

LANGTIDSUTVIKLING AV RADIOCESIUM I HØYFJELLSØKOSYSTEMET  
ØVRE HEIMDALSVATN.

JOHN E. BRITTAIN

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI),  
Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo,  
Sarsgate 1,  
0562 Oslo 5.

## FORORD

I de nedfallsrammede områder etter Tjernobylulykken i 1986 er langtidsutviklingen av radioaktivitet og forståelse av de prosesser som styrer denne av stor interesse. Den omfattende systemøkologiske forskningen som har foregått i Øvre Heimdalen, som ligger midt i de mest rammede områder, gir et meget godt utgangspunkt for slike studier. Forholdet mellom nedbørfelt og innsjø var godt kjent, produksjonen av pelagiske og bunnlevende næringsdyr var godt undersøkt gjennom IBP-programmet, og populasjonsstrukturen i ørretbestanden er undersøkt over en årrekke gjennom "DVF - Fiskeforskningen", IBP-programmet og senere gjennom prosjekter ved Universitetet i Oslo. Innsjøen er av Miljøverndepartementet disponert til norsk forskning (St.prp. nr. 88). Det er ønskelig at den relativt moderne forskningsstasjonen kan utnyttes av flere fagmiljøer enn hva tilfelle er idag.

Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI) ved Zoologisk Museum i Oslo har valgt å følge utviklingen av radiocesium i ørret og endel sentrale næringsdyr i dette høyfjellsvannet. Prosjektet utføres i samarbeid mellom flere forskere ved Universitetet i Oslo. Prosjektet er hovedsakelig finansiert ved egne ressurser ved LFI. I 1987 er det imidlertid mottatt et tilskudd fra NLVF, og prosjektet er endel av NLVF's Program for forskning om radioaktivt nedfall.

Vi vil spesielt takke Arild Brunfeldt, Elena Larsen og Anders Storruste, Universitetet i Oslo, for målinger av radiocesium og verdifull diskusjon.

Desember 1988

Age Brabrand

## INNHOLD

SAMMENDRAG .....	4
ENGLISH SUMMARY .....	5
INNLEDNING .....	6
OMRÅDEBESKRIVELSE .....	7
METODER .....	7
RESULTATER OG DISKUSJON .....	7
LITTERATUR .....	14

## SAMMENDRAG

Brittain, J.E. 1988. Langtidsutvikling av radiocesium i høyfjellsøkosystemet Øvre Heimdalsvatn. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 107, 15 s.

Etter Tsjernobylulykken i 1986 er det foretatt målinger av radioaktivt cesium i Øvre Heimdalsvatn, spesielt med vekt på langtidsutvikling hos ørret. Øvre Heimdalsvatn og nedslagsfeltet har vært gjenstand for omfattende systemøkologisk forskning siden 1950-årene og er et viktig referanse vann hvor både produksjonsprosessene, næringsveier og nøkkelorganismene allerede er godt kjent. I løpet av sommeren 1986 steg radiocesium aktiviteten hos ørret i Ø. Heimdalsvatn til en gjennomsnittsnivå på ca. 7.000 bq/kg. Gjennomsnittsaktiviteten gikk ned i løpet av 1987 og lå i juni 1988 på ca. 4.000 bq/kg. En videre nedgang synes imidlertid å ha stoppet gjennom sommeren 1988, muligens p.g.a. økt tilførsel fra nedbørfeltet.

Variasjon mellom enkeltfisk har vært og er fortsatt stor. En gjennomsnittsverdi på 7.000 bq/kg inneholder enkeltfisk med verdier fra 2.200 til 11.700 bq/kg. Dette gjenspeiler variasjon i fiskens ernæring. Statistisk behandling av materialet er derfor nødvendig.

På bakgrunn av utviklingen av radiocesium i ørret fra Ø. Heimdalsvatn i perioden 1986-1988, er det beregnet en økologisk halveringstid for  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  på henholdsvis 14 måneder og 4 år. Dersom nedgangen som er observert fra 1986-88 holder seg, er det beregnet en tidsperiode på 16 år før total radiocesium aktivitet hos ørret er nede på 600 bq/kg.

**ENGLISH SUMMARY**

Brittain, J.E. 1988. Long-term monitoring of radiocesium in the lake ecosystem Øvre Heimdalsvatn. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 107, 15 s.

After the Tsjernobyl incident in April 1986, levels of radioactive cesium have been measured in Øvre Heimdalsvatn, a Norwegian subalpine lake, situated in an area of high fallout. The lake is an important reference site and has been the subject of extensive ecosystem studies since the 1950s. Thus production processes, food webs and key organisms are well known. Emphasis has been given to measuring long-term trends in the brown trout (Salmo trutta) population. After ice break at the beginning of June 1986, average total radiocesium activity in trout rose to 7000 bq/kg. Activity fell during 1987 and at ice break in 1988, radiocesium activity was 4000 bq/kg. However, there was no further reduction during the summer of 1988, possibly due to increased inputs from the catchment.

There is considerable variation in the level of radioactive cesium measured in individual fish. For example, within an average activity of 7000 bq/kg, values from 2200 to 11700 bq/kg have been recorded. These differences, which largely reflect differences in nutrition, necessitate statistical treatment of the data.

On the basis of the changes in cesium levels in trout since 1986, ecological half-lives for  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  of 14 months and 4 years, respectively, have been estimated. Assuming the decline continues at the same rate, it will take approximately 16 years before radiocesium levels in trout reach 600 bq/kg.

## INNLEDNING

Blant de områdene som fikk relativt store mengder radioaktivt nedfall fra Tsjernobyl i slutten av april 1986 var fjellene omkring Valdresflya i Oppland fylke. Øvre Heimdalsvatn og nedslagsfeltet, som ligger i dette området, er et viktig referansevann som har vært gjenstand for omfattende økologiske forskning siden 1950-årene, først gjennom Fiskeforskningsens arbeid (Jensen, 1977), så gjennom det Internasjonale Biologiske Program (Larsson et al., 1978) og senest i regien av Universitetet i Oslo (Lien, 1981; Bruun, 1988). Utgangspunkt for å følge og forstå dynamikken i radioaktiviteten etter Tsjernobylulykken i hele næringskjeden, både i innsjøen og i nedslagsfeltet er derfor meget godt. Produksjonsprosessene, næringsveier og nøkkelorganismene er allerede godt kjent fra før, og det er her derfor ikke påkrevet å måtte bruke betydelige midler for å fremskaffe denne nødvendige informasjon. Det ble derfor omgående satt i gang måling av radioaktivitet både i fisk, planter og fiskens næringsdyr (Brittain, 1987).

