

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O - 29/67

Resipientundersøkelse for Ørje, Marker kommune
1967 - 1968

Saksbehandler: Cand.real. Olav Skulberg

Rapporten avsluttet: November 1969

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. UNDERSØKELSENS BAKGRUNN	5
2. SAMMENHENG MED ANDRE UNDERSØKELSER	5
3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET	5
4. UNDERSØKELSENS GJENNOMFØRING	10
5. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	10
6. UNDERSØKELSESMETODER	13
6.1 Kjemiske analysemetoder	13
6.2 Biologiske undersøkelsesmetoder	14
7. RESULTATER AV DE KJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER	16
8. LABORATORIEFORSØK MED ALGEKULTURER	16
9. BELASTNINGSFORHOLD TIL RESIPIENTEN	23
10. DISKUSJON AV UNDERSØKELSESRESULTATENE	28
11. PRAKTISKE KONKLUSJONER	31
12. LITTERATURLISTE	33

TABELLFORTEGNELSE:

	Side:
1. Arealutnyttelse og bosetting i Haldenvassdragets nedbørfelt	9
2. Skala for subjektiv vurdering av kvantitativ forekomst av organismer	15
3. Rødenessjøen. Hydrokjemiske data. 2/5 1967 - 29/8 1968	17
4. Helgetjernet. " " 2/5 1967 - 18/6 1968	17
5. Ørjeelva. " " 4/3 - 29/9 1968	18
6. Øymarksjøen. " " 2/5 1967 - 29/8 1968	18
7. Rødenessjøen. Resultater av bearbeidelse av håvtrekkmateriale	19
8. Øymarksjøen. Resultater av bearbeidelse av håvtrekkmateriale	20
9. Helgetjernet. Resultater av bearbeidelse av kvantitativ planktonprøve. Innsamlet 19/6 1968, prøvedyp 0,5 m	21
10. Haldenvassdraget. Kjemiske analyseresultater. Middelveidier 5/6 - 9/6 1967	22
11. Planktonalger med stor mengdemessig forekomst	28
12. Gjennomsnittsverdier for fosfor- og nitrogenforbindelser	29
13. Beregnet kloakkvannsbelastning samt fosforfor- og nitrogenforbindelser i Ørjeelva fra befolkningen i Ørje	31

FIGURFORTEGNELSE:

1. Haldenvassdraget. Kartskisse	6
2. Rødenessjøen, Helgetjernet, Ørjeelva og Øymarksjøen. Kartskisse over lokalitetene ved feltarbeidet	11
3. Nedbør- og temperaturforhold ved Eidsberg 2. Månedsmidler og normaler for juni 1967 - nov. 1968	12
4. Resultater av algevekstforsøk med vannprøver fra Rødenessjøen og kloakkvannstilsetning	24
5. Økning i vekstutslag ved ulike tilsetninger av kloakkvann til vannprøver fra Rødenessjøen	25
6. Resultater av algevekstforsøk som viser vekstutslag tilsvarende en kloakkvannsbelastning fra 2200 personer. Vannprøver fra Rødenessjøen	26

F O R O R D

Rapporten behandler resultater av undersøkelser i Rødenessjøen, Helgetjernet, Øymarksjøen og Ørjeelva som ble utført for å belyse resipientforholdene for Ørje.

Ved gjennomføringen av arbeidet har vi hatt god hjelp av Ingeniørvesenet, Marker kommune, og Østlandskonsult A/S. Vi takker for det gode samarbeidet.

Det er ennå mange uløste problemer som knytter seg til eutrofieringsprosessene i våre humusrike vassdrag. Haldenvassdraget gir interessante forskningsmuligheter av disse fenomener.

Blindern, 28. november 1969

Olav Skulberg

1. UNDERSØKELSENS BAKGRUNN

I april 1967 mottok Norsk institutt for vannforskning en henvendelse fra Østlandskonsult A/S om resipientproblemet til Ørje i Marker kommune. Etter at en orienterende befaring var foretatt, og opplysninger innhentet fra kommuneingeniøren i Marker, ble det planlagt en undersøkelse for å skaffe til veie nødvendige holdepunkter for å vurdere forurensningssituasjonen og valget av rensetekniske løsninger.

Det har vært holdt flere møter under fremføringen av arbeidet hvor representanter fra Marker kommune, Østlandskonsult A/S og instituttet har vært til stede. Av viktige planlegningsmøter kan følgende møtedager nevnes: 7. desember 1967, 20. februar 1968 og 12. desember 1968.

På et møte 24. juli 1969 ble hovedresultatene fra undersøkelsen fremlagt.

2. SAMMENHENG MED ANDRE UNDERSØKELSER

Det foreligger et beskjedent materiale av tidligere undersøkelser i vannforekomstene i Haldenvassdraget som gir opplysninger av betydning for vurdering av forurensningsproblemer og resipientforhold. Limnologiske undersøkelser som gir opplysninger om hydrografiske forhold i innsjøer i dette geografiske området, er utført i Bjørkelangen og Øgderen (Duklat 1964, Kollerud 1967). På grunn av de særegne biologiske forhold i innsjøene i Haldenvassdraget har observasjoner av planteplanktonet vært gjort gjennom flere år. Forekomster av blågrønnalger har vært mer inngående undersøkt (Skulberg 1965). Av undersøkelser av mer geografisk karakter kan et arbeid om Rødenessjøens morfologi nevnes (Krog 1944). En sammenfatning av den foreliggende kunnskap om forholdene i Haldenvassdraget ble utført i forbindelse med utredningen om vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene for Østlandskomiteén (Holtan 1968).

3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Denne fremstilling er et sammendrag av beskrivelsen av Haldenvassdraget som ble utarbeidet i forbindelse med vassdragsundersøkelsene for Østlandskomiteén i 1967 (Holtan 1968). En kartskisse av Haldenvassdraget er gjen-gitt i figur 1.

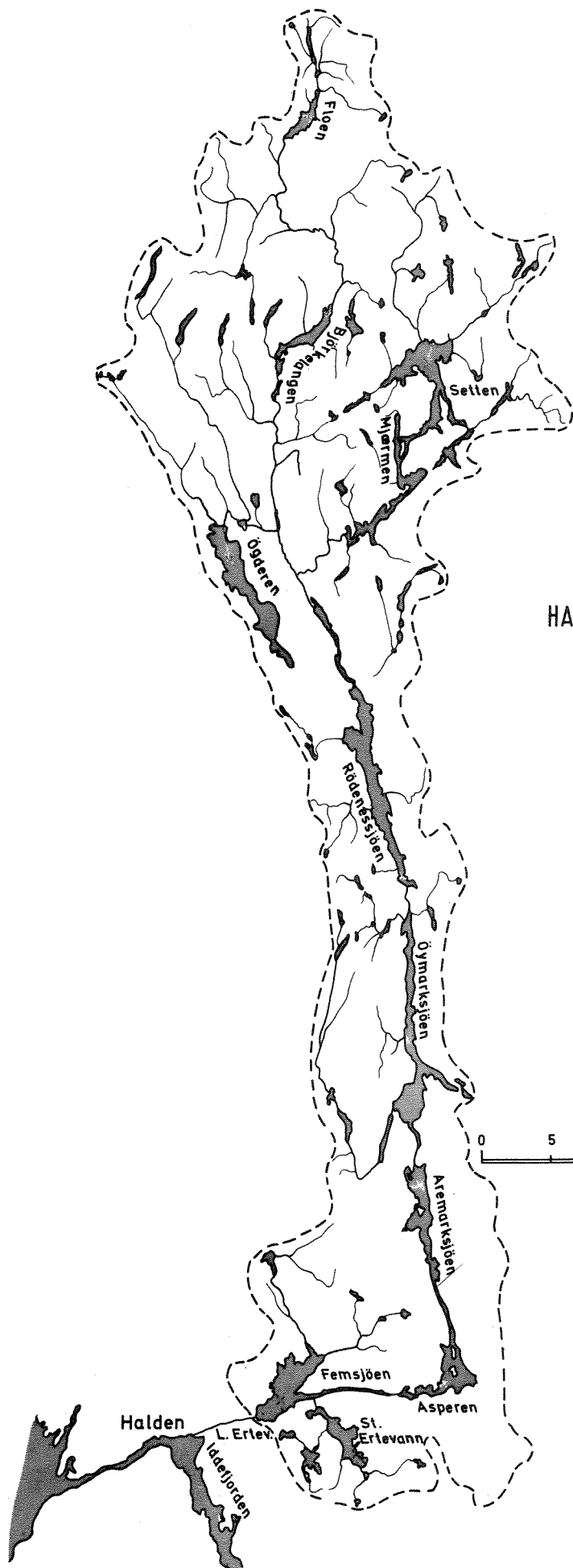
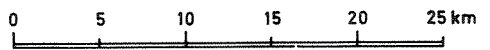


Fig.1
HALDENVASSDRAGET



Den øvre delen av Haldenvassdraget ligger i Akershus fylke og går under navnet Hølandsvassdraget. Det omfatter helt eller delvis følgende kommuner: Aurskog, Nordre- og Søndre Høland og Setskog. Resten av vassdraget ligger i Østfold og omfatter her helt eller delvis kommunene Marker (tidligere Rødenes og Øymark), Aremark og Halden (tidligere Idd, Berg og Halden).

