

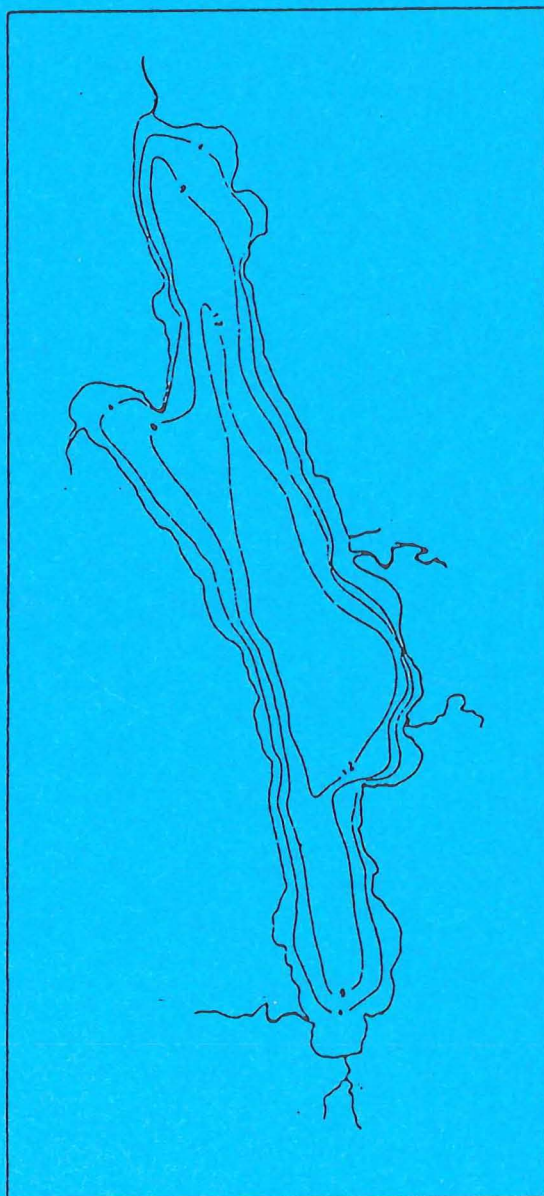


AKERSHUS
FYLKESKOMMUNE

FYLKESRÅDMANNEN
Miljøvernavdelingen

OVERVÅKING AV ÅRUNGEN 1991.

Rapport nr - 2 / 92



OVERVÅKING AV ÅRUNGEN 1991.

Øivind Løvstad, Tore Krogstad & Øystein Lid Larsen

LIMNO-CONSULT
INSTITUTT FOR JORDFAG, NLH
AKERSHUS FYLKESKOMMUNE, MILJØVERNAVDELINGEN

**AKERSHUS FYLKESKOMMUNE
MILJØVERNAVDELINGEN**

Postboks 6888, St.Olavs Plass 0130 OSLO 1
Telefon 02-365600 telefax 02-422265

OVERVÅKING AV ÅRUNGEN, AKERSHUS 1992		Rapport nr 2 / 92
FORFATTERE	Øyvind Løvstad, Tore Krogstad, Øystein Lid Larsen	Juli 1992
FAGOMRÅDE	Forurensning	
EKSTRAKT Rapporten presenterer resultater fra overvåking av innsjøen Årungen i 1991. Overvåkingen er et ledd i arbeidet med å kunne følge virkningene av igangsatte tiltak som redusert jordarbeiding og utbedring av kloakkledningsnettet i nedbørfeltet, og utsetting av gjørs i Årungen. Selv om Årungen fortsatt må betraktes som en sterkt forurenset innsjø, har vannkvaliteten blitt bedre fra og med 1985. Oksygenforholdene var imidlertid fortsatt dårlige, med tilnærmet oksygensvikt i bunnvannet fra slutten av juli til tidspunktet for fullsirkulasjon i slutten av september. Bedret vannkvalitet skyldes antakelig i hovedsak gunstige klimatiske forhold de siste årene. Bedre vindeksponering av innsjøen og med det en bedre sirkulering av vannmassene, bl.a, etter manglende islegging flere vintere på rad, og optimale nedbørforhold gjennom vekstsesongen har antakelig ført til mindre fosfortilførsler og bedre oksygen- og pH-forhold i Årungen. Dette kan ha igjen ha ført til økt fosfor-sedimentasjon og minket intern tilførsel av fosfor fra sedimentene Årungens vannmasser om sommeren. Redusert fosforkonsentrasjon har ført til redusert algeoppblomstring og klarere vann.		
3 STIKKORD	Vassdragsovervåking Landbruk Kommunale utslipp	
ISBN-82-7473-023-2		

INNHold

SAMMENDRAG	4
1. Problembeskrivelse	5
2. Beskrivelse av lokalitet, nedbørfelt og stasjoner	5
3. Materiale og metoder	7
4. Resultater	8
4.1. Vannkvalitet 1991	8
4.2. Vannkvalitet 1962 - 1990	16
5. Beregning av fosfor- og nitrogentilførsler	18
5.1. Beregning av tilførselskilder 1979 - 1982	18
5.2. Næringsstoffbelastningsmodeller	19
5.3. Beregning av dagens næringstofftilførsler	20
5.4. Næringsstofftilførsler til Oslofjorden	25
REFERANSER	27
PRIMÆRTABELLER	29

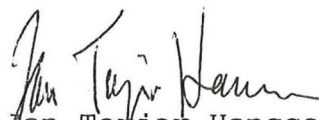
FORORD

Miljøvernutvalget i Ås kommune tok høsten 1990 initiativet til "Årungenprosjektet". Etter avtale med Ås kommune skal JORDFORSK utarbeide forslag til tiltaksplan for reduksjon av forurensningene fra landbruket til Årungen. Tiltaksplanen skal foreligge i 1992, etter at Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) har gjennomført jordsmonnkartlegging i nedbørfeltet. Det er opprettet en faglig referansegruppe for utarbeidelsen, hvor Ås og Frogn kommune, Bondelagene i Ås og Frogn, Fylkeslandbrukskontoret og Fylkeskommunens miljøvernnavdeling er representert.

De tre kommunene Ås, Frogn og Ski skal alle utarbeide saneringsplaner for avløpsnettene i kommunene, som et ledd i Nordsjøavtalen. Ås kommune har fått pålegg om å utarbeide planer for konsesjonsbehandling av den kommunale fyllplassen i kommunen av Fylkeskommunens miljøvernnavdeling. Norges landbrukshøgskole har påbegynt sanering av avløpsnettene fra høgskoleområdet, etter statlig godkjente planer. De har også et forskriftsmessig nytt siloanlegg under oppføring, og har nylig utvidet gjødsellagerkapasiteten.

Ås jeger- og fiskerforening har etter godkjenning fra Direktoratet for Naturforvaltning satt ut abborfiskegjør i Årungen.

De ovenfor nevnte tiltak forventes å få en positiv effekt på vannkvaliteten i Årungen. Akershus fylkeskommune har derfor i 1991 finansiert en overvåking av vannkvalitetstilstanden i innsjøen. Overvåkingen har vært gjennomført av Øivind Løvstad, Limnoconsult. De kjemiske analysene er utført av Avløpssambandet nordre Øyeren (ANØ). Planktontellinger har vært utført av Øivind Løvstad. Resultatene har blitt bearbeidet og rapportert av Øivind Løvstad, Tore Krogstad, Institutt for jordfag, NLH og Øystein Lid Larsen, Fylkeskommunens miljøvernnavdeling.


Jan Terjer Hanssen
Fylkesmiljøvernsjef


Øystein Lid Larsen
Overingeniør

SAMMENDRAG

Årungen var i 1991 en sterkt eutrof innsjø (vannkvalitetsklasse 4). Innsjøen er dessuten sterkt partikkelpåvirket (klasse 4) om høsten og våren i flomperiodene. Om sommeren er det oksygensvinn i bunnvannet og pH kan være høyere enn 9 i overflatevannet.

Innsjøen har fra 1985 hatt en betydelig bedre vannkvalitet enn i perioden 1977 - 1984 med henholdsvis fosforkonsentrasjoner under 60 og over 150 µg P/l. I 1991 var midlere fosforkonsentrasjon så lav som 39 µg P/l. Dette har også ført til endringer i planteplanktonets mengde og sammensetning. Mens Oscillatoria agardhii var dominant hvert år i perioden 1977 - 1984 har blågrønnalgesamfunnet blitt mer diversert med bla. også dominans av Aphanizomenon flos-aquae, Microcystis aeruginosa og Synechococcus sp. Dette indikerer at innsjøen har blitt mindre næringsrik. Andre indisier på at innsjøen har fått bedre vannkvalitet er lavere pH i overflatevannet (epilimnion) (før var pH til tider > 10) og oksygenavtaket i bunnvannet utover sommeren er ikke så markert som før.

Fortsatt oppblomstring av blågrønnalger er sammen med innholdet av næringsstoffer i vannet en indikator på at Årungen fortsatt er sterkt forurensert. Den artsmessige sammensetningen av blågrønnalgene er imidlertid endret, med en forskyvning mot mindre næringskrevende arter. Et par av disse nye artene, Aphanizomenon flos-aquae og Microcystis aeruginosa ble av NIVA påvist å danne giftproduserende populasjoner i Årungen i 1991.

Bedret vannkvalitet kan skyldes spesielle klimatiske forhold de senere år i form av milde vintre, redusert islegging og enkelte nedbørrike somre. Dette kan ha ført til hemming av de interne fosfortilførslene i Årungen, f.eks. redusert tilførsel av fosfor fra sedimentene. Optimale nedbørforhold gjennom vekstsesongen har sansynligvis og bidratt til mindre fosfortilførsler til Årungen.

Mens fosforkonsentrasjonen har avtatt, har nitrogeninnholdet i Årungen vannmasser ligget på samme nivå, og viser endog tendenser til økning. 1991-målingene viser en midlere nitrogenkonsentrasjon på 2700 µg N/l, mot 3977-1640 µgN/l i forhold til 1977-81. Denne utviklingen er noe vanskelig å forklare i forhold til de reduserte fosforkonsentrasjonene. Årsakene kan ligge i økte langtransporterte nitrogentilførsler. Dessuten har ikke nitrogengjødslingen i jord- og skogbruk avtatt men vært stabil på lands- og fylkesbasis i de senere år.

Årungen er fortsatt markert forurensert hva eutrofiering angår. Det er derfor fortsatt behov for å redusere tilførslene til Årungen ytterligere fra kildene i innsjøens nedbørfelt. Fosfor- og nitrogenbelastningen til Årungen er teoretisk beregnet til henholdsvis 2.6 - 3.2 tonn P/år og 168 tonn N/år.

