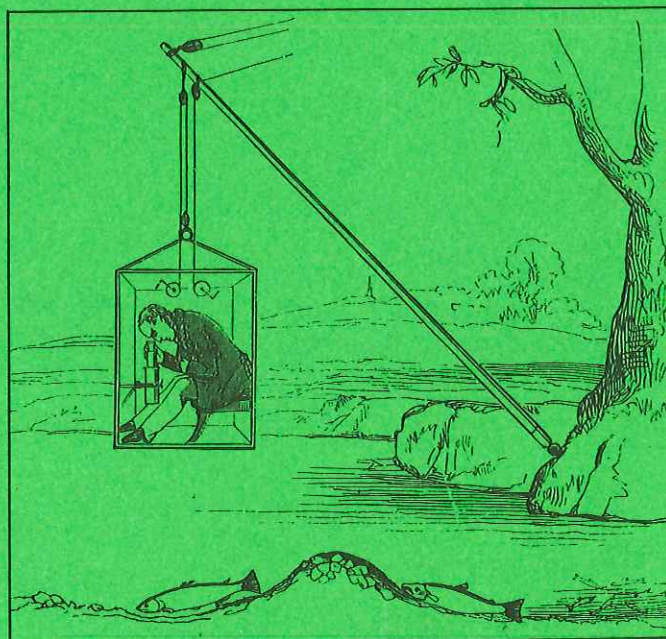


FISKENÄMNDEN  
I VÄSTMANLANDS LÄN  
1984 -08- 23  
Dnr .....

Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET Drottningholm



MAGNUS FÜRST  
JOHAN HAMMAR  
CATHERINE HILL  
ULLA BOSTRÖM  
BJÖRN KINSTEN

Effekter av introduktion av  
*Mysis relicta* i reglerade  
sjöar i Sverige

quadrispinosa G.O. Sars och Gammaracanthus lacustris G.O. Sars. Mysis relicta (Figur 1), som de andra glacialrelikterna, har en naturlig utbredning nedanför högsta kustlinjen. Inte i något fall har den påträffats i ursprungliga bestånd ovanför denna strandlinje.

Mysis' livscykel kan vara ettårig eller tvåårig eller en alternering mellan båda (Figur 1). Orsaken till skillnaden är främst näringstillgången, som i sin tur beror på Mysis-beståndets täthet (Fürst 1972b, c). Under de första åren efter inplanteringen är längdtillväxten snabb och Mysis blir könsmogen på ett år. I ett tätare bestånd övergår en ökande del av populationen till en tvåårig livscykel. I de tätaste bestånden är cykeln enbart tvåårig. I södra Sverige finns många sjöar där Mysis har två skilda populationer med fortplantningsperioder antingen på vintern eller på sommaren. Mysis parar sig på senhösten eller i vissa fall på försommaren, varefter hanarna dör. Honorna bär embryona i marsupiet till april-juni. Antalet ungar är vanligen mellan 15 och 30 och deras längd ca 3 mm. En del honor överlever så länge att de kan delta i en andra fortplantning (Fürst op.cit.).

När planerna för inplantering av Mysis utformades fanns vissa kunskaper som låg till grund för en hypotes om vad som borde hända efter inplanteringen.

Det har varit allmänt känt att Mysis haft betydelse som näringsdjur för flera olika fiskarter (Dahl 1915, Huitfeldt-Kaas 1917, Larkin 1948, Rawson 1942, Runnström 1949, Sømme 1941). Simförmågan och den allmänna rörligheten skulle göra att den kunde leva oberoende av effekterna av variationerna i vattenståndet. Det ursprungliga relativt svaga predationstrycket från de få fiskarterna i de reglerade sjöarna skulle medföra att det nya näringsdjuret kunde bilda mycket täta bestånd som i sin tur borde få stor betydelse som föda.

Mysis relicta dygnsvandrar och finns tätt intill bottenskiktet på dagen och i närheten av ytan under mörka nätter. Ett välutvecklat språngskikt hindrar Mysis från att nå epilimnion. På dagen lever den av detritus och på natten ansågs den tidigare livnära sig på

De bentiska fiskarterna som lever i litoralzonen påverkas enligt Aass (1969), Bergstrand och Lindström (op.cit.) och Runnström (op.cit.) negativt i antal och tillväxt. Detta gäller främst öring och vissa röding- och sikarter. Öringen är mest känslig och den drabbas dessutom av att lek- och uppväxtområden i sjöns utlopp spärras av regleringsdammen. Rödingens (Aass 1964, 1970, Fürst och Hammar 1983) och sikens rom kan i vissa fall torrläggas om lekplatserna finns på grunt vatten i sjön. De leker på hösten vid högvatten och de nykläckta ungarna är ännu ej frisimmande när vattenståndet är som lägst.

De pelagiska fiskarterna, som lever av zooplankton, klarar sig bättre. Den planktonätande rödingen hör dock till de arter, som drabbas av reproduktionsskador eftersom den leker på grunt vatten. Det var för övrigt inte känt i detalj hur de olika rödingarterna reagerade efter en reglering, eftersom man vid den tidpunkten ännu ej utrett rödingarnas systematik och därför ej heller kände skillnaden i ekologi mellan rödingarterna. En försämrad tillväxt har konstaterats av Aass (1963) och Runnström (1951). En förändring av köttfärgen genom att proportionen fiskar med vit köttfärg ökade har påvisats (Aass 1969).

När det gäller sik känner man till detaljerna bättre eftersom siksystematiken i stort sett var utredd vid tiden för regleringsundersökningarna. I siksjöarna har troligen reproduktionsskador inte spelat samma roll. I princip beror det på att de planktonätande arterna leker djupare än motsvarande rödingar. Dessa sikarter, t ex planktonsik och aspsik, ökar i antal enligt Bergstrand (1968) och Bergstrand och Lindström (1967). Storleken och kvaliteten på fisken upplevs av lokalbefolkningen som försämrad.

Befolkningen vid de reglerade sjöarna drabbas hårt eftersom man är inriktad på fiske efter bentiska arter.

## HYPOTES

Försök har gjorts att plantera in tre olika kräftdjur som tillhör gruppen glacialrelikter i reglerade sjöar ovanför deras utbredningsområde. De tre arterna är Mysis relicta Lovén, Pallasea

## INLEDNING

De flesta av de stora sjöarna i Norrland är reglerade och fungerar som vattenmagasin. Vattnet lagras från snösmältningen till senhösten och gränsen för dämningen ligger i många fall över sjöns högsta naturliga vattenstånd. Under vintern används vattnet för elproduktion i kraftverken som trappar av älven ned till utloppet. Vintersänkningen sker ofta till ett lägre vattenstånd än normalt. Den totala regleringsamplituden i de nordsvenska magasinerna varierar mellan 2 och 30 m (Fürst 1981). Litoralzonen ingår mer eller mindre i den reglerade zonen, oftast helt, och kommer därför att torrläggas under isen. De organiska och oorganiska sedimenten inom regleringszonen eroderas med tiden bort och avlagras på djupare bottnar. Den ursprungliga makrofytvegetationen försvinner men ibland förekommer nya, låga makrofyter på stränder som ej överdäms varje år.

De grunda bottnarna är de mest produktiva delarna av sjön under naturliga förhållanden. Där lever fiskens viktigaste näringsdjur. Makrofyterna är även viktiga som substrat för dessa organismer. Effekterna av en sjöreglering på de olika delarna av ekosystemet har studerats av flera forskare under 1950- och 1960-talen (Aass 1957, 1960, 1963, 1964, 1968, 1969, Axelson 1961, Bergstrand 1968, Bergstrand och Lindström 1967, Grimås 1961, Grimås och Nilsson 1965, Lindström 1954, 1962, 1965, Lötmarker 1964, Nilsson 1955, 1960, 1961, 1964, Quennerstedt 1958, Rodhe 1964, Runnström 1946, 1951, 1953, 1964, Stube 1958).

Under de första åren efter det att en sjöreglering påbörjats får man en övergående s k dämningseffekt. Den innebär en förhöjd produktion, bl a beroende på att närsalter urlakas från överdämda områden och fungerar som gödning.

Planktonfaunan i den reglerade sjön påverkas relativt obetydligt enligt Lötmarker (op.cit.). Effekten på bottenfaunan innebär en kraftig minskning inom litoralzonen (Grimås op.cit., Stube op.cit.). Dessa förändringar har slagit igenom på fiskarnas födosammansättning. Nilsson (1955, 1961, 1964), som studerat fiskarnas näringsval, har beskrivit hur de viktiga bentiska fisknäringdjuren försvunnit eller minskat i frekvens i dieten.

## FÖRORD

Projektet "Överföring av nya fisknäringssdjur till reglerade sjöar" började 1954 på Sötvattenslaboratoriet. Verksamheten fick en trevande start, men blev mera målinriktad från 1960. Då anställdes en projektledare, som kunde arbeta mer sammanhängande under utvecklingskedet. Fiskeristyrelsen har stött projektet hela tiden och bedömt de framtida resultaten som viktiga. Man har även förstått att uppföljningen har krävt en mycket lång utsträckning i tiden. Från 1976 började ett utvärderingsarbete, som gjordes möjligt genom att VASO - Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan - tillsköt medel så att ytterligare två biologer kunde anställas. En organisation med två arbetsgrupper och en ledningsgrupp tillsattes under namnet FÅK - Fiskevårdande Åtgärder i Kraftverksmagasin. Den ena arbetsgruppen ägnar sig åt försök i kraftverksmagasin, den andra studerar effekten av nya fisknäringssdjur.

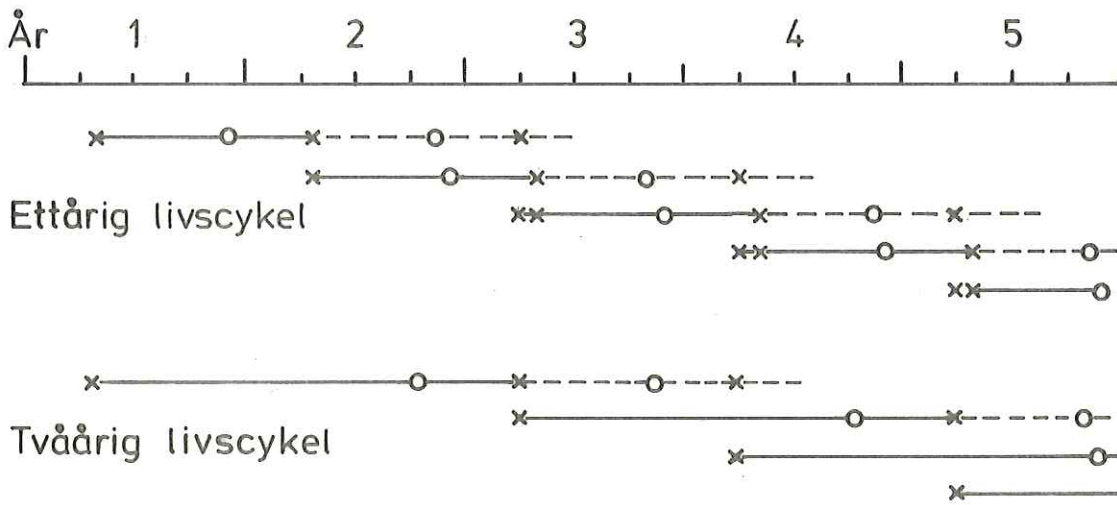
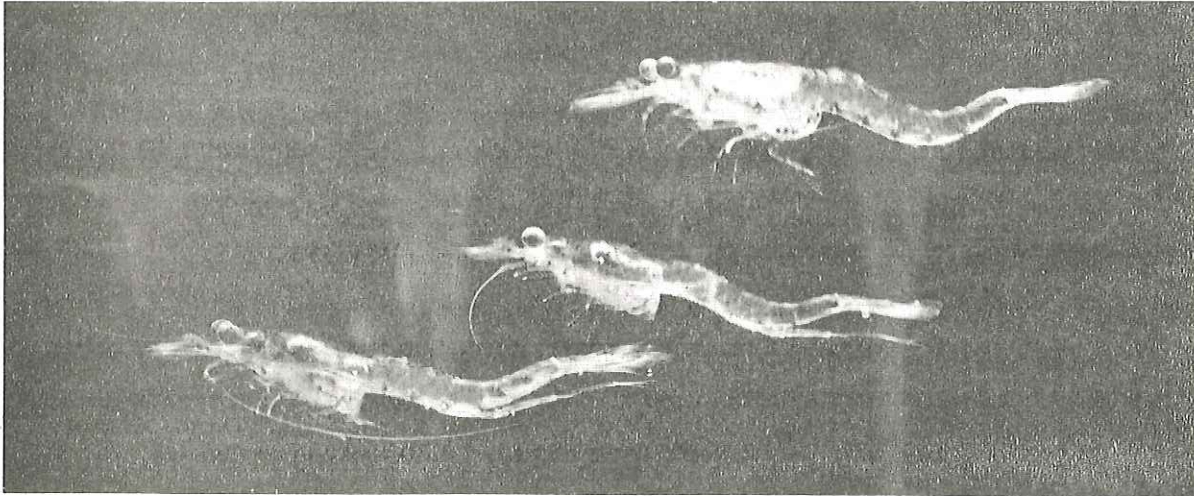
En rad delarbeten har publicerats under de gångna åren. Verksamheten kommer nu att trappas ned genom att s k slutrapporter skrivs om resultaten av inplanteringarna av de tre olika arterna av näringssdjur, som hittills prövats. En mer översiktlig rapport, "Effekter av inplantering av Mysis relicta i reglerade sjöar", har nyligen publicerats (Fürst et al. 1983). Föreliggande skrift är en mer utförlig lägesrapport rörande Mysis. I slutet av 1985 kommer en rapport om resultaten av inplantering av Pallasea quadrispinosa och Gammaracanthus lacustris att färdigställas.

Därefter är det angeläget att fortsätta uppföljningen, med målsättningen att kunna besvara en del av de viktiga frågor som kvarstår. Dessutom bör en del fiskevårdsåtgärder prövas som en utveckling av Mysis-projektet.

# EFFEKTER AV INTRODUKTION AV MYSIS RELICTA I REGLERADE SJÖAR I SVERIGE

Magnus Fürst  
Johan Hammar  
Catherine Hill  
Ulla Boström  
Björn Kinsten

FÖRORD	1
INLEDNING	2
HYPOTES	3
INLEDNINGS- OCH UTVECKLINGSSKEDET	6
UPPFÖLJNINGSSKEDET	8
RESULTAT	10
<u>Näringsval hos de undersökta fiskarterna</u>	10
<u>Parasitering av Diphyllbothrium spp. och Triaenophorus sp. på röding och sik</u>	23
<u>Förändringar i fiskens uppehållsplatser</u>	29
<u>Provfisken, avkastning och medelvikter</u>	30
<u>Tillväxtförändringar hos olika fiskarter</u>	42
<u>Förändringar i fiskens kvalitet</u>	44
<u>Inverkan av Mysis på plankton</u>	48
<u>Täthetsvariationer hos Mysis</u>	51
RESULTAT FRÅN ANDRA LÄNDER	53
SYNTES OCH DISKUSSION	55
FÖRÄNDRINGAR I FISKPOPULATIONERNA PÅ LÄNGRE SIKT	60
KVARVARANDE FRÅGESTÄLLNINGAR	62
REKOMMENDATIONER	63
SAMMANFATTNING	64
ERKÄNNANDEN	66
LITTERATUR	68
ENGLISH SUMMARY: EFFECTS OF THE INTRODUCTION OF MYSIS RELICTA INTO IMPOUNDED LAKES IN SWEDEN	76
RECOMMENDATIONS	79
LEGENDS TO FIGURES AND TABLE	80



Teckenförklaring

- Parning, hanarna dör efter parningen
- × Ny generation
- Viss del av honorna deltar i en andra fortplantningsomgång

Figur 1. Upptill: Tre köns mogna individer av Mysis relicta Lovén, två hannar samt en hona med marsupium. Längden på köns mogna djur är ca 15-24 mm. Foto: Magnus Fürst.

Nertill: Mysis' livscykel kan vara ettårig eller tvåårig eller en althernering mellan båda. Orsaken till skillnaden är främst näringstillgången, som i sin tur beror på Mysis-beståndets täthet.

huvudsakligen fytoplankton och döda rester av både fyto- och zooplankton. Mysis ansågs inte äta levande zooplankton vilket man nu vet att den gör. Från början tänkte man sig att Mysis skulle fungera som en energihiss från djupa botten till ytnära skikt och att den skulle ätas av pelagiska fiskar, t ex röding. Den skulle även ätas av djuplevande fiskar som lake och röding. Det var däremot tveksamt om öring, som lever i litoralzonen, skulle komma i kontakt med Mysis. Man visste inte då att Mysis även mitt på dagen under som maren skulle uppträda helt grunt intill land i de reglerade sjöarna. Mysis skulle däremot kunna få betydelse för "sik". En av de viktigaste funktionerna skulle Mysis fylla under vintern när fisken mer eller mindre svälter i den reglerade sjön. Resterna av bottenfaunan betas i stort sett ner under hösten och zooplankton utvecklar vilstadier och försvinner som fiskföda.

Fisken borde spara energi genom att kunna äta Mysis som är ett stort, näringsrikt objekt i stället för en stor mängd mycket små zooplankton.

#### INLEDNINGS- OCH UTVECKLINGSSKEDET

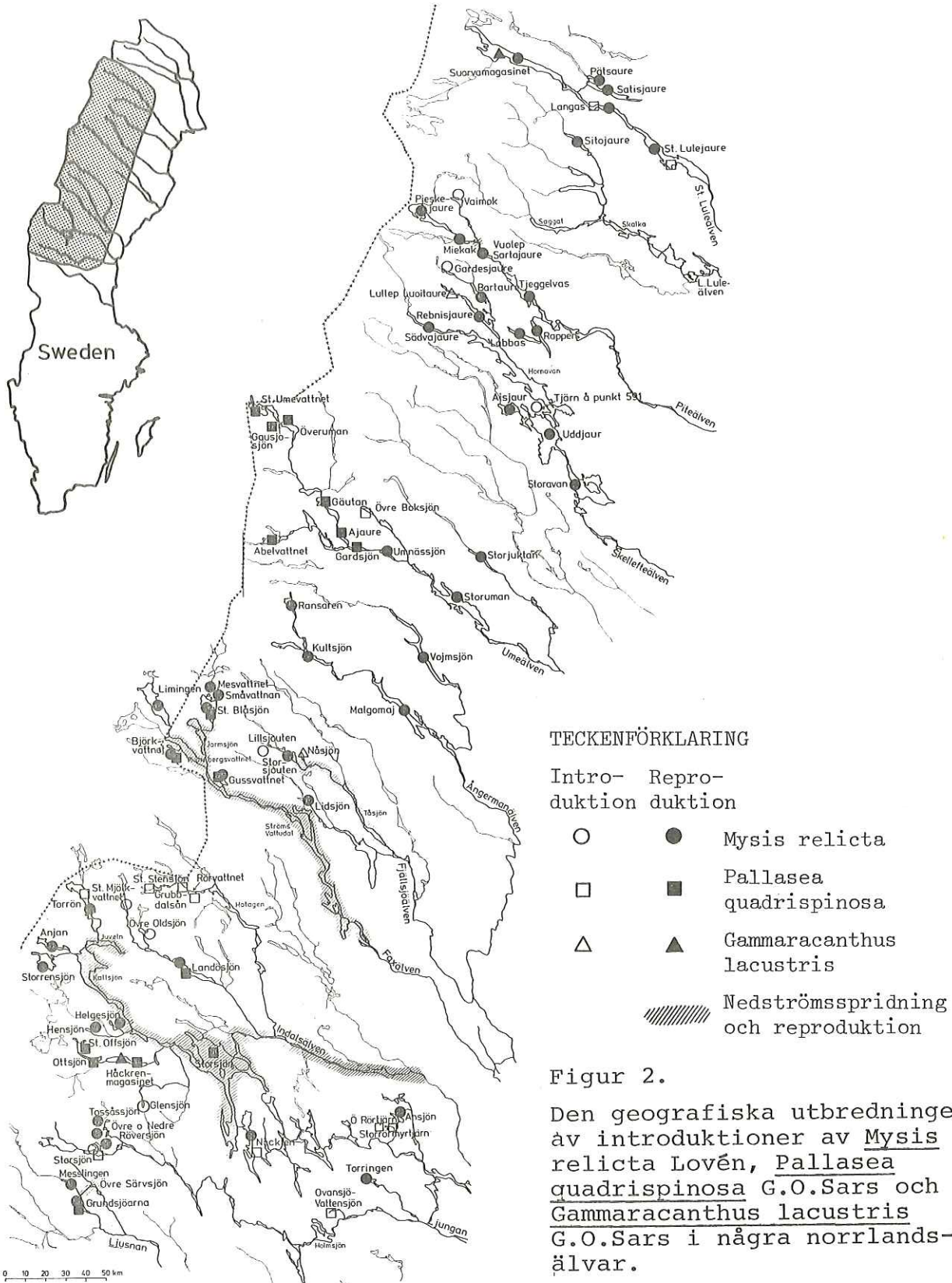
Betydelsen av att plantera in lämpliga fisknäringdjur i sjöar med en fattig bottenfauna har framförts i en hel rad publikationer från framför allt Norge, Kanada och Sovjetunionen. De tidigare arbetena är refererade i Fürst (1965). Idén att försöka kompensera förlusten av botten djur vid sjöregleringar med hjälp av så kallade glacialrelikter har diskuterats på Sötvattenslaboratoriet från slutet av 1930-talet.

Försöken att överföra Mysis till sådana sjöar startade 1954, men kröntes med framgång först efter 10 års arbete (Fürst 1972a). Först bildade Mysis bestånd i Blåsjön och Torrön i Jämtland och därifrån spreds uppgifter från de fiskande om positiva effekter. Fiskarna ansågs bli större och fetare och få tillbaka sin röda köttfärg. Förhoppningarna om ett universalmedel mot regleringsskador på fisket steg och i flera vattenmål föreskrevs inplantering av Mysis.

Sedan 1954 krävs enligt fiskeristadgan tillstånd av Fiskeristyrelsen för inplantering av kräftdjur såsom Mysis om det inte föreskrivs av vattendomstolen. Endast två inplanteringar har gjorts



efter 1973 i avvaktan på en utvärdering av resultatet. I allt har *Mysis* planterats in i 61 sjöar och den har etablerat sig i 50 av dessa (Figur 2) (Först 1981). I Stora och Lilla Luleälven, Skellefte-



TECKENFÖRKLARING

- |                 |                 |                                       |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| Intro- duktions | Repro- duktions |                                       |
| ○               | ●               | <i>Mysis relicta</i>                  |
| □               | ■               | <i>Pallasea quadrispinosa</i>         |
| △               | ▲               | <i>Gammaracanthus lacustris</i>       |
|                 |                 | ▨ Nedströmsspridning och reproduktion |

Figur 2. Den geografiska utbredningen av introduktioner av *Mysis relicta* Lovén, *Pallasea quadrispinosa* G.O.Sars och *Gammaracanthus lacustris* G.O.Sars i några norrlandsälvar.

älven, Ångermanälven, Fjällsjöälven, Faxälven, Indalsälven och Ljusnan har Mysis planterats in i någon av de översta sjöarna. I några har det konstaterats att den spritt sig nedströms i hela systemet, och sannolikt har den även gjort det i de andra älvarna.

#### UPPFÖLJNINGSSKEDET

Tidsperspektivet är mycket betydelsefullt vid utvärderingen av Mysis' effekt på fisken och fisket. Först dröjer det 5-9 år innan Mysis-populationen är fulltalig, därefter bör åtminstone två fisk-generationer studeras dvs under minst 10-15 år. Olika fiskarter kan förväntas utnyttja Mysis i olika grad och det inträffar därför med tiden en förändring i balansen dem emellan. Det är känt att fiskarter ofta påverkar varandra starkt bl a genom näringskonkurrens. Det finns ingen erfarenhet av när ett nytt sk jämviktsläge kan inträda och därför riskerar man att göra utvärderingen för tidigt. Ett tidsperspektiv på 25 år är antagligen för kort. 1983 har de tre viktigaste sjöarna som studerats haft Mysis i 27, 20 och 17 år. Det är Torrön, Blåsjön och Vojmsjön (Fürst et al. 1978, 1980, 1981). I Blåsjön förekommer förutom Mysis även Pallasea.

Undersökningen har inletts i enkla ekosystem med få fiskarter för att det skall bli lättare att förstå sammanhangen. Därefter har mera komplicerade ekosystem med flera arter studerats. I Blåsjön finns öring och röding samt elritsa sedan 1982. Torrön har dessutom harr, lake och bergsimpa. Vojmsjön har öring, tre sikarter, harr, lake, gädda, abborre och elritsa. Dessutom har material använts från ca 10 andra sjöar för att belysa speciella problem.

Materialet av fisk har samlats in genom standardiserade provfisken som ger möjligheter till jämförelse mellan olika år. Bottensatta nät och flytnät har använts på olika djup (Filipsson 1972). Fisk har även köpts in från lokalbefolkningen för särskilda ändamål. Figur 3 visar provtagning av fisk. Provfiskemetodiken, som prövats i långa serier i många andra sjöar, ger en god bild av förändringarna i de undersökta fiskbestånden. Den ger dock inte upplysningar om den verkliga mängden fisk eller ens om den verkliga proportionen mellan arterna i sjön. Nätfisket visar endast relativa förändringar i tid



Figur 3. Fisk har även i stor omfattning inköpts från lokala fiskare och provtagits på Sötvattenslaboratoriet. På bilden provtas apsik från Vojmsjön av fiskerikonsulent Olof Filipsson och laboratorieassistent Gun Odén. Foto: Johan Hammar.

och rum samt i proportionen mellan arterna. Det har inte funnits någon praktisk möjlighet att beräkna den verkliga storleken av fiskpopulationerna i så stora sjöar som det här handlar om.

För att få en så riktig helhetsbild som möjligt används även resultaten av andra arbeten, som har anknytning till de tidigare nämnda undersökningarna. Det gäller t ex effekter av Mysis på fiskbestånden i det stora Suorvamagasinet (Hanson 1982, Hanson och Lindström 1979)

samt i två små oreglerade sjöar (Olsén 1980). Mysis' livscykel och hur den förändrades efter inplanteringarna har studerats av Fürst (1972b, c).

Speciella undersökningar har gjorts av Mysis' inverkan på fytoplankton och zooplankton i Mesvattnet och Småvattnet (Kinsten och Olsén 1981). I experiment har Mysis' förmåga att fånga zooplankton studerats (Lasenby och Fürst 1981). Förändringarna i zooplanktonfaunan på grund av Mysis har nu dessutom studerats i ett antal reglerade sjöar (Kinsten manuskript) där zooplankton kartlagts kvantitativt före Mysis-introduktion (Lötmarker 1964).

## RESULTAT

### Näringsval hos de undersökta fiskarterna

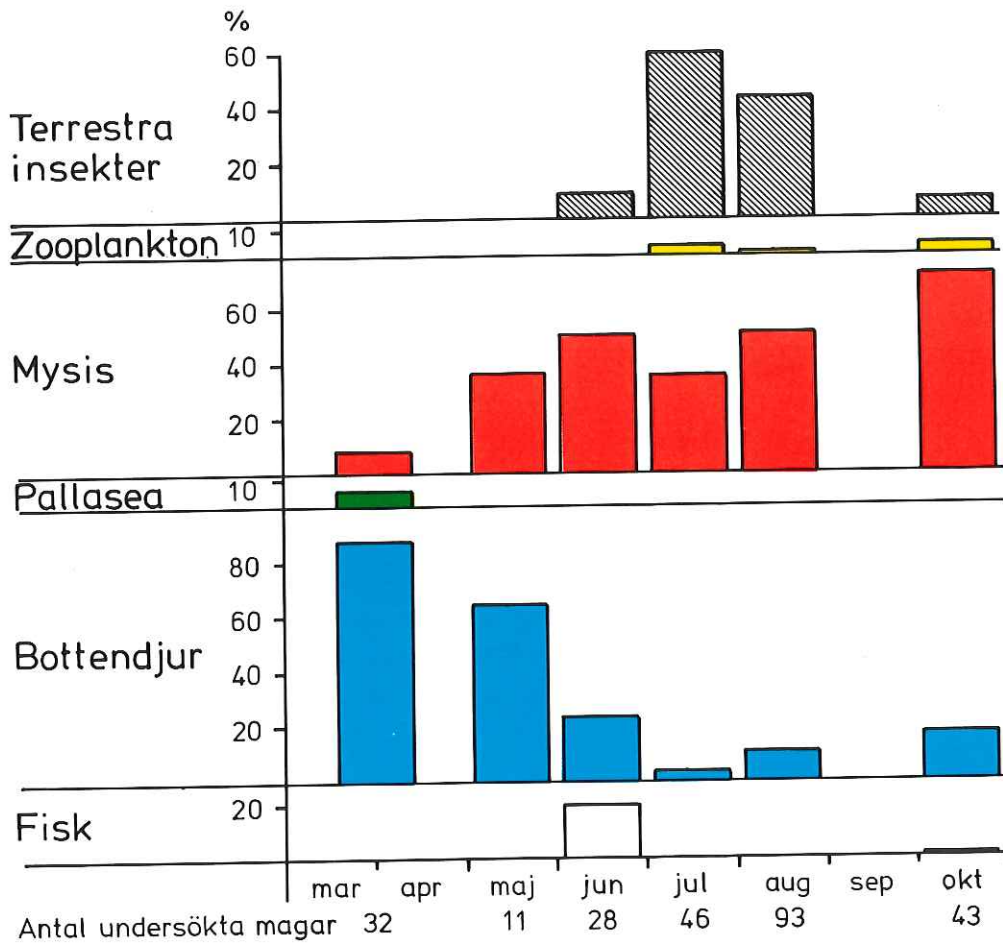
Fiskar kan generellt klassificeras i olika funktionella grupper beroende på deras huvudsakliga näringsinriktning: t ex planktonätare, ytvakare, bottendjursätare och fiskpredatorer. Kunskapen om vilka planktonarter eller bottendjur fiskarna äter blir intressant först i en mer detaljerad konkurrensstudie. Det som är intressant i det här sammanhanget är just inom vilket habitat som fisken söker sin näring. Naturligtvis förekommer åtskilliga överlappningar i födoinriktning och många fiskarter byter näringsval med årstiden, stigande ålder, ökad längd, förändrad konkurrens, reglering och andra dramatiska miljöförändringar. Dessa övergångar visar artens plasticitet och dess eventuella ekologiska förmåga att utnyttja ett nytt näringsdjur.

