

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0 - 68/68

VURDERING AV INDUSTRIVANNFORSYNING

FOR LISTA ALUMINIUMSVERK

Kontrollundersøkelser i Kråkenesvatnet
og Hanangervatnet 1973

Saksbehandler: Cand.real. Jon Knutzen

Medarbeidere: Cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm
Cand.mag. Sigurd Rognerud

Rapporten avsluttet: 15. januar 1975

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	4
1. TEMPERATUROBSERVASJONER	5
2. VANNSTANDSVARIASJONER OG KJØLEVANNSSUTNYTTELSE	13
3. FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD	14
4. BIOLOGISKE FORHOLD	20
4.1 Dyreplankton	20
4.2 Planteplankton	22
5. VIDERE ARBEID	31
6. KONKLUSJONER	33
7. LITTERATURHENVISNINGER OG TIDLIGERE RAPPORTER	34

TABELL- OG FIGURFORTEGNELSE

Figur 1	Kråkenesvatnet og Hanangervatnet. Stasjoner for temperaturobservasjoner	6
Tabell 1	Overflatetemperaturer ($^{\circ}\text{C}$) i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet 1973	7-10
Tabell 2	Temperatursnitt i Hanangervatnet (st. 1) i 1973. Månedlige observasjon i 0-12 meters dyp	11
Tabell 3	Temperatursnitt i Kråkenesvatnet (st. 3) i 1973. Månedlige observasjoner i 0-14 meters dyp	12

Tabell 4	Vannstandsmålinger i Hanangervatnet 2/1 - 31/12 1973	15
Tabell 5	Gjennomsnittstemperatur i overflaten i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet for perioden april - desember (eksl. aug.)	16
Tabell 6	Temperaturårsmiddel 1972-73, 10 m dyp, Hanangervatnet og Kråkenesvatnet	16
Tabell 7	Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) ved Lista værstasjon. Månedsmiddel og årsmiddel 1971-73, sammenlignet med normalverdier for 1931-1960	17
Tabell 8	Nedbør (mm) på Lista værstasjon. Månedsmiddel og årlig nedbør for 1971-73, sammenlignet med normalverdier	17
Tabell 9	Fysiske og kjemiske forhold i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet 11/9-1974	19
Tabell 10	Kvantitativ forekomst av krepsdyrplankton i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet 11/9-73	21
Tabell 11	Håvtrekk plankton i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet 11/9-1973	24
Tabell 12	Analyse av kvantitative planteplanktonprøver fra Hanangervatnet og Kråkenesvatnet 11/9-1973	25
Tabell 13	Similaritet mellom håvtrekk fra ulike tidspunkter i Hanangervatnet, basert på alle identifiserte arter (S) og arter med mengdeangivelse ≥ 1 (S'), henholdsvis ≥ 2 (S'')	27

- Tabell 14 Similaritet mellom håvtrekk fra ulike tidspunkter i Kråkenesvatnet, basert på alle identifiserte arter(S) og arter med mengdeangivelse ≥ 1 (S'), henholdsvis ≥ 2 (S'') 27
- Tabell 15 Similaritet mellom håvtrekk innsamlet på samme data i Hanangervanet og Kråkenesvatnet, henholdsvis for alle arter (S), arter med mengdeangivelse ≥ 1 (S') og arter med mengdeangivelse ≥ 2 (S'') 28
- Tabell 16 Similaritet mellom planktonsamfunn (kvantitative prøver) i Kråkenesvatnet i ulike år, henholdsvis for alle identifiserte taxa med tillegg av enkelte viktige grupper (S) og for former med mengdeangivelse høyere enn (S') 30

FORORD

Denne rapport inngår som et ledd i instituttets overvåkingsprogram for vannkilden og kjølevannsresipienten til Lista Aluminiumsverk. Undersøkelsene i 1973 har fulgt det tidligere opplegg med faste temperaturmålinger og innsamling av planktonprøver ved bedriftens ansatte, samt en årlig kontrollundersøkelse utført av instituttet.

Analyse og bearbeidelse av planteplanktonprøvene og dyreplanktonprøvene er utført av henholdsvis cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm og cand.mag. Sigurd Rognerud.

Lista Aluminiumsverk takkes for imøtekommenhet i forbindelse med den regelmessige innsamlingen av temperaturdata og planktonprøver. Dette materialet vil ikke bare ha praktisk betydning for vannkildenes fortsatte utnyttelse, men vil også kunne bidra til å øke den alminnelige forståelsen av naturlige vekslinger og sesongvariasjoner i planteplanktonsamfunn og øvrige forhold i innsjøer.

Blindern, 15. januar 1975

Jon Knutzen

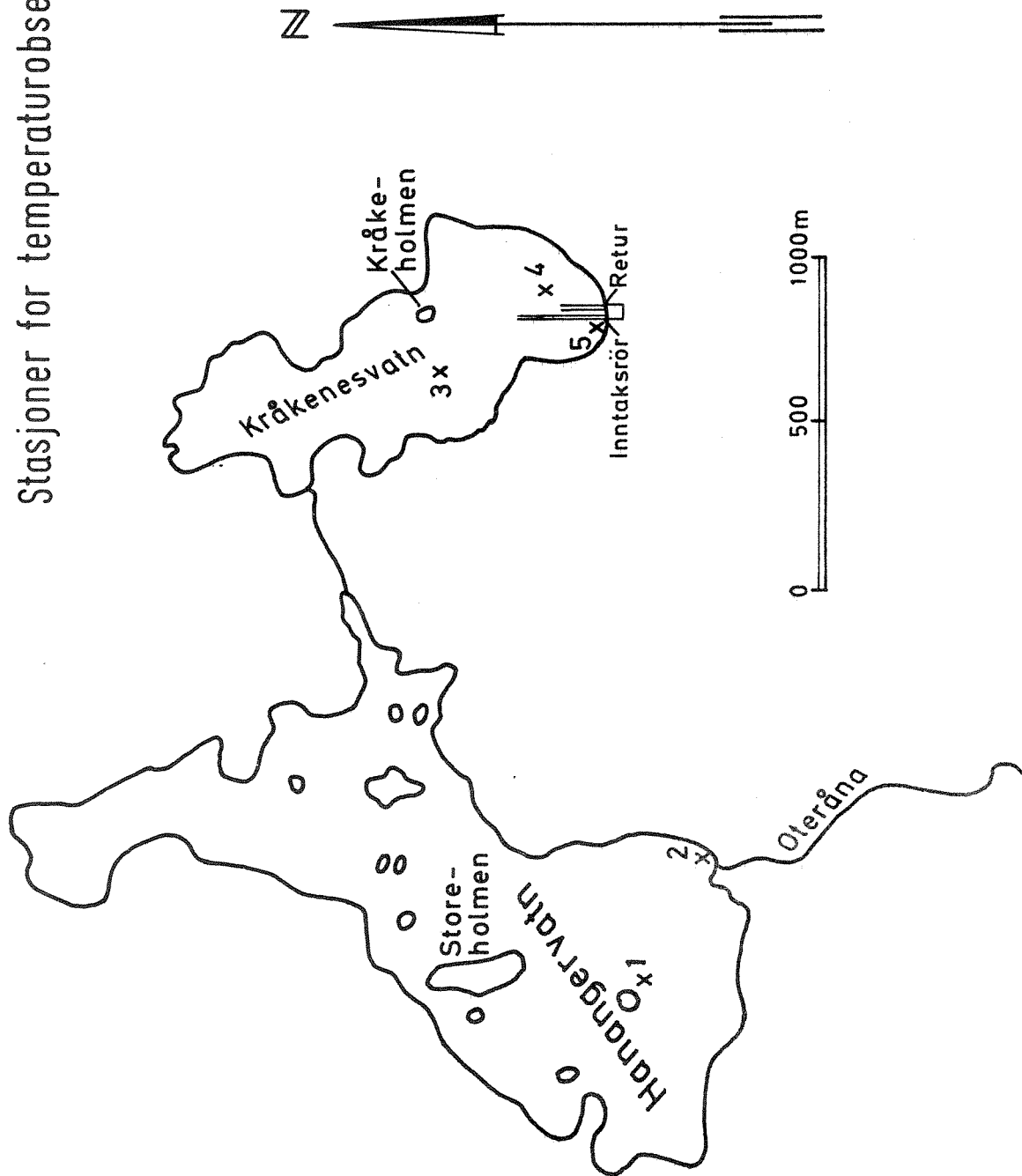
1. TEMPERATUROBSERVASJONER

1973-observasjonene av overflatetemperatur i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet er gjengitt i tabell 1. Overensstemmende med tidligere observasjoner er det ikke på noen av stasjonene funnet nevneverdige temperaturforskjeller innen den øvre meter av vannsøylen og heller ingen forskjell mellom stasjonen nær utslippstedet for kjølevann i Kråkenesvatnet (st. 4) og hovedstasjonen (st. 3) i denne innsjøen. (Kfr. fig. 1).

