

Bjørkelangen — Hydrologiske tiltak for å dempe algeveksten og tilgroingen med makrovegetasjon

Av Øivind Løvstad og Torodd Hauger

Øivind Løvstad er forsker i Limno-consult.
Torodd Hauger er ansatt som vassdragsforvalter ved Miljøvernavdelingen i Østfold.

INNLEDNING

Bjørkelangen har utviklet seg til å bli en eutrof innsjø med store årvisse oppblomstringer med bl.a. giftproduserende blågrønnalger og innsjøens gruntvannsområder har grodd til med makrovegetasjon (elvesnelle, takrør, sjøsivaks). Til tross for de tiltak som hittil er gjennomført i kommunal regi og innen landbruket for å redusere tilførselen av plantenæringsstoffer til sjøen, er det ikke registrert nedgang i algeveksten eller tilbakegang av makrovegetasjonsbeltene. På den kommunale sektor er ca. 3 500 p.e. tilknyttet kjemiske renseanlegg, mens tilkobling av ca. 500 p.e. gjenstår. Tiltak innenfor landbruket har hittil hovedsaklig bestått i utbedringer av gjødselanlegg og siloanlegg.

Da vannmassenes midlere oppholdstid bare er 0,25 år, er det rimelig å anta at også rehabiliteringstiden er relativ kort — med andre ord tiden fra tiltakene er gjennomført til innsjøen har tilpasset seg de nye forholdene. Med dette som utgangspunkt kan det allerede nå fastslås ved rimelig god sikkerhet, at de forurensningsbegrensede tiltak som er og vil bli gjennomført,

ikke alene vil gi den ønskede vannkvalitet i Bjørkelangen. Det blir med andre ord nødvendig å vurdere supplerende tiltak — tiltak som har til hensikt å dempe «symptomene» og ikke årsakene til eutrofieringen.

Tiltak for å redusere den interne gjødslingen fra bunnsedimentene er tidligere blitt vurdert av Gulbrandsen (1985) — bl.a. oksygenering av hypolimnion, kjemisk stabilisering av sedimenter m.m. Da undersøkelsen påviste relativt liten utlekking av fosfor fra sedimentene til de øvre vannmasser, var konklusjonen at slike tiltak ville gi små nytteeffekter i forhold til kostnader/inn-sats.

Vøllestad (1983) har vurdert mulighetene for å dempe algeveksten ved å manipulere med fiskebestandene. Selv om denne utredningen konkluderte negativt med hensyn til mulighetene for slike tiltak, bør ideen likevel ikke forlates. Nye forskningsresultater antyder at algeveksten kan dempes enten ved store uttak av dyreplanktonspisende fiskearter eller/og utsetting av rovfiskarter som spesielt predaterer planktonspisende fisk.

En annen metode for å dempe overgjødningseffekten, kan være å endre innsjøens hydrologiske karakter.

Overvåkingsundersøkelser de siste årene viser at algemengden og spesielt mengden blågrønnalger reduseres i forhold til det normale under somme med mye nedbør/stor vannføring — dette til tross for at det under slike situasjoner transporteres mer næringsstoffer til sjøen enn normalt. Tilsvarende forhold ble registrert i Årungen 1985 (egne upubliserte data). Det er rimelig å anta følgende hovedårsaker til dette:

- Kortere oppholdstid for vannmassene i epilimnion/«utspyling» av alger.
- Større partikkelpåvirkning/dårligere lysklima.
- Høyere vannstand/større sirkulasjonsdyp.

Artikkelen gir en teoretisk vurdering av hvilke effekter økt vannføring samt høyere og mer stabil vannstand i sommermånedene vil ha på utviklingen av plankton-alger og makrovegetasjonen i Bjørkelangen.

Morfometriske og hydrologiske forhold.

Tabell 1 viser viktige morfometriske data og teoretisk oppholdstid for Bjørkelangen.

Bjørkelangen er en relativt liten og middels grunn innsjø ($A = 3,3 \text{ km}^2$; $z = 7 \text{ m}$). Ingen vannføringsmålinger er utført for denne delen av vassdraget. Normalavrenning er på ca. 14—16 l/s km^2 . Tilført vannmengde til Bjørkelangen blir utfra dette 90—100 millioner m^3 pr. år, hvilket tilsvarer en teoretisk oppholdstid på ca. 0,25 år.

