

DET KGL. NORSKE VIDENSKABERS SELSKAB, MUSEET

rapport

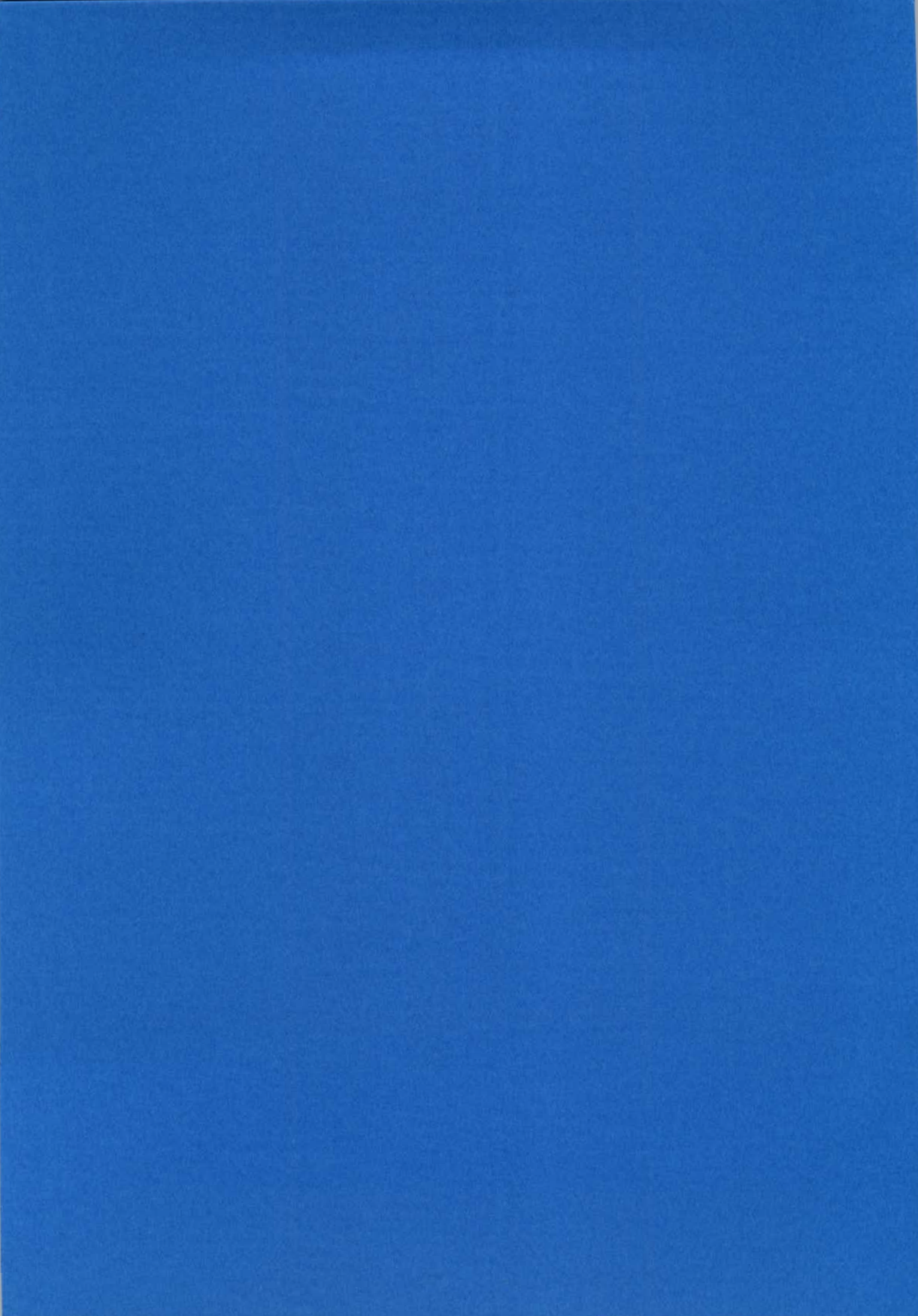
ZOOLOGISK SERIE 1981-11

Kjemiske og biologiske
undersökelser i Leksdals-
vatn og Hoklingen, Nord-
Tröndelag sommeren 1980

Helge Reinertsen
Arnfinn Langeland



Universitetet i Trondheim



KJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSER
I LEKSDALSVATN OG HOKLINGEN,
NORD-TRØNDELAG SOMMEREN 1980

av

Helge Reinertsen og Arnfinn Langeland

Universitetet i Trondheim
Det Kgl. Norske Videnskabers Selskab, Museet
Trondheim, juni 1981

ISBN 82-7126-259-9

ISSN 0332-8538

REFERAT

Reinertsen, Helge og Langeland, Arnfinn. 1981. Kjemiske og biologiske undersøkelser i Leksdalsvatn og Hoklingen, Nord-Trøndelag sommeren 1980. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1981-11.*

Sommeren 1980 ble det til følgende tidspunkt: 12.6., 8.7., 8.8., 8.9. og 6.10. samlet inn vannprøver og prøver av phyto- og zooplankton i Leksdalsvatn og Hoklingen i Nord-Trøndelag. Begge innsjøer ligger i jordbruksområder og antas å motta betydelige tilførsler av næringssalter for jordbruksaktivitet. Vannprøvene ble analysert med hensyn på pH, ledningsevne, Mg, Ca, ortofosfat, total fosfor, nitrat og total nitrogen. Temperatur og siktedyp ble målt i felten på prøvetakingsdagene. Phyto- og zooplanktonprøvene ble analysert med hensyn på biomasse og arts sammensetning.

Vurdert ut fra næringssaltinnholdet vil begge innsjøene kunne karakteriseres som mesotrofe selv om partikler ikke er inkludert i analysene. Fosfor betraktes som vekstbegrensende element for algene.

Ut fra algebiomasse og artssammensetning kan Hoklingen karakteriseres som en oligotrof innsjø, men innslag av grønnalger tyder på at den har en større næringssalttilgang enn "typiske" oligotrofe innsjøer. På grunnlag av algebiomasse i juni, algesammensetning og antatt produksjonskapasitet kan Leksdalsvatn karakteriseres som mesotrof. Den lave algebiomasse i Leksdalsvatn de øvrige prøvetakingsdagene (juli - oktober) må sees i sammenheng med høy tetthet av vannlopper som har ført til en stabilisering av algebiomassen p.g.a. høyt beitepress.

Innsjøenes stabilitet med hensyn til overføring av produsert algebiomasse til konsumentleddet, ble vurdert ut i fra total biomasse og forholdet med phyto- og zooplankton.

Mengden av tilgjengelige planktonnæringsdyr tyder på betydelig større produksjonsmuligheter for fisk i Leksdalsvatn enn i Hoklingen og "typiske" oligotrofe innsjøer.

*Helge Reinertsen, Universitetet i Trondheim, Norges lærerhøgskole,
Botanisk institutt, N-7000 Trondheim.*

*Arnfinn Langeland, Universitetet i Trondheim, Det Kgl. Norske Videnskabers
Selskab, Museet, Zoologisk avdeling, N-7000 Trondheim.*

INNHold

REFERAT	
INNLEDNING	7
LOKALITETSBEskRIVELSE	7
KRITERIER FOR KLASSIFISERING AV INNSJØER OG ØKOLOGISK STABILITET	8
METODER	9
FYSISK-KJEMISKE FORHOLD	11
PHYTOPLANKTON	13
ZOOPLANKTON	21
DISKUSJON	24
LITTERATUR	29
VEDLEGG	30

INNLEDNING

Undersøkelsen er utført av Laboratoriet for ferskvannsøkologi og innlandsfiske DKNVS Museet, etter oppdrag fra Fylkesrådmannen i Nord-Trøndelag. Helge Reinertsen har vært ansvarlig for de kjemiske og botaniske undersøkelsene. De kjemiske analysene er utført ved Institutt for marin biokjemi, NTH. Arnfinn Langeland har vært ansvarlig for zooplanktonundersøkelsene. Feltarbeidet er utført av Arne Haug med diverse assistenter.

Hensikten med undersøkelsen har vært å gi en økologisk tilstandsbeskrivelse av Leksdalsvatn og Hoklingen basert på næringssaltinnhold, og mengde og arts sammensetning av phyto- og zooplankton.

LOKALITETSBESKRIVELSE

Nedenfor angis en del data om innsjøenes morfometri og nedbørfelt (Fylkesrådmannen i Nord-Trøndelag 5.2.1980):

		Leksdalsvatn	Hoklingen
Høyde over havet	m	83	88
Overflateareal	ha	2150	610
Største dyp	m	25	42
Middeldyp	m	14	23
Volum	m ³	300 x 10 ⁶	280 x 10 ⁶
Midl. vanntilførsel	m ³ /s	6,64	4,66
Årstilførsel	m ³	200 x 10 ⁶	870 x 10 ⁶
Teoretisk oppholdstid	år	1,5	0,96
Nedbørfelt totalt	km ²	175	149
Jordbruksareal	km ²	14	12

Innsamling av materiale ble i Hoklingen foretatt i midtpartiet av bassenget og i Leksdalsvatn i søndre ende av innsjøen, sør-vest Lund.

KRITERIER FOR KLASSIFISERING AV INNSJØER OG ØKOLOGISK STABILITET

I denne rapporten er det lagt vekt på næringsforhold og planktonsammensetning i den pelagiske sonen i Hoklingen og Leksdalsvatn. En vurdering av nevnte forhold gir grunnlag for slutninger om nærings-salttilførselens innvirkning på abiotiske og biotiske forhold i de frie vannmassene i innsjøene. Tradisjonelt grupperes innsjøer i oligo-, meso- og eutrofe innsjøer, alt etter næringssaltnivå og effekter av disse.