1. PROBLEMBESKRIVELSE

Intensiv overvåking i perioden 1977 -82 viste ofte årstids-variasjoner i konsentrasjonen av total fosfor (TP) på 100 - 400 µg P/l. Innholdet av total nitrogen (TN) var også høyt, 2 - 4 mg N/l.

Det er ofte kraftige oppblomstringer av blågrønnalger hvert år. I mai er det ofte en sterk oppblomstring av kiselalger. Dette algesamfunnet bryter sammen og etterfølges gjerne av en klarvannsfase i juni. Deretter følger oppblomstringen av blågrønnalger i juli - september. Det er blitt registrert biomasser av blågrønnalger som var høyere enn 100 mg våtvekt/l.

Hvert år var det både oksygen- og nitratfritt bunnvann i Årungen. Dette skyldes stort forbruk av oksygen og nitrat som følge av bakteriell nedbrytning av organisk materiale som sedimenterer. Mangel på oksygen og nitrat kan føre til økt tilførsel av fosfor fra sedimentene. Blågrønnalgene forbruker CO₂, noe som fører til høy pH. Ved pH > 9 vil fosfortilførslene fra sedimentene øke kraftig. Det er ofte blitt målt pH-verdier over 10.

Siktedypet i Årungen var i perioden 1977 - 1982 bare unntaksvis over 1 m og ofte mindre enn 0.5 m. Om sommeren skyldes dette blågrønnalger og andre alger. Om våren og høsten skyldes dette ofte stor tilførsel av suspendert stoff (jord og sedimentpartikler).

2. BESKRIVELSE AV LOKALITET, NEDBØRFELT OG STASJONER

Årungen med nedbørfelt ligger i Ski, Ås og Frogn kommuner i Akershus fylke. Vassdraget har avløp til Bunnefjorden, en fjordarm av Oslofjorden.

Innsjøen og nedbørfeltet ligger i det sørøst-norske grunnfjellsområde som domineres av gneis- og granittiske bergarter. Det ligger i sin helhet under marin grense og løsmassene består i hovedsak av marine finsedimenter og morenemateriale (Ås-Ski morenen).

Morfometriske og hydrologiske data for innsjøen er vist i tabell 2.1. Dybdekart for Årungen og Årungens nedbørfelt er vist i henholdsvis figur 2A og 2B.

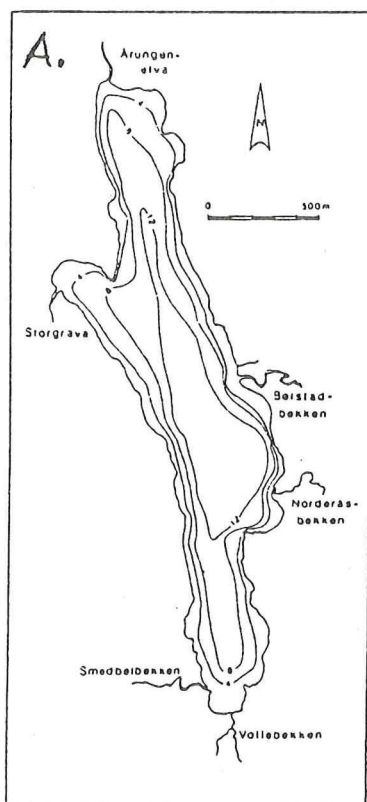
Nedbørfeltets arealfordeling er vist i tabell 2.2.

Tabell 2.1 ÅRUNGEN. Morfometriske og hydrologiske data.

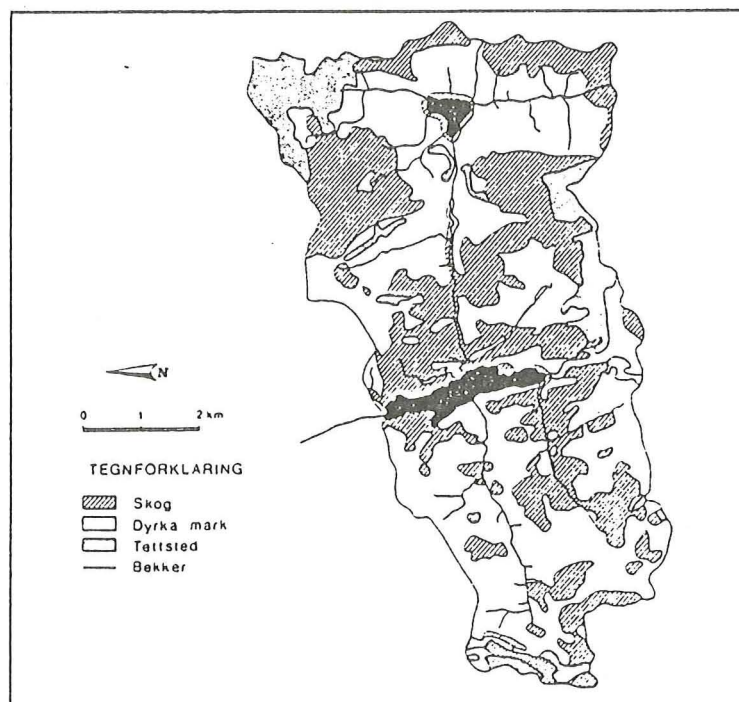
Høyde over havet (m)	33
Innsjøareal (km ²)	1.2
Innsjøvolum (millioner m ³)	9.2
Største dyp (m)	13.2
Middeldyp (m)	8.0
Nedbørfeltets areal (km ²)	50
Teoretisk oppholdstid (år)	ca. 0.2 år
Hydraulisk belastning (m/år)	40

Tabell 2.2 ÅRUNGEN. Nedbørfeltets arealfordeling (%).

Jordbruk	49
Skog	38
Tettsteder	11
Vann	2



B.



Figur 2.1. Årungen.

A: Dybdekart.
B: Årungen nedbørfelt.

3. MATERIALE OG METODER

Prøvetaking og analyse:

Alle prøvene ble tatt på 1 m og 12 m dyp hvor innsjøen har sitt maksimaldyp. Det var ialt 22 prøvetakingsomganger fordelt over perioden 7. mai - 29. oktober 1991.

Plantenæringsanalyser ble utført 12 ganger på prøver fra 1 m og 7 ganger på prøver fra 12 m dyp av ANØ (Avløpssambandet Nordre Øyeren).

Analyser av suspendert stoff (SS), organisk tørrstoff (OS) og pH ble utført på Institutt for Jordfag, NLH, umiddelbart etter prøvetakingstidspunkt. Temperatur og oksygen ble analysert i felt.

Fysiske og kjemiske parametre:

VANNETS FARGE: NS 4787. Bestemmelse av fargetall. Spektrofotometrisk metode.

OKSYGEN: Målt i felt med YSI Model 57 OXYGEN METER (feltmeter).

SURHETSGRAD: NS 4720. Måling av pH.

SUSPENDERT STOFF - SS OG GLØDEREST.

TOTAL FOSFOR - TP: Automatisk versjon av NS 4725. Bestemmelse av total-fosfor. Oppslutning med peroksodisulfat.

PARTIKULÆRT FOSFOR - PP: Differensen mellom TP målt på ufiltrert og filtrert vannprøve.

LØST REAKTIVT FOSFOR - LRP: Automatisk versjon av NS 4724.

TOTAL NITROGEN - TN: Automatisk versjon av NS 4743. Bestemmelse av nitrogeninnholdet etter oksydasjon med peroksodisulfat.

NITRAT: Automatisk versjon av NS 4745.

AMMONIUM: Automatisk versjon av NS 4746.

Planteplankton:

Planteplanktonet ble bestemt kvantitativt ved hjelp av et Nikon omvendtmikroskop i henhold til Utermohl (1958). I tillegg ble algebiomasse (i mg våtvekt/l) bestemt (se Willen 1976).

Det ble forutsatt at 1 mm³ algevolum tilsvarer 1 mg våtvekt alger.

4. RESULTATER

4.1. VANNKVALITET 1991

- SIKTEDYP, SUSPENDERT STOFF, VANNETS FARGE OG BIOMASSE AV PLANTEPLANKTON.

Det midlere siktedypet i Årungen 1991 (mai - september) var 1.1 m. I undersøkelsesperioden varierte siktedypet fra 0.25 - 2 m (fig. 4.1). Med unntak av første halvdel av mai var siktedypet i liten grad bestemt av uorganiske partikler (leire og jord-partikler). Imidlertid kan Årungen være sterkt påvirket av partikler om våren og høsten. Etter et intensivt regnvær i siste halvdel av oktober ble siktedypet redusert fra 2.0 m til 0.25 m (fig. 4.1).

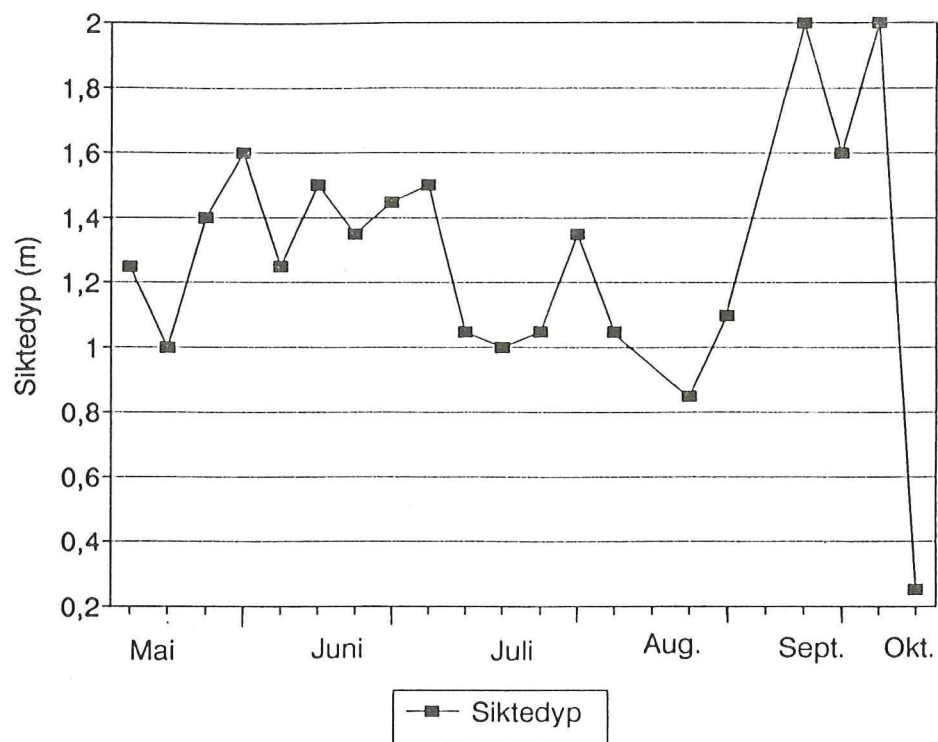
Fordi også vannets farge er lav i Årungen (< 20 mg Pt/l) var siktedypet om sommeren hovedsakelig bestemt av vannets innhold av planteplankton.

