KRAFT OG MILJØ NR. 7

FISK OG VASSDRAGS-REGULERINGER

AV
TOR B. GUNNERØD

NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN

Til leseren

KRAFT OG MILJØ er en publikasjonsserie som i det vesentligste tar sikte på å belyse ulike sider ved de virkningene kraftutbygging har på natur og landskap. Publiseringen skjer uregelmessig.

Fisk og vassdragsreguleringer er emne denne gangen. Det er nr 7 i serien.

To the reader

POWER AND THE ENVIRONMENT is a series of publications primarily intended to provide information about the environmental aspects of the building of power stations and their consequences for the landscape. Publication takes place at irregular intervals.

Fish and Watercourse Regulation is the topic for this volume. It is no. 7 in the series.

NVE – Vassdragsdirektoratet, oktober 1983
NVE – The Directorate for Water Resources
H. Sperstad

KRAFT OG MILJØ NR. 7

TOR B. GUNNERØD

FISK OG VASSDRAGSREGULERINGER

FISH AND WATERCOURCE REGULATION

NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN – 1984 ISSN 0333-4732

INNHOLD

I FORORD 5

II OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER 6

III BAKGRUNN 9

IV SAMMENDRAG AV DE ENKELTE FOREDRAG . 10

Vekterli: En grunneiers erfaring med fisket etter reguleringer 10

Fürst: Försök med utsättning av näringsdjur i regulerade sjöar 11

Nyman: Problem och åtgärder i regulerade rödingsjöar 11

Aass: Ørretutsettinger i regulerte vassdrag 12

Sødal: Utsetting av bekkerøye i sure vatn på Sørlandet 12

Gunnerød: Regionale undersøkelser i reguleringsmagasiner i Sør-Norge 13

Lindstrøm: Abborens plats i reguleringsbiologien 13

Langeland: Avkastningsbegrensninger i regulerte sjøer 14

Jensen: Fisken og fisket etter oppdemninger i Nea 14

Aass: Tilslamming i Hallingdalselva 1966–67: Fisket i Ustedalsfjord og Strandafjord 15

Andersen: Reguleringer og utvaskinger i Målselvvassdraget 16

Lillehammer: En sammenligning av oppvekstmulighetene for laks i Suldalslågen før og etter vassdragsreguleringen 16

Vasshaug: Etterundersøkelser i Suldalslågen, Rogaland fylke 17

Jensen: Lakseundersøkelser i Eira 18

Rosseland: Litt om bestand og beskatning av laksen i Lærdalselva 19

Vasshaug: Reguleringsundersøkelser i Lærdalselva og andre lakseelver i Sogn 19

Korsen: Reproduksjonsundersøkelser i regulerte lakseelver i Midt-Norge 20

Berg: Reguleringers virkninger på laksefisket i Ranavassdraget 21

Rosseland: Erfaringer med smoltutsettinger i regulerte vassdrag 22

Raddum: Faunaendringer i Aurlandselva 23

Larsen: Sjøaurebestanden i Teigdalselva, før og etter regulering 23

UTVIKLING ETTER 1978 24

FORTSATT FORSKNING 26

English translation 69

I FORORD

Grunnlaget for denne publikasjonen er et symposium som ble arrangert av NVE – Vassdragsdirektoratet og Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk 29.–31. mai 1978. Hensikten var å samle eksisterende kunnskap om biologiske virkninger av vassdragsreguleringer i magasiner og lakseelver. Foredragsholderne var valgt ut og invitert fordi de satt inne med spesielle kunnskaper om emnet.

Tor. B. Gunnerød og Per Aass fra Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk og Oddbjørn Dammerud og Pål Mellquist fra Natur- og landskapsavdelingen ved Vassdragsdirektoratet i NVE, utgjorde arbeidsgruppen som stod for opplegget og gjennomføringen av symposiet.

Tor. B. Gunnerød og Pål Mellquist er ansvarlige for en bok på nær 300 sider, som ble utarbeidet etter symposiet. Den har fått tittelen:
VASSDRAGSREGULERINGERS BIOLOGISKE VIRKNINGER I MAGASINER OG LAKSEELVER.

Boken inneholder foredragene og referat av diskusjonene. Den kan fås ved henvendelse til arrangørene. (Side 29)

For å gjøre stoffet lettere tilgjengelig for en større leserkrets, anmodet vi Tor B. Gunnerød om å skrive denne publikasjonen. Den er et kortfattet og populært formet sammendrag av foredragene og diskusjonene og med forfatterens personlige oppsummering. Vi finner det ekstra prisverdig at forfatteren har ført sine betraktninger fram til dagens situasjon.

Linda Sivesind har oversatt til engelsk og Herman Svarva har tatt seg av lay-out.

NVE – Vassdragsdirektoratet
Natur- og landskapsavdelingen

Oktober 1983
Knut Over Hillestad

II OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Norske (og svenske) fiskeribiologer har drevet undersøkelser og forskning i regulerte vassdrag gjennom det meste av dette århundret. En del enkeltresultater har blitt publisert i norske og internasjonale tidsskrifter, en del er lagt frem i interne rapporter fra institusjonene, i årsmeldinger og i enkeltuttalelser til konsesjonssøknader, skjønn og i forbindelse med utsettingspålegg. Mye av resultatene har ikke blitt bearbeidet eller systematisert.

Ideen bak fiskesymposiet i 1978 var å samle mellom to permer mest mulig av den informasjon som fantes i fagmiljøene om de biologiske virkninger av vassdragsreguleringer, begrenset til magasiner og lakseelver. De to institusjonene som stod bak symposiet, NVE og DVF, følte i 1979 da det 300 siders referat med foredrag og diskusjoner ble lagt frem, at vi langt på vei hadde lykkes i det mål en hadde satt seg. (side 29)

Før jeg kommer inn på konklusjonene som kan trekkes fra symposiet, må det minnes om at enhver utbygging av våre vassdrag for kraftproduksjon medfører store endringer i såvel hydrologiske som biologiske forhold. Dette gjelder også for den fisk og dens næringsdyr som oppholder seg i magasiner

og berørte elver, enten disse får permanent redusert eller økt sin vannføring, eller årsrytmen med hensyn til vannføring og temperaturforhold endres i forhold til tidligere. I innlandsvassdragene er auren vår viktigste fiskeart. Denne finner de fleste steder i uregulerte vatn det aller meste av sin næring i gruntvannsområdene og er avhengig av rennende vatn for gyting og tidlig oppvekst. Auren berøres derfor sterkt av reguleringer, dambygging og redusert vannføring i bekker og elver. Spesielt merkbar blir endringene i aurebestandene de steder auren opptrer sammen med og i konkurranse med andre fiskearter som røye, sik, abbor o. a. i samme vatn, eller en eller flere av disse arter overføres til rene aurevatn gjennom overføring av vann fra ett vassdrag til et annet. I et regulert vatn vil den tidligere artsbalanse bli forstyrret og auren ofte den tapende part på grunn av sine spesielle miljøkrav.

I en liknende situasjon som auren, står laksen – vår økonomisk sett viktigste ferskvannsfisk. Laksen er avhengig av rennende vann for gyting og tidlig oppvekst, og sportsfisket etter laks foregår hovedsaklig i elvene. For oppgang fra sjø til elv, vandring oppover elvene og passering av naturlige hindringer som fosser og stryk og fisketrapper, og for å ta sportsredskap, har laksen de aller fleste steder spesielle krav både til vannføring og ofte temperatur i elvene. Til forholdene i den enkelte elv har laksestammen der tilpasset seg gjennom hundrevis av laksegenerasjone.

De generelle forhold som er nevnt ovenfor, og som har en solid forankring i biologisk forskning, er årsaken til at fagbiologene har og har hatt en pessimistisk holdning når virkningen av en ny vassdragsregulering på forhånd skulle vurderes. En gjennomgåelse av hva biologene og de faglige forvaltningsorganer uttalte om følgene for fisk og fiske *før* utbyggingene i de vassdrag som senere ble undersøkt og rapportert på fiskesymposiet i 1978 illustrerer dette med all tydelighet.

Men så viser det seg at biologene tok «feil», eller sagt på en annen måte: Det gikk slett ikke så galt som fagfolkene hadde spådd. Det drives fortsatt et omfattende fiske og tas betydelige fangster i elver og regulerte vann som på forhånd var antatt å bli mer eller mindre totalødelagt. Hva kan så årsakene være?

For det første har det vist seg at de fiskearter det her særlig er tale om, aure og laks, har hatt en større evne til å tilpasse seg endringer i miljøforholdene enn tidligere antatt. Også naturen selv viser store variasjoner både i vannføring og temperatur, og «katastrofer» forekommer også i naturen, og fiskeartene har tilpasset seg dette. Dette betyr *ikke* at produksjonen av fisk ikke endres, – de store variasjonene en opplever i fangstutbytte i f. eks. uregu-

lerte lakseelver, er sannsynligvis et resultat av slike årlige endringer i miljøforholdene. At auren i regulerte magasiner går over fra å spise store insektlarver og større krepsdyr som marflo til fjærmygglarver og -pupper, og mindre, pelagiske krepsdyr, medfører utvilsomt at fiskeproduksjonen går ned på grunn av redusert mengde næringsdyr og ikke minst større energiforbruk hos fisken til å samle næring. Men det *blir* fortsatt igjen en fiskeproduksjon om enn på et lavere nivå, som fortsatt gir grunnlag for et fiske som utøves av mange.

For det andre har fagfolk åpenbart undervurdert hva som kan oppnås gjennom konkrete tiltak i de regulerte vassdrag. Dette gjelder både fastsettelse av minstevannføringer (som i Lærdalselva og Suldalslågen), ombygging av gamle og bygging av nye fisketrapper (som i Ranaelva) og utsetting av fisk (som bl. a. Per Aass belyste i det første av sine foredrag). Selv om det fortsatt er mange uavklarte spørsmål med hensyn til en optimal strategi for fiskeutsettinger når det gjelder valg av fiskestammer, utsettingssted og -tid, og fiskens alder og størrelse, har betydningen av disse utsettingene av mange blitt undervurdert. I en rekke regulerte magasiner utgjør den utsatte fisken 30–40 % eller mere av den fisk som senere tas på redskap. At gjenfangstene og derved økonomien i disse utsettingene kan bedres vesentlig ved bl. a. å endre utsettingssteder, illustreres av resultatene fra havutsettingene av smolt.

En faglig holdbar analyse av vassdragsreguleringers virkninger på produksjon og fiske i magasiner og lakseelver krever grundige forundersøkelser og oppfølging i mange år etter at inngrepene og reguleringene er foretatt. Mangel på gode referansedata fra nesten alle de vassdrag der undersøkelser ble rapportert på fiskesymposiet, ble sterkt understreket av mange, bl. a. av professor Rolf Vik i hans oppsummering ved avslutningen. Dette krever også enighet mellom fagfolkene om de *metoder* som skal benyttes og fortolkningene av resultatene. Diskusjonene etter f. eks. både Korsens og Raddums foredrag illustrerer dette. Tetthet av lakseunger er ikke det samme som produksjon av smolt, og forekomst av bunndyr er ikke det samme som tilgjengelig næring for fisk! I Suldalslågen fant Lillehammer ingen endring i lakseungenes næringsvalg eller vekst etter Røldag-Suldal-reguleringene.

Utrasninger og tilslamming av magasiner og elver har ulik effekt avhengig av hvor de forekommer og hvilke fiskearter som blir berørt. Utrasingene i Devdisvatn i 1973 og tilslammingen av Målselva med meget finpartikulært materiale, syntes ifølge Andersen ikke å ha negative virkninger på produksjon av lakseunger og salg av fiskekort. Derimot dokumenterte Aass at tilslammingene i Hallingdalselva i

1966–67 hadde meget store negative virkninger på fiske i Ustedalsfjord og Strandafjord. Det samme er også vist av Reidar Borgstrøm etter senking og utrasing i Mårvatn i 1970 (ikke fremlagt på symposiet).
En reduksjon i naturlig vannføring på 40–50 % i lakseelver synes fortsatt å gi grunnlag for en betydelig produksjon av lakseunger og utøvelse av fiske (Korsen). Ytterligere reduksjoner, som i Eira (Jensen) med mot 65 % får åpenbart virkninger om også selektiv sjøbeskatning her kan spille en rolle (Nyman).
Endringer i vår- og tidlig sommervannføring påvirker laksens adferdsmønster i fjordene (Vasshaug). Det er også mulig at de fysiske inngrep i vassdragene medfører endringer i vannkvaliteten som vanskeliggjør laksens tilbakevandring til elva (Rosseland og Vasshaug). Situasjonen i Lærdalselva *etter* 1977 illustrerer betydningen av å følge opp utvikling i mer enn 2–3 år etterat reguleringene trådte i kraft. Det er derfor mulig at Vasshaugs observerte nedgang i tetthet av lakseunger i Lærdalselva i 1975–77 også er uttrykk for naturlige svingninger i bestanden.

III BAKGRUNN

Biologiske undersøkelser i regulerte vassdrag går nesten like langt tilbake i tid som utbyggingen av vannkraft for elektrisitetsproduksjon. Allerede i 1933 fremlag professor Knut Dahl sitt arbeid om «Vassdragsreguleringers virkninger på fisket i innsjøer» og to år senere fiskeinspektør Hartvig Huitfeldt-Kaas «Der Einfluss der Gewässerregelungen auf den Fischbestand in Binnenseen».
Etter Dahl's og Huitfeldt-Kaas' dager har vannkraftutbyggingen blitt mangedoblet, og ferskvannsbiologisk forskning og registreringer både i regulerte og uregulerte vassdrag har fortsatt kontinuerlig. Og selv om det er utgitt en rekke rapporter og avgitt uttalelser i enkeltsaker, var lite gjort for å samle og systematisere den foreliggende kunnskap om reguleringers virkninger på biologiske systemer.
Dette var bakgrunnen for at NVE-Vassdragsdirektoratet og DVF besluttet å avholde et symposium om vassdragsreguleringer og fisk. Hensikten var å samle flest mulig biologer fra Norge og Sverige som var eller hadde vært engasjert med ferskvannsundersøkelser og forskning i regulerte vassdrag, og gjennom foredrag og diskusjoner få frem mest mulig av eksisterende viten, både publisert og ikke publisert, om emnet.

Det var nødvendig å foreta endel begrensninger i temautvalg for symposiet. For det første skulle foredragene være knyttet til undersøkelser i vassdrag som allerede var regulert og fortrinnsvis der det forelå data eller andre opplysninger om fisk og fiske *før* reguleringene ble foretatt. For det andre ble de undersøkte områder begrenset til magasiner og lakseelver. Virkninger knyttet til hydrologi, klima eller andre naturvitenskapelige interesser ble ikke tatt opp, og heller ikke forundersøkelser der senere virkninger av inngrepene ikke var kjent. «Naturvitenskap og Vannkraftutbygging» var tidligere blitt behandlet på en konferanse i 1976 i regi av Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer ved Universitetet i Oslo, «Vassdragsreguleringers virkninger på vilt» ble senere (i 1980) tatt opp på et annet NVE/DVF-symposium og seminar om reguleringers virkninger på lokalklima, grunnvann og jordbruk av Norsk Hydrologisk Komité.

IV SAMMENDRAG AV DE ENKELTE FOREDRAG

Petter Vekterli (tidligere ordfører i Røyrvik kommune i Nord-Trøndelag):

En grunneiers erfaring med fisket etter reguleringer

Vekterli, som er grunneier og mangeårig ordfører i fjellbygda Røyrvik i Nord-Trøndelag, innledet symposiet med sine observasjoner om reguleringenes virkning på fiskebestandene. Utviklingsmønstrene han beskrev var de klassiske for denne type inngrep: Tidligere gode aure- og røyesjøer fikk markert nedgang i fiskestørrelse og -kvalitet og auren tapte i konkurransen med smårøya. Det har imidlertid blitt fisket tildels hardt i enkelte av vannene, bl. a. fordi svenske sportsfiskere er meget interessert i isfiske etter røye. Dette har etter Vekterli's mening vært en av årsakene til at man i den senere tid synes å merke en økning i fiskevekt og kvalitet. (De spørsmål Vekterli formulerte i sitt innlegg ble i store trekk besvart i Lennart Nymans foredrag og den etterfølgende diskusjon.) Vekterli tok også frem den enorme betydning som fiseribiologisk forskning har i regulerte sjøer, ikke bare for å stille forskernes kunnskapshunger, men også for å komme til praktisk nytte for utkantkommuner med et svakt og ensidig næringsgrunnlag. (Side 53)

Magnus Fürst (Forsker, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, Sverige):

Försök med utsättning av näringsdjur i regulerade sjöar.

Et logisk skritt å ta for å redusere bristen i fiskenes næringstilgang i regulerte sjøer, er å sette ut næringsdyr som tåler de nye forhold. For ca 20 år siden ble den første vellykkede utsetting av krepsdyret *Mysis relicta* foretatt i den svenske sjøen Blåsjø, – ikke langt fra Tunnsjøen i Nord-Trøndelag. Fürst redegjorde for de erfaringer man har høstet av dette forsøket.

