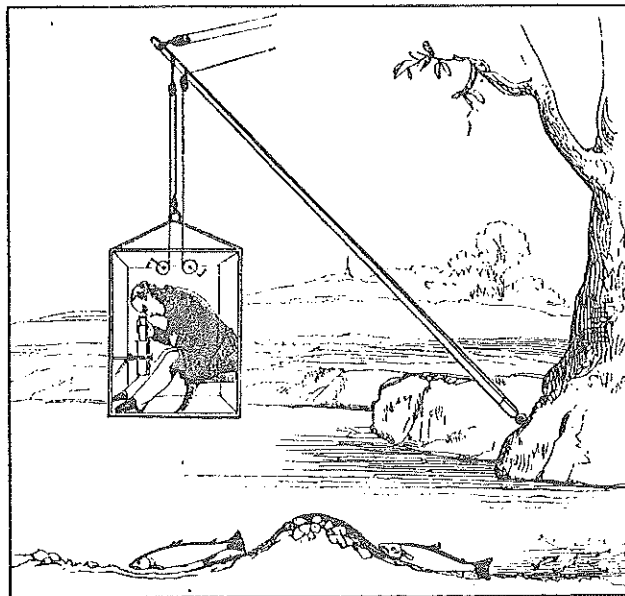




Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET

## Drottningholm



**FREDRIK PETTERSSON**

Relativ abundans, tillväxt, födoval och parasiter hos nors (*Osmerus eperlanus* (L.)) i Hjälmarén, Mälaren, Storsjön, Vänern och Vättern

**OLLE RING  
LARS HANELL**

Analys av odlingsmaterialet av röding vid Fiskeriverkets försöksstation i Kälarne: Hornavan, Ott-sjön, Stora Rensjön och Torrön

**GÖSTA OLSSON**

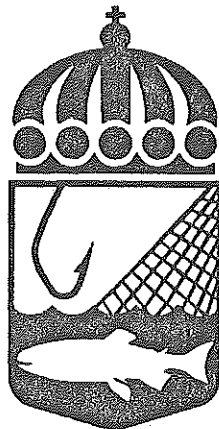
Telemetristudier av lekvandrande lax i Indalsälven 1977

**TIIT PAAVER**

Elektroforetisk undersökning av romproteiner hos laxfisk

## INNEHÅLL

<b>FREDRIK PETTERSSON</b>	<b>Relativ abundans, tillväxt, födoval och parasiter hos nors (<i>Osmerus eperlanus</i> (L.)) i Hjälmarens, Mälaren, Storsjön, Vänern och Vättern</b>	<b>sid. 1-22</b>
<b>OLLE RING LARS HANELL</b>	<b>Analys av odlingsmaterialet av röding vid Fiskeriverkets försöksstation i Kälarne: Hornavan, Ottsjön, Stora Rensjön och Torrön</b>	<b>sid. 23-38</b>
<b>GÖSTA OLSSON</b>	<b>Telemetristudier av lekvandrande lax i Indalsälven 1977</b>	<b>sid. 39-48</b>
<b>TIIT PAAVER</b>	<b>Elektroforetisk undersökning av romproteiner hos laxfisk</b>	<b>sid. 49-62</b>



**FISKERIVERKET**

ISSN 0346-7007

# RELATIV ABUNDANS, TILLVÄXT, FÖDOVAL OCH PARASITER HOS NORS (*OSMERUS EPERLANUS* (L.)) I HJÄLMAREN, MÄLAREN, STORSJÖN, VÄNERN OCH VÄTTERN

Fredrik Pettersson

Sötvattenslaboratoriet, 170 11 Drottningholm  
Institutionen för systemekologi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm

## SAMMANFATTNING

I alla de undersökta sjöarna utom Jämtlands Storsjö var norsen den vanligaste pelagiska fisken i trålfångsterna. I Hjälmarén och Mälaren fångades i några tråldrag över 2000 individer. I Vättern och Vänern var norsen inte lika talrik, men var fortfarande den vanligast förekommande arten. Baserat på fångst per ansträngning visade fångsten storleksmässigt i stort sett liknande resultat som tidigare trålstudier i de stora sjöarna (förutom i Mälaren 1989). Det visade sig vara stora variationer i ålderssammansättning mellan norsbestånden i de olika sjöarna. De dominerande årsklasserna i trålfångsterna var årsungar (0+) och ett-åriga (1+) norsar i alla sjöar utom i Mälaren där fångsterna gav en mer heterogen spridning av årsklasser. Det fanns antydning till stora variationer i rekrytering av nors mellan olika år i samma sjö. I Mälaren går det att följa en stark årsklass från ett år till ett annat.

Norsen i Mälaren hade en bra tillväxt under de båda undersökta åren. Säsongen 1990 var dock bäst. Årsungar av nors (0+) från Vänern och Vättern var bara mellan 30-70 mm långa, jämfört med 60-90 mm i Mälaren. Norsens längdtillväxt var bäst under första tillväxtsången. Fultons konditionsindex gav relativt höga värden (0,50-0,55) för nors i Hjälmarén och Mälaren. Däremot var värdena lägre (0,45-0,50) i Vättern och Vänern.

Maganalyserna visade att det fanns en

skillnad i bytesstorlek mellan olika storleksklasser av nors. Ju äldre och därmed större fisken var desto större bytesdjur tog norsen. Norsens övergång från en diet bestående av djurplankton till mysider och amphipoder och senare fisk verkade inte ske i distinkta steg från en födotyp till en annan. Maginnehållet visade att alla tre grupperna förekom i samma magar. De mest förekommande djurplankton volymsmässigt var *Bosmina* sp., *Daphnia* sp., *Cyclops* sp. och Temoridae, *Eurytemora* sp. och *Heterocope* sp.. Även de större arterna *Bythotrephes* sp. och *Leptodora kindtii* förekom i större antal i magarna. Inslaget av pungräkan *Mysis relicta* blev allt mer betydande bland äldre årsklasser av nors. Vitmärslan *Pontoporeia affinis* var vanlig i ett flertal av sjöarna, men framför allt i Mälaren. Hos större norsar fanns fisk i dieten och till största del bestod den av årsungar av den egna arten.

Parasiter förekom bara i ett mindre antal. Endast tre arter påträffades; *Diphyllobothrium dendriticum*, *Echinorhynchus salmonis* och *Cystidicola faricola*. Vitmärslan *Pontoporeia* är mellanvärd för de två senare. Detta avspeglas i födovallet i Vättern, där nästan alla ett-åriga eller äldre var angripna av *Cystidicola*. Däremot visade inte nors från Mälaren något angrepp trots att födan till stor del bestod av vitmärslor. Hur stor betydelse parasiterna har för norsens överlevnad kunde inte avgöras.

## INTRODUKTION

Nors (*Osmerus eperlanus*) spelar en betydande roll i många sjöars näringsväv, både som predator på zooplankton och byte för salmonider, gädda och gös (Svärdson 1976a). I de stora sjöarna i Sverige är nors vår vanligaste pelagiska fiskart (Brabrand 1984, 1986a, 1986b, Enderlein 1986, 1987, 1990).

Det pelagiala fisksamhället har ofta stor betydelse för att strukturera djurplanktonsamhället. Många gånger är det ett intimt samspel mellan bytesdjuren och dess byte. Om relationerna mellan arterna ändras, t ex när en art slås ut och/eller introduceras, kan det få stora ekologiska konsekvenser. Nors har under senare år diskuterats som bytesfisk i reglerade sjöar. Hitills har den dock bara introducerats i Storsjön 1974. I en litteraturstudie om nors har det framkommit att det behövs mer kunskap om dess ekologi innan det kan bedömas om det är lämpligt med fortsatt inplantering i sjöar i Sverige (Nellbring 1989).

Den europeiska norsens ekologi i sjöar är relativt lite känd. Det finns några födovalsstudier från norska och svenska sjöar (Appelberg 1977, Garnås 1983, Nilsson 1979, Næsje et al. 1987, Sandlund et al. 1987, Svärdson et al. 1988). Det finns även studier gjorda i Polen (Dembinski 1971, Rembiszewski 1970, Trzebiatowski & Gaj 1978) och i Sovjet (Ivanova 1970, 1980, 1982, Ivanova & Volodin 1981, Sterligova 1979). Däremot är ekologin hos norsens nordamerikanska släkting (*Osmerus mordax*) desto bättre känd (Bailey 1964, Burbridge 1969, Foltz & Norden 1977, Henderson & Nepszy 1989, MacCrimmon et al. 1983, Murawski & Cole 1978, Schaefer et al. 1981). De flesta studierna av *O. eperlanus* är baserade på infångad fisk från olika fältundersökningar. Vad vi vet är att norsen konkurrerar med andra planktonätare, exempelvis siklöja (*Coregonus albula*) och mysider om tillgängliga djurplankton. Vidare kan norspopulationen i en sjö ofta domineras av enstaka årsklasser, varför ålderssammansättningen ibland kan förändras kraftigt i samband med en lyckad rekrytering. Detta visas bl. a. i studier gjorda

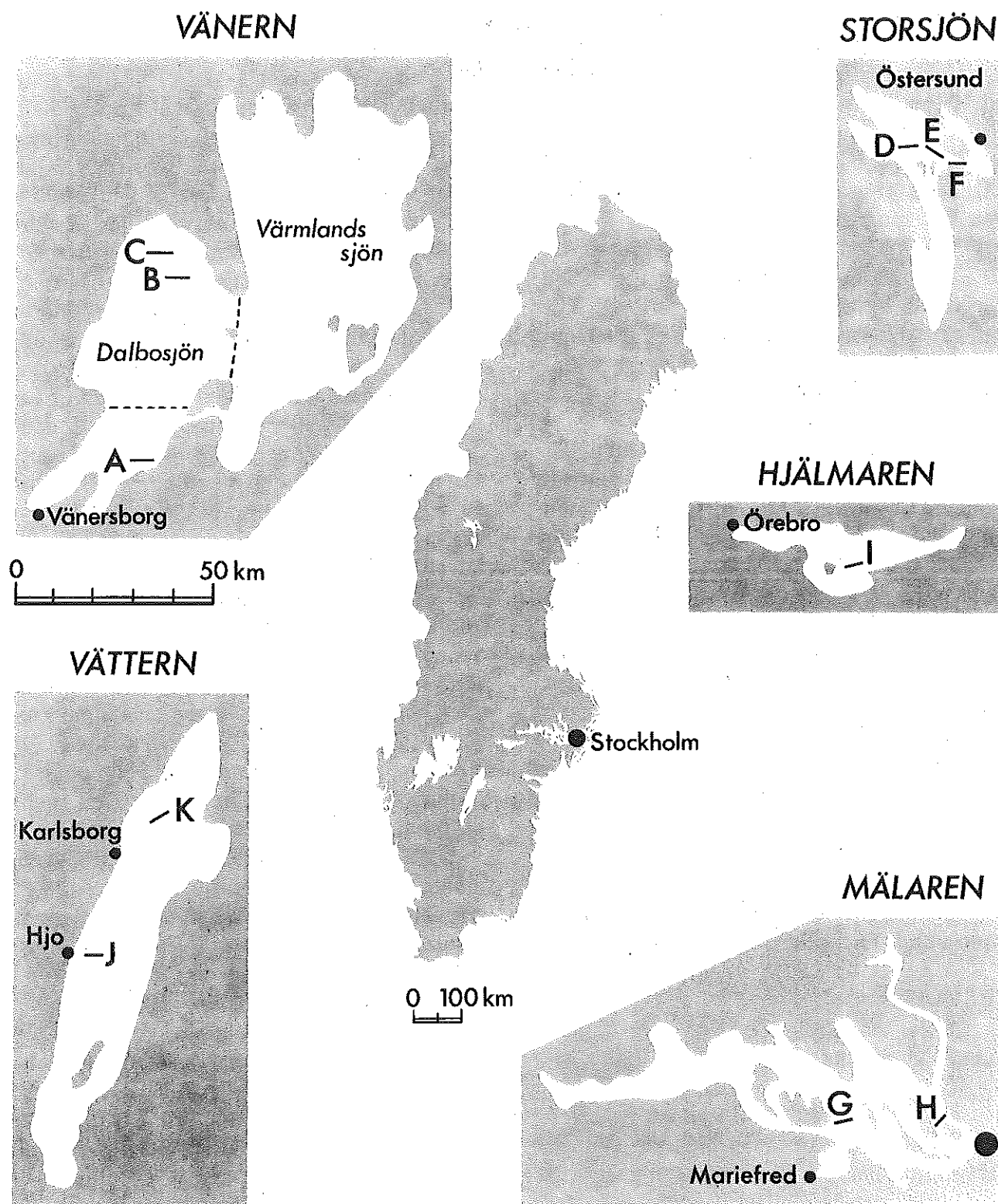
i Sovjet (Ivanova 1980, Sterligova 1979), men även i undersökningar i de fem stora sjöarna i Sverige (Enderlein 1986, 1987, 1990). Norsen företar vertikala vandringar mot ytan i skymningen under sommaren och hösten och åter till djupare vatten i gryningen (Burczynski 1987, Dembinski 1971, Heist & Swenson 1983, Northcote & Rundberg 1970). Dessa vandringar verkar ske för att komma till vattenlager med rikare tillgång på djurplankton och för att undgå predation. På vintern och våren verkar inte de vertikala vandringarna vara så markanta beroende på låg temperatur och låg täthet av plankton i de övre vattenmassorna.

Syftet med undersökningen var att öka kunskapen om norsens åldersfördelning, tillväxt, födoval och parasitbelastning i de fem största svenska sjöarna - Vänern, Mälaren, Hjälmaran, Vättern och Storsjön. Undersökningarna utfördes i samarbete med projekt "Fiskmärkning/beståndsanalyser", under ledning av Olof Enderlein (Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm) som utför provtrålningar och ekoräkning av pelagiska fiskarter i dessa sjöar med 2-3 års intervall (Enderlein 1986, 1987, 1990).

## MATERIAL OCH METODER

Trålningarna utfördes på hösten och under en två-års period. I flera av sjöarna har ett flertal lokaler undersökts. Under 1989 trålades i Storsjön den 5 september (D-F i Figur 1), Vänern 19-27 september (A-C i Figur 1), Hjälmaran 4 oktober och 16 november (I i Figur 1) och Mälaren 1 november (H i Figur 1). Under 1990 trålades i Vättern 11-12 september (J-K i Figur 1) och Mälaren 2 (G i Figur 1) och 11 oktober (H i Figur 1). Höstarna valdes för att årsungar av nors (0+) ska ha hunnit tillväxa så att de kan räknas med ekoräkning.

