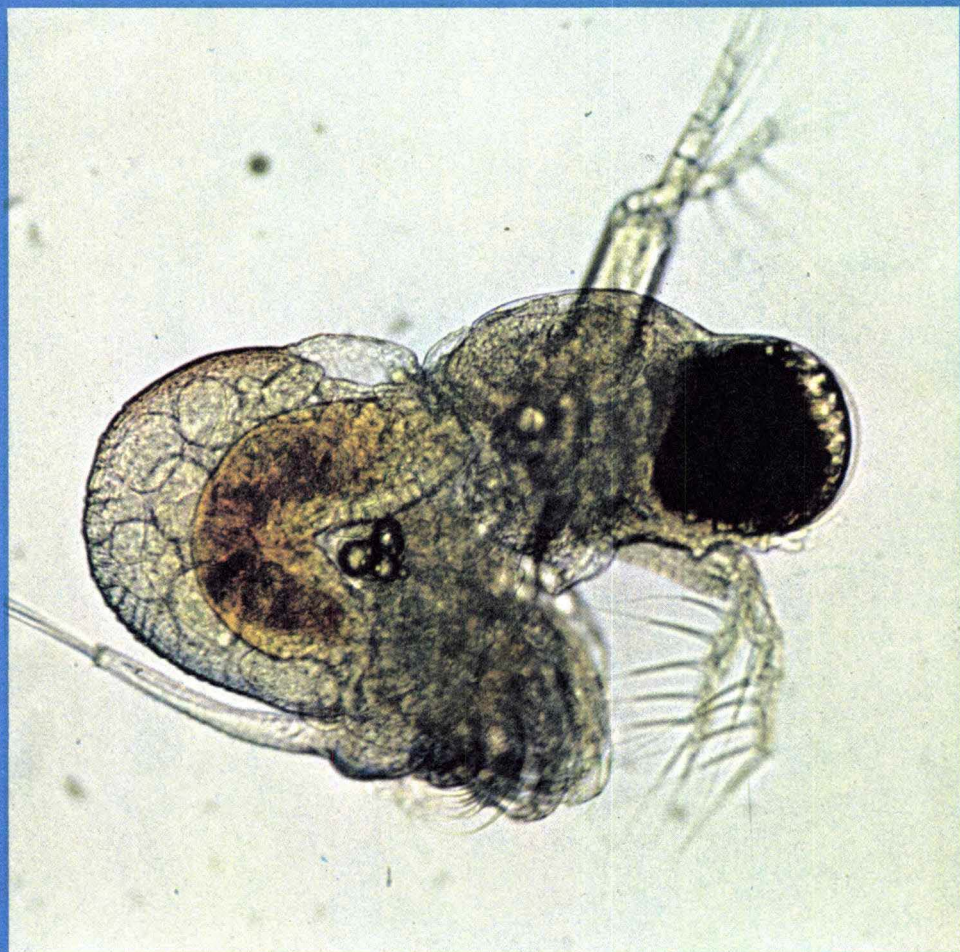


KRAFT OG MILJØ NR. 1

LIV I REGULERTE VASSDRAG

Redigert av Kåre Elgmork



Norges vassdrags-
og elektrisitetsvesen



KRAFT OG MILJØ NR. 1

**LIV
I REGULERTE
VASSDRAG**

Redigert av
KÅRE ELGMORK

De svenske artiklene er oversatt til norsk av
HANS A. ERIKSEN

OSLO 1970

Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen

«Liv i regulerte vassdrag» er ment som det første nummer i en publisjonsserie som er kalt «Kraft og miljø».

Gjennom en populær fremstilling tar serien sikte på i første rekke å belyse forskjellige sider ved de virkningene vasskraftutbyggingen har på de miljøene den påvirker.

Utgivelsen av serien vil skje uregelmessig.

Vassdragsdirektoratet, oktober 1970.

H. Sperstad

K. O. Hillestad

Forord

Interessen for naturvern er stadig stigende i Norge. Naturvernbegrepet holder også på å forandres. Mens naturverninteressene tidligere mest var knyttet til fredning av planter og dyr eller mindre områder, er man i dag også opptatt av menneskets bruk og misbruk av naturen. Menneskets inngrep i naturen har nådd slike dimensjoner at det er på høy tid å ta opp til vurdering de konsekvenser våre inngrep vil ha for prosessene ute i naturen, ikke minst for menneskene selv som en del av den levende natur.

Regulering av innsjøer for kraftutbygging er et inngrep i norsk natur som for tiden sterkt opptar opinionen. Det er derfor gledelig at Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen ønsker å utgi et småskrift over hva vi kjenner til om innsjøreguleringenes virkning på plante- og dyrelivet og omsetningene i innsjøene.

Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen bad meg stå for redigeringen av småskriftet, som er ment som en objektiv framstilling av de vitenskapelige resultater som inntil nå foreligger om dette emne.

Blindern, oktober 1970.

Kåre Elgmork

Innhold

	Side
Livssamfunn og omsetning i en innsjø. Av Kåre Elgmork	5
Plankton og planktonproduksjon i regulerte innsjøer. Av Kåre Elgmork	11
Reguleringens virkning på bunnfaunaen. Av Ulf Grimås	16
Virkning av reguleringer på fiskebestander. Av Per Aass	23
Forsøk på bedring av regulerte innsjøers fiskeproduksjon. Av Magnus Fürst	35
Generelle betraktninger om innsjøreguleringer. Av Ulf Grimås	44
Litteratur i utvalg	49

Livssamfunn og omsetning i en innsjø

av Kåre Elgmork

Dosent i zoologi ved Universitetet i Oslo

For å forstå de forandringer som foregår i en regulert innsjø, må vi kjenne hovedtrekkene i en ikke regulert innsjøes livssamfunn og omsetningsforhold. Plante- og dyrelivet i innsjøene fordeler seg ikke jevnt utover, men forekommer i forskjellige mønstre og soner. Sonering og omsetningsforhold varierer innen forskjellige typer av innsjøer. Vi skal vesentlig holde oss til den innsjøtype som er mest aktuell ved reguleringer.

De fleste større reguleringsmagasiner i Skandinavia er høytliggende innsjøer som ligger på fjellet over tregrensen. Slike innsjøer er karakterisert ved et meget lavt innhold av næringssalter og har en lav produksjon. Vannets egenskaper bestemmes først og fremst av fysiske og kjemiske faktorer, mens livssamfunnenes innvirkning på innsjøene er relativt liten. Slike sjøer har et klart vann som regel av blålig farge, og det er liten forskjell i kjemisk sammensetning nedover i dypet. Hele vannvolumet har tilnærmet den samme kjemiske sammensetning. Dette betyr f.eks. at det er rikelig med oksygen i alle vannlag selv ned på de største dyp. Surhetsgraden vil stort sett være den samme i bunnlagene som i overflaten osv. En slik innsjø

betegnes som *næringsfattig* eller *oligotrof*. Praktisk talt alle reguleringsmagasiner tilhører denne innsjøtype som er typisk for fjellområder.

I oligotrofe innsjøer er det stort sett bare temperaturen som vil variere med dybden. Forskjellen mellom overflate- og bunntemperatur vil være mindre i fjellsjøer enn i lavlandssjøer. Men selv i høytliggende fjellsjøer skjer det en overflateoppvarming om sommeren. Undersøker vi temperaturen nedover i vannlagene, vil vi finne at temperaturen ikke avtar jevnt nedover. Etter et overflatelag med noenlunde konstant eller bare svakt avtakende temperatur, vil vi komme til et lag hvor temperaturen avtar meget raskt. Under dette laget vil temperaturen igjen være mere stabil og bare langsomt avta. Et slikt lag hvor temperaturen skifter raskt kalles for *sprangskikt* eller *termoklin*. Termoklinens dybde og utstrekning avhenger av mange faktorer som innsjøens form, om den er vindbeskyttet eller ikke, den varmemengde den mottar osv.

Temperaturskiktningen brytes ned vår og høst når temperaturen i en viss periode blir den samme i alle vannmasser med en temperatur omkring 4°C. Om vinteren finnes det

varmeste vann nederst og det kaldeste like under isen. Alle vannlag har en temperatur under 4°C om vinteren.

Det kan ha betydning for regulerings innflytelse på innsjøen i hvilken dybde uttappingen foregår. Skjer det uttapping om sommeren, vil det være stor forskjell om tappingen foregår over eller under termoklinen. Om vinteren spiller dette mindre rolle.

En innsjø kan betraktes som en verden for seg som stort sett er isolert fra det omgivende land. Livsprosessene og omsetningene i innsjøene foregår stort sett uavhengig av omgivelsene med tilførsel av solenergi. Lys og energi er nødvendig for å holde livsprosessene i gang. Ved sollysets hjelp bygger plantene i innsjøen opp organisk materiale. Plantene kalles for *primærprodusentene*, da deres produksjon danner grunnlaget for andre livssamfunn i innsjøene.

Plantene i innsjøen kan deles i to hovedgrupper. Den ene er de større fastsittende planter, i det alt vesentlig karsporeplanter, som finnes langs breddene ned til et visst dyp. Vi finner flere typer av vannplanter i strandsonen. Noen lever på grunt vann og har det meste av planten over vannet som f.eks. takrør og starr, andre danner flyteblad som f.eks. vannliljene, mens de fleste lever helt neddykket utover på større og større dyp. Er forholdene gode, kan det dannes såkalte undersjøiske enger.

Hvor dypt planter finns nedover i innsjøene avhenger av lysgjennomtrengeligheten i vannet. Da fjellsjøer har meget klart vann, finner vi planteproduksjon på større dyp i fjellsjøer enn i lavlandssjøer. Når lysintensiteten blir for liten, opphører planteproduksjonen ved et visst dyp. Den del av innsjøen som ligger mellom denne grensen og tørt land kalles strandsonen eller *litoralsonen*. (Fig 1). Fjellsjøer har relativt store litoralsoner.

I litoralsonen finnes et meget rikt dyreliv som lever direkte eller indirekte av plantemateriale. Dyra er enten plantespisere, slampispere eller rovdyr. I strandsonen finnes de fleste viktige næringsdyr for auren som grunnåte (marflo, matflo, nettskjær, *Gammarus lacustris*), skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*) og linsekreps (*Eurycercus lamellatus*). De fleste ferskvannsfisk, deriblant også auren, er hovedsaklig knyttet til denne sonen i innsjøene. Ingen annen sone har et så variert livssamfunn som litoralsonen, og i grunne innsjøer foregår det meste av primærproduksjonen der.

Livet i litoralsonen har gjennom lange tidsrom innstilt seg i likevekt med de naturlige vannstandsvariasjoner som forekommer i enhver innsjø. Som det vil fremgå av en seinere artikkel, er livet i litoralsonen særlig ømfintlig overfor økede forandringer i vannstanden.

I de fri vannmasser utenfor litoralsonen fins også planter. Men disse er meget små, for det meste mikro-

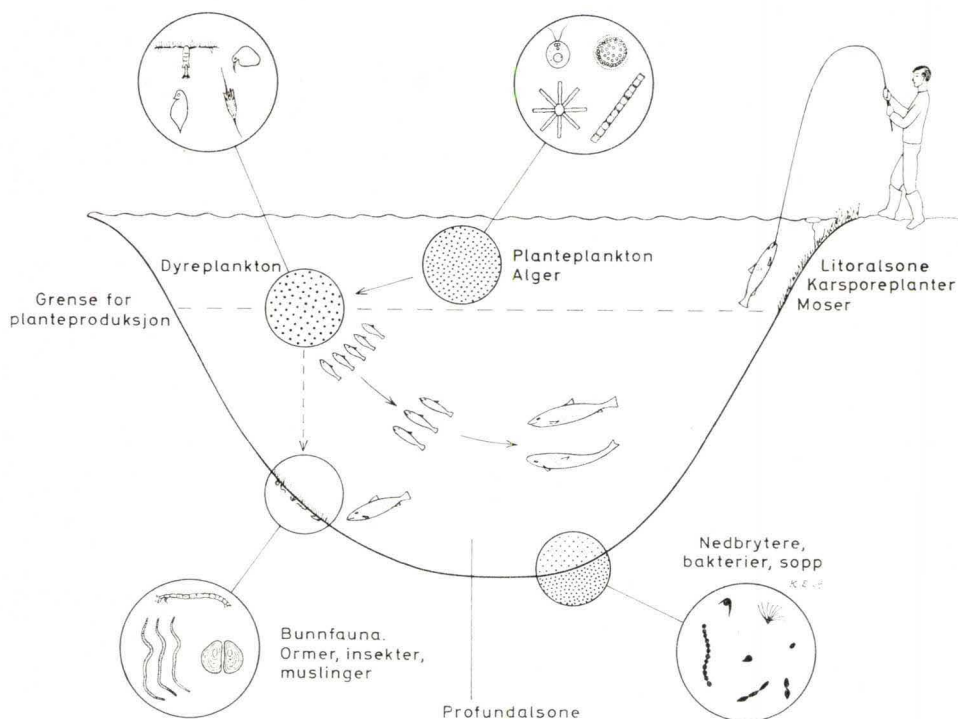


Fig. 1. Innsjøen som økosystem. Noen av de viktigste komponenter i næringskjeder og kretsløp.

skopiske alger, og bare de aller største former er synlige i vannet uten forstørrelse. De driver fritt i vannlagene og er ikke festet til noe underlag. Dette er *planteplanktonet* i innsjøene. (Fig. 1). Men selv om hver enkelt plante er liten, forekommer de i så store mengder at de tilsammen utgjør en betydelig del av primærproduksjonen i innsjøene. I store innsjøer er planktonets primærproduksjon større enn litoralsone.

Planteplanktonet er knyttet til de øvre vannlag og produksjonen avtar med dybden og minkende lysintensitet. Under en bestemt dybde i vannet stopper primærproduksjonen av mangel på lysenergi. I klare fjellsjøer i Skandinavia kan primærproduksjonen foregå ned til i alle fall 20–30 m. I Crater Lake, Oregon, USA, en av verdens klareste innsjøer, er det en betydelig primærproduksjon ved 140 m dybde. Men p.g.a. mangel på næringssalter er klare

fjellsjøer likevel relativt lite produktive.

Den del av innsjøen som ligger under nedre grense for planteproduksjon, kalles *profundalsonen*. Den omfatter de djupeste delene av innsjøen, både bunn og vannmassene over.

Ute i de fri vannmasser i innsjøene finnes et rikt dyreliv. Dette er *dyreplanktonet* som består av relativt små dyr som er uavhengig av bunn, strand eller annet underlag. (Fig 1). De har liten evne til egenbevegelse og føres avsted med den minste strøm i vannet. Mange av representantene for dyreplanktonet er så små at de bare er synlige med forstørrelse. Mange former tilhører krepsdyrene, og disse blir opptil noen få millimeter store og er tydelig synlige i vannet. (Fig. 5). I næringsfattige innsjøer som f.eks. i fjellsjøene, utgjør krepsdyrene en betydelig del av dyreplanktonet. De viktigste gruppene er vassloppene og hoppekrepsene. Begge disse typer forekommer praktisk talt i hver eneste innsjø. En annen viktig gruppe er hjuldyrene som er betydelig mindre.

Mens planteplanktonet er begrenset til de øvre mest belyste deler av innsjøene, finnes dyreplanktonet også i de djupere lag, da dyr ikke er direkte avhengig av solenergi. Dyreplanktonet lever av planteplankton, bakterier og av døde organiske partikler som med et fellesnamn kalles detritus.

Når planteplankton og zooplankton dør, synker de til bunns og utgjør en vesentlig del av føden for

bunnfaunaen eller *benthos* som finnes ute på dypet i innsjøene. (Fig. 1). Bunnfaunaen ute i de dypere lag av innsjøene består hovedsakelig av fjørmygglarver (chironomider), leddormer (oligochaeter), og små muslinger. Innover grunnere områder vil antall dyregrupper i bunnfaunaen øke, og det finnes en rik bunnfauna også i litoralsonen. Men denne er mer direkte avhengig av plantemateriale som denne sonen er rik på, mens bunnfaunaen ute på større dyp lever av det planktonmateriale som synker ned til bunnen.

I innsjøer som ikke har betydelig oksygensvinn i bunnlagene, som f.eks. i fjellsjøer, finner vi bunnfauna helt ned til de største dyp på flere hundre meter. Mengden av bunnfauna varierer stort sett i takt med innsjøens produksjon, når denne ikke er så stor at det blir oksygensvinn i bunnlagene. Næringsfattige innsjøer som fjellsjøene har en relativt tynn og fattig bunnfauna sammenliknet med mer næringsrike innsjøer i lavlandet.