Tabellene 5 og 6 viser årsgjennomsnitt for st. 1 (Hanangervatnet) og st. 3 (Kråkenesvatnet) i 0 m dyp. Tabell 5 er tatt med for å muliggjøre sammenligning med 1971, men er ellers ufullstendig fordi observasjoner delvis mangler for månedene januar-mars og august (1971). Ved utregning av verdiene i tabell 6 er det bare inkludert datoer med observasjoner fra begge innsjøer. Alle målte verdier under frysepunktet er satt lik 0, og for perioden 8/2-2/4 har det vært nødvendig å sette inn tall for de manglende observasjoner i Kråkenesvatnet. Dette er gjort ved å legge 0.2°C til verdiene fra samme datoer i Hanangervatnet.

Av de ovennevnte tabeller fremgår at Kråkenesvatnet jevnt over har noe høyere temperatur enn Hanangervatnet ($0.3 - 0.6^{\circ}\text{C}$), men som ventet ut fra den nåværende påvirkningsgrad kan ikke tallene stort mer enn illustrere vekslingene fra år til år. Når man får lengre observasjonsserier, eller etter den planlagte produksjonsutvidelse (høsten 1975), kan det bli aktuelt med nøyere analyse av materialet - eksempelvis beregning av årsmiddel for hele vannmassen i de to innsjøer og jevnføring med årsmiddel for lufttemperatur. Som bakgrunnsdata gjengis i tabell 7 månedsmiddel og årsmiddel for lufttemperatur, registrert ved Lista værstasjon 1971-1973, samt normaltemperaturene.

Fig.1 Kråkenesvatnet og Hanangervatnet
Stasjoner for temperaturobservasjoner



Tabell 1. Overflatetemperaturer (°C) i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet 1973.

Dato 1973	Hanangervatnet			Kråkenesvatnet					
	Stasjon 1			Stasjon 3			Stasjon 4		
	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m
Januar									
2	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
8	3,2	3,2	3,2	3,1	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1
12	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	2,2	2,2
15	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
19	is	is	is	is	is	is	is	is	is
22	1,0	1,0	1,0	is	is	is	is	is	is
26	1,7	1,7	1,7	2,0	2,0	2,0	2,4	2,4	2,4
29	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,4	2,7	2,7	2,7
Februar									
2	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,4	1,4	1,7
5	2,4	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8
8	3,0	3,0	3,0	Reparasjon av båt			-	-	-
12	2,6	2,6	2,6	"	"	"	-	-	-
16	1,2	1,2	1,2	"	"	"	-	-	-
19	1,6	1,6	1,6	"	"	"	-	-	-
23	2,7	2,7	2,7	"	"	"	-	-	-
26	1,4	1,4	1,4	"	"	"	-	-	-
Mars									
3	2,6	2,6	2,6	Reparasjon av båt			-	-	-
5	3,0	3,0	3,0	"	"	"	-	-	-
9	3,5	3,5	3,5	"	"	"	-	-	-
12	4,0	-	-	"	"	"	-	-	-
17	4,9	-	-						
19	4,6	-	-						
22	5,3	-	-						
26	6,2	-	-						
30	6,7	6,7	6,7						

forts.

Tabell 1. (forts.)

Dato 1973	Hanangervatnet			Kråkenesvatnet					
	Stasjon 1			Stasjon 3			Stasjon 4		
	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m
April									
2	6,2	6,2	6,2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
6	5,7	5,7	5,7	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
9	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,5	6,5	6,5
13	5,7	5,7	5,7	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
16	6,6	6,6	6,6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
18	6,8	6,8	6,8	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9
28	7,5	7,5	7,5	8,0	8,0	8,0	8,2	8,2	8,2
30	7,4	7,4	7,4	8,0	8,0	8,0	8,2	8,2	8,2
Mai									
3	8,4	8,4	8,4	8,9	8,9	8,9	9,2	9,2	9,2
7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	9,1	9,1	9,1
11	9,6	9,6	9,6	8,8	8,8	8,8	8,9	8,9	8,9
15	9,3	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3
18	10,7	10,7	10,7	11,2	11,2	11,2	11,5	11,5	11,5
21	12,3	12,3	12,3	12,5	12,5	12,5	12,6	12,5	12,4
24	12,6	12,6	12,6	12,8	12,8	12,8	13,1	13,1	13,1
28	13,6	13,6	13,6	14,0	14,0	14,0	13,6	13,6	13,6
Juni									
1	14,5	14,5	14,5	14,4	14,4	14,4	14,8	14,8	14,8
5	14,8	14,8	14,8	15,2	15,2	15,2	15,6	15,6	15,6
8	15,3	15,3	15,3	15,8	15,8	15,8	16,0	16,0	16,0
12	14,4	14,4	14,4	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
15	13,3	13,3	13,3	13,8	13,8	13,8	13,5	13,5	13,5
18	13,7	13,7	13,7	14,1	14,1	14,1	13,9	13,9	13,9
22	16,8	16,8	16,8	17,2	17,2	17,2	17,0	17,0	17,0
25	18,0	18,0	18,0	18,7	18,7	18,7	18,6	18,6	18,6
29	17,3	17,3	17,3	17,8	17,8	17,8	17,7	17,7	17,7

forts.

Tabell 1. (forts.)

Dato	Hanangervatnet			Kråkenesvatnet					
	Stasjon 1			Stasjon 3			Stasjon 4		
	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m
1973									
Juli									
2	19,0	19,0	19,0	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
6	19,7	19,7	19,7	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
23	18,6	18,6	18,6	19,2	19,2	19,2	21,1	19,8	19,4
27	19,0	19,0	19,0	19,6	19,6	19,6	19,8	19,8	19,6
Aug.									
3	19,2	19,2	19,2	19,5	19,5	19,6	19,8	19,8	19,8
6	16,9	16,9	16,9	17,7	17,7	17,7	17,6	17,6	17,6
9	16,0	16,0	16,0	16,7	16,7	16,7	16,8	16,8	16,8
13	15,8	15,8	15,8	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
17	18,1	18,1	18,1	18,6	18,6	18,6	18,5	18,5	18,5
20	16,2	16,2	16,2	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
23	14,4	14,4	14,4	15,1	15,1	15,1	14,8	14,8	14,8
27	16,0	15,8	15,8	15,5	15,3	15,3	16,5	16,7	16,7
30	15,4	15,4	15,4	15,8	15,8	15,8	16,2	16,1	16,0
Sept.									
4	15,0	15,0	15,0	15,4	15,4	15,4	15,3	15,4	15,4
7	14,8	14,8	14,8	15,2	15,2	15,2	15,0	15,0	15,0
10	14,4	14,4	14,4	15,0	15,0	15,0	14,8	14,8	14,8
14	13,6	13,6	13,6	14,6	14,6	14,6	14,2	14,2	14,2
17	13,4	13,4	13,4	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
21	12,6	12,6	12,6	13,3	13,3	13,3	13,2	13,2	13,2
24	11,0	11,0	11,0	12,0	12,0	12,0	11,8	11,8	11,8
27	9,8	9,8	9,8	10,8	10,8	10,8	10,7	10,7	10,7

forts.

Tabell 1. (forts.)

