

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O-134/72

FRØYLANDSVATN

Orienterende undersøkelse 1972

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan

Rapporten avsluttet januar 1973

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	4
2. MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	4
3. FRØYLANDSVATNETS NEDBØRFELT	5
3.1. Arealfordeling	5
3.2. Befolkning	5
3.3. Industri	6
4. FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL FRØYLANDSVATNET	8
4.1. Jordbruk	8
4.2. Befolkning (husholdningskloakk)	9
4.3. Industri	9
5. DEN UTFØRTE UNDERSØKELSE	11
6. HYDROGRAFISKE FORHOLD	11
6.1. Resultater	11
6.2. Kommentar til de fysisk-kjemiske resultater	17
7. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON	20

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Fysisk-kjemiske analyseresultater	12
2. Fysisk-kjemiske analyseresultater. Middelerdier for hver stasjon	15
3. Middelerdier, milliekvivalenter og ekvivalentprosent for hovedkomponentene	17

FIGURFORTEGNELSE

1. Skisse av Frøylandsvatnet m/prøvetakingsstasjoner	7
2. Frøylandsvatn 11/10-72. Middelerdier	13
3. Frøylandsvatn 11/10-72. Middelerdier	14

1. INNLEDNING

I brev av 15. august 1972 fra Regionplanrådet for Jæren ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) bedt om å foreta en befaring og avgi en foreløpig rapport angående Frøylandsvatnets eutrofieringssituasjon. I et svarbrev ble det antydnet at en slik befaring og orienterende undersøkelse i omkostninger ville beløpe seg til kr. 5000 - 6000. Dette omkostningsoverslag ble akseptert av Regionplanrådet, og befaringen fant sted den 26. sept. s.å. Den 11. oktober ble det av komm.ing. Odd Gaarde, Klepp samlet inn kjemiske prøver fra ialt 5 stasjoner i Frøylandsvatn. Prøvene ble samme dag sendt til NIVA's laboratorium i Oslo med jernbane.

Opplysninger angående nedbørfelt, innsjøens størrelse, arealbruk, befolkning, industri o.l. er blitt samlet inn av Time og Klepp kommuner.

2. MORFOMETRISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

Frøylandsvatnet har et overflateareal på $4,7 \text{ km}^2$. Innsjøen er ikke opploddet og dybdekart foreligger ikke, men i den delen av innsjøen som går under betegnelsen Litlavatnet, er det foretatt relativt tette loddskudd. Dybdeforholdene her synes å variere mellom 0,5 og 3,5 m. Ellers er dybden langs "dypålen" angitt å variere mellom ca. 3 og ca. 8 m. Hvis man antar at middeldypet er 5 m, vil innsjøen ha et volum på $23,5 \text{ mill. m}^3$.

Frøylandsvatnets totale nedbørfelt er oppgitt å være 52 km^2 .

Ifølge NVE's publikasjon Hydrologiske undersøkelser i Norge 1958 er middelavrenningen i dette område 53 l/s/km^2 . Middellavrenningen fra området skulle da bli $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette betyr at vannets teoretiske oppholdstid i Frøylandsvatnet er vel 3 måneder, dvs. en relativt kort "turn over time".

3. FRØYLANDSVATNETS NEDBØRFELT

Frøylandsvatnet har et nedbørfelt på 52 km². Berggrunnen i området består i overveiende grad av kambro-silurbergarter. I de lavereliggende områder har løsavsetningene betydelig mektighet.

3.1. Arealfordeling

Ifølge oppgave fra Regionplankontoret for Jæren er arealfordelingen i Frøylandsvatnets nedbørfelt følgende:

Tettstedarealer:

Klepp st.	300 da.	
Del av Orstad	500 "	
Kverneland	500 "	
Del av Bryne	1050 "	2350 da.
Skogareal		4200 "
Udyrket, impediment		10000 "
Vannareal		<u>6100 "</u>
		22650 da.
Gjødslet jordbruksareal		<u>29350 "</u>
Tilsammen		<u>52000 da.</u>

3.2. Befolkning

Ovenfor nevnte oppgave angir at det i nedbørfeltet ialt bor ca. 5030 personer:

Tu	ca.	150 personer
Klepp st.	"	1000 "
Orstad (en del av kloakkvannet fra Orstad blir pumpet over i Frøylandsvatnet)	"	500 "
Kverneland	"	1200 "
Fjermestad	"	100 "
Njå	"	130 "
Serigstad	"	200 "
Bryne øst	"	1300 "
Vardeheia	"	<u>450 "</u>
Tilsammen	ca.	<u>5030 personer</u>

Bortsett fra Bryne øst og Vardeheia hvorfra kloakkvannet ledes inn i Brynekloakken, blir kloakkvannet fra disse befolkningsgrupperinger mer eller mindre direkte tilført Frøylandsvatnet, dvs. at 3280 personer bruker Frøylandsvatnet som resipient for sitt avløpsvann.