På grunn av de omfattende kunnskaper om ørretbestanden i Ø. Heimdalsvatn og den økonomisk og samfunnsmessig betydning av ørret, ble det valgt å konsentrere innsatsen på langtidsmålinger av radiocesium hos innsjøens ørretbestand. Populasjonsdynamikken hos ørret er spesielt godt kjent (Jensen, 1977; Lien, 1978, 1981; Bruun, 1988). Dessuten har Norges landbrukshøgskole et forskningsprosjekt som tar for seg utviklingen av radiocesium i fjellbeite i Øvre Heimdalen (Uhlen og Haugen, 1987). Det er også høsten 1988 satt i gang måling av radioaktiviteten i sopp i Heimdalen. Med den betydning som plantemateriale fra land (alloktont) har for produksjonsprosessene i innsjøen, er resultatene fra nedslagsfeltet av stor interesse. I denne rapporten presenteres resultatene av utviklingen av radiocesium hos ørret i Øvre Heimdalsvatn fra juni 1986 til oktober 1988 og radiocesiumnivået hos andre komponenter i innsjøen og nedslagsfeltet, hovedsakelig målt i august 1986.

## KORT OMRÅDEBESKRIVELSE

Øvre Heimdalsvatn ligger 1090 m o.h. ved Valdresflya i Oppland fylke. Nedslagsfeltet ligger på grensen mellom Øystre Slidre og Vågå. Subalpin bjørkeskog, med innslag av fjellbeite, preger nordsiden av vannet, mens det på sydsiden er lavalpin vegetasjon. Nedslagsfeltet er på 23.6 km<sup>2</sup> og høyeste punkt er Heimdalshø på 1843 m. Innsjøen er oligotroft, har et areal på 0.78 km<sup>2</sup> og et maksimal dyp på 13 m. Vannet er elektrolyttfattig (ledningsevne 10-30 µS/l), vindpåvirket og har en teoretisk oppholdstid som varierer fra 2 dager i vårflommen til 400 dager om vinteren. Ø. Heimdalsvatn er isfritt fra begynnelsen av juni til ca. midten av oktober.

## METODER

Hoveddelen av materialet har vært innsamlet fra Øvre Heimdalsvatn og nedslagsfeltet i løpet av årene 1986-1988. Blader av vier fra høsten 1980 er imidlertid også målt. De fleste målinger av radiocesium har vært utført ved Arbeidsmiljøavdelingen, Universitetet i Oslo, mens enkelte målinger er utført ved Geologisk Museum, Universitetet i Oslo og Institutt for atomenergi, Kjeller. For å få et mål på variasjonen i radiocesium i ørretbestanden er flere fisk analysert enkeltvis hver gang. Hver fisk er veiet, lengdemålt, kjønnsbestemt og skjellprøve tatt, og fra et mindre antall fisk er det tatt mageprøver.

## RESULTATER OG DISKUSJON

Materialet samlet inn fra tidligere undersøkelser har vist at praktisk talt all radioaktivitet i Øvre Heimdalsvatn stammer fra Tsjernobylulykken. Blader av vier samlet inn i 1980 viste så å si ingen radioaktivitet, mens det i august 1986 lå på ca.

600 bq/kg (Tabell 1). På samme måte er radioaktiviteten i innsjøens bunnslam begrenset til det øverste sjikt (<10 cm) og ørret fra 1985 vist mindre enn 100 bq/kg.

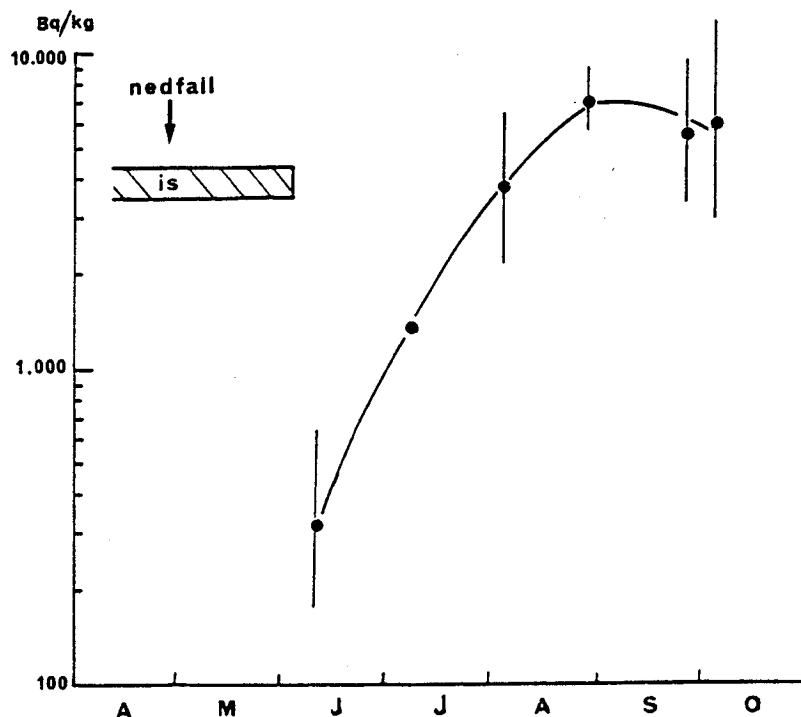


Fig. 1. Utvikling av total cesiumaktivitet ( $\pm$  95% konfidens interval) i ørret fra Øvre Heimdalsvatn sommeren 1986.

