

Forurensningsforskning i Årungen og Årungen nedbørfelt

Av Reidar Borgstrøm, Jon Arne Eie, Olav Grøterud og Odd K. Skogheim.

Reidar Borgstrøm er amanuensis ved Institutt for naturforvaltning, NLH.

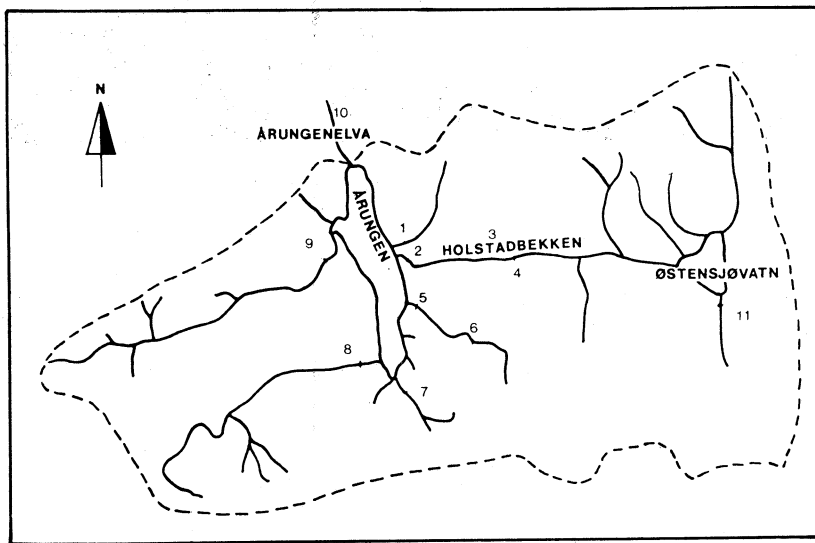
Jon Arne Eie er amanuensis ved Institutt for naturforvaltning, NLH.

Olav Grøterud er førsteamanuensis ved Institutt for hydroteknikk, NLH.

Odd K. Skogheim er vit. konsulent i Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskeforskningen, Ås.

Innsjøen Årungen med nedbørfelt ligger i kommunene Ås, Frogn og Ski i Akershus og har avløp til Oslofjorden via Årungenelva (fig. 1). Nedbørfeltet på 52 km² er et typisk morenelandskap med marin leire. Det er preget av dyrket mark (51,5%) og barskog (39,8%). Tettsteder av betydning er Ås og Ski sentrum. De viktigste kildene til vannforurensningen er jordbruk (husdyrgjødsel, handelsgjødsel, silosaft og skyllevann etter halm-

luting), bebyggelse (kloakk), potet/grønnsakindustri og Norges landbrukshøgskole (Årungenkomiteén 1975). Årungen har et maksimaldyp på 13,2 m, midlere dyp på 8,1 m og et overflateareal på 1,2 km². Den teoretiske oppholdstiden for vannet er 4 måneder. Årungen betraktes i dag som en av Norges mest næringsrike innsjøer. På grunn av de naturgitte forhold i nedbørfeltet var innsjøen i lange tider middels næringsrik (mesotrof), og den



Figur 1. Kartutsnitt som viser Årungen nedbørfelt med næværende målestasjoner for vannmengde og stoffkonsentrasjoner.

var i balanse med hensyn til omsetning av organisk materiale. I de første åra etter krigen ble innsjøen imidlertid merkbart mer næringsrik, og fra slutten av femtiåra har innsjøen vært ekstremt næringsrik (hypertrof) (Skogheim og Erlandsen, in prep.). Dette ble registrert i form av dårligere sikt i vannet, vannblomst, periodevis illeluktende vann, tilbakegang av laksefisk og periodevis massedød av fisk. Den økende forringelsen av vannkvaliteten har ført til at innsjøens anvendelsesmuligheter (drikkevannskilde, rekreasjon m.m.) stadig har blitt færre.