Haldenvassdraget har fra utløp Flolangen til utløp ved Halden en lengde på 144 km, og vassdragets samlede nedbørfelt er 1.597 km².

Ved Skirfoss renner Haldenvassdraget inn i Østfold fylke og danner den smale 17,5 km lange Rødenessjøen. Av andre tilløp har den bare noen mindre elver. Det største er Risenvassdraget, nedbørfelt 27,2 km², som løper ut i Rødenessjøen ved Kroksund.

Fra Rødenessjøen renner den korte Ørjeelva ut i den smale, 16 km lange Øymarksjøen (107 m.o.h.). I nordenden har Øymarksjøen tilløp fra øst gjennom den korte Bøenselva fra Gjølssjøen (114 m.o.h.). Den sørligste del av Øymarksjøen heter Bøensfjorden. Fra denne renner den 3 km lange Strømselva til den 8 km lange Aremarksjøen. Den er gjennom det 5 km lange sundet, Tordyvelen, forbundet med Asperen (105 m.o.h.).

Fra Asperen renner Steinselva (7 km lang) mot vest med et fall på 26,6 m ut i Femsjø (79 m.o.h.). Etter anlegget av Brekke kraftverk er fallet i elva vesentlig konsentrert ved Brekke.

Steinselva har før den renner ut i Femsjø tilløp fra Lille Ertevatn (172 m.o.h.), Holvatn (153 m.o.h.) og Store Ertevatn (105 m.o.h.) gjennom Ganselva.

Fra Femsjø renner så den 5 km lange Tista gjennom Tistedalen til utløpet i Iddefjorden ved Halden.

Vassdraget ble regulert og kanalisert av Haldenvassdragets kanalselskap i 1850 - 1870-årene og senere av Brugseierforeningen. Til sammen utgjør nå de regulerte innsjøer et magasin på 136,76 mill. m³, herav ca. 25 mill. m³ i sidevassdragene.

Haldenvassdragets nedbørfelt ligger i det sørøst-norske grunnfjellsområde. Berggrunnen består i det vesentligste av gneis og gneisgranitter (sterkt presset granitt). Store deler av nedbørfeltet ligger under den marine

grense, som i dette området ligger på rundt 190 m.o.h. Løsavsetningene langs vassdraget er vesentlig av marin opprinnelse, og består til dels av leire, sand og grus. Spesielt er det store marine avsetninger av leire, sand og grus i Hølandsvassdraget.

Arealutnyttelse og bosettingsforhold i nedbørfeltet til Haldenvassdraget fremgår av tabell 1.

Av Haldenvassdragets nedbørfelt utgjør dyrket mark 10%, produktiv skog 59% og myr 7%. Dessuten er vannarealet ca. 12% av nedbørfeltet. Jordbruket er vesentlig basert på korndyrking og hushyrhold. Av jordbruksarealet er vel halvparten åker, og husdyrholdet er i stor utstrekning basert på storfe, ca. 80 storfe pr. km² dyrket mark.

Den totale folkemengde langs vassdraget er på ca. 30 000 personer; herav utgjør Halden ca. 10 000 personer. Folketettheten er ca. 19 personer pr. km².

I nedbørfeltene til Hølandsvassdraget og nedre del av Haldenvassdraget er jordbruksarealet betydelig større enn i feltet forøvrig. Korndyrkingen er relativt stor i disse områdene, mens storfeholdet er mindre enn ellers i nedbørfeltet, henholdsvis 67 og 65 storfe pr. km² dyrket mark.

De viktigste jordbruksområder har også størst bebyggelse, spesielt er folketettheten stor i den nedre del av vassdraget, 33 personer pr. km² (Halden ikke medregnet).

Ellers er det stort sett spredt bebyggelse i nedbørfeltet, og den er vesentlig konsentrert langs hovedvassdraget. De viktigste tettbebyggelsene utenom Haldendistriktet er Aurskog, Løken og Ørje.

De viktigste næringsveiene langs Haldenvassdraget er jordbruk og skogbruk. Industri er vesentlig konsentrert i Haldendistriktet.

Tabell 1. Arealutnyttelse og bosetting i Haldensvassdragets nedbørfelt

Avstand i km fra utløp Flo- langen x	Nedbørfelt	Stasjons- betegnelse	Nedbørf. km ²	Vannf. m ³ /sek	Skog km ²	Jordbr. km ²	Myr km ²	Personer
36	Utløp Bjørkelangen	1	280	4,3	158,1	58	18,4	4694
50/6	Utløp Øgderen	2	91	1,4	30,5	10,7	2,0	950
58/8	Utløp Mjærmen	3	245	3,7	152,8	4,5	16,0	855
83	Utløp Rødenessjøen	4	1019	15,5	611,2	105,7	68,6	10952
101	Utløp Øymarksjøen	5	1166	17,8	705,6	120,1	77,6	12641
114	Utløp Aremarksjøen	6	1256	19,2	767,6	128,6	85,6	13396
127	Asperen	7	1394	21,3	829,6	135,5	93,5	13773
133/1	Utløp Store Ertevatn	8	60	0,9	24,0	0,2	4,5	61
133/7	Utløp Lille Ertevatn	9	2	0,03				
137	Utløp Femsjø	10	1573	24,0	928,0	157,3	108,0	14255
143	Utløp i Iddefjorden ved Halden	11	1597	24,4	941,6	166,7	109,7	30495

x Bielver. Avstand i km fra samløpet med hovedelva.

4. UNDERSØKELSENS GJENNOMFØRING

Arbeidet med undersøkelsen har fordelt seg mellom observasjoner og prøvetaking i de aktuelle resipienter og eksperimentelle undersøkelser i laboratoriet med algekulturer.

Lokalitetene ved feltarbeidet fremgår av kartskissen i figur 2. Undersøkelsen omfattet hovedsakelig lokalitetene Helgetjernet, Rødenessjøen, Ørjeelva og Øymarksjøen. Feltarbeidet foregikk i tidsrommet 1967 - 1968.

Vannprøver til de eksperimentelle undersøkelser ble innsamlet på de samme stasjoner hvor feltarbeidet er utført. Hvor spesielle dybdeangivelser ikke er anført, ble vannprøvene innsamlet som overflateprøver.

5. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

Meteorologiske data er innhentet fra Det Norske Meteorologiske Institutt. Den meteorologiske stasjon Eidsberg II ble valgt ut som representativ for Ørje-området. I figur 3 (øverst) er det gitt en grafisk fremstilling av nedbør- og temperaturforhold i undersøkelsesperioden.

Haldenvassdragets nedbørfelt ligger i lavlandsnivå, og fordampningen i vassdraget er usedvanlig stor, opp til 25% av nedbøren. I varme perioder er den ofte større enn tilsiget til magasinene. Ifølge Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen er det midlere avløp i nedbørfeltet på 15,3 l/sek pr. km². Denne verdi er brukt til å beregne midlere avrenning på forskjellige avsnitt i vassdraget (se tabell 1). Middelvannføringen ved utløpet i Iddefjorden er 24,4 m³/sek.

I figur 3 (nederst) er månedsmidler for vannføringen ved Ørje i løpet av undersøkelsesperioden tegnet inn. De benyttede data er innhentet fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Månedsmidlene for oktober og november 1967 og april og november 1968 viser de høyeste verdier. De laveste månedsmidler for vannføring var i sommerperioden i juli og august.