I løpet av den isfrieperioden i 1986 steg konsentrasjonen av radiocesium hos ørret raskt fra et gjennomsnitt på ca. 300 bq/kg i juni til en topp på ca. 7.000 bq/kg i slutten av august (Fig. 1; Brittain, 1987). Den observerte gjennomsnittsverdi gikk noe ned i løpet av september 1986 og lå i underkant av 6.000 bq/kg ved islegging. Gjennomsnittsaktiviteten våren 1987 var den samme som ved islegging i 1986 (Fig. 2). Fiskens metabolisme er meget lav om vinteren og forsøk har vist at det utskilles svært lite cesium ved lave temperaturer (Skurdal et al., 1987). I løpet av sommeren 1987 falt imidlertid gjennomsnittsradi-



aktiviteten til ca. 4.700 bq/kg. I motsetning til situasjonen etter vinteren 1986-87, gikk gjennomsnittsverdien ned i løpet av vinteren 1987-88 og aktiviteten lå på ca. 3.800 bq/kg i juni 1988. Imidlertid var det ingen videre nedgang i cesiumaktiviteten sommeren 1988, verken i  $^{134}\text{Cs}$  eller  $^{137}\text{Cs}$  (Fig. 2).

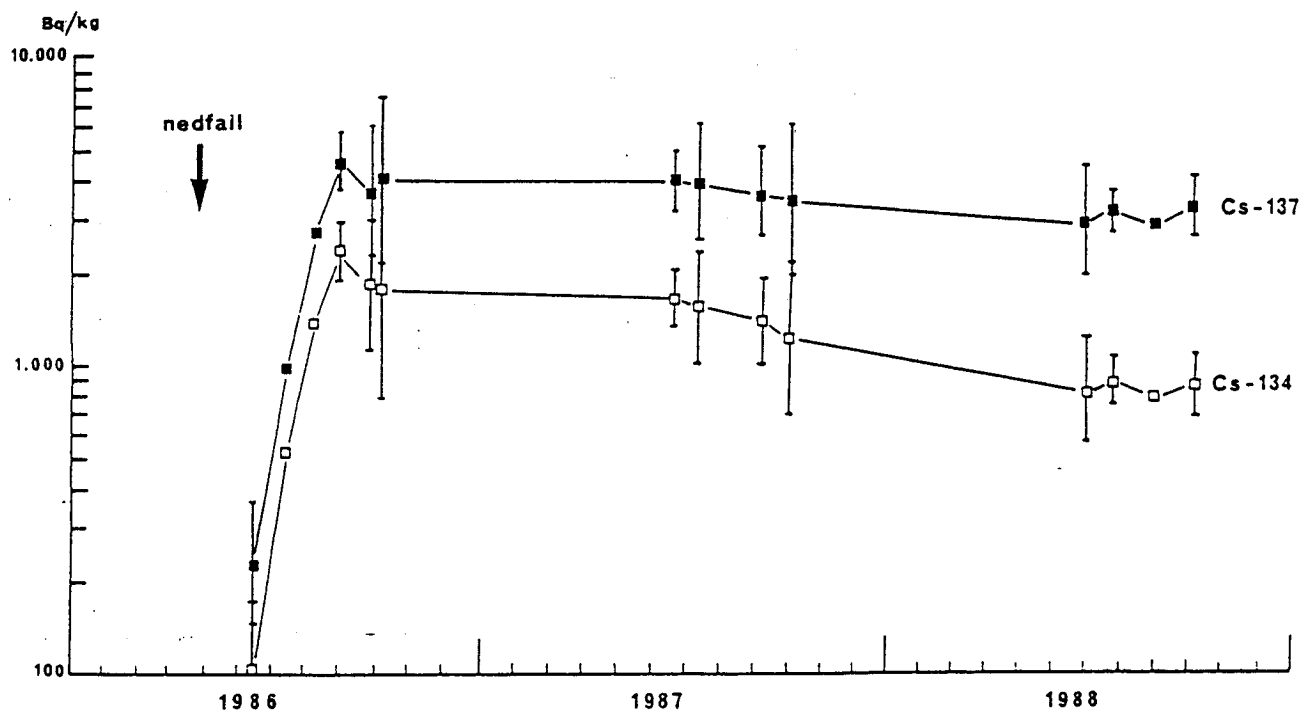


Fig. 2. Utvikling av  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  ( $\pm$  95% konfidens interval) i ørret fra Øvre Heimdalsvatn, 1986-88.

Det er viktig å presisere at det her er referert til gjennomsnittsverdier. Variasjon mellom enkeltfisk er stor. Dette betyr at det er ikke statistisk grunnlag for den observert forskjell basert på gjennomsnittsverdier mellom vinterene 1986-87 og 1987-88. For eksempel i oktober 1986, da gjennomsnittsverdien var 7.000 bq/kg, varierte verdiene for enkeltfisk fra 2.200 til 11.700 bq/kg (Fig. 3). I oktober 1988 var likeledes gjennomsnittet på 4.000 bq/kg men verdiene spenner fra 1.650 til 7.680 bq/kg. Fisken blir radioaktiv ved å spise radioaktive næringsdyr (Ugedal et al., 1988), og målinger i næringsdyr fra Øvre Heimdalsvatn i 1986 viser stor variasjon også her (Tabell

Tabell 1 Verdier for totalt radioaktivt cesium ( $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ ) målt i vann, planter og dyr fra Øvre Heimdalsvatn og nedslagsfeltet.

Materiale	Innsamlet	Bq/kg
Lav	28.08.86	5 620
Blader av dvergbjørk ( <i>Betula nana</i> )	28.08.86	1 180
Blader av vier ( <i>Salix</i> spp.)	28.08.86	600
Blader av vier ( <i>Salix</i> spp.)	høst 1980	0
Vann - Ø. Heimdalsvatn	05.08.86	0
Bunnslam under 10 cm	28.08.86	0
Bunnslam øverste 10 cm	28.08.86	1 110
Brasmegrass ( <i>Isoetes lacustris</i> )	28.08.86	630
Dyreplankton ( <i>Bosmina longispina</i> )	28.08.86	5 300
Døgnfluer ( <i>Siphonurus lacustris</i> )	28.08.86	2 800
Steinfluer ( <i>Diura nanseni</i> )	25.07.86	1 300
Steinfluer ( <i>Arcynopteryx compacta</i> ) <sup>2</sup>	juli 1986	4 120
Marflo ( <i>Gammarus lacustris</i> )	28.08.86	6 700
Ørekyt ( <i>Phoxinus phoxinus</i> )	28.08.86	8 760
Sløyet ørret ( <i>Salmo trutta</i> )	28.08.86	7 200
Ørret melke ( <i>Salmo trutta</i> )	28.08.86	1 300
Ørret rogn ( <i>Salmo trutta</i> )	28.08.86	3 550
Ørret rogn ( <i>Salmo trutta</i> )	06.09.87	1 740
Ørret rogn ( <i>Salmo trutta</i> )	03.10.87	5 890
Mink ( <i>Mustela vison</i> )	07.09.87	2 510

<sup>1</sup> fra Øvretjern, NV for Gjende

<sup>2</sup> fra Fisketjern, Valdresflya

1). Døgnfluer hadde 2.800 bq/kg, mens marflo hadde nesten 7.000 bq/kg. Dette forklarer mye av variasjonen i cesiumverdier hos ørret. Ørret er konservativ i sitt næringsvalg, og bestemte næringsemner dominerer til ulike tider av året og hos enkeltfisk (Lien, 1978).