3.3. Industri

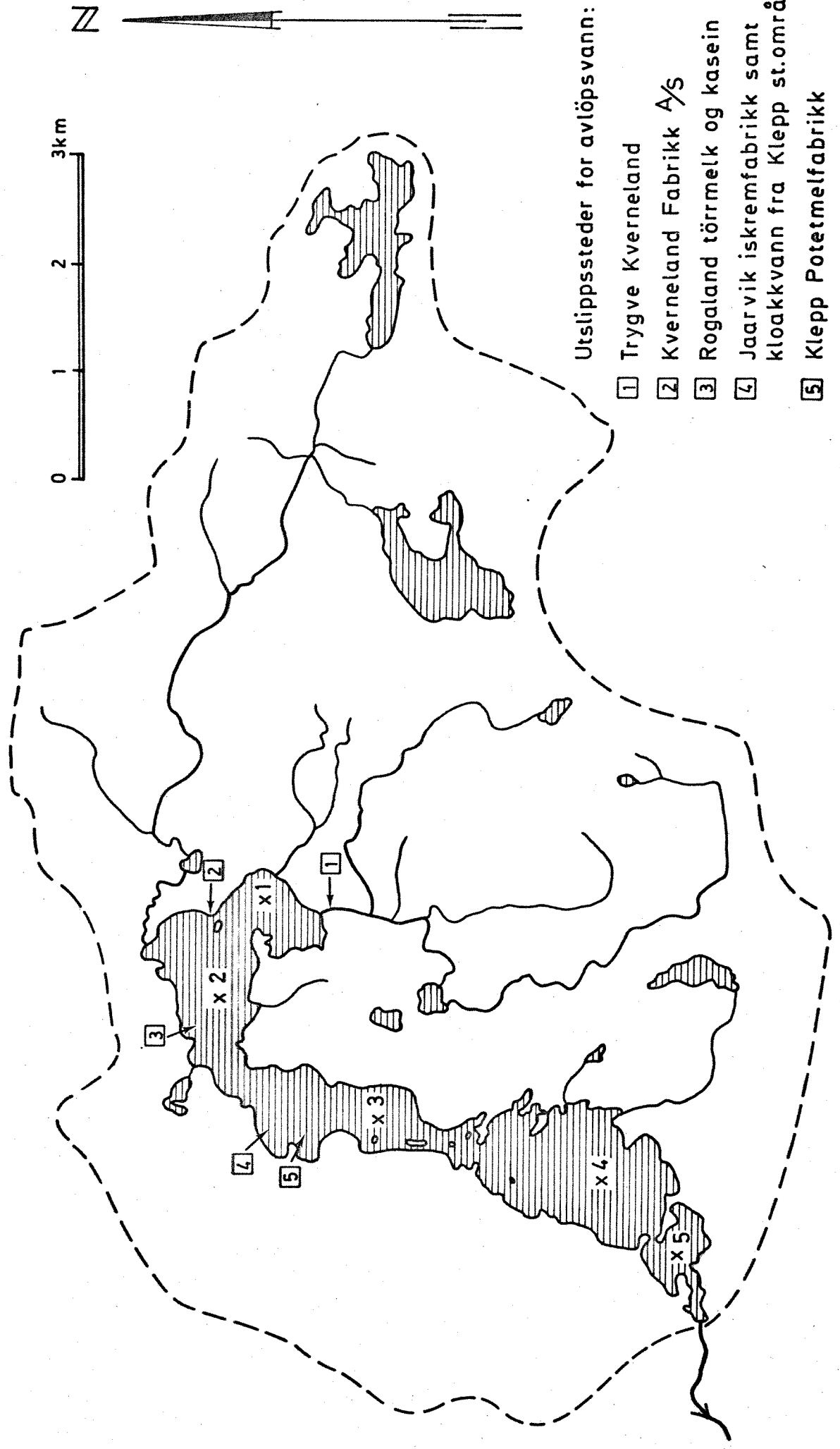
1. Av industribedrifter kan i første rekke nevnes Jæren Potetmel-fabrikk. Ifølge oppgaver fra Andersen og Skjånes A/S varer produksjonssesongen fra 20. sept. til 1. desember, dvs. 10 uker. Det arbeides 5 dager i uken med 120 driftstimer pr. uke. Vannforbruket i forbindelse med potetvask er $200 \text{ m}^3/\text{time}$. I løpet av sesongen tilføres resipienten 367000 kg jord og smuss som i biologisk oksygenforbruk tilsvarer 40000 kg $\text{BOF}_5/\text{sesong}$. Raspen som tilsvarer 254000 kg tørrstoff representerer ingen forurensning idet den brukes som husdyrfor.

Fruktvannet ledes fortynnet ut sammen med avfallsvannet fra potetvaskingen og annet avfallsvann. Separat tilsvarer avløpet en vannmengde på $60 \text{ m}^3/\text{time}$. I løpet av sesongen representerer fruktvannet ca. 400 tonn tørrstoff.

Til siste vask av potetene og til vask av stivelse er vannforbruket ca. $60 \text{ m}^3/\text{time}$. Utslipps-stedet for alt avløpsvann er avmerket på fig. 1 .

2. Jaarvik iskremfabrikk er oppgitt å ha en årlig produksjon på 1.2 mill. liter iskrem. Bedriften har ialt 20 ansatte. Utslipps-stedet er angitt i fig. 1.
3. Bedriften Rogaland tørrmelk og kasein har en produksjon på 500 tonn melkepulver, hvortil medgår 5,5 mill. liter melk. Videre blir det av 13,6 mill. liter myse produsert 650 tonn mysepulver. Bedriften har ialt 15 ansatte. Utslipps-stedet er det samme som for 2.
4. Trygve Kverneland, mekanisk industri bruker Frøylandsvatn som resipient for sitt avløpsvann. Bedriften har 60 ansatte. Utslipps-stedet er avmerket på fig. 1.

Fig.1 Skisse av Frøylandsvatnet m/prøvetakingsstasjoner



5. Kvernelands Fabrikk A/S, mekanisk industri. Avløpsmengden er varierende - gjennomsnittlig ca. 800-1000 m³ pr. døgn. Bedriften har ca. 200 ansatte. Utslipps-stedet er avmerket på fig. 1.

Ellers kan bemerkes at det er registrert ca. 20 minkefarmer og en "fleskefabrikk" i nedbørfeltet. Time kommune har anlagt en søppelfyllplass tett opp til innsjøen.

4. FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL FRØYLANDSVATNET

På grunnlag av de tilsendte oppgaver over jordbruksareal, befolkning og industri er det gjort et forsøk på å beregne tilførselene av gjødselstoffer, fosfor og nitrogen til Frøylandsvatnet. Oppgavene er imidlertid ufullstendige, og man kjenner f.eks. ikke til i hvilken grad Frøylandsvatnet brukes som direkte resipient for kloakkvann eller annet avløpsvann. Beregningsresultatene må derfor betraktes som orienterende og ikke som eksakte.

4.1. Jordbruk

Uten vidtgående undersøkelser er det vanskelig å anslå hva jordbruksvirksomheten betyr i forurensningssammenheng. Her spiller gjødselmengde, gjødselrutine, jordsmonn, topografi o.l. en avgjørende rolle. Videre er press-saft fra forsiloer, utette gjødselkjellere og erosjon fra jordområder av stor betydning. I 1970-1971 ble det foretatt en undersøkelse av materialtransporten i Foruskanalen på Jæren. Foruskanalen fører i det vesentlige avrenningsvann fra jordbruksområder. Vannføringen ble målt kontinuerlig, og det ble samlet inn prøvemateriale en gang hver uke. På bakgrunn av disse data er den årlige transport av fosfor og nitrogen beregnet til ca. 0,18 tonn fosfor (P) pr. km² dyrket mark og ca. 2,2 tonn nitrogen (N) pr. km² dyrket mark. Dette er høyere tall enn hva som ofte oppgis å bli avgitt fra jordbruksområder. Antakelig henger dette sammen med mulige lekkasjer fra gjødselkjellere ved siden av stor tilførsel av press-saft fra forsiloer. Silopress-saften inneholder ved siden av fosfor og nitrogen store mengder lett nedbrytbare organiske komponenter. Nedbryting av dette organiske materialet medfører ofte anaerobe forhold som igjen fører til reduksjonsprosesser. Kjemiske

forbindelser, f.eks. fosforforbindelser som ellers foreligger som tungt løselige i grøftesystemene, blir så redusert til lett løselige forbindelser som derved blir ført med det oksygenfattige drens-vannet og på denne måten tilføres resipienten.