Dato	Hanangervatnet			Kråkenesvatnet					
	Stasjon 1			Stasjon 3			Stasjon 4		
	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m	0 m	0,5 m	1 m
1973									
Okt.									
1	9,8	9,8	9,8	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
4	10,5	10,5	10,5	11,0	11,0	11,0	11,2	11,2	11,2
8	10,2	10,2	10,2	10,6	10,6	10,6	10,8	10,8	10,8
11	8,2	8,2	8,2	9,1	9,1	9,1	8,8	8,8	8,8
15	7,2	7,2	7,2	8,3	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2
19	5,6	5,6	5,6	7,0	7,0	7,0	6,6	6,6	6,6
22	4,8	4,8	4,8	6,3	6,3	6,3	6,0	6,0	6,0
26	5,4	5,4	5,4	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
29	5,7	5,7	5,7	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Nov.									
2	6,2	6,2	6,2	6,7	6,7	6,7	6,9	6,8	6,7
5	7,6	7,6	7,6	7,2	7,2	7,2	7,0	7,0	7,0
9	5,6	5,6	5,6	Vanskelig vindforhold					
12	5,6	5,6	5,6	5,8	5,8	5,8	5,6	5,6	5,6
15	4,0	4,0	4,0	4,6	4,6	4,6	4,3	4,3	4,3
20	2,9	2,9	2,9	3,6	3,6	3,6	3,4	3,4	3,4
22	3,2	3,2	3,2	4,0	4,0	4,0	4,2	4,2	4,2
27	1,0	1,0	1,0	2,2	2,2	2,2	1,3	1,3	1,3
30	Islagt - usikker			-	-	-	-	-	-
Des.									
3	Islagt - usikker			-	-	-	-	-	-
6	Is-sørpe - ufremkommelig			-	-	-	-	-	-
10	0,6	0,6	0,6	Vanskelig isforhold					
14	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
17	0,1	0,1	0,1	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
21	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
24	0,3	0,3	0,3	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
28	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
31	-	-	-	1,7	1,7	1,7	2,0	2,0	2,0

Tabell 2. Temperaturnytt i Hanangervatnet (St. 1) i 1973.
Månedlige observasjoner i 0 - 12 meters dyp.

Dato DYP	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
	2.	2.	5.	2.	3.	1.	2.	3.	7.	1.	2.	10.
0 m	3,1	1,7	3,0	6,2	8,4	14,5	19,0	19,2	14,8	9,8	6,2	0,6
0,5 "	3,1	1,7	3,0	6,2	8,4	14,5	19,0	19,2	14,8	9,8	6,2	0,6
1,0 "	3,1	1,7	3,0	6,2	8,4	14,5	19,0	19,2	14,8	9,8	6,2	0,6
2,0 "	3,1	1,7	3,0	6,2	8,3	14,5	18,9	19,2	14,8	9,8	6,2	0,6
3,0 "	3,1	1,7	3,0	6,2	8,2	14,5	18,8	19,2	14,8	9,8	6,2	0,6
4,0 "	3,1	1,8	3,0	6,2	8,2	14,5	18,0	19,1	14,8	9,8	6,2	0,6
5,0 "	3,1	1,8	3,0	6,2	8,2	14,4	17,7	18,8	14,8	9,8	6,2	0,6
6,0 "	3,1	1,8	3,0	6,2	8,2	14,2	17,5	18,8	14,8	9,8	6,2	0,6
7,0 "	3,1	1,9	3,0	6,2	8,1	13,8	17,5	18,7	14,8	9,8	6,2	0,6
8,0 "	3,1	1,9	3,0	6,2	8,1	12,4	16,4	18,6	14,8	9,8	6,2	0,6
9,0 "	3,1	1,9	3,0	6,2	8,1	11,4	15,2	18,5	14,8	9,8	6,2	0,6
10,0 "	3,1	1,9	3,0	6,2	8,1	11,4	14,5	18,2	14,8	9,7	6,2	0,6
11,0 "	3,1	2,0	3,0	6,2	8,1	11,4	14,0	18,0	14,8	9,7	6,2	0,6
12,0 "	3,1	2,0	3,0	6,2	8,1	11,4	14,0	18,0	14,8	9,7	6,2	0,6

Tabell 3. Temperaturnsnitt i Kråkenesvatnet (St. 3) i 1973.
Månedlige observasjoner i 0 - 14 meters dyp.

Dato DYP	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
	2.	2.		3.	3.	1.	2.	3.	7.	1.	2.	14.
0 m	3,2	1,8	-	6,1	8,9	14,4	19,4	19,5	15,2	10,6	6,7	1,4
0,5 "	3,2	1,8	-	6,1	8,9	14,4	19,4	19,5	15,2	10,6	6,7	1,4
1,0 "	3,2	1,8	-	6,1	8,9	14,4	19,4	19,6	15,2	10,6	6,7	1,4
2,0 "	3,2	1,9	-	6,1	8,9	14,4	19,4	19,6	15,2	10,6	6,7	1,4
3,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,7	14,4	18,7	19,7	15,2	10,6	6,7	1,4
4,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,7	14,4	18,4	19,7	15,2	10,6	6,7	1,4
5,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,6	12,8	17,8	19,7	15,2	10,6	6,7	1,4
6,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,6	11,8	16,3	19,4	15,2	10,6	6,7	1,4
7,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,5	11,8	15,2	19,4	15,2	10,6	6,7	1,4
8,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,4	11,5	14,9	19,3	15,2	10,6	6,7	1,4
9,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,4	11,2	14,5	19,3	15,2	10,6	6,7	1,4
10,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,3	11,0	14,2	18,8	15,2	10,6	6,7	1,4
11,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,3	10,4	13,9	15,8	15,2	10,6	6,7	1,4
12,0 "	3,2	2,1	-	6,1	8,3	10,2	13,6	14,6	15,2	10,6	6,7	1,4
13,0 "	3,2	2,1	-	6,2	8,2	10,0	13,2	14,0	15,2	10,5	6,7	1,4
14,0 "	3,2	2,3	-	6,3	8,2	10,0	12,4	13,0	15,2	10,5	6,7	1,4

De månedlige observasjonene av temperaturens variasjon med dypet er stilt sammen i tabellene 2 og 3. I en viss motsetning til tidligere (NIVA febr. 1972, NIVA aug. 1973) er det i 1973 registrert litt sterkere tendens til temperaturlagdeling i Hanangervatnet i månedene juni, juli og august, men sjiktningen er lite markert. Også i Kråkenesvatnet har sommerlagdelingen vært mer markert i 1973 enn i de to foregående år. Herfra har man likevel tidligere observasjoner av kortvarige stagnasjonstendenser (NIVA jan. 1970).

Ved sammenligning med materialet fra 1971 og 1972 fremgår det tydelig hvordan vannsøyelens middeltemperatur kan variere sterkt fra år til år (opp til mer enn 3°C, kfr. desemberverdiene for Hanangervatnet i de tre årene). I hvert fall for ekstremverdiene (des. 1972, jan. - mars 1973) synes det å være god sammenheng med lufttemperaturen (se tabell 7). Sammen med de hurtige skiftningene i temperaturen (kfr. tabell 1) viser materialet betydningen av at observasjonene utføres mest mulig parallelt på de tre lokalitetene (samme dager). Det må likeledes understrekes at avbrekk i observasjonene gjør bearbeidelsen av materialet og jevnføringen mellom ulike år vanskeligere. Total returvannmengde har for 1973 latt seg beregne til 800 000 m³ (se nedenfor). Materialet tyder ikke på at den resulterende oppvarming har vært av en størrelse som ikke dekkes over av naturlige svingninger i temperaturen fra år til år.

2. VANNSTANDSVARIASJONER OG KJØLEVANNSUTNYTTTELSE

Den naturlige vannstanden i Hanangervatnet antas å variere mellom 2.73 og 3.50 m over havet, og tabell 4 viser at svingningene i 1973 har vært mellom 2.79 og 3.11, med 2.97 som gjennomsnitt. I 1972 var de tilsvarende verdiene 2.98, 3.22 og 3.06. Månedsmiddel, årsmiddel og normalverdier for nedbør er gitt i tabell 8. Tabellen viser at nedbøren har vært ca. 10% under normalen både i 1972 og 1973. Bl.a. fordi retur av kjølevann er noe varierende og delvis gjort

avhengig av vannstanden i innsjøene, er det imidlertid ingen enkel sammenheng mellom tilsig og vannstand. Hovedårsaken til den markerte forskjell mellom vann-nivåene i 1972 og 1973 er sannsynligvis at avløpet fra Hanangervatnet er øket ved at åpningen i demningen er gjort større. Et annet forhold som har gjort seg gjeldende er igangsettingen av en ny ovnshall 15/4 1973, med fordobling av bruttoinntak fra noe under 3500 m³/døgn til vel 6800 m³/døgn.

Bedriften har opplyst at ny ovnshall ble satt i drift ca. 15/4, videre at innpumpet vann har gått til avløp i perioden 1/1 - 26/3 1973, mens returpumpen var i drift mellom 26/3 og 30/11. Resten av året gikk det innpumpede vannet igjen til avløp. Returvannmengden er registrert ved to avlesninger 26/3 og en avlesning 28/8, og det er beregnet at samlet retur 26/3 - 28/8 har vært omkring 470 000 m³ vann; i gjennomsnitt ca. 3200 m³/døgn. (Bedriften understreker at det må tas forbehold om vannmålerens pålitelighet). Inntaksvannet i tilsvarende periode er oppgitt til vel 1.040.000 m³ vann, som gir et døgnmiddel på ca. 6800 m³. Regnes det med et bruttoforbruk før og etter 15/4 på henholdsvis 3500 og 7000 m³/døgn og en returvannmengde på 3200 m³/døgn i tiden fra 28/8 til 30/11, får man på dette grunnlag et bruttoforbruk av vann i 1973 på omkring 2.2 mill m³, mens netto-uttaket har vært ca. 1.4 mill m³ (nær 800 000 m³ vann i retur). Avhengig av om man benytter et minimums- eller maksimumsanslag for årlig avrenning til innsjøene (henholdsvis 5.5 mill m³ eller 8.8 mill m³, kfr. NIVA 1970), representerer nettoforbruket en andel på 15-25% av dette.