Fig. 1 viser temperaturforholdene i Bjørkelangen 1984 og 1985. Den vertikale temperaturfordeling i juli og august tyder på at bare 25—50% av vannvolumet deltar i den eksterne vannutskiftingen. I vindstille, solrike perioder er også de øverste 2—4 m stratifisert. Dersom temperaturen i vannet som strømmer inn i Bjørkelangen er lik temperaturen i epilimnion, hvilket vanligvis er tilfelle, vil en meget effektiv vannutskifting av de øvre vannmasser kunne finne sted i nedbørrike perioder.

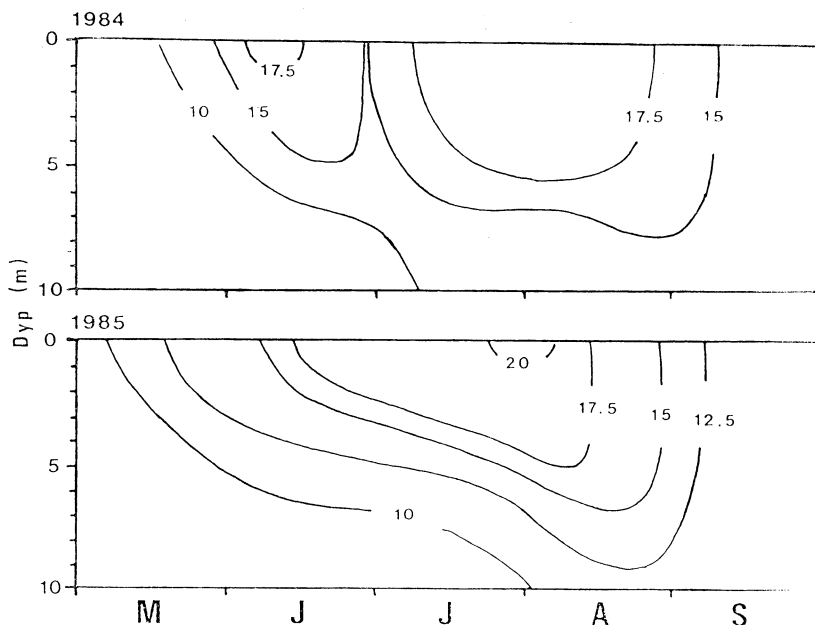
Fosforinnhold, suspendert stoff og algemengde.

Tabell 2 viser tidsveide verdier for turbiditet, suspendert stoff, siktedyp, total fosfor (TP) og algemengde i sommersesongen 1982—1987. Bjørkelangen må karakteriseres som en eutrof, erosjonspåvirket innsjø. Algemengden er relativt lav i forhold til

Tabell 1. *Morfometriske og hydrologiske forhold.*

Overflateareal A km^2	Volum V 10^6 m^3	Middeldyp \bar{z} m	Størstedyp z_m m	Reguleringshøyde m	Nedbørfeltetsareal km^2	Teoretisk oppholdstid år
3,3	25	7	12	1,36	200	0,25

Figur 1. Temperaturforholdene (°C) i Bjørkelangen 1984 og 1985.



næringsnivået. Dette skyldes primært et dårlig lysklima i vannmassene pga. høyt innhold av suspendert stoff, men korte oppholdstider og fosforbegrensning kan også temporært dempe algeutviklingen.