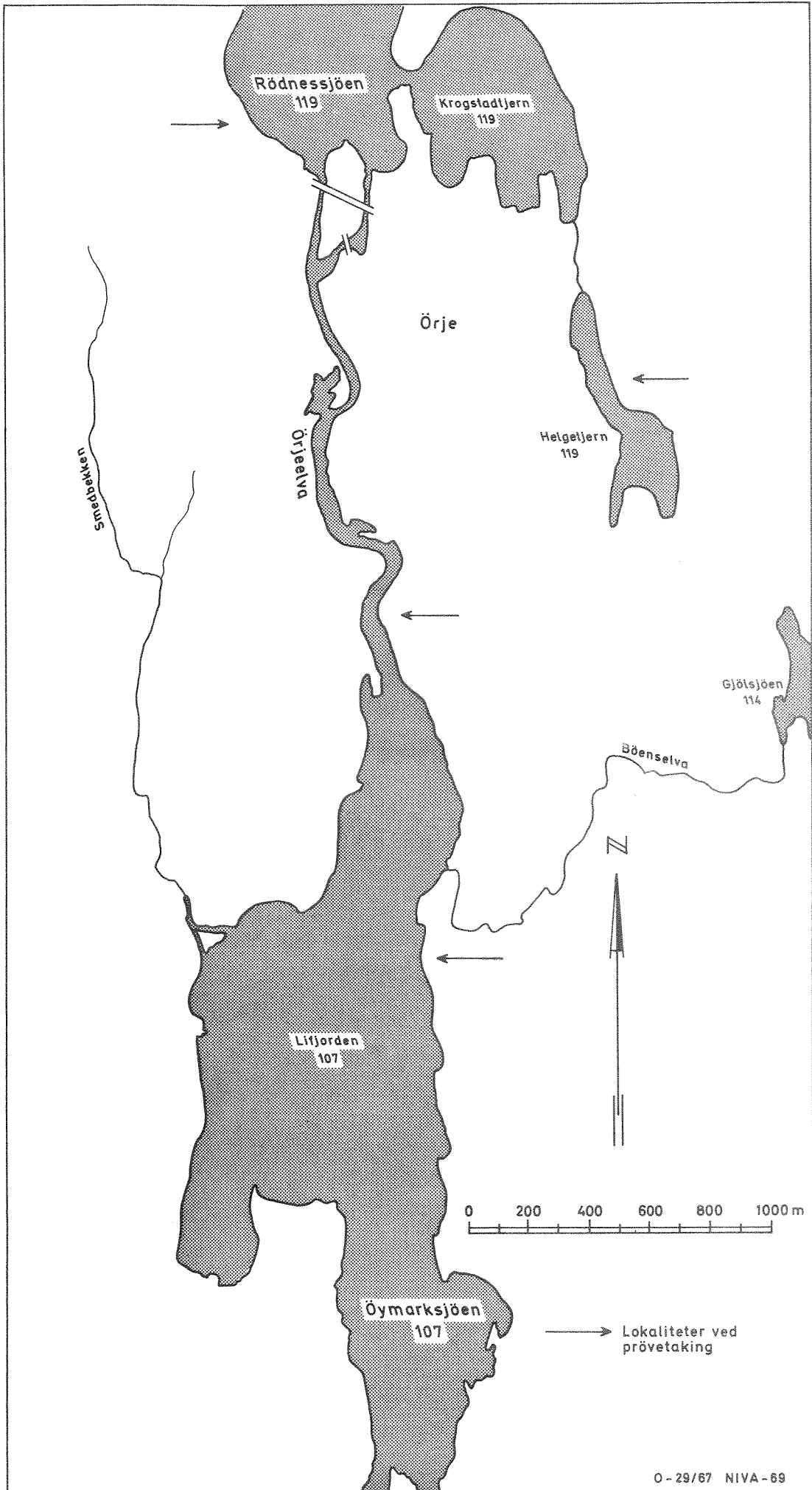


Fig. 2

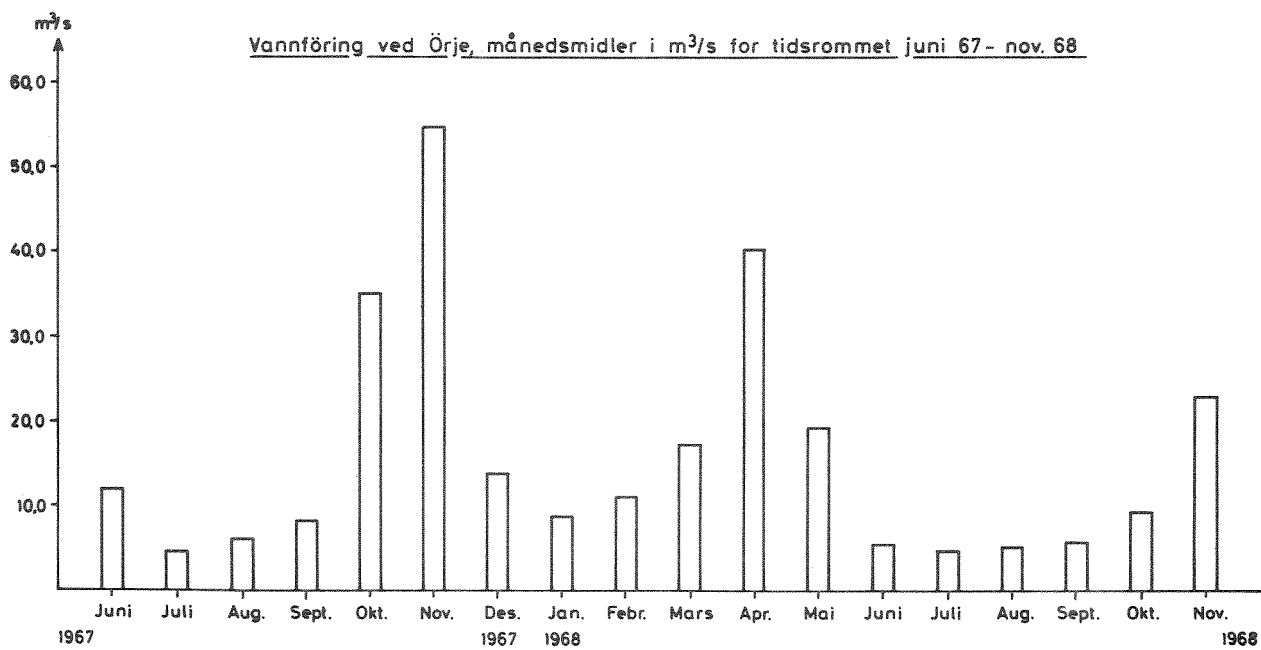
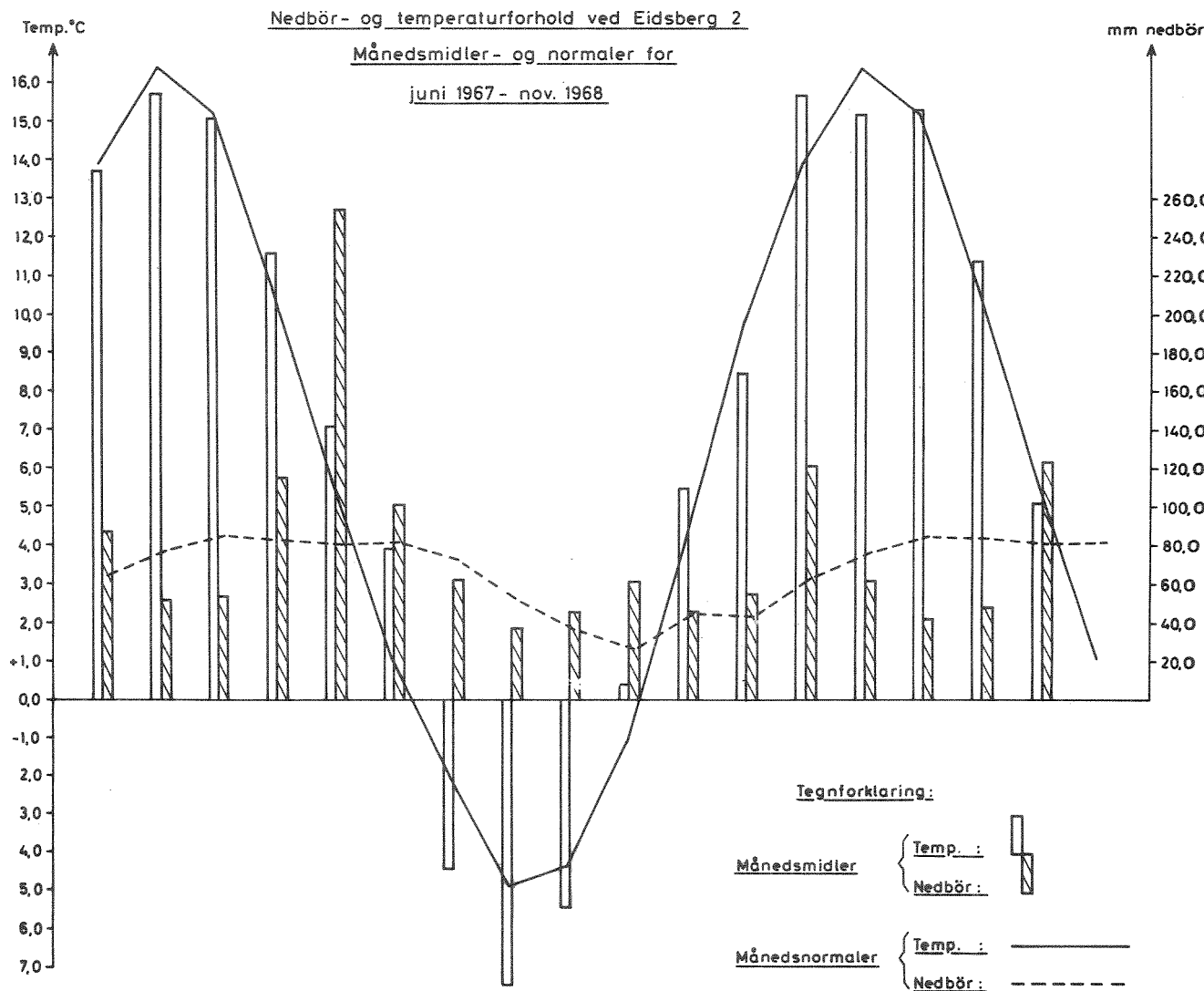


Fig. 3

6. UNDERSØKELSESMETODER

Frengangsmåten ved gjennomføringen av feltarbeidet og laboratorieundersøkelsene var de rutinemessige som Norsk institutt for vannforskning benytter i sammenheng med resipientundersøkelser. I det følgende blir det bare gitt en kortfattet oversikt over de viktigste metoder til hjelp ved anvendelsen i denne rapport.

