



Miniflydd
Statlig program for
forurensningsovervåking

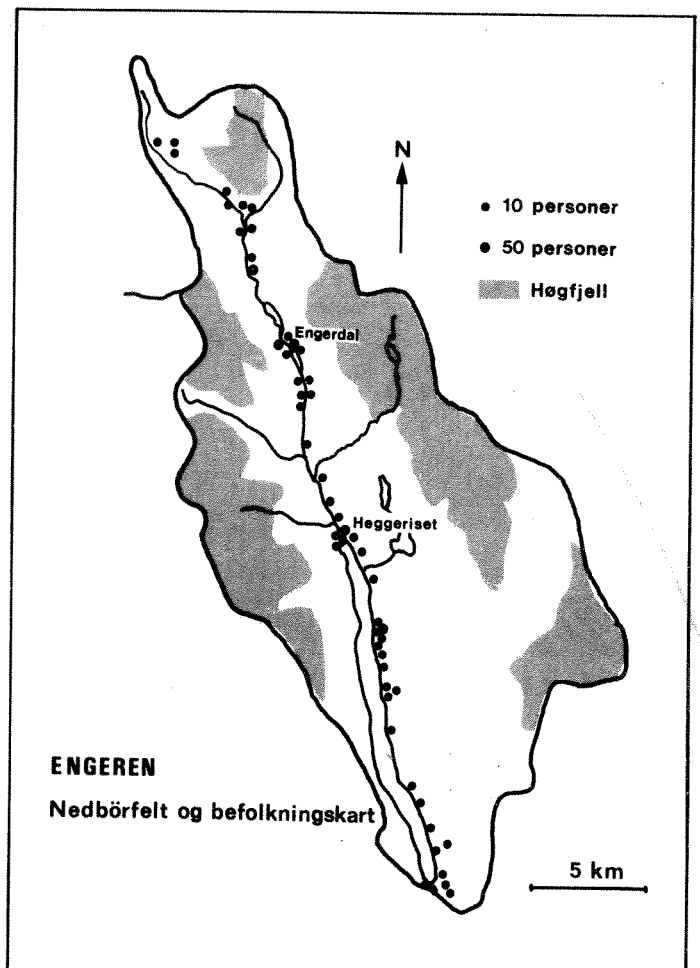
Rapport 134/84

Oppdragsgivere

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon NIVA

Basis-undersøkelse i ENGEREN 1983



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

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

Rapportnummer: 8000232
Undernummer:
Løpenummer: 1610
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Basisundersøkelse i Engeren, 1983 (Overvåkingsrapport 134/84)	Dato: Februar 1984
Forfatter(e): Sigurd Rognerud	Prosjektnummer: 8000232
	Faggruppe: NIVA's Østlandsavd.
	Geografisk område: Hedmark
	Antall sider (inkl. bilag): 35

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) Statlig program for forurensningsovervåking	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Rapporten behandler en basisundersøkelse av Engeren i Engerdal 1983. Resultatene viser at innsjøen er relativt ionefattig, humuspåvirket og har god evne til å motstå forsurening. Konsentrasjonen av næringsalter er relativt lav, som sammen med lav temperatur i vekstsesongen gir lav produksjon av alger. Innsjøen er lite påvirket vurdert ut fra de biologiske forhold. Forurensningsgraden har ikke endret seg nevneverdig siden 1977.

4 emneord, norske: Statlig program
1. Overvåkingsrapport 134/84
2. Engeren, Engerdal
3. Kjemiske og biologiske forhold
4. Basisundersøkelse 1983

4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Engeren, Engerdal
3. Water chemistry and biology
4. Base investigation 1983

Prosjektleder:

Sigurd Rognerud

Divisjonssjef:

Klaus Holbæk

For administrasjonen:

J. E. Sandal

ISBN 82-577-0772-4

Klaus Overmire



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000232

BASISUNDERSØKELSE I ENGEREN, 1983

Ottestad, februar 1984

Saksbehandler : Sigurd Rognerud

Medarbeidere : Gösta Kjellberg

Else-Øyvor Sahlqvist

Gerd Justås

For administrasjonen: J. E. Samdal

L. N. Overrein

FORORD

Foreliggende rapport presenterer det fysiske-kjemiske og biologiske materialet som er samlet inn fra Engeren i 1983.

Undersøkelsen er utført som basisundersøkelse og inngår som en del av programmet "Statlig program for forurensningsovervåking" som administreres og finansieres av Statens forurensningstilsyn (SFT).

Basisundersøkelsen tar sikte på å klarlegge dagens tilstand og å skaffe tilveie et referansemateriale som bakgrunn for kommende overvåkingsundersøkelser. Engeren inngår som en del av undersøkelsen i Trysilvassdraget, og må ses i sammenheng med denne (Sluttrapport i 1984).

Planteplanktonet er identifisert og kvantifisert av Else-Øyvor Sahlqvist ved NIVA.

De kjemiske prøver er analysert ved Vannlaboratoriet for Hedmarken (VLH), og de bakteriologiske prøver ved Hedmarken interkommunale næringsmiddelkontroll (HINK).

Instituttet vil takke disse for godt samarbeid.

Ottestad, februar 1984
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Østlandsavdelingen



Sigurd Rognerud

INNHOOLD

Side:

FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	4
1. INNLEDNING	6
2. RESULTATER OG DISKUSJON	7
2.1 Meteorologi	7
2.2 Fysisk/kjemiske undersøkelser	7
2.3 Biologiske undersøkelser	8
2.4 Fosforbudsjett	14
2.5 Hygienisk-bakteriologiske undersøkelser	15
3. LITTERATURLISTE	16
FIGURER OG TABELLER	17

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

1. Basisundersøkelsen i Engeren i 1983, som ble utført etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn, besto i en innsamling av fysisk-kjemiske, biologiske og hygienisk-bakteriologiske prøver, hovedsakelig konsentrert til den isfrie delen av året. Innsamlingen har foregått ved en stasjon ved innsjøens dypeste punkt. Målsettingen har vært å klarlegge innsjøens forurensningsmessige tilstand samt eventuelle utviklingstrender fra tidligere undersøkelser. Det er også gjort sammenligninger med andre store innsjøer i Østlandsområdet.
2. Engeren er relativt ionefattig og merkbart humuspåvirket. Innsjøens evne til å motstå forsurening må betraktes som god. Tilløpene drenerer humøse områder som i perioder, spesielt om våren, har en merkbar innflytelse på vannkvaliteten.
3. Konsentrasjonen av næringssalter er ikke spesielt høy i de frie vannmasser, noe som har sammenheng med den sparsomme bebyggelsen og landbruksdriften i nedbørfeltet. Med hensyn til fosforkonsentrasjon befinner Engeren seg i mellomsjiktet blandt de store innsjøene på Østlandet.
4. Vurdert ut fra de biologiske forhold må innsjøen betraktes som lite forurensningspåvirket. Humusfargingen av vannet reduserer produksjonen av alger noe i forhold til det en skulle vente ut fra empiriske relasjoner mellom algemengde og produksjon.
5. Algemengden i 1977 sammenlignet med 1983 synes ikke å vise noen signifikant endring. Beskrivelser fra 1952 antyder at det da var en merkbar produksjon av alger i de frie vannmasser og begroing langs strendene. Observasjoner i 1983 viste generelt en beskjeden grad av begroing langs strendene, med unntak av enkelte områder med markert vekst av kiselalgen Didymosphenia geminata uten at dette behøver å skyldes utslipp.

Generelt kan en derfor si at det ikke synes å ha skjedd noen endring i forurensningsgraden av Engeren de seinere år.
6. De bakteriologiske/hygieniske forhold er akseptable ut fra en hygienisk synsvinkel. Mengdene av bakterier er størst ved innsjøens nordlige deler, noe som har sammenheng med at tilførselene fra Engerdal-Heggeriset kommer inn i sjøen i dette avsnittet.

1. INNLEDNING

Engeren er en del av Trysilvassdraget. Innsjøens nedbørfelt er på 380 km² (eksl. innsjøen) hvorav 77% består av lite produktive områder (myr, snau-fjell), 22% av skog og ca. 1% av jordbruksarealer (fig. 1). Arealet av innsjøens overflate er 14 km² og største dyp ca. 85 m (fig. 2). Største delen av jordbruksområdene ligger langs Engeråa. Driftsformene er husdyrhold med melk- og kjøttproduksjon. Industrivirksomheten er svært beskjeden og den har liten betydning for innsjøens vannkvalitet.

Bergarter fra eokambrium preger området geologisk sett. Mest utbredt er den feltspatførende sandsteinen sparagmitt. Den er finkornet og har innslag av kalk og dolomitt-bergarter som i vesentlig grad preger avrenningsvannet til innsjøen. Løsmassene består av forskjellig morenemateriale som er lite flyttet, samt breelvavsetninger og bresjøsedimenter.

Det bor ca. 700 mennesker i nedbørfeltet hvorav ca. 200 er tilknyttet renseanlegg. Befolkningen er bosatt langs Engeråa og langs innsjøens østside. Totalt finns ca. 250 hytter i nedbørfeltet og en turistaktivitet tilsvarende ca. 6000 overnattinger (1978).

Engeren har vært gjenstand for undersøkelser tidligere. Åsebø (1952) undersøkte innsjøen i forbindelse med en hovedfagsoppgave i geografi ved Universitetet i Oslo. Holtan (1977) og (1979) har gjort en limnologisk undersøkelse av innsjøen og de viktigste tilløpselvene.

Etter oppdrag fra SFT gjennomførte NIVA i 1983 en basisundersøkelse i Engeren som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking. Datainnsamlingen har foregått ved en stasjon på innsjøens dypeste punkt (se fig. 2). Fysisk/kjemiske og biologiske forhold er undersøkt. Detaljert undersøkelsesprogram er gitt av Kjellberg (1982). Innsjøens forurensningssituasjon er vurdert ut fra det fysisk/kjemiske datagrunnlaget og biomasser av dyre- og planteplankton.

I forbindelse med sammenligningen av vannkvaliteten i Engeren med andre innsjøer i Østlandsområdet er følgende NIVA-rapporter brukt: Holtan (1967, 1970, 1982), Kjellberg (1982), Kjellberg & Rognerud (1983), Lien & Rørslett (1981), Faafeng (1981) og Rognerud, Berge & Johannessen (1979).

2. RESULTATER OG DISKUSJON

2.1 Meteorologi

Lufttemperatur og nedbørmengde fremstilt som månedsmidler er vist i fig. 3. Klimaet er kontinentalt der årsnedbøren er ca. 600 mm og årsmiddeltemperaturen nær 4 °C. Temperaturvariasjon viser et mønster som ligger svært nær normalen. Januar og november var noe mildere enn normalen, mens juli var noe kaldere.

Nedbørmengden er gitt for to stasjoner, Heggeriset og Drevsjø. Den førstnevnte ligger ved innsjøen og kommentarene gjelder denne stasjon. For produksjonsforholdene i innsjøen er det spesielt vekstsesongen juni-oktober som er interessant. Sommermånedene juni, juli og august var tildels betraktelig mindre nedbørsrik enn normalen, mens september og oktober var betydelig våtere enn normalt.

2.2 Fysisk-kjemiske undersøkelser

De kjemiske analysene er utført etter Norsk Standard og resultatene er gitt i tabell I.