Den store variasjon i radioaktiviteten hos enkeltfisk gjør det nødvendig å anvende statistikk for å uttrykke intervallen som det virkelig populasjonsgjennomsnittet ligger innenfor. Slike data er heller ikke normalfordelte, og verdiene må transformer- es ved bruk av parametriske statistikk. Med forbedret kunnskap om radioaktiviteten i de ulike næringsdyr og forhold til fiskens ernæring er det muligheter for å kunne redusere antall fisk som må måles for å få en pålitelig estimat av gjennomsnittet.

Variasjonen var stor i den første tiden etter nedfallet, noe

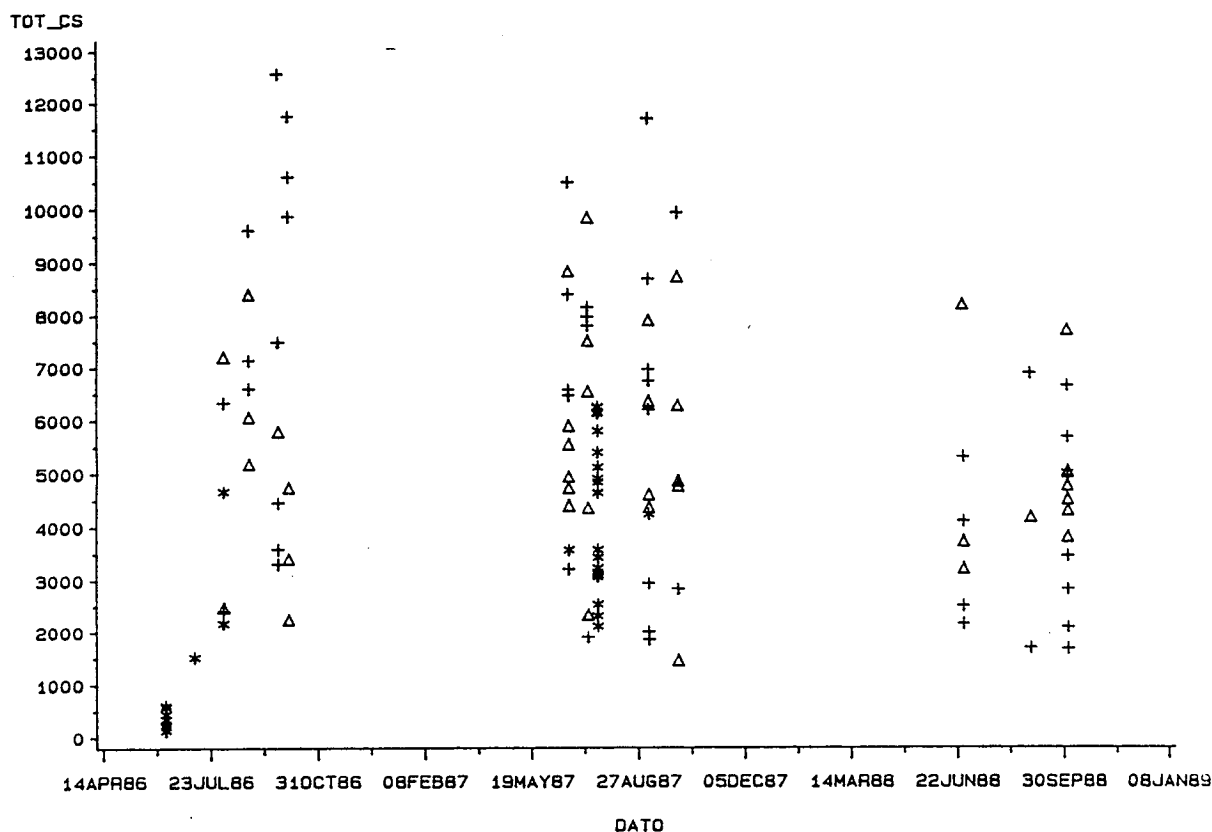


Fig. 3. Total cesiumaktivitet (bq/kg) for enkeltfisk (ørret) fra Øvre Heimdalsvatn i årene 1986-88. Kjønn er angitt slik: krysshunnfisk, trekant-hannfisk, stjerne-ikke kjønnsbestemt.

som antas å henge sammen med at enkeltfiskene i bestanden hadde et ulikt næringsopptak av høy radioaktive næringsdyr. I 1986 synes det å være en ny økning i variasjonen når gytetiden nærmer seg. Dette henger sammen med at en del fisk slutter å spise. Her var det også forskjell mellom hann- og hunnfisk, med en signifikant høyere cesiumaktivitet i hunnfisk. Samtidig viste målinger høsten 1986 nesten tre ganger så høy aktivitet i rogn som i melke (Tabell 1). Våren 1987 var det ingen forskjell mellom hann- og hunnfisk, men etterhvert er det en tendens for hannfiskene til å ha noe høyere aktivitet enn hunnfiskene.

