

O-81026

Resipientundersøkelse i
Tuddalsvassdraget
i forbindelse med
planlagt turistsenter

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-81026
Undernummer:
Løpenummer: 1354
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: RESIPIENTUNDERSØKELSE I TUDDALVASSDRAGET I FORBINDELSE MED PLANLAGT TURISTSENTER	Dato: 14/1-82
	Prosjektnummer: 0-81026
Forfatter(e): Dag Berge	Faggruppe: VASSDRAGSEKSJONEN
	Geografisk område: TELEMARK
	Antall sider (inkl. bilag): 28

Oppdragsgiver: Hjartdal kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: Det er foretatt en resipientundersøkelse i Kovstulvatn, Toskjærvatn, Bjårvatn og Kyrkjeåi i Tuddalsvassdraget. Undersøkelsen omfatter kjemi, biologi og bakteriologi. Dagens forurensningssituasjon i vassdraget er beskrevet, og konsekvensene av utslipp fra et planlagt turistsenter ovenfor Kovstulvatn er vurdert. Toskjærvatn har meget god vannkvalitet og synes lite påvirket av menneskelig aktivitet. Kovstulvatn synes noe mer påvirket, mens Bjårvatn er tydelig påvirket. Grovt sett må allikevel forholdene i vassdraget kunne karakteriseres som brukbare. Det omsøkte utslipp vil, med de avløpsplaner som er lagt frem, trolig påvirke Kovstulvatn mer enn det som kan anbefales. De øvrige vassdragsavsnitt vil påvirkes kun i liten grad. Muligheter for en mindre påvirkning av Kovstulvatn diskuteres.

4 emneord, norske:
1. Tuddalsvassdraget
2. Turistsenter
3. Resipientkapasitet
4. Tilstandsbeskrivelse
Hjartdal kommune

4 emneord, engelske:
1. Tuddal watercourse
2. Tourist center
3. Recipient capacity
4. Water quality
Hjartdal municipality

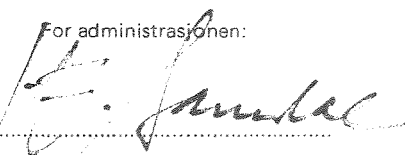

Prosjektleder:

Dag Berge

Seksjonsleder:

Per Olaf

For administrasjonen:

ISBN 82-577-0462-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-81026

RESIPIENTUNDERSØKELSE I TUDDALVASSDRAGET I FORBINDELSE
MED PLANLAGT TURISTSENTER

Brekke, 14. januar 1982.

Saksbehandler : Dag Berge

Medarbeider : Arne Kjellsen,
(Telemark fylkeskomm.)

For administrasjonen: Lars N. Overrein
J. E. Samdal.

FORORD

I brev av 11. februar 1981 bes NIVA av Fylkesmannen i Telemark å foreta en resipientundersøkelse i Tuddal-vassdraget i forbindelse med det planlagte Tuddal høyfjellshotell. Undersøkelsene skulle omfatte Kovstulvatnet, Toskjærvatn og Bjårvatnet, samt Kyrkjeåi. Planene er senere drøftet med Hjartdal kommune i møte på NIVA, og det fremlagte programforslag (NIVA 4/3 - 81) ble vedtatt fulgt.

Hjartdal kommune er oppdragsgiver ved undersøkelsen. Undersøkelsen er ledet av cand real Dag Berge, NIVA, som sammen med DH-kandidat Arne Kjellsen, Analyselaboratoriet ved Telemark fylkeskommune (Fylkeslaboratoriet), har utført feltarbeidet. De kjemiske analysene er foretatt ved Fylkeslaboratoriet, de bakteriologiske analysene hos byveterinæren i Skien, mens klorofyll-analysene er foretatt ved NIVA. Planteplanktonprøvene er analysert av cand real Pål Brettum, NIVA. Bearbeidelse av materiale samt rapportering er foretatt av Dag Berge.

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	1
1.1. Kort beskrivelse av det planlagte turistanlegg	1
1.2. Hensikten med undersøkelsen	1
1.3. Interessekonflikter	1
1.4. De utførte undersøkelser	1
2. KORT BESKRIVELSE AV OMRÅDET	2
2.1. Naturlandskap	2
2.2. Menneskelige aktiviteter	2
3. MORFOMETRI OG HYDROLOGI	2
4. FYSISK/KJEMISKE OG BIOLOGISKE FORHOLD I DE UNDERSØKTE INNSJØER	7
4.1. Temperatur	7
4.2. Siktedyp	8
4.3. Vannkjemi	9
4.3.1. Generell vannkjemi	9
4.3.2. Oksygenforhold under stagnasjonsperiodene	9
4.3.3. Næringssalter	11
4.4. Planteplankton	12
5. KOLIFORME BAKTERIER	15
6. VURDERING AV RESIPIENTKAPASITET	18
7. SAMMENDRAG OG DISKUSJON	26
8. LITTERATUR	28

FIGURFORTEGNELSE

Fig. 1. Kartskisse over området. Den ytre grensen markerer nedbørfeltet til Bjårvatns nordre baseng. Nedbørfeltene til Kovstulvatn og Toskjærvatn, samt turistanleggets plassering er også inntegnet	3
Fig. 2. Dybdekart over Kovstulvatn	4
Fig. 3. Dybdekart over Toskjærvatn	5
Fig. 4. Dybdekart over Bjårvatns nordre baseng	6
Fig. 5. Algemengden målt som klorofyll a i de angitte innsjøer 1981	13
Fig. 6. Volum og sammensetning av planteplanktonet i de angitte innsjøer	13
Fig. 7. Oversikt over en del parametre fra de tre innsjøene Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn 1981	16

TABELLFORTEGNELSE

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data over Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn	7
Tabell 2. Temperaturmålinger fra de tre vannene Kovstulvatn Toskjærvatn og Bjårvatn 1981	8
Tabell 3. Siktedypsmålinger fra de tre vannene Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn 1981	9
Tabell 4. Fysisk/kjemiske og biologiske data fra overflatelaget (blandprøver 0-6m) fra de tre angitte innsjøer 1981	10
Tabell 5. Kjemiske analyseresultater fra vertikale prøveserier i de angitte innsjøer den 24. mars. 1981	10
Tabell 6. Oksygenmålinger fra de angitte innsjøers dypvann den 19/8-81	11
Tabell 7. Analyser av kvantitative planteplanktonprøver fra Bjårvatn, Kovstulvatn og Toskjærvatn(1981), basert på blandprøver fra 0-6m sjiktet	14
Tabell 8. Bakteriologiske analyser fra Tuddalvassdraget 1981	15

1. INNLEDNING

1.1. Kort beskrivelse av det planlagte turistanlegg.

Det foreligger planer om utbygging av et turistsenter ovenfor Kovstulvatn øverst i Tuddal. Prosjektet omfatter restaurering av det gamle Tuddal Høyfjellshotell, samt bygging av et nytt moderne anlegg lenger oppe mellom Bekkestølstjønni og veien over til Rjukan. Fullt utbygd vil Tuddal Høyfjellssenter omfatte ca. 500 p.e. Avløpsvannet skal renses og ledes ut i Kovstulvatn.

1.2. Hensikten med undersøkelsen.

Kovstulvatn renner ut i Toskjærvatn, som via Kyrkjeåi renner ut i Bjårvatn i Tuddal sentrum. Det regnes med at hele dette vassdragsavsnittet vil bli berørt ved utbyggingen. Undersøkelsen tar sikte på:

1. Beskrive eksisterende vassdragstilstand (kjemisk, biologisk og hygienisk)
2. Utrede konsekvenser for vassdraget ved å gjennomføre den planlagte turistutbyggingen.
3. Antyde vassdragets resipientkapasitet og hvilke bruksinteresser vassdraget kan ivareta ved en belastning som tilsvarer resipientkapasiteten.

1.3. Interessekonflikter.

Turistsenteret vil kunne gi arbeid splasser, noe det er sterkt behov for i kommunen. På den annen side ønsker man å opprettholde en god vannkvalitet i vassdraget både med hensyn til rekreasjonsformål (fiske, bading etc.) og vannforsyning. Kyrkjeåi nyttes i dag som reserve vannkilde for en del gårdsbruk mellom Toskjærvatn og Bjårvatn. Utbyggingen vil medføre problemer først og fremst av eutrofierende og hygienisk karakter.

1.4. De utførte undersøkelser.

Man har hatt prøvetakingsstasjoner på følgende steder:

1. Kovstulvatn over dypeste punkt.
2. Toskjærvatn over dypeste punkt,
3. Bjårvatn over dypeste punkt,
4. Kyrkjeåi, nedre del.

Stasjonene er besøkt 5 ganger, i mars, juni, juli, august og september. I innsjøene er det tatt ut kjemiske prøver, biologiske prøver (planteplankton), samt bakteriologiske prøver. I Kyrkjeåi er det bare tatt ut prøver til bakteriologisk analyse. De tre innsjøene er dessuten loddet opp og dybdekart er tegnet. Dette siste har vært nødvendig for vurdering av gjennomstrømningen. Det innsamlede materialet danner grunnlaget for beskrivelsen av vassdragets nåværende tilstand, samt for vurderingen av resipientkapasiteten.

2. KORT BESKRIVELSE AV OMRÅDET.

2.1. Naturlandskap.

Det planlagte turistanlegget blir liggende rett opp for Kovstulvatn ved enden av Gaustadråen (se fig.1). Berggrunnsgeologien tilhører Rjukangruppen og består av granittiske bergarter avbrutt av basiske intrusiver. Øst for vassdraget er det en del dyp morene, noe som gir vekstgrunnlag for den bemerkelsesverdige frodige granskogen som nesten går helt opp til snaufjellet. Vest for vassdraget er løsavsetningene langt skrinne. Berggrunnen har her også noe surere karakter. Kvartærgeologien i området er imidlertid ikke kartlagt, så noe bedre bilde enn det som her er nevnt, er vanskelig å gi.

Det nye turistanlegget blir liggende i tregrensa ca. 900 meter over havet, mens det gamle Tuddal Høyfjellshotell ligger nede i granskogen ca. 800 meter over havet.