Trålen, som var av silltyp (modell 364/40) hade en öppning av 3 x 5 m och en minsta maskstorlek av 5 mm. Trålen drogs på konstant djup för varje tråldrag under 30 minuter av två båtar. Trålhastigheten var ca 2 knop. Trålningarna skedde i mörker. Trålens läge i vertikalled fastställdes med



Figur 1. Karta över de fem största sjöarna i Sverige. I varje sjö finns markerat vilka områden som undersöktes i september-november 1989-90. Vid varje markering finns en bostav som hänvisar till tråldata i Tabell 1 och 2.

Figure 1. Map of the five largest lakes in Sweden indicating the location of sampling stations. At each sampling transect there is a capital letter referring to data in Table 1 and 2.

hjälp av en trycksensor på trålens underteln. Varje tråldrags fångst vägdes och räknades och stickprov av nors frystes för senare analys på laboratoriet.

De frysta materialet mättes till närmaste millimeter och våtvikten bestämdes till närmaste 0,1 gram. Norsarna könsbestämdes och könsmognaden noterades enligt Filipsson (1972), och magarna konserverades i 70% etanol. Parasitförekomsten i bukhåla och organ bestämdes till art och antal. För åldersanalys användes otoliter, eftersom dessa har visat sig ge säkrare åldersbestämning än fjäll på framför allt äldre nors (Garnås 1982).

Vid bestämmandet av maginnehåll har volymen av varje näringsobjekt skattats subjektivt i procent av den totala volymen under stereomikroskop och därefter har totala maginnehållet vägts efter torkning i värmeskåp (60 °C) under ett dygn. I de flesta fallen har djuren bestäms till art och i övriga fall till släkte. I materialet från Väneren och Hjälmaren var innehållet i vissa magar angripet av relativt långt gången förruttelse. Detta gjorde att delar av maginnehållet inte kunde bestämmas, varför ca. 25% av innehållet klassades som oidentifierbart.

För att mäta konditionen hos nors användes Fultons formel för konditionsfaktor ( $F = W \cdot 10^5 / L^3$ ), där  $W$  är medelvikten i gram och  $L$  är medellängden i millimeter.

## RESULTAT

### Relativ abundans

Norsen var den helt dominerande fiskarten i trålfångsterna, förutom i Storsjön (Tabell 1). I Mälaren och Hjälmaren fångades ett stort antal norsar och flera andra fiskarter per tråldrag. I flera tråldrag fångades över 2000 norsar (Tabell 1). Däremot gav trålningarna i Väneren och Vättern färre norsar, men fortfarande var norsen den vanligast förekommande fiskarten i pelagialen. Förutom nors förekom siklöja (*Coregonus albula*), sik (*Coregonus* sp.), gärs (*Gymnocephalus cernus*), småspigg (*Pungitius pungitius*) och gös (*Stizostedion lucioperca*). Även andra arter förekom men endast med enstaka exemplar (Tabell 1-2). Av siklöja, som normalt finns i stora mängder i pelagialen (Northcote & Rundberg 1970), fångades bara ett fåtal individer i Prästfjärden (G i Figur 1) och Lambarfjärden (H i Figur 1) i Mälaren och i Vänersborgsviken (A i Figur 1) i Väneren. Väneren är en stor sjö med heterogen sammansättning av såväl fisk som födodjur (Almer & Larsson 1974) och topografiskt skiljer sig provfiskelokalerna åt. Dalbosjön (B och C i Figur 1) är djup och där fångades huvudsakligen 1- och 2-somriga norsar och få siklöjor, medan det i den relativt grunda Vänersborgsviken (A i Figur 1) erhöles fler siklöjor men endast årsungar av nors. I Storsjön bestod fångsten till övervägande del av sik och endast fyra norsar fångades. Den obetydliga fångsten i Storsjön har gjort att norspopulationen i denna sjö inte behandlats vidare i resultaten. Fångsten av nors per tråldrag visade sig vara av stort sett samma storleksordning antalsmässigt som tidigare trålundersökningar i Hjälmaren, Mälaren, Väneren och Vättern (Tabell 3). Norsens medelvikt varierade i djupled i trålfångsterna i Väneren, Hjälmaren och Mälaren i denna undersökning (Tabell 3).

I Mälaren 1990 fanns en tendens till lägre medelvikt hos nors mot djupare vatten, 8 g vid 0-10 m och 6,3 g vid 20-40 m, medan resultatet 1987 visade det motsatta. I Väneren skiljer sig medelvikten på de olika djupintervallena från år till år (Tabell 3). Medelvikten var mellan 5,2-8,0 g i Mälaren under 1990 (Tabell 2). Beaktar vi däremot medelvikten under hela perioden 1987-1990 så låg den mellan 2,9-7,3 g (Tabell 3). I övriga sjöar var den 3,1-3,4 g i Vättern och 4,4-6,9 g i Väneren under samma period (Tabell 3).

Under 1990 uppmättes vattentemperaturen i de undersökta sjöarna. I Vättern var temperaturen ca 15 °C vid ytan och på ca. 20 m djup fanns ett utpräglat språngskikt. I Mälaren däremot var vattentemperaturen mer homogen (9-10 °C) mellan 0-50 m vid varje undersökningstillfällena.



Tabell 2. Medelvikten av de olika fiskarterna fångade med trål i respektive sjö och trållokal. Bokstäverna A-K hänför sig till trållokalerna som markerats i Figur 1.

Table 2. The average weight of different fish species caught by trawl at each locality and lake. The capital letters A-K correspond to the sites indicated in Figure 1.

Datum	Lokal	Djup (m)	Nors	Siklöja	Sik	Gös	Gärs	Löja	Småspigg	Braxen	Björkna	Abborre	Nejonöga	Ål
<b>Hjälmaren</b>														
891004	I	0 - 3	5.2					23.0	0.3	97.5				239.0
	I	5 - 8	5.3											
891116	I	0 - 3	-											
	I	7 - 10	3.3					21.0		182.0				
	I	15 - 20	3.5					20.5	1.0	896.0	4.0			
<b>Mälaren</b>														
891101	H	7 - 10	3.3											
	H	15 - 20	2.5											
	H	0 - 3	-											
901002	G	30-33	6.1	75.5		200.9	10.6							48.0
	G	20-23	5.2	47.0		180.0	16.0			222.0		46.0		38.0
	G	0 - 3	8.0						1.3					
901011	H	17-20	7.5	150.0						382.0				
	H	22-25	7.7	132.0		136.0	20.9							
<b>Storsjön</b>														
890905	F	6 - 9	2.0		96.4									
	F	7 - 10	1.3		84.6									
	E	0 - 3	-		84.6									
	D	7 - 10	1.3		70.0									
<b>Vänern</b>														
890919	C	10 - 13	4.2											
	C	20-23	5.2	20.0			30.0							0
890921	B	2 - 5	5.7											
	B	17 - 20	3.4	16.7			3.3							
	B	7 - 10	3.5	10.0										
890927	A	13-16	0,6*	20.5			3.3							
	A	8 - 11	-	11.9										
	A	0 - 3	-											
<b>Vättern</b>														
900911	J	3 - 6	2.1											
	J	14 - 17	3.4											
900912	K	24 - 26	1.4	11.2										
	K	25 - 28	2.4											
	K	10 - 13	8.3											
	K	0 - 3	1.0											

0=vägdes ej

\*=den totala medelvikt på den lokalen



Tabell 3. Sammanställning av trålfångster av nors från olika undersökningar i de fem stora sjöarna i Sverige (Vänern, Vättern, Mälaren, Hjälmaren och Storsjön). Siffrorna i vänstra delen anger antal norsar som fångades per tråldrag och den högra kolumnen anger medelvikten hos nors i olika djupintervall.

Table 3. Trawl catches of smelt from various investigations in the five largest lakes in Sweden (Lake Vänern, Lake Vättern, Lake Mälaren, Lake Hjälmaren and Lake Storsjön). The figures on the left hand side show catch per unit effort and those on the right hand side show the average weight of smelt at different depth intervals.

Djupintervall (m):		Antal nors/tråldrag			Medelvikt per nors(g)				Källa:	
		0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40	Σ		
Sjö	år	månad								
Hjälmaren										
	1984	okt	2420	4625	-	-	-	-	-	Brabrand (1986a)
	1987	okt	1046	820	-	-	-	-	-	Enderlein (1987)
	1989	okt/nov	426	2683	-	4.6	3.5	-	4.0	Pettersson
Mälaren										
	1987	sep	148	130	876	1.3	4.2	4.8	3.6	Enderlein (1987)
	1989	nov	46	6	-	3.3	2.5	-	2.9	Pettersson
	1990	okt	379	276	1500	8.0	7.5	6.3	7.3	Pettersson
Storsjön										
	1984	sep	27	33	37	-	-	-	-	Brabrand (1986b)
	1989	sep	1	-	-	1.5	-	-	1.5	Pettersson
Vänern										
	1984	okt	40	376	833	-	-	-	-	Brabrand (1986a)
	1986	sep	20	58	20	9.3	3.6	12.5	5.5	Enderlein (1986)
	1987	sep	41	38	25	2.8	4.2	4.9	3.6	Enderlein (1987)
	1988	sep	86	134	93	9.5	6.1	6.0	6.9	Enderlein (1990)
	1989	sep	43	100	-	4.6	4.3	-	4.4	Pettersson
Vättern										
	1986	sep	132	142	255	3.0	2.0	3.7	3.1	Enderlein (1986)
	1988	sep	15	7	24	-	-	-	3.4	Enderlein (1990)
	1990	sep	59	15	23	1.6	5.8	1.9	3.1	Pettersson

## Tillväxt

Det insamlade materialet bestod till största delen av nors i åldersklasserna (0+) och (1+) i alla sjöar (Figur 2). I Hjälmarén saknades mer eller mindre årsungar i fångsterna. I Mälaren går det att följa den starka årsklass 1989 även 1990. I en tidigare rapport (Pettersson 1990) presenterades material insamlat under 1989. Åldersbestämningen av nors från den provtagningen har omvärderats något.

Längdfördelningen inom varje årsklass visade en tydlig skillnad mellan sjöarna. Årsungar av nors från Vänern och Vättern uppvisade större längdvariation än i Mälaren (Figur 2). Medellängden var dock klart större i sistnämnda sjö. Tidigare trålstudier har visat liknande tillväxt hos ung fisk i Vänern (0+, 52-78 mm och 1+, 78-98 mm) och i Hjälmarén (0+, 35-58 mm och 1+, 62-94 mm) (Brabrand 1986a). Längden hos nors (1+) och (2+) i Mälaren 1990 var större än i andra sjöar (Figur 2, 3). I trålfångsterna från Mälaren förekom norsar upp till en ålder av  $\geq 8+$  och en längd av  $\geq 200$  mm. Mälaren innehöll dessutom nors av fler årsklasser än de övriga sjöarna (Figur 2).

I Mälaren var även medelvikten hos nors högre för varje årsklass än i de övriga sjöarna (Figur 3). Medellängden av nors varierade mellan ca 50-70 mm för 0+, 80-110 för 1+ och 100-125 för 2+ sammanslaget för alla sjöarna (Figur 3). Norsarnas vikt ökade i stort sett linjärt med åldern (Figur 3).

Konditionsindex för de olika årsklasserna av nors visade värden mellan 0,50-0,55 för fisk fångade i Hjälmarén och Mälaren. Bortsett från årsklass 1+, var konditionsfaktorn hos nors i Mälaren lägre 1990 än året innan. I Vättern och Vänern visade konditionsindex lägre värden (0,45-0,50) för årsklasserna 0+ - 3+ (Figur 3).

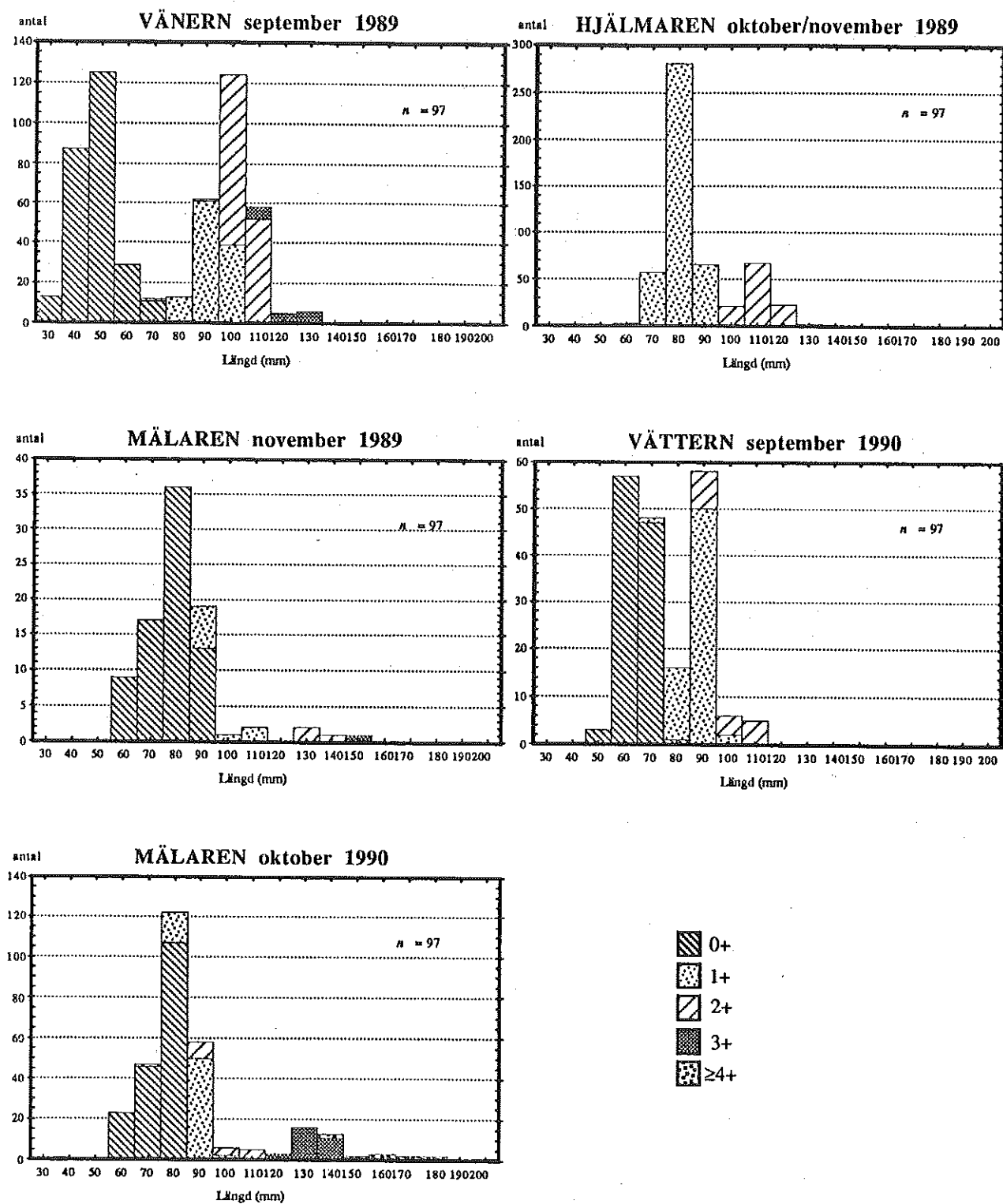
Könsfördelningen var nära 1:1 i alla sjöar där könsbestämning kunde göras. Normalt är könsprodukterna klara i september och ligger i ett viloläge fram till vårens lek (Timola 1978). I sjöarna var nästan alla norsar könsmogna efter andra levnadsåret. I en tidigare rapport (Pettersson 1990) redovi-

sades att könsfördelningen inte visade någon skillnad mellan längder och/eller åldersgrupper inom en sjö.