Temperatur

Isotermdiagram for innsjøen er vist i fig. (4). Engeren har fullstendig sirkulasjon vår og høst. Sommeren 1983 var nedbørfattig og solrik. Til tross for dette steg ikke temperaturen i de øvre vannmasser til mer enn ca. 13 °C. i første halvdel av september. Holtan (1979) viste at temperaturen i den viktigste tilløpselva Engeråa var svært lav og oversteg ikke 14 °C hele sommeren. Dette skyldes antagelig kaldt smeltevann fra høyereliggende områder i nedbørfeltet. Innsjøens "badekarfasong" med steile strender, få grunntområder og nord-sydlig utstrekning (vindeksponert) sammen med kaldt innløpsvann, er antagelig årsaken til Engerens lave temperatur i produksjonsjiktet sommerstid. Lav temperatur virker hemmende på omsetning av næringsalter og produksjon av planktondyr og alger. Når temperaturforskjellene og dermed tetthetsforskjellene er relativt små mellom de øvre og nedre vannmasser, er det lettere for vinden å blande inn vann fra dypere lag i det øvre laget som har tilnærmet lik temperatur. Derved bringes næringsalter opp fra dypere lag og kan gå inn og stimulere produksjonen av planktonalger. Denne effekten vil motvirke noe av den effekten lavere temperatur har på planktonproduksjonen.

Kjemiske forhold senvinter/vår 1983

I fig. (5) er de kjemiske forhold fremstilt på bakgrunn av en observasjons-serie i april og en i første halvdel av juni. Verdiene i april representerer slutten av vinterstagnasjonen da innsjøen ennå var islagt, mens observasjonene i juni ble gjort under vårfullsirkulasjonen.

Generelt sett viser verdiene av total fosfor, farge, permanganat og turbiditet en økning fra april til juni. Dette henger sammen med avsmeltingen i nedbørfeltet som gir en økt transport av uorganisk og organisk materiale til innsjøen. Holtan (1979) viste at fargeverdiene i den viktigste tilførselselva Engeråa steg betraktelig på vårparten. Dette vil naturligvis også gi endringer av vannkvaliteten i innsjøen. Det er skogs- og myrområdene som i sterkeste grad setter sitt preg på avrenningsvannet under første smelteperioden om våren. Både tidligere undersøkelser (Holtan 1979), og denne undersøkelsen har vist at verdiene for total nitrogen og nitrat går ned i løpet av vårfullsirkulasjonen. Dette henger sammen med at om vinteren har tilløpsvannet høy konsentrasjon av nitrat, på grunn av lite eller intet opptak i vegetasjonen (se Holtan 1979). På denne tiden utgjør nitrat over 70% av tot N, slik at også denne parameteren vil stige om vinteren. Bortsett fra våravsmeltingen er den organisk bundne delen av total nitrogen relativt konstant over året i tilløpselva Engeråa (se Holtan 1979). Under vårfullsirkulasjonen var konsentrasjonen av total fosfor og total nitrogen henholdsvis 9 µg/l og 150 µg/l.

Oksygenverdiene viser et forbruk i løpet av vinterperioden på ca. 3 mg/l på største dyp 80 m. Konsentrasjonen er allikevel over 8 mg/l, så fare for oksygenvinn i innsjøens dypvann foreligger ikke.

Siktedyp og farge

Variasjonen i siktedyp i 1977 og 1983 er fremstilt i fig. (6). I 1983 varierte siktedypet mellom 7 og 9 m, i 1977 mellom 4 og 5,5 m. Denne forskjellen er vanskelig å forklare og må hovedsakelig skyldes den subjektivitet som er knyttet til denne målingen. En kan også nevne at vannkikkert ble brukt ved målingen i 1983, og dette kan gi høyere siktedypsverdier spesielt under vind og bølger. Hindar (1982) nevner at for lyssvekningen i vann er plankton av større betydning enn fargen når klorofyll a verdiene er større enn 3 mg kla/m³. Da klorofyll a verdiene er betydelig lavere enn dette i Engeren og humusfargen relativt stor, må en anta at siktedypet i hovedsak bestemmes av

vannfargen. Forskjellene i tilførslene av erosjonsmateriale fra år til år antas å være relativt små da landbruksandelen i nedbørfeltet er liten. Da vannfargen ikke synes å ha endret seg nevneverdig siden 1977, kan forskjellen på siktedypet i løpet av disse 6 årene ikke tillegges vekt.

Fargen mot sikteskiven har hele tiden vært brungul, hvilket viser at det er humusstoffene som dominerer i å gi vannet farge.

I fig. 7 er fargetallet for endel store Østnorske innsjøer vist. Engeren er blandt de mest humusfargede av disse innsjøene.

pH og alkalitet

pH er et mål på vannets konsentrasjon av hydroniumioner. I Engeren reguleres pH av bikarbonatsystemet. Alkaliteten er et mål på konsentrasjonen av bikarbonat som bestemmer innsjøens bufferkapasitet dvs. evnen til å motstå pH-endringer ved f.eks. forsurening. I fig. (8) er variasjonen i pH og alkalitet fremstilt. pH varierer mellom 7 -7,5 og alkaliteten mellom 300 og 400 $\mu\text{ekv/l}$. En svak økning av pH kan spores i sommerperioden, antagelig som følge av algeproduksjon og nedsatt drenering fra nedbørfeltet.

I fig. (9) er alkaliteten i Engeren framstilt sammen med verdier for en del andre store Østlandsjøer. Engeren er blandt de innsjøene som har høyest alkalitet og følgelig høyest bufferevne og kan derfor ikke betraktes som forsureningstruet.

Den svakt basiske pH og den relativt høye alkaliteten er et resultat av kalk og dolomitt-bergarter i nedbørfeltet bl.a. på vestsiden av innsjøen. En god del kalsium bikarbonat løses ut fra disse bergartene som setter sitt preg på vannkvaliteten.

En kan også nevne at under de svakt basiske pH-verdier en finner i Engeren vil humusfargen være litt mer fremtredende enn under surere forhold.

Fosfor, nitrogen og silisium

Variasjonen i fosfor- og nitrogenkomponentene er vist sammen med silisium i fig. (10). Konsentrasjonene av total fosfor og nitrogen varierte henholdsvis mellom 5-9 $\mu\text{g P/l}$ og 120-180 $\mu\text{g N/l}$. Konsentrasjonene er høyest vår og høst når tilførslene fra nedbørfeltet er størst. Utover sommeren foregår en kontinuerlig transport av partikler til de dypere vannlag og sedimentene. I denne perioden er tilførslen fra nedbørfeltet liten, slik at en samlet effekt blir et gradvis avtak i konsentrasjonene frem mot høsten.

Konsentrasjonen av nitrat varierte mellom 40 og 100 $\mu\text{g N/l}$. Under produktionsperioden viser nitratkonsentrasjonen en avtagende tendens på grunn av opptak i algene. Forholdet mellom nitrogen og fosfor er så stort i Engeren at erfaring viser at fosfor er det biomassebegrensende element for algene. Hastigheten som løst fosfat frigjøres med er ikke stor nok til at algene forbruker all nitrat sommerstid. De relativt lave nitratverdiene i Engeren viser at innsjøen ikke er preget i nevneverdig grad av jordbruksavrenning. Ved en økt fosfortilførsel til innsjøen vil nitratreservene relativt raskt brukes opp, hvilket kan føre til en uønsket utvikling av algartene mot en mer dominans av blågrønnalger. Noen umiddelbar fare for en slik utvikling synes ikke å foreligge i dag. Silisiumverdiene er relativt høye og viser et beskjedent avtak under vekstperioden. Den relativt beskjedne mengden av kiselalger som benytter dette næringssaltet er årsak til at avtaket ikke er mer markert.

Fig. (11) viser en sammenstilling av totalverdiene for fosfor og nitrogen samt nitrat for noen store innsjøer på Østlandet. Av disse har Engeren en relativt lav fosforkonsentrasjon og den laveste nitrogenkonsentrasjon. Årsaken til dette er relativt sett den beskjedne grad av menneskelig aktivitet i nedbørfeltet og at innsjøen ligger relativt langt fra kysten. Vurdert ut fra næringssaltanalysene kan Engeren ikke sies å være betydelig påvirket av forurensende menneskelig aktivitet.

2.3 Biologiske undersøkelser

Primærproduksjon

Variasjonen i primærproduksjon i dyp og tid er vist i fig. 12. Til tross for at algemengden var størst i juni/juli så var produksjonen størst i august/september. Produksjonen er i høy grad avhengig av temperatur og næringstilgang. På sensommeren var temperaturen høyest samtidig med at et stadig økende sjikt av sirkulerende vann utvikles i de øvre vannlag. Derved bringes nye næringssalter opp i produksjonssjiktet som sammen med høyere temperatur fører til stimulert produksjon. Fig. 12 og 13 viser at Engeren har en lav årsproduksjon som følge av liten fosfortilgang, forholdsvis lav temperatur og humusfarging av vannet. Brunfargingen av vannet gjør at netto primærproduksjon ikke forekommer under ca. 8 m. Humusstoffene absorberer/sprer lyset som blir svekket og ikke har energi nok til å gi en netto-primærproduksjon dypere ned. Sammenlignet med andre store Østlandssjøer er Engeren blandt de med lavest primærproduksjon.

Algevolum og artssammensetning

Plantep planktonprøvene ble innsamlet ved hovedstasjonen en gang i måneden i perioden juni-oktober. Prøvene er kvantifisert ved hjelp av omvendt mikroskop og resultatene er vist i fig. 14 og tabell II.

Algevolumet viser samme variasjonsmønster som klorofyllmålingene. Det er mest alger på forsommeren når tilgjengelige næringsalter finnes i vannmassene etter vårsirkulasjonen. En svak topp kan registreres også i måneds-skiftet august/september. Gruppen kiselalger er den største gruppen selv om det er liten forskjell på mengden av gulalger, kiselalger og cryptomonader. Kiselalgen Melosira distans v. alpigena og cryptomonadene Cryptomonas spp. er de viktigste i biomassen. Stephanodiscus cf. astraea og Rhodomonas lacustris er imidlertid også vanlige arter.

Algemengden og sammensetningen viser en innsjø i økologisk balanse med en relativt liten påvirkningsgrad av forurensninger. En eventuell økning i belastningen vil sannsynligvis slå ut i en mer dominans av kiselalger, kanskje spesielt Asterionella formosa som også er representert i planktonet i dag.

Sammenlignes observasjonene i 1983 med de som ble gjort i 1977 (Holtan 1979) ser det ut som både algemengden og variasjonen av algemengden over vekstperioden er svært like. De samme artene er observert og det relative forhold mellom biomassen av de ulike grupper er svært like disse årene.

Det ser derfor ikke ut som noen merkbar endring i innsjøens produksjonsforhold og struktur av plankton har funnet sted fra 1977 og frem til 1983.

Oddvar Asebø (1952) gjorde en limnologisk undersøkelse i Engeren i perioden 1950-51. I denne avhandling kan man lese følgende: "Men allerede 24. juli begynte den velkjente planktonproduksjon å vise seg. Denne "planktonsky" er garnfiskernes verste plage idet den henger seg fast i nettmaskene så de ofte virker tykke som hyssingtrå. Denne planktonoppblomstring tar gjerne til i slutten av juli og er virksom langt utover i august. - Planktonet er et mørkegrønt, uregelmessig legeme på størrelse med et knappenålshode, sannsynligvis en eller flere arter blågrønnalger. Et typisk trekk er at de stiger opp mot overflaten og samler seg der i flak og strimer. Inne ved

stranden blir stenene belagt med dette grønne oljeaktige slim, og gjør det livsfarlig å gå på på strandstenene om høsten".

