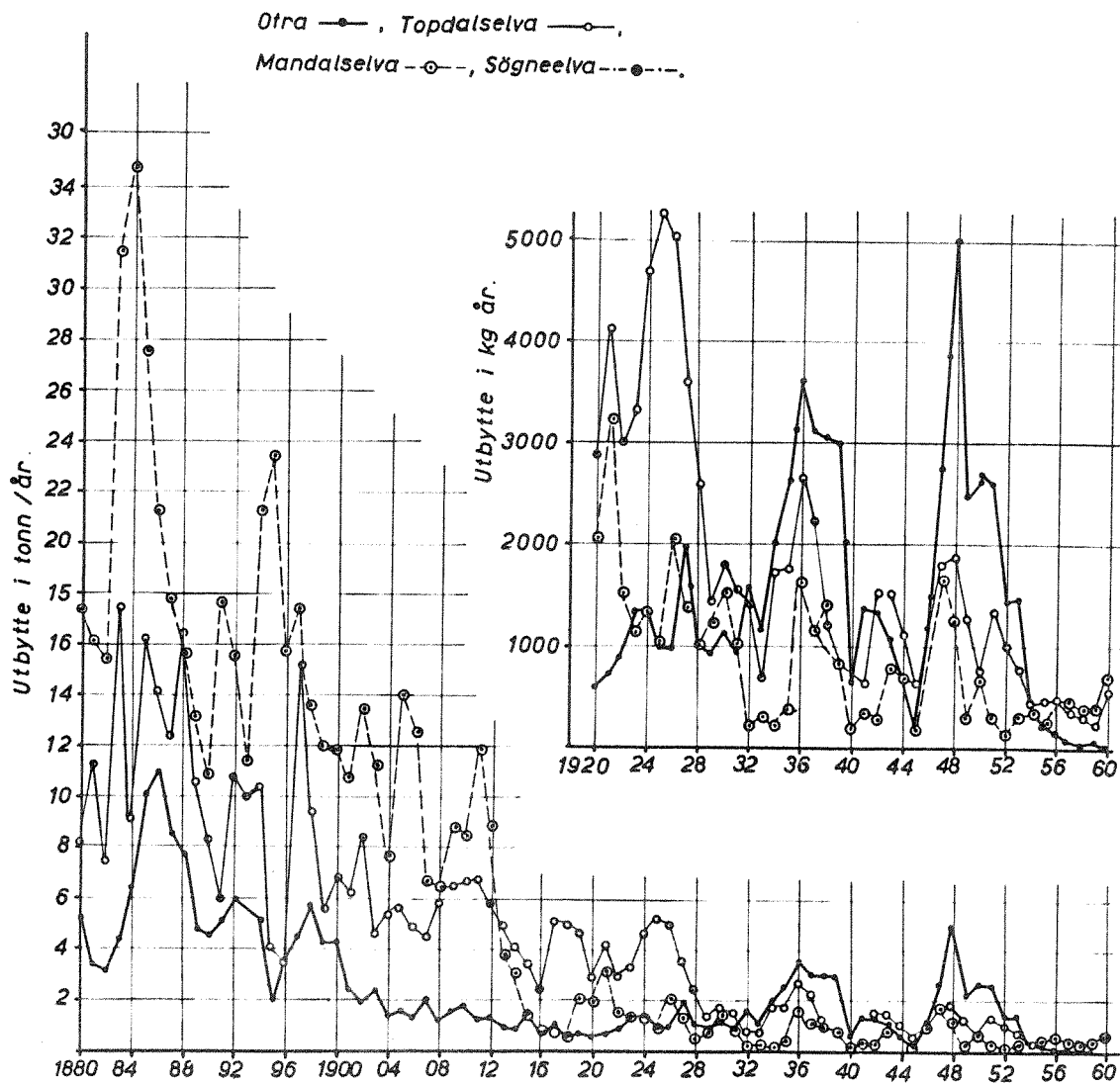


Lund
Lund brua
KR. SAND

Målt av *Q/s Vigeland's Bruk.*



Utbyttet av laksefisket i noen sørlandselver.
1880-1960.

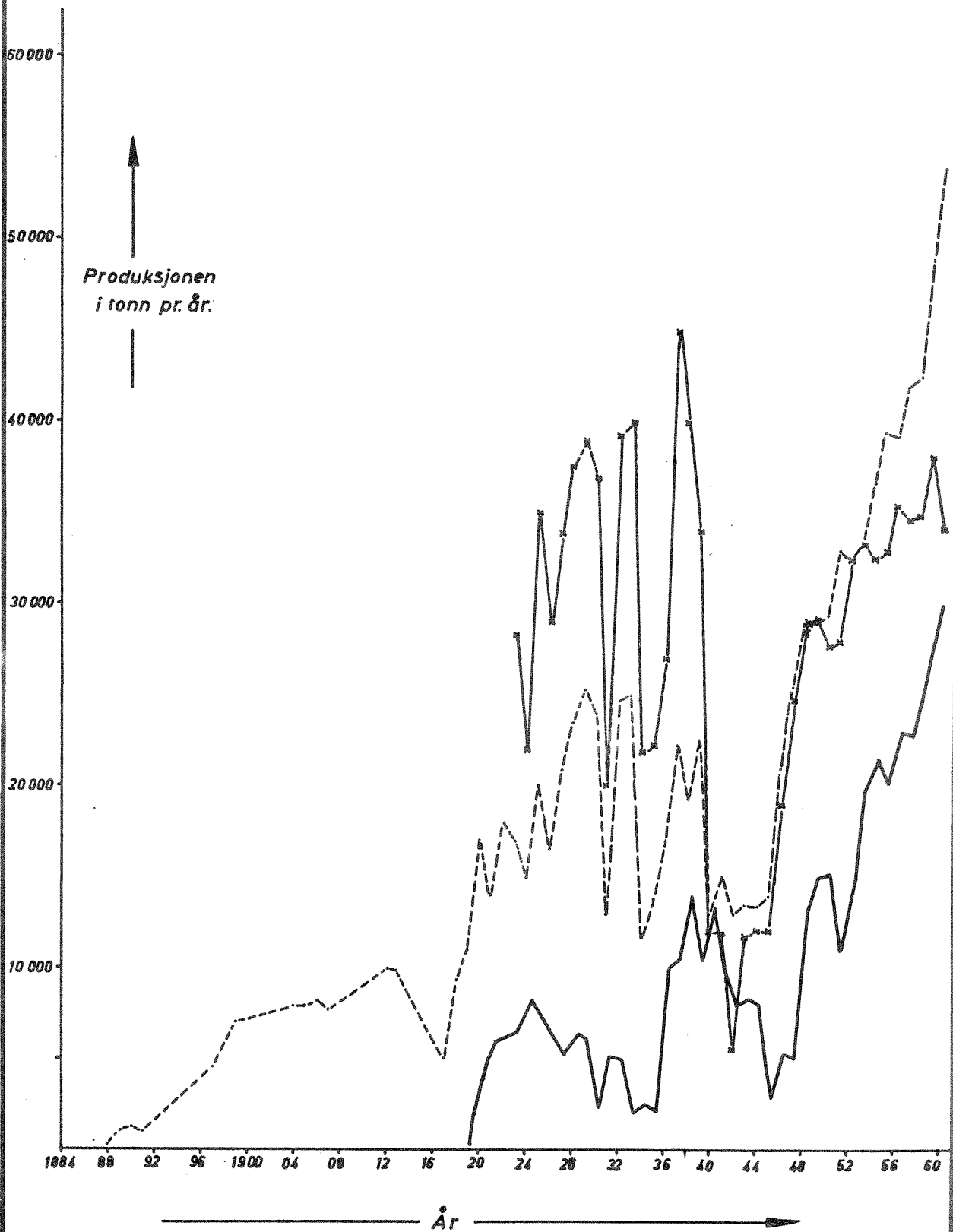


Produksjonen ved Hunsfos Fabrikker 1888 - 1960.