Ut fra utviklingen av radiocesium hos ørret i Ø. Heimdalsvatn så langt, er det mulig å beregne en økologisk halveringstid for cesiumisotopene,  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$ , i dette systemet. Isotopene

har en fysisk halveringstid på henholdsvis 2.06 og 30 år (Henriksen et al., 1987). Dette gjenspeiler seg i forholdet mellom de to isotopene i undersøkelsesperioden i Ø. Heimdalsvatn. I nedfall over Norge i april 1986 var aktiviteten til  $^{134}\text{Cs}$  ca. halvparten av aktiviteten til  $^{137}\text{Cs}$  (Henriksen et al., 1987). Sommeren 1986, utgjorde  $^{134}\text{Cs}$  aktiviteten hos ørret i Ø. Heimdalsvatn ca. 50% av  $^{137}\text{Cs}$ , mens andelen av  $^{134}\text{Cs}$  i oktober 1988 var redusert til 26% (Fig. 4). Det siste tallet er det som kan forventes utelukkende ved fysisk disintegrasjon p.g.a. ulik halveringstid. Det synes derfor som om forholdet mellom cesium isotopene ikke er forandret gjennom næringskjeden fram til fisk. Sett i forhold til aktiviteten hos næringsdyr og planter tyder ikke målinger av ørret og mink på en akkumulering av radiocesium på de øverste trinn i næringskjeden.

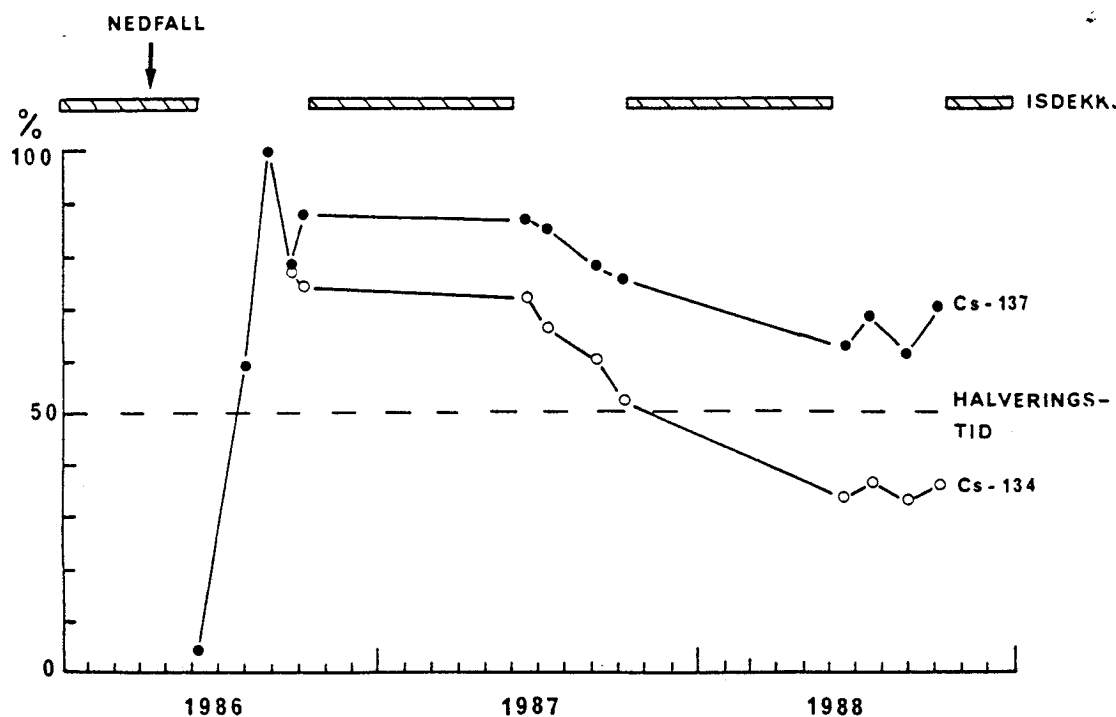


Fig. 4. Utvikling av  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  i ørret fra Øvre Heimdalsvatn, 1986-88, med hensyn til økologisk halveringstid.

To år etter Tsjernobylulykken, skulle rent fysisk omlag halvparten av  $^{134}\text{Cs}$  forventes å være borte, da halveringstiden er 2.06 år. For  $^{137}\text{Cs}$  er halveringstid imidlertid adskillig lengre. Denne beregningen baseres imidlertid utelukkende på fysisk halveringstid, og forutsetter ingen forandring i tilførsel av radiocesium til ørret gjennom næringsdyr, fra endret lagring/frigjøring fra sedimentene, eller endring i tilførslene til innsjøen via luft eller land. I løpet av de ca. to år siden maksimal aktivitet ble registrert i ørret fra Ø. Heimdalsvatn, har både  $^{134}\text{Cs}$  og  $^{137}\text{Cs}$  aktiviteten falt raskere enn de rent fysiske forhold skulle tilsi.  $^{134}\text{Cs}$  ble redusert til 50% allerede 14 måneder etter at maksimal verdi ble registrert i august 1986. Etter 6 år vil bare ca. 3% av  $^{134}\text{Cs}$  fra nedfallet være igjen i ørret. Dette tilsvarer ca. 70 bq/kg.  $^{137}\text{Cs}$ , som har en fysisk halveringstid på hele 30 år, er nå nede på 60-70% av maksimal aktivitet. Forutsatt at den nedgangen i aktiviteten holder seg vil den økologisk halveringstid for  $^{137}\text{Cs}$  hos ørret fra Ø. Heimdalsvatn være ca. 4 år. Da vil den gjennomsnittlige radiocesiumaktiviteten være ca. 2.500 bq/kg. Det vil ta ca. 16 år før aktiviteten er nede på 600 bq/kg. Om den raske nedgangen i forhold til normal fysiske halveringstid skyldes endringer i tilførsel eller avrenning fra innsjøen, eller om radiocesium er permanent lagret i sedimentene er foreløpig ikke kjent.

Selv om det har vært en generell nedgang i cesiumaktiviteten siden sommeren 1986, så har aktiviteten hos ørret holdt seg stabil gjennom hele sommeren 1988. Samtidig har det funnet sted en merkbar økning i radiocesium i beiteprøver fra noen felt i Heimdalen og det er registrert meget høye verdier i sopp fra Øvre Heimdalen og omegn (Haugen, pers. med). Mangel på nedgang i ørret sommeren 1988 kan derfor skyldes en økning av tilførslene fra nedbørfeltet. Faktorer som nedbryting av dødt terrestrisk organisk materiale fra 1986 (kfr. Larsson et al., 1978) og økt avrenning p.g.a. mye nedbør kan her være av betydning.