Det har vist seg at det tar meget lang tid før stabile forhold mellom fisken og byttedyrene innstiller seg slik at man kan trekke holdbare konklusjoner om virkningen. I Blåsjøen har det overførte krepsdyret blitt en meget viktig del av næringen for både aure og røye. Dette varierer imidlertid noe med årstidene og med fiskeart/rase. Avkastningene av røye har økt med minst 50 % i forhold til før utsettingen av Mysis. Vekst og kjøttkvalitet er også bedret. Overraskende for forskerne var at pelagisk røye ikke spiste Mysis. For auren ble Mysis den viktigste næring hele året og laken (som også finnes i to norske sjøer der Mysis er utsatt) spesialiserte seg på Mysis-diett.

Utsetting av Mysis hadde tildels dramatiske virkninger på det øvrige planktonsamfunnet i sjøene: Linsekreps *(Eurycercus lamellatus)* forsvant helt og cladocerer som *Daphnia, Holopedium* og *Bosmina* gikk sterkt tilbake i antall og som betydning for fiskeføde. Ulempene ved dette kompenseres ifølge Fürst ved lavere energiforbruk for fisk ved næringsopptak av den vesentlig større Mysis.

I den etterfølgende *diskusjon* ble det fra enkelte norske forskere uttrykt sterk tvil om berettigelsen av næringsdyrutsettinger både på grunn av endringene i økosystemet og forlengelsen av næringskjedene frem til fisk. Alternativ utsetting av en fôrfisk som krøkle ble tatt opp av andre, men kontorsjef Berg i DVF var meget skeptisk til dette.

Lennart Nyman (tidligere fiskeriintendant i Gävle, Sverige):

Problem och atgärder i regulerade rödingsjöar.

I løpet av de siste 10 år har man blitt klar over at røye finnes i to eller flere s.k. tvillingarter (sibling species). Disse er identiske av utseende, men har forskjellige arveegenskaper som bl.a. slår ut i forskjellig vekst. I norden er det hittil påvist tre arter med sikkerhet.

Utsettinger av røyemateriale som inneholder en av dvergformene har flere ganger ført til at normalrøya (stor-røya) forsvinner fordi veksten hos det felles avkom er dårligere enn normalrøyas. Det har

vært lett å få tak i rogn fra dvergformene, og denne har uforvarende blitt spredd til tidligere gode røyevann og resultert i småvokste bestander. Dessverre nytter det lite å øke gjennomsnittsveksten på fisken ved hardt garnfiske, for dette beskatter de største fiskene mer enn de små som man helst skulle luke ut.
Målet må være å redusere antall røye-former til én i hver sjø. Greier man dette, kan man regulere næringstilgangen ved utsetting av næringsdyr, og avkastningen ved tynningsfiske.

Per Aass (forsker, DVF-Fiskeforskningen):

Ørretutsettinger i regulerte vassdrag.

Aass' foredrag var en sammenfatning av de erfaringer Fiskeforskningen har høstet fra undersøkelser som har pågått siden 1959.
Utsettingsmaterialets arvelige egenskaper synes å spille en betydelig rolle. Man får erfaringsmessig best resultat ved å benytte fisk fra samme klimaregion og fra vann med omtrent samme næringstilbud. Tidspunktet for utsetting av fisk har vist seg meget viktig for resultatet og likeledes størrelsen på den fisken som settes ut. Av andre faktorer som spiller inn ved utsettinger er antallet fisk pr arealenhet (eller m strandlinje). Aass tok også opp spørsmålet om et bedre utsettingsresultat kan oppnås ved å tilpasse fiskeungene bedre til livet utenfor klekkeriene og settefisk-anleggene. Det er nemlig stor forskjell på livsforholdene i en elv og i betong/plastkarene i anleggene hvor fôret drysser ned på vannoverflaten med jevne mellomrom. (Sidene 38 og 39)
Gjenfangstene av utsatt fisk varierer meget både med utsettingsmaterialet, utsettingsmåten og de biologiske og andre forhold der fisken settes ut. I en rekke regulerte vatn viste Aass at den utsatte fisk utgjorde 30–40 % av senere fangst.

Per Sødal (adm. Direktør, Arendalsvassdragets Brukseierforening):

Utsetting av bekkerøye i sure vatn på Sørlandet.

Sødal gjorde seg til talsmann for regulantene i den «sure landsdel». Han pekte på at de ofte hadde følelsen av at utsettinger av aure var bortkastet, og etterlyste bruk av andre fiskeslag, fortrinnsvis bekkerøye, som ser ut til å tåle surheten bedre. Sørlandsregulantene bruker årlig 300 000–400 000 kroner til utsettinger av aure, så det er ikke ubetydelige beløp det er snakk om. Etter Sødals mening tåler bekkerøya en surhet ned til pH 4,3–4,4, vokser raskere enn auren, har bedre kjøttkvalitet, den er bitevillig og følgelig en god sportsfisk.

I *diskusjonen* etter Aass og Sødals foredrag ble forholdet melom villfisk og oppdrettsfisk, og oppdrett i kar og naturdammer tatt opp. Uansett villfisk (fangst fra overbefolkede bestander) viste dårligere vekst og kvalitet enn oppdrettsfiskene. Det var få erfaringer å vise til med naturdammer, fordi disse krever stor plass og derfor er lite egnet til ekstensivt oppdrett. Om utsetting av bekkerøye i sure, regulerte vatn på Sørlandet, opplyste DVF at en foreløpig (i 1978) var tilbakeholdne med overgang til dette fordi forsøksutsettinger ble fulgt opp i SNSF-prosjektets regi. Faren for overbeskatning av næringsdyr og bekkerøyas tendens til å gå ut av vassdragene ble også nevnt. Situasjonen med hensyn til bekkerøye er i dag (i 1983) vesentlig endret og blir tatt opp under avsnittet «Situasjonen etter 1978».

Tor B. Gunnerød (forsøksleder, DVF-Reguleringsundersøkelsene):

Regionale undersøkelser i reguleringsmagasiner i Sør-Norge.

Gunnerød redegjorde for de fiskeribiologiske undersøkelser som siden 1972 har vært gjennomført i 175 regulerte vatn i 33 vassdrag fra Agder til Trøndelag. Resultatene fra undersøkelsene er siden 1974 publisert i egne rapporter fra DVF-Reguleringsundersøkelsene. Gunnerøds generelle konklusjoner er at fisken, og spesielt auren, synes å tåle vassdragsreguleringer bedre enn tidligere antatt og at man fant vatn regulert inntil 50 m med et fortsatt godt fiske, selv etter at demningseffekten var over. Videre er dokumentert den klare konkurranse mellom aure, abbor, sik og røye som får store konsekvenser der andre fiskearter ved vassdragsutbygginger overføres til rene aurevatn. (Side 03)

Gunnerøds undersøkelser bekrefter Sødals påstander om at utsettinger av yngel og ensomrig aure i sure vassdrag (pH lavere enn 5,0) ga lite eller meget dårlig resultat.

Med økende reguleringshøyde og høyde over havet fikk fjærmygglarver og -pupper stigende betydning som næring for fisk i forhold til andre insektlarver. Det viktige næringsdyret marflo *(Gammarus)* forsvant ved regleringer over 6–7 m.

Torolf Lindström (forsker, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, Sverige):

Abborens plats i reguleringsbiologien.

Lindström redegjorde for svenske undersøkelser i sjøer ca 400 m o. h. som senere er regulert. Abboren opptrådte i raskt oppvarmede gruntvannsområder rik på vegetasjon som ga god tilvekst. Tilgang på småsik ga stor abbor. Ved reguleringer ble gruntvannsområdet, det vil si, abborens sommer-

og yngelbiotop alvorlig skadet. Abboren synes å opptre på større dyp i reguleringsmagasinene der det kan være tilgang på småsik.

Endrede konkurranseforhold mellom tilstedeværende fiskearter og auren som den mest sårbare art overfor reguleringer ble understreket i *diskusjonen* etter Gunnerøds og Lindstrøms foredrag. Det ble også understreket at en ved reguleringers virkninger på fiskebestanden og fiske måtte skille mellom reguleringer ved senkning og reguleringer som også medførte heving av naturlig vannstand. Ved hevning fikk en også en positiv «demningseffekt» som kunne vare i relativt lang tid ved økt fjærmyggproduksjon på neddemt organisk materiale.

Arnfinn Langeland (tidligere amanuensis ved LFI – Universitetet i Trondheim, DKNVS-Museet):

Avkastningsberegninger i regulerte sjøer

Langeland gjennomgikk metodikk for avkastningsberegninger. Man vet lite om produksjonsmulighetene i våre vassdrag, spesielt for røye og sik. Refererte data fra produksjonsundersøkelser var: Øvre Heimdalsvatn: aure 5,2 kg/ha, Olavatn: aure 2,3 kg/ha, to vann ved Bergen: aure 2,5 kg/ha, Øvre Fiplingsvatn i Nordland: aure 2,1–3,3 kg/ha og Jølstervatn der en spesiell planktonspisende aure ga 9 kg/ha. Data fra regulerte sjøer viste avkastning for Selbusjøen: røye 1,7 kg/ha, Tunhovdfjorden: røye 3 kg/ha (side 31), Pålsbufjorden: røye 1,5–2 kg/ha og Totak: røye ca 5 kg/ha. For Selbusjøen utgjorde røyeavkastningen 80–90 % av den totale fiskeproduksjon. Om utbytte av aure i regulerte sjøer forelå det få opplysninger.

Avkastningen kunne ifølge Langeland økes vesentlig ved utfisking av småfisk for å få produksjonen over på færre og større fisk.

I *diskusjonen* etter Langelands foredrag ble det fra mange hold understreket at effektive metoder for høsting og omsetting av fisk de fleste steder var en større begrensning i avkastninger av både regulerte og uregulerte vatn enn produksjonen (side 53). Det var også viktig å kontrollere den naturlige rekruttering der denne var for stor.

John W. Jensen (amanuensis, Universitetet i Trondheim, DKNVS-Museet):

Fisken og fisket etter oppdemninger i Nea.

Jensen la frem foreløpige resultater etter undersøkelser av utviklingen i to nye sjøer laget i 1970, Nesjøen og Finnkojsjøen, og viste at fiskeribiologisk

var utviklingen i Nesjøen en suksess og i Finnkojsjøen en fiasko. Den positive virkning av demningseffekten i 4–6 år ble påvist og videre at røye var den art som greide seg best, mens aure klarte seg mindre bra. I Finnkojsjøen ble magasinet utnyttet 100 % hvert år, vanndypet ved LRV var bare ca 2 m. Giftig H_2S fra store myrområder som ble demmet ned, har hatt skadelige virkninger på fisk og andre organismer. I Nesjøen har vannstanden siden første fylling i 1971 variert 6–7 m og fisket har utviklet seg rikt – først aure og så røye. Dette måtte skyldes god tilgang på aure fra den neddemmede elvestrekning og senere en massiv tilgang på røye fra Essandsjøen. Den avgjørende næringstilgang var enorme mengder fjærmygglarver og -pupper, før, senere på sommeren, plankton og lakeyngel. Grunnlaget for fjærmyggen var det neddemmede plantemateriale som imidlertid etter hvert sedimenteres ned. Erfaringer fra Essandsjøen tilsa at det vil ta ca 20 år før fjærmyggproduksjonen går i stå. Settes minstegrensen for akseptabel fiskestørrelse ved 24 omfars garn, har fisket i Nesjøen vært 5–10 ganger større enn tidligere.

Per Aass (forsker, DVF – Fiskeforskningen):

Tilslamming i Hallingdalselva 1966–67: Fisket i Ustedalsfjord og Strandafjord.

Tekniske inngrep i vassdraget medfører ofte tilslamming. Øverst i Ustevassdragets nedslagsfelt er det i årenes løp avsatt store mengder breslam. Magasinene her, som vesentlig er regulert ved senking, ble første gang tappet vinteren 1965–66 og store slammengder ført nedover vassdraget.

I Ustedalsfjorden sank fangstene av aure til 25–30 % av hva de var tidligere og holdt dette nivå i 4 år hvoretter noe oppgang ble merket i 1972–73 og 1976–77. Det var tendens til fangst av noe større aure som kan skyldes at denne ble lettere å fange ved at den vandrer mer i et vann med mindre næring. Røyebestanden ble kraftigst rammet og nye tilslamminger virket momentant. Prøver viste at tilslamming gikk sterkt ut over bunnfaunaen. Fisken døde eller vandret ut på grunn av næringsmangel. Undersøkelsene i Strandafjorden viste at sik og røye er vandret inn fra vassdraget ovenfor. Også fisket i Strandafjorden gikk tilbake etter tilslammingen som følge av høy dødelighet og utvandring.

Christian Andersen (amanuensis, Norsk Skogbrukmuseum, Elverum):

Reguleringer og utvaskinger i Målselvvassdraget.

For Dividalen kraftverk i Målselvvassdraget ble reguleringen iverksatt i 1973. I inntaksmagasinet Devdisvatn fikk man store utrasinger (ca 2 mill. m^3) under første fylling i 1973 som resulterte i tilslamming av vassdraget og fjorden langt utenfor. (Sidene 50 og 51)

Målinger viste at mengden av uorganisk materiale som ble avsatt først var synkende nedover fra utslippstedet, men at den lenger ned i vassdraget igjen var stigende, noe som ikke kunne skyldes reguleringen. Slammet ble avsatt mellom steiner mot land og i bakevjer hvor strømhastigheten var liten. Antatte gyteplasser for laks ble ikke tilslammet fordi det fine leirmaterialet bare i beskjeden grad ble sedimentert i elveleiet. Det ble ikke målt så høye slamkonsentrasjoner at det var grunn til å anta negative virkninger for fisken.

Fangststatistikken for vassdraget viste større fangster for årene etter reguleringen enn for årene 1966–1972. I 1973, tilslammingsåret var fangstene ovenfor Målselvfossen vesentlig dårligere enn normalt. Statistikken viste tilbakegang i fangstene fra 1974, men Andersen hevdet at dette like gjerne kunne skyldes «naturlige» bestandssvingninger som reguleringen.

Ved el-fiske (side 44) fant en at tilslammingen ikke synes å virke inn på tettheten av laks og aure. Antall fisk pr arealenhet var høyere nedenfor utslippstedet. Undersøkelser av lakseungenes tilvekst viste ingen signifikant forskjell på veksten ovenfor og nedenfor utslippstedet. Andersen påviste god årsklasse av smolt i 1973 som vokste opp under den kraftige tilslammingen. Heller ikke salg av fiskeretter ble påvirket av tilslammingen.

Under *diskusjonen* etter Aass' og Andersens foredrag ble det også nevnt andre eksempler på at utrasing og tilslamming hadde negative virkninger på fisk og dens næringsdyr. Forskjellige undersøkelser var imidlertid vanskelig å sammenligne fordi ulike metoder var benyttet til turbiditetsmålinger.

Albert Lillehammer (konservator, Universitetet i Oslo, Zoologisk Museum):

En sammenligning av oppvekstmulighetene for laks i Suldalslågen før og etter vassdragsreguleringen.

Lillehammer mente at vurderingen av en regulerings innvirkning på produksjonsforholdene for laks ikke kan bygge på fangststatistikk fordi *predasjon og fiske i havet* kan føre til store endringer i fangstene. Slike undersøkelser bør derfor baseres på produksjonen av smolt.

Endringer i laksens oppvekstmuligheter i Suldalslågen etter reguleringen kunne ikke påvises da det ikke var funnet endringer i elvas næringstilgang som går ut over naturlige variasjoner. Undersøkelsene var gjort i perioden 1960–64 før reguleringen og 1974–77. Tettheten av lakseunger var meget stor og det hadde ikke skjedd noen negativ arealforskyvning som følge av vannstandsendringer. De ekstremt lave vannstandene som kunne opptre i den uregulerte elv var blitt borte.

Øivind Vasshaug (fiskerikonsulent, tidl. DVF – Distriktstjenesten, Vest-Norge):

Etterundersøkelser i Suldalslågen, Rogaland fylke.

Suldalslågen har en særegen storvokst lakse-stamme. Fangsstatistikk går tilbake til 1876 og denne er meget god fra 1957 og omfatter 90–95 % av fangsten. Undersøkelsene det ble referert til ble foretatt for å finne effekter av Røldal-Suldal Krafts reguleringer. Disse ville senere gi et godt grunnlag for å bedømme de biologiske virkninger av Ulla-Førde-reguleringene.

Gjenfangst av merket smolt var svært små i forhold til andre merkeforsøk. I 1976 var 5 % av fangsten i kilenøtene i fjorden innenfor Marvik fettfinneklippet laks. I Suldalslågen var gjenfangstene 8 %. Hver gjenfanget fisk koster ca kr 4500,–.

Merkingen av voksen laks ved Karmøy og to steder inn mot Sandsfjorden viste at kilenøtene innenfor Marvik fanger mye laks som hører hjemme i Suldalslågen, mens nøtene i Boknfjorden utenfor fanger mindre enn 10 % av Suldalslaksen.

Merking av laks med akustiske merker (side 68) viste at liten vannføring i elva fikk laksen til å rote mer langs kysten enn ved stor vannføring da den gikk mer midtfjords. Laksen brukte lengre tid inn til elva ved stor vannføring.