Det er tydelig at planktonveksten ikke var ubetydelig på 50-tallet. Ut fra beskrivelser til Åsebø kan det antas at en viss oppblomstring av blågrønnalgen Anabaena fant sted. Dette observeres ofte, også i innsjøer som er relativt næringsfattige, og kan ikke tillegges vekt forurensningsmessig sett.

Fig. 15 viser variasjon av algemengde og nitratkonsentrasjon. Nitrat er et viktig næringssalt for algene og avtaket under vekstsesongen kan gi en indikasjon på produksjon av alger. Avtaket er moderat fra ca. 100 µg/l til ca. 50 µg/l og antyder en relativt liten algeproduksjon. Nitratkonsentrasjonene er av samme størrelse som i 1977, men den nedbørfattige sommeren har gitt noe mindre tilførsel av nitrat i 1983 og derav noe lavere konsentrasjoner på sensommeren.

Sammenhengen mellom fosforkonsentrasjon og algemengde for 21 innsjøer på Østlandet er vist i fig. 16. Sammenhengen er god og den viser at fosfor er nøkkeelementet som styrer produksjonen i disse innsjøene. Engeren er blandt de innsjøene med lavere algemengder enn det som betraktes som betenkelig (grense 2,9 µg kl/l, tot P - 7 µg/l). Situasjonen i dag viser at Engeren er relativt næringsfattig og ikke preget av nevneverdige eutrofieringssymptomer.

Krepsdyr

Det er samlet inn månedlige prøver av krepsdyrene med en Schindlerhenter ned til 50 m. Målsetningen med undersøkelsen var å beskrive artssammensetningen og biomassen over produksjonsperioden. Totalt er det funnet 9 arter av planktoniske krepsdyr i Engeren, 3 hoppekrepsarter og 5 arter av vannlopper. Med dette må en betrakte innsjøen som å være relativt artsfattig mht. planktonkreps.

Planktonet bærer også preg av å være nedbeitet av fisk. Flere av de litt større artene som ofte er representert i slike innsjøer, er småvokste og svært sparsomt forekommende i Engeren. Dette gjelder f.eks. Heterocope appendiculata, Holopedium gibberum, Leptodora kindtii og Bythotrephes longimanus.

De øvrige artene er: Arctodiaptomus laticeps, Cyclops scutifer, Daphnia galeata, Bosmina longispina og Polyphemus pediculus hvorav de fire første dominerer planktonet i innsjøen. A. laticeps og C. scutifer er som oftest lite aktuelle som fiskemat. Derimot er D. galeata og B. longispina viktige byttedyr for planktonspisende fisk. Biomassen av disse reduseres relativt raskt utover ettersommeren hvilket kan tyde på en utstrakt beite-effekt fra fisk.

Variasjonen i biomassen av krepssdyr over produksjonsperioden og fordelingen av de viktigste gruppene er vist i fig. 17 og gitt i tabell III. Biomasse-toppen kommer i august og består hovedsakelig av vannlopper (cladocera). Deres andel går imidlertid raskt ned mot september; antagelig et resultat av fiskepredasjon.

Rognerud & Kjellberg (1984, i trykk) har utviklet en generell modell for å forutsi krepssdyrplanktonbiomasser i store innsjøer på Østlandet (alle verdier middelverdier juni-oktober).

$$\overline{Zoo}_{0-20\text{ m}} = 8,55 \overline{Chl.a}_{0-10\text{ m}} + 6,6 \overline{t}_{0-10\text{ m}} + 4,8 T_w - 71,5 \quad n = 25 \\ r^2 = 0,74$$

\overline{Zoo} : mg dw/m³, $\overline{chl.a}$: mg/m³, \overline{T} : middeltemperatur °C, T_w = vannets oppholdstid

Settes verdiene for Engeren inn i ligningen fås

$$\overline{Zoo}_{0-20\text{ m}} = 8,55 \cdot 1,3 + 6,6 \cdot 9,2 + 4,8 \cdot 1,7 - 7,15 = \underline{8,4 \text{ mg/m}^3}$$

På bakgrunn av observasjonene beregnes verdien til 7,2 mg/m³. Med andre ord modellen simulerer godt den observerte biomassen av planktonkrepssdyr. Verdien er lav og viser at disse krepssdyrene ikke har gunstige levevilkår i innsjøen. Liten tilgang på gunstig mat, sterk fiskepredasjon og lav temperatur med følgende lav produksjon må være hovedårsakene til de lave biomasseverdiene.

I det overnevnte arbeidet ble det også laget en generalisering over den relative andel av enkelte arter av vannlopper og fordelingen av de tre krepssdyrgruppene andel ved økende algemengde.

I fig. (18) er disse kurvene gitt og data fra Engeren er inntegnet. Det går frem at gruppene faller relativt godt sammen med det generaliserte mønsteret, men for artene av vannlopper er Daphnia og Bosmina-artene mer tallrike enn Holopedium ut fra hva en skulle vente fra det generaliserte mønster. Årsaken til dette er vanskelig å forklare, da Holopedium ofte er godt representert i slike relativt næringsfattige lokaliteter. Det er mulig at den ikke tåler den sterke predasjonen fra planktonspisende fisk.

2.4 Fosforbudsjett

Da det ikke foreligger målinger av fosforkonsentrasjoner i de viktigste tilløpselvene under denne undersøkelsen, må budsjettberegningene bli teoretiske. Holtan (1979) gjorde en beregning av fosforbudsjettet på bakgrunn av bl.a. månedlige målinger i tilløpselva og kom frem til en årlig belastning av Engeren på ca. 4 tonn totalfosfor. På bakgrunn av en større avrenningsundersøkelse utført i Telemark (Rognerud, Berge & Johannessen 1979) virker dette anslaget å basere seg på noe for høye avrenningskoeffisienter. Avrenningen i Engerdalsområdet er ca. 80% av Telemark. Tar en hensyn til dette ved bruken av de ovennevnte avrenningskoeffisienter i tillegg til personbidrag beregnet av Holtan (1979), fremkommer følgende teoretiske budsjett.

Skog/myr/fjellområder :	375 km ² · 4,8 kg/km ²	= 1800 kg	65%
Jordbruksarealer :	5 km ² · 61,4 kg/km ²	= 307 kg	11
Nedbør på innsjøoverfl.:	14 km ² · 28 kg/km ²	= 392 kg	14
Bidrag fra 700 p.e. :	200 tilknyttet		
renseanlegg, 500 infilt.		= 265 kg	10
Turisme (Holtan 1979)		3 kg	0
		<u>2767 kg</u>	

Dette er illustrert i fig. 19.

Da den årlige vanntilførsel til Engeren er $238 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, blir den gjennomsnittlige innløpskonsentrasjon P_i :

$$P_i = 2767 \text{ kg} / 238 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 11,6 \text{ } \mu\text{g/l}$$

Etter modell utviklet av Rognerud, Berge og Johannessen (1979) kan en middelkonsentrasjon av totalfosfor for innsjøen (P_i) beregnes ved følgende ligning:

$$\begin{aligned} \log P_\lambda / P_i &= - 0,029 \cdot T_w - 0,2 & T_w &= 1,7 \text{ år} \\ \log P_\lambda &= \log 11,6 - 9,249 = 0,82 \\ P_\lambda &= \underline{6,5 \text{ } \mu\text{g P/l}} \end{aligned}$$

På bakgrunn av målinger i innsjøen i 1978 og 1983 kan en middelkonsentrasjon i innsjøen beregnes til ca. 6 $\mu\text{g P/l}$. Med andre ord overenstemmelsen mellom observert konsentrasjon og den som fremkom ved den teoretiske beregning er god. En skulle derfor med rimelig grunn kunne anta at det teoretiske budsjettet er nær det reelle. Det går også frem at ca. 90% av tilførslene er naturlige eller fra jordbruksområder som er vanskelig/umulig å redusere.

2.5 Hygienisk-bakteriologiske undersøkelser

I september ble det gjennomført en hygienisk bakteriologisk undersøkelse der prøver ble innsamlet samme dag fra i alt 20 stasjoner fordelt over hele innsjøen (fig. 20 og tabell IV). Prøvene som utgjør blandprøver fra 0-2 m ble analysert på forekomst av termotabile koli ved 44 °C og koliforme bakterier ved 37 °C. Spesielt forekomsten av termotabile koli gir en mer direkte indikasjon på fersk fekal forurensning og er en meget følsom parameter når det gjelder å påvise kloakk eller utsig fra gjødselkjellere.

Ved det tidspunkt prøvene ble tatt var det klar indikasjon på fekal forurensning i den midtre og øvre del av innsjøen. Mest påvirket var innsjøens nordligste områder hvor en også finner de største menneskelige aktiviteter. Bakterietallet på samtlige stasjoner var imidlertid relativt lave og noen større påvirkning ble ikke registrert. Tar en utgangspunkt i de brukerinteresser som i dag er knyttet til innsjøen synes de hygieniske forhold ikke å utgjøre noe større problem.

LITTERATURLISTE

- Faafeng, B. 1981. Randsfjorden. Vurdering av innsjøens status og betydningen av planlagte reguleringer i Etna og Dokka. 0-78014, 112 s.
- Hindar, A. 1981. Omsetning av organiske materiale i Steinsfjordens vannmasser. Hovedfagsoppgave i limnologi, unpubl. Univ. i Oslo.
- Holtan, H. 1967. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 4. Andre vassdrag og innsjøer. NIVA-rapport. Utredning for Østlands-komiteen.
- Holtan, H. 1970. Tyrifjorden. En limnologisk undersøkelse 1967-1968, NIVA-rapport.
- Holtan, H. 1977. Fysisk-kjemisk vannkvalitet og utviklingstendenser i store østnorske innsjøer. I NIVA-årbok 1977.
- Holtan, H. et al. 1979. Glåma i Hedmark. Delrapport om innsjøer. Undersøkelser i tidsrommet 1978-80. NIVA-rapport, 0-78045.
- Kjellberg, G. 1980. Overvåking av Mjøsa. Sammendrag, trender og kommentarer 1976-81. NIVA-rapport 54182.
- Kjellberg, G. 1982. Forslag til undersøkelsesprogram for Trysilvassdraget og Engeren i 1983. NIVA - 0-8000232.
- Lien, L. og Rørslett, B. 1981. Vurdering av reguleringene i Osensjøen og Søre Osa, NIVA-rapport -77084.
- Rognerud, S. Berge, D. & Johannessen, M. 1979. Telemarksvassdraget, NIVA-rapport 0-70112.
- Rognerud, S. & Kjellberg, G. 1984. Relationships between phytoplankton and zooplankton biomass in large lakes, Int. ver. f. limnologi 22. i trykk.
- Asebø, O. 1952. Femund-, Istern og Engersjøen. En limnologisk undersøkelse. Hovedoppgave i geografi ved Universitetet i Oslo.