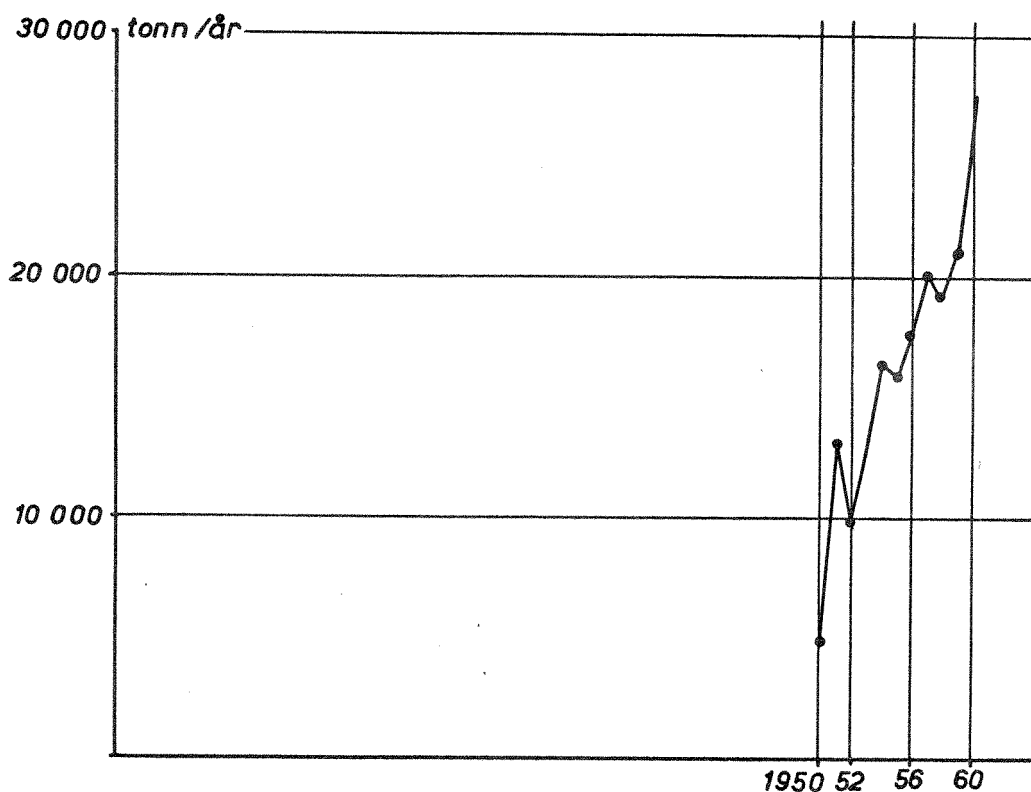
Celluloseproduksjon, 90% ubleket masse. ———

Tremasseproduksjon, 50% tørr masse. ———

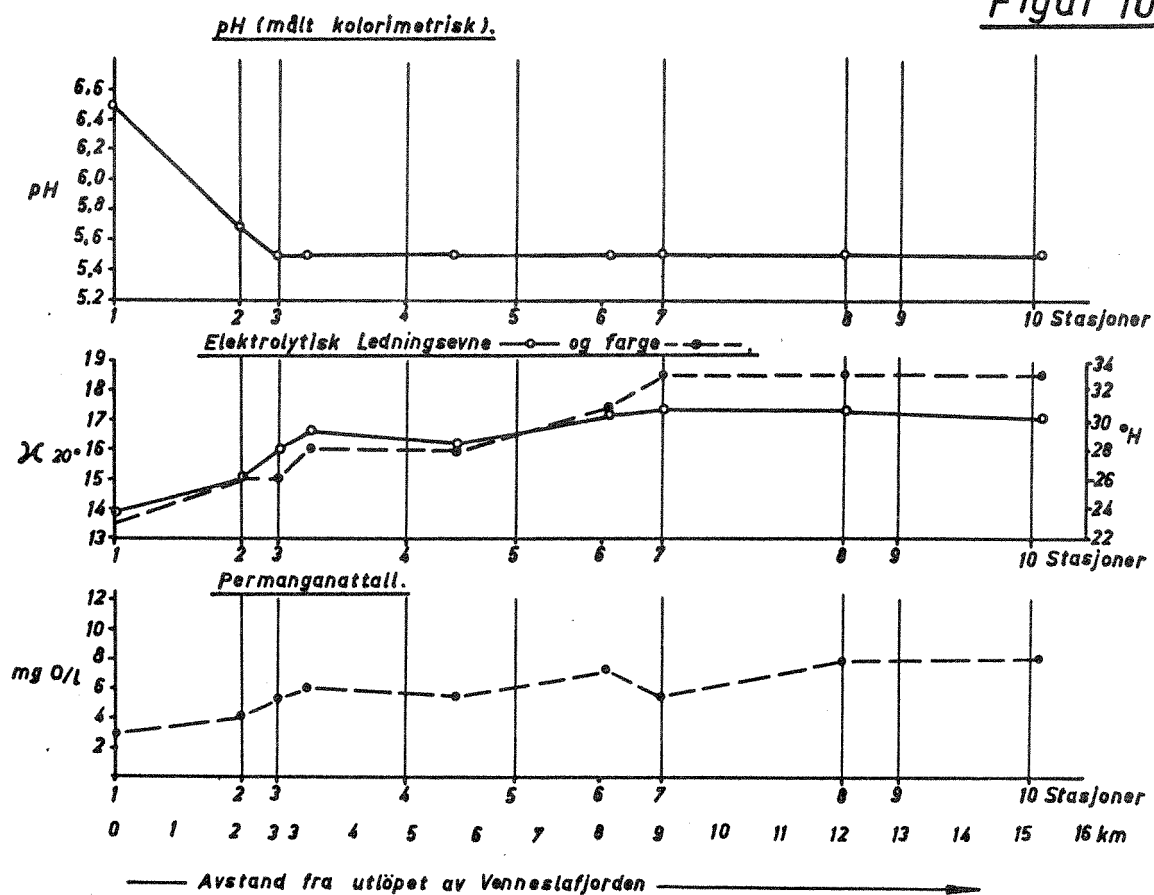
Papirproduksjon. - - - - -



Figur 9.

Produksjonen ved a/s Norsk Wallboardfabrikk 1950-60.Hårde og halvharde trefiberplater.Resultater av enkeltprøver fra den 15/7 - 1960.

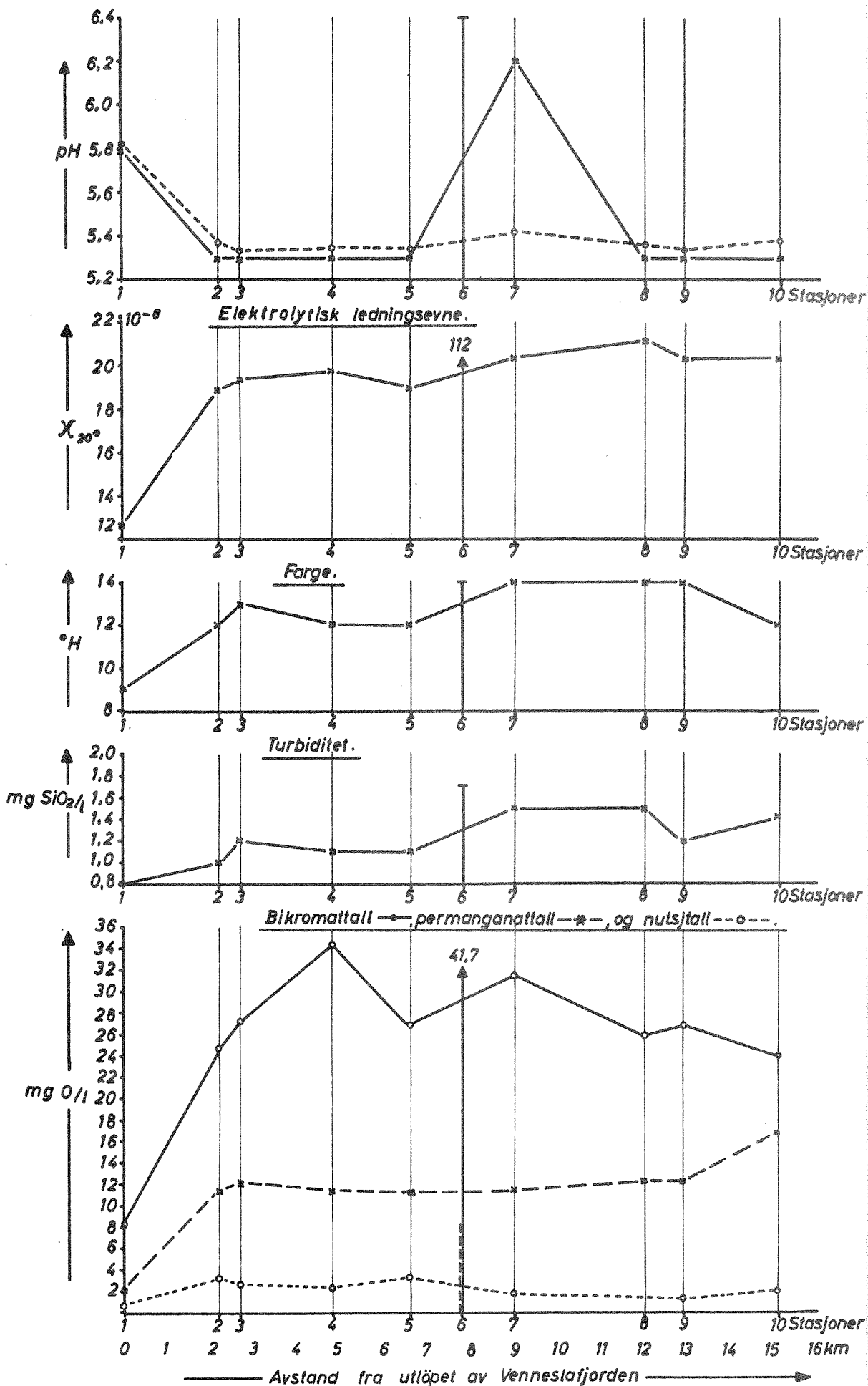
Figur 10.