Följande fiskarters näringsval har undersökts:

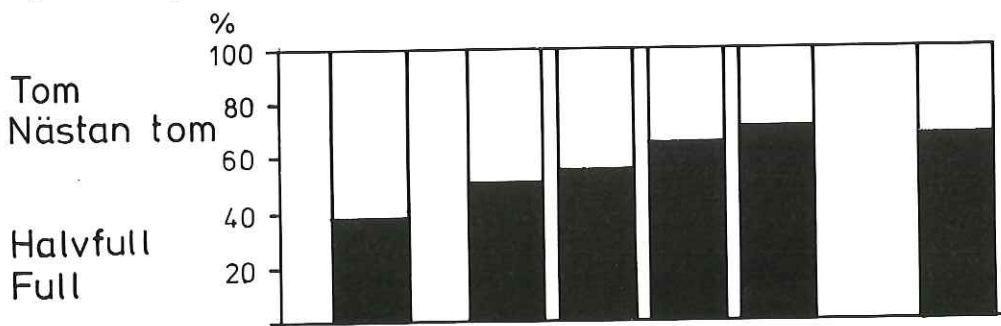
Öring, Salmo trutta L.

Öringen utgör en av de mest drabbade bentiska fiskarterna i den reglerade fjällsjön. Efter två till fem års uppväxt i tilloppsbäcken vandrar Öringen ut i den reglerade sjön och möter där en utarmad bottenfauna.

*Mysis relicta* och *Pallasea quadrispinosa* inplanterades i Blåsjön 1964. Figur 4 visar näringsvalet under perioden april till oktober 1971, dvs under ett relativt tidigt skede i *Mysis*' utveckling. Bottendjuren, särskilt larver av insektsgruppen Trichoptera, har stor betydelse. Under högsommaren utnyttjas framför allt den rika tillgången på ytföda av både akvatiskt och terrestriskt ursprung.

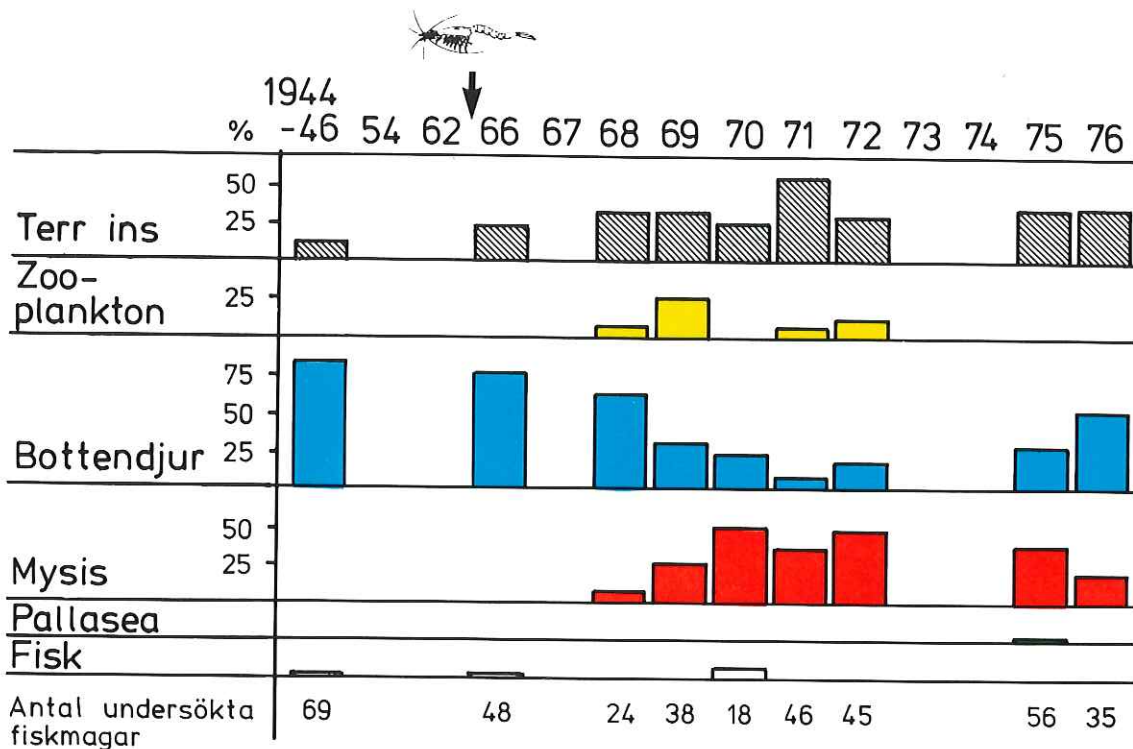


Fyllnadsgrad, öringmagar



Figur 4. Öringens näringsval och magarnas fyllnadsgrad under mars-oktober i Blåsjön 1970-71. Mängden näringsdjur anges som volymsprocent. Fyllnadsgraden anges som antalet halva och fulla magar i förhållande till tomma och nästan tomma. (Efter Fürst et al. 1978.)

Figur 5 visar den ökade betydelsen av Mysis just under denna års-tid under perioden 1944 till 1976. Idag är båda de nya näringsdjure dominerande byten för öringen under vår- och höstperioderna. Vinter-tid är öringen mindre aktiv och svärfångad. Magarna är då ofta tomma (Fürst et al. 1978).



Figur 5. Öringens näringsval under juli-augusti i Blåsjön 1944-76. Mysis och Pallasea introducerades 1964. Mängden näringsdjur anges som volymsprocent. (Efter Fürst et al. 1978.)

Zooplankton kan förekomma i magar hos mindre öringar. I öringar större än 30 cm finns ett markant inslag av fisk i dieten. I Torrön äter öringen t ex lake, simpa och röding (Fürst et al. 1981). Denna övergång till fiskdiet är en förutsättning för vidare tillväxt mot "storöring-karaktär".

#### Röding-art-komplexet

Det vi i dagligt tal kallar röding anses allmänt utgöra en grupp av flera tvillingarter (sibling species), vilka ofta sammanförs till det s k Salvelinus alpinus-komplexet (McPhail 1961, Nyman 1972, Svärdson 1958, 1961). Det har dock ännu inte varit möjligt

att beskriva den komplicerade systematiken enbart med genetiska metoder. Antalet polymorfa loci som upptäckts - inom den snäva delen av genomet man karterat med hjälp av elektrofores - är litet och fortfarande föremål för utvärderingar (Andersson et al. 1983, Child 1977, Clayton och Ihssen 1980, Ferguson 1981, Kornfield et al. 1981, Nyman 1965, 1972, Nyman et al. 1981, Ryman och Ståhl 1981, Saunders och McKenzie 1971). Ej heller har enbart ekologiska kriterier kunnat utnyttjas för att lösa artbildningsproblemet hos röding. Nordeng (1983) påvisade ett mönster av intraspecifik konkurrens som resulterar i en allt större variation i tillväxt med stigande ålder och efter hand som fiskarna blev köns mogna.

Genom att kombinera ekologiska karaktärer med en genetisk markör (allelfrekvensen av serumesteras) kan ett mönster av tre grupper av röding med väl skilda ekologiska karaktärer och utbredningsområden identifieras (Hammar 1980, 1983a, Henricson och Nyman 1976, Klemetsen och Grotnes 1975, 1980, Nilsson och Filipsson 1971, Nyman och Filipsson 1972, Nyman et al. 1981). Dessa uppvisar en bestämd interspecifik konkurrensordning i sympatriska kombinationer (Hammar 1983a) som även uppstår vid överföringar till fisktomma vatten av flera allopatriska populationer från dessa tre definierade grupper (Nyman 1983). För närvarande pågår därför en kartering av röding med hjälp av dessa kriterier i Skandinavien och mer arktiska delar av rödingens cirkumpolära utbredningsområde. På Sötvattenslaboratoriet följs därför den indelning av röding-art-komplexet som är beskriven av Nyman et al. (1981).

Två av rödingarterna kan klassificeras som större resp mindre fjällröding. Den första är bentisk, ibland strömlekande och ekologiskt öringlik. Den andra är mer pelagisk och planktonätande, dvs är ekologiskt mer lik "sik". Den tredje arten, storröding, en konkurrenskraftigare röding som förekommer från låglandet upp till de lägre fjällsjöarna, har ett relativt plastiskt och brett urval av näringsdjur (Hammar 1983a). Röding förekommer ofta tillsammans med öring och blir i dessa konkurrenssituationer mer pelagisk än denna. Var och en för sig är de bentiska men genom sin mer flexibla ekologi kan även bentiska rödingar utnyttja planktonfaunan (Nilsson 1963). Efter en reglering förstärks denna diet hos rödingar (Nilsson 1961). Effekterna av introduktioner av Mysis förtydligar skillnaderna mellan olika rödingarter (Hammar 1980, 1983a).

Storröding, *Salvelinus salvelinus* (L.)

I många låglandssjöar förekommer storvuxna storrödingbestånd som under sina tidigare år livnär sig på benthos och därefter på olika fiskarter, t ex nors, siklöja och "sik" (Filipsson och Svärdson 1976). I fjällsjöar med starka öringbestånd utnyttjar storrödingen i högre grad den pelagiska zooplanktonfaunan sommartid. Vintertid är dock dessa rödingar mer aktiva än öringarna och kan då utnyttja en mer bentisk näring.

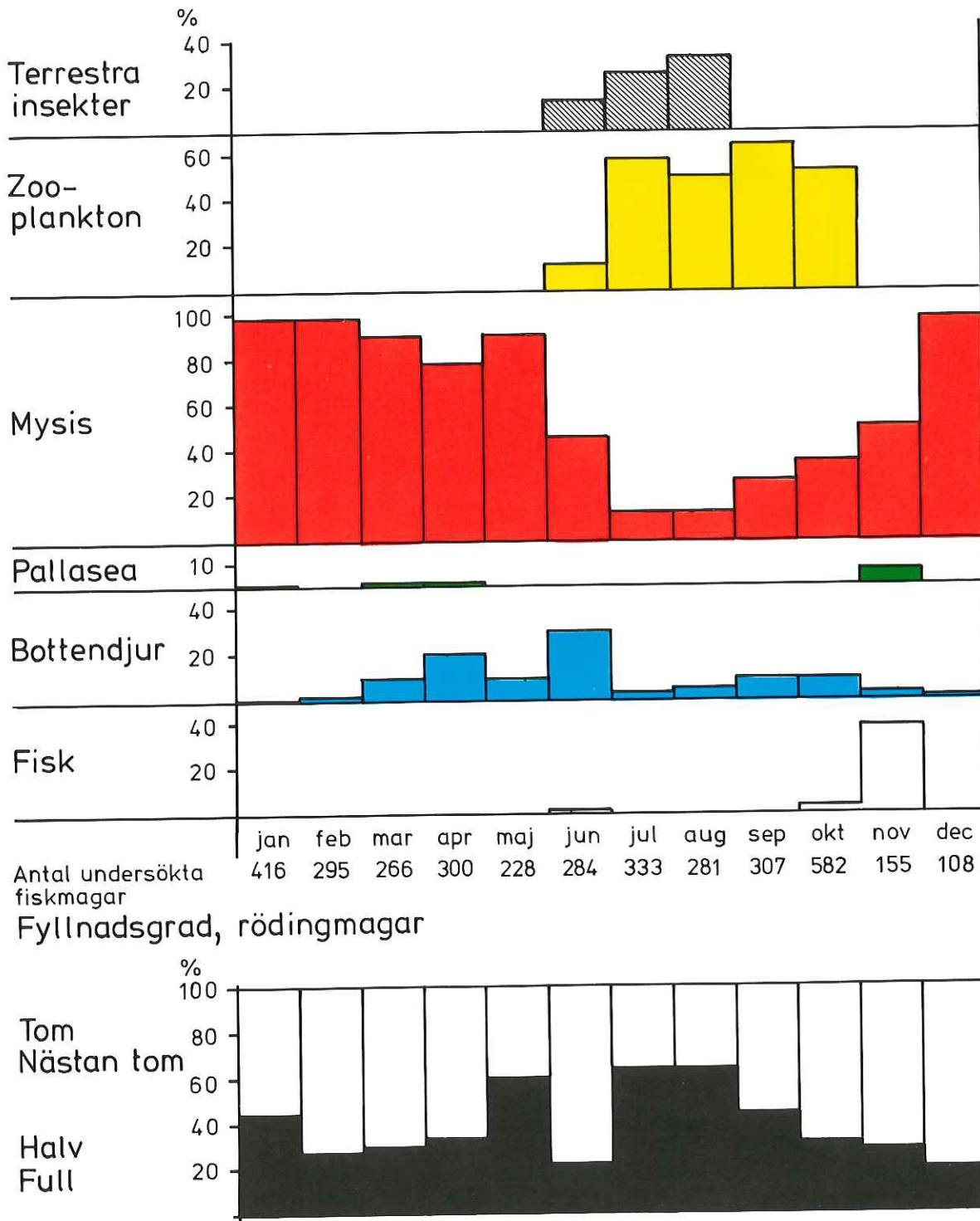
I den reglerade Blåsjön är Mysis dominerande näringsdjur för storrödingen under större delen av året. I Figur 6 visas näringsvalet under olika månader under åren 1970-71. Zooplanktonandelen utgör här en betydande del av dieten under perioden juli till oktober. En analys av magar från vår, sommar och höst från en serie av år som följts, visar en tydlig övergång till Mysis-diet (Figur 7). Andelen zooplankton har i denna serie minskat i omfattning i rödingmagarna under sommarperioden. Motsvarande utveckling märks även i sjön, där den relativa mängden cladocerer minskat dramatiskt sedan slutet av 1960-talet (Fürst et al. 1978). Den betydelsefulla semibentiska cladoceren Eurycercus lamellatus saknas idag helt i fiskmagar. De få pelagiska rödingar som fångas sommartid i Blåsjön äter dock fortfarande zooplankton. I vintermaterialet från mars-april är ökningen av Mysis mycket markant genom den ökade fyllnadsgraden i magarna (Fürst et al. 1978). Det var just under denna period i början av Mysis' utvecklingsskede, 1970/71, som fyllnadsgraden var som lägst (Figur 6). Ökningen är dock även ett resultat av en ökad predation på Pallasea (Fürst et al. 1978, Hammar 1980, 1983a).

Även i Suorva har Mysis fått en dominerande roll som näring för storröding (Hanson 1982, Hanson och Lindström 1979).

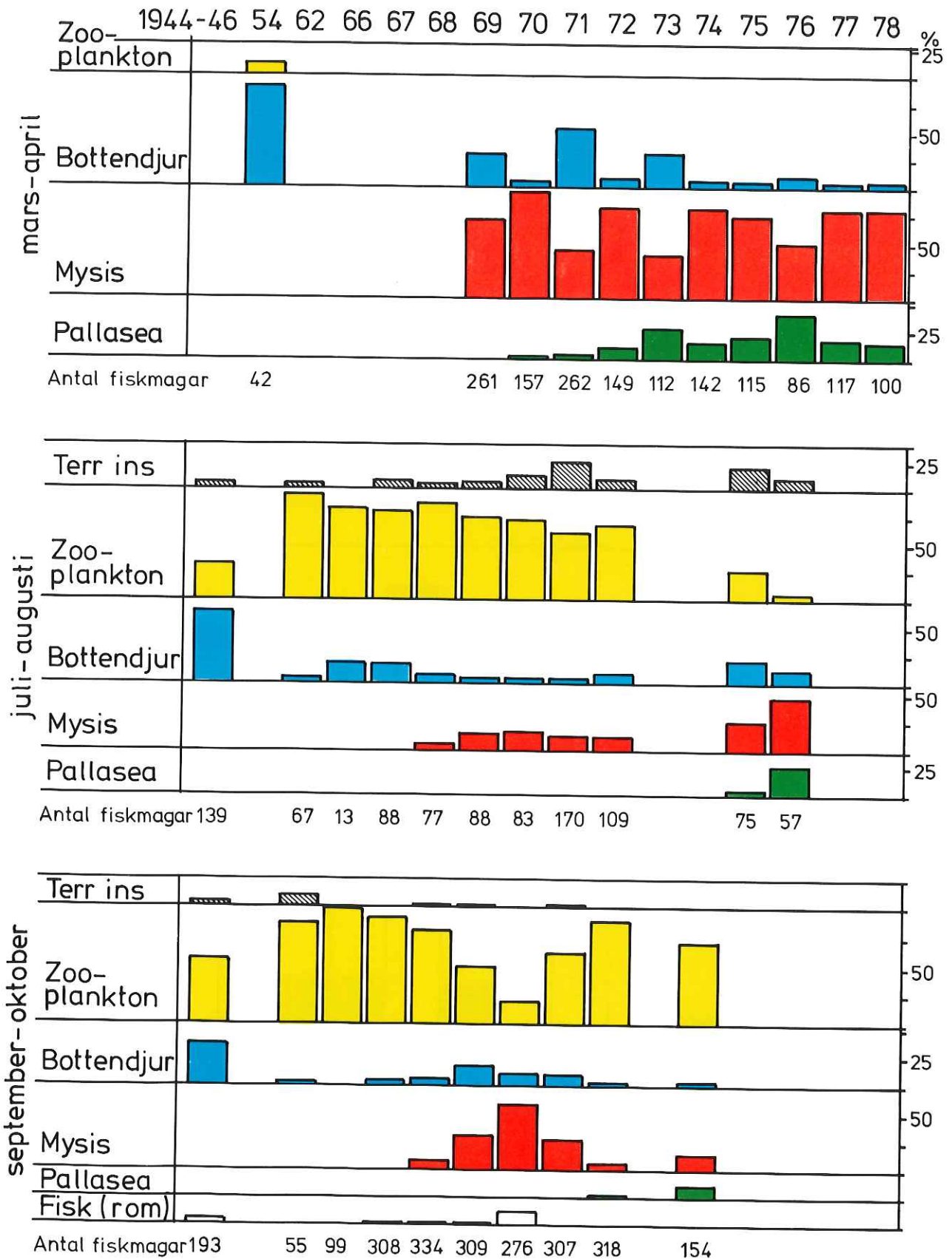
Mindre fjällröding, *Salvelinus stagnalis* (Fabr.)

Den mindre fjällrödingen i Blåsjön, den s k titan, lever under hård konkurrens från både storröding och öring, men har funnit en fristad på större djup, där den under större delen av året äter Mysis. Titor fångade sommartid på djupa bottnar har även ätit ansenliga mängder ytföda, vilket antyder en vertikal näringsvandring mellan





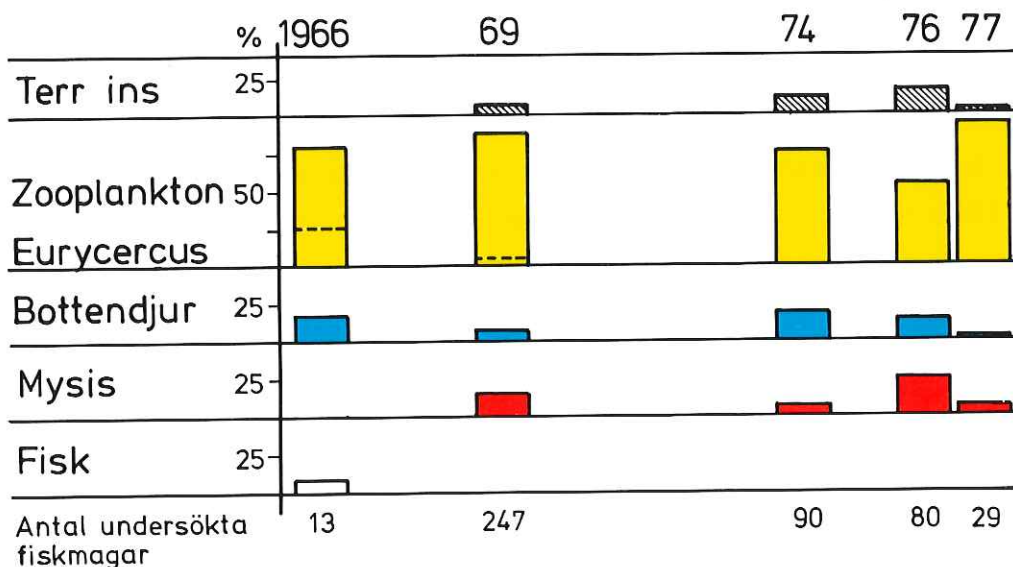
Figur 6. Storrrödingens näringsval och magarnas fyllnadsgrad under olika årstider i Blåsjön 1970-71, sex år efter att Mysis och Pallasea introducerats. Se vidare texten under Figur 4. (Efter Fürst et al. 1978.)



Figur 7. Storrödingens näringsval under perioderna mars-april, juli-augusti och september-oktober i Blåsjön 1944-78. Mysis och Pallasea introducerades 1964. Mängden näringsdjur anges som volymsprocent. (Efter Fürst et al. 1978.)

djupen och ytan (Fürst et al. 1978, Hammar 1980, 1983a). I Suorva där både mindre och större fjällröding uppträder som fördrvärgade bestånd på större djup har vissa rödingar samma beteende (Hammar 1983a, Hanson 1982).

I Torrön är den mindre fjällrödingen den dominerande rödingen och vissa åldersgrupper visar här en markerad pelagisk och planktonätande fas sommartid. Även bentiskt fångade rödingar äter zooplankton. Det är främst Bythotrephes longimanus och Eubosmina longispina (Leydig) (Bosmina coregoni Baird sensu lat.) som utnyttjas. De första åren förekom även Daphnia spp. och Eurycercus lamellatus i magarna. Det nya näringsdjuret ratas helt under sommarperioden (Figur 8), men vintertid tycks rödingen kunna äta Mysis (Fürst et al. 1981, Hammar 1980, 1983a).



Figur 8. Mindre fjällrödings näringsval i norra delen av Torrön i slutet av augusti 1966-77. Mysis introducerades 1957 och 1966. Mängden näringsdjur anges som volymsprocent. (Efter Fürst et al. 1981.)

### Större fjällröding, Salvelinus alpinus (L.)

Erfarenheter från andra undersökningar visar att denna rödingart är mer strandbunden och bentisk i likhet med öring (Hammar 1983a, Hammar och Filipsson manuskript, Henricson och Nyman 1976, Nilsson och Filipsson 1971).

Exempel från olika sjöar visar att den äter Mysis under vår och sensommar (Hammar och Filipsson manuskript, Ljunggren et al. 1981).

### Sik-art-komplexet

"Sik" utgör en grupp av flera tvillingarter liksom röding. Svärdson (1979) beskriver sex arter med väl definierade ekologiska karaktärer, dominansförhållanden och invandringsvägar. Som genetisk markör används antalet gälträfständer. I ännu högre grad än hos rödingarna kan man urskilja olika grader av pelagiskt resp bentiskt val av habitat. Storsik, sandsik, älvsik och blåsik kan betecknas som bentiska arter. Möjligen kan de tre sistnämnda arternas ekologi betraktas som mera flexibla. Aspsik och framför allt planktonsik är huvudsakligen pelagiska och planktonätande. De olika sikarterna förekommer precis som röding i olika sympatriska kombinationer och visar i konkurrenssammanhang sina speciella särdrag. Undersökningen i Parkijaure ger ett belysande exempel med fyra sympatriskt förekommande sikarter (Bergstrand 1982).

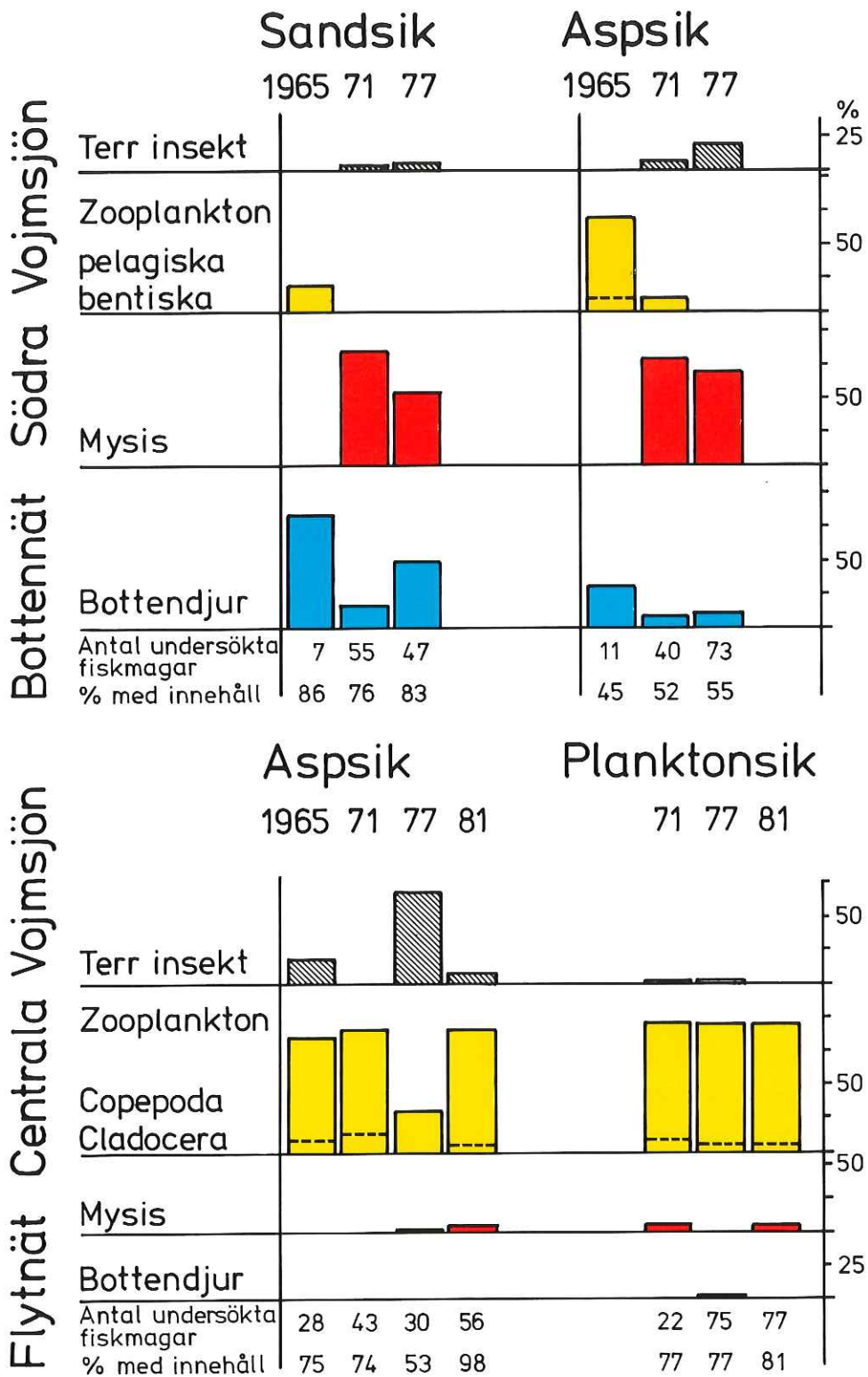
### Sandsik, *Coregonus acronius widegreni* (Rapp)

Vojmsjön har haft en större bentisk sikart, storsik, som av olika anledningar försvunnit. Mycket av dess ekologiska särdrag anses genom introgression (ökad ekologisk och genetisk överlappning) ha överförts till sandsiken, som idag intar dess nisch enligt Svärdson (1979).

Innan Mysis introducerades i Vojmsjön utgjorde olika mollusker (Pisidium, Lymnaea, Valvata), bottenlevande insekter och den semi-bentiska cladoceren Eurycerus lamellatus sandsikens diet sommartid. Efter introduktionen har Mysis utgjort en avsevärd andel av födan både under sommarperioden och under vintern. Dock äter sandsiken fortfarande en hel del bottenlevande djur av samma typ som tidigare. Figur 9 visar sandsikens näringsval i södra Vojmsjön under provfiskena i juli 1965, 1971 och 1977.

### Aspsik, *Coregonus pallasii aspius* (Valenciennes)

Denna sikart har fångats både på bottensatta nät och flytnät, och dieten är färgad av dess plastiska val av habitat. Innan Mysis planterades in i Vojmsjön åt de bentiskt fångade aspsikarna fram-



Figur 9. Näringsval hos sandsik och aspsik fångade med bottennät i södra Vojmsjön resp aspsik och planktonsik fångade med flytnät i centrala Vojmsjön i juli 1965, 1971, 1977 och 1981. *Mysis* introducerades 1967. Mängden näringsdjur anges som volymsprocent. (Efter Fürst et al. 1980, Hammar et al. manuskript.)

för allt zooplankton, t ex Eubosmina longispina och calanoida copepoder, sommartid. Efter Mysis-introduktionen har planktonandelen till största delen ersatts av Mysis (Figur 9). Ytfångade insekter spelar fortfarande en viss roll. De pelagiskt fångade aspsikarna äter huvudsakligen zooplankton sommartid, men de ursprungliga cladocererna har ersatts av framför allt cyclopoida copepoder (Figur 9). De få djupt fångade pelagiska aspsikarna har dock ätit Mysis (Fürst et al. 1980, Hammar et al manuskript).

#### Planktonsik, Coregonus nilsoni Valenciennes

Planktonsiken är näst efter våra båda siklöjarter den bäst anpassade pelagiska och planktonätande av Coregonus-arterna. Den utgör en viktig bytesfisk för predatorerna i sjön. I Vojmsjön och Storjuktan har den fångats framför allt i flytnät med små maskstorlekar. Dess naturliga näringsval visar entydigt på cladocerer, speciellt Eubosmina longispina. I sjöar där Mysis introducerats har Eubosmina ersatts av copepoder. I Vojmsjön äter planktonsiken sommartid nästan uteslutande cyclopoida copepoder (Figur 9). I Tåsjön har planktonsikar insamlade under maj visat sig innehålla Mysis, vilket antyder att den kan ha betydelse som näringsdjur vintertid (Hammar et al. manuskript).

#### Harr, Thymallus thymallus (L.)

I de reglerade sjöar där Mysis' effekter utvärderats är harren framför allt en strandbunden fisk som också gärna påträffas i lugnt flytande tillopp. Den livnär sig huvudsakligen på olika bottenorganismer och sommartid till stor del på ytinsekter. Cladoceren Eurycercus lamellatus utgjorde tidigare ett värdefullt bytesdjur för harren i Torrön men saknas nu i magarna. De harrar som fångats under provfiskena sommartid 1966 till 1976 visar en ökad mängd ytföda i näringsvalet i stället. Den enda harren som fångades under isen i mars 1979 innehöll endast Mysis (Fürst et al. 1981). Harr insamlad i Vojmsjön sommartid och vintertid visar samma tendenser som i Torrön (Hammar opubl.). I Juveln äter harren en viss mängd Mysis även sommartid (Fürst 1968).



### Lake, Lota lota (L.)

Lakens livscykel är intressant, med ett pelagiskt yngelstadium, ett ungstadium i strandzoner och i bäckar samt ett extremt bottenbundet liv för övrigt. Dess näringsval är mycket likt öringens, men medan öringen ej är kannibal, äter laken ofta sina mindre artfränder. Andelen fisk i dieten ökar med stigande längd, vilket gör laken till en betydande predator i många sjöar. I Torrön äter den förutom lake även öring, röding och elritsa, i Vojmsjön framför allt aspsik, men även lake och elritsa.