Metodene ved de biologiske laboratorieforsøk blir omtalt under punkt 8 i denne rapport.

6.1 Kjemiske analysemetoder

Vannprøvene som ble innsamlet under feltarbeidet, ble analysert på laboratoriet i Oslo. Komponentene som ble analysert, var: Surhetsgrad, spesifikk elektrolytisk ledningsevne, dikromattall, farge, turbiditet, ortofosfat, nitrat, bundet og fri ammonium (BFA) og klorid.

Surhetsgrad, pH

Vannprøvenes surhet ble bestemt med Radiometer pH-meter 22.

Spesifikk elektrolytisk ledningsevne

Vannets spesifikke elektrolytiske ledningsevne er tilnærmet proporsjonal med konsentrasjonen av oppløste salter. Målingene ble utført elektrometrisk og ved 20°C.

Benevning: $\mu\text{S}/\text{cm}$ ved 20°C.

Dikromattall

Bestemmelsen gir et mål for vannprøvenes innhold av organisk stoff. Fremgangsmåten er titrimetrisk og basert på en oksydasjon med kaliumbikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Benevning: mg O/l.

Farge

Vannprøvenes farge ble målt fotometrisk med en standard platinakloridløsning som referanse.

Benevning: mg Pt/l ($^{\circ}\text{H}$).

Turbiditet

Dette er et mål for vannprøvenes innhold av suspenderte partikler. Bestemmelsen utføres som en lysspredningsmåling med et fotoelektrisk kolorimeter som er kalibrert mot standard oppslemminger av SiO_2 .

Benevning: mg SiO_2 /l.

Fosfat

Analysen ble gjennomført kolorimetrisk på AutoAnalyzer. Vannprøvene blir tilsatt molybdat, heteropolysyren ekstraheres, og molybdenblåttkonsentrasjonen bestemmes etter reduksjon med tinn(II)klorid.

Benevning: $\mu\text{g P/l}$.

Nitrat

Den benyttede analysemetode vil inkludere såvel vannprøvens innhold av nitrat som nitritt. Analysen ble gjennomført kolorimetrisk på AutoAnalyzer. Nitrat reduseres til nitritt med hydrazin, nitritt diazoteres med sulfanilsyre og kobles med α -naftylamin.

Benevning: $\mu\text{g N/l}$.

Bundet og fri ammonium (BFA)

Analysen omfatter ammonium-nitrogen og organisk bundet nitrogen. Vannprøven blir behandlet ved en Kjeldahl oppslutning med kobbersulfat som katalysator. Etter oppslutningen tilsettes lut, og frigjort ammoniakk destilleres av. Ammoniuminnholdet i destillatet bestemmes kolorimetrisk med Nesslerers reagens.

Benevning: mg N/l.

Klorid

Vannprøvenes kloridinnhold ble bestemt ved titrering med sølvnitrat og kaliumkromat som indikator.

Benevning: mg Cl/l.

6.2 Biologiske undersøkelsesmetoder

Feltarbeidet har vært gjennomført ved befaringer og prøvetakinger.

Under feltarbeidet ble det innsamlet prøver som representerte de frittstrømmende vannmassers innhold av organismer og partikulær substans (plankton,

seston). Hovedvekten ble lagt på undersøkelse av algevegetasjonen. Prøvene ble ved innsamlingen fiksert i nøytralisert formalin. I laboratoriet er prøvene bearbeidet etter de rutinemessige, kvalitative metoder med subjektiv vurdering av kvantitativ forekomst. Den subjektive vurdering av forekomst ble valgt med bakgrunn i undersøkelsens målsetning.

Ved den subjektive vurdering av organismenes kvantitative forekomst er det benyttet en skala. Skalaen som ble brukt er gjengitt i tabell 2. En særskilt vanskelighet følger med å skulle vurdere mengden av organismer som representerer ulike størrelsesorden og morfologiske typer samtidig.

Tabell 2. Skala for subjektiv vurdering av kvantitativ forekomst av organismer.

Kvantitetsgruppe	Betegnelse for forekomst i prøven
+	Forekommer
1	Sjelden
2	Sparsom
3	Vanlig
4	Hyppig
5	Dominant

7. RESULTATER AV DE KJEMISKE OG BIOLOGISKE FELTUNDERSØKELSER

Resultatene av de kjemiske og biologiske feltundersøkelser blir gitt i følgende tabeller:

Tabell 3.	Rødenessjøen.	Hydrokjemiske data.	2/5 1967 - 29/8 1968.
"	4. Helgetjernet.	" "	2/5 1967 - 18/6 1968.
"	5. Ørjeelva.	" "	4/3 - 29/8 1968.
"	6. Øymarksjøen.	" "	2/5 1967 - 29/8 1968.
"	7. Rødenessjøen.	Resultater av bearbeidelse av håvtrekkmateriale.	
"	8. Øymarksjøen .	" " " "	
"	9. Helgetjernet.	Resultater av bearbeidelse av kvantitativ planktonprøve. Innsamlet 19/6 1968, prøvedyp 0,5 m.	

For å kunne sette de kjemiske resultater inn i sammenheng med vassdragets forhold, er følgende tabell medtatt:

Tabell 10. Haldenvassdraget. Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier 5/6 - 9/6 1967.

8. LABORATORIEFORSØK MED ALGEKULTURER

Det ble utført vekstforsøk med testalgen *Selenastrum capricornutum* for å vurdere gjødslingspåvirkningen av vannmassene i vassdragene. Metoden er beskrevet i: Skulberg, O.: "Algal cultures as a means to assess the fertilizing influence of pollution". Int. Conf. Wat. Pollut. Res., Munich 1966, Vol. 1. Wash., Water Pollution Control Federation, 1967, pp. 113-127.

Fremgangsmåten ved disse algekulturforskene er summarisk følgende:

- 1) Vannprøvene ble filtrert gjennom glassfiberfiltre og podet fra en klon av testalgen.
- 2) Vekstforsøket ble gjennomført i kulturkolber som ble ristet for å motvirke stagnerende forhold. Dyrkingen foregikk ved 20°C og i belysning med lysstoffrør som gav 6 000 lux.
- 3) Veksten ble fulgt med observasjoner av algemengden ved hjelp av telling av celler. Den resulterende vekstkurve uttrykker et mål for mengden av plantenæringsstoffer tilgjengelige for testalgen i den aktuelle vannprøve.

Tabell 3. Rødenessjøen. Hydrokjemiske data. 2/5 1967 - 29/8 1968.

Komponent	2/5-67	11/12-67	4/3-68	18/6-68	29/8-68
Surhetsgrad, pH	6,7	6,5	6,4	7,0	7,4
Spes.ledningsevne, 20 °C, µS/cm	39,1	43,2	42,4	43,3	41,5
Farge, mg Pt/l	75	74	65	-	-
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	6,9	10,0	6,5	-	-
Dikromattall, mg O/l	17,8	22,8	24,7	20,3	16,8
Klorid, mg Cl/l	3,9	4,9	5,2	4,0	4,0
Fosfat, total, µg P/l	3 ¹⁾	6 ¹⁾	28	19	21
Nitrat, µg N/l	300	357	284	215	125
BFA, mg N/l	0,26	0,24	0,48	0,29	0,22

1) = fosfat, orto, µg P/l

Tabell 4. Helgetjernet. Hydrokjemiske data. 2/5 1967 - 18/6 1968.

Komponent	2/5-67	xx)	xx)	xx)
		20/3-68	4/4-68	18/6-68
Surhetsgrad, pH	7,1	6,5	6,5	7,9
Spes.ledningsevne, 20 °C, µS/cm	60,2	80,0	80,0	70,0
Farge, mg Pt/l	158	120	120	-
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	5,9	7,0	7,0	-
Dikromattall, mg O/l	30,1	27,0	27,0	26,0
Klorid, mg Cl/l	8,5	11,0	11,0	8,5
Fosfat, total, µg P/l	4 ¹⁾	110	110	48
Nitrat, µg N/l	162	450	450	-
BFA, mg N/l	0,87	1,10	1,10	0,70

1) = fosfat, orto, µg P/l

xx) = gjennomsnittsverdier

Tabell 5. Ørjeelva. Hydrokjemiske data. 4/3 - 29/8 1968.