Hvis man anvender avrenningstabellene fra Foruskanalens nedbør-felt, vil den årlige transport av fosfor og nitrogen fra jordbruks-arealene i Frøylandsvatnets nedbørfelt representere henholdsvis

$$0,18 : 29,350 = 5,3 \text{ tonn fosfor - P/år}$$

$$2,2 \cdot 29,350 = 64,6 \text{ " nitrogen - N/år.}$$

4.2. Befolkning (husholdningskloakk)

Det er her i landet ikke foreløpig foretatt større og sammenliknende undersøkelser av kloakkvannets innhold av plantenæringsstoffer, men på grunnlag av undersøkelser fra andre land, er det her regnet med at innholdet tilsvarende 2,5 g fosfor (P) pr. person og døgn og 12 g nitrogen (N) pr. person og døgn.

Under forutsetning av at alt kloakkvannet tilføres Frøylandsvatnet, vil næringssaltbelastningen fra slike kilder bli:

$$3280 \cdot 0,0025 \cdot 0,365 = \text{ca. 3 tonn fosfor pr. år}$$

$$3280 \cdot 0,012 \cdot 0,365 = \text{" 14 " nitrogen pr. år.}$$

4.3. Industri

Fruktvannet ved potetmelproduksjon har følgende sammensetning pr. 100 g frukt vann-tørrstoff (oppgave fra Potetmelfabrikkens laboratorium, Lillehammer):

Aske	21	g
Organisk stoff	78,3	"
N-holdige stoffer (N · 6,25)	34	"
K ₂ O	13,1	"
P ₂ O ₅	3,8	"
KMnO ₄	120	"

Jæren potetmelfabrikk har en produksjon av ca. 400 tonn fruktvann-tørrestoff. Nærings salttilførselen til Frøylandsvatnet fra denne industribedrift vil da bli:

$$\text{Total nitrogen: } \frac{400 \cdot 34}{100 \cdot 6,25} = \text{Ca. 22 tonn N/år}$$

$$\text{Total fosfor: } \frac{400 \cdot 3,8 \cdot 31}{100 \cdot 112} = 4,2 \text{ tonn P/år}$$

Vaskevannet fra potetmelfabrikasjonen inneholder også betydelige mengder plantenæringsstoffer, men det foreligger ingen oppgave som angir dette. Man skal være oppmerksom på at tilførselen skjer over en relativt kort sesong.

Det foreligger ingen oppgave over hva de øvrige industrier betyr når det gjelder tilførsel av plantenæringsstoffer.

Ved siden av slike stoffer tilføres også innsjøen betydelige mengder organisk materiale, og sannsynligvis giftstoffer o.l., men det foreligger ingen oppgave over mengden av slike forurensninger.

Den totale tilførsel av plantenæringsstoffer til Frøylandsvatnet fra jordbruk, boligkloakk og potetmelfabrikken (fruktvann) skulle da bli (tonn P henholdsvis N pr. år):

Aktivitet	Fosfor tonn P/år	Nitrogen tonn N/år
Jordbruk	5,3	64
Boligkloakk	3,0	14
Potetmelfabr. (fruktv.)	4,2	22
Tilsammen	12,5	100

Det midlere tilsig til Frøylandsvatnet er $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$. På årsbasis skulle da den midlere konsentrasjon av fosfor og nitrogen i tilløpsvannet bli ca. 140 μg P/l og ca. 1130 μg N/l. Imidlertid er alltid en del av plantenæringsstoffene, særlig fosfor, organisk bundet eller bundet til mineralpartikler som sedimenterer slik at man i innsjøens vannmasser kan vente å finne betydelig lavere konsentrasjoner.

5. DEN UTFØRTE UNDERSØKELSE

Den 11. oktober 1972 ble det av kommuneingeniør Odd Gaarde, Klepp samlet inn vannprøver fra ialt 5 stasjoner i Frøylandsvatnet.(fig. 1). På hver stasjon ble det tatt ialt 3 prøver, en fra overflaten, en fra de bunn-nære vannmasser og en fra det mellomliggende lag. Prøvene ble tatt med en vanlig Ruttner vannhenter utlånt av NIVA. Temperaturen ble avlest på et termometer som var innmontert i vannhenteren. Prøvene er blitt analysert på følgende komponenter: oksygen, pH, spes. el. ledn. evne, farge, jern, mangan, klorid, sulfat, alkalitet, kalsium, magnesium, natrium, kalium, total-N, nitrat, total fosfor, orto fosfat, tørrstoff og gløderest.

6. HYDROGRAFISKE FORHOLD

6.1. Resultater

De fysisk-kjemiske analyseresultater på de forskjellige stasjoner er gjengitt i tabell 1, side 12. Middelerdiene for hver stasjon er gjengitt i tabell 2.

Temperatur

Vannets temperatur var på alle stasjoner og i alle dyp omtrent den samme og varierte fra ca. 10°C til ca. 12°C.

Oksygen

Bortsett fra på stasjon 5 hvor oksygenmetningen lå i området 90-100%, var oksygenverdiene overalt lave med metningsverdier fra 40-80%. De høyeste verdier syntes å foreligge i de dypeste lag. Det var imidlertid ingen systematiske variasjoner.

pH

På observasjonsdagen varierte vannets pH i området 7,02 - 8,08, med middelerdi 7,35. De høyeste verdier ble målt på st. 4 og st. 5.

Spesifikk elektrolytisk ledningsevne (fig. 2)

Vannets elektrolyttinnhold uttrykt som spesifikk elektrolytisk ledningsevne var relativt høyt. Analyseresultatene viser at elektro-

Tabell 1. Fysisk-kjemiske analyseresultater.

Prøver tatt 11. oktober 1972.