Et grunnlag for en slik klassifisering ut fra kjemiske forhold og phytoplanktonmengde er gitt i tabell 1 (Wetzel 1975).

Tabell 1. Klassifisering av innsjøer etter kjemiske forhold og alge-biomasse. Etter Wetzel 1975.

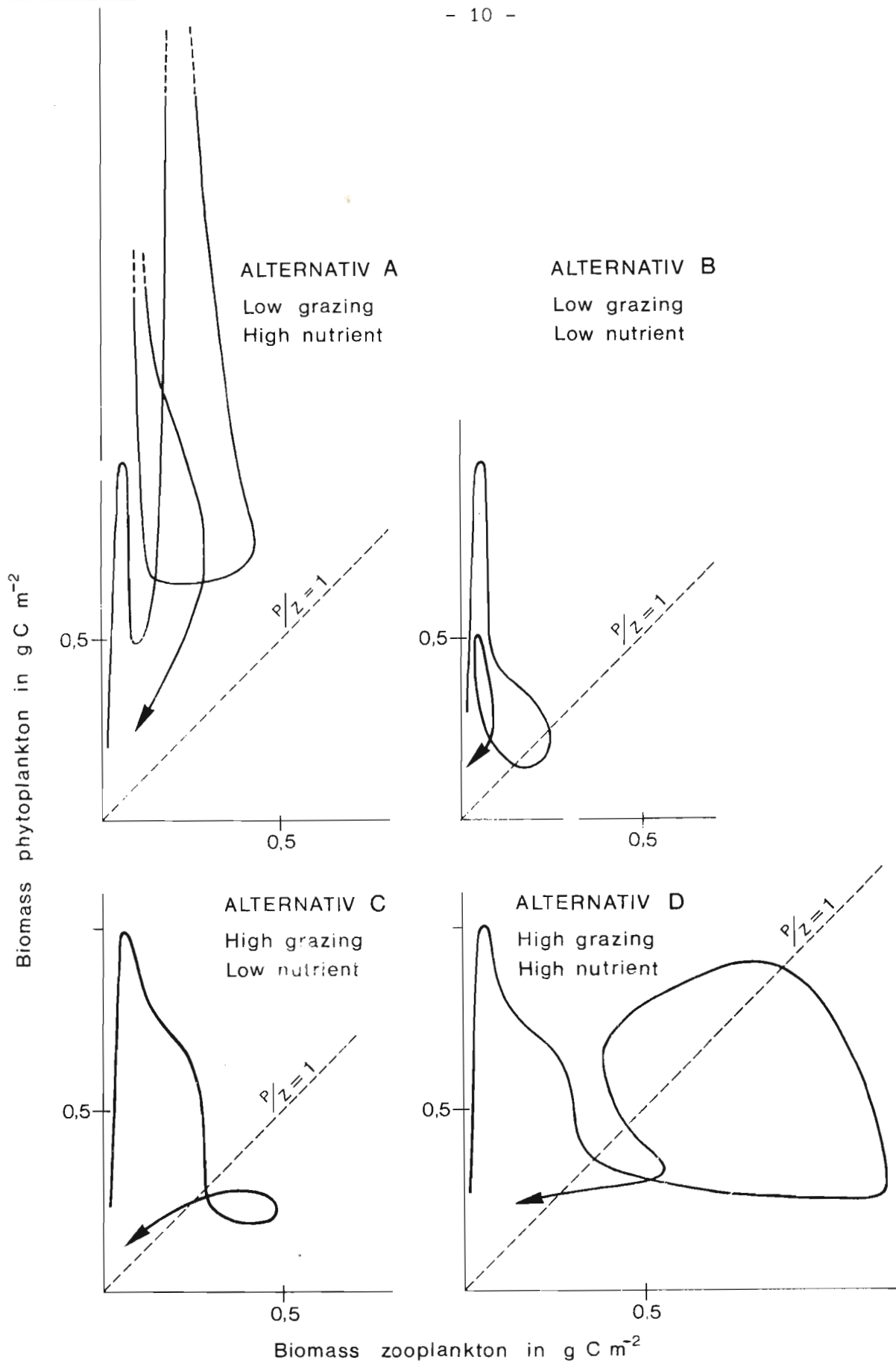
	Oligotrof	Mesotrof	Eutrof
Tot. fosfor $\mu\text{g l}^{-1}$	< 5	5 - 10	> 10
Tot. nitrogen $\mu\text{g l}^{-1}$	< 250	250 - 600	> 500
Biomasse av plante-plankton (g våtvekt m^{-3})	< 1	1 - 3	> 3

Av kjemiske forhold omfatter tabellen total mengde (mengde løst i vann og i partikler) fosfor og nitrogen. Dette ut fra at fosfor og nitrogen vanligvis er vekstbegrensende elementer i innsjøer. Tabellen viser da også et forhold mellom næringssaltmengde og biomasse av phytoplankton. Økningen i phytoplanktonmengden er et forhold som fører til mange av de negative effektene ved økt næringstilgang til innsjøer. Økt næringstilgang gir også mulighet for utvikling/dominans av nye phytoplanktonarter, slik at i tillegg til biomasse-størrelsen vil også planktonsammensetningen gi gode indikasjoner på næringsforhold i innsjøer. Ved lav næringstilgang eller i såkalte oligotrofe innsjøer vil således gulalger dominere algebiomassen, mens eksempelvis økt innslag av grønnalger, kiselalger eller blågrønne alger er karakteristiske for mesotrofe eller eutrofe innsjøer.

Nyere undersøkelser viser at utviklingen av phytoplanktonet ikke kan vurderes ensidig ut fra næringssaltforhold. Også sammensetning og mengde av zooplankton vil være av betydning for de phytoplanktonbiomasser og den artssammensetning som utvikler seg. Dette grunner seg på at zooplanktongrupper, spesielt vannlopper, kan ernære seg ved å spise phytoplankton (arter mindre enn 30μ). Dersom større mengder vannlopper utvikles kan dette følgelig føre til nedbeiting og stabilisering av phytoplanktonbiomassen. Et vurderingsgrunnlag for zooplanktonets betydning for en stabilisering av phytoplanktonbiomassen synes å være forholdet mellom phytoplankton- og zooplanktonbiomasse (P/z-forhold). Dette forholdet gitt til forskjellige tidspunkt kan gi en god indikasjon på innsjøenes effektivitet i å overføre phytoplanktonproduksjon til konsumentkjeden. Beitingens effekt på phytoplanktonet er også av betydning for å vurdere størrelsen av algebiomassen i forhold til produksjonsmulighetene. Reinertsen og Langeland (1980) har presentert en modell som gjør det mulig å tolke innsjøøkosystemets økologiske effektivitet på grunnlag av nevnte P/z-forhold (fig. 1). Ut fra figur 1 ser vi at en gunstig sammensetning mellom produsent og konsument finner sted med et P/z-forhold < 1 . Selv om næringstilgangen økes i perioder med et gunstig P/Z-forhold vil dette ikke resultere i økt planteplanktonbiomasse, men derimot økning i konsumentbiomassen (Alternativ D i fig. 1). Følgelig kan ikke phytoplanktonutviklingen i innsjøer med et gunstig phytoplankton/zooplanktonforhold vurderes ensidig ut fra næringssaltforhold. Innsjøer med en slik sammensetning vil således også kunne tåle en større næringssaltbelastning uten at det fører til større økning i phytoplanktonbiomassen i sommermånedene.

METODER

Vannprøver for kjemiske analyser og algetellinger ble innsamlet med en 1,3 l rørhenter (1 m lengde) fra 20 prøvedyp (0-20 m). Fra prøvene fra 0-5, 5-10, 10-15 og 15-20 ble det tatt ut en blandeprøve for videre analysearbeid. Kvantitative zooplanktonprøver ble samlet inn med 5 l rørhenter. Også her ble det tatt blandeprøve i sjiktene 0-5, 5-10,



Figur 1. Modell for sammenhengen mellom phyto- og zooplanktonbiomasse i innsjøer ved forskjellige nivåer av næringssalter og zooplanktonbeiting (grazing). Etter Reinertsen og Langeland 1980.

10-15 og 15-20 m dyp. Prøvene for zooplankton ble silt gjennom planktonduk med maskevidde 45 μm . Algetellingen ble foretatt ved hjelp av omvendt-mikroskop (på sedimenterte algeprøver) og algebiomassen kalkulert ut fra beregnet volum på de dominerende algeartene. Ut fra feilkildene ved algetellingen og volumberegningene antas standardavviket på biomasseberegningene å være mindre enn $\pm 30\%$. Analysen av ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$), totalt løst fosfor, nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), totalt løst nitrogen og silikat ($\text{SiO}_2\text{-Si}$) ble utført ved Institutt for marin biokjemi, NTH, etter Norsk standard. Analysene av totalt løste fraksjoner av fosfor og nitrogen ble analysert etter at partikkelfraksjonen var filtrert fra prøven.