## Maginnehåll

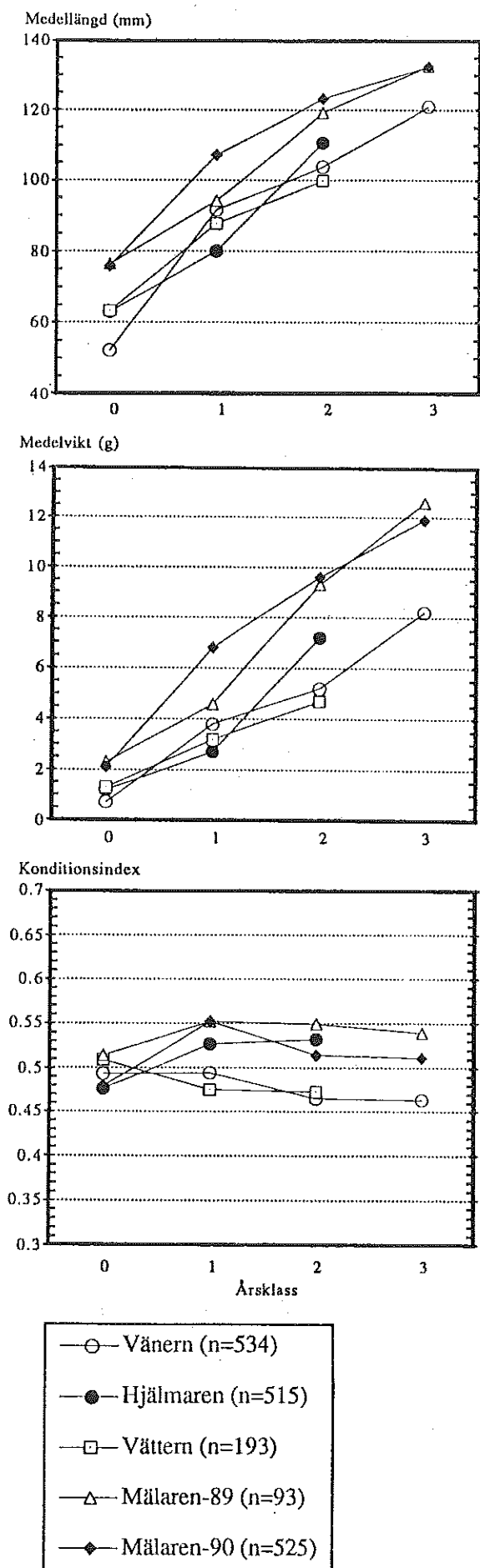
Materialet för maganalyserna omfattade 957 norsmagar varav 87 hade fyllnadsgrad under 50% och därför utelämnades. Djurplankton var generellt det vanligast förekommande födoslaget under de första levnadsåren (Figur 4). Cladocererna var vanligast hos årsungar (0+) utom i Hjälmarén. Hos 1+ och äldre var copepoder av större betydelse som planktonföda i Vänern och Hjälmarén. Däremot var cladocerer den genomgående dominerande planktongruppen i alla undersökta årsklasser i Mälaren och Vättern. Dessa två ordningar utgjorde ofta upp till 90% av det totala maginnehållet hos 0+, 70% hos 1+ och 50% hos 2+ individer (Figur 4). Hos äldre fisk förändrades dietvalet till andra födoslag, främst fisk, *Pontoporeia affinis* och *Mysis relicta*. Andra grupper, som t ex Ostracoda, fanns i enstaka magar från Mälaren och Vättern (Figur 4), och Diptera förekom främst i Vättern (Tabell 4). I den sistnämnda sjön uppvisade norsen generellt ett mer divers födoval än i övriga sjöar. De vanligaste släktena bland Diptera var *Chironomus* sp. i Vänern och *Chaoborus* sp. i Vättern.

Bland cladocererna var *Bosmina* sp. den vanligaste taxonen i alla fyra sjöarna, därefter kom *Daphnia* sp., förutom i Vättern där *Bythotrephes* var mycket vanlig (Figur 5). *Bythotrephes* är normalt av arten *B. longimanis* men i Vänern var det en annan art, *B. cederstroemii*. Den sistnämnda arten är inte vanlig men fanns i små mängder i ett flertal magar från Vänern. De magar som innehöll *Bythotrephes* hade ibland nästan hela magsäcken full av arten. Det fanns några tendenser att vissa födoslag hade olika betydelse för olika årsklasser, bl. a. minskade *Daphnia* i betydelse med tilltagande ålder hos norsar undersökta i Mälaren 1990 och *Bosmina* minskade på samma sätt i Vänern (Figur 5). Andra taxa som förekom, men i lägre andel, var arten inom Sidadae, *Lim-*



Figur 2. Längdfördelningen av trålfångad nors inom respektive åldersklass i september-november 1989-90 i Vänern, Vättern, Hjälmarén och Mälaren. Observera att y-axlarna har varierande skala.

Figure 2. Length distribution of each year class of smelt in September-November 1989-90 in Lakes Vänern, Vättern, Hjälmarén and Mälaren. Note that each y-axis has a different scale.



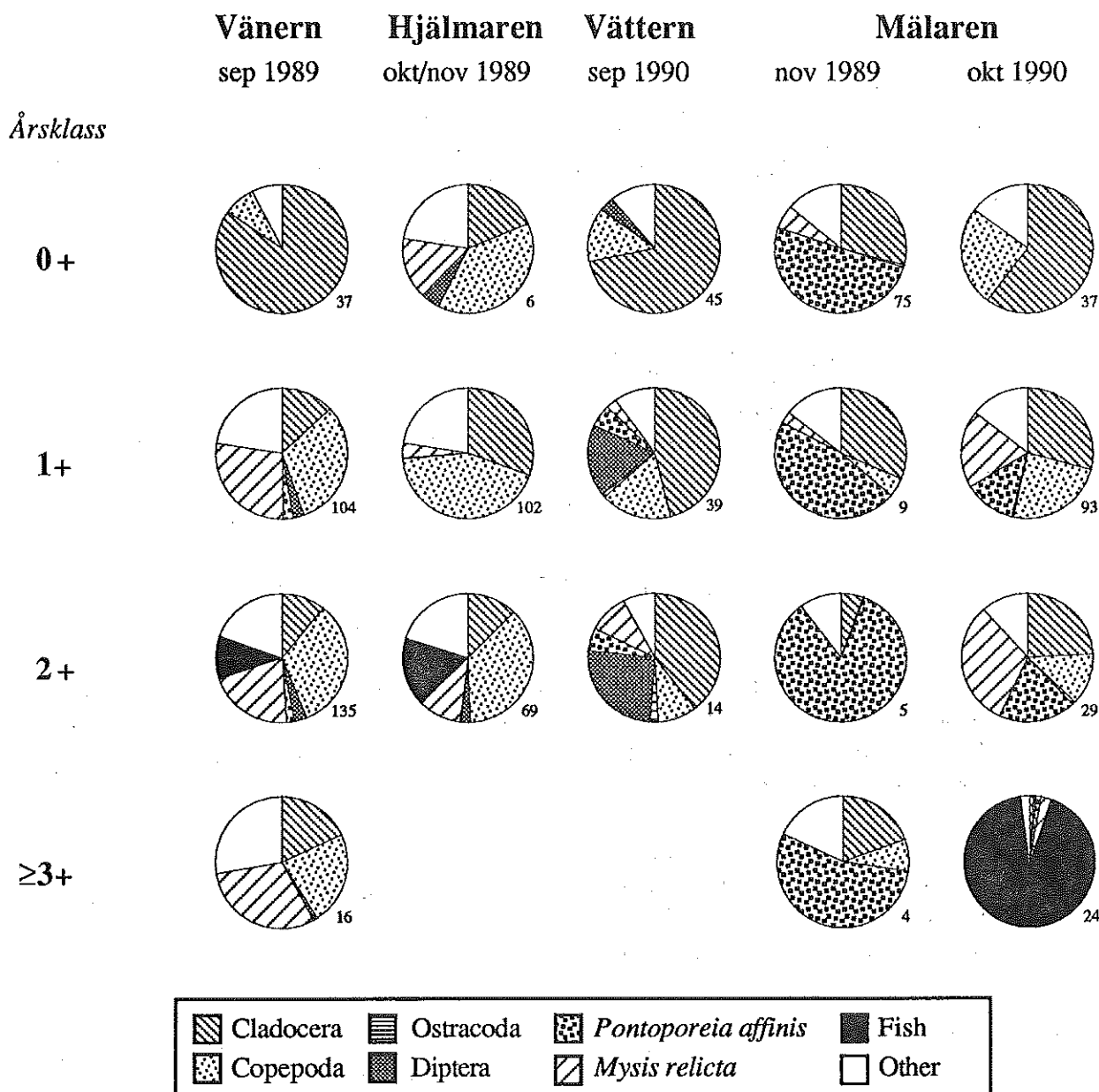
*nosida*, *Sida* och *Alona* sp.. Den sistnämnda förekom i flera magar i Vänern (Figur 5).

Bland copepoderna var *Cyclops* sp. det helt dominerande släktet i alla undersökta sjöar (Tabell 4, Figur 5). Den fanns hos alla årsklasser i stora mängder i magarna. Copepoderna var vanligare än cladocererna som föda i Hjälmarén och Vänern, utom för årsungar i den sistnämnda sjön. De arter som framträdde var förutom *Cyclops* sp., familjen Temoridae och släktena *Eurytemora* sp. och *Hetercope* sp. och *Diaptomus* sp. (Figur 5). Familjen Temoridae var vanlig som föda hos nors i alla sjöar, medan *Diaptomus* var vanligare i Vänern och Hjälmarén. Att notera är att inga *Diaptomus* hittades i norsmagarna från Mälaren, trots att den förekommer i sjön (opubl. zooplanktondata från NLU (SNV)). En glacialrelikt, *Limnocalanus*, fanns i magarna bara hos nors från Vättern. Den var där den näst viktigaste copepoden hos 1+ individer av nors i sjön.

Bland amphipoder var *Pontoporeia affinis* helt dominerande före *Pallasea quadrispinosa*, *Gammarus pulex* och *Gammaracanthus lacustris*. I Mälaren 1989 var *Pontoporeia* huvudfödan i magarna hos alla åldersklasser under den sena provtagningen i november. Även under 1990 hade *Pontoporeia* relativt stor betydelse som föda för nors  $\geq 1+$  (Figur

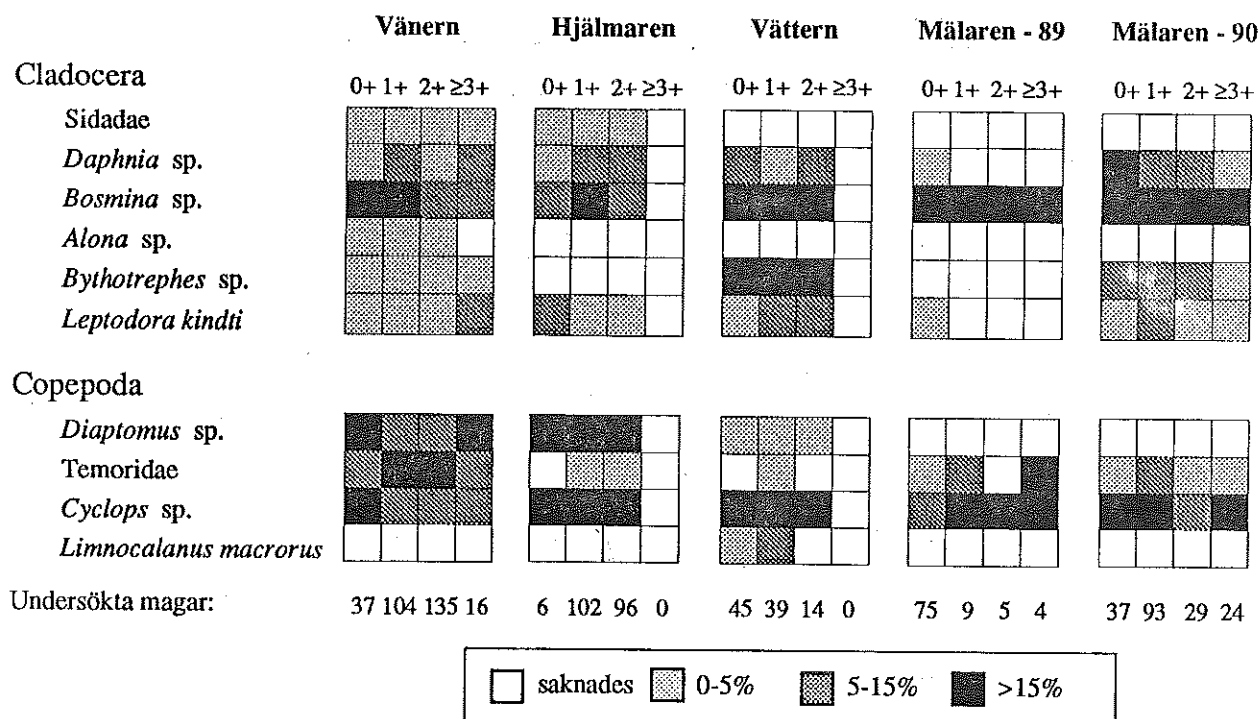
Figur 3. Norsens medellängd, medelvikt och konditionsindex i de fyra stora sjöarna. Konditionsindex är baserat på Fultons konditionsfaktor ( $K = \text{vikt} \cdot 10^5 / \text{längd}^3$ ). Siffrorna inom parentes anger antal undersökta norsar från respektive sjö.