Reguleringen hadde ført til en svak forskyvning av fangstene fra nedre til øvre del av elva. Dessuten var andelen av smålaks økt fra 4,6 % til 17,7 %. Smålaksen forekom i klare topper (68–69, 71–72 og 75–76) noe som ikke var observert i uregulerte elver. Dette kan ha sammenheng med økt vintervassføring. Fangst av sjøaure økte etter reguleringen.

Ved sammenligning av fangststatistikken for kilenøter for hele landet og Boknfjorden, viser den siste økt fangst de to første år etter at reguleringen ble satt i verk. Kilenøtene i Sandsfjorden viste ikke samme tendens, noe som kan ha sammenheng med at laksen hadde vansker med å finne fødeelva.

Betydningen av vern om de særegne, storvokste

laksestammer som den i Suldalslågen ble understreket i *diskusjonen* etter Lillehammers og Vasshaugs foredrag. Dette gjelder spesielt ved utsetting av smolt.

Kjell W. Jensen (Vitenskapelig leder DVF – Fiskeforskningen):

Lakseundersøkelser i Eira.

Eira er kjent for stor laks. Vannføringen er etter de gjennomførte vassdragsregulringer redusert til 36 % av den opprinnelige.

Gyteplasser av laks og sjøaure i Eira er årlig tellet og kartlagt siden 1952. På tross av reduksjonene i vannføring, tørrlegges gyteplasser i meget liten grad. Observasjonsmaterialet fra 21 år viste for laksen at 0,2 % av antall gyteplasser ble tørrlagt og for auren 4,4 %. Ørreten gyter ofte grunnere og på stillere vann enn laksen, og dette var årsaken til forskjellen i tørrlegging. Også i gyteplasser som lå på tørt land kunne en finne levende yngel og øyerogn i april fordi det sivet vann gjennom grusen.

I 25-års perioden (frem til 1978) var det positiv korrelasjonen mellom antall gyteplasser av laks og aure til tross for at disse artene konkurrerte med hverandre.

Laksens middelstørrelse var gått betydelig ned i Eira etter inngrepene, fra 12–13 kg til 7–8 kg. Kiloutbyttet av laksefisket i elva hadde økt fra 1953, men økningen var mindre enn i andre elver i nærheten.

I Eira ga tidlig vårflom godt laksefiske.

Diskusjonen etter Jensens foredrag var i stor grad knyttet til årsakene til nedgangen i laksens middelsvekt. Både økt vintervannføring, som i Suldalslågen, og redusert vintervannføring, som i Eira, hadde resultert i mindre størrelse på laksen. Under henvisning til svenske undersøkelser, ble selektivt fiske i sjøen foreslått som mulig årsak til nedgangen i laksens størrelse. Laksens evne til å tilpasse seg endringer, både i naturlige og i regulerte vannføringer ble nevnt av flere.

Leiv Rosseland (tidligere vitenskapelig leder, DVF – Fiskerforskningen):

Litt om bestand og beskatning av laksen i Lærdalselva.

Telling av gytelaks i Lærdalselva var foretatt årlig siden 1960. I gjennomsnitt var det funnet 1 laks pr 18 m elv på de øvre 5 km. Tettheten avtok noe nedover elva. Tellingen var utført i november og ved telling i april kunne fortsatt 81 % av antall laks fra høsten før observeres. Det var store variasjoner fra år til år og antall gytelaks hadde vært størst i 1962 (185 % av middeltallet for 1960–78) og 1973 (157 %), og med laveste antall i 1976 (31 %) og 1977 (26%). I gjennomsnitt fikk 45 % av oppvandret laks gyte, mens 55 % ble oppfisket. Beskatningen varierte sterkt og var høyest i 1976 med 70 %. Lærdalslaksen er sterkt utsatt for beskatning i sjøen. Av merkete vinterstøinger ble 23,5 % gjenfanget i elv og 76,5 % i sjøen. Smoltmerkinger viste henholdsvis 22,2 % og 77,8 %. All merket fisk tatt i sjøen blir ikke oppdaget og derfor antok Rosseland at mindre enn 20 % av laksen kom tilbake til Lærdalselva. Den totale bskatning lå derfor på ca 85 %, herav 90 % i sjøen og 10 % i elva.

På grunnlag av observasjoner var antall rogn for forskjellige år beregnet. Det ble ikke funnet sammenheng mellom antall rogn og antall laks som gikk opp et passende antall år etter. Tvert imot hadde det vært mest laks et år man på grunnlag av rogntallet kunne ventet lite.

Utviklingen i Lærdalselva de siste 3 år før 1978, hadde vært bekymringsfull med nedgang i lakseoppgangen. Denne hadde imidlertid vært like lav i tidligere år.* Beskatningen som vesentlig skjer i sjøen er faretruende høy. Lærdalslaksen spiller en svært stor rolle for laksefisket i Sognefjorden. 44 % av fangsten ved merkestasjonen ytterst i fjorden skrev seg fra Lærdalselva.

---

* Anm.: Rosselands antagelse her i 1978 synes riktig. Etter offisiell statistikk ble det i årene 1978–1981 i gjennomsnitt fanget 1203 laks i Lærdalselva. Dette er noe høyere enn gjennomsnittet for 1960–1977 som var 1140 laks (TBG).

Øivind Vasshaug (fiskerikonsulent, tidl. DVF – Distriktstjenesten, Vest-Norge):

Reguleringsundersøkelsene i Lærdalselva og andre lakseelver i Sogn.

Vasshaug konstaterer at det finnes lite materiale for bedømming av de biologiske virkninger av reguleringen for de elver som først ble bygget ut. I Fortunelva syntes laksefisket å ha blitt redusert 50–70 % og Vasshaug antok at produksjonen var sterkt nedsatt. På den tidligere lakseførende strekning ovenfor kraftstasjonen er vannføringen redusert med

63 %. Her fant man må nesten bare innlandsaure på tross at både laks og sjøaure var satt ut i stort antall. Han antok at størrelsen av minstevannføringen har betydning for hvilke fiskearter som vil dominere.

Elektrofiske i Lærdalselva viste stor tilbakegang i bestandstettheten fra 1975 til 1977 i likhet med Rosselands undersøkelser. Hvorvidt dette skyldes reguleringen eller beskatningen i havet var uklart.

Av voksen laks som merkes ved en merkestasjon ytterst i Sognefjorden var 19 % gjenfanget i Lærdalselva. Gjenfangsten i Lærdalselva utgjorde 63 % av elvefangstene i Sogn, hvilket viste elvas betydning for laksefisket i hele Sognefjorden. Andel av laks i sjøen hadde ikke endret seg etter reguleringen, men en mindre andel syntes å være gjenfanget i Lærdalselva og mer i andre elver. Dette understøttet teorien om at laksen de første år etter reguleringen har vansker med å finne igjen fødeelva og derfor oftere går opp i andre elver.

Fangststatistikken viste i årene etter reguleringen en sterkere nedgang for Lærdalselva enn for uregulerte elver. Dette syntes å være en parallell til utviklingen for Suldalslågen. Men om dette var en permanent eller temporær virkning var imidlertid et åpent spørsmål. (Anm.: Se fotnote til referat fra Rossedals foredrag (TBG)).

Yngvar Korsen (fiskerikonsulent, tidl. DVF – Distriktstjenesten, Midt-Norge):

Reproduksjonsundersøkelser i regulerte lakseelver i Midt-Norge.

Korsen la frem materiale fra seks større laksevassdrag (Bogna, Holla, Bævra, Surna, Todalselva (side 35) og Driva) i Trøndelag/Møre som ble regulert i 1963–74. Bortsett fra Holla ligger restvannføringen i disse vassdrag på 50–60 %. Undersøkelsene var basert på statistikk over fisket kvantum, ungfiskregistreringer og gytefiskregistreringer.

Registrering av fisket kvantum viste at det er vanskelig å skille virkningene av reguleringene fra de naturlige variasjoner i laksefisket. Driva og Todalselva hadde hatt en nedgang, men denne var ikke overraskende sett i forhold til tidligere års variasjoner. I Surna hadde fisket tatt seg opp etter reguleringen, men også her kunne dette tilskrives naturlige variasjoner. I Bogna fikk man først en nedgang etter reguleringen, men så et rekordfiske, noe som også ble påvist i Bævra.

Observasjoner av gjennomsnittsvekter tyder på at man etter regulering kunne få variasjoner. Forholdet laks/sjøaure kunne forskyves, antakelig som følge av at det ble utsatt mer laks.

I Driva hadde fisket forskjøvet seg nedover i elva. Leieinntektene i Driva og Surna hadde økt etter

reguleringen og kortsalget holdt seg godt oppe i Bogna og Todalselva.
Undersøkelsene viste at det var til dels betydelige tettheter av laksunger på de elvestrekninger som hadde redusert vannføring. (I gjennomsnitt 20–60 stk/100 m^2). Det så ut til at smolt tålte de reduserte vassføringene relativt godt og at produksjonstapet var mindre enn tidligere antatt for slike elvestrekninger.
Årsaken til dette kunne være at redusert vassføring førte til grunnere elv og at denne ble produktiv i hele elvas bredde. Vannet ble mer rikt på næringssalter og lyset virket mer effektivt over større bunnflate i en grunnere elv. Redusert vannføring førte til at temperaturen økte og organisk materiale ble ikke så lett vasket ut når flomtoppene reduseres. Isgangen ble mindre voldsom, noe som også hadde betydning for produksjonen av de organismer fisken skal leve av.

Det ble understreket i *diskusjonen* etter Korsens foredrag at tetthet av lakseunger ikke var det samme som produksjon av smolt. Høy tetthet ga langsommere vekst og økt smoltalder. Korsen bekreftet at utsatt fisk, både før og etter reduksjonen i vannføring, inngikk i hans data, slik at hans tetthetsberegninger ikke bare omfattet «naturlig» produksjon av laksunger.

Magnus Berg (tidl. kontorsjef, DVF – Fiskekontoret):
Reguleringers virkninger på laksefisket i Ranavassdraget.
Berg redegjorde for de kraftutbygginger som har pågått i Ranavassdraget fra begynnelsen av 1920-årene og frem til Rana kraftverk ble igangsatt i 1969. Fra gammelt kunne laks gå ca 11 km opp i vassdraget. En rekke laksetrapper er blitt bygget og ombygget fra 1936 og frem til 1970. Ved å åpne nye gyte- og oppvekstområder for laksen, og samtidig tilpasse gamle og nye fisketrapper de endrede vannføringsforhold, hadde fangsutbyttet i Rana økt fra under 1500 kg pr år frem til ca det dobbelte i 1970. Sterk økning i oppgangen av laks i Reinfossen laksetrapp etter 1974, ga grunn til å tro at økninger ville fortsette i årene som kommer. På disse strekningene er Rana i dag relativt lite berørt av reguleringer.
Utviklingen av fisket i Rana har vist at det er mulig å opprettholde og øke avkastningen av laksefisket i en regulert elv gjennom innsikt og betydelige investeringer i form av fisketrapper og pålegg om minstevannføringer.

Genetisk tilpasning og seleksjon spiller en viktig rolle for laksens og sjøaurens oppgang i elv og ved passering av fosser (side 30) og fisketrapper (sidene 33, 34 og 35). Dette ble understreket og

supplert med eksempler fra andre vassdrag i Norge og Sverige i *diskusjonen* etter Bergs foredrag.

Leiv Rosseland (tidl. vitenskapelig leder, DVF – Fiskeforskningen):

Erfaringer med smoltutsettinger i regulerte vassdrag.

Rosseland foretok en oppsummering av den forskning som har pågått i Norge og i utlandet etter krigen med utsetting av utvandringsklare lakseunger (smolt) for å kompensere skader på laksens reproduksjon og oppvekstmuligheter i regulerte elver. Forskningen bygger på gjenfangster av merket smolt, og Norge deltar her i et internasjonalt samarbeid med Sverige, England, Skottland, Irland og Canada.

Generelt har gjenfangstene av merket smolt vært små og langt under lønnsomhetsgrensene dersom en kun ser på kiloverdien av fanget laks i forhold til produksjonsomkostningen og gjenfangstprosent av den utsatte smolt. Med unntak av den smolt som utsettes i Sverige og gjenfanges i Østersjøen, ligger imidlertid de norske gjenfangstene i gjennomsnitt vesentlig høyere enn de øvrige land der det utsettes kunstig fôret atlantisk laks.

Av de faktorer som var av betydning for gjenfangstene av utsatt smolt, var smoltens *størrelse, utsettingstid* og *-sted.* Det er både i Norge og Sverige oppnådd meget lovende resultater med utslipping av smolt direkte i sjøen.

Selv om utsetting av kunstig fôret laksesmolt til nå ikke har vært særlig oppmuntrende, regnet Rosseland med at en gjennom forbedret oppdrettsteknikk og utsettingsteknikk kunne oppnå langt større lønnsomhet enn i dag.

Diskusjonen etter Rosselands annet foredrag var særlig knyttet til utsettingsstedene for smolt. Forsøk som DVF – Reguleringsundersøkelsene hadde foretatt frem til 1978 viste at gjenfangstene av utsatt, merket smolt kunne 2–3-dobles ved å transportere smolten med brønnbåt med sirkulerende sjøvann fra elvemunningen til havs. Selv sjøtransporten fordyret smoltomkostningen med noen få øre pr smolt. Den geografiske fordeling av gjenfangstene av havutsatt smolt var den samme som for smolt utsatt i elv, og smoltens størrelse syntes å være av mindre betydning ved havutsettinger enn tradisjonelle smoltutsettingr i elv. Redusert beskatning på utsatt smolt av måker og fisk i munningsområdene, i fjordene og i de nære kystfarvann ble antatt å være årsaken til de bedrede gjenfangstresultater ved havutsettinger. (Anm.: Disse havutset-

tingene har fortsatt og resultatene fra 1978 er blitt ytterligere bekreftet (TBG)).
På spørsmål opplyste Rosseland at smolt merket i Norge bare var gjenfanget i Norskehavet, ved Færøyene, Øst- og Vest-Grønland og langs norskekysten. Det ble forøvrig bemerket at utsetting av kunstig fôret smolt neppe hadde særlig betydning for å bevare laksen som ressurs.

Gunnar Raddum (amanuensis ved LFI – Universitetet i Bergen):

Faunaendringer i Aurlandselva.

Oslo Lysverkers kraftutbygginger i Aurlandsvassdraget (side 62) i Sogn har medført økt vannføring og temperatur om vinteren og mere stabil vannføring over året i elvas nedre, laks- og sjøaureførende deler. Spørsmålet ble reist om hvilke følger dette ville få for fiskeyngelens tidligere utvikling, bl. a. om yngelen ville finne mat dersom klekking ble fremskynnet.
Sammenlignende undersøkelser i 1966/67 og 1976 viste at reguleringen av Aurlandselva medførte en sterk *økning* av antall *små* næringsdyr for fisken i tiden mars/juni, mens dyrenes størrelse ble redusert slik at biomassen (antall gram dyr pr m^2 elvebunn) ble redusert til mellom ½ og ⅓ av mengdene før regulering. Raddum antok derfor at den helt nyklekte yngel har fått bedret næringstilgang mens større yngel og smolt har fått dårligere næringstilgang i perioden mars–juni etter reguleringen enn før.

Roald Larsen (amanuensis, Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen):

Sjøaurebestanden i Teigdalselva, før og etter regulering.

Teigdalselva er en sideelv til Vosso i Hordaland. Elva ble regulert i 1968–69 ved at den øvre del av nedslagsfeltet som inneholdt samtlige innjøer ble overført til Evanger kraftverk.
De fiskerisakkyndige antok at elva kom til å bli bortimot 100 % ødelagt som fiskeelv etter denne overføring.
Årlige undersøkelser fra 1967 til 1977 både av gytebestand og tetthet av yngel viste imidlertid ikke noen nedgang hverken i antall gytefisk eller rekruttering som med rimelighet kan antas å ha sammenheng med reguleringen.

Det ble i *diskusjonen* etter Raddums og Larsens foredrag reist tvil om undersøkelser i ett år før og ett år etter reguleringene på to stasjoner i Aurlandselva var tilstrekkelig for å vurdere reguleringenes virkninger på fiskens næringsdyr. Dertil måtte de

naturlige, årlige variasjoner være for store. Det ble også etterlyst undersøkelser av lakseungenes mageinnhold. Reduksjonen i næringsdyras størrelse ble antatt å ha sammenheng med økt vanntemperatur. Ved drift av Vangen kraftverk mellom Vassbygdvatn og sjøen, antok Raddum av individstørrelsen igjen vil øke på grunn av minsket vannføring i elva.

UTVIKLINGEN ETTER 1978

Det er nå gått fem år siden fiskesymposiet på Leangkollen ble avholdt. Det kan da være naturlig å spørre om det har skjedd vesentlige endringer i syn eller ny erkjennelse om vassdragsreguleringers biologiske virkninger i løpet av disse årene.