Figurer og tabeller

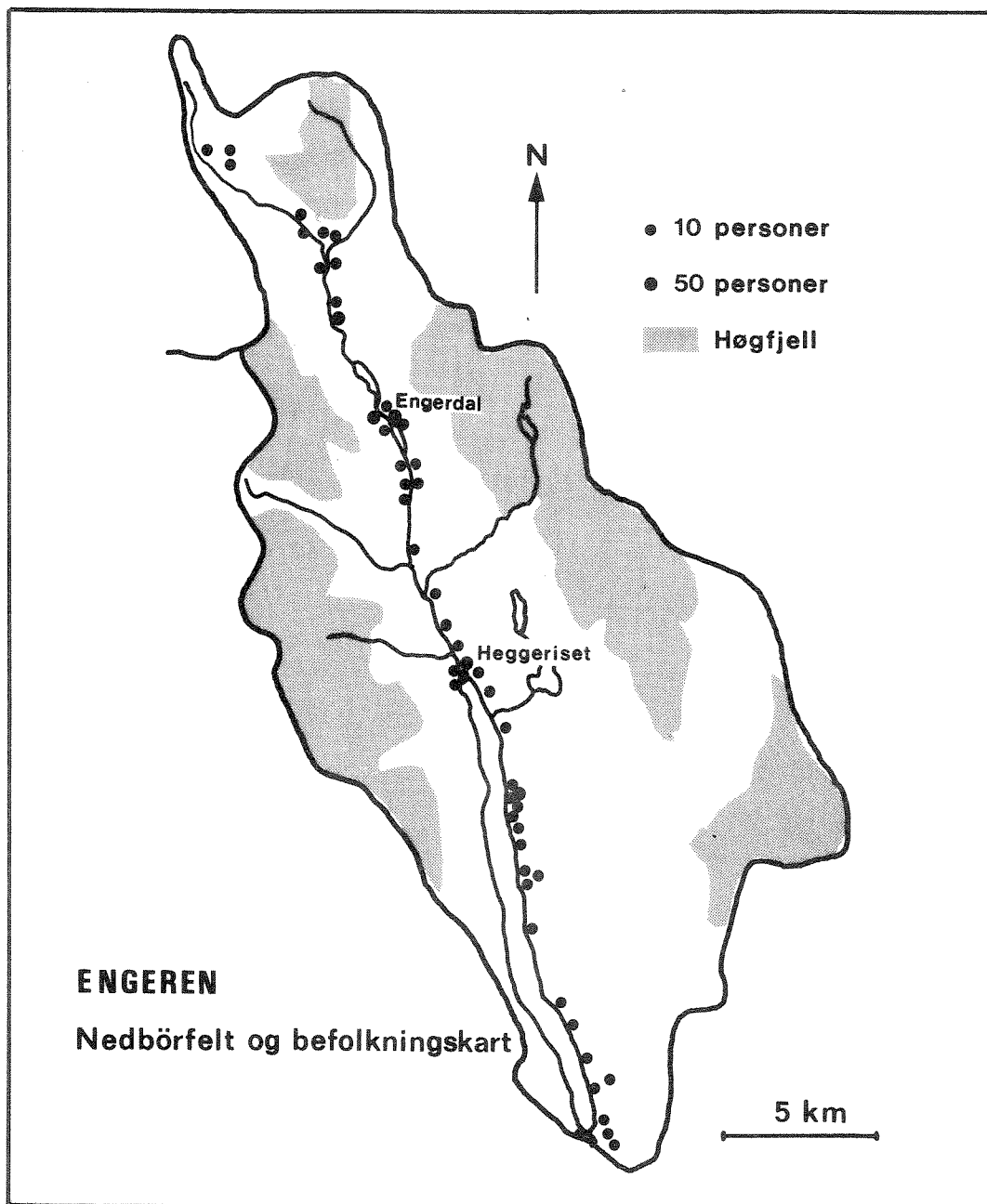


Fig. 1. Oversikt over Engerens nedbørfelt med befolkningslokalisering.

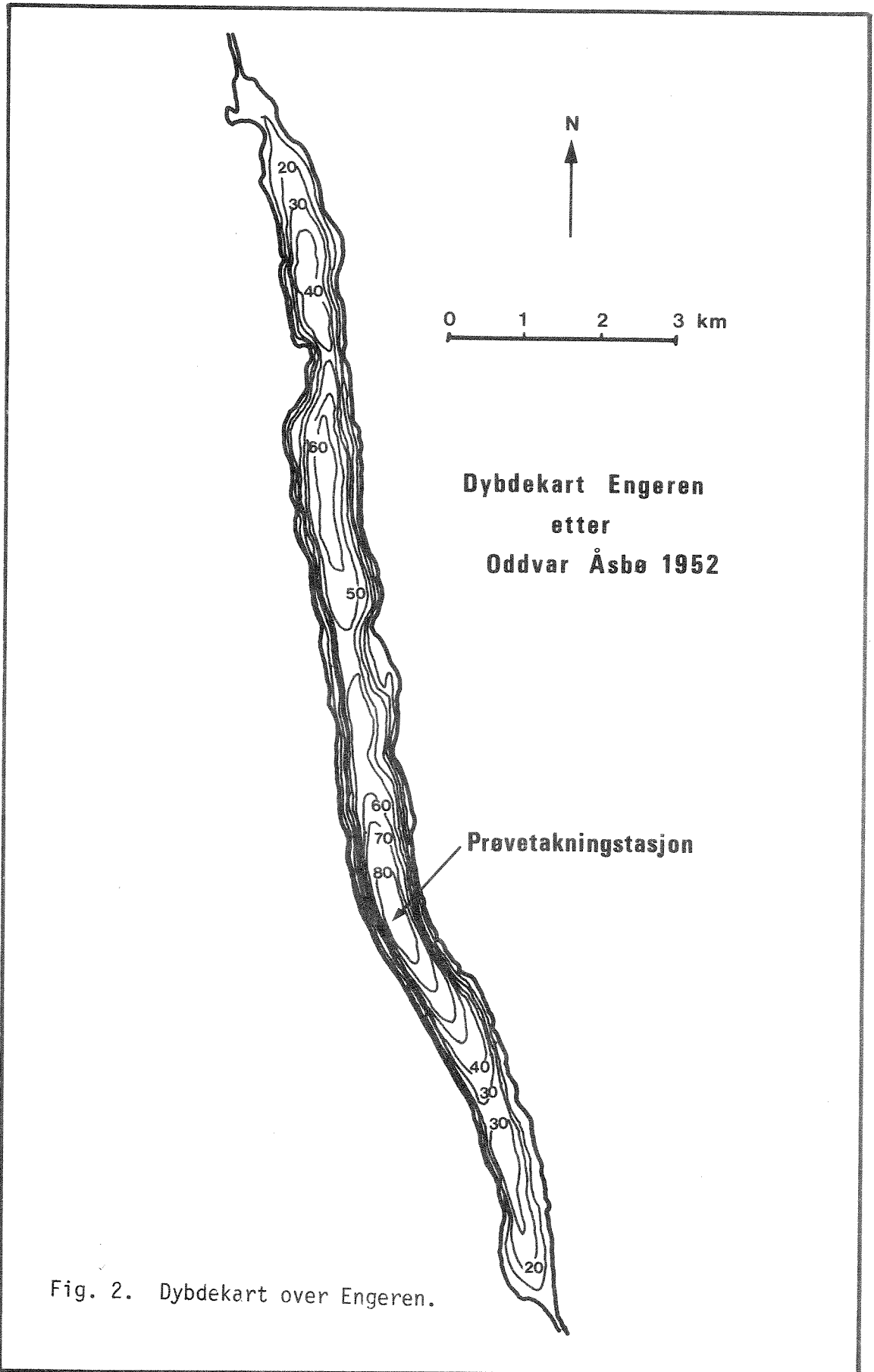


Fig. 2. Dybdekart over Engeren.

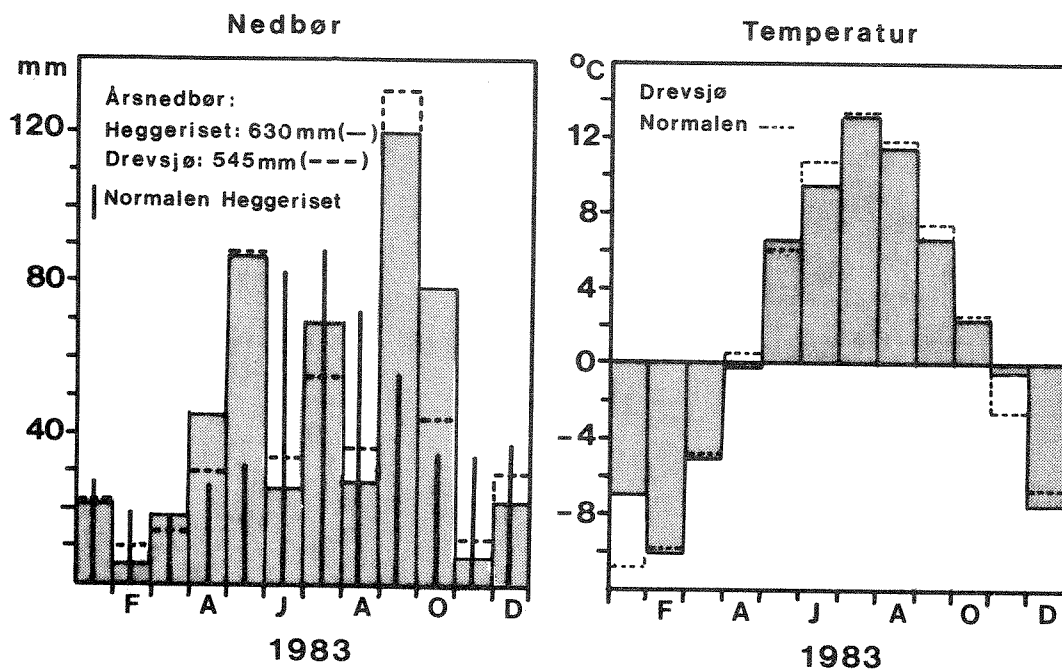


Fig. 3. Månedlig middelnedbør ved Heggeriset og Drevsjø meteorologiske stasjon. Månedsmiddel for lufttemperatur ved Drevsjø.

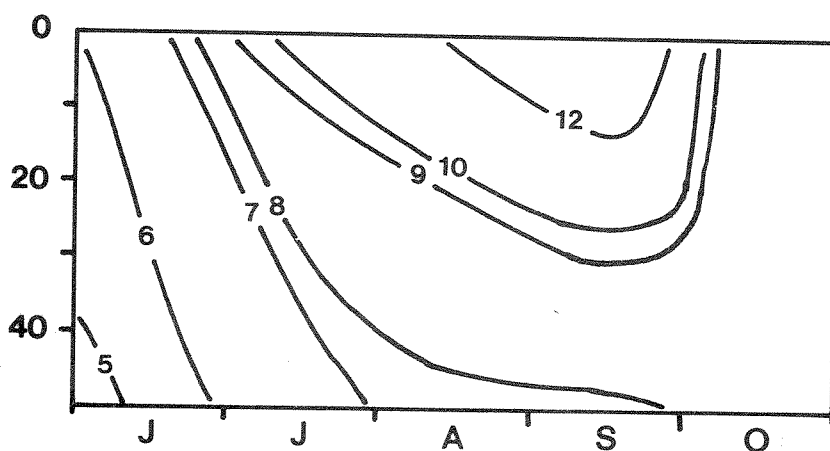


Fig. 4. Isothermdiagram for Engeren 1983.

