

Tilstand og utvikling
for Hallarvatn, -
vannkilden til
AL. Frøylaks,
Frøya, Sør-Trøndelag

Atle Kambestad og
Geir Helge Johnsen

Rådgivende Biologer AS
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING



Rapport nr. 31. * Juni 1990



Rådgivende Biologer AS

INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

RAPPORT

NR. 31

RAPPORTENS TITTEL

Tilstand og utvikling for Hallarvatn, vannkilden
for AL. Frøylaks, Frøya i Sør-Trøndelag.

FORFATTERE

Atle Kambestad

G. Johnsen

cand.scient. Atle Kambestad dr.philos. Geir H. Johnsen

OPPDRAGSGIVER

AL. Frøylaks,
7263 Hammarvik.

OPPDRAGET GITT

20.juni 1990

ARBEIDET UTFØRT

21.-26.juni

RAPPORT DATO

26.juni 1990

RAPPORT-SAMMENDRAG

1. Hallarvatn ble befart 21.-22.juni 1990.
2. Vannet er middels næringsrikt, noe som er høyere enn forventet ut fra nedslagsfeltet.
3. Den rapporterte blågrønn-algeoppblomstringen var på retur under befaringen.
4. Det er sannsynlig at den store fiskedøden har sammenheng med algeoppblomstringen, som forbrukte oksygenet i vannet om natten og medførte nedsatt gjellefunksjon.
5. Det forventes ikke hyppige oppblomstringer av denne størrelse i framtiden, men muligheten er til stede.
6. Ved iverksetting av strakstiltak og en beredskapsplan vil en kunne redusere mulighetene for fiskedød.

EMNEORD

1. Settefiskoppdrett
2. Vannkvalitet
3. Blågrønnalgeoppblomstring

SUBJECT ITEMS

1. Smoltproduction
2. Vannkvalitet
3. Blue green bloom

ADRESSE : LADEGÅRDSGATEN 9, N-5035 SANDVIKEN

TELEFON : 05 - 31 02 78

TELEFAX : 05 - 31 62 75



FORORD

Rådgivende Biologer har på oppdrag fra AL Frøylaks gjennomført en enkel vurdering av vannkvaliteten i Hallarvatn,- vannkilden for settefiskanlegget. Rapporten baserer seg på en befaring utført av *cand.scient.* Atle Kambestad 21.-22.juni, vurdering av tidligere innsamlende opplysninger vedrørende vannkvalitet og nedslagsfeltet forøvrig, samt aktuelle driftsdata fra settefiskanlegget.

Bakgrunnen for undersøkelsen er en kraftig algeoppblomstring tidlig i juli i år som ble etterfulgt av massedød i settefiskanlegget. En har derfor lagt særlig vekt på å vurdere årsak til og virkning av algeoppblomstringen, samt fare for nye oppblomstringer og tiltak for å gardere seg mot algeforårsaket fiskedød i fremtiden.

Rapporten vil søke å besvare følgende fem spørsmål:

- 1) Hvorfor døde fisken ?
- 2) Hvordan er situasjonen i vannkilden ?
- 3) Hvorfor er situasjonen slik ?
- 4) Hvilke tiltak kan eventuelt iverksettes for å bedre på forholdene :
 - i forbindelse med forholdene i vannkilden ?
 - i tilknytning til oppdrettsanlegget ?
- 5) Hvilke overvåkingsrutiner bør etableres for å kontrollere situasjonen i vannkilden ?

Rapporten er utarbeidet av *cand.scient.* Atle Kambestad og *dr.philos.* Geir Helge Johnsen, og algeprøvene er bearbejdet av *cand.scient.* Jorun Egge. Vannprøvene innsamlet i forbindelse med befaringen er analysert av Chemlab Services as. Bergen.

Rådgivende Biologer AS står inne for de faglige vurderinger gjort i denne rapporten, men fraskriver seg ethvert ansvar for eventuelle økonomiske og eller driftsmessige konsekvenstep knyttet til vurderingene.

Rådgivende Biologer takker for oppdraget.

Bergen, tirsdag 26. juni 1990.



INNHold

	side
Forord	3
Innhold	4
Sammendrag	5
Vassdragsbeskrivelse	6
Innsjøbeskrivelse	10
Dybdeforhold	10
Vannkvalitet	12
Næringsrikhet	13
Veisalt	14
Algeplankton	14
Dyreplankton	15
Fiskebestander	16
Hvorfor døde fisken	17
Risiko for nye algeoppblomstringer	19
Tiltak for å unngå fiskedød	21
Forslag til overvåkingsrutiner	24
Referanser	25

FIGURER

	side
1: Teoretisk normalavrenning fra Hallarvatn	7
2: Vollenweider-diagram for Hallarvatn	8
3: Dybdekart for Hallarvatn	11
4: Temperatur-profil Hallarvatn 21.juni 1990	12
5: Oksygen-profil Hallarvatn 21.juni 1990	12

TABELLER

	side
1: Forhold knyttet til nedslagsfeltet	6
2: Teoretisk beregnet tilførsel av næringssalter	7
3: Arealer og volumer for Hallarvatn	10
4: Vannkjemiske analyseresultat 21.juni 1990	13
5: Alger i Hallarvatn 12. og 21.juni 1990	14
6: Dyreplankton i Hallarvatn 21.juni 1990	15
7: Resultat prøvafisket i Hallarvatn 21.juni 1990	16



SAMMENDRAG

Basert på en befaring fortatt 21.-22.juni 1990, og innsamling av en del data fra oppdretter og andre instanser, har Rådgivende Biologer as. foretatt en enkel vurdering av tilstanden i Hallarvatn.

Hallarvatn ligger nederst i et tre kilometer langt vassdrag på sørsiden av Frøya. Vegetasjonen i området består stort sett av lynghei, myr og små og spredte områder med dyrket mark. Det er lite bosetting i området. Vassdraget forventes således ikke å være næringsbelastet. Området er imidlertid benyttet til hvile- og hekkeområde for grågjess, som i perioder kan tilføre vassdraget betydelige mengder gjødsel.

Hallarvatn er en grunn innsjø med største dyp på 14 meter og med vannutskifting ca seks ganger årlig. Det ble ved befaringen observert høyt oksygenforbruk i dypvannet, og skillet mellom varmt overflatevann og kaldere dypvann lå på mellom 4 og 5 meter. Næringssaltmengdene i Hallarvatn og Melkestadvatn ved befaringen tyder på middels næringsrike forhold. De observerte verdiene er høyere enn forventet.

I vannprøver tatt 12.juni i Inntaksvannet og 21.juni i Hallarvatn ble det funnet til dels store mengder av blågrønnalgen Anabaena. Resultatene viste at den rapporterte oppblomstringen i vannets øverste fire metre var på retur den 21.juni.

Det er høy sannsynlighet for at den store fiskedød som opptrådte i settefiskanlegget til Frøylaks i første halvdel av juni var forårsaket av høy algetetthet i tilførselsvannet fra Hallarvatn. Algene reduserte oksygeninnholdet i vannet om natten, og førte i tillegg til nedsatt gjellefunksjon hos fisken.

Tidsforskyvningen i fiskedøden mellom de to driftsbygningene kan forklares ved at det ene vanninntaket i utgangspunktet lå under algelaget i Innsjøen, men at algene ble dradd ned også til dette inntaket ettersom dypvannet i det lille bassenget ved demningen ble forbrukt.