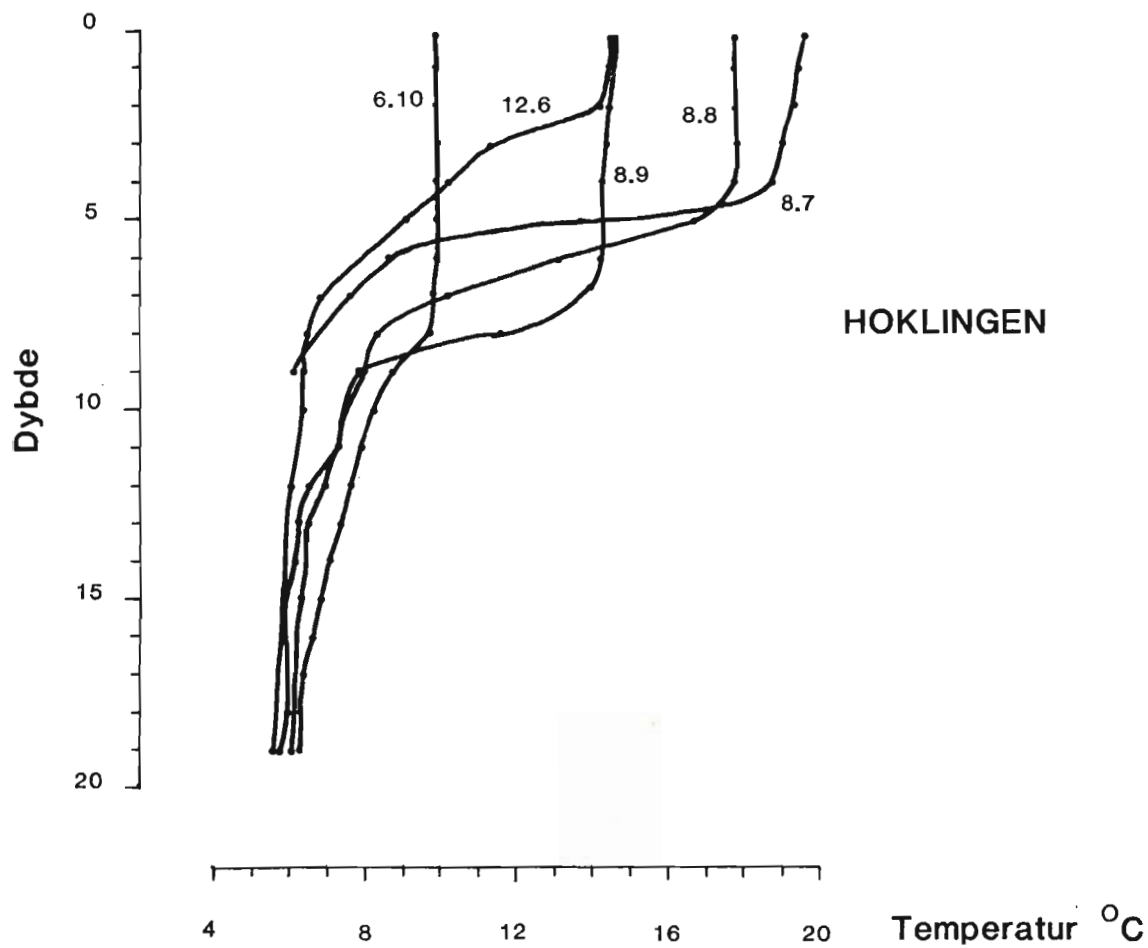
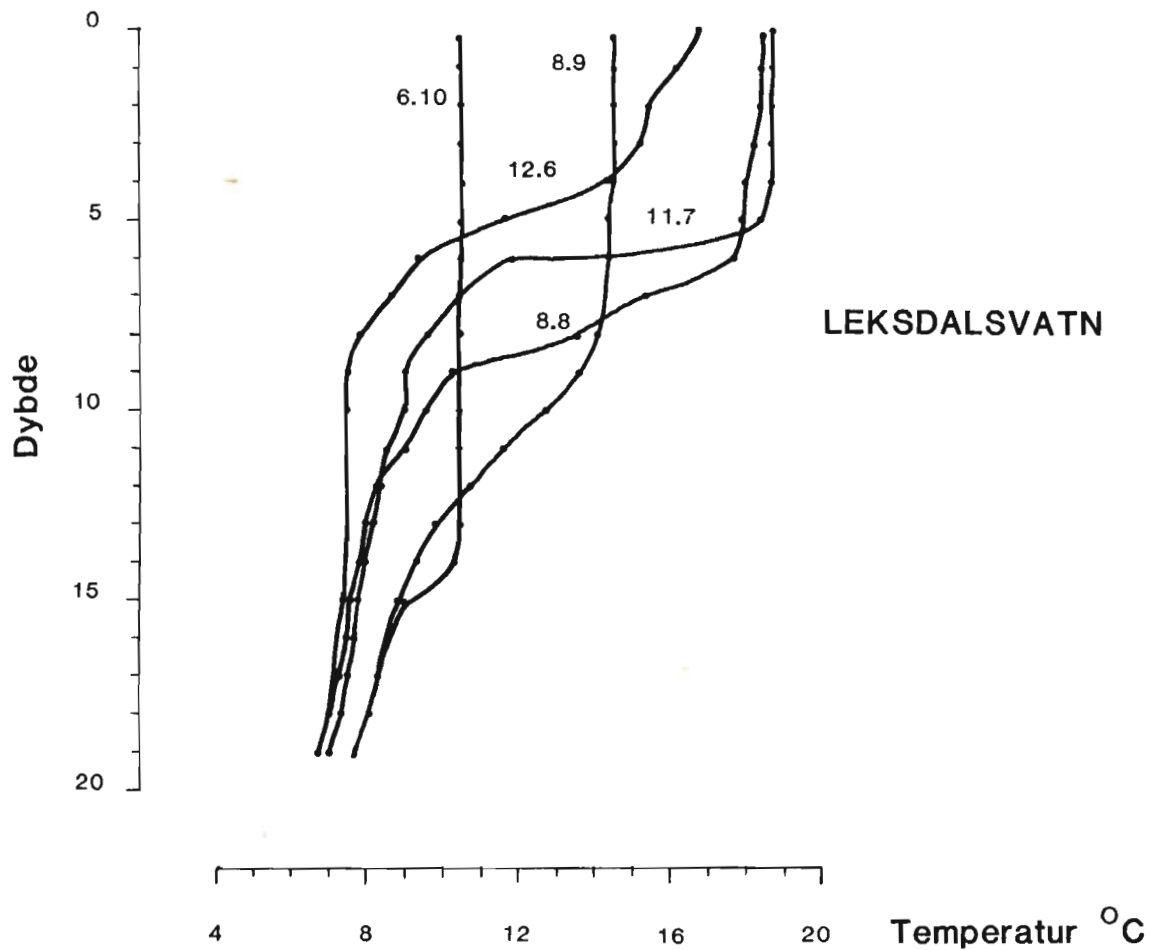
Temperaturregistreringene ble foretatt med termometer montert i Ruttner vannhenter, pH bestemt ved hjelp av komparator (Hellige) og ledningsevnen ved 25°C ved bruk av Delta Scientific Modell 1014. Ledningsevnen gir et uttrykk for det totale ioneinnholdet i vannet, og spesielt vil denne være et relativt uttrykk for Ca og Mg-mengdene i innsjøene.

Siktedypet i innsjøene gir et uttrykk for lyssvekkingen i vannmassene, og gir således et indirekte inntrykk av mengde plankton, partikler og humusinnhold i vannmassene. Innsjøfargen gir en objektiv vurdering av de forskjellige forholdene (plankton, humus) innvirkning på lyssvekkingen. Innsjøfargen vurderes mot en hvit skive ($d = 25\text{ cm}$) som benyttes til å måle siktedypet.

FYSISK-KJEMISKE FORHOLD

Temperaturregistreringene (fig. 2) viser en markert sjiktning av vannmassene på de fire første prøvetakingsdagene, med et sprangsjikt midtsommers i området 4-7 m i Hoklingen og 5-9 m i Leksdalsvatn. De små temperaturforskjellene på siste prøvetakingsdag viser at prøvene er tatt like før fullsirkulasjon i vannmassene.

Ut fra temperaturregistreringene kan en fastslå at prøven fra området 0-5 m gir et representativt gjennomsnitt for epilimnion, det vil si det varme, øvre temperaturlaget i innsjøene. I dette området vil den vesentligste del av algeproduksjonen finne sted, og det er således



Figur 2. Temperaturobservasjoner i Leksdalsvatn og Hoklingen 1980.

dette området som er av størst interesse i forbindelse med algestudiene i innsjøene. Området 5-10 m vil inkludere det såkalte sprangsjiktet eller metalimnion, mens de øvrige prøver (10-15 og 15-20 m) er samlet inn fra hypolimnion, eller det såkalte kaldtvannsområdet.

Målinger av pH, ledningsevne (K_{25}) og siktedyp, samt vurderinger av innsjøfargen på prøvedagene er vist i tabell 2. Siktedypsmålingene viste det laveste gjennomsnittlig siktedyp i Leksdalsvatn, 4.0 m (minimum 2.75 den 12. juni), mens gjennomsnittet i Hoklingen var 4.8 m. Ut fra innsjøfargen i Hoklingen og Leksdalsvatn må en anta at humuspåvirkning er en faktor som er av stor betydning for siktedypet i innsjøene.

pH i området 0-5 m var nær nøytral i innsjøene, mens de høyeste ledningsevnetall, mellom 53 og 65 $\mu\text{S cm}^{-2}$ (K_{25}) ble registrert i Hoklingen (tabell 2). Dette er blant annet forårsaket av et høyere Ca og Mg-nivå i Hoklingen (tabell 3). Ca-innholdet var i denne innsjøen nær det dobbelte av nivået i Leksdalsvatn.