I sin tur spises bunnfaunaen i innsjøene av *fisk*,- og en fiskeart som aure er stort sett avhengig av bunnfauna som føde. Andre fiskearter kan leve direkte av plankton. (Fig. 1). I fjellsjøer er dette særlig tilfelle med røye og sik. I lavlandet er lagesild og krøkle typiske planktonetere. Som yngel er derimot alle fisker avhengig av plankton som føde, i innsjøene som i havet.

Det organiske materiale som pri-

mærprodusentene, plantene, har laget, kan gå gjennom flere ledd i livssamfunnene. Tar vi utgangspunkt i planteplanktonet, kan dette etes av dyreplankton som kan spises i levende tilstand av en liten fisk som igjen kan etes av en større fisk. Vi kaller en slik serie for en *næringskjede*.

Når levende organismer i innsjøene dør, begynner de å råtne eller dekomponere. Denne prosess kommer i stand ved hjelp av mikroorganismer, vesentlig bakterier og mikroskopiske sopp som finnes overalt både i vannlagene og i bunnslammet. Slike mikroorganismer kalles *nedbrytere*, og det er særlig mange av dem i bunnslammet hvor en vesentlig del av dekomponeringen foregår. (Fig. 1). Det organiske stoff som er bygd opp

i planter og dyr, brytes ned til enklere bestanddeler. Disse stoffene frigjøres etter hvert og løses i vannet som gjødselstoffer eller oppløste gasser. Ved hjelp av sirkulasjoner i vannet som er særlig framtrepende vår og høst, bringes disse stoffene igjen opp i den belyste, produserende sone og kan igjen gå inn i planteproduksjonen. Det foregår således et stadig kretsløp av stoffer i innsjøen, fra uorganisk materiale til planter og dyr og ved nedbrytning tilbake til utgangsstoffene. Dette kretsløp drives av energi fra solen. Innsjøene er altså mer eller mindre selvforsørgende, og er uavhengig av tilførsel utenfra. En slik enhet i naturen kalles et *økosystem*.

De enkelte ledd i omsetningskjedene i et økosystem er avhengige av

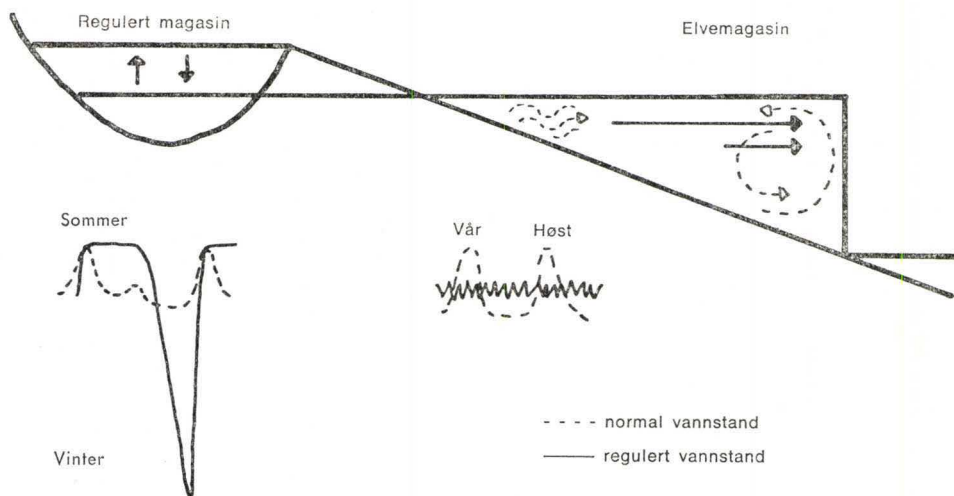


Fig. 2. Sammenlikning av vannstandsforholdene i de to typer magasin. (Etter Grimås.)

hverandre. Skjer det forandringer i ett ledd, vil dette forplante seg til andre, og systemets likevekt forskyves. Regulering av en innsjø med sterkt økede vannstandsvariasjoner er som vi skal se et drastisk inngrep i hele innsjøens omsetningsforhold. Hele økosystemet vil reagere, og vi kan ikke betrakte en enkelt faktor som f.eks. fiskeavkastningen isolert. Fiskens reaksjon er et utslag av fundamentale forandringer i hele innsjøens økosystem.

I de følgende avsnitt vil virkningene av reguleringer bli vurdert for enkelte soner og livssamfunn i innsjøene. Men det er viktig allerede fra begynnelsen å være klar over at de enkelte komponenter som plankton, bunnfauna, fisk etc. inngår som ledd i et meget *komplisert samspill*.

Ved innsjøreguleringer har det vist seg at virkningene kan være forskjellige på kort og lang sikt. De første år etter en regulering kan gi gunstige forhold for visse livssamfunn, mens antall organismer etter hvert avtar og blir mindre enn før reguleringen. Andre livssamfunn vil bli sterkt desimert allerede like etter oppdemning og først vise stigning lang tid etter at regulering fant sted.

Vi kan derfor snakke om en *korttidseffekt* eller *demningseffekt* i motsetningen til en *langtidseffekt*.

Det er få undersøkelser som hittil er utført med det formål å studere de generelle virkninger av innsjøreguleringer. Vår kunnskap om de forandringer som foregår i hele innsjøens økosystem er derfor ennå nokså begrenset. Tidligere studier har vesentlig vært fiskeriundersøkelser, og det er særlig på grunnlag av svenske undersøkelser i 1950-60-åra at konturene av et mer generelt bilde av innsjøreguleringenes virkning har begynt å tre fram. Men det er særlig korttidseffekten som hittil er blitt studert.

Reguleringen av et vassdrags vassføring innebærer to hovedtyper av magasiner, *reguleringssjøen* i vassdragets kildeområde og *elvmagasinet* i direkte tilknytning til kraftverkene langs elva. Reguleringsteknikken kan i fjellsjøen betegnes som vertikal med store variasjoner i løpet av året. (Fig. 2). I kraftverksmagasinene er den nærmest horisontal med en relativ stabil vannstand, men med store variasjoner i vassføring. I begge tilfelle er effekten på plante- og dyreliv store som det vil framgå av de følgende kapitler.

Plankton og planktonproduksjon i regulerte innsjøer

av Kåre Elgmork

Dosent i zoologi ved Universitetet i Oslo

Planktonet, det drivende liv av bitte små planter og dyr, utgjør et viktig ledd i stoffomsetningen i innsjøer. Men virkningen av innsjøreguleringer på planktonet har hittil vært lite studert.

Den kunnskap vi har, skriver seg vesentlig fra svenske undersøkelser utført ved Universitetet i Uppsala i 1950-åra. Det vesentlige i dette kapittel bygger på disse undersøkelsene som ble foretatt i to innsjøer, Ransaren og Kultsjön, i Västerbotten øst for Børgefjell i en høyde av omkring 550 m. I den ene innsjøen ble studier foretatt før og etter oppdemning med en maksimal vannstandsvariasjon på 18 m. Den andre innsjøen fungerte som urørt kontrollsjø inntil også den ble utsatt for reguleringsinngrep i slutten av undersøkelsesperioden. Undersøkelsen ble avsluttet et par år etter oppdemning og viser derfor bare demningseffekten.

Begge de undersøkte svenske fjellsjøer er næringsfattige med en forholdsvis lav produksjon. Primærproduksjonen i de fri vannmasser var noe uregelmessig før reguleringen, noe som antakelig skyldtes klimatiske forhold.

To år etter oppdemning var pri-

mærproduksjonen tre ganger så stor som den var før reguleringsarbeidene tok til. I kontrollsjøen var primærproduksjonen noenlunde uforandret i den samme periode. Det er derfor høyst sannsynlig at stig-

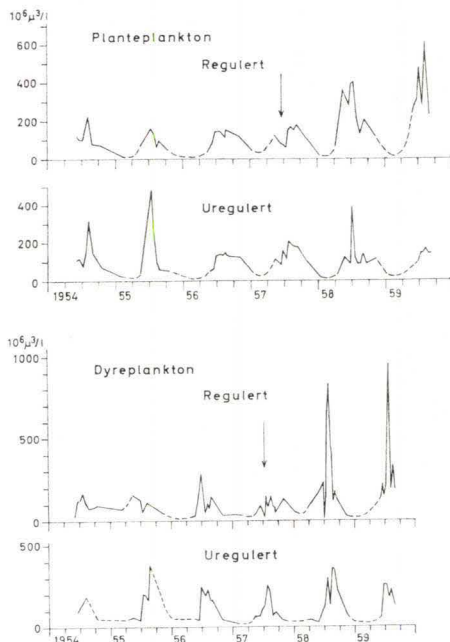


Fig. 3. Variasjon i mengde av plante- og dyreplankton i en regulert og en ikke regulert fjellsjø i Sverige.

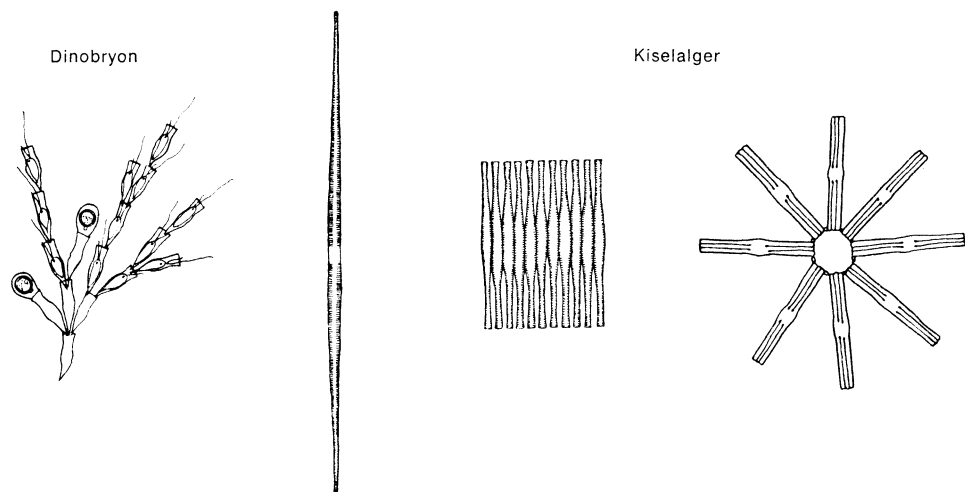


Fig. 4. Noen eksempler på planktonalger som kan finnes i reguleringsmagasin.
(Forstørrelse ca. 200—300 ganger.)

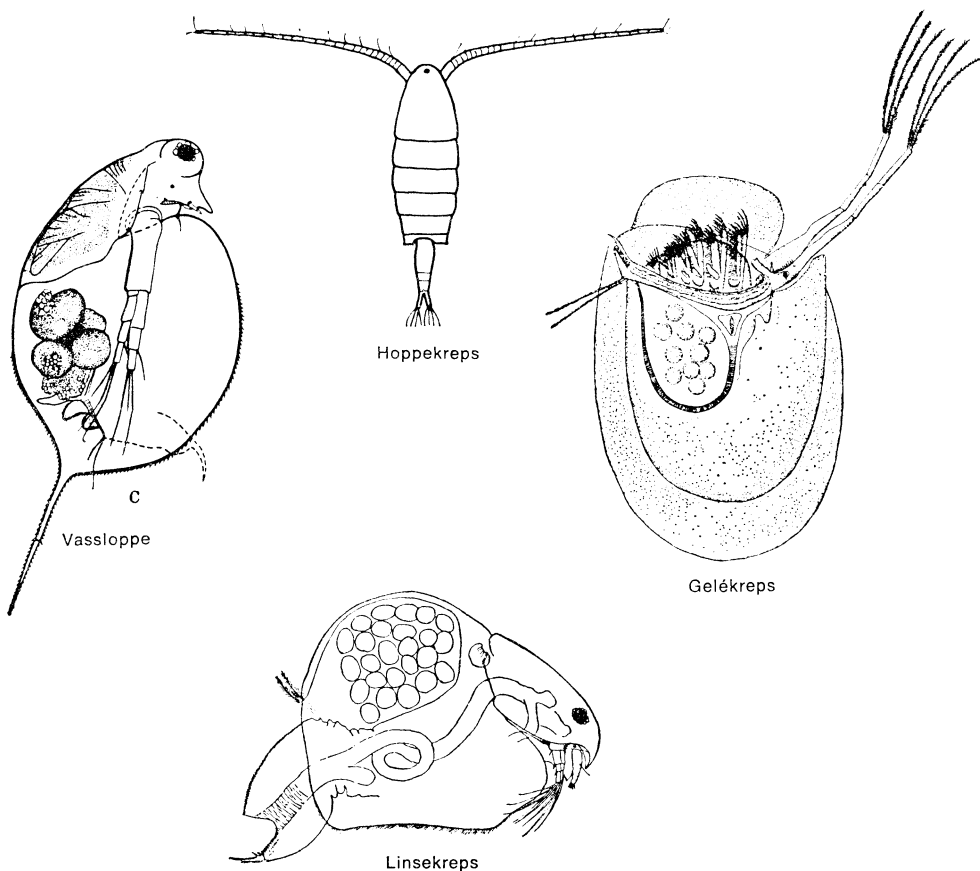


Fig. 5. Noen typiske representanter for krepsdyr i planktonet øverst.
Linsekrepsen er halvplanktonisk i litoralsonen. Maksimal størrelse 3—4 mm.

ningen i primærproduksjon i den oppdemte innsjø var et resultat av reguleringen. Reguleringene førte på kort sikt til en økning i produktiviteten i vannmassene.

Da planteplanktonet er ansvarlig for primærproduksjonen i de fri vannmasser, er det naturlig at noenlunde samme variasjoner ble observert i planteplanktonet. Dette var noenlunde stabilt i årene før oppdemning, men viste allerede året etter en tydelig stigning som fortsatte også i det andre året. (Fig. 3). Mengden av planteplankton var da ca. tre ganger så stor som før oppdemning. Samtidig med en økning i mengde ble det også observert forandringer i sammensetningen av arter. Særlig større arter av kiselalger og *Dinobryon*-arter ble mer vanlige i den regulerte innsjø (Fig. 4). Dette viser at selv en beskjedne regulering på maksimalt ca. 18 m hadde innvirkning både på planteplanktonets mengde og sammensetning.

Dyreplanktonet (Fig. 5) i den regulerte innsjøen viste noenlunde samme variasjoner i mengde som planteplanktonet. Mengden av dyreplankton varierte lite i årene før oppdemning, men steg betydelig allerede i det første året etter full oppdemning. I kontrollsjøen holdt mengden seg omtrent konstant, og det er heller ikke her noen tvil om at stigningen skyldtes oppdemningen (Fig. 3). I den regulerte innsjøen steg mengden av dyreplankton første sommer til det 2—3 dobbelte av det

tidligere nivå. Det ble observert stigning i alle arter som var tilstede, og i motsetning til planteplanktonet synes det ikke å ha foregått noen forandring i artsammensetningen. Også annen sommer var det forholdsvis mye dyreplankton til stede med et maksimum i august 1959 som var den største planktonmengde som hittil var observert i denne innsjøen. Men det er vanskelig å si om det var noen reell stigning den andre sommeren, da innsjøen ble tappet unormalt langt ned på grunn av reparasjonsarbeider.

Også den tredje sommeren var mengden av dyreplankton omtrent den samme som i de to foregående år. Dyreplanktonmengden synes derfor å ha holdt seg noenlunde konstant på et relativt høyt nivå i de tre første år etter full oppdemning.

En enda mer markert korttidseffekt er tidligere blitt observert i regulerte innsjøer hos den halvplanktoniske linsekrepsses *Eurycerus lamellatus* som er næringsdyr for auren. (Fig. 5). Denne småkrepsarten holder til på eller like over bunnen og blant vegetasjonen i litoralsonen. I to av de tidligste reguleringer i Norge, i Tunhovdfjorden i 1919 og Pålbufjorden i 1927, observerte Knut Dahl en radikal økning av linsekrepsses i de grunneste partiene av sjøen som hadde ligget tørrlagt om vinteren på grunn av kunstig nedtapping. Det antas at stigningen ved siden av økt næringstilgang skyldtes at hvile-eggene om vinteren reagerte positivt på uttørking og lavere temperaturer på de tørrlagte

strender. Dette er en effekt som er kjent også for en rekke andre arter med hvile-egg. Hos mange arter er uttørring og lav temperatur en betingelse for klekking. Også skjoldkrepser, *Lepidurus arcticus*, et næringsdyr for auren, synes å klare reguleringene bra antakelig av samme grunn som linsekrepser.

De svenske undersøkelser viser altså at planktonet har en positiv demningseffekt med stigning både i plante- og dyreplankton i de første år etter regulering.

Hovedårsaken til demningseffekten i planktonet er for det første at områder som tidligere var tørt land blir oversvømmet. Dette fører til utvasking av gjødselstoffer som fosfater og nitrater som vil øke primærproduksjonen i vannlagene. Også løste og uløste organiske emner som stammer fra det oversvømte land vil bidra til å øke produksjonen. For det andre vil nedtapping under tidligere laveste vannstand føre til at den tørrlagte bunn blir utsatt for frost og erosjon, som fører til økt tilførsel av næringssalter til vannet.