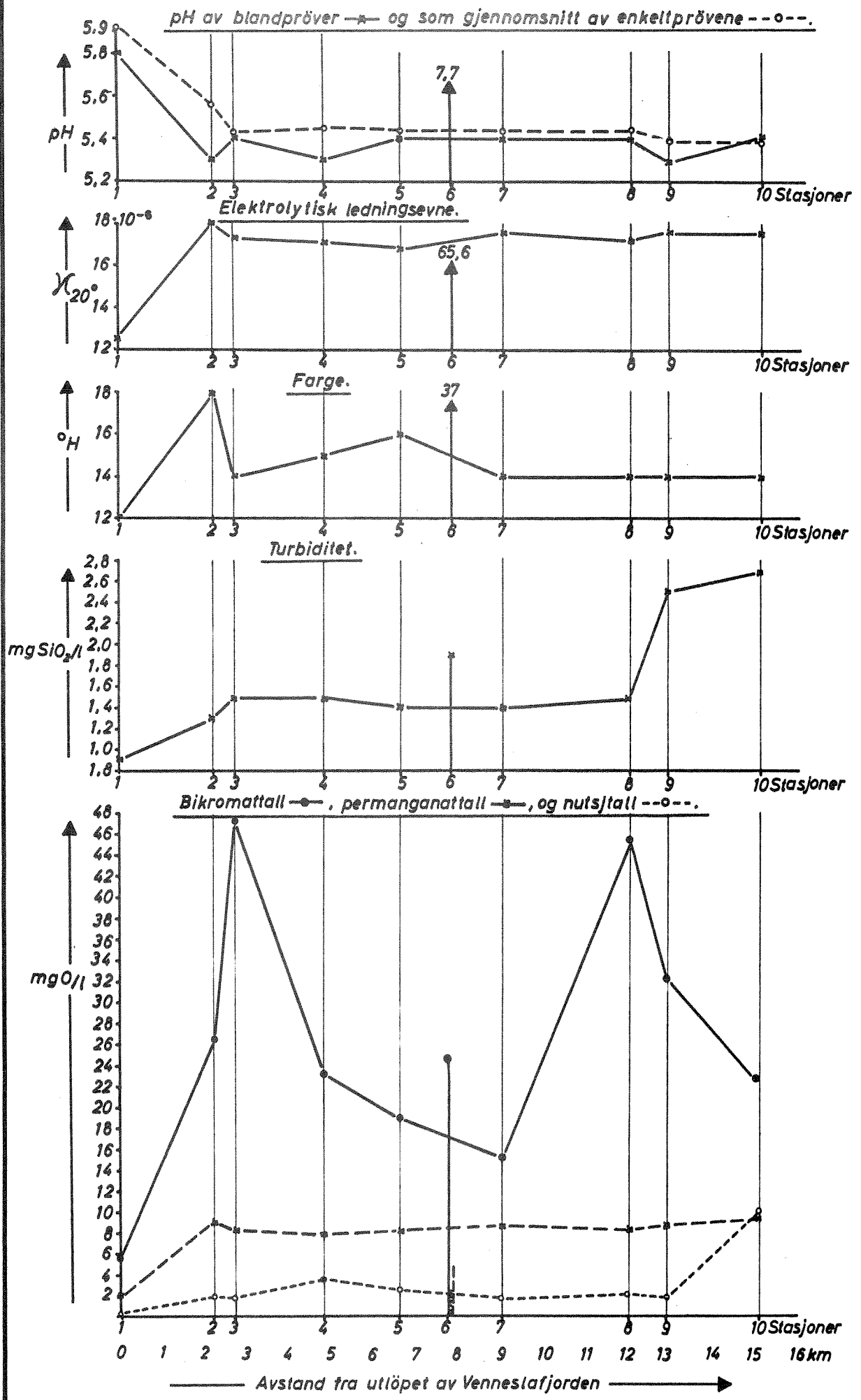
Figur 11.

Resultater av blandprøve fra 29-9-1960.

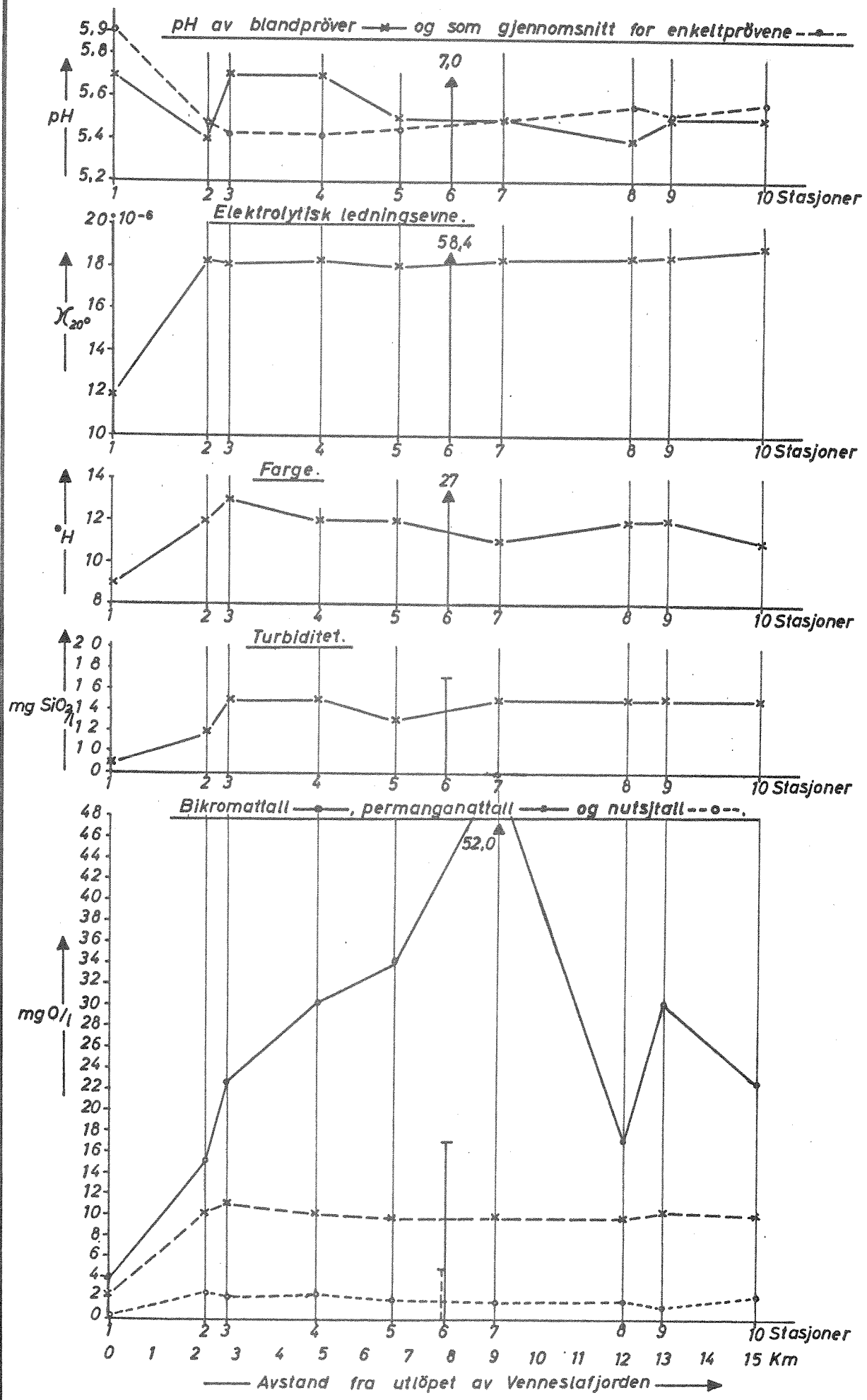
pH av blandprøve —●— og som gjennomsnitt av enkeltprøvene --○--.



Resultater av blandprøve fra 30/9-1961. Figur 12.

