

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-6/70

OBSERVASJONER I GJERSJØEN

I TIDSROMMET 1968 - 1976

15. juli 1977

Saksbehandler: cand.real. Hans Holtan  
Medarbeider: cand.real. Turid Hellstrøm

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

## FORORD

Denne rapport er utarbeidet på grunnlag av undersøkelser av de fysisk-kjemiske og biologiske forhold i Gjersjøen i tidsperioden 1968 - 1976. Bearbeidelsen av materialet er foreløpig.

I begynnelsen av denne periode ble det bygget stasjoner for vannføringsmåler i 5 av hovedtilløpene og i avløpet. Dette var nødvendig for å kunne beregne stofftransporten (stoffbudsjettet) til innsjøen. De første resultater av denne art fremkom i 1971 ca. 1/2 år før Nordre Follo kloakkrensaneanlegg ble satt i drift. Beregningen av forurensningsbelastningen før kloakkvannsaneringen er derfor mangelfull.

Feltarbeidet er utført av flere av instituttets ansatte - i første rekke cand.real. L. Lillevold, ingeniør B. Hals og forskningsass. Gj. Holtan. De kjemiske analyser er utført på instituttets rutinelaboratorium. Cand.real. Pål Brettum og hans assistenter har analysert og bearbeidet planteplanktonmaterialet.

Bearbeidelsen av tallmateriale er foretatt av forskningsass. Gj. Holtan og cand.real. Turid Hellstrøm. Sistnevnte har også vært ansvarlig for utarbeidelsen av denne rapport.

Blindern, juni 1977

Hans Holtan

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	6
2. KORT BESKRIVELSE AV FORHOLDENE I GJERSJØEN	
I TIDSROMMET 1968 - 1976	7
2.1 Oksygen	7
2.2 pH	12
2.3 Konduktivitet	12
2.4 Fosfor	17
2.5 Nitrogen	24
2.6 Partikulært organisk materiale	31
3. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD	35
3.1 Bakteriologiske observasjoner	35
4. GJERSJØENS TILLØPS- OG UTLØPSELVER	35
4.1 Materialtransport	35
5. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	50

TABELLFORTEGNELSE

1. Oversikt over kationer og anioner 3/8-70 og 2/9-76	16
2. Bakteriologiske analyseresultater	36
3. Gjersjøens fosfor- og nitrogenbudsjett i perioden 1972-1976	37

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O <sub>2</sub> /l. 1 m dyp	8
2. Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O <sub>2</sub> /l. 8 m dyp	9
3. Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O <sub>2</sub> /l. 30 m dyp	10
4. Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O <sub>2</sub> /l. 50 m dyp	11
5. Gjersjøen 1968-1976. pH-observasjoner. 1 m dyp	13
6. Gjersjøen 1968-1976. pH-observasjoner. 8 m dyp	14
7. Gjersjøen august og september 1960-1976. Elektrolytisk ledningsevne, µS/cm, 20°C, 1 m, 16 m og 50 m	15
8. Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l. Månedsmiddelverdier: 10 m dyp: dybder 0-10 m 40 m dyp: dybder 10-40 m 50 m dyp: dybder 40-50 m	18
9. Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l. Månedsmiddelverdier: 60 m dyp: dybder under 50 m	19
10. Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l. 1 m dyp	20
11. Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l. 8 m dyp	21
12. Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l. 50 m dyp	22
13. Gjersjøen 1968-1976. Vår- og sommerobservasjoner. Totalfosfor (PT) og ortofosfat P(PO <sub>4</sub> ) i µg P/l. 1 m, 8 m og 40 m	23
14. Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l. Månedsmiddelverdier: 10 m dyp: dybder 0-10 m 40 m dyp: dybder 10-40 m 50 m dyp: dybder 40-50 m	25
15. Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l. Månedsmiddelverdier: 60 m dyp: dybder under 50 m	26
16. Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l. 1 m dyp	27
17. Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l. 8 m dyp	28
18. Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l. 50 m dyp	29
19. Gjersjøen 1968-1976. Vår- og sommerobservasjoner. Totalnitrogen (NT) og nitrat N(NO <sub>3</sub> ) i µg N/l. 1 m, 8 m og 40 m	30

Figurfortegnelse (fortsatt)

	Side
20. Gjersjøen 1971-1976. Partikulært organisk materiale i mg/l. 1 m og 6 m	33
21. Gjersjøen 1971-1976. Partikulært organisk materiale i mg/l. 8 m og 30 m	34
22. Fosforbelastning i relasjon til middel dybde for noen større innsjøer i Sveits, Nord-Amerika, Finland, Sverige og Norge (etter Vollenweiders (1968) eutrofimodell)	41
23. Kantorbekken mars 1971-1976 Vannføring, fosfor- og nitrogenertransport	42
24. Tussebekken mai 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogenertransport	43
25. Greverudbekken mars 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogenertransport	44
26. Sætrebekken 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogenertransport	45
27. Fåleslora april 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogenertransport	46
28. Gjersjøelva juni 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogenertransport	47
29. Gjersjøen. Fosforbelastning i tilførselselvene	48

## 1. INNLEDNING

Gjersjøen har helt fram til februar 1972 vært benyttet som resipient for kommunalt avløpsvann samtidig som innsjøen er drikkevannskilde. Bl.a. av denne grunn er det i hele dette tidsrom blitt foretatt undersøkelser av Gjersjøen og dens tilløp/avløp.

Den første undersøkelsen av Gjersjøen ble utført i 1953-1954. (Hovedfagsoppgave, Stene Johansen 1955). Resultatene fra denne undersøkelsen viser at oksygeninnholdet i de dypere lag alltid lå under metning, men det ble aldri påvist oksygenfritt vann i dyplagene mot slutten av stagnasjonsperioden eller overmetning i overflatelagene. pH varierte fra 7,35 til 6,35. pH 7,35 ble målt på 1 m dyp 20. august 1953 og pH 6,35 på 57 m dyp 17. oktober 1953.

Senere undersøkelser av Gjersjøen er utført av Norsk institutt for vannforskning. Resultatene er samlet i følgende rapporter:

O-69        Undersøkelse og vurdering av Gjersjøen som drikkevannskilde.  
Blindern, 26. juni 1959.

O-243       Limmologisk undersøkelse av Gjersjøen 1968-1969.  
Blindern, November 1969.

B-2/69       Limmologisk undersøkelse av Gjersjøen 1970-1971.  
Blindern, mars 1972.

B-3/72       Kvantifisering av biologiske selvrensingsprosesser.  
Blindern, mars 1972.

A02-06       Limmologisk undersøkelse av Gjersjøen 1969-1973.  
Blindern, november 1974.

Gjersjøen 1972-1973. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo,  
v/ Lars Lillevold.

O-69. Allerede i denne rapporten fremgår det at en rekke av algeartene som inngikk i planktonet, var tildels næringskrevende former og tegn på begynnende eutrofiering av innsjøen.

Fra 1960 til 1968 ble utviklingen av Gjersjøen fulgt med to undersøkelsesdager (en om vinteren og en om sommeren) pr. år. I perioden august 1968 til november 1975 er undersøkelsen av Gjersjøen intensivert med flere undersøkelsesdager i året på forskjellige dyp. En del av resultatene fra disse undersøkelsene er samlet i de foregående rapportene.

Her skal det gies en samlet oversikt over de viktigste av undersøkelsesresultatene for tidsrommet 1968-1976. Av særlig interesse er utviklingen i Gjersjøen etter at Nordre Follo kloakkrenseanlegg kom i drift (feb. 1972). Avløpet fra dette renseanlegget blir ført ut i Bunnefjorden. Det meste av kloakken blir dermed ført ut av Gjersjøens nedbørfelt og forurensningen til innsjøen i vesentlig grad redusert.

## 2. KORT BESKRIVELSE AV FORHOLDENE I GJERSJØEN I TIDSROMMET 1968 - 1976

### 2.1 Oksygen

Figur 1 - 4 viser oksygeninnholdet i Gjersjøen i perioden 1968-1976 på 1 m, 8 m, 30 m og 50 m samt årsmiddelverdiene.

1 m prøven (fig. 1) viser et høyt  $O_2$ -innhold med overmetning i sommerperioden. Dette skyldes oksygenproduksjon ved planteplanktonets fotosyntetiske virksomhet. På 8 m dyp (fig. 2) viser kurvene en gradvis nedgang i oksygeninnholdet i vannet mot slutten av sommerstagnasjonsperioden i årene 1968 - 1971. I perioden 1972-1976 er det ikke samme nedgangen i vannets  $O_2$ -innhold om høsten. Grunnen til dette synes å være at det er skjedd en opphopning av aktivt planteplankton (med fotosyntetisk aktivitet) i 1972 på ca. 6 m og senere på ca. 8 m dyp.

Kurvene fra 30 m's dyp (fig. 3) er karakteristiske med nedgang i  $O_2$ -innholdet mot slutten av sommerstagnasjonsperioden og økning igjen under høstsirkulasjonen.

På 50 m's dyp (fig. 4) er det fullstendig oksygenvinn med utvikling av hydrogensulfid ( $H_2S$ ) om høsten. Kurvene fra 30 m og 50 m viser et høyere oksygeninnhold fra 1972 av enn årene før. Vårsirkulasjonen har imidlertid vært mer utviklet i de senere år, særlig gjelder dette 1973.

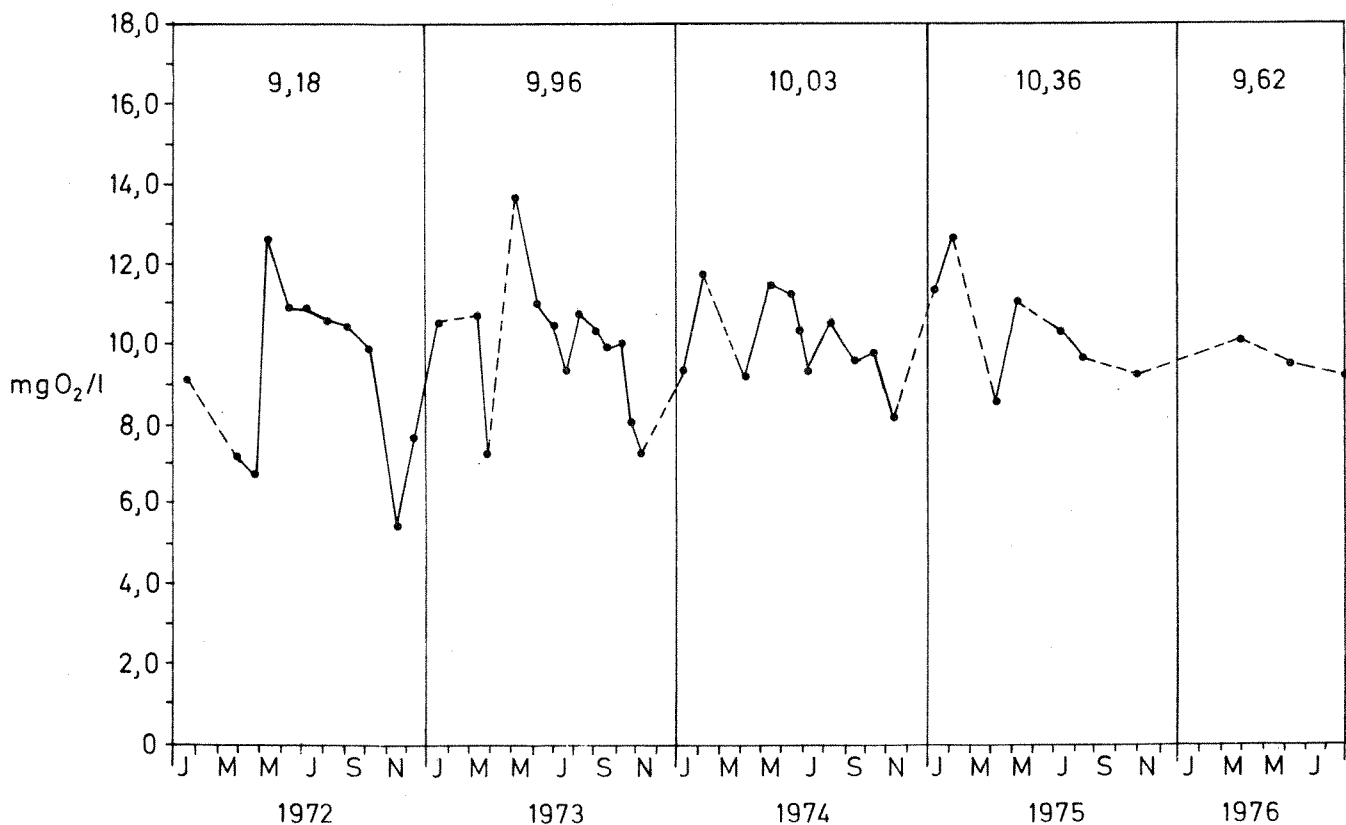
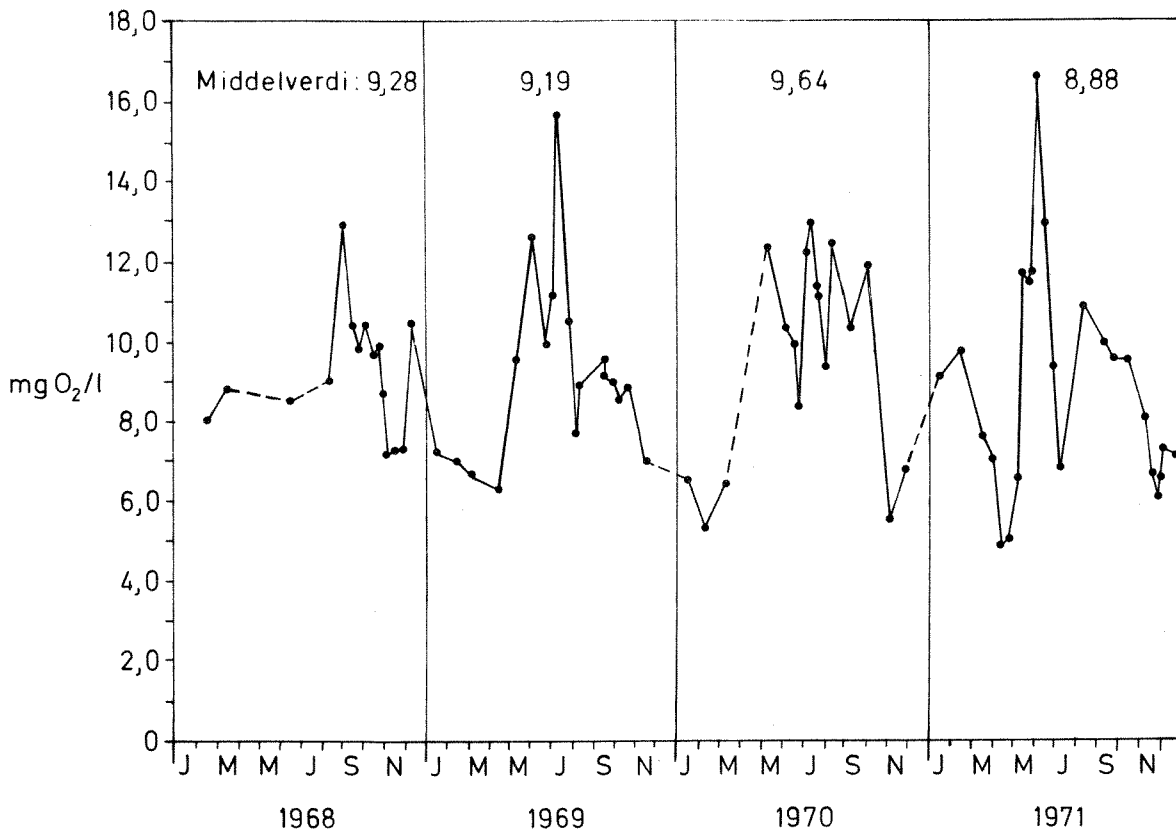


Fig.1 Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O<sub>2</sub>/l.  
1 m dyp.



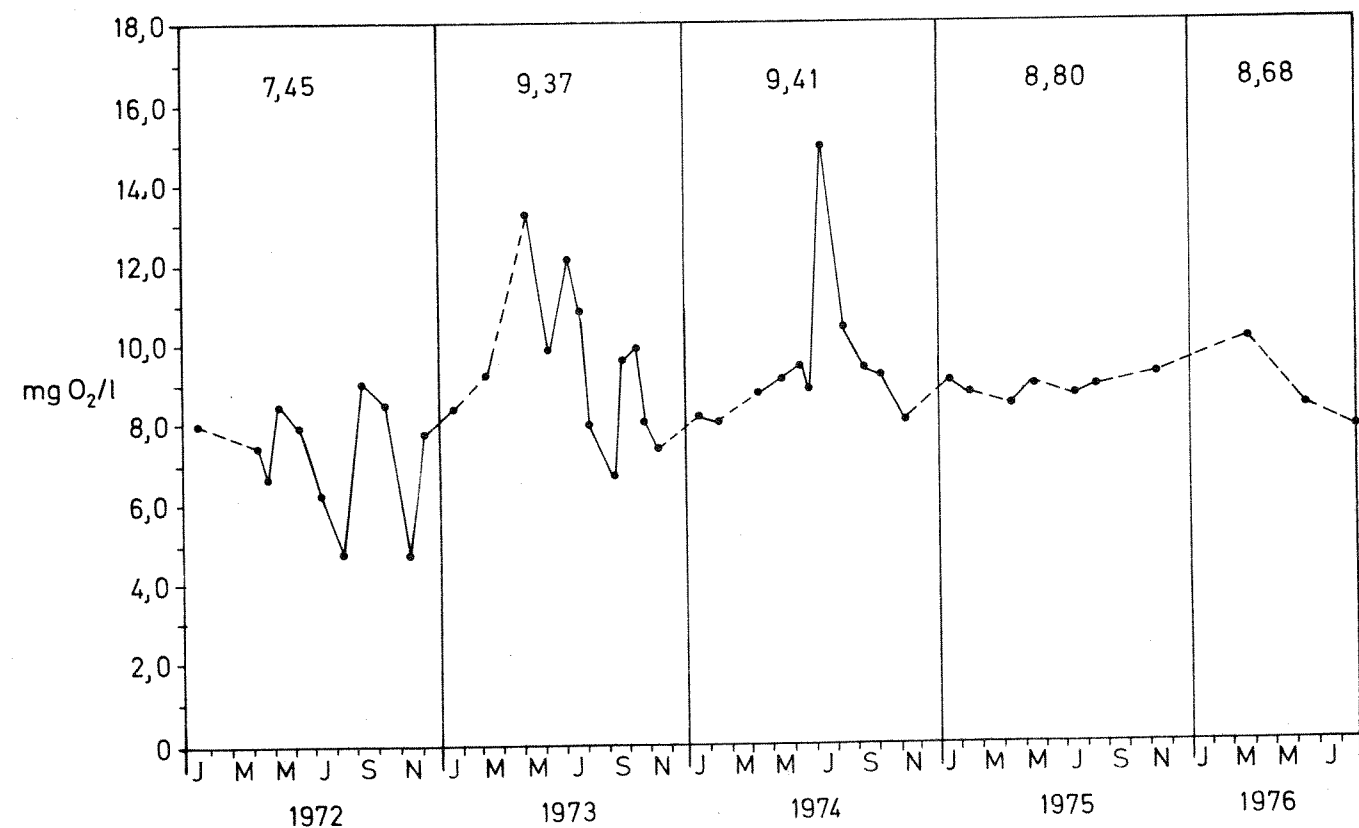
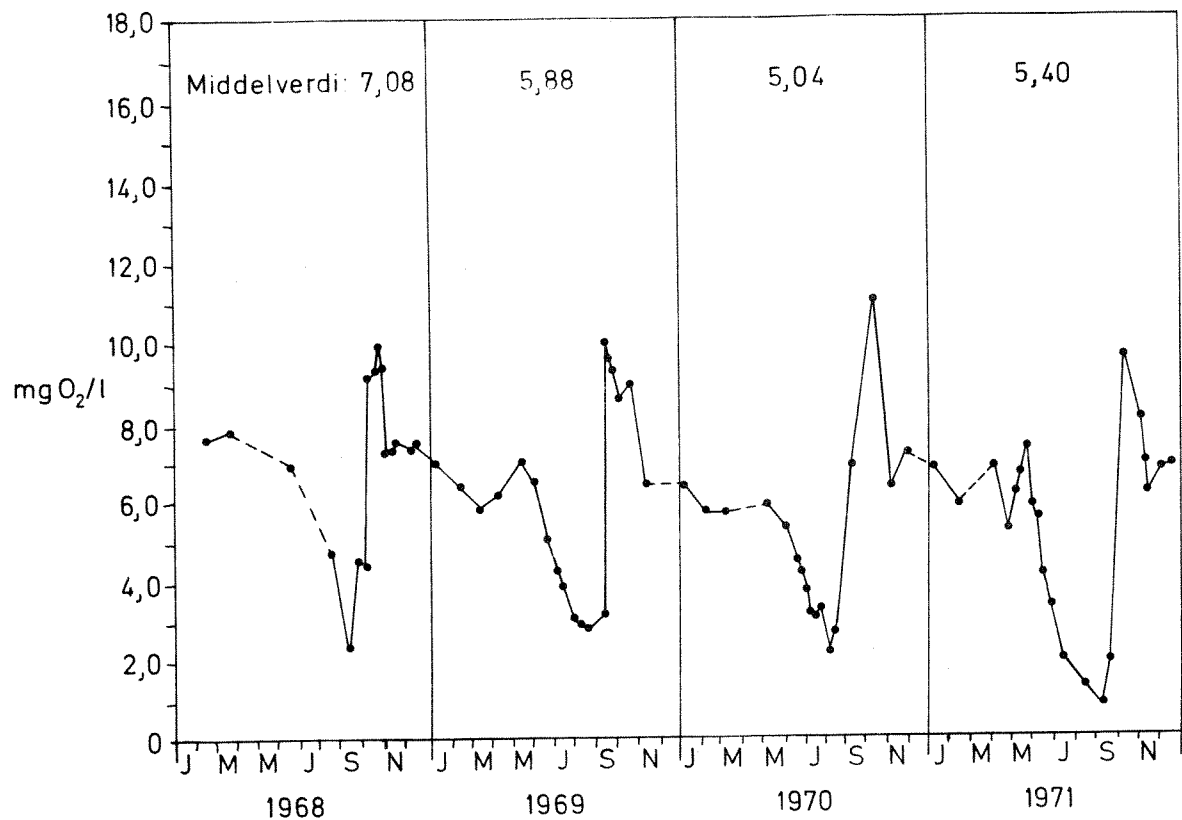


Fig.2 Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O<sub>2</sub>/l.  
8 m dyp.