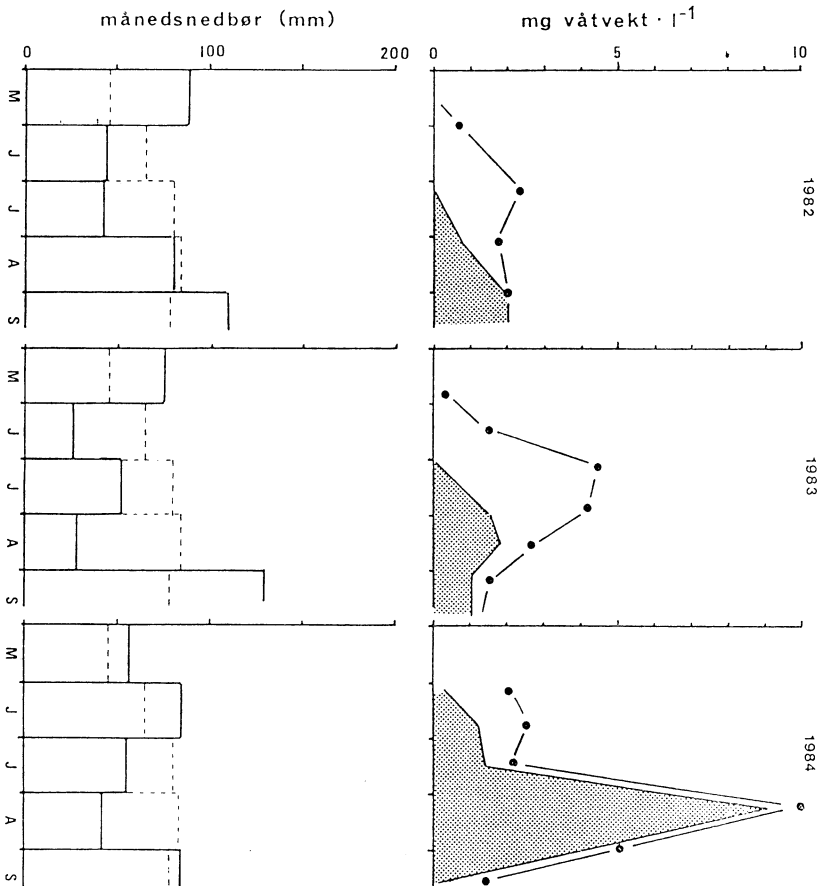
Utvikling av blågrønnalger i forhold til nedbør.

Liten nedbør om sommeren fører vanligvis til mindre tilførsler av suspendert stoff og dermed bedre lysforhold for algene. Lite sommer-

Tabell 2. Tidsveide middelerverdier (1. juni — 30. september)

	Turb. FTU	Susp. stoff mg/l	Sikte- dyp m	TP µg/l	Algemengde mg våtvekt/l
1982	8		0,85	27	1,9
1983	13		0,6	54	2,4
1984	10	7,1	0,95	35	3,8
1985		8,4	0,85	45	2,2
1986		8,8	0,7	40	2,6
1987		8,6	0,7	35	2,0

Figur 2. Utviklingen av total planktonalgebiomasse og biomassen av blågrønn-alger (skravert) og månedsnedbøren i sommersesongen 1982—1987. Normalnedbøren er fremstilt med stiplet strek.

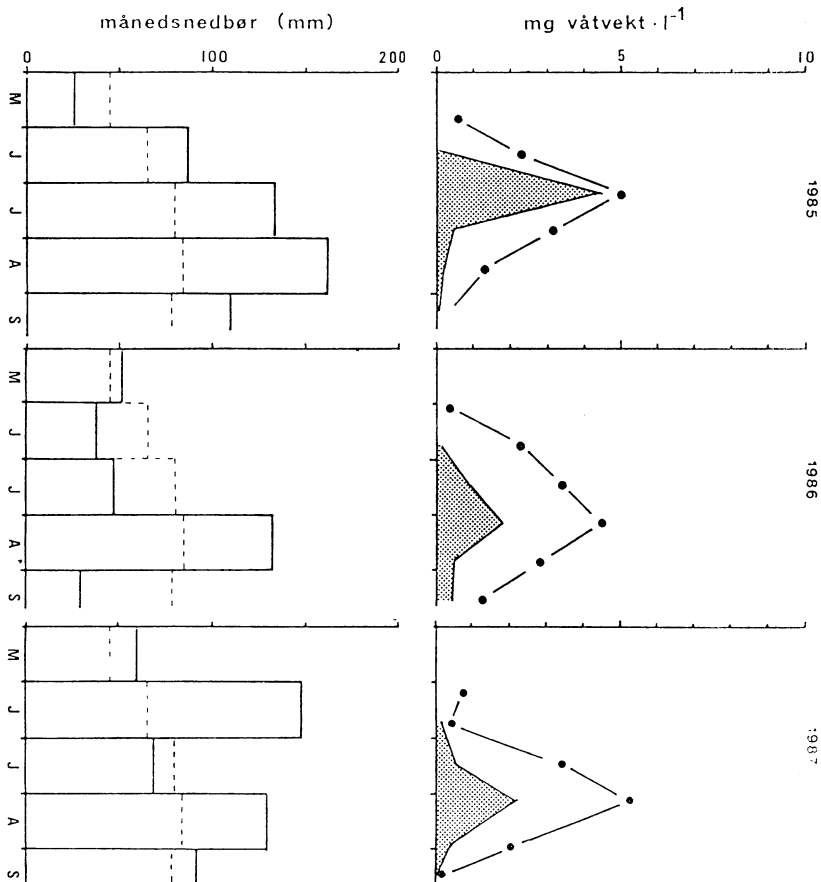


nedbør gir videre lavere vannstand og slike forhold er antagelig direkte og indirekte med på å fremme blågrønnalgenes vekst.