Næringssaltkonsentrasjonene i Hallarvatn var ved befaringen ikke så høye at en skal kunne forvente gjentatte og hyppige algeoppblomstringer gjennom sesongen av den størrelse som man opplevde i begynnelsen av juni. Oppblomstring av blågrønnalger kan være et resultat av uheldig sammentreffende omstendigheter. En mild vinter med mye nedbør, etterfulgt av en varm og nedbørsfattig vår, kan ha forårsaket denne oppblomstringen. Når forholdene likevel har gitt et slikt resultat, må en være forberedt på at oppblomstringer kan inntreffe igjen neste år, eller allerede inneværende år,- dog i mindre målestokk.

Vi vurderer mulighetene for å unngå at fisken i anlegget dør som følge av algeoppblomstringer i Hallarvatnet, for gode. Selv om det i dette vassdraget ser ut til å være få muligheter for å redusere algeveksten, kan en ta enkelte forholdsregler for å beskytte fisken i anlegget. Flytting av vanninntak til hovedbassenget i Hallarvatn, samt mulighet for inntak av vann på varierende dyp, vil være nødvendig. I tillegg vil vi anbefale at mulighet for bedre lufting og eventuell filtrering av vannet vurderes.

Vi vil tilslutt anbefale innføring av gode overvåknings- og registreringsrutiner både ved anlegg og i vannkilde, samt at det utarbeides en beredskapsplan for umiddelbare tiltak ved eventuelle nye oppblomstringer.



VASSDRAGSBESKRIVELSE

Hallarvatn ligger nederst i et tre kilometer langt vassdrag på sørsiden av Frøya. Vegetasjonen i området består stort sett av lynghei, myr og små og spredte områder med dyrket mark. Vassdraget forventes således ikke å være næringsbelastet. Området er imidlertid benyttet til hvile- og hekkeområde for grågjess, som i perioder kan tilføre vassdraget betydelige mengder gjødsel.

NEDSLAGSFELTET

AL Frøylaks benytter Hallarvatn som vannkilde for settefiskanlegget. Vannet ligger nederst i et vassdrag med flere overforliggende vann. Tabell 1 lister opp sentrale forhold for nedslagsfeltet. Vi har på basis av disse opplysningene foretatt en enkel vurdering av vannføring for å kunne beregne hydrologisk belastning og vannutskiftingshyppighet i Hallarvatn. Vi har benyttet NVEs beregningsmetoder i dette arbeidet.

Tabell 1: Sentrale forhold knyttet til nedslagsfeltet til Hallarvatn på Frøya.

Forhold	Verdi
Nedslagsfeltstørrelse	4.2 km ²
Hvorav innsjøer	0.25 km ²
Effektiv innsjøprosent	4.7 %
Midlere årlig avrenning / km ²	35 l/s
Midlere årlig avrenning falt	147 l/s
Midlere 7-døgns minstevannføring sommer	15.4 l/s
Midlere 7-døgns minstevannføring vinter	33.1 l/s
Hydrologisk belastning	29 m/år

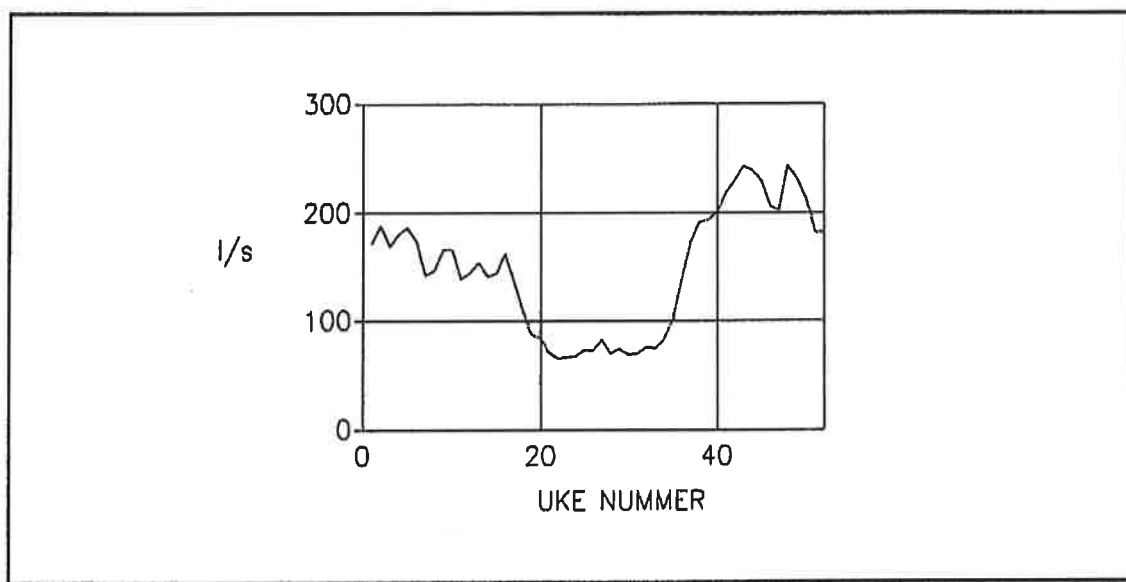
Midlere 7-døgns minstevannføringer er teoretisk beregnet til å være 15,4 liter/sekund om sommeren og 33,1 liter/sekund om vinteren (tabell 1), ut fra NVEs LAVANTI-modell. Middelaavrenningen for området er på 35 liter/sekund/km² (fra NVEs avrenningskart for Norge), noe som gir 147 liter/sekund i avrenning for hele nedslagsfeltet. Fordeling av avrenningen over året (figur 2) er beregnet fra NVEs typehydrogram for kystsonen, og viser en lav avrenning fra mai til september.

Hallarvatns hydrologiske belastning, som er forholdet mellom vannets middeldyp og omsetningstid på vannmassene i innsjøen, er beregnet til å være 29 m³ pr.år / m² (=m/år). Grunnlaget er gjennomsnittlig årlig tilrenning på 0.15 m³/s, og et innsjøareal på 0.16 km².



Nedslagsfeltet består stort sett av ubebodd lynghei, med få og små flekker dyrket mark. I alt er det fire bolighus i området. Aktiviteten i nedslagsfeltet har vært sterkt begrenset de siste 15 årene, da en har søkt å opprettholde best mulig vannkvalitet i vannkilden til oppdrettsanlegget.

Vannet er imidlertid flittig besøkt av grågås. Om våren og høsten brukes vannet som opphold for ofte over 100 gjess om gangen under trekket, mens det gjennom sommeren brukes som hekkeområde for vanligvis 5-11 par. Hvert par har ca 5 unger.



Figur 1: Teoretisk normalavrenning ved utløp av Hallarvatn fordelt på årets 52 uker.

Tabell 2: Teoretisk beregnet årlige næringssalttilførsler til Hallarvatn fra nedslagsfeltet.