Resultatene av næringssaltanalysene er vist i tabell 4 og 5. Analysene av fosfor og nitrogen-komponentene viser tilnærmet like nivåer i innsjøene, med gjennomsnittsverdier (0-5 m) for $\text{PO}_4\text{-P}$, totalt løst fosfor, $\text{NO}_3\text{-N}$ og totalt løst nitrogen på henholdsvis 3, 6, 126 og 526 $\mu\text{g l}^{-1}$ i Hoklingen og 3, 7, 165 og 540 $\mu\text{g l}^{-1}$ i Leksdalsvatn.

Analysene av SiO_2 viser gjennomsnittsverdier (0-5 m) på 340 $\mu\text{g Si l}^{-1}$ i Leksdalsvatn, mot 460 $\mu\text{g l}^{-1}$ i Hoklingen. Den 6.10., nær fullomrøring i innsjøene, viser imidlertid analysene tilnærmet like verdier i innsjøene. Følgelig kan det lave gjennomsnittstallet for Leksdalsvatn være et resultat av større forbruk i forbindelse med vekst av kiselalger.

PHYTOPLANKTON

Mengde phytoplankton og sammensetning i området 0-5 m i Hoklingen og Leksdalsvatn er vist i figur 3 og tabell 6. Tabell 7 viser gjennomsnittlig algebiomasse for 0-5, 5-10, 10-15 og 15-20 m.

Som tidligere nevnt er prøvetakingen i området 0-5 m representativt for epilimnion og følgelig produksjonssjiktet for algene.

Tabell 2. pH, ledningsevne (K_{25}), siktedyp og innsjøfarge i Leksdalsvatn og Hoklingen 1980.

Leksdalsvatn

Dato		12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.
<u>Dyp</u>						
pH	0-5 m	7.2	6.8	6.8	6.7	6.7
	5-10 m	7.4	6.3		6.6	6.7
K_{25}	0-5 m	40	37		42	44
	5-10 m	42	37		42	44
Siktedyp		2.75	3.75	4.25	5.50	3.75
Innsjøfarge		Gullig brun	Gullig brun	Gullig brun	Brunlig gul	Gullig brun

Hoklingen

Dato		12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.
<u>Dyp</u>						
pH	0-5 m	7.1		7.1	7.3	7.0
	5-10 m	7.0			7.0	7.0
K_{25}	0-5 m	55	60		62	65
	5-10 m	53	60		62	65
Siktedyp		5.00	4.00	5.00	4.75	5.50
Innsjøfarge		Brunlig gul		Brunlig gul	Brunlig gul	Gullig grønn

Tabell 3. Innhold av Ca og Mg (mg/l ($\bar{x} \pm SD$)) i vannprøver fra Leksdalsvatn og Hoklingen den 8.8.1980.

Leksdalsvatn

Hoklingen

Mg	0-5 m	0,83 ± 0,02	Mg	0-5 m	1,01 ± 0,03
	15-20 m	0,83 ± 0,02		15-20 m	0,95 ± 0,03
Ca	0-5 m	2,57 ± 0,04	Ca	0-5 m	5,47 ± 0,07
	15-20 m	2,65 ± 0,04		15-20 m	5,19 ± 0,06

Tabell 4. Analyser av ortofosfat, totalt løst fosfor, silikat, nitrat og total nitrogen i Leksdalsvatn 1980.

Parameter:	PO ₄ -P µg l ⁻¹			tot. P µg l ⁻¹			SiO ₂ µg l ⁻¹									
	Dato	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.
Dyp		12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.
0-5 m	6	1	3	2	2	14	6	6	6	5	5	280	540	190	100	590
5-10 m	2	2	4	2	1	3	5	5	5	5	5	140	630	130	160	580
10-15 m	1	2	4	3	2	4	4	5	6	4	4	390	690	80	80	590
15-20 m	2	1	5	2	2	4	4	5	5	4	4	150	710	120	80	730

Parameter:	NO ₃ -N µg l ⁻¹			tot. N µg l ⁻¹							
	Dato	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.
Dyp		12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.
0-5 m	141	160	122	142	262	670	270	620	540	610	610
5-10 m	256	240	195	181	234	620	360	510	450	550	550
10-15 m	282	296	242	210	270	710	450	510	760	640	640
15-20 m	300	318	278	293	342	710	630	440	930	770	770

Tabell 5. Analyser av ortofosfat, totalt løst fosfor, silikat, nitrat og total nitrogen i Hoklingen 1980.

Parameter	PO ₄ -P µg l ⁻¹			tot. P µg l ⁻¹			SiO ₂ µg l ⁻¹								
	Dato	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.				
Dyp		12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.				
0-5 m	2	5	5	3	1	4	12	6	6	2	540	518	290	350	600
5-10 m	2	9	4	2	1	4	13	5	3	2	570	620	330	360	620
10-15 m	1	3	2	3	1	4	6	4	5	2	390	659	280	360	730
15-20 m	4	3	5	2	2	6	7	5	3	13	370	643	510	390	740

Parameter:	NO ₃ -N µg l ⁻¹			tot. N µg l ⁻¹						
	Dato	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.				
Dyp		12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.				
0-5 m	188	64	128	134	216	580	670	480	440	670
5-10 m	201	207	196	170	220	810	690	410	310	740
10-15 m	254	228	279	283	276	660	540	310	460	600
15-20 m	262	222	267	276	365	590	610	280	520	880

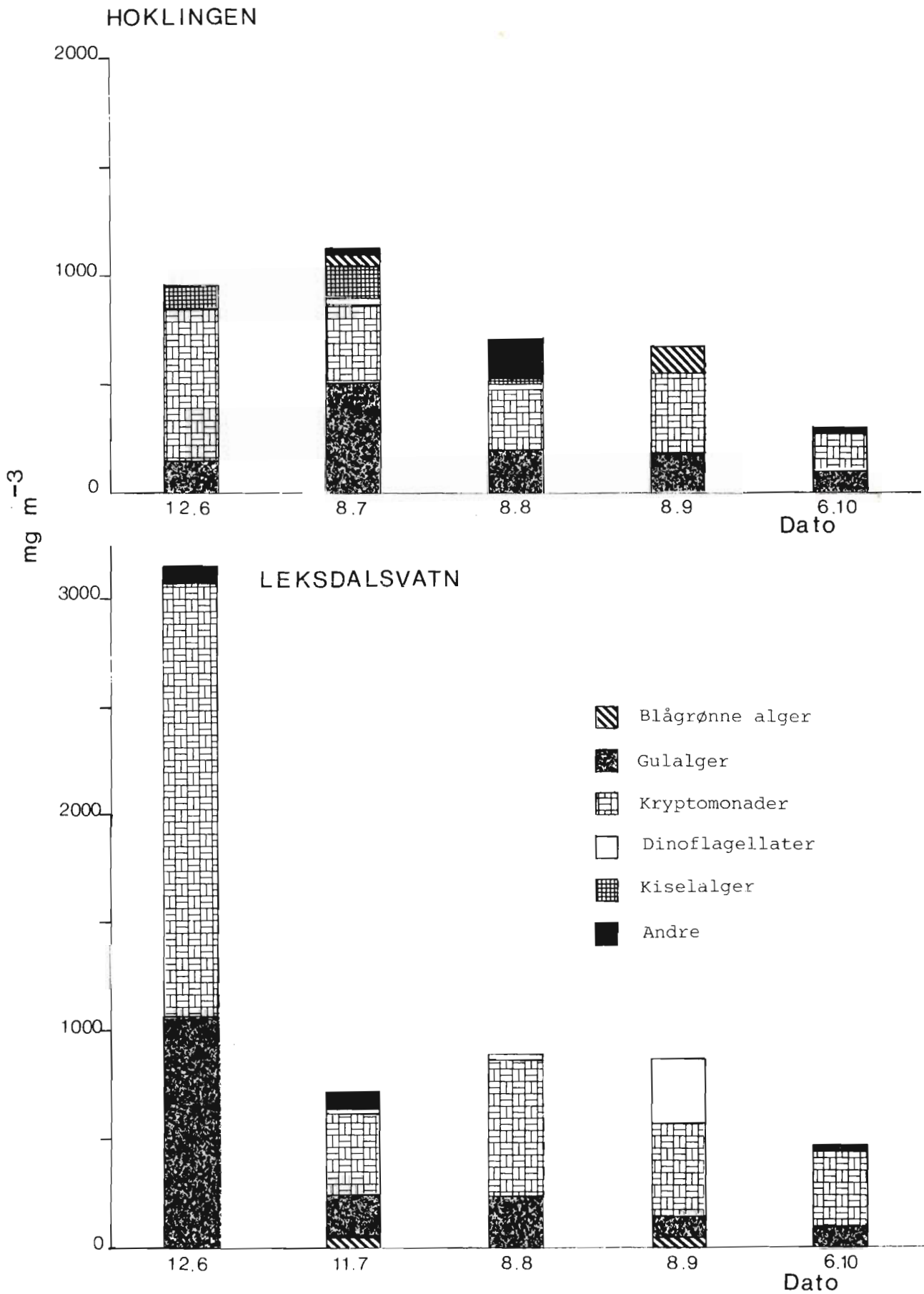
De største algebiomassene finnes da også i dette sjiktet i begge innsjøene (tabell 7), med et gjennomsnitt på 753 mg i Hoklingen og 1198 mg m⁻³ i Leksdalsvatn. I området 5-10 m var biomassene i Hoklingen og Leksdalsvatn redusert med henholdsvis tilnærmet 40 og 80 %, med en ytterligere reduksjon i dypere vannlag.