Figur 2 viser utviklingen av den totale planktonalge-biomasse, biomassen av blågrønnalger (hovedsakelig *Aphanizomenon flos aquae*)

og månedsnedbøren i sommersesongen 1982—1987. Figur 3 viser den eksponentielle utviklingen av *Aphanizomenon flos aquae* 1982—1987.

1982. Blågrønnalgene var spesielt dominante i august. *Anabaena cf. spiroides* og *Aphanizomenon flos aquae* var omtrent like dominante.



Den totale fosforkonsentrasjon var spesielt lav dette året (tabell 2), hvilket antagelig forklarer den lave algebiomassen.

1983. Blågrønnalgene ble ikke dominante i planktonalgesamfunnet før i slutten av juli. Lite nedbør og dermed lav vanngjennomstrømning i juli/august førte til masseoppblomstring av *Aphanizomenon flos aquae* og senere på høsten *Oscillatoria agardhi* var *isothrix*.

1984. Også i 1984 var juli og august nedbørfattig og *Aphanizomenon* ble svært dominant og dannet høyere biomasse enn vanlig. *Oscillatoria agardhi* var *isothrix* som hadde en høy overvintringspopulasjon var dominant i juni, men ble senere utkonkurrert av *Aphanizomenon*.

Tre nedbørfattige somre på rad (1982—1984) førte altså til at *Aphanizomenon* fra år til år både blom-

stret opp tidligere og dannet høyere biomasse enn året før.

1985. Sterk nedbør i slutten av juli og i august førte til at blågrønnalgene ble vasket ut av systemet. Blågrønnalgene hadde derfor sitt maksimum tidligere dette året enn normalt. Liten nedbør i mai og stor overvintringspopulasjon fra 1985 er antagelig grunner til at oppblomstringen av *Aphanizomenon* kom tidligere dette året enn tidligere år.

1986. Lav overvintringspopulasjon av *Aphanizomenon* førte til at oppblomstringen av denne arten ble forsinket i forhold til året før. Mye nedbør i august førte dessuten til at biomassen ble betydelig redusert.

1987. Dette året var det mye nedbør både i juni og august. Oppblomstringen av *Aphanizomenon* ble derfor ytterligere forsinket i forhold til 1986.

Tre nedbørrike somre på rad (1985—1987) førte altså til at *Aphanizomenon* fra år til år blomstret opp senere og dannet mindre biomasse enn året før.

Blågrønnalgens veksthastighet i forhold til vannets oppholdstid.

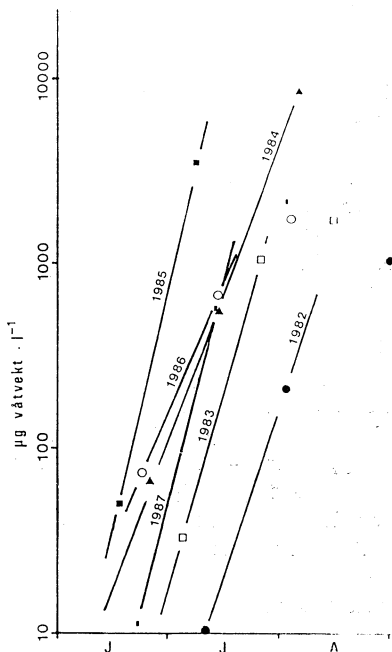
Blågrønnalgetoppen blir alltid påvist i juli—august. I denne perioden er vannets oppholdstid som regel relativt lang.

Dersom 60% av vannføringen kommer i april—mai er den gjennomsnittlige oppholdstid i denne perioden $0,03 \text{ år} = 7 \text{ døgn}$. Fortynningshastigheten blir da $1/7 \text{ døgn}^{-1}$. I perioder er fortynningshastigheten enda større og en effektiv utvasking av planktonalgene finner sted.