Terskelprosjektet er gjennomført og avsluttet (sidene 42 og 43). herigjennom er vårt kjennskap til de biologiske prosesser i regulerte elver med terskler vesentlig økt. Det samme gjelder om fiskens vandringer og utøvelsen av fisket på slike elvestrekninger f. eks. gjennom Per Aass' undersøkelser i Hallingdal og Hemsedal. Heggbergets undersøkelser i Skjoma i Nordland (Terskelrapport nr 19) viste økt tetthet og vekst hos lakseungene etter reduksjon av vannføring og terskelbygging. Dette hadde sammenheng med økt vanntemperatur og mindre tilførsler av blakket brevann. Derimot har fangsten av voksen laks og aure gått tilbake. Forsøk med bygging av spesielle lakseterskler, bl. a. i Lærdalselva (sidene 64 og 65) har gitt meget lovende resultater. Forskningen omkring utsettinger av fisk har fortsatt, spesielt i regi av DVF – Fiskeforskningen. Etableringen av Fiskeforskningens anlegg på Ims utenfor Stavanger har gitt muligheter for oppstarting av en rekke forsøk med utsettinger og kontroller med

naturlig utvandring av smolt og tilbakevandring av voksen laks.

Direktør Sødals etterlysning av overgang fra aure til bekkerøye i sure, regulerte vatn på Sørlandet er fulgt opp. Fra 1980–81 foretas det utsettinger av bekkerøye i ca 20 magasiner i Telemark og Agder. To av disse magasinene ble kontrollfisket høsten 1982 og resultatene gir grunn til optimisme.

Langeland påviste at det forelå få avkastningsberegninger for rene aurevatn. Et viktig bidrag her en Trygve Hesthagens undersøkelser i det regulerte Tesse i Lom (DVF – Ru Rapport nr 12 – 1980 og 5 – 1981 og senere årsmeldinger). På grunnlag av gamle fangstoppgaver beregnet Hesthagen avkastningen i 1930–35 til 8000–10 000 kg. Dette svarer til 6,6–8,3 kg/ha. Vannet har vært regulert 12,4 m (11,6 m senking) siden 1941. I årene 1952 til 1980 ble det årlig utsatt 10 000 settefisk pr år. Fangst i 1979–82 har vært ca 3000 kg/år eller 2,1 kg/ha (HRV), altså noe under ⅓ i forhold til før regulering.

I 1978 var det fra mange hold stor tro på utsetting av næringsdyr for fisken i regulerte sjøer, spesielt *Mysis relicta* (Fürst).

Både nasjonalt og internasjonalt er det i de siste år kommet både forskningsresultater og prinsipielle uttalelser med innvendinger mot slike utsettinger på grunn av de store endringene i de biologiske næringskjeder disse medfører. Utsetting av Mysis i nye vassdrag er derfor inntil videre stanset både i Norge og Sverige.

Problemet med *gassovermetning* (side 45) i avløp fra kraftverk med bekkeinntak har de siste årene vært gjenstand for forskning og utredning i et utvalg under Vassdragsregulantenes forening. Undersøkelser er her foretatt i Tafjord, i Nidelva ved Arendal og i Driva.

I våre lakseelver har den mest dramatiske endring som har funnet sted etter 1978, vært forekomsten av den parasittiske ikten *Gyrodactylus salaris.* Denne parasitten, som i løpet av et par år slår ut alle lakseunger i vassdragene den dukker opp i, er funnet både i regulerte elver (Vikja i Sogn, Driva, Ranaelva og Skibottenelva) og i en rekke planlagte regulerte elver (Rauma, Saltdalselva, Vefsna, Lakselva i Misvær o. a.). Faren for spredning til bl. a. Aurlandselva og Lærdalselva medførte at Vikja i 1981 ble rotenonbehandlet og all laks i elva slått ut.

FORTSATT FORSKNING

Det lyktes på fiskesymposiet i 1978 å få samlet mye av den foreliggende kunnskap om vassdragsreguleringers biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Forskningen er videreført i de årene som er gått siden.

De siste år har de fiskeribiologiske forundersøkelser før utbyggingen vært vesentlig grundigere enn tidligere.

For nye reguleringer foreligger det derfor et vesentlig bedre referansemateriale enn tidligere som gir mulighet for å studere virkningene av utbyggingene i fremtiden. Det er derfor viktig at disse mulighetene for oppfølging blir utnyttet.

Arbeidet med å finne frem til egnede stammer for utsetting, riktig utsettingsmåte og -sted må følges opp. Dette er langsiktige undersøkelser fordi resultatene av utsettinger først viser seg når fisken når fangbar størrelse, 5–6 år senere.

Fiskens evne til utnyttelse av tilgjengelig næring, og vekst og utviklings avhengighet av temperatur og vannhastighet, med andre ord energimessige vurdering, er et forskningsfelt som uten tvil vil kunne forklare mye om endringer i bestand og utvikling, og bidra til bedre forutsigelse av virkninger av endrede miljøforhold ved reguleringer. Her må resultatene av forsøk i laboratorier kobles til simuleringsmodeller for endringer i vanntemperatur.

Utvikling av standardiserte *metoder* ved innsamling av data om fisk, næring og miljøforhold må intensiveres.

Generelt må derfor forskningsinnsatsen styrkes. Det er i forskningsmiljøene skapt forventninger om at dette skal bli mulig bl. a. gjennom det NTNF-program om «Miljøvirkninger av vassdragsutbygging» som skal startes opp i 1983.

Sist, men ikke minst, må forskere og utredere fra ulike institusjoner og forskningsmiljøer samarbeide mer enn tidligere, både om løsning av forsknings- og utredningsoppgavene, og bidra til gjensidig utveksling av informasjon og data fra sine undersøkelser. På dette området var fiskesymposiet i 1978 et skritt i riktig retning.

ILLUSTRASJONER

Fotografer

Knut Arne Berg:
Sidene 36 og 40

Tor B. Gunnerød:
Sidene 44, 52, 54 og 55

Pål Erik Mellquist:
Sidene 34, 39, 41, 42, 43,
45, 46, 51, 53, 60, 61,
63 og 64

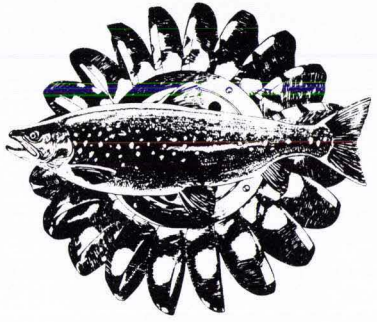
Knut Ove Hillestad:
Sidene forside, 29, 31, 32,
33, 35, 48, 49, 50, 56, 57,
58, 59, 62, 66 og 67

Jan Ivar Koksvik:
Side 30

Ivar Sægrov:
Sidene 37, 38, 47 og 65

Øivind Vasshaug:
Side 68

VASSDRAGSREGULERINGERS BIOLOGISKE VIRKNINGER I MAGASINER OG LAKSEELVER



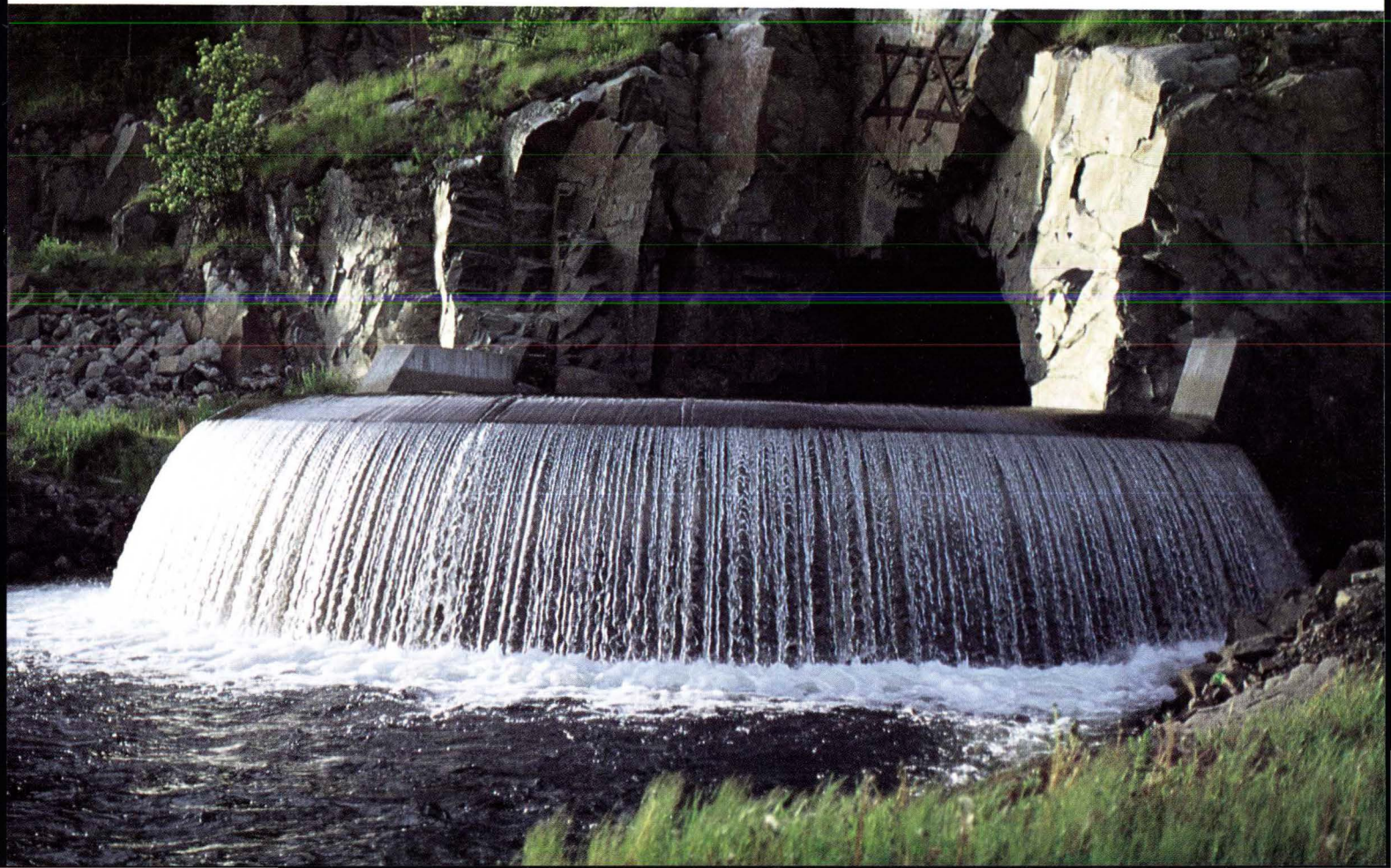
Foredrag og diskusjoner ved symposiet 29. – 31. mai 1978

Redigert av
Tor B. Gunneröd og Pål Mellquist

Springende laks i Nedre Formofoss, Grong.
Salmon ascending the Nedre Formofoss Falls in Grong.

Fiskesperre ved utløpet av overføringstunnelen fra Borgå og Økta ved Tunhovdfjorden. Den skal hindre at røye fra Tunhovdfjorden kommer inn i de to vassdragene. Jfr. forside.

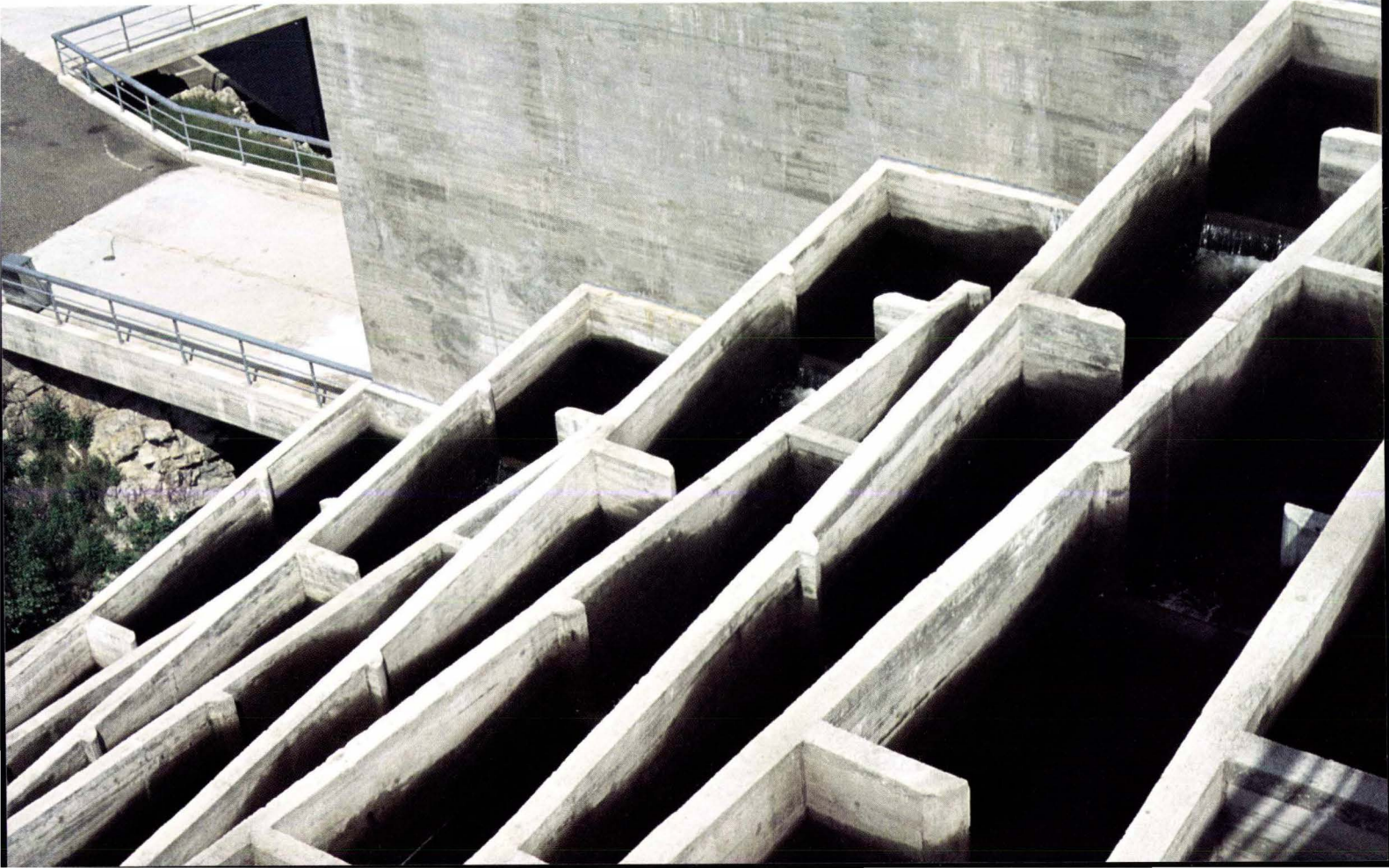
Artificial fish barrier at the mouth of the conducting tunnel from the Rivers Borgå and Økta into the Tunhovd Fiord. Its purpose is to prevent Arctic char from the Tunhovd Fiord from entering the two watercourses (see front cover).



Laks i ferd med å ta spranget fra fiskesluse i en skotsk kraftverksdam og inn i magasinet.
Salmon leaping from a fish lock in a Scottish power plant dam into the reservoir.

Fisketrapp og tømmerrenne ved Rygne kraftverk.
Fish ladder and logging sluice at the Rygene Power Station.

Fisketrapp i dam sett ovenfra. (Jfr. s. 35.) Løpet kraftverk.
The fish ladder in the dam viewed from above (see p. 35). Løpet Power Station.