2.2. Menneskelige aktiviteter.

Ved Bekkestølstjønni og særlig ved Kovstulvatn foregår det aktiv seterdrift. Ved Tuddal Høyfjellshotell ved Kovstulvatn er det liten aktivitet for tiden, bare sluttede selskaper fra tid til annen. Hotelleieren med familie har sin helårsbolig i tilknytning til hotellet. Ellers er det en del hytter i området, særlig rundt Toskjærvatn. Ingen av disse skal i følge teknisk etat i Hjartdal kommune ha full sanitær standard. Rundt Bjårvatn (ca 460 m.o.h.) er det en god del fast bebyggelse med gårdsbruk, eneboliger, forretninger o.l., samt en relativt stor turistaktivitet i sommerhalvåret ved et par campingplasser.

3. MORFOMETRI OG HYDROLOGI

De tre vannene Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn er loddet opp ved hjelp av ca. 50 loddskudd i hvert vann. De fremkomne dybdekarter må således regnes som relativt grove. De skulle imidlertid gi et godt estimat over innsjøvolum og middeldyp, noe som er nødvendig ved vurdering av resipientkapasiteten. Innsjøarealene er beregnet på grunnlag av økonomisk kartverk, målestokk 1:5000, mens nedbørfeltene areal er beregnet etter 1:50 000 kart. Avrenningen fra området er beregnet etter NVE's hydrologiske tabeller 1958, hvor spesifikk avrenning er satt lik 27,5 l/km² · sek. Opplysninger vedr. vannkraftreguleringer er innhentet fra Hjartdal kommune.

Innsjøer med nedbørfelter er fremstilt i figur 1, mens dybdekartene er fremstilt i figur 2 - 3 og 4. Når det gjelder Bjårvatn, så er ikke den grunne søndre delen tatt med da dette funksjonelt er mer å betrakte som en kulp i utløpselven enn en del av Bjårvatn. Sundet mellom bassengene er svært grundt, og det er observert tydelig strøm ved hvert prøvetakingstokt. Hydrologiske og morfometriske data er ført opp i tabell 1.

Alle tre vannene må karakteriseres som relativt små innsjøer, Kovstulvatn (0,353 km²), Toskjærvatn (0,311 km²) og Bjårvatn (0,489

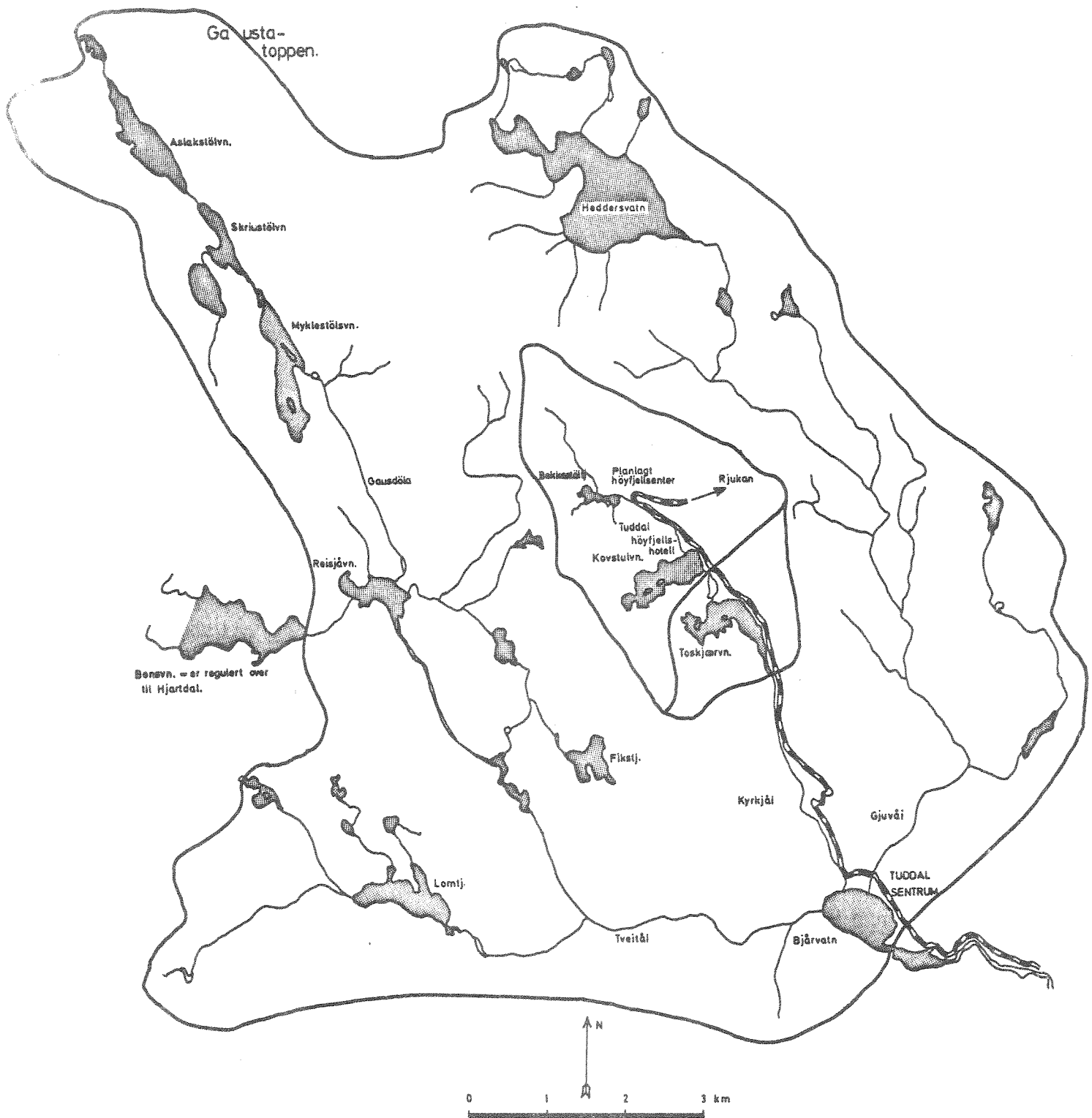


Fig.1. Kartskisse over området. Den ytre grensen markerer nedbørfeltet til Bjårvatns nordre basseng. Nedbørfeltene til Kovstulvatn og Toskjæravn, samt turistanleggets plassering er også inntegnet.

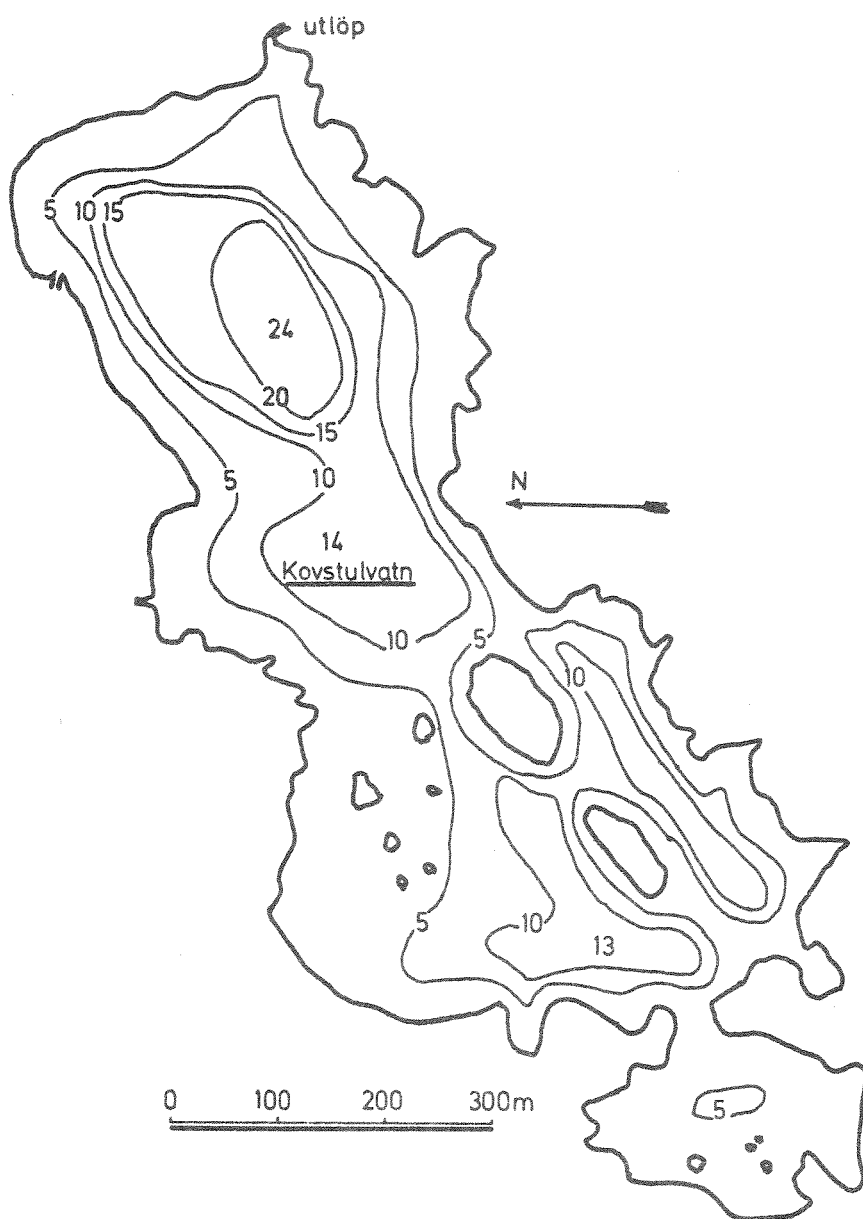


Fig. 2. Dybdekart over Kovstulvatn. Kartet er basert på 50 loddsudd og må således regnes som relativt grovt.