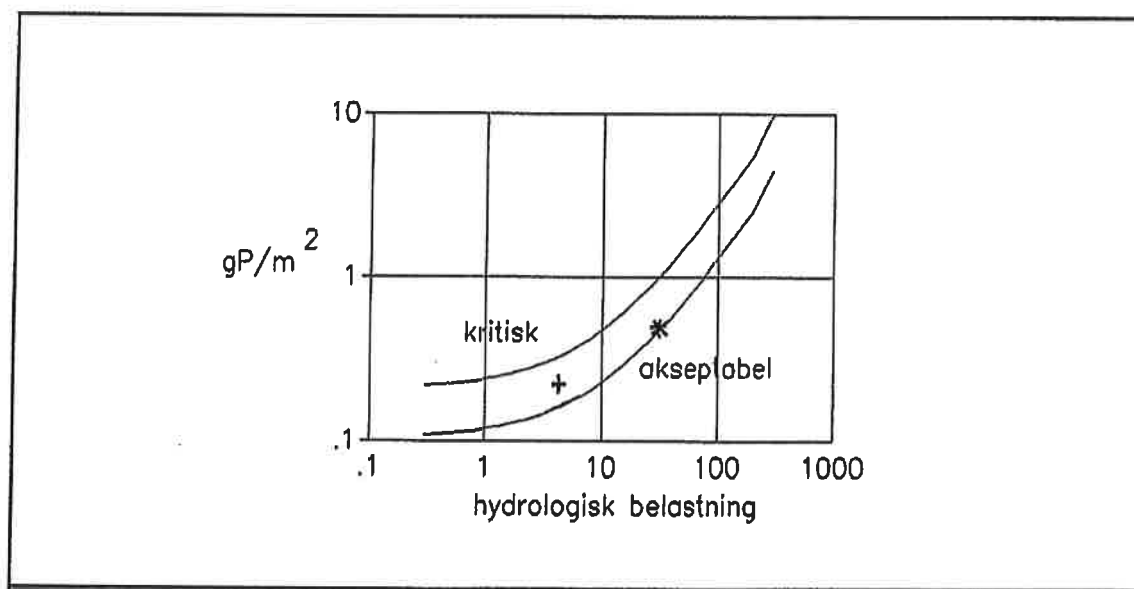
Kilde	Antall	Mengde N	Mengde P
Personer	ca 10	40 kg	5.5 kg
Gjess	ca 50	60 kg	7.5 kg
Fjell/myr	ca 3.9 km ²	600 kg	24 kg
Dyrket mark	ca 0.1 km ²	550 kg	15 kg
Nedbør på vannflate	ca 0.2 km ²	240 kg	6 kg
TOTALT ca		1490 kg	58 kg



Verdiene for fosfor-tilførselen i tabell 2 er anslått ut fra følgende forutsetninger:

- 1) Gjess har på denne aktuelle tiden et meget høyt matinntak, med store utslipp av gjødsel. Hver gås kan spise opp til 250 gram tørrstoff pr. dag. Vi har anslått mengden gjødsel til å være ca 1 gram/dyr/dag med fosfor. Dette baserer seg på et fosforinnhold i føden på 0.5 g fosfor/100 g tørrvekt, samt et opptak på ca 20% av dette. Vi har videre regnet at i gjennomsnitt 50 gjess oppholder seg i nedslagsfeltet/ved vannet i 4-5 måneder pr år.
- 2) Anslagsvis 10 personer er bosatt i nedslagsfeltet, og disse bidrar med 0.73 kg fosfor / person / år, hvorav 75% tilføres vassdraget. For nitrogen er verdiene 4.38 kg / person / år, hvorav 90 % tilføres vassdraget. Alle tall fra LENKA-metode nr 9.3 (Ibrekk 1988).
- 3) Tilførsler av næringssalter fra nedslagsfeltet er forøvrig beregnet i henhold til LENKA-metode nr 9.3 (Ibrekk 1988).

Den samlede belastning er så satt opp mot Hallarvatns hydrologiske belastning. Vi har videre vurdert belastningen sommerstid separat, da vannutskiftinger på denne tid er minimal og tilførslene fra gjessene størst. Vi har da regnet med 100% av gjessenes belastning, 30% av befolkningens og 15% av nedslagsfeltets årsbelastninger for perioden fra uke 20 til uke 35, da middelavrenningen er ca 70 liter / sekund.



Figur 2: Vollenweider-diagram for Hallarvatn viser sammenhengen mellom næringssaltbelastning som gram fosfor pr. kvadratmeter vannoverflate (oppover) og hydrologisk belastning (bortover). Den nederste kurven på figuren antyder grensen for teoretisk "akseptabel" belastning, mens den øverste viser grensen for "kritisk" belastning. Hallarvatn er markert med stjerne (*) for årsbelastning, og pluss (+) for sommerbelastning isolert.



Fra figur 2 er det klart at Hallarvatnet mottar akseptable og under "kritiske" mengder nærings-salter på årsbasis, men sommerstid med ekstremt liten vannutskifting kan belastningen være over "akseptabel" men såvidt under "kritisk" nivå mhp. fosfor.

For lengre tørkeperioder vil det imidlertid ikke være gjennomstrømning i vannet i det hele tatt, og næringsstoffer som tilføres vannet direkte, - for eksempel fra fuglegjødsel, vil kunne ha en umiddelbar og betydelig virkning på algeveksten i Innsjøen.



INNSJØBESKRIVELSE

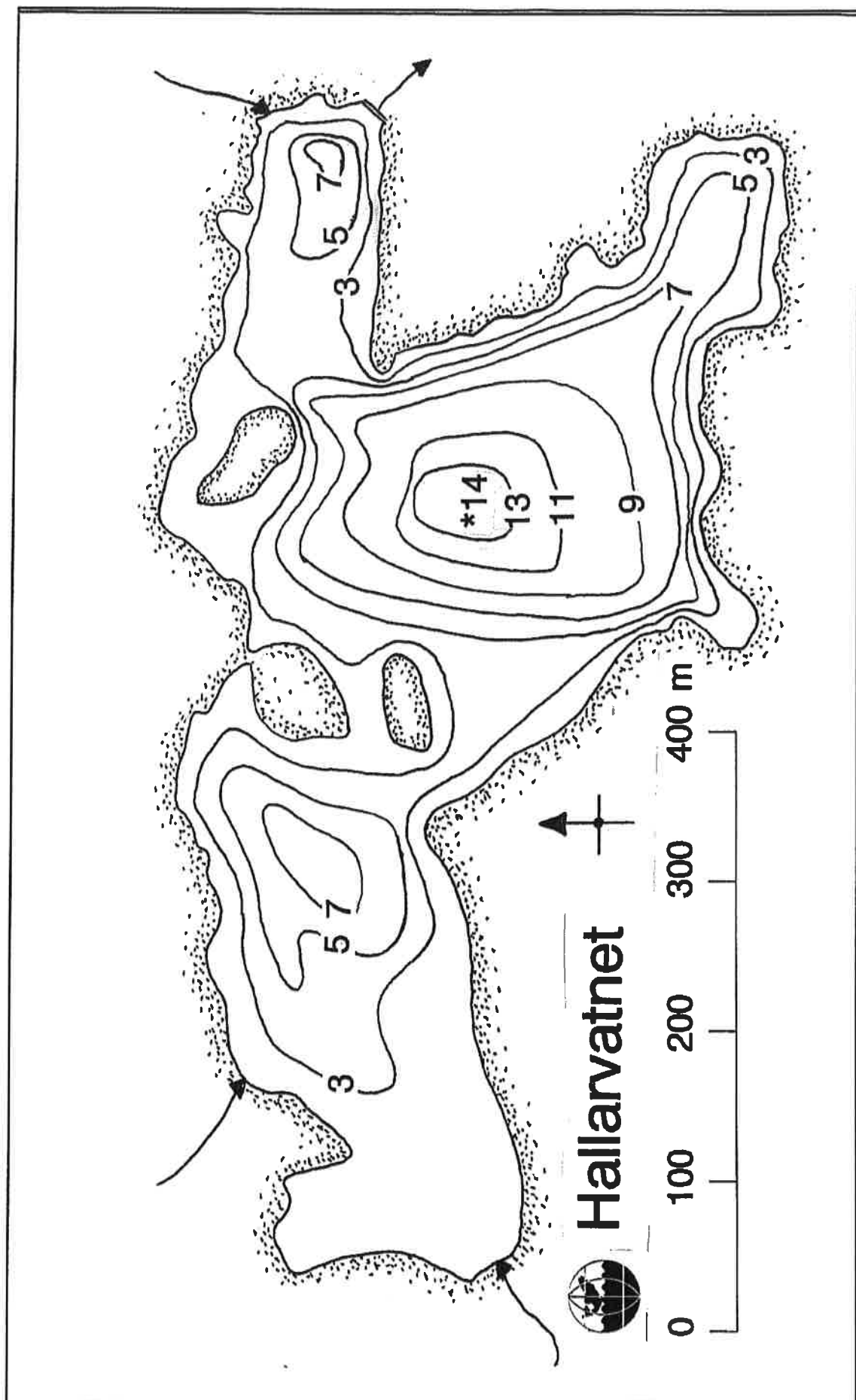
Hallarvatn er en grunn innsjø med største dyp på 14 meter og med vannutskifting ca seks ganger årlig. Det ble ved befaringen observert høyt oksygenforbruk i dypvannet, og skillet mellom varmt overflatevann og kaldere dypvann lå på mellom 4 og 5 meter. Næringssaltmengdene i Hallarvatn og Mølkestadvatn ved befaringen tyder på er middels næringsrike forhold. De observerte verdiene er høyere enn forventet.