Komponent	4/3-68	18/6-68	29/8-68
Surhetsgrad, pH	6,5	6,9	6,9
Spes.ledningsevne, 20 °C, µS/cm	45,2	41,8	45,0
Farge, mg Pt/l	74	-	-
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	7,6	-	-
Dikromattall, mg O/l	20,7	17,7	21,4
Klorid, mg O/l	5,0	19,0	4,5
Fosfat, total, µg P/l	31	25	45
Nitrat, µg N/l	280	215	180
BFA, mg N/l	0,41	0,30	0,51

Tabell 6. Øymarksjøen. Hydrokjemiske data. 2/5 1967 - 29/8 1968.

Komponent	2/5-67	11/12-67	4/3-68	18/6-68	29/8-68
Surhetsgrad, pH	6,7	6,6	5,7	7,0	7,1
Spes.ledningsevne, 20 °C, µS/cm	39,0	43,9	44,9	41,3	42,2
Farge, mg Pt/l	75	76	85	-	-
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	7,5	11,0	3,3	-	-
Dikromattall, mg O/l	28,5	20,0	37,4	20,4	20,6
Klorid, mg Cl/l	4,0	4,7	6,6	3,5	4,5
Fosfat, total, µg P/l	<2 ¹⁾	8 ¹⁾	19	21	31
Nitrat, µg N/l	280	370	120	120	65
BFA, mg N/l	0,30	0,30	0,77	0,30	0,42

1) = Fosfat, orto, µg P/l

Tabell 7. Rødenessjøen. Resultater av bearbeidelse av håvtrekkmateriale.

Organismer:	7/6-67	27/9-67	10/9-68
CYANOPHYCEAE			
Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs	+	1	3
Anabaena spiroides Klebahn		3	4
Anabaena Bory sp.		+	1
Coelosphaerium nägelianum Unger	3	3-4	4
CHLOROPHYCEAE			
cf. Gloeocystis Nägeli sp.	1	1	1
Scenedesmus falcatus Chodat			+
Staurostrum Meyen sp.		1	1
Xanthidium Ehr. sp.			+
Kolonidannende, coccal grønnalge	2-3		
CHRYSOPHYCEAE			
Dinobryon bavaricum Imhof	1		
Dinobryon divergens Imhof	2		
Mallomonas Perty sp.	+		
BACILLARIOPHYCEAE			
Asterionella formosa Hassall	1-2	+	
Attheya zachariasii Brun		+	+
Fragilaria crotonensis Kitton	2	2	2
Melosira italica (Ehr.) Kütz.	2		
Surirella Turp. sp.	+		
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	2	1	1
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	1		
Ubestemte pennate diatoméer	1		
CILIATA			
Epistylis rotans Svec	+		+
Codonella cratera (Leidy)	+		
Tintinnide-skall	1		
Ubestemte	1		
ROTATORIA			
Keratella cochlearis (Gosse)	+	1	+
Kellicottia longispina (Kellicott)	+	+	+
Polyarthra vulgaris Carlin	1	+	1
Rotatorie, ubestemt	+	+	+
CRUSTACEAE			
Bosmina Baird sp.		+	
Calanoide copepoder		+	
Cyclopoide copepoder	+		
Nauplier	1		
ANNET			
Pollen av bartrær	1	+	
Fibre		+	

Tabell 8. Øymarksjøen. Resultater av bearbeidelse av håvtrekkmateriale.

Organismer:	7/6-67	27/9-67	10/9-68
SCHIZOMYCETES			
Planktomyces bekefii Gimesi			+
cf. Leptothrix Kütz. sp.			1
MYCOPHYTA			
Soppbegroing på plankton			1
CYANOPHYCEAE			
Anabaena spiroides Klebahn	+	3	4
Anabaena Bory sp.		+	1-2
Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs		1	3
Coelosphaerium nägelianum Unger	2	4	4
Microcystis cf. aeruginosa Kütz.			1
Oscillatoria Vaucher sp.		+	
CHLOROPHYCEAE			
Botryococcus braunii Kütz.	1	+	1-2
Characium Schrank sp.	+		
cf. Coelastrum Nägeli sp.	3	1	
cf. Dispora Printz sp.	1		
Dichtyosphaerium Nägeli sp.	1	+	
Elakothrix gelatinosa Wille			+
cf. Gloeocystis Nägeli sp.	+	1	1-2
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.	1		
Volvox (L.) em. Ehr. sp.		+	
Staurostrum Meyen sp.		1	+
Ubestemte desmidiacéer			1
CHRYSOPHYCEAE			
Dinobryon bavaricum Imhof	2		1
Dinobryon divergens Imhof	2		
Dinobryon sociale Ehr.	1		
BACILLARIOPHYCEAE			
Asterionella formosa Hassall	3	+	1
Attheya zachariasii Brun	+		1
Diatoma elongatum (Lyngb.) Ag.	1		+
Fragilaria crotonensis Kitton	2	2	1
Melosira italica (Ehr.) Kütz.	1		
Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.	+		
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	4	1	1
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	2		
DINOPHYCEAE			
Peridinium Ehr. sp.	1	+	+
CILIATA			
Epistylis rotans Svec	1	1	
Codonella cratera (Leidy)			+
Tintinnide-skall	1	1	+
Ubestemte	2	1	1
ROTATORIA			
Asplanchna Gosse sp.		1	+
Polyarthra vulgaris Carlin	1-2	2	1
Keratella cochlearis (Gosse)	1	1	+
Kellicottia longispina (Kellicott)	2		
Ubestemte	1	1	
Egg	1	+	+
CRUSTACEA			
Bosmina Baird sp.		1	+
Cyclopoide copepoder		1	
Daphnia O.F. Müller sp.	1		
Nauplie		+	
ANNET			
Pollen av bartrær	2		+

Tabell 9. Helgetjernet. Resultater av bearbeidelse av kvantitativ planktonprøve. Innsamlet 19/6 1968, prøvedyp 0,5 m.

Organismer	19/6 1968
SCHIZOMYCETES	
Planktomyces bekefii Gimesi	1
Trådformede bakterier	+
CYANOPHYCEAE	
Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs	4
CHLOROPHYCEAE	
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs	2
Closterium Nitzsch sp.	+
Coelastrum Nägeli sp.	2
Crucigenia tetrapedia (Kirch.) W. & G.S. West	2
cf. Dispora Printz sp.	3
Kirchneriella Schmidle sp.	1
Lagerheimia genevensis Chodat	1
Scenedesmus quadricauda (Turp.) Breb.	1
Selenastrum cf. capricornutum Printz	2-3
Staurastrum Meyen sp.	+
CHRYCOPHYCEAE	
Dinobryon sociale Ehr.	1
Mallomonas Perty sp.	+
Chrysophyceskall (ubestemte)	1
BACILLARIOPHYCEAE	
Asterionella formosa Hassall	2
Cymbella Ag. sp.	+
Fragilaria crotonensis Kitton	1
Nitzschia Hassall sp.	2-3
Surirella Turp. sp.	+
Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.	2
Synedra Ehr. spp.	2
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	+
Ubestemte pennate diatoméer	1
CILIATA	
Epistylis rotans Svec	+
Ubestemte	1
ROTATORIA	
Keratella cochlearis (Gosse)	+
Polyarthra cf. vulgaris Carlin	+
Ubestemte	+

Tabell 10. Haldenvassdraget. Kjemiske analyseresultater. Middelerverdier 5/6 - 9/6 1967.

Komponent	Stasjon x)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Siktedyp i meter	2,7	0,9	1,9	3,4	3,3	1,8	2,0	1,9	2,0	3,9	2,2
pH	6,4	6,6	7,0	6,3	6,3	6,5	6,6	6,7	6,7	5,2	6,7
Speg.ledningsevne 20 °C, µS/cm	29,0	42,0	45,8	27,5	27,4	38,7	40,7	39,5	40,0	34,9	45,8
Farge mg Pt/l	52	128	35	43	41	62	55	49	45	33	42
Turbiditet mg SiO ₂ /l	0,9	16,2	3,9	1,0	1,4	7,1	4,7	4,1	3,5	2,2	2,9
Permanganattall mg O/l	8,9	8,9	3,9	6,9	6,9	7,0	6,5	7,1	6,7	4,6	5,7
Klorid mg Cl/l	1,2	3,2	3,9	1,9	1,9	3,2	3,3	3,6	3,5	4,1	3,7
Sulfat mg SO ₄ /l	4,8	5,1	7,0	4,1	5,1	5,6	6,1	5,3		5,9	6,3
Fosfat, orto µg P/l	3	13	3	<2	2		8	5	5	2	6
Fosfat, total µg P/l	10	32	15	8	9	23	23	20	17	8	17
Nitrat µg N/l	65	440	168	107	94	323	270	282	260	118	227
BFA, mg N/l	0,27	0,31	0,35	0,23	0,24	0,21	0,23	0,21	0,23	0,19	0,19
Alkalitet ml N/10 HCl/l	1,91	2,44	2,66	1,57	1,61	2,14	2,06	2,04	2,09	1,22	2,17
Total hårdhet mg CaO/l	6,7	9,1	9,3	5,6	5,4	4,4	7,8	7,7	7,7		7,6
Kalsium mg Ca/l	3,06	3,60	3,95	2,31	2,21	2,88	2,88	2,94	2,94	1,23	2,93
Magnesium mg Mg/l	0,69	1,43	1,46	0,70	0,73	1,23	1,20	1,21	1,18	0,84	1,16
Kalium mg K/l	0,34	0,80	1,03	0,51	0,46	0,92	0,92	0,92	0,92	0,46	0,80
Natrium mg Na/l	1,00	1,90	2,20	1,25	1,27	1,85	1,90	1,95	2,00	2,48	2,00
Jern µg Fe/l	128	417	81	107	101	250	171	165	165	107	150
Mangan µg Mn/l	30	69	18	30	27	15	22	5	<5	28	12
Kobber µg Cu/l	44	36	29	36	35	33	31	36	29	37	34
Sink µg Zn/l	40	40	27	38	32	38	35	27	30	45	33
Silisium mg SiO ₂ /l	4,1	4,7	1,6	3,8	3,7	4,3	4,1	4,0	3,8	3,3	3,6