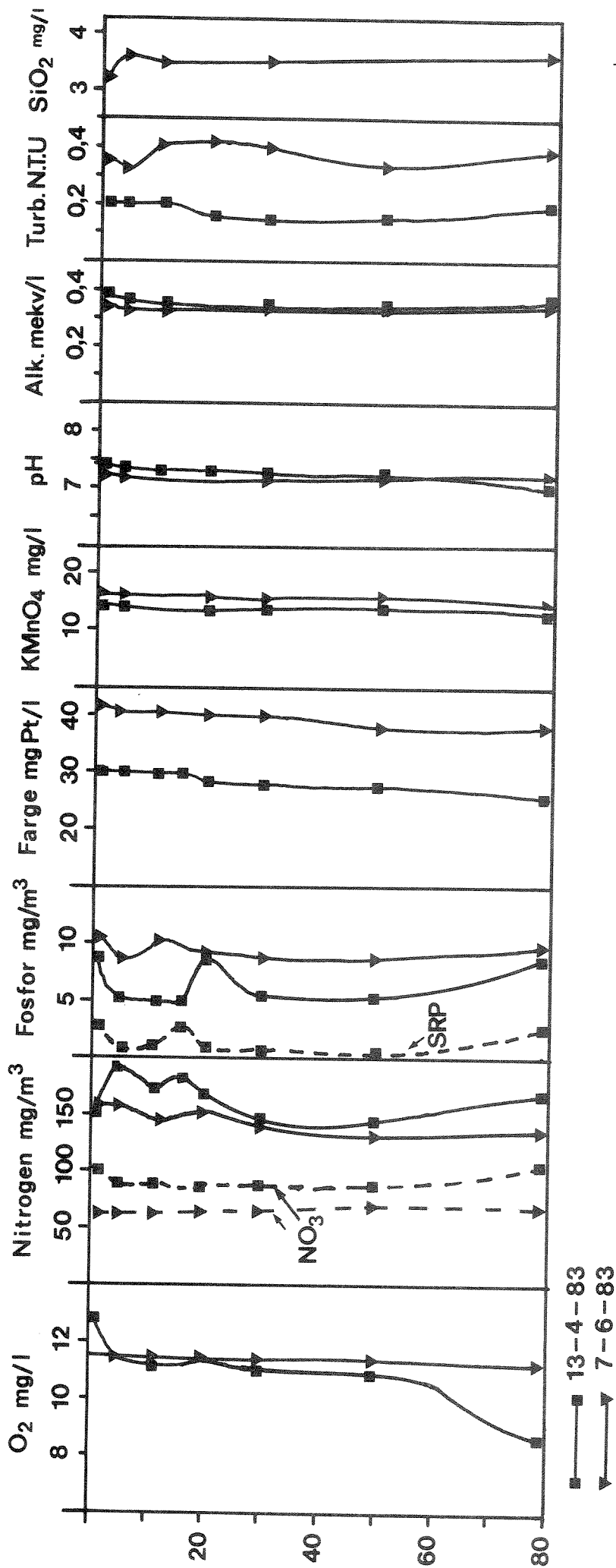


Fig. 5. Vertikalfordeling av de viktigste fysiske/kjemiske komponenter i april før isgang og i juni under fullsirkulasjonen.

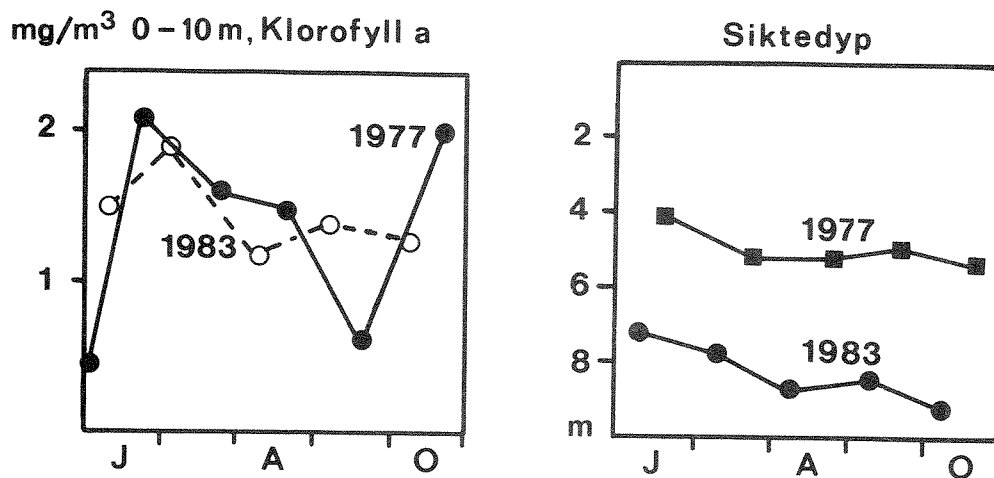


Fig. 6. Siktedyp og klorofyllkonsentrasjon (0-10 m) i 1977 og 1983 i Engeren.

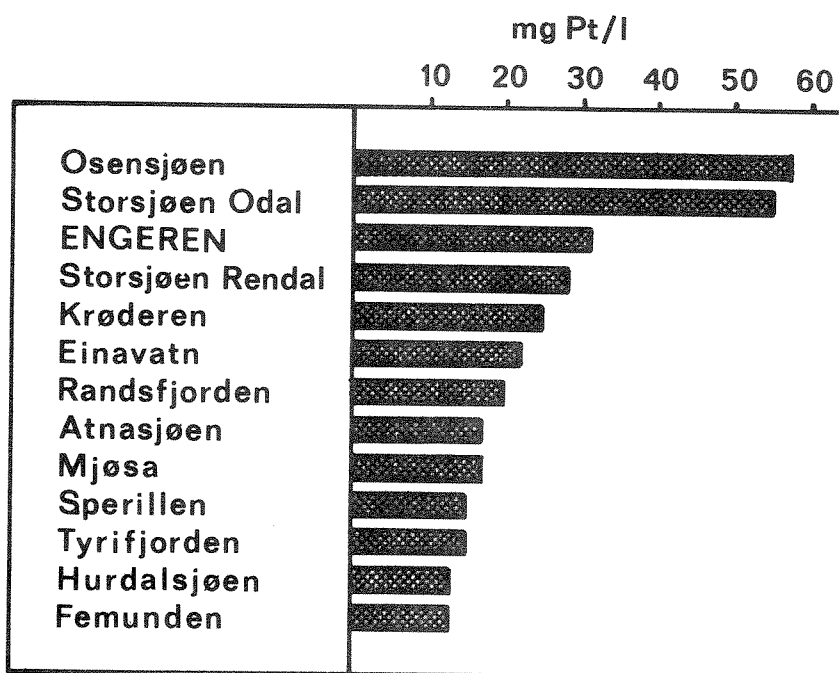


Fig. 7. Middelerverdier av fargetall i noen store østnorske innsjøer.

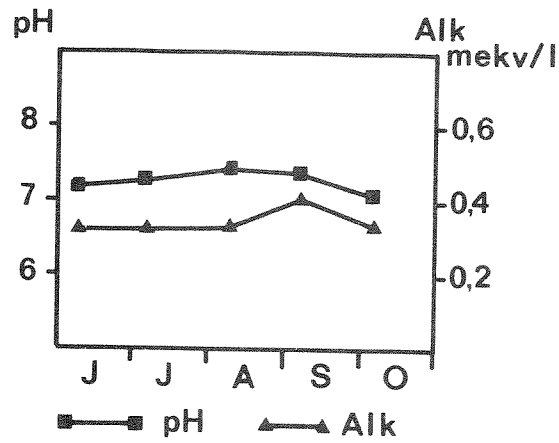


Fig. 8. Variasjon i pH og alkalitet i blandprøver 0-10 m, Engeren 1983.

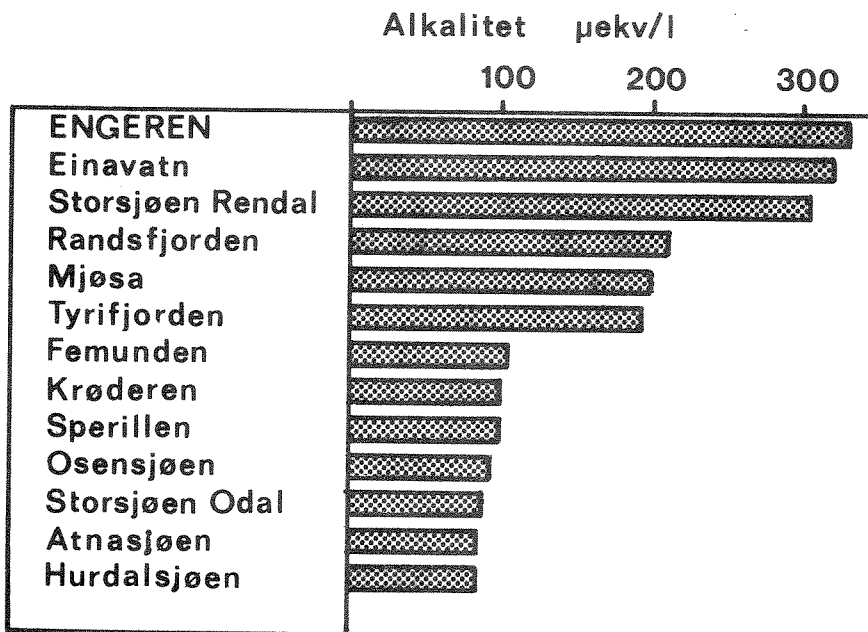


Fig. 9. Middelerverdier av alkalitet (µekv/l) i noen store innsjøer på Østlandet.

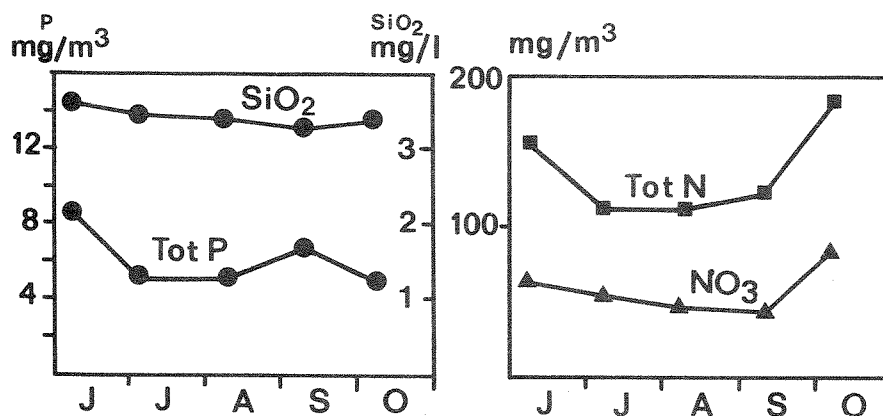


Fig. 10. Variasjon i nærings盐konsentrasjoner i blandprøver 0-10 m, Engeren 1983.