DYBDEFORHOLD

Hallarvatn ble loddet opp med ekkolodd under befaringen. Vannet hadde da en vannstand som var ca en meter under maksimal høyde. Alle dyp det refereres til i denne rapporten vil derfor relateres til denne vannstanden. Største dyp ble funnet til 14 meter, og vannet består av tre bassenger (figur 3). Vestre og østre basseng har begge et dyp på ca 7 meter, med terskeldybde på vel 3 meter mot hovedbassenget i midten. Vannet er 0.16 km² stort, og har et volum på 773.200 m³ (tabell 3). Vannet i innsjøen skiftes ut ca. seks ganger årlig.

Tabell 3: Arealer og volumer beregnet fra dybdekart (figur 3).

DYBDE	SKIKT	AREAL (m ²)	VOLUM (m ³)
0 m		160.150	-
	0- 3 m	-	396.775
3 m		103.700	-
	3- 5 m	-	167.350
5 m		63.650	-
	5- 7 m	-	105.000
7 m		41.350	-
	7- 9 m	-	64.300
9 m		22.950	-
	9-11 m	-	30.850
11 m		7.900	-
	11-13 m	-	9.250
13 m		1.350	-
	13-14 m	-	675
			773.200

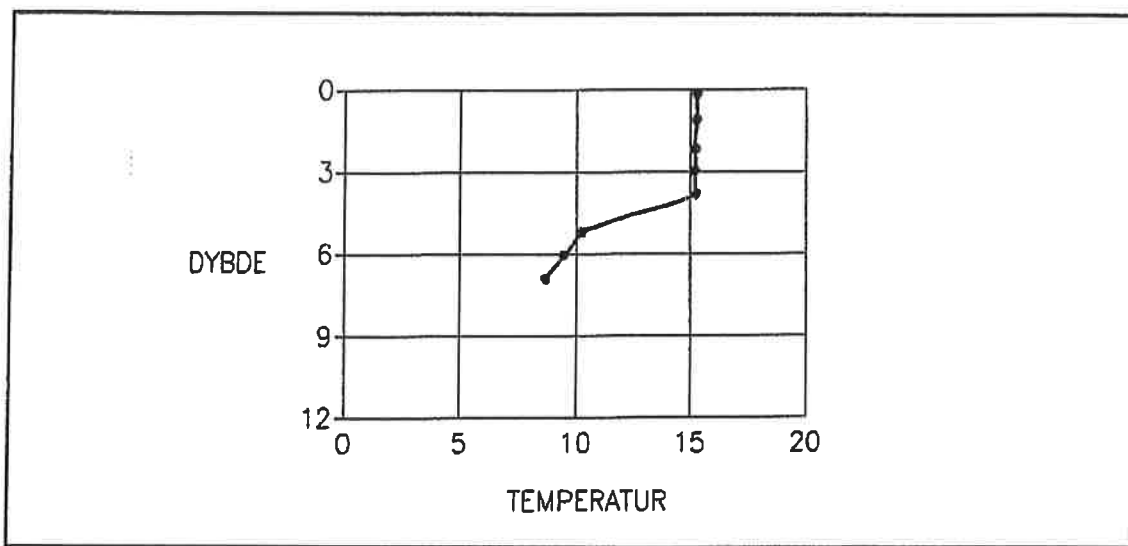


Figur 3: Dybdekart for Hallarv

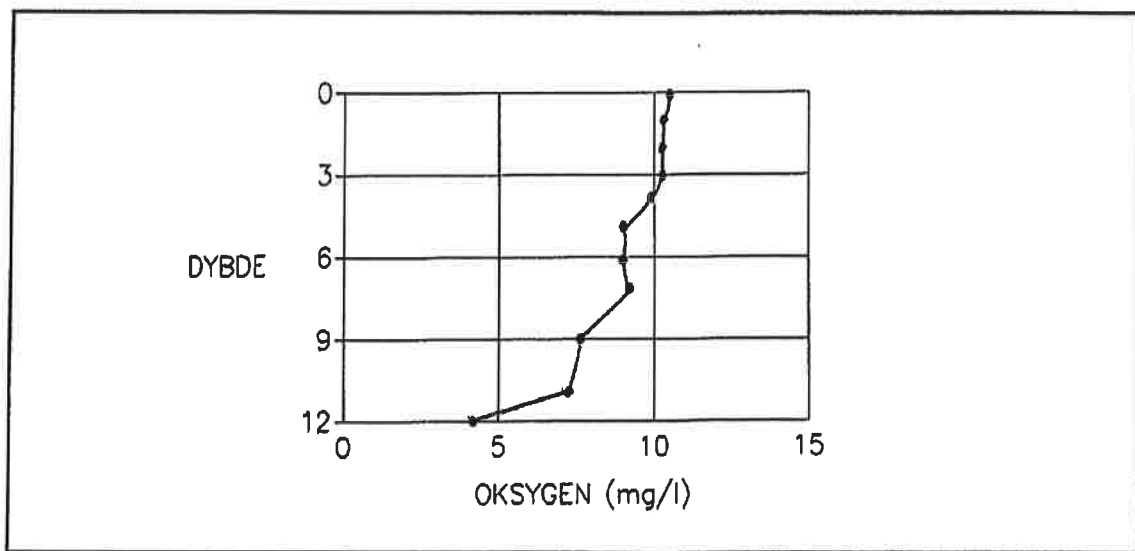


VANNKVALITET

Ved befaringen ble det målt oksygen og temperatur i vannsøylen ved det dypeste punktet i vannet. Temperaturen var vel 15 grader fra overflaten og ned til og med fire meter, hvorefter den sank til omtrent åtte grader på sju meters dyp (figur 4). Oksygenmetningen var på vel 100% i de øverste fire metrene, sank fra rundt 80% på 5-7 meters dyp ned mot under 40% på 12 meters dyp (figur 5).