x) Stasjon nr.	1	Utløp Bjørkelangen	stasjon nr.	6	Utløp Aremarksjøen
"	"	2 Utløp Øgderen	"	"	7 Asperen
"	"	3 Utløp Mjærmen	"	"	8 Utløp Store Ertevatn
"	"	4 Utløp Rødenessjøen	"	"	9 Utløp Lille Ertevatn
"	"	5 Utløp Øymarksjøen	"	"	10 Utløp Femsjø
			"	"	11 Utløp i Iddefjorden ved Halden

Resultatene av vekstforsøkene angis som $n \cdot 10^6$ celler/l. Uttrykt som dikromattall er 10^6 celler/l ekvivalent med $4,5 \cdot 10^{-2}$ mg O/l.

Ved vekstforsøkene ble det benyttet vann innsamlet fra Rødenessjøen. Kloakkvannet til forsøkene ble hentet fra Skarpsno kloakkrensaneanlegg, Oslo. Resultatene av vekstforsøkene er fremstilt grafisk i figurene 4, 5 og 6.

Små kloakkvannstilsetninger gav tydelige utslag i algenmengden som ble produsert. Når kloakkvannsbelastningen oversteg ca. 10 ml/l var det kloakkvannets innhold av plantenæringsstoffer som var avgjørende for det resulterende vekstutslag.

9. BELASTNINGSFORHOLD TIL RESIPIENTEN

Det er utarbeidet en oversikt over den belastning som bebyggelse og industri på Ørje gir opphav til. Oversikten er laget av Østlandskonsult A/S og gjengis her i utdrag:

1. Nåværende utslipp i Helgetjern

- Marker Bruk A/S (trevarefabrikk)

Antall ansatte: 39, i fremtiden ca. 45.

Ikke produksjonsvann.

5 vannklosetter.

- Vendex A/S (aluminiumstøperi).

Antall ansatte: 40, i fremtiden ca. 60.

Vannforbruk: ca. $500 \text{ m}^3/\text{år}$ (ikke forurenset).

4 vannklosetter.

- Måstad Tinnvarefabrikk (begynner produksjon vinteren 1969).

Antall ansatte: 35, i fremtiden ca. 50.

Vannforbruk: Finishprosess: Avskylling av pimpesteinspulver
15 - 20 liter 3 - 5 ganger daglig.

Oksyderings- Rennende vann for uttynning av syre
prosess: (5/8" slange), et par dager pr. uke.

6 vannklosetter, 4 dusjer, 20 håndvasker.

Bolighus: Ca. 20, dvs. ca. 70 personer.

Vekstutslag
mgO/l

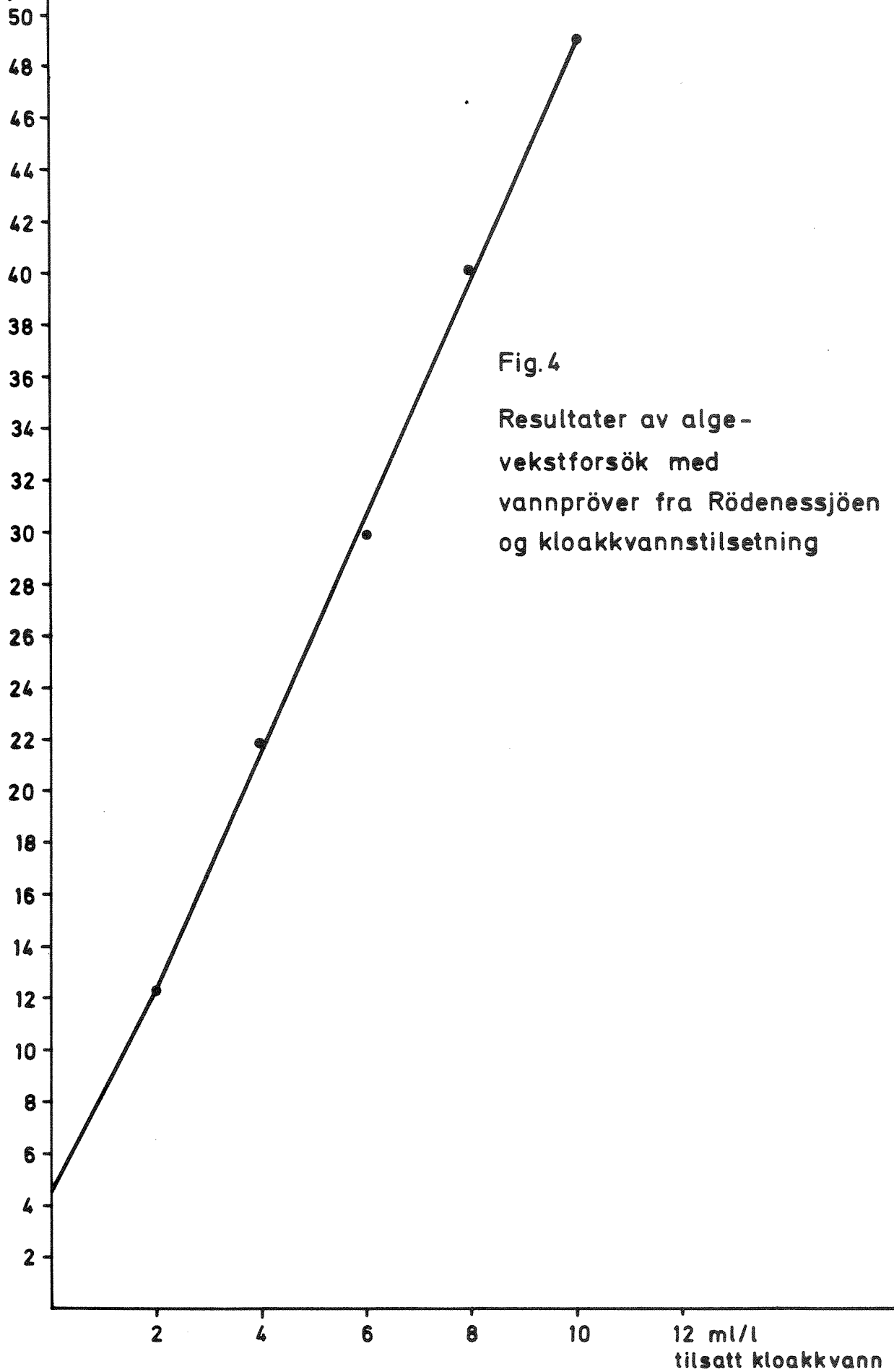


Fig.4

Resultater av alge-
vekstforsök med
vannpröver fra Rödenessjön
og kloakkvannstilsetning

% ökning

Fig. 5

Ökning i vekstutslag ved
ulike tilsetninger av kloakkvann
til vannprøver fra Rödenessjön