Figure 3. The average weight, length and condition factor of smelt in the four largest lakes in Sweden. Fultons condition factor was used ( $K = \text{weight} \cdot 10^5 / \text{length}^3$ ). The figure in brackets shows the total number of examined stomachs from each lake.



Figur 4. Norsens födoval i september-november 1989-90 i Vänern, Vättern, Hjälmarén och Mälaren. Diagrammen anger viktprocent av respektive art/släkt/familj i förhållande till maginnehållsvikten för varje årsklass. Födovalet baseras bara på magar med minst 50% innehåll av föda. Siffran till höger om respektive cirkel anger antal magar som utgör grund.

Figure 4. Diet of the smelt in September-November 1989-90 in Lakes Vänern, Vättern, Hjälmarén and Mälaren. The diagrams show the percent of weight of each species/family/group in relation to the weight of the stomach contents in each year class. The figures are based only on stomachs with a degree fullness exceeding 50%. The figures to the right of each circle show the total number of stomachs examined.



Figur 5. Fördelningen av djurplankton i magarna hos nors per årsklass och i de fyra undersökta sjöarna. Siffrorna visar viktprocent av respektive art/släkte i förhållande till maginnehållets vikt av djurplankton. Födovallet baseras på magar med fyllnadsgrad över 50%.

Figure 5. The distribution of zooplankton in smelt stomachs among different year classes and the four investigated lakes. The numbers indicate percent weight of each species in relation to weight of stomach contents. The diet is based on stomachs with a degree of fullness exceeding 50%.

4). Arten fanns i magarna hos fisk i alla sjöarna, men bara hos ett fåtal i Vänern, Hjälmarén och Vättern (Tabell 4).

Bland mysider finns bara en art, *Mysis relicta*, i sötvatten. Den fanns i ett flertal magar redan hos årsungar av nors i Mälaren och Hjälmarén (Tabell 4). Den ökade i betydelse som föda för norsén med stigande ålder i alla sjöar (Figur 4, Tabell 4). Hos flera årsklasser i Vänern och Mälaren stod *Mysis* för över 30% av den totala maginnehållsvikten (Figur 4). *Mysis* fanns i ett stort antal magar, men dominerade sällan i maginnehållet, medan *Pontoporeia* fanns i färre magar men när den förekom var den ofta helt dominerande.

Flera av de 120-130 mm långa norsarna hade egna artfränder av årsungar (60-70 mm) i magarna. Hos större norsar i Mälaren

utgjorde fiskdieten över 90% av det totala maginnehållet trots att bara 25% av individerna innehöll fisk (Figur 4, Tabell 4).

I övrigt noterades rom, fiskfjäll, alger, grus och frö i magarna (Figur 4).

#### Parasiter

Relativt få norsar var angripna av parasiter på kroppsorgan eller i bukhålan. Parasiterna uppträder många gånger inte förrän fisken blir äldre och får en diet av bl a. amphipoder eller fisk som kan vara mellanvärd för parasiten (Henricson 1978). De arter som påträffades var *Diphyllobothrium dendriticum* som cystor på magsäck, lever och njure, hakmasken *Echinorhynchus salmonis* i tarmkanalen och *Cystidicola faricola* i simblåsan (Tabell 5).

Tabell 4. Ett urval av de vanligast förekommande födoobjekten. Siffrorna anger antal magar med innehåll av respektive föda per årsklass.

Table 4. The most common food items of smelt. Numbers indicate number of smelt stomachs with the particular prey object present among each year class.

	Vänern				Hjälmaren			Vättern			Mälaren-89				Mälaren-90			
	0+	1+	2+	≥3+	0+	1+	2+	0+	1+	2+	0+	1+	2+	≥3+	0+	1+	2+	≥3+
<i>Daphnia</i> sp.	16	62	85	7	3	51	17	38	16	12	3	0	0	0	24	45	15	5
<i>Bosmina</i> sp.	59	102	119	10	6	56	32	46	38	13	68	8	4	4	36	78	25	17
<i>Cyclops</i> sp.	43	25	17	2	4	23	25	43	34	11	6	3	0	1	36	84	26	18
<i>Mysis relicta</i>	0	19	74	5	1	5	10	0	4	2	5	1	0	0	0	23	16	19
<i>Pontoporeia affinis</i>	0	3	4	0	0	0	1	0	2	1	49	9	5	4	0	15	10	13
Diptera	0	4	10	1	1	1	4	3	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Fisk	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Σ	31	104	135	16	6	102	69	45	39	14	75	9	5	4	37	93	29	24

*Diphyllobothrium* fanns bara i fiskar från Vänern och Mälaren. Det förelåg en tendens till större angreppsfrekvens och ökning av antal cystor med stigande ålder.

Tarmparasiten *Echinorhynchus* fanns bara i norsar fångade i Vänern. Under 1988 gjordes trålningar i ekoräkningsprogrammet i Vänern och då var nästan 80% av fiskarna angripna av parasiten. *Echinorhynchus* kan vara konditionsnedsättande vid kraftigt angrepp med minskad tillväxt som följd (Henricson 1978).

Simblåseparasiten *Cystidicola* hittades bara hos norsar från Vättern (Tabell 5). Denna och *Echinorhynchus salmonis* har *Pallasea* och *Pontoporeia* som mellanvärd (Timola 1980b). Detta avspeglar väl norsens födoval. Bara ett fåtal norsar var angripna som 0+, men däremot 1+ eller äldre var angripna till över 80% (Tabell 5). *Pontoporeia* var vanlig som föda i Mälaren, men där fanns inga angrepp av *Cystidicola* hos norsen.

## DISKUSSION

### Relativ abundans

Undersökningen visade att norsen är den vanligaste pelagiala fisken i trålragen utom i Storsjön. De stora sjöarna har en artrik fauna men studien visade att relativt få arter är vanliga i pelagialen. I Hjälmaren som är en grundare sjö, skiljer sig trålfångsterna något från övriga sjöar, då fler littorala och bottenlevande arter fångades. Emellertid dominerade nors även här. Fångst per ansträngning av nors visade liknande resultat som tidigare trålstudier i de stora sjöarna (Tabell 3), utom i Mälaren 1989 då resultatet var avsevärt lägre än tidigare. Eftersom få undersökningar av *O. eperlanus* föreligger, har resultat från undersökningar av *O. mordax* också beaktas i diskussionen. Båda arterna lever i pelagialen och verkar ha liknande ekologiska anspråk.

Åldersstrukturen i norsfångsten varierade mellan sjöarna. Tidigare studier har visat att norsen i vissa sjöar bara lever i två år medan de i andra sjöar blir över 12 år och inte könsmogen förrän efter 7-8 år (Belyanina 1969). Det finns även studier där markanta skillnader kan uppträda mellan olika be-

stånd i samma sjö (Luey & Adelman 1984). Åldersstrukturen i trålfångsterna visade att det var flest 0+ - 1+ individer och att medelvikten därmed var låg (min 3,1 g i Vättern, max 7,3 g i Mälaren under 1990). Detta kan jämföras med nätfångad nors i 23 kalkade och försurade sjöar där medelvikten låg

Tabell 5. Parasiter funna hos nors i september-november 1989-90. Siffrorna anger procent infekterad fisk av varje årsklass.

Table 5. Investigation of parasites on smelt caught in September-November 1989-90. Numbers indicate percent infected fish in each year class.

Parasit	Årsklass				
	0+	1+	2+	3+	≥4+
Sjö					
<i>Diphyllobothrium dendriticum</i>					
Vänern	0	2,6	16,4	31,2	
Hjälmaren	0	0	0		
Vättern	0	0	0		
Mälaren-89	0	0	0	0	0
Mälaren-90	2,7	2,7	7,1	22,6	25,0
<i>Echinorhynchus salmonis</i>					
Vänern	0	2,6	12,5	6,2	
Hjälmaren	0	0	0		
Vättern	0	0	0		
Mälaren-89	0	0	0	0	0
Mälaren-90	0	0	0	0	0
<i>Cystidicola faricola</i>					
Vänern	0	0	0	0	
Hjälmaren	0	0	0		
Vättern	6,9	88,4	94,1		
Mälaren-89	0	0	0	0	0
Mälaren-90	0	0	0	0	0
Antal undersökta fiskar					
Vänern	37	104	135	16	
Hjälmaren	6	102	69		
Vättern	45	39	14		
Mälaren-89	75	9	5	0	0
Mälaren-90	37	93	29	0	0



mellan 2-13 g (Degerman & Nyberg 1987). Skillnaden kan tolkas som att trålfiske är effektivare än nätfiske att ta små norsar medan större individer hinner fly undan för trålen. Dessutom fångades 0+ nors i mycket begränsad omfattning i översiktsskötens finmaskigaste sektion vid provfisken i juli-augusti. Parallellstudier med trål och nät har givit större individer av nors på näten både i Vättern och Vänern.

I Hjälmaran saknades årsklass 1989 mer eller mindre helt. Detta kan vara av stor betydelse för yrkesfiskarna då den kommersiellt gångbara gösen till stor del livnär sig på nors. Tidigare studier har också givit höga populationstätheter av nors men få årsklasser (Brabrand 1986b). Detta kan tyda på en kort generationstid i Hjälmaran, dvs hög mortalitet men god rekrytering. Andra studier har visat att rekryteringen av årsklasser av nors varierar mellan olika år i samma sjö (Jachner 1989). I Mälaren var dock antalet individer av äldre årsklasser högre och fler årsklasser kunde fångas i trålen. Norsen hade högre relativ abundans mot djupare vatten framför allt i Mälaren. Ekologistudier i Mälaren 1990 visade att större delen av beståndet stod i täta ansamlingar på djup överstigande 20 m (O. Enderlein pers.komm.). Av de fiskade sjöarna var det endast i Vänern och Mälaren som norsens störste konkurrent, siklöja (Svärdson 1976), fångades i trålen. Trots att tidigare studier (Almer 1979, Appelberg 1977, Brabrand 1984, 1986a, 1986b, Enderlein 1986, 1987) visat att siklöjan i dessa sjöar är vanlig, liksom i Vättern, fångades endast ett fåtal i denna studie. Under de senaste decennierna har det dock skett betydande förändringar särskilt i Mälaren. Vattnet har nämligen blivit renare pga mindre utsläpp av närsalter. Siklöjan har då minskat i antal (Anon. 1989) och norsen har ökat kraftigt och blivit helt dominerande i pelagialen. Gösen, som är en viktig predator på siklöja och nors, har utsatts för ett allt hårdare fiske när siklöjefisket har minskat (Anon. 1989). En hypotes är att nors effektivt förhindrar siklöjerekrytering genom att predera på siklöjeyngel när de når pelagialen (McLain & Magnuson

1988). Loftus & Hulsman (1986) fann bevis på, i Twelve Mile Lake i Ontario, att nors konsumerar 100% av produktionen av sik-yngel (*Coregonus clupeaformis*) inom sju veckor. Sterligova (1979) fann även att nors konsumerade siklöja i Syamozero, Sovjet. En annan hypotes är att siklöjans rekrytering har varit dålig under ett antal år pga varma vintrar som har fått larverna att kläcka vid fel tidpunkt pga att ljusklimatet, som antas styra kläckningen (Colby & Brooke 1973), är avvikande när sjön ej är istäckt. Dessa svaga årsklasser av siklöja kan ha gynnat norsens rekrytering.

Vattentemperaturen visade att det inte fanns något utpräglat språngskikt som kunde förklara norsens uppehållsplats. Undersökningar har visat att *O. mordax* fördelning i vattenmassan styrs av vattentemperaturen. *O. mordax* är en kallvattensfisk som uppehåller sig i temperaturer mellan 6-16 °C under sommaren i de Stora Sjöarna i Nordamerika och rör sig mot språngskiktet från djupare vatten på natten (Burczynski 1987, Ferguson 1965, Heist & Swenson 1983). Fördelningen vertikalt mellan fiskar av olika storlek var likartad i de olika djupzonerna. Det fanns ingen antydning till att de yngre årsklasserna uppehöll sig på annat djup än äldre årsklasser. Alla storleksklasser av nors var således relativt jämt fördelade. Andra studier har visat att årsungar antingen uppehåller sig mycket högt i vattnet eller utmed botten (Enderlein 1987, Northcote & Rundberg 1970).

Fångsterna av nors var relativt låga i Vättern, vilket stämmer väl överens med tidigare trålstudier (Enderlein 1986, 1990). Vättern har en annorlunda topografi än de andra sjöarna. Den är djup och blir sällan varm på sommaren. Det skall dock beaktas att trålen endast fiskade i den övre delen av vattenmassan. I Vättern finns samtliga i landet förekommande glacialrelikter. Svärdson et al. (1988) antyder att glacialrelikterna modifierar den pelagiska faunan genom att reducera bl.a. cladocerer till relativt låga abundanser och därmed konkurrera med bland andra norsen om tillgängliga resurser.

Speciellt anmärkningsvärt var att det

endast fångades ett par norsar i Storsjön. Norsen introducerades till denna sjö 1974 och bildade snabbt ett stort bestånd. Eventuellt har naturligt förekommande rovfiskar och den inplanterade kanadarödingen (*Salvelinus namaycush*) betat ner norspopulationen (O. Enderlein, pers.komm.). Brabrand (1986b) fann 1985 två storleksgrupper av nors. Den ena bestod av ovanligt små 0+ på 24-42 mm och en annan mellan 120-144 mm med en ålder mellan 3+ - 6+. Detta kan tyda på att norsen har haft svårigheter med rekryteringen i sjön.

### Tillväxt

Norsen i Mälaren hade en snabbare längdtillväxt än i de övriga sjöarna. Detta kan till viss del förklaras med att undersökningarna utfördes senare på säsongen, men det kan knappast förklara hela skillnaden. Den största förklaringen var en bra tillväxt under framför allt 1990. I övrigt uppvisar populationen från Mälaren en liknande minskning i tillväxt med tilltagande ålder som i de andra stora sjöarna och även i andra undersökningar (Garnås 1982).