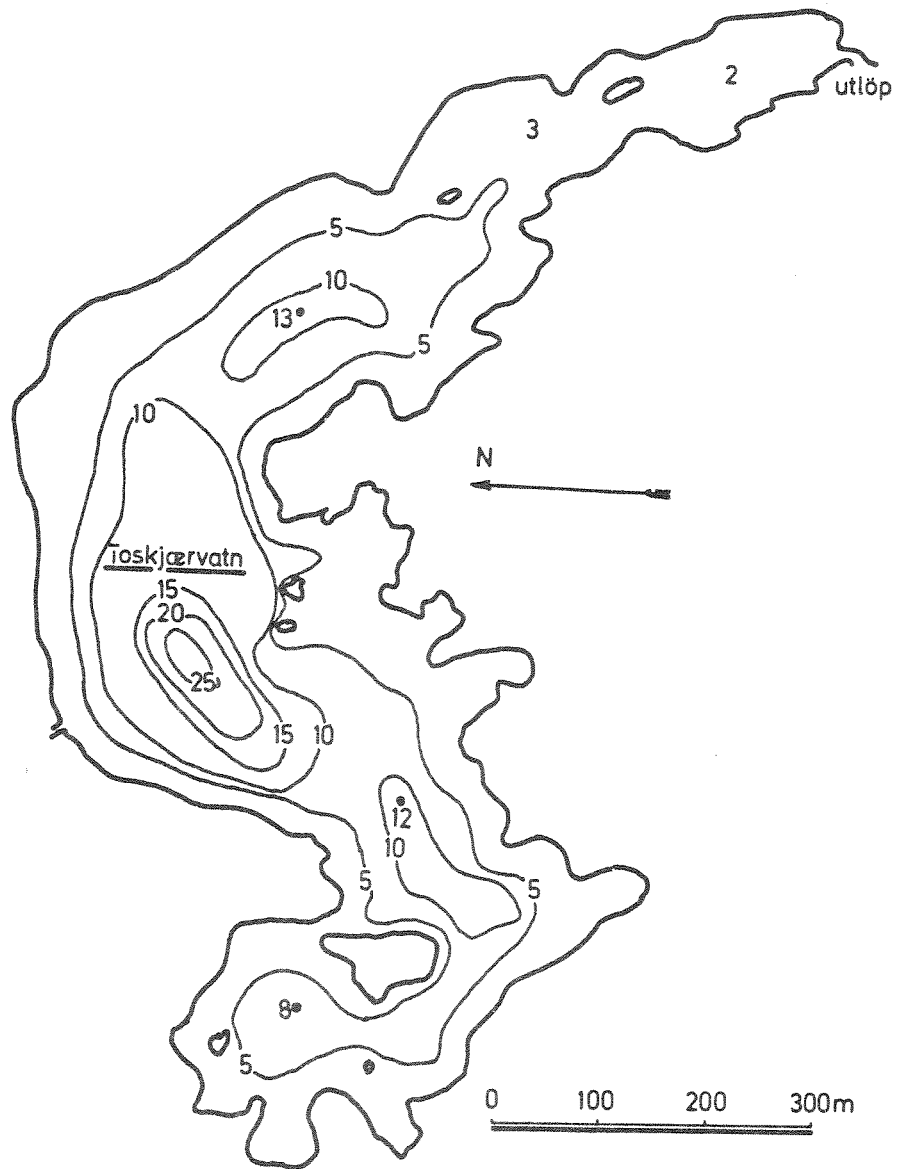


Fig. 3. Dybdekart over Toskjærvatn. Kartet er basert på 50 loddskudd og må således regnes som relativt grovt.

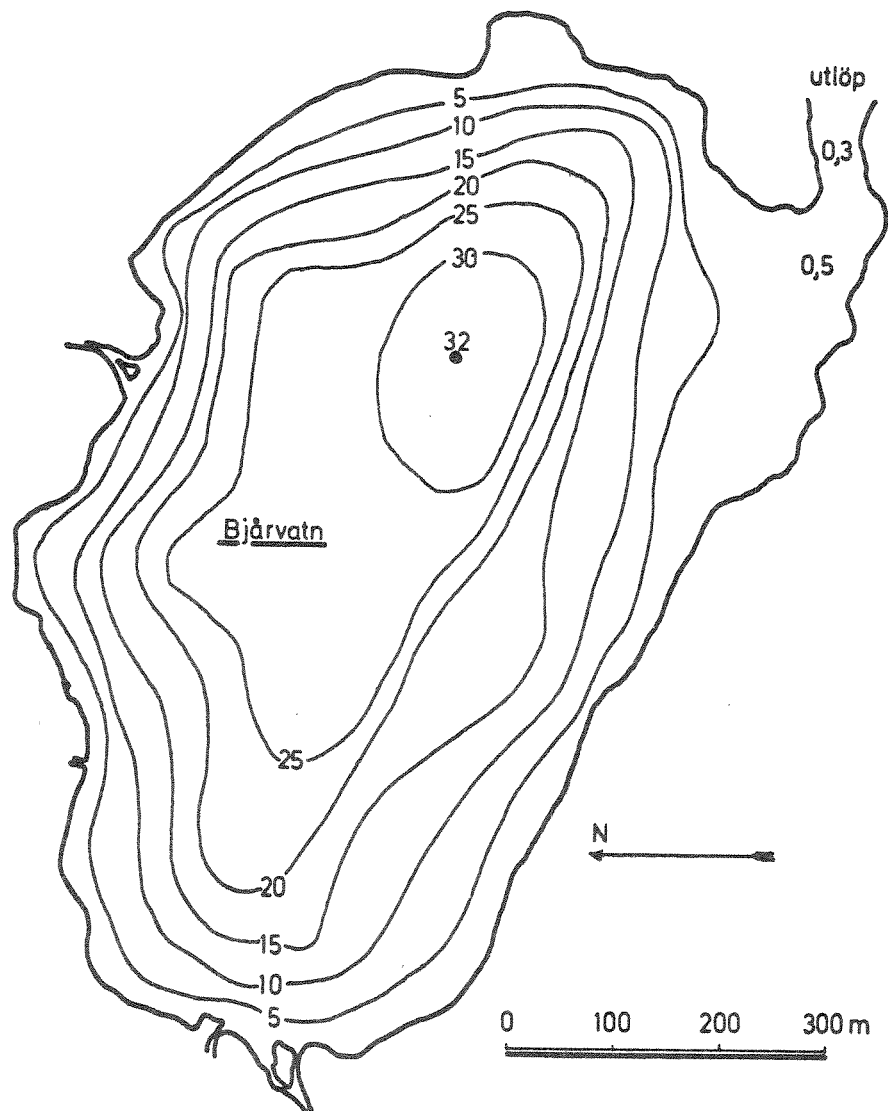


Fig. 4. Dybdekart over Bjårvatns nordre basseng. Kartet er basert på 50 loddsudd og må således regnes som relativt grovt.

Tabell 1. Morfometriske og hydrologiske data over Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn.

		Kovstulvatn	Toskjærvatn	Bjårvatn
Areal nedbørfelt	km ²	7,4	10	108
Areal innsjøoverflate A	km ²	0,353	0,311	0,489
Volum V	m ³	2,32x10 ⁶	1,84x10 ⁶	7,31x10 ⁶
Maks. dyp	m	24	26,5	32
Middeldyp \bar{z}	m	6,6	5,9	14,9
Midlere avrenning	l/km ² s	27,5	27,5	27,5
Årlig avløp Q	m ³ /år	6,42x10 ⁶	8,67x10 ⁶	93,66x10 ⁶
Teoretisk oppholdstid T _w	år	0,36	0,21	0,08

km²). Bjårvatn er svært regulært, nærmest gryteformet med maksimaldyp på 32m. Midlere dyp er ca. 15m. Med unntak av den grunne delen i syd er innsjøen relativt brådyp. Kovstulvatn og Toskjærvatn har maksimaldyp på h.h.v. 24 og 26,5m. Dypområdene er her små, noe som gjør at vannene er karakterisert av relativt store grundtområder. Middeldypene i disse innsjøene ligger på ca. 6m. Alle tre innsjøene blir markert termisk sjiktet både sommer og vinter.

Nedbørfeltene til Kovstulvatn og Toskjærvatn er svært små, hhv. 7,4 og 10 km². Dette er en følge av at vannene ligger rett ut for enden av Gaustadråen. Vann fra høyere liggende områder drenerer for en stor del enten vestover til Gausdøla og Tveitåi, eller østover til Gjuvåi, som alle renner ut i Bjårvatn (se fig. 1). Bjårvatn har således god vanngjennomstrømning sammenliknet med de to andre vatn. Vannets teoretiske oppholdstid (utskiftningstid) i Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn er h. h. v. 0,36 år, 0,21 år, 0,08 år. En ikke uvesentlig del av Bjårvatns nedbørfelt er regulert over til Hjartdal, noe som reduserer resipientkapasiteten i Bjårvatn.

4. FYSISK/KJEMISKE OG BIOLOGISKE FORHOLD I DE UNDERSØKTE INNSJØER.

4.1. Temperatur.

Temperaturmålingene er ført opp i tabell 2. De få vertikale måleserier som er gjort viser at alle tre innsjøene er markert termisk sjiktet såvel sommer som vinter. Som kjent er vann tyngst ved ca. 4 °C. Om sommeren varmes overflatevannet opp, og ved hjelp av vindens arbeid dannes et varmt overflatelag på 6 - 8m tykkelse. Dette blir liggende oppå det kaldere bunnvannet. Om vinteren avkjøles overflatevannet til under 4 °C som også medfører at lettere overflatevann blir liggende oppå tyngre dypvann. Under disse periodene (stagnasjonsperiodene) er dypvannet i stor grad avstengt fra oksygentilførsel. Hvis den

Tabell 2. Temperaturmålinger fra de tre vannene Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn 1981.

	24. mars		11. juni		14. juli		19. august		16. september	
	Dyp	Temp	Dyp	Temp	Dyp	Temp	Dyp	Temp	Dyp	Temp
Kovstulvatn	2m	2,9	0,5m	9,4	0,5m	15,8	0,5m	12,5	0,5m	10,0
	10m	3,6	2m	9,4	2m	15,8	2m	13,0	2m	10,0
	15m	3,8	4m	8,6	4m	14,5	4m	13,0	4m	10,0
	20m	3,8	6m	8,4	6m	11,0	6m	12,5	6m	10,0
							15m	5,5		
						20m	5,5			
Toskjærvatn	2m	2,5	0,5m	10,0	0,5m	15,5	0,5m	13,5	0,5	10,0
	4m	3,6	2m	9,9	2m	15,5	2m	13,5	2m	10,0
	8m	3,7	4m	9,4	4m	15,5	4m	13,5	4m	10,0
	11m	3,8	6m	7,9	6m	11,8	6m	13,5	6m	10,0
							20m	5,5		
						25m	5,0			
Bjårvatn	2m	1,2	0,5m	10,0	0,5	14,8	0,5	14,8	0,5	11,0
	10m	3,4	2m	10,0	2m	14,8	2m	14,8	2m	11,0
	20m	3,9	4m	10,0	4m	13,5	4m	14,8	4m	11,0
	28m	4,1	6m	10,0	6m	12,8	6m	12,0	6m	11,0
							20m	6,2		
						28m	6,0			

organiske belastningen er for stor, vil nedbrytningsprosesser kunne føre til at bunnvannet blir oksygenfattig, noe som kan medføre alvorlige økologiske problemer. Organisk belastning på dypvannet kan enten være direkte utslipp, eller det kan være indirekte ved sedimentasjon av planktonmateriale produsert i overflatelagene. Vår og høst får normalt hele vannmassen 4 °C og vannet blandes (sirkulerer).