11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 ml/l
tilsatt kloakkvann

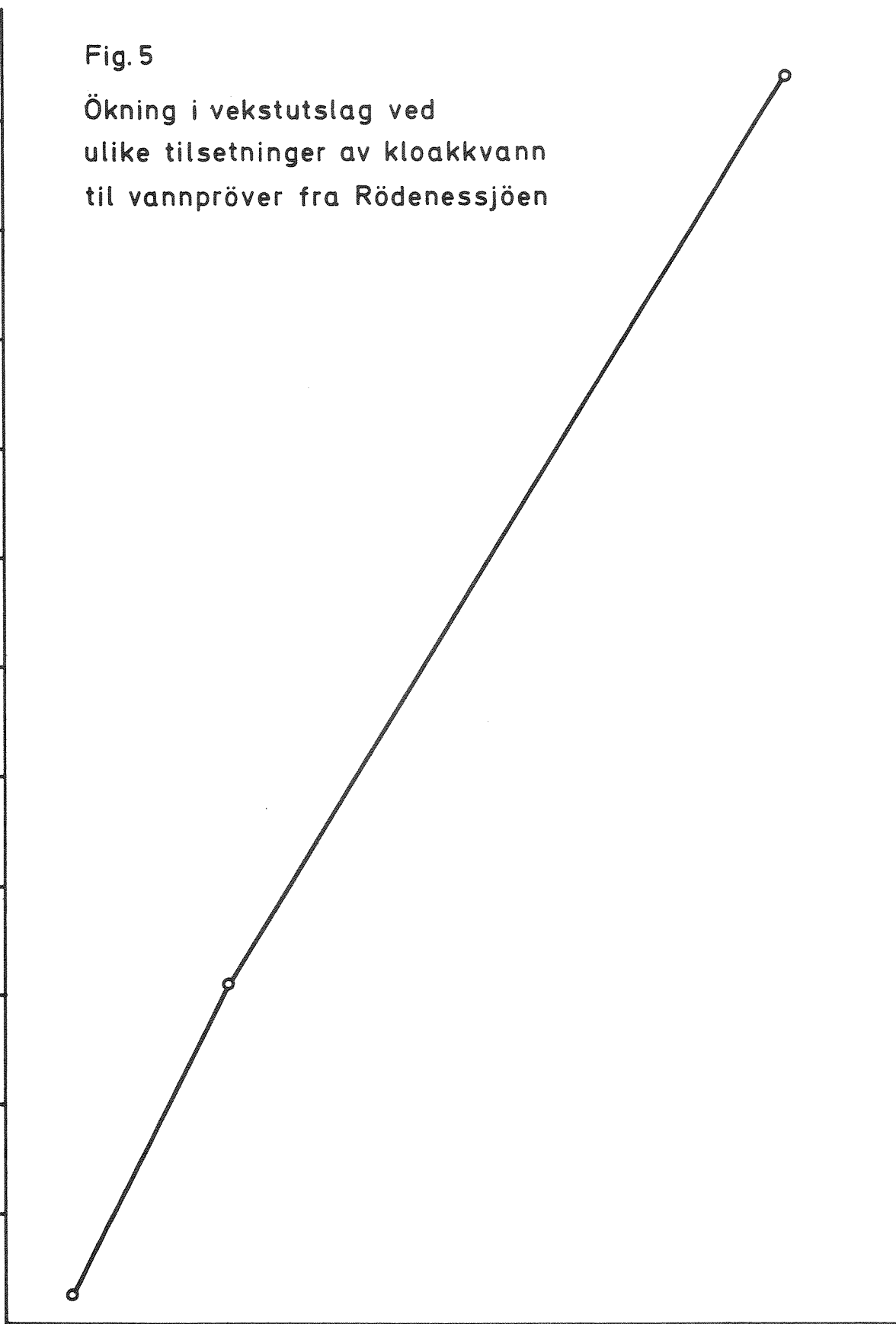
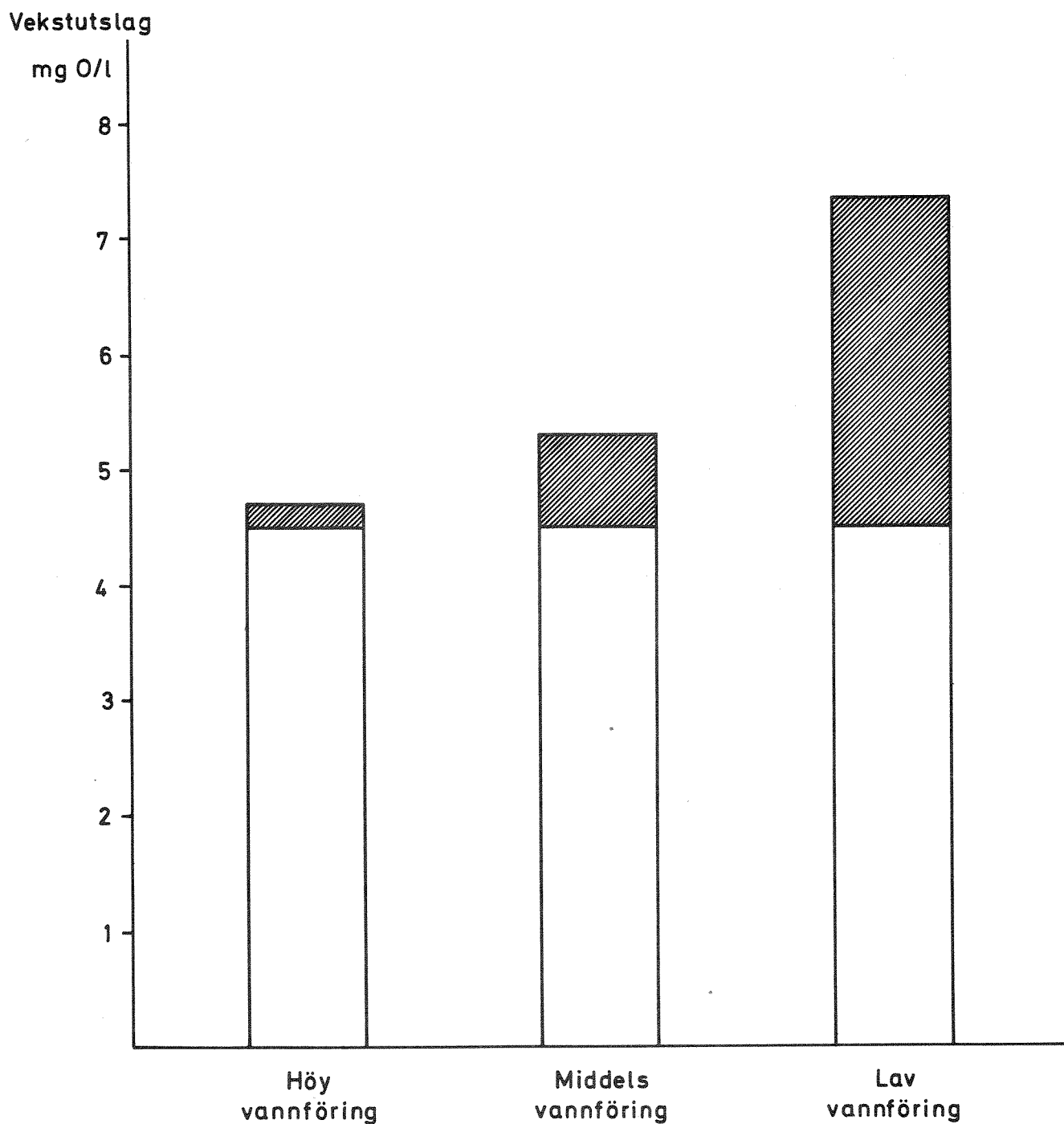


Fig.6

Resultater av algevekstförsök som
viser vekstutslag tillsvarende en
kloakkvannsbelastning fra 2 200 personer.

Vannpröver fra Rödenessjöen.



Foruten disse direkte utslippene i Helgetjern kan bedriften Rytex A/S ha en viss betydning. Utslipet er innerst i Krogstادتjern, mot Helgetjern.

Produksjon: Plasteryer.

Antall ansatte: 12.

Ikke produksjonsvann.

Alle bedriftene har bare ett skift pr. døgn.

Rensearrangement: Septiktanker (sannsynligvis med utilstrekkelig volum).

2. Fremtidige utslipp i Helgetjern.

Bedriftenes utvikling er antydnet under punkt 1. Det er imidlertid vanskelig å si noe om tempoet og om nye bedrifter vil komme til.

Boligbyggingen antas å gi en økning på 4 - 5 hus pr. år, dvs. 14 - 18 p./år. De nye utslippene vil passere slamtanker.

Fra 1972 regner en med at avløpsvannet fra Måstad Tinnvarefabrikk, Marker Bruk A/S og Vendex A/S blir pumpet opp til vannskillet og avledet til Ørjeelva gjennom nåværende nett.

I 1947 er det meningen at pumpestasjonen på østsiden av tjernet og undervannsledningen skal være ferdige, slik at også kloakkvannet fra Åstoppen kan ledes til Ørjeelva. Denne etappen omfatter også gravitasjonsledning fra vannskillet til Ørjeelva, midlertidig slamavskiller og utløpsledning.

3. Nåværende belastning til Krogstادتjern, Rødnessjøen og Ørjeelva

Foruten de nevnte bedrifter er det bare Ørje Meieri & Handelslag som er av betydning.

Antall ansatte: 4.

Årsproduksjon: 2 375 000 kg innveiet (ingen osteproduksjon).

Vannforbruk: 6 000 m³/år.

Boligbebyggelse: Ca. 1 000 personer.

Septiktanker er eneste form for rensing.

4. Fremtidig belastning

De nåværende bedrifters videre utvikling er angitt foran. En må også regne med nye industribedrifter.

Befolkningsutviklingen har en foreløpig liten oversikt over."

10. DISKUSJON AV UNDERSØKELSESRISULTATENE

I tabell 11 er det gjort en sammenlikning mellom planteplanktonet i Rødenessjøen, Øymarksjøen og Helgetjernet.

Tabell 11. Planktonalger med stor mengdemessig forekomst.