En kraftig tillväxt under första året har stor betydelse för individen. Hög tillväxt kan leda till bl. a. tidigare könsmognad (Ivanova 1982, Ivanova & Volodin 1981). Næsje et al. (1987) har visat att medellängden hos 0+ nors kan variera från 47 till 72 mm mellan två säsonger i sjön Mjøsa. Norsens dagliga tillväxtökning ligger mellan 0,4 och 1 mm per dag under första tillväxtsången (Jachner 1989). Det högre värdet under den första månaden av yngelstadiet.

Temperaturskillnader mellan år och mellan olika sjöar har resulterat i olika tillväxt hos nors (Belyanina 1969, Ivanova 1982, Næsje et al. 1987). Den goda tillväxten 1989 och 1990 av norsar i Mälaren kan till viss del bero på hög temperatur under dessa år. Även skillnad i kvantitet och kvalitet av födan anses bidra till skillnader i tillväxten hos nors (Belyanina 1969). Årsgamla norsar (*O. mordax*) som levt nära land där vattentemperatur varit hög och med god tillgång på föda har visat klart bättre tillväxt än de

individer som levde i pelagialen (Schaefer et al. 1981). En del individer går över till fiskdiet och kan få ökad tillväxt i längd, medan övriga norsar nästan avstannar i längdtillväxt. I Sverige har Svärdson (1958) föreslagit att den mindre resp. större norsen i Vätern representerar två varianter.

Konditionen hos nors visade att den var som högst under andra året. Det använda indexet gav de högsta värdena för nors fångad i Mälaren och Hjälmaran. Att notera är att konditionen var lägre för 1990 års nors i Mälaren än 1989 års. Detta beror troligen på att 1989 års material insamlades nästan 1 månad senare än 1990. Värdena på konditionsindex låg mellan 0,45-0,55. Motsvarande värden i Lake Superior för *O. mordax* var 0,54-0,57 (Schaefer et al. 1981). I den undersökningen visades även att honorna hade högre index än hannarna och att 4+ individer hade högst indexvärde. Där emot blev värdet lägre mot stigande ålder i denna undersökning.

### Födoval

Det fanns en skillnad i bytesstorlek mellan olika storleksklasser av nors. Ju äldre och därmed större fisken blev desto större bytesdjur tog den. Detta överensstämmer väl med andra studier som visar att norsen är djurplanktonätare främst under sina första levnadsår och därefter blir predator på *Mysis* och fisk (Appelberg 1977, Nilsson 1979, Northcote & Rundberg 1970, Sandlund et al. 1987). I denna studie, liksom i många andra (Belyanina 1969, Rembiszewski 1970), framgår att födovalen kan variera kraftigt mellan populationer i olika sjöar. Tidigare studier visar även att norsens födoval varierar avsevärt med årstiden (Næsje et al. 1987, Nilsson 1979), varför det är viktigt att betona att föreliggande material hänför sig till sensommar-höst.

Relationen mellan copepoder/cladocerer i norsmagar avspeglar ofta relationerna i sjön och dessa kan variera mellan olika sjöar. Tidigare studier har visat att födan kan variera från att vara helt dominerad av copepoder (Gordon 1961, Hammar 1968,

Nilsson 1979, Svärdson et al. 1988, Trzebiatowski & Gaj 1978) till en mer jämn fördelning (Næsje, et al. 1987) och även till en viss dominans av cladocerer (Garnås 1983, Ivanova et al. 1969). Den sistnämnda gruppen brukar anses vara siklöjans stapelföda (Appelberg 1977, Svärdson et al. 1988). När nors samexisterar med siklöja anses norsen utkonkurrerad från den mer produktiva biotopen och undanträngd till kallare och fattigare delar av pelagialen (Svärdson 1976a). Pelagisk föda dominerar, men norsen är inte uteslutande planktonätare utan tar den föda den kommer åt. Planktonfödan verkar mest bestå av stora och väl synliga arter (Garnås 1983). Sandlund et al. (1987) visade att födosammansättningen avgörs mer av dess förmåga att upptäcka byten, än av dess förmåga att med gälträfs-tänder hålla bytena kvar. Flera arter av cladocerer har väl synliga viloägg under hösten, vilket medför att de blir mer predationskänsliga.

Bland cladocerer hade *Bosmina* en stor betydelse i viktprocent i norsmagarna. Detta har även rapporterats från tidigare studier i Vätern och Vättern (Appelberg 1977, Nilsson 1979, Svärdson et al. 1988). Normalt anses *Bosmina* vara en svårfångad art, som är stapelföda för siklöja (Nilsson 1979). Liksom visats i tidigare studier har inte de mindre cladocererna någon större betydelse. Förutom *Bosmina* är det bara *Daphnia* som har konsumerats i större mängder. Detta stämmer väl överens med tidigare studier i Vätern och Vättern (Appelberg 1977, Svärdson et al. 1988). Under hösten har *Daphnia* ett ephippium vilket borde göra den mer synlig för norsen. Detta visade sig klart då många *Daphnia* med ephippier fanns i magarna från nors i Mälaren, när trålningen skedde sent på hösten.

De större arterna, *Bythotrephes* och *Lepidodora*, fanns i många av magarna. I Vätern var *Bythotrephes* ej så vanligt förekommande som i tidigare undersökningar (Nilsson 1974), medan den däremot i Vättern var betydligt vanligare (Svärdson et al. 1988). Den anses vara en karakteristisk föda för siklöja och nors i Vätern och tidigare stu-

dier visar att den har stor betydelse som föda och fångas framför allt på större djup av norsen (Nilsson 1979).

Bland copepoder var *Cyclops* den dominerande arten uttryckt i viktprocent. I Vätern utgjordes större delen av planktonfödan av *Cyclops*, *Heterocope*, *Eurytemora* och *Diaptomus*. Även tidigare studier har visat en heterogen sammansättning av copepoder i norsmagarna (Appelberg 1977). *Diaptomus* saknas i norsmagar från Mälaren. Den har förut visat sig vara vanlig som föda i just denna sjö bl. a. hos siklöja (Vallin 1969). Glacialrelikten *Limnocalanus macrorus* förekommer normalt på djupt vatten och den förekom bara hos nors från den djupaste av sjöarna, Vättern. Den har påträffats tidigare hos nors i Vätern (Appelberg 1977) och i siklöja från Mälaren (Vallin 1969).

Norsens övergång från zooplankton till mysider och amphipoder verkar inte ske i distinkta steg. Alla tre bytestyperna förekom stundtals i samma mage. *Pontoporeia* fanns i många magar och var speciellt framträdande i Mälaren. Förekomsten av *Pontoporeia* i norsmagar kan förklaras med dess nattliga pelagiala förekomst, vilken från Östersjön rapporterats från augusti och framåt (Cederwall 1990, Donner et al. 1987). Även under andra tider av året kan *Pontoporeia* vara vanlig i norsmagar. Svärdson et al. (1988) rapporterade att 20% av norsen innehöll *Pontoporeia* i maj, medan endast 2% hade den under hösten.

*Mysis* är en annan art som kan förekomma i stort antal. De tas i större utsträckning av 1+ norsar och äldre men vanligtvis utgör de en mindre andel av maginnehållet än *Pontoporeia*. *Mysis* gör stora dygnsvandringar och finns liksom norsen närmare ytan på natten, vilket kan förklara varför de ofta förekom i maginnehållet hos norsarna. Detta har även visats i andra studier, där nors ätit mysider redan vid en längd av 74 mm (Frank 1988, Næsje et al. 1987). Nilsson (1974) visade att om enbart maginnehållsvolymen beaktas när dieten beräknas, kan *Mysis* täcka upp till 80-90% av födan hos norsar i Vätern.

Fisk fanns bara i ett fåtal norsar och

framför allt hos de större individerna. Andra studier visar att fisk blir viktig föda först vid en norslängd av 150 mm eller en ålder av tre år (Foltz & Norden 1977, MacCrimmon & Pugsley 1979, O'Gorman 1974, Timola 1980a). Det finns studier som visar att norsen kan predera kraftigt på andra fisklarver under sommarhalvåret (Foltz & Norden 1977, Loftus & Hulsman 1986, O'Gorman 1974, Selgeby et al. 1978). Denna predation kan vara så intensiv att den påverkar rekryteringen av andra fiskarter, vilket speciellt visats för *O. mordax* (O'Gorman 1974, Stedman & Argyle 1985). I Lake Michigan, Nordamerika, lever den juvenila och vuxna norsen *O. mordax* mestadels av *Mysis* under vintern och av larver och årsgamla fiskar under vår och sommar (Foltz & Norden 1977).

### Parasiter

Parasiter fanns i förhållandevis få norsar. Finska studier i Östersjön uppvisar en heterogen samling av olika parasiter och en stor andel angripna fiskar. Många av dessa parasiter finns även i sötvatten (Timola 1980b, Voigt 1977, 1981a, 1981b). De parasiter som brukar angripa norsen har ofta *Pontoporeia* som mellanvärd. Maginnehållet hos nors visade att *Pontoporeia* har stor betydelse som föda. Troligen är inte *Pontoporeia* särskilt infekterad i t. ex. Mälaren, vilket kan förklara varför norsen där inte var angripen av vare sig hakmask och simblåseparasit. Däremot var norsen från Mälaren drabbad av binnikemask 1990 men inte 1989. Detta är anmärkningsvärt då nors fångades på samma lokal under bägge åren. *Diphyllobothrium* har vid kraftiga angrepp visats orsaka dödlighet hos fisken (Henricson 1978).

### Slutsats

Nors har således en nyckelroll för den pelagiala fisksamhället i de stora sjöarna, dels som viktigt födoobjekt för rovfisk dels som predator på zooplankton, evertebrater och fiskyngel. Genom sitt opportunistiska livssätt är arten framgångsrik och når höga tätheter

och blir därigenom ofta en betydelsefull konkurrent till andra pelagiala fiskar. Norsen är däremot mycket predationskänslig i mindre sjöar, vilket är en av orsakerna till att den sällan förekommer där.

För att bättre analysera dynamiken hos norspopulationerna och deras näringsval i de stora sjöarna i Sverige måste mer långtgående studier göras i framtiden. I dessa studier bör norsens roll som bytesdjur och konkurrensen med andra planktonätande arter studeras mer ingående.

Det sker även stora variationer i rekryteringen hos nors mellan olika år. Därför bör framtida studier även försöka studera mekanismerna bakom rekyteringen hos nors. Faktorer som kan ha betydelse för överlevnad och årsklassrekrytering är t.ex. temperatur och ljusintensitet, predation på larver och födotillgången för larver och juvenila norsar.

### ERKÄNNANDEN

Ett stort tack till alla som ställde upp och genomförde trålningarna. Trålningarna utfördes under ledning av Olle Enderlein, Sötvattenslaboratoriet. För att nämna några medhjälpare som förgyllde tillvaron, Börje Axelson som styrde "Laxen" med säker hand i Vätern och Vättern och Preben Christiansen som ställde upp i Lambarfjärden med glatt humör och sin båt "Mysis". Även ett stort tack till Erik Degerman, Sture Hansson, Pelle Nyberg, Olle Enderlein och Lennart Nyman, vilka har givit synpunkter på manuskriptet.

### LITTERATUR

- Almer, B. 1979. Vänerprojektet 1972-77, fiskedelen. (English summary: Lake Vänern project 1972-77, fishery investigations.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 40 p.
- Almer, B. & T. Larsson. 1974. Fiskar och fiske i Vätern. (English summary: Fishes and fishery in Lake Vänern.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (8). 118 p.

- Anon. 1989. Statistik från det yrkesmässiga fisket i Mälaren och Hjälmaren 1988. Fiskenämden i Västmanlands län. Fiskeinformation Nr 1. 12 p.
- Appelberg, M. 1977. Vänerexpeditionen 1975. (English summary: The Lake Vänern expedition 1975.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (5). 28 p.
- Bailey, M. M. 1964. Age, growth, maturity, and sex composition of the American smelt, *Osmerus mordax* (Mitchill), of western Lake Superior. Trans. Am. Fish. Soc. 93:382-395.
- Belyanina, T. N. 1969. Synopsis of biological data on smelt *Osmerus eperlanus* (Linnaeus) 1758. FAO Fish. Synop. 78. 55 p.
- Brabrand, Å. 1984. Registering av fiskebestanden i Vättern med hydroakustisk utstyr. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 65. 22 p.
- Brabrand, Å. 1986a. Beståndsuppskattning av fisk i Väner och Hjälmaren med hjälp av hydroakustisk utrustning. (English summary: Fish stock assessment using hydroacoustic equipment in Lakes Vänern and Hjälmaren.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (7). 26 p.
- Brabrand, Å. 1986b. Hydroakustik registrering av fisk i Storsjön, Jämtland. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 87. 37 p.
- Burbridge, R. G. 1969. Age, growth, length-weight relationship, sex ratio, and food habits of American smelt, *Osmerus mordax* (Mitchill), from Gull Lake, Michigan. Trans. Am. Fish. Soc. 98:631-640.
- Burczynski, J. J., P. H. Michaletz & G. M. Marrone. 1987. Hydroacoustic assessment of the abundance and distribution of rainbow smelt in Lake Oahe. N. Am. J. Fish. Mgmt 7:106-116.
- Cederwall, H. 1990. Diurnal pelagic swimming activity of *Pontoporeia* - a waste of energy? Ann. Zool. Fenn. 27:307.
- Colby, P. J. & L. T. Brooke. 1973. Effects of temperature on embryonic development of lake herring (*Coregonus artedii*). J. Fish. Res. Bd. Can. 30:799-810.
- Degerman, E. & P. Nyberg. 1987. Fiskfaunans sammansättning och täthet i försurade och kalkade sjöar - en arbetsrapport. (English summary: The composition and abundance of the fish fauna in acidified and limed lakes in Sweden.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (7). 71 p.
- Dembinski, W. 1971. Vertical distribution of vendace *Coregonus albula* L. and other pelagic fish species in some Polish lakes. J. Fish Biol. 3:341-357.
- Donner, K. O., A. Lindström & M. Lindström. 1987. Seasonal variation in the vertical migration of *Pontoporeia affinis* (Crustacea, Amphipoda). Ann. Zool. Fenn. 24:305-313.
- Enderlein, O. 1986. PM Hydroakustiska undersökningar 1986. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.
- Enderlein, O. 1987. PM Hydroakustiska undersökningar 1987. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.
- Enderlein, O. 1990. PM Hydroakustiska undersökningar 1988 och 1989. Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.
- Ferguson, R. G. 1965. Bathymetric distribution of American smelt *Osmerus mordax* in Lake Erie. Great Lakes Res. Div. Univ. Mich. Publ. 13:47-60.
- Filipsson, O. 1972. Sötvattenslaboratoriets provfiske- och provtagningsmetoder. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (16). 26 p. (In Swedish.)
- Foltz, J. W. & C. R. Norden. 1977. Food habits and feeding chronology of rainbow smelt, *Osmerus mordax*, in Lake Michigan. Fish Bull. 75:637-640.
- Franek, D. 1988. 0+ smelt (*Osmerus eperlanus* L.) and herring (*Clupea harengus* L.) in the food chain of the Barter Bodden. ICES.
- Garnås, E. 1982. Growth of different year classes of smelt *Osmerus eperlanus* L. in Lake Tyrifjorden, Norway. Fauna norv. Ser. A. 3:1-6.
- Garnås, E. 1983. Food composition and zooplankton selection by smelts, *Osmerus eperlanus* L., in lake Tyrifjorden, Norway. Fauna norv. Ser. A. 4:21-28.