Høyeste observerte overflatetemperatur i Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn er hhv. 15,8 , 15,5 og 14,8 °C, mens bunnvannet ikke har vært over 5-6 °C.

4.2. Siktedyp.

Siktedyp er det dyp der en hvit skive som senkes ned i vannet, forsvinner for øyet. Det er først og fremst avhengig av vannets innhold av partikler og løste fargede forbindelser (i de fleste tilfeller humus). En vesentlig del av det partikulære materiale i innsjøer utgjøres av planteplankton, og siktedypet kan derfor gi en indikasjon på produktiviteten i systemet. Dette forutsetter at det ikke råder spesielle forhold som for eksempel bréslam-påvirkning eller sterkt humuspåvirket vann. Siktedypsmålinger fra de tre innsjøene er ført opp i tabell 3. Verdiene ligger rundt 6m og må sies å være karakteristiske for relativt næringsfattige innsjøer.

Tabell 3. Siktedypsmålinger fra de tre vannene, Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn, 1981.

	11/6-81	14/7-81	19/8-81	16/9-81
Kovstulvatn	5,9 m	6,5 m	8,5 m	7,2 mm
Toskjærvatn	5,0 m	6,5 m	6,5 m	7,0 m
Bjårvatn	6,2 m	5,0 m	7,0 m	6,8 m

4.3. Vannkjemi.

Vannkjemiske data er ført opp i tabell 4, 5 og 6. Se også figur 8.

4.3.1. Generell vannkjemi.

I alle tre vannene er vannet svært ionefattig. Konduktiviteten er i middel ca. 1,7 mS/ m (25°C). Vannet er svakt surt. Dette gjelder særlig Bjårvatn som mottar en del vann fra de skrinne fjellene vest i området. Midlere pH-verdier er 6,22 , 6,18 og 6,12 i hhv. Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn.

Vannene er svakt humuspåvirket. Humuspåvirkningen er noe tydeligere i Bjårvatn enn i de to andre vatn. I Bjårvatn er det målt fargetall opp i 30 mgPt/l i overflaten og opp i 55 mg Pt/l i bunnvannet. I de to andre vann ligger verdiene stort sett mellom 10 og 20 mgPt/l.

Turbiditeten, som indikerer vannets innhold av partikler, er også lav. De fleste verdiene ligger rundt 0,5 FTU.

Likeledes er oksyderbarheten (KMnO_4 -forbruk) lav. Tendensen er her den samme som for fargetallene med de høyeste i Bjårvatn. Den relative forskjell i humuspåvirkning er nok hovedårsaken til de observerte forskjeller vannene i mellom mht. oksyderbarhet. I middel ligger verdiene av KMnO_4 -forbruket i de tre vannene på 3,2 , 3,8 og 3,9 mgO/l i hhv. Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn.

4.3.2. Oksygenforhold under stagnasjonsperiodene.

Tilstrekkelig tilgang på løst molekylært oksygen er en livsnødvendighet for de fleste organismer i vann. Er en innsjø hardt belastet med organisk stoff eller næringssalter, vil dette kunne føre til at oksygenet i dypvannet forbrukes under stagnasjonsperiodene. Opptrer fullstendig oksygenvinn, vil dette kunne få alvorlige konsekvenser for økosystemet. Hvis sådanne tilstander har vedvart lenge, vil bedring av forholdene etter en eventuell avlastning kunne bli en meget sen prosess.

Tabell 4. Fysisk/kjemiske og biologiske data fra overflatelaget (bland-
prøve 0-6m) i de tre angitte innsjøer 1981.

	KOVSTULVATN				TOSKJERVATN				BJÄRVATN					
	11/6	14/7	19/8	16/9	11/6	14/7	19/8	16/9	11/6	14/7	19/8	16/9	16/9	\bar{x}
Surhetsgrad	6,23	6,16	6,42	6,06	6,22	6,15	6,35	5,98	6,18	6,35	5,97	6,18	5,97	6,12
Turbiditet	0,46	0,47	0,56	0,62	0,53	0,46	0,41	0,47	0,45	0,40	0,47	0,80	0,51	0,55
Farge	12,5	12,5	15	13,8	20	12,5	17,5	17	16,8	17,5	20	30	20	21,9
Konduktivitet	1,83	1,85	1,91	1,38	1,74	1,81	1,87	1,89	1,69	1,64	1,95	1,73	1,58	1,73
Ortofosfat	1,5	1,0	<1	<1	2,0	0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Total fosfor	5,5	5	12	8	7,62	6,5	9	6	6,63	6,5	5	10	9	7,63
Nitrat + nitritt	75	<10	15	<10	60	<10	10	40	60	60	20	130	20	131
Total nitrogen	180	85	100	125	123	155	70	115	108	155	120	160	90	131
Oksyderbarhet (KMnO ₄)	3,44	3,03	3,27	3,19	3,23	4,32	3,51	3,67	3,85	4,08	4,31	4,15	3,03	3,89
Siktedyp	5,9	6,5	8,5	7,2	7,03	5,0	6,5	7,0	6,3	6,2	5,0	7,0	6,8	6,3
Klorofyll a	2,8	1,21	1,55	1,64	1,71	3,0	1,03	1,06	0,84	1,38	2,3	1,21	1,52	1,92
Algevolum v/maks kl a	456					357								749

Tabell 5. Kjemiske analyseresultater fra vertikale prøveserier i de an-
gitte innsjøer den 24. mars 1981.

	KOVSTULVATN				TOSKJERVATN				BJÄRVATN			
	2m	10m	15m	20m	2m	4m	8m	11m	2m	10m	20m	28m
Temperatur °C	2,9	3,6	3,8	3,8	2,5	3,6	3,7	3,8	1,2	3,4	3,9	4,1
Surhetsgrad	6,38	6,32	6,24	6,13	6,22	6,22	6,07	6,34	6,20	5,97	5,97	5,87
Konduktivitet	2,20	2,16	2,21	2,33	2,36	2,13	2,11	2,21	2,23	1,85	1,98	2,59
Farge	12,5	12,5	12,5	12,5	17,5	15	15	15	15	17,5	17,5	55
Turbiditet	0,27	0,28	0,48	0,33	0,27	0,23	0,23	0,26	0,25	0,34	0,31	1,52
Total fosfor	7	6	11	8	7	6	5	6	6	6	7	16
Orthofosfat	<1	<1	1,5	1,0	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,0	2,0
Nitrat + nitritt	60	70	50	80	60	60	80	80	120	70	170	220
Total nitrogen	225	225	235	225	215	215	240	200	260	220	275	440
Oksyderbarhet (KMnO ₄)	2,64	2,56	2,48	2,16	3,44	3,12	3,12	3,04	2,96	3,68	3,28	3,76
Oksygen	10,0	8,96	7,99	4,99	10,29	9,18	8,65	7,69	11,93	10,16	8,86	1,53
Oksygen metning	82	75	67	42	83	77	72	65	89	81	71	12

Tabell 6. Oksygenmålinger i de angitte innsjøers dypvann den 19. august 1981.

		Kovstulvatn		Toskjærvatn		Bjårvatn	
		15m	20m	20m	25m	20m	28m
Oksygen	mg/l	7,09	6,86	7,21	7,01	8,39	7,40
Oksygen metning	%	62	60	63	60	72	63

Det er foretatt to vertikale prøveserier, en ved slutten av vinterstagnasjonen og en ved slutten av sommerstagnasjonen. Man skulle da anta at oksygenkonsentrasjonen i dypvannet var på sitt laveste. Resultatene finnes i tabell 5 og 6. Som det fremgår var det et betydelig oksygenavtak mot dypet i Bjårvatn under vinterstagnasjonen; på 28 meters dyp var oksygenmetningen bare 12%. I Kovstulvatn var det også et markert oksygenavtak, men ikke faretruende. I Toskjærvatn lyktes det ikke å finne det dypeste punkt ved observasjonen under vinterstagnasjonen da innsjøene ennå ikke var loddet opp. Forholdene i Toskjærvatn var imidlertid trolig tilfredsstillende.

Hvis belastningen på Bjårvatn blir nevneverdig større enn den er i dag, vil fullstendig oksygenvinn kunne forekomme i dypvannet under ekstreme vintre. Man vil da kunne få frigivelse av sedimentbundet fosfor, og utviklingen i negativ retning vil kunne akselereres. Det samme vil kunne bli resultatet ved borttaking av vannføring ved regulering.

Under sommerstagnasjonen (se tabell 6) synes det ikke å være noen fare med hensyn til oksygenavtak i dypvannet i noen av innsjøene.

4.3.3. Næringssalter.

Av plantenæringssaltene er fosfor det mest sentrale element i innsjøer da dette nesten alltid er begrensende for algeveksten. Fosforverdiene i Kovstulvatn og Bjårvatn tyder på en viss forurensning, mens verdiene i Toskjærvatn er mer i tråd med hva man kan forvente i upåvirkede innsjøer i dette området (se tabell 4 og 5). Midlere fosforkonsentrasjon i overflatelagene over produksjonssesongen var for Bjårvatn og Kovstulvatn 7,6 $\mu\text{gP/l}$, mens i Toskjærvatn var 6,6 $\mu\text{gP/l}$.

I Bjårvatn ble det dessuten registrert en økning i fosforkonsentrasjonen mot bunnen under vinterstagnasjonen (16 $\mu\text{gP/l}$, samt tilstedeværelse av påviselig ortofosfat). Ses dette i sammenheng med det relativt kraftige oksygenavtaket, kan det tyde på at det skjer

en anaerob frigivelse av fosfor fra sedimentet (prøven ble tatt på 28m dyp, mens stasjonens dyp er 32m). Man må også ta i betraktning at det fortsatt er vel en måned igjen av vinterstagnasjonen; prøven ble tatt i slutten av mars, mens isen går først i mai. Ytterligere økning av bunnvannets fosforinnhold er derfor ikke usannsynlig, spesielt etter en lang og kald vinter. Dette frigitte fosforet kan bringes opp i produksjonssjiktet under sirkulasjonsperiodene, og utviklingen i eutrofierende retning vil da bli akselerert. Selv om Bjårvatn ser ut til å tåle dagens belastning, bør man være litt forsiktig med å tillate ytterligere belastning.