Utviklingen i nedbørfeltet de siste 30 år er i første rekke preget av redusert husdyrhold og økende kloakkutslipp. Det reduserte husdyrhold og den økte kornproduksjon har ført til mindre beitearealer og større arealer med åpen åker. Dette kan bety mindre tilsig av naturgjødsel og større erosjon av landbruksarealene.

Skyllvann etter halmluting, silosaftutslipp og avfall fra potetindustri har de siste tiårene gitt merkbare forurensninger. En del av denne virksomheten er nå stoppet. NLH har fra 1977/78 ført kloakken ut av Årungs nedbørfelt og til Søndre Follo kloakkrenseanlegg.

Tilsiget inneholder mye fosfor og nitrogen.

Avrenningsmålinger fra to stasjoner i nedbørfeltet er publisert av Kaarstad (1973). Fra 1968—69 er det også foretatt måling av kjemiske forurensningskomponenter ved disse stasjonene (Lundekvam, in prep.). Hele nedbørfeltets forurensninger er beskrevet av Reiten (1972). Årungskomiteén (1975) har vurdert forurensningssituasjonen i innsjøen og nedbørfeltet, og Rosland (1979) har gjort et

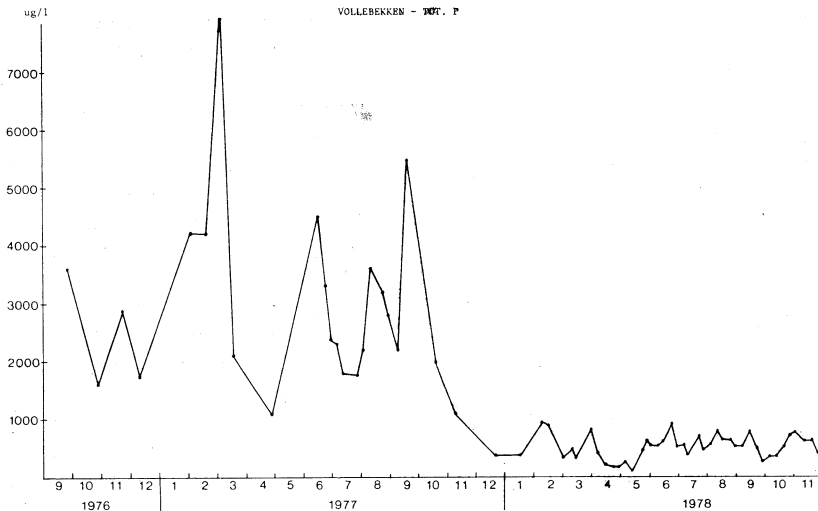
gradientstudium og Holstadbekken (hovedbekken) med særlig vekt på fosfor.

Midlere avrenning i nedbørfeltet er 15 l/s · km² (NVE 1958). Konsentrasjonene av fosfor og nitrogen er meget høye, verdier på 2—4 mg N/l og 200—600 µg P/l er ikke uvanlig. Vollebekken (fig. 1, st. 7) har vist de høyeste verdiene for fosfor, men i dag er disse verdiene på nivå med de andre bekkene, noe som skyldes sanering av kloakken fra NLH. Fig. 2 viser utviklingen av total P i Vollebekken før og etter saneringen. Ås kommunale søppelfylling ligger inntil hovedbekken. Stasjon 3 (fig. 1) er bygd opp for å måle avrenningen fra denne søppelfyllingen. Det synes i dag å sige mye jern herfra, noe som forårsaker felling av fosfor i dammen ved målestasjonen. Denne fellingen er gunstig for å hindre fosfortilførsel til hovedbekken. Østensjøvann, som regulerer vannføringen i hovedbekken, er sterkt forurenset (eutrofiert) av kloakk fra Skibekken og landbruk i nærområdene.