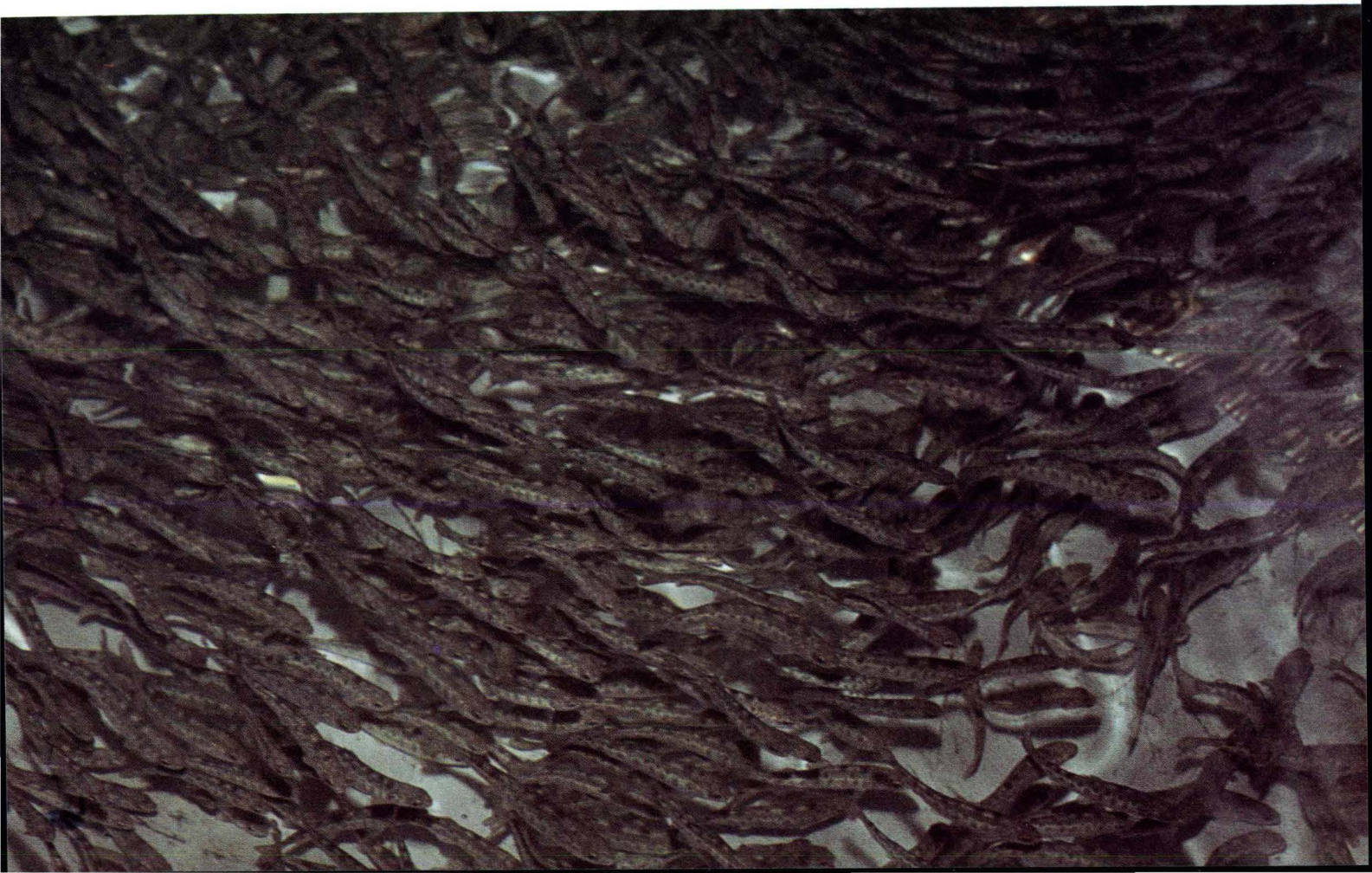


Fisketrappen på s. 34 sett nedenfra. Løpet kraftverk.
The fish ladder on p. 34 viewed from below. Løpet Power Station.

Stryking av laks.
Salmon being milked.

Klekkeri.
A hatchery.

Oppdrett av smolt. Det kan være trangt i karene.
Rearing smolt. The tanks can become crowded.



Settefiskanlegg.
Tanks for young fish.

Blodprøve av laks.

Blood tests are taken from the salmon.

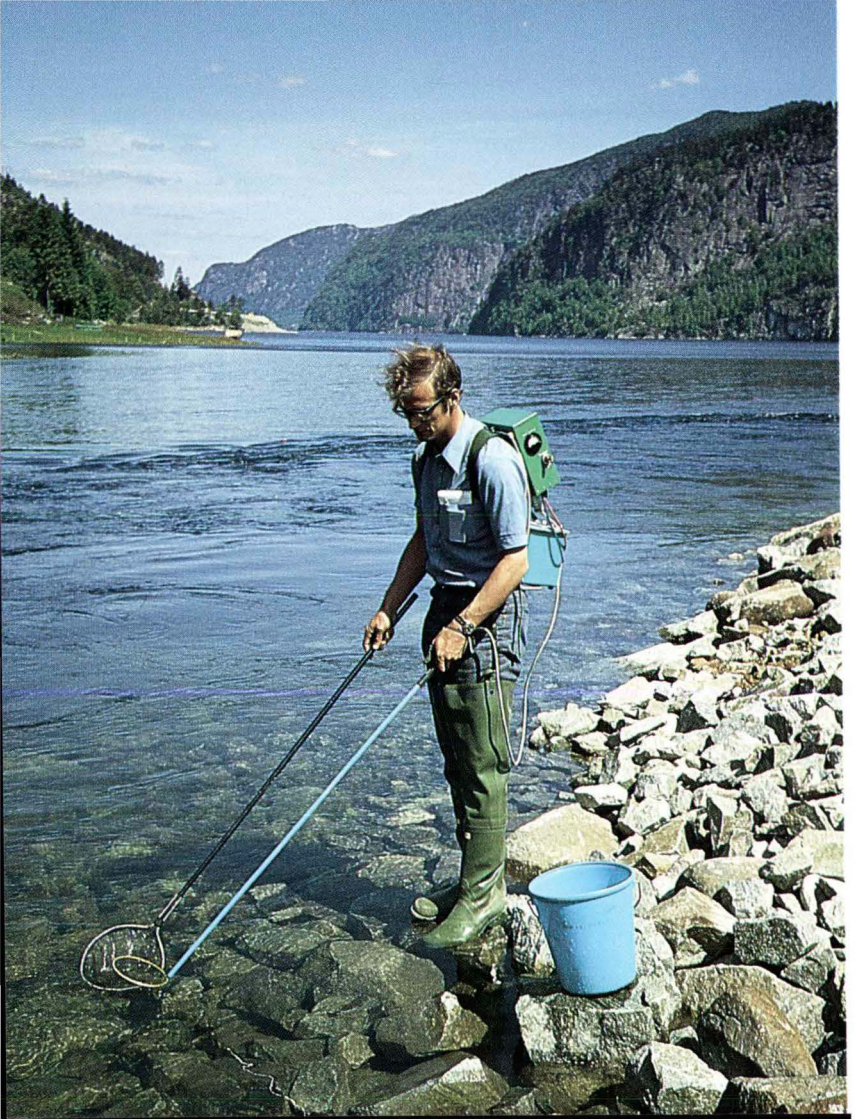
Merking av fisk.
Tagging the fish.

Klekkefeller i terskelbasseng. Fra terskelprosjektet i Eksingedalen.

Hatching traps in a weir basin. From the Weir Project in the Eksingdalen Valley.

Notfiske i Hallingdal. Fra terskelprosjektet.

Bag net fishing in Hallingdal. From the Weir Project.



Fiske med elektrisk fiskeapparat i Sira.

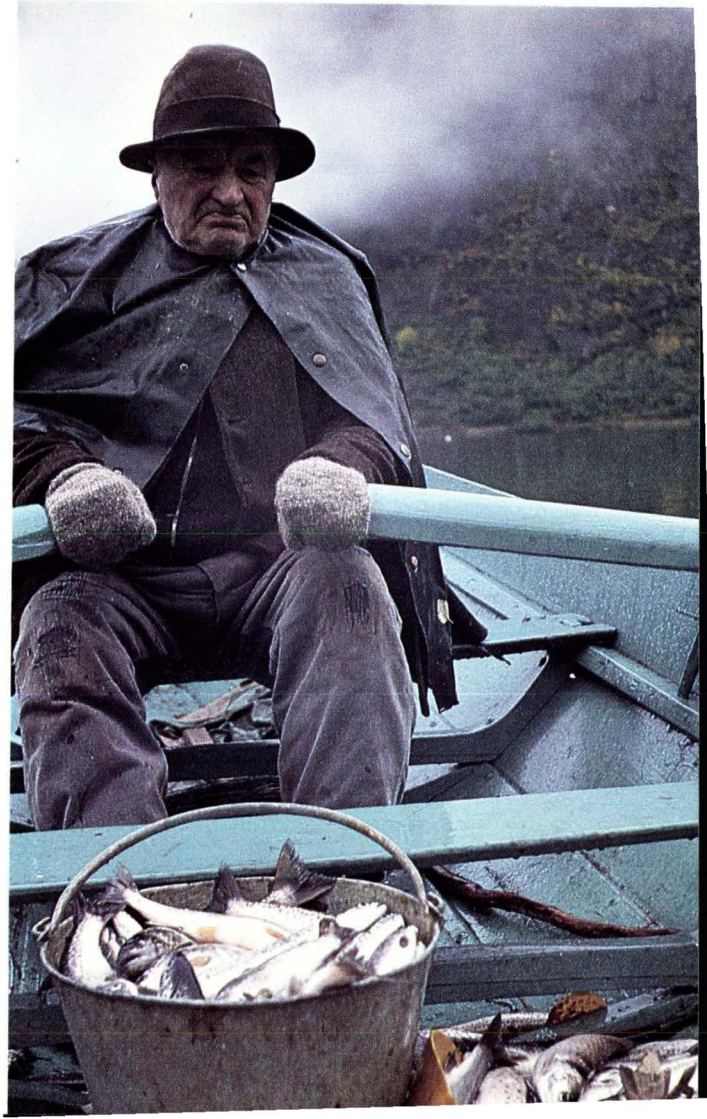
Fishing with an electro-fishing device in the River Sira.

Undersøkelse av nitrogenovermetning i Nidelva.

Experiments with oversaturation of nitrogen in the River Nidelva.

Fra laksefiske i Alta.
Salmon fishing in Alta.

Næringsfiske i Jølstervatn.
Industrial fishing in Lake Jølstervatn.



Ustevann før det er fullt om våren.
Lake Ustevatn before filling in the spring.

Reguleringssone i Grasvatnet.
The regulation zone in Lake Grasvatn.

Bekkeutløp i Devdisjavrre før vatnet ble senkt. Jfr. s. 51.

The mouth of a tributary to Lake Devdisjavrre before the water level was lowered (see p. 51).

Erosjon i området vist på s. 50 etter at Devdisjavrre er senket.
Erosion in the area shown on p. 50 after Lake Devdisjavrre was lowered.

Vansker med båthold i magasin med lav vannstand.
Boats may experience difficulties in reservoirs with artificially low water levels.

Fra et svensk prosjekt, satt igang for å finne fram til egnede fangstredskaper i reguleringsmagasin. From a Swedish project which was instigated in order to determine which type of fishing gear was best-suited to regulation reservoirs.

Tapte gyteplasser etter regulering.
Spawning places lost as a consequence of regulation.

Tap av næringsrikt område ved regulering.
Loss of a productive area through regulation.

Reguleringssone i Tunhovdfjorden ved lav vannstand. Her har det etablert seg god vegetasjon der finmassene har blitt liggende. Evjesoleie (Ranuculus reptans) dominerer. (Jfr. s. 55.)

The regulation zone in the Tunhovd fiord at low tide. A healthy vegetation has become established here in the silt deposits. Lesser spearworts (Rananculus reptans) dominate (see p. 55).

Nærbilde av evjesoleien på s. 54.

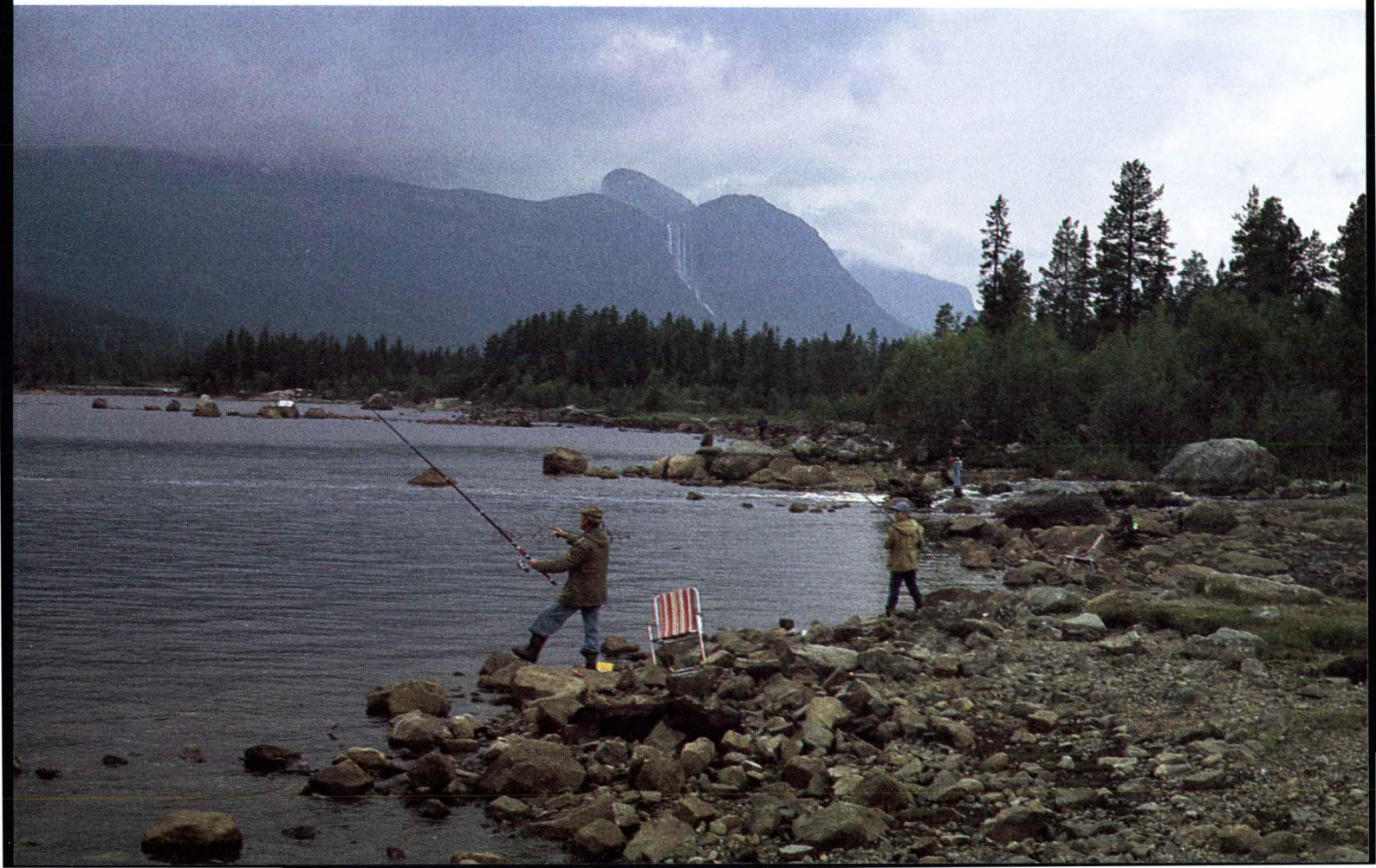
A close-up of a lesser spearwort on p. 54.

Reguleringssone i Strandavatn.
Regulation zone in Lake Strandavatn.

Vegetasjon i reguleringssonen i Strandavatn. Jfr. s. 58.
Vegetation in the regulation zone at Lake Strandavatn (see p. 58).

Fiske i terskelbasseng Hallingdal.
Fishing in a weir basin in Hallingdal.

Fiske i kunstig magasin bak Ekredammen i Hemsedal.
Fishing in a man-made reservoir behind the Ekre Dam i Hemsedal



Laksebrygger i Aurland.
Salmon weirs in Aurland.

Lakseterskel i Todalselva. Midtparti av tre.
A salmon weir in the River Todalselva.
The middle section is wooden.

Terskelbygging i Lærdal.
Weir construction in Lærdal.

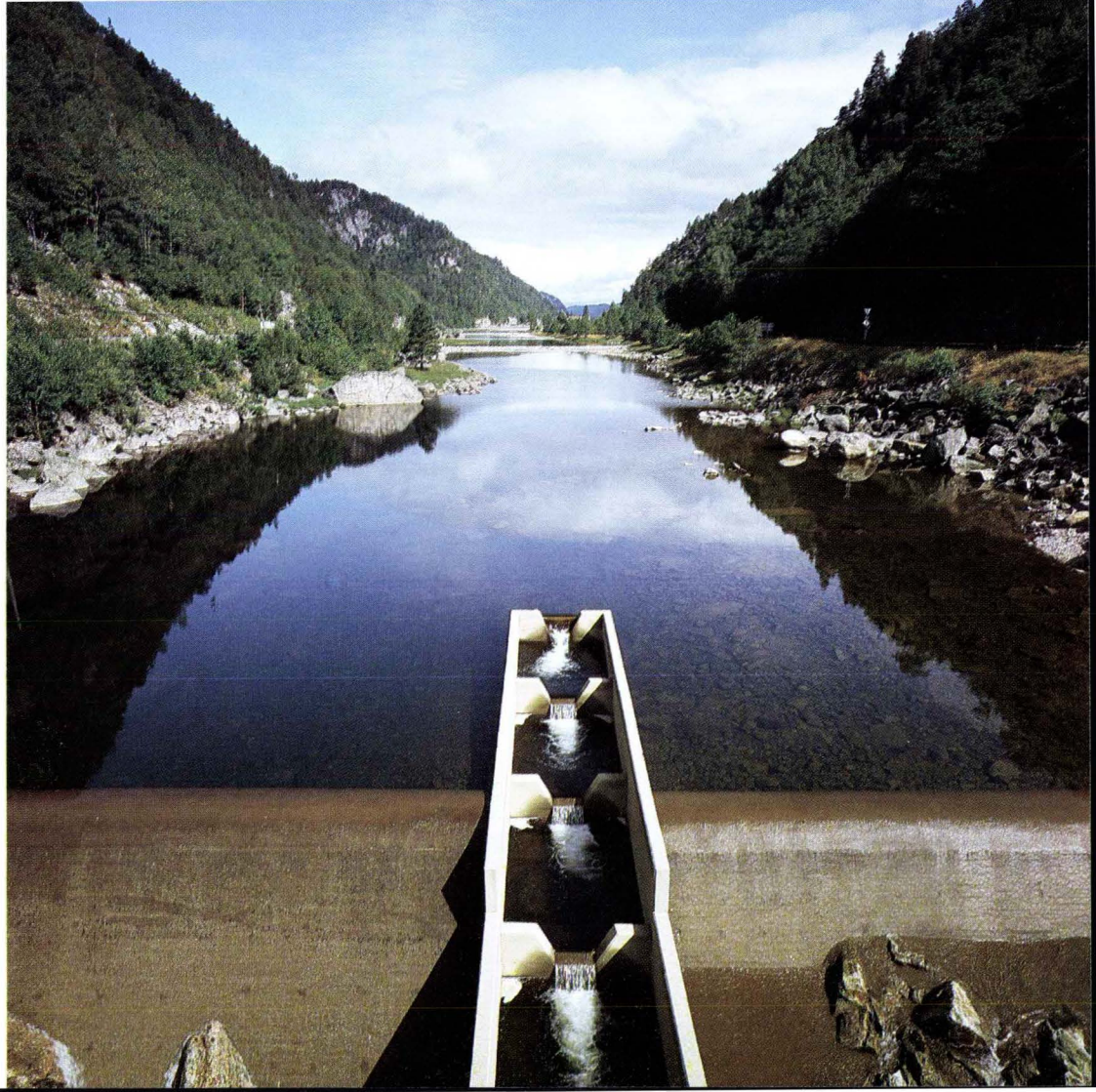
Ferdig lakseterskel av stein i Lærdal.
A completed salmon weir made of stone in Lærdal.