Nitrogen er det relativt lite av i alle innsjøene. Dette element ser derfor ikke ut til å være noe problem for innsjøenes forurensningssituasjon. Det bør imidlertid også her bemerkes at det i Bjårvatn skjer en akkumulasjon i dypvannet under vinterstagnasjonen. På 28m ble det i mars målt 440 $\mu\text{gN/l}$ i Bjårvatn. Ellers ligger total nitrogen-verdiene i alle innsjøene rundt 100 $\mu\text{gN/l}$, og som for fosfor, lavest i Toskjærvatn.

4.4. Planteplankton.

Erfaringsmessig vet man at en endring i det fysisk/kjemiske miljøet lettest vil kunne spores gjennom studier av planteplanktonets mengde og artssammensetning.

Algemengden målt som klorofyll a i sjiktet 0-6m fra de tre innsjøene er fremstilt i fig.5. Det fremgår at det er mest alger i Bjårvatn og Kovstulvatn og noe mindre i Toskjærvatn. Målt som middel over produksjonssesongen hadde epilimnion til Bjårvatn 1,92 $\mu\text{gKla/l}$, Kovstulvatn 1,71 $\mu\text{gKla/l}$ og Toskjærvatn 1,38 $\mu\text{g Kla/l}$. Alle tre vannene kommer derfor innenfor den grensen på 2 $\mu\text{gKla/l}$ som Rognerud, Berge og Johannessen (1979) anbefaler ikke overskredet for å kunne garantere økologisk stabile forhold i sjiktede innsjøer. 1,92

I alle tre innsjøene har man en utpreget forsommertopp i algemengden. Dette skyldes at etter at isen har gått, og innsjøene sirkulerer, bringes næringsrikt vann (i betydningen tilgjengelige næringssalter for algevekst) opp i produksjonssjiktet og algemengden øker raskt. Etter hvert brukes dette opp og algemengden avtar igjen. Avtaket skyldes vanligvis også beiting fra dyreplankton. Utover ettersommeren avkjøles overflatevannet (blir tyngre) og ved vindens arbeid presses temperatursprangssjiktet nedover. Næringsrikt dypvann blir da blandet inn i produksjonssjiktet på ny, og algemengden øker igjen. I Toskjærvatn er denne høsttoppen lite utpreget, noe som tyder på at bunnvannet her i løpet av sommeren ikke har akkumulert tilgjengelige næringssalter av betydning. I Bjårvatn derimot, er det en markert høsttopp.

Planteplanktonets artsammensetning er analysert bare ved en anledning, nemlig ved den dato da det ble registrert mest alger (høyest klorofyll-konsentrasjon) i de enkelte innsjøer. Resultatene er fremstilt i fig.6 og i tabell 7.

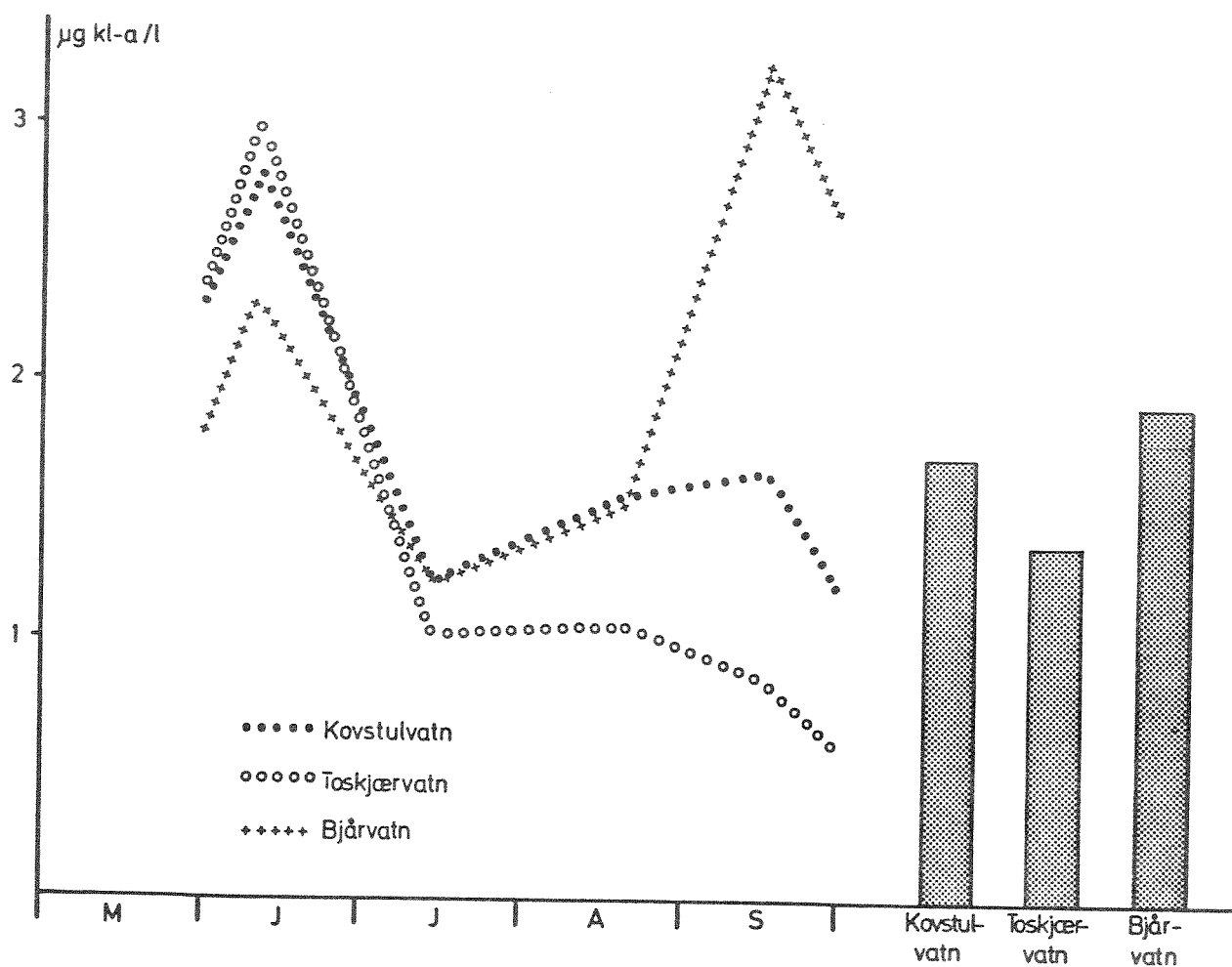


Fig. 5. Algemengden målt som klorofyll a i de angitte innsjøer, 1981. Søylen til høyre representerer tidsveide middelerdier i sjiktet 0-6 m (i produksjonssjiktet) over perioden juni - september.

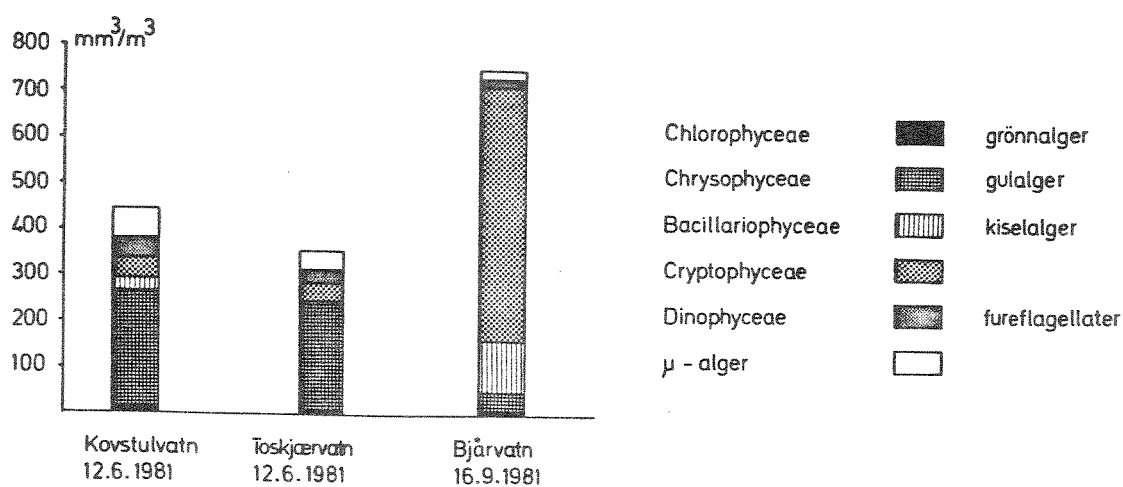


Fig. 6. Volum og sammensetning av planteplanktonet i de angitte innsjøer. Analysene er foretatt på blandprøve fra 0-6 m ved den dato da det ble registrert mest alger (målt som klorofyll).

Antallet gitt i 1000 celler pr. liter. Volumet gitt i mm³/m³.

Basert på blandprøver 0-6 m dyp.