Den høyere gjennomsnittsbio­massen i Leksdalsvatn skyldes hovedsaklig den store algebiomassen, nær 3000 mg m⁻³, første prøvetakingsdag (12. juni). Ut fra tidspunktet for isløsningen, må en gå ut fra at prøvetakingen ikke er foretatt under den såkalte vårtoppen. Algesammensetningen tyder heller ikke på dette, idet den heterotrofe kryptomonaden *Katablepharis ovalis* utgjorde nær halvparten av bio­massen (1670 mg m⁻³). Denne arten må på dette tidspunktet antas å ha ernært seg av bakterier, da det var lite av såkalte μ -alger i prøvene. Nedbrytningen av alger fra vårtoppen kan tenkes å gi en relativt høy bakterieproduksjon på dette tidspunktet. Ut fra nedgangen i Si-innholdet i vannet, kan det ha vært et betydelig kiselalgeinnslag under våroppblomstringen.

Kryptomonader dominerte også i Leksdalsvatn på de øvrige prøvetakingsdagene, men med *Rhodomonas pusilla* og *Cryptomonas ovata* av størst kvantitativ betydning. Innslaget av sistnevnte art var størst den 6. oktober.

Tabell 6 viser at utenom kryptomonader var gulalger av størst kvantitativ betydning. Kiselalger eller grønnalger utgjorde ikke på noe tidspunkt mer enn 5 % av totalbiomassen, mens blågrønnalger utgjorde 14 og 6 % henholdsvis 11.7. og 8.9. Dominerende blågrønnalger var *Anabaena flos-aquae*. Den store arten *Ceratium hirundinella* utgjorde biomassen av dinoflagellater den 8.9. (tabell 6). Forøvrig var få arter av kvantitativ betydning i Leksdalsvatn. Totalt ble det registrert 23 arter i vannet, noe som er et meget lavt antall (se vedlegg).

Kryptomonader og gulalger var dominerende algegrupper også i Hoklingen (tabell 6). Førstnevnte algegruppe utgjorde den største andel av totalbiomassen på de tre siste prøvedagene, og de dominerende artene var *Rhodomonas pusilla* og *Cryptomonas ovata*. Sistnevnte art utgjorde den største biomassen 8.9. og 6.10. Innslaget av kiselalger og grønnalger var større i Hoklingen enn i Leksdalsvatn. Blågrønnalger utgjorde 17 % av totalbiomassen den 8.9., forårsaket av en oppblomstring av *Gomphosphaeria naegeliana*. På de øvrige dagene var *Anabaena flos-aqua* av størst betydning i biomassesammenheng.



Figur 3. Phytoplankton (algebiomasse mg våtvekt m⁻³ og sammensetning) i Hoklingen og Leksdalsvatn 0-5 m i 1980.

Tabell 6. Gjennomsnittlig total algebiomasse (mg våtvekt mg^{-3}) og biomasse av forskjellige algegrupper (prosentandel av total biomasse i parentes) for 0-5 meter på prøvetakingsdagene i 1980 i Hoklingen og Leksdalsvatn.

Hoklingen

Dato	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.
Total biomasse	944	1137	718	675	292
Blågrønne alger		67 (6)	7 (1)	115 (17)	
Grønnalger	2	3	194 (27)		2
Gulalger	145 (15)	525 (46)	190 (27)	183 (27)	105 (36)
Kryptomonader	700 (74)	351 (31)	288 (40)	377 (56)	182 (62)
Dinoflagellater		54 (5)	18 (3)		
Kiselalger	97 (10)	137 (12)	21 (3)		5 (2)

Leksdalsvatn

Dato	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.
Total biomasse	3151	724	906	735	473
Blågrønne alger		99 (14)		45 (6)	
Grønnalger	33 (1)	11 (2)	1		13 (3)
Gulalger	1074 (34)	187 (26)	235 (26)	104 (14)	83 (18)
Kryptomonader	1984 (63)	373 (52)	646 (71)	414 (56)	353 (75)
Dinoflagellater	60 (2)	30 (4)	24 (3)	172 (23)	
Kiselalger		24 (3)			24 (5)

Tabell 7. Gjennomsnittlig total algebiomasse (mg våtvekt m^{-3}) for 0-5, 5-10, 10-15 og 15-20 meter på prøvedagene i Hoklingen og Leksdalsvatn.

Hoklingen

Dato							
Dyp		12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.	\bar{x}
0-5	m	944	1137	718	675	292	753
5-10	m	735	597	325	321	216	439
10-15	m	389	524	129	169	132	269
15-20	m	227	571	67	157	90	222

Leksdalsvatn

Dato							
Dyp		12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	\bar{x}
0-5	m	3151	724	906	735	473	1198
5-10	m	623	285	258	153	212	264
10-15	m	265	315	123	86	177	158
15-20	m	159	122	63	52	99	99

ZOOPLANKTON

Resultatene fra zooplanktonundersøkelsene som antall og biomasse tørrvekt m^{-2} er presentert i tabell 8 og figur 4. Biomasseberegningene er gjort på grunnlag av lengdemålinger, regresjonsligninger mellom lengde og vekt og kjente vekter fra litteratur og egne undersøkelser.

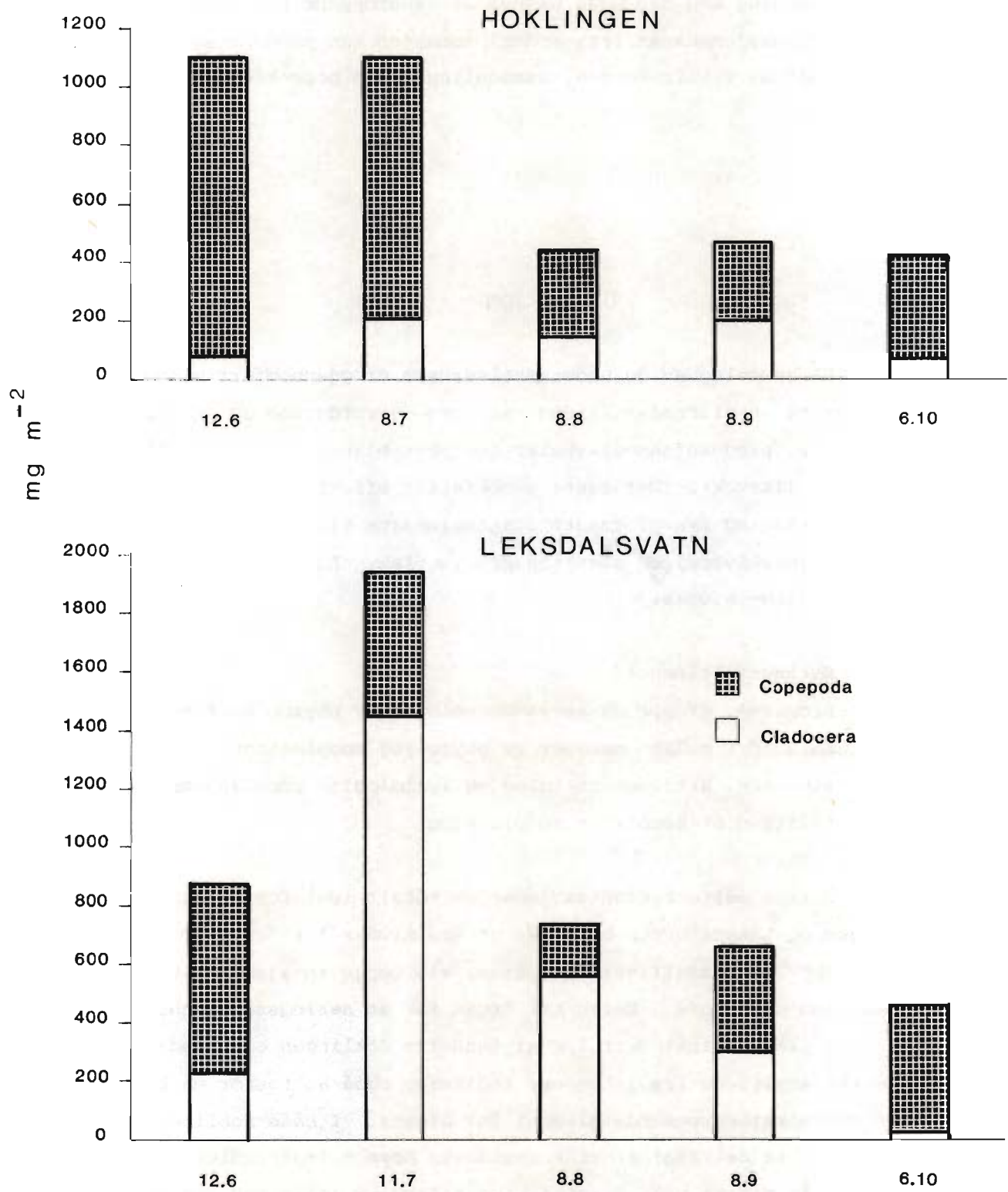
Resultatene viser at det var 3,6 ganger så mye vannlopper (Cladocera) i Leksdalsvatn som i Hoklingen, middelbiomassen er beregnet til henholdsvis 526 og 144 mg tørrvekt m^{-2} . Middelbiomassen av hoppekreps i Hoklingen, 558 mg, var imidlertid noe større enn i Leksdalsvatn, 435 mg m^{-2} . Andelen av vannlopper i Leksdalsvatn var 55 % mot bare 21 % i Hoklingen. Den høyeste biomasse ble registrert i Leksdalsvatn 11.7. med hele 1943 mg m^{-2} vesentlig på grunn av stor bestand av vannloppene *Daphnia* med høy individvekt (størrelse) (tabell 8, figur 4).