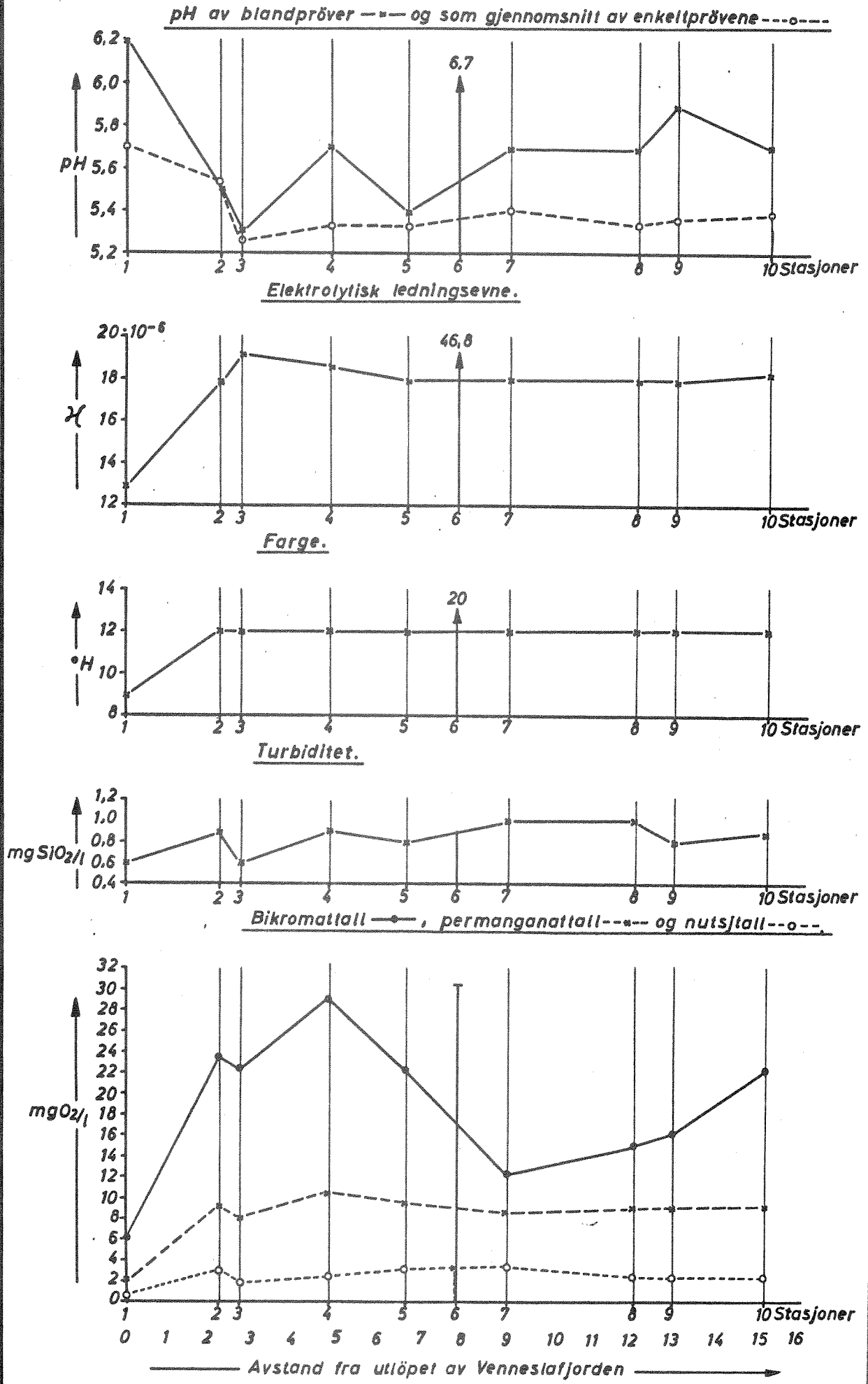


Resultater av blandprøver fra 1/10-1960. Figur 13.



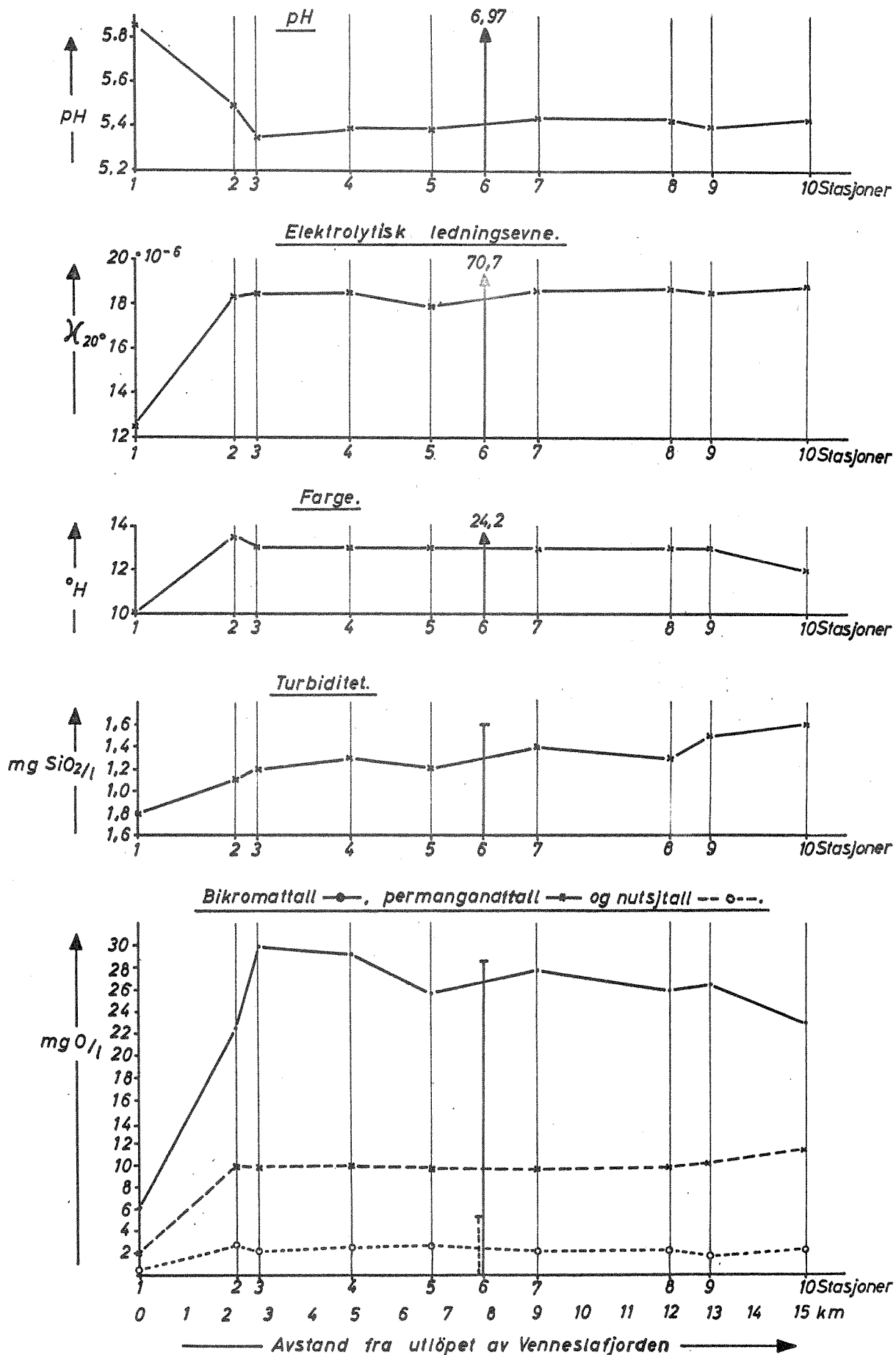
Figur 14.

Resultater av blandprøver fra 2/10-1960.