Fisketrapp i terskel under bygging i Mandalselv, jfr. s. 67.

A fish ladder in a weir being constructed in the River Mandalselv (see p. 67).

Fisketrappen på s. 66 ferdigbygget og terskelbasseng fyllt opp. Mandalselv.

The fish ladder on p. 66 after completion and the weir basin after filling.
The River Mandalselva.



English translation

Lytteutstyr i bruk for å følge laksens ferd i sjøen.
Sonar equipment used to monitor salmon migration in the sea.

CONTENTS

I PREFACE 71

II SUMMARY AND CONCLUSIONS 72

III BACKGROUND 75

IV SYNOPSES OF THE PRESENTED PAPERS ... 76

Vekterli: A Landowner's Experience with Fishing after Watercourse Regulation 76

Fürst: Experiments with the Stocking of Fish Food Organisms in Regulated Lakes 77

Nyman: Problems and Precautions in Regulated Char Lakes 78

Aass: Trout Stockings in Regulated Watercourses 78

Sødal: The Stocking of Brook Trout in Acidic Lakes in the South of Norway 79

Gunnerød: Regional Investigations in Regulated Reservoirs in Southern Norway 80

Lindstrøm: The Place of the Perch in Regulation Biology 80

Langeland: Yield Limits in Regulated Lakes 81

Jensen: Fish and Fishing after Damming of the River Nea 82

Aass: Sedimentation in the River Hallingdalselva 1966–67: Fishing in the Ustedals Fiord and the Stranda Fiord 82

Andersen: Regulations and Erosions in the Målselv Watercourse 83

Lillehammer: Production of Atlantic Salmon in the River Suldalslågen Before and After Regulation . 84

Vasshaug: Follow-up Studies in the River Suldalslågen, Rogaland County 84

Jensen: Atlantic Salmon studies in the River Eira 85

Rosseland: The Atlantic Salmon Population and its Exploitation in the River Lærdalselva 86

Vasshaug: Regulation Studies in the River Lærdalselva and in Other Salmon Rivers in Sogn County 87

Korsen: Reproduction Studies in Regulated Salmon Rivers in Mid-Norway 88

Berg: The Effects of Regulation on Salmon Fishing in the River Rana 89

Rosseland: Experiences with Smolt Stocking in Regulated Rivers 90

Raddum: Changes in Fauna in the River Aurlandselva 91

Larsen: The Brown Trout Population in the River Teigdalselva Before and After Regulation 92

DEVELOPMENTS SINCE 1978 93

THE NEED FOR FURTHER RESEARCH 95

I. PREFACE

This publication is based on a symposium which was arranged by the State Power System (NVE) – Water Resources Directorate and the Directorate for Wildlife and Freshwater Fish (DVF) on 29–31 May 1978. The purpose of the symposium was to gather knowledge about the biological effects of watercourse regulation on reservoirs and salmon rivers. The speakers were specially invited for their acknowledged expertise on various facets of the topic.

Tor B. Gunnerød and Per Aass from the Directorate for Wildlife and Freshwater Fish and Oddbjørn Dammerud and Pål Mellquist from the Environmental and Landscaping Department of the Water Resources Directorate at NVE – the State Power System comprised the task force responsible for planning and effecting the symposium.

Subsequent to the symposium, Tor B. Gunnerød and Pål Mellquist have co-authored a book entitled:

VASSDRAGSREGULERINGERS BIOLOGISKE VIRKNINGER I MAGASINER OG LAKSEELVER

(THE BIOLOGICAL EFFECTS OF WATER REGULATION IN RESERVOIRS AND SALMON RIVERS).

The book is nearly 300 pages long and includes both the papers presented and reports about the discussions. The book is available through the organizers of the symposium (p. 29).

This publication has been written, at our request, by Tor B. Gunnerød, in order to make this material more accessible to a greater number of readers. It is a brief, easily-read summary of the papers presented and the discussions following them, and includes the author's personal evaluation. We are grateful to the author for his up-to-date comments on the situation as it is at the present time.

NVE – The Directorate for Water Resources
Environmental and Landscaping Department

October 1983
Knut Ove Hillestad

II. SUMMARY AND CONCLUSIONS

Norwegian (and Swedish) fishery biologists have been carrying out investigations and research in regulated watercourses for most of the present century. Some of the results of these studies have been published in Norwegian and/or international journals, others in the internal reports of various institutions, in annual reports, in environmental assessments done in connection with applications for hydropower regulations, in legal claims, and in connection with mandatory fish stockings. Many of the results have never been processed or systematized.

The purpose of the fishery symposium in 1978 was to gather together as much as possible of the information available about the biological effects of watercourse regulation on reservoirs and salmon rivers. In 1979 a 300 page report from the symposium, containing the presented papers and discussions, was published. At that point the two institutions responsible for the arrangement, NVE and DVF, felt that they had come a long way toward achieving their goal (p. 01).

Before moving on to the conclusions which can be drawn from the symposium, a reminder is in order. Every hydroelectric power development project causes great changes in hydrological as well as biological conditions. There are effects both on fish and on their food organisms which live in reservoirs and affected rivers. These effects are inevitable no matter whether the waterflows are permanently increased or decreased, or when the seasonal rhythms, especially waterflow and/or water temperature are altered. In inland rivers the brown trout (*Salmo trutta* L.) is our most important fish species. In unregulated waters it feeds mainly in shallow waters. It is dependent on a lotic (running water) environment for spawning and early feeding. The brown trout is therefore strongly affected by regulations, dam constructions and reductions of waterflow in rivers and streams. Changes in trout populations are especially noticeable in places where the trout is in competition with other freshwater species such as Arctic char (*Salvelinus alpinus*), whitefish (*Coregonus leucichthys*), yellow perch (*Perca flavescens*), etc., or where one or more of these other species are introduced into trout waters when water is diverted from one watercourse to another. Regulation upsets the previous balance of species and the trout will often be the looser due to its special biotopic requirements.

The Atlantic salmon (*Salmo salar*), economically Norway's most important freshwater fish, is in a situation similar to the trout's. Salmon are depen-

dent on running water for spawning and during early development. Also, sports fishing for salmon is done mainly in rivers. To get from saltwater to freshwater, to move upstream in rivers and to negotiate obstacles, such as waterfalls, rapids and fish ladders and to take sports fishing gears, salmon require certain conditions. In most areas they have special requirements both for waterflow velocity and water temperature. The salmon populations of individual rivers have adapted themselves to the specific conditions in those rivers through hundreds of salmon generations.

Due to the general conditions mentioned above, which have been confirmed by sound biological research, biologists have been and are pessimistic when the effects of a new water regulation project are predicted prior to the onset of construction. The predictions made by biologists and local and federal fishing agencies about the biological effects on fish and fishing *before* any construction takes place in rivers, and the results of studies made subsequent to regulation and which were discussed at the fishing symposium in 1978, illustrate this clearly.

These reports indicate that the biologists were "wrong", or put another way: Things were not as bad as the experts had predicted. There is still plenty of fishing taking place and considerable catches are landed in rivers and regulated waters which, prior to regulation, were expected to be more or less completely ruined. Why is this the case?

Firstly, it appears that the species of fish we are most interested in here, brown trout and Atlantic salmon, have been more able to adapt to changes in their environmental conditions than what was previously believed. Nature herself causes great variations in waterflow and temperature. "Catastrophies" occur in nature, too, and fish species have adapted to these changes. This does *not* mean that the production of fish is unaffected, – the large variations in catch in unregulated salmon rivers for example, are probably due to such seasonal changes in the river ecosystem. Trout in regulated reservoirs have to change their diets. They switch from feeding on large insect larvae and large crustaceans, such as the benthic amphipor *Hammarus lacustris,* to feeding on Chironomid larvae and nymphs, and smaller pelagic crustaceans. This undoubtedly results in reduced production due to reduced nutritional intake. In addition, greater amounts of energy are expended by the fish in order to find food. But fish production *does* occur, although on a more modest scale, and it can still support sport fishing.

Secondly, experts have obviously underestimated

the results which can be attained by taking some active steps to compensate for damage to our regulated watercourses. These include determination of minimum waterflows (as in the River Lærdalselva and the River Suldalslågen), reconstruction of old, and construction of new fish ladders (as in the River Ranaelva) and stocking of fish (which Per Aass discusses in the first of his talks). Although there are still many unanswered questions concerning optimum strategies for fish cultivation, regarding selection of species, location and time of stocking and age and size of fish, the value of these stockings has been underestimated. In a number of regulated watercourses stocked fish make up 30–40 % or more of the fish that are later caught with gear. The return, and thereby the profitability of young fish stocking, can be increased considerably by improving the place of stocking, among other things. This has been proven by the results of the ocean stocking of Atlantic salmon smolt. These results were presented at the symposium.

A scientific analysis of the effects of watercourse regulation on fish communities in reservoirs and salmon rivers requires thorough preliminary investigations in addition to follow-up work for many years after the power constructions and regulations have been completed. Almost none of the watercourses reported on at the fish symposium had been adequately analyzed. The lack of good reference data was remarked by many participants, including Professor Rolf Vik in his summary at the end of the symposium. Good analyses call for some sort of agreement among experts about the *methods* to be used and the interpretation of the results. The discussions following both Korsen's and Raddum's papers illustrate this. The density of salmon fry is not synonymous with production of smolt, and the occurence of food vertebrates in the rivers is not synonymous with available nutrients for fish! In the River Suldalslågen, Lillehammer found no change in the salmon frys' choice of food or in their growth rates after the Røldal-Suldal regulations.

Erosion and sedimentation of reservoirs and rivers have different effects depending on the location of the watercourse and the species of fish affected. The erosion of Lake Devdivatn in 1973 and the fine particle sedimentation of the River Målselva did not, according to Andersen, seem to have any negative effects on the production of salmon fry or on the sale of fishing licenses. On the other hand, Aass documented the fact that the sediment deposits in the River Hallingdalselva in 1966–67 had extremely negative effects on the fish in the Ustedals Fiord and the Stranda Fiord. The same result was also shown by Reidar Borgstrøm subsequent to a water level decrease and the erosion resulting

from this regulation in Lake Mårvatn in 1970 (not presented at the symposium).
A reduction in natural waterflow of 40–50 % in salmon rivers still appears to leave enough water to provide an adequate basis for a considerable production of salmon fry and for sport fishing (Korsen). Further reductions, as for example, in the River Eira (Jensen) with about 65 % reduction, apparently have effects even though gear selection may also be of importance here (Nyman).
Changes in spring and early summer waterflow influence the pattern of salmon behavior in the fiords (Vasshaug). It is also possible that physical disruptions in watercourses lead to changes in water quality which make the return of the salmon to a particular river (Rosseland and Vasshaug) more difficult. The situation in the River Lærdalselva *since* 1977 illustrates the importance of following up studies for more than just the first 2 or 3 years after regulation. It *is* possible that Vasshaug's observations of the decrease in the density of the salmon fry population in the River Lærdalelva in 1975–77 resulted from natural population fluctuations.

III. BACKGROUND

The history of biological investigation in regulated watercourses goes almost as far back in time as the use of water power for production of electricity. As early as 1933, Professor Knut Dahl presented his work on "The Effects of Watercourse Regulation on Fish Populations in Lakes". Two years later Mr. Hartvig Huitfeldt-Kaas, Fishery Inspector, published in German "The Effects of Watercourse Regulation on Fish Populations in Inland Lakes".
Since the days of Dahl and Huitfeldt-Kaas, hydroelectric power production and development have multiplied many times over. Research in freshwater biology and registration of conditions in regulated and unregulated watercourses have gone on continuously. Although a number of reports and statements have resulted from individual studies, up until the time of the symposium there had been no great effort made to gather and systematize the available knowledge on the effects of watercourse regulation on river and lake ecosystems.
In light of this situation, the NVE – Water Resources Directorate and the Directorate of Wildlife and Freshwater Fish (DVF) decided to arrange a symposium on watercourse regulation and its effects on fish. The goal was to gather, from Norway and Sweden, as many biologists as possible who presently

were or had been involved in investigations of freshwater fishing and research in regulated watercourses. It was hoped that through the presentation of research papers, followed by open discussions, a great body of knowledge about the topic, both published and unpublished, could be gathered.

It was necessary to place certain limits on the choice of topics for the symposium. Firstly, the papers presented had to be concerned with investigations done on watercourses which were already regulated and preferably where there was some information available about the fish and fishing *prior* to regulation. Secondly, the areas investigated were limited to reservoirs and salmon rivers. Effects associated with hydrology, climatology or other natural sciences were not discussed, nor were predevelopment studies which had been made, but not followed up with post-development studies. "Natural Science and Hydroelectric Power Development" was discussed earlier at a conferance arranged in 1976 by the Co-ordinating Committee for Watercourse Regulation at the University of Oslo. "Watercourse Regulation and Wildlife" was discussed later (in 1980) at another NVE/DVF symposium, and at seminars on the effects of watercourse regulation on local climatic conditions, groundwater and agriculture which were arranged by the Norwegian Hydrological Committee.

IV. SYNOPSES OF THE PRESENTED PAPERS

Peter Vekterli (former city council chairman in the district of Røyrvik in Nord-Trøndelag County):

A Landowner's Experiences with Fishing After Watercourse Regulation

Vekterli, a property-owner and long time chairman of the city council in the mountain village of Røyrvik in Nord-Trøndelag County, opened the symposium with his observations about the effects of watercourse regulation on fish populations. The pattern of development which he described was typical for this type of man-made environmental changes: Previously good brown trout and Artic char streams showed marked reductions in fish size and quality and trout were out-competed by small char. Some of the lakes had been fished too much, due in part to the fondness of Swedish sports fishermen for ice-fishing char. In Vekterli's opinion this is one of the reasons for the recent increase in fish weight and quality. (The questions posed by Vekterli were – to a great extent – answered in Lennart Nyman's paper and during the discussion which followed its presentation.) Vekterli also pointed out the enormous importance of biological fishery research in regulated lakes, not merely to satisfy the scientists'

thirst for knowledge, but also for practical reasons. Their knowledge can be applied to help relieve economic problems in sparsely populated outlying districts which have weak or one-sided economies (p. 53).

Magnus Fürst (Research scientist, Freshwater Laboratory, Drottningholm, Sweden):

Experiments with the Stocking of Fish Food Organisms in Regulated Lakes

One logical step which could be taken to reduce the consequences of the survival failure of the lower links in the fish food chain in regulated waters would be to stock the areas with food organisms that can tolerate the new conditions. About 20 years ago the first successful stocking of the crustacean *Mysis relicta* took place in Lake Blåsjø in Sweden – not far from Lake Tunnsjøen in Nord-Trøndelag. Fürst recounted the experience gained from this experiment.

It has been shown that it takes quite some time before the relationship between fish and their new prey achieves enough stability to form the basis for any sound conclusions about effects. In Lake Blåsjøen the introduced crustacean has become a very important food source for both trout and char.

This importance varies somewhat according to the season and the species or subspecies. The yield of brown trout has increased by at least 50 % compared to before Mysis was introduced. Growth and flesh quality have also improved. Scientists were surprised, however, that pelagic char did not eat the Mysis. For trout, Mysis become the most important prey year-round and burbot (*Lota lota*) (which is also found in two Norwegian lakes where Mysis has been stocked) switched to an almost exclusively Mysis diet.

In some cases the stocking of Mysis had dramatic effects on the rest of the plankton community in the lakes: *Eurycerus lamellatus,* a small benthic crustacean, disappeared completely. Other crustaceans of the order Cladocera, such as water fleas (*Daphnia*), *Holopedium* and *Bosmina* had their numbers greatly reduced. This was followed by a corresponding reduction in their importance as food sources for the fish. According to Fürst, the disadvantages of this plankton reduction is compensated for by the lower expenditure of energy necessary when the fish feed on the larger Mysis.