Det antas at ca. 30 - 60 % av våtvekt algebiomasse er organisk tørrvekt (OS). Våre resultater viser at dette er tilfelle i Årungen unntatt når den totale biomassen B av planteplankton er svært lav i forhold til den totale mengde av suspendert stoff SS, f.eks. i mai (fig. 4.2). Vi ser også at OS utgjør en svært høy andel av SS, spesielt fra juli, hvilket også indikerer at SS for en stor del består av planteplankton. I perioden juni - september varierte den totale biomassen av planteplankton mellom ca. 5 og 45 mg våtvekt/l. Spesielt var biomassen høy fra midten av juli og ut august.

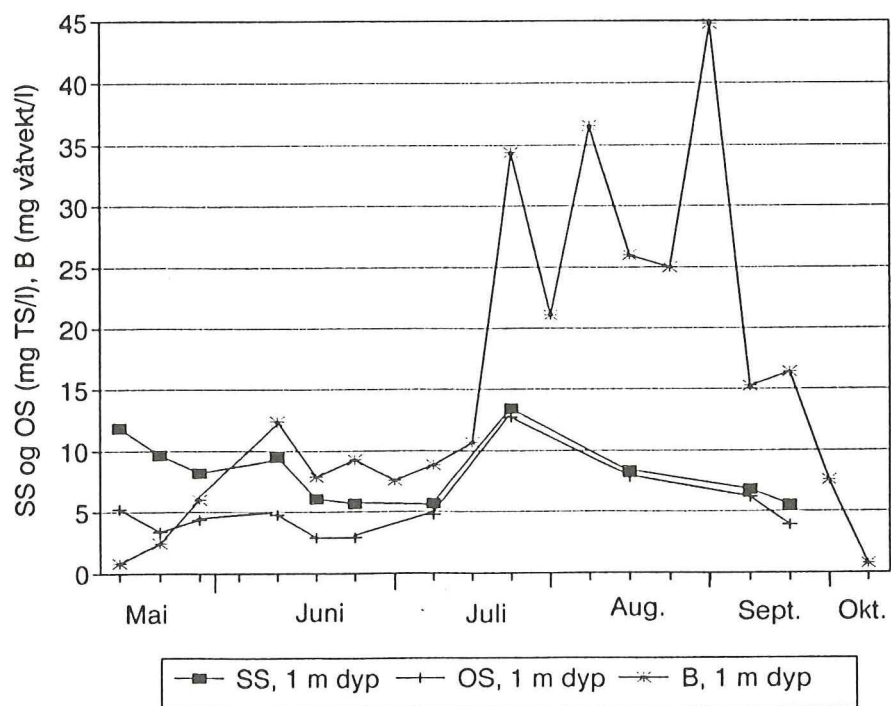
- PLANTEPLANKTON

Den midlere biomasse av planteplankton var i 1991 ca. 16.8 mg våtvekt/l. Fytoplanktonbiomassen var spesielt høy i perioden 29. juli - 2. september, hvor blågrønnalgene var totalt dominerende (fig. 4.3 A). Den høyest observerte biomasse var 44.7 mg våtvekt/l den 2. september.

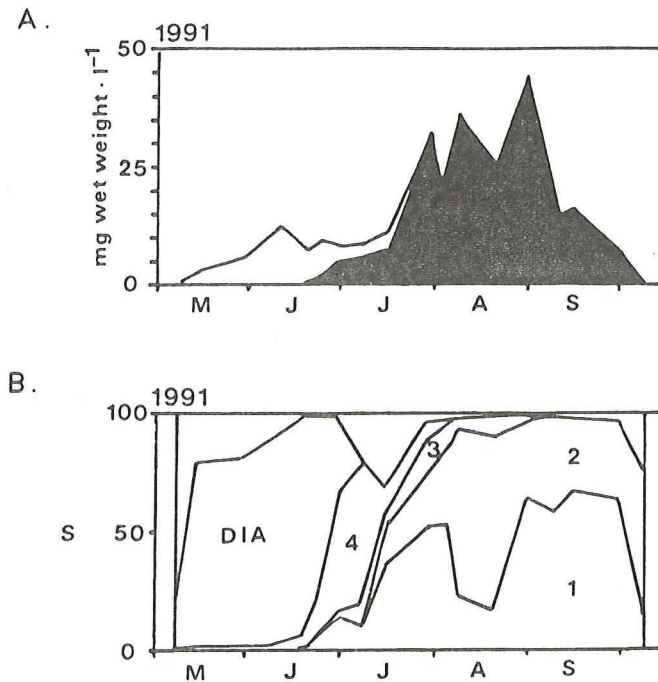
I mai og første halvdel av juni utgjorde kiselalgene (spesielt Diatoma elongatum) en stor andel av den totale fytoplanktonbiomasse, men deretter var blågrønnalgene sterkt dominante (fig. 4.3 B). Av blågrønnalgene var Synechococcus sp. først sterkt fremtredende. Deretter utviklet Oscillatoria agardhii og Aphanizomenon flos-aquae seg og var gjennom resten av sesongen nesten like dominante. Microcystis aeruginosa utgjorde en liten del av planteplanktonsamfunnet i perioden juni - september.



Figur 4.1. Siktedypsutviklingen i Årungen 1991 (mai - oktober).



Figur 4.2. Utviklingen av suspendert stoff (SS), organisk tørrvekt (OS) og den totale fytoplanktonbiomasse B i Årungen 1991.



Figur 4.3. A. Utviklingen av den totale fytoplantonbiomasse (i mg våtvekt/l) og totale biomasse av blågrønnalger (skravert).

B. Andelen S (i %) av blågrønnalger og kiselalger i planktonalgesamfunnet i sommersesongen (mai - oktober) 1991.

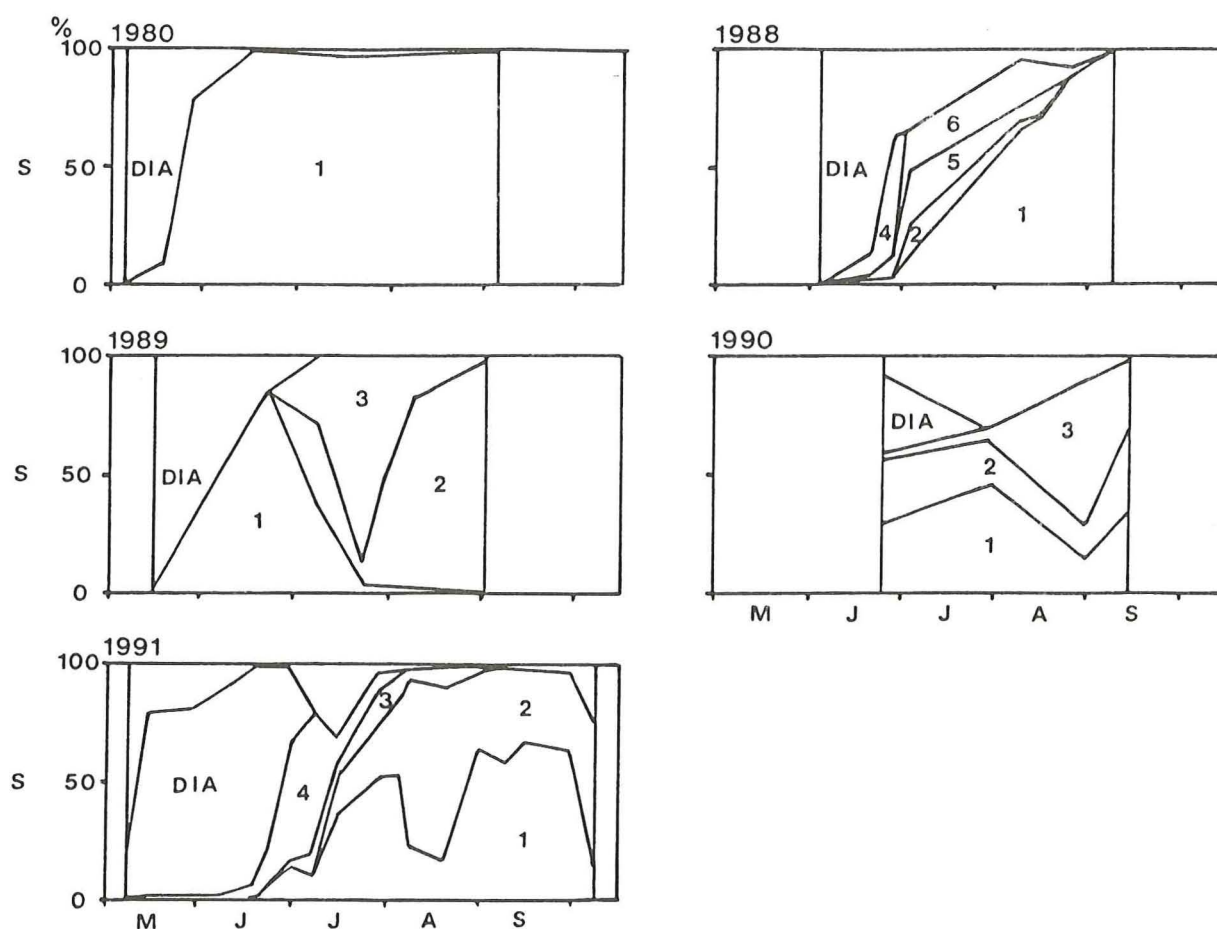
DIA = diatomeer, hovedsaklig *Diatoma elongatum*

1. = *Oscillatoria agardhii*

2. = *Aphanizomenon flos-aquae*

3. = *Microcystis aeruginosa*

4. = *Synechococcus* sp. (+ *Aphanothece* sp.)



Figur 4.3. Andelen S (i %) av kiselalger og forskjellige blågrønnalger i fytoplanktonsamfunnet i Årungen 1980 og 1988 - 1991.

DIA = diatomeer (kiselalger)

1. = *Oscillatoria agardhii*

2. = *Aphanizomenon flos-aquae*

3. = *Microcystis aeruginosa*

4. = *Synechococcus* sp. (+ *Aphanothece* sp.)