Lokalitet:	De kvantitativt viktigste artene:
Rødenessjøen	Coelosphaerium nägelianum Unger Anabaena spiroides Kleb. Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs Coccal grønnalge (kolonier) Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. Fragilaria crotonensis Kitton
Øymarksjøen	Coelosphaerium nägelianum Unger Anabaena spiroides Kleb. Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs Coelastrum Näg. sp. Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz. Asterionella formosa Hassall
Helgetjern	Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs Dispora Printz sp. Selenastrum cf. capricornutum Printz Coelastrum Näg. sp. Nitzschia Hassall sp. Synedra Ehr. spp.

Tabellen bygger på mikroskopiske undersøkelser av overflatehåvtrekk fra Rødenessjøen og Øymarksjøen (3 datoer, 7/6-67, 27/9-67 og 10/9-68). Fra Helgetjern er det sedimentert 50 ml, hvor planktonmengden er subjektivt vurdert (dato 19/6-68).

Resultatene viser at blågrønnalgene preger planktonet. I juni-prøven er det et betydelig innslag av grønnalger og diatoméer, mens september-prøven helt domineres av blågrønnalger. Artene fremgår av tabell 11.

Av spesielle ting kan omtales:

Fragilaria crotonensis forekommer i alle prøver (mengdeangivelse 2).

Aphanizomenon flos-aquae har mengdeangivelse 4 som eneste blågrønnalge fra Helgetjern, men prøven er sikkert ikke representativ for forekomsten av blågrønnalger på denne lokaliteten, da hovedtyngden av blågrønnalger i de to andre innsjøene er i september. Det er også noe metodisk usikkert med sedimentering av slikt plankton (blågrønnalger).

I alle prøvene fra Rødenessjøen og Øymarksjøen var det lite uorganisk materiale, mens det i prøven fra Helgetjern er notert noe sand og leire.

Sammenlikner vi disse resultatene med de viktigste artene som er funnet i september-prøver (håvtrekk) fra Rødenessjøen og Øymarksjøen 1961, 1962, 1963 og 1964 (Skulberg 1965), finner vi at det er de samme artene som dominerer planktonet nå.

Resultatene av de kjemiske og biologiske undersøkelserne viser at det er eutrofiering som er en hovedvirkning av forurensningen i vassdraget. Både i Rødenessjøen og i Øymarksjøen er det vannblomst med blågrønnalger på ettersommeren og om høsten (Skulberg, O.: Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. Nordisk Jordbruksforskning, nr. 3, pp. 180-190, 1965).

Hele vassdraget er påvirket av belastning med plantenæringsstoffer. Dette er tydelig for Rødenessjøen, Ørjeelva og Øymarksjøen. Følgende tabell stiller sammen gjennomsnittsverdier for fosfor- og nitrogenforbindelser i vannmassene i undersøkelsesperioden:

Tabell 12. Gjennomsnittsverdier for fosfor- og nitrogenforbindelser.

2/5-67 - 29/8-68	Total P	Nitrat	BFA	Total N
Lokalitet	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg N/l
Rødenessjøen	23	256	298	554
Ørjeelva	33	208	400	608
Øymarksjøen	23	191	420	611

Økningen av totalfosfor fra Rødenessjøen til Ørjeelva og endringene i nitrogenforbindelsenes konsentrasjoner er et resultat av forurensningspåvirkning fra befolkning og virksomheter i Ørje.

Noen teoretiske betraktninger kan være opplysende. En personekvivalent fosfor i husholdningskloakkvann kan settes til 2,5 g P/døgn, og en personekvivalent nitrogen kan tilsvarende settes til 25 g N/døgn. Kloakkvannsmengden fra én person regnes som 250 l/døgn.

Antall personer i Ørje i 1968 var 1100. Det er regnet med en fordobling av folkemengden frem til år 2000 som da blir 2200 personer.

1100 personer vil bidra med 31,8 mg P/sek, 318,0 mg N/sek og 3,18 l kloakkvann/sek til vassdraget.

I perioden juni 1967 til juli 1968 var laveste vannføring i Ørjeelva 4,4 m³/sek, middels vannføring 15,6 m³/sek og høyeste vannføring 54,6 m³/sek.

Basert på det foranstående vil bidraget fra befolkningen i Ørje under disse vannføringsforhold medføre tilskudd til resipientvannet av fosforforbindelser som tilsvare:

Ved laveste vannføring	7,2 µg P/l
" middels "	2,0 µg "
" høyeste "	0,6 µg "

Disse beregnede verdier kan sammenliknes med aktuelle verdier fra undersøkelsesperioden.

Den 4/3 1968 var vannføringen i Ørjeelva 13,8 m³/sek (omtrent middels vannføring). Fra Rødenessjøen til Ørjeelva økte konsentrasjonen av fosforforbindelser med 2,5 µg P/l. Den 18/6 1968 var vannføringen i Ørjeelva 4,83 m³/sek (omtrent laveste vannføring). Fra Rødenessjøen til Ørjeelva økte konsentrasjonen av fosforforbindelser med 6 µg P/l. Det er i disse tilfellene god overensstemmelse mellom de beregnede og de observerte verdier.

De teoretiske verdier for kloakkvannsbelastningen og fosfor- og nitrogenforbindelser fra befolkningen i Ørje (1100 personer) i Ørjeelva, er sammenstilt i følgende tabell:

Tabell 13. Beregnet belastning.

Vannføring i Ørjeelva m ³ /sek	Kloakkvann ml/l	Total P µg P/l	Total N µg N/l
4,4	0,72	7,2	72
15,6	0,20	2,0	20
54,6	0,06	0,6	6

Kloakkvannsbelastningen og tilskuddet med fosfor- og nitrogenforbindelser til vassdraget fordobles når befolkningen er vokst til 2200 personer.

Det er ikke gjort spesielle undersøkelser av industriutslippene i Ørjeelva. Det kan understrekes at giftige stoffer i industriavløpsvann må behandles som en egen sak ved den videre håndtering av forurensningsproblemene til Ørje.

11. PRAKTISKE KONKLUSJONER

1. Mellom Rødenessjøen og Øymarksjøen var det liten forskjell i vannkjemiske forhold. Imidlertid gjør forurensningspåvirkninger seg tydelig gjeldende fra Ørje gjennom belastning med plantenæringsstoffer.
2. Forurensningen av vassdraget markerer seg hovedsakelig gjennom eutrofiering. Tilførslene med plantenæringsstoffer gir opphav til en sekundær belastning med organisk stoff i vassdraget. Det er masseforekomst av blågrønnalger i innsjøene på ettersommeren og om høsten. Nitrogenbindende arter av blågrønnalger har stor forekomst.
3. En fordobling av kloakkvannsbelastningen fra Ørje (fra en befolkning på 1100 personer i 1968 til 2200 personer i år 2000) vil slå tydelig ut med ytterligere eutrofieringsvirkninger i innsjøene nedstrøms for et utslipp.

4. Små kloakkvannbelastninger gir tydelige utslag i vannmassenes vekstegenskaper for alger. Tilsetning av 0,4 ml/l mod kloakkvann (tilsvarer en befolkning på 2200 personer og middels vannføring i Ørjeelva) gir under laboratoriebetingelser en økning på mellom 6 - 7% i belastning med organisk stoff av algenatur.
5. I den varme del av vegetasjonsperioden (juni - september) er vannføringen i vassdraget liten. Fortynningsmulighetene i vannmassene er små og oppholdstid og temperatur i innsjøene gunstige for utvikling av algevegetasjonen.
6. Tiltak for å begrense tilførslene med plantenæringsstoffer bør inngå i beskyttelsen av vassdraget mot forurensningsvirkninger.
7. Det er behov for en samlet resipientutredning for Haldenvassdraget basert på undersøkelser av vassdraget og forholdene i nedbørfeltet. Behandlingen av forurensningsproblemer til Ørje bør skje i samarbeid med løsningen av vassdragets øvrige forurensningsproblemer.

12. LITTERATURLISTE

- DUKLAT, H.S.: Bjørkelangen. En humusrik, kulturpåvirket sjø.
Manuskript. Universitetet i Oslo. 1964.
- HOLTAN, H.: Undersøkelse av Femsjøen og Lille Ertevatn som drikkevannskilde for Halden vannverk.
Norsk institutt for vannforskning. Blindern 1967.
- HOLTAN, H.: Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene.
Utredning for Østlandskomiteén 1967.
Rapport I. Beskrivelse og undersøkelse av vannforekomster.
Del 4. Andre vassdrag og innsjøer. Haldenvassdraget, pp. 174-183.
Norsk institutt for vannforskning, 1967.
- KOLLERUD, O.: Innsjøen Øgderen. En grunn, leirfylt sjø i Indre Akershus.
Manuskript. Universitetet i Oslo. 1964.
- KROG, O.: Rødenessjøens morfologi.
Norsk Geografisk Tidsskrift, 1, pp. 44-48, 1944.
- SKULBERG, O.: Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning.
Nordisk Jordbruksforskning, 3, pp. 180-190, 1965.
- SKULBERG, O.: Gjølssjø i Marker, Østfold. Norsk institutt for vannforskning, Blindern, 1969.