- Gordon, W. G. 1961. Food of the American smelt in Saginaw Bay, Lake Huron. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90:439-443.
- Hammar, S. 1968. Naringsekologi hos fisk i Lilla Ullevifjarden. (English summary: Lilla Ullevifjarden: Fish fauna and its food habits in the summer and autumn of 1966.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (10). 16 p.
- Heist, B. G. & W. A. Swenson. 1983. Distribution and abundance of rainbow smelt in western Lake Superior as determined from acoustic sampling. *J. Great Lakes Res.* 9:343-353.
- Henderson, B. A. & S. J. Nepszy. 1989. Factors affecting recruitment and mortality rates of rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in Lake Eire, 1963-85. *J. Great Lakes Res.* 15(2):357-366.
- Henricson, J. 1978. Population ecology of parasites of char *Salvelinus alpinus*, especially *Diphyllobothrium* species. Ph. D., Umeå university.
- Ivanova, M. N. 1970. Seasonal distribution features of the adult landlocked smelt (snetok) (*Osmerus eperlanus eperlanus* morpha *spirinchus* Pallas) in the Rybinsk reservoir. *J. Ichthyol.* 10:678-684.
- Ivanova, M. N. 1980. On the life span of smelt, *Osmerus eperlanus*, of Lake Belye. *J. Ichthyol.* 20:91-98.
- Ivanova, M. N. 1982. The influence of environmental conditions on the population dynamics of smelt, *Osmerus eperlanus* (Osmeridae). *J. Ichthyol.* 22:45-51.
- Ivanova, M. N., I. Y. Permitin & S. N. Polovkova. 1969. Structural features and abundance of the population of landlocked smelt (snetok) (*Osmerus eperlanus eperlanus* morpha *spirinchus* Pallas) in the Volga reach of Rybinsk resevoir. *Probl. Ichthyol.* 9:325-331.
- Ivanova, M. N. & M. V. Volodin. 1981. Variability in rate of sexual maturation in freshwater populations of the smelt, *Osmerus eperlanus*. *J. Ichthyol.* 21:28-37.
- Jachner, A. 1989. Growth of fry of three fish species from pelagial of mezothropic lake. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 36(3):359-371.
- Loftus, D. H. & P. F. Hulsman. 1986. Predation on larval lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and lake herring (*C. artedii*) by adult rainbow smelt (*Osmerus mordax*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:812-818.
- Luey, J. E. & I. R. Adelman. 1984. Stock structure of rainbow smelt in western Lake Superior: population characteristics. *Trans. Am. Fish. Soc.* 113:709-715.
- MacCrimmon, H. R. & R. W. Pugsley. 1979. Food and feeding of the rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in Lake Simcoe, Ontario. *Canad. Fld Nat.* 93:266-271.
- MacCrimmon, H. R., R. W. Pugsley & B. L. Gots. 1983. Naturalization of the rainbow smelt, *Osmerus mordax* in Lake Simcoe, Ontario. *Canad. Fld Nat.* 97:161-169.
- McLain, A. S. & J. J. Magnuson. 1988. Analysis of recent declines in cisco (*Coregonus artedii*) populations in several northern Wisconsin lakes. *Finn. Fish. Res.* 9:155-164.
- Murawski, S. A. & C. F. Cole. 1978. Population dynamics of anadromous rainbow smelt *Osmerus mordax*, in a Massachusetts river system. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:535-542.
- Nellbring, S. 1989. The ecology of smelts (Genus *Osmerus*): A Literature review. *Nordic J. Freshw. Res.* 65:116-145.
- Nilsson, N.-A. 1974. Fiskens naringsval i oppna Vänern. (English summary: Food and habitat of the fish community of the offshore region of Lake Vänern, Sweden.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (17). 57 p.
- Nilsson, N.-A. 1979. Food and habitat of the fish community of the offshore region of Lake Vänern, Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm.* 58:126-139.
- Northcote, T. G. & H. Rundberg. 1970. Spatial distribution of pelagic fishes in Lambarfjärden (Mälaren, Sweden) With particular reference to interaction between *Coregonus albula* and *Osmerus eperlanus*. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm.* 50:133-167.
- Nasje, T. F., B. Jonson, L. Klyve & O. T. Sandlund. 1987. Food and growth of age-

- 0 smelts, *Osmerus eperlanus*, in a Norwegian fjord lake. J. Fish Biol. 30:119-126.
- O'Gorman, R. 1974. Predation by rainbow smelt (*Osmerus mordax*) on young-of-the-year alewives (*Alosa pseudoharengus*) in the Great lakes. Prog. Fish Cult. 36(4):223-224.
- Pettersson, F. 1990. Norsprojektet 1989. Sötvattenslaboratoriet Drottningholm. P.M. Nr 2.
- Rembiszewski, J. M. 1970. Population variation in smelt - *Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758) (Pisces) in Poland. Ann. Zool. 28:1-31.
- Sandlund, O. T., T. F. Næsje & G. Kjellberg. 1987. The size selection of *Bosmina longispina* and *Daphnia galeata* by co-occurring cisco (*Coregonus albula*), whitefish (*C. lavarentus*) and smelt (*Osmerus eperlanus*). Arch. Hydrobiol. 110(3):357-363.
- Schaefer, W. F., W. A. Swenson & R. A. Heckman. 1981. Age, growth and total mortality of rainbow smelt in western Lake Superior. Wis Acad. Sci. 69:10-13.
- Selgeby, J. H., W. R. McCallum & D. V. Swedberg. 1978. Predation by rainbow smelt (*Osmerus mordax*) on lake herring (*Coregonus artedii*) in western Lake Superior. J. Fish. Res. Bd. Can. 35:1457-1463.
- Stedman, R. M. & R. L. Argyle. 1985. Rainbow smelt (*Osmerus mordax*) as predators on young bloaters (*Coregonus hoyi*) in Lake Michigan. J. Great Lakes Res. 11:40-42.
- Sterligova, O. P. 1979. The biology of the smelt, *Osmerus eperlanus*, of Syamozero. J. Ichthyol. 19:20-26.
- Svärdson, G. 1958. Tvilingarter bland brackvattensfiskarna. Fauna och Flora 3-4:150-174. (In Swedish.)
- Svärdson, G. 1976a. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm. 55:144-171.
- Svärdson, G. 1976b. Översikt av laboratoriets verksamhet med plan för år 1976. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 38. (In Swedish.)
- Svärdson, G., O. Filipsson, M. Fürst, M. Hansson & N.-A. Nilsson. 1988. Glacialrelikternas betydelse för Vätterns fiskar. (English summary: The significance of glacial relicts for the fish fauna of lake Vättern.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 61 p.
- Timola, O. 1978. Seasonal development in gonad weight, maturity and fecundity of rainbow smelt, *Osmerus eperlanus eperlanus* (L.), in the northeastern Bothnian Bay. Aquilo Ser. Zool. 18:49-53.
- Timola, O. 1980a. The diet of smelt, *Osmerus eperlanus eperlanus* (L.), in the northeastern Bothnian Bay. Bothnian Bay Reports 2:9-16.
- Timola, O. 1980b. Seasonal and size-bound changes in infestation of the smelt, *Osmerus eperlanus eperlanus* (L.), by certain parasites in the northeastern Bothnian Bay. Bothnian Bay Reports 2:27-34.
- Trzebiatowski, R. & J. Gaj. 1978. Growth, feeding and economics importance of smelt (*Osmerus eperlanus* L.) in the Lake Miedwie. Acta Ichthyol. et Piscatoria 8:23-39.
- Vallin, S. 1969. Sikløjans näringsbiologi i Lambarfjärden; Mälaren. (English summary: The feeding habits of the vendace in the Lambar Bay of Lake Mälaren.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (7). 57 p.
- Voigt, H.-R. 1977. Parasiter funna i nors (Pisces, *Osmerus eperlanus*) från Tvärminne Storfjärd, Finska viken. Memor. Soc. Fauna Flora Fenn. 53:113-115. (In Swedish.)
- Voigt, H.-R. 1981a. Inälvparasiter från nors (Pisces, *Osmerus eperlanus*) från Finlands kustvatten. Memor. Soc. Fauna Flora Fenn. 57:65-70. (In Swedish.)
- Voigt, H.-R. 1981b. A survey of the parasites from the Baltic smelt, *Osmerus eperlanus*. Inform. Parasitol. Inst. Åbo Akad. No. 16:62-65.

**ENGLISH SUMMARY: RELATIVE ABUNDANCE, GROWTH, DIET AND PARASITES OF SMELT (*OSMERUS EPERLANUS* (L.)) IN LAKES HJÄLMAREN, MÄLAREN, STORSJÖN, VÄNERN AND VÄTTERN IN SWEDEN**

The smelt (*Osmerus eperlanus*) was the most common pelagic fish species in the trawl catches from the investigated lakes, except in Lake Storsjön. In Lakes Hjälmarén and Mälaren there were sometimes more than 2,000 individuals of smelt in the trawl. In Lakes Vättern and Vänern the smelt was not as numerous as in the other lakes, still it was the most common species. The trawl catches, based on catch per unit effort, showed that the catches were in the same order of magnitude as in similar studies in the largest lakes, except for Lake Mälaren during 1989. There was great variability in ageclass structure between populations of smelt in the investigated lakes. The most common age classes in the trawl catches were yearlings (0+) and 1+. But in Lake Mälaren the population showed more heterogeneity in ageclass structure. There was also an indication of fluctuations in recruitment between years in the same lake. In Lake Mälaren it is also possible to follow a strong age class from one year to another.

Smelt in Lake Mälaren showed good growth during both the investigated years, but most in length in 1990. Yearlings of smelt (0+) from Lakes Vänern and Vättern were between 30-70 mm, compared to 60-90 mm in length in the catches from Lake Mälaren. During the first year, smelt showed the largest growth and then a successive decline during the following years. The Fulton-type condition factor showed relative high values (0,50-0,55) for smelt from Lakes

Hjälmarén and Mälaren, compared to 0,45-0,50 from Lakes Vättern and Vänern. Still the values were lower than in *Osmerus mordax* in North America.

The diet of smelt differed in size of prey between different year classes. Older and thus larger specimens often had larger prey in their guts. Smelt seem to pass from a food type consisting of zooplankton and then via mysids and amphipods to fish. There was no stepwise change from one type of food to another, but instead a more continuous pattern. The gut contents showed that all three groups could be present in the same stomachs. The most common zooplankters, based on volume, were *Bosmina* spp., *Daphnia* spp., *Cyclops* spp. and Temoridae, *Eurytemora* spp., and *Hetercope* spp. Also larger species like *Bythotrephes* spp. and *Leptodora kindtii* occurred in large quantities in the guts. Occurrence of the opossum shrimp *Mysis relicta* seemed to be more important among older age classes of smelt. The amphipod *Pontoporeia affinis* was common in the guts of smelt in several of the investigated lakes, especially in Lake Mälaren. The diet of larger specimens often consisted of fish and mostly of conspecific smelt.

Parasites occur only in smaller quantities. Only three species were present, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Echinorhynchus salmonis* and *Cystidicola faricola*. The amphipod *Pontoporeia* is intermediate host for the two latter. The diet showed good correlation (e.g. in Lake Vättern) between smelt infested with parasites and individuals with amphipods in their gut. Only few yearlings but almost all smelt from 1+ and older were infested by the swimbladder parasite *Cystidicola*. Smelt from Lake Mälaren, however, did not show the same pattern, even if the amphipod is common also in that lake.



# ANALYS AV ODLINGSMATERIALET AV RÖDING VID FISKERIVERKETS FÖRSÖKSSTATION I KÄLARNE: HORNAVAN, OTTSJÖN, STORA REN SJÖN OCH TORRÖN

Olle Ring  
Lars Hanell

Fiskeriverkets försöksstation, 840 64 KÄLARNE

## INLEDNING

Vid Fiskeristyrelsens försöksstation i Kälarne har röding odlats under lång tid. Under 1970-talet hölls bl a Sommenröding som stamfisk. I samband med den genomgripande ombyggnaden av försöksstationen 1981-83 gjordes en utrensning av det egna stamfiskmaterialet. Man började så att säga om från början med att ta in nytt fiskmaterial i form av ögonpunktad rom under vårvintern 1982, däribland röding från Hornavan, Ottsjön, Stora Rensjön och Torrön. Avsikten var bl a att föda upp nya stamfiskar.

För att hålla stamfisk av naturliga populationer är det viktigt att försöka bibehålla största möjliga genetiska variation. Detta innebär i praktiken en strävan efter att maximera den effektiva populationsstorleken ( $N_e$ ) så långt det är praktiskt möjligt (Ring et al. 1990). Vi har därför försökt fastställa  $N_e$  för de olika besättningarna av röding i Kälarne.

## ELEKTROFORESUNDERSÖKNINGAR

Vi har undersökt olika stickprov från dessa stammar med elektrofores. Med den metoden kan man studera hur frekvensen av olika anlagsvarianter av ett arvsanlag förändras. Hos röding är Est-2\* och Mdh-4,5\* de viktigaste markörerna vid undersökning med elektrofores (Nyman 1972, Andersson et al. 1983).

Mdh-4,5\* har blivit duplicerade under laxfiskarnas evolution. De uppträder hos

röding som s k isoloci. Om båda loci varierar kan nio olika genotyper finnas, men vid elektrofores kan endast fem fenotyper urskiljas på grund av att banden överlappar varandra. Därför kan man inte med säkerhet ange hur stor del av variationen som skall tillskrivas respektive locus. Vid analysen har vi därför gjort följande förenklade antagande: om fyra eller fem fenotyper har hittats varierar båda loci och variationen delas då lika mellan bägge loci. Om endast två fenotyper finns antas ett locus vara fixerat medan all variation tillhör det andra. Resultaten finns sammanställda i Tabell 1 och Tabell 2.