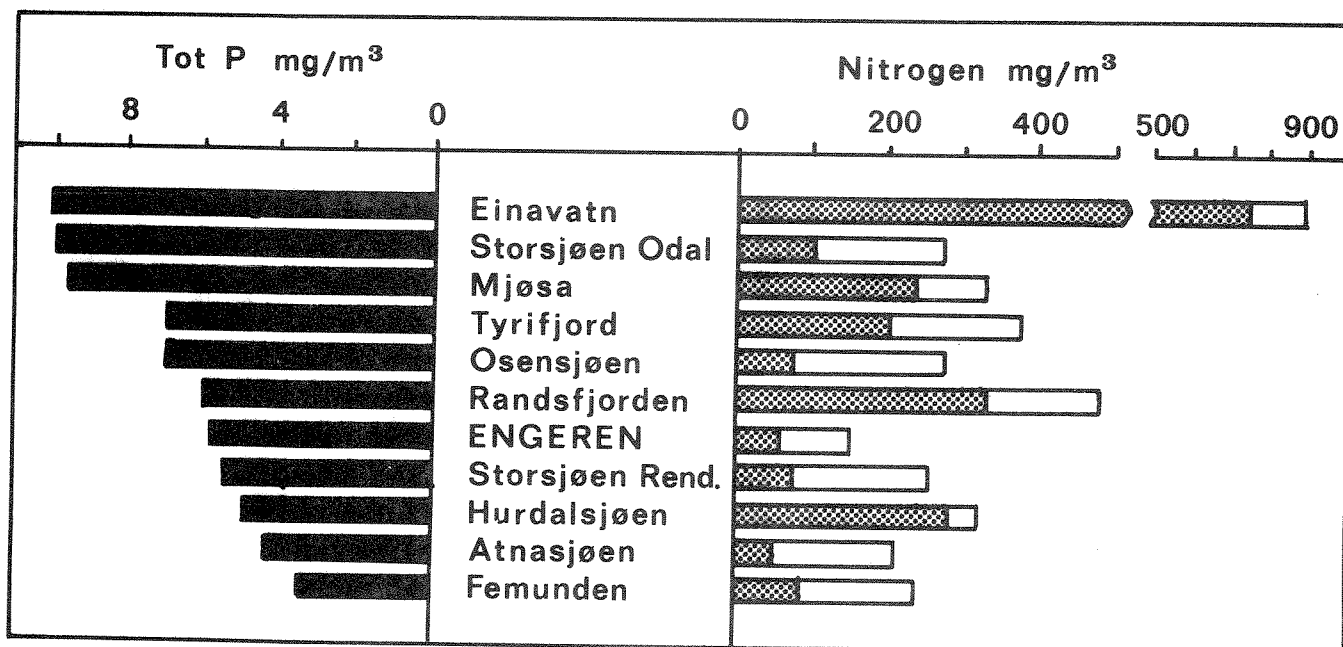
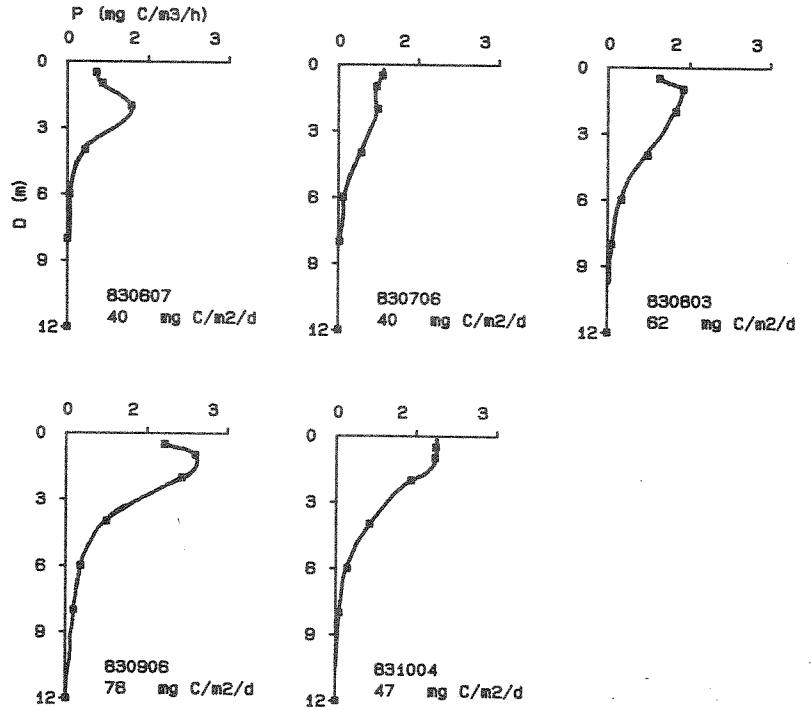


Fig. 11. Middelværdier av fosfor og nitrogen i noen store innsjøer på Østlandet.

Det skraverte feltet i høyre del av figuren er nitrat.

ENGEREN

A.



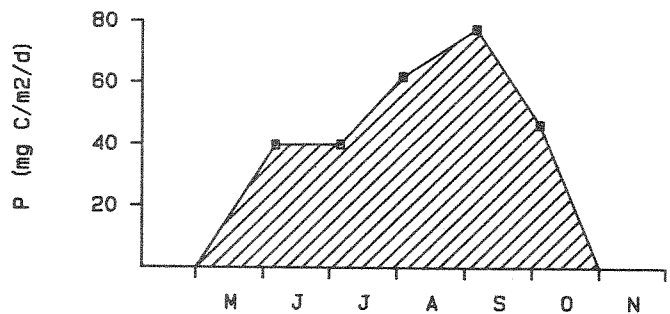
B.

Fig. 12.

Plantep planktonproduksjonen
i Engeren 1983.

A. Vertikalfordeling

B. Dags- og årsproduksjon.



1983

ÅRSPRODUKSJON (g C/m²) : 8

MIDLERE DØGNPRODUKSJON (mg C/m²/d) : 44

MAKSIMUM DØGNPRODUKSJON (mg C/m²/d) : 78

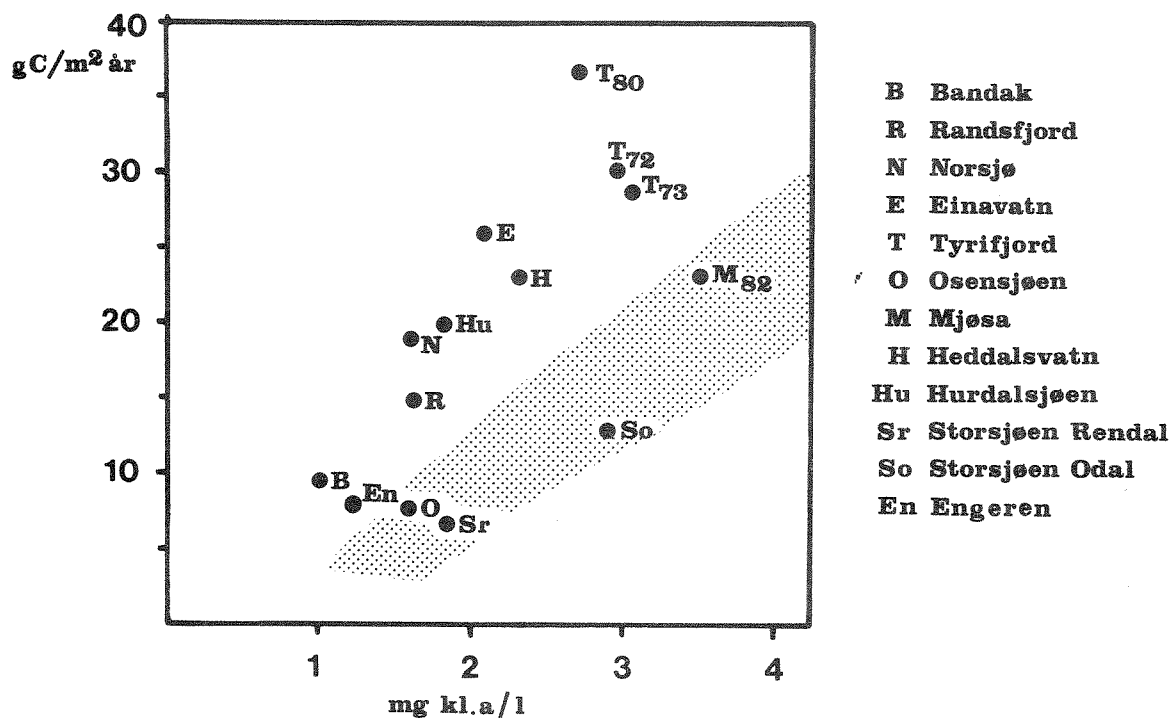
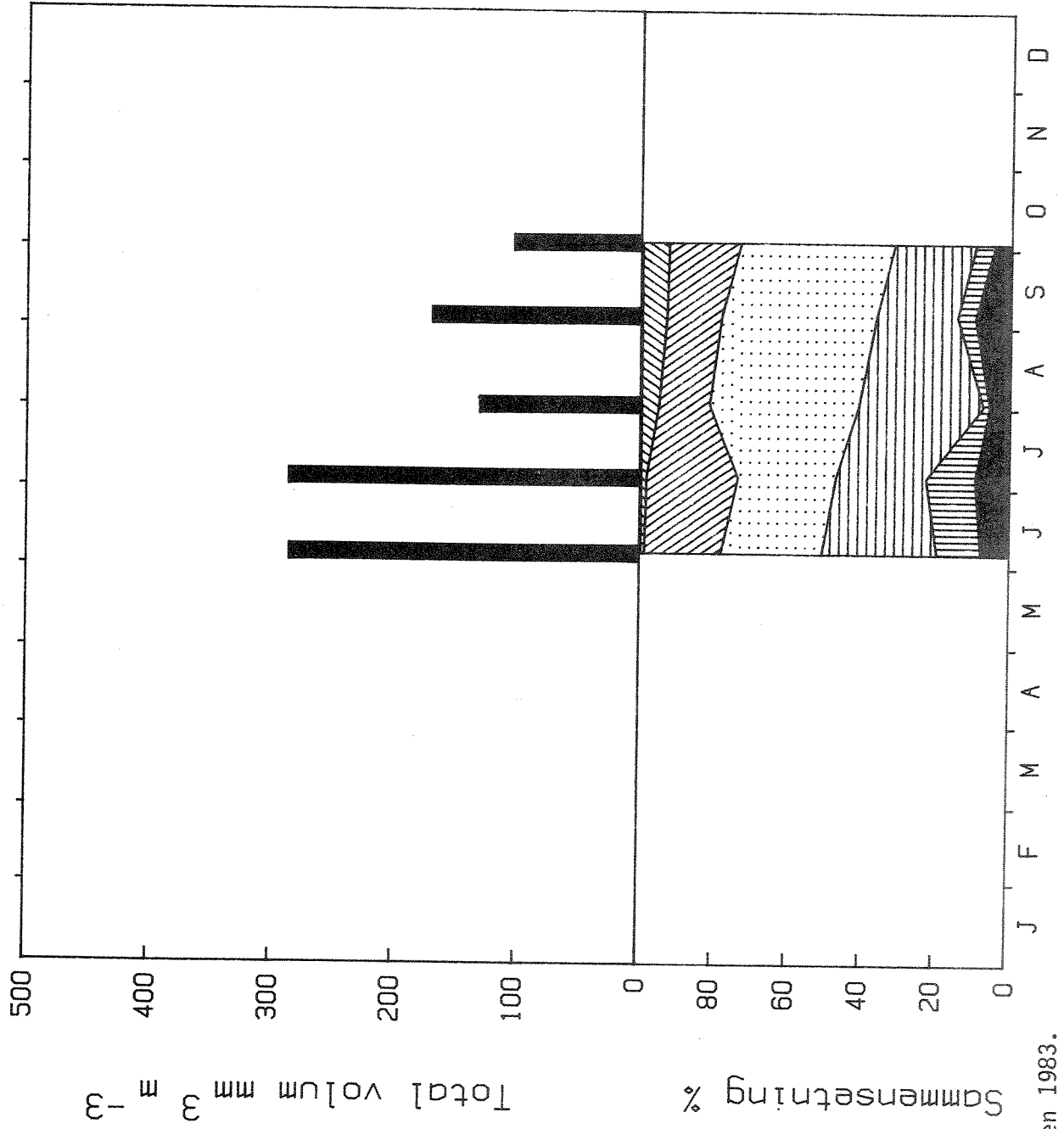


Fig. 13. Sammenhengen mellom årsproduksjon av planteplankton og gjennomsnittlig algebiomasse som klorofyll a i epilimnion. Skravert felt for merkbart humuspåvirkede innsjøer.

Engeren År: 1983



TEGNFORKLARING







-  **CHLOROPHYCEAE**
(Grønnalger)
-  **CHRYSOPHYCEAE**
(Gulalger)
-  **BACILLARIOPHYCEAE**
(Kiselalger)
-  **CRYPTOPHYCEAE**
-  **DINOPHYCEAE**
(Fureflagellater)
-  **MY-ALGER**

Fig. 14. Algeovolum og sammensetning, Engeren 1983.