De utvaskede næringssalter opptas og omsettes meget raskt av organismene i vannet og fører til stigning i mengden av drivende planter og dyr. Det ser ut at de tilførte næringssalter blir så raskt opptatt av planktonet at det ikke kan måles noen særlig stigning i selve vannmassene av disse stoffene.

Økning av planktonmengden like etter en oppdemning er som nevnt ovenfor en tydelig korttidseffekt,

og det er ikke foretatt systematiske undersøkelser over lange nok tidsrom til å vise om den økede planktonproduksjon vil vare ved. Det er en mulighet for at når næringssaltene fra oversvømmet mark er vasket ut og sedimentene er omlagret, vil planktonproduksjonen gå noe tilbake. Dette har vist seg å være tilfelle med andre dyresamfunn som har vist en kortsiktig økning på samme måte som planktonartene. På den annen side synes mer tilfeldige iakttagelser å tyde på at planktonet i innsjøer ikke påvirkes negativt ved reguleringer, men vil sannsynligvis opprettholde det nivå det hadde før oppdemning.

De fleste magasiner samler vann i sommerhalvåret, og en regulert innsjø vil om sommeren vanligvis ikke ha så stor avrenning som før oppdemning (Se fig. 2). Dette fører til en reduksjon i uttapping av planktonorganismer som følger med vannstrømmen ut av innsjøene i store mengder.

I andre typer av magasiner som er forbundet med tunneler eller hvor det er mer direkte avløp til kraftstasjonen, kan imidlertid forholdet være omvendt. I slike tilfelle kan planktonet også om sommeren bli tappet ut av innsjøene i sterkere grad enn før regulering.

For de arter som er til stede i vannlagene i vinterhalvåret, vil imidlertid en regulering føre til en sterkere grad av uttapping enn før oppdemning. For slike arter vil en regulering virke negativt, da det vannvolum som går ut av en regulert

innsjø i løpet av året, og spesielt i vinterhalvåret, er større enn før sjøen ble regulert. At planktonmengden som tappes ut av regulerte innsjøer kan nå betydelige dimensjoner, viser en sveitsisk undersøkelse. I to regulerte innsjøer i Sveits i ca. 2250—3000 m o. h. var tapet bare av dyreplankton i vann som gikk til kraftverkene henholdsvis 1,4 og 25 tonn i 1961.

Men vi kjenner lite til uttappingens virkning på planktonsamfunnene. Det vil også spille en rolle i hvilken dybde uttappingen foretas, da plank-

tonmengden varierer betydelig med dybden. Her kommer også døgn- og årstidsvariasjoner inn i bildet. Undersøkelser over slike problem er såvidt vites ikke gjort.

Som det vil framgå av dette kapittel, er vår kunnskap om virkningene av innsjøreguleringer på planktonsamfunnene svært mangelfull, særlig langtidsvirkningen. Men det er antakelig det livssamfunn i innsjøene som minst påvirkes av reguleringene, som det vil framgå ved sammenlikning med de følgende kapitler.

Reguleringens virkning på bunnfaunaen

av Ulf Grimås

Dosent Uppsala Universitet, Sverige

Noen av de tidligste iakttakelser over faunaens reaksjon på vassdragsreguleringer ble gjort av K. Dahl i Tunhovdfjorden. Dahl fant at det minket på mange av de arter som levde nær bunnen, eller at de ble helt borte fra områder hvor de tidligere hadde vært tallrike. Men han kunne også konstatere at noen organismer som levde i bunn-nære vannlag, økte i mengde, og at fisk hurtig begynte å ta til seg av over-skuddet.

Av disse iakttakelser i Tunhovd-fjorden og senere i andre fjellvatn i Norge og Sverige, vet vi at balanseforskyvningen mellom ulike bunnorganismer er et tidlig og relativt kortvarig ledd i alle de omstillingsprosesser som et vatn gjennomgår før det stabiliserer seg som et nytt økosystem — den regulerte innsjø.

Reguleringssjøen

De ulike organismer som hører til bunnfaunaen er ikke likt fordelt på bunnen og i dypet. Det har vist seg at bunnområder med store ressurser, f.eks. av næring, også har de fleste bunndyr. Fig. 8 viser dybde-

fordelingen av faunaen i en naturlig fjellsjø med stor tetthet, ca. 10 000 ind./m² innenfor de grunnere områder i litoralsonen, og relativt lav tetthet, ca. 1000 ind./m², i dypet i profundalsonen.

De varierende krav som ulike arter stiller til omgivelsene, medvirker til det fordelingsmønster man finner over bunnområdene. Noen bunndyr, som f.eks. grunnåten (*Gammarus lacustris*), store insektslarver og snegler, foretrekker plantekost og hører derfor hjemme i de grunnere vegetasjonsområdene. Andre har spesialisert seg til å filtrere regnet av organisk materiale som synker til bunns, f.eks. muslinger og mange fjørmygg-larver (chironomider), og er derfor å finne på dypet. En tredje gruppe, oligochaetene, eter seg fram i den døde plantemassen og forekommer på alle dyp med organisk materiale. En fjerde gruppe, de små vassloppene, lever av planktonalger og døde organiske partikler som finnes i vannet. Noen av disse arter f.eks. linsekrepser, *Eurycerus lamellatus*, søker gjerne til lag nær bunnen der konsentrasjonen av spiselige partikler er forholdsvis stor.

Alle disse spesialiseringer medvirker til en mikrolagdeling av dyrene

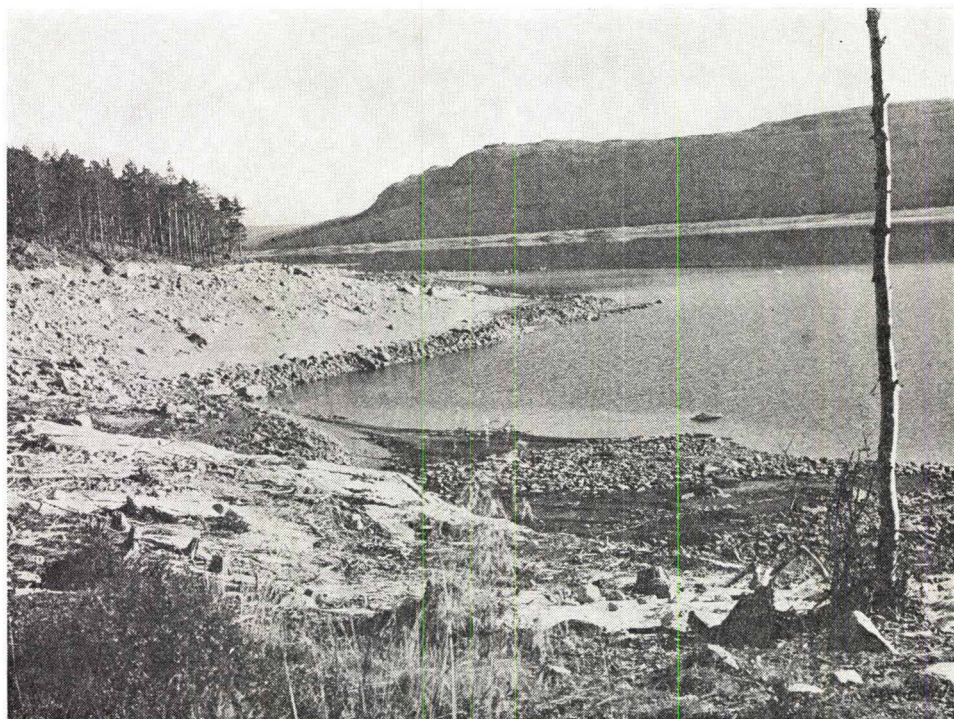


Fig. 6. Strandsone i en regulert innsjø ved lav vannstand. (Foto Per Aass.)

i bunnområdene. Noen lever for det meste i slamoverflaten og eksponerer seg mot vannet, som f.eks. de store krepsdyrene og insektlarvene. Andre holder til i sedimentenes øvre lag, som f.eks. muslingene og andre som graver seg ned i slammet, så som oligochaetene, se fig. 7. Derfor reagerer dyrene forskjellig på mekaniske forstyrrelser i sedimentene og blir i forskjellig grad bytte for fisk. Fig. 7 gir noen eksempler på bunndyr med ulik fordeling og forskjellig betydning som fiskeføde.

Senkning av vannstanden om vinteren har til følge at bunnområdene tørlegges og avkjøles, og dette fører til ødeleggelse av reguleringssonens vegetasjon. Den vil til slutt bli tilintetgjort da dette gjentar seg år etter år. Samtidig foregår en omlagring av sedimentene i innsjøen, en forflytning gjennom erosjon av løse avleiringer fra grunne områder til dypere steder. Dette betyr en utarming av reguleringssonens organiske næringsinnhold og samtidig en tilslamming av områdene under

reguleringsgrensen såvel av organisk som av minerogent materiale.

Det oppstår således alvorlige forstyrrelser i bunnlagene med umiddelbare følger for bunnfaunaen. Korttidsvirkningen medfører kvantitativt en kraftig desimering av bunndyrene både i reguleringssonen og i dypere områder. Undersøkelser i en regulert innsjø viste at faunaen minket i biomasse fra 6 til 1 g/m² og i tetthet fra 3000 til 600 ind./m² d.v.s. ca. 80% i dypsonen 0—10 m med en reguleringshøyde på 5 m.

Noen arter er spesielt følsomme for disse forstyrrelser, f.eks. planteetere og filtrerere. Andre blir mindre påvirket, f.eks. detritusetere. Dette gir en forskyvning til fordel for dyr som ligger nedgravet i slammet. Oligochaetene f.eks. økte fra 22% til 66% innenfor dybdesonen 0—10 m etter første års vannsenkning i den undersøkte innsjø.

Korttidseffekten berører i stor utstrekning også en annen dyregruppe, de små krepssdyrene, først og fremst de vassloppene som hører hjemme på bunnen, f.eks. linsekrepser som omtalt i foregående kapittel om plankton.

Ettersom reguleringssonen mister sine løse avleiringer, stabiliseres forholdene i bunnområdene. Dette viser seg i vannets siktbarhet og i sammensetningen av bunnområdenes dyreverden. Når omlagringen er gjennomført vil miljøforholdene for bunnfaunaen være helt forandret.

Litoralsonen er blitt naken stein grunn og profundalsonen overlagret av minerogent materiale over

store områder. (Fig. 6.)

Disse forandrede miljøforhold van-skeliggjør etablering av en ny bunndyrbestand innenfor reguleringssonen. Dette skyldes i mindre grad tørrlegging og frysning, da faunaen har flere arter som meget vel tåler slike forhold. Den virksomme negative faktor er næringsmangel.

Den nye invadering kommer framfor alt til å finne sted umiddelbart under nedre reguleringsgrense. Der vil mengden av bunndyr nærmest motsvare den opprinnelige. (Fig. 8.)

I den nyetablerte fauna er *fjørmyggene* (chironomider) den viktigste gruppe. Den vil preges av et mindre antall arter og en forskyvning til fordel for dyr som foretrekker lavere temperatur i innsjøens sedimenter. Ved reduksjon av antall arter vil klekningsmønsteret forandres. Under naturlige forhold er det et stort antall arter som avløser hverandre i sommerhalvåret, og forekomsten av pupper og utvokste fjørmygg er kontinuerlig i vannoverflaten. Den artsfattige, men individrike fjørmyggfaunaen i regulerte innsjøer gir derimot korte, intensive klekningsperioder som ofte er begrenset til noen uker. Dette har betydning for fiskens muligheter til å nære seg av fjørmygg.

Som en *langtidseffekt* kommer således noen fjørmyggarter til å øke i betydning, bl.a. ved mindre konkurranse med andre arter. Dette fører til en økning av fjørmyggenes relative andel i totalfaunaen fra ca. $\frac{1}{3}$ til ca. $\frac{1}{2}$ av det totale antall organismer i innsjøen.

Visse av dyregruppene desimeres sterkt på et tidlig stadium og har derfor ingen mulighet for å leve videre i reguleringssjøen. Til disse regnes det store krepsdyret grunnåten, de fleste store insektlarver og snegler, d.v.s. typiske litoralformer. Tettheten er noe større i nærheten av tilløpene, hvor det er tilførsel av dyr og næringsstoffer fra nedbørsfeltet. Forøvrig er reguleringssjøenes tap av organismer stor også som langtidsvirkning.

Langtidseffekten fører til reduksjon også av små krepsdyr i de mer bunn-nære områder. Den positive virkningen av sediment-omlagringen avtar gradvis i takt med utarmingen av reguleringssonen, og tettheten av f.eks. linsekreps i bunnområdene blir mindre enn før reguleringen. Også mer sedentære organismer som oligochaeter og muslinger kommer til å minke i antall, men øke sin relative andel i totalfaunaen, da de i stor utstrekning finnes på innsjøens dypområder.

De suksessive forandringer i bunnområdene illustreres på fig. 8 og 9. I sammendrag kan vi si at mekaniske forstyrrelser i forbindelse med sedimentomlagringen er hovedansvarlig for den negative langtidsvirkningen.

Reguleringssjøen taper kvantitativt de grunne områder med stor tetthet av bunndyr. Tapet av organismer kan vurderes til 75% i reguleringssonen. Like under nedre reguleringsgrense kan tettheten i en gammel reguleringssjø sammenliknes med den naturlige. Deretter synker

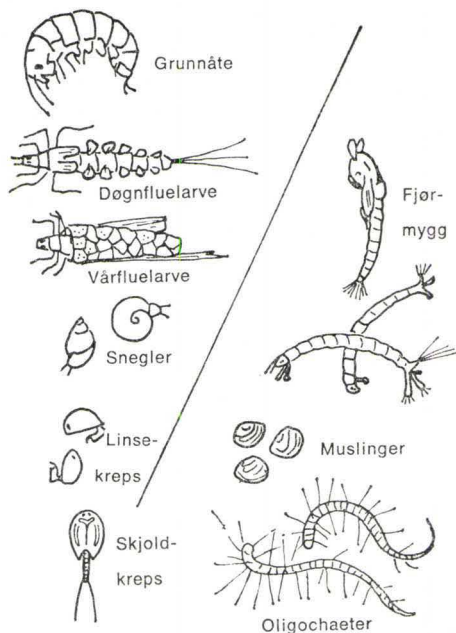


Fig. 7. Noen viktige bunndyr i fjellsjøene. Målestokk noe forskjellig.

mengden i de dypere lag med 25 %. Liknende tap er konstatert i den norske innsjøen Limingen.

Kvalitativt foregår det en forskyvning som i lengden er til fordel for fjørmygg, men til skade for store insektlarver, snegler og krepsdyr. Faunaen er blitt mer arktisk preget, særlig tydelig blant fjørmyggene, men også påvist hos andre grupper. Av nylig foretatte undersøkelser i norske vassdrag framgår at det kan skje en spontan økning av skjoldkreps, *Lepidurus arcticus*, i reguleringsbassenger. Dette har stor interesse for fiskeproduksjonen, da denne krepsen på grunn av sin størrelse og sitt levesett er viktig fiskeføde.

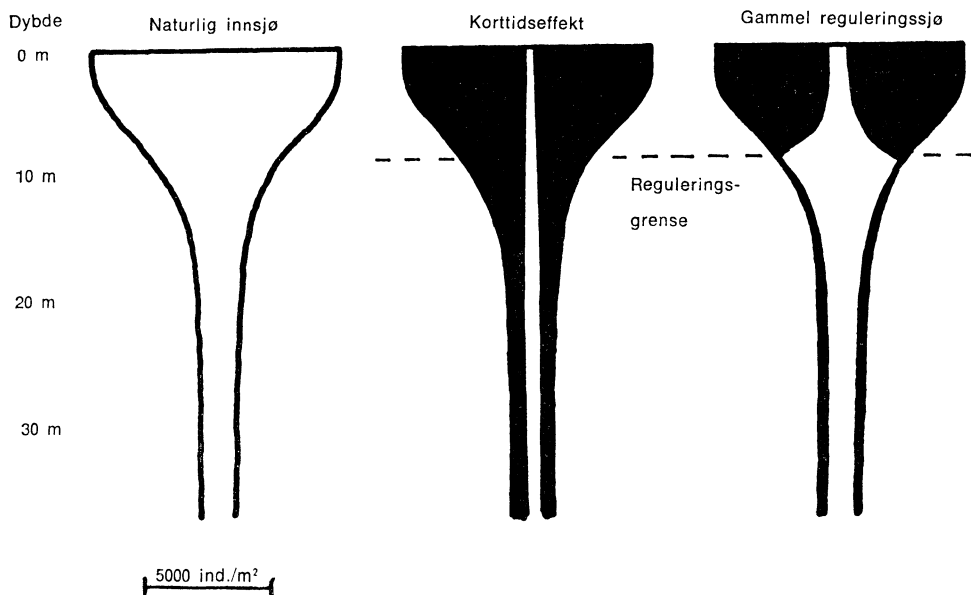


Fig. 8. Reguleringsens virkning på bunnfaunaen i fjellsjøer. De svarte feltene representerer tap i kvantitet etter reguleringen.