During the *discussion* which followed some Norwegian scientists expressed their doubts about the wisdom of stocking food source species. Doubts were voiced both because of the changes caused in the ecosystem and because of the lengthening of

the food chain to the fish. An alternative – the stocking of a species of smaller fish to prey on such as smelt – was brought up by others, but Division Head Berg of the DVF was quite sceptical to that idea.

Lennart Nyman (formerly District Fishery Director in Gävle, Sweden):

Problems and Precautions in Regulated Char Lakes.

During the past decade it has become apparent that Arctic char exist as two or more sibling species. These have identical phenotypes, but different genotypes which are expressed primarily through differences in size. In the Nordic countries, at least three species have been positively identified.

On several occasions the stocking of char containing one of the dwarf-forms has led to the disappearance of normal char because the growth of their heterozygous offspring is poorer than that of normal char. Eggs from dwarf-form char were easily available and they were unintentionally introduced into waters which, up until that time, had been good char lakes. The result was a decrease in average specimen size. Unfortunately, heavy netfishing did not increase the average size of the fish. This exploited the bigger specimens more than the smaller ones which were to have been removed.

The goal is to limit the number of char forms to just one in each lake. If this could be accomplished, the availability of food could be regulated by stocking food organisms for the char and increasing the yield by thinning out the population.

Per Aass (Research Scientist, DVF's Fish Research Division):

Trout Stocking in Regulated Watercourses.

Aass' paper was a summary of the experience gained by the Fish Research Division through the investigations which they have carried out since 1959.

The genetic characteristics of the material used for stocking seem to be very important. From experience we have learned that the best results are obtained when young fish from the same climatic zones and from waters with approximately the same sorts of food supplies are used. The time of fish stocking has proven to be very important, as is the size of the stocked fish. Another important factor is the number of fish per area unit (or per meter shoreline). Aass also discussed the question of whether better stocking results can be achieved by allowing the fry to adapt better to life outside the hatcheries and fish-stocking sites prior to their release. There are great differences between the natural habitat of a river and that of the concrete or

plastic pools in hatcheries, where food drifts down from the surface of the water at regular intervals (pp. 38 and 39).

The return of stocked fish varies according to the type of stocking material, the methods used in stocking and the biological and other conditions to which the stocked fish are exposed. Aass pointed out that in a number of regulated watercourses the stocked fish comprised 30–40 % of the later catch.

Per Sødal (Managing Director, Arendal's Cooperative Watercourse Management Association):

The Stocking of Brook Trout in Acidic Lakes in the South of Norway

Sødal represented watercourse managers in the "acidic part of the country". He pointed out that they often had the feeling that brown trout stocking was just a waste, and he inquired why other species of fish were not used, for example brook trout (*Salvelinus fontinalis*), which apparently adapt better to acidity. In the southern part of Norway, power companies annually spend between 300,000 and 400,000 NOK for stocking brown trout, so these stockings represent sizeable annual economic expenditures. According to Sødal, brook trout can tolerate water acidities down to ph 4.3–4.4. They have a more rapid growth rate than brown trout, have better flesh quality, and seem to be willing to take sport fishing gears, which consequently makes them well-suited for sport fishing.

In the *discussion* following the presentations of Aass and Sødal, the relationship between wild fish and artificially bred fish was discussed, as were the advantages of fish-rearing in artificial tanks contra natural pools. When wild fish (those caught from overpopulated populations) were used for stocking, they showed a poorer growth rate and flesh quality than reared fish. There was little information available on the use of natural pools, as these require a great deal of space and consequently do not lend themselves well to intensive rearing. Concerning the stocking of brook trout in acidic, regulated lakes in southern Norway, the DVF reported that they were, at that time (in 1978) reluctant to change species because experimental stocking of brook trout was being followed up under the auspices of the Acidic Precipitation (SNSF) project. The danger of overexploitation of the food source and the tendency of brook trout to migrate out of watercourses were also mentioned. The situation today (in 1983) has changed considerably and is discussed under the section entitled "Developments Since 1978".

Tor B. Gunnerød (Projects leader, DVF's Hydropower Research Group):

Regional Investigations in Regulated Reservoirs in Southern Norway.

Gunnerød spoke about the biological fishery investigations which have been carried out since 1972 in 175 regulated lakes in 33 watercourses from Agder County to Trøndelag County. The results of the investigations have been published in reports from the DVF – Hydropower Research Group. Gunnerød's general conclusions are that fish, especially brown trout, appear to tolerate water regulation better than anticipated. There were examples of lakes which had been regulated up to 50 meters where the fishing was still good, even after the damming effect had passed. In addition, there is documentation of the obvious competition among brown trout, yellow perch, whitefish and Arctic char. This competition assumes great importance when other species of fish appear in previously "pure" trout waters in connection with hydropower development projects (p. 31).

Gunnerød's investigations confirm Sødal's claims that the stocking of fry and yearling brown trout in acidic waters (ph < 5.0) generally gave poor results. With increasing regulation height and height above sea level, midge larvae and nymphs gained importance as a food source for fish, compared to other insect larvae. The most important food source, the Amphipod crustacean, *Gammarus,* disappeared completely when regulations exceeded 6–7 m.

Torolf Lindstrøm (Research scientist, Freshwater Laboratory, Drottningholm, Sweden):

The Place of Yellow Perch in Regulation Biology.

Lindstrøm reported on Swedish investigations made in lakes located about 400 m above sea level, which have later been regulated. The yellow perch made its appearance quickly in rapidly warmed shallow areas of water which were rich in vegetation and thus encouraged growth. The availability of small whitefish (*Coregonus*) resulted in large perch. Regulation seriously damaged shallow water biotopes which are the summer habitats of perch and their fry. The perch seemed to appear at greater depths in regulation reservoirs where it was still possible to find small whitefish.

The changing situation regarding competition among various fish species and trout – the species most vulnerable to water regulation – was emphasized in the *discussion* after Gunnerød's and Lindstrøm's papers. It was also stressed that when dis-

cussing the effects of water regulation on fish populations, a distinction was necessary between regulations where the natural water levels were decreased and those where the natural water levels were increased. Increasing also resulted in a positive "damming effect" which could be of considerable duration when midge production was increased due to the submersion of large amounts of organic matter in previously terrestrial areas.

Arnfinn Langeland (formerly Senior Scientist at the Laboratory for Freshwater Ecology and Inland Fisheries, University in Trondheim; the Royal Norwegian Society of Sciences and Letters, the Museum):

Yield Limits in Regulated Lakes.

Langeland reviewed the methods for calculating the yield of fish populations. There is not very much known about production possibilities in our watercourses, especially for Arctic char and whitefish. The data in the yield investigation showed the following; Lake Øvre Heimdalsvatn: brown trout 5.2 kg/ha (kilograms per hectare), Lake Olavatn: brown trout 2.3 kg/ha, two lakes close to Bergen: brown trout 2.5 kg/ha, Lake Øvre Fiplingsvatn in Nordland County: brown trout 2.1–3.3 kg/ha and Lake Jølstervatn, where a special plankton-eating brown trout population produced 9 kg/ha. Data from regulated lakes showed the following yields; Lake Selbusjøen: char 1.7 kg/ha, the Tunhovd Fiord: Arctic char 3 kg/ha (p. 31), the Pålsbu Fiord: Arctic char 1.5–2 kg/ha and Lake Totak: Arctic char approximately 5 kg/ha. In Lake Selbusjøen the Arctic char yield was 80–90 % of the entire fish production. There was not much information available on the yield of brown trout in regulated lakes.

According to Langeland, the yield could be increased considerably by fishing the small fish in order to encourage production of fewer, but larger fish.

During the *discussion* following Langeland's paper, it was pointed out that the efficiency of the methods used for harvesting and managing fish placed greater limitations on yields in both regulated and unregulated waters in most places than did the actual production (p. 53). It was also important to control natural recruitment where this was too great.

John W. Jensen (Senior Scientist, University of Trondheim; the Royal Norwegian Society of Sciences and Letters, the Museum):

Fish and Fishing after the Damming of the River Nea.

Jensen presented the preliminary results from the investigations of the succession in two new lakes

which were made in 1970, Lake Nesjøen and Lake Finnkojsjøen. He reported that from a biological viewpoint the development in Lake Nesjøen was a success and in Lake Finnkojsjøen a fiasco. The positive influence of the damming effect for 4–6 years was observed and it was also proven that Arctic char was the species which had adapted best, while brown trout did not manage to adapt quite so well. In Lake Finnkojsjøen 100 % of the reservoir was used every year, the water depth at lowest regulated water level was only 2 m. Poisonous H_2S, from large swamp areas which were submerged, has had harmful effects on fish and other organisms. In Lake Nesjøen the water level has varied only 6–7 m. since the first filling in 1971 and fishlife has thrived – first trout and then char. This must have initially been due to the easy accessibility of trout from the submerged stretch of river, and later from the massive intake of char from Lake Essandsjøen. The major source of fish food was the enormous numbers of midge larvae and nymphs which were produced early in the season. Later in the summer plankton and burbot fry provided food. The midge production was made possible by the submerged vegetation which gradually became covered with silt. Experiences from Lake Essandsjøen indicate that it will take approximately 20 years before the extraordinary production of midges in the substratum stabilizes. If the minimum acceptable size for a fish is set by the use of 24 mesh gill nets, the fish catch in Lake Nesjøen has increased from 5–10 times.

Per Aass (Research Scientist, DVF's Fish Research Division):

Sedimentation in the River Hallingdalselva 1966–77: Fishing in Ustedals Fiord and Stranda Fiord.

Technical disruptions in watercourses often lead to sedimentation problems. At the head of the Uste watercourse large amounts of glacial sediment have been deposited through the years. The reservoirs here, which have primarily been regulated by lowering the natural water level, were tapped for the first time in the winter of 1965–66 and great quantities of sediment were carried down the watercourse.

In the Ustedals Fiord the catch of trout dropped to 25–30 % of what it had been earlier. It remained at this level for 4 years before improvements were noted in 1972–73 and in 1976–77. There was a tendency for the trout caught to be larger. This may be because the larger fish were easier to catch owing of an increase in their mobility when a lake has too little available food. The Arctic char population was

the hardest hit and each successive silting up of the water affected them instantly. Tests show that the silt deposition affected the benthic fauna severely. Fish died or migrated due to lack of food. The investigations carried out in Lake Strandafjord showed that whitefish and Arctic char migrated there from higher watercourses. Fishing in the Stranda Fiord was also reduced after the fine particle sedimentation as a consequence of higher mortality and migration.

Christian Andersen (Senior Scientist, Norwegian Forestry Museum, Elverum):

Regulations and Erosion in the Målselv Watercourse.

Regulation in the Målselv watercourse system began in 1973. In the intake reservoir to the Dividalen Power Station, Lake Devdisvatn, great erosion (approximately 2 mill. m^3) took place during the first filling in 1973. This resulted in heavy silt deposition in the watercourse and for quite some distance in the fiord outside the river mouth (pp. 50 and 51).

Measurements showed that the amount of inorganic matter which was deposited diminished at first, close to the site of erosion, but increased again farther down the watercourse. This could not be due to regulation. The sediment was deposited between rocks close to land and in backwaters where the current was weak. The spawning grounds for Atlantic salmon were not ruined because the fine clay matter was not primarily deposited in the riverbed itself. There were no measurements made of silt concentrations which were high enough to create any probable negative effect of the fish.

The catch statistics from the river show greater catches for the years after regulation than for the years 1966–72. In 1973, the year of the silting, the catch above the Målselvfossen Falls was considerably under normal. Catch statistics show a reduction after 1974, but Andersen claimed that this could just as well be caused by "natural" fluctuations in the salmon population as by regulation.

Densities of young salmon and brown trout were studied by electro-fishing (p. 44). Fine particle sedimentation apparently had no effect on the densities of young salmon or trout. The number of fish per unit area was higher below the discharge area than above it. Growth analyses of salmon fry showed no significant differences above or below the discharge area. Andersen found that 1973 was a good smolt production year. They developed during the worst period of silt deposition. The sale of fishing licenses was not affected either.

During the *discussion* following the papers of Aass and Andersen, other examples were given of cases where erosion and sedimentation had had negative effects on fish and their food organisms. The various investigations were, however, difficult to compare since different methods were used to measure turbidity.

Albert Lillehammer (Associate curator, University of Oslo, Zoological Museum):

Production of Atlantic Salmon in the River Suldalslågen Before and After Regulation.

Lillehammer was of the opinion that an estimate of the effects of regulation on salmon productivity should not be based on catch statistics. He pointed out that *predation and fishing in the ocean* can cause great variations in the catches. Therefore, studies should be based on the production of smolt. Changes in the rearing areas in the River Suldalslågen following regulation did not exceed natural variations apparent in the river's production of primary food sources. The investigations were made in the periods 1960–64 prior to regulation and in 1974–77 subsequent to regulation. The salmon fry remained very dense and there had been no negative displacement of area as a result of the change in water level. The extremely low water levels which occured in the river before it was regulated were gone.

Øivind Vasshaug (Freshwater Fishery manager, formerly DVF's District Office – Western Norway):

Follow-up Studies in the River Suldalslågen, Rogaland County.

The salmon found in River Suldalslågen are especially large in size. The catch statistics here go back to 1876 and have been very good since 1957. They include 90–95 % of the catch. The investigations referred to were carried out to study the effects of the Røldal-Suldal power plant's regulations. The results could subsequently provide a good basis for judging the biological effects of the Ulla-Førre regulations.

The return of tagged smolt here was quite modest compared to the returns in other tagging experiments. In 1976, 5 % of the catch in bag nets in the fiord behind Marvik were salmon with their adipose fins clipped. In the River Suldalslågen there was an 8 % return. Every returned fish cost approximately 4,500 NOK in hatchery production costs. Tagging of adult salmon at Karmøy and two places closer to the Sands Fiord showed that the bag nets behind Marvik caught many of the salmon that belonged to

the River Suldalslågen, while the nets in the Bokn Fiord farther out took less than 10 % of the Suldal salmon.
Tagging of salmon with acoustical tags (p. 68) showed that reduced streamflow in the river caused salmon to search for food closer to the shore than when the waterflow was greater. At high flow the fish kept more to the mid-fiord area, but used more time to reach the river.
Regulation led to a slight displacement of the catch from the lower to the upper part of the river. The proportion of small salmon (ocean age – one year) increased from 4.6 % to 17.7 %. There have been definite peak perids for the small salmon (66–69, 71–72 and 75–76). This phenomenon has not been observed in unregulated rivers. It may be due to increased winter waterflow. The catch of sea trout increased after regulation.
Comparing bag net catch statistics for the entire country with those of the Bokn Fiord, we find that figures for the latter show an increase in catch the two first years after regulation was initiated. Statistics for gear in the Sands Fiord, outside the mouth of the River Suldalslågen, did not show the same tendency. This may be because the salmon had difficulty in locating the river of their birth.

The importance of protecting these particularly large salmon stocks like those in the River Suldalslågen, was emphasized in the *discussion* after Lillehammer's and Vasshaug's papers. Protection is especially important when smolt are stocked.

Kjell W. Jensen (Director of Research, DVF's Fishery Research Division):

Atlantic Salmon Studies in the River Eira.

The River Eira is also famous for its large-sized Atlantic salmon. Waterflow has been reduced to 36 % of the original flow as a result of water diversion to other regulated water systems.
The spawning places of salmon and sea trout in the River Eira have been counted annually and charted ever since 1952. In spite of waterflow reductions, the spawning grounds almost never dry up. Observation data for 21 years show that only 0.2 % of all spawning places for salmon and 4.4 % for trout have dried up. Trout often spawn in shallower, more calm waters than salmon, which accounts for the difference in dryouts. In several dry spawning grounds it was possible to find living fry and fertilized eggs in April because of the water which percolated down through the gravel.
During the 25-year period (up until 1978) there was a positive correlation between the number of spawning grounds for salmon and for trout in spite

of the fact that the two species were in competition with one another.
The average size of individual salmon has decreased considerably in the River Eira after the reduction in waterflow, from 12–13 kg to 7–8 kg. The production yield from salmon fishing in the River Eira had been on the increase since 1953, but the increase was less than that found in other rivers in close proximity.
In the River Eira early spring floods produced favorable salmon fishing conditions.

To a great extent, the *discussion* after Jensen's presentation revolved around the probable reasons for the decrease in average salmon size. Both increased winter waterflow, as in the River Suldalslågen, and decreased winter waterflow, as in the River Eira, resulted in smaller salmon. With reference to Swedish studies, selective ocean fishing was suggested as a possible reason for the decrease in salmon size. The salmon's ability to adapt to changes, in both natural and regulated waterflows was mentioned by several participants.