3. FYSISKE OG KJEMISKE FORHOLD

Tidligere kontrollobservasjoner (rapporter av febr. 1972 og august 1973) har ikke vist endringer i vannets fysisk/kjemiske egenskaper som kan settes i forbindelse med innsjøenes utnyttelse til kjølevannsforsyning.

Tabell 4. Vannstandsmålinger i Hanangervatnet 2/1 - 31/12-1973.

Dato	Nivå	Dato	Nivå	Dato	Nivå	Dato	Nivå
2/1	3,03	2/2	3,03	3/3	3,08	2/4	3,03
5/1	3,03	5/2	3,09	5/3	3,10	6/4	3,06
8/1	3,02	8/2	3,09	9/3	3,07	9/4	3,04
12/1	3,01	12/2	3,10	12/3	3,05	13/4	3,02
15/1	3,00	16/2	3,09	17/3	3,03	16/4	3,02
19/1	3,01	19/2	3,09	19/3	3,03	18/4	3,01
22/1	3,04	23/2	3,08	22/3	3,01	25/4	2,98
26/1	3,08	26/2	3,09	26/3	3,00	26/4	-
29/1	3,10			30/3	3,00	28/4	2,97
						30/4	2,97
Dato	Nivå	Dato	Nivå	Dato	Nivå	Dato	Nivå
3/5	2,98	1/6	3,00	2/7	2,90	3/8	2,81
7/5	3,02	5/6	3,00	6/7	2,88	6/8	2,83
11/5	3,03	8/6	2,97	23/7	2,84	9/8	2,84
15/5	3,06	12/6	2,96	27/7	2,83	13/8	2,84
18/5	3,02	15/6	2,94			17/8	2,83
21/5	3,01	18/6	2,93			20/8	2,82
24/5	3,01	22/6	2,93			23/8	2,80
28/5	2,99	25/6	2,92			27/8	2,79
		29/6	2,91			30/8	2,79
Dato	Nivå	Dato	Nivå	Dato	Nivå	Dato	Nivå
4/9	2,81	1/10	2,88	2/11	2,92	3/12	3,06
7/9	2,82	4/10	2,87	5/11	2,93	6/12	3,08
10/9	2,80	8/10	2,87	9/11	2,97	10/12	3,07
14/9	2,80	11/10	2,88	12/11	2,98	14/12	3,09
17/9	2,79	15/10	2,89	15/11	3,03	17/12	3,07
21/9	2,79	19/10	2,89	20/11	3,11	21/12	3,05
24/9	2,80	22/10	2,88	22/11	3,11	24/12	3,03
27/9	2,80	26/10	2,90	27/11	3,11	28/12	3,02
		29/10	2,91	30/11	3,07	31/12	3,02

TABELL 5 Gjennomsnittstemperatur i overflaten i Hanangervatnet (st. 1) og Kråkenesvatnet (st. 3) for perioden april - desember (ekskl. aug.).

Ant. obs. i parentes.

	1971	1972	1973
Stasjon 1	9.76 (51)	10.44 (70)	9.31 (62)
Stasjon 3	10.36 (52)	10.73 (70)	9.94 (60)

TABELL 6 Temperaturårsmiddel 1972-73, 10 m dyp, Hanangervatnet (st. 1) og Kråkenesvatnet (st. 3)

Ant. obs. i parentes

	1972	1973
Stasjon 1	8.72 (97)	8.35 (96)
Stasjon 3	9.04 (97)	8.82 (96)

TABELL 7 Lufttemperatur (°C) ved Lista værstasjon. Månedsmiddel 1971 - 1973, sammenlignet med normalverdier for 1931 - 1960.

(Etter Norsk Meteorologisk årbok 1971-1972 og Klimatologiske Månedsoversikter 1973 fra Det norske meteorologiske institutt).

	Årsmiddel	Jan	Febr	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
1971	7.1	1.9	2.5	0.1	4.0	8.5	11.0	12.8	13.4	11.5	9.3	4.4	5.9
1972	7.6	-0.8	0.4	2.8	5.3	10.4	11.9	15.3	14.0	11.2	9.1	6.1	5.8
1973	7.8	3.4	2.8	5.0	5.1	8.9	12.2	15.8	14.0	11.8	7.0	4.3	2.9
Normaltemperatur	7.6	0.8	0.3	1.9	5.1	9.5	12.2	14.9	15.3	12.9	9.1	5.7	3.3

TABELL 8 Nedbør (mm) på Lista værstasjon. Månedsmiddel og årlig nedbør for 1971 - 1973, sammenlignet med normalverdier.

(Etter Norsk Meteorologisk årbok 1971-1972 og Klimatologiske Månedsoversikter 1973 fra Det norske meteorologiske institutt).

I året	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
1971	88	73	39	32	53	33	34	96	72	123	181	91
1972	54	31	50	122	60	116	119	106	35	36	106	124
1973	82	83	45	62	105	40	36	77	102	60	158	89
Normalnedbør	85	65	41	61	49	68	92	113	121	120	123	111

I tabell 9 er resultatene fra kontrollanalysene i 1973 stilt sammen. Tallene viser bl.a. at den tidligere bemerkede tendensen til minskning i innholdet av totalnitrogen (NIVA, august 1973) ikke har fortsatt. På den annen side viser verdiene for totalfosfor en økning i forhold til tidligere år. Mens konsentrasjonene ved observasjonene i 1969, 1971 og 1972 stort sett lå under 20 $\mu\text{g P/l}$, er dette gjennomsnittet for 1973-verdiene, med maksimum i Kråkenesvatnet på over 30 $\mu\text{g P/l}$. Dette er relativt høyt, men forholdet lar seg ikke forklare ut fra tilgjengelige informasjoner. Totalt tilgjengelige næringsalter for plantevekst synes likevel moderat eller lavt, med nitratverdier under deteksjonsgrensen for den benyttede analysemetode (10 $\mu\text{g N/l}$).

Vannets surhetsgrad lå i 1973 til dels lavere enn i de to foregående år, men viste ikke nedgang i forhold til 1969-observasjonene (NIVA, jan. 1970).

De gjengitte oksygenverdiene er neppe korrekte for Kråkenesvatnets vedkommende. Selv om temperaturdata fra det aktuelle tidspunkt indikerer en svak temperatursjiktning, viser resultatene fra fire dager tidligere (7/9, kfr. tabell 3), at det nettopp må ha vært gjennomrøring i vannmassene og dermed lufting av bunnvannet.

Med mindre unntak er verdiene for ledningsevne, turbiditet, farge, permanganatforbruk, jern, mangan, magnesium og klorid omtrent som registrert før, mens sulfatkonsentrasjonene har vært synkende fra 9-10 $\text{mg SO}_4/\text{l}$ i 1969 og 1971, til 7-8 mg/l i 1972 og 5-6 mg/l i 1973. Dette står i en viss kontrast til svakt økende tendens for kloridinnholdet og ledningsevnen, og kan ikke som disse søkes forklart ved tilfeldig økning i tilførsel av salt ved innblanding av sjøsprøyt i nedbøren.