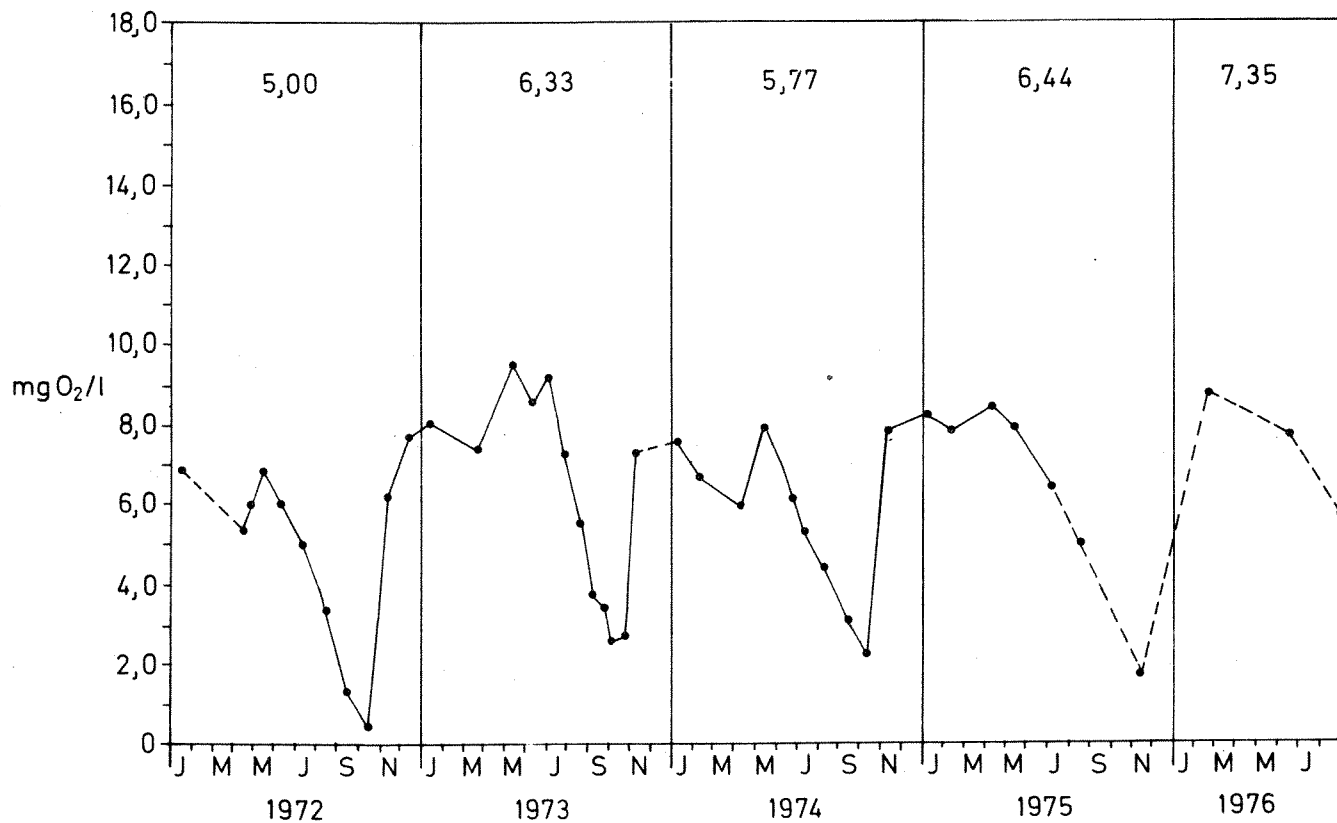
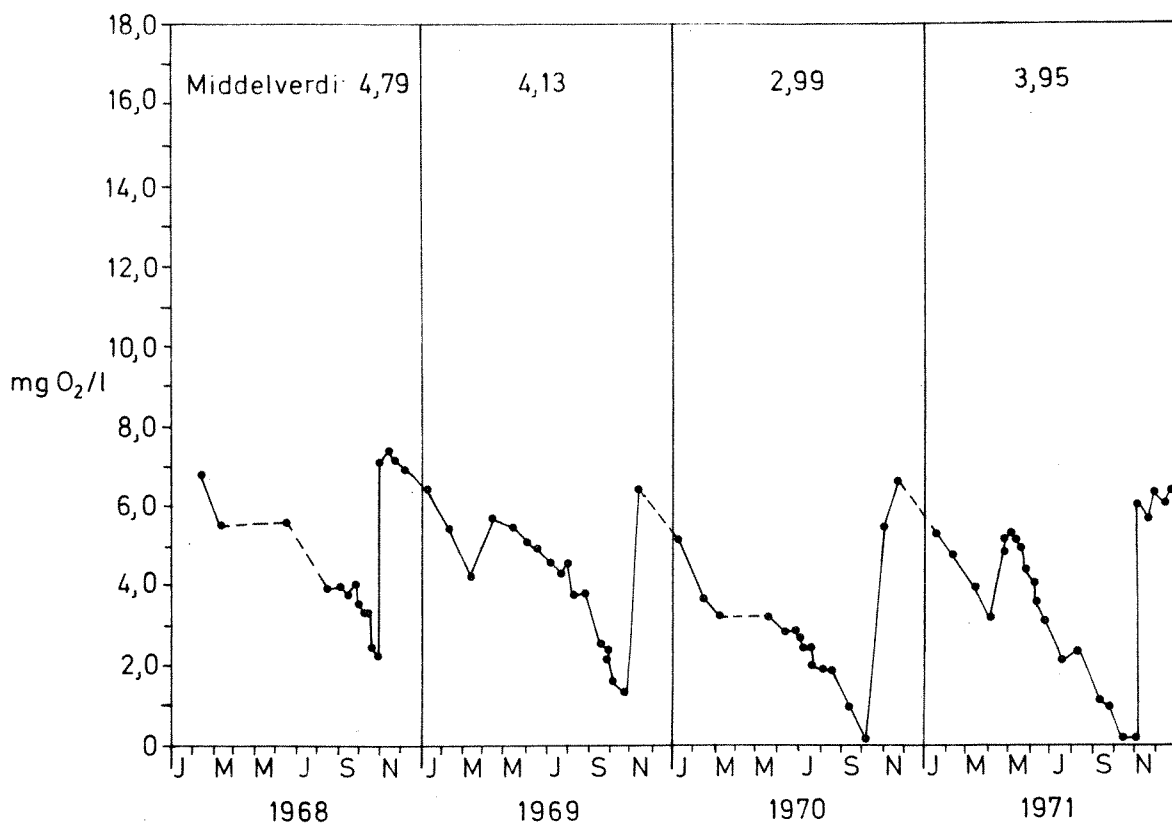


Fig.3 Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O<sub>2</sub>/l.  
30 m dyp.

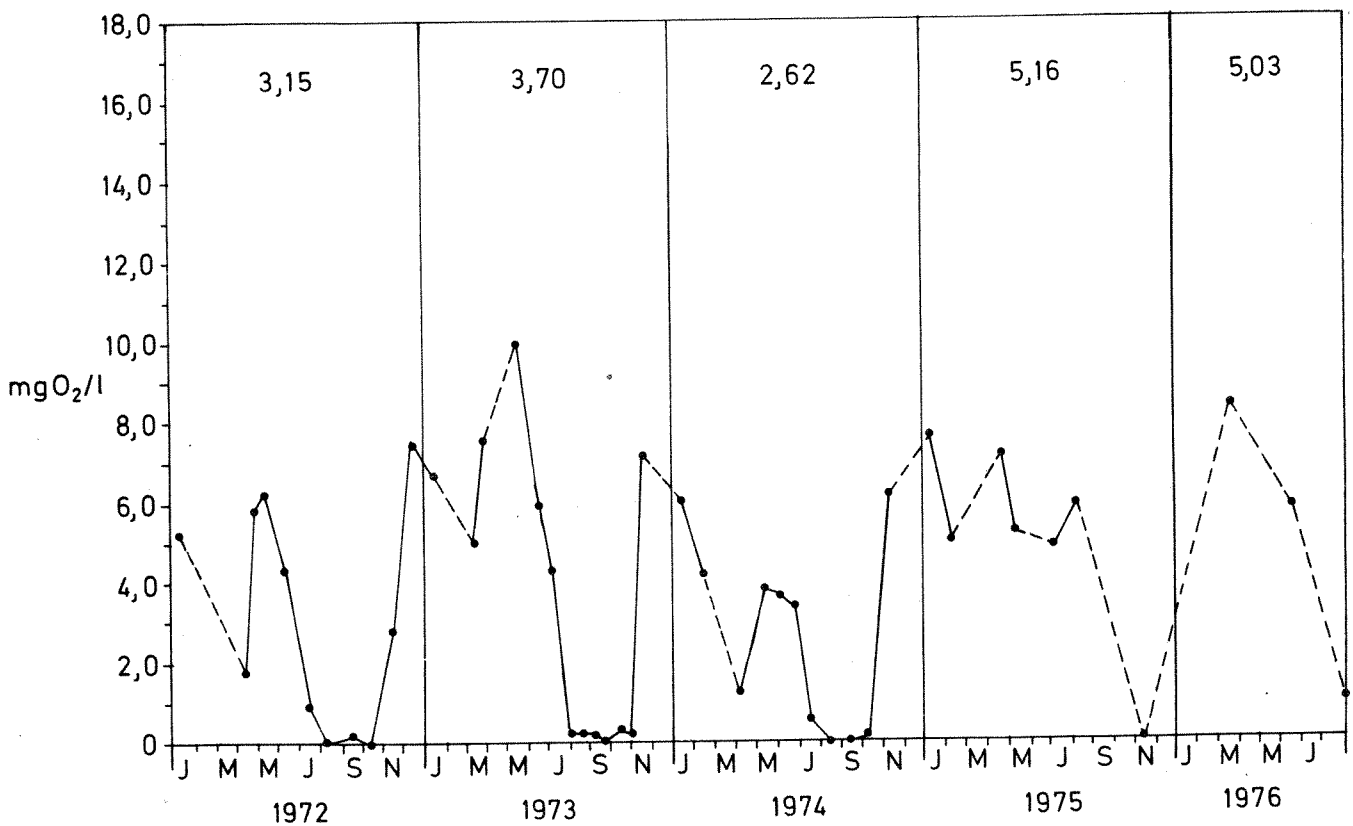
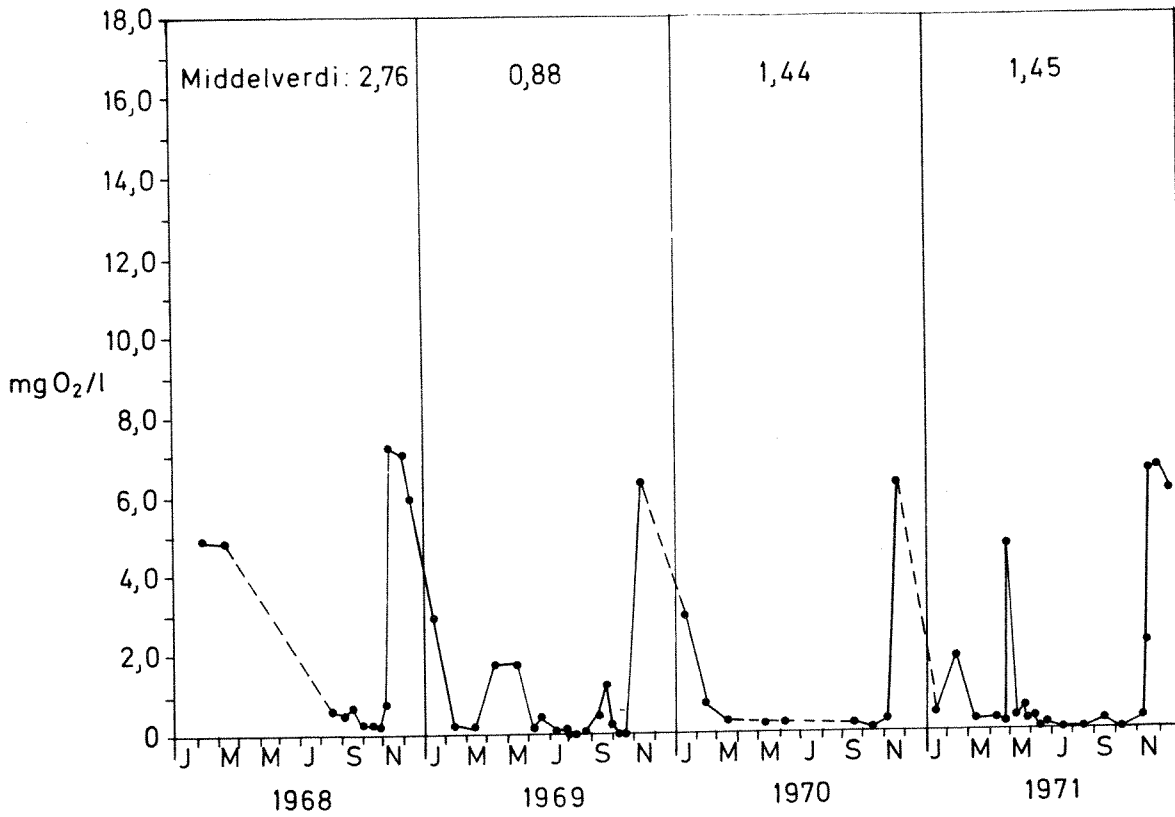


Fig.4 Gjersjøen 1968-1976. Oksygeninnhold i mg O<sub>2</sub>/l.  
50 m dyp.

## 2.2 pH

Figurene 5 og 6 viser pH på 1 m og 8 m. Høy pH skyldes algenes fotosyntetiske aktivitet, som er størst i sommerperioden. Den høyeste verdien pH 10,08 er målt på 1 m dyp 10. juli 1970. Prøvetakingen er foretatt midt på dagen. Den fotosyntetiske aktiviteten er da maksimal.

Før 1972 var mesteparten av algene konsentrert i overflatesjiktet. Økningen i pH på 8 m's dyp fra 1972 av skyldes opphopningen av alger i dette nivå (6-8 m) og at derfor foregikk det betydelig fotosyntetisk virksomhet også her.

Fra 1972 av lå pH i overflatelagene noe høyere i vinterstagnasjonsperiodene enn årene før (6,75-7,47). Grunnen til dette er at alger nå også opptrer der i vinterplanktonprøver.

I dyplagene varierte pH i undersøkelsesperioden mellom 6,16 og 7,85. De fleste målingene for pH i dyplagene ligger imidlertid mellom 6,5 - 7,0 etter 1972 noe høyere. Relativt høye verdier for pH (7,85) er målt i det bunnære sjiktet (27/2-74) og har sammenheng med en økning i bikarbonationer ( $\text{HCO}_3^-$ ). Denne økningen skyldes frigivelse av jern- og manganbikarbonat fra sedimentene.

## 2.3 Konduktivitet

Fig. 7 viser ledningsevnen målt i Gjersjøen i august-september i perioden 1960-1976 på 1 m, 16 m og 50 m. Ledningsevnen i de frie vannmasser ned til 50 m lå i perioden 1960-1968 mellom 80 - 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . I dyplaget under 50 m ble det målt verdier opp til 154  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Grunnen til høyere ledningsevne i de bunnære vannmassene er utløste salter fra sedimentene.

Fra 1969 av har ledningsevnen i Gjersjøen steget. De fleste målinger ned til 50 m ligger mellom 100 og 138  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . I dyplaget under 50 m er det målt til dels svært høye verdier opp til 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (24/5-72 på 59 m dyp).

En sammenligning av analyseresultatene samlet inn fra flere dyp ned til 50 m i Gjersjøen 2/9-76 med tilsvarende resultater fra perioden 1967-1970 når det gjelder kalium, natrium, kalsium, magnesium, klorid, sulfat og alkalitet, viser at de fleste verdier lå høyere ved siste prøvetaking. Økningen er imidlertid mest merkbar for kalsium (Ca) og sulfat ( $\text{SO}_4$ ).

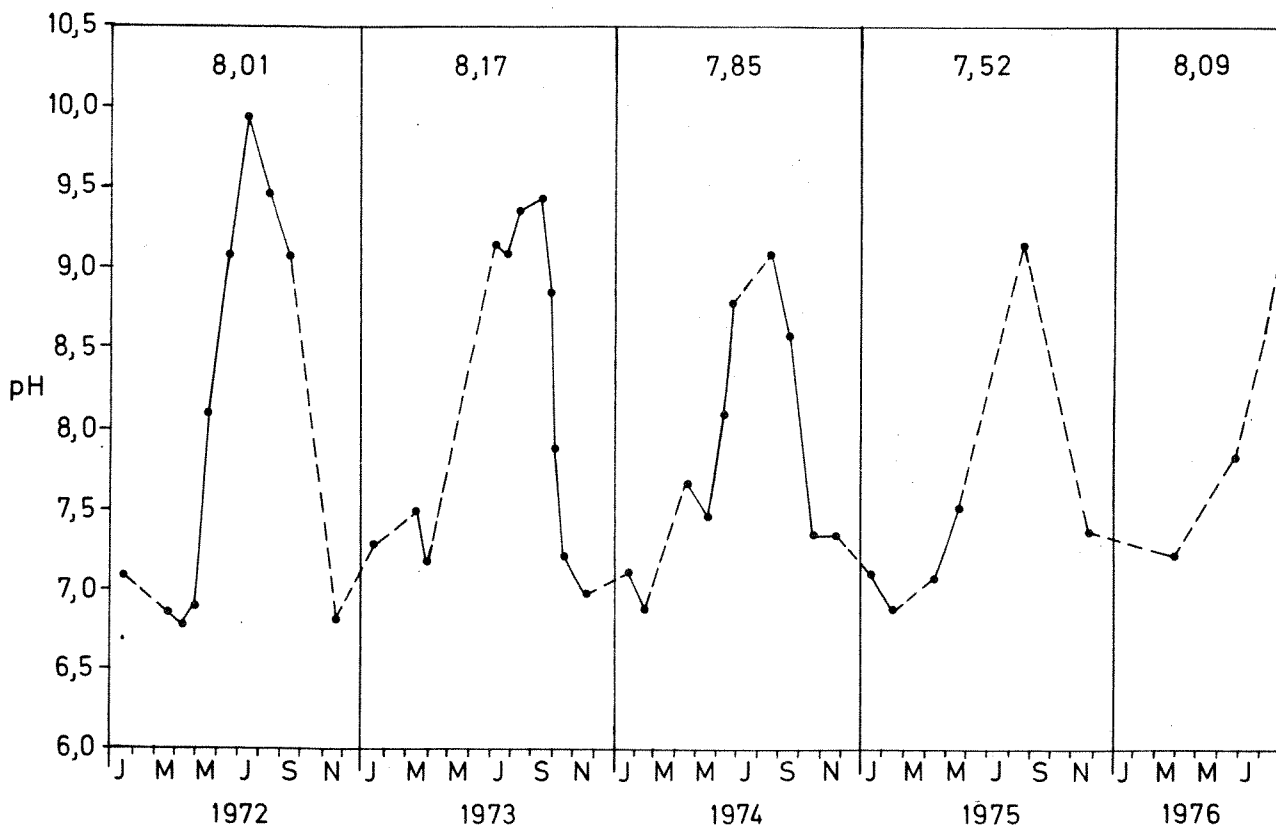
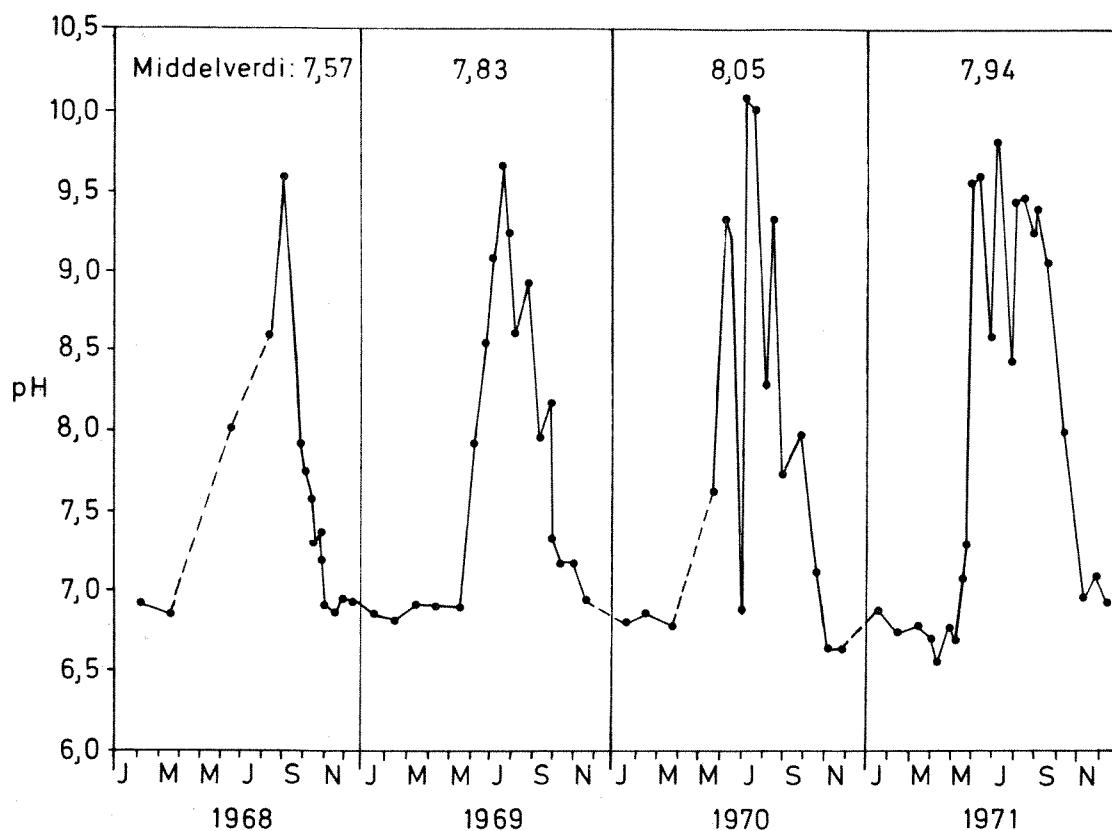


Fig.5 Gjersjøen 1968-1976. pH-observasjoner.  
1 m dyp.

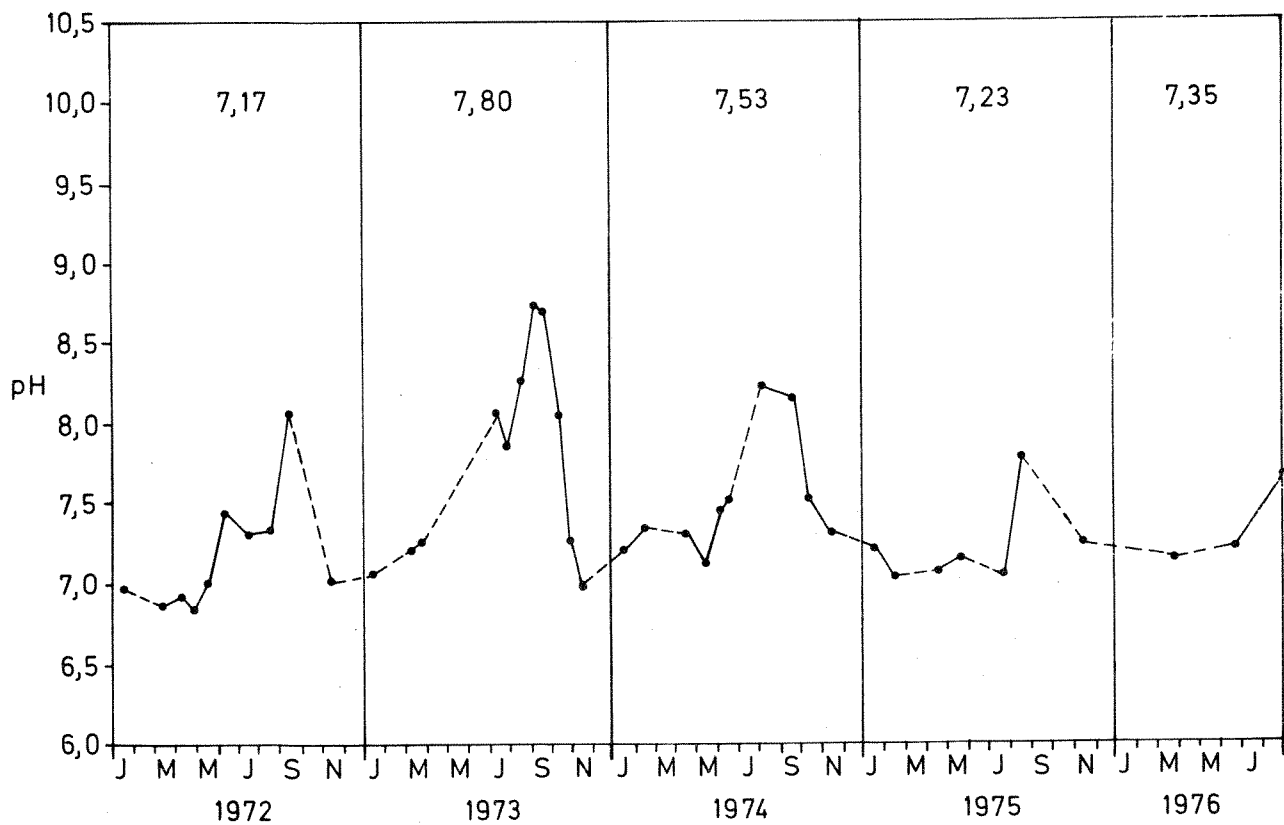
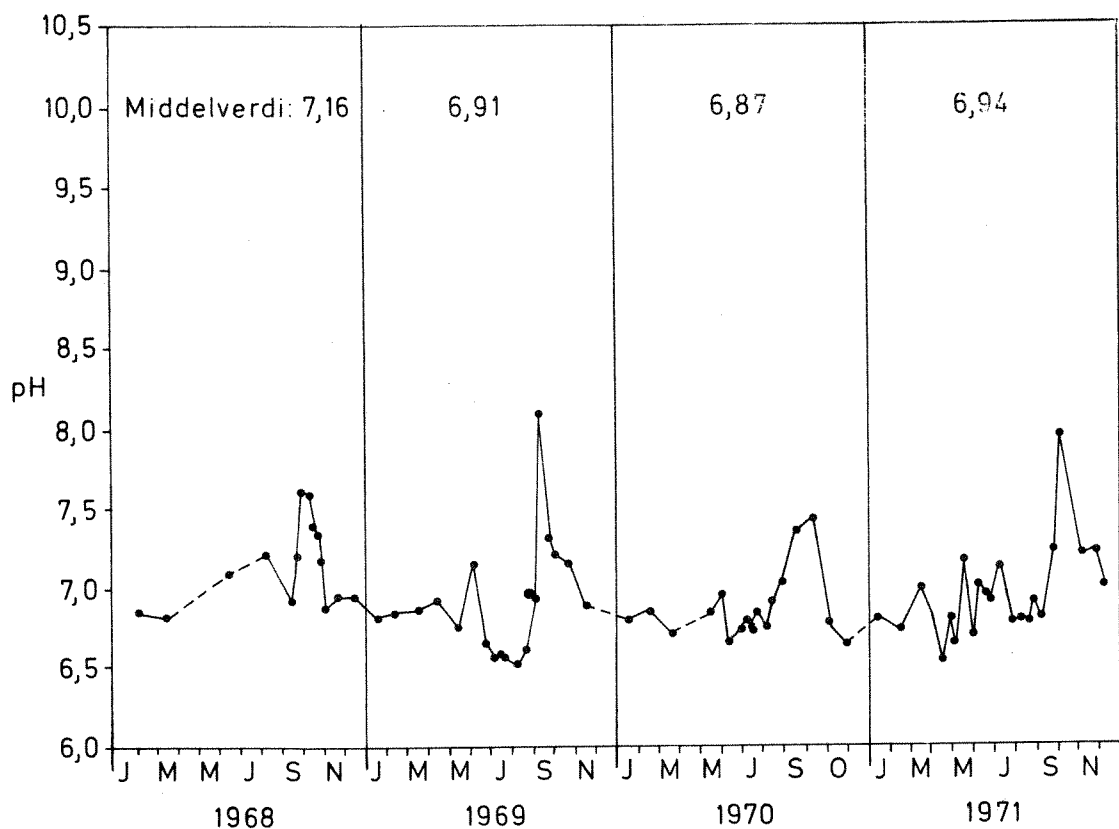


Fig.6 Gjersjøen 1968-1976. pH-observasjoner.  
8 m dyp.