Våre prognoser om økologiske halveringstider må etterprøves i årene fremover. Disse er stipulert på grunnlag av to års observasjoner. På grunn av den noe uventete mangel på nedgang i aktiviteten sommeren 1988, er det viktig at utviklingen følges opp de nærmeste årene. Det er også av betydning at aktiviteten i sedimentene overvåkes, da sedimentering trolig er en viktig prosess for fjerning av radiocesium fra systemet (Blakar, 1988). Det planlegges også en ny undersøkelse av aktiviteten i næringskjeden sommeren 1989, for å sammenligne disse med 1986-verdier. Innsamling og analyse av et større materiale av ørret er også påkrevet for bedre å forstå årsakene til den store variasjonen mellom enkeltfisk. Måling av en enkelt fisk kan lett gi et misvisende bilde av situasjonen for flertallet i bestanden, og det er nødvendig å finne fram til et måleprogram som tar hensyn til dette.

Samspill mellom nedbørfelt og innsjø er av stor betydning og forskningsdata fra landområdene vil være av stor nytte i forsøk på å forstå dynamikken i radioaktiviteten i et høyfjells-økosystem. Det er her viktig å kvantifisere tilførslene fra nedbørfeltet i forhold til tilskudd fra sedimentene. Det er tidligere vist at dødt organisk materialet produsert på land er et meget viktig bidragsyter til produksjon i vannet (Larsson et al., 1978).

#### LITTERATUR

- Blakar, I.A. 1988. Cs-134 & 137 i sedimentprøver fra Høysjøen. I Radioøkologisk Forskningsprogram - resultater fra undersøkelsene i 1987. Forskningsavdelingen, NINA, s. 15-21.
- Brittain, J.E. 1987. Radioaktiviteten i fisk etter Tsjernobyl. Limnos 3/1987: 10-12.
- Bruun, P. 1988. Populasjonskarakterer og ernæring hos ørret i øvre Heimdalsvatn 1985: Effekter av økt populasjonstetthet og introduksjon av ørekyt. Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi, Univ. i Oslo, 51 s.

- Henriksen, T., Ingebretsen, F., Storruste, A. & Stranden, E. 1987. Radioaktivitet, Stråling, Helse. Universitetsforlaget, Oslo, 159 s.
- Jensen, K.W. 1977. On the dynamics and exploitation of the population of brown trout, Salmo trutta L., in lake Øvre Heimdalsvatn, Southern Norway. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 56: 18-69.
- Larsson, P., Brittain, J.E., Lien, L., Lillehammer, A. & Tangen, K. 1978. The lake ecosystem of Øvre Heimdalsvatn. Holarct. Ecol. 1: 304-320.
- Lien, L. 1978. The energy budget of the brown trout population of Øvre Heimdalsvatn. Holarct. Ecol. 1: 279-300.
- Lien, L. 1981. Biology of the minnow, Phoxinus phoxinus, and its interactions with brown trout, Salmo trutta, in Øvre Heimdalsvatn, Norway. Holarct. Ecol. 4: 191-200.
- Skurdal, J., Vagstein, G. & Tjørve, I. 1987. Radioaktivitet i Oppland etter Tsjernobyl - virkninger for vilt og fisk. Rapp. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvern avdelingen 6/87, 70 s. + vedlegg.
- Ugedal, O., Forseth, T. & Johnsson, B. 1988. Radioaktivt cesium (Cs-134 + 137) i plankton, bunndyr og fisk fra Høysjøen, Verdal, Nord-Trøndelag, 1987. I Radioøkologisk Forskningsprogram - resultater fra undersøkelsene i 1987. Forskningsavdelingen, NINA, s. 22-31.
- Uhlen, G. & Haugen, L. E. 1987. Undersøkelser av radiocesium i noen fjellbeite i Oppland. I Rapport med delresultater og forslag til tiltak mot virkningen av radioaktivt nedfall i forbindelse med Tsjernobylulykken i 1986. Norges Landbruksvitenskapelige Forskningsråd, Oslo/As, 17 s.

Oversikt over utgitte rapporter fra Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk museum, Universitetet i Oslo.

- 1, 1970. Mårvatn. Rapport om fiskeribiologiske undersøkelser i august 1969.
- 2, 1970. Stolsvannsmagasinet. Årsrapport om fiskeribiologiske undersøkelser sommeren 1969.
- 3, 1970. Savalen. Årsrapport om fiskeribiologiske undersøkelser sommeren 1969.
- 4, 1971. Årsrapport om fiskeribiologiske undersøkelser i Hallingdal sommeren 1970.
- 5, 1971. Fiskeribiologiske undersøkelser i Savalen 1969 og 1970.
- 6, 1971. Fiskeribiologiske undersøkelser i Steinbusjøen og Øyangen i Vang i Valdres sommeren 1970.
- 7, 1971. Innledende undersøkelser av ørret- og abborbestanden i Flyvann i Vestre Slidre. Forslag til tiltak for å øke avkastningen.
- 8, 1972. Fiskeribiologiske undersøkelser på Blefjell.
- 9, 1972. Korttidseffekten av en øket senkning av Mårvann på ørretbestanden.
- 10, 1972. Fisket i Strandavatn i Hol kommune.
- 11, 1972. Fisket i Ustevann, Sløtfjord, Nygårdsvann, Bergsmulvann og Finsevann. Forslag til beskatningsmåter.
- 12, 1972. Fiskeribiologiske undersøkelser i Feragen, Rien og Hyllingen i Sør-Trøndelag.
- 13, 1973. The effect of increased water level fluctuation upon the Brown trout population of Mårvann, a Norwegian reservoir.
- 14, 1973. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo - Byglandsfjorden. Reguleringens virkninger på fisket.
- 15, 1973. Regulering av Tronstadvann. Virkninger på fisket.
- 16, 1973. Skjønn - Ytterligere regulering av Nesvatn. Fiske.
- 17, 1974. Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. Boksjøområdet, Berbydalen/Indre Iddefjord og Mingevatn/Vestvatn.
- 18, 1974. Dybdefordeling og ernæring hos sik, røye og ørret i Ustevann. Forslag til beskatningsmåter.
- 19, 1974. Østerdalsskjønnet - Savalen. En vurdering av regulerings virkninger på fisket ved reguleringshøyder på 3.0 og 4.7 m.
- 20, 1974. Lomen kraftverk. Virkninger på faunaen i Øystre Slidre-vassdraget. Del I. Fisk.
- 21, 1974. Oppsamlingsskjønn for Norsjø m.v. Ovenforliggende regulerings virkning på fiskebestander og utøvelsen av fisket.
- 22, 1975. Skjoldkreps, *Lepidurus arcticus* Pallas, i regulerte vann. I. Forekomst av egg i reguleringssonen og klekking av egg. II. Ørekyt og ørrets beiting på skjoldkrepslarver.
- 23, 1975. Fisket i regulerte vann i Hallingdal og Hemsedal. I. Fløvatn/Gyrinosvatn, Vavatn, Stolsmagasinet og Bergsjø.
- 24, 1975. Fisket i Glåma på strekningen Hommelvold-Telneset. Virkninger ved utbygging av Tolga-fallene.
- 25, 1976. Østerdalsskjønnet. Glåma mellom Auma og Høyegga. Virkninger på fisket.
- 26, 1976. Utbyggingsplaner for Faslefoss kraftverk. Virkninger på fisket.
- 27, 1976. Skjønn Nisser og Fyresvatn. Ovenforliggende regulerings virkning på fisket i Nisser, Borstadvatn og Fyresvatn/Drang.
- 28, 1976. 1. Øvre- og Nedre Smådalsvatn. En limnologisk undersøkelse med hovedvekt på hydrografi, sommeren 1975. 2. Botnvegetasjonen i Øvre- og Nedre Smådalsvatn sommeren 1975. 3. Bunndyr og fiskebestander i Øvre- og Nedre Smådalsvatn. 4. Fuglefaunaen i Smådalen 1975.
- 29, 1976. Fisket i Aursunden. Forslag til drift.
- 30, 1976. Ørretbestanden i Tinnelva. Virkninger på fisket ved utbygging av fallet mellom Tinnsjøen og Årlifoss.
- 31, 1976. Fiskeundersøkelser i Straumsfjorden, Gjeddevatn, Kilevatn, Topsø og Grøssø.