Artssammensetningen er av avgjørende betydning når det gjelder å vurdere dyreplanktonets kapasitet til å beite alger og som næringsdyr for fisk. Her er vannloppene av langt større betydning i begge de nevnte henseende, hvor *Daphnia galeata* og *Daphnia longispina* er de viktigste. Begge disse arter er funnet både i Leksdalsvatn hvor den førstnevnte dominerer og i Hoklingen hvor sistnevnte er dominerende vannloppeart. Det gjennomsnittlige antall vannlopper i Leksdalsvatn er beregnet til 3,55 ind l^{-1} mot 1,54 ind l^{-1} i Hoklingen. Den største tetthet av *Daphnia* i Leksdalsvatn ble registrert 11.7. på 10-15 m dyp med 12,0 ind l^{-1} og maksimum tetthet for *Bosmina* den 11.7. også på 10-15 m dyp med 5,0 ind l^{-1} . Tilsvarende maksimumtettheter for *Daphnia* og *Bosmina* i Hoklingen ble registrert henholdsvis 8.7. på 0-5 m dyp med 7,16 ind l^{-1} og 8.9. på 15-20 m med 2,4 ind l^{-1} . Gelekrepsen *Holopedium gibberum* ble registrert i små bestander på forsommeren (12.6. og 11.7.), men synes å bli utkonkurrert av *Daphnia*.

Den vanlig forekommende hoppekrepsen *Cyclops scutifer* synes å ha nær samme tetthet i begge vatn, men livssyklus kan være noe forskjellig. Arten har erfaringsmessig liten betydning som næringsdyr for røye. De eldste utviklingsstadier (store copepoditter og adulte) antas i hovedsaken å ernære seg som rovdyr på dyreplankton. Hoppekrepsen *Heterocope appendiculata* ble bare funnet i Hoklingen, denne art kan ha en viss betydning som næringsdyr for røye og den antas også å beite på alger (herbivore). Det samme (herbivore) antas også å karak-

Tabell 8. Zooplankton i Leksdalsvatn og Hoklingen 1980. Antall pr. m^{-2} og biomasse tørrvekt m^{-2} fra 0-20 m (20000 l) dyp.

	LEKSDALSVATN					HOKLINGEN				
	12.6.	11.7.	8.8.	8.9.	6.10.	12.6.	8.7.	8.8.	8.9.	6.10.
Vannlopper:										
<i>Bosmina longispina</i>	31200	54200	45000	21800	1400	4400	3600	5000	19000	17800
<i>Holopedium gibberum</i>	2200	4600	0	0	0	400	0	0	0	0
<i>Daphnia galeata</i>	800	68600	75400	25400	600	1000	1800	600	1000	1000
<i>Daphnia longispina</i>	5200	13800	3400	600	200	16200	40200	18800	20400	2200
<i>Bytotrephes longimanus</i>	0	400	0	0	0	0	600	200	0	0
<i>Leptodora kindtii</i>	0	200	0	200	0	0	0	0	0	0
Hoppekreps:										
Diaptomus										
nauplii	0	0	0	400	0	38000	200	200	0	0
copepodids	0	0	1200	6600	0	0	16600	4800	8400	6200
<i>Diaptomus laticeps</i> adults	7800	5000	0	0	0	1600	200	0	1000	3800
<i>Diaptomus denticornis</i> adults	0	3000	1600	3600	200	0	1400	0	400	0
<i>Heterocope saliens</i> adults	0	750	200	0	0	0	0	0	0	0
Heterocope appendiculata										
copepodids	0	0	0	0	0	28800	14400	0	0	0
adults	0	0	0	0	0	0	9000	7000	4400	400
Cyclops scutifer										
nauplii	30000	117600	183200	219600	516000	65200	562000	166000	306600	298000
copepodids	103400	77800	45600	103000	189200	114000	24600	5200	4600	94500
adults	42600	18800	7000	7200	3600	38400	25000	2000	3400	1400
Ant. Cladocera m^{-2} (vannlopper)	39400	141800	123800	48000	2200	22000	46200	24600	40400	21000
Ant. Copepoda m^{-2} - nauplii (hoppekreps)	153800	105350	55600	120400	195200	182800	91200	19000	22200	106300
Biomasse Cladocera $mg m^{-2}$	216	1456	657	289	11	84	209	152	202	71
Biomasse Copepoda $mg m^{-2}$	665	487	181	373	472	1006	883	266	275	362
Total biomasse	881	1943	838	662	483	1090	1092	418	477	433



Figur 4. Biomasse (mg tørrvekt m⁻²) av zooplankton i Leksdalsvatn og Hoklingen 1980.

terisere de to *Diaptomus*-artene funnet i begge vatn (tabell 8). I produksjonssammenheng kan det også nevnes at vannloppene har langt større spesifikk produksjonskapasitet, middelbiomassen kan produseres 10-20 ganger i løpet av vekstsesongen, sammenlignet med hoppekrepsene (4-6 ganger).

DISKUSJON

På grunnlag av de undersøkelser som er gjennomført er det mulig å foreta en tilfredsstillende analyse og vurdering av innsjøenes næringsstatus, produksjonsmuligheter for phytoplankton og zooplankton og økologisk likevekt. Det siste innbefatter effektiviteten i nærings- og energioverføring fra produsert plantebiomasse til plantespisende zooplankton (herbivore) og planktonspisende fisk. Analyser kan foregå på 4 forskjellige nivåer:

- 1) Næringssaltinnhold
- 2) Biomasse, gruppe og artsammensetning av phytoplankton
- 3) Forholdet mellom mengder av phyto- og zooplankton
- 4) Biomasse, artssammensetning og fysiologisk populasjonstilstand av herbivore zooplankton

Dersom målte konsentrasjoner av totalt løst fosfor og nitrogen i Hoklingen og Leksdalsvatn vurderes ut fra nivåer for fosfor og nitrogen i forannevnte klassifiseringssystem, vil begge innsjøene kunne karakteriseres som mesotrofe. Dette til tross for at næringssaltinnholdet i partikler ikke er inkludert i analysene fra Hoklingen og Leksdalsvatn. De kjemiske analysene fra innsjøene indikerer også at fosfor må betraktes som vekstbegrensende element for algene. I både Hoklingen og Leksdalsvatn ble det registrert forholdsvis høye nitratverdier i sommerperioden. Alt nitrat vil, i motsetning til $\text{PO}_4\text{-P}$ (målt med nevnte metode), være tilgjengelig for algene. Dersom nitrogen er vekstbegrensende vil det føre til en reduksjon i nitratnivået til nær eller under analysegrensen ($5 \mu\text{g l}^{-1}$).

Planteplanktonbiomassene i Hoklingen og Leksdalsvatn er langt høyere enn det som er registrert i upåvirkete, større innsjøer i Trøndelag. Eksempelvis ble det i 1977 registrert en gjennomsnittsbio masse i Stugusjøen i Tydal på 230 mg m^{-3} (Reinertsen & Langeland 1978), mens den i Store Jonsvatn ved Trondheim ble beregnet til 150 mg i 1977 og 170 mg m^{-3} i 1980 (upubl. materiale). Gjennomsnittsbio massen i Hoklingen og Leksdalsvatn (0-5 m) på henholdsvis 753 og 1198 mg m^{-3} illustrerer følgelig en høyere næringstilgang til disse lokalitetene. Ut fra størrelsen av phytoplanktonbiomassene må imidlertid Hoklingen karakteriseres som oligotrof. Innslaget av algeartene *Stichogloea doederleini* og *Crucigeniella rectangulare* i Hoklingen underbygger en slik karakterisering. På den annen side viser også tilstedeværelsen av en del grønnalger at innsjøen har en større næringssalttilgang enn "typiske" oligotrofe innsjøer.

Den store algebiomassen som ble registrert i Leksdalsvatn på første prøvetakingsdag (21. juni) viser høyere næringstilgang og følgelig bedre produksjonsforhold i Leksdalsvatn enn i Hoklingen. Den lave algebiomassen på de øvrige prøvetakingsdagene må sees i sammenheng med den høye tettheten av vannlopper og følgelig en stabilisering av algebiomassen på grunn av høyt beitepress. Til tross for den lave planteplanktonbiomassen, må produksjonen antas å ha vært relativt høy midtsommers. De dominerende algearter, kryptomonader, kan være meget hurtigvoksende (Reinertsen 1980), og det er realistisk å anta et maksimalt Produksjons/Biomasse-forhold nær 1. Dersom en i juli og august forutsetter en produksjonssone på 5 meter, vil dette tilsvare en maksimal dagsproduksjon på 350 og $450 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. Dette er produksjonsstørrelser som er karakteristiske for mesotrofe innsjøer (Wetzel 1975) og også den maksimale biomassen som ble registrert indikerer en slik plassering. Innslaget av alger av ikke beitbar størrelse for zooplanktonet ($> 30 \mu$), var meget lavt i Leksdalsvatn. *Anabaena flos-aquae* utgjorde på en prøvetakingsdag 14 % (11.7.) og *Ceratium hirundinella* 23 % (8.9.) av total biomasse, men var bare til stede i små mengder de øvrige prøvetakingsdagene. Det viser at det meste av primærproduksjonen var tilgjengelig for konsumentleddet, og følgelig muliggjør en høy utnyttning av produksjonen eller en høy økologisk effektivitet.