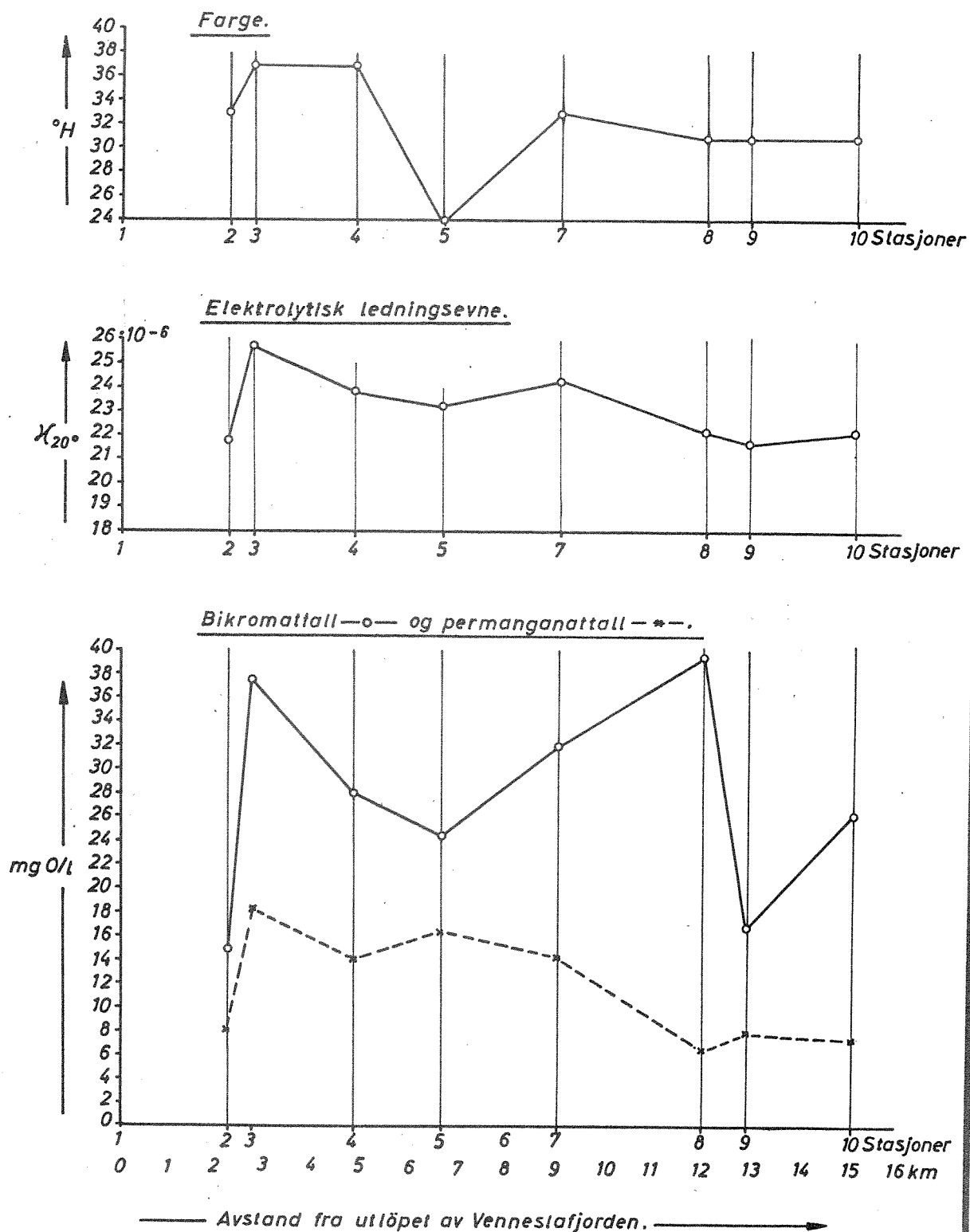


Gjennomsnitt av resultater fra dagene

29/9-30/9-1/10 og 2/10-1960.



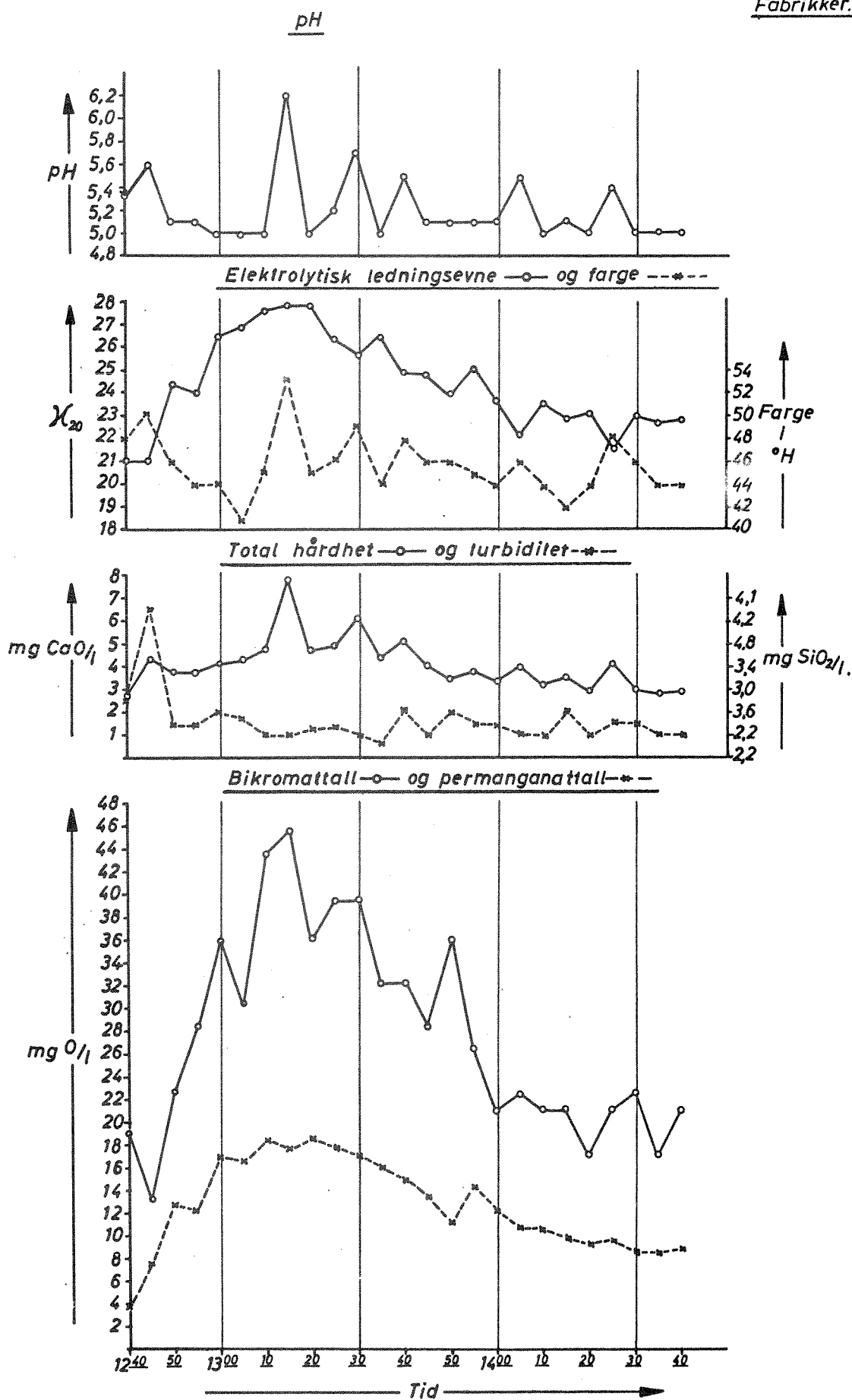
Resultater av enkeltprøver den 7/12-1960.



Resultater fra stasjon 2, den 14-11-1960.

Prøver tatt med 5minutters intervaller etter f6mning av kok ved Hunsfos

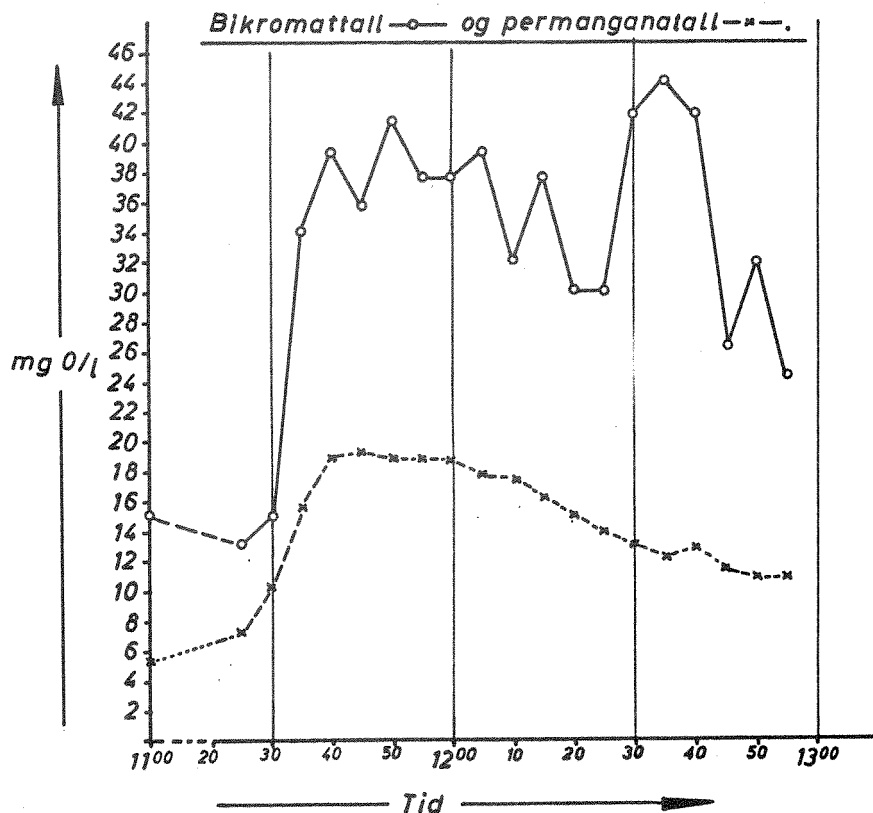
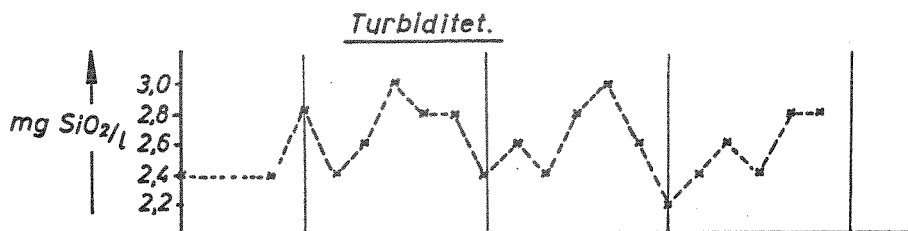
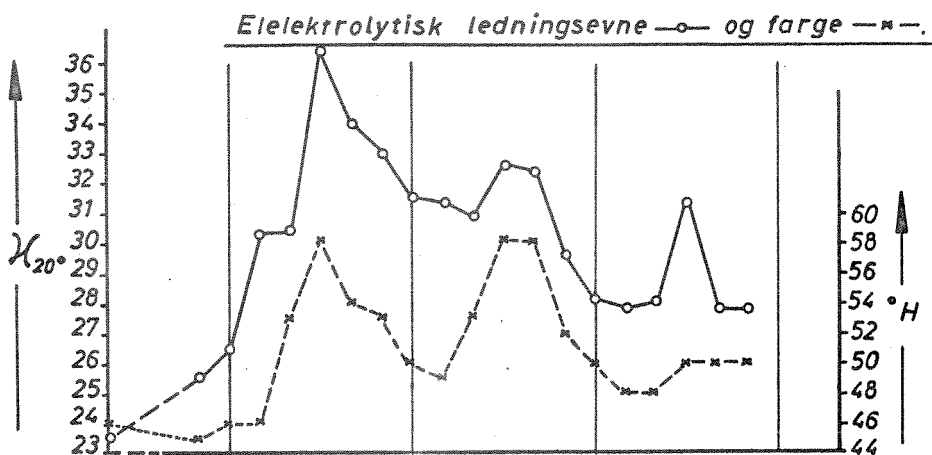
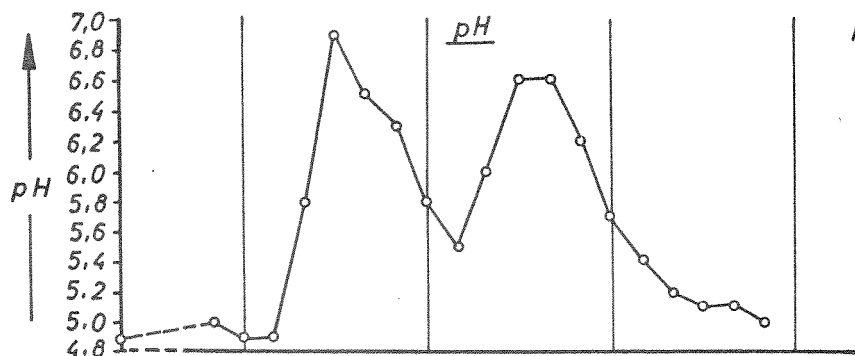
Fabrikker.