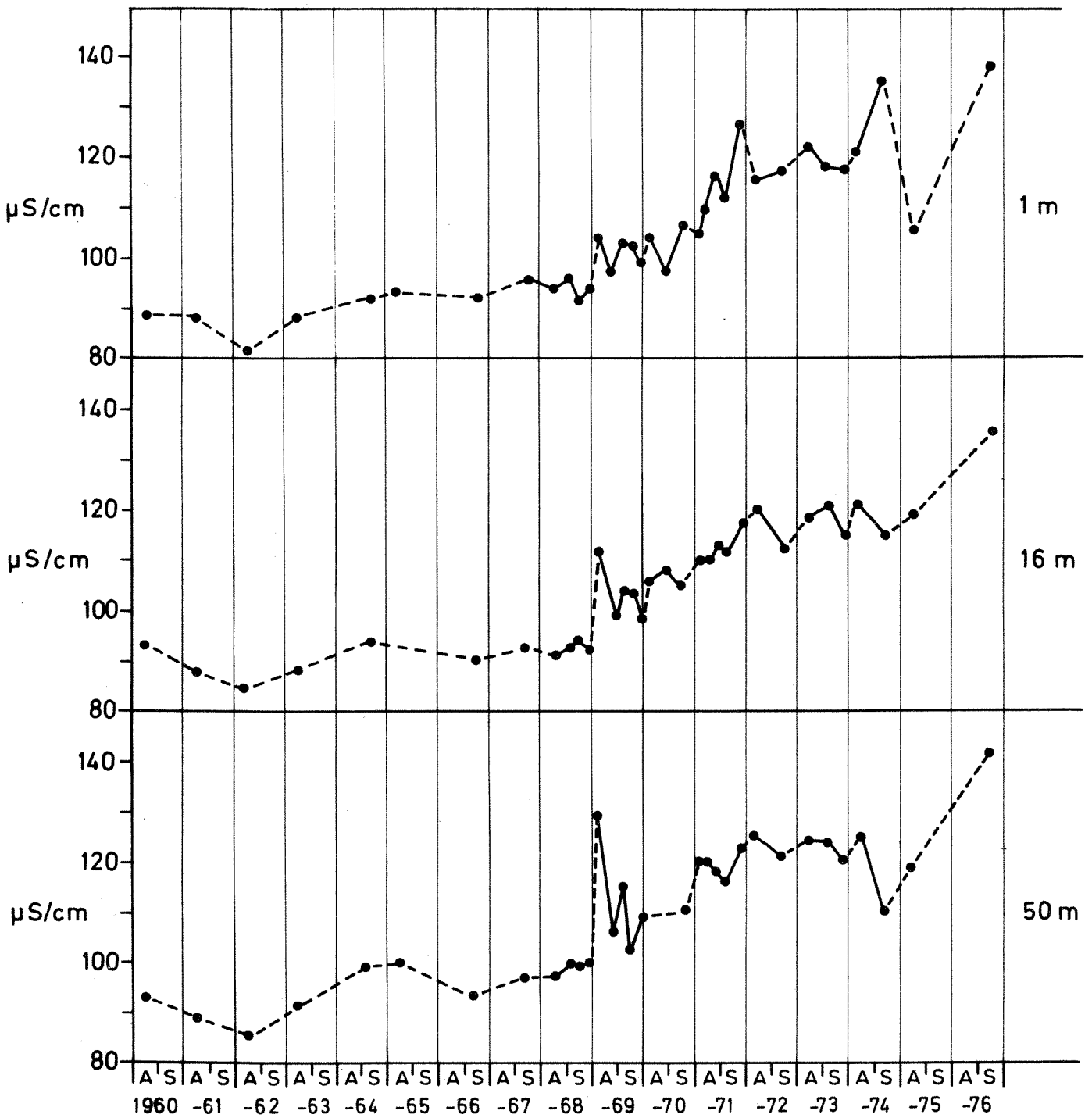


Fig.7 Gjersjøen august og september 1960-1976.  
Elektrolytisk ledningsevne,  $\mu\text{S/cm}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ ,  
1 m, 16 m og 50 m.

Tabell 1. Oversikt over kationer og anioner.

Benevning: mekv.

3/8-70

Parametre	1 m	8 m	16 m	30 m
Na <sup>+</sup>	0,2832	0,2788	0,2792	0,2819
K <sup>+</sup>	0,0568	0,0552	0,0558	0,0555
Ca <sup>2+</sup>	0,5788	0,5689	0,5689	0,5639
Mg <sup>2+</sup>	0,2163	0,2270	0,2229	0,2146
<b>Totalt</b>	<b>1,1351</b>	<b>1,1299</b>	<b>1,1268</b>	<b>1,1159</b>
=====				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,2478	0,2332	0,2498	0,2498
Cl <sup>-</sup>	0,2651	0,2538	0,2538	0,2538
Alkalitet pH 4,5	0,5310	0,4689	0,4470	0,4530
<b>Totalt</b>	<b>1,0439</b>	<b>0,9540</b>	<b>0,9506</b>	<b>0,9566</b>
=====				

2/9-76

Parametere	1 m	8 m	16 m	30 m
Na <sup>+</sup>	0,3088	0,3001	0,3001	0,2958
K <sup>+</sup>	0,0560	0,0563	0,0570	0,0568
Ca <sup>2+</sup>	0,8333	0,8184	0,8084	0,8184
Mg <sup>2+</sup>	0,2138	0,2138	0,2003	0,2138
<b>Totalt</b>	<b>1,4119</b>	<b>1,3886</b>	<b>1,3658</b>	<b>1,3848</b>
=====				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,3540	0,3748	0,3540	0,3540
Cl <sup>-</sup>	0,2877	0,2849	0,2764	0,2764
Alkalitet pH 4,5	0,6080	0,6010	0,5550	0,5500
<b>Totalt</b>	<b>1,2497</b>	<b>1,2607</b>	<b>1,1854</b>	<b>1,1804</b>
=====				



Ved siste prøvetaking (2/9-76) varierte f.eks. kalsiuminnholdet mellom 16,1-16,7 mg Ca/l mot 11,2-12,3 mg Ca/l i 1970.

Verdiene for magnesium (Mg) 2/9-76 varierte mellom 2,50-2,60 mg Mg/l mot 2,36-2,77 mg Mg/l i 1970.

Verdiene for sulfat 2/9-76 varierte mellom 16,0-18,0 mg SO<sub>4</sub>/l mot 10,9-12,7 mg SO<sub>4</sub>/l i 1970.

Etter en varm sommer med lite nedbør, som i år (1976), vil vannstanden i Gjersjøen synke - og dermed vil det bli relativt sett større tilsig av grunnvann enn vanlig. Innsjøen vil på denne måten få øket sitt innhold av salter idet grunnvannet normalt er noe mer saltholdig enn overflatevann.

Sulfat reduseres til hydrogensulfid i det bunnære sjiktet i perioder med oksygenmangel, mens konsentrasjonen av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid varierer lite nedover i dypet. Alkalitet øker markant i det bunnære sjiktet. Det skyldes frigivelse av jern- og manganbikarbonat fra sedimentene.

Tabell 1 viser en oversikt over mengden av kationer og anioner i prøver tatt 3. august 1970 og fra siste prøvedag 2. september 1976.

Tabellen viser, som tidligere nevnt, en betydelig økning av kalsium- og sulfationer på alle dyp.

#### 2.4 Fosfor

Figurene 8 og 9 viser middelverdiene for totalfosfor av målinger som er tatt i sjiktene (0-10 m), (10-40 m), (40-50 m) og (50-60 m), samt årets middelverdi for målingene (50-60 m).

Kurvene viser at mengden av total fosfor øker nedover i dypet. Den største økning finner sted under 40 m. De høyeste verdiene er målt i de bunnære vannmassene i stagnasjonsperiodene. Dette skyldes regenerasjon fra sedimentene, fordi dyplagene har lite eller intet oksygen på denne tiden. Under sirkulasjonsperiodene vår og høst bringes disse løste forbindelsene opp til overflaten og er med på å underholde en ny produksjon av alger.

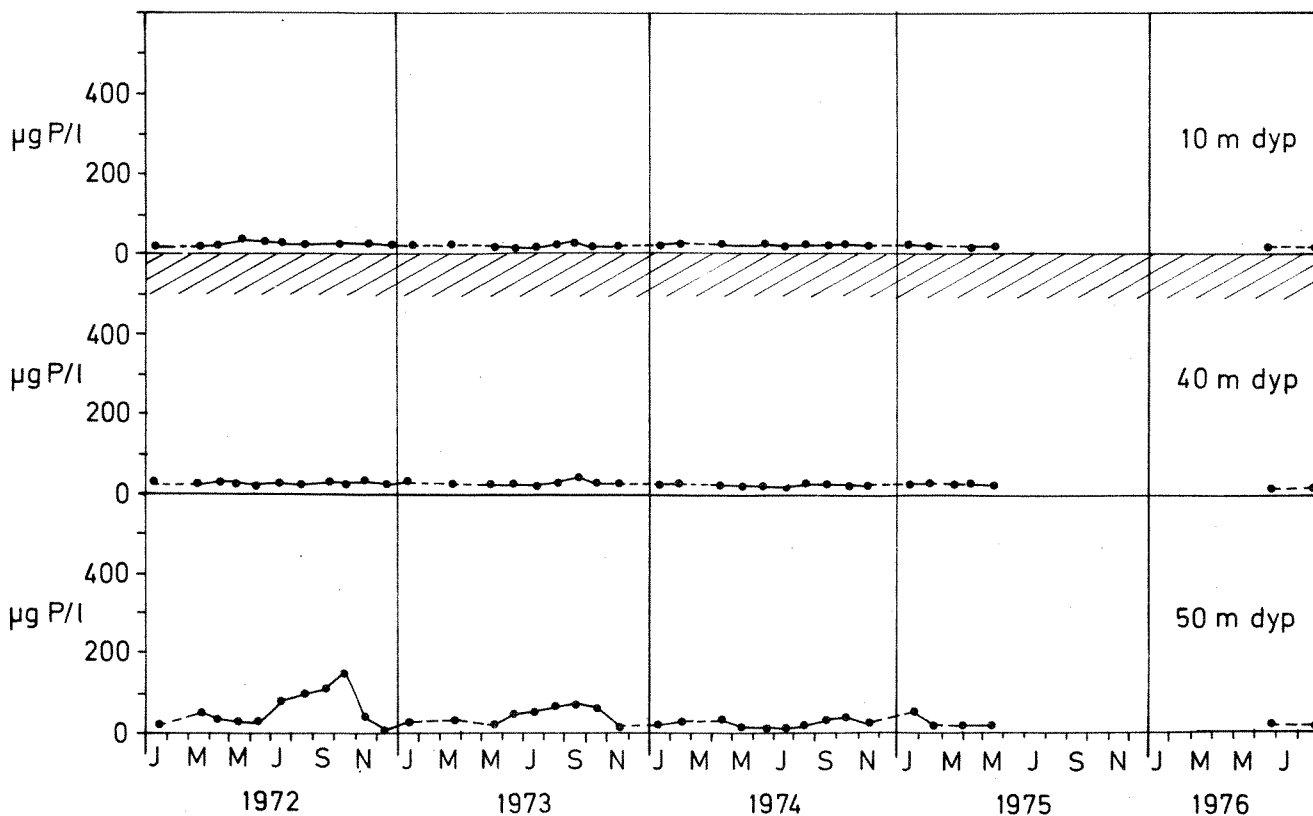
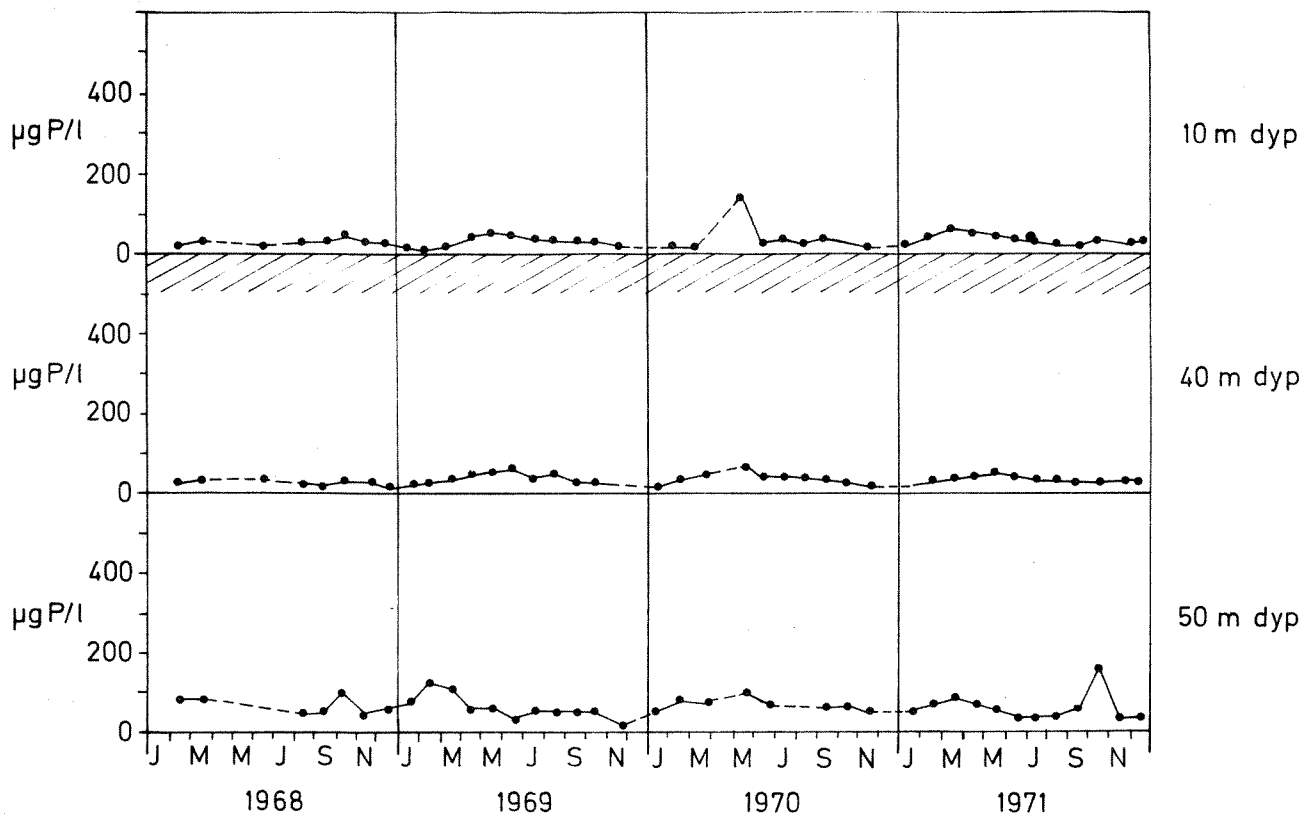


Fig.8 Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l.

Månedsmiddelværdier:

10 m dyp: dybder 0-10 m

40 m dyp: dybder 10-40 m

50 m dyp: dybder 40-50 m

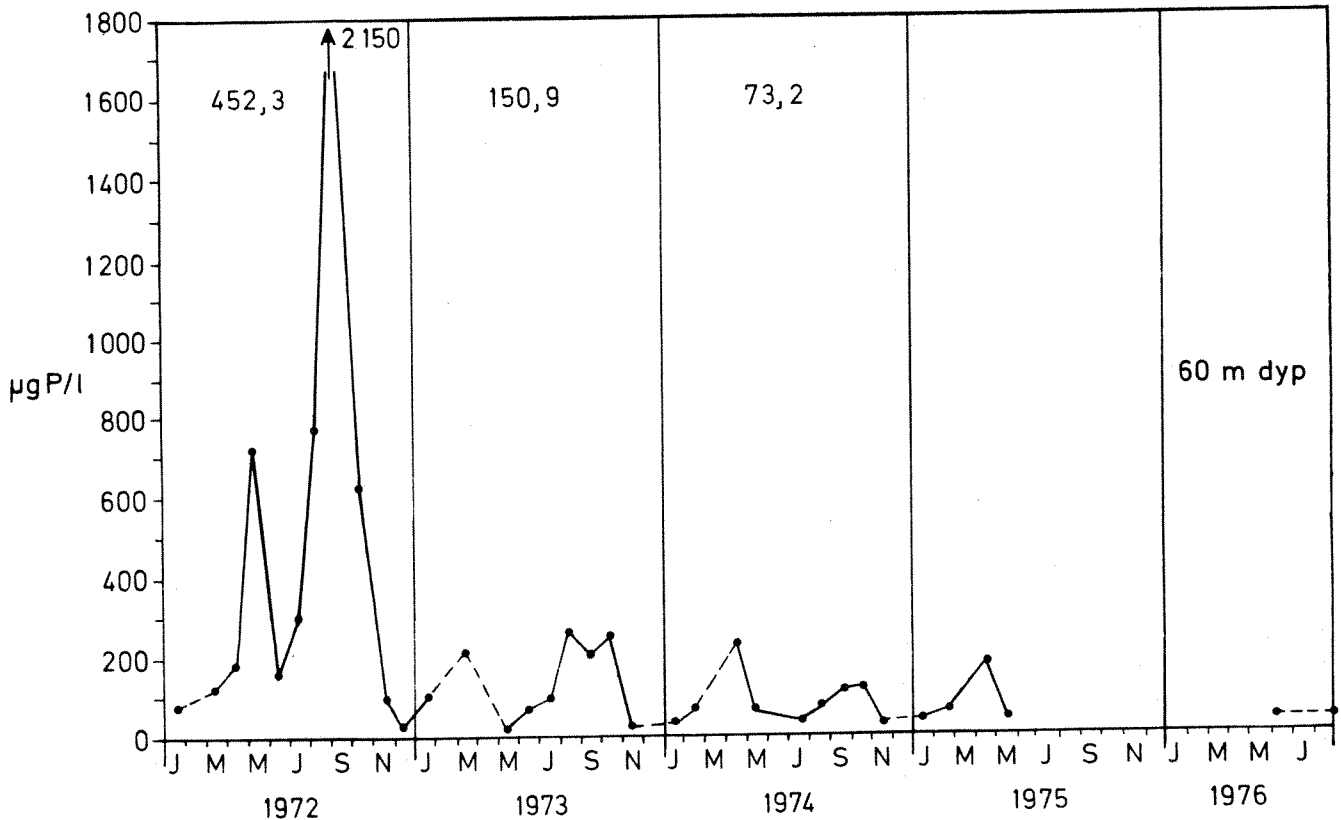
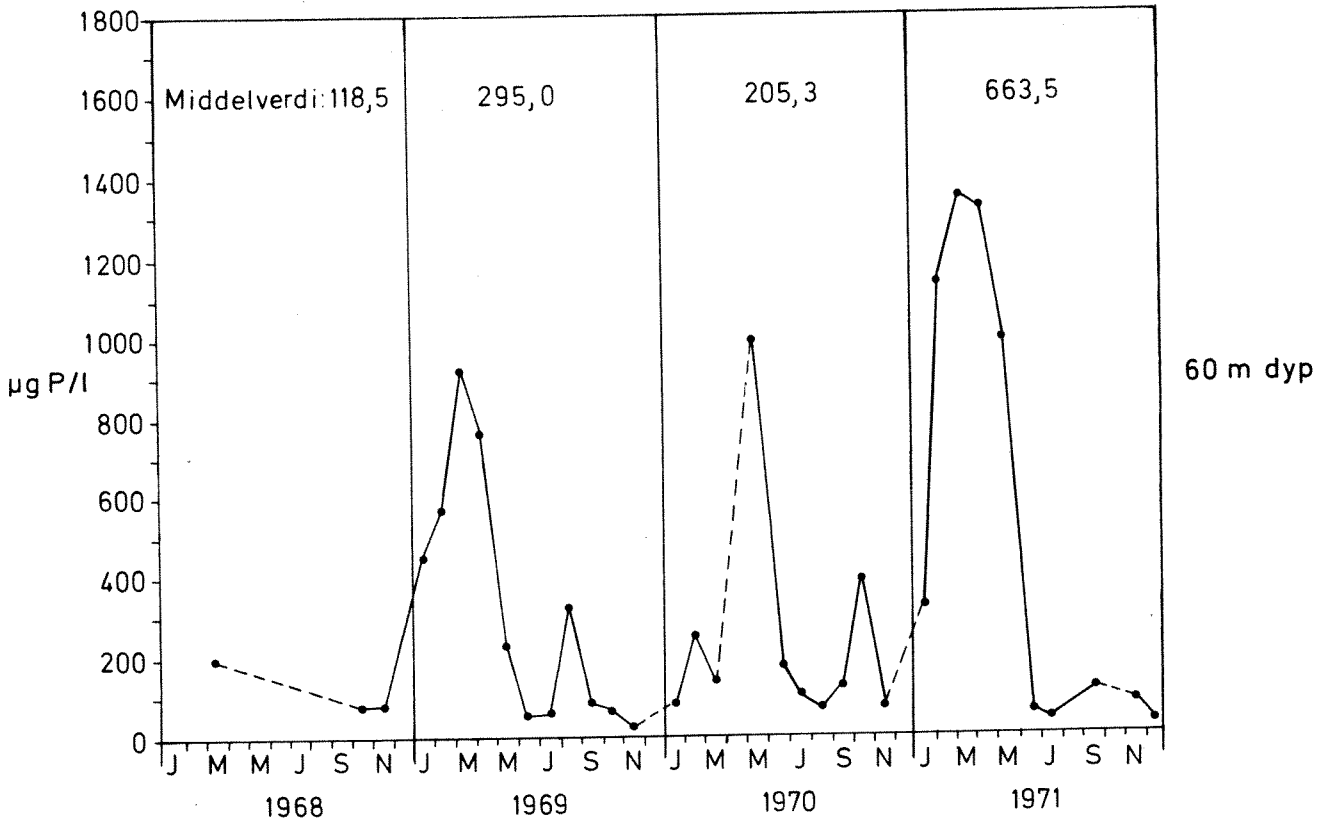


Fig.9 Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l.

Månedsmiddelverdier:

60 m dyp: dybder under 50 m.