- 32, 1976. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del I. Bunndyr i Akerselva. Fisk i Akerselva, Sogsvannsbekken - Frognerelva, Holmenbekken-Hoffselva og Mærradalsbekken.
- 33, 1977. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del II. Gauslåfjorden, Herefossfjorden, Ogge og Flakksvatn.
- 34, 1978. Reguleringsundersøkelser i Nedre Heimdalsvatn. I. Dyreplankton, bunndyr og ernæring hos ørret. II. Fisk og fiske. III. Innvirkninger på fugl og pattedyr.
- 35, 1978. Skjønn Øvre Otra. Utbyggingens virkninger på fisket i magasinene.
- 36, 1978. Fiskeribiologiske undersøkelser i Øyangen, Volbufjorden og Strandefjorden, Øystre Slidre.
- 37, 1978. Fiskeribiologiske undersøkelser i Nidelva og Gjøv i Åmli, Aust-Agder.
- 38, 1978. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del II. Bunndyr og fisk i Akerselva, Sogsvannsbekken - Frognerelva, Holmenbekken-Hoffselva og Mærradalsbekken 1976 og 1977.
- 39, 1978. Fiskeribiologiske undersøkelser i Numedalslågen ved Skollenborg.
- 40, 1979. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med eutrofiering av Vansjø, Østfold.
- 41, 1979. Skjønn Laudal kraftverk. Fiskeribiologiske forhold i Mandalselva og Mannflåvatn.
- 42, 1980. Bunndyr i elver og bekker i Tovdal, Aust-Agder.
- 43, 1980. Smeland kraftverk. Fiskeribiologiske undersøkelser i Logna og Monn, Vest-Agder.
- 44, 1980. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka, Oppland. I. Fisk og bunndyr i Etnsenn, Heisenn, Røssjøen, Rotvollfjorden, Sebu-Røssjøen, Dokkfløyvatn, Dokkvatn, Mjogsjøen, Synnfjorden og Garin.
- 45, 1980. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka, Oppland. II. Registrering av fisk i Randsfjorden ved hjelp av hydroakustisk utstyr.
- 46, 1981. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka, Oppland. III. Studier på ørret og sik i Randsfjorden og elvene Etna og Dokka.
- 47, 1981. Undersøkelse av bunndyr og fisk i Store Svarttjern og reguleringsmagasinet Øksne ved Hakavik, Eikernvassdraget, Buskerud.
- 48, 1981. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del III. Status for fisk i innsjøer i Tovdal og Skjeggedal, basert på litteratur.
- 49, 1981. Flytting av Nisserdam i Nidelva, Telemark. Virkninger på fisket.
- 50, 1981. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med endret regulering av Trevatn, Oppland.
- 51, 1981. En vurdering av skader på fisket ved utvandring av fisk via tunneler fra Norsjø til Rafnes og Porsgrunn fabrikker.
- 52, 1981. Registrering av fisk i Gjersjøen ved hjelp av hydroakustisk utstyr.
- 53, 1982. Fiskeribiologiske undersøkelser av Brødbølvassdraget, Kongsvinger, Hedmark.
- 54, 1982. Reguleringsundersøkelser i Flenvassdraget, Hedmark fylke. I. Fisk og bunndyr. II. Hydrografi og dyreplankton.
- 55, 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i Lærdalselva, Sogn og Fjordane. Studier på laks- og ørretunger i 1980 og 1981.
- 56, 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med planer om bygging av Hekni kraftverk, Aust-Agder, Del. 1. Fisk.
- 57, 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i Landefoss, Numedalslågen.
- 58, 1983. Rutineovervåking i Farris-Siljanvassdraget 1982. Fagrapport om bunndyr.
- 59, 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med planer om en overføring av Heistadvassdraget til Hovatn, Aust-Agder. I. Fisk og bunndyr. II. Hydrografi og dyreplankton.
- 60, 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i innsjøene Leirungvatn, Råkåvatn, Utletjønnene og i Finna elv, Oppland.