TABELL 9 Fysiske og kjemiske forhold i Hanangervatnet (st. 1) og Kråkenesvatnet (st. 3) 11/9 - 1974

Dyp i m	Temp °C	Oksygen mg O ₂ /l	Oksygen % metn.	Surhetsgrad pH	Konduktivitet 20°C µS/cm	Turb. J.F.U.	Farge mg Pt/l	Permanganattall mg O ₂ /l	Totalfosfor µg P/l	Ortofosfat µg P/l	Nitrat µg N/l	Totalnitrogen µg N/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l	Magnesium mg Mg/l	Sulfat mg SO ₄ /l	Klorid mg Cl/l
Hananger- vatnet (st. 1)																	
1	14.3			7.10	110	0.70	19.5	2.69	17	4	< 10	275	110	11.0	2.56	5.1	22
4	14.3			6.94	110	0.67	19.5	2.29	17	3	< 10	275	100	16.5	2.60	5.2	22
8	14.3	9.70	97.9	6.97	110	0.50	15.5	2.05	23	2	< 10	275	75	8.0	2.52	5.2	22
10	13.9	9.44	94.4	6.84	110	0.70	15.5	2.69	20	4	< 10	225	30	9.5	2.51	4.9	22
Kråkenes- vatnet (st. 3)																	
1	14.9			6.83	110	0.60	23.5	3.16	31	2	< 10	305	120	12.0	2.40	6.0	22
4	15.0			6.87	108	0.73	25.0	2.53	19	2	< 10	285	85	9.5	2.49	5.7	22
8	15.0	7.68	78.7 ^x	6.85	109	0.75	23.5	3.32	13	2	< 10	310	100	9.5	2.44	6.2	22
13	14.0	5.35	53.6 ^x	6.88	110	0.97	35.5	3.40	24	3	< 10	340	85	9.5	2.46	6.1	22

x Sannsynligvis for lave verdier. Se tekst.

Siktedypet målt med Secchiskive var 6.3 m i Hanangervatnet og ca. 5.0 m i Kråkenesvatnet (sistnevnte verdi er beregnet ut fra siktedyp med vannhenter og basert på tidligere parallelobservasjoner med Secchiskive og vannhenter). Resultatene ligger noe over tidligere verdier, som har vært 4.5 - 5.2 m i Hanangervatnet og 3.0 - 4.8 m i Kråkenesvatnet.

4. BIOLOGISKE FORHOLD

De biologiske undersøkelser har i 1973 omfattet månedlige innsamlinger av håvtrekkplankton og kvantitative planteplanktonprøver fra 0.5 - 1 m dyp - utført i forbindelse med bedriftens temperaturregistreringer - samt den årlige kontrollundersøkelse, som består i innsamling av kvantitative prøver av plante- og dyreplankton fra flere dyp, foruten håvtrekk. Materialet er blitt omfattende, og det har ikke vært praktisk mulig med en fullstendig bearbeidelse av alle planteplanktonprøvene. Som fremhevet tidligere, har det ved siden av overvåkingsformålet vært hensikten med opplegget å samle inn referanseprøver til senere benyttelse hvis det skulle oppstå begrunnede formodninger om at forandringer i vannkvalitet og organismesamfunn var i ferd med å finne sted.

4.1 Dyreplankton

Analyse- og telleresultatene fra kvantitative dyreplanktonprøvene er gjengitt i tabell 10. Jevnført med resultatene fra 1972 er det relativt god overensstemmelse i kvalitativ henseende (artssammensetning) når unntas det tilsynelatende fraværet av vannloppene *Leptodora kindtii* og *Holopedium gibberum*, som begge forekom i et lite antall i 1972. Det førstnevnte ble imidlertid gjenfunnet i vertikale håvtrekk innsamlet i 1973. I disse håvtrekkene ble det også registrert et fåtall eksemplarer av *Daphnia* i prøven fra Hanangervatnet og *Eudiaptomus* i Kråkenesvatnet, slik at overensstemmelsen med 1972-resultatene er bedre enn det fremgår av tabell 10. (De vertikale håvtrekkene er ikke detaljbearbeidet fordi det var åpenbart at denne typen prøver hadde gitt mindre god representasjon av artene).

TABELL 10 Kvantitativ forekomst av krepsdyrplankton i
Hanangervatnet (st. 1) og Kråkenesvatnet (st. 3)
11/9-1973. Antall pr. m³

LOKALITET		Stasjon 1			Stasjon 3		
		1m	4m	10m	1m	4m	12m
Cyclops scutifer	Cop ¹⁾	1500	500	-	250	250	-
	Ad ²⁾	-	-	-	-	-	-
Mesocyclops leucarti	N. ³⁾	250	500	750	4000	250	1250
	Cop.	500	1500	500	1750	0	1250
Eudiaptomus gracilis	Ad.	250	250	250	-	-	-
	N.	250	500	750	-	-	-
Eubosmina longispina	Cop.	750	1000	250	-	-	-
	Ad.	2500	2000	1250	-	-	-
Daphnia longispina		-	-	250	5000	500	-
SUM	Eks. nauplier	5750	5500	2750	7000	750	1250
	Inkl. nauplier	6250	6500	4250	11000	1000	2500

1) Copepoditter (ulike utviklingsstadier)

2) Adulte (voksne)

3) Nauplier (larver)

En sammenligning av mengden med dyreplankton viser betydelige forskjeller mellom 1973 og 1972. For de større og dominerende artene (*Mesocyclops* og *Eudiaptomus*) er det en vesentlig reduksjon fra forrige år, mens det motsatte er tilfellet for *Eubosmina* i Kråkenesvatnet. Av tekniske årsaker måtte det benyttes en annen prøvetaker i 1973 (1 liter Friedinger med samlet prøvevolum 4 l fra hvert dyp mot 48 l Schindler prøvetaker i 1972). 1973-verdiene er muligens mindre representative, og dette gjelder i særlig grad de små verdiene (registrering av 1 individ gir 250 eksemplarer pr. m³). Følgelig er det også begrensede konklusjoner som kan trekkes ut av materialet.

Mens det således må tas forbehold om svingningene i mengden av dyreplankton fra år til år, kan man foreløpig likevel peke på at samfunnene i de to innsjøene har vært temmelig like både i 1972 og 1973. Tas hvert år for seg, gjelder dette både artssammensetning og mengde, bortsett fra at det hittil synes som om *Eubosmina* har større forekomst i Kråkenesvatnet.

4.2 Plantep plankton

Som nevnt innledningsvis i dette kapittel er et utvalg av de foreliggende plantep planktonprøver blitt bearbeidet i detalj. Dette gjelder de kvantitative prøver og håvtrekkene fra den årlige kontrollundersøkelse 11/9-73. Analyse- og telleresultatene er gjengitt i tabellene 11^x og 12. I sammenheng med en spesiell beregning (se nedenfor) er det også foretatt en detaljanalyse av håvtrekk fra 10/9-73 (innsamlet av bedriften), men artslistene herfra er ikke inkludert i denne rapport.

Tidligere rapporter (NIVA 1970, 1972, 1973) har konkludert med at håvtrekkplanktonet i de to innsjøer har hatt en temmelig lik sammensetning, med en gruppe arter som har vært fremtredende i begge innsjøer.

^x Tallangivelsene refererer seg som tidligere til en skala for subjektiv vurdering av mengdemessig forekomst (5: Dominerende, 4: Hyppig, 3: Vanlig, 2: Sparsom, 1: Sjelden, +: Enkelt eksemplar registrert).

Med enkelte unntak har det heller ikke vært større variasjoner fra år til år. I hovedsaken bekrefter analysene av håvtrekkene fra september 1973 de tidligere konklusjoner. Det er likevel visse forhold som må påpekes. For det første kan det synes som om enkelte tidligere fremtredende arter viser noe redusert forekomst i 1973. Det gjelder f.eks. *Coelosphaerium nägelianum*, *Crucigenia rectangularis* og *Ceratium hirundinella* (i begge innsjøer); videre *Gloeococcus schroeteri* og *Quadrigula pfitzeri* (i Kråkenesvatnet). I tillegg kommer at det i både håvtrekkene og de kvantitative prøver fra Kråkenesvatnet 11/9-73 (tabell 11, 12) ble funnet store mengder av en ikke identifisert organisme, sannsynligvis et dinoflagellatstadium. Vedkommende art lot seg ikke påvise i Hanangervatnet til samme tid.

Siden det er et hovedpoeng ved undersøkelsene å få registrert om de foretatte inngrep i Kråkenesvatnets hydrologiske og temperaturmessige forhold vil følges av biologiske forandringer i en eller begge innsjøer, var det bl.a. på bakgrunn av ovennevnte forhold ønskelig å få et mer eksakt uttrykk for:

- a) Grad av likhet mellom de to innsjøers planteplanktonsamfunn.
- b) Grad av likhet i samfunnenes sammensetning fra år til år.

For disse formål ble det forsøkt benyttet en similaritetsindeks, definert ved:

$$S = \frac{2 \times A}{B + C}$$

der A er antall felles arter i de to prøver som sammenlignes, mens B+C uttrykker summen av antall arter i begge prøvene ($S_{\text{maks}} = 1$). Foruten på grunnlag av totalt antall arter, er det gjort beregninger basert på arter med mengdemessig forekomst ≥ 1 , henholdsvis ≥ 2 (jfr. tabell 11). Hensikten med de siste beregningene har vært å se om similariteten (graden av likhet) endret seg vesentlig når man utelukket de mest sporadisk forekommende arter. Det bør nevnes at det

Tabell 11. Håvtrek plankton i Hanangervatnet (st. 1) og Kråkenesvatnet (st. 3) 11/9 1973.