Figur 4: Temperaturmålinger i Hallarvatnet 21.juni 1990 ved det dypeste punktet i vannet.



Figur 5: Oksygenkonsentrasjoner i Hallarvatnet 21.juni 1990 ved det dypeste punktet i vannet.



Det ble under befaringen samlet inn fire vannprøver som ble analysert for næringssaltene fosfor (total P) og nitrogen (total N). I tillegg ble tre av dem analysert for kalsium (Ca) og klorid (Cl), og i en vannprøve fra dypvannet i Hallarvatn ble det målt ledningsevne. Prøvestedene var:

- 1) Hallarvatnet 12.5 meters dyp (filtrert 90 μm)
- 2) Hallarvatnet blandeprøve 1 og 2 meters dyp (filtrert 90 μm)
- 3) Hallarvatnet blandeprøve 1 og 2 meters dyp (ufiltrert)
- 4) Melkestadvatnet blandeprøve 1 og 2 meters dyp (ufiltrert)
- 5) Bekk mellom Melkestadvatnet og Hallarvatnet (ufiltrert)

Resultatene fra analysene er vist i tabell 4:

Tabell 4: Analyseresultat for vannkjemiske forhold undersøkt i de fem vannprøvene samlet inn under befaringene. Prøvene er nummerert som i listen ovenfor.

Analysert for	1	2	3	4	5
Klorid (mg/l)	-	28.44	-	24.26	24.98
Kalsium (mg/l)	-	5.1	-	4.9	35.0
Total N ($\mu\text{g/l}$)	-	534	470	265	398
Total P ($\mu\text{g/l}$)	-	16	14	23	6
Konduktiv. (mS/m)	355	-	-	-	-

NÆRINGSRIKHET

Resultatene fra tabell 4 viser at Hallarvatnet og Melkestadvatnet er middels næringsrike innsjøer. Nå skal det understrekes at konklusjoner basert på enkeltmålinger ikke er så solide som ønskelige, men ut fra Statens Forurensningstilsyns "Vannkvalitetskriterier for ferskvann" (SFT 1989) vil en forvente at totalfosfor skal være lavere enn 7 $\mu\text{g P/l}$ og totalnitrogen lavere enn 150 $\mu\text{g N/l}$ (tall for "naturligtilstand" i "Kystnære lavlandsområder på Vestlandet og til Nord-Norge").

Videre er prøvene tatt på en tid da næringssaltene i stor grad er i omløp i det biologiske kretsløp, slik at en skal kunne forvente lavere verdier enn ellers i året. Vurderer en likevel de observerte konsentrasjoner i forhold til SFTs "tilstandsklasser", der I er næringsfattig og IV er næringsrik, vil Hallarvatnet klassifiseres som tilstand III. "Forventet naturligtilstand" vil være klasse I, slik at en kan slå fast at vannet er "næringsbelastet" med fosfor og med nitrogen.



VEISALT

Det har vært spekulert i om veivesenets salting med kalsiumklorid på grusveiene i området kan ha medvirket til algeoppblomstringen i Hallarvatn. Vi kjenner imidlertid ikke til sammenhenger som kan forbinde veisaltet med algeoppblomstringen, da veisaltet kun inneholder CaCl_2 (77-80%), NaCl (2-3%) og krystallvann (17-20%) (ifølge leverandøren Norsk Hydro). Her er ikke noe som skulle gi økt grunnlag for algevekst, selv om høye verdier av kalsium og klorid ble målt i de tre vannprøvene.

ALGEPLANKTON

Det ble sendt inn en vannprøve med alger tatt i karene den 12.juni 1990, og det ble tatt en ny prøve i Hallarvatn under befaringen 21.juni. Resultatene fra begge disse er presentert i tabell 5:

Tabell 5: Algesammensetning i vannprøve tatt i oppdrettskarene 12.juni og i Hallarvatn 21.juni 1990. Antall celler er i millioner pr. liter, volum er i μm^3 og volum pr. liter er i millioner $\mu\text{m}^3/\text{liter}$.

Algetype	12.juni 1990		21.juni 1990	
	Celler	Volum/l	Celler	Volum/l
Bacillariophyceae:				
<u>Navicula</u> sp.	0.02	2.4	0.02	2.4
Chlorophyceae:				
<u>Chlamydomonas</u> sp.	0.02	3.4	0.17	28.9
<u>Ankistrodesmus</u> sp.	0.36	18.0	0.15	10.0
<u>Pyramimonas</u> sp.	-	-	0.02	0.7
<u>Chlorella</u> sp.	-	-	0.15	0.8
<u>Coelastrum</u> sp.	-	-	0.20	22.6
Ubestemt 7 μm stor	1.50	-	-	-
Chryptophyceae:				
<u>Rhodomonas</u> sp.	0.02	4.0	0.14	28.0
Ubestemt	0.03	6.6	0.03	6.6
Chrysophyceae:				
<u>"Ochromonas"</u> sp.	-	-	0.19	40.0
Cyanophyceae:				
<u>Gloeocapsa</u> sp.	0.43	-	-	-
<u>Anabaena</u> sp.	7.50	4000	2.0	540
<u>Gomphosphaeria</u> sp.	-	-	funnet	-
Ubestemt flagellater 5 μm stor	0.95	17.0	10.30	160
Ubestemt flagel. < 2 μm stor	2.35	-	-	-
Ubestemt monader < 5 μm stor	-	-	6.03	90
Ubestemt monade < 2 μm stor	6.95	-	-	-



Begge prøvene fra Hallarvatn var totalt dominert av blågrønnalgen Anabaena, som består av kjeder med celler som ligger næstet sammen. Den siste prøven tatt i Hallarvatnet på 1 og 2 meters dyp 21.juni, inneholdt adskillig mindre Anabaena, og cellene så adskillig "dårligere" ut enn ni dager tidligere. Det kan derfor se ut som om algeoppblomstringen er på retur, etter å ha vart i sannsynligvis tre uker.

Siktedypet i Hallarvatn ble den 21. juni målt til 2 meter, mens det under algeoppblomstringen to uker tidligere var på under 0.5 meter. Dette tyder på at algemengden har vært meget høy, og adskillig høyere enn det algeprøvene antyder.

Prøven tatt på 1 og 2 meters dyp i Melkestadvatnet 22.juni besto av mest små flagellater,- som er en mer "ufarlig" type alger. Rhodomonas var også mer tallrik enn i Hallarvatnet, og dominerer sannsynligvis i mengde. Det ble kun funnet et par celler av Anabaena i denne prøven, noe som tilsvarer ca 800 celler/liter,- altså svært lavt. Melkestadvatn hadde altså ikke hatt en tilsvarende stor oppblomstring som den i Hallarvatn, og inneholdt ikke blågrønnalger i betydelige mengder.