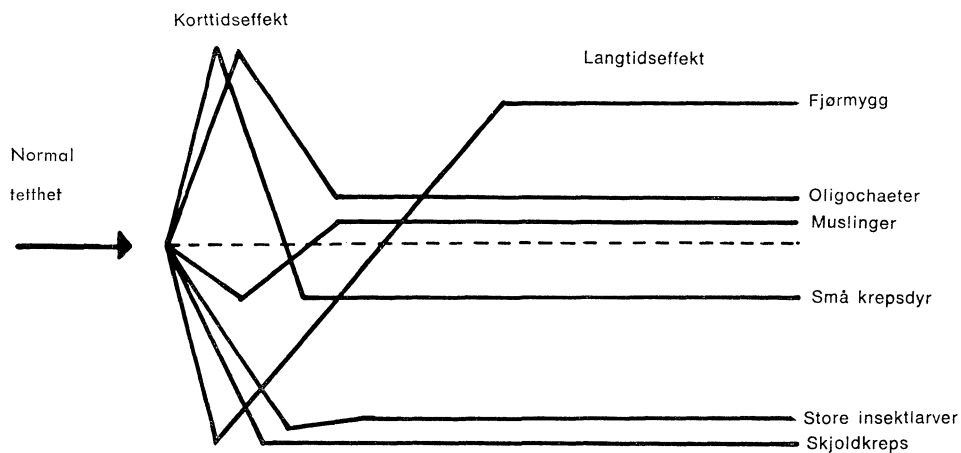


Fig. 9. Reguleringsens effekt på balansen mellom noen viktige dyregrupper i fjellsjøens bunnfauna.

Elvemagasinet

Den andre hovedtypen, elve- eller kraftverkmagasinet, er dannet ved å demme opp en elv, hvor korttidsregulering av vassføringen overskrider årstidsregulering av vannstanden. Denne typen er mindre vanlig i norske elver, men dominerer i Sverige. Den naturlige fauna i elva er tilpasset sitt spesielle miljø, det rennende vann.

I en elv er mange av organismenes viktige livsfunksjoner betydelig forenklet sammenliknet med hva de er i stillestående vann. I stedet for dyrene er nå miljøet i bevegelse og sørger for næring og oksygen og fører bort stoffomsetningens avfallsprodukter, som f. eks. karbondioksyd. Men det vil også forekomme avgjørende ulemper for faunaen. Bare spesielt utrustede arter vil greie å dra nytte av fordelene. Til slike spesialister hører de filtrerende dyrene, særlig insekter som utgjør en betydelig del av faunaen. For å få en riktig bedømmelse av elvenes produksjonskapasitet, må imidlertid bildet kompletteres. En stor del av dyrene forekommer fra tid til annen i den såkalte drivfauna hvor de driver passivt med strømmen og er utsatt for angrep av fisk. Dette fører også til en hurtigere omsetning.

Elvemagasinet har mange likheter med de naturlige forhold i elva, men avviker ved at vassføringen såvel i årets løp som i løpet av døgnet stadig forandres. Selv om strømhastigheten er mindre, beholder ma-

gasinet sitt særpreg av rennende vann. Sirkulasjonen og hvirveldannelsen er stor i alle vannlag. Dette motvirker lagdeling av vannet selv i de dypeste delene. Disse hydrologiske forhold fremmer utvikling av vegetasjon i bunnområdene og antagelig også produksjon av plantemasse i det frie vann.

Fra innsjøliknende områder nær damanlegget til opprinnelig elveforhold i tilløpsområdet danner elvemagasinet et komplisert miljøsystem. I magasinets sentrale deler veksler strøm med roligere vann. Bunnfaunaen reagerer på forandringen av miljøet med avvik i arts sammensetningen. Som i reguleringssjøen fører korttidseffekten til en økning av små krepsdyr i lagene nær bunnen. Dette er en følge av sedimentomlagringen i forbindelse med oppdemningen. I eldre magasiner kan det påvises at tettheten av disse krepsdyrene vedblir å holde seg stor, særlig i vegetasjonsbeltene.

Mange av de arter som lever i elva kommer til å minke i betydning fordi strømhastigheten er nedsatt. Disse arter blir imidlertid erstattet av andre. Faunaen får stor rikdom av former som følge av de varierende miljøforhold. I tilløpsområdene dominerer fremdeles den opprinnelige elvefaunaen. Nær damanlegget øker populasjonen av innsjøformer. I de sentrale deler forekommer elv- og sjøformer side om side. Den positive effekten som påvirker faunaen i grenseområdet mellom to miljøsystemer gjør seg gjeldende

— i dette tilfelle som elvetype og innsjøtype.

Elvemagasinet bunnfauna må betraktes som rik selv ut fra et kvantitativt synspunkt. Mye taler for at det er en jevnere fordeling av bunn-dyr, og det produseres en større mengde organismer, slik at det totale kvantum blir større enn det som var opprinnelig i elva. Som eksempel kan nevnes at Hammerforsmagasinet viser en tetthet i bløtbunnsområdene på opp til 45 000 ind./m², og at det i dypsonen 0—10 m er omkring 17 000 ind./m².

Den kraftige hvirveldannelse i vannet og de hurtige variasjoner i strømhastighet øker tilgangen av bunndyr i de fri vannmasser. Reguleringsteknikken fører med seg en kontinuerlig tilførsel av plantestoff

og dyr også til de dypere lag i magasinet. Dette medvirker til å gi samtlige bunnarealer preg av rike områder uansett dybden.

Nylig gjennomførte undersøkelser i Hammerforsmagasinet viser at opp til 10 tonn organisk materiale passerer damanlegget i døgnet, og at det av dette er 100 kg. levende bunnorganismer. Dette viser drivets betydning.

Elvemagasinet innhold av bunnorganismer kan således betraktes som stort for samtlige konsumentledd fra slam- og plante-eterer til kjøtt-eterer. Forekomsten av næringsorganismer som kommer fiskeproduksjonen til gode, er også stor i samtlige dybder. Og gjennom drivet er tilbudet sikret av så vel elveformer som innsjøformer.

Virkning av reguleringer på fiskebestander

av Per Aass

Vitensk. konsulent, Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske. Vollebekk

Som sluttprodukt i en næringskjede er fisken avhengig av forandringene på lavere trinn, men reguleringene kan også ha en direkte virkning på fisken. Det endelige resultat fremkommer etter et samspill mellom mange faktorer: Næringsfaunens sammensetning, fiskeartenes forekomst, klima, topografi og geologi, hydrologiske forhold og manøvreringsreglement. Kombinasjonsmu-

lighetene er mange, og neppe to reguleringer faller helt likt ut når det gjelder virkningene på fisket. Men enkelte hovedtrekk i utviklingen lar seg skille ut.

Demningseffekten

I tidligere kapitler er virkningene på fiskens næringsfauna beskrevet

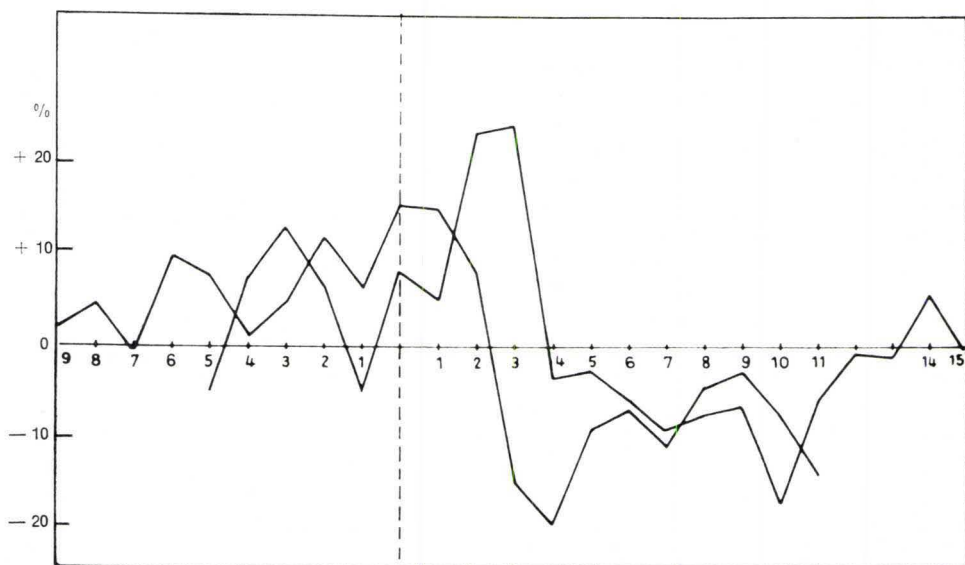


Fig. 10. Årlig variasjon i tilvekst hos aure før og etter regulering. Tallene på den horisontale akse angir år. Vertikal, stiplet strek angir reguleringens begynnelse. Merk den positive korttidseffekt etterfulgt av negativ langtidseffekt. (Etter Runnstrøm.)

mer inngående. Den gunstige korttidseffekt som alltid følger en oppdemning skyldes til en viss grad at dyr som har levet i jordlagene på det oversvømmede området blir tilgjengelig for fisken. Men større betydning får oppblomstringen av halvplanktoniske småkreps, som drar fordel av den økte næringstilførsel. Når denne er omsatt faller grunnlaget for en større fiskeproduksjon bort, og bestandene reduseres både kvantitativt og kvalitativt. Korttidseffekten viser seg som en økning i fiskens veksthastighet og bedring av kvaliteten, og forandringene inntrer meget hurtig. Før oppdemningen av Pålbufjord, som satte 7,2 km² under vann, var aurens gjennomsnittelige fangststørrelse ca. ¼ kg. Året etter hevingen var den steget til ca. ½ kg, etter to år ca. 1 kg. Røyebestanden gjennomgikk en tilsvarende utvikling. Varigheten av den positive korttidseffekt varierer alt etter det neddemte areals størrelse og bonitet. Den kan opphøre etter et par år, men holder seg oftest i 3—5 år. I magasin som dannes ved å demme sammen vatn, hvorav ett eller flere er lite regulert, kan fisket holde seg lenger, som f.eks. i Aursjø (Lesja) og Holsmagasinenene. Hvor erosjonen ikke stopper, men fører til hyppige utrasinger over høyeste regulerte vannstand holder også effekten seg lengre. I begge tilfelle kan det gå 8—10 år før en reduksjon er merkbar. Reguleringene kan også gi en gunstig korttidseffekt i vatn som bare indirekte berøres av disse. Etter oppdemningen

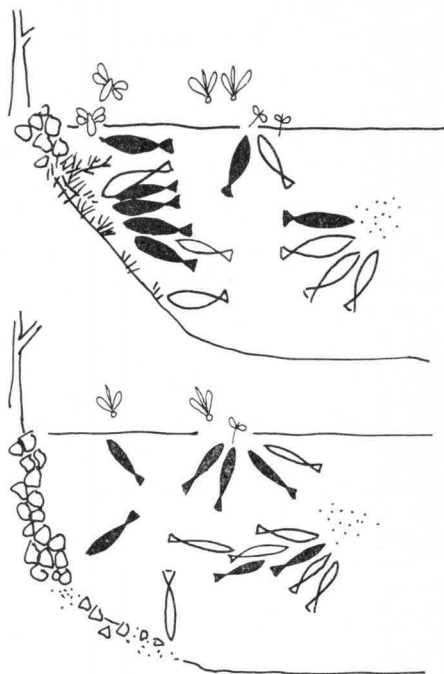


Fig. 11. Forenklet framstilling av produksjonsforhold og næringsopptak før og etter en regulering. Fisken forlater den utarmede strandsonen og lever for en vesentlig del av landinsekter og plankton. Svart: Aure. Hvitt: Røye. (Etter Grimås.)

av Pålbufjord, fikk også auren og røya i Tunhovdfjord, som ligger nedenfor, en markert bedre vekst.

Det store næringsutbud over den neddemte mark fører til at fisken konsentrerer seg over denne. Det rike fisket som oppstår på disse områdene, betyr ikke at bestandene plutselig har øket. Så hurtig kan de ikke reagere på forandringene. Aurens reproduksjonsmuligheter blir også ofte dårligere etter reguleringer. I noen

vatn kan en kvalitativ bedring i aurebestanden påvises, mens det kvantitative utbytte av fisket reduseres. Bestandene er da svært små, og spredningen stor. Lægereidvatn og Rødungen, som inngår i Ustereguleringen, kan tas som eksempler. For arter som røye og sik, hvor ungdomsstadiene lever på stille vann kan disse med en gang utnytte den økte næringsmengden. Konkurransen mellom ungene svekkes, og reguleringens øyeblikkelige virkning blir en økning av årsklassenes størrelse.

Også senkninger kan gi en positiv effekt ved at næringssalter som er blitt bundet til bunnsedimentene igjen bringes inn i kretsløpet p.g.a. erosjonen. Virkningen er imidlertid kortvarig og oftest så liten at den blir oversett.

Kvantitative og kvalitative forandringer.

Korttidseffekten etter neddemning av land, kamouflerer i noen år den produksjonsreduserende prosess, som begynner straks en regulering tas i bruk. Denne langtidsvirkning skyldes en nedgang i bunndyrmengden, spesielt av de arter som har størst betydning som fiskeføde. En lav næringsproduksjon er karakteristisk for de regulerte vatn og dette skyldes vesentlig bortfall av de større bunndyr, mens de hel- og halvsvevende småkreps påvirkes mindre som nevnt foran. Resultatet blir en nedgang i fiskeproduksjonen og en forrykning av artsbalansen hvis flere

arter forekommer. Det er vanskelig å gjennomføre forsøk som klart viser de kvantitative virkninger av de forandrede næringsforhold på fiskebestanden. De må for det første være langvarige, og det er vanskelig å skille ut virkningen av andre faktorer som også influeres av reguleringene, f.eks. rekrutteringen og utøvelsen av fisket. Men all erfaring viser at auren, som er en typisk bunndyrspiser, rammes sterkt av reguleringer. I Tunhovd- og Pålbufjordene, med henholdsvis 18 og 24,5 m reguleringshøyde synes aurebestanden å ha blitt redusert til ca. 1/10 av det opprinnelige. Her bør det kunne sees bort fra virkningen på reproduksjonen, da et større antall fisk settes ut i vatna. Limingens aurebestand gikk tilbake med $\frac{2}{3}$ etter en effektiv senkning på 7 m. I Tunnsjø er auren omtrent forsvunnet etter en samlet regulering på 5 m. Disse vatns gytevassdrag er ikke berørt. Grunnen til at disse forholdsvis små reguleringer har gitt så store utslag, er at grunnområdene som her bestod av en smal strandhulle ble sterkt berørt av reguleringene.

Nedgangen i et vatns aurebestand får virkninger også for fiskemengden i rennende vann. Fra vatna foregår det dels en passiv utvandring, gjerne i flomsituasjoner, dels aktive nærings- og gytevandring. Den kvalitetsmessig beste fisken i en elv, har ofte vandret inn fra et vatn. Det er karakteristisk for mange mindre elver at aurebestanden er småfallen, og innslaget

av innvandrende fisk er ubetydelig. Omvendt vil en nedgang i vassdragenes produksjonsevne få virkninger for rekrutteringen til et vatns aurebestand, fordi oppvekstplassene ligger i rennende vann. Hvis vassføringen i vassdragene reduseres, kan aurebestanden også i uregulerte vatn gå tilbake. Næringsproduksjonen i rennende vann blir særlig sterkt påvirket hvor avrenningen forandres ved overføringer. Men en utjevning av vassføringen med en økning om vinteren og nedgang om sommeren, vil også ha virkning. For fisken er det sommerens næringsproduksjon som er av betydning. Elveleiets bredde, og følgelig også det næringsproduserende areal, reduseres forholdsvis mindre enn vassføringen, men fisken trenger også en viss dybde og skjul for å trives. En tilbakegang i næringsproduksjonen i rennende vann får særlig betydning når områder som produserer laks-, sjøaure-, sjørøye- eller storaureunger berøres. Sammenhengen mellom ungeproduksjon og reguleringsinngrep er i mange av disse tilfelle vanskelig å kontrollere. Som regel må man nøye seg med en fangststatistikk eller telling av den tilbakevendende, voksne fisk, som det f. eks. gjøres i fisketrappen ved Hunderfossen.