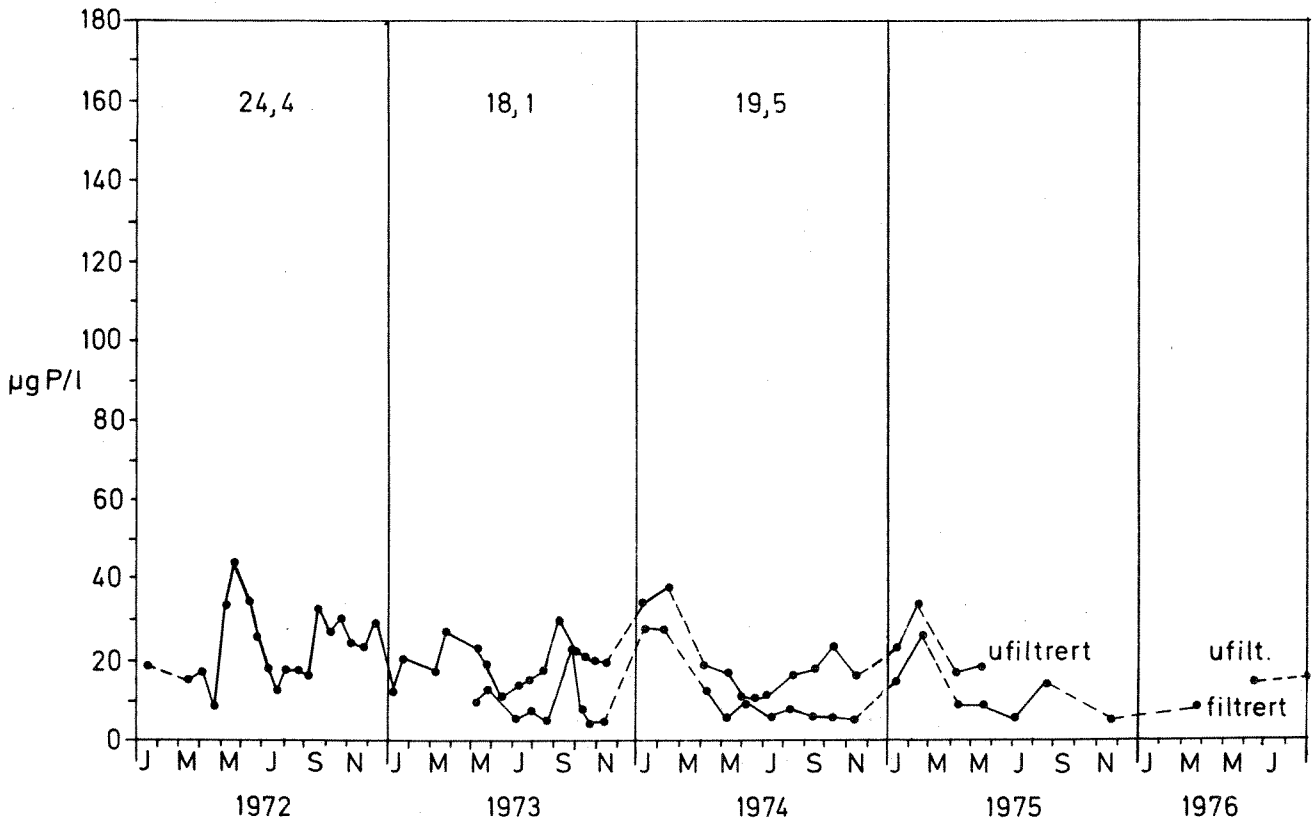
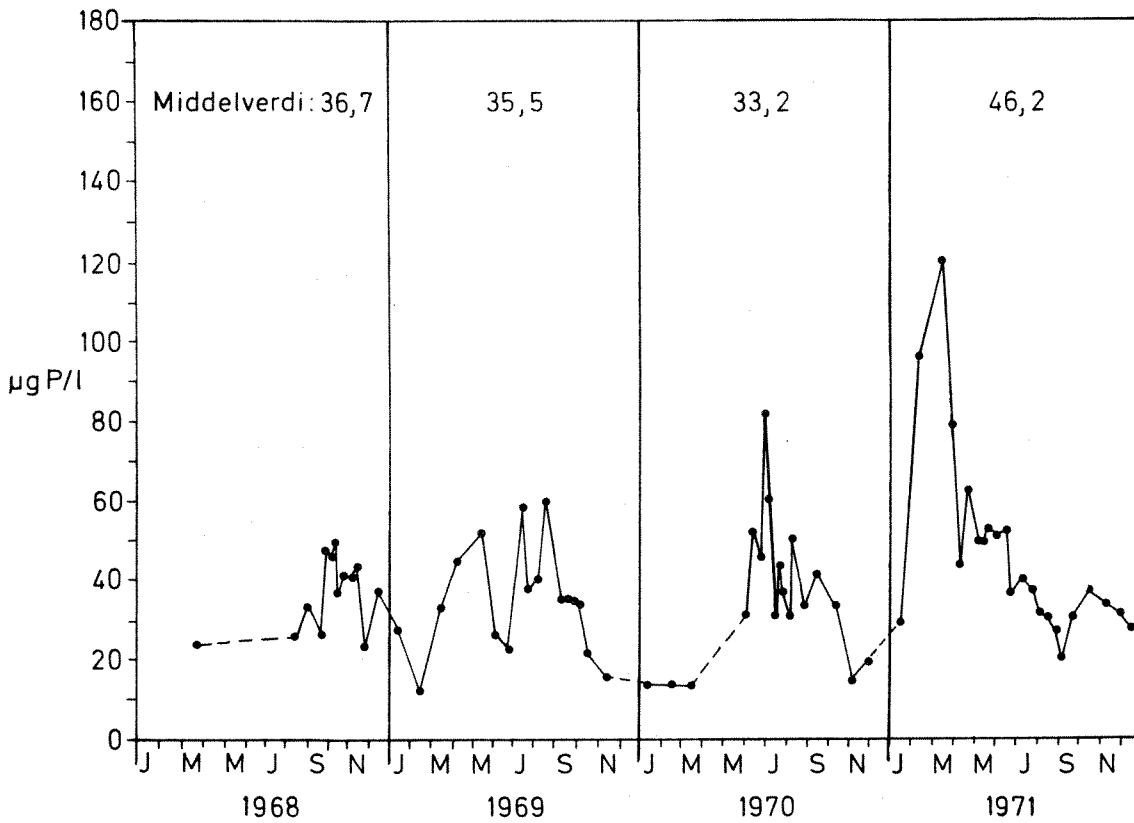


Fig.10 Gjørsjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l.  
1 m dyp.

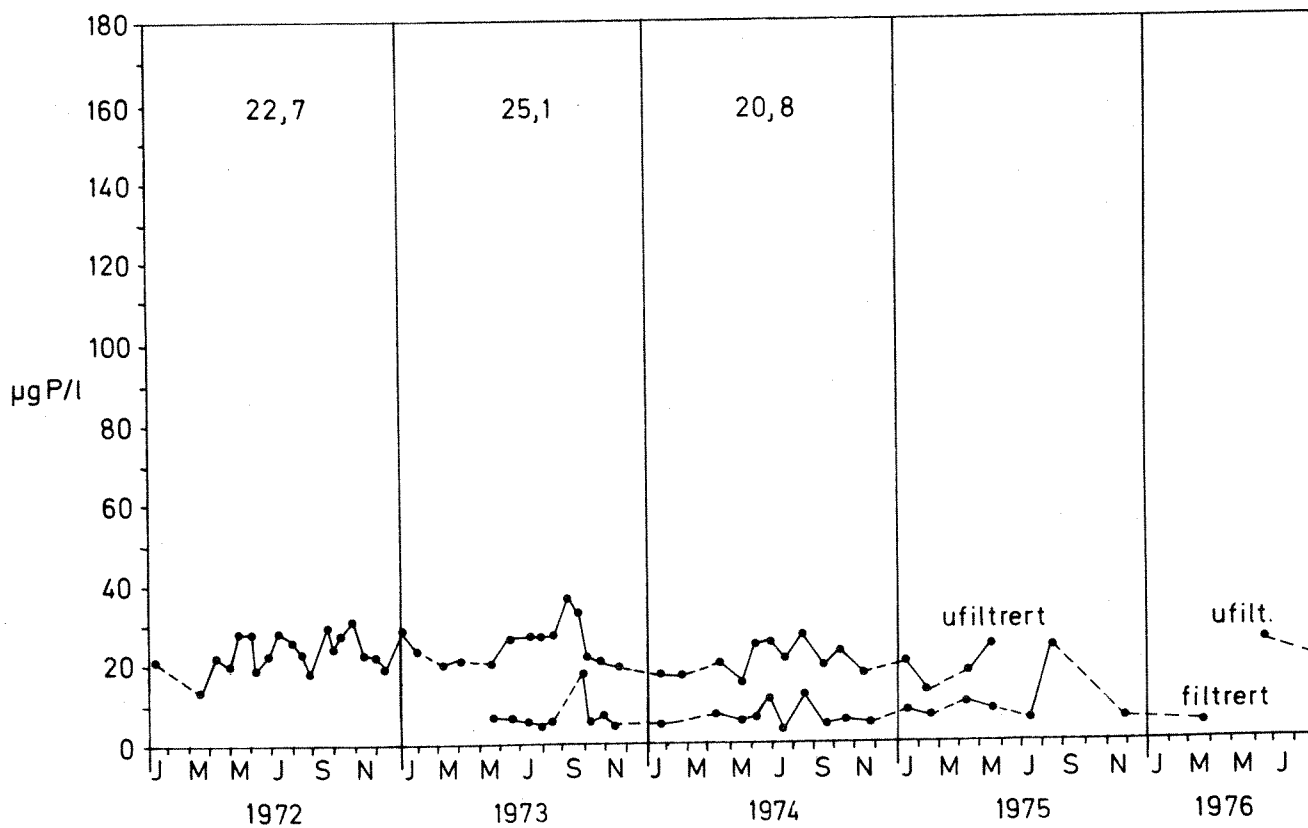
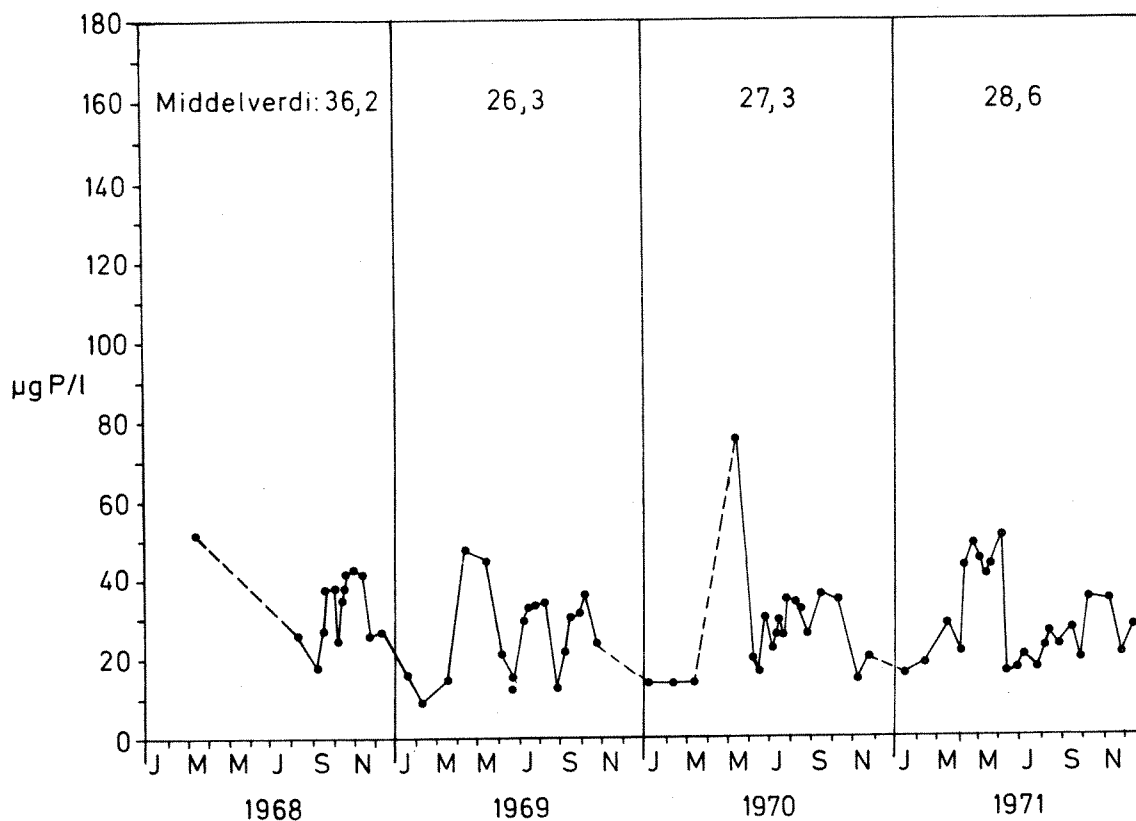


Fig.11 Gjersjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l.  
8 m dyp.

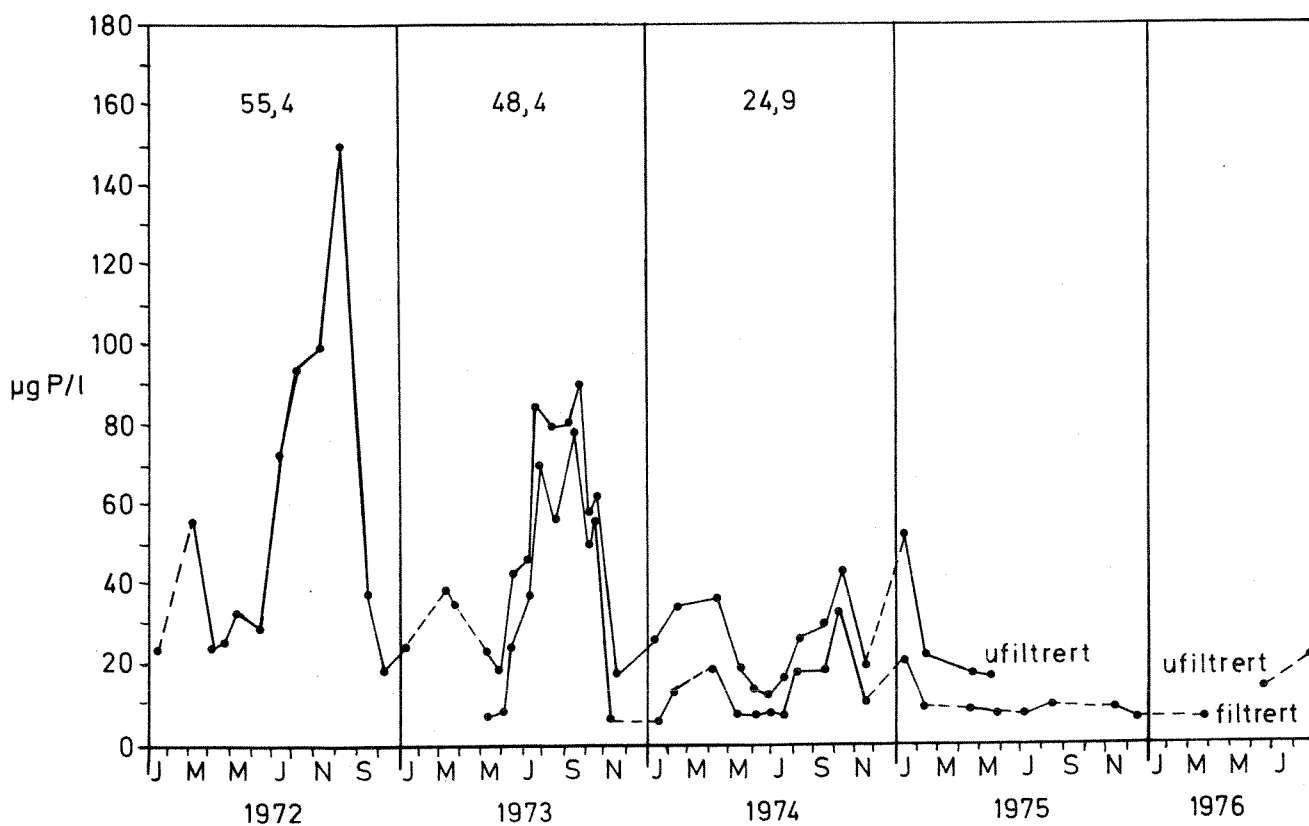
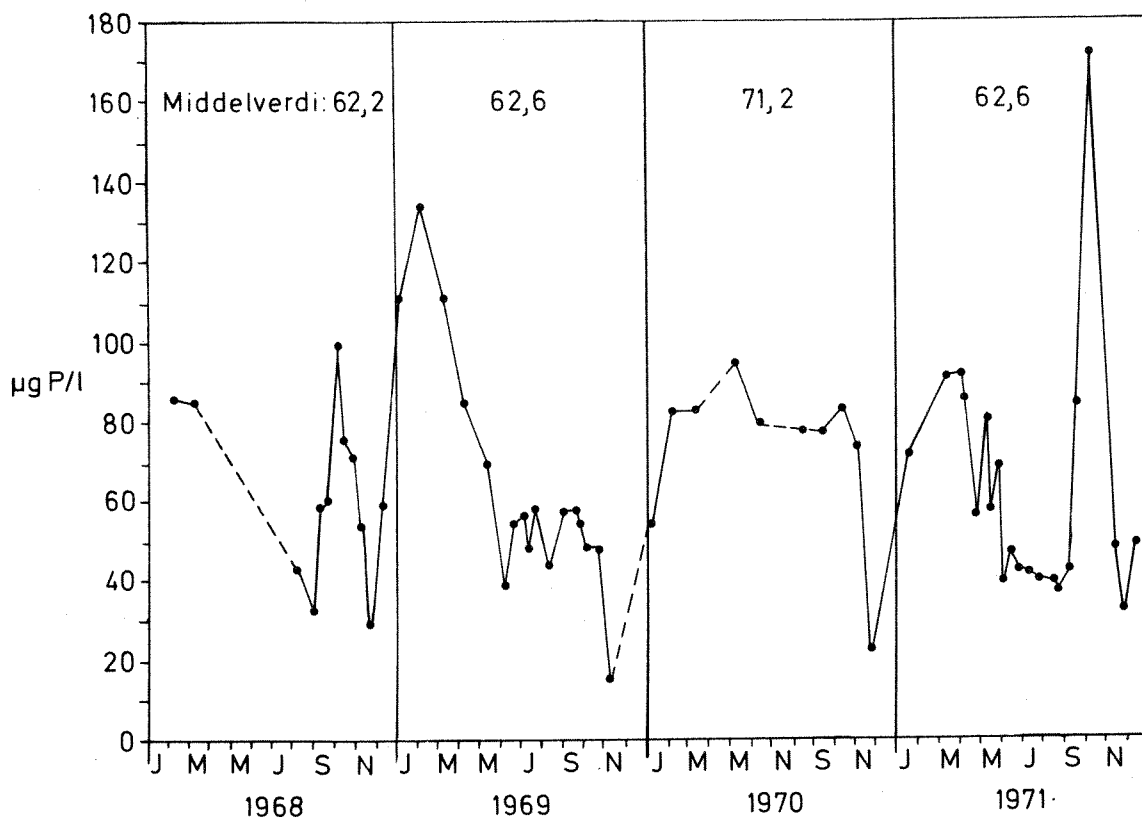


Fig.12 Gjørsjøen 1968-1976. Totalfosfor i µg P/l.  
50 m dyp.

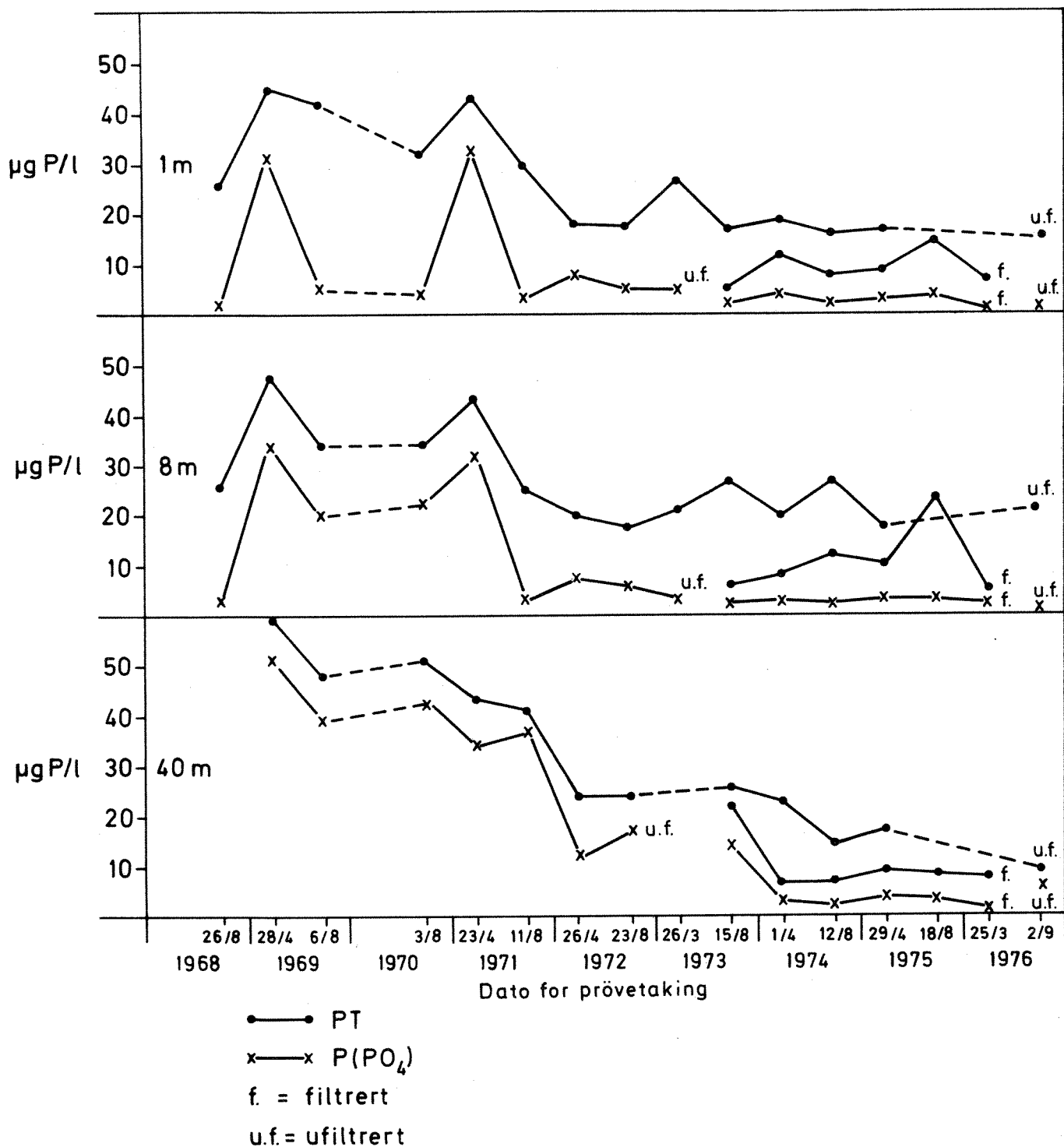


Fig.13 Gjersjøen 1968-1976. Vår- og sommerobservasjoner. Totalfosfor (PT) og ortofosfat P(PO<sub>4</sub>) i µg P/l. 1 m, 8 m og 40 m.

Målingene fra 1973 viser lavere verdier for totalfosfor. Dette kommer sælig tydelig fram i vannmassene under 50 m. Resultater fra prøvene i perioden juni 1975 - mai 1976 er ikke tegnet inn på figuren. Grunnen til dette er at prøvene denne perioden er filtrerte, og kan derfor ikke sammenlignes med de øvrige resultatene i figurene som er fra ufiltrerte prøver.

Figurene 10-12 viser variasjonene i totalfosforinnholdet på 1 m, 8 m og 50 m, samt samme års middelerverdier.

I 1973 og 1974 var det et høyere innhold av totalfosfor på 8 m enn på 1 m. Dette kan skyldes at konsentrasjonen av alger i disse årene er større på 8 m enn i overflatevannet.

Den høyeste målte verdien, 3500  $\mu\text{g P/l}$ , er målt på 59 m's dyp 23. april 1971. 1 m dyp samme dag hadde 49  $\mu\text{g P/l}$ . Den laveste målte verdien, 7  $\mu\text{g P/l}$ , ble målt den 15. juli 1974 på 40 m dyp. I 1 m dypet var konsentrasjonen samme dag 11  $\mu\text{g P/l}$  og i 59 m dyp 56  $\mu\text{g P/l}$ .