Rödingpopulationer kan något förenklat delas in i tre grupper när det gäller variationen i Mdh-4,5\*. Hos en grupp hittar man alla fenotyperna, vilket visar att bägge loci varierar. Till denna grupp hör rödingen från Hornavan. Sedan finns en grupp där man vanligtvis bara finner två fenotyper i Mdh-4,5\*, den minst vanliga i mycket låg frekvens. Det kan därför antas att endast ett locus varierar i liten grad medan det andra är fixerat. Till denna grupp hör rödingen i Stora Rensjön och Torrön. Slutligen finns en grupp där bägge loci är fixerade för den vanliga allelen. Dit hör bland annat rödingen i Ottsjön.

Med undantag för hornavanrödingen härstammande rödingarna från rom som kräms i direkt anslutning till de naturliga lekplatserna. Avkomman är därför en F1-generation. Om ett tillräckligt stort antal för-

Tabell 1. Frekvens av F-allelen i Est-2\*, genotypfördelning, test av jämvikt enligt Hardy-Weinbergs lag och uppskattad effektiv populationsstorlek ( $N_e$ ) hos olika stammar av röding. O: stickprovet representerar odlat material, V: stickprovet representerar en "vild" population.

Population Årsklass	n	f(F)	Genotypfördelning			$\chi^2$	P	Ur- sprung	Genera- tion	Antal honor	Antal hanar	$N_e$
			100/100	100/90	90/90							
Hornavan	68	0.544	Obs 21 Exp 20.13	32 33.74	15 14.13	0.180	0.672	V	-	-	-	-
Hornavan-83	45	0.378	Obs 3 Exp 6.42	28 21.16	14 17.42	4.710 <sup>x)</sup>	0.030	O	F3	-	-	-
Hornavan-84	60	0.450	Obs 15 Exp 12.15	24 29.70	21 18.15	2.210	0.137	O	F2/F3	-	-	-
Hornavan-85	108	0.588	Obs 30 Exp 37.34	67 52.33	11 18.34	8.489 <sup>x)</sup>	0.004	O	F2	-	-	-
Hornavan-86	90	0.483	Obs 23 Exp 21.03	41 44.95	26 24.03	0.695	0.404	O	F2	-	-	-
Hornavan-87	50	0.340	Obs 3 Exp 5.78	28 22.44	19 21.78	3.070	0.080	O	F4	-	-	-
Hornavan-88	50	0.320	Obs 2 Exp 5.12	28 21.76	20 23.12	4.112 <sup>x)</sup>	0.043	O	F4	-	-	-
Lågsjön-84	32	0.219	Obs 1 Exp 1.53	12 10.94	19 19.53	0.302	0.583	O	F1	-	-	-
Ottsjön-83	45	0.678	Obs 20 Exp 20.67	21 19.66	4 4.67	0.467	0.437	O	F1	5	5	10
Ottsjön-84	47	0.628	Obs 19 Exp 18.52	21 21.97	7 6.52	0.091	0.763	O	F1	>20	>15	>34
Rensjön-83	136	0.842	Obs 94 Exp 96.40	41 36.20	1 3.40	2.389	0.122	O	F1	5	5	10
Rensjön-84	45	0.844	Obs 31 Exp 32.09	14 11.82	0 1.09	1.527	0.217	O	F1	>95	>95	>190
Rensjön-85	180	0.822	Obs 122 Exp 121.69	52 52.62	6 5.69	0.025	0.874	O	F1	>90	>90	>180
Rensjön-86	60	0.817	Obs 39 Exp 40.02	20 17.97	1 2.02	0.768	0.381	O	F1	>75	>75	>150
Torrön-83	75	0.113	Obs 0 Exp 0.96	17 15.07	58 58.96	1.225	0.268	O	F1	6	5	10.9
Torrön-86	88	0.176	Obs 2 Exp 2.73	27 25.54	59 59.73	0.288	0.592	O	F1	>50	>20	>57
Torrön-87	47	0.064	Obs 0 Exp 0.19	6 5.62	41 41.19	0.218	0.640	O	F1	-	-	>50
Torrön-88	50	0.180	Obs 1 Exp 1.62	16 14.76	33 33.62	0.353	0.552	O	F1	-	-	>50

x) Signifikant avvikelse från Hardy-Weinberg-jämvikt. Signifikansnivå 0.05 (1 fg).

Tabell 2. Observerade och förväntade Mdh-4,5\*-fenotyper, skattade antal gameter och gametfrekvenser med en maximum likelihood metod (Imhof et al. 1980) hos olika stammar av röding.

population årsklass	n	Fenotyper					Gameter			
		S4	S3F	S2F2	SF3	F4	SS	SF	FF	
Hornavan-84	60	Obs	15	32	12	1	0	62.8	55.4	1.8
		Exp	16.46	28.97	13.71	0.85	0.01	0.524	0.461	0.015
Hornavan-85	108	Obs	17	47	28	14	2	90.6	97.7	27.6
		Exp	19.01	41.01	33.70	12.50	1.77	0.420	0.452	0.128
Hornavan-86	104	Obs	21	45	30	7	1	94.4	97.2	16.4
		Exp	21.43	44.11	30.15	7.67	0.65	0.454	0.467	0.079
Hornavan-87	50	Obs	3	21	10	15	1	30.38	49.24	20.38
		Exp	4.62	14.96	18.31	10.04	2.08	0.304	0.492	0.204
Hornavan-88	50	Obs	4	19	20	7	0	29.72	60.55	9.72
		Exp	4.42	18.00	21.22	5.89	0.47	0.297	0.606	0.097
Lågsjön-84	32	Obs	32	0	0	0	0	64.00	0	0
		Exp	32	0	0	0	0	1.0	0	0
Ottsjön-83	45	Obs	45	0	0	0	0	90.00	0	0
		Exp	45	0	0	0	0	1.0	0	0
Ottsjön-84	47	Obs	47	0	0	0	0	94.00	0	0
		Exp	47	0	0	0	0	1.0	0	0
Rensjön-83	51	Obs	47	4	0	0	0	98.00	4.00	0
		Exp	47.08	3.84	0.08	0	0	0.961	0.039	0
Rensjön-84	45	Obs	40	5	0	0	0	85.00	5.00	0
		Exp	40.14	4.72	0.14	0	0	0.944	0.056	0
Rensjön-85	180	Obs	169	11	0	0	0	349.00	11.00	0
		Exp	169.17	10.66	0.17	0	0	0.969	0.031	0
Rensjön-86	24	Obs	24	0	0	0	0	48.00	0	0
		Exp	24	0	0	0	0	1.0	0	0
Torrön-83	40	Obs	40	0	0	0	0	80.00	0	0
		Exp	40	0	0	0	0	1.0	0	0
Torrön-86	84	Obs	79	5	0	0	0	163.00	5.00	0
		Exp	79.07	4.85	0.07	0	0	0.970	0.030	0
Torrön-87	50	Obs	47	3	0	0	0	97.00	3.00	0
		Exp	47.04	2.91	0.04	0	0	0.970	0.030	0
Torrön-88	50	Obs	48	2	0	0	0	98.00	2.00	0
		Exp	48.02	1.96	0.02	0	0	0.980	0.020	0

a) Skattade gametfrekvenser anges under skattade antalet gameter

äldrafiskar använts vid reproduktionen, och om avkommorna är blandade, kommer allelfrekvensen att motsvara den vilda populationens i enlighet med Castle-Hardy-Weinbergs lag, och vara konstant över många generationer om det inte sker en selektion för den ena eller den andra allelen. Stora skillnader i allelfrekvenser hos olika stickprov inom samma sjö kan då bero på att det finns reproduktivt isolerade bestånd i sjön, och att avelsfisket har skett på olika lekpopulationer.

### HORNAVANRÖDING I KÄLARNE

Hornavan är en av Sveriges största sjöar, med en yta av ca 250 kvadratkilometer. Det är Sveriges djupaste sjö med ett största vattendjup av 221 m. Eftersom sjön ligger i en förkastningsspricka har den på flera ställen branta stränder.

I Hornavan finns en rödingstam av en typ som kallas N-röding. Det finns även en dvärgform av röding i sjön som kallas "smulfar". De har ett avvikande utseende och avvikande färgteckning och lever på stort djup.

Avelsfiske efter röding har under lång tid bedrivits i Hornavan med utgångspunkt från Arjeplog. Vid de tidigaste avelsfiskena började man enligt Verner From i Rebakområdet, där rödingen leker tidigare än i norra delen av sjön. Väster om Rebak vid Storgrundet avelsfiskade man ofta. Västra stranden av detta grund är tvärdjupt. Där fick man ganska mycket "smulfarhonor". De hade rommen väl utvecklad redan under sommaren. Detta innebär att rommaterialet vid den tiden kan ha haft ett visst inslag av "smulfare". Man fiskade även vid Vaxnäs (Froms koja) och i trakten av Rödingudden.

Under senare delen av 1970-talet och under 1980-talet har avelsfisket huvudsakligen bedrivits i områdena kring Rödingudden, Bissehamn, Vaxnäs, Pleutajokk och Gådeholmen i den mellersta delen av sjön.

Enligt 1956 års fiskestadga för Norrbottens län är lekfiske förbjudet i Hornavan. Avelsfisket under senare år har därför skett på dispens. Med början 1970 bedrevs

avelsfiske åren 1970, 1971, 1972, 1976, 1977, 1978, 1979, 1986 och 1987. Åren 1973, 1974 och 1975 beviljades ingen dispens. År 1977 avbröts fisket på grund av sjukdom och 1978 var fisket resultatlöst.

Sedan 1970 har således endast årsklasserna Hornavan-71, Hornavan-72, Hornavan-73, Hornavan-77, Hornavan-80, Hornavan-87 och Hornavan-88 uppkommit som ett resultat av avelsfiske i Hornavan. I den här undersökningen har vi närmare undersökt årsklasserna Hornavan-73, Hornavan-80, Hornavan-86 och Hornavan-87.

### AVELSLINJEN HORNAVAN-SÄLLA-73

Avelsfisket på hösten 1972 bedrevs på flera platser i den övre delen av sjön. Efter kramningen sumpades rommen och transporterades sedan till Arjeplogs Allmänningsskogars kläckeri i Sälla inte långt från Arjeplog. Sammanlagt 84 honor och 241 hanar användes i avelsarbetet och 15 liter befruktad rom lades in. Antalet utkläckta yngel i Sälla var 124 000.

Vårvintern 1973 överfördes en del av den ögonpunktade rommen till lantbruksnämndens fiskodling i Kusträsk i närheten av Boden. Antalet är inte känt. Av de yngel som kläcktes där sparades ett antal för vidare uppfödning till avelsfisk. De utgjorde således en  $F_1$ -generation, och eftersom rommen fördes blandad till inläggningen i Sälla kan man på goda grunder anta att den effektiva populationsstorleken vid bildandet av denna generation var  $N_e > 100$ .

Hösten 1978 kramades en del av avelsfiskarna i Kusträsk, vid den tiden fem år gamla, och en ny generation bildades, Hornavan-79, som alltså är en  $F_2$ -generation. Hur avelsarbetet gick till i det här fallet har inte kunnat utredas. Det finns skäl att anta att avelsarbetet bedrevs på traditionellt vis, dvs kramning och inläggning i romlådor "efter hand". Den effektiva populationsstorleken för  $F_2$ -generationen kan därför inte bestämmas i detta fall, men är sannolikt inte särskilt stor.

På våren 1981 transporterades 495 rödingar av dessa Hornavan-79 som tvååriga

till fiskodlingen i Porjus vid Stora Lulevatt-net. Ett okänt antal fiskar ur denna besättning transporterades på hösten 1982 vidare till Sälla, där de användes i avelsarbetet samma höst, tre år gamla. Enligt Mats Grönlund i Sälla kramades 28 honor, och varje hona befruktades med två hanar. Det var första gången som de användes i avelsarbetet, och rommen var således s k jungfrurom. Den bildade generationen, Hornavan-83, är en  $F_3$ -generation. Det är troligt att en del av hanarna användes flera gånger i avelsarbetet. Det är också sannolikt att tre år gamla honor är ojämna när det gäller könsmognaden och att de ger förhållandevis litet rom, samt att det skett kramningar vid två eller flera olika tillfällen. Rom som läggs in vid olika tillfällen hamnar enligt praxis i olika romlådor. Den effektiva populationsstorleken i  $F_3$ -generationen kan därför uppskattas till  $N_e > 25$ , men  $< 50$ , vid en uppdelning på två till tre romlådor.

#### Första leveransen till Kälarne från avelslinjen Hornavan-Sälla-73

Den 3 februari 1983 kom 5 000 av denna rom som ögonpunktad till Kälarne, där den senare kläcktes och kom att bilda avelsbesättningen Hornavan-83.

Genetisk analys av Hornavan-83 i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.378$ ,  $n=45$ . Mdh-4,5\* inte analyserade (blodprover).

Avelsbesättningen Hornavan-83 var den första som producerade rom i Kälarne efter ombyggnaden. Dessa fiskar kramades första gången på hösten 1986, varvid  $F_4$ -generationen Hornavan-87 bildades.

Genetisk analys av Hornavan-87 i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.340$ ,  $n=50$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.550$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.550$ ,  $n=50$ .

#### Andra leveransen till Kälarne från avelslinjen Hornavan-Sälla-73

Avelsbesättningen Hornavan-79 kramades även hösten 1983, då fyra år gamla. Av den rom som producerades vid det tillfället skickades på våren 11 000 som ögonpunktad till Nattbergets fiskodling, som ligger mellan

Arvidsjaur och Älvsbyn. På grund av ändrade planer såldes samma rom vidare till Kälarne den 7 maj 1984, och kläcktes där som en besättning Hornavan-84.

#### AVELSLINJEN HORNAVAN-JÄCKVIK-80

Avelsfisket hösten 1979 skedde på tre platser i den mellersta delen av Hornavan, vid Bissehamn 24-26 september, vid Froms koja (Vaxnäs) 26-27 september och vid Rödingudden 1-2 oktober. Totalt fångades 9 honor och 30 hanar. Avelsfiskarna märktes med numrerade märken, s k floytags, och sumpades. De 9 honorna korsades med 6 stora hanar och rommen placerades i kläckeriet i Jäckvik i sjöns översta del. Kramningen skedde vid fyra olika tillfällen och rommen lades in i fyra olika romlådor. Totalt uppgick mängden rom till 2 liter. En detaljerad analys av hur avelsarbetet gick till finns i Tabell 3. I samband med kramningen togs blodprover på fiskarna för genetisk analys av esterasgenen Est-2\*. Denna analys utfördes av Johan Hammar vid Sötvattenslaboratoriet i Drottningholm.