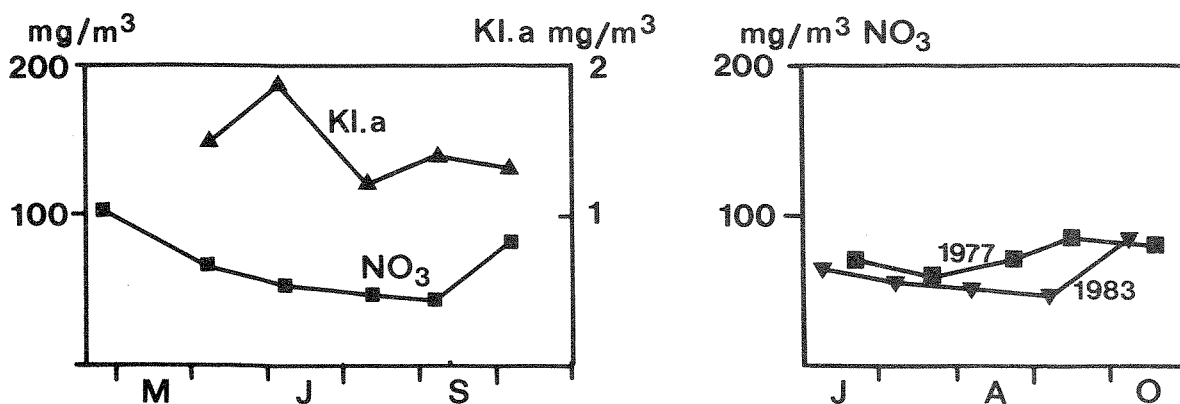


Fig. 15. Algemengde og nitratkonsentrasjon i epilimnion.
Nitratkonsentrasjon i epilimnion i 1977 og 1983 er sammenlignet.

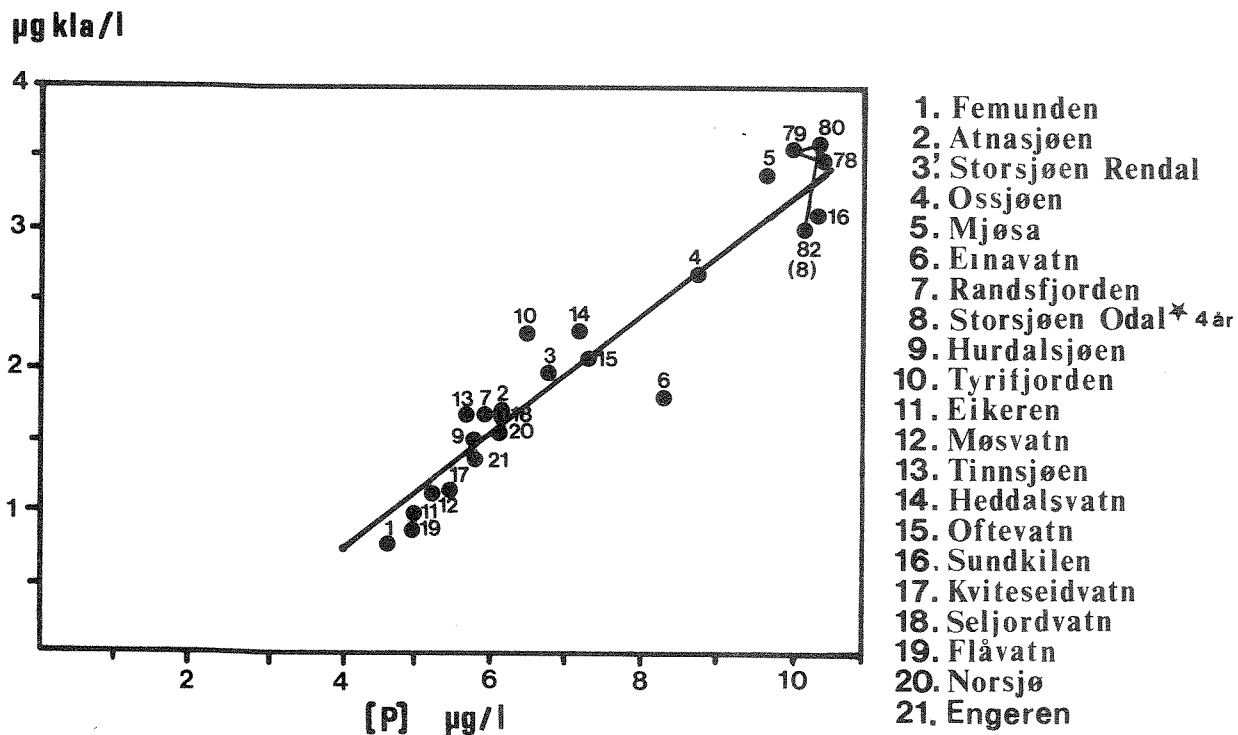


Fig. 16. Sammenhengen mellom middelkonsentrasjon av fosfor og gjennomsnittlig algemengde (som klorofyll a) i epilimnion for flere norske innsjøer.

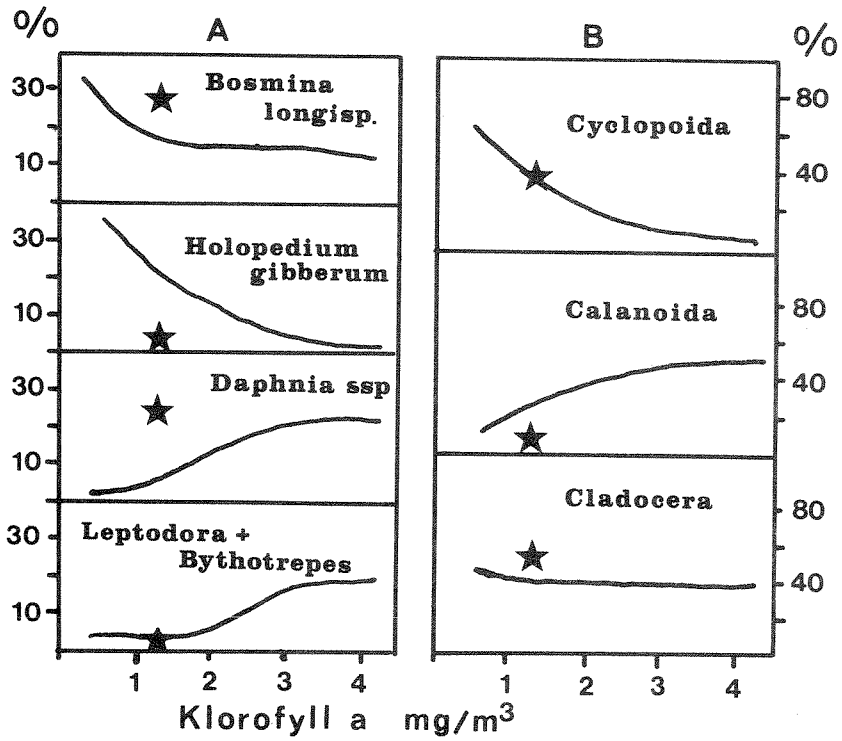


Fig. 17. Totalbiomasse av planktoniske krepsdyr og den relative fordeling av gruppene (0-20 m).

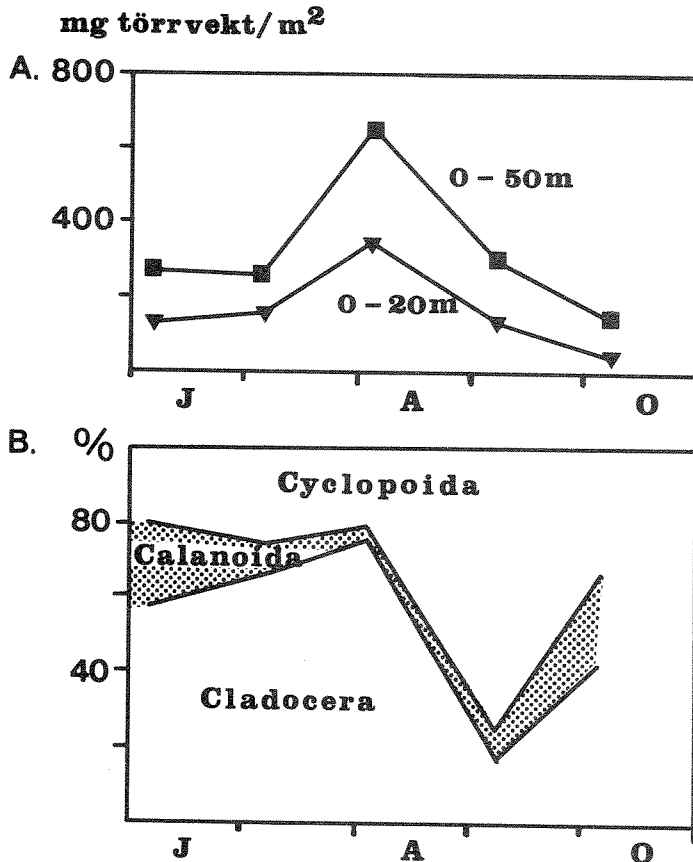


Fig. 18. A. Andelen av de ulike arter av vannlopper av vannloppenes totale biomasse i endel store Østnorske innsjøer. Stjerne markerer observasjon fra Engeren.
 B. Relativ fordeling av krepsdyrgruppers biomasse i flere store østnorske innsjøer. Stjerne markerer observasjonen fra Engeren.

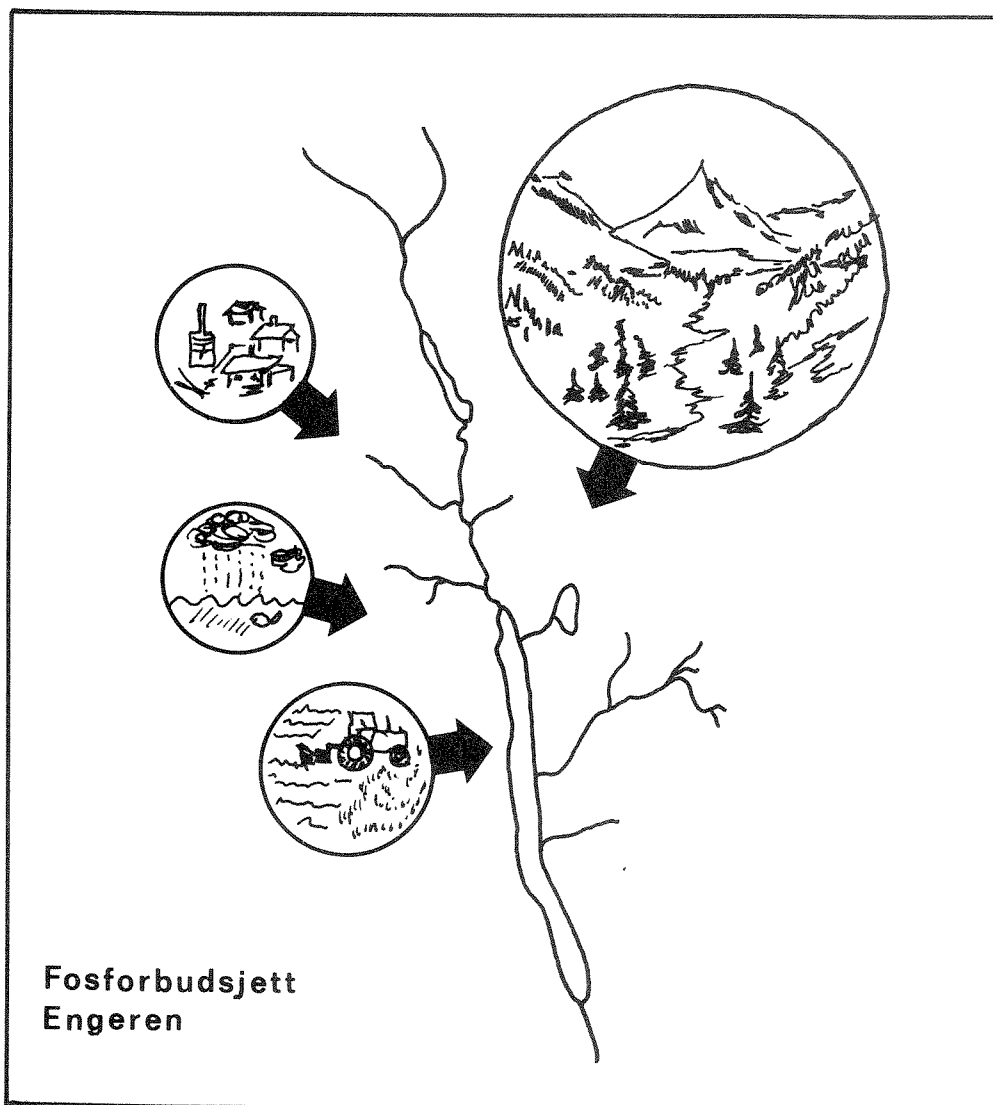


Fig. 19. Relative bidrag (arealet av sirklene) fra de ulike fosforkildene i Engerens nedbørfelt.