5. = *Limnothrix* sp.

6. = *Anabaena* spp.

- PLANTENÆRINGSSTOFFER (FOSFOR OG NITROGEN)

Fosfor

I 1991 var midlere konsentrasjon av total fosfor (TP) på 1 m dyp 39 µg P/l som er den lavest observerte middelkonsentrasjon av TP som er målt i Årungen. TP-konsentrasjonen varierte fra 32 - 70 µg P/l (fig. 4.4). Spesielt fra juli utgjorde ofte partikulært fosfor en stor andel av TP (tabell 2 i primærtabellene). På denne tiden var blågrønnalgene spesielt dominante. Konsentrasjonen av løst reaktiv fosfor (LRP) kan være svært lave (< 1 µg P/l).

Fra slutten av juli øker TP-konsentrasjonen på 12 m sterkt som følge av lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet (fig. 4.4). Den 9. sept. var TP-konsentrasjonen på hele 182 µg P/l.

Nitrogen

Den midlerte konsentrasjon av total nitrogen (TN) var ca. 2700 µg N/l. Nitratkonsentrasjonen (NO_3) var aldri så lav at nitrogen kunne bli vekstbegrensende for planteplanktonet (fig. 4.5). Ammoniumkonsentrasjonen (NH_4) var vanligvis svært lav i mai, juni og første halvdel av juli. Deretter var NH_4 -konsentrasjonen relativt høy (84 - 180 µg N/l). Dette faller sammen med observert oksygensvinn i hypolimnion. I hypolimnion avtar nitratkonsentrasjonen og ammonium-konsentrasjonen øker som følge av mikrobiologisk nedbrytning av organisk stoff og avtagende oksygenkonsentrasjon (se tabell 2 i primærtabellene).

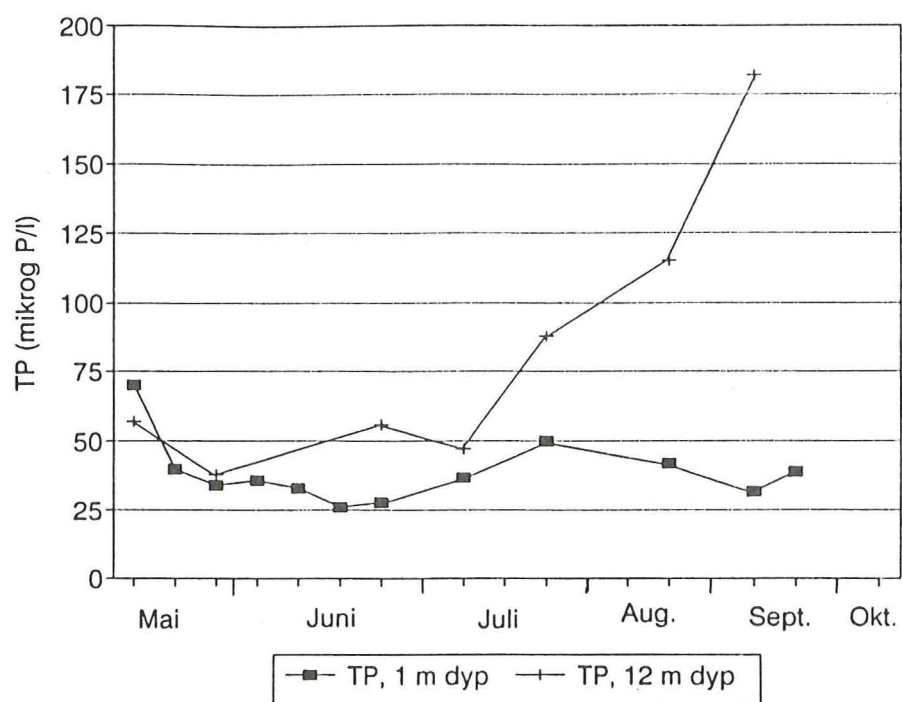
- TEMPERATUR-, OKSYGEN- OG pH-FORHOLD

Figur 4.6 viser temperatur- og pH-forholdene på 1 m dyp og oksygenforholdene på 12 m dyp i Årungen 1991.

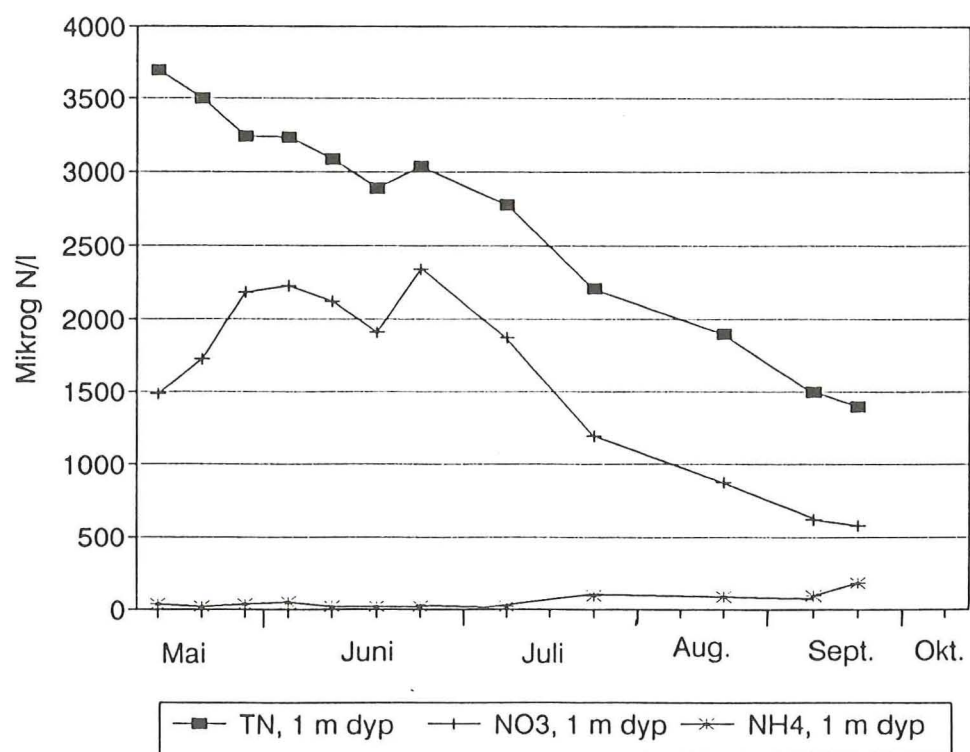
På grunn av en mild vår med sterk vind ble temperaturen i bunnvannet i 1991 svært høy utover sommeren, dvs. 12 °C på 12 m dyp, mens temperaturen på 12 m dyp i 1980 lå mellom 6 og 7 °C (fig. 4.7A). Dette førte igjen til at fullsirkulasjonen inntraff svært tidlig, dvs. ca. 23. september da temperaturen var 13.0 °C i hele vannsøylen (fig. 4.7A).

Oksygensvinn i bunnvannet (under 9 m dyp) fant først sted i slutten av juli (fig. 4.6 og 4.7B, se også tabell 3 i primærtabellene). I 1980 fant dette sted allerede i første halvdel av juni (fig. 4.7 B).

I 1991 var pH ofte i overkant av 9 (fig. 4.6), men aldri over 10. Den høye pH-verdien som ble registrert i begynnelsen av mai skyldtes en masseoppblomstring av dinoflagellaten Peridinium aciculiferum.

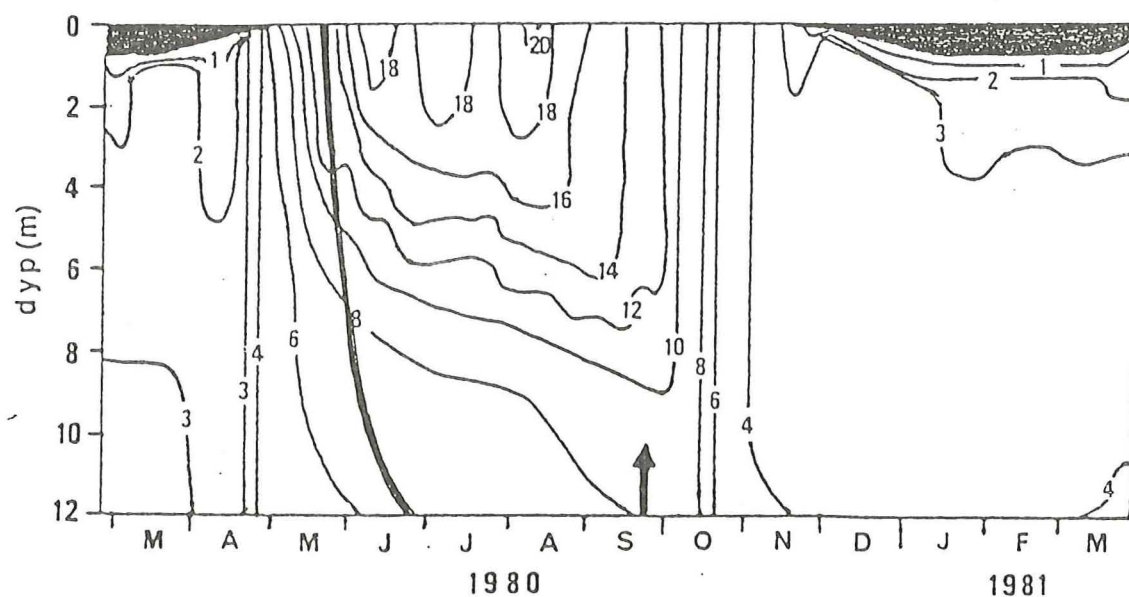


Figur 4.5. Utviklingen av total fosfor (TP) på 1 og 12 m dyp i Årungen 1991.