Alle kurvene viser en tydelig nedgang i fosforinnholdet i Gjersjøen etter at Nordre Follo renseanlegg kom i drift (feb. 1972). Nedgangen er mest merkbar i det bunnære sjiktet.

Fig. 13 viser totalfosfor og ortofosfat, vår- og sommerobservasjoner. Fra 1973 er disse prøvene filtrert. Differansen mellom totalfosfor filtrert og ufiltrert gir oss et mål for innholdet av partikulært bundet fosfor. Vannets innhold av orto-fosfat (filtrert) er i dag relativt lavt. Det måles verdier ned til 2  $\mu\text{g P}(\text{PO}_4)/\text{l}$ .

## 2.5 Nitrogen

Figurene 14 og 15 viser middelerverdiene for totalnitrogen i sjiktene (0-10 m), (10-40 m), (40-50 m) og under 50 m samt årets middelerverdi i sjiktet under 50 m. Totalnitrogen øker nedover i dypet, men ikke i samme grad som fosfor, bortsett fra 1972 da det ble målt svært høye verdier for totalnitrogen i de bunnære vannmassene sammenlignet med årene før og etter 1972.



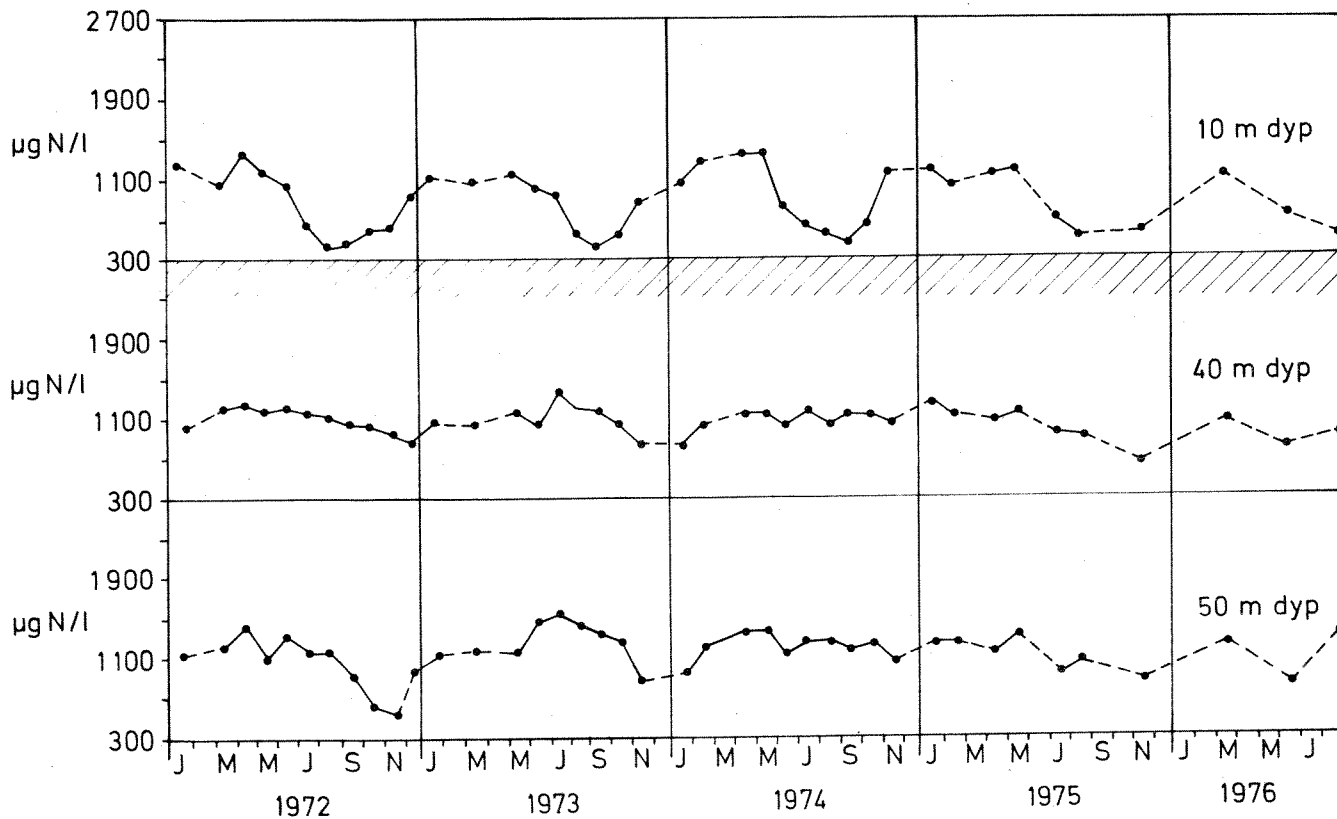
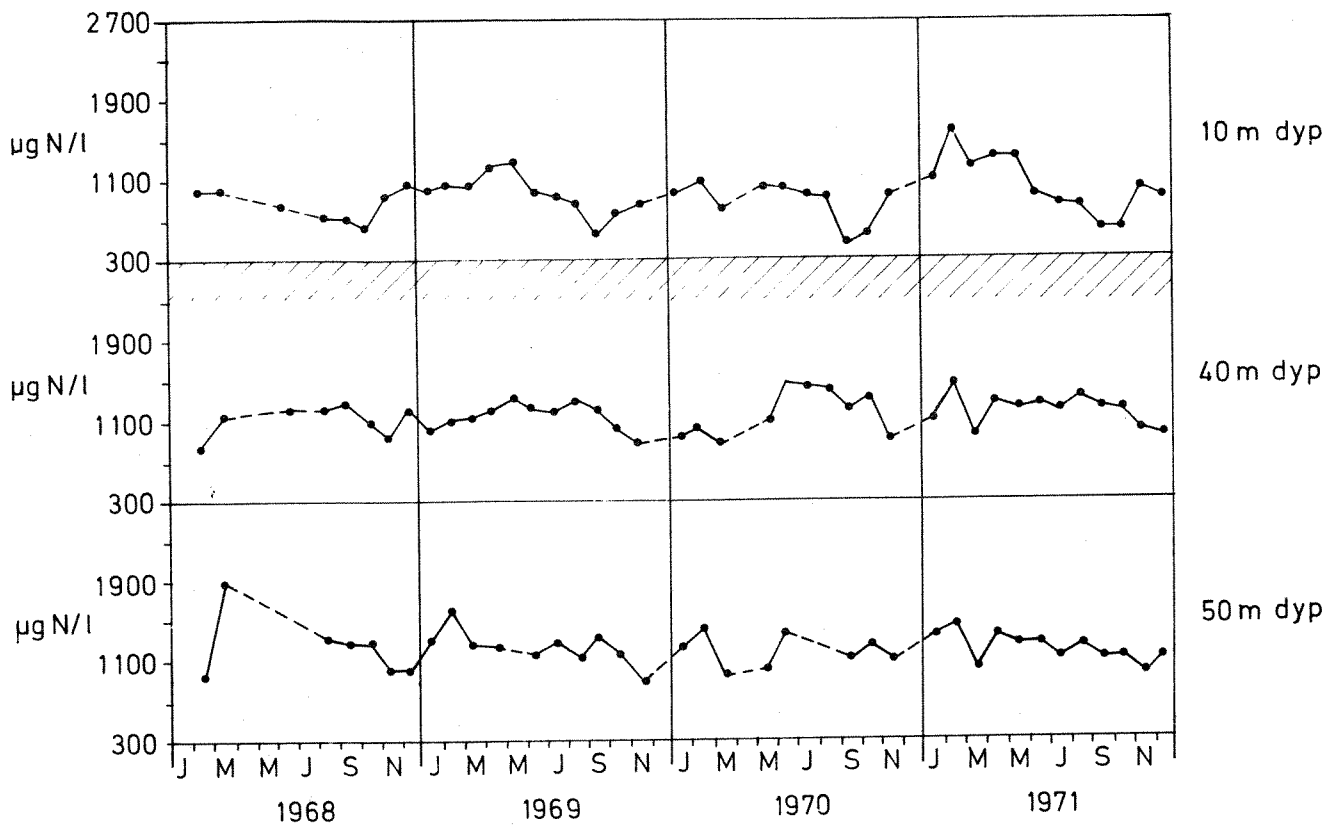


Fig.14 Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l.

Månedsmiddelverdier:

10 m dyp: dybder 0-10 m

40 m dyp: dybder 10-40 m

50 m dyp: dybder 40-50 m

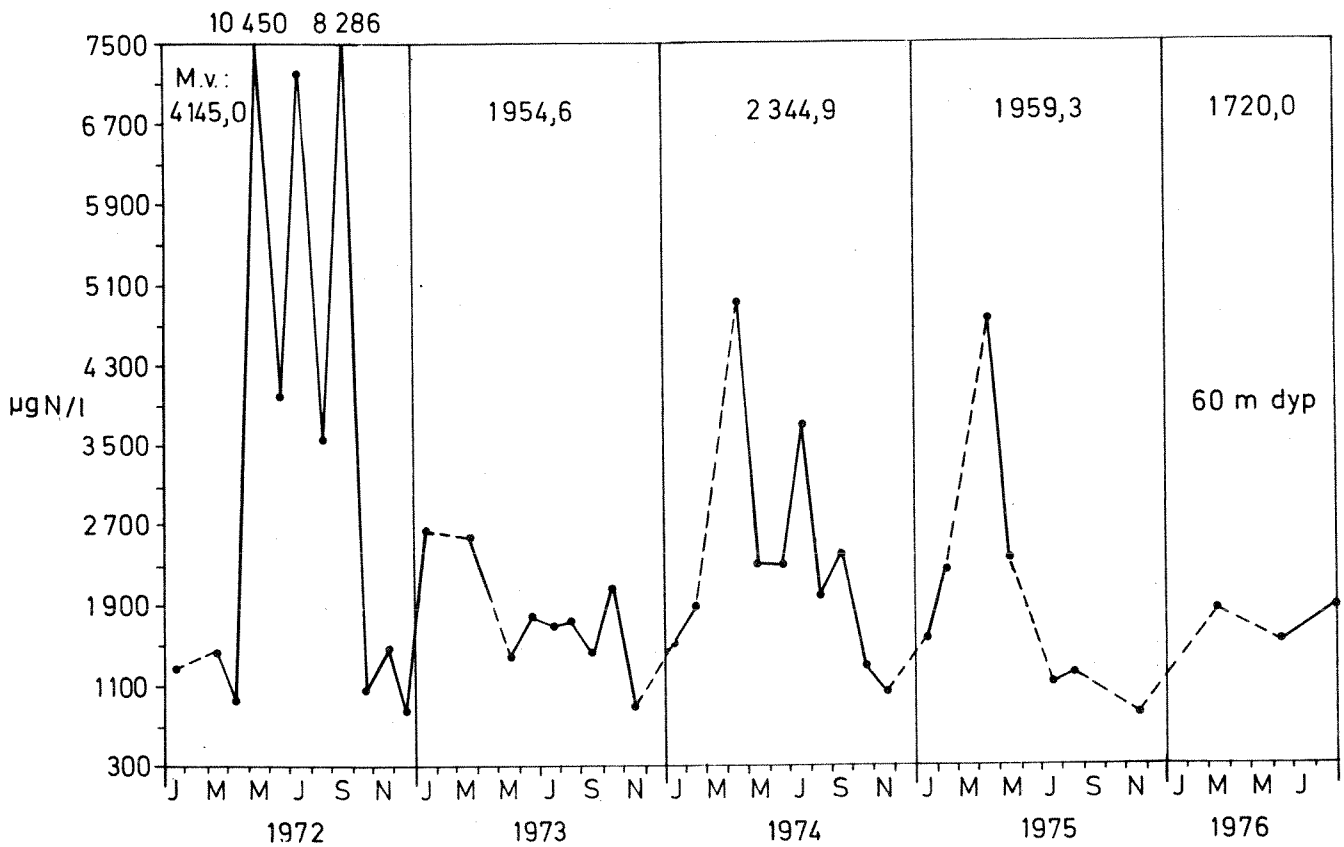
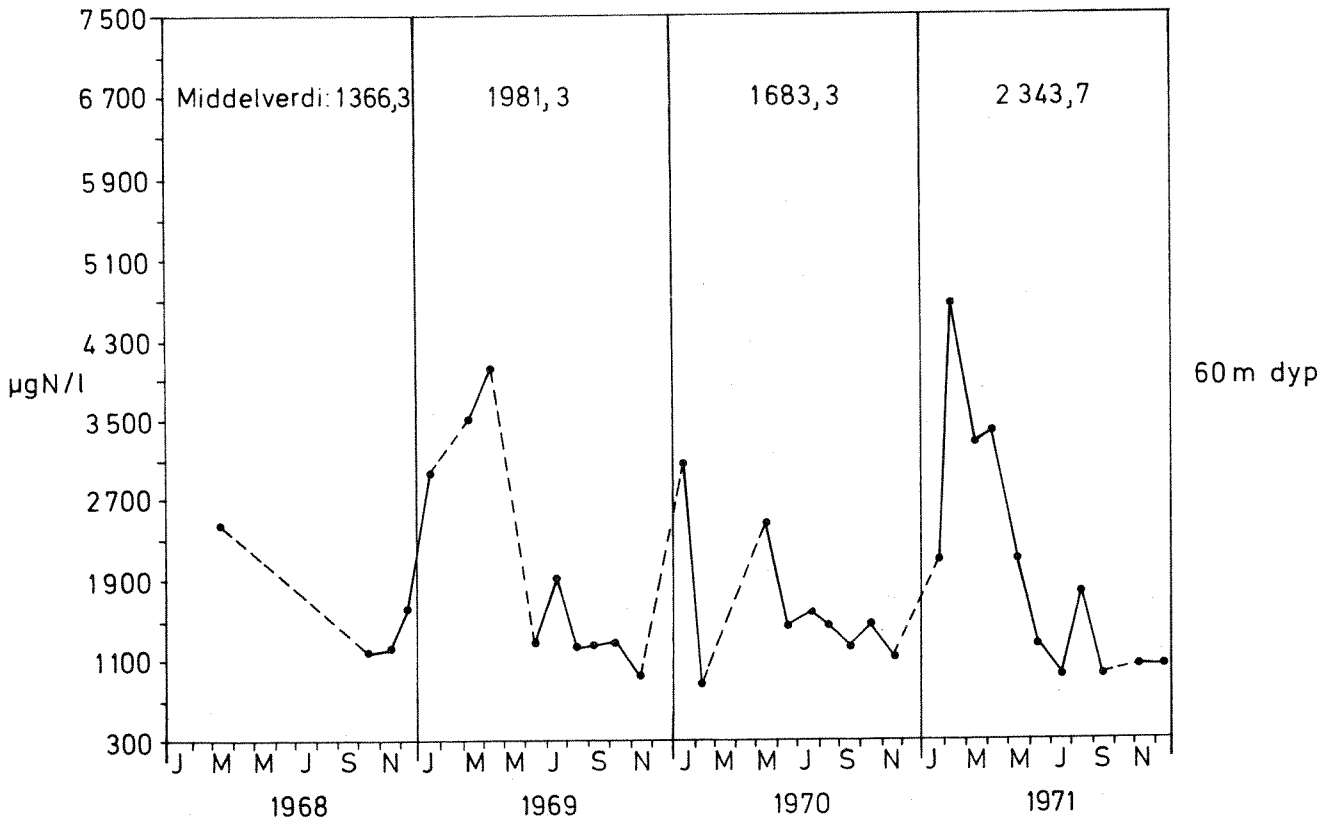


Fig.15 Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l.

Månedsmiddelværdier:

60 m dyp: dybder under 50 m.

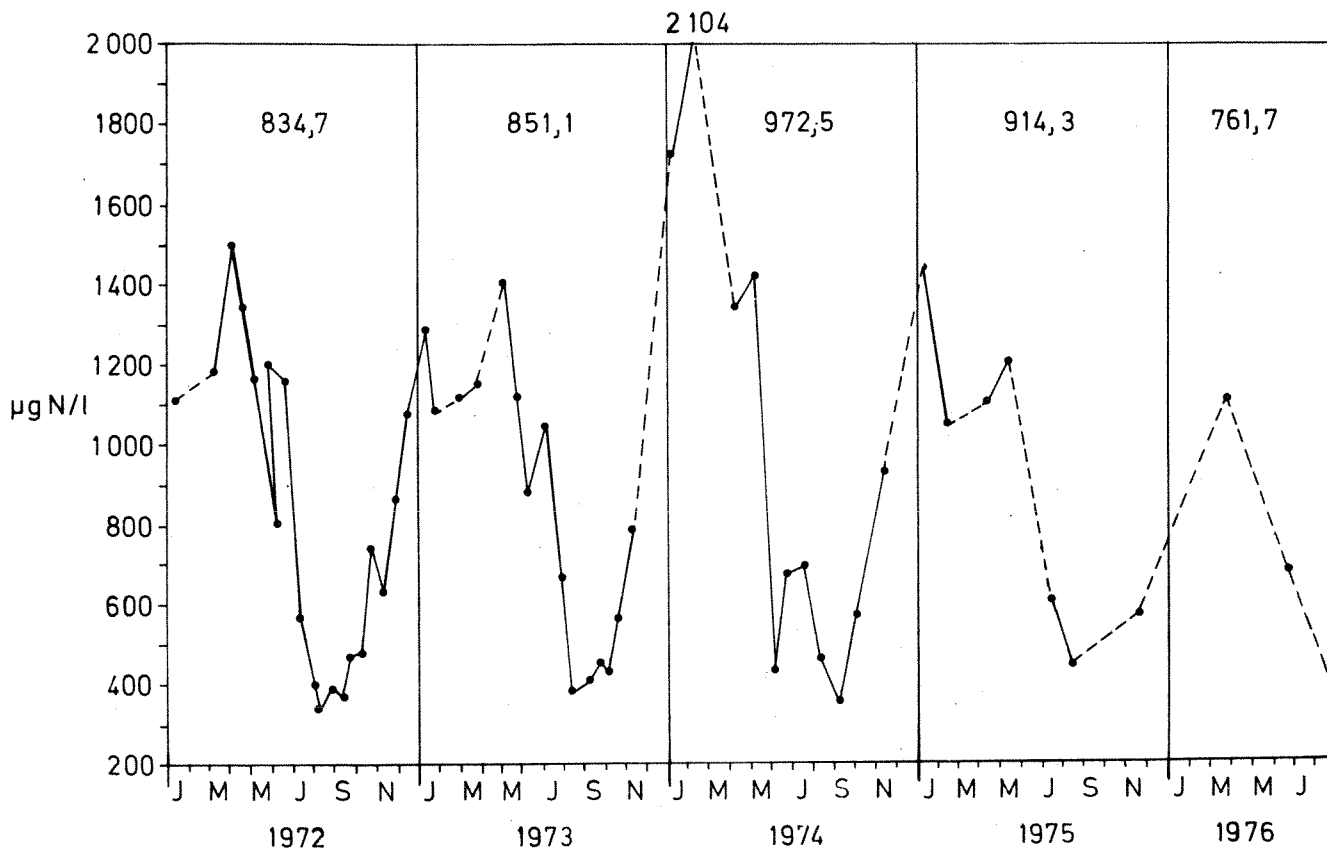
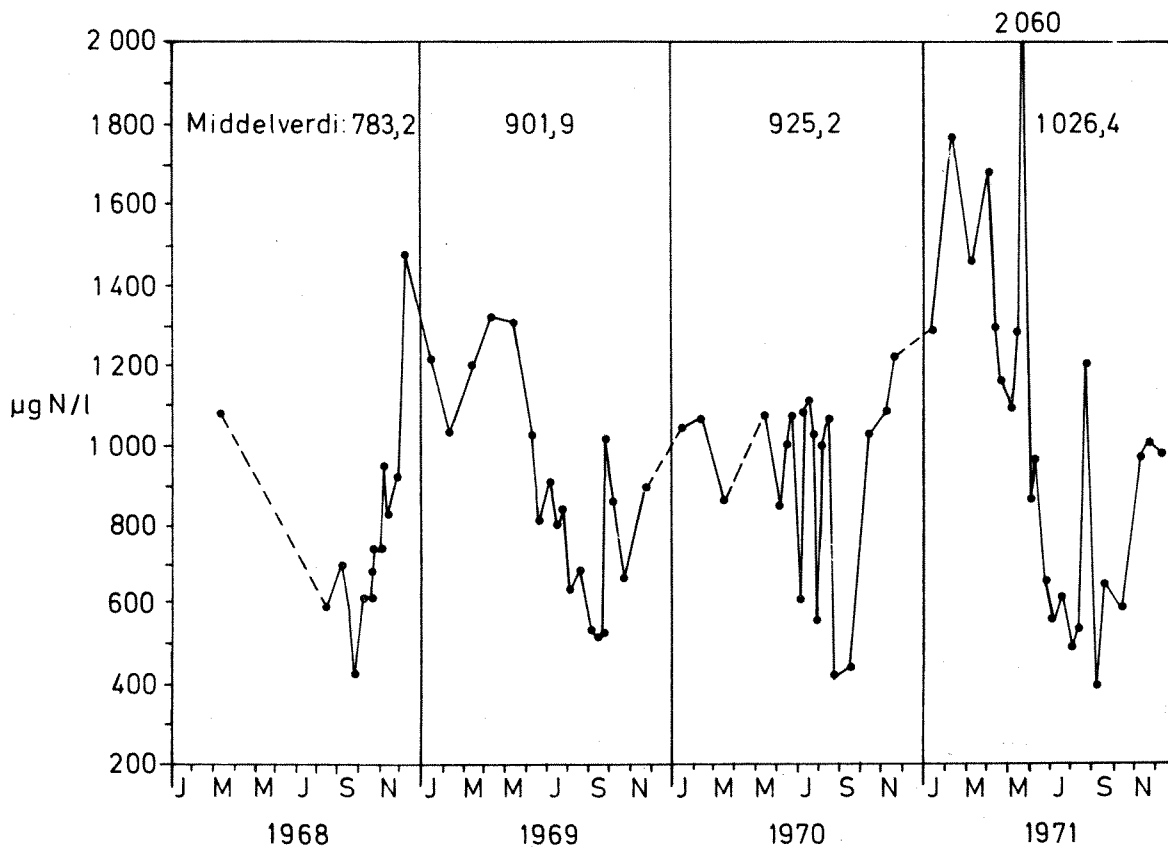


Fig.16 Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l.  
1 m dyp.