Resultater fra stasjon 2, den 16/11-1960. Figur 18.

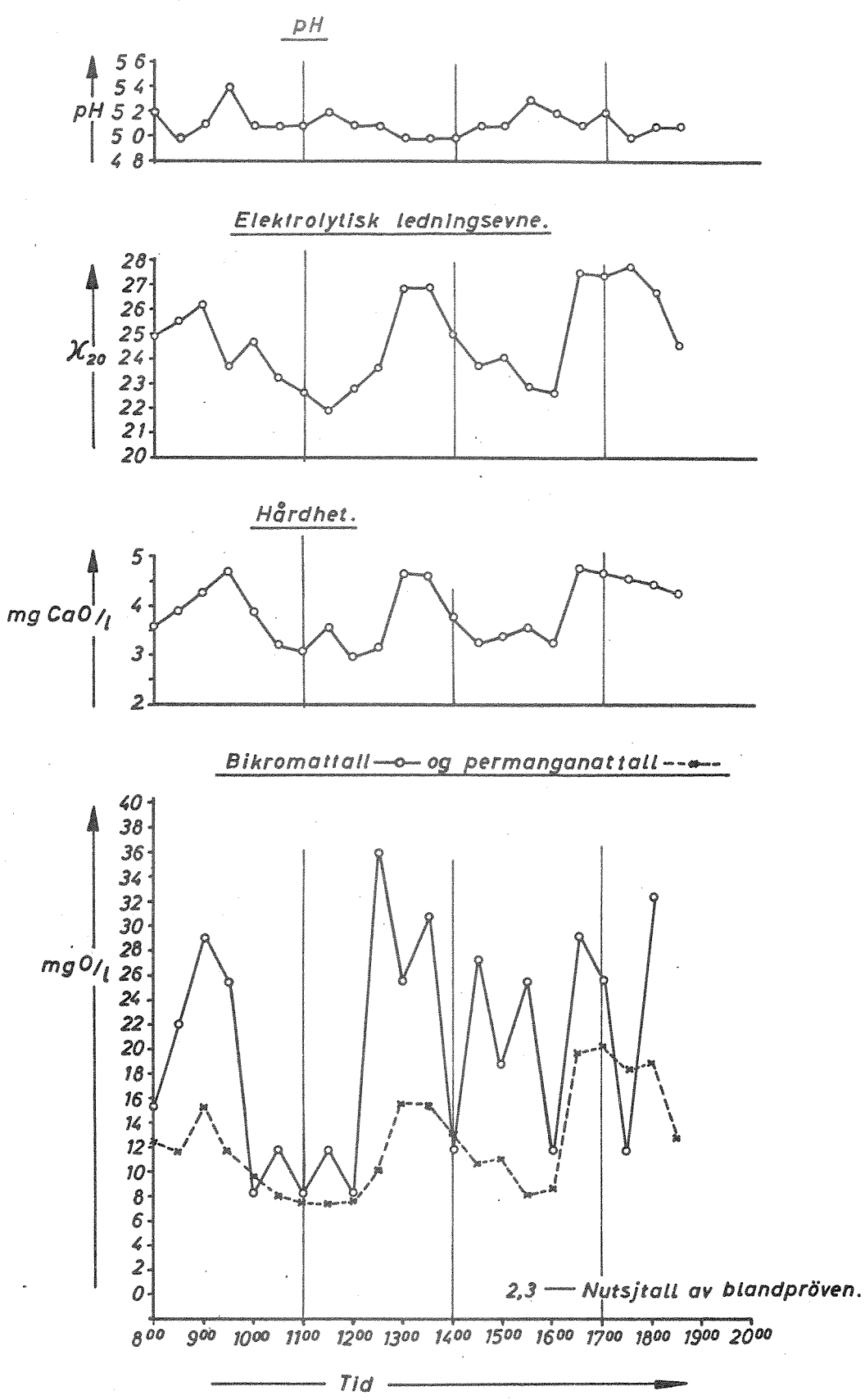
Prøver tatt med 5 min. intervaller etter tømning av kok ved

Hunfos Fabrikker.

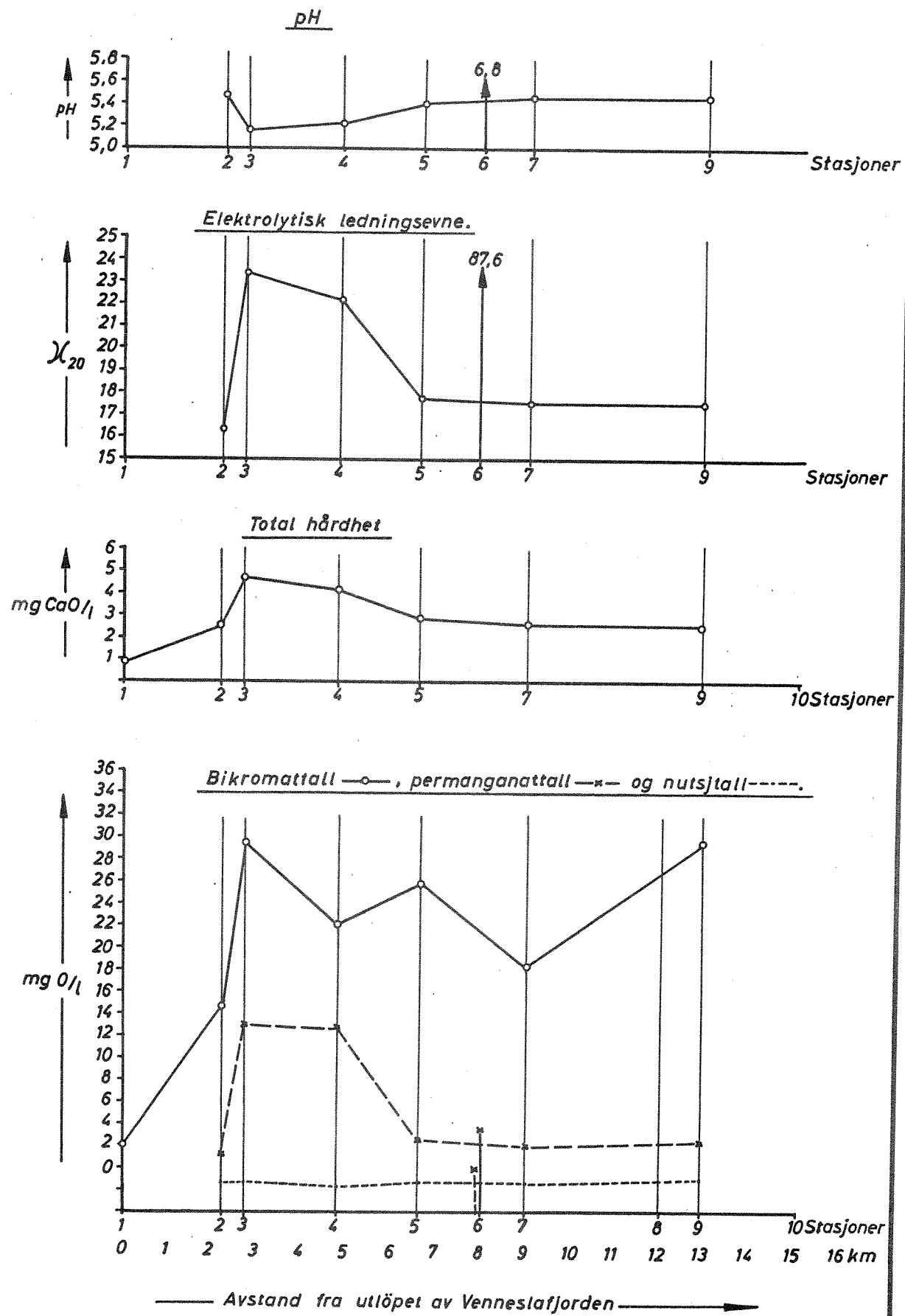


Resultater fra stasjon 4, den 1/3-1961.