I den sørøstlige del av landet forekommer krepsen i en del låglandsvatn og vassdrag. Den har som oftest større økonomisk verdi enn de fiskearter som den lever sammen med. Krepsen er sterkt bundet til helt grunt vann, og den reduserte

næringsproduksjon i strandsonen og tørrleggingen om vinteren kan desimere bestandene sterkt eller utrydde dem. Men i traktene rundt Oslo finnes også en rekke lavt regulerede skogsvatn med en god krepsebestand.

Dess mindre avhengig en fiskeart er av bunndyrnæring, dess mindre merkbar blir reguleringsens virkninger forutsatt at det finnes tilstrekkelige gytemuligheter. Under vanlige forhold lever den voksne røya av bunndyr, oppblandet med noe planktonsmåkreps. Nedgangen i bunndyrproduksjonen etter vassdragsreguleringer kan tvinge bestanden fullstendig over til planktondiett. I mange tilfelle kan en tallrik røyebestand opprettholdes, f.eks. i Tunhovd- og Pålbufjordene, Møsvatn og Namsvatn, de siste regulerte henholdsvis 18,5 og 14m. I Tunhovdfjord er den årlige gjennomsnittsfangst i den siste ti-årsperiode ca. 75 000 røye, og avkastningen pr. hektar ca. 2,5 kg. Merkinger har vist at utbyttet kan økes til det dobbelte uten fare for bestanden. Men det foreligger også eksempler på at reguleringer kan ha en sterkt reduserende effekt på røyebestanden. Etter 16 års regulering av Limingen er individtallet i fangststørrelse redusert med ca. 70%. Tilbakegangen i Tunnsjø er av samme størrelsesorden. Normalt lever både aure og større røye av bunndyr. Når mengden av disse reduseres, går røya som nevnt omtrent helt over til å spise plankton. Auren tar derimot fortsatt bunndyr i den ut-

strekning det er mulig. Hvis begge arter forekommer i samme vatn, vil konkurransen mellom dem svekkes og de blander seg heller ikke i samme grad som tidligere.

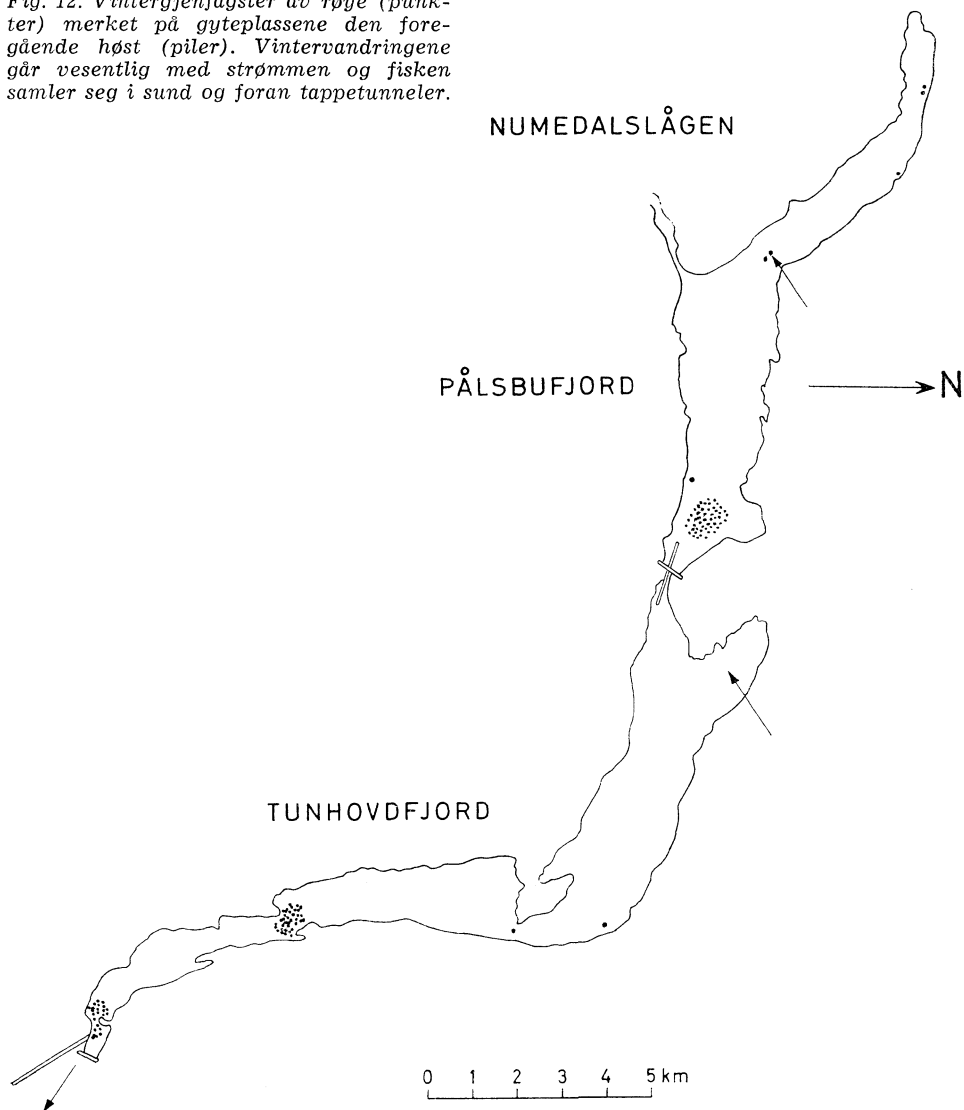
Siken er noe mer tilbøyelig enn røya til å spise plankton, og teoretisk burde den derfor greie reguleringer bedre. Bestandene i våre største sikvatn synes også å være lite påvirket. De store sikfiskeriene i Mjøsa, Randsfjord og Storsjø (Rendalen) og i tilløpene har holdt seg godt, til tross for reguleringshøyder på 3,61, 3,20 og 3,64 m. Dette gjelder også mange småvatn. De fleste av våre regulerte sikvatn er låglandsvatn med små reguleringshøyder, men også under vanskeligere forhold synes siken å greie seg bra, tallmessig sett. Rene planktonpisere vil merke minst til reguleringene. Lagesilda er en av disse, og i Mjøsa danner den grunnlaget for vårt største rene innlandsfiske. Det foreligger mange nedtegnelser om dette, og etter disse å dømme fiskes det mer lagesild enn noensinde tidligere. Dette til tross for at hevningen av Mjøsa har demmet ned en stor del av de opprinnelige gyteplassene, og neppe kan sies å ha favorisert rekrutteringen. Imidlertid har den økende forurensning av Mjøsa ført til øket planktonproduksjon og bedre næringsbetingelser for lagesilda og dette har mer enn oppveiet reguleringenes virkninger.

Den lille, planktonspisende laksefisk, krøkla, utgjør også etter reguleringen næringsgrunnlaget for de storvokste aurestammer i bl. a.

Mjøsa, Randsfjord, Tyrifjord, Hedalsvatn m. fl., og intet tyder på at reguleringene truer dens eksistens. I vatn hvor auren vesentlig lever av annen fisk, får en nedgang i bunndyrproduksjonen mindre betydning for bestanden. Forutsetningen er imidlertid at ungfisken har tilstrekkelig oppvekstmuligheter, og en slik situasjon setter økte krav til næringsproduksjonen i rennende vann hvor ungene holder til. Hvis disse ikke kan møtes på naturlig måte, kan man gå til utsetting av unger som er så store at de hurtig begynner å spise fisk. Tiltak til fremme av fisket behandles i neste kapittel.

Overgangen til planktonføde fører til en kvalitativ forringelse av fiskebestandene. Energiforbruket øker ved opptak av finpartiklet føde, tilveksthastigheten reduseres og fisken blir småfallen. Røyas vekst stagnerer oftest ved kjønnsmodningens inntreden, og gytebestanden i regulerte vatn består ofte av jevnstor fisk, som tilsynelatende er av samme alder. I virkeligheten er den sammensatt av mange årsklasser. Stagnasjonen inntreffer ofte ved ca. 25 cm lengde, og i f. eks. Tunhovdfjord blir ikke 1 av 10 000 gytefisk over 30 cm. I Limingen og Tunnsjø ble røyas gjennomsnittlige fangstvekt redusert med 40—50 %. Røye og sik er for øvrig ikke én, men en rekke arter, karakterisert bl. a. ved ulikt næringsopptak og vekstevne. Reguleringene favoriserer gjerne de småvokste, planktonspisende arter, som øker sin forholdsmessige andel av den totale

Fig. 12. Vintergjenfagster av røye (punkter) merket på gyteplassene den foregående høst (piler). Vintervandringene går vesentlig med strømmen og fisken samler seg i sund og foran tappetunneler.



bestand. I 1953, året før reguleringen av Limingen, utgjorde dvergryoe 1,2 % av fangsten under høstfisket. I 1967 var dens andel 13,3 %. Denne økning av de planktonspisende arter, virker i sin tur inn på sammensetningen av planktonsamfunnet. Fisken foretrekker de større arter, og etter noen år kan man derfor som en indirekte følge av reguleringen finne at disse er sterkt nedbeitet, og at de minste arter dominerer.

Vandring og spredning

Omleggingen av magasinenes næringsproduksjon får følger for de vandringer som er knyttet til næringsopptaket. Med planktonets økende betydning skjer det en forflytning av fiskebestanden fra grunnområdene ut mot dypere vann. Spredningen blir større, og også rent teknisk blir det vanskeligere å beskatte fisken. Den synkende fangsteffektivitet kan føre til en bestandsøkning, som ytterligere bidrar til at individstørrelsen synker. I en del vatn kan imidlertid reguleringene lette fisket ved å utløse vandringer og forflytninger som konsentrerer fisken. De store røyksamlinger om vinteren har ofte så nøye sammenheng med tappehastighet og vannstand, at det er mulig å forutsi fiskets forløp. Det meste av den røye som fiskes om vinteren i bl. a. Breivatn i Hjartdal, Møsvatn, Pålсбу- og Tunhovdfjordene tas på noen få plasser hvor strømhastigheten er stor, i sund og nær utløpene. I sommerhalvåret kan ut-

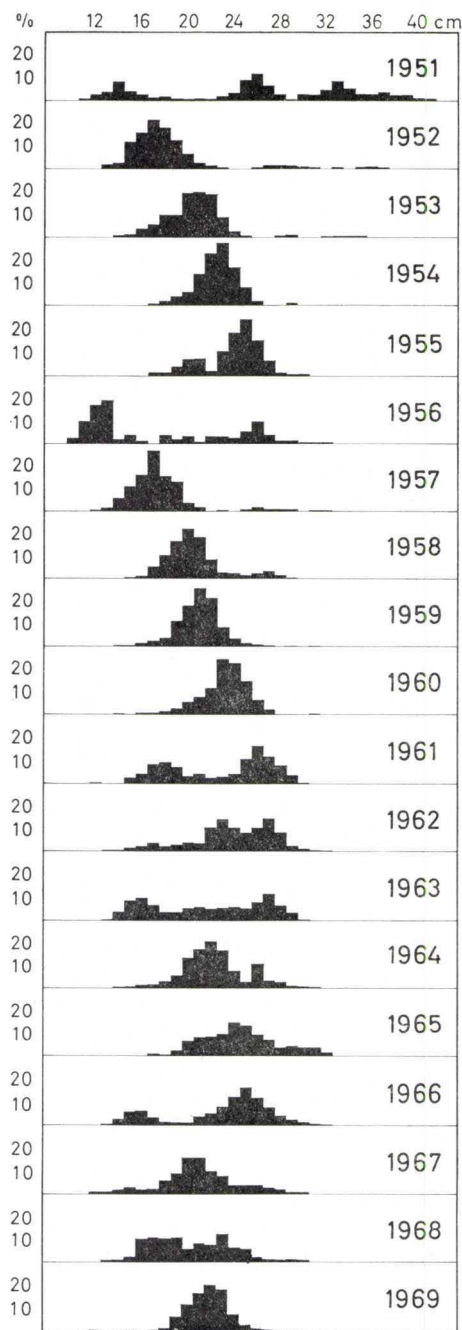
tappinger føre til stor passiv transport av røye. Da fisken stopper så hurtig den kan etter passeringen gjennom damluker eller tappetunneler, konsentreres den på et lite område, hvor den danner grunnlag for et rikt fiske. Fenomenet ble først iaktatt etter reguleringen av Aursunden i 1924. Avhengig av manøvreringen omfatter den årlige utvandring fra Pålсбуfjord mellom $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{3}$ av den voksne bestand, og gir grunnlag for en gjennomsnittlig årsfangst under Pålsbudammen på 9 000 — 10 000 røye. Bestandsreduksjonen fører til at avkastningen i Pålсбуfjord ligger lavere enn i Tunhovdfjord, som mottar fisken, men at fisken som fanges er større. En av forutsetningene for en omfattende transport synes å være at tappestedet ligger så dypt at fisken ikke kan kontrollere sin posisjon ved hjelp av fastmerker på bunnen. Hvor dette ikke er tilfelle, som f. eks. ved den første Limingenreguleringen, er utvandringen liten. Her var det ved hjelp av en sperring i utløpstunnelen mulig å kontrollere utvandringen av aure, og normalt omfattes bare en liten del av bestanden. Men i enkelte tilfelle kan også auretransporten bli betydelig. Fra Fleinsendin i Ø. Slidre forsvant størstedelen av bestanden i det første reguleringsår. Sannsynligvis var dette en passiv utsuging, i likhet med hva som ofte skjedde under de gamle fløtningsslipp.

I en viss periode av livet pendler mange aurer mellom vatn og elv på en aktiv næringsvandring. Ved reguleringer kan tilbakegangen hindres

av dammer, og det skjer en bestandsøkning nedenfor disse, mens vatna ovenfor utarmes. Forholdene ved Tinnsjøset er et godt eksempel på dette. Laks-, sjøaure og sjørøye-unger kan under sin næringsvandring til havet møte forskjellige hindringer. Et mindretall slår seg til ro i elvemagasinen, men de fleste fortsetter. Går det vann over dammene, slipper flesteparten seg over med flommene, men forholdene kan være slik at hovedvandringen må skje gjennom turbinene i kraftverkene. I disse er et ungetap uunngåelig, men størrelsen av dette er dårlig kjent. Det har nær sammenheng med turbinenes størrelse og hastighet, og den tekniske utvikling på dette området har vært gunstig for fisken. At det er mulig for fisk, og da ikke bare unger, å klare et større utbygd fall er røyas vandring fra Limingen til Kvarnbergvatnet og Tunnsjø, fra Tunhovdfjord til Rødberg og fra Ustevatn til Strandafjord gode bevis på. Fallet i Uste kraftverk er 528—546 m. Nå er sannsynligvis innlandsrøya en av de arter som tåler mest, den har små fastsittende skjell og intet spesielt ømfintlig vandringsstadium som ungene til de havsvandrende laksefisk.