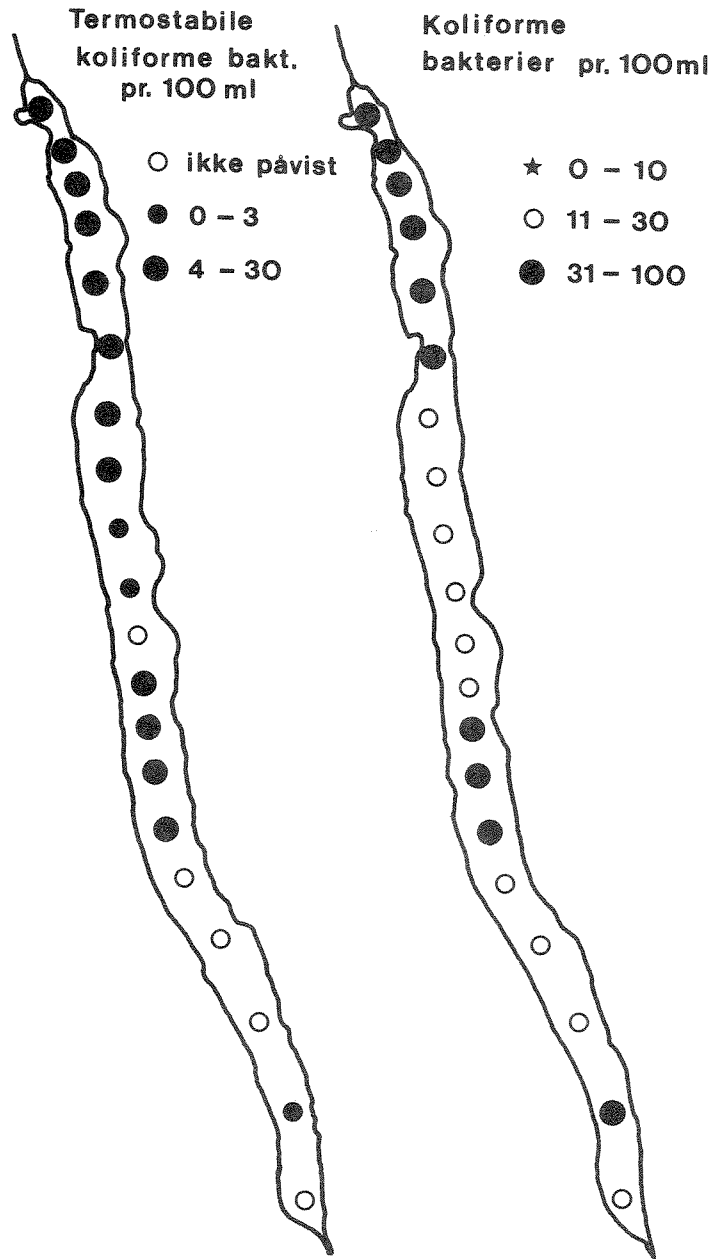


Fig. 20. Forekomsten av termostabile koliforme og koliforme bakterier ved en synoptisk undersøkelse i Engeren 22/9-1983.

Tabell I. Kjemiske analyseresultater for Engeren 1983

Dato	13/4-83										4/6-83										6/7		3/8		6/9		4/10	
	0,5	5	12	16	20	30	50	100	0,5	5	12	20	50	80	83	0-10	83	0-10	83	0-10	83	0-10	83	0-10				
pH	7,28	7,28	7,31	7,33	7,29	7,28	7,26	7,02	7,34	7,33	7,23	7,34	7,28	7,23	7,26	7,45	7,33	7,07										
Ledningsevne mS/m	4,35	3,91	3,85	3,80	3,82	3,71	3,75	3,95	3,20	3,19	3,19	3,23	3,26	3,28	3,94	3,35	2,87	4,12										
Turbiditet NTU	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,36	0,32	0,42	0,42	0,34	0,32														
Farge mg Pt/l	30	30	30	30	28	28	28	26	42	40	40	40	38	38														
Alkalitet mmol/l	0,393	0,353	0,352	0,350	0,354	0,345	0,338	0,360	0,325	0,315	0,317	0,317	0,326	0,327	0,316	0,325	0,414	0,334										
Permanganat mg KMnO ₄ /l	13,9	13,9	13,9	13,6	13,6	14,5	14,2	13,3	15,8	15,5	14,8	15,2	15,2	14,8														
Oksygen mg/l	12,9	11,4	11,2	11,2	11,5	11,0	10,9	8,6	-	11,4	11,3	11,2	11,3	11,2														
Orto-P µg/l	3,0	1,5	1,5	3,0	1,5	1,5	0,5	3,0																				
Tot-P µg/l	8,5	5,0	5,0	5,0	8,5	5,0	5,0	8,5	11,5	8,5	10,0	8,5	15,0	9,0	5,0	5,0	6,5	5,0										
Nitrat µg/l	102	85	87	83	87	89	88	109	66	62	64	64	70	69	53	49	44	85										
Tot-N µg/l	174	225	173	188	169	144	145	171	161	153	143	158	139	133	114	114	125	187										
Silisium mg SiO ₂ /l	4,7	3,8	3,6	3,6	3,1	3,1	3,5	4,0	3,1	3,6	3,5	3,5	3,6	3,6	3,5	3,4	3,3	3,5										

Tabell II.. Kvantitative planteplanktonprøver fra: Engeren
Volum mm³/m³

GRUPPER/ARTER	Dato=>	B30607	B30706	B30803	B30906	B31004
Chlorophyceae (Grønnalger)						
Chlamydomonas spp.		.7	2.0	.7	1.0	-
Dictyosphaerium pulchellum v.minutum		-	-	-	.5	.7
Elakatothrix gelatinosa		.4	.4	-	-	-
Gyromitus cordiformis		-	-	2.3	2.3	2.3
Koliella sp./ Monoraphidium sp.?		.2	.4	.2	.1	.2
Monoraphidium minutum / dybowski		1.6	1.1	3.5	6.9	2.9
Ubest.gr.flagellat		.9	1.3	-	1.3	1.8
Sum		3.8	5.2	6.7	12.1	7.9
Chrysophyceae (Gullalger)						
Chrysochromulina parva (?)		18.1	20.3	4.8	6.8	4.2
Craspedomonader		.3	-	-	5.2	2.3
Dinobryon divergens		-	.9	1.3	-	-
Mallomonas akrokomos		2.2	1.1	-	-	1.1
Sma chrysomonader (<7)		15.8	10.9	6.0	6.0	3.7
Store chrysomonader (>7)		23.0	37.4	5.8	7.2	8.6
Sum		59.4	70.6	17.9	25.2	19.9
Bacillariophyceae (Kiselalger)						
Asterionella formosa		10.5	10.5	13.5	7.5	14.9
Cyclotella sp. (l=3,5-5,b=5-8)		.2	.2	-	-	-
Diatoma elongata		2.4	-	1.2	-	.4
Melosira distans		38.1	40.1	36.7	43.4	17.0
Stephanodiscus cf. astraea		16.3	16.3	-	8.2	8.2
Synedra sp. (l=25-40)		1.4	2.0	1.1	1.4	.5
Tabellaria fenestrata		8.2	6.1	-	10.2	2.0
Sum		77.1	75.2	52.5	70.7	43.0
Cryptophyceae						
Cryptaulax vulgaris		-	-	-	-	.4
Cryptomonas marssonii		4.5	1.5	4.5	1.5	1.5
Cryptomonas sp. (l=11-18)		12.9	-	.7	4.8	5.4
Cryptomonas spp. (l=24-32)		51.0	51.0	23.8	-	3.4
Katablepharis ovalis		4.0	2.7	.4	3.1	.9
Rhodomonas lacustris		16.8	15.1	14.6	27.9	11.1
Sum		89.2	70.3	44.0	37.3	22.7
Dinophyceae (Fureflagellater)						
Cyster av dinophyceer		17.0	10.2	-	-	-
Gymnodinium cf. lacustre		5.7	7.3	2.4	-	4.1
Gymnodinium helveticum		-	8.2	-	8.2	-
Gymnodinium sp. (25*30)		9.9	9.9	-	-	-
Peridinium sp.1 (l=15-17)		1.2	2.4	-	-	1.2
Sum		33.8	38.0	2.4	8.2	5.3
My-alger						
Sum		21.9	26.4	7.1	16.1	4.5
Total						
		285.2	285.7	130.6	169.6	103.3

Tabell III. Totalbiomassen av planktoniske krepsdyr (0-20 m)
og den prosentvise fordeling i Engeren 1983.

Dato		7/6	6/7	3/8	6/9	4/10
		83	83	83	83	83
Arter	Biomasse mg dw/m ²	145	160	350	140	86
<i>Acanthodiaptomus denticornis</i>		21,1	9,2	19,5	74,5	31,7
<i>Heterocope appendiculata</i>		-	-	-	0,2	3,2
<i>Cyclops scutifer</i>		21,1	24,1	1,3	7,9	22,6
<i>Daphnia galeata</i>		42,8	14,0	25,2	7,4	6,4
<i>Daphnia cristata</i>		-	-	-	0,1	12,9
<i>Holopedium gibberum</i>		1,0	7,1	2,9	-	-
<i>Bosmina longispina</i>		13,4	45,6	48,9	8,4	23,0
<i>Polyphemus pediculus</i>		0,6	0	2,6	1,5	1,2

Tabell IV. Bakteriologiske analyseresultater (0,5 m)
fra Engeren 1983.

	Koliforme Bakt. 37 ^o C pr. 100 ml	Termostabile koliforme bakt. 44 ^o C pr.100 ml	Totalant. bakterier pr. ml
1	15	0	550
2	75	1	170
3	25	0	80
4	28	0	60
5	28	0	120
6	40	4	90
7	34	4	110
8	33	5	40
9	30	5	50
10	20	0	60
11	23	3	130
12	17	3	64
13	25	3	100
14	26	10	140
15	52	6	160
16	51	9	110
17	49	8	100
18	54	10	120
19	61	17	900
20	46	30	1000



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.