Det finnes ikke noen samlet framstilling av biomasse av zooplankton i norske innsjøer. Fra tidligere undersøkelser og

tilgjengelig litteratur kan Leksdalsvatn betraktes å ha zooplanktonbiomasse, spesielt herbivore, som ligger godt over det en finner i næringsfattige (oligotrofe) innsjøer, men betydelig mindre enn i det eutrofe vatn, Haugatjønnen ved Brekken ($2-3 \text{ g m}^{-2}$). Zooplanktonmengden i Hoklingen er omtrent som det en finner i oligotrofe innsjøer i Norge ($0,4-0,7 \text{ g m}^{-2}$; middel for juli-august), se bl.a. Langeland (1972, 1981). I en slik sammenligning må det tas tilstrekkelig hensyn til artssammensetning av zooplanktonet og predasjon fra fisk som kan forårsake meget lave zooplanktonmengder og således gi et misvisende bilde av et vanns produksjonsmuligheter av zooplankton (Langeland 1981).

Som tidligere nevnt vil forholdet mellom phyto- og zooplankton på prøvetakingsdagene gi en god indikasjon på innsjøenes effektivitet i å overføre phytoplanktonproduksjon til konsumentkjeden (jfr. figur 1). P/z-forholdene på prøvedagene i Leksdalsvatn (figur 5), viser på fire av prøvetakingsdagene et forhold < 1 . Dette antyder en meget høy beiteeffekt fra zooplanktonet og også høy næringsstatus (alt. D, figur 1). Bare høy næringsstatus kan gi en så høy zooplanktonbiomasse som registrert 11. juli.

P/z-forholdene for Hoklingen viser med unntak av 6.10. verdier > 1 (figur 5). Dette indikerer lavere beiteeffekt og følgelig en lavere økologisk effektivitet enn i Leksdalsvatn. Sammenliknet med figur 1 kan Hoklingen henføres til en kombinasjon mellom alt. A og C, karakterisert ved en medium beitesituasjon og alt. A karakterisert ved høyere næringsstatus p.g.a. den relativt høye algebiomassen registrert midtsommers (8.7.) når beitingen forventes å skulle ha vært mest intens.

Som det framgår av avsnittet om zooplankton har begge vatn livskraftige bestander av to *Daphnia*-arter og spesielt tilfredsstillende tetthet i Leksdalsvatn. Disse arter antas å ha avgjørende betydning for en tilfredsstillende produksjon og størrelse av røye (Langeland 1978). I tabell 9 er det beregnet en teoretisk fiskeproduksjon for vatna, dette bygger på beregninger av produksjonen av planktonkreps hvor det er benyttet de nedre grenser for kjente verdier om forholdet mellom produksjon og biomasse. En litteraturstudie for 9 innsjøer angir en overføring fra tilgjengelig zooplankton til planktonspisende fisk på 9 % i middel (Hillbricht-Ilkowska 1977).

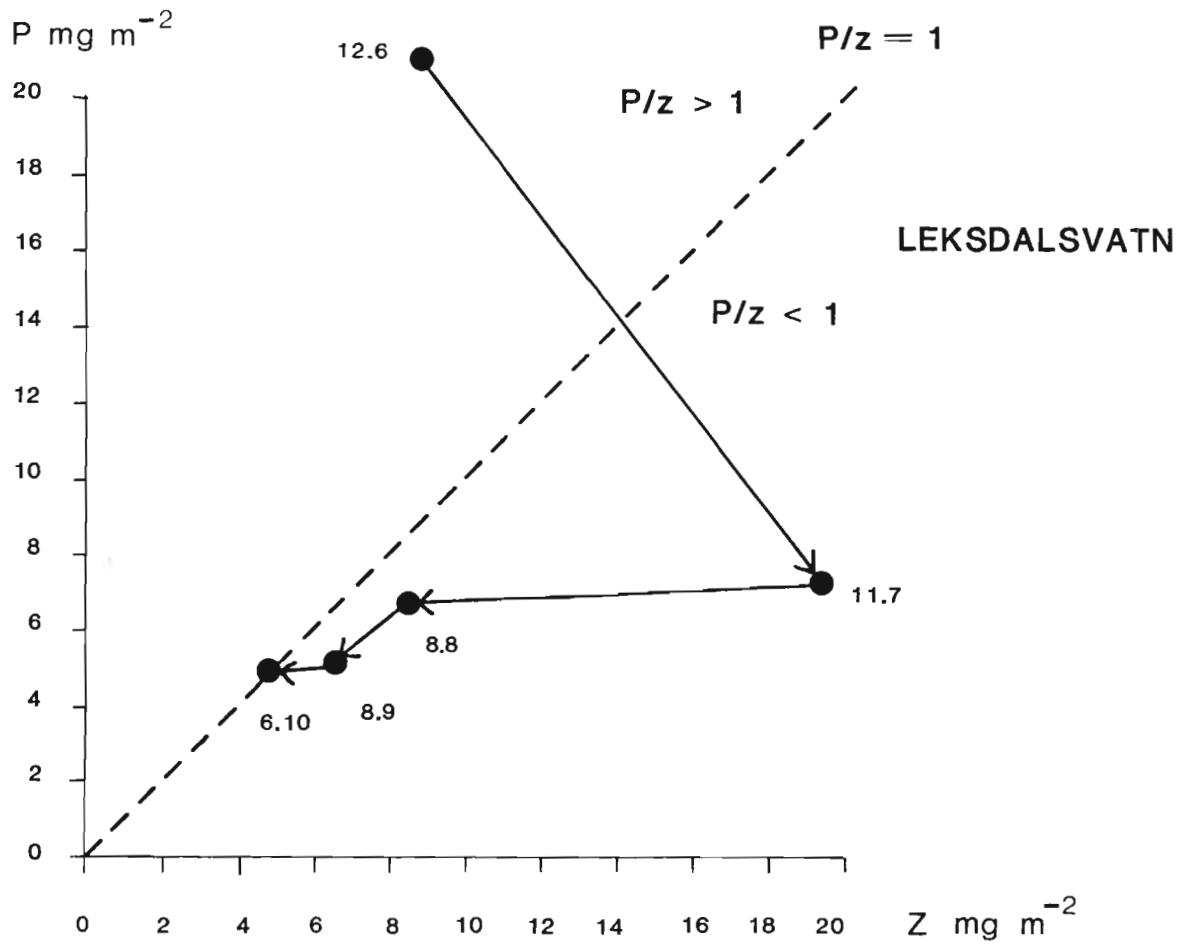
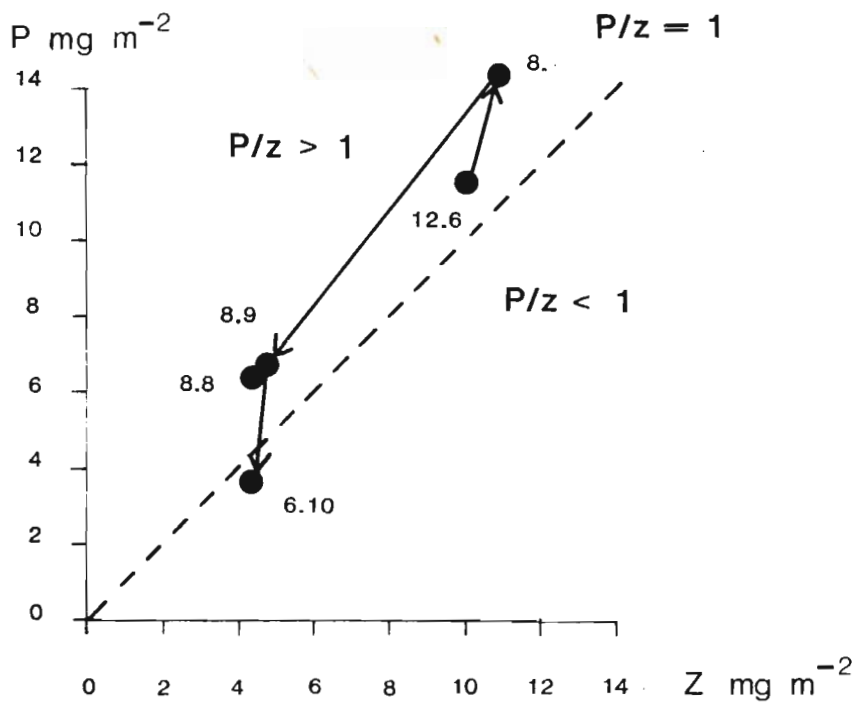
Med all mulig forbehold om at beregningene er teoretiske og bygd på flere antagelser, viser de at Leksdalsvatn har langt over middels produksjonsmuligheter for fisk i forhold til "typiske" oligo-

trofe innsjøer. En årlig avkastning av størrelsesorden 18 kg/ha synes meget mulig. Likevekten med hensyn til mengde av fiskenæringsdyr og fysiologiske tilstander hos næringsdyrbestandene sett i forhold til fiskebestand, antas å være tilfredsstillende i Leksdalsvatn, men noe dåligere i Hoklingen. Det er noe usikkert i hvilken grad den betydelig lavere cladocera-mengde i Hoklingen skyldes beitetrykk fra en stor fiskebestand eller dårligere produksjonsmuligheter for phytoplankton. Tilstanden i 1980 tyder imidlertid på dårligere produksjonsmuligheter for fisk i Hoklingen hvor et fiskeuttak av størrelsesorden 7 kg/ha antas rimelig.

Tabell 9. Beregninger av produksjon av zooplankton og fisk i Leksdalsvatn og Hoklingen.