Leiv Rosseland (formerly Director of Research, DVF's Fishery Research Division):

The Atlantic Salmon Population and its exploitation in the River Lærdalselva.
Since 1960, a census has been taken each November of spawning salmon in the River Lærdalselva. On the average there has been 1 salmon per 18 m of river in the upper 5 km of the river. The density decreased somewhat farther downriver. During the follow-up count in April an average of 81 % of the salmon observed the autumn before, could still be observed. There were variations from year to year and the numbers of spawning salmon were greatest in 1962 (185 % of the average counts for 1960–78) and in 1973 (157 %). The lowest numbers were in 1976 (31 %) and in 1977 (26 %). On the average 45 % of the migrating salmon spawned, while 55 % were caught by river sport fishermen. Exploitation varied greatly, and was as its highest in 1976 with 70 %.
The Lærdal salmon population is quite vulnerable to ocean exploitation. Of all of the tagged post-spawned salmon that spent the winter in the river, 23.5 % returned from the river fisheries during the following years and 76.5 % were caught in the ocean. The return statitics for tagged smolt were 22.2 % and 77.8 % respectively. All of the tagged fish caught in the ocean were not reported and for

this reason Rosseland estimated that less than 20 % of the tagged salmon had returned to the River Lærdalselva. The total catch of mature salmon was therefore about 85 %, 90 % of which was taken in the ocean and 10 % in the river.

On the basis of observation, the numbers of deposited eggs for various years were calculated. There was no correlation found between the number of eggs and the later return of salmon to the river. In fact, the opposite was found: the greatest number of salmon came during a year when very few were expected on the basis of egg counts.

The development of the salmon stock in the River Lærdalselva during the 3-year period preceding 1978 caused concern because of the drastic reduction in return. The migration had, however, been equally low in other years.* Exploitation, which for the most part takes place in the ocean, is dangerously high. The Lærdal salmon are important to salmon fishing in the Sogne Fiord. 44 % of the catch at the tagging station on the mouth of the fiord came from the River Lærdalselva.

---

* Author's remark: Rosseland's predictions, presented here in 1978, appear to have been correct. According to official statistics, there were, on the average, 1,203 salmon caught in River Lærdalselva in the years from 1978–81. This is somewhat higher than th 1960–1977 average, which was 1,140 salmon.

Øivind Vasshaug (Freshwater Fishery Manager, formerly of DVF's District Office – Western Norway):

Regulation Studies in the River Lærdalselva and in other Salmon Rivers in Sogn County.

Vasshaug pointed out that there is not much data available by which to judge the biological effects of regulation on the rivers which were first developed for power generation. In the River Fortunelva salmon fishing seems to have been reduced by 50–70 % and Vasshaug presumed that the productivity was strongly diminished. In what was once a prime salmon producing area above the power station, waterflow was reduced by 63 %. Here mainly stationary brown trout were found, even though large numbers of both salmon and brown trout had been stocked. Vasshaug postulated that the magnitude of the minimum waterflow was of importance for determining which species of fish would dominate.

Electro-fishing in the River Lærdalselva confirmed a definite reduction in population density of young fish from 1975 to 1977 as shown by Rosseland. How much of this was due to regulation and how much to exploitation in the ocean is unknown.

Of the adult salmon that were tagged at the tagging station located on the mouth of the Sogne Fiord, 19 % were returned from the River Lærdalselva. The return from the River Lærdalselva constituted

63 % of the total river catch in Sogn County, which shows the importance of that river to the total salmon fishing in the Sogne Fiord area. The proportion of salmon in the ocean did not change subsequent to regulation, but a lesser proportion of them appeared to have been caught in the River Lærdalselva and a greater propotion in other rivers in the district. This supports the theory that during the first years after regulation salmon have problems relocating the river of their birth and therefore ascend other rivers.

The catch statistics from the years after regulation show a more marked reduction in the River Lærdalselva than in unregulated rivers. This is the same kind of development as was observed in the River Suldalslågen. But whether this is a temporary or a permanent effect is still unknown.

(Note:
Please see the footnote to the report on Rosseland's paper (TBG)).

Yngvar Korsen (Freshwater Fishery Manager, formerly of DVF' District Office – Mid-Norway):

Reproduction Studies in Regulated Salmon Rivers in Mid-Norway.

Korsen presented data from six large salmon rivers (the Rivers Bogna, Holla, Bævra, Surna, Todalselva (p. 35) and Driva) in Trøndelag and Møre Counties, which were regulated between 1963 and 1974. Except for in the River Holla, the residual waterflow in these rivers is about 50–60 %. The study was based on statistics about fish catch, young fish (density) registrations and counts of spawners.

Registration of fish catch showed that it is difficult to separate the effects of regulation from natural fluctuations in the size of salmon populations. The rivers at Driva and Todalselva had shown reductions in catch, but these were within the annual variations recorded in previous years. In the River Surna the salmon fishing had increased after regulation, but this increase, too, could have been due to natural fluctuations. In the River Bogna a decrease was observed after regulation, but this was followed by a record year. The same thing occurred in the River Bævra.

Observations and average weights indicate that variations can occur after regulation. The proportion of salmon to sea trout may change consider-

ably, probably as a result of the stocking of more salmon.
In the River Driva fishing was displaced farther downstream. Revenue from fishing rights increased in the Driva and Surna Rivers after regulation and the sale of fishing licenses remained high for the Bogna and Todalselva Rivers.
The investigations showed that there were considerable densities of young salmon in the stretches of river with reduced waterflow. (On the average 20–60 fish/100 m^2). It also appears that smolt adapted fairly well to the reduced waterflow and that the loss of fish productivity was much less than had been anticipated for this type of waters. This could be because reduced waterflow leads to shallower rivers, making the river productive across its entire width. The water becomes richer in nutrient salts and light is more efficient over a greater area of riverbed. Reduced waterflow leads to an increase in temperature. Organic matter is not washed away so easily when peak flooding is reduced. Ice formation is not as violent, which is also of importance to the organisms fish feed on.

It was emphasized in the *discussion* after Korsen's paper that density of young salmon (fry) was not the same as production of smolt. High density gives slower growth rates and increases the age of smolt. Korsen confirmed that stocked fish, both before and after the reduction in waterflow, were included in his data. This meant that his density calculations were not based on purely "natural" production of salmon fry.

Magnus Berg (formerly Head of Division, DVF's Main Fishery Office):

The Effects of Regulations on Salmon Fishing in the River Rana

Berg reported on the power development activities that were carried out in the River Rana from the beginning of the 1920s until the Rana Power Station became operational in 1969. In the old days salmon could migrate upriver about 11 km. A number of fish ladders were built and rebuilt between 1936 and 1970. By opening new spawning and rearing grounds for the salmon, and at the same time adjusting the fish ladders to altered water conditions, the fish yield in the River Rana increased from 1,500 kg per year to almost twice that much in 1970. The strong increase in the number of salmon running upstream in the Reinfossen Falls fish ladder after 1974, gave us reason to believe that the increase would continue in following years. These areas of the River Rana are presently only slightly affected by water regulations.

The development of a fishery in the River Rana has shown that it is possible to maintain and even increase the salmon yield in a regulated river through planning and considerable investments in the form of fish ladders and minimum waterflow requirements.

Genetic adaptation and natural selection are important for the upriver migrations of salmon and sea trout, especially when they negotiate falls (p. 30) and fish ladders (pp. 33, 34 and 35). This fact was emphasized and its importance was illustrated by examples from other watercourses in Norway and Sweden in the *discussion* after Berg's presentation.

Leiv Rosseland (formerly Director of Research, DVF's Fishery Research):

Experiences with Smolt Stocking in Regulated Rivers.

Rosseland summed up the research carried out since WWII in Norway and other countries with stocking of Atlantic salmon smolt to compensate for the damage done by regulation to salmon reproduction and rearing areas. The research is based on the return of tagged smolt, and Norway participates in an international cooperative project with Sweden, England, Scotland, Ireland and Canada.

Generally the return of tagged smolt has been modest and far below the profitability limit if the kilo value of the salmon were to be compared with the cost of production of the stocked smolt. With the exception of the smolt stocked in Sweden and caught in the Baltic Sea, the Norwegian returns are considerably higher than the average in other countries where artificially produced Atlantic salmon are stocked.

Among the factors which have proven to be important for the return of smolt are the smolts' *size, time of stocking,* and *place of stocking.* Both in Norway and in Sweden very promising results have been attained by releasing smolt directly into the ocean.

Although stocking of hatchery reared salmon smolt has not produced particularly encouraging results up to this point, Rosseland reckoned that through improved breeding and stocking techniques it would be possible to achieve far greater profitability than we have today.

The *discussion* following the second of Rosseland's papers was especially concerned with the stocking of smolt. Tests done in connection with DVF regulation investigations up to 1978 showed that the return of stocked tagged smolt could be increased two or three times by transporting the smolt from the mouth of the river to the high sea in the hold of a

vessel filled with circulating seawater. This transport added only a few øre per smolt to the production cost. The geographical distribution of the return of ocean-stocked smolt was the same as for river-stocked smolt, and the size of the released smolt seemed to be less important for ocean-stocking than for more traditional river-stocking. Ocean-stocked smolt populations were less vulnerable to predation by seagulls and fish in estuaries, in fiords and in waters close to the coast than were the smolt released in rivers. This may be the reason for the better return achieved with ocean-stocking. (Note: The ocean-stockings have been continued and the results from 1978 have been further substantiated (TBG)).

In answer to a question, Rosseland stated that smolt tagged by salmon fisheries in Norway were returned in the Norwegian Sea, close to the Faroe Islands, off East and West Greenland and along the Norwegian coast. It was also mentioned that the stocking of artificially reared smolt was probably of little importance for protecting the salmon as a natural resource.

Gunnar Raddum (Senior Scientist at the Laboratory for Freshwater Research (LFI) – University of Bergen):

Changes in Fauna in the River Aurlandselva.

The Oslo Electricity Board's power development project in the Aurland watercourse (p. 62) has led to increased waterflow, higher winter water temperatures, and to more stable year-round flow in the river's lower regions where Atlantic salmon and brown trout occur. A question was posed about the consequences of these changes on the early development of fry. Of special concern was the problem of whether the fry would find food if hatching were accelerated.

Comparative investigations in 1966–67 and 1976 showed that the regulation of the River Aurlandselva led to a strong *increase* in the number of *small food organisms* available to the fish in the period from March to June, but that the animals' sizes were reduced so that the bio-mass (number of grams of animals per m^2 river bottom) was reduced to between ½ and ⅓ of what it had been prior to regulation. Raddum predicted that after regulation the newly hatched fry would have an improved food supply, while the larger fry and smolt would have a poorer food supply during the period from March to June than they had had prior to regulation.

Roald Larsen (Senior Scientist, Institute for Zoology, University of Bergen):

The Brown Trout Population in the River Teigdalselva, Before and After Regulation

The River Teigdalselva is a tributary of the River Vosso in Hordaland County. The river was regulated in 1968–69 when water from the upper part of the catchment area, which contained all of the lakes, was diverted to another watershed to be used by the Evanger power station. Fishery experts predicted that brown trout fishing in the river would be nearly 100 % lost after the diversion of water from the River Teigdalselva.

Annual studies from 1967 to 1977 of both the spawning stock and the density of fry have, however, given no indication of any decrease due to regulation in either the number of spawning fish or in the number of young fish.

During the *discussion* following Raddum's and Larsen's papers there was doubt expressed about whether data from two stations on the River Aurlandselva one year before and one year after the regulations, were sufficient to evaluate the effects of regulation on the fishes' food sources. The natural annual variations must have been great enough to preclude this. Fish stomach analyses should have been made. The reduction in the size of the food organisms was assumed to be due to the increase in water temperature. Raddum predicted that the size of the individual specimens would once again increase due to the reduced waterflow in the river when the Vangen power station between Lake Vassbygdvatn and the ocean becomes operative.

DEVELOPMENTS SINCE 1978

Five years have passed since the fishery symposium at Leangkollen was arranged. It is natural to ask whether there have been any changes in outlook or any new understandings of the biological effects of water regulation during these years.

The weir project has been executed and completed (pp. 42 and 43). Through this project our knowledge of the biological processes in regulated rivers and weirs has increased considerably. The same is true of our knowledge about fish migration and fishing practices in certain stretches of river. Studies such as Per Aass' investigations in Hallingdal and Hemsedal have added to our knowledge of this. Heggberget's investigations in the River Skjoma in Nordland County (Weir Project Report no. 19) showed increased density and growth of salmon fry after a reduction in waterflow and the construction of weirs. This was due to increases in water temperature and reduced run off from melted glacial water. On the other hand, the catch of adult salmon and trout had been reduced. Experiments with building special salmon weirs, in the River Lærdalselva (pp. 64 and 65) as well as other places, have produced extremely promising results.

The research carried out with fish stocking has continued, primarily under the auspices of DVF's Fishery Research Division. The establishment of a permanent fish research station at Ims outside of Stavanger has opened possibilities for a number of experiments with stocking; monitoring the migration of smolt from the rivers and the return of adult salmon.

Director Sødal's suggestion about changing from brown trout to brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in acidic, regulated waters in the south of Norway has been followed up. Between 1980 and 1981, brook trout were stocked in about 20 reservoirs. The trout were fished in the autum of 1982 to check on the results of the stocking and these results were very promising.

Langeland pointed out that there was not much data available about production yields in brown trout waters. Trygve Hesthagen's investigations in the regulated Tessa River in Lom (DVF-RU Reports no 12 – 1980 and no. 5 – 1981 and later annual reports) are important contributions here. On the basis of old catch reports, Hesthagen calculated the total yield from 1930–35 to be between 8,000 and 10,000 kilos. This is about 6.6–8.3 kg/ha. The water has been regulated 12.4 m (11.6 m lowered) since 1941. In the years between 1952 and 1980 about 10,000 one-summer old brown trout were stocked here annually. The catch in 1979–82 has

been about 3,000 kg/yr og 2.1 kg/ha (at the highest regulated water level) or about ⅓ of what it was prior to regulation.

In 1978 there were great expectations directed towards the stocking of food source species for fish in regulated lakes, especially *Mysis relicta* (Fürst). During the past few years, both nationally and internationally, a number of research results in this area have been presented. Objections to the principle of this type of stocking have been made on the grounds that the stocking interferes too much with the natural biological food chain. Stocking of Mysis has therefore been discontinued for the present both in Norway and in Sweden.

For the past few years, the problem of *oversaturation of nitrogen gas* (p. 45) in the run-off areas from power stations with stream intakes has been the object of research and reports of a committee under the auspices of the Watercourse Regulation Association. Tests have been made in the Tafjord Fiord, in the River Nidelva close to Arendal and in the River Driva.

In our salmon rivers, the most drastic change which has taken place since 1978, has been the appearance of the parasitic fluke *Gyrodactylus salaris.* This parasite kills all of the salmon fry in the rivers it inhabits in the space of just a few years. It is found both in regulated rivers (the River Vikja in Sogn County, and the Rivers Driva, Ranaelva and Skibottenelva) and in a number of rivers which have been selected for regulation (the Rivers Rauma, Saltdalselva, Vefsna and Lakselva in Misvær, among others). The danger of the parasite spreading to the River Aurlandselva and the River Lærdalselva and others led to the treatment of the River Vikja with the chemical rotenon which wiped out all of the fish in the river, and hopefully also wiped out the Gyrodactylus.

THE NEED FOR FURTHER RESEARCH

The fishing symposium of 1978 was successful in gathering together most of the knowledge available at that time in Norway about the biological effects of watercourse regulation in reservoirs and salmon rivers. Research has continued in the years since that time.

Recently, the preliminary fishery biological investigations prior to hydroelectrical development have been much more thorough than before.

There is, therefore, much more reference data available to the new regulation projects than was the case earlier. This opens more possibilities for studying the effects of river and lake regulations in the future. It is therefore important that these opportunities for follow ups are exploited.

Research toward finding well-suited varieties of fish for stocking, favorable stocking methods and places must continue. These are necessarily long-range investigations because the results of the young fish stockings are not apparent until the fish are large enough to catch, 5 or 6 years later.

The ability of fish to use the food sources available to them, and the dependence of growth and development on water temperature and current, in other words, evaluations based on energy consumption and production, open another field of further research. Results here can obviously explain a great deal about the observed fluctuations in populations. They will no doubt also contribute to better predictions about the effects of regulations on ecosystems. Here the results of laboratory research must be applied to models that can simulate changes in water temperature.

The efforts toward development of standardized *methods* for data collection about fish, nutrition and habitat must be intensified. Generally, therefore, research in this field must be strengthened. Among scientists in Norway this reinforcement is expected to come in connection with the NTNF project "Environmental Effects of Watercourse Development" which will begin in 1983.

Last, but not least, scientists and administrators from various institutions and research projects must cooperate more closely, both to solve research problems and to exchange information and data from their projects. In this area the fish symposium in 1978 was a major step in the right direction.

Tidligere utkommet i samme serie:

Earlier publications in the same series

Nr 1: **Liv i regulerte vassdrag**
Life in Regulated Watercourses.
Kåre Elgmork

Nr 2: **Sprengstein tipp og landskap**
Excavated Rock Tips and the Landscape
Knut Ove Hillestad

Nr 3: **Sysendammen og landskapet**
Sysen Dam and the Landscape
Knut Ove Hillestad

Nr 4: **Terskler, vassdrag og landskap**
Weirs, Watercourses and the Landscape
Knut Ove Hillestad

Nr 5: **Morenetaket i Umskar**
The Moraine Quarry at Umskar
Knut Ove Hillestad

Nr 6: **Vilt og kraftutbygging**
Wildlife and Hydroelectric Power Development
Odd Kjos-Hanssen