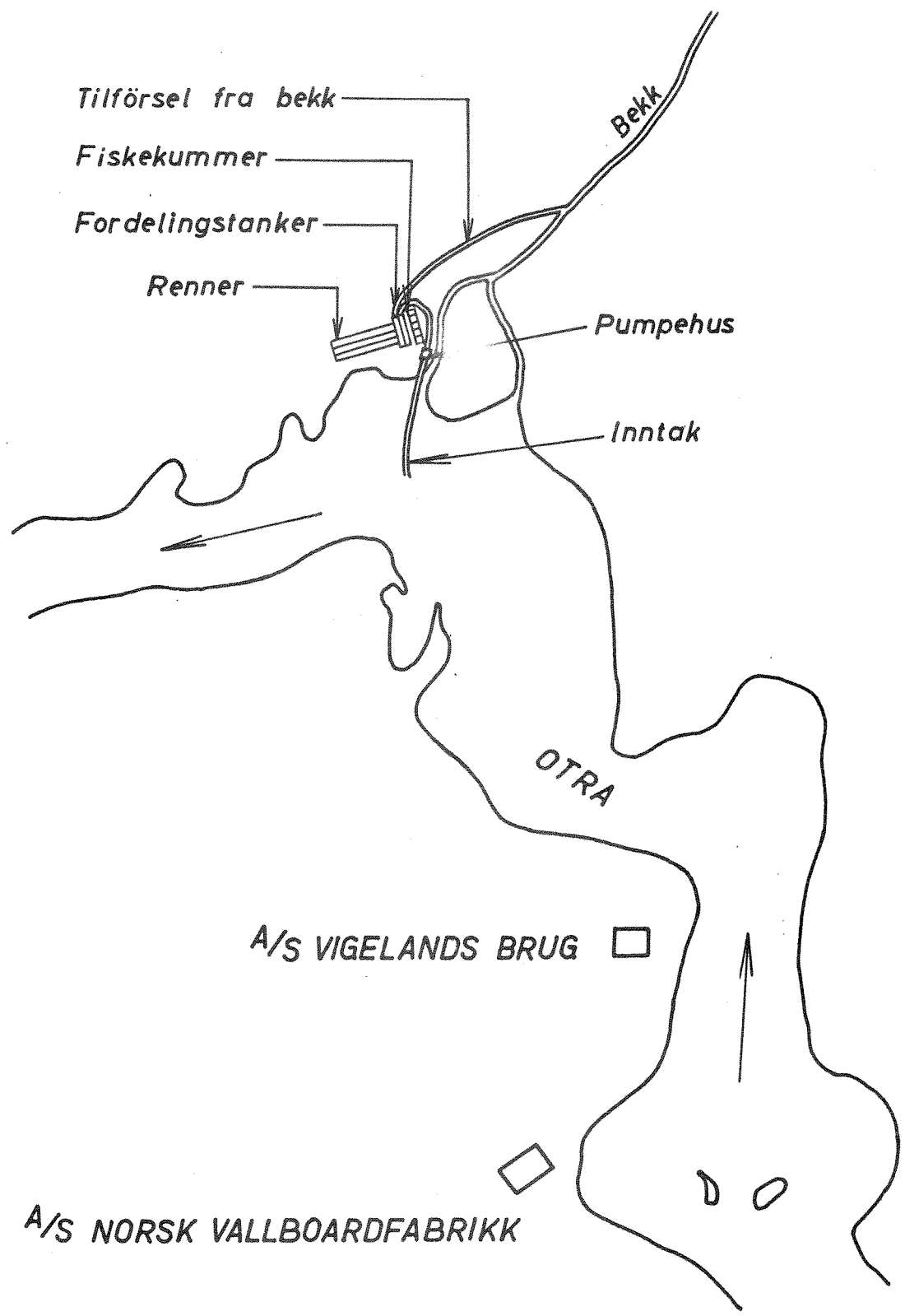
Prøver tatt med 1/2 times intervaller.



Resultater av enkeltprøver fra den 18-4-1961.



Figur 21.

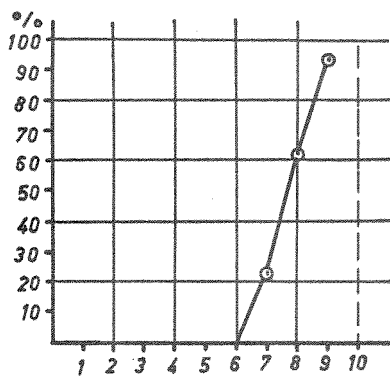


SITUASJONSSKISSE.

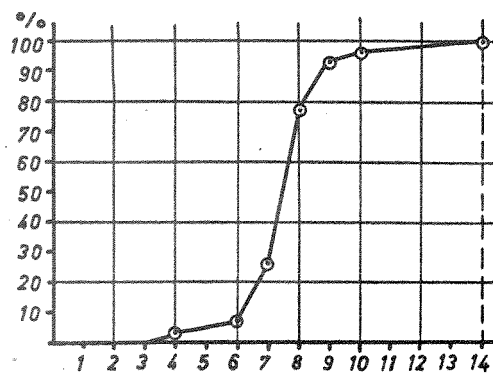
AV FORSÖKSANLEGGET.

Forsök med årsyngel av aure i vann fra Otra.
Prosent kumulativ dödellighet etter døgn.

Forsök 1. 18/7 - 29/7.

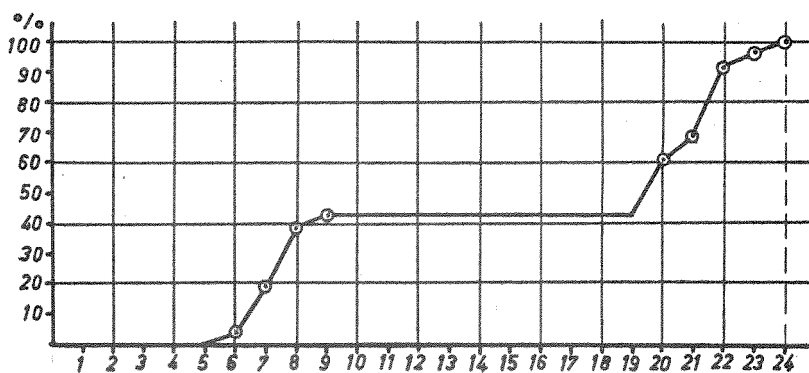


Forsök 2. 23/8 - 6/9.



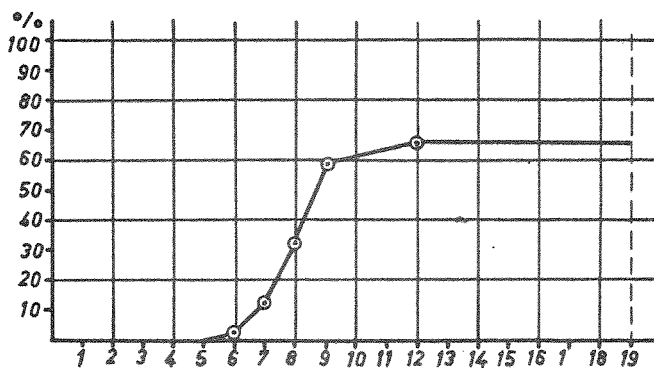
———— Tid i døgn —————>

Forsök 3. 1/9 - 25/9.