	Leksdalsvatn	Hoklingen
<u>Biomasse fiskenæringsdyr, zooplankton:</u> (100 % Cladocera i Leksdalsvatn) (50 % Cladocera og 50 % Copepoda i Hoklingen)	5 g våtv. m ⁻²	3 g våtv. m ⁻²
<u>Produksjon fiskenæringsdyr, zooplankton:</u>	50 g våtv. m ⁻² = 500 kg/ha	20 g våtv. m ⁻² = 200 kg/ha
<u>Netto fiskeproduksjon:</u> (overføring i næringskjeden 9 %)	45 kg/ha	18 kg/ha
<u>Fiskeavkastning:</u> (30-50 % av netto fiskeproduksjon)	14 - 23 kg/ha	5 - 9 kg/ha

Fiskeproduksjon basert på bunndyr og luftinsekter som har næringsmessig betydning, kommer i tillegg til dette.



Figur 5. Sammenhengen mellom phyto- og zooplankton (mg våtvekt m⁻²) på prøvetakingsdagene i Hoklingen og Leksdalsvatn 1980.

LITTERATUR

- Hillbricht-Ilkowska, A. 1977. Trophic relations and energy flow in pelagic plankton. *Polish Ecological Studies*, Vol. 3, No. 1: 3-98.
- Langeland, A. 1972. A Comparison of the Zooplankton Communities in Seven Mountain Lakes near Lillehammer, Norway (1896 and 1971). *Norwegian Journal of Zoology*, Vol. 20, No. 3, september 1972: 213-226.
- Langeland, A. 1978. Effect of fish (*Salvelinus alpinus*, arctic char) predation on the zooplankton in ten Norwegian lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, 20: 2065-2069.
- Langeland, A. 1981. Decreased zooplankton density in two Norwegian lakes caused by predation of recently introduced *Mysis relicta*. *Verh. Internat. Verein. Limnol*, 21: 926-937.
- Reinertsen, H. 1980. The Effect of Nutrient Addition on the Phytoplankton Community of an Oligotrophic Lake. Doktorgrad ved *Universitetet i Trondheim*. 44 sider.
- Reinertsen, H. og Langeland, A. 1978. Vurdering av kjemiske og biologiske forhold i Neavassdraget. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1978-2*: 1-55.
- Reinertsen, H. og Langeland, A. 1980. The Effect of a Lake Fertilization on the Stability and Material Utilization of a Limnetic Ecosystem. Doktorgrad ved *Universitetet i Trondheim*. 23 sider.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. *W.B. Saunders Company, London*. 743 sider.

Vedlegg. Alger i Hoklingen og Leksdalsvatn 1980.

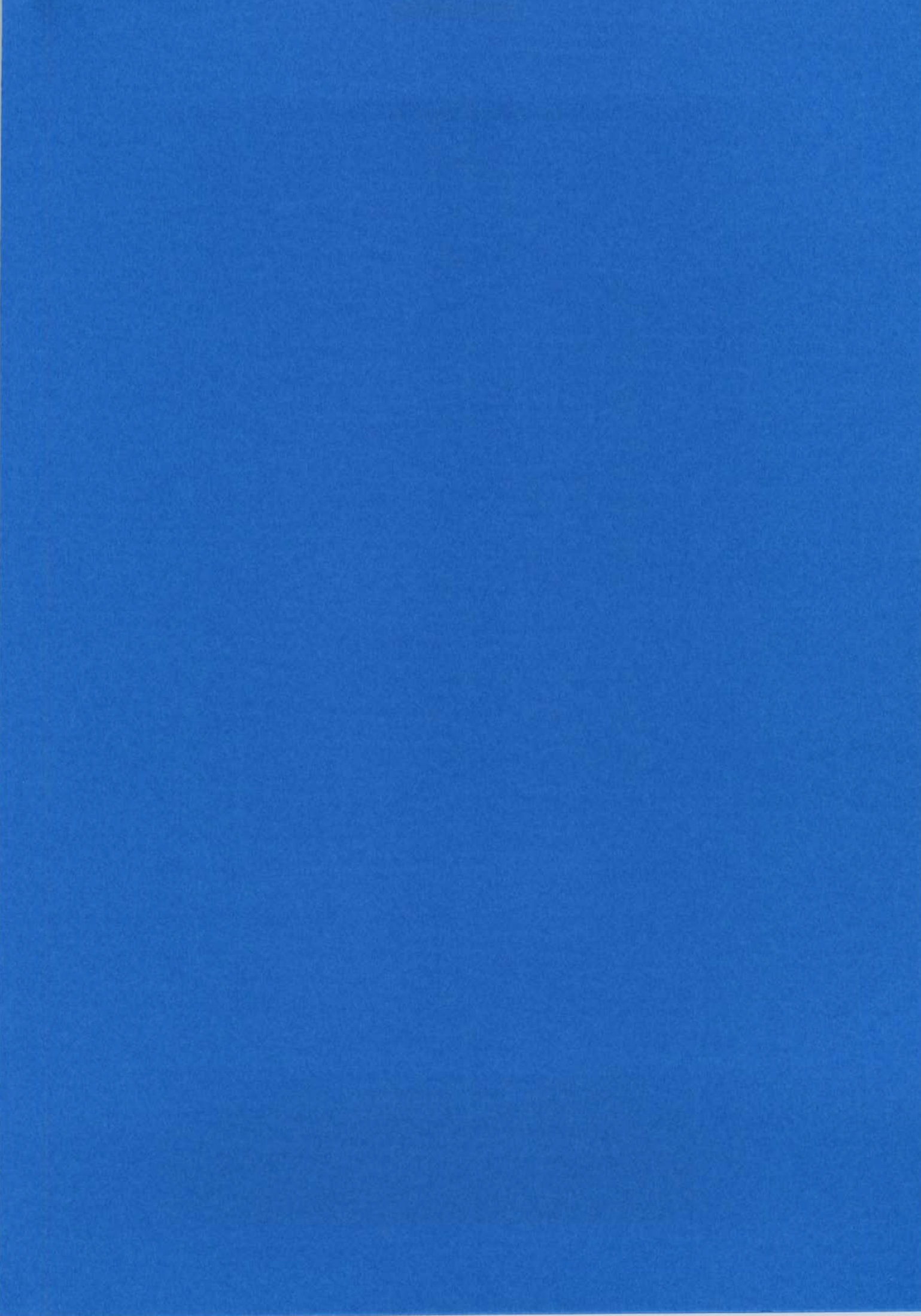
	Hoklingen	Leksdalsvatn
<u>Cyanophyceae</u> - blågrønne alger		
Coclosphaerium kuetszingianum	x	
Gomphosphaeria naegeliana	x	
Chroococcus turgidus	x	
Anabaena flos-aquae	x	x
Oscillatoria limosa		x
Oscillatoria sp.		x
<u>Chrysophyceae</u> - gulalger		
Ochromonas sp.	x	x
Uroglena americana		x
Chromulina sp.	x	x
Phaeaster aphanaster	x	x
Dinobryon crenulatum	x	
D. borgei	x	
D. divergens	x	
Bitrichia chodatii	x	
Kephyrion sp.	x	x
Pseudokephyrion entzii	x	
Chrysococcus sp.	x	x
Spiniferomonas sp.	x	x
Mallomonas akrokomas	x	x
M. acaroides		x
Chrysochromulina parva	x	x
Stichogloea doederleini	x	
Bicoeca cylindrica	x	
B. ainikkiae		x
Stelexomonas dichotoma	x	x
<u>Bacillariophyceae</u> - kiselalger		
Melosira distans var. alpigena	x	
Cyclotella comta	x	
C. cf. glomerata	x	
Tabellaria fenestrata		x
T. flocculosa	x	x

vedlegg, forts.

	Hoklingen	Leksdalsvatn
<i>Fragelaria crotenensis</i>	x	
<i>Synedra acus</i>	x	x
<i>Synedra</i> sp.	x	x
<i>Asterionella formosa</i>	x	x
<u>Chlorophyceae - grønnalger</u>		
<i>Chlamydomonas</i> spp.	x	x
<i>Carteria</i> sp.	x	x
<i>Paramastrix conifera</i>	x	x
<i>Gyromitus cordiformis</i>	x	x
<i>Scourfieldia complanata</i>	x	x
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	x	
<i>Botryococcus braunii</i>	x	x
<i>Ankyra judayi</i>	x	
<i>Oocystis lacustris</i>	x	x
<i>Nephrocytium lunatum</i>	x	
<i>Tetraedron minimum</i>	x	
<i>T. limneticum</i>	x	
<i>Monoraphidium contortum</i>	x	x
<i>M. griffithii</i>	x	x
<i>M. dubowski</i>	x	x
<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	x	
<i>Quadrigula pfitzeri</i>	x	
<i>Elakatothrix genevensis</i>	x	
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	x	
<i>S. denticulatus</i>	x	
<i>Crucigeniella rectangulare</i>	x	
<i>Coelastrum microporum</i>	x	
<i>Cosmarium reniforme</i>	x	
<i>Cosmarium undulatum</i>		x
<i>Cosmarium</i> sp.	x	x
<i>Staurastrum luetkemulleri</i>	x	
<i>Staurastrum</i> sp.	x	x
<i>Closterium kuetszingii</i>		x
<i>Teilingia granulata</i>	x	

vedlegg, forts.

	Hoklingen	Leksdalsvatn
<u>Cryptophyceae</u> - kryptomonader		
Rhodomonas pusilla	x	x
Katablepharis ovalis	x	x
Cryptaulax sp.	x	x
Cryptomonas marssonii	x	x
C. erosa	x	x
<u>Dinophyceae</u> - dinoflagellater		
Gymnodinium cf. lacustre	x	x
G. helveticum var. achroum	x	x
Peridinium willei	x	
Ceratium hirundinella	x	x



ISBN 82-7126-259-9

ISSN 0332-8538