Lakens diet ger ofta en värdefull översikt av i sjön förekommande bottenorganismer (Tabell 1). I Torrön och Vojmsjön har Mysis fått en mycket stor betydelse som näringsdjur för laken under hela året. Mysis har i Torrön ersatt Eurycercus lamellatus som fram till 1969 utgjorde stapelfödan under augusti för lakar mindre än 30 cm (Fürst et al. 1980, 1981).

### Övriga fiskarter

Abborre, mört och gädda förekommer i glesa bestånd och elritsa samt simpor fångas sällan i provfiskena. Några generella resultat kan därför ej ges för dessa arter utom att Mysis ibland ingår i vissa fiskars diet och att det är mycket möjligt att dessa fiskar kan få en ökad roll i ekosystemet. Det finns indicier på att elritsa har ökat i Storsjouten (Lindh muntl.medd.), och även ökat mycket raskt i Blåsjön de sista åren.

### Diskussion av näringsvalet

Vi kan urskilja ett grundläggande mönster i Mysis relicta's betydelse som näringsdjur beroende på om de aktuella fiskarterna söker sin näring längs botten eller ute i de fria vattenmassorna. Det nya näringsdjuret tycks påverka fiskarna i den reglerade fjällsjön på två fundamentalt olika sätt.

- 1) Mysis har visat sig vara ett värdefullt bytesdjur, men som sådant endast i egenskap av botten djur tillgängligt för fiskar. Det är således bara bentiska fiskarter som utnyttjar Mysis sommartid.



Den har vidare sin största betydelse för vinteraktiva fiskar, eftersom näringstillgången i den reglerade sjön då är mycket fattig eller saknas helt (Figur 10). De pelagiska fiskar som inte äter Mysis under sommarhalvåret, kan vintertid om temperaturen tillåter, möjligen i ett mer bentiskt habitat utnyttja Mysis.

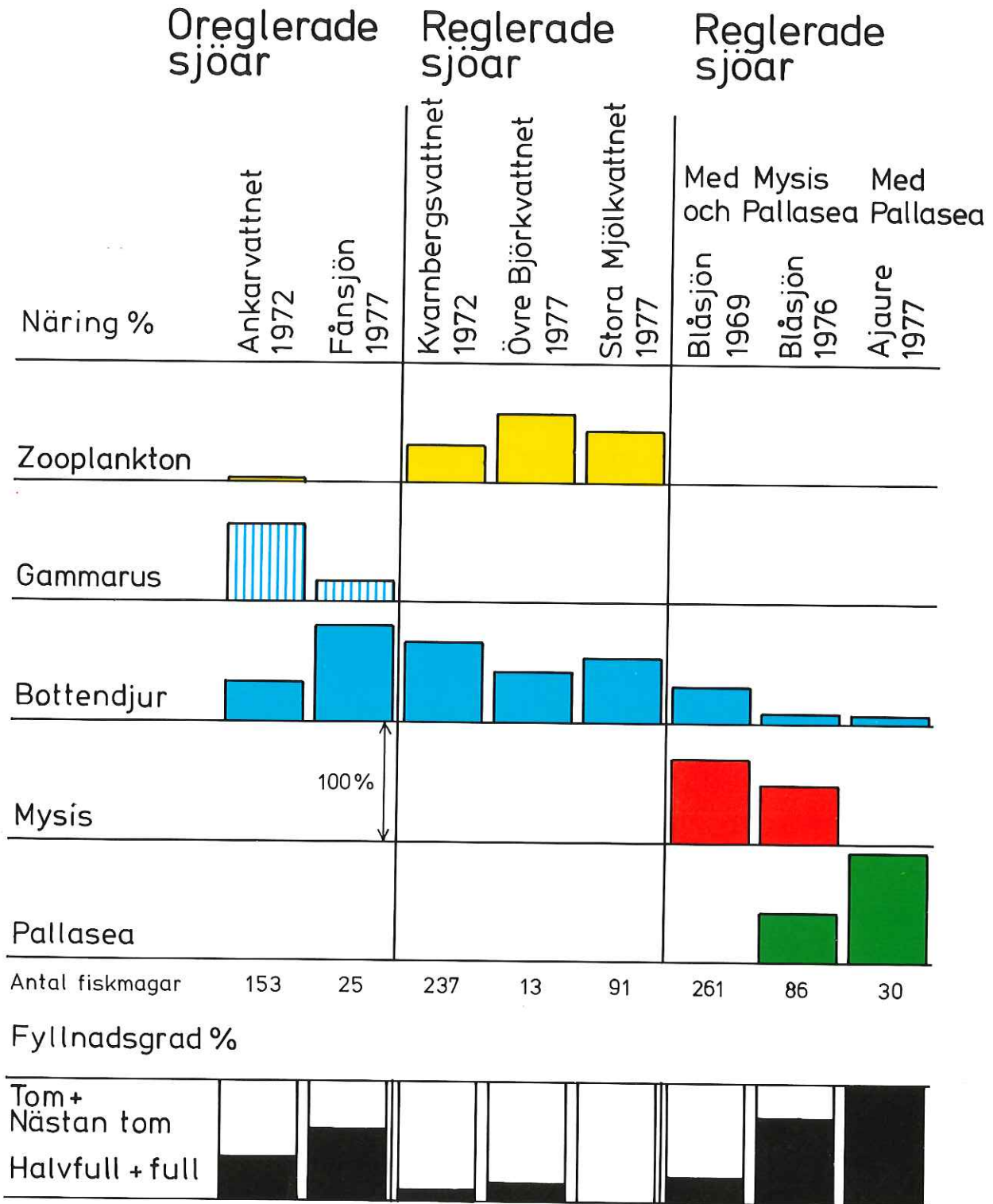
- 2) Mysis' roll som effektiv zooplanktonpredator (se vidare sid 48) har inneburit en ökad konkurrens om den för fisken värdefulla planktonfaunan. De pelagiska fiskarter som ej äter Mysis tvingas i stället att livnära sig på en allvarligt utarmad zooplanktonfauna. Flera arter utnyttjade Eurycercus lamellatus som stapelföda innan Mysis introducerades. Idag saknas denna cladocer genomgående i fiskmagarna. För de pelagiska fiskarterna spelar både Daphnia sp. och Eubosmina sp. en stor roll som fiskföda. Efter en Mysis-inplantering minskar dessa arter och ersätts i stället av copepoder i fiskarnas diet, vilket ökar riskerna för infektion av parasiterna Diphyllbothrium spp. och Triaenophorus sp. (se vidare nästa kapitel).

Fiskens karaktär som pelagisk resp bentisk är resultatet av en mångtusenårig anpassning till miljön, samt artens specifika ekologiska konkurrenssituation i sjön. Rödingar kan liksom aspsik uppträda som bentiska i vissa situationer och som pelagiska i andra situationer. Öring, sandsik och lake visar en entydigt positiv reaktion på Mysis som näringsdjur betraktat, medan pelagisk röding och planktonsik hamnat i en konkurrenssituation i förhållande till det nya näringsdjuret.

I Suorva där alla tre rödingarterna samexisterar har introduktionen av Mysis inneburit att de ekologiska artbarriärerna, som tidigare visade sig som skillnader i näringsval, storlek, utseende och/eller djupfördelning, brutits. Som en följd av överflödet av det nya näringsdjuret är det idag mycket svårt att särskilja de olika rödingarterna ekologiskt (Hammar 1983a, Hanson 1982).

#### Parasitering av Diphyllbothrium spp. och Triaenophorus sp. på röding och sik

Bandmaskar tillhörande släktet Diphyllbothrium förekommer naturligt i de flesta fjällfiskarter som någon gång under sin livstid



Figur 10. Rödingens näringsval under mars-april i olika oreglerade och reglerade sjöar med eller utan nya näringsdjur (*Mysis relicta* resp *Pallasea quadrispinosa*). Mängden näringsdjur anges som volymsprocent. Fyllnadsgraden anges som antalet halva och fulla magar i förhållande till tomma och nästan tomma. (Efter Fürst et al. 1978.)

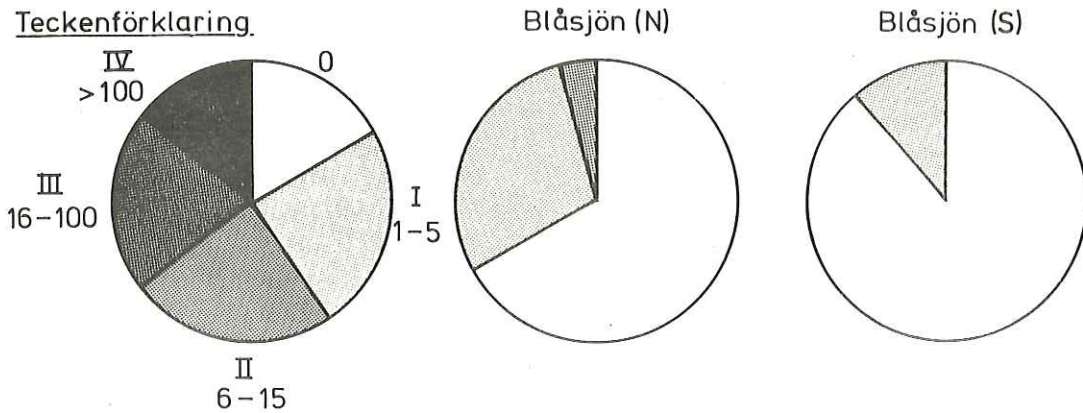
äter copepoder eller bytesfiskar, i sin tur infekterade av Diphyllobothrium. Vid allvarligare infektioner kan parasiterna orsaka skador på fiskpopulationer i form av ökad dödlighet (Halvorsen och Andersen 1975, Henricson 1974, 1977, 1978b, 1980), allvarligare beteendestörningar i vandringsinstinkt (Curtis och Hunter 1980, Curtis 1983a) och troligen även tillväxtförsämringar (Curtis 1983a, Hammar 1983b).

Larverna inkapslas i cystor på magsäck, lever, njure, gonader och uppträder ibland även fritt krypande i bukhålan. Parasiterna har en märklig livscykel. Copepoder och fiskar utnyttjas bara som mellanvärdar i en serie överföringar av olika larvstadier till den slutliga värden, en fågel, t ex olika måsar, skrakar, lommar eller skarvar, därav namnen måsmask resp dykandsmask. I denna utvecklas parasiten till en köns mogen binnikemask vars ägg på nytt sprids i vattnet (Henricson 1978a).

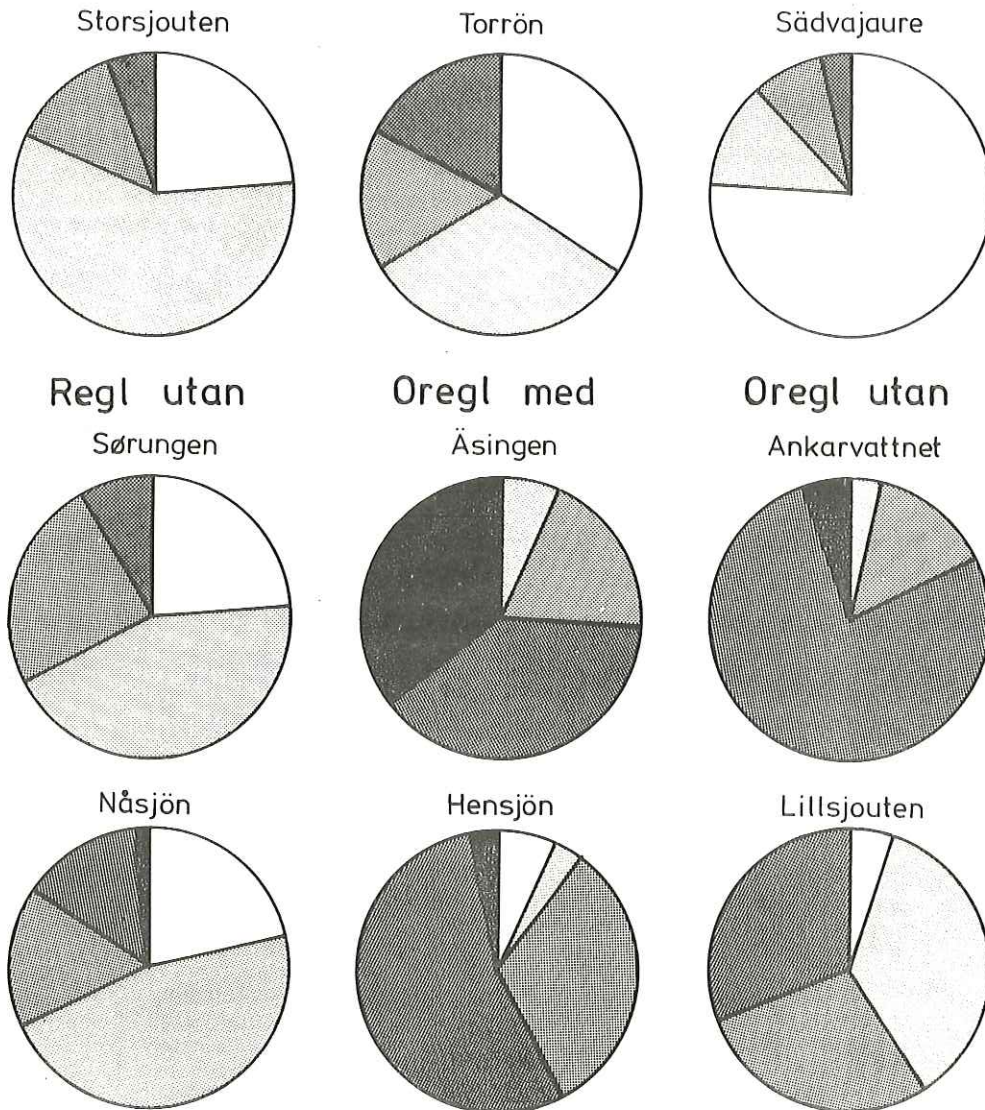
Eftersom den första mellanvärden utgörs av copepoder, är det i första hand planktonätande fiskar som drabbas. Predatorer som livnär sig på infekterade planktonätande fiskar drabbas av Diphyllobothrium sekundärt. I den reglerade sjön ökar inslaget av copepoder vintertid i fiskarnas näringsval, men genom att i stället äta Mysis relicta under vissa perioder har rödingen i Blåsjön brutit parasitens livscykel och är idag i det närmaste helt fri från dessa parasiter (Figur 11) (Hammar et al. 1983). Utvecklingen kan följas i Sädvajaure, Hensjön och Torrön där ett värdefullt bakgrundsmaterial finns tillgängligt genom tidigare undersökningar av Henricson (1978a). Resultaten visar att de bentiska rödingpopulationerna i Hensjön och Sädvajaure får en markant mindre parasitbörda med åren, medan den planktonätande mindre fjällrödingen i Torrön uppvisar en annorlunda bild. Hos denna röding märks ingen minskning, möjligen i stället en svag ökning (Hammar och Henricson 1983, Hammar et al. 1983).

Motsvarande artskillnad har också iakttagits hos olika sikar. I Storjuktan, Tåsjön och Vojmsjön, tre sjöar med stigande täthet av Mysis relicta, visar planktonsiken en ökad mängd av Diphyllobothrium sp. Det är uppenbart en ökad risk för infektion av dessa parasiter då en planktonätande fiskart i en allt mer cladocer-fattig planktonfauna ratar Mysis och fortsätter att äta de former som återstår, nämligen copepoder. De mer bentiska sikarterna i sjöarna, sandsik

### Reglerade, med Mysis och Pallasea



### Reglerade, med Mysis



Figur 11. Angreppsfrekvens och intensitet av *Diphyllobothrium* spp. på röding i oreglerade och reglerade sjöar med eller utan det nya näringsdjuret *Mysis relicta*. Cirklarna visar den procentuella fördelningen rödingar angripna av 0 - >100 plerocercoider per fisk. (Efter Hammar et al. 1983.)

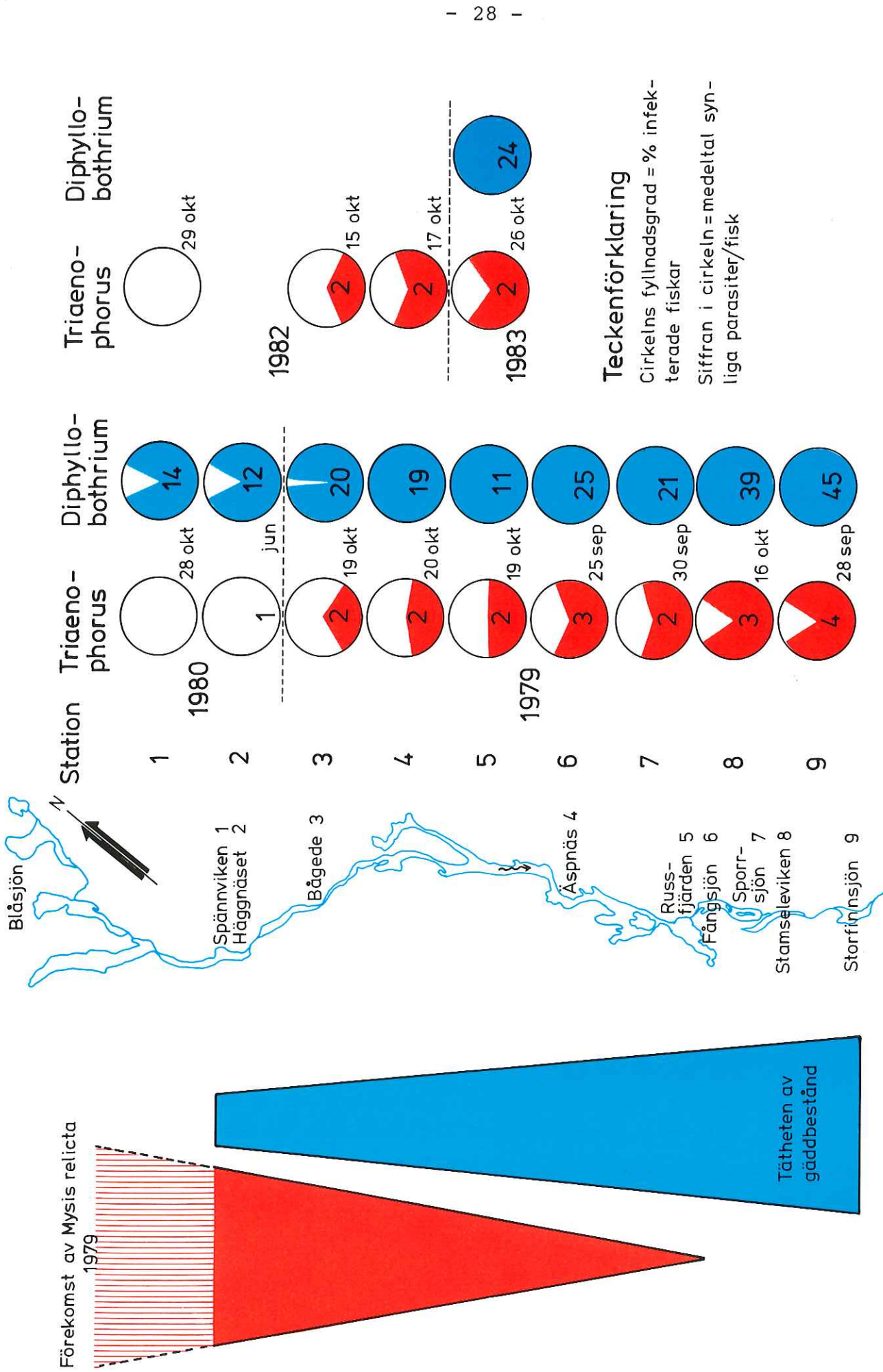
och blåsik, är mindre infekterade. Däremot uppvisar den pelagiska aspsiken i Vojmsjön betydligt större parasitbörda än planktonsiken. Den pelagiska aspsiken har fortfarande ett betydande inslag av copepoder i dieten och möjligen är den högre graden av parasitangrepp även en funktion av aspsikens större storlek och högre ålder (Hammar et al. manuskript).

I Ströms Vattudal har parasiteringen på en bentisk sik undersökts längs en sträcka från Gäddede till Storfinnforsen (Figur 12). Mysis har förekommit i en gradient längs sträckan med störst täthet längst upp och ett mycket glest bestånd längst ned. Antalet synliga Diphyllobothrium-cystor per fisk ökar med ca fyra gånger längs motsvarande sträcka. Mycket tyder på att en ökad täthet av Mysis är kopplad till en minskad parasiteringsgrad, men den lokala inverkan av förekomsten av slutvärdar är ej klarlagd (Fürst et al. manuskript).

En annan bandmaskart, Triaenophorus sp., vars livscykel påminner om Diphyllobothrium spp., men som har gädda som slutvärd, förekommer inkapslad i muskulaturen hos fisk (Petersson 1971a, b). Även denna parasit visar samma mönster. Längst upp på samma sträcka saknas den helt medan mer än hälften av fiskarna är infekterade längst ned. Antalet gäddmaskar per fisk ökar också nedströms. Det verkar som om parasiteringen på dessa bentiska sikar minskar med ökad täthet av Mysis. Gäddan förekommer i allt tätare bestånd nedströms och detta kan tänkas påverka parasiteringen i samma riktning (Fürst et al. manuskript). Tidigare har det dock visat sig att även ett glest bestånd av gädda kan orsaka en omfattande infektion av gäddmask (Petersson op.cit.).

I Vojmsjön har parasiteringen av Triaenophorus sp. på aspsik och sandsik följts av Petersson under ett antal år under tiden Mysis utvecklats, och resultaten visar möjligen att sandsikens infektion minskat medan aspsikens ökat (Fürst et al. 1980). Resultaten kompliceras av att både bentiska och pelagiska sikar under sina yngelstadiet lever av copepoder (Lindström muntl.medd.).

Återigen märks ett markant mönster av positiva effekter på bentiska fiskpopulationer och en negativ inverkan på pelagiska och planktonätande fiskarter.



Figur 12. Angreppsfrekvens och intensitet av *Diphyllobothrium* spp. och *Triaenophorus* sp. på sik från olika stationer längs Ströms Vattudal, 1979-83. Även en grov uppskattning av täthet av *Mysis* och gädda anges. (Efter Fürst et al., manuskript.)

### Förändringar i fiskens uppehållsplatser

Fiskens val av djup bör också vara en funktion av dess näringsval. Mycket tyder på att de fiskar som övergått till Mysis-diet lyckas fånga det nya näringsdjuret i miljöer där fisk och Mysis har kontakt med botten. Detta innebär också att vi bör få förändringar av olika arters uppehållsplatser till större djup, eller vandringar mellan pelagial och stränder.

I Blåsjön märks en koncentrationsförändring av röding från tidigare 5-10 m djup till idag 15-25 m djup (Fürst et al. 1978). Fiskare i Blåsjön menar att en sådan förändring även skett hos öring. I Mesvattnet, en oreglerad liten sjö intill Blåsjön med Mysis inplanterad, gjordes fångsterna av både öring och röding på större djup (15-30 m) i slutet av undersökningen än i början (Olsén 1980).

I Suorva finner man samma mönster för såväl sik som för röding (Hanson 1982, Hanson och Lindström 1979). Den mest tydliga förändringen syns i Vojmsjön, där aspsiken i det bentiska fisket tidigare dominerade på grunt vatten, medan den idag fångas på djup mellan 20 och 35 m (Figur 13). Även laken har koncentrerats på detta djup. Sandsiken visar också en mindre förskjutning, men fångas fortfarande framför allt på 5-20 m djup (Fürst et al. 1980).

Det pelagiska fisket efter aspsik och planktonsik visar något olika förändringar med avseende på djupet. Planktonsiken som tidigare fångades nära ytan (0-12 m) fångas idag på djup mellan 12 och 24 m. Aspsiken däremot dominerar fortfarande i fångsterna närmast ytan (Hammar 1982, Hammar et al. manuskript).

Olika fiskarters uppehållsplatser med avseende på djup kan också vara en funktion av deras val av optimal temperatur för en ekonomisk metabolism i den aktuella näringsmiljön. Genom det ekologiska samspelet mellan olika arter uppstår en konkurrens även om speciella temperaturdefinierade utrymmen och en uppdelning av olika fiskars uppehållsplatser kan förväntas (Brett 1971, MacLean och Magnuson 1977, Magnuson och Beitinger 1978, Magnuson et al. 1979). Vid förändringar av näringstillgången bör fiskarnas val av optimal temperatur för metabolism också ändras (Crowder och Magnuson 1983).

Temperaturen på olika djup i Vojmsjön (Figur 13) visar närmast homotermi, och det är svårt att se en eventuell förändring i djupfördelning av olika fiskarter som en effekt av temperaturen. Dessutom tycks hela populationen av en art ha sökt sig till större djup. Det är därför mer sannolikt att de ändrade förekomsterna av fisk med avseende på djup är resultat av den nya näringssituationen i sjön, oavsett om fiskarna äter plankton eller Mysis, som i sin tur äter plankton. Aspsikens annorlunda beteende i de pelagiska fångster kan förklaras av dess specifika intresse för ytföda.

Pimpelfisket på isen kan lokalt ge ökade fångster i den reglerade sjön. Fisken ansamlas på vissa platser med strömsättning (Aass 1970). Förekomsten av Mysis innebär att rödingen fiskas i ett mera utspritt bestånd och fångsten blir därför mindre. Sportfisket sommartid bör förändras från ett ytligt till ett mer djupgående fiske.

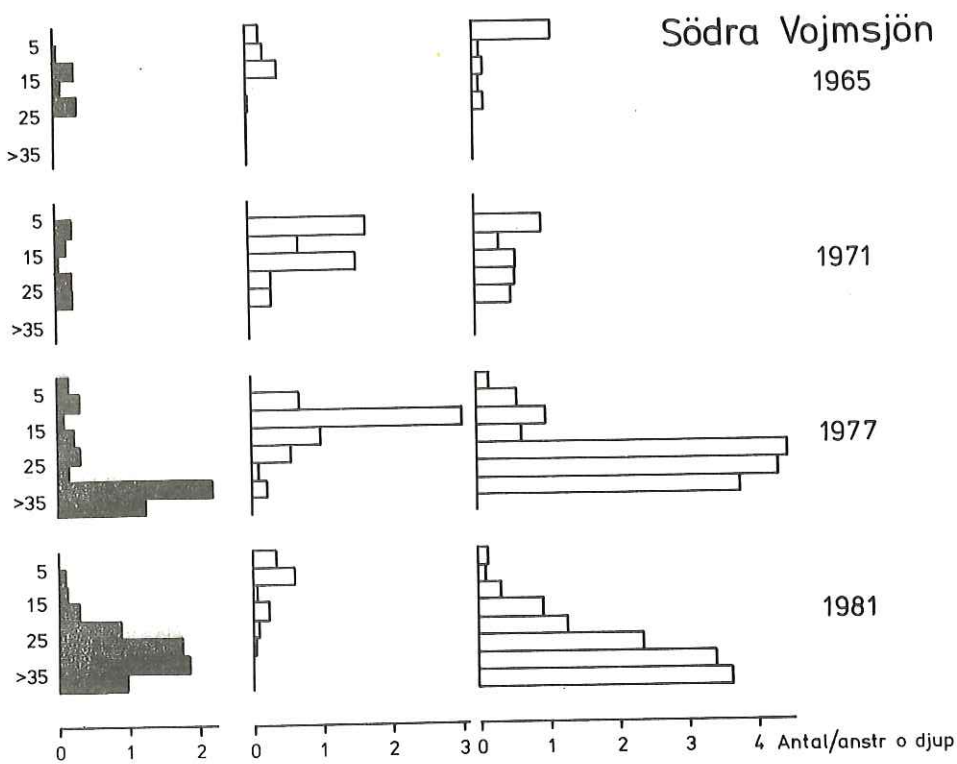
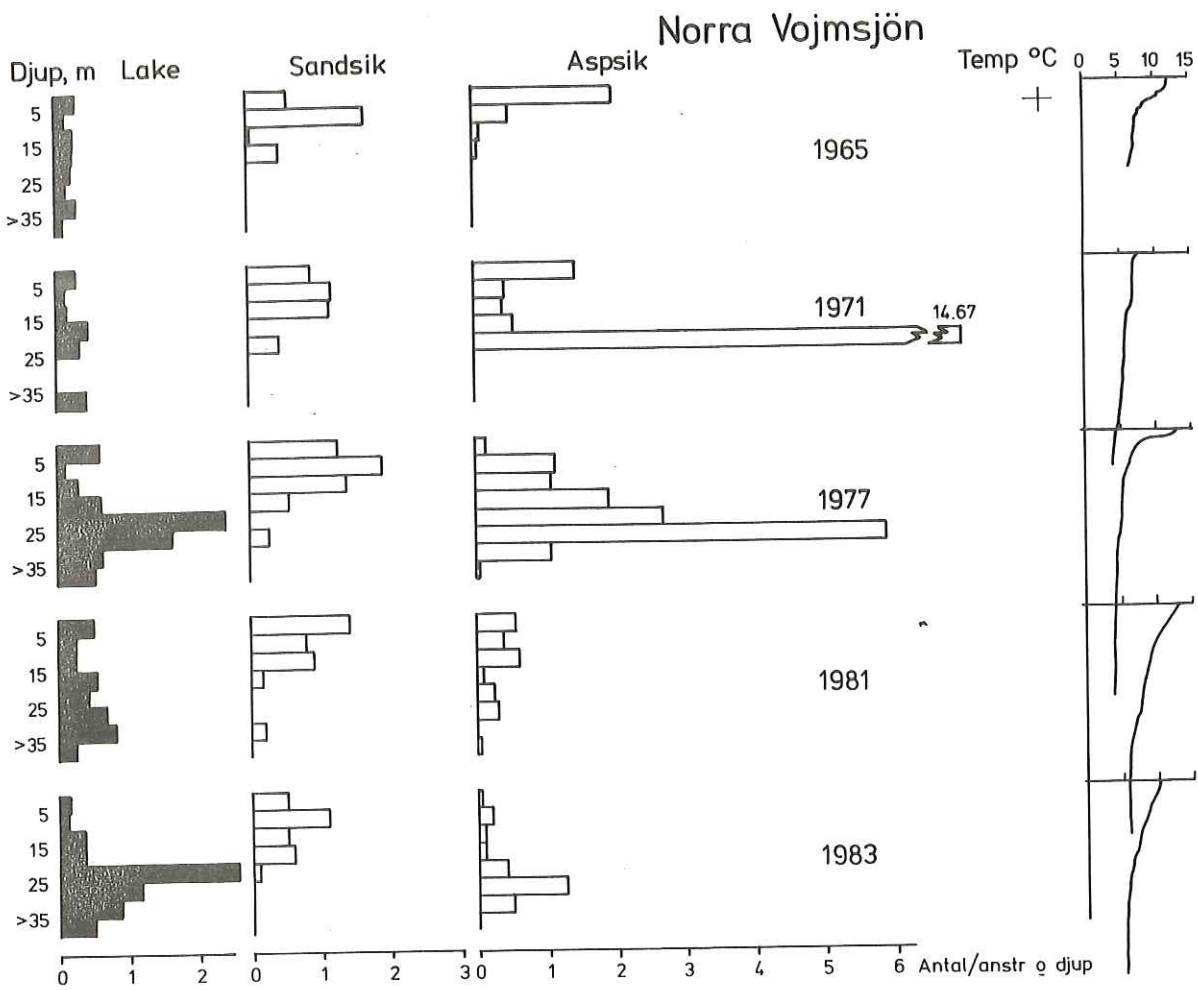
#### Provfisken, avkastning och medelvikter

Genom Sötvattenslaboratoriets utprovade och regelbundna provfisken med samma personal, metodik och nätsammansättning, finns en lång serie av jämförbara insamlingar (Filipsson 1972). Dessutom hålls parallellt en kontinuerlig kontakt med ortsbefolkning och yrkesfiskare angående utvecklingen av fisket i de aktuella sjöarna.