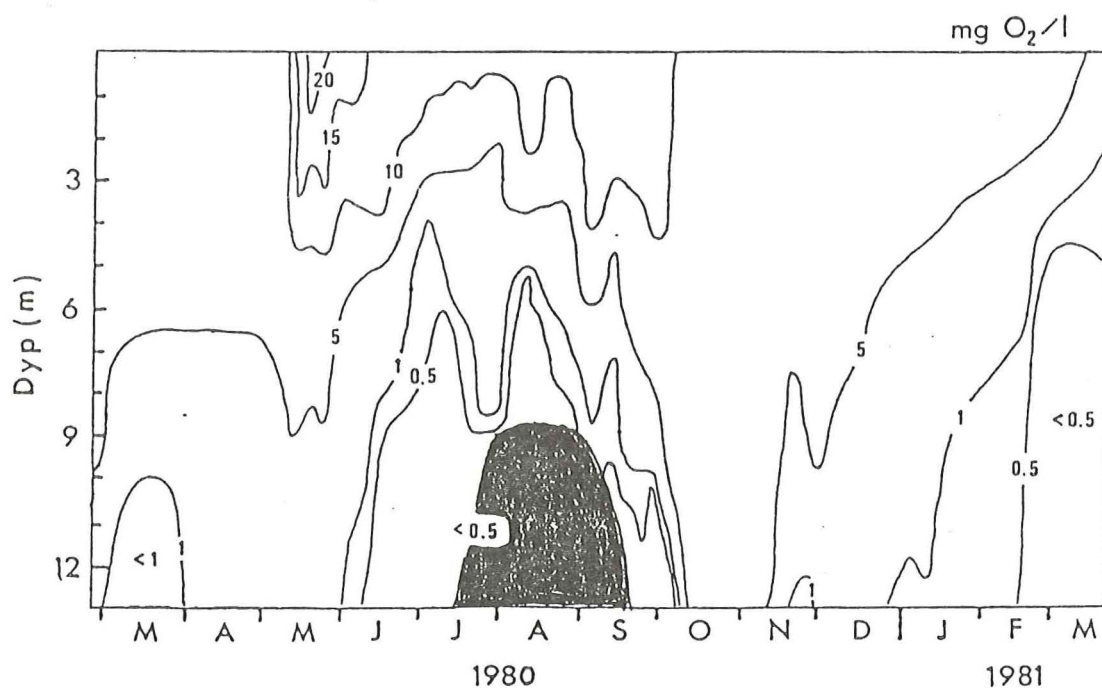


Figur 4.6. Utviklingen av total nitrogen (TN), nitrat (NO_3) og ammonium (NH_4) på 1 m dyp i Årungen 1991.

A.



B.



Figur 4.7. Sammenlikning av temperatur- og oksygenforhold i Årungen 1980/81 og 1991

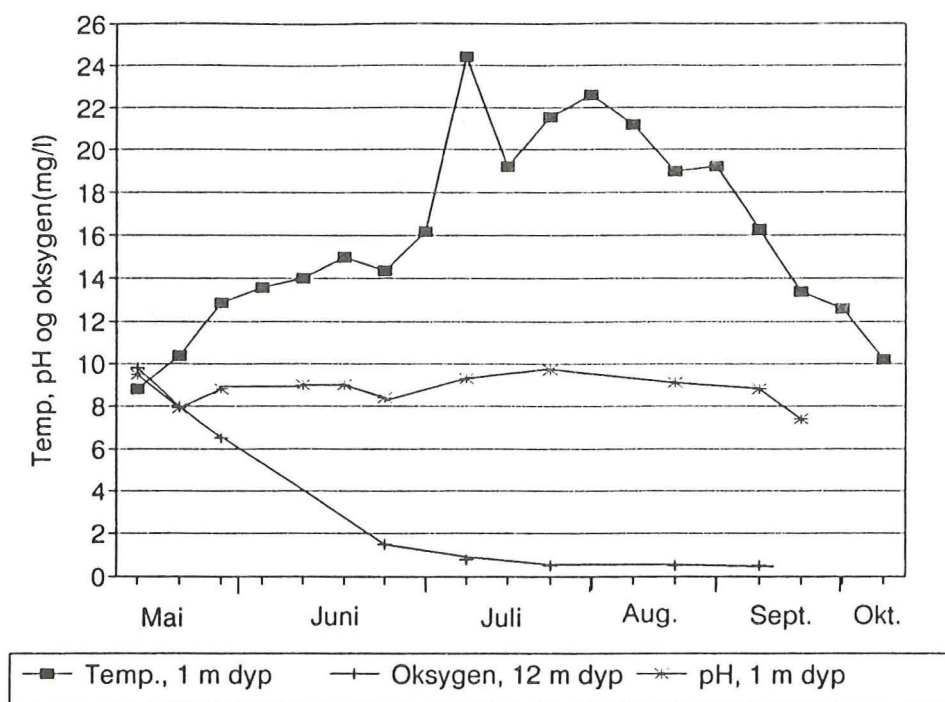
A: Temperaturisopleter 1980/1981. (Sanni 1985)

Tykk strek = 12 °C isopleten for 1991.

Oppadrettet pil = tidspunkt for fullsirkulasjon 1991.

B: Oksygenisopleter 1980/1981. (Sanni 1985)

Skravert felt = Oksygensvinn i hypolimnion i 1991.



Figur 4.3. Utviklingen i temperatur (°C) og pH på 1 m dyp og oksygen (mg O/l) på 12 m dyp i Årungen 1991.

- FORURENSNINGSGRAD

Med hensyn til forurensningstypen eutrofiering er Årungen sterkt forurensset (klasse 4). Innsjøen er lite til moderat belastet med partikler (klasse 1-2), men er sterkt belastet med organisk stoff (4)).

- HYGIENISKE FORHOLD

De hygieniske problemene som er knyttet til en sterkt overgjødset (eutrof) vannforekomst er bakteriespredning og oppblomstringen av giftige blågrønnalger.

Norsk institutt for vannforskning registrerte giftproduserende blågrønnalger i Årungen for første gang i 1991. Det var planktonsamfunn dominert av artene Microcystis aeruginosa og Aphanizomenon flos-aquae som det ved biotester kunne påvises toxinproduksjon med hepatoksiske og nevrotoksiske virkninger.

Årungen har hatt jevnlike oppblomstringer av blågrønnalger siden man startet med systematiske prøvetakinger i vannmassene. I 1991 ble dominansen av blågrønnalger stadig sterkere utover sommeren. Den ene av de påviste giftproduserende artene Aphanizomenon flos-aquae er tidligere beskrevet som den dominerende i planteplanktonsammfunnet i juli og august 1988-91 sammen med enkelte andre arter. Den andre giftproduserende arten Microcystis aeruginosa var velutviklet midt på sommeren.

4.2. VANNKVALITET 1962 - 1990. LANGSIKTIGE UTVIKLINGSTENDENSER

Vannkvaliteten har siden 1962 vært svært dårlig (tabell 4.1). Fra og med 1985 og til 1991 har TP-konsentrasjonen blitt lavere og i 1989 endret også algesammensetningen seg i betydelig grad fra total dominans av Oscillatoria agardhii til dominans av en rekke andre blågrønnalger som suksessivt etterfølger hverandre gjennom sesongen. TN-konsentrasjonen har vært mer stabil. I de senere årene har det i juli blitt registrert noe lavere pH, ofte 9.0 - 9.5, mot pH-verdier fra 9.5 - 10.2 i perioden 1980 - 1982. I perioder med vind danner ofte blågrønnalgene sterk vannblomst i sør- og nordenden av innsjøen. Vannkvaliteten kan derfor være langt dårligere der enn midt på innsjøen.

Figur 4.8 viser planteplanktonsammensetningen i Årungen 1980 og 1988 - 1991. Hvert år er kiselalgene de mest dominante i mai - juni. Mens Oscillatoria agardhii var helt dominant blant blågrønnalgene i 1980 har andre blågrønnalgearter blitt mer dominante i perioden 1988 - 1991. Spesielt har Aphanizomenon flos-aquae fått en fremtredende plass i planteplanktonsamfunnet, men også Microcystis aeruginosa har vært dominant midt på sommeren, spesielt i 1989 og 1990. Tidlig i blågrønnalge-suksesjonen (i overgangen juni - juli) kan arter som Synechococcus sp. og Limnothrix sp. være dominante

Tabell 4.1. Middelerverdier (mai - oktober) og enkeltobservasjoner (*) for siktedyp (SD), suspendert stoff (SS), total fosfor (TP), total nitrogen (TN), klorofyll a og algebiomasse (0 - 4 m dyp) i tidsrommet 1962 - 1990.

År	Ref.	SD (m)	SS mg/l	TP µg P/l	TN µg N/l	kl. <u>a</u> µg/l	B mg våt- vekt/l
1962	1.)*			400	5200		
1973	2.)	ca. 1.5		ca.150	ca.3000		ca. 26
1977	3.)	0.6		334	3967		
1978	3.)	1.0		174	2124		
1979	4,3.)	0.5		164	3200	96	36.0
	3.)			193			
1980	3,5,6,7)	0.5	28.7	127	2100		75.0
1981	3,8.)	0.9	17.2	147	1640		
1982	3,8.)	0.7	15.4	329			
1983							
1984	9.)*			143		157	95.0
1985	10.)			55	1650	39	14.9
1986	11.)*			55	2124		
1987							
1988	12.)			57	2300	30.5	4.8
	13.)						24.4**
1989	13.)						76.0**
1990	13.)						21.2**
1991	14.)	1.3	8.3	39	2706		16.8

* Bare en en prøve.

** Prøver tatt i uttløp. Disse er ikke helt representativt for Årungen som helhet, da blågrønnalgene ofte danner sterk vannblomst i denne enden av Årungen.

1. Skulberg (1968).
2. Skogheim et al.(1975), Brettum (1979).
3. Grøterud & Rosland (1981). Ensby (1984). Årungen-prosjektet, NLVF.
4. Lyche (1984).
5. Hertzberg (1985).
6. Sanni (1985).
7. Løvstad (1984, upublisert materiale).
8. Rosland (1984) + Løvstad (upublisert materiale).
9. Løvstad et al. (1986). + upubl. materiale.
10. Løvstad (upublisert materiale).
11. Skulberg (1988).
12. Faafeng et al. (1990).
13. Løvstad (1990), Krogstad & Løvstad (1991, upublisert materiale).
14. Denne undersøkelsen.

5. BEREGNING AV FOSFOR OG NITROGENTILFØRSLER

I perioden 1977-82 ble det gjennomført omfattende studier av forurensningsforholdene i Årungen og det omkringliggende nedbørfeltet. Dette var en grundig vitenskapelig undersøkelse, hvor bl.a. Årungens vannkvalitet. Overvåkingen i 1991 har imidlertid en god pekepinn på den videre utviklingen.

5.1. BEREGNING AV TILFØRSELSKILDER FOR PERIODEN 1979-82.

I perioden 1977-82 ble det beregnet følgende forurensningstilførsler til Årungen:

Tabell 5.1: Gjennomsnittlige årlige tilførsler av fosfor og nitrogen fra Årungens nedbørfelt i perioden 1977-82.