Dyp i m	Stasjon 1			Stasjon 2			Stasjon 3			Stasjon 4			Stasjon 5		
	1	5	9,5	1	6	12	1	5,3	12,6	1	3,7	8,4	1	1,25	1,50
Temperatur °C	11,0	10,5	10,5	11,0	10,8	10,6	11,8	11,4	11,4	11,7	11,8	11,8	11,0	11,2	11,0
Oksygen mg O ₂ /l	6,03	6,50	8,91	5,94	4,45	8,54	6,22	7,15	5,01	7,05	8,26	5,94	9,84	9,65	10,67
Oksygen % O ₂	56,51	55,27	82,50	55,67	41,51	79,29	59,35	67,64	47,40	67,14	78,82	56,68	92,22	90,87	100,00
pH	7,05	7,23	7,29	7,29	7,27	7,22	7,03	7,02	7,06	7,47	7,48	7,55	7,49	7,78	8,08
Spes.el.lgdn.e. µS/cm, 20°C	87,0	86,9	85,9	86,0	88,3	87,9	96,0	93,8	95,8	97,0	97,3	98,0	106	105	105
Farge mg Pt/l	279	272	201	226	113	301	254	167	245	188	279	301	286	518	254
Jern µg Fe/l		150			60			140			80			17	
Mangan µg Mn/l		80			30			105			170			160	
Klorid mg Cl/l		12,4			12,6			13,2			13,6			14,4	
Sulfat SO ₄ /l		7,7			6,6			7,7			7,7			8,3	
Kalsium mg Ca/l		6,00			6,17			8,84			7,4			8,6	
Magnesium mg Mg/l		1,96			2,03			2,10			2,27			2,54	
Natrium mg Na/l		8,0			7,9			8,0			8,1			8,4	
Kalium mg K/l	3,48	3,46	3,45	3,50	3,48	3,46	4,22	4,30	4,30	3,81	3,78	3,65	3,91	3,92	3,89
Total-N µg N/l	880	960	1200	1080	1360	1120	1220	1220	1140	1020	928	580	740	1000	1050
Nitrat µg N/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	20	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Total fosfor µg P/l	65	71	83	88	100	91	110	110	100	89	87	86	100	100	100
Orto fosfat µg P/l	8	15	9	9	15	10	23	26	22	11	14	11	20	21	14
Alkalitet ml N/10 HCL/l. pH: 4,5		3,62			4,04			4,27			4,39			4,67	
Tørrstoff mg/l	8,42	9,16	9,66	10,83	11,00	10,66	9,80	9,80	10,20	10,40	10,20	10,60	12,40	193,6	11,6
Gløderest mg/l	0,42	1,00	1,50	1,50	1,33	1,00	1,20	1,60	2,00	1,40	0,80	0,80	1,00	142,8	0,80