Fosfor akkumulert i sedimentene, bidrar også med store mengder til vannmassene. Det akkumulerte fosfor frigjøres om vinteren under anaerobe forhold og i vekstperioden på grunn av meget høy pH. Frigjøring ved høy pH er omtalt av Erlandsen et al. (1979). En stor del av det akkumulerte fosfor antas å ha kommet fra Skibekken. Vannkvaliteten i hovedbekken er på grunnlag av dette styrt av utviklingen i Østensjøvannet.

Årungs tilstand i dag

Innsjøen har i løpet av de siste 20 år vært gjenstand for flere undersøkelser, men alle har vært gjennomført etter at den ble sterkt næringsrik. I 60-åra ble fysisk/kjemiske og biologiske registreringer foretatt (Hexum 1963, Holtan 1964,



Figur 2. Fosforkonsentrasjoner i Vollebekken for perioden sept. 1976—nov. 1978.

Skulberg 1964, NIVA upubl.). En rekke undersøkelser som omfattet flere deler av økosystemet ble også gjennomført i løpet av 70-åra (Granéli 1972, NIVA 1975, Skogheim 1978 a). Undersøkelsene til Skogheim fra 1976 la hovedvekten på omsetningen av organisk materiale og næringssalter (særlig P) i vannmassene og i sedimentene. Det foreligger publikasjoner om sedimentasjon og fordeling i sedimentet av organisk materiale, næringssalter og tungmetaller (Skogheim 1978a, 1978b, 1979). Det ble også lagt stor vekt på sedimentenes betydning for næringstilførselen. I 1976 utvidet Institutt for hydroteknikk ved NLH sine undersøkelser av vannbalanse og avrenning av næringssalter fra nedbørfeltet. Institutt for naturforvaltning startet sine undersøkelser av fisk og zooplankton i 1978.

I det følgende skisseres situasjonen i dag på grunnlag av undersøkelsene fra 1976 og framover. Innsjøen blir stabilt

termisk sjiktet i løpet av sommeren og den sirkulerer tidlig på høsten ved høy temperatur, 11—12°C. Temperatursjiktningene sommer og vinter sammen med den ekstremt høye produksjonen av organisk materiale gir oxygenfrie forhold i hypolimnion. Dette begrenser bl.a. utbredelsen av bunndyr og fisk. Fosfor (P) er det viktigste næringssaltet også for denne innsjøen. Det er neppe P-begrensning for planteplanktonet om sommeren, men heller lysbegrensning på grunn av sjølskygging. Partikulært P er her et mål på biomassen av planteplanktonet, mens ortofosfat er den fraksjonen av fosfor som er tilgjengelig for planteplanktonet. Begge parametre viser ekstreme variasjoner og et omvendt forløp (fig. 3A). Siktedypet er i første rekke bestemt av tettheten av planteplankton og når denne er maksimal er siktedypet meget lite, 2—3 dm (fig. 3B). Om sommeren regenereres store mengder av P internt i innsjøen: fra

hypolimnion, fra epilimniske sedimenter ved høy pH og ved biologiske prosesser. Regenereringen av P ved biologiske mineraliseringsprosesser (bakterier, zooplankton, fisk og bunndyr) utgjør en vesentlig del av den interne P-tilførsel. Fra midtsommers til seinhøstes er det kraftige vannblomstringer av blågrønnalger (f.eks. *Oscillatoria agardhii*, *Microcystis aegeri-nosa* m.fl.).

Mort, abbor, gjedde og ål er de eneste fiskearter som er påvist i Årungen. Bestandsberegningene utført i mai/juni 1979 indikerer at vekten av mort og abbor lå på anslagsvis 80—90 tonn. Sammen med vekten av gjedde- og ålebestanden kommer den totale bestanden trolig opp i en vekt på rundt 90 tonn eller ca. 750 kg/ha. Av dette utgjør mort ca. 550 kg/ha (Borgstrøm og Eie, in prep.).