Variationerna i fångsten mätt som fångst per nätansträngning samt dess medelvikter är resultaten av många helt naturliga faktorer, t ex rika och dåliga årsklasser orsakade av klimat, konkurrens mellan olika arter och även mellan generationer av samma art. Det kan också vara förändringar p g a Mysis relicta. Genom de långsiktiga provfiskena i kombination med den ekologiska kunskapen som finns om olika fiskarter, ökar möjligheterna att utskilja de Mysis-inducerade förändringarna från de naturliga svängningarna. I de reglerade sjöarna innebär ett allt effektivare utnyttjande av den tillåtna regleringsamplituden att sjölekande fiskarter med reproduktionen förlagd till hösten får allt större rekryteringsskador, vilket konstant påverkar avkastningen (Fürst et al. 1981, Fürst och Hammar 1983, Hammar 1980).

En eventuell förbättring i kvaliteten hos "värdefulla" fiskarter kan framkalla en intensifiering av nätfisket med ökad påverkan på bestånden, vilket försvårar utvärderingar av effekter av Mysis.





Figur 13. Förändringar av lakens, sandsikens och aspsikens djupfördelning i bottennätsfångster i norra och södra Vojmsjön 1965-83. Temperaturen på olika djup från centrala Vojmsjön under provfisket antyder inget utbildat språngskikt. (Uppdaterad efter Fürst et al. 1980.)

## Blåsjön

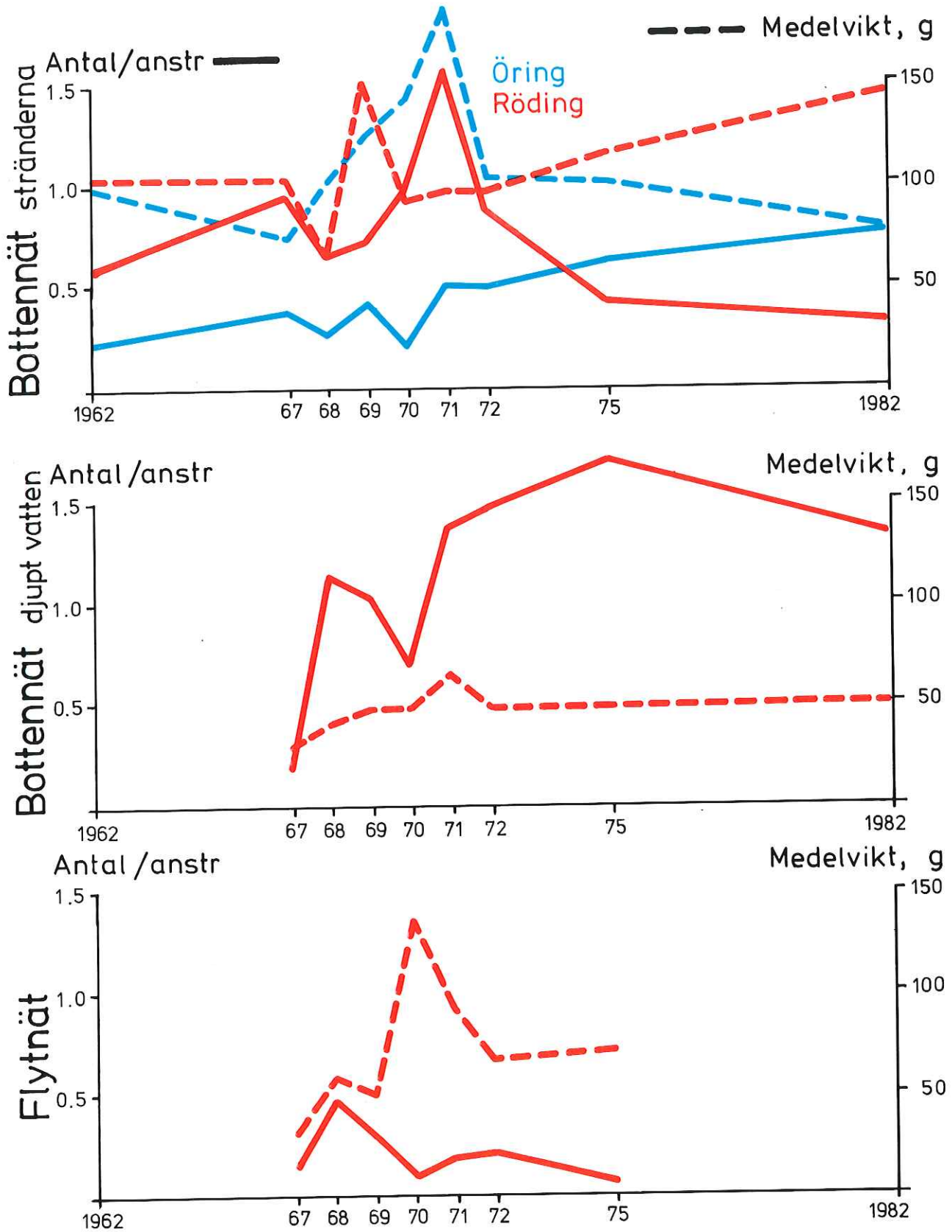
Provfiskena i Blåsjön har varit jämförbara sedan 1962. Mysis relicta introducerades 1964 och fr o m 1967 påträffas de nya fisknäringssdjuren i fiskmagar. Fiskena har skett under två perioder, juli-augusti resp september-oktober (Fürst et al. 1978).

Sommarfisket påvisar en markant förändring av Blåsjöns fiskfauna, från ett dominerande rödingbestånd till ett dominerande bestånd av öring (Figur 14). Rödingfångsterna visade en positiv utveckling från 1962 fram till 1971 då fångsten kulminerade, men har sedan dess minskat betydligt. Rödingens medelvikt visar en ökning från slutet av 1960-talet, vilket kan vara den naturliga följderna av ett glesare bestånd med ett större näringstillskott. Öringbeståndet har däremot ökat långsamt och säkert under hela perioden från 1962, men framför allt efter 1970, trots den ökade intensiteten i fisket (Figur 14). Dess medelvikter har på motsvarande sätt minskat i sommarprovfisket.

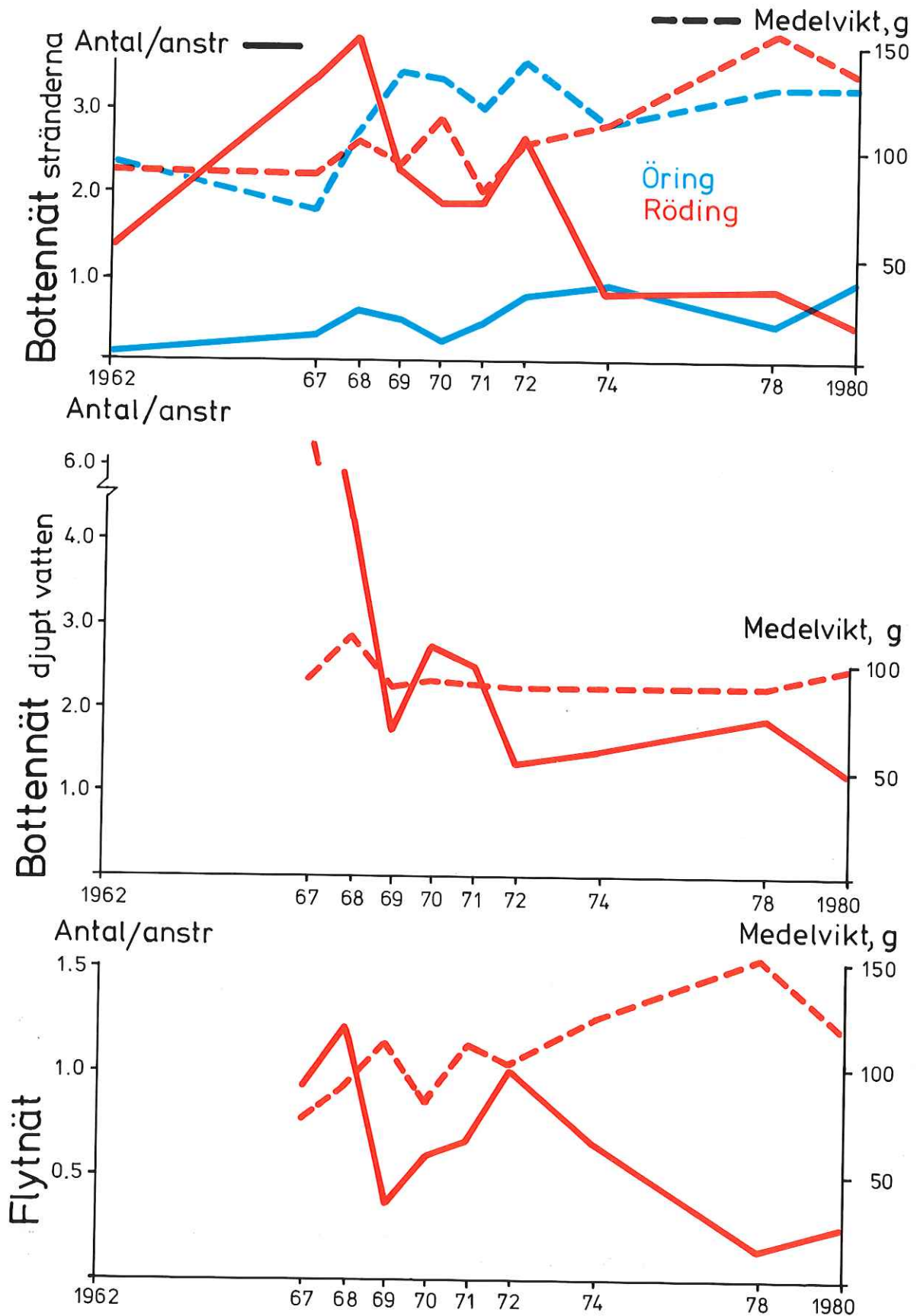
Höstfisket i Blåsjön ger normalt högre fångster av röding, men även här märks en klar nedgång av fångsterna från 1968 till 1980, och en långsam men stadig uppgång av öringfångsterna. Båda arternas medelvikter visar förbättringar (Figur 15). Också det bentiska fisket på djupt vatten efter mindre fjällröding uppvisar en betydande minskning av fångsterna (Figur 15).

Provfisket med flytnät i Stora Blåsjön påvisar ett glesat pelagiskt rödingbestånd även före Mysis-introduktionen och nu har det glesnat ytterligare både under sommar- och höstfiskena.

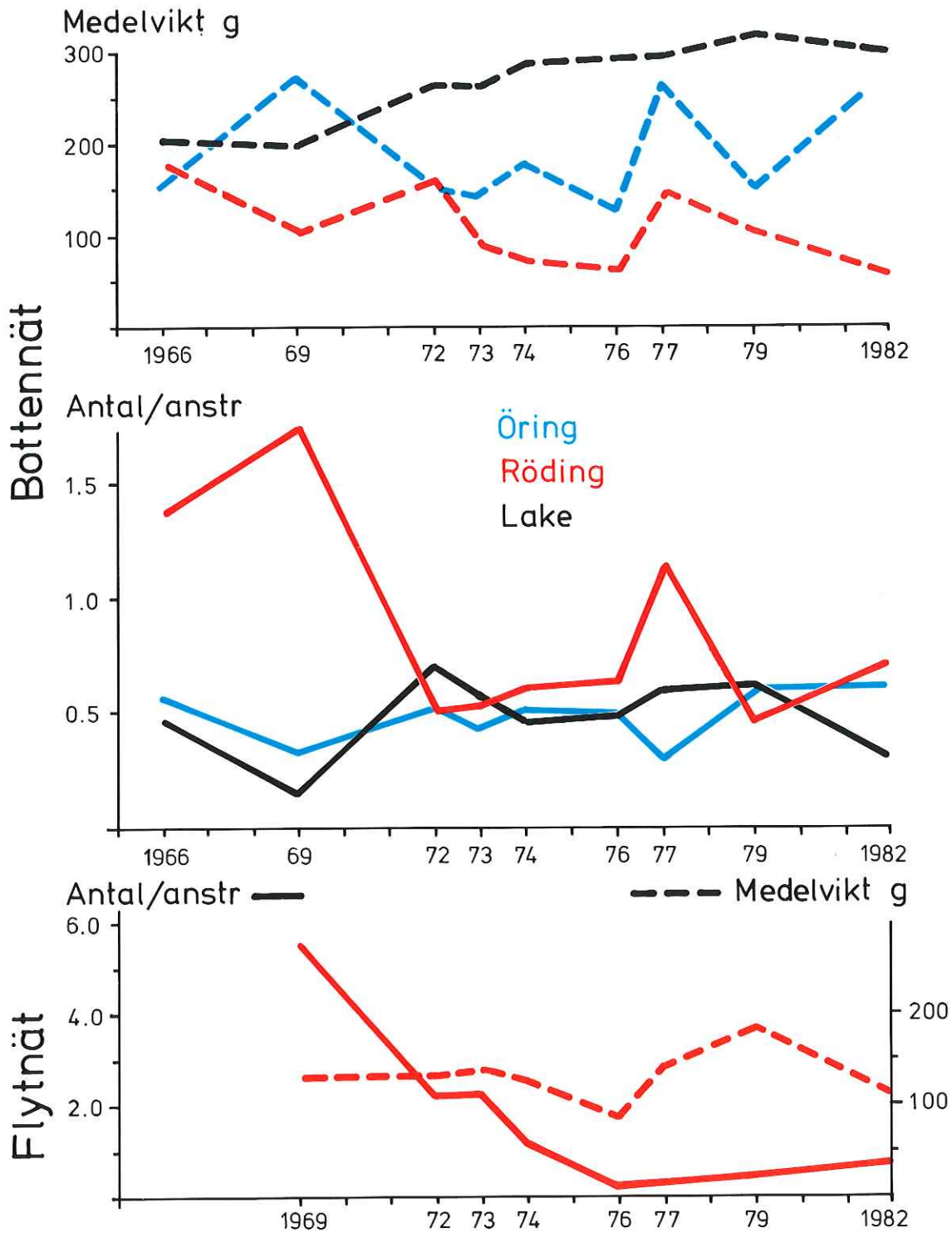
Just höstfisket bör betraktas som en känslig metod att mäta eventuella förändringar i rödingpopulationen, medan sommarfisket är mer utslagsgivande för öringpopulationen. Den totala fångsten av röding i höstfisket utgjorde 1980 ca 13 kg mot över 60 kg de båda åren 1967 och 1968. Rödingfångsterna har alltså minskat mycket kraftigt. Motsvarande siffror för öringen i höstprovfisket är 11 kg 1980 jämfört med 2-6 kg i slutet av 1960-talet. I sommarprovfisket var öringfångsterna 5 kg 1980 jämfört med drygt 2 kg under 1960-talet



Figur 14. Resultaten av provfisket i Blåsjön längs stränder, på djupa bottenar och ute i pelagialen i juli-augusti 1962-82. *Mysis* och *Pallasea* introducerades 1964. (Uppdaterad efter Fürst et al. 1978.)



Figur 15. Resultaten av provfisket i Blåsjön längs stränder, på djupa bottnar och ute i pelagialen i september-oktober 1962-80. Mysis och Pallasea introducerades 1964. (Uppdaterad efter Fürst et al. 1978.)



Figur 17. Resultaten av provfisket i Torrön längs stränder och ute i pelagialen under augusti 1966-82. *Mysis* inplanterades 1957 och 1965. (Reviderad och uppdaterad efter Fürst et al. 1981.)

Det pelagiska fisket påvisade ett ursprungligen betydande rödingbestånd med höga fångster per ansträngning. Fångsterna minskade dock kraftigt under perioden 1969 till 1976 varefter en stabilisering på låg nivå skett. Medelvikterna förändras mycket långsamt mot ett lägre värde efter en kortvarig uppgång på slutet av 1970-talet.

Rödingfångsterna i det bentiska fisket uppvisar motsvarande minskning från 1966 fram till 1972 varefter en långsam ökning kan registreras. Medelvikterna däremot sjunker stadigt.

I reella tal har totala rödingfångsten i provfisket minskat från 88 kg 1969 till 45 kg 1982, dvs med hälften. Fångstresultaten av öring fluktuerar något men ligger fortfarande på samma nivå 1982 som 1966. Medelvikterna varierar ännu mer och någon trend är svår att urskilja.

Lakbeståndet visade en uppåtgående trend, men minskade i senaste provfisket 1982. Lakens medelvikter ökar dock stadigt i fångsterna.

I Torrön kunde ett samband identifieras mellan dåliga årsklasser av röding och tidiga sänkningar av vattenståndet på våren. Med det ökade uttaget av vatten på våren kom regleringen ytterligare att negativt påverka rekryteringen av röding. En höjning av lägsta vattenståndet med ca 3 m mellan åren 1970 och 1971 gav, i botten näten, en årsklass som blev ca 70 % större än året innan.

### Vojmsjön

Vojmsjön är ett skogslandsvatten med flera pelagiska fiskarter. Litoralzonen innehåller en mer varierad miljö, och mer varmvattenkrävande arter som abborre och gädda förekommer sporadiskt. Provfisken har skett regelbundet sedan 1965 både i den djupa norra delen och i den grunda södra delen av magasinet. Det pelagiska fisket har genomgående skett i den centrala delen av sjön. Resultaten återges i Figur 18. De pelagiska arterna är aspsik och planktonsik och de bentiska är sandsik, öring, lake och harr.

De bentiska fångsterna i provfisket är relativt små jämfört med de pelagiska. Fram till 1977 visade både sandsik och aspsik en ök-

Yrkesfisket i Blåsjön har journalförts i detalj sedan år 1953. Det utgör ett riktat nätfiske mot röding och därför har nätval och fiskedjup förändrats med åren. Yrkesfisket pågår ännu och resultaten visas delvis i Figur 16.

Sommarfisket fram till septembers slut visar ett allt intensivare nätfiske från 1953 till första hälften av 1970-talet. Efter 1974 har insatserna minskat igen. Totalfångsterna av röding och öring följer i stort sett detta möster, men fångsten per ansträngning minskar för röding medan den stadigt ökar för öring.

Under åren 1966 till 1970 bedrevs även ett flytnätsfiske efter röding i vissa delar av Blåsjön. Fångsterna var till en början stora och rödingens medelvikt var mycket hög. På kort tid minskade fångst-avkastningen och medelvikterna, och det pelagiska fisket upphörde efter 1970.

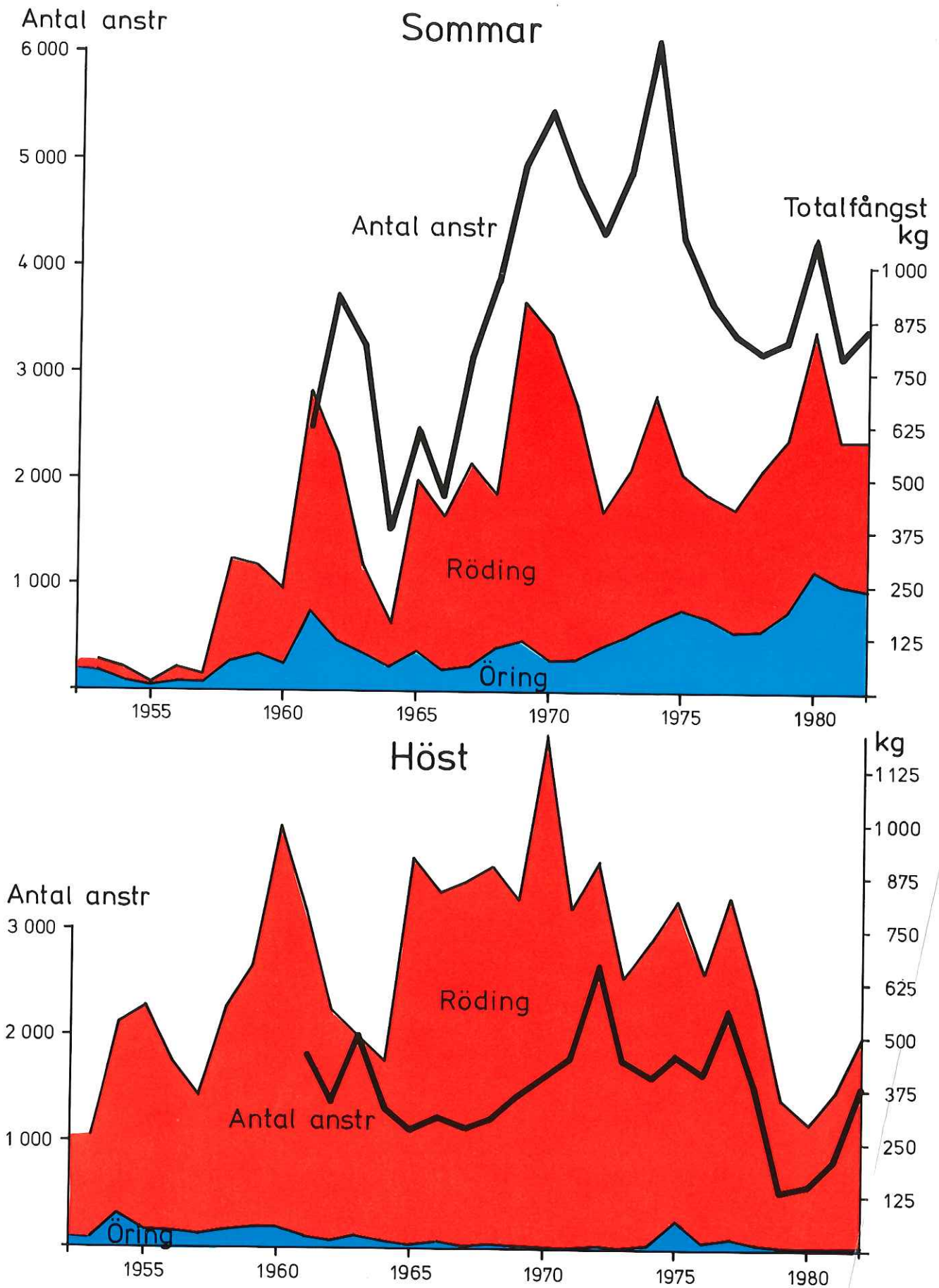
Lekfisket, från oktober till isläggningsperioden, visar ett lägre men jämnare antal ansträngningar med åren. Fångsterna av röding är däremot betydligt större än på sommaren. Efter stora fångster under åren 1965 till 1970 minskar rödingen dramatiskt 1971, varefter en svag negativ trend kan skönjas.

Fångsterna speglar bl a effekter av regleringsförändringar under början av 1960-talet och en rik årsklass av röding fram till 1970. Den sistnämnda perioden sammanfaller även med Mysis' första snabba utvecklingskede.

### Torrön

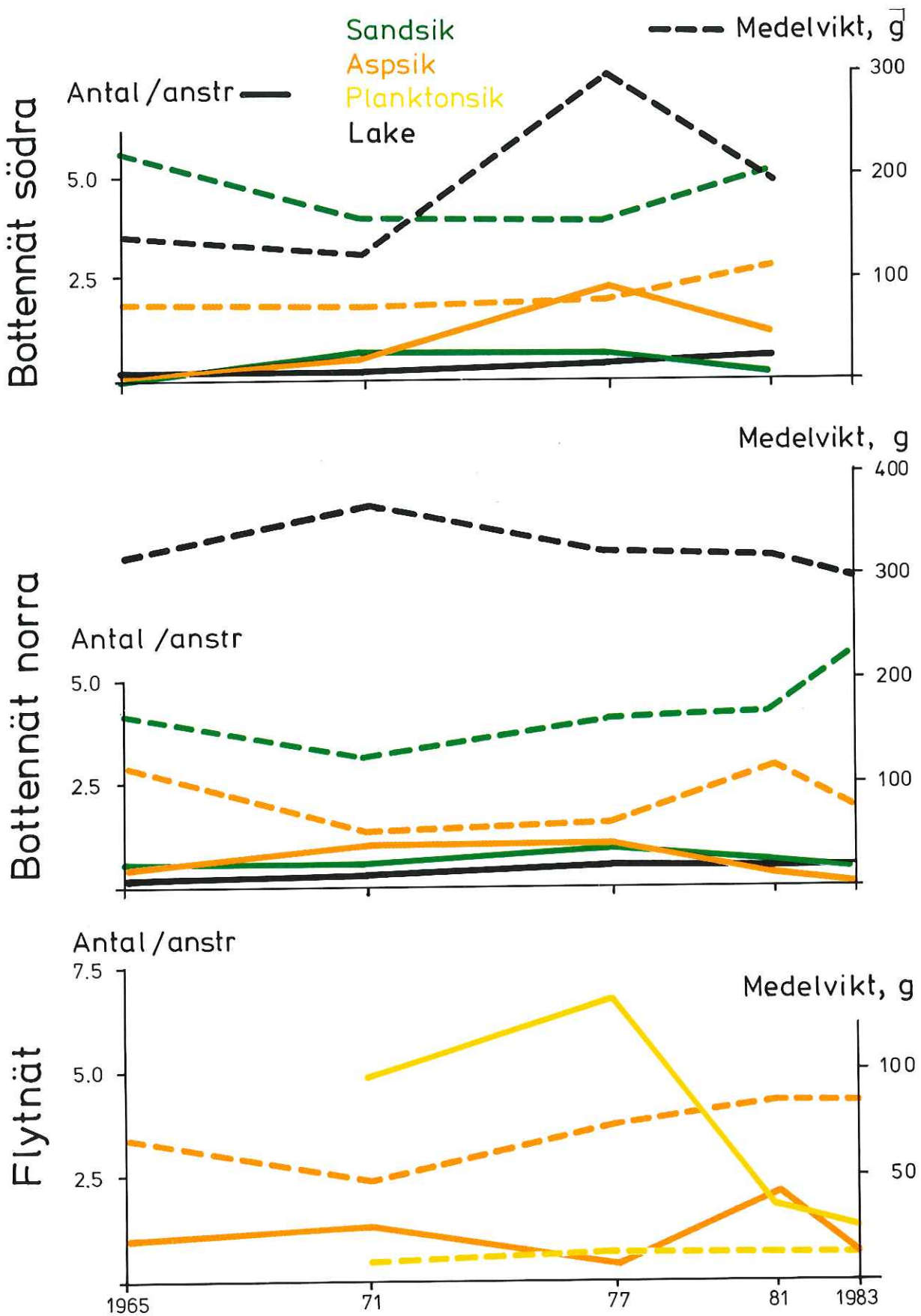
Provfiskena i Torrön har pågått i nuvarande form sedan 1966. De utförs i augusti i olika delar av det stora magasinet och utvärderingen har presenterats av Fürst et al. (1981). I Figur 17 återges resultaten av fisket i den övre delen, den s k Storfjärden.

I Torrön förekommer förutom öring och röding även lake och harr, båda bentiska fiskar, samt elritsa. Däremot förekommer bara en sjölekande rödingart, vilket förenklar jämförelserna mellan de pelagiska och bentiska fångsterna. I några av Torröns tillopp har det etablerats strömlökande rödingpopulationer. De utgör ännu bara en liten del av rödingfångsterna i sjön, men visar en tendens till att expandera (Hammar 1983a).



Figur 16. Antal nätansträngningar och totalfångst av röding och öring, journalförda av en yrkesfiskare i Blåsjön 1953-82. (Reviderad efter Fürst et al. 1978.)





Figur 18. Resultaten av provfisket efter sik och lake i Vojmsjön under juli 1965-83. Fisket bedrivs i södra och norra delen med bottennät samt i centrala delen med flytnät. (Uppdaterad efter Fürst et al. 1980.)

ning i antal men de har sedan dess minskat igen. Sandsikens medelvikt har däremot ökat mycket kraftigt sedan 1971. Den mer plastiska asp-siken visar en tydligare minskning i antal men har en mycket fluktuerande medelvikt, en effekt av färre och olikstora fiskar i fångsten. Laken visar en stabil och långsam uppgång. Öring och harr är fåtaliga i fångsterna (Fürst et al. 1980, Hammar 1982).

I de pelagiska fångsterna har det skett större förändringar. Efter den stora fångsten 1977 har beståndet av planktonsik minskat dramatiskt. En svag ökning av medelvikterna styrker den sjunkande populationstätheten. Asp-siken visar en mer markerad ökning av medelvikterna. Fångstutvecklingen av aspen i flytnäten är däremot svårare att tyda, eftersom beståndet tycks kunna ändra sitt habitat och pendla mellan botten och pelagialen. Viktmässigt har förlusten av pelagisk sik kompenseras av den ökade medelvikten på bentisk sik i provfisket. Dock utgör den bentiska fiskproduktionen totalt endast en mindre del jämfört med den pelagiska. De bentiska fiskarterna i Vojmsjön minskar dessutom i antal (Hammar 1982, Hammar et al. manuskript).

#### Diskussion av fångstförändringar

Resultaten i Blåsjön, Torrön och Vojmsjön visar alla samma mönster, dramatiska minskningar av pelagiska fiskpopulationer och långsamma och stabila förbättringar av bentiska fiskbestånd. Dessa förändringar bör ses som det summerade resultatet av effekter av Mysis, ett ökat utnyttjande av den tillåtna vattenståndsamplituden, ett ökande bestånd av predatorer samt ett betydligt hårdare nätfiske. Endast en faktor är gemensam för alla fiskpopulationerna, dvs inplanteringen av Mysis relicta med dess funktioner som nytt näringsdjur och effektiv planktonpredator.