Dårlige lysforhold (høyt innhold av suspendert materiale og humusstoffer), reduserer dessuten veksthastigheten. Dette gir derfor en forsinket utvikling av planktonalgene i Bjørkelangen i forhold til innsjøer med lengre oppholdstid og som er mindre erosjonspåvirket. I juni avtar normalt gjennomstrømningshastigheten betraktelig og mye av det suspenderte materialet sedimenterer ut. Lysforholdene blir bedre og algebiomassen øker nå raskt.

I juli og august varierer tilsiget til sjøen ofte fra 0 til $1,5 \text{ m}^3/\text{sek}$. når nedbøren er under det normale eller nær det normale. Den gjennomsnittlige oppholdstiden for vannmassene blir da i denne perioden mer en 375 døgn. (En forutsetter da at bare 50% av vannvolumet inngår i vannutskiftningen p.g.a. temperatursjiktningen). Fortynningshastigheten blir da mindre enn $0,003 \text{ døgn}^{-1}$, hvilket ikke vil influere nevneverdig på algeutviklingen.

Veksthastigheten til *Aphanizomenon flos aquae* ved 20°C er i laboratoriet målt til $0,5 \text{ døgn}^{-1}$ når veksthastigheten ikke er næringsbegrenset. De målte veksthastigheter til *Aphanizomenon flos aquae* i Bjørkelangen (Fig. 3) er imidlertid lave, ofte ca. $0,15 \text{ døgn}^{-1}$, primært som følge av lysbegrensning, men enkelte ganger også fosforbegrensning samt fortynning. En fortynningshastighet som er nær opptil eller høyere enn halvparten av veksthastigheten til *Aphanizomenon* i epilimnion vil derfor kunne føre til nedsatt utvikling av denne arten. Dette skjedde bl.a. i august 1985 da vannets gjennomsnittlige oppholdstid i epilim-



Figur 3.
Den eksponentielle utviklingsfasen til *Aphanizomenon flos aquae* 1982—1987.

nion antagelig var ca. 15 døgn, som tilsvarer en fortynningshastighet på ca. 0,07 døgn⁻¹.

Virkninger og vannstandsregulering på makrovegetasjonen og fosfortilførsel.

De mest dominante vannplanter i littoralsonen er elvesnelle, takrør og sjøsivaks. Spesielt førstnevnte har økt i biomasse og utbredelse de siste årene, antakelig som følge av økt sedimentasjon av suspendert materiale. Elvesnelle har vanligvis størst biomasse på ca. 0,5 m dyp. Høyere vannstand i vekstsesongen (juni—

juli) vil kunne føre til tilbakegang, ikke bare av denne arten, men også de andre sumpplantene (Skogheim 1979, Hvoslef & Mjelde 1983).

En høyere og mer stabil vannstand i vekstsesongen vil også kunne føre til lavere fosforkonsentrasjon. Dette skyldes bl.a. at vannvolumet blir større, men også at resuspensjon av fosforrike leirpartikler vil kunne bli redusert. Idag foregår det en gradvis uttapping av vann og dermed en gradvis senkning av vannstanden i vekstperioden. Dette fører antakelig til at nye sedimenter kontinuerlig blir eksponert i bølgeslagsonen, og en betydelig resuspensjon av materiale finner sted i vindfulle perioder.

Diskusjon og konklusjoner.

Ut fra ønsket om å dempe eutrofierings-effektene i Bjørkelangen kan det være riktig å endre innsjøens hydrologiske regime slik at vanngjennomstrømningen økes i vekstsesongen (juli—august) og sommervannstanden holdes høyere og mer stabil enn under nåværende forhold.

I tillegg til Floen — som allerede reguleres — synes det å være mest aktuelt å vurdere reguleringsmulighetene i Flolangen, Øysjøen, Tævsjø og Langtjern (Fig. 4). Dersom disse gamle fløtningsreguleringene gjenopptas vil det totale magasinivolum oppstrøms Bjørkelangen bli 5,9 mill. m³. Dersom vi forutsetter at epilimnion i Bjørkelangen i perioden juli—august utgjør ca. 25% av vannvolumet, dvs. 6,3 mill. m³, og at magasinene tømmes i løpet av juli vil



Figur 4.

Bjørkelangen med nedbørfelt.