- 61, 1983. Biologisk undersøkelse av Mari-dalsvannet, Oslo kommune.
- 62, 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i Skasenvassdraget, Hedmark.
- 63, 1984. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del III. Bunndyr og fisk i Ljanselva.
- 64, 1984. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del IV. En vurdering av den lakseførende del av Tovdalselva.
- 65, 1984. Registrering av fiskebestanden i Vättern med hydroakustisk utstyr.
- 66, 1984. Reguleringsundersøkelser i Skafsåvassdraget, Telemark fylke. I. Fisk og bunndyr. II. Hydrografi og dyreplankton.
- 67, 1984. Fiskeribiologiske undersøkelser i Kosånassdraget i Aust- og Vest-Agder.
- 68, 1984. Fiskeribiologiske undersøkelser i Eidsfossen, Begna elv, Oppland.
- 69, 1984. Fiskeribiologiske undersøkelser i Svartangen og Dalelva i Lardal, Vestfold.
- 70, 1984. Fauna i elver og bekker innen Oslo kommune. Del IV. Bunndyr og fisk i Loelva.
- 71, 1985. Reguleringsundersøkelser i Søkkundavassdraget, Hedmark fylke. I. Fisk og bunndyr. II. Hydrografi og dyreplankton.
- 72, 1985. Kanalisering nedstrøms Bingsfoss kraftverk i Glomma (Akershus): En fiskeribiologisk vurdering av virkningene på fisk og utøvelsen av fisket.
- 73, 1985. Undersøkelser i Drammenselva 1982-1984
- 74, 1985. Sundheimselva kraftverk, Vestre Slidre, Oppland. En vurdering av de fiskeribiologiske forhold og virkninger på fisk og næringsdyr i berørte innsjøer og elvestrekninger.
- 75, 1985. Haukrei kraftverk. Fiskeribiologiske undersøkelser i Finndølavassdraget, Telemark fylke.
- 76, 1985. Fiskeribiologiske undersøkelser i Sandgrovvatna, Møre og Romsdal.
- 77, 1985. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del V. Bunndyr og fisk i Akerselva.
- 78, 1985. Minstevannføringer i Øystre Slidre-vassdraget: Virkninger på bunndyr, driv og fisk i forbindelse med overføring av vann fra Øyangen til Lomen kraftverk.
- 79, 1985. Randsfjorden: Undersøkelse og vurdering av fiskeribiologiske forhold.
- 80, 1985. Hydroakustisk registrering av fisk i Väneren og Hjälmaren.
- 81, 1985. Skjønn Trollheimen kraftverk. Undersøkelser av laks og ørret i Surna i 1984.
- 82, 1986. Utbyggingsplaner for Kilåvassdraget, Telemark. En vurdering av de fiskeribiologiske forhold og virkninger på bunndyr og fisk.
- 83, 1986. Bygging av Skarg kraftverk og ytterlige overføringer til Brokke kraftverk, Aust-Agder. Hydrografi og bunndyr i sidevassdragene til Otra.
- 84, 1986. Temperatursøkning nedstrøms kraftverk: Virkning på utviklingstid av sikrogn. Eksperimentelle studier.
- 85, 1986. Skjønn Ulla-Førre. Fiskeribiologiske undersøkelser i Suldalslågen. I. Lengdefordeling, vekst og tetthet av laks- og ørretunger i Suldalslågen, Rogaland i perioden 1976 til 1985.
- 86, 1986. Brukerundersøkelse av sportsfiske i Numedalslågen ved Skollenborg, Buskerud Fylke.
- 87, 1986. Hydroakustisk registrering av fisk i Storsjön, Jämtland.
- 88, 1986. Faunaen i elver og bekker innen Oslo kommune. Del VI. Bunndyr og fisk i Lysakerelva.
- 89, 1986. Fish distribution and density investigated by quantitative echosounding - Some ecological aspects of the fish fauna in three Portuguese reservoirs.
- 90, 1986. Tilslamming og redusert siktedyp i Ringedalsmagasinet: Virkninger på habitatbruk, næringsopptak og kondisjon hos pelagisk aure.

- 91, 1986. Skjønn Borgund kraftverk. II. Lengdefordeling, vekst og tetthet hos laks og ørretunger i Lærdalsleiva, Sogn og Fjordane i perioden 1980 til 1986.
- 92, 1986. Fiskedød i Akerselva. Bruk av bunndyr og fisk for lokalisering av kilde for giftutslipp.
- 93, 1986. Flomsikring i Sandvikselva. En vurdering av konsekvenser for fisk og utøvelsen av fisket.
- 94, 1987. Lokalisering av kilde for fiske-  
død i Akerselva, desember 1986.
- 95, 1987. Biologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for Moksavassdraget i Øyer, Oppland fylke. I. Bunndyr og fisk.
- 96, 1987. Tiltaksanalyse for Mjøsa -Endring av fiskebestand.
- 97, 1987. Bunndyrundersøkelser i Kjølavassdraget, Telemark: En vurdering av minstevannføring og forurensningsbelastning.
- 98, 1987. Skjønn Borgund kraftverk. Del III. En vurdering av fiskeutsetting i Lærdalselva, Sogn og Fjordane ovenfor Skjurhaugsfoss.
- 99, 1987. Undersøkelser av bunndyr og fisk Flya mellom Veslevatn og Tisleifjorden, Oppland/Buskerud.
- 100, 1988. Gjengedalsvassdraget, Sogn og Fjordane. En konsekvensvurdering av reguleringsvirkninger på laks og ørret.
- 101, 1988. Fiskeribiologiske undersøkelser i Slidrefjorden, Oppland fylke. Vurdering av tilslag på settefisk.
- 102, 1988. Feeding behaviour and habitat shift in allopatric and sympatric populations of brown trout (*Salmo trutta* L.): Effects of water level fluctuations versus interspecific competition.
- 103, 1988. Modum-prosjektet: Undersøkelse av fisk, bunndyr og driv i Snarumselva og Drammenselva, Buskerud fylke, i forbindelse med endret regulering.
- 104, 1988. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med overføringer til Napetjern kraftverk, Telemark fylke.
- 105, 1988. Faunanen i elver og bekker innen Oslo kommune. VII. Bunndyr og fisk i Sognsvannsbekken og Frognerelva.
- 106, 1988. Faunanen i elver og bekker innen Oslo kommune. VIII. Bunndyr og fisk i Holmenbekken og Hoffselva.
- 107, 1988. Langtidsutvikling av radiocesium i høyfjellsøkosystemet Øvre Heimdalsvatn.
- 108, 1988. Bruk av bunndyr i vassdragsovervåking med vekt på organisk forurensning i rennende vann.