Sportsfisket i Årungen er omfattende og den totale årsavkastning ligger trolig i størrelsesorden rundt 30 kg/ha (Borgstrøm og Eie, in prep.).

Fra november til og med februar står abbor (større enn ca. 13 cm) langs bunn helt ned til de dypeste partier i innsjøen, mens mort (større enn ca. 13 cm) er fordelt i hele vannmassen. I mars er det oksygenvinn under ca. 10 m og fisken trekker noe opp og inn på grunnere vann. Ved fullsirkulasjonen i mai finnes begge artene igjen fordelt i hele vannmassen. I juli og august er det derimot lite fisk under 6 m, bl.a. som følge av oksygen-svinn i hypolimnion (fig. 4).

Om vinteren ser det ut til at mort i særlig grad tar fjærmygglarver, svevemygg og planterester. Mort som står langs land i mai—august har vesentlig levd av bunndyr, men planterester og detritus inngår i dietten. Mort tatt på flytegarner i mai—august har hovedsakelig levd av zooplankton. Siden størstedelen av mortbestanden

lever pelagisk betyr dette at zooplankton totalt sett blir den betydeligste næringen. Abbor lever om vinteren mest av svevemygg og små mort. I sommermånedene tar den for det meste bunndyr, zooplankton og fisk. Zooplankton inngår særlig i dietten til abbor mindre enn 15 cm, mens den større abboren vesentlig lever av små abbor, mort og bunndyr (Eie og Borgstrøm, in prep.).

Lengdemålinger av dyreplankton tatt i innsjøen og dyreplankton spist av mort og abbor, viser at begge foretar et selektivt beite på de største artene/individene og at planktoniske krepsdyr spist av abbor gjennomsnittlig er større enn dem spist av mort. For mort er det først og fremst de to artene *Bosmina longirostris* og *Daphnia cucullata* som blir spist. Abbor tar stort sett de samme artene, men i tillegg også arter av *Cyclops*. Ut på ettersommeren derimot dominerer den store rovformen *Leptodora kindtii* i mageinnholdet hos abbor. Foreløpig er bare fisk større enn 12—14 cm behandlet, men trolig lever den mindre fisken i enda større grad av plankton, og kan dermed ha en sterkere virkning på planktonsamfunnet.

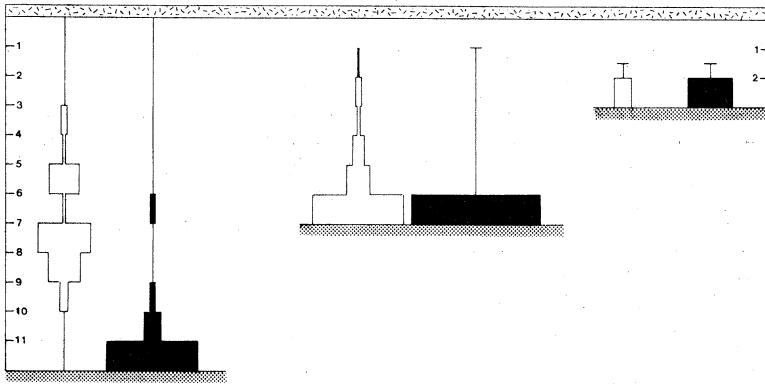
Zooplanktonsamfunnet domineres av små arter. Mest tallrik er *Cyclops strenuus*, *C. vicinus*, *Bosmina longirostris* og *Daphnia cucullata* (Eie og Borgstrøm, in prep.).

Forskningsprogrammets målsetting.