Mange steder har reguleringer brutt ned vandringsbarrierer, og bidratt til spredning av fiskearter. Overføringen av Femunden til Nord-Østerdal i 1716 førte til at denne del av landet ble innvadert av gjedde, sik og åbor. I de senere år har de tallrike overføringer ført til at enkelte arter har utvidet sitt område

betraktelig. Med Aursjømagasinets (Lesja) overføring til Litledalen kom harren inn i denne. Ved Holsreguleringen gikk røye opp fra Varaldsetvatn til V. Rødungen. Uste-utbyggingen har foreløpig ført røye og sik over til Rødungen på sørsiden av dalen. Med Hjartdøla-reguleringen fulgte røya til Tuddal og med Nordmarksreguleringene ble den spredt i skogstraktene nord for Oslo. Eksemplene kan forfleres, og gitte konsesjoner vil i kommende år gi flere arter økte spredningsmuligheter. Oftest er det rene aurevatn som invaderes, og som regel er de nye arter mer konkurransedyktige under regulerte forhold enn auren. Den totale fiskebestand blir derfor større, men utviklingen er allikevel uønsket. Aurens økonomiske verdi, både som mat- og sportsfisk, er så meget større enn andre arters, at enhver reduksjon av dens muligheter er betenkelig. I tillegg kommer den risiko at de nye arter kan fortsette sin spredning i vassdragene, og utviklingen kan ta en retning som ikke var forutsett. Under næringssøket blir fisken spredt over større områder, men under gytingen blir den eldre fisk igjen konsentrert. Fisk har et sterkt hjemstedsinstinkt, og en vellykket reproduksjon hos ferskvannsfisk er ofte betinget av at den har adgang til det sted hvor den ble født. Klare vandringshindringer i regulerte vassdrag er dammer og tørrlegginger. Hittil er de lakseførende deler av våre vassdrag stort sett blitt spart for en hårdhendt utbygging, men reduserte eller utjevnete vassførin-



ger kan også representere vandringshindringer. Laks, sjørøye og aure foretrekker å gå opp på mindre flommer. En venting i munningsområdet fører oftest til hårdere beskatning, i dårlige vannår kan fisken ikke komme opp. En forsinkende og hemmende faktor er også den temperaturnedsettelse som alltid følger med en utbygging, fordi fiskens ytelsesevne blir nedsatt. De økonomisk viktige fiskearter forsøker man å hjelpe forbi vandringshindringer, f. eks. med trapper. Selv de beste av disse vil virke forsinkende på oppgangen, mindre vellykkede vil kunne redusere eller stanse passeringen. Så lenge det ikke blir født færre unger enn vassdraget kan underholde, er det ingen korrelasjon mellom antall gytefisk og ungeproduksjon. Men blir mengden av gytefisk så liten at vassdragets produksjonsmuligheter ikke utnyttes, vil en reduksjon av gytebestanden slå ut i ungetallet. En temperaturnedsettelse kan også virke inn på produksjonen ved å nedsette veksthastigheten. Da ungene vandrer ut i havet eller vatna ved en bestemt størrelse, uansett alder, vil man måtte underholde flere årsklasser, dvs. mer fisk på elvene, og produksjonen av utvandringsferdige unger vil synke. Reduserte vassføringer virker ikke bare på vandringene, men

Fig. 13. Lengdefordeling av vinterfanget røye i Pålbufjord. Rike årsklasser oppsto i 1949, 1954, 1959, 1961 og 1964, og fisken kom inn i fangst to år senere. I 1951 fantes fortsatt en del storvokst røye som et resultat av demningseffekten etter hevingen i 1946—47.

også på gyte- og oppvekstmulighetene. Direkte ved å innskrenke arealet, indirekte ved den nedsatte næringsproduksjon. Det hevdes at en utjevnet vassføring vil bedre rekrutteringen, fordi rognen blir sikret mot å tørregges. Dette har det aldri vært mulig å påvise, og tørrelegging av gyteplasser må forekomme ytterst sjelden under naturlige forhold. Derimot kan tørrelegging finne sted når et kraftverk må stoppe brått. I et slikt tilfelle vil arter som bare bruker elva som gyteplass, f. eks. sik og lagesild, slippe med en redusert årsklasse. For fiskearter som også har elva som oppvekstplass, vil flere årsklasser rammes. I mange vassdrag blir gyteplasser demmet ned ved heving av vannstanden, eller gyteplasser ute i vatna kan bli ødelagt av erosjon. Dette går spesielt ut over auren, og det finnes en mengde eksempler på at bestandsstørrelsen er gått tilbake som et resultat av svikt i gytingen. Hvor reproduksjonsmulighetene reduseres forholdsvis sterkere enn næringsproduksjonen er det berettiget med utsetting av fisk for å bringe bestanden opp i passende størrelse.

Forandring i artsbalansen

Røya gyter i innsjøer på godt avgrensede områder med steinbunn. Etter reguleringer blir disse ofte tilslammet av utskylte løsmasser, samtidig som erosjonen omdanner store deler av reguleringssonen til egnete gyteplasser. Etter hvert kan

røya ta disse i bruk og øke sitt gyteareal sterkt. Normalt klekker røya så tidlig at rogn tapet ved tørreleggingen blir forholdsvis lite og bestanden kan øke, som f. eks. i Tunhovdfjord og Namsvatn. Men dette er ikke alltid tilfelle. I Pålbufjord, hvor arealet avtar fra 19 til 5 km² under vintertappingen, er rogn tapet normalt høyt. Men etter vintre da magasinet blir lite utnyttet, oppstår tallrike årsklasser.

I Tunnsjø har erosjon og tørrelegging av de mange grunne gyteplassene ført til at en rekke lokale gytebestander er forsvunnet, enten de nå er utdødd eller har fortrukket. Dypvannsrøya har i de senere år øket sin andel av totalbestanden. Gytingen foregår nå på plasser som ikke er blitt funnet, og beskatningen er sunket forholdsvis sterkere enn bestandens størrelse. I Limingen lå røyas viktigste gyteplass under en foss i den største tilløpselva. Vannet går nå gjennom et kraftverk, og denne bestanden er blitt sterkt redusert.

Reguleringenes virkninger på rekrutteringen av en fiskebestand er et samspill mellom gytemuligheter, næringstilgang og artskonkurranse, og i mange tilfelle er det vanskelig å skille skarpt mellom de enkelte faktors betydning. Når f. eks. harren er auren overlegen i reguleringsmagasin, kan det skyldes at den gyter på stigende vassføringer eller vannstander, men også at den kan nyttiggjøre seg den tilgjengelige næring bedre, fremfor alt linsekreps og landinsekter. Den store økning av åbor etter reguleringer, særlig oppdemmin-

ger, er imidlertid først og fremst et resultat av bedre forplantningsmuligheter. Åboren er forholdsvis uavhengig av et bestemt gytedyp, men trenger kvist og røtter til å feste rognen på. Dette er det gjerne nok av i magasinene, og følgen blir at balansen mellom artene forskyves sterkt til åborens fordel. Det beste eksempel på en slik ekspansjon finner man i Tisleifjord i Åbjøravassdraget etter en oppdemning på 10 m. Gjeddass forplantning er derimot knyttet til levende vegetasjon i strandbeltet, og kan derfor forsinkes eller reduseres av reguleringer. I vatn hvor gjedda ikke har noen berettigelse er dette ingen ulempe, men mange steder trengs gjedda både som et nødvendig foredlingsledd og til å holde bestanden av andre arter på et rimelig nivå.

I elvemagasin, dvs. de store innsjøliknende partiene ovenfor elvekraftverk, kan derimot gjeddebestanden øke eksplosjonsartet. Det gjelder for så vidt ikke bare den, men alle arter som begunstiges av at strømhastigheten nedsettes. Alt etter arts sammensetningen i vassdraget ovenfor, kan karpefisk som mort og gullbust, sik, åbor, lake og gjedde rykke inn på strekninger som før var typiske laks-, aure- eller harrområder, og fortrenge disse arter. Et godt eksempel på dette er gullbustens økning i Hunderfossdammen. Ved en trappevis utbygging av et vassdrag, kan aure og harr bli konsentrert til korte strekninger nedenfor dammene, hvor vannet fremdeles har fart.

Tilslamminger

Det er også andre forhold ved en regulering enn de rent hydrologiske, som påvirker fiskebestandene. En kanalisering gjør det vanskelig for fisken å forsere den berørte elvestrekning, som f. eks. Begna nedenfor Vangsmjøsa. De hvile- og skjulesteder som er en forutsetning for fiskens trivsel, fjernes ved en kanalisering, samtidig som næringsproduksjonen blir sterkt ensidig. Fisken forsvinner for en stor del, og dette kan gå ut over både elv og vatn. Det er ofte utløpsoset og den nærmeste strekning som rettes ut, som f. eks. i Djupa på Hardangervidda og Hjartdøla, og den er i de fleste tilfelle gyte- og oppvekstplass for auren i vatna. Når det arbeides i elveleiet vil de nedenforliggende deler av vassdraget bli tilslammet, og betydningen av dette har hittil vært undervurdert. Virkningen er tosidig. Dels reduseres næringsproduksjonen, dels unngår mange fiskearter grumset vann. I enkelte tilfelle kan tilslammingen være så sterk eller partiklene så skarpe at fisken dør ved kontakt med disse. I Ølmøs i Uvdal ble tunnelmasser tatt av elven i flom, og steinen dekket bunnen og bredene kilometervis nedover vassdraget. På strekningen ned til sammenløpet med hovedvassdraget forsvant auren omtrent fullstendig. Ras og setninger kan også forekomme i vatn hvor reguleringene ødelegger stabiliteten i grunnen, som i Vinjevatn og Selbusjøen. I den siste førte den resulterende tilslamming til en

tilbakegang i aure- og røyefangstene med ca. 70 %. Utspyling av store morenemasser i Vatsfjord i Ål slo kraftig ut i fisket. Ennå sterkere ble virkningene etter Uste-reguleringen som satte store mengder sedimentert breslam i bevegelse igjen. Ved flom ble dette ført nedover Hallingdal, og i den verste slambølgen steg turbiditeten, målt som mg SiO₂, til hundre ganger det tidligere normale for elva. I Ustedalsfjord ble aure- og røyebestanden på få år redusert med henholdsvis ca. 60 og 95 %. I Stranda-fjord lenger ned i vassdraget ble utbyttet av aurefisket redusert til 1/8 av det tidligere. Dels dekker massene det rike organiske bunnslam,

men viktigere er antakelig at laksefiskene har liten toleranse overfor uklart vann. Røya er den art som reagerer sterkest, og balansen mellom artene forrykkes. Erfaringene har vist at det går lang tid før fiskebestanden tar seg opp igjen.

En permanent reduksjon av et vassdrags vassføring vil øke forurensningsgraden og mulighetene for forgiftning. Dette vil berøre laksefiskene sterkest. Disse og øvrige forandringer av miljøforholdene som en regulering medfører, vil sterkest ramme nettopp de arter som gjør vårt ferskvannsfiske verdifullt og ettertraktet.

Forsøk på bedring av regulerte innsjøers fiskeproduksjon

av Magnus Fürst

Fil. lic., Søtvattenslaboratoriet, Drottningholm, Sverige

Mange forsøk er blitt gjort i de siste 20—30 år på å restaurere fisket i regulerte innsjøer. Men egentlig forskning, for å undersøke resultatene av forskjellige botemidler eller finne nye åtgjerder, kom først seint i gang. Ikke før i 1960-årene hadde man fått en grunnleggende biologisk kunnskap og erfaring å bygge på.

Miljøvernende tiltak

Arbeidet har vært av to slag: Miljøvern og vern om fiskebestanden. Til det første hører arbeider i vassdraget, bl. a. bygging av fisketrapper for aure og laks. Helt vitenskapelig har ikke målsettingen alltid vært, men ofte diktert av grunneierne. Deres krav har vært at fisken skulle ha samme mulighet som før til å komme opp i deres vatn. I noen tilfelle har man likevel kunnet åpne adgang til viktige gyteplasser og oppvekstområder for storaure.

På visse steder i regulerte innsjøer er det både i Norge og Sverige bygget såkalte grunndammer. Dette blir gjort for å bevare næringsfaunaen ved å holde vannstanden kon-

stant. I noen tilfelle synes resultatet å svare til forventningene. Innsjøen Limingen i Norge f. eks. viser et godt resultat. Der er det en verdifull aurebestand i den relativt store grunn-dammen. I et par slike dammer i Sverige er imidlertid resultatet blitt motsatt av ha man ønsket, idet lake og gjedde formerer seg der.

Automatisk føring på samme måte som brukes i fiskeoppdrett er også forsøkt i en regulert innsjø. Hensikten var å få veksthemmet røye til å vokse seg stor, så den kunne ernære seg av småfisk, og dermed bedre fiskeproduksjonen. En del av formålet var også å finne ut om det i nærheten av føringautomatene ville bli gode fiskeplasser.

Dette forsøk har vart i bare to år, som er for kort tid til å trekke konklusjoner. Men det har vist seg at en del av fisken tar til seg av tørrføret og vokser mye hurtigere enn middels. Og disse fisker ble alltid fanget i den del av innsjøen hvor automaten var plassert. Men noen økt konsentrasjon av fisk kunne ikke konstateres i den samme del av vatnet. Forsøket gav heller ikke muligheter for analyse av de økonomiske forutsetninger for systematisk føring av fisken på denne måten.

Nye næringsdyr

I godt og vel ti år har det vært drevet en omfattende forsøksvirksomhet for å prøve å erstatte med nye næringsdyr den bunnfauna som er blitt skadet ved reguleringen. Man har prøvd å finne fram til arter som ikke påvirkes negativt. Håpet er med tiden å få tilbake en god bestand av aure eller røye, henholdsvis sik.

Det skulle være forutsetninger for å kunne etablere en ny næringsfauna. Primærproduksjonen av alger foregår som før, dessuten fins det en stor reserve i form av organisk sediment i dypområdene. Men innsjøens næringskjeder går mer eller mindre utenfor fiskens rekkevidde.

På leit etter nye næringsdyr, oppdager man snart at størstedelen av Skandinavia ikke er «tatt i bruk» av dyrearter eller raser som egentlig skulle ha forutsetninger for å leve der. Årsaken er spredningsvanskeligheter.

Blant dyrearter med begrenset utbredelse er de såkalte istidsrelikter. Til dem hører en gruppe krepsdyr som har stor betydning som næring for de fleste fiskearter. De kom til Skandinavia etter istiden da Østersjøen gikk langt innover de tilstøtende landområder og var sterkt oppspedd med ferskvann. Svea elv som en tid var Østersjøens avløp, strømmet tvers over Sverige gjennom Väneren. Med denne strømmen førtes krepsdyrene langs kysten mot det oversvømte Østlandet helt opp til Mjøsa.

Det er særlig tre arter av krepsdyr som har interesse som overførings-

dyr til regulerte innsjøer. I noen av innsjøene i Sverige forekommer de sammen med røye og sik og er da viktige næringsdyr. En av disse er *Mysis relicta*. (Fig. 14). Om dagen svømmer dette dyret langs bunnen, helst dypere enn 15—20 meter. I skumringen søker den opp i grunnere vann og sprer seg. Når det atter lysner av dag befinner mange dyr seg inne på grunnene der de blir føde for fisken.

Denne istidsrelikten lever av organisk sediment inklusive bakterier som holder til på dypet, av levende og døde alger, dyreplankton m.m. som er å finne nærmere overflaten. Normalt utnytter fisk denne slags næring bare i meget begrenset omfang. Gjennom sin døgnvandring bringer *Mysis* den opp til et nivå hvor den blir tilgjengelig for fisk.

Sammenliknet med organismer av liknende størrelse er *Mysis* usedvanlig rik på kalorier. Fisk som nærer seg av dette krepsdyret skulle derfor få større tilvekst enn den som lever av f. eks. små planktondyr, da disse taper mye av sin energi ved stadig å svømme omkring. Dessuten er det en større konsentrasjon av karotinoider i *Mysis* enn i andre krepsdyr. Det er karotinoidene som gir aure og røye den røde fargen i kjøttet (muskulaturen) og i rognen. Lever røye av snegler og muslinger får den en bleik kjøttfarge, men så snart dietten blandes med krepsdyret grunnåte (*Gammarus lacustris*) blir fargen rødere. Grunnåta er en av de aller viktigste næringsdyr for fisk. Men selv ved en moderat regulering for-

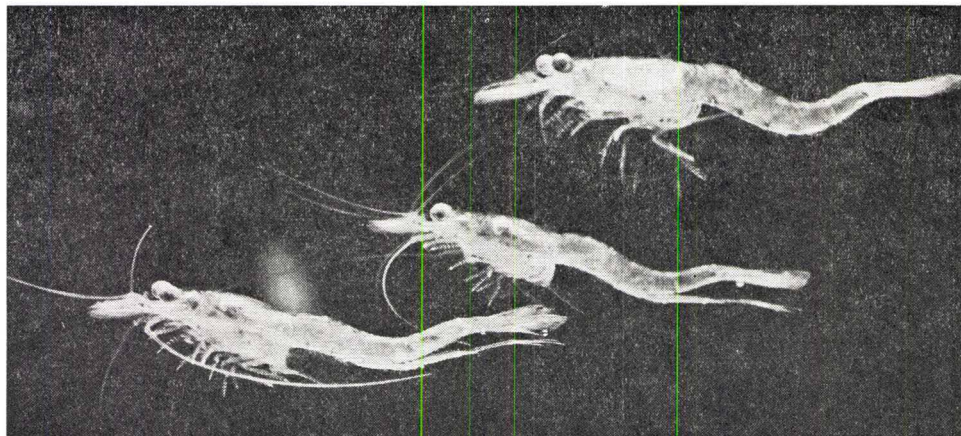


Fig. 14. *Mysis relicta*. Kan bli ca. 2 cm lang. (Foto M. Fürst.)

svinner den helt, da den lever grunt og er avhengig av urørte bunnområder. (Se s. 19.) At røye og aure i regulerte innsjøer blir lysere i kjøttet skyldes sannsynligvis dette.

Flere forsøk er blitt gjort med å sette ut *Mysis* i regulerte innsjøer og i noen mindre ikke regulerte vatn. Metoden som brukes ved innsamling og overføring er nå så pålitelig at man nesten sikkert kan gå ut fra at det vil bli etablert en ny bestand.

I Sverige ble den første heldige utsetting av *Mysis* gjort i 1957. Dette var i Indalselva i Torrön. Sannsynligvis var det bare noen hundre dyr som overlevde. Men nå er det likevel tett bestand i elva også nedenfor Torrön, i Juveln, Kallsjön og Liten, og de første eksemplarer er nylig påvist i Storsjön. I 1964 ble *Mysis* satt ut i Blåsjön, og der er det blitt en tett bestand som sprer seg nedover med strømmen. I 1969 ble det

fra Blåsjön overført ca. 70—80 tusen dyr til den nærliggende innsjøen Limingen i Norge. I Sverige er det nå en bestand av *Mysis* i de åtte regulerte innsjøene hvor den er satt ut. Og nylig er det foretatt utsetting i ytterligere ni innsjøer.