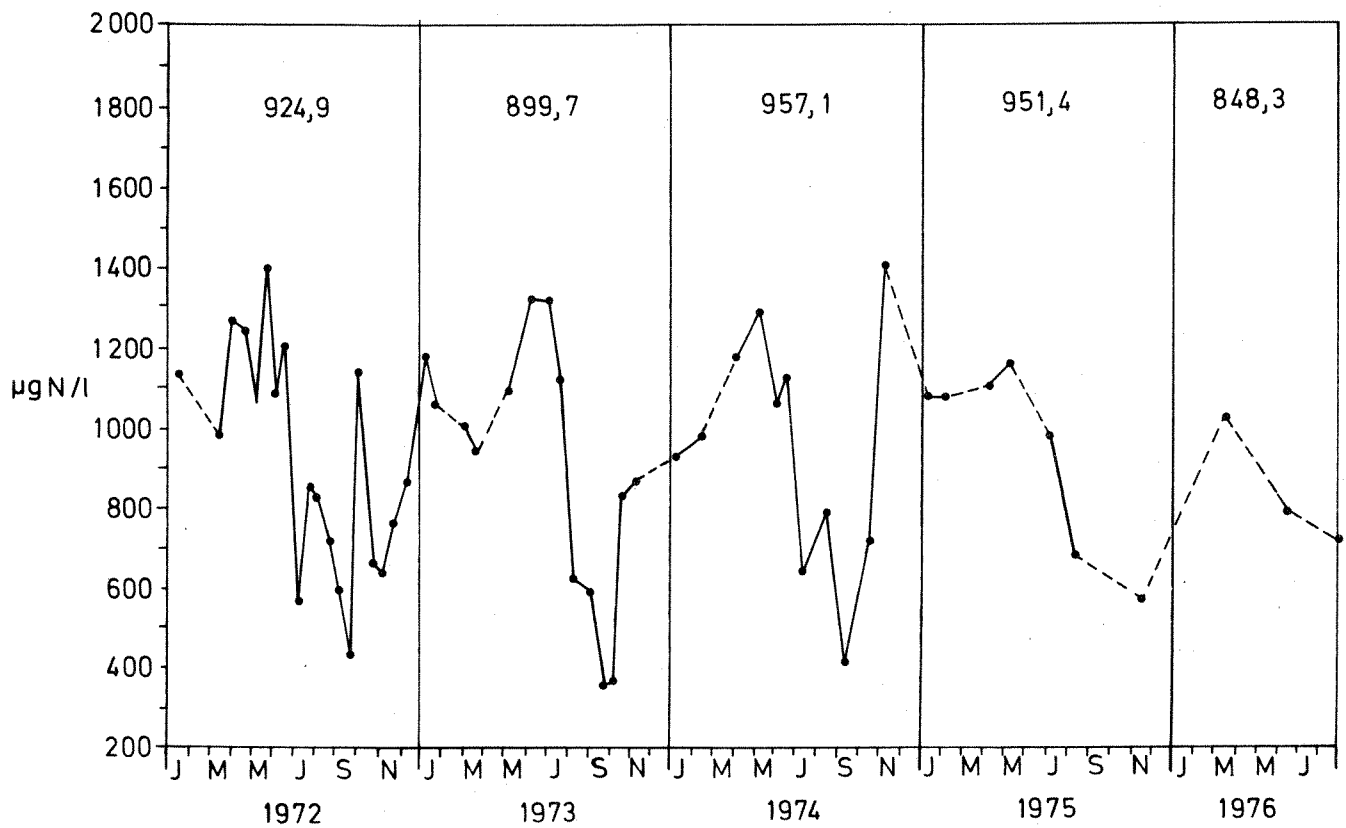
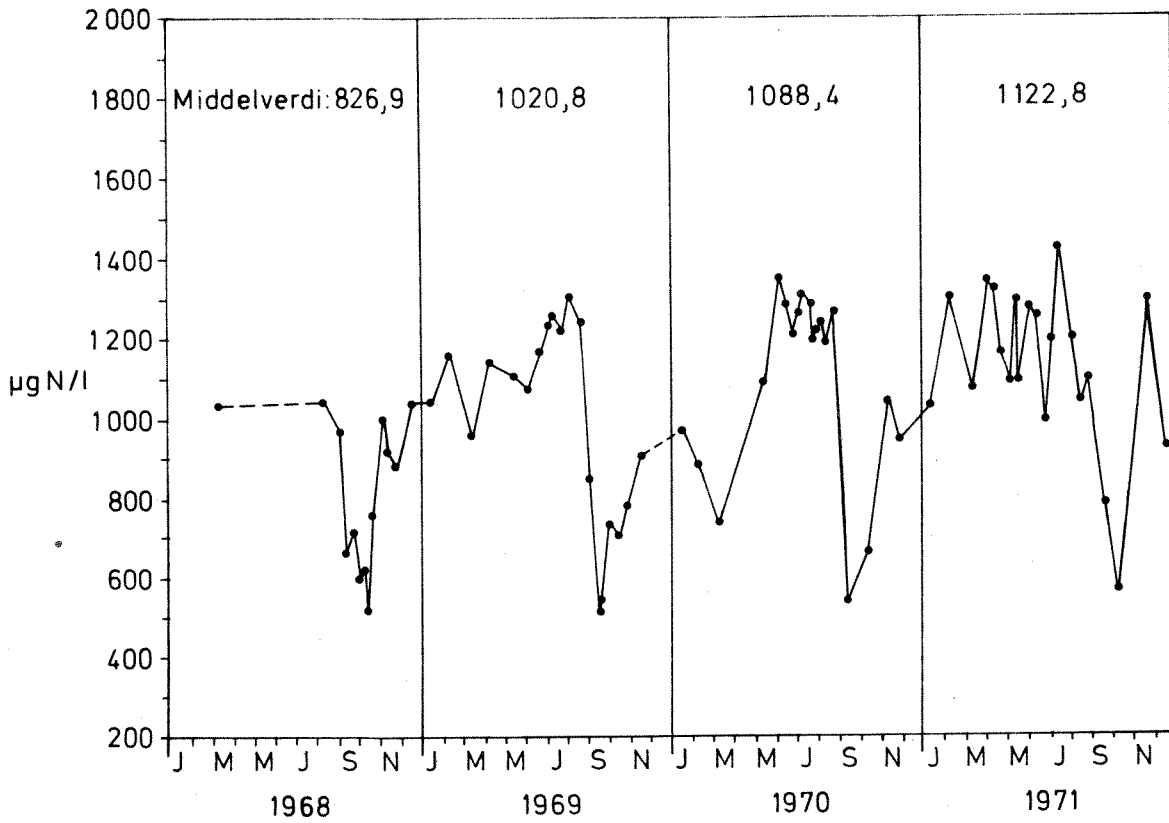


Fig.17 Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l.  
8 m dyp.

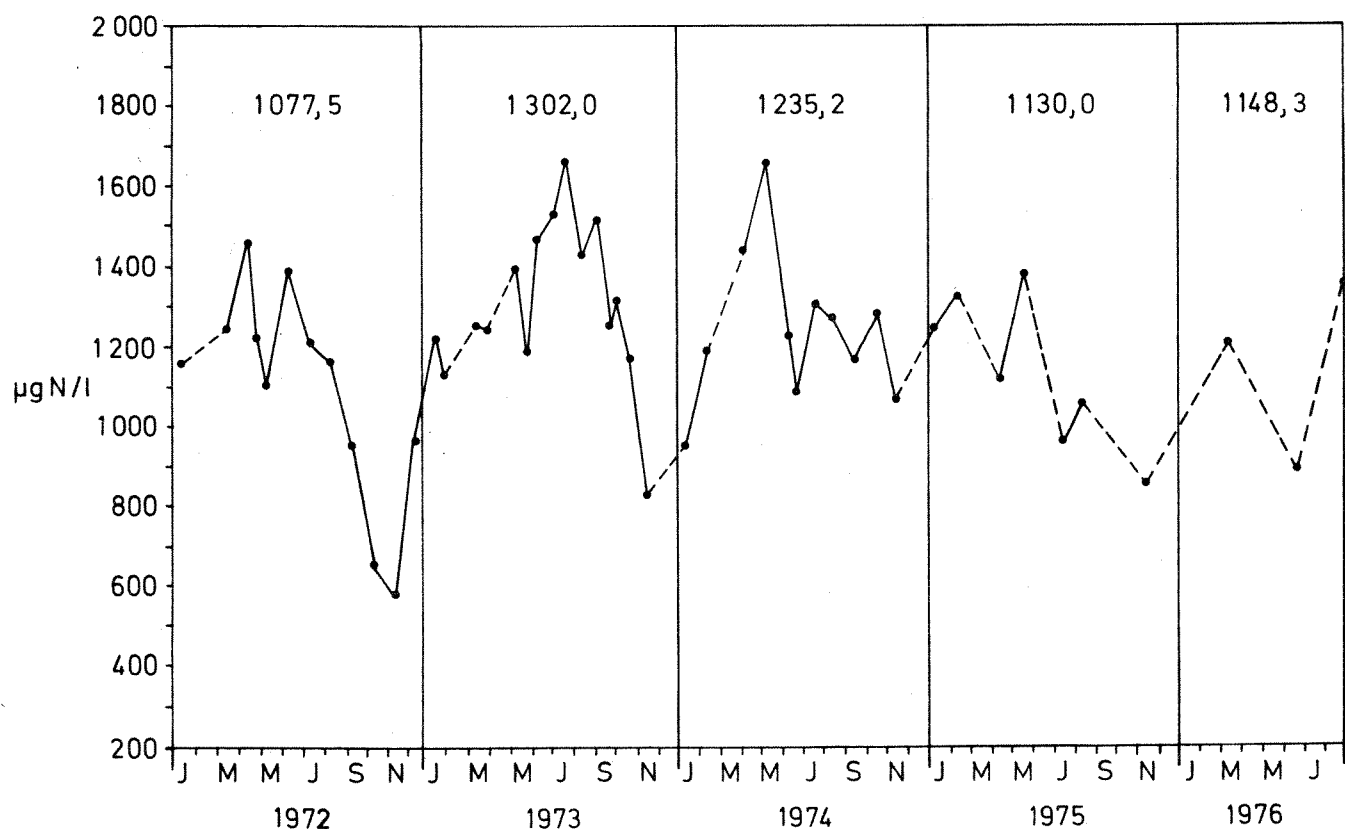
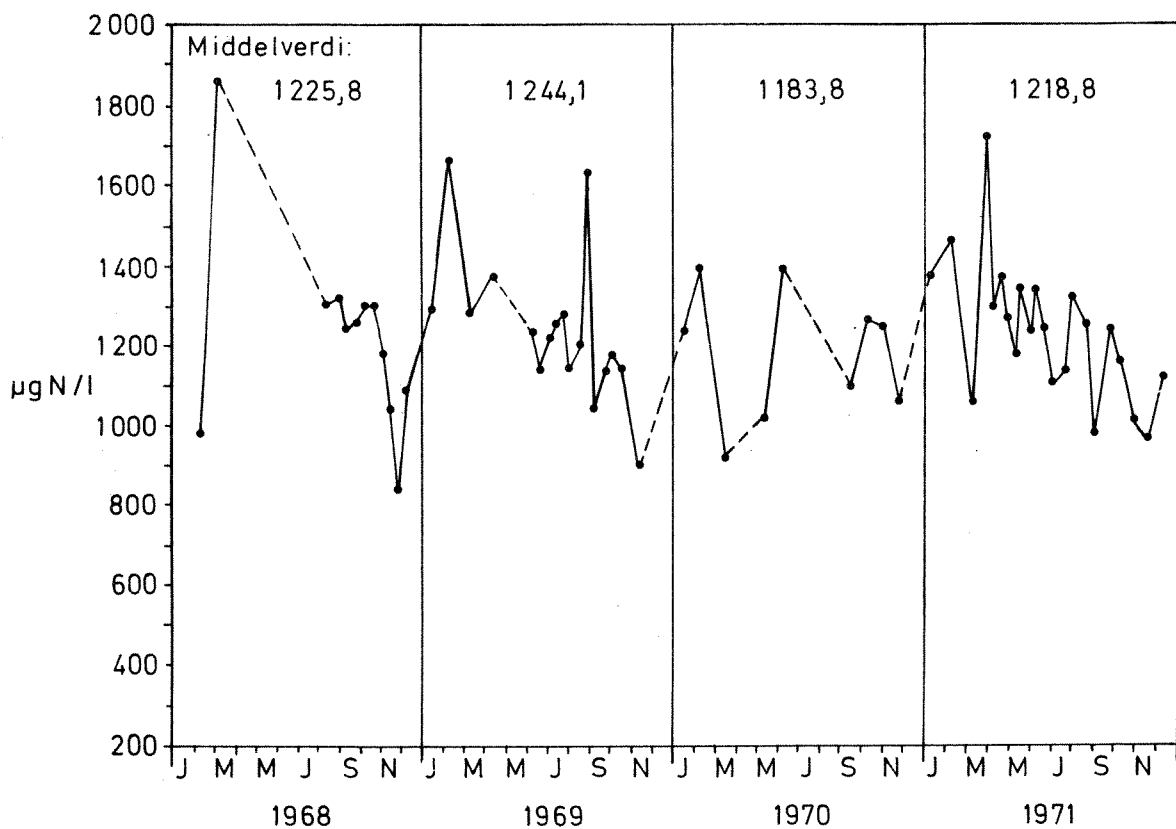


Fig.18 Gjersjøen 1968-1976. Totalnitrogen i µg N/l.  
50 m dyp.

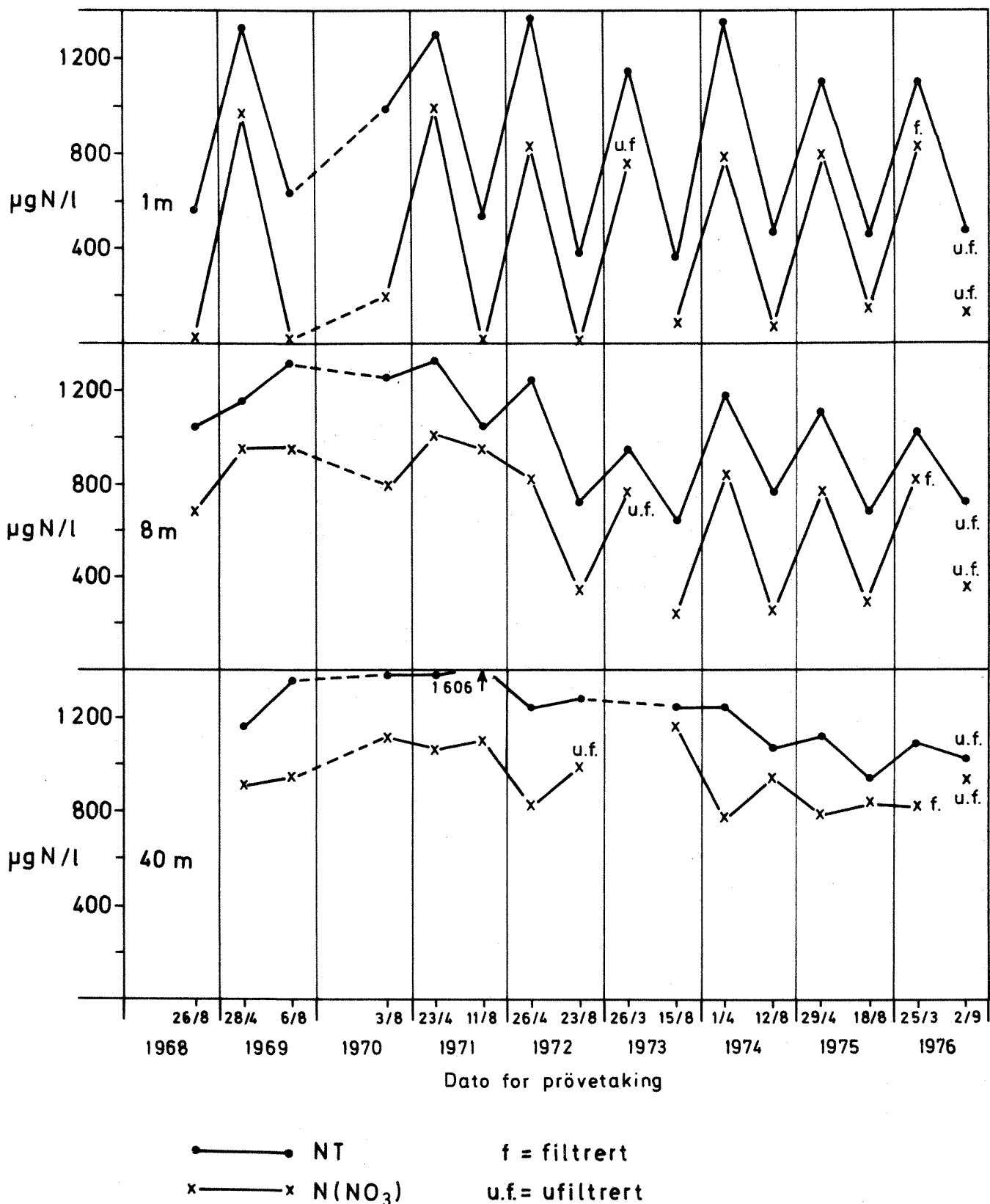


Fig.19 Gjersjøen 1968-1976. Vår- og sommerobservasjoner.  
 Totalnitrogen (NT) og nitrat  $\text{N}(\text{NO}_3)$  i  $\mu\text{g N/l}$ .  
 1 m, 8 m og 40 m.

Verdiene for farge og turbiditet var også høye i de bunnære vannmasser sommeren 1972. Det tyder på rikelig med organisk materiale i bunnsjiktet. En av grunnene kan være at vårsirkulasjonen 1972 var mer fullstendig og av lengre varighet enn vårsirkulasjonen i perioden 1969-1971. Utluftning av vannmassene våren 1970 var spesielt dårlig (fig. 4). Under vårsirkulasjonen blir en betydelig del av algebiomassen tilført de dypereliggende vannmasser og fører til en organisk belastning i dyplagene.

Figurene 16, 17 og 18 viser totalnitrogeninnholdet på 1 m, 8 m og 50 m, samt samme års middelerverdier. Vi finner ikke den samme nedgangen i vannets nitrogeninnhold etter kloakksaneringen tilsvarende nedgangen i fosfor. Nitrogen tilføres imidlertid innsjøen også på annen måte enn gjennom kloakken. Uorganisk nitrogen finnes i små mengder i regnvannet selv uten forurensning ved oljeforbrenning. Dyrket mark i omegnen har også betydning som forurensningsfaktor.

Fig. 19 viser totalnitrogen og nitrat ved vår- og sommerobservasjoner. Fra 1973 til mars 1976 er nitrat-prøvene filtrerte. Det kommer tydelig frem av denne figuren at nitrogenmengdene i de øverste vannlagene øker om våren under vårsirkulasjonen og avtar mot slutten av sommer-stagnasjonsperioden. På denne tiden er det lite nitrat i vannet over sprangsjiktet. Alger tar opp nitrat. Når disse synker, tar de med seg organisk bundet nitrogen til dypereliggende vannlag. I de bunnære vannmasser er det også på denne tiden lite nitrat på grunn av oksygenmangel, mens et mellom-sjikt har rikelig med nitrat. Dette viser at uorganisk nitrogen fordeler seg i Gjersjøen på en måte som er typisk for eutrofe innsjøer.

## 2.6 Partikulært organisk materiale

Tidligere undersøkelser av Gjersjøen (NIVA 1959, 1969, 1970-1971, 1972) viser tydelig den eutrofierende utviklingen med masseoppblomstring av blågrønnalgen *Oscillatoria agardhii* var. *isothrix* i 1964. Denne algen utgjorde i de følgende årene en betydelig mengde av planktonet i Gjersjøen.

Sommerhalvåret 1971 skjedde det en merkbar forandring med *Oscillatoria*-populasjonen i Gjersjøen, idet en rødbrun form, som bortsett fra fargen ikke kan skilles morfologisk fra den blågrønne, utgjorde hovedmengden av algebestanden.

Siden har den rødbrune formen dominert planteplanktonpopulasjonen i Gjersjøen. Den største konsentrasjonen av alger ble sommeren 1972 observert på ca. 6 meters dyp, i 1973-1976 på ca. 8 meters dyp. Denne algeformen finnes også i vinterplanktonet.

Den røde formen av *Oscillatoria agardhii* er i dag isolert i kultur ved NIVA, Biologisk avd. Den forandrer ikke farge ved forskjellige lysintensiteter. Det ser ut som den røde fargen er genetisk betinget. Hvordan denne formen er kommet til Gjersjøen, er det vanskelig å si med sikkerhet. Det kan ha skjedd ved spredning fra et annet vann, f.eks. med vind eller via fugler (ender), og blomstret opp i Gjersjøen fordi det var gunstige livsvilkår i innsjøen. Det mest sannsynlige er imidlertid at den har utviklet seg fra den blågrønne formen på grunn av overpopulasjon, næringsmangel, stress osv. i de øverste vannlagene.

Figurene 20 og 21 viser mengden av partikulært organisk materiale på 1 m, 6 m, 8 m og 30 m, samt samme års middelerverdier. Disse dyp er valgt fordi det av Lars Lillevolds hovedfagsoppgave kommer tydelig fram en vertikalfordeling av algene (oppnopning på ca. 6 meter i 1972 og 8 meter i 1973 og 1974).

I prøver tatt 17/2-71 besto biomassen (mg tørrvekt/håvtrekk 0-50m) vesentlig av dyreplankton, mens det året etter 22/2-72 var 50% dyreplankton, og det vesentlige av den øvrige delen var den røde formen av algen *Oscillatoria agardhii*. En overflateprøve 15/9-71 viste at dyreplanktonet utgjorde kun 15% av biomassen, slik at forholdstallet mellom plante- og dyreplankton lå mellom 5 og 6 (Arnfinn Langeland, B-3/72).

De toppene vi ser på kurvene i figurene 20 og 21 skyldes oppblomstring av alger. I 1971 var det størst oppblomstring av alger i de øverste vannlagene, mens det i 1972 ble funnet i størst mengde på ca. 6 meters dyp, og i perioden 1973-1976 på ca. 8 meters dyp.

Sommeren 1975 var varm og tørr. Det var derfor gunstige vekstvilkår for alger. Likevel var det ingen økning i algemengden sommerhalvåret 1975 sammenlignet med årene før. Vannets innhold av totalfosfor og ortofosfat har gått tydelig ned (fig. 10-13), men om nedgangen foreløpig er tilstrekkelig til å gi mindre algevekst er det for tidlig å si noe om.



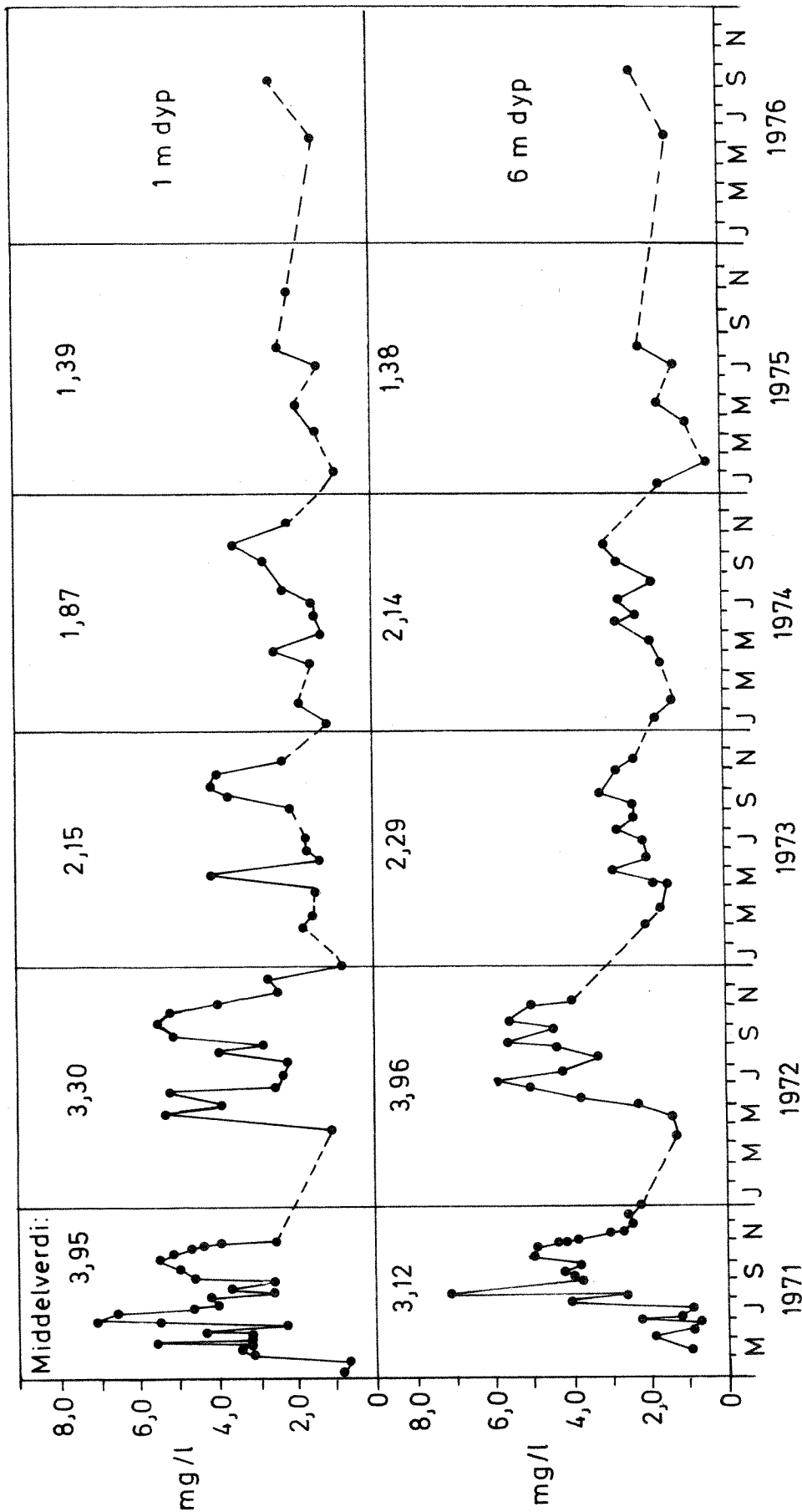


Fig. 20 Gjersjøen 1971-1976. Partikulært organisk materiale i mg/l. 1 m og 6 m.