Tilførselskilde	Fosfor		Nitrogen	
	Kg	%	Kg	%
Landbruk	5 486	65	83 349	85
Husholdningskloakk	2 598	32	12 468	13
Industri	116	2	1 683	2
Totalt	8 200	100	97 500	100

Tabellen ovenfor framkommer utfra et beregnet fratrekk for borttransporterte næringsstoffer fra avlinger, akkumulasjon av næringsstoffer i jordsmonnet og selvrensningsevne i bekker og i Østensjøvannet. Tilførslene er videre vurdert utfra et normalår, definert som 1981. Beregningene er basert på detaljert kunnskap om aktiviteten i Årungens nedbørfelt, og målinger i innsjøen og de viktigste tilløpsbekkene. Det framgår av tabell 4.1 at siktdypet dengang var 0.9 meter, innholdet av total fosfor var 147 ug/l, og innholdet av total nitrogen var 1640 ugN/l.

Det framgår at den klart største forurensningskilden var landbruket. Avløp fra husholdninger bidro imidlertid også med en betydelig andel, mens det er svært lite industri i nedbørfeltet.

Det er ikke bare tilførslene fra nedbørfeltet som påvirker vannkvaliteten i Årungen. I sommermånedene ble næringstilførslene fra sedimentene i innsjøen for 1977-82 beregnet å utgjøre 60-70% av tilførslene. I tillegg ble en stor bestand av mort beregnet å tilføre vannmassene 10-20% av næringstilførslene midtsommers.

5.2. NÆRINGSSTOFFBELASTNINGSMODELLER.

- FOSFOR- OG NITROGENKONSENTRASJONEN

Konsentrasjonen av TP og TN i en innsjø er avhengig av de eksterne (alloktone) og interne (autoktone) tilførsler av P og N. Som regel har en innsjø en viss kapasitet til tilbakeholdelse (retensjon) av næringsstoffer.

Retensjonen for fosfor R_p er:

$$R_p = (P_{in} - P_{ut})/P_{in}$$

hvor P_{in} = alt fosfor som tilføres i løpet av en bestemt periode (f.eks. et år).
 P_{ut} = alt fosfor som forsvinner ut av innsjøen via utløpet i samme periode.

Larsen & Mercier (1976) fant ved statistisk analyse fra et stort antall innsjøer at retensjonen for fosfor kunne uttrykkes som en funksjon av innsjøens teoretiske oppholdstid:

$$R_p = 1/(1 + 1/\sqrt{T_w})$$

der T_w = innsjøens teoretiske oppholdstid.

$T_w = V/Q$ hvor V er innsjøens volum (m^3) og Q er den årlige tilførsel av vann ($m^3/år$).

Nitrogen er mer mobilt enn fosfor og holdes ikke i samme grad tilbake i innsjøen. Holtan & Åstebøl (1990) foreslår på bakgrunn av erfaringsmateriale følgende formler for nitrogenets retensjon R_N .

Trofigradklasse 4	(Eutrofe innsjøer):
R_N	$= 0.2/(1 + \sqrt{(1/T_w)}) + 0.2$
For Årungen får vi:	$R_p = 1/1 + 1/\sqrt{0.2} = 0.31$
	$R_N = 0.2/(1 + 2.24) + 0.2$
	$= 0.26$

- FOSFOR OG NITROGENTILFØRSELEN

Ifølge Larsen & Mercier (1976) får vi at den årlige fosforbelastning P_{in} (i tonn P/år) er:

$$P_{in} = TP \cdot Q / (1 - R_p)$$

Q = den årlige vannbelastning.

Denne modellen er også godt egnet for beregning av nitrogen-tilførselen hvis konsentrasjonen er kjent.

For Årungen får vi:

Den årlige vannbelastning $Q = 9.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / 0.2 \text{ år} = 46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Fosfor.

Den årlige fosfortilførsel blir:

$$P_{\text{in}} = (39 \cdot 10^{-12} \text{ tonn} \cdot 46 \cdot 10^9 \text{ m}^2 / \text{år}) / 0.69 = 2.6 \text{ tonn P/år}$$

Nitrogen.

Den årlige nitrogentilførsel blir:

$$N_{\text{in}} = (2.706 \cdot 10^{-9} \text{ tonn} \cdot 46 \cdot 10^9 \text{ m}^2 / \text{år}) / 0.74 = 168 \text{ tonn N/år}$$

FOSRES (Berge 1990). Gjelder spesielt for grunne innsjøer (middeldyp < 15 m).

$$TP = 0.436 \cdot TP_i \cdot T_w^{-0.16}$$

der TP_i = årsmiddelkonsentrasjonen av TP i innløp.

Denne modellen ble funnet å overestimere den aktuelle fosforbelastning for innsjøer med høy intern fosforbelastning.

For Årungen får vi:

$$TP_i = 69.2 \text{ µg P/l}$$

Den årlige vannbelastning $Q = 9.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / 0.2 \text{ år} = 46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Den årlige fosforbelastning blir:

$$P_{\text{in}} = Q \cdot TP_i = 69.2 \cdot 10^{-12} \cdot 46 \cdot 10^9 \text{ tonn P/år} = 3.2 \text{ tonn P/år.}$$

I 1979 - 1982 ble fosforbelastningen observert til 6.3 - 6.4 tonn P/år. FOSRES-modellen beregnet fosforbelastningen til å variere fra 6.3 - 7.8 tonn P/år (Berge 1987).

5.3. BEREGNING AV DAGENS NÆRINGSTOFFTILFØRSELER

Landbruk og husholdningskloakk regnes fortsatt som de største tilførselskildene i nedbørfeltet. Forholdene har imidlertid bedret seg siden begynnelsen av 1980-tallet.

- TILFØRSLER FRA HUSHOLDNINGSKLOAKK

Følgende tiltak er gjennomført i Årungen nedbørfelt siden 1982:

- Sanering av overløp fra Landbrukshøgskolens kloakkledningsnett
- Innføring av tvungen slamtømming

Det er svært vanskelig å anslå om tvungen slamtømming har noen effekt på reduserte næringssalttilførsler til Årungen. En antar at slamtømming ble foretatt ved flere av disse husstandene før det ble innført tvungen tømming. Effekten av dette tiltaket blir derfor ikke forsøkt kvantifisert.

Norges Landbrukshøgskole vedtok i 1990 en saneringsplan for det eksisterende avløpsnett i forbindelse med utarbeidelsen av reguleringsplanen for sentralområdet ved Landbrukshøgskolen. Saneringsarbeidene skal være avsluttet innen 1994, og skal etter Østlandskonsults beregninger redusere tilførslene til Årungen med 0.3 tonn.

Arbeidene med sanering av Landbrukshøgskolens ledningsnett er nå igangsatt. To nye overløp er satt i drift, og vil etter Østlandskonsults beregninger redusere fosfortilførslene til Årungen med 0.2 tonn. Overløpene ble satt i drift i fjor høst. De reduserte tilførslene kan derfor ikke registreres på overvåkingen av vannkvaliteten for 1991.

Det er bare i liten grad gjennomført sanering av spredt bebyggelse i nedbørfeltet. Forurensningstilførslene antas likevel å ha vært mindre fra disse anleggene de siste årene. Forurensninger fra denne typen anlegg filtreres gjennom grunnen. Hvilken forurensning som når vassdragene er derfor arealavhengige. Naturlig gunstige forhold, som har ført til mindre arealavrenning har derfor også ført til mindre forurensningstilførsler fra spredt bebyggelse.

- TILFØRSLER FRA LANDBRUKET

Den største forurensningskilden innen landbruket antas å være avrenning fra arealer med åpen åker. Dette arealet er omlag uendret siden begynnelsen av 1980-årene. Høsten 1992 ble imidlertid 1200 dekar, eller ca. 6% av det mest erosjonsutsatte arealet ikke høstpløyd. Dette har ført til redusert avrenning om vinteren og våren, men har neppe virket inn på vannkvalitetsmålingene i Årungen, som ble avsluttet høsten 1991. Høsten 1990 lå det aller meste av arealet med åpen åker som pløyd mark i nedbørfeltet.

Antall gårdsbruk med husdyr i Årungen nedbørfelt er redusert siden begynnelsen av 80-årene. I 1980 hadde 23 gårdsbruk husdyr, i 1992 er det bare 11 gårdsbruk med husdyr igjen. Dette har betydning for hvor stor andel av forurensningene fra landbruket som kommer som sig/utslipp fra siloer og gjødsellagre.

Avrenning fra silo og gjødsellagre er noe vanskelig å anslå for 1991. Den utgjør ingen stor andel av forurensningstilførslene i noe fall. Antall husdyr har blitt færre i nedbørfeltet, og en utvendig gjødseldemme ved Landbrukshøgskolen har blitt erstattet med en prefabrikkert gjødselkum. Høgskolens husdyrbesetning står imidlertid for mer enn halvparten av den totale produksjon av husdyrgjødsel og

grassurfor i nedbørfeltet. Brannen i høgskolens driftsbygning kan ha ført til en del provisorisk lagring av både grassurfor og gjødsel. Forurensningene fra jordbrukets punktutslipp anslås derfor skjønnsmessig til å ligge på samme nivå i 1991 som i 1977-82.

Det er bare utarbeidet noen få planer for tekniske miljøtiltak for gårdsbruk i Årungs nedbørfelt.

- AVRENNING FRA ANLEGG OG FYLLINGER

Det er gjennom flere år gjennomført målinger av avrenningen fra Bølstad søppelfylling. Målingene viser at fyllingen tilfører Årungen små mengder fosfor, 0.01 tonn/år, men større mengder nitrogen, 1.3 tonn/år. Avrenningen har neppe avtatt gjennom de senere årene.

Det ble i 1991 gjennomført store anleggsarbeider i Årungs nedbørfelt i forbindelse med anlegging av ny E6. Større fyllinger ble anlagt i den forbindelse. Avrenningen fra disse fyllingene og fra selve veianlegget antas å være noe større enn fra Bølstadfyllinga når det gjelder fosfor, men adskillig mindre når det gjelder nitrogen. Avrenninga fra denne typen deponier med naturlige masser er mer sammenliknbart med avrenninga fra et bakkeplanert felt enn fra ei søppelfylling.

- TILTAK I INNSJØEN

Ås jeger- og fiskeforening satte ut av abborfisken gjørs i innsjøen i 1990. Det ble kun utsatt noen få eksemplarer, men antallet ble supplert i 1991.

Gjørs er en rovfisk. Den antas å kunne redusere bestanden av planktonspisende fisk, først og fremst mort. Morten beiter i sedimentene, og fører næringsstoffer ut i innsjøen. Morten beiter og plankton, bestanden av dyreplanktonet blir redusert, og mister sin effekt som en stabil filtrator av alger og organisk materiale.