DYREPLANKTON

Under befaringen ble det tatt ett 11 meter langt vertikalt hovtrekk (90 μ m duk) etter dyreplankton i Hallarvatnet. Dette inneholdt mye dyr og individer av relativt store arter (tabell 6). Dette tyder på at det ikke er for mye småfisk i vannet, da det ellers ville vært dominert av små og mindre synlige individer. Det må også understrekes at hovtrekket sannsynligvis er tatt i selve dyreplanktontoppen denne sesongen, da det blant vannloppene ble funnet både hunner med egg, hunner med hvileegg og også hanner. Dette er typisk for bestander i og like etter selve bestandstoppen midtsommers.

Tabell 6: Dyreplanktonarter funnet i et vertikalt hovtrekk (90 μ m duk) i Hallarvatnet 21.juni 1990.

Dyreplankton type	Prosent i prøven	Største ind.
Vannlopper		
<u>Daphnia longispina</u>	8.4 %	ca 2.0 mm
<u>Daphnia galeata</u>	25.2 %	ca 1.5 mm
<u>Diaphanosoma brachyurum</u>	5.2 %	ca 1.0 mm
<u>Bosmina longispina</u>	27.1 %	ca 0.7 mm
Hoppekreps		
<u>Eudiaptomus</u> sp.	27.1 %	ca 1.5 mm
<u>Cyclops</u> sp.	7.0 %	ca 1.0 mm
I alt tatt 217 dyr	100 %	



FISKEBESTANDER

På dagtid 21. juni ble det fanget 7 ferskvannsrørreter (*Salmo trutta*) på garn i Hallarvatnet. Det ble benyttet 3 garn med varierende maskevidder fra små til middels størrelse. Ørretene var av usedvanlig god kvalitet, både angående størrelse, kondisjon og kjøttfarge (tabell 7). De var imidlertid alle parasittert, enten av cyster av måkemakk utenpå innvollene, av voksne bendelorm inni mage/tarm, eller av begge deler. Alle ørretene hadde middels eller høy magefyllingsgrad. Mageinnholdet varierte en del mellom individene, men besto i hovedsak av stingsild, daphnier og insekter (tabell 7).

Det ble observert svært få stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) langs land, og også ekkoloddingene som ble foretatt under befaringen tyder på en meget tynn bestand av disse.

Tabell 7: Resultatene fra prøvefisket i Hallarvatn 21.juni 1990.

Art	Lengde	Vekt	Kond.	Kjønn	Farge	Mageinnhold	Para.
Ørret	33 cm	480 g	1.34	Hunn	Rød	7 ss / 1 l.l.	-
Ørret	33 cm	475 g	1.32	Hunn	Rød	1 ss / D.	B / M
Ørret	40 cm	900 g	1.41	Hunn	Rød	1 ss / 6 Sn.	M
Ørret	43 cm	1100 g	1.38	Hunn	Rød	9 ss	M
Ørret	37 cm	700 g	1.38	Hunn	Rød	D.	B
Ørret	26 cm	280 g	1.59	Hann	Rød	3 ss / 6 l.l.	B / M
Ørret	29 cm	310 g	1.27	Hann	Lysrød	4 ss	M

ss = stingsild, l.l. = Insekt larve, D = Daphnia, Sn. = Lymnea snegl
B = Bendelorm, M = Måkemakk



HVORFOR DØDE FISKEN ?

Det er høy sannsynlighet for at den store fiskedød som opptrådte i settefiskanlegget til Frøylaks i første halvdel av juni var forårsaket av høy algetetthet i tilførselsvannet fra Hallarvatn. Algene reduserte oksygeninnholdet i vannet om natten, og førte i tillegg til nedsatt gjellefunksjon hos fisken. Tidsforskyvningen i fiskedøden mellom de to driftsbygningene kan forklares ved at det ene vanninntaket i utgangspunktet lå under algelaget i innsjøen, men at algene ble dradd ned også til dette inntaket ettersom dypvannet i det lille bassenget ved demningen ble forbrukt.

HVA SKJEDDE ?

Om morgenen 6. juni ble det funnet store mengder død fisk i karene i anlegget (bl.a. 17 826 yngel). Vannet var sterkt farget, og oksygenkonsentrasjonen var lavere enn vanlig. Yngelen som fremdeles levde ble båret over i den eldste driftsbygningen, hvor vannet ennå var noenlunde bra. Etter få dager (10. juni), ble også dette vannet sterkt misfarget, og mesteparten av fisken døde. Kun ca 40.000 yngel overlevde, og disse viste tydelige tegn på mistrivsel. Dessuten døde 36.769 smolt.

Dødeligheten opptrådte hovedsaklig om natten, og det ble målt adskillig lavere oksygenkonsentrasjoner i karene om natten enn om dagen. Undersøkelser av gjellene på død fisk viste belegg av alger og slim, og en algeprøve som ble sendt til oss viste at algesamfunnet var dominert av blågrønnalger (*Anabaena* sp.). I følge oppdretter var det på denne tiden under en halv meters siktedyp i Hallarvatn. En dykker observerte at vannet var svært uklart i de øverste fire metrene, men rent og klart under.

Ettersom vanninntakene til settefiskanlegget lå på noe forskjellig dyp, intraff fiskedøden forskjellig i de to driftsbygningene. Det vanninntaket som tok inn alger først, lå på ca. 3.5 meter, mens det på 4 meters dyp først tok inn alger av betydning 4 dager etter. Dette kan forklares ved at begge inntakene ligger i det lille bassenget ved demningen. Dette bassenget er avskilt fra resten av innsjøen av en terskel på i mellom 3 og 4 meters dyp. Tapping av vann i dette lille bassenget vil derfor hele tiden bli erstattet med overflatevann fra hovedbassenget. Uansett hvor dypt en legger inntaket i dette lille bassenget ved demningen er det kun et spørsmål om kort tid før en har dratt ned grensen for varmt og eventuelt algerikt vann til inntaksslangen.

ALGEOPPBLOMSTRING

Alger bruker oksygen om natten, og så store algetettheter som det i dette tilfellet er berettet om kan utvilsomt senke oksygeninnholdet betydelig i overflatevannet. Dette gjelder særlig i slike vindstille perioder hvor innblandingen av nytt oksygen fra luften er beskjeden. Dessuten vokser blågrønnalger av slekten *Anabaena* sammen i lange kjeder og opptrer som nøster, som kan sees med det blotte øye. Disse kan redusere fiskens gjellefunksjon ved at de samles opp på gjellene, irriterer og forårsaker slimdannelse.



I tillegg har enkelte arter av Anabaena til tider vist seg å kunne utskille gift under spesielle forhold. Det er imidlertid svært vanskelig og arbeidskrevende å undersøke giftigheten av en enkelt stamme av alger. Deres eventuelle giftinnhold kan endres i løpet av kort tid avhengig av de fysiske/kjemiske forhold i vatnet, og må eventuelt umiddelbart påvises på levende alger av eksperter. Vi vurderer imidlertid situasjonen slik at det ved slike store oppblomstringer som den beskrevne i Hallarvatnet i år, er algenes negative påvirkning på oksygeninnhold i vannet og på fiskens gjellefunksjon i seg selv nok til å drepe fisken ved kvelning.