I Blåsjön utgör förutom Mysis' näringskonkurrens, en ökad reglering, ett ökande öringbestånd och ett intensivt fiske de orsaker som direkt och indirekt medfört den betydande nedgången i storrödingfångsterna. Den djuplevande mindre fjällrödingens rekrytering bör dock inte påverkas av regleringen så länge som leken pågår på djupa bottenar. Fångsterna har ändå minskat betydligt. Några delförklaringar kan vara det ökade fisket på djupt vatten, förändringar i djupför-

delning och predation från öring. Ökningen av öring är en effekt av Mysis, men även den har hållits tillbaka av ett fiske som under en lång period intensifierades efter inplanteringen av Mysis.

Ingen liknande ökning av öring kan noteras i Torrön. En förklaring till en utebliven ökning kan tänkas vara en konstaterad förurning av flera tillrinnande vattendrag (Engblom och Lingdell 1984). Rödingens starka tillbakagång här måste ses som en effekt av Mysis, reglering och ökat nätfiske. Av dessa faktorer är sannolikt Mysis den viktigaste.

Resultaten för planktonsiken i Vojmsjön visar vidare att samma mönster erhålls trots att vi här kan bortse från effekter av reglering och hårt nätfiske. Öringen i Vojmsjön visar dessutom mycket små tendenser till ökning, sannolikt beroende på ett mycket intensivt sportfiske i dess rekryteringsområden.

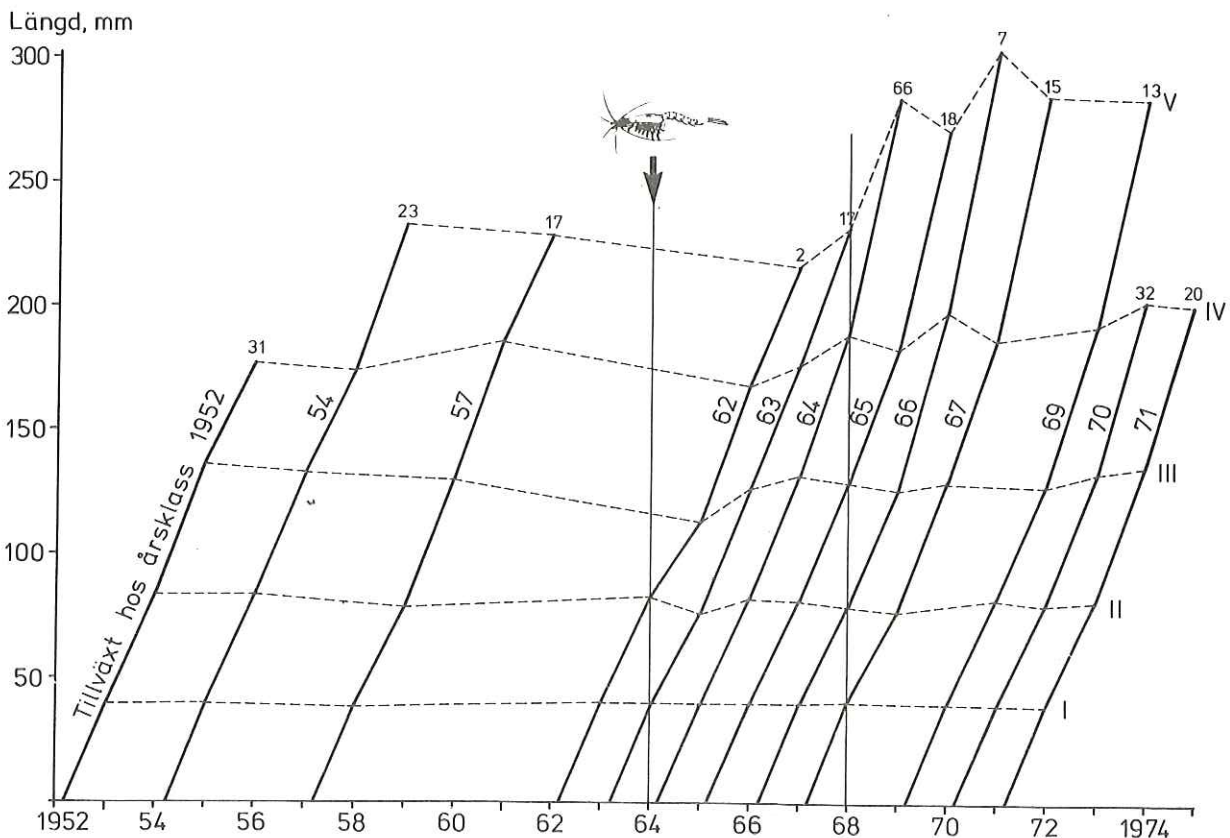
Det genomgående mönstret måste därför ses som ett resultat av det introducerade näringsdjuret Mysis relicta. Resultaten av provfisken och yrkesfisken tyder på att vi får en minskning i total fiskproduktion och en övergång till ett fisksamhälle som domineras av bentiska arter. Provfisken i andra röding- resp siksjöar utan introducerad Mysis relicta i norra Jämtland och Västerbotten uppvisar inte några liknande drastiska minskningar hos pelagiska fiskbestånd (Filipsson muntl.medd.). För ortsbefolkningen har den svaga uppgången och betydligt förbättrade kvaliteten på bentiska arter som öring, storröding och sandsik varit av stort värde.

Ytterligare ett exempel på en förskjutning mellan fisksamhällena finns i Suorva. Där förekommer bara en sikart och den är pelagisk och övervägande planktonätande. Konkurrens från Mysis har minskat sikpopulationen kraftigt samtidigt som de bentiska rödingarna ökat (Hanson 1982, Hanson och Lindström 1979).

Det pelagiska och planktonätande fisksamhället tycks nu ersättas av en mer eller mindre tät Mysis-population, och bristen på bytesfiskar t ex röding och planktonsik kan därför bli en begränsande faktor för ett ökande av stora bentiska predatorer som öring och kanadaröding.

### Tillväxtförändringar hos olika fiskarter

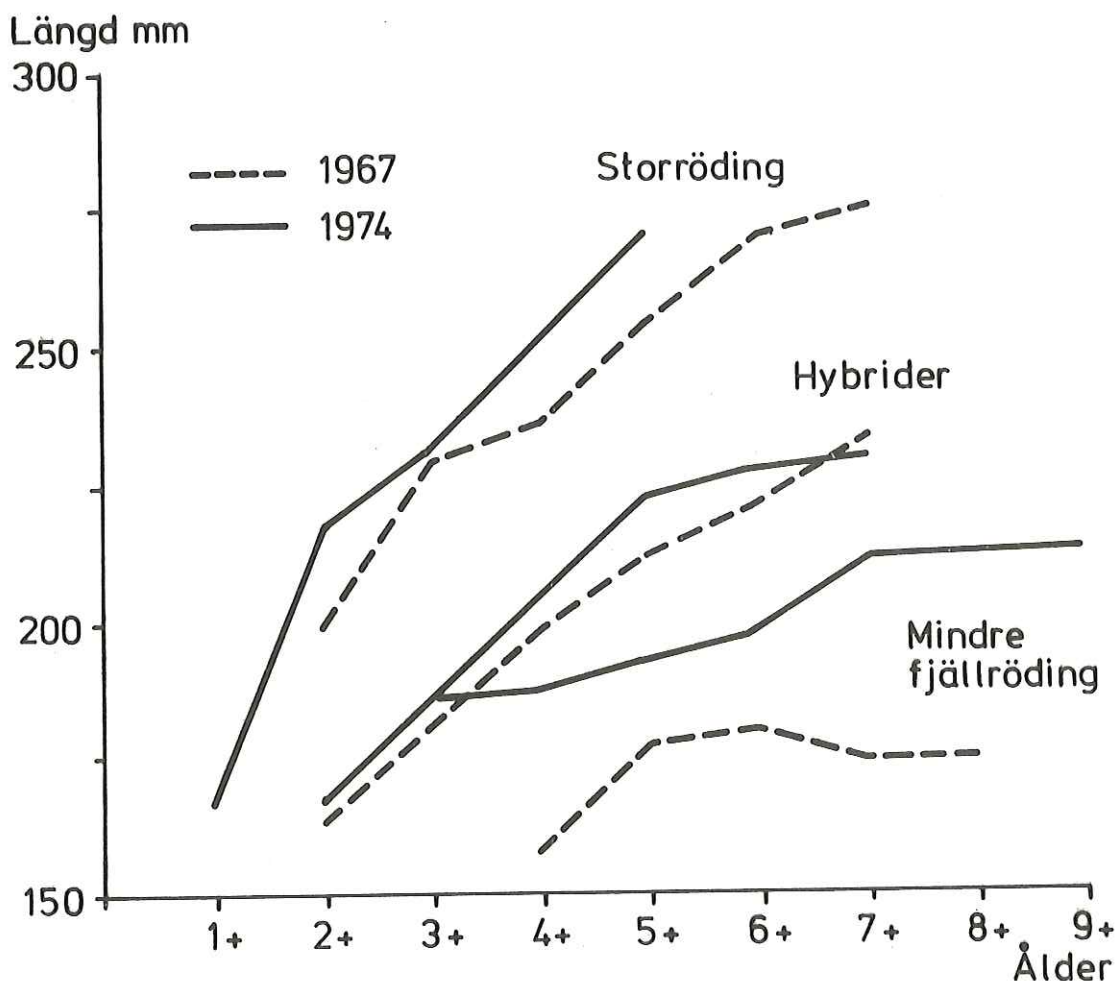
Med tillväxtförändringar menas i detta sammanhang förändringar av fiskens längd vid olika åldrar. Aldern på öring, harr och sik bestäms via fjällen, på röding och lake med hjälp av otoliterna. Fiskeintensiteten verkar via nätselektion särskilt starkt på en tillväxtkurva som grundar sig på otolitläsning. En sådan kurva, som baseras på hela fiskpopulationens tillväxt, påverkas av att de mest snabbväxande fiskarna försvinner från sjön. Detta, som kallas för Lee's effekt, kan undvikas vid åldersbestämning med hjälp av fjäll. Genom tillbakaräkning kan man studera individuell tillväxt och jämföra jämnåriga fiskar födda under skilda år med varandra. Även andra faktorer påverkar kurvans utseende, t ex näringstillgång, dietbyten, predation m m.



Figur 19. Öringens tillväxtförändring i Blåsjön 1952-75. Figuren grundar sig på tillbakaräkning på fjäll från femårig fisk. Öringen stannar i rinnande vatten t o m sitt 3:e år, ibland längre, och påverkas först därefter av näringstillgången i sjön. Mysis och Pallasea introducerades 1964 och Mysis påträffades i Öringmagar 1968. Antalet undersökta fiskar anges i toppen av varje tillväxtkurva. (Efter Fürst et al. 1978.)

Öringen som tillbringar sina uppväxtår i bäckar visar fr o m sin femte sommar en markant tillväxtförbättring i Blåsjön efter 1968, då fisken började äta Mysis (Figur 19). Samtidigt visar de fångade öringarna en lägre medelålder p g a ett ökande nätfiske, och inga av de som tagits i provfisket hade uppnått könsmognad.

Båda rödingarternas tillväxt i Blåsjön har förbättrats betydligt. De nya kurvorna (Figur 20) avslöjar en allmänt förbättrad näringsmiljö för fiskarna. Dels har mängden bentiskt tillgänglig föda ökat, framför allt vintertid (Figur 10), dels har beståndet glesnat betydligt. Flera indicier pekar på att rödingen tillväxer under vintern. Även storrödingen visar en allt lägre medelålder under perioden 1965 till 1974, vilket bekräftar det intensivare nätfisket (Fürst et al. 1978).



Figur 20. Tillväxtförändring hos två rödingpopulationer samt deras hybrider i Blåsjön 1967 och 1974. Figuren grundar sig på åldersanalyser av otoliter från rödingar insamlade under höstprovfisket dels innan Mysis börjat få betydelse som föda och dels efter. (Efter Fürst et al. 1978.)

I Torrön visar tillväxten under rödingens tre första år ännu ingen förändring, men däremot syns en klar försämring under den följande pelagiska och planktonätande fasen. Först under sjätte sommaren märks en tillväxtförbättring igen, vilket sammanfaller med rödingens återgång till en bentisk fas, och slutlängden skiljer sig idag knappast från den tidigare (Fürst et al. 1981). Den mindre fjällrödingens tillväxtkurva i Torrön är således ett fint exempel på Mysis relicta's två olika egenskaper i sjön, nämligen den planktonätande konkurrenten och det bentiska tillgängliga nya bytesdjuret.

I Torrön studerades även lakens och harrens tillväxt under en lång serie av år, men inga förändringar på Mysis kunde registreras (Fürst et al. 1981).

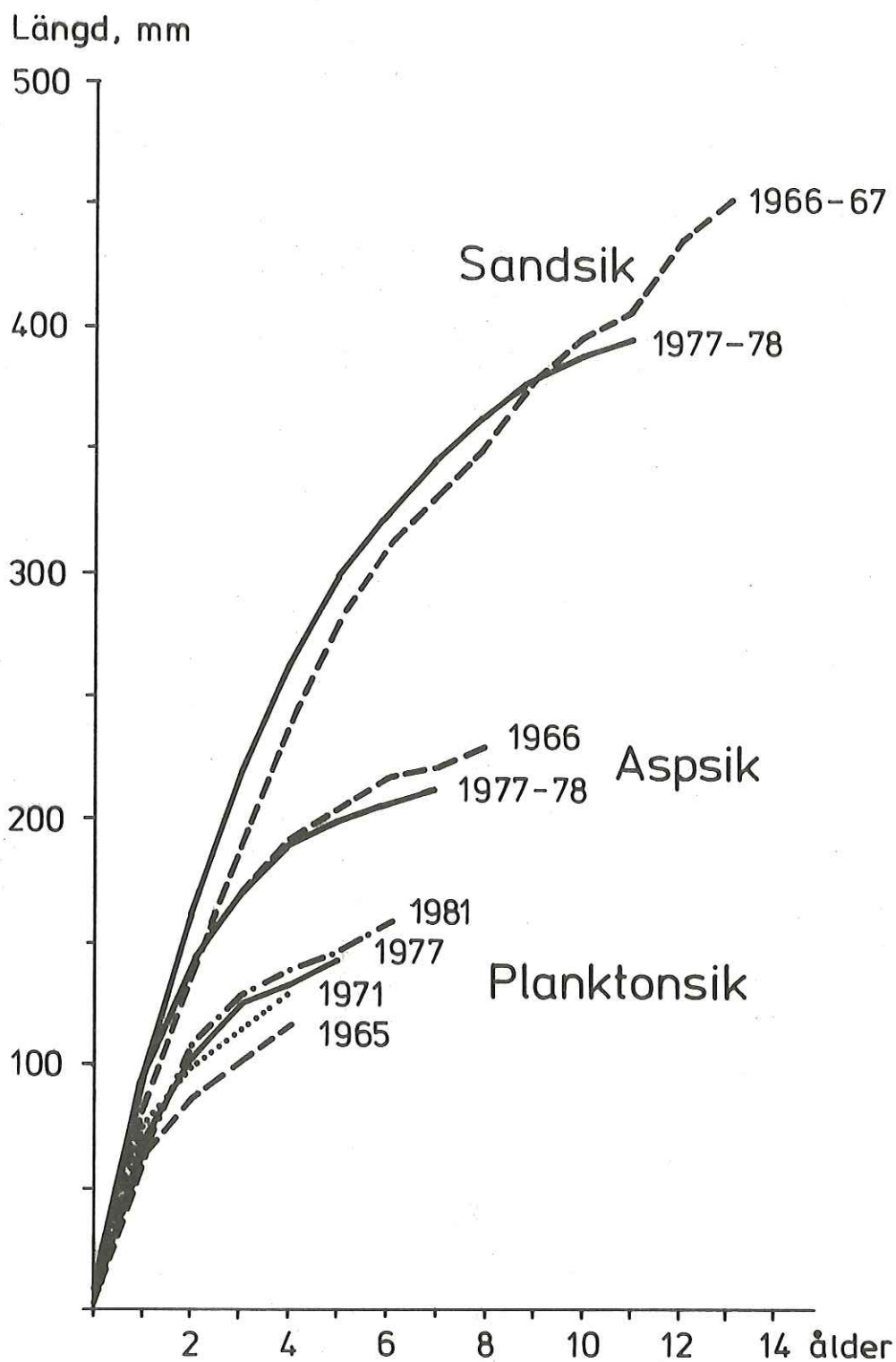
Tillväxtanalyserna för olika sikarter i Vojmsjön har utförts på lekfisk för att garantera "artrena" populationer. Fisken har inköpts från ortsbefolkningen och är selektivt insamlad genom att få maskstorlekar använts i näten (Figur 21).

Sandsiken i Vojmsjön visar en förbättrad tillväxt under sina "första" nio år jämfört med tidigare, men tillväxten avtar därefter som en eventuell effekt av nätfiskeselektionen. Det är främst under sandsikens första år som en betydande tillväxtförbättring skett. Aspikens tillväxt har knappast förändrats t o m fjärde levnadsåret, men därefter sker en gradvis försämring. Planktonsiken visar däremot en sämre tillväxt under unga år, men den förbättrade tillväxten under äldre levnadsår innebär att slutlängderna numera blir större (Fürst et al. 1980, Hammar et al. manuskript). Det kan tänkas att man kan spåra skillnader i hur Mysis' konkurrensmekanism fungerar genom att studera i vilka åldersgrupper av planktonätande fiskar en försämring eller förbättring av tillväxten sker.

#### Förändringar i fiskens kvalitet

Introduktionen av Mysis i reglerade sjöar förväntades leda till förbättrad kvalitet hos laxfiskarna, eftersom de försvunna bottenorganismerna skulle ersättas av ett födodjur som var tillgängligt året runt.

Kvalitet kan mätas på olika sätt. Köttfärgen, som påverkas av mängden karotinoider hos crustacéer som ingår i fiskarnas föda, utgör ett



Figur 21. Sandsikens, aspsikens och planktonsikens tillväxtförändringar i Vojmsjön. Tillväxtkurvorna är baserade på åldersanalyser av fjäll och gällar hela populationen i fångsten. Sandsik och aspsik är insamlade under lekfisken av orsbefolkning medan planktonsikarna fångats i det pelagiska provfisket i juli. (Efter Hammar et al. manuskript.)

mycket subjektivt mått. I Sverige anses en röd köttfärg vara ett tecken på bra kvalitet. Konditionsfaktorer är baserade på förhållandet mellan fiskens längd och vikt, t ex Fulton's konditionsfaktor  $\text{vikt/längd}^3$  (Bagenal 1978). Ju högre värdet av konditionsfaktorn är, desto bättre anses fiskens kondition vara. En analys av fiskköttets sammansättning av fett, vatten, protein osv ger också mått på kvalitet.

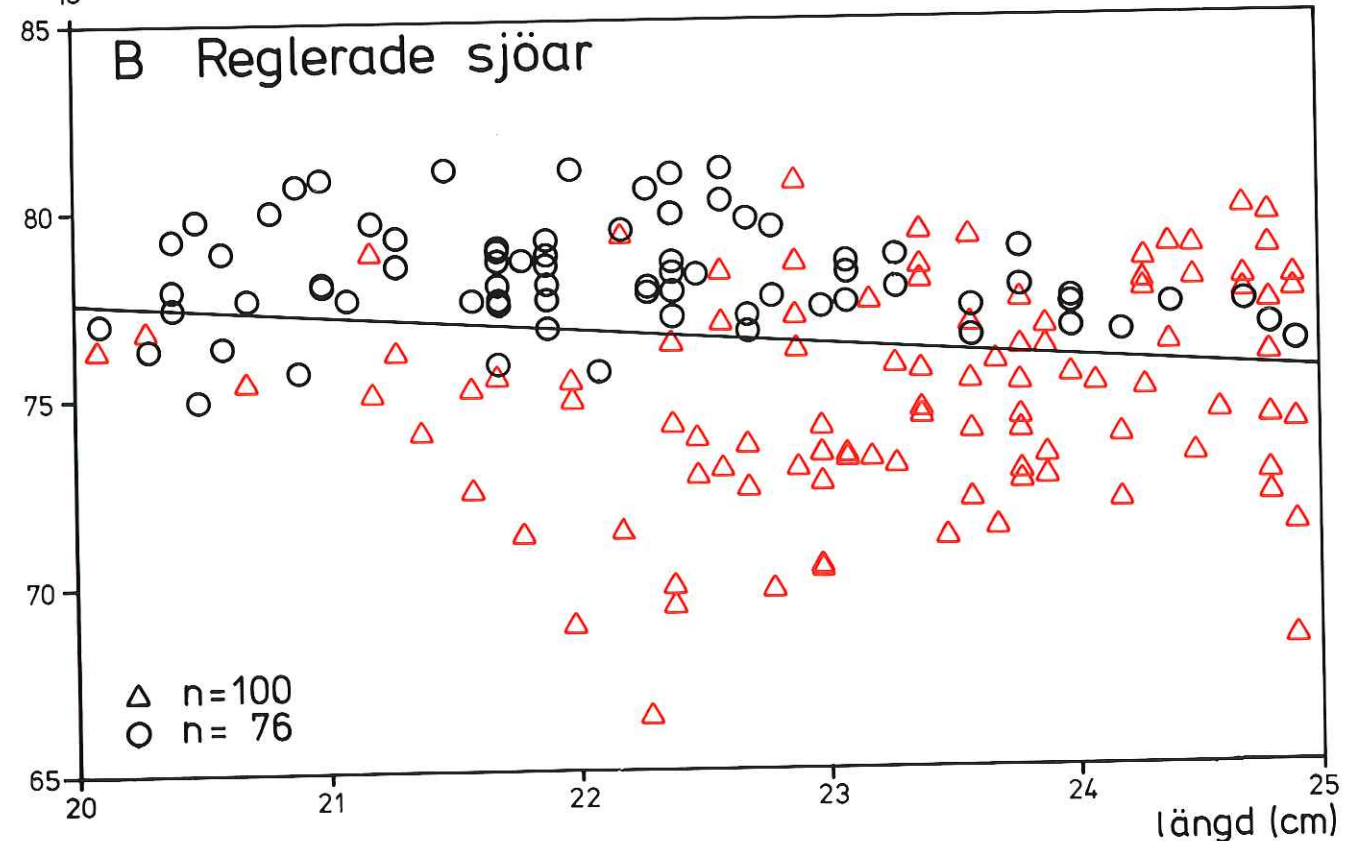
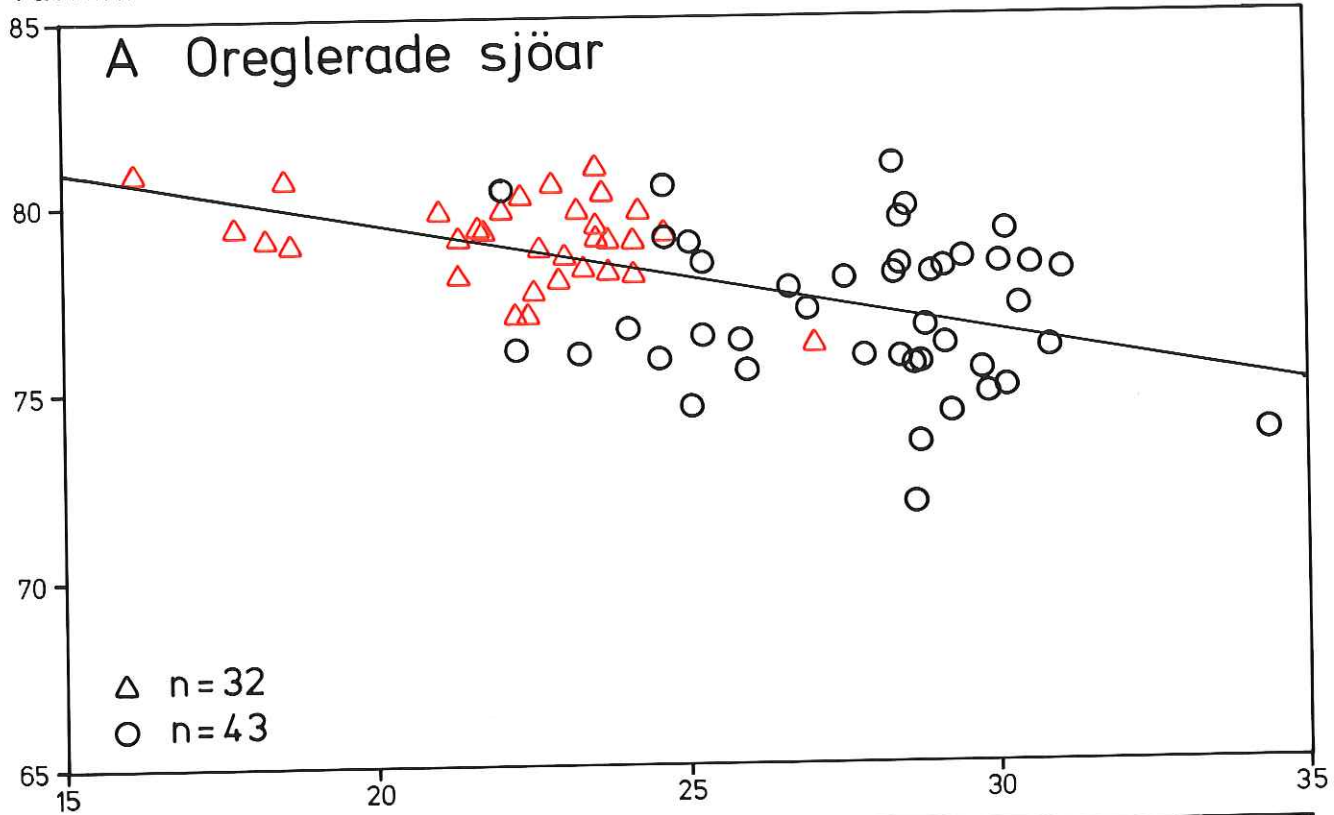
Ortsbefolkningen kring den reglerade sjön Blåsjön anser att rödingen har fått bättre färg och smak efter introduktionen av Mysis och Pallasea 1964. En undersökning av köttfärgen hos rödingen i denna sjö visade att den blev rödare i början av perioden efter introduktionen, men bleknade något sedan. Samtidigt konstaterades en ökning av Fulton's konditionsfaktor hos större öringar, men medelvikterna för rödingar inom olika längdgrupper visade inga sådana förändringar (Fürst et al. 1978). Öring och röding i det oreglerade Mesvattnet i Jämtland studerades under några år strax efter introduktionen av Mysi men varken kondition, beräknade enligt två olika konditionsfaktorer, eller köttfärgen visade några signifikanta förändringar (Olsén 1980)

I ett försök där konditionsfaktorn, fetthalten och vattenhalten jämfördes hos svultna resp normalt odlade rödingar, fann man att fetthalten var ett känsligare mått än Fulton's konditionsfaktor på fiskarnas näringsstatus, och hade ett starkt omvänt förhållande till vattenhalten (Olsén et al. manuskript). På grund av att vattenhalten är relativt lätt att bestämma, undersöktes denna parameter hos rödingar från tio olika sjöar i nordvästra Jämtland under en serie år. Förutom att jämföra röding i reglerade och icke-reglerade sjöar med och utan näringsdjur, ville man undersöka om rödingar i reglerade sjöar återhämtade konditionen efter leken snabbare när det fanns tillgång till de nya näringsdjuren (Hill et al. manuskript).

I oreglerade sjöar med Mysis var vattenhalten hos rödingen högre, men ej signifikant skild från den hos rödingen i helt naturliga sjöar. I de reglerade vattnen hade rödingen i sjöar utan nya näringsdjur en signifikant högre vattenhalt, dvs sämre kvalitet, än i sjöar där Mysis eller både Mysis och Pallasea introducerats (Figur 22). I Blåsjön hade den djuplevande fördrvärgade rödingen en signifikant högre vattenhalt än den storvuxna normalrödingen. I samma sjö hade båda dessa rödingbestånd en signifikant högre vattenhalt



Vattenhalt %



Figur 22. Jämförelse av kvaliteten hos rödingar i sjöar med *Mysis* (Δ) och utan *Mysis* (○) juni 1981, baserad på förhållandet mellan vattenhalten i muskelvävnad och längden hos individuella fiskar. (Efter Hill et al. manuskript.)

A. Oreglerade sjöar. Ingen skillnad i vattenhalt hos röding i sjöar med resp utan *Mysis* ( $\chi^2$ :  $p > 0.05$ )

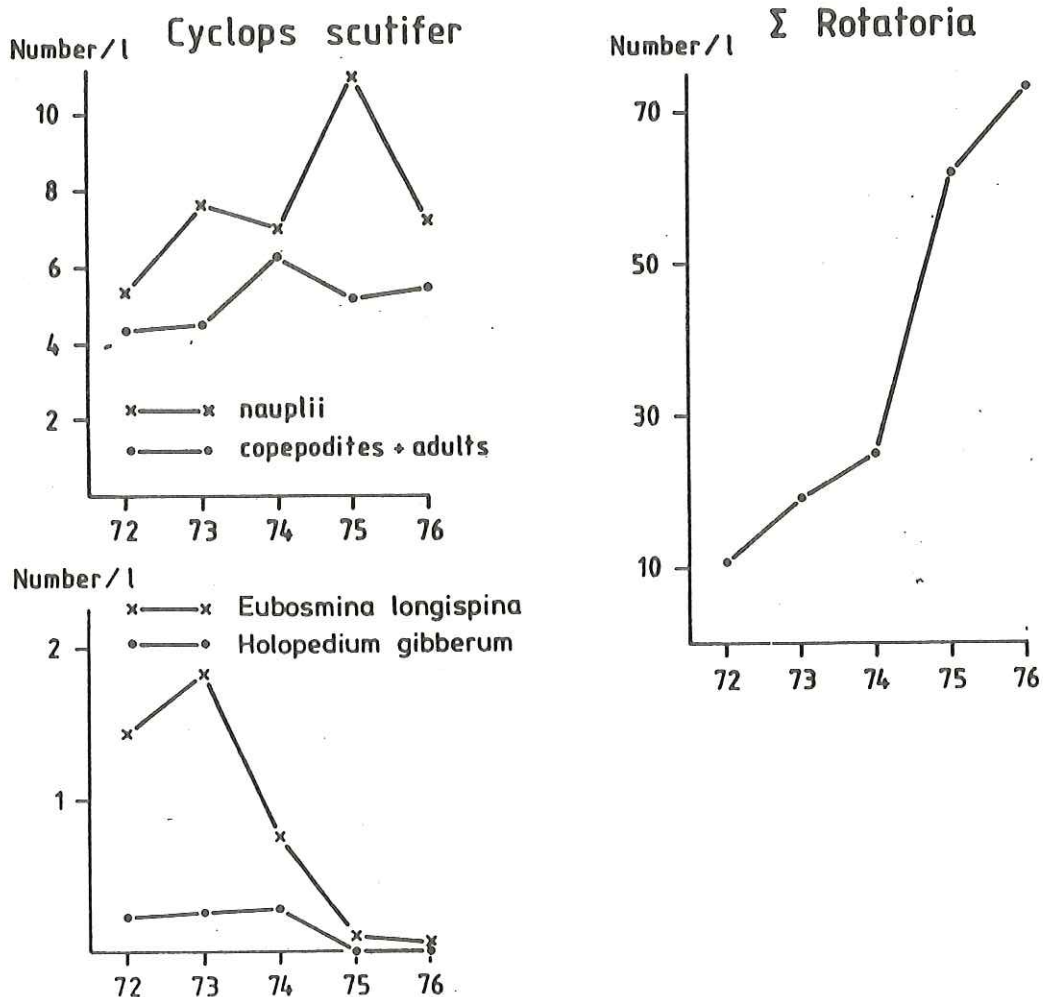
B. Reglerade sjöar. Rödingar i sjöar med *Mysis* har en lägre vattenhalt ( $\chi^2$ :  $p < 0.05$ )

i oktober efter leken än vid tiden för islossningen det påföljande året. Det är troligt att denna kvalitetsförbättring efter leken beror på att rödingen utnyttjade tillgången på Mysis och Pallasea under vintern. I de övriga sjöarna kunde man inte konstatera någon förändring i vattenhalt i samband med lek (Hill et al. manuskript).