Teorien tilsier at en høy populasjon av dyreplankton holder algepopulasjonen på et stabilt nivå, og man unngår algeoppblomstring, og med det en bedre vannkvalitet. Dette fører også til at en større andel fosfor sedimenterer direkte, og ikke blir nyttiggjort av algene. Ved å innføre gjørs reduseres beitingen på dyreplanktonet ved at mortbestanden blir mindre, og vannkvaliteten kan bli bedre. Forsøk med dette i Gjersjøen viser lovende resultater.

Det er bare satt ut noen få gjørs i Årungen. Tiltaket hadde derfor neppe noen effekt i 1991.

- SAMLET VURDERING

Samlet sett har ikke aktiviteten endret seg stort i nedbørfeltet siden undersøkelsene i 1977-82 ble gjennomført. Forklaringen til bedret vannkvalitet må derfor skyldes andre faktorer.

De beregnete fosformodellene for tilført fosfor viser en tilførsel på 2.6-3.2 tonn. Modellen FOSRES er nylig utviklet i Norge for grunne innsjøer, og har vist god overenstemmelse i innsjøer som ikke er alt for hardt belastet med intern gjødsling. Man antar at dette er tilfelle for Årungen i 1991, og at de faktiske fosfortilførslene for dette året ligger nærmere 3.2 tonn enn 2.6 tonn.

De beregnete nitrogentilførslene for 1991 er 168 tonn. Observerte/målte nitrogentilførsler for 1979-82 var ca. 100 tonn. Både målinger og beregninger tyder derfor på at nitrogentilførslene har økt i perioden. Økningen i tilførslene kan komme av økte langtransporterte tilførsler, økt andel åpen åker i nedbørfeltet og det faktum at nitrogen gjødslinga i landbruket ikke har avtatt i perioden på fylkes- eller landsbasis.

Det antas at tilførslene til Årungen for 1991 fordeler seg på følgende kilder:

Tabell 5.2. Fosfor- og nitrogentilførsler til Årungen nedbørfelt i 1991.

Kilde	Fosfor		Nitrogen	
	Tonn/år	%	Tonn/år	%
Naturlig bakgrunnsavr.	0.6	18	20	14
Dyrket areal	1.3	39	100	71
Jordbruk-punktk.	0.1	3	1	1
Spredt bosetting	0.6	18	8	6
Kloakkledninger	0.4	13	6	5
Tettstedsarealer	0.2	6	3	2
Avfallsfylling (Ås kom.)	-	-	2	1
Anleggsdeponier (E6)	0.1	3	-	-
Sum	3.3	100	140	100

Følgende koeffesienter er anvendt for beregningene:

Punktutslipp:

Ledningsnett:	12%	fosforlekkasje, utfra	0.62	kg	P/p.år
	20%	nitrogenlekkasje	"	4.38	" N/" "
Spredt bebyg:	50%	"	"	"	" "
	30%	fosforlekkasje	"	0.62	" P/p.år
Silo/gras:	15%	"	"	0.14	tonn "
	25%	nitrogenlekkasje	"	0.7	" N/år
Gjødsellager:	3%	"	"	22	" "
	1%	fosforlekkasje	"	77	" P/år

Arealavrenning:

Naturlig bakgrunnsavrenning:

Skog/impediment:	0.012	tonnP/km2,	0.4	tonn	N/km2
Vannareal:	0.003	" "	0.7	" "	" "

Arealavrenning fra jordbruksareal:

Beite:	0.03	tonnP/km2	2.0	tonn	N/km2
Eng/beite	0.035	" / "	4.0	"	"
Åpen åker:	0.06	" / "	4.5	"	"

Koeffesientene for punktutslipp er vurdert skjønnsmessig utfra kunnskapen om anleggene og geologiske grunnforhold i området, med utgangspunkt i NIVA/JORDFORSKs Håndbok i innsamling av data om forurensning-tilførsler til vassdrag og fjorder.

Koeffesientene for arealavrenning er vurdert i forhold til JORDFORSKs veiledende koeffesienter for arealavrenning for Oslofjorden i beregningene til Nordsjøavtalen, men justert i forhold til vannkvalitetstilstand, teoretisk beregnede tilførsler til Årungen og de aktuelle værforholdene. På bakgrunn av vannkvalitetsdataene er tallene for fosfortilførslene nedjustert i forhold til Nordsjøavtalens veiledende data, mens tallene for nitrogenavrenning er oppjustert.

Med bakgrunnsavrenning menes avrenning fra skog, vann, og impediment. Ved beregningene er i tillegg den naturlige avrenningen fra jordbruksarealene lagt til. Beregningene av jordbrukstilførslene blir med dette netto tilførsler.

Ved beregning av statistiske data for Årungen nedbørfelt er dataene fra Årungen-prosjektet 1977-82 primært lagt til grunn, men dataene er sammenholdt med data fra Statistisk sentralbyrås hydrologiske statistikkområde 005.2 Ås. Dette området dekker imidlertid hele Årungselvas nedbørfelt.

Det er lagt mest vekt på å få budsjettet på fosforsiden til å

stemme med målinger og beregninger. Det er her man har de beste modellene og forskningsresultater å forholde seg til.

- FRAMTIDIGE TILTAK OG MÅLSETTINGER

Følgende tiltak er under gjennomføring:

Landbruk: Redusert jordarbeiding: 6% av åkerarealet i 1991/92

Kloakk: Rehabilitering av Landbrukshøgskolens ledningsnett

Innsjøtiltak: Utsetting av gjørs

Følgende tiltak er under planlegging:

Landbruket: Forslag til tiltak i og langs tilførselsbekkene til Årungen og Østensjøvannet

Kommunale utslipp: Saneringsplaner for Ski, Ås og Frogn

Følgende tiltak er pålagt planlagt av Fylkesmannens miljøvernnavdeling:

Avfall: Konesjon for Bølstad søppelfylling/samlet plan for avfallsbehandling i Follo

Det ble nevnt innledningsvis at modellberegninger (Dag Berge et.al) tilsa at fosfortilførslene til Årungen ikke skulle være større enn at middelkonsentrasjonen i vannmassene ikke oversteg 20 mg P/l. De planene som vil foreligge for tiltak innen kommunale utslipp, avfall og landbruk må vurderes i forhold til dette.

5.4. NÆRINGSSTOFFTILFØRSLER TIL OSLOFJORDEN

Årungselsva har tidligere år vært det fjerde største tilførselskilden av næringssalter blant tilløpsvassdragene til indre Oslofjord. Årungselsva renner ut innerst i Bunnefjorden, den mest forurensede delen av indre Oslofjord.

Det er noen år siden det er foretatt målinger av vannkvaliteten i Årungselsva. Om sommeren er vannstanden i Årungen såvidt lav at det ikke er direkte overløp fra Årungsdammen til Årungselsva. Det kommer imidlertid vann i Årungselsva fra Årungen som er filtrert gjennom grunnen under dammen. Årungen er oppdemt av Ås-ski-morenen. Sommerstid virker dette som en god infiltrasjon av utløpet fra Årungen. Vår, høst og vinter er imidlertid denne effekten av mindre betydning.

Med de senere års sparsomme overvåkingsresultater i Årungen og Årungselsva er det bare grunnlag for en forenklet betraktning av tilførslene til Oslofjorden. En kan her ta utgangspunkt i:

- Gjennomsnittlig fosfor- og nitrogenkonsentrasjon i innsjøen
- Selvrensingen i Årungselsva er like stor som de økte tilførslene den får

Fosfor og nitrogentilførslene til Oslofjorden kan med dette beregnes utfra vannføringen i Årungselsva, i kapittel 5.2 beregnet som den årlige vannbelastningen, multiplisert med årsmiddelkonsentrasjonen av næringssalter i Årungen:

$$P = TP \cdot Q$$

For Årungselsva får vi:

$$P = 39 \cdot 10^9 \text{ tonn} \cdot 46 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 1.8 \text{ tonn P/år}$$

$$N = 2.706 \cdot 10^9 \text{ tonn} \cdot 46 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 107 \text{ tonn N/år}$$

Tilførslene til Oslofjorden fra Årungselsva antas med dette å være i underkant av 2 tonn fosfor/år og i overkant av 100 tonn nitrogen pr. år i 1991. Dette er en betydelig nedgang i fosfortilførslene, men en økning i nitrogentilførslene i forhold til tidligere år.

5. REFERANSER.

- Berge, D., FOSRES-a phosphorus loading model for shallow lakes
Verh. Internat. Verein. Limnol. 218 - 223
- Brettum, P., 1979. Planteplankton som indikator på trofinivå i norske innsjøer. NIVA-rapport. 102 s.
- Ensby, S. (Red.), 1984. Årungen. Tilstand. Aktuelle sanerings- og restaureringstiltak.
- Faafeng, B., Brettum, P. & Hessen, D., 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitilstanden i 355 innsjøer i Norge. NIVA-rapport 389/90. 57 s.
- Grøterud, O. & Rosland, F., 1981. Vannbalanse og stofftransport i Årungen nedbørfelt 1977 - 1979. NLVF-rapport. 54 s.
- Hertzberg, J., 1985. Nitrogenomsetningen i Årungen. Kvantifisering av interne kilder og tapsprosesser. Hovedfagsoppgave i Limnologi. Univ. i Oslo. 109 s.
- Holtan, H., 1964. Eutrofieringsforhold i norske innsjøer. I: Nordiske jordbruksforskernes forening. Nordisk kollokvium om eutrofieringsproblemer. Blindern, 9 - 10 desember 1964 s 171 - 179.
- Holtan, H. & Åstebøl S.O., 1991 Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA/JORDFORSK-rapport, 53s.
- Krogstad, T. & Løvstad, Ø., 1991. Available soil phosphorus for planktonic blue-green algae in eutrophic lake water samples. Arch. Hydrobiol. 122: 117 - 128.
- Larsen, D P & Merchier, H.T., 1976: Phosphorus retention capacity of lakes. J. Fish Res. Board. Can.33: 1742-1750
- Lyche, A., 1984. Plankton i innsjøer langs en trofigradient. Hovedfagsoppgave i Limnologi. Univ. i Oslo. 259 s.
- Løvstad, Ø., 1984. Growth limiting factors for Oscillatoria agardhii and diatoms in eutrophic lakes. Oikos 42: 185 - 192.
- Løvstad, Ø., 1989. Årungen. Konsekvenser for vannkvaliteten som følge av vannstandsendringer. Rapport. Miljøvernadv. i Oslo og Akershus. 11 s.
- Løvstad, Ø. Blaker, I., & Wold, T. Regional innsjøundersøkelse i Oslo (1984) og Akershus (1985). Eutrofiering og planteplankton. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Miljøvernavdelingen. 15s.