Fig. 2

Fröylandsvatn 11/10 -72

Middelverdier

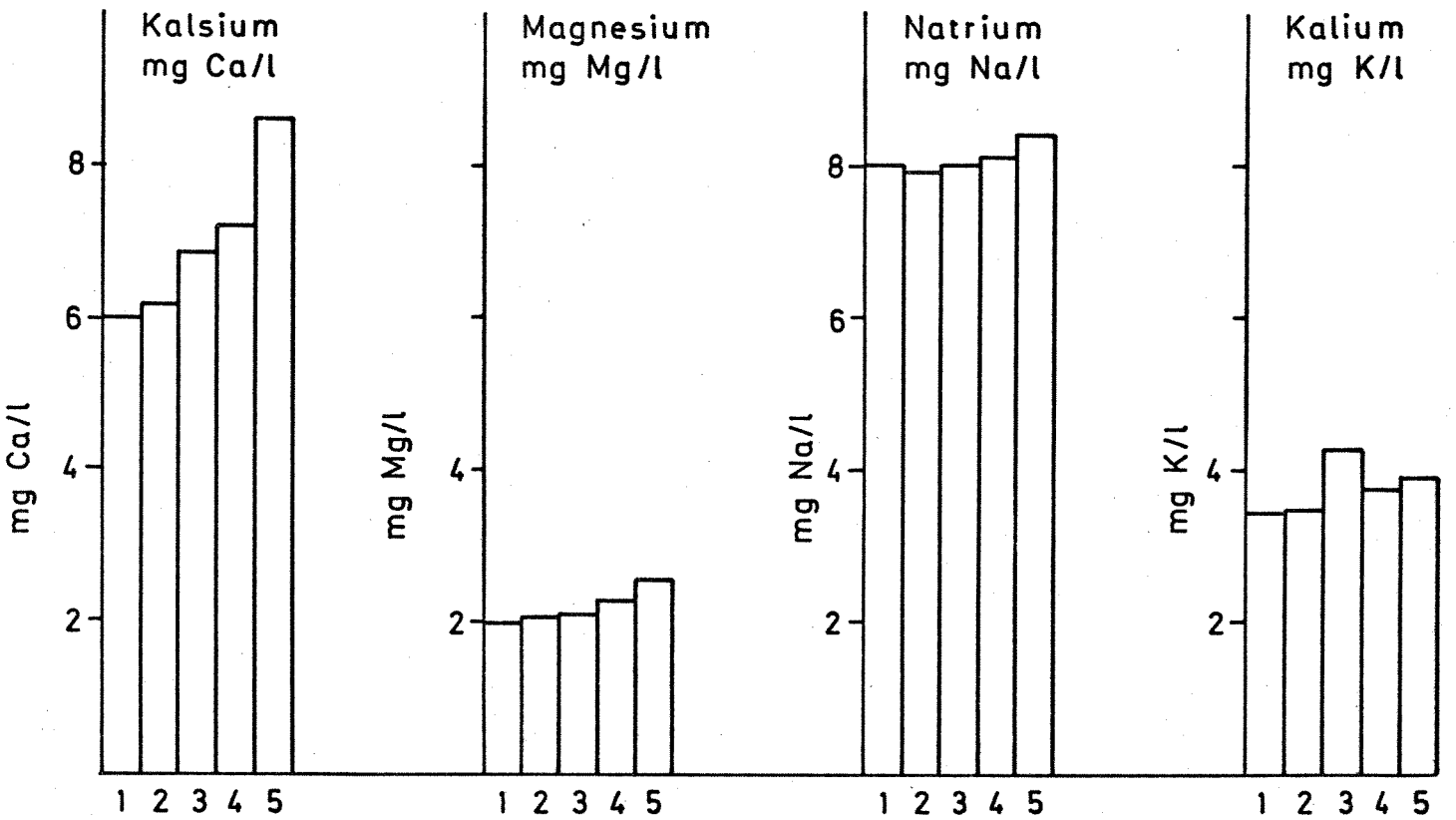
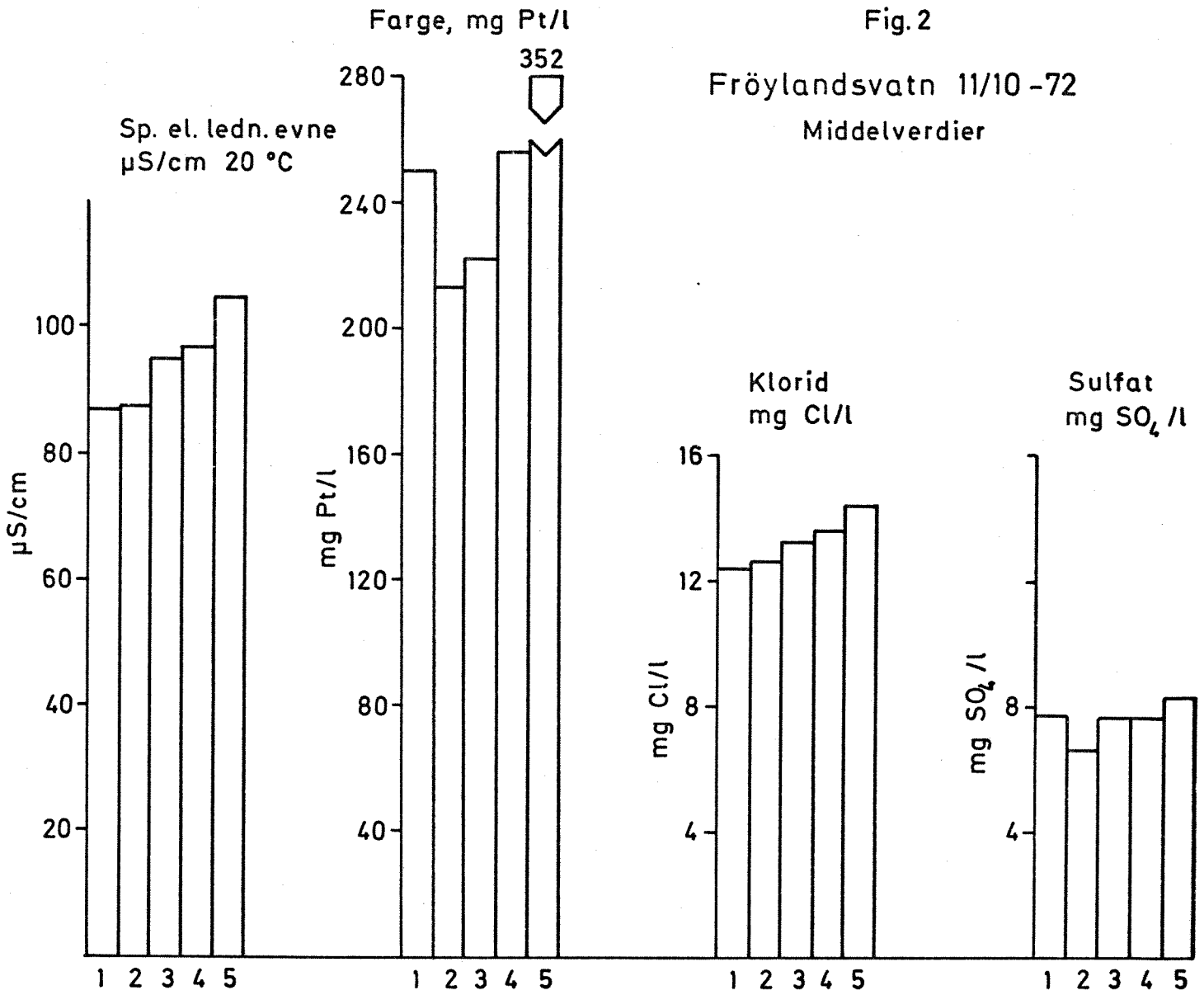
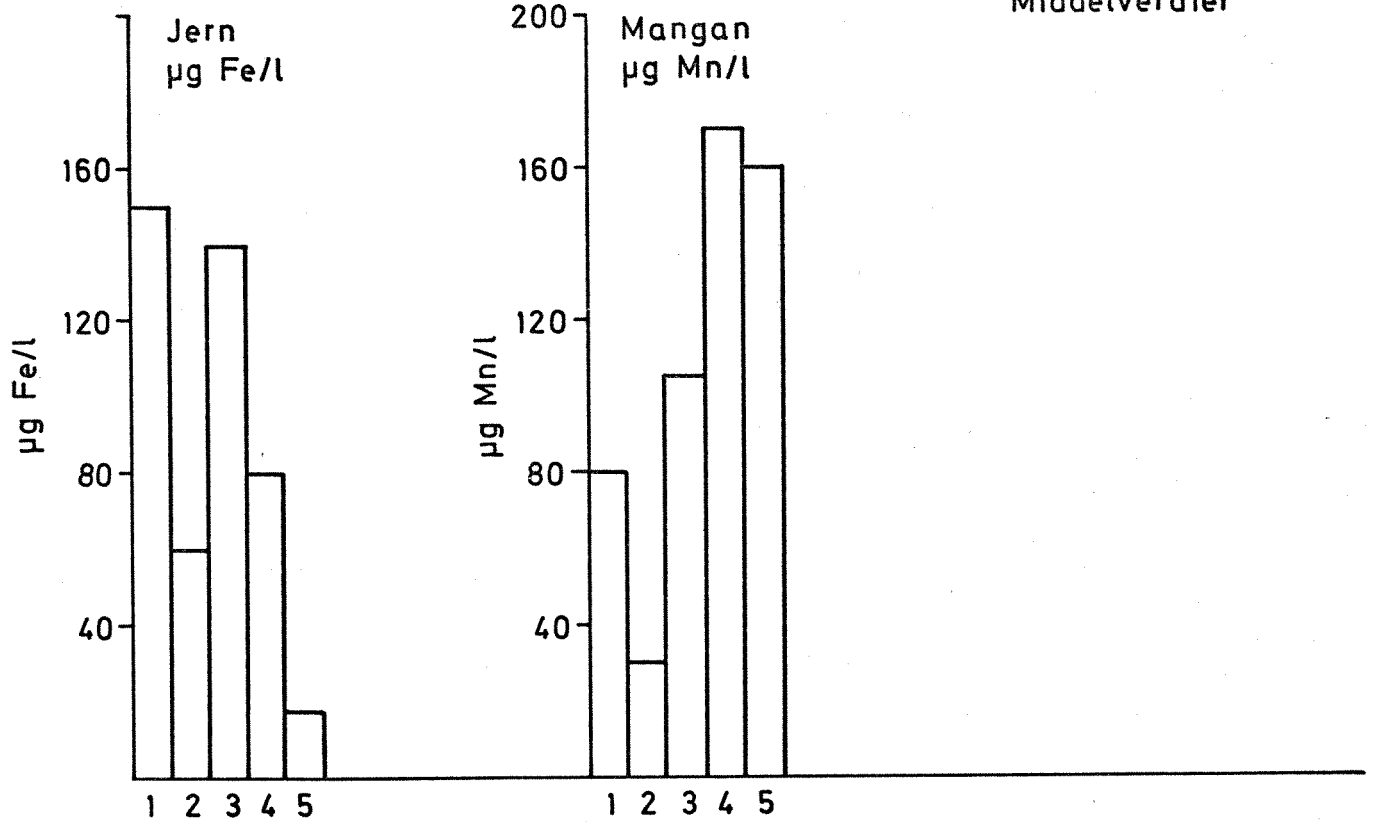