### Inverkan av Mysis på plankton

Födovalet hos Mysis kan variera en hel del. Mysis uppträder delvis som rovdjur på olika former av zooplankton (Cooper och Goldman 1980, Kinsten och Olsén 1981, Lasenby och Fürst 1981, Lasenby och Langford 1973). Den har visat sig ha stor påverkan på sammansättningen av zooplanktonsamhället (Fürst et al. 1978, Goldman et al. 1979, Kinsten och Olsén 1981, Langeland 1981a, b, Morgan et al. 1978, Richards et al. 1975, Rieman och Falter 1981). Fürst et al. (1978) påvisade dessutom olika cladocerarters successiva minskning i betydelse som fiskföda efter introduktionen av Mysis. I Blåsjön saknades den för röding betydelsefulla semibentiska Eurycerus lamellatus i rödingens diet fem år efter Mysis' inplantering. Cooper och Goldman (1980) och Lasenby och Fürst (1981) visade att Mysis föredrar cladocerer framför copepoder. Lasenby och Fürst (1981) angav att Mysis, efter inplantering i en oligotrof sjö, först livnärde sig på cladocererna Eurycerus, Daphnia och Eubosmina. Förutom att livnära sig på zooplankton äter Mysis fytoplankton, bentiska alger och detritus (bl a Kinsten och Olsén 1981, Lasenby och Langford 1973).

I sjöarna Mesvattnet och Småvattnet studerades bl a fyto- och zooplanktonutvecklingen under åren 1972-76, strax efter Mysis-inplantering (Kinsten och Olsén 1981). I Mesvattnet minskade populationen av cladoceren Eubosmina longispina drastiskt i täthet under undersökningens gång (Figur 23). Även cladoceren Holopedium gibberum minskade i täthet. I Småvattnet fanns också indikationer på att tätheten av dessa cladocerer hade minskat, men den var dock redan i början av undersökningen betydligt lägre än i Mesvattnet. Den klart dominerande cladocerarten i Småvattnet var Daphnia longispina, som helt saknades i Mesvattnet. Tätheten hos arten genomgick inte någon förändring som kan anses vara jämförbar med cladocerernas täthetsförändringar i Mesvattnet. Det kan bero

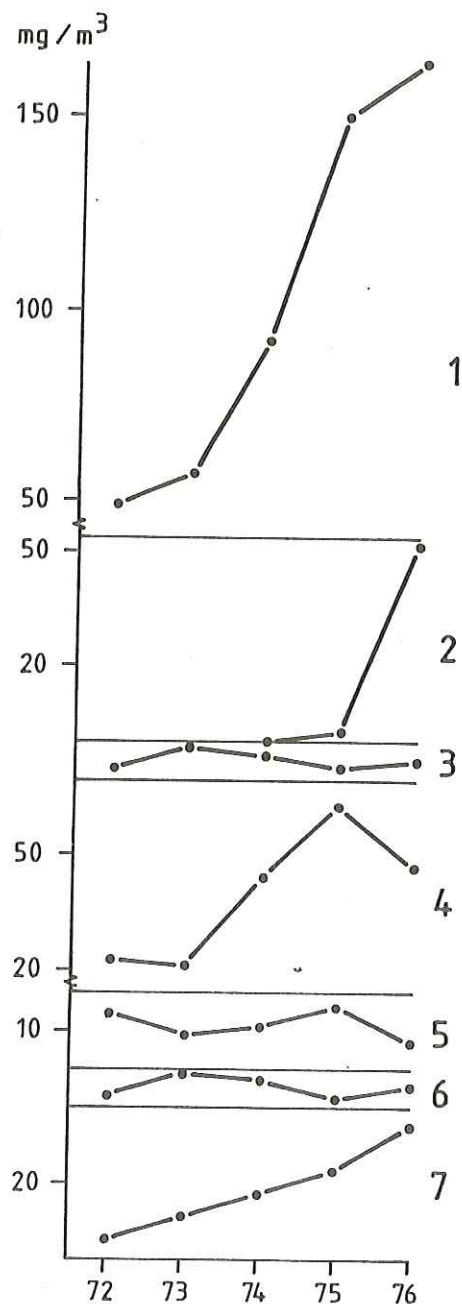


Figur 23. Förändringar av mängden dominerande zooplanktonarter i Mesvattnet 1972-76. Mesvattnet är en liten oreglerad sjö där *Mysis* inplanterades 1971. (Efter Kinsten och Olsén 1981.)

på att den företrädesvis uppehöll sig i de allra översta vattenlagren dit *Mysis* i allmänhet inte når under vertikalvandringen.

Även tätheten hos rotatorierna (t ex *Keratella cochlearis* och *Polyarthra vulgaris*) samt fytoplanktonbiomassan ökade (Figur 24). Den ökade tätheten av rotatorier orsakades sannolikt, speciellt i Mesvattnet, av minskad konkurrens från de större cladocererna i överensstämmelse med "storlekseffektivitets-hypotesen" (Brooks och Dodson 1965). Denna hypotes innebär att större filtrerare kan utnyttja en viss tillgänglig föda bättre än mindre filtrerare, p g a större effektivitet vid födoinsamlandet. Den observerade ökningen i fytoplanktonbiomassa kan, i framför allt Mesvattnet, åtminstone till

en del förklaras av den iakttagna minskningen i cladocerernas täthet. Då rotatorierna är mindre effektiva fytoplanktonätare än cladocererna, kan resultatet ändå bli en högre fytoplanktonbiomassa än före inplanteringen av Mysis. Biomassan ökade hos den blågröna algen Rhabdoderma lineare samt hos vissa arter inom grupperna Chrysophyceae och Dinophyceae.



Även i några större reglerade rödingsjöar finns indikationer på att cladocerer minskat i täthet efter Mysis-inplantering (Kinsten manuskript). Således tycks, liksom i Mesvattnet, Eubosmina Longispina ha minskat i Storsjouten och Blåsjön. I Storsjouten har också Holopedium gibberum visat en tendens till minskning i täthet. I Kultsjön, Ransaren och Torrön är det istället framför allt Daphnia galeata som verkar ha minskat. Orsaken till att skilda cladocerer tycks minska i täthet i olika sjöar är ännu inte utredd. I ytterligare två stora reglerade sjöar, Vojmsjön och Suorva, som båda innehåller en eller flera sikarter, finns också indikationer på täthetsminskningar hos cladocerer. I Vojmsjön verkar det som om copepoden Eudiaptomus graciloides kan ha ökat i täthet, eventuellt beroende på minskad konkurrens från cladocerer.

Figur 24. Förändringar av fytoplankton-biomassan i Mesvattnet 1972-76. (1 = totala biomassan, 2 = Cyanophyceae, 3 = Chlorophyceae, 4 = Chrysophyceae, 5 = Bacillariophyceae, 6 = Cryptophyceae, 7 = Dinophyceae.) (Efter Kinsten och Olsén 1981.)

### Täthetsvariationer hos Mysis

Man kan utgå från att Mysis' effekt på strukturen av och interaktioner i ekosystemet påverkas av Mysis-populationens storlek. Det innebär att effekten varierar om det förekommer förändringar i populationens täthet i tid och rum.

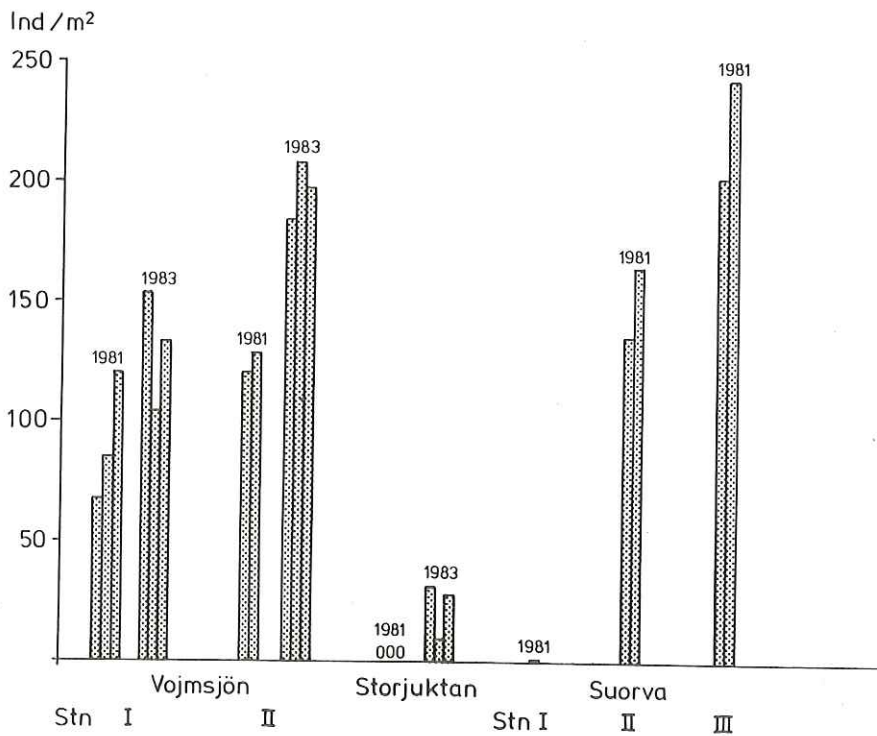
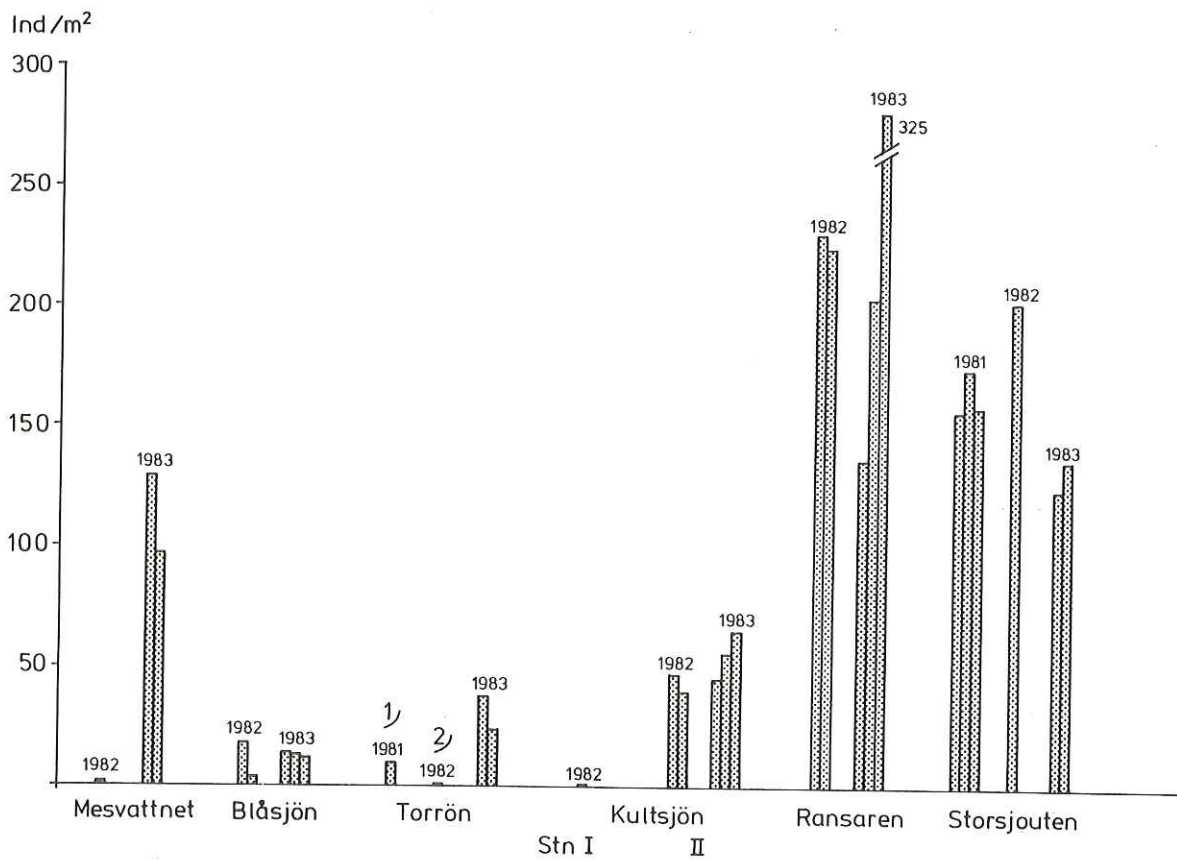
Förekomsten av Mysis har visat sig variera rumsligt inom en och samma sjö. Områden närmast utloppet har högre täthet än uppströms belägna områden. Förklaringen till detta förhållande torde vara att vattenflödet genom en sjö för med sig Mysis. Således har nedströmsområdena i Kultsjön, Vojmsjön och Suorva haft de största tätheterna (Figur 25) (Kinsten manuskript). Den höga Mysis-tätheten i Ransaren kan delvis bero på att det undersökta området låg i utlopps delen av sjön (Figur 25).

Tätheten i Mysis-populationen tycks även variera avsevärt under en tidsperiod inom samma sjö, åtminstone under de första 10 åren efter inplanteringen. Detta framgår av resultaten från Mesvattnet 1971-83 (Figur 26). Efter att ha passerat en topp har tätheten sjunkit till en lägre nivå.

Variationen i Mysis' täthet kan även vara avsevärd mellan olika sjöar (Figur 25) (Kinsten op.cit.). En relativt hög täthet har påträffats i Ransaren, Storsjouten, Vojmsjön samt Suorva. Inplanteringen i dessa sjöar skedde för 10-16 år sedan. En låg täthet påträffades i Blåsjön och Torrön. Sistnämnda sjöar har haft Mysis under lång tid (20 resp 27 år 1984) (Fürst 1981).

Tätheten i stora reglerade sjöar tycks alltså nå en relativt hög nivå efter 10-15 år, för att stabiliseras inom ett lägre intervall efter ca 20 år. Detta mönster styrks av resultaten från Mesvattnet, där utvecklingen dock gått snabbare (Figur 26), sannolikt beroende på att sjön är betydligt mindre.

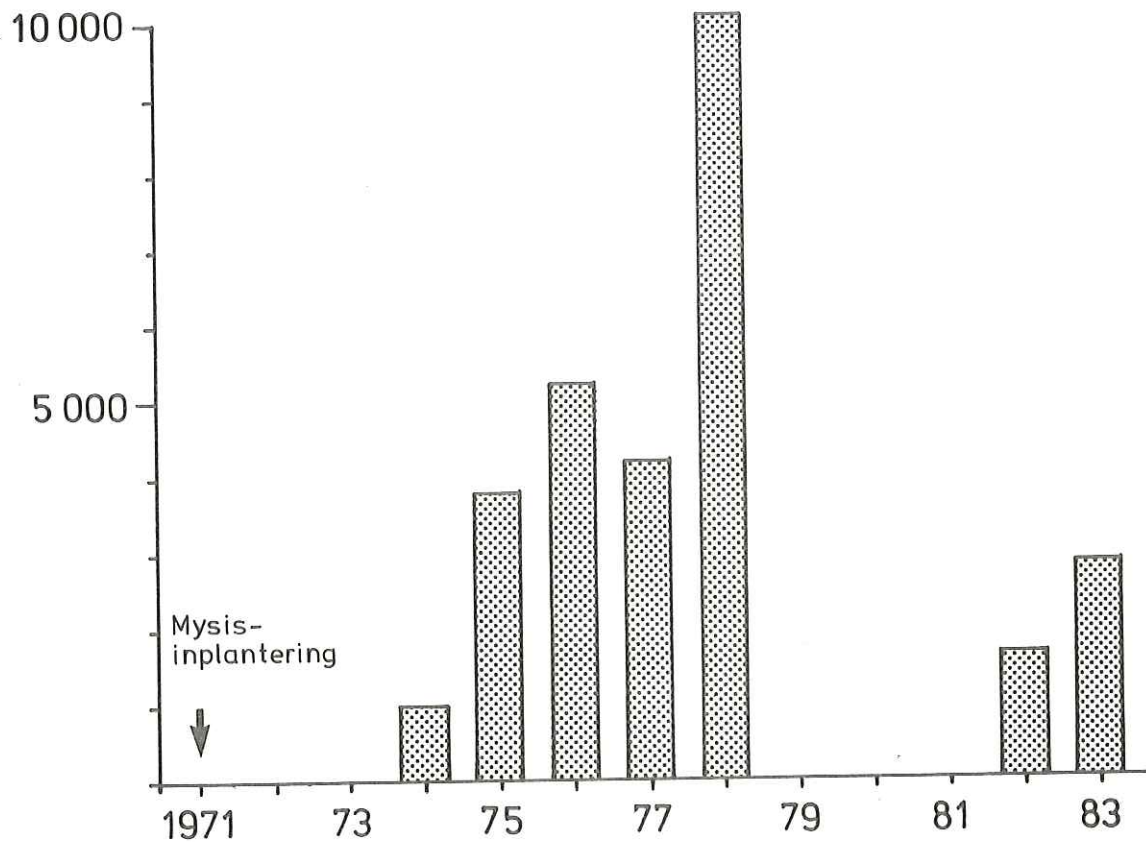
Ett undantag utgör Storjuktan där Mysis inplanterades 1968. Mysis-tätheten i sjön undersöktes 1981, dvs 13 år efter inplanteringen. Inga exemplar påträffades i sjön vid den "ordinarie" provtagningen. Två år senare (1983) hade tätheten ökat påtagligt (Figur 25). Sannolikt finns ett samband med förekomsten av ett tätt fiskbestånd och rika förekomster av abborre och gers. Detta och sjöns grunda karakter skiljer Storjuktan från de övriga sjöarna.



Figur 25. Antal *Mysis* per ytenhet undersökt med hjälp av vertikal hävning nattetid under augusti. Hävens öppning var 1 m<sup>2</sup>. (Efter Kinsten manuskript.)

- 1) Medeltal av tre blandade prover
- 2) Medeltal av två blandade prover

### Antal / bottenråldrag



Figur 26. Antalet Mysis per bottenråldrag från 45-0 m i Mesvattnet 1972-83. (Efter Kinsten manuskript.) (Data från 1972-78 härrör från Bergfors et al. 1976 och Olsén 1980.)

### RESULTAT FRÅN ANDRA LÄNDER

De äldsta och mest kända inplanteringarna av Mysis har gjorts i Kootenay Lake i British Columbia i Kanada och i Lake Tahoe i Kalifornien, USA. Där har man undersökt effekterna på bl a fisket. Båda sjöarna är oreglerade.

I Kootenay Lake planterades Mysis in 1949 och 1950. Northcote (1973) rapporterar att Mysis äts av alla fiskarter i sjön, särskilt av indianlax (Oncorhynchus nerka), den bentiska rödingen Dolly Varden (Salvelinus malma), en bentisk sikart (Prosopium williamsoni), regnbåge (Salmo gairdneri) och lake (Lota lota). Man hade haft en förhoppning om att Mysis skulle få störst betydelse som en lämplig övergångsföda för sjöns mycket stora regnbåge när den skiftar

diet från små bottendjur till fisk (indianlax). Den effekten uteblev emellertid. När det gäller indianlaxen fick Mysis föga betydelse i den över 100 m djupa delen av sjön, men stor betydelse i den 13 m grunda västra delen. Mysis står sannolikt för en stor del av den kraftiga ökningen i fisktillväxt och storlek i den delen. Även siken har påverkats positivt där.

I Lake Tahoe planterades Mysis in 1963-65 för att bli lämplig föda för unga kanadarödingar (Salvelinus namaycush) (Linn och Frantz 1965). Man stödde sig bl a på upptäckten att rekryteringen av utsatta unga kanadarödingar kunde bli tre gånger högre under år när Mysis-beståndet var särskilt tätt (Threinen 1962). Mysis var överhuvudtaget av stor betydelse för kanadaröding, men även för sik (Hacker 1957, Larkin 1948, Rawson 1961). Förhoppningarna infriades men när Mysis minskade i täthet blev det ett bakslag för kanadarödingen. Indianlaxen hade i stort sett bara nackdelar av Mysis. Endas stora exemplar åt Mysis, men minskningen av cladocererna p g a Mysis-predation inverkade negativt på både storlek och antal hos indianlaxen (Morgan et al. 1978). Sjöns morfometri och extremt klara vatten samt låga produktivitet ansågs vara viktiga faktorer. Bottarna stupar mycket brant och större delen är djupare än 450 m. Mysis finns på dagen i stort sett djupare än 200 m, utom räckhåll för indianlaxen. Det finns bara små arealer grunda bottnar där Mysis uppehåller sig under dagen och där den inte kan vandra vertikalt ned mot djupet.

Andra nordamerikanska fiskarter som utnyttjar Mysis som en viktig näring är t ex nors (Osmerus mordax) (Baldwin 1948) och lake (Lota lota) (Bailey 1972). I ett antal rapporter från Kanada och USA beskrivs hur inplanterad Mysis reducerar främst de för pelagisk fisk värdefulla cladocererna (Goldman et al. 1979, Morgan et al. 1978, Richards et al. 1975, Zyblut 1970). Mot denna bakgrund har en internationell "Mysid Research Group", där även projektledaren Magnus Fürst är medlem, rekommenderat ett moratorium att gälla tills vidare för fortsatta inplanteringar av Mysis. Först när man känner till de mera exakta effekterna kan man bedöma värdet av inplanteringarna (Morgan 1982). En sammanställning av överföringsmetodik och preliminära resultat baserat på litteraturuppgifter fram till 1973 ges av Gosho (1975).



I sjöar där ett temperatursprångskikt utvecklas under sommaren blir Mysis instängd på djupet och cladocererna opåverkade (Rieman och Falter 1981). Indikationer finns från flera sjöar på förändringar i tätheten i Mysis-bestånden men inga uppgifter finns om orsakerna eller om det är periodiska företeelser (Morgan et al. 1981, Rieman och Falter 1981, Threinen 1962). Dessa förändringar i täthet har visats påverka kanadarödingbestånden (Threinen 1962).

I Norge har Mysis bl a planterats in i tre reglerade sjöar 1973; Stugusjön, Selbusjön och Gjevilvatnet. Alla har öring och röding och de två första har även lake. Garnås och Gunneröd (1983) samt Langeland (1981a, b) rapporterar om effekterna.

Köttfärgen har genomgående blivit bättre hos öring och röding. Tillväxten har förbättrats hos öringen i alla sjöarna. I Gjevilvatnet, som har ett glest öringbestånd och ett fördivärgat rödingbestånd, har rödingen fått en förbättrad tillväxt. Antalet har inte förändrats. Stugusjön har fått ett glesare rödingbestånd på grund av regleringen, och den förbättrade tillväxten där anses därför främst bero på ökad tillgång på näring. Mysis är nu en viktig näring hela året, även under sommaren. Selbusjön har gott om öring och lake i strandzonen och här äter rödingen endast i undantagsfall Mysis under sommaren. Den håller fast vid att äta djurplankton trots att dessa reducerats av Mysis. Tillväxten har därför försämrats hos rödingen och antalet rödingar angripna av Diphyllbothrium har ökat starkt. Den här sjön skiljer sig från de andra och orsaken till detta anses vara förekomsten av bl a det goda öringbeståndet som förhindrar rödingen att utnyttja strandzonen. I Selbusjön har den pelagiska rödingen praktiskt taget försvunnit. Den pelagiska fångsten med flytnät under juli-augusti har även minskat i de andra två sjöarna, men där uppehåller sig rödingen i stället längs botten, vilket understryks av de goda fångsterna på bottennät och att Mysis utgör mellan 40 och 70 volymsprocent av födan under sommarperioden.

## SYNTES OCH DISKUSSION

Man kan klart konstatera att inplanteringarna av Mysis inneburit en fullständig omvälvning av sjöarnas ekosystem. Sannolikt gäller det alla trofiska nivåer. De i början uppställda hypoteserna har

i vissa fall fått stöd i undersökningarna, i andra fall har verkligheten visat sig bli den motsatta.

Mysis har en mycket varierad diet, och har även visat sig uppträda som ett effektivt rovdjur. Den fångar lätt större cladocerer och decimerar därigenom bestånden av dessa arter. Biomassan av fytoplankton ökar som en följd av cladocerernas minskade avbetning och detta medför i sin tur en kraftig ökning av rotatorierna, som dock inte är lika effektiva fytoplanktonätare. Ökningen av fytoplanktonbiomassan bör också ha givit en ökning av primärproduktionen, men detta har hittills ej undersökts. Således är det okänt om ett sådant produktionstillskott skulle omsättas i pelagialen eller innebära en ökad sedimentation av närsalter och organiskt material till botten.

Genom vertikala och horisontella vandringar omfördelas Mysis mellan olika delar av sjön. Den hämtar då även näring från de organiska avlagringarna på djupbottenarna. Den energin blir vid ett annat tillfälle tillgänglig på grunda bottenar där t ex öring eller sandsik finns. Detta vet man bl a genom att Mysis i vissa speciella fall tar upp tungmetaller med näringen från sedimenten och för upp dem till grundare nivåer (Evans och Lasenby 1983). Teorien om energihiss tycks alltså fungera men på ett annat sätt än efter den ursprungliga hypotesen. I denna ingick även tanken att Mysis skulle bespara fisken energi vid fångsten, genom att den var många gånger större än planktondjuren. Det är troligt att det är så för bentiska fiskar, men man kan se det som en allvarlig felbedömning av hela idén bakom Mysis-introduktionen att de pelagiska fiskarterna, särskilt den värdefulla rödingen, föredrar att äta zooplankton. Fisken kan förmodligen bara fånga Mysis mot det underlag som botten kan utgöra. I det fria vattnet tycks Mysis mycket snabbt simma undan när en fisk närmar sig.

Ett resonemang i energitermer rymmer så många komponenter att det närmast har ett teoretiskt intresse, men den tydligaste och viktigaste komponenten har i praktiken visat sig vara att Mysis helt enkelt konkurrerar med den pelagiska fisken om födan, i stället för att den själv blir dess viktigaste föda, som var den ursprungliga tanken. I den pelagiska delen av ekosystemet kommer därför Mysis att

utgöra ytterligare en länk i näringskedjan. Detta innebär en klar energiförlust. Störst blir förlusten genom att den pelagiska rödingen och planktonsiken minskar kraftigt. Minskningen av pelagiska fiskar kan få konsekvenser för de stora rovfiskarna. Mysis är mycket betydelsefull för kanadaröding upp till ca 35 cm's längd (Fürst 1968). Därefter växer kanadarödingen obetydligt om den inte kan gå över till fiskdiet, t ex sikar eller röding. Samma sak gäller öring, röding och lake. En minskning av små pelagiska sikar innebär att de potentiella rovfiskarna riskerar att avstanna i tillväxten. Det bör därför, i sjöar med av Mysis skadade pelagiska fiskbestånd och därmed dåligt utnyttjade möjligheter till maximal fiskproduktion, diskuteras ett ytterligare steg i kompensationsåtgärderna, i form av utsättning av lämplig pelagisk bytesfisk som kan utnyttja och minska Mysis-beståndet, t ex nors (Almer 1978, Andersson 1942, Belyanina 1969, Ekman 1912, Filipsson och Svärdson 1976, Gönczi och Nilsson 1983, Nilsson 1974, Sandlund et al. 1980, Segerstråle 1937).

Energiförlusten i pelagialen betyder sannolikt inte att sjön helt förlorar motsvarande mängd fisk eftersom resultaten av provfisken visar att den bentiska fångsten ökar mot djupare vatten. De bentiska fiskarna gynnas på lång sikt och det är detta som är det intressanta för fiskaren, eftersom han föredrar att fiska med bottennät framför flytnät. Detta motverkas av att flera fiskarter nu uppträder djupare och att överdämda stränder i reglerade vatten är olämpliga för nätfiske. De fiskarter som gynnas mest är öring, större bentiska sikar, kanadaröding, lake och möjligen bentiska rödingarter. Vissa indikatorer tyder på att Mysis skulle kunna påverka sikens rekrytering genom direkt predation på rom och yngel. Akvarieexperiment i USA bekräftar detta (Magnuson muntl.medd.). De bentiska rödingarna bör även gynnas, men påverkas troligen samtidigt även indirekt negativt av Mysis eftersom den gör att öringen ökar. Rödingen är känslig för örings predation (Filipsson och Svärdson 1976). Nu inträffar den omvända situationen jämfört med tiden efter regleringen och innan Mysis planterades in. Då slogs öringen nästan ut. Det medförde att rödingen fick ett ökat livsrum och därför fick man många gånger inte någon minskning av antalet rödingar, vilket man hade befarat i början. Kvaliteten blev dock försämrade. Örings ökning, tack vare Mysis' förekomst på grunt vatten, var oväntad och den ökningen

visar i sin tur att regleringens negativa inverkan på litoralfaunan var en viktig orsak till öringens tidigare minskning.

Minskningen av parasitintensitet hos bentiska fiskar, och ökningen hos pelagiska, bekräftar den inverkan som Mysis har på fiskar som lever i dessa habitat. Det är möjligt att Mysis kan användas för att minska angreppsgraden av t ex Diphyllbothrium spp. och Triacnophorus på fiskarter som just kan utnyttja Mysis som ett alternativt näringsdjur. I norra Quebec, Canada, diskuteras dessa åtgärder för att höja saluvärdet hos orörda rödingpopulationer med svåra parasitangrepp (Curtis 1982, Curtis 1983b). Om samma fiskar dock periodvis livnär sig på pelagisk bytesfisk, som inte äter Mysis, kan resultatet bli det motsatta, eftersom dessa planktonätande bytesfiskar sannolikt skulle få en ökad grad av parasiter som utnyttjar copepoder som mellanvärdar.