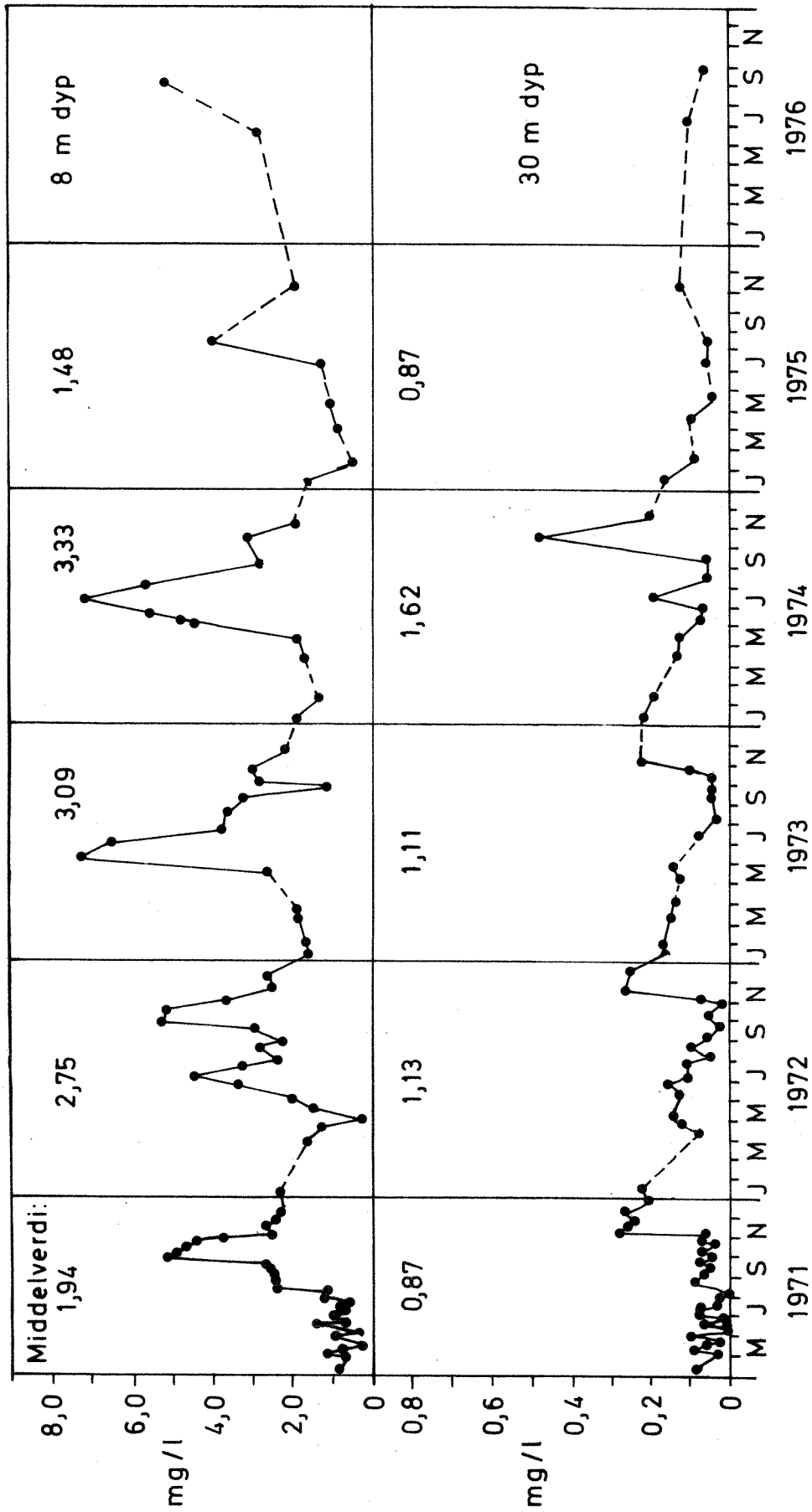


Fig. 21 Gjersjøen 1971-1976. Partikulært organisk materiale i mg/l. 8 m og 30 m.

Sommeren 1976 har det vært to prøvetakinger på Gjersjøen 21. juni og 2. september. Begge dagene var det størst mengde organisk materiale på ca. 8 m's dyp. Denne sommeren var også tørr og varm og derfor var det optimale vekstvilkår for algene. Det var ikke kommet noe særlig regn før den siste prøvedagen 2. september.

Prosjektets ramme har foreløpig ikke tillatt bearbeidelse av dette materialet. Vi venter å få det bearbeidet senere; det vil da komme i en selvstendig rapport.

### 3. BAKTERIOLOGISKE FORHOLD

#### 3.1 Bakteriologiske observasjoner

Tabell 2 viser resultatene fra bakteriologiske undersøkelser av vannprøver hentet i Gjersjøen 2. september 1976 samt tilsvarende analyse-resultater fra september 1971 og 1970.

I tabellen er tallene i rubrikken "Kimtall" og Tot. coli EMF 37" sammenlignbare med tidligere bakteriologiske undersøkelsesresultater, fordi det her er brukt samme metode som tidligere.

Siste undersøkelse viser lavere tall; det gjelder særlig colitall. Innsjøen er i dag lite påvirket av fekale bakterier (tarmbakterier). Dette har sammenheng med at det meste kloakkvannet i dag føres ut av Gjersjøens nedbørfelt.

### 4. GJERSJØENS TILLØPS- OG UTLØPSELVER

#### 4.1 Materialtransport

Tabell 3 viser fosfor- og nitrogen-budsjettet for perioden 1972-1976. Følgende ligning er brukt til beregning av materialtransporten.

$$Z = \frac{\sum C_i \cdot q_i}{\sum q_i} \cdot Q$$

der Z er totaltransporten.  $q_i$  er vannføringen ( $m^3/S$ ) og  $C_i$  er materialkonsentrasjonen ( $mg/m^3$ ) på de respektive prøvetakingsdager. Q er totalvannføringen ( $m^3$ ) i perioden.



Tabell 3. Gjersjøens fosfor- og nitrogenbudsjett i perioden 1972-1976.

Tilløp	Vannføring	Totalt fosfor		Totalt nitrogen		Nitrat (NO <sub>3</sub> )	
	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	kg/år	g/m <sup>2</sup> -år	kg/år	g/m <sup>2</sup> -år	kg N/år	g N/m <sup>2</sup> -år
<u>1972</u>							
Sætrebekken	6,98	1459	0,540	31134	11,53	16903	6,269
Tussebekken	4,64	223	0,083	8072	2,99	2783	1,031
Greverudbekken	2,85	267	0,099	9709	3,60	3306	1,224
Kantorbekken	1,01	550	0,204	4774	1,77	919	0,339
Fåleslora	0,52	82	0,030	2596	0,96	1580	0,585
Tot.transport	16,00	2581	0,956	56285	20,85	25487	9,439
Utløp Gjer- sjøelva	15,30	409	0,152	29950	11,09	7656	2,836
Differanse		2172	0,804	26335	9,76	17831	6,603
<u>1973</u>							
Sætrebekken	4,19	638	0,236	15769	5,84	11364	4,209
Tussebekken	3,00	144	0,053	4980	1,84	2002	0,742
Greverudbekken	1,75	125	0,046	4470	1,66	1850	0,685
Kantorbekken	0,81	274	0,102	2132	0,79	866	0,321
Fåleslora	0,60	68	0,025	2391	0,89	1650	0,611
Tot.transport	10,35	1249	0,462	29742	11,02	17732	6,568
Utløp Gjer- sjøelva	7,94	162	0,060	9887	3,66	5268	1,951
Differanse		1087	0,402	19855	7,36	12464	4,617

Tilløp	Vannføring	Totalt fosfor		Totalt nitrogen		Nitrat $\text{No}_3$	
	$10^6 \text{ m}^3$	kg/år	$\text{g/m}^2\text{-år}$	kg/år	$\text{g/m}^2\text{-år}$	kg N/år	$\text{g N/m}^2\text{-år}$
<u>1974</u>							
Sætrebekken	13,03	1010	0,374	52526	19,45	31850	11,796
Tussebekken	6,48	222	0,082	12004	4,45	4512	1,671
Greverudbekken	4,28	254	0,094	10339	3,83	4111	1,523
Kantorbekken	1,84	679	0,252	5305	1,97	2088	0,773
Fåleslora	0,70	49	0,018	2920	1,08	1905	0,706
Tot.transport	26,33	2214	0,820	83094	30,78	44466	16,469
Utløp Gjer- sjøelva	19,28	394	0,146	31203	11,56	11416	4,228
Differanse		1820	0,674	51891	19,22	33050	12,241
<u>1975</u>							
Sætrebekken	9,15	968	0,359	32566	12,06	19712	7,301
Tussebekken	4,08	160	0,059	4113	1,52	2302	0,853
Greverudbekken	2,75	136	0,050	4813	1,78	2982	1,104
Kantorbekken	0,98	333	0,123	2447	0,91	1253	0,464
Fåleslora	0,49	36	0,013	2128	0,79	1549	0,574
Tot.transport	17,45	1633	0,604	46067	17,06	27798	10,296
Utløp Gjer- sjøelva	17,36	465	0,172	19966	7,40	11732	4,345
Differanse		1168	0,432	26101	9,66	16066	5,951

Tilløp	Vannføring	Totalt fosfor		Totalt nitrogen		Nitrat (NO <sub>3</sub> )	
	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	kg/år	g/m <sup>2</sup> -år	kg/år	g/m <sup>2</sup> -år	kg N/år	g N/m <sup>2</sup> -år
<u>1976</u>							
Sætrebekken	7,18	500	0,185	44553	16,50	31968	11,840
Tussebekken	3,87	97	0,036	6671	2,47	4052	1,501
Greverudbekken	2,16	79	0,029	6380	2,36	5336	1,976
Kantorbekken	1,05	335	0,124	2684	0,99	1463	0,542
Fåleslora	0,57	31	0,012	3231	1,20	2180	0,807
Tot.transport	14,83	1042	0,386	63519	23,52	44999	16,666
Utløp Gjer- sjøelva	6,19	114	0,042	8871	3,29	5429	2,011
Differanse		928	0,344	54648	20,23	39570	14,655

Resultatene viser at Sætrebekken har størst vannføring og utgjør ca. 50% av fosfor- og ca. 70% av nitrogen-tilførselen til Gjersjøen, mens Kantorbekken inneholder mest fosfor i forhold til vannføringen. Tabellen viser videre at fosfortransporten gjennom utløpet (Gjersjøelva) er 10-28% av tilførselen, hvilket betyr at mesteparten av tilført fosfor akkumuleres i Gjersjøen.

Fig. 22 (Vollenweiders eutrofimodell) viser fosforbelastningen ( $\text{g/m}^2$  overfl.-år) i relasjon til middeldybde (Gjersjøen 23 m) for noen større innsjøer i Europa. Tallet for Gjersjøen (1972) er regnet ut på grunnlag av det biologiske materialet som i det vesentlige består av alger. I tillegg til næringstoffene som blir tilført vannet fra bekkene, skjer det en regenerasjon av næringsstoffer fra sedimentene. Algene drar nytte av all næring i vannet til sin vekst og formering. Det er derfor lagt til bidraget fra bekkene en bestemt mengde fosfor som er tilført vannet ved regenerasjon fra sedimentene. Tallet i Vollenweiders modell kan derfor ikke sammenlignes med tallet i tabellen. Ser man bare på bidraget fra bekkene ligger belastningen for 1976, som er det laveste tallet i tabellen, over den verdi ( $0,35 \text{ g/m}^2$  overflate/år) som ifølge Vollenweiders eutrofimodell er kritisk belastning for Gjersjøen.

Fig. 23-28 viser vannføring, fosfor- og nitrogentransporten i tilløpsbekkene og gjennom utløpet (Gjersjøelva) i perioden 1971-1976. Sætrebekken er den eneste av bekkene med målinger for hele 1971. For perioden 1972-1976 er materialtransporten basert på 5-1 målinger pr. mnd. Disse verdiene er plottet inn på kurvene samt vannføringen samme dagen.

1971 er det i Kantorbekken, Tussebekken, Fåleslora og Gjersjøelva 1-4 målinger pr. uke. Her er det regnet ut gjennomsnittsverdier både når det gjelder vannføring og materialtransport, slik at vi får en verdi pr. uke. I Greverudbekken og Sætrebekken er det enkelte døgn tatt målinger hver time eller annen hver time, slik at det her kan være opp til 55 verdier bak en gjennomsnittsverdi for en uke.

Det kommer tydelig fram av figurene at forurensningen til Gjersjøen øker når nedbørsmengden, og derved vannføringen i bekkene øker. Grunnen til dette er antagelig avrenning fra dyrket mark, avløp fra septiktanker o.l.

Figurene viser videre en betydelig reduksjon i fosfortilførselen til Gjersjøen etter at Nordre Follo renseanlegg kom i drift i februar 1972.



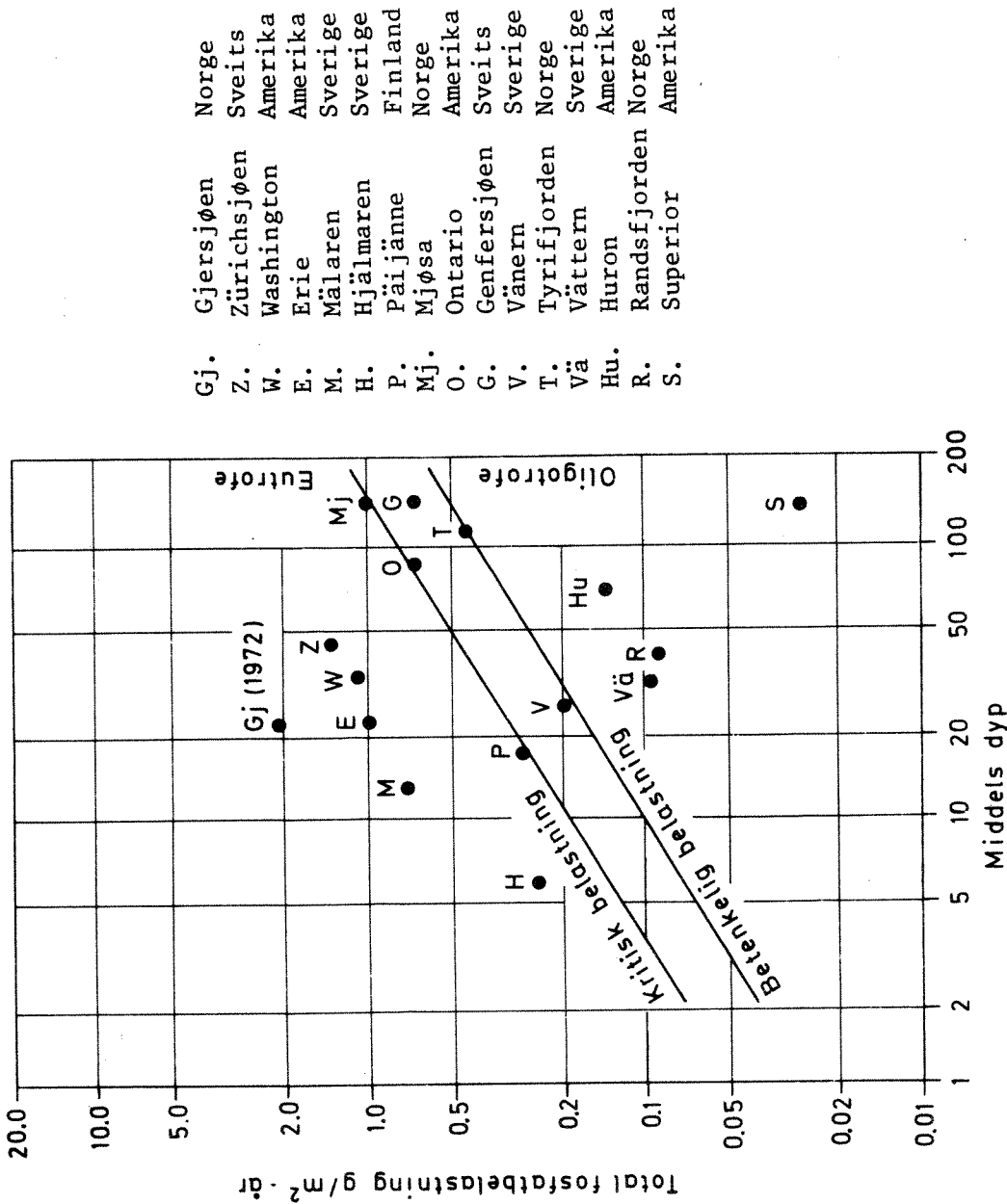


Fig.22 Fosforbelastning i relasjon til middel dypde for noen større innsjøer i Sveits, Nord-Amerika, Finland, Sverige og Norge (etter Vollenweiders (1968) eutrofi-modell).

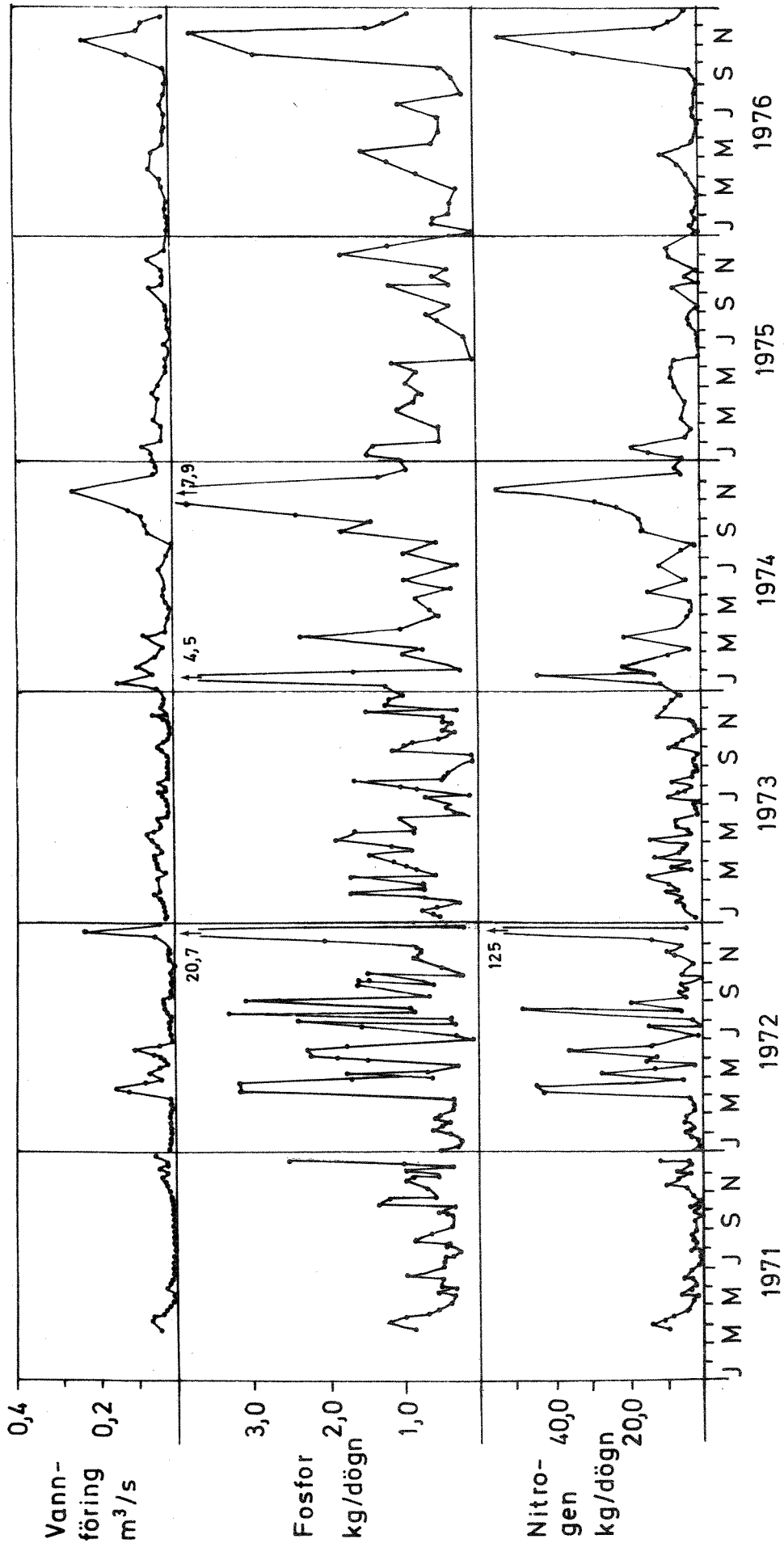


Fig. 23 Kantorbekken mars 1971-1976. Vannförling, fosfor- og nitrogentransport.

(For 1971 er angitt middelværdier. Se tekst).

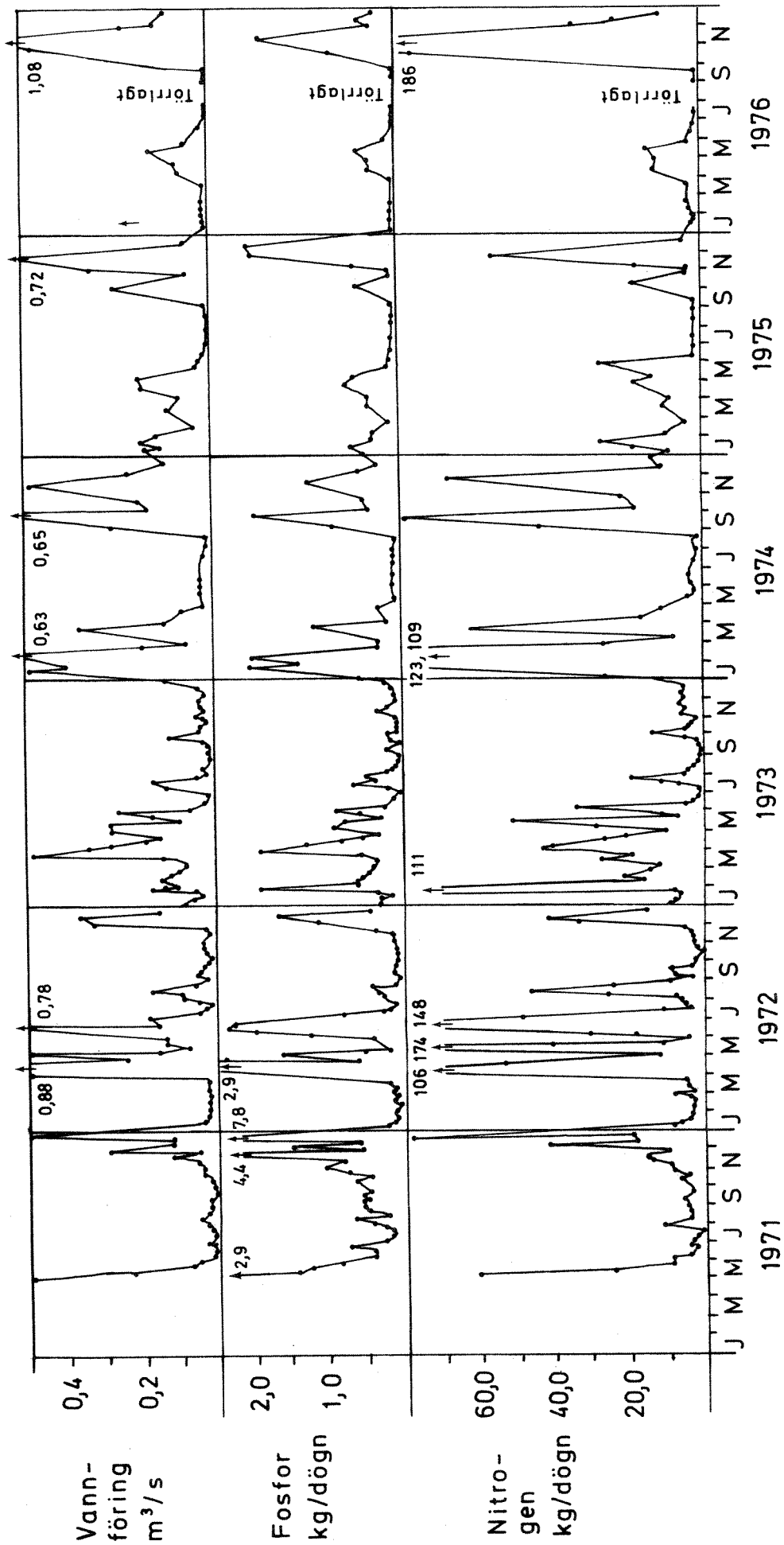


Fig. 24 Tussebekken mai 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogentransport.  
(For 1971 er angitt middelværdier. Se tekst).