Maskevidde 25 µm

Organismer	St.1	St. 3
CYANOPHYCEAE		
Anabaena flos aquae (Lyngb.)Breb.	3	2
Aphanocapsa elachista var. planctonica G.M. Smith	1	+
Aphanothece clathrata var. brevis Bachm.	2	-
Coelosphaerium nügelianum Unger	+	1
Gomphosphaeria lacustris Chod.	2	2
Merismopedia tenuissima Lemm.	+	
Oscillatoria cf. agardhi Gomont	1	+
Oscillatoria sp. (4-6µ)	+	
CHLOROPHYCEAE		
Ankistrodesmus falcatus (Corda)Ralfs		
Ankistrodesmus spiralis (Turner) Lemm.		
Botryococcus braunii Kütz.	2	1
Cosmarium reniforme (Ralfs) Archer	+	+
Crucigenia rectangularis (A. Braun) Gay	+	+
Cosmarium sp.	+	+
Dictyosphaerium pulchellum Wood		+
Elakatothrix gelatinosa Wille	1	
Gloeococcus schroeteri (Chod.) Lemm.	2	
Gloeocystis planctonica (West & West) Lemm.	1	+
Gymnozyga monoliformis Ehrenb.		+
Hyalotheca mucosa (Mert.)Ehrenb.		+
Nephrocytium agardhianum Näg.	+	
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.	1	
Quadrigula pfitzeri (Schröder) Printz	3	+
Scenedesmus sp.		+
Staurastrum cf. chaetoceras (Schröder) G.M. Smith		1
Staurastrum cuspidatum Breb.		+
Sdaurastrum pseudopelagicum West & West		+
Staurastrum sp.		+
BACILLARIOPHYCEAE		
Achnanthes sp.	1	1
Amphora ovalis Kütz.	+	
Cocconeis sp.	+	
Cymbella lanceolata (Ehrenb.) Van Heurck	1	
Cymbella gracilis (Rabh.) Cleve	1	
Cymbella ventricosa Kütz.	+	
Diploneis eliptica (Kütz.) Glevet	+	
Eunotia exigua (Ereb.) Rabh.	+	+
Eunotia lunaris (Ehrenb.) Grun.		+
Fragilaria crotonensis Kitton	1	2
Navicula radiosa Kütz.	1	+
Pinnularia sp.	+	
Stenopterobia intermedia (Lewis)Fricke		+
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenb.		+
Synedra sp. (50-60µ)	1	+
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	1	2
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.		+
CHRYSOPHYCEAE		
Dinobryon acuminatum Ruttner		
Dinobryon cf. bavaricum Imhof. (varietet)		1
Kephyrion boreale Skuja		2
Mallomonas caudata Iwanoff		1
	1	2
DINOPHYCEAE		
Ceratium hirundinella (O.F.M.) Schrank	1	1
Peridinium cinctum (O.F.M.) Ehrenb.	4	4
Peridinium palatinum Lauterb.	1	
Peridinium pusillum (Pen.) Lemm.	+	1
Peridinium willei Huitf. Kaas	1	+
Uidentifisert dinophycé (syster, ca. 60 µ)		4
PROTOZOA		
Vorticella sp. (på Anabaena)	2	2
Uidentifiserte ciliater	1	2
ROTATORIA		
Conochilus unicornis Rousselet	3	
Kellicottia longispina (Kell.)	3	
Keratella cochlearis Gosse		2
Polyarthra vulgaris Carlin	2	3
CRUSTACEA		
Nauplier, vesentlig calanoide		
	2	2
ANNET		
Bakterier		
Egg, diverse	1	
Humus med utfelt jern	1	2
Pollen	2	2
	+	1

Tabell 12. Analyse av kvantitative planteplanktonprøver fra Hanangervatnet (st. I) og Kråkenesvatnet (st. 3) 11/9 1973.
Angitt i celler eller kolonier pr. l. (avrundet til nærmeste 1.000)

Organisme	St. 1		St. 3		
	1 m	4 m	1 m	4 m	8 m
CYANOPHYCEAE					
Anabaena flos aquae (Lyngb.) Ereb. (celler)	9.000	53.000			
Aphanocapsa elachista var. planctonica G.M. Smith (kolonier)	5.000	16.000		+	
Aphanothere clathrata var. brevis Bachm. (kolonier)	15.000	17.000			
Gomphosphaeria lacustris Chod. (kolonier)		+		+	
Merismopedia tenuissima Lemm.		+			
Oscillatoria sp. (4-6µ)		+	+		
CHLOROPHYCEAE					
Ankistrodesmus falcatus var. spirilliformis G.S. West	274.000	117.000	8.000	16.000	12.000
Ankistrodesmus falcatus var. mirabile West & West	5.000	7.000			+
Ankistrodesmus spiralis (Turner) Lemm. (kolonier)					+
Botryococcus braunii Kütz.	+	+			+
Cosmarium regnesi Reinsch			+		
Cosmarium reniforme (Ralfs) Archer				+	
Dichtyosphaerium simplex Skuja	17.000	+	6.000	+	+
Elakatothrix gelatinosa Wille			+	+	+
Gloeococcus schroeteri (Chod.) Lemm. (kolonier)		+			
Gloeocystis planctonica (West & West) Lemm. (kolonier)	+	+			
Gonatozygon sp.				+	
cf. Crucigenia crucifera (Wolle) Collins (kolonier)	9.000	+			
Crucigenia fenestrata Schmidle (kolonier)	11.000	7.000			
Oocystis lacustris Chod. (kolonier)	+	7.000	6.000	7.000	+
Quadrigula pfitzeri (Schröder) Printz (kolonier)	+	+	+	+	+
Scenedesmus arcuatus Lemm.	+	+			
Scenedesmus serratus (Corda) Bohlin			+	+	+
Selenastrum capricornutum Printz	51.000	69.000			
Staurastrum sp.					+
Tetraedron caudatum (Corda) Hansgrig				+	
Tetraedron cf. constrictum G.M. Smith		+	+		
Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgrig					+
Uidentifisert chloromonade	20.000	23.000	29.000	34.000	36.000
BACILLARIOPHYCEAE					
Achnanthes sp.	+	7.000	+	7.000	9.000
cf. Cyclotella sp. (5-6µ)	11.000	28.000			
Cymbella gracilis (Pabn.) Cleve	+	+	+	+	+
Diatoma elongatum (Lyngb.) C.A. Ag					+
Eunotia sp.	+			+	+
Gomphonema sp.		+			
Navicula radiosa Kütz.				+	+
Navicula sp.		+			
Synedra sp. (50-60µ)		5.000	8.000	9.000	8.000
CHRYSOPHYCEAE					
Bitrichia chodatii (Chod.) Rev.		+			
Dinobryon acuminatum Ruttner (celler)			15.000	21.000	9.000
Dinobryon cf. bavaricum Imhof (varierte, celler)			60.000	44.000	57.000
Kephyrion boreale Skuja			23.000	22.000	23.000
Kephyrion/Pseudokephyrion		10.000	+	+	6.000
Mallomonas caudata Iwanoff			5.000	+	7.000
Rhizochrysis sp.			+		
Stichogloea olivacea Chod.				+	
Synura cf. uvella Ehrenb.	+				
Uidentifiserte chrysomonader	366.000	229.000	210.000	167.000	120.000
DINOPHYCEAE					
Peridinium cinctum (O.F.M.) Ehrenb.		1.500	5.000	7.000	7.000
Peridinium palatinum Lauterb.				+	
Peridinium pusillum (Pen.) Lemm.			+	+	+
Uidentifisert dinophycé (syster, ca. 60 µ)			90.000	59.000	39.000
PROTOZOA					
Vorticella sp. (på Anabaena)		+			
Uidentifiserte ciliater	6.000	5.000	5.000	12.000	20.000
ANNET					
Egg (vesentlig rotatorie egg)	+		+		+
Cyster (vesentlig chrysofycé cyster)	+		+	5.000	+
µ-alger (uidentifiserte organismer, cf. alger maks 5-(10)µ i diameter (lengde))	411.000	486.000	1250.000	1426.000	1302.000

ved sammenligning av prøver fra ulike år bare er regnet med organismer som er identifisert til art. Ved sammenligning av prøver fra samme år i de to innsjøer, er også former identifisert til slekt tatt med.