ARTER	Bjørvatn		Kovstulvatn		Toskjervatn	
	16. SEPTEMBER		12. JUNI		12. JUNI	
	ANT.	VOL.	ANT.	VOL.	ANT.	VOL.
CHLOROPHYCEAE (grønnalger)						
<i>Chlamydomonas</i> spp.			72	3.6		
<i>Elakabothrix gelatinosa</i> Wille					3	0.1
<i>Gyromitus cordiformis</i> Skuja	1.5	0.8				
<i>Monomastix</i> sp.			19	1.4	22	1.6
<i>Monoraphidium dybowskii</i> (Wolasz.) Hind. & Kom.-Legn.	37	2.8	6	0.5	9	0.7
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkel.) Kom.-Legn.	3	0.2	12	0.9	22	1.7
<i>Oocystis submarina</i> v. <i>variabilis</i> Skuja	22	0.7				
<i>Paramastix conifera</i> Skuja			6	0.2	3	0.8
<i>Scourfieldia cordiformis</i> Tak.	9	0.2				
<i>Tetraedron minimum</i> (A.Br.) Hansg.			9	2.1	3	0.7
Ubest. coccoide grønnalger	50	2.5				
Ubest. grønn flagellat			18	1.2		
CHRYSOPHYCEAE (gulalger)						
<i>Bitrichia chodatii</i> (Rev.) Chod.	2	0.2	3	0.3		
<i>Chrysoikos skujai</i> (Nauw.) Willén					6	0.3
<i>Chrysolynos planctonicus</i> Mack			78	5.1	112	5.6
<i>Craspedomonader</i>	2	0.1	9	0.6		
Cyster av chrysophyceae			37	3.7	12	1.2
<i>Dinobryon borgei</i> Lemm.			62	1.6	59	1.5
<i>Dinobryon crenulatum</i> West & West			103	12.8	40	5.1
<i>Dinobryon cylindricum</i> Imh.			121	24.3	84	16.8
Løse celler av <i>D. cylindricum</i>			44	8.7		
<i>Dinobryon sociale</i> v. <i>americanum</i> (Brunth.) Bachm.			22	2.7	16	1.9
<i>Kephyrion</i> spp.			103	5.1	112	5.6
<i>Mallomonas akrokomos</i> Ruttn.	12	3.1	3	0.8		
<i>Mallomonas</i> sp. (18-20 x 10 µm)	6	5.9	9	8.9	3	3.1
<i>Phaeaster aphanaster</i> (Skuja) Bourr.	3	0.4				
<i>Pseudokephyrion</i> sp.			9	0.5	25	1.2
<i>Spiniferomonas</i> sp.			22	2.5	6	0.7
Små chrysomonader	165	10.7	1710	111.1	1632	106.1
Store chrysomonader	56	18.2	199	64.8	252	82.0
Ubest. chrysophycé	2	0.1	19	1.2	25	1.6
BACILLARIOPHYCEAE (kiselalger)						
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	5	2.6				
<i>Cyclotella</i> sp. (d = 10-14 µm)	167	110.8	31	28.8	6	7.7
CRYPTOPHYCEAE						
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	364	546.5				
<i>Cryptomonas</i> sp. (15-17 x 8 µm)					28	15.0
<i>Cryptomonas</i> spp. (24-28 x 12-14 µm)			6	12.4	3	6.2
<i>Katablepharis ovalis</i> Skuja	5	0.4	143	12.9	168	12.6
<i>Rhodomonas lacustris</i> (+v. <i>nanoplantctica</i>) Pasch. & Ruttn.	69	6.9	125	15.6	84	8.4
DINOPHYCEAE (fureflagellater)						
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.M.) Schrank	0.4	12.0				
Cyster av dinoflagellat			6	3.9	1.5	1.1
<i>Gymnodinium cf. lacustre</i> Schiller			56	19.6	72	25.1
<i>Gymnodinium</i> sp. (14-17 x 12-14 µm)	1.5	2.2	16	13.2		
<i>Peridinium</i> sp. (28 x 24 µm)			0.6	4.1		
µ-alger	2181	21.3	7065	70.6	4236	42.4
TOTALVOLUM		748.6		445.6		356.8

Tabell 7. Analyse av kvantitative planteplanktonprøver fra Bjørvatn, Kovstulvatn og Toskjervatn (1981), basert på blandprøver fra 0-6 m sjiktet. Prøvene er fra den dato da det ble registrert mest alger målt som klorofyll a.

I upåvirkede innsjøer av denne type, dvs. næringsfattige (oligotrofe) innsjøer, er det vanlig at gruppene Chrysophyceae og Cryptophyceae dominerer. Algevolumene går sjelden over 3-400 mm³/m³. Ved tiltagende belastning øker algevolumene i første omgang. Derneft skjer det en forandring i algesamfunnets sammensetning. Som regel er det da først kiselalgene (Bacillariophyceae) som øker sammen med visse grønnalger. Hvis forurensningen øker ytterligere, kommer gjerne blågrønnalgene mer og mer inn i bildet.

Av fig.6 fremgår det at Toskjærvatn både har det laveste algevolum og den mest naturlige planktonsammensetning av de tre innsjøene. Som ved mange av de tidligere nevnte analyseparametrene, er det også her tydelig at Bjårvatn synes mest forurenset. Dette gir seg utslag i et relativt høyt algevolum og større innslag av kiselalger enn de øvrige innsjøene. Grovt sett må imidlertid algesammensetningen sies å være god i alle tre innsjøene til tross for at påvirkning kan spores.

5. KOLIFORME BAKTERIER.

Bakterieprøvene er tatt fra ca. 4 meters dyp i alle innsjøene. Prøvene fra Kyrkjeåi er overflateprøver fra nedre del av elven. Resultatene er ført opp i tabell 8 og verdiene fra sommerhalvåret i innsjøene er fremstilt i fig.8.

Tabell 8. Bakteriologiske analyser fra Tuddalvassdraget 1981. I innsjøene er prøvene tatt på 4 m dyp, i Kyrkjeåi er prøver tatt i overflaten fra elvens nedre del (traktorveg inn til et grustak).

		Antall koliforme bakterier pr. 100 ml.			Kintall pr. ml. 20°C 72 t
		Antatte (presumtiv) 37°C	Sikre (konformativ) 37°C	Termostabile 44°C	
Kovstulvatn	24/3-81	0	0	0	90
	11/6-81	2	2	0	10
	14/7-81	33	33	33	128
	19/8-81	0	0	0	36
	16/9-81	13	13	2	28
Toskjærvatn	24/3-81	0	0	0	50
	11/6-81	0	0	0	18
	14/7-81	2	0	0	128
	19/8-81	0	0	0	42
	16/9-81	0	0	0	48
Bjårvatn	24/3-81	0	0	0	75
	11/6-81	4,5	4,5	4,5	28
	14/7-81	23	23	23	448
	19/8-81	0	0	0	11
	16/9-81	7,8	4,5	0	1409
Kyrkjeåi	24/3-81	0	0	0	512
	11/6-81	2	2	2	128
	14/7-81	2	2	0	320
	19/8-81	4,5	4,5	4,5	192
	16/9-81	23	13	0	320

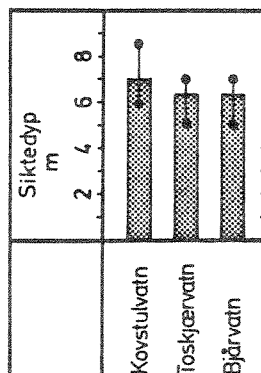
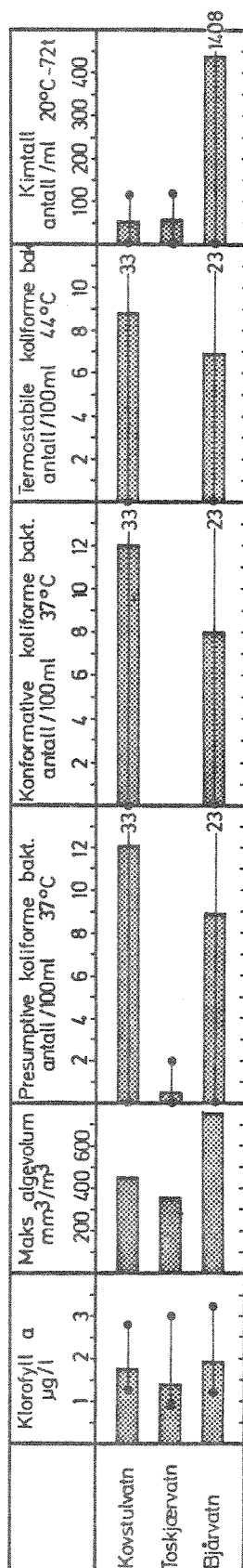
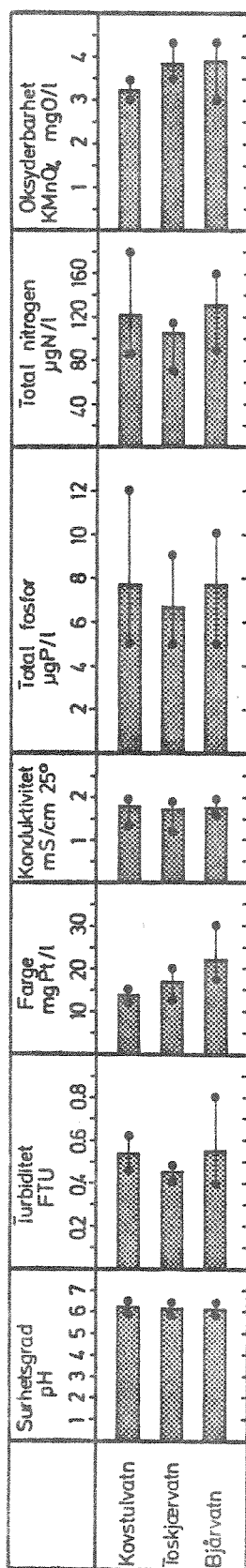


Fig. 7. Oversikt over en del parametre fra de tre innsjøene Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjærvatn 1981. Kjemiresultatene er basert på blandprøver 0-6 m, mens bakterieprøvene er fra ca. 4 m dyp. Søylene representerer middelverdier over perioden juni - september.

Også her viser resultatene at Bjårvatn og Kovstulvatn er mest forurenset av de tre innsjøene. Både i Kovstulvatn, Bjårvatn og Kyrkjeåi registreres fra tid til annen termotabile koliforme bakterier. Dette vitner om fersk fecal forurensning i det disse bakteriene stammer utelukkende fra tarmen hos varmblodige dyr. Slike bakterier kan komme både fra kloakkutslipp og fra husdyrhold. I Toskjærvatn er det ikke registrert slike bakterier i det hele tatt, og konsentrasjonene av de andre koliforme bakteriene var også lave gjennom hele undersøkelsesperioden. Hvis noen av de undersøkte lokaliteter skal nyttes som drikkevatt er altså Toskjærvatn den klart beste.