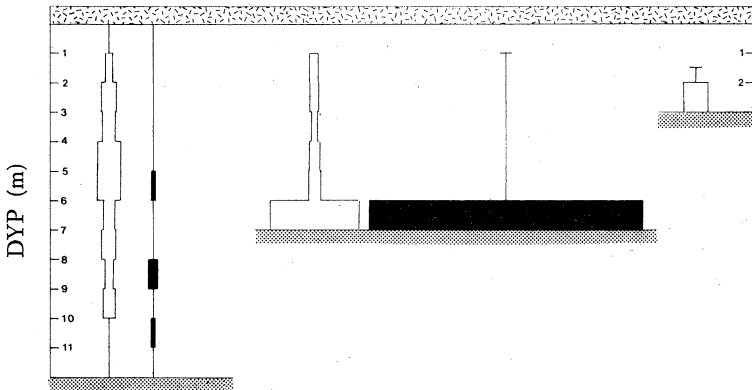
Innen forskningsprogrammet for Årungen og dens nedbørfelt er samlet prosjekter som har pågått gjennom flere år. Fra 1980 koordineres disse gjennom NLVF og har følgende hovedmålsetting:

— Klarlegge hvilken betydning ulike forurensningskilder i nedbørfeltet og innsjøbassenget har for tilstanden i Årungen.

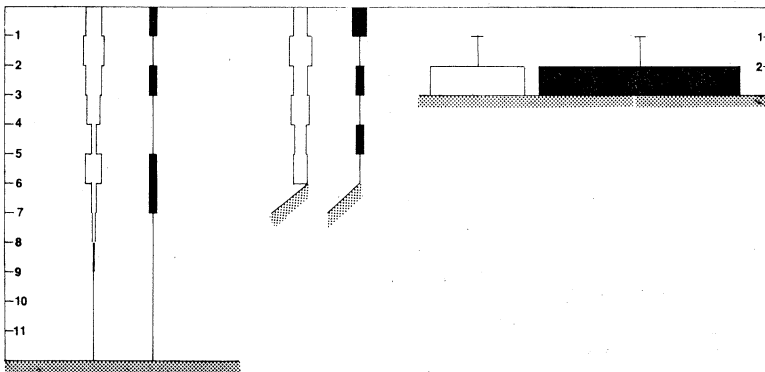
JANUAR



MARS



JULI



Figur 4. Dybdefordeling av mort (åpne felt) og abbor (svarte felt) i Årungen i januar, mars og juli 1979, registrert ved hjelp av garn. For hver art viser arealene den prosentvise andel.

is

bunn

garnhøyde

— Underbygge tiltak (restaurering/sanering) som innen begrenset tid kan gi innsjøen en stabil vannkvalitet som tilfredsstillende brukerinteressenes krav.

Det er utarbeidet en foreløpig eutrofieringsmodell (Andersen og Skogheim 1979). Ved hjelp av modellen ønsker en å klarlegge hvilke effekter de forskjellige restaureringstiltak som kan være aktuelle i Årungen, vil ha for innsjøens tilstand.

Prosjekter som inngår i forskningsprogrammet er:

1. Fysisk/kjemiske og biologiske rutineprogram for Årungen og Østensjøvann (Andersen, Eckholdt og Skogheim). Prosjektet består av et utvalg av fysisk/kjemiske og biologiske parametre. Disse anses som et minimumskrav for overvåking, registrering av utvikling og kvantifisering av forandringer i innsjøens metabolisme. De skal dessuten danne basismateriale for budsjettberegninger.

2. Undersøkelser av fisk, zooplankton og bunndyr (Borgstrøm og Eie).

Det er særlig lagt vekt på å klarlegge fiskebestandenes størrelse, vertikal- og horisontalfordeling av mort og abbor, fiskens næringsopptak, zooplanktonsamfunnets sammensetning og mengde,

fiskens innvirkning på zooplanktonsamfunnet og forholdet fisk — bunndyr — sediment. En betydelig utfisking av mort og småabbor planlegges for å se hvilken effekt dette får på vannkvaliteten og om en reduksjon av fiskebestanden kan nyttes som et restaureringstiltak.