Fig.3
Fröylandsvatn 11/10 -72

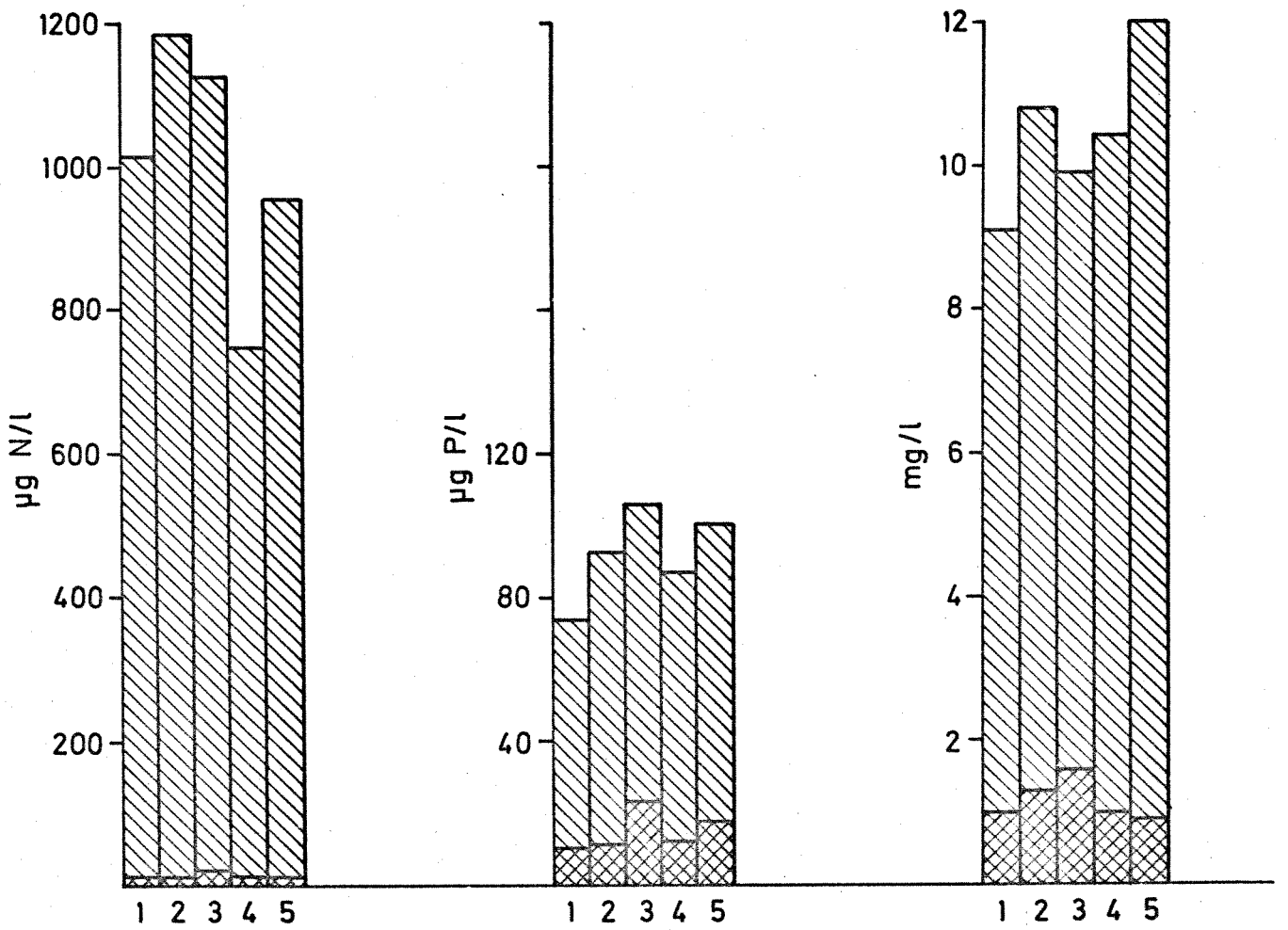
Middelverdier



Tot-N, $\mu\text{g N/l}$ 
 NO₃, $\mu\text{g N/l}$ 

Tot-P, $\mu\text{g P/l}$ 
 Orto-P, $\mu\text{g P/l}$ 

Törrstoff, mg/l 
 Glöderest, mg/l 



Tabell 2 . Fysisk-kjemiske analyseresultater.

Middelverdier for hver stasjon.

Prøver tatt 11. oktober 1972.

Stasjon	1	2	3	4	5
Temperatur °C	10,66	10,8	11,53	11,76	11,06
Oksygen mg O ₂ /l	7,14	6,31	6,12	7,08	10,05
Oksygen % O ₂	64,76	58,82	58,13	67,54	94,36
pH	7,19	7,26	7,03	7,50	7,78
Spes.el.lēdn.e. μS/cm, 20°C	86,60	87,40	95,20	97,43	105,33
Farge mg Pt/l	250	213	222	256	352
Jern μg Fe/l	150	60	140	80	17
Mangan μg Mn/l	80	30	105	170	160
Klorid mg Cl/l	12,4	12,6	13,2	13,6	14,4
Sulfat mg SO ₄ /l	7,7	6,6	7,7	7,7	8,3
Kalsium mg Ca/l	6,00	6,17	6,84	7,4	8,6
Magnesium mg Mg/l	1,96	2,03	2,10	2,27	2,54
Natrium mg Na/l	8,0	7,9	8,0	8,1	8,4
Kalium mg K/l	3,46	3,48	4,27	3,74	3,90
Total-N μg N/l	1013	1186	1126	749	956
Nitrat μg N/l	<10	<10	20	<10	<10
Total fosfor μg P/l	73	93	106	87	100
Orto fosfat μg P/l	10	11	23	12	18
Alkalitet ml N/10 HCL/l. pH: 4,5	3,62	4,04	4,27	4,39	4,67
Tørrstoff mg/l	9,08	10,83	9,93	10,40	12,00 ^{x)}
Gløderest mg/l	0,97	1,27	1,60	1,00	0,90 ^{x)}

x) Resultatene av prøvene fra st. 5 i 1,25 meters dyp, tørrstoff 193,6 og gløderest 142,8, er ikke tatt med i middelverdiene.

lyttinnholdet økte mot innsjøens utløp. Den høyeste verdi ble målt i 1 meters dyp på st. 5, 106 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og var ca. 20 enheter høyere enn lavest målte verdi (st. 1). Middelveiden for hele materialet er 94,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Farge (fig. 2)

De foreliggende analyseresultater viser høye verdier for vannets farge som varierer fra 113 mg Pt/l (st. 2 i 6 meters dyp) til 518 mg Pt/l (st. 5 i 1,25 meters dyp). Middelveiden er 258 mg Pt/l.