6. VURDERING AV RESIPIENTKAPASITET

Resipientkapasitet er et svært relativt begrep. Det avhenger blant annet av hvilke andre bruksinteresser som knytter seg til resipienten og/eller hvordan man ønsker at resipienten skal være etter en utbygging. Vanligvis ønsker man både å bruke vassdraget som resipient for avløpsvann og å opprettholde de andre bruksinteressene som rekreasjon (fiske, bading etc.) og vannforsyning. I slike tilfelle er det nødvendig med en vurdering av resipientkapasiteten. Den utbyggingen det her er tale om, dvs. utslipp av avløpsvann fra et turistsenter/hotell, vil først og fremst skape problemer av eutrofierende og hygienisk karakter.

For å ta det siste først; utslippet vil medføre at vannkvaliteten i det nedenforliggende vassdrag neppe vil tilfredsstille de krav man har til ubehandlet drikkevann. Imidlertid tyder undersøkelsesresultatene fra 1981 på at vassdraget allerede nå, bakteriologisk sett, er uegnet som permanent drikkevannskilde uten noen form for forbehandling (kanskje med unntak av Toskjærsvatn). Det er derfor diskutabelt om dette er noe argument.

Når det gjelder den eutrofierende effekten utslippet vil ha, tar vi utgangspunkt i at utslippets størrelse må holdes under et nivå der det kan inntre alvorlige økologiske forstyrrelser. Innsjøen Kovstulvatn, som vil være mottaker av utslippet vil, som det vil fremgå senere, være det svakeste ledd i vassdraget. Eutrofiering er kort forklart en økt tilførsel av plantenæringsstoffer og de konsekvenser dette medfører. Den første virkningen er at det blir mer alger. Går utviklingen videre, kan algesamfunnets sammensetning endres, og da som regel dithen at det blir bestående av arter som er mindre tilgjengelig som mat for neste ledd i næringskjeden. Man får opphoping av alger som for en stor del vil synke til bunns og nedbrytes der. Dette kan føre til oksygensvikt i dypvannet og frigivelse av sedimentbundet fosfor. Dette siste fører igjen til at utviklingen i negativ retning kan akselereres.

Som nevnt under kapittelet om næringsalter, er fosfor et nøkkelement i denne sammenhengen da det er en meget god forbindelse mellom tilførsel av fosfor og algeutvikling. Det finnes fosforbelastningsmodeller som gir en relativt god forutsigelse av hvordan forholdene vil bli etter

en endret fosforbelastning. Særlig empiriske modeller av Vollenweider-typen (Vollenweider 1976) har vist seg å være anvendbare. Disse modellene er basert på målte fosfortilførsler til et stort antall innsjøer og den algemengde som disse utvikler. Rognerud, Berge og Johannessen (1979) har justert denne modellen til norske forhold, dvs. de har brukt data fra et utvalg norske innsjøer som input i modellen samt kombinert beregningene med realistiske grenser for algemengde, fosforkonsentrasjon osv. Erfaring har vist at denne justerte Vollenweider-modellen gir god overensstemmelse med de kriterier vi setter til vannkvalitet. Selv om modellen egentlig er utviklet for større innsjøer enn Tuddalssjøene, så gir den også brukbare estimater om hvordan økte utslipp vil påvirke slike innsjøer. Grensene vil muligens være noe for strenge, dog ikke mye. Nyere kanadisk forskning har imidlertid vist at fosforutslipp har mye mindre eutrofierende effekt når de føres ned på dypt vann enn om de slippes ut i overflaten, som har vært og fortsatt er det vanlige. Fosforbelastningsmodellene er selvfølgelig bygget opp om at alle tilførsler skjer i overflaten (elver, bekker, nedbør, jordbruksavrenning, kloakkutslipp etc.)

I første omgang vil vi beregne hvor mye alger som utvikles i de tre innsjøene ved 90% rensing (500 p.e.) når utslippet fra rensenanlegget føres ut i overflatelaget til Kovstulvatn. La oss sette at 1 p.e. tilsvarer en fosforproduksjon på 2.5 g P/døgn som tilsvarer 0.913 kg P/år.

Påvirkning av Kovstulvatn

500 p.e.	457 kg P/år
-90% rensing	411 " "
= Tilleggsbelastning på Kovstulvatn	<u>46 kg P/år</u>

Fordeles dette på den årlige vanntilførslen $Q = 6.42 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$, får man at fosforkonsentrasjonen i Kovstulvatns tilløp vil øke med $7.2 \mu\text{g P/l}$.

Sammenhengen mellom fosforkonsentrasjonen i innløp og fosforkonsentrasjonen i sjøen er av Rognerud, Berge og Johannessen (1979) gitt ved ligningen:

$$\log \frac{(P)_\lambda}{(P)_i} = -0.029 T_w - 0.2 \quad (1)$$

der: $(P)_\lambda$ = fosforkonsentrasjonen i innsjøen
 $(P)_i$ = " " " innløp
 T_w = vannets teoretiske oppholdstid (oppfyllingstid)

Settes økingen i innløpskonsentrasjonen inn her, fås at årlig midlere fosforkonsentrasjon i Kovstulvatn vil øke med 4.4 $\mu\text{g P/l}$.

Siden man har et sparsomt materiale når det gjelder fosforkonsentrasjonen målt over året (bare 4 sommerprøver og 1 vinterprøve), lar midlere årskonsentrasjon av fosfor i hele sjøen seg bedre beregne ut fra hvor mye alger man har observert i sommerhalvåret. Her har vi relativt gode data. Sammenhengen mellom fosforkonsentrasjon og algemengde er i modellen gitt ved likningen:

$$(k\bar{1}a) = 0.42 \cdot (P)_\lambda - 0.93 \quad (2)$$

der: $(k\bar{1}a)$ = midlere klorofyll \bar{a} konsentrasjon i produksjons-sjiktet over perioden juni - september.

Man får da at årlig middelkonsentrasjon av fosfor i Kovstulvatn i dag er 6.29 $\mu\text{g P/l}$.

Legges dette til forventet øking, får man hva ny midlere fosforkonsentrasjon over året vil bli for Kovstulvatn: $(6.2 + 4.4) = 10.6 \mu\text{g P/l}$.

Settes det inn i likning (2), fås at midlere algemengde i produksjons-sjiktet i Kovstulvatn over sommersesongen vil bli 3.5 $\mu\text{g k\bar{1}a/l}$.

Dette ligger på grensen til det kritiske belastningsområdet beskrevet av Rognerud, Berge og Johannessen (1979). Det ser derfor ut til at utslippet kan føre til så sterk eutrofiering at det kan bli tale om forstyrrelser av den økologiske balanse i Kovstulvatn (når avløpet fra renseanlegget føres direkte ut i innsjøens overflatelag).

Hvordan vil dette påvirke Toskjærsvatn? En del av fosforet vil holdes tilbake i Kovstulvatn. Dette kan beregnes av formel gitt av Larsen og Mercier (1976) og Vollenweider (1976):

$$R = \frac{1}{1 + \frac{1}{\sqrt{TW}}}$$

der: R = tilbakeholdseskoeffisient for fosfor.

R blir for Kovstulvatn 0.38, dvs. at 38% av det innkomne fosfor ikke vil renne ut. Tilleggsbelastningen på Toskjærsvatn blir etter dette 28.5 kg P/år. Parallellt med beregningene over får man at midlere algemengder over sommerhalvåret i Toskjærsvatn blir 2.0 µg k_la/l etter utbyggingen. Dette er imidlertid en overestimering da det ligger et lite vann mellom Kovstulvatn og Toskjærsvatn (Gnøttingen) som også vil holde tilbake noe fosfor. Denne tilbakeholdelsen har vi dessverre ikke fått beregnet da vi ikke fikk tid til å lodde opp vannet, noe som er nødvendig for å beregne gjennomstrømmingen. Fosforretensjonen vil trolig ligge rundt 10%. Selv om vi ikke har tatt hensyn til dette, ser det ikke ut til å bli mer enn 2 µg k_la/l som sommer middel i produksjonssjiktet i Toskjærsvatn. Dette vil ikke medføre noen problemer av økologisk art.

Hvordan påvirkes Bjårvatn? Etter samme resonnement som for de to foregående innsjøer kan det beregnes at midlere algemengde over produksjonssesongen (epilimnion) vil bli 1.96 µg k_la/l mot 1.92 i dag. Bjårvatn vil altså påvirkes i liten grad når det gjelder eutrofiering.

Hvilken fosforbelastning tåler Kovstulvatn ut fra denne modellbetraktning?

Kovstulvatn ser ut til å bli det svakeste ledd i det berørte vassdrags-avsnitt, mens Toskjærsvatn og Bjårvatn ser ut til å tåle tilleggsbelastningen som turistanlegget vil medføre. Det vil derfor være interessant å se hvor stor belastning Kovstulvatn vil tåle uten å få alvorlige "sykdomssymptomer". Som nevnt er øvre grense som Rognerud, Berge og Johannesen (1979) setter med hensyn til algemengde, lik 2 µg k_la/l, målt som middel i epilimnion over sommersesongen. Denne grensen er i strengeste laget for så små sjøer som det her er tale om. Jo mindre og grunnere innsjøer, jo raskere blir omsetningen av energi i systemet. Dette kommer

først og fremst av at produksjonssjiktet kommer i kontakt med sediment-overflaten i langt større grad i en liten og grunn innsjø enn i en stor og dyp innsjø. Ut fra den erfaring vi har i dag, er trolig $2.5 \mu\text{g k}_{\text{la}}/\text{l}$ en mer realistisk grense for hvor mye alger som kan tillates som sommermiddel (epilimnion) i Kovstulvatn.

Tar vi dette som utgangspunkt, finner vi at fosforbelastningen kan øke med $19.6 \text{ kg P}/\text{år}$ utover dagens belastning. Dette tilsvarer ca. 200 p.e. Med de sanitærplanene som foreligger, synes altså den maksimale størrelse som turistanlegget kan ha, å være ca. 200 p.e.

Gjenstående muligheter

Kovstulvatn ser altså ut til å være den eneste delen av vassdraget som blir eutrofiert i betenkelig grad. Ut fra modellbetrakningen som er anvendt over, er det beregnet at innsjøen kan tåle noe under halvparten av det planlagte utslippet. Hvis turistutbyggingen skal kunne kombineres med en god vannkvalitet i Kovstulvatn, har man tre muligheter:

1. Etterrensing av utslippet fra renseanlegget ved infiltrasjon.
2. Redusere effekten av utslippet ved å føre det ut i dypet.
3. Bygge et turistsenter som er bare halvparten så stort.