RISIKO FOR NYE ALGEOPPBLOMSTRINGER

Næringssaltkonsentrasjonene i Hallarvatn var ved befaringen ikke så høye at en skal kunne forvente gjentatte og hyppige algeoppblomstringer gjennom sesongen av den størrelse som man opplevde i begynnelsen av juni. Oppblomstring av blågrønnalger kan være et resultat av uheldig sammentreffende omstendigheter. En mild vinter med mye nedbør, etterfulgt av en varm og nedbørsfattig vår, kan ha forårsaket denne oppblomstringen. Når forholdene likevel har gitt et slikt resultat, må en være forberedt på at oppblomstringer kan inntreffe igjen neste år, eller allerede inneværende år,- dog i mindre målestokk.

ALGEOPPBLOMSTRINGER

Våren og forsommeren er den årstid når de fleste innsjøer på våre breddegrader har naturlig algeoppblomstringer. Dette skyldes at det har samlet seg opp mye av de viktigste nærings-saltene (nitrogen og fosfor) gjennom vinteren. Disse blir først nyttet av algene når lysmengden og temperaturen i overflatevannet har kommet opp på et nivå hvor algene kan formere seg raskt.

Størrelsen på algeoppblomstringene kan være avhengig av flere faktorer: mengde næringssalter, værforhold, mengde dyreplankton som spiser algene og vanntemperaturen. Stille og varmt være gir de beste vilkårene, mens vind og regn demper vekstbetingelsene og skyller ut nærings-saltene for algene. Enkelte typer alger er god føde for dyreplankton, og vil dermed kunne holdes i sjakk, mens f.eks. blågrønnalger ikke spises i særlig grad.

Etter den første store algeoppblomstringen om våren fjernes mye av næringssaltene i og med at algene etterhvert spises opp eller synker ned på bunnen. Senere oppblomstringer vil derfor sjelden være så store uten at det tilføres spesielt store mengder næringssalter utenfra. Slike tilførsler skyldes vanligvis kloakk, jordbruksavrenning eller gjødsel fra dyr.

RISIKO

I nedslagsfeltet til Hallarvassdraget er det kun 4 hus og svært lite jordbruksaktivitet. Det er derfor ikke trolig at kloakk eller jordbruksavrenning kan ha påvirket næringsforholdene i vassdraget nevneverdig. Områdene rundt Hallarvatnet, og i noen grad resten av nedslagsfeltet, er imidlertid i økende grad blitt benyttet av grågjess til hvile- og hekkeområde. Store deler av strandområdene rundt vatnet var under befaringen sterkt befengt med fuglegjødsel.

Det er vanskelig å tallfeste særlig nøyaktig hvor mye nitrogen og fosfor gjess tilfører vassdraget. Våre beregninger tyder på at det året sett under ett ikke er så store mengder, men at det tilføres vannet og dets strandsoner direkte, og i den perioden når det kan gjøre mest skade. Det er vanlig med stille, varm værperiode i tiden rett etter at de største konsentrasjonene av gjess har hatt et hvile- og beiteopphold ved Hallarvatnet.



Næringssaltkonsentrasjonene i vassdraget under befaringen lå over det som regnes som vanlig naturtilstand, og tyder derfor på en viss tilførsel. De var imidlertid på dette tidspunkt ikke så høye at en skal kunne forvente gjentatte og hyppige algeoppblomstringer gjennom sesongen av den størrelse som man opplevde i begynnelsen av juni. Det faktum at dette ikke har forekommet tidligere i de 15 årene det har vært tatt vann til settefiskanlegg fra Hallarvatn, tyder også på at det har vært et sammentreff av flere uheldige omstendigheter som har gitt en slik eksepsjonell algemengde.

Selv om det er lite sannsynlig at en vil få oppleve like store algeoppblomstringer senere i år, og at sjansen for framtidige oppblomstringer er moderat, vil vi likevel anbefale at en opprettholder en nøye overvåkning av situasjonen og en god beredskapsplan.



TILTAK FOR Å UNNGÅ NY FISKEDØD

Vi vurderer mulighetene for å unngå at fisken i anlegget dør som følge av algeoppblomstringer i Hallarvatnet, for gode. Selv om det i dette vassdraget ser ut til å være få muligheter for å redusere algeveksten, kan en ta enkelte forholdsregler for å beskytte fisken i anlegget. Resultatet er avhengig av gode overvåkningsrutiner, enkelte endringer/investeringer i installasjoner, og en beredskapsplan for umiddelbare tiltak ved nye oppblomstringer.

REDUKSJON AV ALGEVEKSTEN

I Innsjøer med for stor algevekst anbefaler vi vanligvis å redusere tilførslene av næringssalter fra nedslagsfeltet. I dette vassdraget er det imidlertid så lite tilrønning fra husholdninger og jordbruk at vi ikke kan se at det er hensiktsmessig å forsøke å redusere dette ytterligere. Gjessene kan nok i perioder tilføre betydelige mengder næringssalter til vassdraget gjennom gjødselen, men disse er det vanskelig å gjøre noe med.

Et balansert økosystem med store vannlopper (Cladocera) har størst evne til å motvirke oppblomstring av blågrønnalger. I Hallarvatnet er det riktignok stingsild som kan fjerne de største vannloppene, men stingsilden ser ut til å være fåtallig og under press fra den store ørreten. Dette gjenspeiles i at dyreplanktonsamfunnet i Innsjøen er dominert av store arter, som er effektive til å kontrollere algesamfunnet. Det er derfor av stor betydning at en søker å bevare den storvokste ørreten i vatnet, og ikke verken overfisker den eller lar den bli for tallrik og småvokst.

UNNGÅ ALGER I INNTAKSVANNET

Algene trenger lys for å vokse, og oppholder seg derfor hovedsaklig i det øvre, oppvarmete skikt av Innsjøene. Dybden på laget varierer mellom Innsjøer, og er hovedsaklig styrt av vannets lysgjennomtrengelighet og blandingsforholdet i de øvre vannlagene. Blågrønnalger er i tillegg i stand til å flyte opp dersom det er vindstille.

I Hallarvatnet var dette varme overflatelaget ved befaringen i underkant av fem meter tykt. Dette samsvarer med observasjoner gjort av dykker, som under årets store algeoppblomstring fant at vannet relativt klart under fire meters dyp. Disse observasjonene tyder på at en ved å flytte vanninntaket dypere vil kunne unngå alger i oppdrettsekarene. Den omtalte dykker flyttet også inntaket ned under algelaget, noe som ga merkbart klarere vann i anlegget.

Imidlertid vil en senking av inntaksslangen i det lille bassenget ved demningen kun gi en kortsiktig sikkerhet mot algene. Dette skyldes at terskelen mot Innsjøens hovedbasseng er så grunn at vannet kun vil bli erstattet med overflatevann. Volumet i denne dyplommen er så lite ($10\,000\text{ m}^3$ under 4 meter) at en ved et vannforbruk på $4\text{ m}^3/\text{min}$ vil bruke opp bunnvannet på under to døgn, for så å dra ned algeholdig vann i inntaket. En bør derfor forlenge inntaksslangene ut til hovedbassenget, og så pass langt ut at en ligger over minst 10 meters dyp. Først da har en rimelig spillerom angående dyp og volum.