Plantenæringsstoffer (fosfor- og nitrogenforbindelser) (fig. 3)

Vannets totale innhold av disse forbindelser var høyt. Middelveidene for tot-N og tot-P var henholdsvis 1000 $\mu\text{g N}/\text{l}$ og 84 $\mu\text{g P}/\text{l}$. Verdiene for total nitrogen varierte i området 580 - 1360 $\mu\text{g N}/\text{l}$ - de høyeste verdier ble målt på st. 2 og st. 3. Nitratverdiene var overalt $<10 \mu\text{g N}/\text{l}$. Verdiene for vannets innhold av total fosfor varierte fra 65-110 $\mu\text{g P}/\text{l}$, mens ortofosfatverdiene varierte fra 8-26 $\mu\text{g P}/\text{l}$ - de høyeste verdier ble målt på st. 3.

Jern og mangan (fig. 3)

Innholdet av jern- og manganforbindelser varierte i området 17-150 $\mu\text{g Fe}/\text{l}$ og 30-170 $\mu\text{g Mn}/\text{l}$. Middelveidene var henholdsvis 89 $\mu\text{g Fe}/\text{l}$ og 109 $\mu\text{g Mn}/\text{l}$. Forholdet Mn/Fe er betydelig høyere enn hva som er normalt i ferskvannslokaliteter.

Hovedkomponentene (kalsium, magnesium, natrium, kalium, klorid, sulfat og bikarbonat)(fig. 2).

Middelveidier for hovedkomponentene samt den midlere ionesammensetning i milliekvivalenter og ekvivalentprosent for Frøylandsvatnet er satt opp i tabell 3.

Tabell 3 . Middelverdier, milliekvivalenter og ekvivalentprosent for hovedkomponentene.

Komponent	Kationer			Anioner			
	mg/l	m.ekv.	ekv. prosent	Komponent	mg/l	m.ekv.	ekv. prosent
Ca	7,00	0,349	35,8	Cl	13,24	0,373	39,3
Mg	2,18	0,179	18,4	SO ₄	7,60	0,158	16,6
Na	8,08	0,351	36,0	HCO ₃	4,19	0,419	44,1
K	3,77	0,096	9,8				
Σ kationer		0,975	100%	Σ anioner		0,950	100%

Vannets innhold av oppløste salter er som nevnt høyt. Av kationene dominerer kalsium og natrium og utgjør henholdsvis 35,8 og 36,0%. Bikarbonat dominerer blant anionene med 44,1%. Innholdet av klorid er også høyt.

Tørrstoff og gløderest (fig. 3)

Analysen gir opplysning om mengden av frafiltrerbart materiale. Middelverdien for tørrstoffet var 10,33 mg/l hvorav ca. 89% besto av organisk og bare 11% av uorganisk materiale.

Tørrstoffinnholdet var jevnt fordelt i hele innsjøen og varierte i området 8,4 - 12,4 mg tørrstoff/l. Den ekstremt høye verdien i 1,25 meters dyp på st. 5, 193,6 mg/l, er ikke tatt med i beregningene.

6.2. Kommentar til de fysisk-kjemiske resultater

De jevne temperaturverdier viser at det ikke forelå noen stabil termisk sjiktning på det tidspunkt prøvene ble tatt - innsjøen befant seg i høstfullsirkulasjonsperioden.

Oksygeninnholdet var stort sett lavt til tross for den utpregete sirkulasjonssituasjon og en tilsynelatende høy produksjon. Det var ingen systematiske variasjoner i vannets oksygeninnhold, og man kan få mistanke om at prøvetakingen er blitt feilaktig utført. Imidlertid er det vanlig at man i utpregete eutrofe innsjøer har lave oksygenverdier

i hele vannmassen i en begynnende sirkulasjonsperiode. I slike innsjøer har man nemlig alltid stort forbruk av oksygen. Dette har sammenheng med nedbrytningen av det organiske materiale som produseres både i selve innsjøen og som tilføres fra nedbørfeltet. Disse prosesser er sterkt oksygenkrevende, og under stagnasjonsperioden er det i de "innelukkede" dypvannsmasser (vannmassene under sprangsjiktet) meget lavt oksygeninnhold, ofte anaerobe forhold. Når slikt oksygenfattig vann blir trukket med i sirkulasjonen, blir gjerne oksygeninnholdet i de øvre lag også lavt. Til Frøylandsvatn er det dessuten stor tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale fra bl.a. potetmelfabrikken, og det er rimelig å anta at en biologisk nedbrytning av dette materiale til sine tider i sterk grad bidrar til å redusere vannets innhold av oksygen. Selv i hurtigflytende elver med sterk turbulens kan vannets oksygeninnhold reduseres vesentlig (av og til anaerobe forhold) ved stor tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale, som f.eks. silopress-saft, frukt vann fra potetmelfabrikker o.l. Vind- og strømforholdene i Frøylandsvatn er viktige faktorer for innblanding av atmosfærisk oksygen, men til tross for dette kan det antakelig oppstå situasjoner (stille vær) da nedbrytningsprosessene fører til meget lave oksygenverdier, i hvert fall i de mest utsatte områder.

Vannets innhold av organisk materiale uttrykt som differansen mellom tørrstoff og gløderest er meget høyt. Selv i de mest eutrofierte innsjøer i Osloområdet, hvor planktonproduksjonen skaper store problemer, finner man knapt så høye verdier for organisk stoff som i Frøylandsvatnet. Dette viser at algeoppblomstringen om sommeren er meget stor. Dessuten tilføres innsjøen også store mengder organisk forureningsmateriale. De meteorologiske og klimatiske forhold i Jærenområdet er gunstige for en effektiv nedbrytning av dette materiale uten at f.eks. oksygenmangel blir noe utpreget problem i overflatelagene. Sannsynligvis er sirkulasjonsperiodene meget langvarige. Imidlertid er det grunn til å regne med at man i den beste produksjonsperioden om sommeren både har en meget høy pH samt høyt oksygeninnhold i overflatelagene, og at dette medfører ulemper for en naturlig organismeutvikling og aktivitet. De høye fargeverdier har også sin viktigste årsak i den store primærproduksjon. I dypvannsmassene er det sannsynligvis anaerobe forhold i denne tidsperiode.

På side 10 ble det foretatt en beregning av tilløpsevannets midlere innhold av plantenæringsstoffer, og man kom frem til at de forurensningskilder det der var tatt hensyn til, på årsbasis representerte middelverdier på henholdsvis 140 $\mu\text{g P/l}$ og 1130 $\mu\text{g N/l}$.