Det er innlysende at denne typen beregninger er beheftet med flere usikkerheter. Hovedvanskeligheten har likevel vært å vurdere hvilken grad av likhet de fremkomne tall representerer. Dette har vært testet på to måter, først ved å sammenligne håvtrekk fra to etterfølgende dager i samme innsjø (10/9 og 11/9-73, se tabellene 13 og 14), dernest ved å sammenligne håvtrekk fra Kråkenesvatnet og Hanangervatnet med håvtrekkene fra innsjøer i andre deler av landet. Den første typen sammenligning skulle presumptivt gi forholdsvis høy similaritet (- det ideelle hadde vært å sammenligne to håvtrekk som var tatt samtidig og på samme sted i en innsjø); den andre forholdsmessig lav.

Man ser av tabellene 13 og 14 at similariteten mellom de nevnte prøvene fra to på hverandre følgende dager (10/9 og 11/9-73) ikke ligger høyere enn 0.50 - 0.67. Resultatet viser metodens begrensning og betydningen av å følge et standard opplegg både ved innsamling og analyse av prøvene. Innvirkningen av sistnevnte faktor lot seg anskueliggjøre ved å la samme eller to forskjellige personer analysere utsnitt av samme prøve. Resultatene fra et mindre antall slike tester viste en variasjon i similariteten fra 0.75 til 1.0 (en enkelt gang 0.75), men stort sett høye verdier (≥ 0.8) når man fra beregningsgrunnlaget utelot arter som bare var til stede i et fåtall eksemplarer.

Sammenligning av håvtrekkene fra Kråkenesvatnet 9/7-69 og Hanangervatnet 9/7-69 med innsjøer i andre deler av landet (Skraperudtjernet 11/7-68 og Ulsrudvatnet 11/7-68, ref. NIVA 1968), ga som ventet sterkt varierende resultater, idet similariteten varierte mellom 0 og 0.4 for arter med mengdemessig forekomst ≥ 2 .

TABELL 13 Similaritet ($S = \frac{2 \times A}{B + C}$, se tekst) mellom håvtrekk fra ulike tidspunkter i Hanangervatnet, basert på alle identifiserte arter (S) og arter med mengdeangivelse ≥ 1 (S'), henholdsvis ≥ 2 (S'')

DATO	9/7-69			1/9-71			12/9-72			11/9-73		
	S	S'	S''	S	S'	S''	S	S'	S''	S	S'	S''
9/7-69	-	-	-	0.49	0.35	0.47	0.44	0.47	0.70	0.40	0.40	0.65
1/9-71				-	-	-	0.53	0.47	0.50	0.47	0.51	0.40
12/9-72							-	-	-	0.50	0.43	0.53
10/9-73										0.53	0.50	0.67

TABELL 14 Similaritet mellom håvtrekk fra ulike tidspunkter i Kråkenesvatnet, basert på alle identifiserte arter (S) og arter med mengdeangivelse ≥ 1 (S'), henholdsvis ≥ 2 (S'')

DATO	9/7-69			1/9-71			12/9-72			11/9-73		
	S	S'	S''	S	S'	S''	S	S'	S''	S	S'	S''
9/7-69				0.52	0.52	0.80	0.44	0.50	0.70	0.35	0.27	0.63
1/9-71							0.55	0.55	0.63	0.41	0.46	0.29
12/9-72										0.38	0.45	0.40
10/9-73										0.52	0.54	0.67

Selv om det er et stort behov for et bredere erfaringsmateriale, kan resultatene av de to refererte typer av kontrolltester antyde at S-verdier omkring 0.7 og over gir uttrykk for stor grad av samfunnslikhet når denne skal belyses på grunnlag av håvtrekkanalyser. Videre er det innlysende at vurderingen av indeksverdiene må ledsages av et alminnelig skjønn på materialet og hvordan de ulike feilkilder og usikkerhetsfaktorer spiller inn i hvert tilfelle. I forbindelse med det foreliggende problem synes det som om similaritetsberegninger bare på noe lengre sikt kan gi noe vesentlig mer enn en vanlig analyse.

Ser man nå på tabellene 13-14, kan det ikke trekkes ut noen spesiell tendens med hensyn til utviklingen over tid i den enkelte innsjø. Det kan likevel bemerkes at håvtrekket fra 11/9-73 i Kråkenesvatnet skiller seg noe ut. Dette er i samsvar med at de ovenfor nevnte arter, som tidligere har forekommet i betydelige mengder, ikke har vært like fremtredende og likeledes med den store forekomsten av det nevnte dinoflagellatstadium.

Når det gjelder graden av likhet mellom de to innsjøers planktonsamfunn (tabell 15), er det heller ingen tendens i utviklingen. Man ser imidlertid at similaritetsverdiene er noe lavere for 1973-materialet, hvilket igjen reflekterer at dette års planteplanktonsamfunn i Kråkenesvatnet har vært noe annerledes enn tidligere.

TABELL 15 Similaritet mellom håvtrekk innsamlet på samme dato i Hanangervatnet og Kråkenesvatnet, henholdsvis for alle arter (S), arter med mengdeangivelse ≥ 1 (S') og arter med mengdeangivelse ≥ 2 (S'').

Dato	9/7-69	1/9-71	12/9-72	10/9-73	11/9-73
S	0.60	0.52	0.65	0.47	0.58
S'	0.63	0.64	0.74	0.52	0.46
S''	0.82	0.63	0.67	0.62	0.46

Av alle tabellene over similaritet fremgår det at likheten mellom to prøver stort sett øker når man ved sammenligningen ser bort fra de arter som har minst mengdemessig betydning. Et annet poeng er at variasjonene fra år til år har gitt større forskjell mellom prøver tatt på ulike tidspunkter i samme innsjø, enn mellom prøver som er samlet inn på samme dag i de to vannforekomster (tabell 13 og 14).

Det uidentifiserte dinoflagellatstadium fra Kråkenesvatnet ble ikke påvist i Hanangervatnet september 1973. Gjennomgåelse av øvrige håvtrekk fra Kråkenesvatnet i 1973 viste at vedkommende organisme særlig hadde vært til stede om høsten (august - november), men spredte eksemplarer ble også funnet i perioden april - mai. Analyse av de kvantitative prøvene fra 1969, 1971 og 1972 ga som resultat at samme art sannsynligvis har opptrått i begge innsjøer også tidligere, men i mindre mengder og ikke i alle prøver. (Gjenkjennelse og identifikasjon så langt som til å konstatere at det dreier seg om samme art er forbundet med vanskeligheter. Bl.a. kan det virke som om fiksering og lagring har hatt noe forskjellig effekt på ulike eksemplarer, slik at utseende er blitt varierende).

Ved de kvantitative analysene er det som tidligere sedimentert 50 ml, mens innholdet av organismer er talt i et arealutsnitt tilsvarende et volum på vel 1.6 ml. Resultatene er gjengitt i tabell 12. Antall under 5000 pr l er med få unntak bare angitt med + .

På grunn av full sirkulasjon i de øvre lag av vannmassene i begge innsjøer (kfr. temperaturdata i tabell 9), kan man anta at planteplanktonet i hovedsaken er jevnt fordelt, m.a.o. at det skulle være høy grad av likhet mellom resultatene fra alle prøvedyp. Ved similaritetsberegninger for prøvene fra 1 og 4 m i Hanangervatnet finner man at S varierer mellom 0.73 (alle organismer) og 0.77 (bare arter med mengdeangivelse). Tilsvarende sammenligning av prøvene fra 1 og 4 m i Kråkenesvatnet gir S-verdiene 0.76 og 0.86. Samme type beregninger for materialet fra 1971 og 1972 (NIVA aug. 1973) ga S-verdien på 0.67 - 0.77 (alle arter) og 0.80 - 0.95 (talte arter). Når man til sammenligning jevnfører samfunnene i de to innsjøer på basis av

samtligte registreringer i alle dyp i 1973, fås at S er 0.54 og 0.60, henholdsvis for alle arter og for arter med mengdeangivelse.

Mer detaljert ytrer forskjellen seg ved flere trekk. Det ene er at blågrønnalger spilte en viss rolle i Hanangervatnet, mens de så vidt ble observert i Kråkenesvatnet. På samme måte var grønnalgene rikere representert i Hanangervatnet. Særlig gjalt dette *Ankistrodesmus falcatus*. I Kråkenesvatnet var det til gjengjeld betydelige mengder av to *Dinobryon*-arter, som manglet i naboinnsjøen. Man kan også merke seg den vesentlige overvekt av *Peridinium cinctum* og uidentifiserte nanoplanktonarter i Kråkenesvatnet, foruten de store mengdene av det tidligere omtalte dinoflagellatstadium.