Virkningen av dette blir nå studert i flere innsjøer med fiskearter i forskjellige kombinasjoner. Hva sluttresultatet kommer til å bli, kan man ikke svare på før om kanskje ti år. Alt nå kan det imidlertid konstateres visse fakta: Aure, røye, og selv harr og lake nyttiggjør seg *Mysis* en stor del av året. I de fleste perioder dominerer *Mysis* helt i mageprøver fra aure og røye.

Hos disse to fiskearter har kvaliteten helt tydelig forandret seg til det bedre. De har fått mer fett på seg, er blitt rødere i kjøttet og mer appetittlige. Det påstås også at de smaker bedre, men det spørs om ikke

den fine rødfargen innvirker på smaksbedømmelsen...

I visse deler av Sverige er dette med å sette ut *Mysis* blitt så populært at det er vanskelig å bremse på spredningen av dyret. Det er imidlertid viktig at metoden blir prøvd vitenskapelig og uten press.

For å hindre uønsket spredning av krepsdyr, kreves det nå etter loven offentlig bevilgning for å sette dem ut i Sverige. Det er nemlig fare for at yngel av uønskede fiskearter kan følge med transporten, og man bør kjenne til forekomsten av forskjellige fiskeparasitter. Dessuten har istidsreliktenes fra vitenskapelig synspunkt en meget interessant utbredelse som ennå ikke er helt klarlagt. Med andre ord: Det må kreves fiskebiologisk fagkunnskap fra begynnelse til ende ved overføring av nye næringsdyr.

Parallelt med *Mysis* blir det nå gjort forsøk med to andre krepsdyr: *Pallasea quadrispinosa* og *Gammaracanthus lacustris*. (Fig. 15). Disse dyr er temmelig lik grunnåten, men *Gammaracanthus* er betydelig større, kan bli over 35 mm lang. Deres økologi er også forskjellig. *Gammaracanthus* lever på dypet, ofte fritt-svømmende, og den har døgnvandring som *Mysis* i visse vatn. *Pallasea* forekommer langs bunnen fra stranden og ut mot det største dyp. Den kan også påtreffes pelagisk.

Om resultatet av de første overføringer er det ennå for tidlig å si noe. I ett tilfelle er det imidlertid konstatert at *Pallasea* har overlevd og formerer seg etter utsettelsen

(Landsjön i Jämtland).

Gammaracanthus må sies å være et sjeldent og særpreget krepsdyr. I Norden er det blitt funnet i bare ca. femten innsjøer. Man kunne derfor anta at det har vanskelig for å spre seg. Men da dyret er en istidsrelikt skulle det ha hatt relativt store muligheter for å vandre inn i visse områder av Sverige og Finland. Det kan derfor ha dødd ut igjen ved at miljøet er blitt ugunstig. Begrensende faktorer antas først og fremst å være fysikalske eller kjemiske, f. eks. dybdeforhold og temperatur eller ugunstig saltinnhold. Sannsynligvis krever dyr fra istiden kaldt og derfor helst dype vatn. Det er da også under slike forhold man vanligvis finner denne arten. Men den er også til stede i noen små innsjøer med moderat dyp og ikke spesielt lav temperatur. Mindre vatn har det til felles at det ikke er lake der, og denne fiskeart er trolig artens viktigste «fiende». Også andre fiskearter som lever på dypet forekommer bare sparsomt i disse innsjøer.

Prinsipielt kan man si at *Gammaracanthus* er en ideell og lett tilgjengelig næring for fisk på grunn av størrelsen og den langsomme og rolige svømmemåten. Den kan ikke som *Mysis* slå med halen. I vatn med mange fiskearter blir *Gammaracanthus* altfor sterkt beskattet og kan minke kvantitativt til den mister sin betydning som fiskeføde eller blir helt utryddet.

Dette er bakgrunnen for overføring av *Gammaracanthus* til regulerte innsjøer. Der er nemlig fiskebestan-

den sparsom og fattig på arter. I slikt miljø ventes at den skal produsere så tett bestand at det får betydning som fiskenæring. Aure og røye som er de vanligste i slike innsjøer, eter selektivt — holder seg til føde som nettopp har vært eller er vanlig. De går ikke over til ny føde før denne opptrer i større mengder. Det skulle derfor være sjanse for at krepsdyrene ikke blir angrepet av fisk i noen særlig grad før de har formert seg tilstrekkelig.

Et eksempel på at tilhøvet mellom fisk og næringsdyr forholder seg som nevnt ovenfor, viser Blåsjön, en innsjø i Jämtland hvor det er aure og røye, og hvor det i 1964 ble satt ut 1,65 millioner *Mysis*. To år seinere ble noen av disse dyrene fanget i trål. I det derpå følgende år ble et stort antall fisk undersøkt, men bare i noen enkelte ble det funnet *Mysis*. Selv i 1968 da tettheten av de nye næringsdyr var blitt ganske stor, viste bare enkelte fisk tegn på å ha ernært seg av dem. Først i 1969 da bestanden av *Mysis* hadde nådd nesten ventet maksimal tetthet, begynte både aure og røye plutselig å ta til seg av disse krepsdyrene. Det er bare en kort periode i juli, at dyreplankton og landinsekter er å finne i større mengde enn *Mysis*.

Et spørsmål er hvordan det vil gå når fisken nesten utelukkende ernærer seg av de relikte krepsdyrene. Er det ikke fare for at disse vil desimere? Til dette kan svares at dyrenes døgnvandring og spredning i forskjellige dybdeområder gjør det mulig for dem å finne tilflukt på

steder hvor det er lite fisk. Dessuten kan det resonneres slik, at hvis bestanden av *Mysis* beskattes for hardt av fisken, vil denne være nødt til å finne seg annen føde med det resultat at istidsrelikten får en sjanse til å ta seg opp igjen.

For Norge kan det som er sagt ovenfor ha stor betydning for muligheten å holde fisket vedlike i regulerte innsjøer. Norge er så heldig at mindre verdifull fisk bare forekommer i den sørøstlige delen av landet. De øvrige fiskearter er få i antall, og det skulle være mulig å bygge opp næringskjeder som er like gode som de som for tiden gjør seg gjeldende i urørte vatn.

Utsetting av fisk

Det var i midten av forrige århundre man begynte for alvor å gjøre noe for å beskytte og bedre fiskebestanden i elver og innsjøer. Men helt til i seinere tid har dette arbeidet pågått uten at det vitenskapelig og kritisk har vært undersøkt om resultatene svarte til strevet og omkostningene. I Sverige har man nå praktisk talt sluttet med å sette ut yngel av gjedde, sik, aure og røye. Når det gjelder regulerte vatn har man gått over til å sette ut større og større fisk, og av de nevnte artene er det bare aure og røye som kommer på tale for tiden.

Å få tilbake en livskraftig bestand av aure er blitt litt av en hjertesak. Det som blir skadd ved reguleringer er gyteplasser og oppvekstområder,

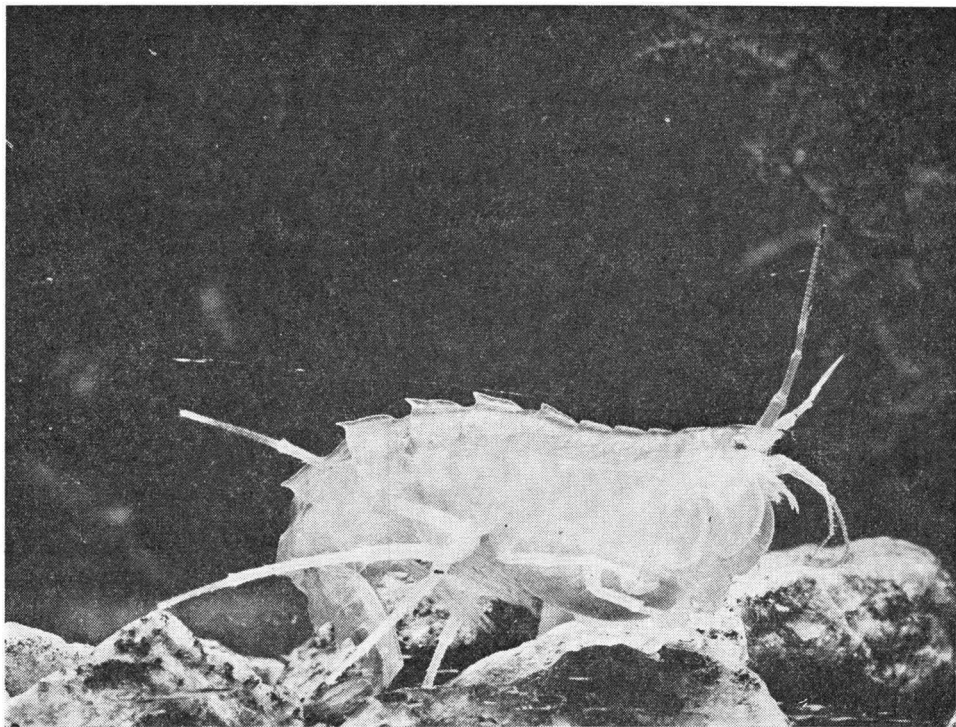


Fig. 15. *Gammaracanthus lacustris*. Kan bli ca. 3,5 cm lang og kjennes på raden av tagger på ryggen. (Foto M. Fürst.)

og ikke minst går det ut over fiske-
næringen i form av bunndyr som le-
ver på grunt vatn i innsjøen. For-
målet må derfor være å drette opp
så stor aure at den har passert både
elvestadiet og bunndyrstadiet før den
settes ut.

I fjelltraktene er auren vanligvis
ca. 35 cm lang når den går over fra
bunndyrstadiet til mer eller mindre
blandet fiskeføde. Oppdrett av så
stor og seint-voksende fisk blir der-
for kostbar. I Sverige er forsøk blitt
gjort med å sette ut merket aure av

mindre størrelse. Men når det gjel-
der regulerte vatn har dette vist seg
å være meget uøkonomisk. Man har
likevel ikke villet gi opp, men for-
søker nå å bedre teknikken ved tran-
sport og utsetting, og ved kraftig
mosjonering i oppdrett-tiden. Dette
har nemlig ført til betydelig større
gjenfangst av laks i Østersjøen.

Det mest interessante resultat av
forsøksvirksomheten både i Norge og
Sverige er at det forekommer mange
lokalt tilpassede typer av aure. Det
fins f.eks. kombinasjoner av arve-

lige, lett registrerbare egenskaper som å vokse seint, vokse hurtig, være stasjonær, eller sterkt preget av vandretrang. Det fins aure som lever i elva hele livet, mens andre holder til der bare en kort tid (1 år). Aure kan ha pelagisk levevis eller være strandbundet. Overgangen til fiske-diett kan være tidlig eller sein. Den kan være planktoneter, ha stor eller liten toleranse for lave vanntemperaturer, kjønnsmodnes ved forskjellig alder, gyte i tilløp eller i avløp, eller i selve innsjøen.

Det gjelder derfor å velge den eller de typer av aure som kan ventes å passe best i regulerte vatn der det opprinnelige miljøet er forandret. Helst skulle man ha en aure som faller billig og er lett å drette opp, dvs. som hurtig tilbakelegger alle etapper fram til det stadiet da den begynner å ernære seg av fisk og er gunstig for utsetting. Da skulle den kunne ernære seg av småvokst røye og sik som er blitt så vanlige. Dels vil man ha en aure som kan forplante seg i de eventuelt tilbakeværende småelver som faller ut i innsjøen, og som etter elvestadiet umiddelbart kan ernære seg av småfisk. Og som variant kunne det være bra å ha en aure som var innsjø-gytende, planktonetende og pelagisk.

I Gullspångelva som har utløp i Vänern fins det kanskje aure og laks som tilnærmelsesvis tilfredsstiller det første ønskemålet. (Laks må anses som en habil erstatning for aure.) Nå gjøres det en stor innsats for å redde disse eksklusive fiskearter fra tilintetgjørelse, og prøve de forskjel-

lige egenskaper bl. a. i regulerte innsjøer. De viser enestående god tilvekst etter utsettingen, og er utpregede rovfisk alt fra begynnelsen av sitt liv i innsjøen.

Den norske hunder-auren som vandrer opp fra Mjøsa, har etter alt å dømme tilsvarende egenskaper. Slike aureslag synes å beholde sin hurtige måte å vokse på også i nordlige fjellvatn.

En annen interessant type storaure er å finne i Tunhovdfjorden i Norge. Den lever av smårøye. Forventningene til denne auren er stor blant fiskebiologer både i Norge og Sverige. Men tilgangen på utsettingsfisk er som vanlig begrenset.

Bestand av utelukkende sjøgytende aure er beskrevet fra Jølstervatn i Norge. Dette er mulig en arvelig egenskap. Hele livet lever Jølster-auren i stillestående vatn og ernærer seg blant annet av plankton. Den er faktisk en biologisk raritet. Dette gjelder også den norske blegen, som er en liten innsjølaks. Den har gitt visse positive resultater etter utsetting i reguleringsmagasin hvor den er planktoneter.

I korthet kan man si at forsøkene med aure og laks antyder at det fins skjulte reserver i form av både ukjente og bare delvis undersøkte typer. Man kan også gå ut fra at innsjøene hvor disse former vil bli prøvet har sine særtrekk og at resultatene vil bli noe forskjellige.

Det tar mange år før utsetting av merkefisk gir brukbare resultater. Og det er dessverre altfor få fiskebiologer til å utføre slike forsøk. I Nor-

ge drives det nå en intens utbygging av vasskraft i ellefte time da andre energikilder alt er konkurransedyktige. Det gjelder derfor hurtigst mulig å sikre seg kunnskaper om forskjellige auretyper med verdifulle egenskaper som det mulig bør tas vare på. Dette med tanke på et framtidig restaureringsarbeid. Da kommer det godt med at norske fiskebiologer har lang erfaring med slike problemer.

Viktig er det også å få kartlagt de forskjellige røyetyper. Tegn tyder på at det både i Norge og Sverige er minst to arter røye, og at det innenfor disse forekommer spesielle typer med forskjellige egenskaper. Ennå vet vi for lite om muligheten av å kunne erstatte eller gjeninnføre «storrøye», dvs. den typen som forsvinner straks etter reguleringen. Forsøk med å sette ut den kjente Vätter-røye tyder på at man også for denne art må anvende stor fisk for å få gode resultater. Det kan muligens gå bra også med fisk av mindre format, om det er *Mysis* nok i den regulerede innsjøen, noe som vil vise seg om få år.

I Sverige har man prøvd med flere nordamerikanske fiskearter i regulerede vatn. Bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) har nesten ikke gitt positive resultater. Det har derimot regnbueaure (*Salmo gairdneri*) som ofte blir tillempet etter den amerikanske metoden «put and take». Regnbueaure på 0,5 kg, oppdrettet i Norge, ble satt ut i Storsjön i Jämtland i en rekke år. Alt samme år som de settes ut blir over halvdelen tatt opp igjen, mens noen få over-

lever vinteren. Tilveksten er forholdsvis ubetydelig. Men tiltaket har vist seg nødvendig som en midlertidig kompensasjon for skade på storauren. Både norske og svenske forsøk med utsetting av regnbueaure har gitt større økonomisk lønnsomhet enn å sette ut vanlig aure i regulerede innsjøer.

Det er blitt stor interesse for canadarøye (*Salvelinus namaycush*) som først ble innført til Sverige i 1958 og som nå (1969) er satt ut i ca. 75 innsjøer. Den kan i korthet karakteriseres som en kaldtvannsfisk som alt fra den er liten lever vesentlig av fisk. I innsjøene gyter den oftest på steingrunner. Usedvanlig gammel kan den bli, ikke sjelden over 20 år og i enkelte tilfelle over 35 år. Tilveksten kan variere sterkt i forskjellige innsjøer. Etter forsøk som er foretatt hittil, synes dette å bero på om det fins tilstrekkelig med småsik i vatnet. Canadarøye går ikke i stim, men jager enkeltvis, og den ferdes over store områder av innsjøen så den er lett å fange i garn. I Nord-Sverige gjøres forsøk i innsjøer med forskjellige sikarter. I søndre delen av landet håper man at canadarøye skal greie å unngå gjedda, fordi den foretrekker kaldt vann og av den grunn holder seg på dypet. Hittil har gjedda der ødelagt de fleste forsøk på å sette ut laksefisk.