1. Flolangen,
2. Øysjøen,
3. Floen,
4. Tævsjø,
5. Langtjern.

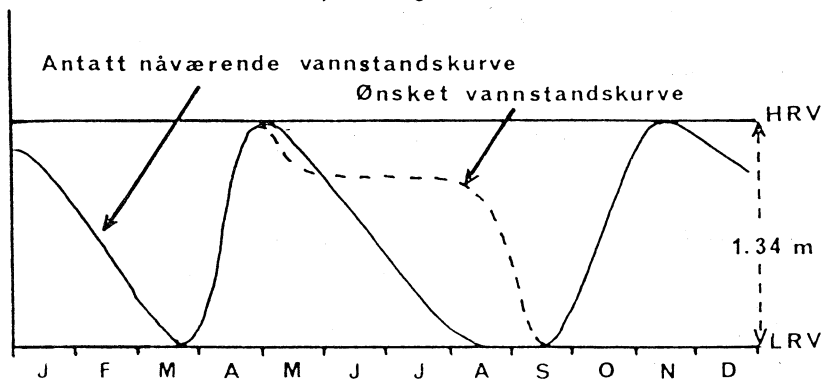
oppholdstiden i juli bli minimum ca. 32 døgn. Dette gir en fortynnings-hastighet på minimum ca. 0,031 døgn⁻¹. En fortynnings-hastighet

større enn 0,05 døgn⁻¹ vil kunne forhindre masseutvikling av *Aphanizomenon flos aquae* dersom denne artens veksthastighet er på ca. 0,015 døgn⁻¹.

Ut fra dette bør algeveksten kunne dempes ved å «simulere» nedbørrike somre. Dvs. vassdraget reguleres med henblikk på å øke vanntilførselen til Bjørkelangen i vekstsesongen, evt. koblet sammen med en raskere nedtapping av innsjøen når uønskede blågrønnalgepopulasjoner er i rask fremvekst (ettersommeren). Ved å benytte reguleringsmulighetene oppstrøms — innsjøer som har relativt næringsfattige vannmasser — er det grunn til å anta at større vanntilførsler herfra i vekstsesongen også vil senke næringsnivået i Bjørkelangen.

Forslag til endringer i reguleringen av Bjørkelangen er skissert i figur 5. Høyere og mer stabil vannstand i sommermånedene vil dempe tilgroingen med sump- og langskuddplanter — og redusere resuspensjonen av næringsrike sedimenter. Forøvrig vil trolig også hastigheten på andre prosesser som bidrar til den interne næringsomsetningen reduseres. Det er her tatt hensyn til et antatt ønske fra kommunen og grunneierinteressene om rask nedtapping umiddelbart etter flomkulminasjonen til et nivå som antas å gi akseptabel drenering av Bjørkelangen sentrum og tilstøtende jordbruksarealer.

Figur 5. Antatt vannstandskurve ved nåværende regulering og ønsket vannstandskurve i Bjørkelangen.



REFERANSER

- Bjørndalen, K., 1983: Overvåking av Haldensvassdraget 1982. SFT-rapport 80/83. 14 s.
- Bjørndalen, K., Hauger, T. & Vallner, P., 1984: Overvåking av Haldensvassdraget 1983. SFT-rapport 167/84. 18 s.
- Bjørndalen, K., Førstad, L., Hauger, T. & Vallner, P., 1985: Tiltaksrettet overvåking 1984. Haldensvassdraget. Rapport. Miljøvernavdelingen i Østfold. 30 s.
- Bjørndalen, K., Hauger, T., Solberg, H. & Vallner, P., 1987: Vassdrag og kystområder. Overvåking 1985. Rapport 8/87. Miljøvernavdelingen i Østfold. 66 s.
- Gulbrandsen, T. R., 1985: Foreløpig rapport fra forprosjekt vedr. restaureringsmuligheter/alternativer for Bjørkelangen. NOTAT. 8 s.
- Hvoslef, S. & Mjelde, M., 1983: Strandvegetasjon i Vansjø, vannstandsvekslingers virkning på strandvegetasjonen. NIVA-rapport 124/84. 86 s.
- Løvstad, Ø., Bjørndalen, K., Hauger, T. & Vallner, P. 1987: Vassdrag og kystområder. Overvåking 1986. Rapport 1/88. Miljøvernavdelingen i Østfold. 106 s.
- Skogheim, O. K., 1979: Reguleringsreglementets betydning for forurensningssituasjonen i Vansjø. Rapport. 19 s.
- Vøllestad, L. A., 1983: Fiskebestanden i Bjørkelangen, Øgderen og Rødenesjøen. Rapport. Haldensvassdragets Vassdragsforbund. 57 s.