3. Vannbalanse og stofftransport i Årungen nedbørfelt (Grøterud) — Målsettingen er:

— å kvantifisere avrenningen fra nedbørfeltet fordelt på de viktigste delnedbørfeltene

— utarbeide eksterne forurensningsbudsjetter for Årungen

— beskrive sammenhengen mellom stofftransport (vannkvalitet) og nedbørfeltets arealutnyttelse og aktiviteter som grunnlag for saneringstiltak i nedbørfeltet.

4. Biologiske — hygieniske undersøkelser (Langeland, Inst. for næringsmiddelhygiene, NVH). Formålet er å klarlegge eventuell smittefare ved bruk av Årungen som badevann og vannkilde for åkervanning. Videre hvilke hygieniseringseffekter som kan oppnås ved eventuelle sanerings- og restaureringstiltak.

LITTERATUR

- Andersen, T. & Skogheim, O. K. 1979. Matematisk eutrofieringsmodell for Årungen. I. En kort presentasjon av prinsipper, arbeidshypoteser og empirisk arbeidsgrunnlag. Oslo 1979. 30 s.
- Erlandsen, A. H., Grøterud, O. & Skogheim, O. K. 1979. Intern tilførsel av fosfor i innsjøer ved høy pH. Rapport. Inst. for hydroteknikk, NLH.
- Granéli, W. 1972. Rapport angående vissa limnologiska undersökningar i sjön, Årungen vid Ås, Norge, samt förslag till vidare undersökningar och tänkbara åtgärder. Limnologiska Institutionen, Lund. 27 s.

- Hexum, E. 1963. En limnologisk undersøkelse av Årungen i Ås kommune. Hovedfagsoppgave: fysisk geografi, Universitetet i Oslo. Upubl. 88 s.
- Holtan, H. 1964. Eutrofieringsforskning i norske innsjøer. Nordiske Jordbruksforskernes forening. Nordisk kollokvium om eutrofieringsproblemer. s. 171—179.
- Kaarstad, O. 1973. Avrenningsmålinger i små nedbørfelt 1960—65. Registrering og presentasjon av data. Forskning og forsøk i landbruket. Bind 24, hefte 7 (supplementshefte), 1—89.
- Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, 1958. Hydrologiske undersøkelser i Norge.
- Norsk institutt for vannforskning. 1975. A2—05. Små eutrofe innsjøer i tettbygde strøk. Østensjøvatn, Oslo. Årungen, Ås. Kolbotnvatn, Oppegård. Langevatn, Lørenskog. 109 s.
- Reitan, J. E. 1972. Oversikt over forurensninger i Årungen nedslagsfelt. Hovedoppg. Inst. for geologi, NLH.
- Rosland, F. 1979. Gradientundersøkelser av bekken mellom Østensjøvann og Årungen, spesielt med hensyn til fosfor. Hovedoppg. Inst. for hydroteknikk, NLH.
- Skogbeim, O. K. 1978a. Recent sediments in a eutrophicated lake; Årungen, Norway. *Verb. Internat. Verein. Limn.* 20; 749—757.
- Skogbeim, O. K. 1978 b. Tid/dyp-variasjon i interstitialvannets kjemiske sammensetning i Årungen. s. 39—50. I: *Utvæksling mellom sediment og vann* — 6. nordiske sedimentsymposium. 9.—12.3. 78. Hurdal, Norge.
- Skogbeim, O. K. 1979. Sedimentation of copper in Lake Årungen. s. 70—84. i Enell, M. & Gahnstrøm, G. (red.). 7:e Nordiska Sedimentsymposiet. ISSN 0348—0798, Lund 1979. 200 s.
- Skulberg, O. 1964. Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. Nordiske Jordbruksforskernes forening. Nordisk kollokvium om eutrofieringsproblemer. s. 180—190.
- Årungenkomitéen, 1975. Alternativer for restaurering av Årungen. Innstilling fra Årungenkomitéen, Ås, 20 sider.