Disse forsøk har kanskje ikke like stor interesse sett fra norsk synspunkt. Men man kan godt tenke seg å sette ut stor canadarøye, f. eks. tre-årig, i vatn hvor det er smårøye. Noe slikt forsøk er ennå ikke blitt

gjort i Sverige, men kunne vært ønskelig. De største canadarøyene som ble fanget i Sverige i 1969 veide over 4 kg. Som liten er denne fisken av dårlig kvalitet, men så snart den kommer opp i vekt på over ett kilogram, blir den fin og ettertraktet. I de første år etter utsettingen er den derfor ikke populær, men etter hvert blir den en kraftig fisk som kan sammenliknes med aure og røye på smaken, selv om kjøttet ikke er av samme konsistens. Som sportsfisk er den tung og stridbar og tas ofte på sluk. Ettersom canadarøye går lettere i garn enn annen laksefisk, kan dette medføre for hard beskatning før fisken når full kvalitetsstørrelse. I Amerika har man derfor måttet gå til restriksjoner på fisket iblant. I mange av våre vatn fiskes det heller lite, derfor kunne canadarøye bli verdifull fordi den blir så gammel. Den kan nå en anselig størrelse selv om tilveksten er liten. (Verdensrekord 46,3 kg!) Noe å se fram til for sportsfiskeren som drømmer om kjempesfisk. Også for befolkningen ellers kan det bli lønnsom virksomhet, f. eks. i form av båtutleie m. m., da ryktet om spesielt stor fisk vil spre seg raskt. Prisen på canadarøye har i enkelte tilfelle gått opp i mer enn det dobbelte av det man får for aure.

I Norge som i Sverige fins det sikkert en opinion mot all forandring i naturen. Også biologer kan ha fått en negativ innstilling til flytning av dyrearter til nye lokaliteter. De kan selvfølgelig peke på katastrofale feil som er velkjente og aldri kan rettes opp igjen. Men man skal ikke glemme at det også i noen tilfelle er blitt positive resultater, og framfor alt har biologien i dag et helt annet kunnskaps- og erfaringsgrunnlag enn før.

Det foregår store miljøforandringer i vår tid. Og det er ikke bare teknikk og kjemi som er skyld i dette. Vi er alle med på en eller annen måte, gjødsler, sprer giftstoffer, forsurer atmosfæren og dermed jorden og vannet, forurenser vassdragene, regulerer innsjøene osv. Det må derfor stilles krav til biologene, at de bruker sine kunnskaper og forsøker å erstatte arter som er bukket under, med andre som kan tenkes å være bedre tilpasset. Det bør betraktes som et framskritt hver gang dette lykkes. Nord-Amerika har et betydelig større antall arter enn vi har i Skandinavia. Vi skulle derfor sannsynligvis kunne hente hjem noen som kan finne seg til rette i vårt forandrede miljø, f. eks. i regulerte innsjøer, om våre egne arter ikke klarer påkjenningen.

Generelle betraktninger om innsjøreguleringer

av Ulf Grimås

Dosent, Uppsala Universitet, Sverige

I stor utstrekning reguleres det biologiske system i våre vatn av det tempererte klima. Årets lave middeltemperatur i fjellstrøkene øver direkte innflytelse på produksjonen i sjøer og vassdrag. Mer indirekte virker klimaet på plante- og dyresamfunn gjennom årlige variasjoner i temperatur, som igjen har innflytelse på husholdningen i vassdragene. Det er den årlige, klimabetingede rytmen i vannkretsløpet som må endres for effektivt å kunne utnytte energien i vannets fall mot havet.

Vassføringen reguleres ved hjelp av magasiner for å få en jevnt fordelt virkning i turbiner og kraftledninger. Det er to hovedtyper: Reguleringssjøen og elvemagasinet. (Se fig. 2.) Reguleringen medfører en radikal forandring i vassdragets hydrologi, og dette får konsekvenser for de organismer som gjennom lange tider har tilpasset seg vannstandens naturlige vekslinger.

Med de endrede hydrologiske forhold følger en rekke miljøforandringer. Viktigst av disse er fordelingen av bunnsedimentene som blir omlagret så vel i reguleringssjøen som i elvemagasinet. Nå er ikke sedimentenes rolle i en innsjøens omsetning av næringsstoffer kjent i alle detaljer.

Men vi vet at mikroorganismene i bunnlagene bryter ned en større del av det organiske materiale til enklere forbindelser. Disse føres opp i vannmassen hvor de igjen deltar i det biologiske kretsløp, dvs. plantenes primærproduksjon, dyrenes stoffomsetning, og mikroorganismenes nedbrytning. På forskjellig måte vil en viss mengde forbinde seg med sedimentene, enten for lang tid eller for alltid, f. eks. viktige næringsstoffer som fosfor.

Tilbakeføring av produksjonsmateriale foregår også på et tidligere stadium i nedbrytningsprosessen, spesielt i grunnområdene. Der vil små organiske partikler bli direkte utnyttet av mange organismer som er tilgjengelige og egnet for fiskemat. Forekomsten av dette halvt nedbrutte organiske stoff er derfor viktig for sjøens fiskeproduksjon.

Det materiale som bunnfelles på stort dyp blir lagret i sedimentene eller omsettes til organismer som er vanskelig tilgjengelige for fiskefaunaen. Det er nesten bare fjørmyggpupper som igjen kan løfte disse ressurser til fiskenivå, noe som foregår under klekkingen av de fåtall myggarter som lever i sjøens dyp.

Regulering av en fjellsjø fører til

karakteristiske forandringer i fordelingen av de organiske sedimenter. Den varierende vannstand i årets løp medvirker til omlagring og hurtig befording av alt fint materiale til sjøens dypområder. Bølgebevegelsen i vannet får økt virkning p. g. a. de store vannstandsvariasjoner. Til dette kommer vårens transport av smeltevann mellom isen og bunnen, og ishevning av sedimentene. Resultatet viser seg i de nærmeste år etter reguleringen. Sjøens lysgjennomtrengelighet minker betydelig på grunn av sedimentgrums i vannet.

Sedimentomlagringen påvirker ikke bare sjøens fysikalske egenskaper, men også dens kjemiske og biologiske system. Denne omlagring er imidlertid en relativt kortvarig prosess i reguleringssjøens historie. Algeproduksjonens korttidseffekt i de frie vannmasser er undersøkt i Ransaren i Sør-Lappland. Etter noen års regulering viste det seg at både produksjon og biomasse av planktonalger var 2—3 ganger større enn før regulering. Den forholdsvis beskjedne økning av fosfor- og nitrogeninnhold i vannet hadde algene snart utnyttet til produksjon av organisk materiale. Energistrømmens økning i første ledd av produksjonen kan betraktes som virkningen av et næringstilskudd fra oversvømte og eroderte bunnområder, og derfor som en virkning av den begynnende sedimentomlagring i sjøen.

Algeproduksjonens økning får umiddelbar virkning på andre plan i økosystemet, men det er betegnende at de positive virkninger er begren-

set til organismene i de frie vannmasser. Den tiltagende produksjon av dyreplankton, f. eks. i Ransaren, kan tilskrives virkningen av en økning i planteplankton. (Fig. 3.)

Økningen av små halv-planktoniske krepsdyr selv langs strendene, må også oppfattes som en effekt av sedimentomlagringen, antagelig dels beroende på planktonalgens tiltagende mengde. Det kan også være at disse små krepsdyrene utnytter døde organiske partikler direkte. Tilgangen på så vel planktonlevende som halv-planktoniske krepsdyr påvirkes i liten grad, eller mulig positivt, da mange arter krever nedkjøling for å kunne utvikle sine eggstadier. (Se side 13.)

Som følge av korttidseffekten viser fisk som lever pelagisk og nær strendene en økt tilvekst. Større tilgang på næring er årsaken også i dette tilfelle. Det er de små krepsdyrene og til dels det plutselige og store tilskudd av dyr fra oversvømmede delta- og strandområder som er næringselementene, f. eks. øyestikkerlarver og oligochaeter.

Økningen i fiskebestanden er bemerkelsesverdig da fiskens viktigste næring, bunnfaunaen, minker sterkt umiddelbart etter reguleringen. Se kap. om bunnfaunaen.) *Tapet i bunnfauna kan regnes til 80—90 % og rammer ikke bare reguleringssonens bunnområder, men strekker seg langt under reguleringsgrensen. Igjen kan prosessen tilskrives omlagringen av sedimentene som gir årsak til kraftige mekaniske forstyrrelser i overgangssonen bunn/vann hvor organismene oppholder seg. Også tørrleggin-*

gen og frostskaedene medvirker til å slå ut spesielt ømtålige organismer. Grunnområdenes vegetasjonsteppe blir helt ødelagt av frost alt ved første vinters senkning av vannstanden og kommer ikke tilbake. Grunnområdenes høyere vegetasjon er bundet til litoralsonens bunn og kan derfor, i motsetning til planteplanktonet, ikke bruke det økte tilskudd av næringsemner i vannet.

Alt ettersom reguleringssonens forråd av finfordelt sediment minker, stabiliseres forholdene og vannet i innsjøen klarner. Inngående undersøkelser av langtidseffekten i de frie vannmasser mangler. Men mye taler for at det forholdsvis snart oppstår en ny likevektstilstand. Når størstedelen av sedimentene er blitt omlagret til de dypere områder, er det fristende å betrakte korttidseffekten av reguleringen som avsluttet.

Hvor lang tid som går med til omlagringen beror i vesentlig grad på innsjøens form og dybdeforhold. I en innsjø med mange vikar og øyar går prosessen langsomt. I et åpent basseng kan hovedmassen av sedimentene bli omlagret på 10 år.

Fiskefaunaens omstillingsprosess er mer tidskrevende enn den er for andre organismegrupper. Enkelte rike årsklasser kan f. eks. gjennom en lang rekke år påvirke andre fiskearter og fangstmulighetene. Fiskens lange levetid sammen med mengdevariasjoner innen artene, skaper derfor en viss treghet. Dette gjør det vanskelig å fastsette det tidspunkt da det inntreffer mer stabile forhold i hele økosystemet.

Mindre drastiske er i hvert fall de prosesser som følger etter sedimentomlagringen. For en større del av økosystemet kan de nærmest jevnføres med gangen i naturlige utviklingsprosesser. Men utgangstillingen for disse prosesser er en helt annen i reguleringssjøen enn i en naturlig innsjø.

Av de viktigste nye egenskaper i reguleringssjøen er mangelen på organisk stoff i litoralsonen, så vel vegetasjon som sediment. Den nakne stein- og grusbunn som litoralsonen viser, kan ikke gi næring til bunnlevende smådyr og fisk. Mye taler for at næringsmangelen er mer vesentlig enn den årlige tilbakevendende tørrlegging og tilfrysing av strendene, da mange av fiskemat-dyrene tåler innefrysing i lang tid. Derfor skulle litoralsonen kunne ha store populasjoner av slike spesialister, om ikke næringsmangel gjorde seg gjeldende. Reguleringssonen i Tunhovdfjorden kan nevnes som eksempel. Der forekommer store insektlarver i tilknytning til rester av trær som vokste der før reguleringen.

Når litoralområdet ikke lenger er produktivt, er det klart at et biologisk system som i stor monn bygger på litoralsonens tilbud av næring, må bli utsatt for sterke forstyrrelser. Fisken søker til nye plasser, går mot dypet, eller mot overflaten, eller prøver seg i de frie vannmasser, for å kompensere tapet av næring i grunnområdene langs strendene. (Fig. 11.) Dypområdenes fauna viser imidlertid en desimering av bunndyr også som langtidseffekt av reguleringen.

Tilgangen på luftinsekter i vannflaten kan være uforandret, eller minke noe, da bunnen i litoralsonen er tørrlagt i lange perioder. En positiv virkning kan tenkes ved en tilgang av plankton-krepsdyr når vannstanden er forholdsvis stabil om sommeren og vannuttaket finner sted på stort dyp ved nedre reguleringsgrense. Men disse næringsreserver synes ikke å være tilstrekkelige som kompensasjon for mangelen av bunnfisk i grunnområdene. Resultatet blir mindre fisketilvekst og en tendens til dvergbestand, bortsett fra et fåtall individer som greier å vokse seg store på fiskediett.

Næringsmangel og økt konkurranse blant fiskene om maten gjør seg gjeldende i den regulerte innsjøen. Konkurransetrykket økes ved at fiskebestanden ikke synes å avta med de minkende næringsressurser. Da typiske gyteplasser for aure forsvinner ved innsjøens utløp, og rognmasser fra røye ødelegges av frost ved vinter-senkningen, fører dette antagelig til tap, men er vanskelig å påvise med nåværende metoder.

Yngelen greier å overleve fordi det ikke er nevneverdig forandring i tilgangen på små krepsdyr i de frie vannmasser. Først når fisken går over til bunnfisk er konkurransen der for alvor. Om fisken ikke dør av næringsmangel, vil den vokse langsomt til den oppnår en middelstørrelse som er under det vanlige for fisk i en naturlig innsjø. Undersøkelser tyder på at dette kan ha negative virkninger på formeringen.

Vil man gjenopprette fiskefaunaen

i innsjøen, må man ta metoder i bruk som øker fiskenæringen i vatnet. Å basere dette på en større produksjon av organismer til fiskenæring i den nye litoralsonen, kan være vanskelig å gjennomføre, da området mangler organiske ressurser.

Ved å bygge spesielle dammer i tilløpet har man prøvd å konservere den naturlige litoralfaunaen. En slik dam beholder vannstanden, sedimentene, planter og dyr gjennom vinteren, mens vannstanden i den øvrige del av innsjøen synker, og blir atter tilgjengelig for fisken når våren kommer. Da slike dammer har en god del fiskenæring, kan de ha gunstig virkning på fiskefaunaen, særlig der hvor det er bare én fiskeart, f. eks. aure. Dammenes begrensede areal kan imidlertid aldri helt oppveie tapene av innsjøens opprinnelige litoralsone.

Et av de mer interessante og lovende forsøk er å innføre istidsrelikten *Mysis relicta*. (Se side 36.) Ved sin biologi og tilgjengelighet som næringsemne, åpner dette dyret atter den forbindelse mellom primærproduksjon og fisk som ble blokkert ved reguleringen. Gjennom sine vertikale vandringer bringer *Mysis* igjen organisk materiale opp i fiskenivå, stoff som gikk tapt i omlagringsprosessen ved for en stor del å bunnfelles i de dype partier.

De nye hydrologiske forhold i elvesystemet har naturligvis også konsekvenser for den strømlevende floraen og faunaen. Elvemagasin i tilslutning til kraftverk øker først vannstanden i elva, men den utjev-

nes i løpet av året til vannstanden stabiliseres. Virkningen gjør seg gjeldende gjennom det suspenderte materiale elva fører med seg. Som eksempel kan nevnes at etter utbyggingen minket transporten i Indalselvas munning fra 60 000 til 15 000 tonn/år, og fra 130 000 til 13 000 tonn/år i Umeelva.

Forandring i vassføringen, som f.eks. det at vårflommen blir borte, medvirker til lagring av sediment langs elveløpet. Dette sammen med

de nye hydrologiske forhold har positiv virkning på produksjonen av fiskemat og fisk. Dessverre utnyttes den stigende produksjon av «feil» fiskearter. Det er normalt for elvemagasinet å få en rik besetning av mort, gjedde og åbor hvor slike arter finnes, samtidig som laksefiskene minker. Det blir en viktig oppgave for fiskeri-biologien i framtida å finne metoder som kan få elvemagasinet til å produsere ønskelige fiskearter.

Litteratur i utvalg

- Dahl, K. 1933: *Vassdragsreguleringers virkninger på fisket i innsjøer*. — Oslo.
- Grimås, U. 1965: Effects of impoundment on the bottom fauna of high mountain lakes. — *Acta Univ. Upsaliensis*. 51.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1935: *Der Einfluss der Gewässerregelungen auf den Fischbestand in Binnenseen*. — Oslo.
- Lindström, T. 1965: Char and whitefish recruitment in north Swedish lake reservoirs. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 46.
- Lötmarker, T. 1964: Studies on planktonic crustacea in thirteen lakes in Northern Sweden. — *Ibid.* 45.
- Nilsson, N.-A. 1965: Food segregation between salmonoid species in North Sweden. — *Ibid.* 46.
- Rodhe, W. 1964: Effects of impoundment on water chemistry and plankton in Lake Ransaren (Swedish Lappland). — *Verh. Inter. Ver. Limnol.* 15.
- Runnström, S. 1962: Vattenkraften och fisket. — *Norges Jeger- og Fiskerforbunds tidsskrift* 7.
- Aass, P. 1968: *Vassdragsreguleringer*. — I Sportsfiskerens Leksikon. Gyldendal.
- Aass, P. 1968: *Vassdragsreguleringer*. — *durus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 49.
- Aass, P. 1970: The winter migrations of char, *Salvelinus alpinus* L., in the impounded lakes Tunhovdfjord and Pålshufjord, Norway. *Ibid.* 50. (Under trykking.)