Under vintern har Mysis fått stor betydelse som näring för de arter som då är aktiva, särskilt röding. Därför tycks rödingen kunna återhämta sig lättare under vintern efter leken. Detta kan i sin tur tänkas ha inverkan på rödingens överlevnad, om svälten medför en ökad dödlighet. Generellt sett verkar Mysis förbättra kvaliteten hos öring och röding i den reglerade sjön.

Mysis tycks alltså ha två fundamentalt olika roller i ekosystemet.

- 1) Den visar sig vara ett värdefullt bytesdjur men som sådant tillgängligt främst i egenskap av bottendjur. Vissa fiskar kan därför utnyttja Mysis under hela året och framför allt vintertid, då fisken annars svälter. Denna ändrade näringstillgång medför en förbättrad tillväxt och kvalitet och en minskad mängd parasiter.
- 2) Den är en mycket effektiv predator på zooplankton. Planktonätande fiskar eller fiskstadier som ej utnyttjar Mysis som näringsdjur får i stället livnära sig på ett allvarligt förändrat och utarmat zooplanktonsamhälle. Detta innebär hårdare konkurrens om föda, vilket följs av minskad populationsstorlek, samt en ökad mängd parasiter.

Mysis' täthet varierar mellan sjöarna och man får även en svängning mellan olika år i samma sjö. Detta kommer säkert att innebära att man får motsvarande periodiska förändringar i fiskbestånden. Exempel finns, som tidigare nämnts, där särskilt kanadaröding och Mysis förekommer i en slags svängningsrelation som inte fått någon fullständig förklaring. Det är oklart om samma företeelse uppträder i de svenska sjöarna.

Mysis' selektiva predation innebär en successiv minskning av flera cladocerarter. Svängningar i Mysis' täthet kan även förväntas ändra predationstrycket på och konkurrensförhållandena mellan zooplankton. I Blåsjön och Torrön, två sjöar med låg täthet av Mysis, finns dock inga tecken på att t ex Eurycercus lamellatus har ökat igen. Det är möjligt att Mysis kontinuerligt betar ner specifika arter samtidigt som den breddar sitt register av näringsdjur. Ett större predationstryck på zooplankton, på grund av ökningar i Mysis' täthet, bör återverka på Mysis-populationen.

Den närmast genomgående förändringen av fiskarnas uppehållsplatser med avseende på djup visar en allmän koncentration av fisk till 25-30 m. Eftersom näten ofta ligger i vattnet mellan 16 och 24 timmar får man ingen information om på vilket djup fiskarna söker resp smälter sin föda. Fiskar kan söka sina näringsdjur i vatten med en högre temperatur och sedan smälta maten vid en lägre temperatur på större djup (Brett 1971). Crowder och Magnuson (1983) menar vidare att fiskar vid förändrad näringstillgång kan kompensera en brist-situation genom att söka sig ned till lägre temperaturskikt. Temperaturuppgifterna för olika djup i Vojmsjön visar dock ingen märkbar skillnad under högsommaren, och den förändrade djupfördelningen av fisk bör därför ses som ett resultat av de bentiska arternas nya näringssök. Detta kan däremot ej förklara den djupare förekomsten av planktonsik, som ju inte äter Mysis. Det är möjligt att det finns en koncentration av zooplankton, trots avsaknaden av en termoklin, på ett speciellt djup, som ansamlar Mysis samt Mysis-ätande och planktonätande fiskar.

Man kan notera en tillfällig men ganska betydande uppgång i rödingfisket ca 4-6 år efter inplanteringen av Mysis. Detta noterades även av ortsbefolkningen. Det är tänkbart att orsaken beror på att det under denna korta period både fanns tillgång till Mysis och zooplank-

ton innan det senare försvann. Det kan även tänkas att vissa gamla och långsamt växande fiskar genom Mysis fick en hastig tillväxtökning som gjorde dem mera tillgängliga för fångst med nät.

## FÖRÄNDRINGAR I FISKPOPULATIONERNA PÅ LÄNGRE SIKT

Det vi nu har studerat är effekterna på kort sikt även om det rör sig om 20-25 år. På längre sikt kan man teoretiskt tänka sig en långsam förändring som innebär att fiskpopulationerna anpassar sig till ekosystemets totala förvandling.

Anpassningen kan tänkas ske på olika nivåer som i vissa fall får genetiska konsekvenser.

Effekterna på en enskild art har redan konstaterats i flera exempel. Arten kan förändra näringsvalet och sitt habitat. Resultatet kan bli förändring i tillväxt, livslängd och föryngringsförmåga. Olika storlekar eller åldersstadier kan emellertid gynnas resp missgynnas i den nya situationen. Mysis kan tänkas konkurrera om födan med fiskunglet och även vara en direkt predator på det, men senare själv bli en viktig föda. Man kan i framtiden sannolikt förvänta sig att de olika fiskarterna anpassas till Mysis, som är ny och helt dominerande i ekosystemet. På lång sikt gynnas anlag som gör att fisken utnyttjar den nya resursen bättre. Troligen har rödingen bäst förutsättningar i detta hänseende. Dels har den en relativt plastisk ekologi och dels kan den tillväxa vid låga temperaturer. Därför kan den utnyttja Mysis på vintern i högre grad än andra fiskarter.

Effekter på interaktionen mellan två eller flera arter har även konstaterats. Balansen mellan fiskarterna förändras i sjöar där Mysis introducerats. Ett starkare öringbestånd påverkar sannolikt lakbeståndet genom predation på smålakarna som lever i samma habitat. I Torrön är smålakar den vanligaste bytesfisken för öring. Öringen är konkurrenskraftigare än rödingen i samma område och påverkar genom predation den rödingart som lever i litoralzonen eller i pelagialen (Nilsson 1965, 1967). Det omvända förhållandet är känt från Långbjörssjön, där en minskning hos öringbeståndet gynnade rödingrekryteringen starkt (Fagerström 1972, Svärdson 1976).

Om lakbeståndet ökar i en rödingsjö kan en ökad predation på djuplevande röding förväntas (Filipsson och Svärdson 1976). En viss ökning av lake har konstaterats i några vatten efter Mysis' inplantering. I Vojmsjön gynnas aspsiken av Mysis och uppträder djupare än tidigare. Laken som också ökat i samma habitat lever nu till stor del av denna aspsik. I många fjällsjöar med röding har sik planterats in med den följd att rödingen oftast konkurrerats ut. Siken är bl a en effektivare planktonätare (Nilsson och Pejler 1973). Inplanteringen av Mysis innebär att rödingen åter har tillgång till en lämplig näring. Det återstår nu att se om rödingbestånden med tiden kan hämta sig. Utvecklingen i Suorva kan möjligen utgöra ett exempel på detta (Hanson 1982).

Relationerna mellan tvillingarterna förändras. Flera exempel finns på att rödingarterna resp sikarterna närmar sig varandra i valet av föda (Mysis). Detta innebär även att arterna närmar sig beträffande tillväxttakt, medelstorlek, utseende och val av habitat. I Blåsjön har flera olika faktorer inverkat på balansen mellan de två rödingarterna, först regleringen och sedan även Mysis-populationen. Redan i början av undersökningen förekom en stark hybridisering med en balansförskjutning mot mindre fjällröding. Under senare år kan man konstatera en ytterligare förskjutning av denna balans (Hammar et al. 1983, Hammar manuskript). De tre rödingarterna i Suorva uppvisade 1976 en rad ekologiska skillnader, som bestyrktes av genfrekvensskillnader. Redan 1979, var det i praktiken omöjligt att skilja dem åt utseendemässigt, sedan Mysis under flera år utnyttjats som dominerande föda (Hammar 1983a).

I Vojmsjön var det tidigare, innan Mysis fått effekt, enkelt att skilja på sandsik och aspsik i fält genom att jämföra deras allmänna habitus. Nu är det ofta nödvändigt att kontrollera antalet gälräfständer. En del aspsikar kallas numera av ortsbefolkningen "mellansik", vilket betyder att den i storlek och utseende befinner sig mellan sandsiken och den "typiska" aspsiken. Från Vojmsjön beskrevs s k stimfångning (Fürst et al. 1980), vilket innebar att vissa aspsikar från ett tidigt stadium gått i stim med sandsikar. Betingelserna för näringsval, tillväxt m m blir därför lika. Näringsvalet har nu blivit ännu mer enhetligt eftersom Mysis dominerar som föda för båda arterna. Utvecklingen i Vojmsjön ger troligen större chanser till introgression eftersom aspsiken och sandsiken närmar sig varandra i näringsekologi och storlek.

## KVARVARANDE FRÅGESTÄLLNINGAR

- Vad sker på längre sikt? Utveckling av t ex antal, tillväxt och medelvikt hos olika arter av fisk visar trender som ännu inte stabiliserats.
- Påverkas sikens rekrytering till fiskbart bestånd?
- Innebär en förändring från sjöar där röding dominerar till sjöar där öring dominerar en minskad fiskproduktion?
- Kommer rödingen nu att återfå betydelse i sjöar där den utkonkurrerats av inplanterad sik?
- Om näringstillgången kan anses tryggad genom Mysis kan då utsättning av rom, yngel eller ungar av röding motverka rekryteringskadan till följd av regleringen?
- Innebär den ökade fytoplankton-biomassan i sjöar där Mysis introducerats en ökad primärproduktion?
- Vad sker med Mysis' näringsval och populationsstorlek när Mysis reducerat zooplanktonfaunan ned till en begränsande nivå?
- Hur påverkas bottenfaunan av Mysis-introduktioner?
- Kan inplantering av andra fisknäringdjur t ex Pallasea quadrispinosa, Gammaracanthus lacustris och Pontoporeia affinis fungera på ett gynnsamt sätt i Mysis-sjöarna genom att bryta karaktären av monokultur?
- Är Mysis-introduktionen bara ett första steg i en åtgärdskedja där man även planterar in en ny pelagisk bytesfisk, som till skillnad från andra pelagiska fiskarter utnyttjar Mysis, t ex nors?
- Hur mycket av effekterna av en Mysis-inplantering döljs av andra faktorer t ex reglering, hårt nätfiske eller maskmete av småöring i bäckarna?
- Vad innebär Mysis' dominerande ställning som bytesdjur för eventuella anrikningar av vindburna pesticider och sedimenterade tungmetaller i fisk?



## REKOMMENDATIONER

- 1) Mysis har redan planterats in och etablerat sig i 50 svenska sjöar, bland vilka finns nästan samtliga av våra stora regleringsmagasin. De specifika förändringarna av fisk- och planktonfauna är sådana att inga ytterligare utsättningar bör ske annat än i mycket speciella fall, vilka måste granskas av Sötvattenslaboratoriet.
- 2) Mysis kommer bäst till sin rätt i sjöar med förhållandevis stora grundområden och gynnar speciellt öring, kanadaröding, bentiska rödingar och sikarter samt lake.
- 3) Mysis kan användas för att minska angrepp av måsmask, dykandsmask och gäddmask hos bentiska rödingar och sikar. En förutsättning är att den aktuella arten föredrar Mysis som näringsdjur och att eventuella bytesfiskar ej blir mer infekterade av nämnda parasiter.
- 4) Mysis bör ej planteras in i vattensystem uppströms sjöar där de genom naturlig nedströmsspridning kan orsaka skador.
- 5) Mysis bör ej planteras in i stora, djupa sjöar med flytnätsfiske och/eller värdefulla pelagiska fiskbestånd. Ej heller i sjöar där röding eller små pelagiska sikar utgör viktig bytesfisk för bestånd av rovfisk som har stort ekonomiskt värde.
- 6) Mysis bör tills vidare ej planteras in i naturliga sjöar och älvar med opåverkade ekosystem.
- 7) I sjöar där Mysis skadat värdefull pelagisk bytesfisk, t ex röding eller sik, bör ytterligare ett steg i kompensationsarbetet prövas i form av inplantering av annan lämplig pelagisk fisk som utnyttjar Mysis som föda, t ex nors. Detta innebär dock ytterligare en drastisk förändring av ekosystemet.
- 8) I de vatten där Mysis bildat bestånd bör man komplettera med begränsande fiskevårdsåtgärder för att tillåta fisken att uppnå en mer ekonomisk storlek.

## SAMMANFATTNING

Mysis relicta har planterats in som fiskevårdsåtgärd i ett stort antal reglerade sjöar i Sverige. Den har bildat bestånd i de flesta och dessutom spritt sig nedströms. Idén bakom åtgärden var att Mysis skulle kompensera förlusterna av bottendjur, som försvunnit på grund av vattenståndsförändringarna. Flera hypoteser uppställdes rörande Mysis' funktion och inverkan på fiskarterna. Förväntningarna har delvis infriats genom att de fiskarter, som finns längs bottarna utnyttjar Mysis som föda. Öringen, kanadarödingen och laken gynnas särskilt, men möjligen även bentiska sikarter. Resultaten visar att regleringsskadorna på öringen till stor del var orsakade av minskad näringstillgång. Att öringen skulle gynnas var dock oväntat. Det är svårt att generalisera Mysis' inverkan på olika rödingarter. Om man bortser ifrån andra faktorer, nämligen sänkning av vattenståndet på våren, ökad predation från öring och en ökning av intensiteten i nätfisket bör den bentiska rödingen gynnas av Mysis. Fisket med bottennät, som är den helt dominerande fångstmetoden, gynnas av förändringarna i den bentiska fiskfaunan.

Mysis har däremot visat sig konkurrera med de pelagiska bestånden av röding och sik. Genom Mysis' predation har flera cladocerer t ex Eubosmina sp. och Daphnia sp. minskat i täthet. Fiskarna övergår emellertid inte till Mysis-diet trots förändringarna i sammansättningen av zooplankton. Man har därför fått en kraftig nedgång av de pelagiska fiskbestånden. Meningen var från början att just de här fiskarterna skulle utnyttjat Mysis under dess pelagiska fas. Man får se minskningen av de pelagiska fiskbestånden som en allvarlig felbedömning i hela idén bakom Mysis-introduktionen. Pelagisk sik kan vara viktig bytesfisk för storöring, kanadaröding och lake och därför kan tillväxten hos rovfiskarna begränsas. I många fall har ändringar i fiskarnas djupfördelning konstaterats. Hos öring samt bentiska röding- och sikarter märks en förskjutning av koncentrationen mot djupare bottnar. Även den pelagiska planktonsiken uppträder numera på djupare vatten. Förändringarna tyder på att en viss del av den pelagiska energin blir tillgänglig för bentiska fiskarter, men totalt sett minskar sannolikt fiskproduktionen i sjön.

Mysis har fått stor betydelse som vinterföda, vilket är av särskild betydelse i reglerade sjöar där fisken i stort sett saknar näringsdjur under den årstiden. Rödingen visar tendenser att kunna åter-

hämta sig snabbt efter leken. I reglerade sjöar där Mysis har planterats in har rödingen en bättre kvalitet jämfört med reglerade sjöar utan Mysis.

Parasiteringen av Diphyllobothrium spp. och Triaenophorus sp. har minskat hos bentiska arter och ökat hos pelagiska. Copepoderna, som är mellanvärdar för dessa cestoder, har minskat i betydelse som näringsdjur för de bentiska fiskarterna, som nu gått över till att äta Mysis. För de pelagiska fiskarterna har copepoderna i stället fått ökad betydelse sedan Mysis betat ner cladocererna.

Mysis' roll som predator på zooplankton har klarlagts först under senare år. Förutom de pelagiska cladocererna har den drastiskt påverkat den semibentiska arten Eurycercus lamellatus. Den var tidigare en viktig fisknäringssystemorganism men saknas nu helt i maginnehållet. Nedbetningen av cladocererna har i sin tur medfört en ökad täthet av fytoplankton och därför även en ökad täthet av rotatorier.

I flera fall har alltså fiskarterna anpassats till det helt nya ekosystemet och dess ändrade förutsättningar bl a genom ökning eller minskning i antal och tillväxt, eller en ändring i val av habitat. Detta kan innebära en ändrad relation mellan olika fiskarter. Ett ökat öringbestånd påverkar t ex rödingpopulationerna starkt via predation. Tecken tyder även på att man fått genetiska förändringar hos tvillingarter genom introgression. En ökad introgression bör förväntas som följd av att flera fiskarter som tidigare var klart segregerade nu har närmat sig varandra ekologiskt, på grund av överflöd av en näringsorganism, nämligen Mysis.

Eftersom Mysis i många vatten blivit en näringsresurs som endast delvis utnyttjas av de få fiskarter som förekommer, kan man pröva flera åtgärder för att bättre utnyttja denna potential. Ett exempel är inplantering av flera näringsdjur i kombination, för att utöka diversiteten av bytesdjur och mildra karaktären av monokultur. Ett annat exempel är inplantering av lämplig pelagisk bytesfisk, t ex nors, som kan utnyttja Mysis. Dessa åtgärder innebär dock ytterligare manipulationer av ekosystemet med möjliga bieffekter.

Om man vidtar åtgärder för att minska skadorna på värdefulla fiskbestånd orsakade av reglering och hårt nätfiske, kan det möjligen leda till ett bättre utnyttjande av Mysis' potential.

## ERKÄNNANDEN

Redan från slutet av 1930-talet började idéerna om överföring av Mysis relicta till reglerade sjöar att diskuteras på Sötvattenslaboratoriet. Det var främst Sven Runnström som arbetade för idéernas förverkligande under den långa period när han hade ansvaret för forskningen i dessa sjöar.

Den första överföringen gjordes för 30 år sedan. Då lyckades Fiskeristyrelsens forskningsfartyg Eystrasalt fånga 200 Mysis i Mälaren. Dessa transporterades till Härjedalens Storsjö, men överlevde inte inplanteringen. De tekniska problemen med själva fångster och hanteringen hindrade en mera aktiv verksamhet. Nästa överföring gjordes 1957 och senare 1959, 1960 och 1961 från ett vattenverk utanför Jönköping, där Mysis samlades i stora mängder på senhösten. Sten Vallin hade fått en förfrågan om en mystisk förörening. När han berättade om sin upptäckt vid lunchen på Sötvattenslaboratoriet blev det med ens en stor sensation. Omedelbart skickades en expedition för att ordna med insamling och transport till Torrön. I dessa tidiga aktiviteter deltog Gunnar Svärdson, Nils-Arvid Nilsson, Harry Kalleberg, Karl-Jakob Gustafson, Heintz Löffler, Arne Gad, Sten Dahlqvist, P.-O. Jonsson och Arne Klitgaard. Det visade sig senare att sannolikt alla överföringarna misslyckats av någon okänd anledning.

Ulf Grimås', Maj Stube's och Nils-Arvid Nilsson's publicerade undersökningar i reglerade sjöar 1958 till 1961 blev det teoretiska underlaget för en mera välmotiverad försöksverksamhet. Men inte förrän 1964 hade de tekniska problemen lösts. Därefter kunde man mer eller mindre garantera att överföringarna skulle lyckas. Sedan dess har 20 år gått och många medhjälpare har deltagit i arbetet som haft med projektet att göra. Det rör sig om ortsbefolkning, fiskeritjänstemän och forskare. I samband med provfiskena i referenssjöarna har framför allt Olof Filipsson, Jan Roos och Olle Lindh stått för de största insatserna. I Blåsjön har Signe och Per Jordahl med familj, yrkesfiskaren Herman Lundgren, familjen Jonasson och ordföranden i fiskevårdsföreningen Erland Eriksson varit till stor hjälp. I Torrön har Konrad Andersson med familj alltid visat intresse, gästfrihet och hjälpsamhet. Förutom all hjälp med insam-

ling av leksik har familjerna Sigvard Jonsson och Ernst och Lilly Johansson vid Vojmsjön varit ovärderliga ljusglimtar i det tidvis tunga provfisket. Birger Pejler vid Limnologiska institutionen i Uppsala har under alla år följt och engagerat sig i detta ekologiska jätteexperiment. Han har även fungerat som handledare först för projektledaren och senare för Björn Kinsten, Per Olsén och Olle Bergfors som studerat Mysis' inverkan på zooplankton, fytoplankton och bottenfauna.

På Sötvattenslaboratoriet har Åke Fagerström, Olof Filipsson och Gun Odén varit nyckelpersoner vid åldersbestämning av öring, röding och sik. Vid de många diskussionerna om de komplicerade samspelen och relationerna mellan olika fiskarter och de nya näringsdjuren har professor Gunnar Svärdsons ekologiska insikt och galanta klar-synthet och docent Torolf Lindströms omfattande detaljkunskap och känsla för subtila mönster varit av avgörande betydelse och en ovärderlig källa av inspiration. Samtliga biologer och assistenter vid Sötvattenslaboratoriet har engagerat sig i Mysis-problematiken.

Värdefulla synpunkter på manuskriptet har dessutom lämnats av fiskeribiologer vid Askölaboratoriet. För manuskriptets utförande har Monica Bergman, Bibi Ericsson, Gun Jeansson, Eva och Berit Sers offrat mycket av sig själva i samband med figurritning, litteratursammanställning och renskrivning. Preben Christensen utförde den slutliga offsettryckningen.

Till alla dessa fantastiska medhjälpare riktas ett stort och varmt tack.

Ekonomiskt har arbetet stötts främst av vattenavgiftsmedel genom Fiskeristyrelsen, samt genom forskningsbidrag från Stiftelsen Seth M. Kempes Minne och genom VASO (Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan).

## LITTERATUR

- Aass, P. 1957. Fiskeriundersøkelsene i Pålbufjord og Tunnhovdfjord 1949-1956. Årsberetning for fiskeriundersøkelser i regulerte vassdrag. Inspektøren for ferskvannsfisket. 36 p.
- 1960. The effects of impoundment on inland fisheries. IUCN Seventh Technical Meeting. IV:67-76.
- 1963. Limingenreguleringens virkninger på fisket. 40 p. (Stencil.)
- 1964. Reguleringer og røyerekuttering. Jakt-Fiske-friluftsliv 93(9):378-381.
- 1968. Vassdragsregulering. p. 1558-1594. Ur Sportfiskernes Leksikon. Red.: K.W. Jensen. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo.
- 1969. Limingenreguleringenes virkning på fisket. Yttrande till Vattendomstolen 10 september 1969. 21 p. (Stencil.)
- 1970. The winter migrations of char, Salvelinus alpinus L., in the hydroelectric reservoirs Tunhovdfjord and Pålbufjord, Norway. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 50:5-44.
- Almer, B. 1978. Fiskar i Ivösjöns centrala djupområde. (English summary: Fish in the offshore region of Lake Ivösjön.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 49 p.
- Andersson, K.A. (Red.) 1942. Fiskar och fiske i sjöar och floder. p. 631-632. Ur Fiskar och fiske i Norden. Band II. Natur och Kultur, Stockholm.
- Andersson, L., N. Ryman & G. Ståhl. 1983. Protein loci in the Arctic charr, Salvelinus alpinus L.: electrophoretic expression and genetic variability patterns. J.Fish.Biol. 23:75-94.
- Axelsson, J. 1961. Zooplankton and impoundment of two lakes in northern Sweden (Ransaren and Kultsjön). Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 42:84-168.
- Bagenal, T. (Red.) 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook No. 3. Third edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 365 p.
- Bailey, M.M. 1972. Age, growth, reproduction, and food of the burbot, Lota lota (Linnaeus), in southwestern Lake Superior. Trans.Am.Fish.Soc. 101:667-674.
- Baldwin, N.S. 1948. The American smelt, Osmerus mordax (Mitchell), of South Bay, Manitoulin Island, Lake Huron. Trans.Am.Fish.Soc. 78:176-180.
- Belyanina, T.N. 1969. Synopsis of biological data on smelt Osmerus eperlanus (Linnaeus) 1758. FAO Fish.Synopsis 78. 61 p.
- Bergfors, O., B. Kinsten & P. Olsén. 1976. Inverkan på andra organismer av nya fisknäringssdjur. Limn.Inst., Uppsala Univ. 41 p. (Stencil.)
- Bergstrand, E. 1968. Tillväxtanalys på siken i Vojmsjön före och efter en reglering. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (11). 57 p.

- 1982. The diet of four sympatric whitefish species in Lake Parkijaure. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 60:5-14.
  - & T. Lindström. 1967. Siken i Vojmsjön. Information från Söt-vattenslaboratoriet, Drottningholm (13). 25 p.
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of some thermal relations in the physiology and fresh-water ecology of sockeye salmon (Oncorhynchus nerka). Amer.Zool. 11:99-113.
- Brooks, J.L. & S.I. Dodson. 1965. Predation, body size and composition of plankton. Science 150:28-35.
- Child, A.R. 1977. Biochemical polymorphism in char (Salvelinus alpinus L.) from Llynnau Peris, Padarn, Cwelly and Bodlyn. Heredity 38:359-365.
- Clayton, J.W. & P.E. Ihssen. 1980. Dehydrogenase isozymes in Salvelinus: genetics and interspecific phenotypic comparisons. p. 339-356. In Charrs, salmonid fishes of the genus Salvelinus. Ed. E.K. Balon. W. Junk Publishers, The Hague.
- Cooper, S.D. & C.R. Goldman. 1980. Opossum shrimp (Mysis relicta) predation on zooplankton. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 37:909-919.
- Crowder, L.B. & J.J. Magnuson. 1983. Cost-benefit analysis of temperature and food resource use: A synthesis with examples from the fishes. p. 189-221. In Behavioral energetics. Eds.: W.P. Aspey & S.I. Lustick. Ohio State University Press, Columbus.
- Curtis, M.A. 1982. Host-parasite interactions in Arctic and Sub-arctic lakes. p. 41-57. In Aspects of parasitology. Ed.: E. Meerovitch. McGill University, Montreal.
- 1983a. Diphyllbothrium spp. and the Arctic charr: Parasite acquisition and its effects on a lake-resident population. In Biology of the Arctic charr. Eds.: L. Johnson, R. McV. Clarke & K.E. Marshall. International Symposium on Arctic Charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981. Univ.Manitoba Press, Winnipeg. (Under tryckning.)
  - 1983b. Parasitism of Arctic char by Diphyllbothrium ditremum and D. dendriticum in relation to the food web structures of northern lakes. In Proc.Second ISACF workshop on Arctic char. ISACF Inform.Ser. (2). Inst.Freshw.Res., Drottningholm. (Under tryckning.)
  - & V.G. Hunter. 1980. Parasitism by Diphyllbothrium spp. and the inhibition of migratory behaviour in Salvelinus alpinus the Arctic char a progress report. p. 9-11. In Proc.First ISACF workshop on Arctic char. ISACF Inform.Ser. (1). Inst. Freshw.Res., Drottningholm.
- Dahl, K. 1915. En studie over grundåtens eller matloens (Gammarus pulex) biologi og utbredelse i Norge. Norsk Jeger- og Fisk. foren.Tidsskr. 44(5). 32 p.
- Ekman, S. 1912. Om Torneträsks röding, sjöns naturförhållanden och dess fiske. Vetenskapliga och praktiska undersökningar i Lapp-land anordnade af LKAB. P.A. Norstedt & Söner, Stockholm. 54 p.

- Engblom, E. & P.-E. Lingdell. 1984. The mapping of short-term acidification with the help of biological pH indicators. Rep. Inst.Freshw.Res., Drottningholm 61. (Under tryckning.)
- Evans, R.D. & D.C. Lasenby. 1983. Relationship between body-lead concentration of Mysis relicta and sediment-lead concentration in Kootenay lake, B.C. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 40:78-81.
- Fagerström, Å. 1972. Netting for better angling in a small mountain lake. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 52:38-49
- Ferguson, A. 1981. Systematics of Irish charr as indicated by electrophoretic analysis of tissue proteins. Biochem.Syst. Ecol. 9:225-232.
- Filipsson, O. 1972. Sötvattenslaboratoriets provfiske- och provtagningmetoder. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (16). 24 p.
- & G. Svärdson. 1976. Principer för fiskevården i rödingsjöar. (English summary: Principles for the management of char populations.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (2). 79 p.
- Fürst, M. 1965. Experiments on the transplantation of Mysis relicta Lovén into Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 46:79-89.
- 1968. Försök med överföring av nya näringsdjur till reglerade sjöar III. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (2). 38 p.
- 1972a. Experiments on the transplantation of new fishfood organisms into Swedish impounded lakes. The feeding habits of brown trout and char in Lake Blåsjön. Verh.Internat. Verein.Limnol. 18:1114-1121.
- 1972b. Livscyklar, tillväxt och reproduktion hos Mysis relicta Lovén. (English summary: Life cycles, growth and reproduction in Mysis relicta Lovén.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (11). 41 p.
- 1972c. On the biology of the opossum shrimp Mysis relicta Lovén and its introduction in impounded lakes in Scandinavia. Acta Univ.Upsaliensis 207. 7 p.
- 1981. Results of introductions of new fish food organisms into Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:33-47.
- U. Boström & J. Hammar. 1978. Effekter av nya fisknäringdjur i Blåsjön. (English summary: Effects of new fish-food organisms in Lake Blåsjön.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 94 p.
- U. Boström & J. Hammar. 1980. Effekter av nya fisknäringdjur i Vojmsjön. (English summary: Effects of introduced Mysis relicta on fish in Lake Vojmsjön.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 42 p.
- U. Boström & J. Hammar. 1981. Effekter av nya fisknäringdjur i Torrön. (English summary: Effects of introduced Mysis relicta on fish in Lake Torrön.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 48 p.