Ifølge analyseresultatene er middelkonsentrasjonene av fosfor og nitrogen i Frøylandsvatnet henholdsvis 84 $\mu\text{g P/l}$ og 1000 $\mu\text{g N/l}$. Man må regne med at en stor del av de tilførte plantenæringsstoffer, særlig fosforforbindelser, er bundet til partikler og således vil sedimentere før de når ut i hovedvannmassene. Senere kan disse stoffer frigjøres fra sedimentene og derved komme algeproduksjonen til gode. Imidlertid må vannets innhold av plantenæringsstoffer anses å være meget høyt - dette gjelder også fosfat-fosfor-konsentrasjonene som er direkte tilgjengelig for algevekst. Vannets innhold av nitrater var meget lavt - noe som skulle tyde på at denne komponent var den begrensende faktor for primærproduksjonen i Frøylandsvatnet på det tidspunkt prøvetakingen fant sted. Hvis dette skulle være tilfelle behøver det imidlertid ikke å bety at nitrater er den begrensende faktor under hele vekstsesongen. For øvrig kan bemerkes at vannets innhold av plantenæringsstoffer var høyest på st. 3, dvs. den stasjon som normalt er sterkest utsatt for forurensningsstoffer fra potetmelfabrikken og kloakkutslippet fra Klepp stasjonsområde.

Vannets saltholdighet (hovedkomponentene) er i høy grad dominert av natrium og klorid med verdier som er langt høyere enn hva som er normalt for innlands-vassdrag. Dette har bl.a. sammenheng med områdets kystnære beliggenhet, og følgelig er det stor tilførsel av slike stoffer via nedbøren.

Verdiene for vannets innhold av kalium er også langt høyere enn hva som er normalt for innlands-vassdrag. Dette kan i noen grad skyldes tilførsler via nedbøren, men nedbøren er på langt nær ikke den viktigste kilde (i sjøvann er f.eks. forholdet mellom kalium og natrium 0,035, mens det samme forhold i Frøylandsvatn er 0,467). Forklaringen på de høye kaliumverdier må søkes i stor tilførsel av denne komponent via den generelle jordbruksavrenning og spesielt fra potetmelfabrikken. Som tidligere nevnt inneholder 100 g fruktvanntørnstoff (ved potetmelfabrikasjon) 13,1 g K_2O samt 21 g aske som også inneholder kalium. Ved

en produksjon som tilsvarer ca. 400 tonn fruktvanntørrstoff, skulle kaliumbidraget tilsvare 56 tonn K_2O eller ca. 23 tonn K. Det midlere innhold av kalium i tilløpsevannet i den periode potetmelproduksjonen pågår, skulle da bli ca. 1,7 mg K/l. Middelerdien for vannets kaliuminnhold er imidlertid 3,7 mg K/l. Det er derfor rimelig å anta at jordbrukets bidrag til denne høye verdi er betydelig. Det kan i den sammenheng nevnes at silopress-saftens innhold av kalium er meget høyt - i et slikt avløp i Hamarområdet er det målt kaliumverdier på over 250 mg K/l.

Til å være i et kambrosilurområde er vannets innhold av kalsium og magnesium relativt lavt.

Vannets innhold av jern og mangan er heller ikke spesielt høyt når man tar i betraktning det høye organiske stoffinnhold og vannkvaliteten for øvrig.

7. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON

1. Det foreliggende observasjonsmateriale - en observasjonsserie (5 stasjoner) høsten 1972 - gir bare en første orientering om forurensningssituasjonen i Frøylandsvatnet. Likevel indikerer det visse hovedtrekk som kan være nyttige ved den praktiske vurdering av forurensningsproblematikken i området.
2. Frøylandsvatnet benyttes som resipient for store mengder avløpsvann fra boligområder og industri. Innsjøen er dessuten sterkt utsatt for forurensningstilførsler i forbindelse med den intensive jordbruksvirksomhet i området. Time kommune benytter i dag en søppelfyllplass som ligger tett opp til vannkanten - man må anta at forurensninger derfra også tilføres innsjøen.
Alle hovedtyper av forurensningsmateriale tilføres innsjøen - planteneringsstoffer, organisk materiale, tungmetaller og andre typer giftstoffer.
3. Frøylandsvatnet befinner seg i en langt fremadskreden eutrofierings-tilstand. I biologisk og økologisk sammenheng er innsjøen ute av likevekt. Utviklingen av algevegetasjonen synes å være tilsvarende

med forholdene i de mest forurensede innsjøer på Østlandet.

4. Jordbruksavrenningen samt avløpsvannet fra næringsmiddelindustrien, i første rekke potetmelfabrikken, synes å være ansvarlig for de største forurensningsbidrag.
Innsjøer av Frøylandsvatnets type er svake resipienter som hurtig vil reagere på relativt små belastninger. Det antas derfor at boligkloakken alene ville kunne bringe innsjøen ut av likevekt økologisk sett.
5. Frøylandsvatnet er antakelig sterkt utsatt for tilførsler av syrer, tungmetallsalter, forskjellige typer plantevernmidler o.l. som kan akkumuleres i næringskjeden.
6. For å bringe innsjøutviklingen under kontroll og eventuelt oppnå tilbakegang i Frøylandsvatnets eutrofieringsutvikling, er det nødvendig å iverksette mottiltak umiddelbart. Avløpsvann fra boligbebyggelse og industri må behandles i fullverdige renseanlegg og/eller ledes bort fra nedbørfeltet. Silopress-saft og avløp fra "fleskefabrikker", minkgårder o.l. må ikke slippes ut i tilløpene.
Jordbruksavløp må i størst mulig utstrekning ledes bort fra innsjøen. Oppbevaring og bruk av gjødselstoffer må foregå på en for innsjøen forsvarlig måte. Sjøpelfyllplassen er meget uheldig plassert sett fra forurensningssynspunkt.
7. Frøylandsvatnet vil til tross for iverksettelse av de ovenfor nevnte tiltak, ligge utsatt til for forurensningspåvirkning, og den vil sannsynligvis alltid forbli produktiv. Tiltakene vil imidlertid kunne medføre at innsjøen i rekreasjonsmessig sammenheng vil bli bedre, og at fiskeproduksjonen antakelig kan opprettholdes.
8. Det bør foretas en grundig fysisk-kjemisk og biologisk undersøkelse av Frøylandsvatnet med tilløp, slik at man kan få et bedre og bredere bakgrunnsmateriale for å vurdere en optimalisering av de praktiske tiltak som kan være hensiktsmessige å gjennomføre.