Ved infiltrasjon kan man i egnede løsmasser regne med over 50% etterrensing. Det stilles imidlertid krav til løsmassenes beskaffenhet og mektighet. Hvor vidt det finnes egnede forhold for infiltrasjon må vurderes av eksperter. Slik ekspertise finnes ved Telemark distrikthøgskole i Bø. Infiltrasjon har dessuten en meget god renseeffekt på bakterier og organisk stoff.

Å redusere effekten av utslippet ved å føre det ned i dypet er et meget interessant alternativ. Interessant fordi effekten av dette ikke har vært viet noen oppmerksomhet her i Norden eller i verden for øvrig, før nå helt nylig. I Experimental Lakes Area i Canada har forskere (Schindler et al 1980) gjort slike forsøk med høyereliggende skogsinnsjøer ikke ulike Kovstulvatn. Innsjøene har vært belastet kunstig med

fosfor, nitrogen og organisk stoff (som skulle tilsvare kommunalt avløpsvann). Gjødslingen har pågått i en årrekke, 5-9 år. Resultatet her er helt entydig: Gjødsling i dypvannet ga 70% mindre effekt enn overflategjødsling. Ved tilførsel i dypet sedimenterte næringssaltene og ble bundet til sedimentet uten at algene i den belyste sone fikk utnyttet det. Dette skjedde selv om hypolimnion i store perioder ble holdt oksygenfri.

Fra forskerhold har det vært uttrykt en viss grad av forbauselse over resultatene fra Canada. Det man blant annet frykter, er at siden dypvannsutslippene bare har foregått i 5 år, har man ikke noen garanti for at innsjøen er inne i en langsom eutrofiutvikling. Ut fra Schindlers data synes det imidlertid å være lite som tyder på at en slik utvikling er i gang. Men det er jo mulig at år til år-variasjoner i meteorologiske forhold har overskygget dette.

Det andre man også har stusset ved i de kanadiske forsøkene, er at effekten ikke ble nevneverdig redusert ved at dypvannet ble holdt oksygenfritt. Man fikk ikke noen betydelig frigivelse av fosfor som den klassiske teorien tilsier. Dette har sammenheng med den sedimenttypen man ofte har i skogsvann, (dy) binder fosfor på en annen måte enn i leirholdig gytjesediment. Fosforbinding i dy-sediment er langt mindre avhengig av redoksforhold. I Kovstulvatn har man et typisk dy-sediment.

Man behøver ikke nødvendigvis få noe mer oksygensvinn i dypvannet med utslipp i dypvannet enn utslipp til overflaten. Slipper man ut i overflaten, vil dette øke produksjonen av organisk materiale. Deler av dette vil synke til bunns og nedbrytes der. Dypvannsutslipp vil føre til at denne økingen i innsjøproduisert organisk materiale blir mindre.

Hvor mye et utslipps eutrofierende effekt reduseres ved at det slippes ut på dypt vann fremfor i overflaten, er her det springende punkt. Selv om forsøkene fra Canada er overbevisende nok, tror vi at vi ikke kan satse på at effekten reduseres med mer enn 50%. Dette vil føre til at vi får en algemengde som er ca. $2.6 \mu\text{g kl}_a/\text{l}$ som sommermiddel i epilimnion i Kovstulvatn. Dette er verdier som innsjøen bør kunne tåle hvis vi f.eks. sammenlikner med de verdier man har i oppgjødslede småvann i Gausdal (Tinn). Disse innsjøene inngår i prosjektet "Gjødsling

av ørretvatn" som drives ved Telemark distriktshøgskole, og hvor det dessuten er vist at gjødslingen har en meget positiv effekt på ørret-avkastingen (ammanuensis S. Rognerud, pers. medd.) Man kan derfor regne med et bedret ørretfiske som følge av utslippet. Reduserer man turist-anlegget til 400 p.e. samt fører utslippet ut på 17 - 18 m dyp, er en sikre på at det ikke vil få uheldige økologiske konsekvenser for øko-systemet i Kovstulvatn. Det vil muligens kunne gå bra med 500 p.e. også, men her er vi usikre.

Med hensyn til renseanlegget vil kalkfelling være å foretrekke fremfor aluminiumsfelling hvis man vurderer det ut fra resipienten. Vannet i Tuddalsvassdraget er ionefattig. Ser man dette i forbindelse med den tiltakende forsuringen. f.eks. lenger vest i Hjartdalsfjellene, er det ikke urimelig å anta at også Tuddalsvassdraget vil bli påvirket i fremtiden. Et restutslipp av kalkholdig vann vil derfor bare være positivt med hensyn til å forebygge forsuring. Aluminium derimot er uheldig ved forsuring. Rundt pH 5.0 har det vist seg at det kan være meget giftig for fisk, ved at det angriper gjelleepithelet. Nå må det bemerkes at et restutslipp fra et aluminiumsfellingsanlegg som går bra, er såpass lite at det neppe kan bringe aluminiumskonsentrasjonen i vannet opp i så høye verdier at det vil være skadelig for fisken. Sulfat som slippes ut i forbindelse med Al-felling vil også være uheldig hvis det oppstår oksy-gensvikt i dypvannet. Jern vil da felles ut som uoppløslig jernsulfid og sedimentets bindingsevne til fosfor vil avta. Kalkfelling vil, i tillegg til å øke vannets bufferkapasitet, også være langt bedre enn Al-felling når det gjelder fjerning av bakterier. Fellingen foregår ved høye pH-verdier (pH 11.2 - 11.5), noe som er høyere enn hva de fleste bakterier kan tåle. Driften av anlegget er heller lettere enn ved Al-fellingsanlegg. Renseeffektiviteten er omtrent den samme ved begge anleggstyper (se Johansen 1981).

Forslag til løsning.

1. Det gjøres en grunnundersøkelse sommeren 1982 for å vurdere om det finnes egnede løsavsetninger for infiltrasjon av avløpsvannet fra renseanlegget. Hvis det finnes, burde Kovstulvatn tåle de 500 p.e.

2. Hvis ikke gode infiltrasjonsforhold finnes, reduseres turistanlegget til 400 p.e. og utslippet føres ned til 17 - 18 meters dyp.

Selv om turistutbyggingen bare vil omfatte hytter, bør eventuelle utslipp ledes ut på dypt vann, eller om mulig infiltreres i grunnen.

7. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Kovstulvatn, Toskjærvatn, Bjårvatn og Kyrkjeåi er blitt undersøkt for å kunne beskrive dagens tilstand, samt å vurdere påvirkningen fra et omsøkt turistsenter ovenfor Kovstulvatn. Turistsenteret skal omfatte 500 p.e. og ha full sanitær standard. Avløpet skal renses og ledes ut i Kovstulvatn.

Med hensyn til økologisk balanse må forholdene kunne sies å være relativt gode i alle de tre innsjøene. Kovstulvatn og Bjårvatn er imidlertid en del påvirket, særlig Bjårvatn. Toskjærvatn synes lite påvirket. I Bjårvatn ble det registrert kraftig reduksjon i oksygenkonsentrasjonen i dypvannet under vinterstagnasjonen, kun 12% metting 4 m over bunnen i slutten av mars. Bjårvatn hadde også mest alger av de tre innsjøene. I middel over sommer-sesongen var det 1.71, 1.38 og 1.92 $\mu\text{g kl}_a/\text{l}$ i produksjonssjiktet til henholdsvis Kovstulvatn, Toskjærvatn og Bjårvatn, mens høyeste målte algevolum var henholdsvis 456, 357 og 749 mm^3/m^3 . Algesamfunnets sammensetting tydet på at Bjårvatn var mest påvirket i eutrofierende retning.

Med hensyn til hygienisk forurensing var forholdene også best i Toskjærvatn. Det er da også det eneste vannet som ikke har direkte utslipp av kloakk. Alle de andre lokalitetene, inkludert Kyrkjeåi, var fra tid til annen påvirket av fersk fekal forurensing. Ut fra de relativt få bakteriologiske analyser som er gjort, synes Toskjærvatn å være den eneste lokalitet som tilfredsstiller helsemyndighetenes krav til ubehandlet drikkevann.

Det omsøkte utslipp, 500 p.e. til Kovstulvatn vil, selv om det blir rensert med 90% effektivitet på fosfor og organisk stoff, føre til at det blir mer alger i Kovstulvatn enn detsom kan anbefales. Midlere algemengde i produksjonssjiktet over sommersesongen ser ut til å være 3.5 $\mu\text{g kl}_a/\text{l}$, mens det ikke bør være over 2.5 hvis økologisk stabile forhold skal kunne garanteres. De andre vassdragsavsnitt synes å bli påvirket kun i ubetydelig grad.

Hvis det finnes egnede løsmasser for infiltrasjon av utslippet fra renseanlegget, vil dette kunne føre til så effektiv etterrensing at også Kovstulvatn vil komme fra turistutbyggingen uten alvorlige mén. Infiltrasjonsmulighetene må imidlertid undersøkes først.

Hvis ikke infiltrasjonsmuligheter finnes, kan den eutrofierende effekten på Kovstulvatn reduseres ved å føre utslippene ned på dypt vann. Effekten av dypvannsutslipp er lite studert i Norden, så vi er litt usikre på om Kovstulvatn vil tåle så mye som 500 p.e.. 400 p.e. skulle imidlertid kunne gå.

Med tradisjonelle overflateutslipp vil Kovstulvatns resipientkapasitet med hensyn til eutrofiutvikling være 200 p.e. med 90% rensing på fosfor og organisk stoff.

Uansett hvilket alternativ som velges, vil turistanlegget medføre at det nedenforliggende vassdrag blir uegnet som ubehandlet drikkevann.

8. LITTERATUR

- Johansen, O.J., 1981 : Felling med kalk i mindre renseanlegg kan løse mange driftsproblemene. Drift. Kloakkrens. Inf. 2/81. NTN
- Larsen, D.P. and H.T. Mercier, 1976 : Phosphorus Retention Capacity of Lakes. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 1742 -1750
- Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen 1979: Telemarksvassdraget - hovedrapport fra undersøkelserne i perioden 1975 - 79. NIVA : 0-70112, 82 sider.
- Vollenweider, R.A., 1976 : Advances in Defining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake Eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33 : 53-83.
- Schindler, D.W., T. Ruzsyczynski and E.J. Fee, 1980 : Hypolimnion Injection of Nutrient Effluents as a Method for Reducing Eutrophication. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37 : 320-327.