- & J. Hammar. 1983. Effects of water level fluctuations on the recruitment of Arctic charr. In Biology of the Arctic charr. Eds.: L. Johnson, R. McV. Clarke & K.E. Marshall. International Symposium on Arctic charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981. Univ. Manitoba Press, Winnipeg. (Under tryckning.)
- J. Hammar, U. Boström, C. Hill & B. Kinsten. 1983. Effekter av inplantering av Mysis relicta i reglerade sjöar. FÅK informerar (15). 21 p.
- Garnås, E. & T.B. Gunnerød. 1983. Fiskeribiologiske undersøkelser i 1980-1982 i tre sjøer med utsatt Mysis relicta i Sør-Trøndelag. Direktoratet for Vilt- og Ferskvannsfisk. Reguleringsundersøkelsene Rapp. 12. 56 p.
- Goldman, C.R., M.D. Morgan, S.T. Threlkeld & N. Angeli. 1979. A population dynamics analysis of the cladoceran disappearance from Lake Tahoe, California-Nevada. Limnol.Oceanogr. 24:289-297.
- Gosho, M.E. 1975. The introduction of Mysis relicta into fresh-water lakes. (A literature survey.) Circular No. 75-2. Fish. Res.Inst.Coll.Fish., Univ. Washington, Seattle, Washington. 66 p.
- Grimås, U. 1961. The bottom fauna of natural and impounded lakes in northern Sweden (Ankarvattnet and Blåsjön). Rep.Inst.Freshw. Res., Drottningholm 42:183-237.
- & N.-A. Nilsson. 1965. On the food chain in some north Swedish river reservoirs. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 46:31-48.
- Gönczi, A.P. & N.-A. Nilsson. 1983. Results of the introduction of lake trout (lake charr, Salvelinus namaycush) into Swedish lakes. p. 68-75. Ur Utsättning av fisk och kräftdjur. EIFAC:s XII Symposium i Budapest 31 maj - 5 juni 1982. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (2).
- Hacker, V.A. 1957. Biology and management of lake trout in Green Lake, Wisconsin. Trans.Am.Fish.Soc. 86:71-83.
- Halvorsen, O. & K. Andersen. 1975. Observations of Diphyllobothrium ditremum in an ecosystem. In Proceedings of the Scandinavian Society for Parasitology, Stockholm, Sweden, 13-15 December 1974. Ed.: O. Halvorsen. Norw.J.Zool. 23(3):103-203.
- Hammar, J. 1980. Ecology and taxonomy of Arctic char in lake reservoirs in Sweden. p. 18-28. In Proc.First ISACF workshop on Arctic char. ISACF Inform.Ser. (1). Inst.Freshw.Res., Drottningholm.
- 1982. Provfisket i Vojmsjön 1981. FÅK informerar 12:9-19.
- 1983a. Ecological characters of different combinations of sympatric populations of Arctic charr in Sweden. In Biology of the Arctic charr. Eds.: L. Johnson, R. McV. Clarke & K.E. Marshall. Proc.International Symposium on Arctic charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981. Univ.Manitoba Press, Winnipeg. (Under tryckning.)
- 1983b. PM ang. preliminära resultat av fiskeribiologiska undersökningar i Lilla Offsjön, Stora Offsjön och Ygyln, Indalsälven, Jämtland. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3.12.1983). 8 p. (Stencil.)

- Hammar, J. & J. Henricson. 1983. Effects of introduced Mysis relicta on intensity and incidence of Diphyllbothrium spp. in Arctic char (Salvelinus alpinus species complex) in Sweden. In Proc. Second ISACF workshop on Arctic char. ISACF Inform.Ser. (2). Inst.Freshw.Res., Drottningholm. (Under tryckning.)
- O. Lindh, U. Boström, M. Fürst & P.E. Lingdell. 1983. Relationerna röding, mås- och dykandsbinnikemask (Diphyllbothrium spp.) samt förändringar i angreppsgrad efter introduktion av nya fisknäringssdjur. (English summary: The Arctic char and Diphyllbothrium spp. control of infection by means of the introduction of Mysis relicta as a new and alternative fish food organism.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 72 p.
- Hanson, M. 1982. Effekter av nya fisknäringssdjur i Suorva. (English summary: Effects of introduced Mysis relicta on fish in Lake Suorva.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 28 p.
- & T. Lindström. 1979. Suorva - en reglerad sjö, där fisken inte har fördrvärgats. (English summary: Suorva: A lake reservoir with char and whitefish of good size.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 33 p.
- Henricson, J. 1974. Ekologiska synpunkter på relationen binnikemask-röding-fågel i fjällsjöar. Fauna och flora 68:223-230.
- 1977. The abundance and distribution of Diphyllbothrium dendriticum (Nitsch) and D. ditremum (Creplin) in the char Salvelinus alpinus (L.) in Sweden. J.Fish.Biol. 11:231-248.
- 1978a. Population ecology of parasites of char Salvelinus alpinus, especially Diphyllbothrium species. Thesis, Umeå Univ. 30 p.
- 1978b. The dynamics of infection of Diphyllbothrium dendriticum (Nitsch) and D. ditremum (Creplin) in the char Salvelinus alpinus (L.) in Sweden. J.Fish.Biol. 13:51-71.
- 1980. Increased mortality in char Salvelinus alpinus, caused by infections of Diphyllbothrium dendriticum. p. 29-32. In Proc.First ISACF workshop on Arctic char. ISACF Inform.Ser. (1). Inst.Freshw.Res., Drottningholm.
- & L. Nyman. 1976. The ecological and genetical segregation of two sympatric species of dwarfed char (Salvelinus alpinus (L.) species complex). Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 55:15-37.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1917. Mjøsens fisker og fiskerier. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1916. 2. 257 p.
- Kinsten, B. & P. Olsén. 1981. Impact of Mysis relicta Lovén introduction on the plankton of two mountain lakes, Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:64-74.
- Klemetsen, A. & P.E. Grotnes. 1975. Food and habitat segregation by two sympatric Arctic char populations. Verh.Internat.Verein. Limnol. 19:2521-2528.
- & P.E. Grotnes. 1980. Coexistence and immigration of two sympatric Arctic charr. p. 757-763. In Charrs. Ed.: E.K. Balon. W. Junk Publishers, The Hague.

- Kornfield, I., K.F. Beland, V.R. Moring & F.W. Kircheis. 1981. Genetic similarity among endemic Arctic char (Salvelinus alpinus) and implications for their management. Can.J.Fish. Aquat.Sci. 38:32-39.
- Langeland, A. 1981a. Fiskerisakkyndig uttalelse vedrørende skader på fisket og fiskbestand i Selbusjøen som følge av reguleringene i vassdraget ovenfor og i insjøen. Sak nr: 10/1970 B, Överskjønn for regulering av Nea-Nesjø dam i Tydal. Del 4: Selbusjøen rundt m.m. Ved Midt-Trøndelag Herredsrett. Trondheim. 66 p. (Stencil.)
- 1981b. Decreased zooplankton density in two Norwegian lakes caused by predation of recently introduced Mysis relicta. Verh. Internat.Verein.Limnol. 21:926-937.
- Larkin, P.A. 1948. Pontoporeia and Mysis in Athabasca, Great Bear and Great Slave lakes. Bull.Fish.Res.Board Can. 78. 33 p.
- Lasenby, D.C. & M. Fürst. 1981. Feeding of Mysis relicta Lovén on macrozooplankton. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:75-80.
- & R.R. Langford. 1973. Feeding and assimilation of Mysis relicta. Limnol.Oceanogr. 18:280-285.
- Lindström, T. 1954. Non-reproductive migrations in the char, Salmo alpinus, L. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 35:118-132.
- 1962. Life history of whitefish young (Coregonus) in two lake reservoirs. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 44:113-144.
- 1965. Char and whitefish recruitment in north Swedish lake reservoirs. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 46:124-140.
- Linn, J.D. & T.C. Frantz. 1965. Introduction of the opossum shrimp (Mysis relicta Lovén) into California and Nevada. Calif.Fish Game 51(1):48-51.
- Ljunggren, I., K. Höglind & L. Thorsson. 1981. Fiskeribiologisk undersökning av tre rödingsjöar (Ö. Röversjön, Tossåssjön, Dörrsjön). Projektarbete vid Fiskevårdslinjen, Göteborgs Univ. 29 p.
- Lötmarker, T. 1964. Studies on planktonic crustacea in thirteen lakes in northern Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 45:113-189.
- MacLean, J. & J.J. Magnuson. 1977. Species interactions in percid communities. J.Fish.Res.Board.Can. 34:1941-1951.
- Magnuson, J.J. & T.L. Beitinger. 1978. Stability of temperatures preferred by centrarchid fishes and terrestrial reptiles. p. 181-216. In Contrasts in behaviour. Eds.: E.S. Reese & F.J. Lighter. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- L.B. Crowder & P.A. Medvick. 1979. Temperature as an ecological resource. Amer.Zool. 19:331-343.
- McPhail, J.D. 1961. A systematic study of the Salvelinus alpinus complex in North America. J.Fish.Res.Bd.Can. 18:793-816.
- Morgan, M.D. 1982. Preface. Hydrobiologia 93:v-v1.
- S.T. Threlkeld & C.R. Goldman. 1978. Impact of the introduction of kokanee (Oncorhynchus nerka) and opossum shrimp (Mysis relicta) on a subalpine lake. J.Fish.Res.Board Can. 35:1572-1579.

- Morgan, M.D., C.R. Goldman & R.C. Richards. 1981. Impact of introduced populations of Mysis relicta on zooplankton in oligotrophic subalpine lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 21:339-345.
- Nilsson, N.-A. 1955. Studies on the feeding habits of trout and char in north Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 36:163-225.
- 1960. Seasonal fluctuation in the food segregation of trout, char and whitefish in 14 north Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 41:185-205.
  - 1961. The effect of water-level fluctuations on the feeding habits of trout and char in the Lakes Blåsjön and Jormsjön, north Sweden. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 42:238-261.
  - 1963. Interaction between trout and char in Scandinavia. Trans. Am. Fish. Soc. 92:276-285.
  - 1964. Effects of impoundment on the feeding habits of brown trout and char in Lake Ransaren (Swedish Lapland). Verh. Internat. Verein. Limnol. 15:444-452.
  - 1965. Food segregation between salmonid species in north Sweden. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 46:58-78.
  - 1967. Interactive segregation between fish species. p. 295-313. In The biological basis of freshwater fish production. Ed.: S.D. Gerking. Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburgh.
  - 1974. Fiskens näringsval i öppna Väner. (English summary: Food relationships of the fish community in the offshore region of Lake Vänern, Sweden.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (17). 57 p.
  - & O. Filipsson. 1971. Characteristics of two discrete populations of Arctic char (Salvelinus alpinus L.) in a north Swedish lake. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 51:90-108.
  - & B. Pejler. 1973. On the relation between fish fauna and zooplankton composition in north Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 53:51-77.
- Nordeng, H. 1983. Solution to the "char problem" based on Arctic char (Salvelinus alpinus) in Norway. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40:1372-1387.
- Northcote, T.G. 1973. Some impacts of man on Kootenay lake and its salmonoids. Gr. Lakes Fish. Comm. Techn. Rep. 25. 46 p.
- Nyman, L. 1965. Variation of proteins in hybrids and parental species of fishes. Rep. Swed. Salm. Res. Inst. (13). 11 p.
- 1972. A new approach to the taxonomy of the "Salvelinus alpinus species complex". Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 52:103-131.
  - 1983. Introgression between sympatric char species: an important aspect of genetic matching of populations to specific environments. In Proc. Second ISACF workshop on Arctic char. ISACF Inform. Ser. (2). Inst. Freshw. Res., Drottningholm. (Under tryckning.)

- & O. Filipsson. 1972. Rödningen i Yraf. (English summary: The chars of Lake Yraf.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (10). 19 p.
- J. Hammar & R. Gydemo. 1981. The systematics and biology of landlocked populations of Arctic char from northern Europe. Rep. Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:128-141.
- Olsén, P. 1980. Population development of introduced Mysis relicta and impact on char and brown trout. Thesis, Uppsala Univ. 82 p.
- Petersson, Å. 1971a. The Cestoda fauna of the genus Coregonus in Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 51:124-183.
- 1971b. The effect of lake regulation on populations of Cestodan parasites of Swedish whitefish Coregonus. Oikos 22:74-83.
- Quennerstedt, N. 1958. Effect of water-level fluctuation on lake vegetation. Verh.Internat.Verein.Limnol. 13:901-906.
- Rawson, D.S. 1942. A comparison of some large alpine lakes of western Canada. Ecology 23:143-161.
- 1961. The lake trout of Lac la Ronge, Saskatchewan. J.Fish. Res.Board Can. 18:423-462.
- Richards, R.C., C.R. Goldman, T.C. Frantz & R. Wickwire. 1975. Where have all the Daphnia gone? The decline of a major cladoceran in Lake Tahoe, California-Nevada. Verh.Internat.Verein. Limnol. 19:835-842.
- Rieman, B.E. & C.M. Falter. 1981. Effects of the establishment of Mysis relicta on the macrozooplankton of a large lake. Trans. Am.Fish.Soc. 110:613-620.
- Rodhe, W. 1964. Effects of impoundment on water chemistry and plankton in Lake Ransaren (Swedish Lappland). Verh.Internat.Verein. Limnol. 15:437-443.
- Runnström, S. 1946. Sjöregleringar och fisket. (Föredrag vid Svenska fiskevårdsförbundet.) Lantbruksveckans Handl. p. 141-163.
- 1949. Director's report for the year 1948. Rep.Inst.Freshw. Res., Drottningholm 29:5-28.
- 1951. The population of char, Salmo alpinus, Linné, in a regulated lake. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 32:66-78.
- 1953. The population of trout, Salmo trutta, Linné, in regulated lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 33:179-198.
- 1964. Effects of impoundment on the growth of Salmo trutta and Salvelinus alpinus in Lake Ransaren (Swedish Lappland). Verh. Internat.Verein.Limnol. 15:453-461.
- Ryman, N. & G. Ståhl. 1981. Genetic perspectives of the identification and conservation of Scandinavian stocks of fish. Can. J.Fish.Aquat.Sci. 38:1562-1575.
- Sandlund, O.T., L. Klyve, H. Hagen & T.F. Naesje. 1980. Krøkla i Mjøsa. Alderssammansetning, vekst og ernaering. Rapport, Mjøsaundersøkelsen. Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk (2). 99 p.
- Saunders, L.H. & J.A. McKenzie. 1971. Comparative electrophoresis of Arctic char. Comp.Biochem.Physiol. 38B:487-492.

- Segerstråle, S.G. 1937. Om norsens (Osmerus eperlanus L.) föda under senhösten i södra Finlands kustvatten. Fisk.Tidskr.Finland 44: 101-107.
- Stube, M. 1958. The fauna of a regulated lake. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 39:162-224.
- Svärdson, G. 1958. Tvillingarter bland brackvattenfiskarna. Fauna och flora 53:150-174.
- 1961. Rödningen. Fiskefrämjandets Årsbok Fiske: 25-37.
  - 1976. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 55: 144-171.
  - 1979. Speciation of Scandinavian Coregonus. Rep.Inst.Freshw. Res., Drottningholm 57. 95 p.
- Sømme, I.D. 1941. Ørretboka. Ørretfiske, ferskvannsfiske, fiskekultur. J. Dybwads Forlag, Oslo. 591 p.
- Threinen, C.W. 1962. What's new in fish management? Wis.Conserv. Bull. 27:14.
- Zyblut, E.R. 1970. Long-term changes in the limnology and macrozooplankton of a large British Columbia lake. J.Fish.Res.Board Can. 27:1239-1250.

ENGLISH SUMMARY: EFFECTS OF THE INTRODUCTION OF MYSIS RELICTA INTO IMPOUNDED LAKES IN SWEDEN

During the last 25 years, Mysis relicta has been introduced into a large number of impounded lakes in Sweden as a fisheries management measure. It has formed populations in most of these lakes and has also spread downstream. Mysis was intended to compensate for the benthic animals lost due to fluctuations in water amplitude. Several hypotheses were advanced concerning the function of Mysis in the ecosystem and its effects on the fish species. Expectations have been partially fulfilled, as the fish species found along the lake bottom utilize Mysis as a source of food. The introduction of Mysis has been beneficial for brown trout, lake trout and burbot in particular and has possibly also favoured benthic species of whitefish. The results have shown that the damage to brown trout populations caused by impoundment was mainly due to reduced food availability. The positive effect of Mysis on brown trout was, however, not expected. It is difficult to make a general assessment of the effect of

Mysis on the Arctic char. Disregarding other factors such as the lowering of lake water levels in spring, increasing predation by brown trout and an increase in the intensity of net fishing, benthic Arctic char should be affected favourably by Mysis. Benthic gill-net fishing, which is the most dominant fishing method in these lakes, benefits from the changes in the benthic fish fauna.

On the other hand, Mysis has been shown to compete with pelagic populations of Arctic char and whitefish. Due to predation by Mysis several cladocerans, e.g. Eubosmina sp. and Daphnia sp. have become less abundant. The pelagic fish do not, however, change over to a diet of Mysis, despite the altered composition of the zooplankton community. Consequently, these fish populations become greatly reduced. It was originally intended that these fish species should utilize Mysis during its pelagic phase. The decline of the pelagic fish populations contradicts the rationale underlying the introductions of Mysis. As pelagic whitefish can be important as prey for brown trout, lake trout and burbot the growth of these predatory species may therefore become limited. Changes in the depth distribution of fish species have been noted in many cases. Brown trout as well as benthic species of Arctic char and whitefish show a shift in concentration towards deeper bottoms. The pelagic plankton-eating whitefish are now also found in deeper water. The changes suggest that a small portion of the energy in the pelagic zone becomes available to benthic fish species, but that there is probably a decrease in the total fish production in the lake.

Mysis has become very important as a source of nutrition during winter which is especially valuable in impounded lakes where the fish generally lack food items at this time of the year. Arctic char have shown a tendency to rapidly improve their condition after spawning. In impounded lakes where Mysis has been introduced the Arctic char are of better quality than in impounded lakes without Mysis.

Parasitism by Diphyllobothrium spp. and Triaenophorus sp. has decreased in benthic fish species and increased in pelagic fish species. Copepods, which serve as hosts for these cestodes, have become less important as food items for the benthic fish which

now eat Mysis. However, copepods have become increasingly important in the diet of the pelagic fish since Mysis has reduced the abundance of cladocerans.

The role of Mysis as a predator on zooplankton has only become clear during recent years. In addition to its effect on pelagic cladocerans it has had a drastic influence on the semi-benthic species Eurycercus lamellatus. This cladoceran, which was previously an important fish food organism, is now completely absent in fish stomach contents. The decline of the cladocerans has in turn lead to an increased abundance of phytoplankton and therefore also greater numbers of rotifers.

In several cases the fish species have become adapted to the entirely new ecosystem and its altered conditions, as shown, for example, by an increase or decrease in numbers and growth, or a change in habitat. This can lead to an altered relationship between different fish species. An increase in the brown trout population strongly affects the Arctic char populations via predation. There are also indications that genetic changes have occurred in sibling species complexes in the form of introgression. Greater introgression can be expected to occur now that several fish species, which were earlier clearly segregated, have begun to approach each other ecologically due to an overabundance of one food organism, namely Mysis. As Mysis has in many waters become a food resource which is only partially utilized by the few occurring fish species, some further measures could be implemented to utilize this potential more fully. One example is the introduction of a combination of food organisms, to provide a more diverse food base and to reduce the degree of monoculture of Mysis. Another example is the stocking of a suitable pelagic prey fish that can feed on Mysis, e.g. smelt (Osmerus eperlanus). However, these measures involve further manipulation of the ecosystem, with possible deleterious side effects.

If measures are taken to ameliorate the damage caused to valuable fish populations by impoundment and intensive net fishing, they may also enable a better utilization of the food potential provided by Mysis.



## RECOMMENDATIONS

- 1) Mysis relicta has already been introduced and become established in 50 Swedish lakes, among which are most of the largest reservoirs. The specific alterations in the fish and plankton fauna are such that no further introductions should be carried out, except in very special cases, which should be supervised by the Institute of Freshwater Research.
- 2) Mysis is of most value in lakes with relatively extensive shallow areas and is beneficial in particular for brown trout, lake trout, benthic species of char and whitefish, and burbot.
- 3) Mysis can be used as a measure to reduce parasitism by tapeworms such as Diphyllobothrium spp. and Triaenophorus sp. on benthic char and whitefish. The prerequisites are that the fish species in question feed selectively on Mysis and that prey fishes do not become increasingly infested by the parasites.
- 4) Mysis should not be introduced into water systems from where they can spread downstream and cause damage to lakes.
- 5) Mysis should not be introduced into large, deep lakes with pelagic gill-net fisheries or valuable pelagic fish stocks.
- 6) Mysis should not at present be introduced into natural lakes and rivers with undisturbed ecosystems.
- 7) In lakes where Mysis has damaged valuable pelagic prey fish such as Arctic char and whitefish, the stocking of other suitable pelagic fish species, which can utilize Mysis, e.g. smelt, should be considered as an additional fisheries management measure. However, such a step would involve further drastic alterations of the ecosystem.
- 8) In lakes where Mysis has become established, additional measures should be implemented to limit fisheries so that the fish can reach an economically viable size.

## LEGENDS TO FIGURES AND TABLE

Figure 1. Above: Three sexually mature individuals of Mysis relicta; two males and a female with its marsupium. Sexually mature animals are ca 15-24 mm in length.

Below: Mysis relicta may have a life cycle of one or two years, or there may be alternation between these two. The type of life cycle depends mainly on food availability, which depends in turn upon the density of the Mysis population (Fürst 1972b, c). During the first few years after the introduction of Mysis, they grow rapidly in length and sexual maturity is reached in one year. With increasing density, a larger proportion switch over to a two-year life cycle, and at very high densities all of the mysids have a two-year life cycle.

o reproduction, males die after copulation  
x new generation  
--- some females survive to breed a second time

Figure 2. A map of northwestern Sweden, showing lakes where Mysis relicta Lovén, Pallasea quadrispinosa G.O. Sars and Gammaracanthus lacustris G.O. Sars have been introduced. (Revised from Fürst 1981.)

Unfilled symbols: Introduction  
Filled symbols: Reproduction  
Hatched areas: Downstream drift and reproduction

Figure 3. Sampling of whitefish from Lake Vojmsjön by fishery consultant Olof Filipsson and laboratory assistant Gun Odén. Photo: Johan Hammar.

Figure 4. The diet of brown trout in Lake Blåsjön, from March-October 1970-71, six years after the introduction of Mysis and Pallasea. The amounts of various food items consumed are given in percentages of stomach volume. The stomach fullness is shown by the percentage that were full and half-full (black bars) as opposed to empty and nearly empty. The number of stomachs examined is given for each month. Terrestera insekter = terrestrial insects, bottendjur = benthic animals, fisk = fish. (From Fürst et al. 1978.)

Figure 5. The diet of brown trout in Lake Blåsjön, in July-August from 1944-76. Mysis and Pallasea were introduced in 1964. The amounts of various food items consumed are given in percentages of stomach volume. For key to food items see text to Fig. 4. (From Fürst et al. 1978.)

Figure 6. The diet of the "normal arctic char" (Salvelinus salvelinus) in Lake Blåsjön, during different months of the year in 1970-71, six years after the introduction of Mysis

and Pallasea. The amounts of various food items consumed are given as percentages of stomach volume. The stomach fullness is shown by the percentage that were full and half-full (black bars) as opposed to empty and nearly empty. For key to food items see text to Fig. 4. (From Fürst et al. 1978.)

- Figure 7. The diet of the "normal arctic char" (Salvelinus salvelinus) in Lake Blåsjön, in March-April, July-August and September-October from 1944-78. Mysis and Pallasea were introduced in 1964. The amounts of various food items consumed are given in percentages of stomach volume. For key to food items see text to Fig. 4. Fisk(rom) = fish roe. (From Fürst et al. 1978.)
- Figure 8. The diet of the pelagic arctic char (Salvelinus stagnalis) in Lake Torrön, at the end of August from 1966-77. Mysis was introduced in 1957 and 1965. The amounts of various food items consumed are given in percentages of stomach volume. For key to food items see text to Figure 4. (From Fürst et al. 1981.)
- Figure 9. Diet of the three species of whitefish (Coregonus spp.) in Lake Vojmsjön, in July of 1965, 1971, 1977 and 1981. Mysis was introduced in 1967. The upper figure shows the diet of whitefish caught in benthic gill nets in the southern part of the lake; the benthic "sandsik" and the "aspsik" which is more planktivorous. The lower figure shows the diet of whitefish caught in pelagic gill nets in the central part of the lake; the "aspsik" and the planktivorous "planktonsik". The amounts of various food items are given in percentages of stomach volume. The number of stomachs and the percentage with contents are also shown. For key to food items see text to Fig. 4. (From Fürst et al. 1980, Hammar et al. unpubl.)
- Figure 10. The diet of arctic char in March-April in natural lakes (far left), impounded lakes (centre) and impounded lakes where Mysis relicta and Pallasea quadrispinosa have been introduced (far right). The stomach fullness is shown by the percentage that were full and half-full (black bars) as opposed to empty and nearly empty. For key to food items see text to Fig. 4. (From Fürst et al. 1978.)
- Figure 11. Incidence and intensity of parasitism by tapeworms (Diphyllobothrium spp.) on arctic char in natural and impounded lakes with and without the new food organism Mysis relicta. The circles show the percentage of char infected by different numbers of plerocercoids per fish. (From Hammar et al. 1983.)
- Top row: "Normal arctic char" Salvelinus salvelinus (N) and the benthic dwarf char Salvelinus stagnalis (S) in impounded Lake Blåsjön, with both Mysis and Pallasea.

Second row: The impounded Lakes Storsjouten, Torrön and Sädvajaure, with Mysis.  
Left hand column: The impounded Lakes Sørungen and Näsjön, without new fish-food organisms.  
Middle column: The natural Lakes Äsingen and Hensjön, with Mysis.  
Right hand column: The natural Lakes Ankarvattnet and Lillsjouten, without new fish-food organisms.

Figure 12. The incidence and intensity of parasitism by the tapeworms Diphyllobothrium spp. and Trianaenophorus sp. on whitefish from nine different localities along the Ströms Vattudal river system from 1979-83. These are related to the density of Mysis (far left) as well as to the occurrence of pike, which is the final host for the latter parasite. (From Fürst et al. unpubl.)

Key: Coloured segments of circles = % infested fishes.  
Numbers within circles = mean no. of visible parasites/fish.

Figure 13. Changes in the depth distributions of burbot, the benthic whitefish "sandsik" and the more pelagic "aspsik" in benthic gill nets in the northern (top) and southern (bottom) parts of Lake Vojmsjön from 1965-83. Yield expressed as catch per unit effort and depth interval. Mysis was introduced in 1967. (Revised from Fürst et al. 1980.)

Figure 14. Catches of arctic char (red) and brown trout (blue) in Lake Blåsjön in gill nets set in the littoral zone (top), on deep bottoms (middle) and in the pelagic zone (bottom). Catch per unit effort (whole line) and mean weight (broken line) in July-August from 1962-82. Mysis and Pallasea were introduced in 1964. (Revised from Fürst et al. 1978.)

Figure 15. Catches of arctic char (red) and brown trout (blue) in Lake Blåsjön in gill nets set in the littoral zone (top), on deep bottoms (middle) and in the pelagic zone (bottom). Catch per unit effort (whole lines) and mean weight (broken lines) in September-October from 1962-80. Mysis and Pallasea were introduced in 1964. (Revised from Fürst et al. 1978.)

Figure 16. The total catch of arctic char (red) and brown trout (blue) by the main commercial fisherman in Lake Blåsjön from 1953-82. The catch in open water during summer, including September (top) and from the beginning of October until ice covers the lake (bottom). The number of fishing efforts is indicated by the black line. Mysis and Pallasea were introduced in 1964. (Revised from Fürst et al. 1978.)

Figure 17. Catches of arctic char (red), brown trout (blue) and burbot (black) in Lake Torrön in gill nets set in the littoral zone (top and middle) and the pelagic zone

(bottom). Catch per unit effort (whole lines) and mean weight (broken lines) in August from 1966-82. Mysis was introduced in 1957 and 1965. (Revised from Fürst et al. 1981.)

Figure 18. Catches of whitefish species (coloured lines) and burbot (black) in Lake Vojmsjön from 1965-83. Benthic gill nets were used in the southern part (top) and northern part (middle) of the lake, while pelagic gill nets were used in the central part of the lake (bottom). Catch per unit effort (whole lines) and mean weight (broken lines). The whitefish species are: benthic "sandsik" (green), the versatile "aspsik" (orange) and the planktivorous "planktonsik" (yellow). Mysis was introduced in 1967. (Revised from Fürst et al. 1980.)

Figure 19. Changes in the growth of brown trout in Lake Blåsjön from 1952-75. The figure is based on the spacing of the yearly rings on the scales of five year old fish. The brown trout live in streams at least until the end of their third year, after which they migrate into the lake. Mysis and Pallasea were introduced in 1964, and in 1968 Mysis was found in the stomachs of brown trout. The number of fish is given at the top of each growth curve. (From Fürst et al. 1978.)

Figure 20. Changes in the growth of two populations of arctic char and their hybrids in Lake Blåsjön from 1967-74. The figure is based on age determination using otoliths of fish caught in the autumn, in 1967 before Mysis had become important as a food item and in 1974 after it had become important. Storröding = Salvelinus salvelinus, mindre fjällröding = the benthic dwarf Salvelinus stagnalis, längd = length, ålder = age. (From Fürst et al. 1978.)

Figure 21. Changes in the growth of three species of whitefish in Lake Vojmsjön. The figure is based on age determination using scales, and applies to the entire catch. The benthic "sandsik" and the more pelagic "aspsik" were caught in the spawning season by local fishermen, while the "planktonsik" were caught in pelagic gill nets in July. Längd = length, ålder = age. (From Hammar et al. unpubl.)

Figure 22. Quality of arctic char in lakes with Mysis ( $\Delta$ ) and without Mysis (o) in June 1981, based on the relationship between the water content of somatic tissue and body length in individual fishes.

- A. Natural lakes. There is no difference in water content between char in lakes lacking Mysis and char in lakes where Mysis has been introduced ( $\chi^2$ ,  $p > 0.05$ ).
- B. Impounded lakes. In lakes where Mysis has been introduced, the char have a lower water content ( $\chi^2$ ,  $p < 0.05$ ). (From Hill et al. unpubl.)

- Figure 23. Mean number of dominating zooplankton species in Lake Mesvattnet from 1972-76. Lake Mesvattnet is a small, unregulated lake into which Mysis was introduced in 1971. (From Kinsten and Olsén 1981.)
- Figure 24. Mean phytoplankton biomass in Lake Mesvattnet from 1972-76. Lake Mesvattnet is a small, unregulated lake into which Mysis was introduced in 1971. (1 = total biomass, 2 = Cyanophyceae, 3 = Chlorophyceae, 4 = Chrysophyceae, 5 = Bacillariophyceae, 6 = Cryptophyceae, 7 = Dinophyceae (From Kinsten and Olsén 1981.)
- Figure 25. The density of Mysis, as number/m<sup>2</sup>, in several different lakes. Samples were collected by nighttime vertical hauls of a net with a 1 m<sup>2</sup> opening. 1) Mean of three samples, 2) mean of two samples. (From Kinsten unpubl.)
- Figure 26. The number of Mysis per haul with a benthic trawl from 45 m to 0 m in Lake Mesvattnet, 1972-83. Mysis was introduced in 1971. (From Bergfors et al. 1976, Kinsten unpubl. and Olsén 1980.)
- Table 1. The diet of burbot in Lake Torrön in April 1976. Mysis was introduced in 1957 and 1965. The amounts of various food items consumed are given as percentages of stomach volume. The fish were divided into 5 cm length intervals. The stomach fullness is shown by the percentage that were full, half-full, nearly empty and empty. Insekt-larver = insect larvae, växtrester = plant remains, sten = stones, antal fiskar = number of fishes, magarnas fyllnadsgrad = stomach fullness. (From Hammar unpubl.)