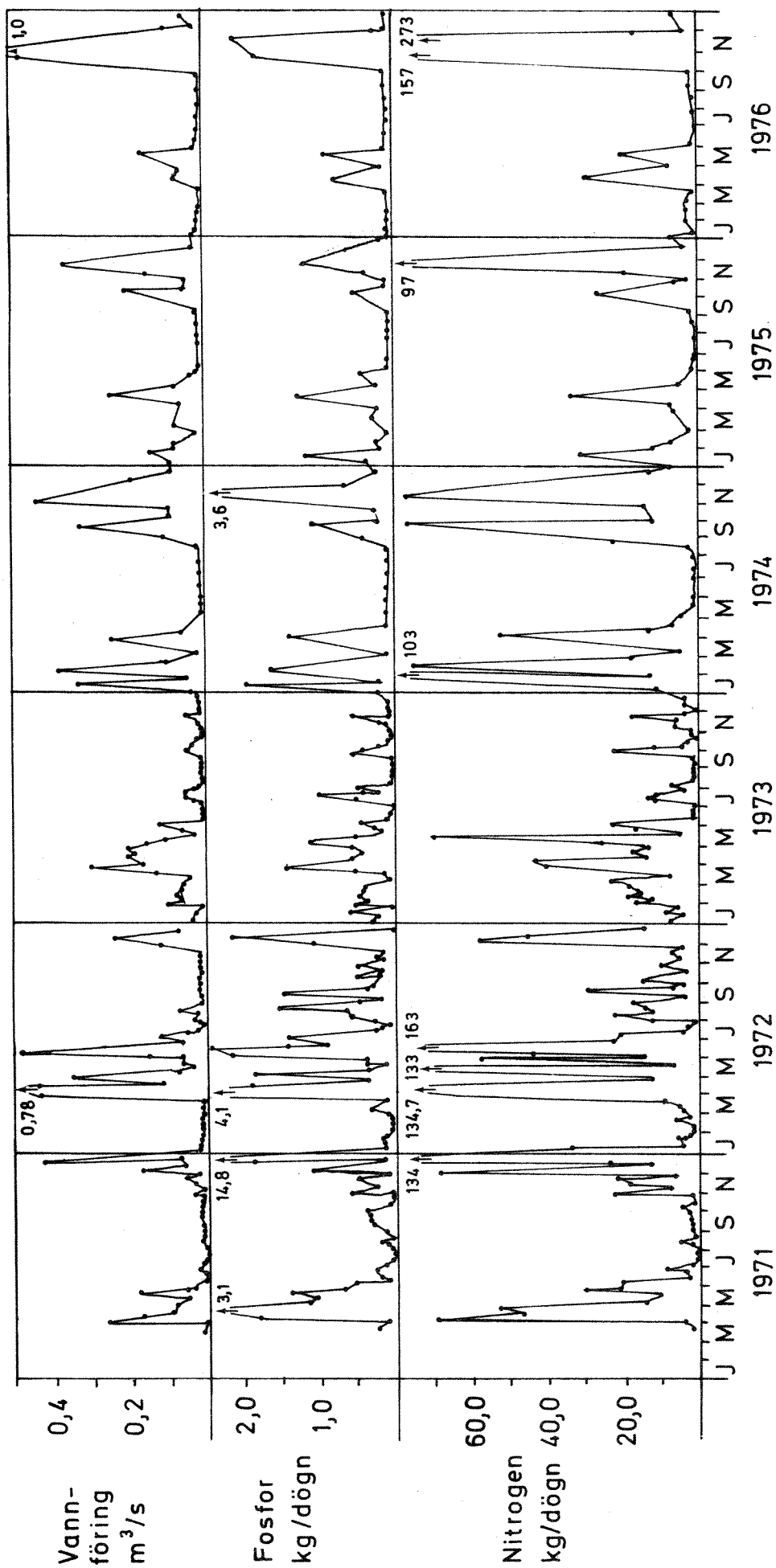


Fig. 25 Greverudbekken mars 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogentransport.  
(For 1971 er angitt middelverdier. Se tekst).

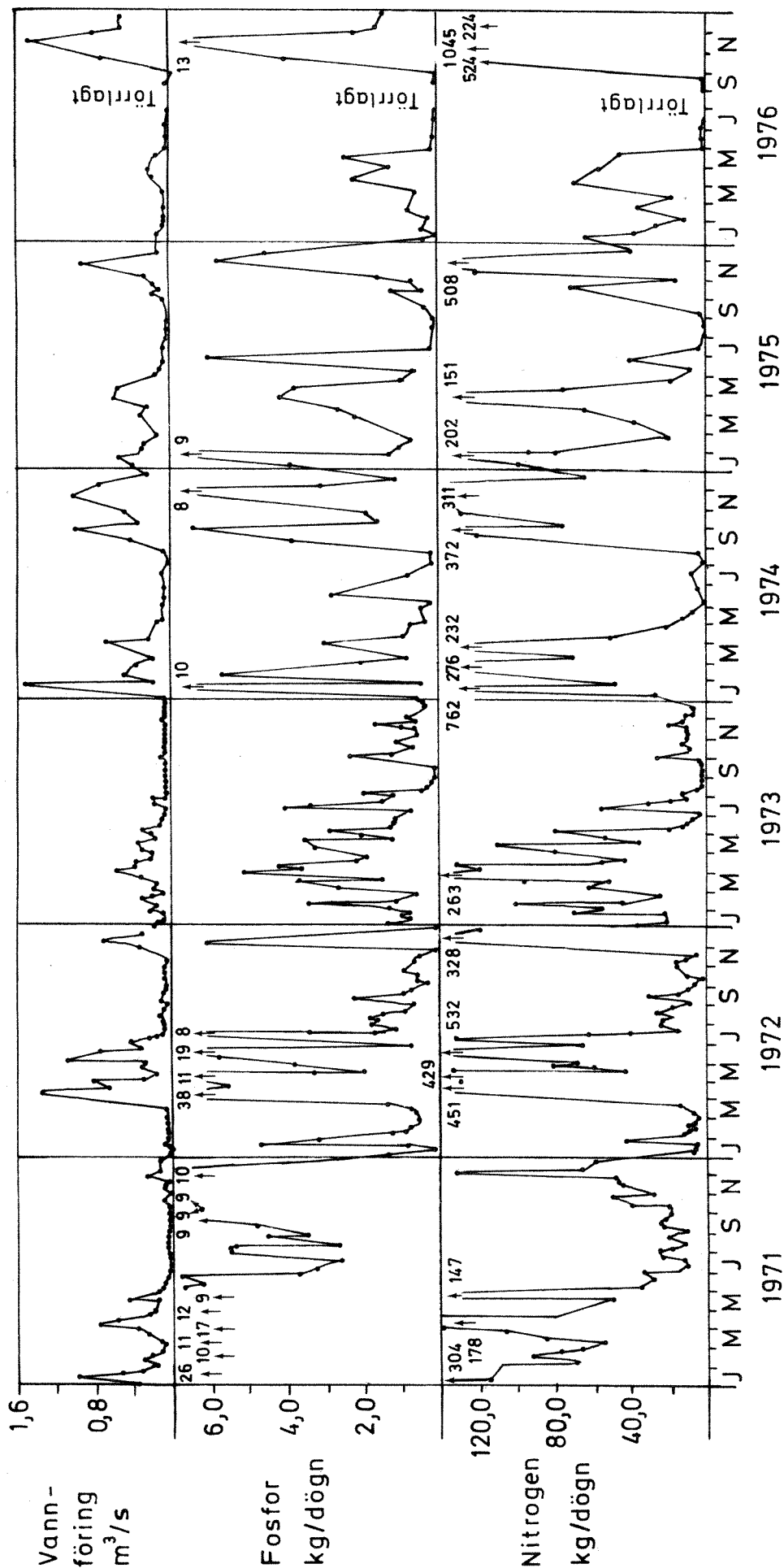


Fig. 26 Sætrebekken 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogentransport.

(For 1971 er angitt middelverdier. Se tekst).

NB! Merk verdiene på ordinaten.

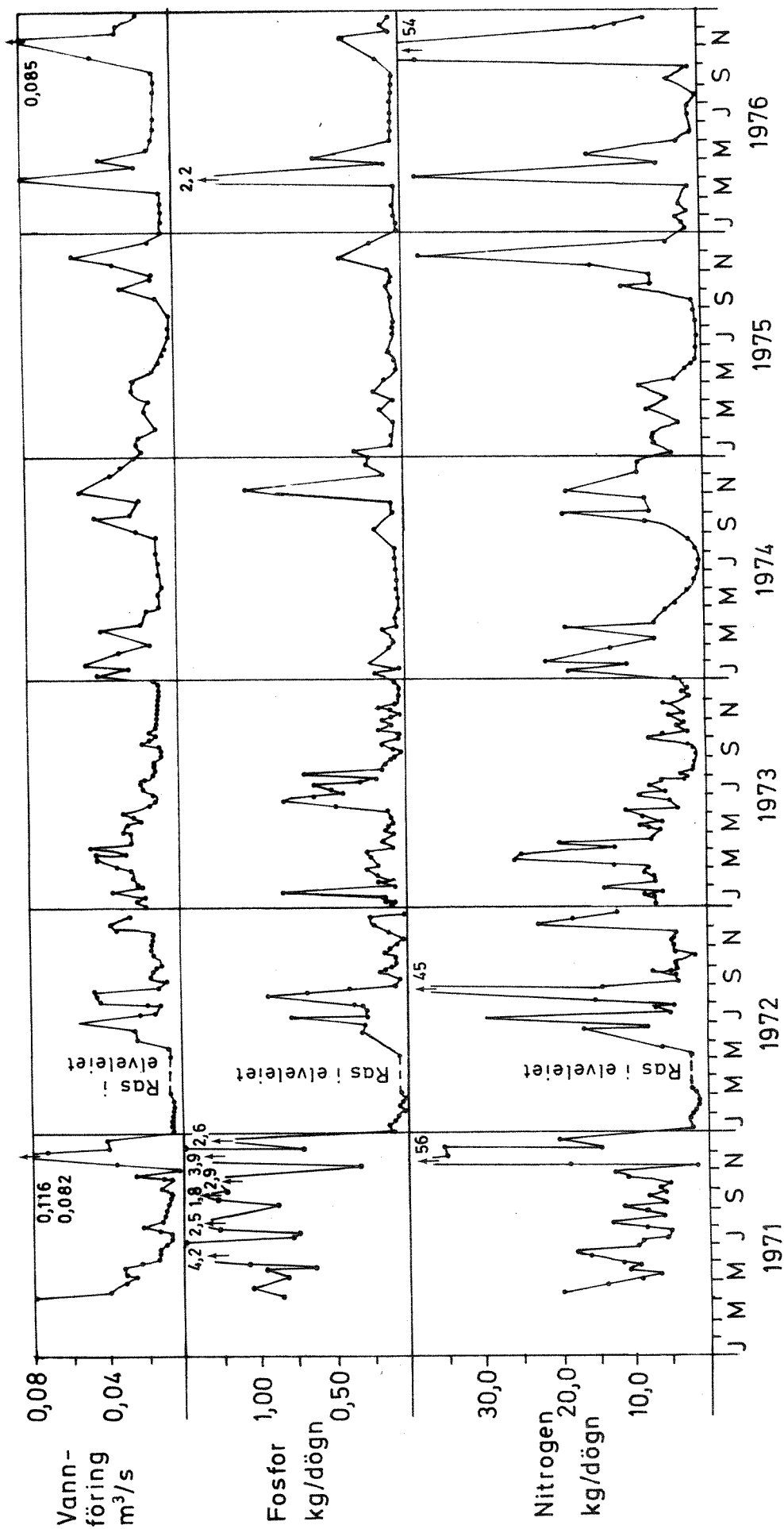


Fig. 27 Fåleslora april 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogentransport.

(For 1971 er angitt middelverdier. Se tekst).

NB! Merk verdiene på ordinaten.

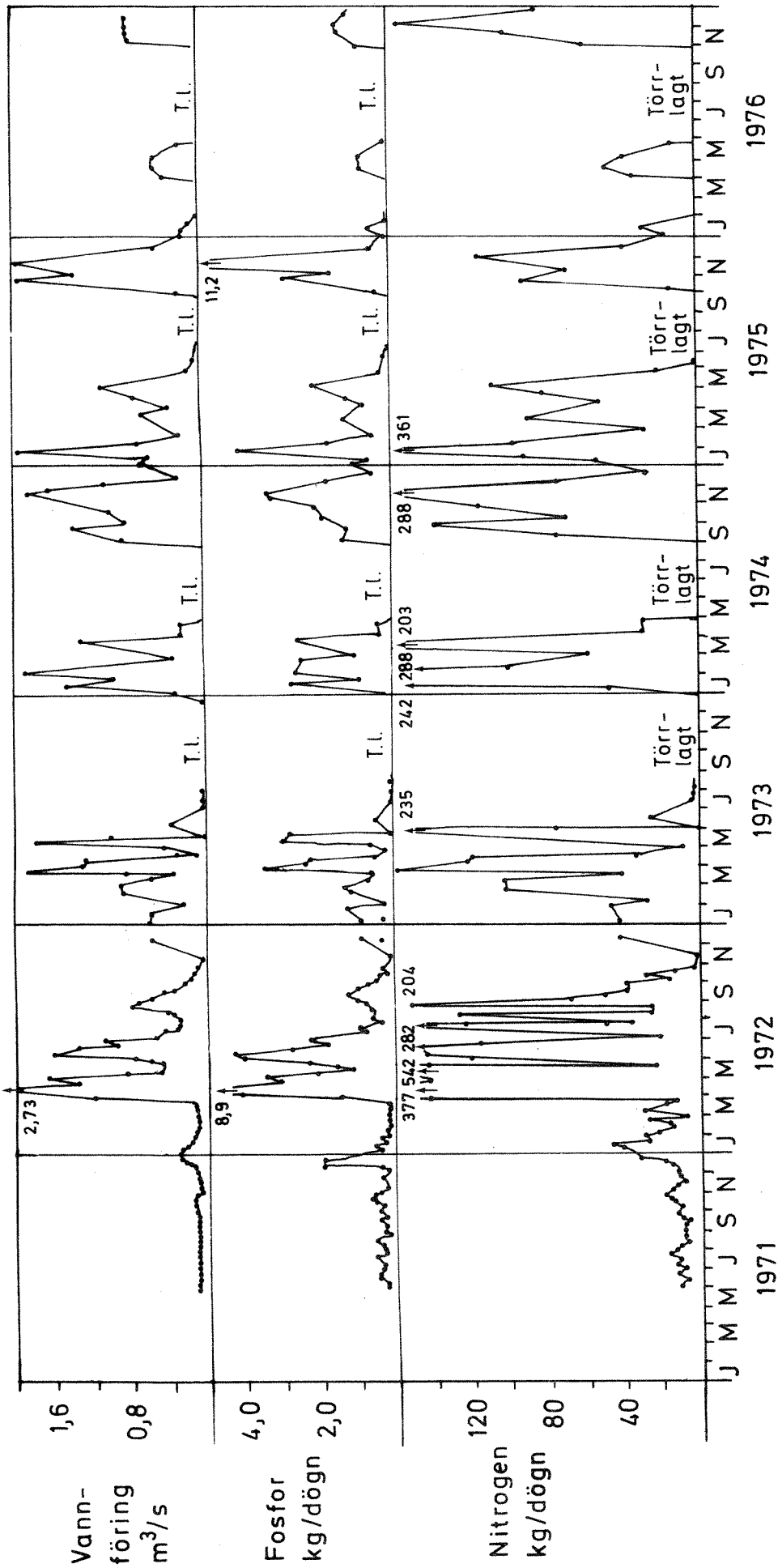


Fig. 28 Gjersjøelva juni 1971-1976. Vannføring, fosfor- og nitrogentransport.

(For 1971 er angitt middelværdier. Se tekst).

NB! Merk verdiene på ordinaten.

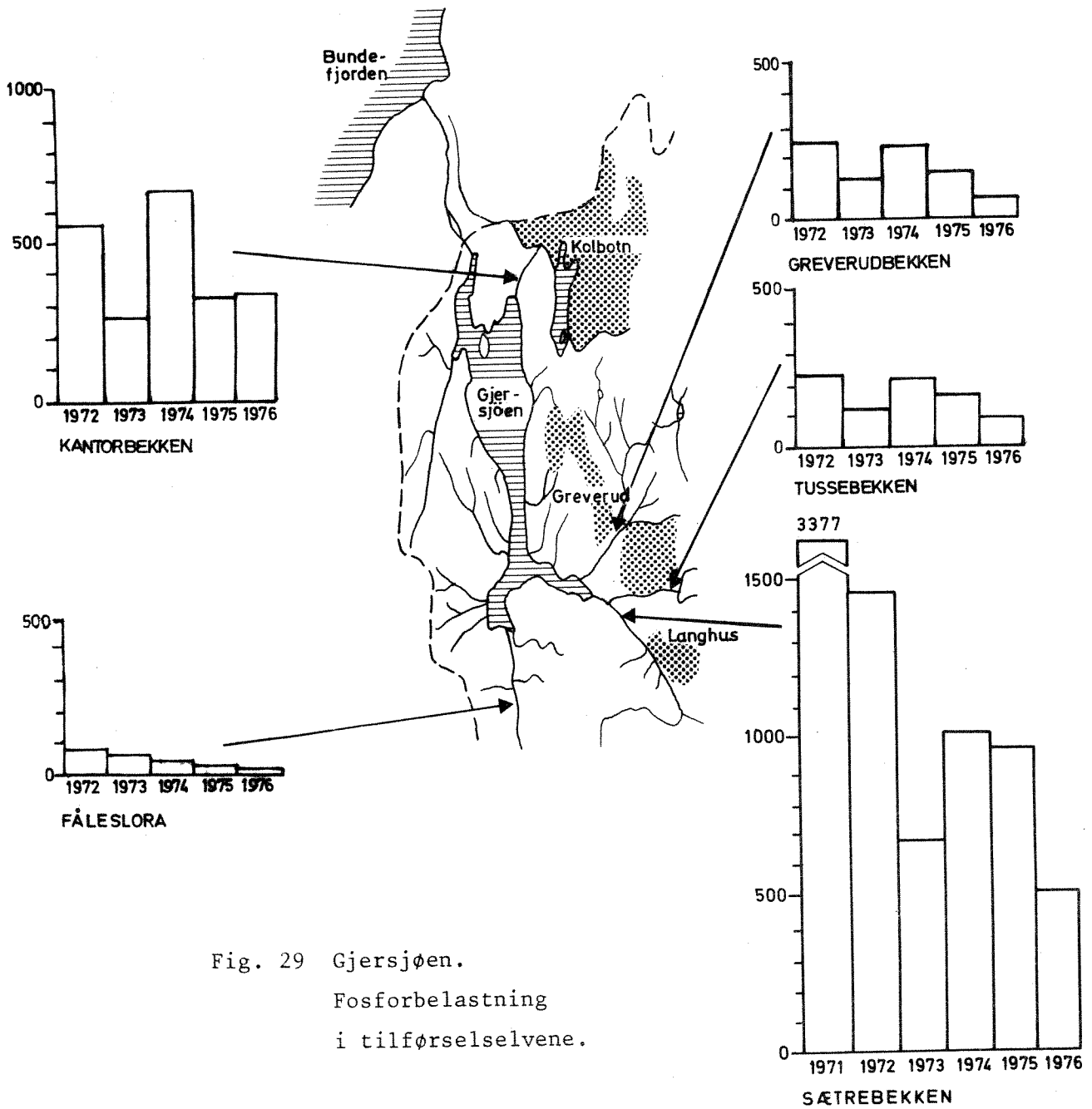


Fig. 29 Gjersjøen.  
Fosforbelastning  
i tilførselselvene.





Parti fra Gjersjøen.

Avløpet fra Tyrigrava kafé renner ut i Gjersjøen. (Mai 1977.)

Det gjelder særlig Sætrebekken. En tilsvarende nedgang i nitrogentilførselen finner man ikke.

Fig. 29 viser fosforbelastningen i tilløpselvene. De lave tallene for 1973 og økningen i 1974 henger sammen med nedbørmengdene som i 1973 lå 248 mm under det normale, og i 1974 146 mm over det normale. Nedbøren både i 1975 og 1976 lå 177 mm under det normale.

En må imidlertid regne med at forurensningen til Gjersjøen er større enn det som kommer fram av disse kurvene, fordi det flere steder er registrert direkte kloakkutslipp til Gjersjøen og elvene (Tyrigrava o.l., se fotografiet side 49).

## 5. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Gjersjøens utvikling i eutrof retning har vært fulgt gjennom limnologiske undersøkelser i vel tyve år. Fram til februar 1972 ble innsjøen brukt som resipient for avløpsvann fra befolkningen og visse industribedrifter i området. Siden er størsteparten av kloakken i nedbørfeltet blitt ledet bort fra innsjøen via Nordre Follo kloakkrensaneanlegg.

Allerede i 50-årene var innsjøen betydelig eutrofiert, men denne utvikling ble stadig mer omfattende opp gjennom 60-årene. Sommeren 1964 ble den første masseoppblomstring av algen (*Oscillatoria agardhii*) observert.

Analyseresultatene viser at det fremdeles er stor oppblomstring av den samme type alge i innsjøen.

Etter at kloakkrensaneanlegget (Nordre Follo) ble satt i drift, har det vært en gradvis nedgang av fosforinnholdet i de frie vannmasser. Dette gjelder også de bunnære vannmassene. Det meste av fosforinnholdet i Gjersjøen er partikulært bundet. Størst konsentrasjon av alger finnes om sommeren på ca. 8 meters dyp (den røde formen av *Oscillatoria agardhii*). Det partikulære organiske stoff fra nedbørfeltet spiller også en viss rolle. De to siste varme og tørre somrene har vært spesielt gunstige for algenes vekst og formering.

Nitrogeninnholdet i innsjøen har ikke forandret seg nevneverdig etter kloakksaneringen.

På grunn av algenes fotosyntese fordeler oksygeninnholdet seg på en måte som er typisk for en næringsrik innsjø med overmetning i overflatelagene i vekstperioden og oksygenmangel i dyplagene.

I de senere år, fra 1972 av, har det vært et høyere oksygeninnhold på 30 m og 50 m sammenlignet med perioden 1968-1971. Dette kan ha sammenheng med forurensningsavlastningen, men mer effektiv vårsirkulasjon (større innblanding av oksygen om våren) kan også spille en viss rolle.

I 1976 ble det samlet inn prøver tre ganger fra Gjersjøen (25/3, 21/6 og 2/9). 25/3 (mot slutten av vinterstagnasjonsperioden) var det utviklet hydrogensulfid på 58 meters dyp, mens det på 50 m samme dag var 8,31 mg  $O_2/l$  (63% oksygenmetning). 21/6 var det 5,9 mg  $O_2/l$  (47% oksygenmetning) og 2/9 0,87 mg  $O_2/l$  (7% oksygenmetning) på 50 m. I overflatelaget ble det 2/9 målt 9,72 mg  $O_2/l$  (103,5% oksygenmetning). Vannet var fremdeles varmt i overflaten (16,9°C).

I overflatelagene er pH vel 9 om dagen i vekstperioden. 2/9-76 lå pH mellom 9,14 - 9,21 fra 0-6 meters dyp. Denne høye pH er et resultat av algenes aktivitet (forbruk av hydrogenkarbonat).

Vannets ledningsevne har øket fra 1969. Ved nærmere undersøkelse er det særlig kalsium- og sulfationer som har øket. Grunnen til dette kan være relativt sett stor tilførsel av grunnvann i de senere år på grunn av lite nedbør.

Resultatene viser at algeproduksjonen ikke har avtatt vesentlig siden kloakksaneringen. Utskiftningen av vannmassene foregår relativt langsomt, særlig i de siste nedbørfattige år. Gjersjøelva har f.eks. vært tørr store deler av sommeren (1976).

De siste bakteriologiske prøver viser at innsjøen har et relativt lite innhold av tarmbakterier. Disse vannprøvene er hentet fra det området hvor vannet er dypest (midt i hovedbassenget). Det er meget mulig at vannmassene i de grunne områdene og langs den gamle Mosseveien kan være betydelig bakteriologisk forurenset.

Gjersjøen er nå delvis avlastet med hensyn til forurensningstilførsler, men fremdeles er næringssaltinnholdet i tilløpselvene høyt, antakelig på grunn av kloakkvannstilførsler (lekkasje, avløp fra septiktanker o.l.).

T.Hellstrøm / IBO

17.6.77