- Pettersen, J.E., Ytterligere reduksjon av forurensningen til indre Oslofjord-tiltaksanalyse (1988) Tiltakstype 8: Tiltak for å redusere forurensning forbundet med avfallsdisponering. Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 34s.
- Rosland, F., 1984. Datarapport for Årungen nedbørfelt 1976 - 1982. GEFO-rapport. 51 s.
- Sanni, S., 1985. Utveksling av fosfat mellom sediment og vann i Årungen. Hovedfagsoppgave i Limnologi. Univ. i Oslo. 204 s.
- Skogheim, O. K., 1975. En vurdering av limnologisk tilstand og utvikling i små eutrofe innsjøer. I. Eutrofiering. Tionde Nordiske Symposiet om Vattenforskning. Nordforsk. Miljøvårdssekretariatet 1975. s 223 - 252.
- Skogheim, O. K., 1978. Recent sediments in a eutrophicated lake; Årungen, Norway. Verh. Int. Verein. Limnol. 20: 749 - 757.
- Skogheim, O. K. & Abrahamsen, H., 1980. Morfometriske data for Årungen. NLVF-rapport 1980/4.
- Skulberg, O. M., 1968. Studies on eutrophication of Norwegian inland waters. Mitt. Inter. Verein. Limnol. 14. 187 - 200.
- Skulberg, O., 1988. Blågrønnalger - vannkvalitet. NIVA-rapport. 121 s.
- Statens forurensningstilsyn, årsrapport 1991. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør
- Åstebøl, S. O., Vagstad, N., Deelstra, J. 1989. Avrenning og effekt av tiltak i landbruket, delrapport av nasjonal Nordsjøplan, JORDFORSK/SFT-rapport 32 s.

PRIMERTABELLER.

Tabell 1. Siktedyp SD, suspendert stoff SS, partikulært organisk stoff OS og fytoplanktonbiomasse (1 m dyp).

Dato	SD (m)	SS mg tørrvekt/l	OS mg tørrvekt/l	B mg våtvekt/l
7.5	1.25	11.9	5.3	0.8
14.5	1.00	9.7	3.4	2.4
28.5	1.40	8.2	4.4	6.0
4.6	1.60			
10.6	1.25	9.5	4.8	12.4
19.6	1.50	6.1	2.9	7.9
24.6	1.35	5.7	2.9	9.3
1.7	1.45			7.6
8.7	1.50	5.7	4.8	8.9
15.7	1.05			10.7
29.7	1.00	13.5	12.7	34.4
5.8	1.05			21.1
8.8	1.35			36.5
19.8	1.05	8.4	7.8	26.0
31.8				25.0
2.9	0.85			44.7
9.9	1.10	6.8	6.2	15.3
19.9				
23.9	2.00	5.5	3.9	16.4
1.10	1.60			7.6
7.10	2.00			0.7
29.10	0.25			

Tabell 2. Plantenæringsstoffer i Årungen 1991.

Dato	Dyp	TP µg P/l	PP µg P/l	LRP µg P/l	TN µg N/l	NO ₃ µg N/l	NH ₄ µg N/l
7.5	1	70	42	17	3700	1490	30
14.5	1	40	22	6	3500	1730	<20
28.5	1	34	14	9	3240	2180	30
4.6	1	36	16	11	3230	2220	50
10.6	1	33	12	12	3090	2120	<20
19.6	1	26	12	1	2890	1910	<20
24.6	1	28	13	5	3040	2340	<20
8.7	1	37	21	8	2780	1870	<20
29.7	1	50	42	1	2210	1200	93
19.8	1	42	19	11	1900	880	84
9.9	1	32	14	8	1500	620	88
23.9	1	39	31	1	1400	580	180
Dato	Dyp	TP	PP	LRP	TN	NO3	NH4
7.5	12	57	45	17	3600	1700	20
28.5	12	38	21	7	3320	2650	60
24.6	12	56	25	22	2820	2400	280
8.7	12	47	25	16	2500	1630	260
29.7	12	88	55	24	2280	1270	380
19.8	12	115	86	24	1930	870	560
9.9	12	182	139	36	1840	330	880

Tabell 3. Temperatur, oksygen og pH for Årungen 1991..

Dato	Dyp m	Temp °C	Oksygen mg/l	pH
7.5	1	8.8	13.4	9.5
	3	7.5	11.8	
	6	7.1	11.4	
	9	7.0	10.5	
	12	6.8	9.8	
14.5	1	10.4	12.3	7.2 7.9
	3	10.4	12.3	
28.5	6	8.9	11.4	8.8
	12	8.2	8.0	
	1	12.9	14.1	
	3	11.5	12.1	
	6	10.7	10.9	
	9	10.5	8.5	
4.6	12	10.4	6.5	9.0 9.0
	1	13.6		
10.6	1	14.0		
19.6	1	15.0		
24.6	1	14.4	10.8	8.4
	3	14.4	10.8	
	6	13.6	8.4	
	9	12.0	4.1	
	12	10.2	1.5	
1.7	1	16.2		9.3
8.7	1	24.4	15.5	
	3	19.2	20.0	
	6	14.4	7.5	
	9	12.4	1.5	
15.7	12	11.2	0.8	6.7 9.7
	1	19.2		
	1	21.6	12.6	
	3	19.9	7.6	
	6	15.0	1.4	
29.7	9	13.5	<0.5	9.1
	12	12.0	<0.5	
	1	22.6		
	1	21.2		
5.8	1	22.6		9.1
8.8	1	21.2		
19.8	1	19.0	10.2	
	3	18.8	9.7	
	6	16.0	0.7	
	9	13.0	<0.5	
2.9	12	12.0	<0.5	8.8
	1	19.2		
	1	16.3	14.3	
	3	16.1	13.0	
	6	16.0	9.0	
9.9	9	13.9	<0.5	7.4
	12	12.0	<0.5	
	1	13.4		

1.10 1 12.6
7.10 1 10.2

Tabell 4. Fytoplankton i Årungen i 1991. Alle verdier i mg
våtvekt/l.

KLASSER/ARTER	DATO			
	7.5	14.5	28.5	10.6
BLÅGRØNNALGER				
Synechococcus sp.				0.30
Oscillatoria agardhii	0.005	0.02	0.05	0.045
Aphanizomenon flos-aquae	+	+	0.09	0.01
BLÅGRØNNALGER TOTALT	0.005	0.02	0.14	0.355
KISELALGER				
Asterionella formosa	0.06		0.44	
Synedra cf. acus		0.01	0.04	
Diatoma elongatum	0.07	0.55	4.12	10.0
Stephanodiscus hantzschii	0.06	1.31	0.16	0.05
KISELALGER TOTALT	0.19	1.87	4.76	11.05
DINOFLAGELLATER				
Peridinium aciculiferum	0.30			
DINOFLAGELLATER TOTALT	0.30			
GRØNNALGER				
Pandorina morum			0.76	0.02
GRØNNALGER TOTALT			0.76	0.02
µ-alger	0.31	0.48	0.25	1.0
Store flagellater			0.06	
TOTAL ALGEBIOMASSE	0.805	2.37	5.97	12.425

Tabell 4. forts.

KLASSER/ARTER	DATO			
	19.6	24.6	1.7	8.7
BLÅGRØNNALGER				
Synechococcus sp.	0.40	1.48	3.06	4.80
Oscillatoria agardhii	0.03	0.48	0.99	0.80
Microcystis sp.			0.80	0.64
Anabaena solitaria				0.20
Aphanizomenon flos-aquae	0.10	0.07	0.15	0.10
BLÅGRØNNALGER TOTALT	0.53	2.03	5.00	6.54
KISELALGER				
Fragilaria crotonensis				0.10
Diatoma elongatum	6.50	7.20	2.44	0.54
Nitzschia sp.		0.04		
KISELALGER TOTALT	6.50	7.24	2.44	0.64
DINOFLAGELLATER TOTALT				0.25
GRØNNALGER				
Staurostrum paradoxum				+
Pandorina morum			+	
Scenedesmus sp.			0.02	0.02
GRØNNALGER TOTALT			0.02	0.02
µ-alger		0.05	0.10	0.60
Store flagellater				0.25
TOTAL ALGEBIOMASSE	7.03	9.32	7.56	8.30

Tabell 4 forts.

KLASSER/ARTER	DATO			
	15.7	29.7	5.8	8.8
BLÅGRØNNALGER				
Synechococcus sp.	0.24	1.80	+	0.30
Aphanothece clathrata	1.20	0.19	0.1	+
Oscillatoria agardhii	3.93	17.70	10.9	8.10
Microcystis sp.	0.30	4.90	2.0	1.65
Anabaena solitaria		0.06	0.1	+
Aphanizomenon flos-aquae	1.71	8.20	7.1	26.00
BLÅGRØNNALGER TOTALT	7.38	32.85	20.2	36.05
KISELALGER				
Diatoma elongatum	0.23	+	+	
KISELALGER TOTALT				
GRØNNALGER				
Staurostrum paradoxum		+		
µ-alger	2.81	0.60	1.0	
Store flagellater	0.53	0.90		0.58
TOTAL ALGEBIOMASSE	10.95	34.35	21.2	36.63

Tabell 4 forts.

KLASSER/ARTER	DATO			
	19.8	2.9	9.9	23.9
BLÅGRØNNALGER				
Aphanothece clathrata			0.16	
Oscillatoria agardhii	4.09	28.0	8.83	10.90
Microcystis sp.	2.00	1.28	0.04	0.30
Anabaena solitaria	0.58	0.32	0.05	
Aphanizomenon flos-aquae	19.15	14.90	5.96	5.10
BLÅGRØNNALGER TOTALT	25.82	44.50	15.04	16.30
ANDRE	0.17	0.17	0.26	0.10
TOTAL ALGEBIOMASSE	25.99	44.67	15.30	16.40

Tabell 4 forts.

KLASSER/ARTER	DATO	
	1.10	7.10
BLÅGRØNNALGER		
Limnothrix sp.	0.01	0.06
Oscillatoria agardhii	4.70	0.13
Microcystis sp.	0.05	0.01
Aphanizomenon flos-aquae	2.60	0.42
BLÅGRØNNALGER TOTALT	7.36	0.62
KISELALGER		
Fragilaria crotonensis	0.13	0.04
ANDRE	0.14	0.08
TOTAL ALGEBIOMASSE	7.63	0.74