Betraktes utviklingen i Kråkenesvatnet over tid, fås resultater som fremstilt i tabell 16. Similaritetsberegningene er her basert på identifiserte arter med tillegg av enkelte grupper som opptrer i store mengder, dvs. chloromonader, chrysomonader og diverse nanoplanktonformer. Videre er registreringene i ulike dyp på samme stasjon slått sammen. (Kfr. tabell 12 og NIVA 1973).

TABELL 16 Similaritet mellom planteplanktonsamfunn (kvantitative prøver) i Kråkenesvatnet i ulike år, henholdsvis for alle identifiserte taxa med tillegg av enkelte viktige grupper (S) og for former med mengdeangivelse høyere enn $\frac{1}{2}$ (S').

DATO	12/9-72		11/9-73	
	S	S'	S	S'
1/9-71	0.73	0.70	0.39	0.63
12/9-72			0.35	0.45

Man ser at det er en høy similaritet mellom prøvene fra 1971 og 1972, mens det er vesentlig mindre grad av likhet mellom prøven fra 1973 og prøvene fra de to foregående år. Særlig gjelder dette hele planteplanktonsamfunnet, i noe mindre utstrekning de mengdemessig dominerende artene. Detaljene i dette bilde fås fra tabell 12 i denne rapport og tabell 8 i rapporten om kontrollundersøkelsene i 1972 (NIVA 1973). Det som særlig faller i øynene er den reduserte forekomst av flere grønnalgearter, dessuten tilstedeværelsen av *Dinobryon acuminatum* og det store antallet dinoflagellater. Herav kan man også se at 1973-prøvene fra Hanangervatnet til dels samsvarer bedre med de tidligere observasjoner fra Kråkenesvatnet enn 1973-prøvene fra denne innsjøen gjør. De beregnede similariteter mellom Hanangervatnet 1973 og Kråkenesvatnet 1971 og 1972 er likevel ikke høyere enn ca. 0.45 (0.41 - 0.49) og ca. 0.55 (0.55 - 0.57).

Etter dette skiller både håvtrekkene og de kvantitative prøvene fra Kråkenesvatnet i 1973 seg noe ut fra foregående års observasjoner. De meste markante endringene er reduksjonen i forekomsten av flere større planteplanktonarter og invasjonen av det uidentifiserte dinoflagellatstadium. I denne forbindelse må det understrekes at slike invasjoner ofte er en del av naturbetingede vekslinger og ikke innevarsler permanente endringer. Hvorvidt det siste er tilfelle kan først avgjøres etter lengre tids overvåking. En permanent forandring i fytoplanktonsamfunnet vil også influere vannforekomstenes øvrige livsformer.

5. VIDERE ARBEID

Utgangspunktet for vannforekomstenes overvåking har vært ved enkle observasjoner å kombinere tilveiebringelse av et referansemateriale med mulighetene for å påvise eventuelle endringer i kjemiske og biologiske forhold etter hvert som bedriftens kjølevannsforsbruk øker. Bortsett fra temperaturforhold og vannstandsvariasjoner har bearbeidelsen

av det innsamlede materialet tatt sikte på å karakterisere tilstanden på sensommeren. Hittil synes eventuelle endringer ikke å ha vært av en størrelsesorden som lar seg entydig skille fra naturbetingede vekslinger. For om mulig å bekrefte eller avkrefte dette, ville det være ønskelig med en grundigere bearbeidelse av både de kvantitative prøver og de månedlig innsamlede håvtrekk. Derved vil man få informasjon om årstidsvariasjoner såvel når det gjelder biomasse som planktonsamfunnets struktur. Denne dokumentasjon har ikke bare betydning for en bedre forståelse av utviklingen så langt, men er kanskje særskilt viktig i relasjon til fremtidig økt vannforbruk og retur av oppvarmet vann.

I forbindelse med å sikre et så godt referansemateriale som mulig bør det likeledes vurderes om ikke et av overvåkingstoktene - før ytterligere produksjonsøkning - bør utvides til å omfatte en inventering av de to innsjøers bunnfauna. Observasjonene av bunndyr har til nå bare vært av orienterende karakter og materialet er bare i begrenset grad utnyttbart som referanse. Et slikt tilleggsarbeide kan neppe anses nødvendig, men vil supplere de øvrige informasjoner på en verdifull måte.

En mangel ved det som er gjort hittil, er at man ikke har målinger som viser økningen i kjølevannets temperatur fra inntak til utslipp. Uten kjennskap til dette er det vanskelig å få et skjønn på hvilke temperaturutslag som kan ventes i resipienten.

Det er også grunn til å påpeke at det ikke bare er temperatureffekter som vil gjøre seg gjeldende, men også belastningen som planktonbestandene er utsatt for ved transport gjennom kjølevannsystemet, både på grunn av de mekaniske påkjenninger og klorering. For å få et inntrykk av disse faktorerers samlede virkning, kan man gjøre observasjoner av primærproduksjon og mengden av dyreplankton i inntaksvann og utslippsvann.

6. KONKLUSJONER

- I For årene 1971 - 1973 har gjennomsnittstemperaturen i Kråkenesvatnet henholdsvis for overflaten og 10 m dyp, vært $0,3 - 0,6^{\circ}\text{C}$ og $0,3 - 0,5^{\circ}\text{C}$ høyere enn i Hanangervatnet. Siden vannsøylens middeltemperatur på en bestemt tid av året kan variere så mye som $2-3^{\circ}\text{C}$, er det mindre sannsynlig at dette har sammenheng med tilbakeføringen av oppvarmet vann. Observasjonene har ellers bekreftet at temperaturen er underkastet hurtige svingninger. Kontinuitet i observasjonene er nødvendig for å kunne foreta sammenligninger mellom ulike år.

- II Middelvannstanden var i 1973 nær 10 cm lavere enn i 1972. Nettouttaket av vann har også vært betydelig høyere i 1973, men hovedårsaken til den lavere vannstanden må antas å være at åpningen ved utløpet er gjort større.

- III Det er bare registrert mindre variasjoner i den kjemiske vannkvalitet i forhold til tidligere. Svingningene kan ikke sees å ha noen forbindelse med kjølevannsbruken.

- IV Det er ikke funnet bestemte indikasjoner på endringer i dyreplanktonsamfunnenes sammensetning. En reduksjon i antallet individer av enkelte større arter kan best forklares ut fra forskjell i prøvetakingsmetodikk og naturlige bestandsvariasjoner.

- V Analyse av planteplanktonprøvene fra 1973 har vist reduserte bestander av flere arter som ved tidligere kontrollundersøkelser har vært blant de mest fremtredende. Særlig gjelder dette i Kråkenesvatnet. Samtidig har det i denne innsjøen opptrått store mengder av et uidentifisert dinoflagellatstadium, som i de foregående år ikke er blitt registrert i mengder av betydning. Hvorvidt dette innevarsler varige endringer kan bare fastslås

gjennom fortsatt overvåking. Foreløpig er det lite grunnlag for å knytte de observerte fenomener til vannforekomstenes utnyttelse for kjølevannsformål.

- VI Det anbefales å utføre følgende supplerende undersøkelser:
Registrering av temperaturøkning i kjølevannet, mer omfattende bearbeidelse av innsamlede planteplanktonprøver, måling av primærproduksjon (algevekst) og mengden av dyreplankton før og etter transport gjennom kjølevannssystemet, foruten en referansestudie av bunnfaunaen.

7. LITTERATURHENVISNINGER OG TIDLIGERE RAPPORTER

Norsk institutt for vannforskning 1968: 0-17/68. Undersøkelse av vannkvaliteten i Skraperudtjernet, Østmarka. Desember 1968. 20s. Stensilert.

Norsk institutt for vannforskning 1970: 0-68/68. Vurdering av industrivannforsyning for Aluminiumsanlegget Lista. Januar 1970. 38s. Stensilert.

Norsk institutt for vannforskning 1971: 0-68/68. Høyere vegetasjon i Oteråna, Lista, 28. juli 1970. Mei 1971. 7s. Stensilert.

Norsk institutt for vannforskning 1972: 0-68/68. Vurdering av industrivannforsyning for Lista Aluminiumsverk. Temperaturobservasjoner i februar 1969 - desember 1971 og limnologisk kontrollundersøkelse i Kråkenesvatnet og Hanangervatnet 1/9 1971. Februar 1972. 27s. Stensilert.

Norsk institutt for vannforskning 1973: 0-68/68. Vurdering av industrivannforsyning for Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelse av temperatur, vannkjemi og biologiske forhold i Kråkenesvatnet og Hanangervatnet 1972. August 1973. 24s. Stensilert.