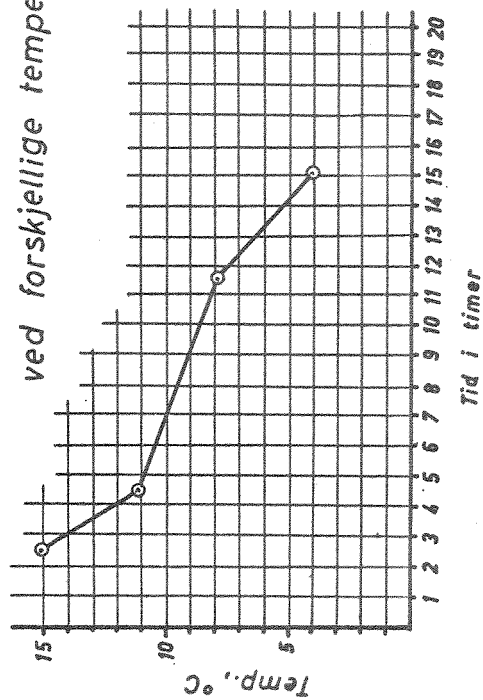
———— Tid i døgn —————>

Forsök 4. 20/9 - 9/10

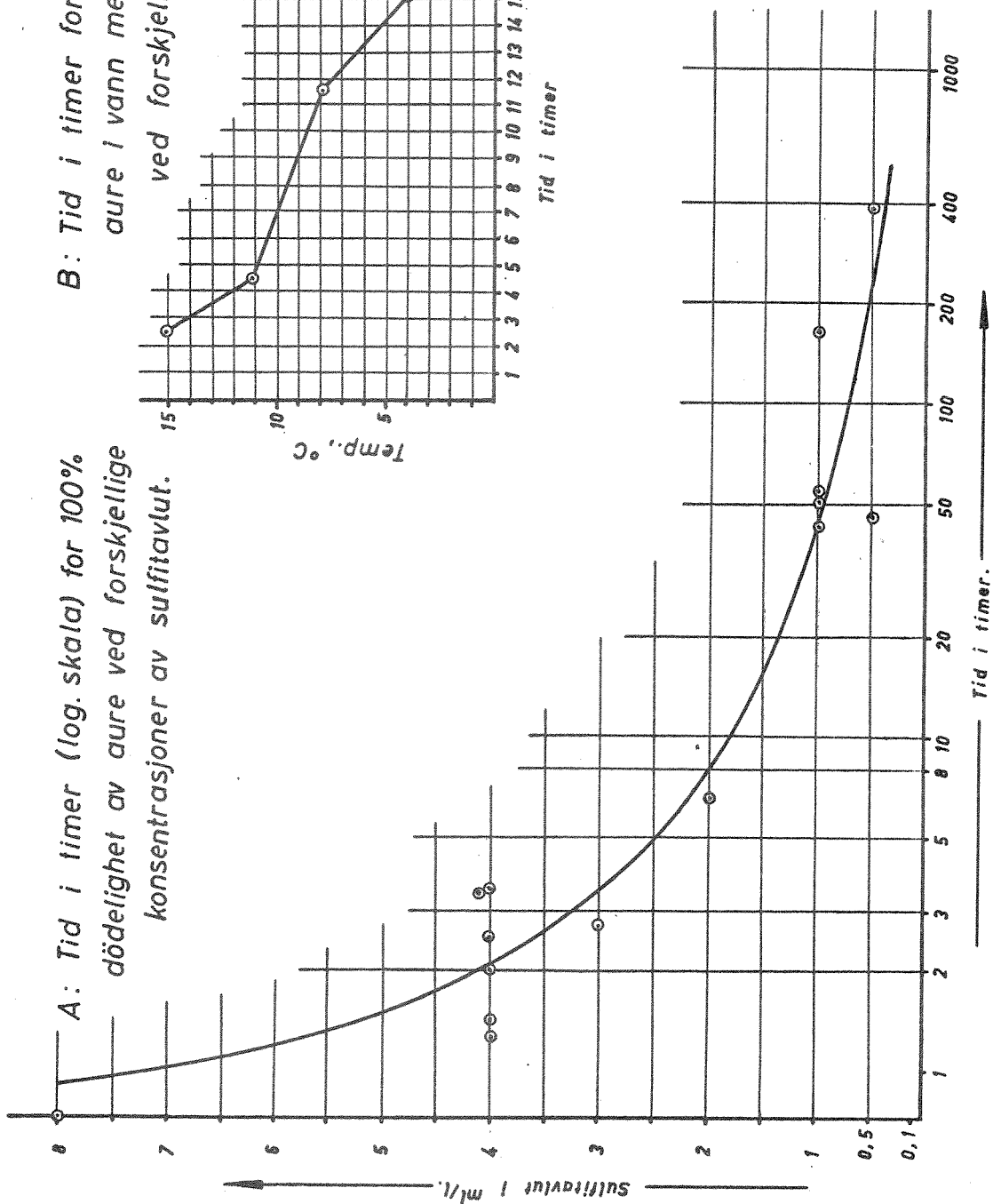


———— Tid i døgn —————>

B: Tid i timer for 100% dødelighet av aure i vann med 5 ml sulfitavlut/l vann ved forskjellige temperaturer.

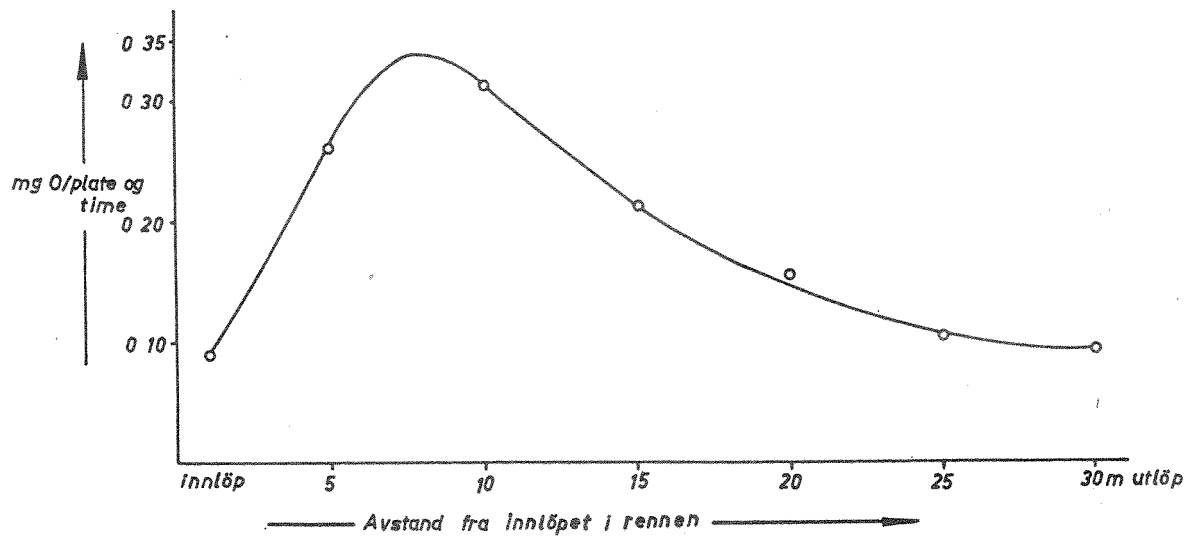


A: Tid i timer (log. skala) for 100% dødelighet av aure ved forskjellige konsentrasjoner av sulfitavlut.

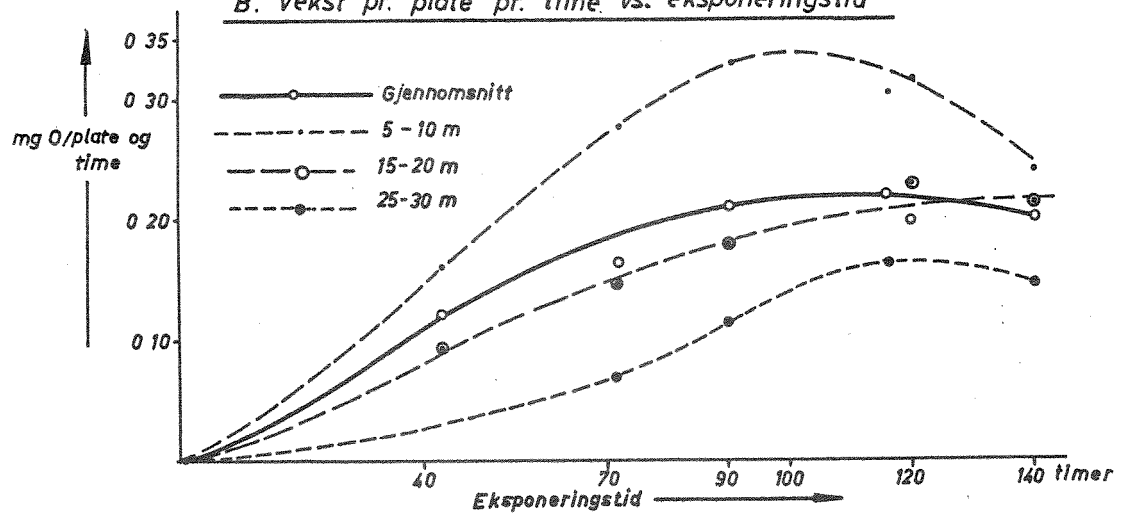


Renneforsök med vekst av *Fusarium aqueductuum*.

A. Gjennomsnittlig vekst pr. plate pr. time vs. plassering i rennen.



B. Vekst pr. plate pr. time vs. eksponeringstid



C. Vekst pr. plate vs. eksponeringstid