Imidlertid er vannet under overflatelaget betydelig kaldere. Under befaringen falt temperaturen fra ca 15 til ca 9 grader Celsius på en strekning på 2.5 meter nedover fra overflatelaget (fra 4.5 til 7 meters dyp). En vil få betydelig lavere vekst på fisken ved å bruke kaldt bunnvann istedenfor overflatevannet.

En annen faktor som må tas i betraktning er at oksygenet i bunnvannet ikke fornyes i løpet av sommersesongen, og at det ved så høy produksjon som det tilsynelatende er i Hallarvatnet, vil være mye organisk materiale som synker ned til bunnen og forårsaker oksygenforbruk ved bakterievirksomhet. Det var allerede under befaringen mulig å observere en merkbar nedgang i oksygeninnhold nedover i det kalde bunnvannet. Det er mulig at dette i år i stor grad skyldes nedbryting av døde alger fra den spesielt store algeoppblomstringen, men forbruket av oksygen vil fortsette helt til i september, da nedkjøling av overflatelaget igjen tillater omrøring av vannet med ny tilførsel av oksygen fra luften.

Oksygeninnholdet i bunnvannet bør også overvåkes kontinuerlig, slik at en unngår å få inntaket for dypt ned hvor oksygeninnholdet er for lavt. Det laveste innholdet av oksygen i bunnvannet vil en oppleve i slutten av august/begynnelsen av september, like før høstomrøringen. Likeledes vil en finne perioder med oksygensvinn ved bunnen om vinteren etter at Innsjøen har vært islagt i lengre perioder.

Dessuten endres tykkelsen av overflatelaget noe gjennom sommersesongen. Vanligvis øker den jevnt, og kan i et vann som Hallarvatnet bli ca 0.5 meter tykkere pr. måned frem til høstomrøringen i september. En bør derfor ha god mulighet for å kunne endre inntaksdypet på kort varsel.

En står altså overfor en balansegang mellom flere faktorer når en skal finne ideelt inntaksdyp for vanntilførselen til fiskeanlegget. Et ideelt inntaksdyp kan vanligvis være nederst i det varme laget. Algeoppblomstringer vil ofte begynne øverst. Ved å overvåke siktedyp i Innsjøen og være særlig observant i perioder med flere dager med lite vind og mye solskinn, vil en kunne senke inntaket noe før algeoppblomstringene når sin topp.

Ved å ha en reguleringsmekanisme for inntaksdypet, vil en kunne benytte seg av fordelene med å kunne bruke bunnvann om vinteren. Dette vil vanligvis være varmere enn overflatevannet under kalde, vindstille eller islagte perioder, og ofte ligge opp mot 4 grader Celsius. Men i slike tilfeller bør en følge oksygeninnholdet nøye.

Et alternativ til en reguleringsmekanisme for inntaksdyp er å ha faste inntak på flere dyp, som f.eks. 4 og 7 meter. Dette vil ikke være så fleksibelt, men vil i de fleste tilfeller gjøre nytten hvis en har mulighet for å blande vann fra de to dypene før det serveres fisken. En vil kunne tynne ut algene og opprettholde en akseptabel temperatur.

FILTRERING / LUFTING

Alger lar seg også filtrere bort. Dette gjelder i særlig grad slike filamentøse, kolonidannende som blågrønnalger ofte er. Et Unik-filtrer på vanninntaket eller deler av dette, med maskevidder på forslagsvis 250 μ m og 100 μ m, vil kunne hindre mesteparten av algene i å nå anlegget. En ville imidlertid fortsatt ha en del av problemene med redusert oksygeninnhold i vannet om natten under store algeoppblomstringer. Det er derfor viktig at vannet luftes godt før det serveres fisken, og at det ved behov tilsettes oksygen. Jo bedre lufting, jo mindre behov for oksygentilsetning.



OVERVÅKING / REGISTRERING

Uansett hvilke tiltak en velger å ta i bruk, er det helt avgjørende for en sikker drift at en overvåker miljøet både i karene og i innsjøen systematisk, og at det føres loggbok som kan undersøkes i ettertid. Først da kan en trekke den nødvendige lærdom om hvilke tiltak som vil fungere best i de enkelte situasjoner. Vi vil i det følgende kapittel komme med forslag til en del overvåkingsrutiner som bør benyttes.



FORSLAG TIL OVERVÅKINGSRUTINER

Siktedyp: Måles ukentlig i perioden april - oktober. Daglig i perioder med stille vær og sol, og spesielt om våren/forsommeren.

Siktedyp måles med en Secchi-skive (hvit, rund plate med diameter 20 cm) som senkes ned i vannet. Reduksjon i siktedypet er oftest et resultat av økt alge-mengde, og vil kunne fungere som et mål på dette og kunne brukes som et varslingsystem.

Temperatur og oksygeninnhold: Måles ukentlig hele året. Registreres for hver hele meter nedover i vannsøylen ved vannets dypeste punkt. Begge forhold bør måles og registreres i anlegget daglig.

Temperatur og oksygeninnhold må måles med neddykkbar sonde. Det er viktig at oksygenmåleren er nøyte kalibrert.

Algeprøve: Samles inn ukentlig i perioden april - oktober. Taes fra vann blandet likt fra 0, 1 og 2 meters dyp.

Algeprøvene fikseres med 5 dråper lugoloppløsning og oppbevares mørkt og kjølig. De bør bevares for at en eventuelt i ettertid skal kunne gå tilbake og undersøke hva som skjedde. Et utvalg av ca 2 prøver hvert år kan sendes til analyse for å holde kontroll med hvilke algetyper som er de dominerende. Det tar for lang tid å få analysert algeprøver til at det er hensiktsmessig å bruke dem som forvarsel på algeoppblomstringer.

Næringssalter: Total-fosfor og total-nitrogen analyseres i vannprøver fra 0 + 2 meters dyp og fra 12 meters dyp samt fra 0 + 2 meters dyp i Møkestadsvatn. Utføres 2. hver måned fra mars til september.

Vannprøvene fylles på syrevaskete plastflasker (ca. 0.5 liter) og fryses til de kan sendes til analyse. Det kan være hensiktsmessig å levere dem inn samlet ved sesongslutt.

En serie næringssaltmålinger gjennom en sesong vil gi et atskillig bedre bilde på næringsstatus, og derved grunnlag for algevekst, enn det enkeltmålinger gjør. Etter noen år med slike vil en også ha et brukbart grunnlag for å uttale seg om utviklingen i vassdraget.

Surhet: Måles ukentlig i overflaten. Bør følges både av hensyn til fiskens velvære direkte, og som et mål på hvilke svingninger algeveksten kan forårsake i pH. Måleapparatet bør kalibreres med buffere før bruk.

Driftsregistreringer: I tillegg til de omtalte målinger, bør alle vesentlige driftsdata registreres. Dette for at en skal kunne rekonstruere situasjonene rett før og under uhell, og trekke lærdom av det som har hendt. En bør for eksempel registrere systematisk alle målinger en foretar av vannet og fisken i anlegget, endringer i driftsrutiner, forbruk, oksygenering, flytting av inntaksslanger osv.



REFERANSER

IBREKK, H.O. 1988.

Beregning av forurensningstilførsler til sjøområder. Forenklet metode.
LENKA-metode nr 9.3., 20 sider.

SFT, 1989.

Vannkvalitetskriterier for ferskvann.
Statens forurensningstilsyn.