Genetisk analys av dessa avelsfiskar i Hornavan: Est-2\*  $f(F)=0.467$ ,  $n=15$ . Mdh-4,5\* inte analyserade (blodprover). Se även Tabell 3.

På våren 1980 flyttades en del av rommen till Kusträsk för kläckning och vidare uppfödning. Antalet var enligt uppgift 8000. Fiskodlingen i Jäckvik var en filial till fiskodlingen i Kusträsk som togs ur bruk och revs 1984.

Det har varit svårt att säkert kunna avgöra vilken del av rommen som skickades till Kusträsk. Både Börje Grönlund och Ola Lindström som deltog i arbetet är dock säkra på att rommen från de stora honorna fanns kvar för fortsatt uppfödning.

Den återstående rommen kläcktes och föddes upp i Jäckvik. Odlingen där hade totalt 12 tråg. Man bedrev vid den här tiden även uppfödning av en del öring. Rödingen från de olika rompartierna placerades i olika tråg. Skillnader i tillväxt kunde noteras för fiskar som kom från stora respektive små föräldrar. Dessa skillnader berodde antagligen

Tabell 3. Rominläggningen i Jäckvik hösten 1979.

Rom- låda	rom l	Datum	Honor				Hanar					
			nummer	geno- typ	längd cm	vikt kg	Fångstplats	nummer	geno- typ	längd cm	vikt kg	Fångstplats
		27/9										
1	1,0		32	FS	45	2	Froms koja	3	FF	58	3	Froms koja
								31	SS	68	4	Bissehaan
			35	FS	60	>2	Bissehaan	3				
								31				
		27/9										
2	0,1		30	SS	36	0,3	Rödingudden	1	FS	57	3	Rödingudden
								5	(FS)	55	3	Rödingudden
			29	(FS)	37	0,7	Rödingudden	1				
								5				
		3/10										
3	0,5		39	FS	41	-	-	4	(FF)	52	2	Froms koja
			38	FS	38	-	-	4				
			37	SS	34	-	-	4				
		3/10										
4	0,4		36	FS	50	-	-	3	se ovan			
								31	se ovan			
			33	FS	41	-	-	3				
								6	FS	46	-	-
Tot	2,0											

Romstorlek ca 9000/liter

Teckenförklaringar: Est-2\*; FF=homozgot för allelen F, FS=heterozygot, SS=homozgot för allelen S. (FF)=tvetsam tolkning. Den genetiska analysen har utförts av Johan Hammar, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.

gen på att rommen var olika stor. Börje Grönlund kommer särskilt ihåg att det i ett av trägen fanns mycket små rödingar.

Den effektiva populationsstorleken i denna F<sub>1</sub>-generation av Hornavanröding var således maximalt N<sub>e</sub> = 14,4, men eftersom en del av rommen fördes till Kusträsk kan man anta att N<sub>e</sub> = 10-12 är närmare det sanna värdet.

### Storumanmaterialet

I juni 1982, då rödingarna var två år gamla, fanns det 2 300 kvar i Jäckvik. De blev transporterade till Storuman den 8 juni för vidare uppfödning i en kassodling. I Storuman kom de här fiskarna att ingå i ett jämförande tillväxtförsök som startades av

Institutionen för ekologisk zoologi vid Umeå Universitet sommaren 1982 (Wiklund 1986). I försöket delades fiskarna från Jäckvik upp på två kassar. I samband med försöket togs även ett antal blodprover för genetisk analys i november 1982. Kassodlingsförsöket avslutades 1985.

Genetisk analys av Hornavan-80 i Storuman: Est-2\* f(F) = 0.609, n = 64. Mdh-4,5\* inte analyserade (blodprover).

Den genetiska analysen av materialet i Storuman utfördes av Rolf Gydemo, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. Blodproverna togs av Bo-Sören Wiklund. Man konstaterade att det fanns småvuxen röding som hade ett avvikande utseende. De var mörkare till färgen och smalare. Man skiljde därför på prover från "småvuxen" och "normal"

Hornavan. Av de analyserade fiskarna var 28 från de "småvuxna" och 36 från de "normala". Genfrekvensen blev i bägge fallen 0.61 "Det är dock ett irriterande stort underskott av homozygoter, speciellt bland de småvuxna", skriver Rolf Gydemo i ett PM. Han antar att det kan bero på avelsmaterialet i den odling de kommer ifrån. Det är ett mycket rimligt antagande. Av tabell 3 framgår att en liten hona (nummer 37) som var SS-homozygot korsades med en hane som var FF-homozygot (nummer 4). Alla avkommor från denna korsning blir således heterozygoter. Om man nu tänker sig att dessa avkommor fick ett avvikande utseende, beroende på något anlag för pigmenteringen, är de sannolikt starkt överrepresenterade i stickprovet "småvuxna". Detta kan därför vara förklaringen till den avvikande genotypfördelningen.

Resultaten från kassodlingsförsöket ledde till att man beslutade sig för att satsa på Hornavanröding i det kommersiellt inriktade avelsprogrammet för att få fram en röding lämpad för konsumtionsfiskodling.

På hösten 1983 var fiskarna tre år gamla och kramades första gången. Könsmognaden var omkring 20 % och ca 450 honor kramades. Mängden rom uppgick till 10,4 liter vid kramningen den 30 september, och till 11,7 liter den 13 oktober. Antalet var 130 000 resp. 146 000. Rommen överfördes som nybefruktad till fiskodlingen i Semlan. Vid ögonpunktningen levererades 100 000 rom till Kälarne för uppfödning. Av dessa kom 35 000 från det första kramningstillfället i Storuman och 65 000 från det andra kramningstillfället. De bildade flera besättningar av Hornavan-84 i Kälarne som således utgör F<sub>2</sub>-generationen.

Genetisk analys av Hornavan-84 i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.450$ ,  $n=60$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.754$ ,  $n=60$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.754$ ,  $n=60$ .

I Kälarne förekom vid tidpunkten för analysen besättningar av Hornavan-84 både från avelslinjen Hornavan-Sälla-73 och avelsinjen Hornavan-Jäckvik-80. Stickproven är tagna från tre olika besättningar i odlingen, och de kan representera de olika

avelsinjerna i olika grad. En närmare analys visar att de tre delstickproven har genfrekvenserna: 1) Est-2\*  $f(F)=0.563$ ,  $n=24$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.688$ ,  $n=24$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.688$ ,  $n=24$ , 2) Est-2\*  $f(F)=0.271$ ,  $n=24$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.802$ ,  $n=24$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.802$ ,  $n=24$ , 3) Est-2\*  $f(F)=0.583$ ,  $n=12$ , Mdh-4\*  $f(S)=0.792$ ,  $n=12$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.792$ ,  $n=12$ , respektive.

Även hösten 1984 kramades rödingarna i Storuman. Till Semlan överfördes 25 liter befruktad rom från kramningen den 11 oktober. En kramning gjordes även den 22 oktober. Den rommen överfördes till Kälarne. Mängden var ca 10 000 rom. Även 30 000 av rommen i Semlan överfördes som ögonpunktad till Kälarne. Slutligen kom ytterligare ca 15 000 rom till Kälarne från kramning i Norrbyn av en del fiskar som ursprungligen tillhört samma besättning i Storuman (se nedan). Det fanns därför flera besättningar av Hornavan-85 i Kälarne, och alla hade på ett eller annat sätt sitt ursprung från avelsfiskarna i Storuman.

Genetisk analys av Hornavan-85 i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.558$ ,  $n=108$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.646$ ,  $n=108$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.646$ ,  $n=108$ .

Den 9 oktober 1985 kramades fiskarna i Storuman och 9,5 liter befruktad rom överfördes till Kälarne. I Norrbyn kramades den 29 oktober ca 80 honor och 25-30 hanar, och även denna rom överfördes till Kälarne för kläckning och uppfödning. Även olika besättningar av årsklassen Hornavan-86 har således sitt ursprung i Storuman-materialet.

Genetisk analys av Hornavan-86 i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.483$ ,  $n=90$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.688$ ,  $n=90$ , Mdh-5\*  $f(S)=0.688$ ,  $n=90$ .

#### Avelsprogrammet med Hornavanröding i Kälarne

Sommaren 1984 transporterades 300 av rödingarna i Storuman till Norrbyn söder om Umeå, där de placerades i en kasse i Bottenviken. Dessa fiskar kom sedan att användas som avelsfiskar i avelsprogrammet för att selektera fram en bättre röding läm-

pad för kommersiell matfiskproduktion. Detta program startades hösten 1984 då 30 familjegrupper bildades av utvalda föräldrafiskar. Rommen överfördes för kläckning och uppfödning i Kälarne och blev där en avelsgrupp årsklass-85.

Den 16 oktober 1985 bildades 90 familjer från avelsmaterialet i Norrbyn och rommen lades in i Kälarne för kläckning och uppfödning. Den 10 oktober bildades 18 familjer utifrån avelsmaterialet i Storuman som också överfördes till Kälarne för kläckning och uppfödning. Dessa 108 familjer utgjorde avelsgruppen årsklass-86 i Kälarne.

Avelsprogrammet pågår fortfarande och hösten 1988 bildades en andra generation efter selektion av avkomman till årsklass-85.

År 1986 konstaterades sjukdomen furunkulos i Norrbyn och alla avelsfiskarna slaktades i samband med att man genomförde en sanering där.

#### HORNAVAN-SÄLLA-87

Vid avelsfisket i Hornavan hösten 1986 fångades totalt 10 honor och 50 hanar. Fisket skedde i den mellersta delen av sjön. En blandrom bildades genom att alla 10 honor parades med olika hanar 1 x 1, och rommen från alla korsningarna blandades sedan, således  $N_e=20$ . Fettfenan från 27 av avelsfiskarna sparades för genetisk analys, 11 honor och 16 hanar. Av dessa kunde 26 analyseras med avseende på esteraset Est-2.

Genetisk analys av dessa avelsfiskar i Hornavan: Est-2\*  $f(F)=0.519$ ,  $n=26$ . Mdh-4,5\* är inte möjligt att analysera med fettfena.

Av denna blandrom i Sälla överfördes vintern 1987 2000 till Kälarne för kläckning och uppfödning och bildar där en besättning av Hornavan-88.

#### HORNAVAN-SÄLLA-88

Avelsfisket i Hornavan hösten 1987 bedrevs i september och början av oktober. Den sista romtagningen skedde den 8 oktober. Man fiskade i den mellersta delen av sjön. Totalt användes 44 rödingar i avelsarbetet, 21

honor och 23 hanar. Alla honor parades med olika hanar 1 x 1 och rommen från alla korsningarna blandades sedan, således  $N_e=43,9$ . Sammanlagt 4,2 liter rom lades in i Sälla. Fettfenan från alla avelsfiskarna sparades för genetisk analys, 21 honor och 23 hanar. Av dessa kunde 42 analyseras med avseende på esteraset Est-2.

Genetisk analys av dessa avelsfiskar i Hornavan: Est-2\*  $f(F)=0.560$ ,  $n=42$ . Mdh-4,5\* inte analyserat (fettfena).

Av denna blandrom i Sälla överfördes vintern 1988 2000 till Kälarne för kläckning och uppfödning och bildar där en besättning av Hornavan-89. Dessa besättningar av Hornavanröding kommer att slås samman för att bilda en referenspopulation av Hornavanröding. Den totala effektiva populationsstorleken blir således  $N_e=64$ , vilket får anses vara mycket bra efter omständigheterna.

#### ODLINGSSTAMMARNAS AV RÖDING FRÅN OTTSJÖN, STORA REN SJÖN OCH TORRÖN I KÄLARNE

Här redovisar vi en del uppgifter som berör rödingstammarna Ottsjön, Stora Rensjön och Torrön. Rödingarna är fångade med nät och kramade i direkt anslutning till de naturliga lekplatserna. Den effektiva populationsstorleken,  $N_e$ , är därför i regel stor,  $>>50$ . Rommen har transporterats i ett stort kärl till fiskodlingen i Semlan och är således väl blandad vid inläggningen. Avkomman är en  $F_1$ -generation.

#### ALLMÄNT OM OTTSJÖN

Harry Olausson i Ottsjö som varit den enda leverantören av rom till Semlan fiskar i den västra delen av sjön i strandområdet i närheten av Lillvallen. Lektiden börjar de sista dagarna i september och pågår till omkring den 10 oktober. Enligt uppgift leker fisken i östra delen av sjön upp till 14 dagar tidigare. Denna fisk är också i allmänhet betydligt större, ca 0,5 kg, mot ca 0,3 kg i västra delen av sjön. Leken sker på stengrund på mycket grunt vatten 1-2 meter. Detta gäller hela



sjön. Några speciella tecken som skulle tyda på att dessa fiskar utgör skilda bestånd kan inte Olausson ange.

Förfarandet vid romtagning är ungefär detsamma som i Torrön och Rensjön. Rommen sumpas efter befruktning i en mindre bäck. Två till tre honor kramas innan befruktning sker. I allmänhet används något färre hanar vid befruktningen. I vissa fall har rom från större fiskar sumpats för sig, och det är osäkert om den rommen blivit inlagd åtskild från den övriga i Semlan. Man kan anta att varje hona i genomsnitt gett 0,6 dl rom. Romantalet är 12 500/liter. De allelfrekvenser i Est-2\*-locuset som framgår av analyserna av materialen 1983 och 1984 visar att de är tagna ur samma lekpopulation som Nyman analyserade 1967 (Nyman 1972).

#### Ottsjön 1983 (rom 1982)

Rommen har levererats av Harry Olausson, Ottsjö.

Olausson kommer ihåg att det under ett år skulle levereras rom från endast en hona och en hane (syskonkull). Däremot är Olausson osäker på hur många föräldrar som ingår i den blandgrupp som sedermera levererades till Kälarne. Enligt Alvar Larssons anteckningar levererades 0,3 liter rom till Kälarne från Ottsjön detta år. Troligen avses därmed blandrommen. Man kan anta att omkring 5 honor och 5 hanar användes för att producera denna rom.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 10$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F) = 0.678$ ,  $n = 45$ . Mdh-4\*  $f(S) = 1.0$ ,  $n = 45$ , Mdh-5\*  $f(S) = 1.0$ ,  $n = 45$ .

#### Ottsjön 1984 (rom 1983)

Rommen har levererats av Harry Olausson, Ottsjö.

Den 10/10 1983 levererades 1,1 liter rom till Semlan, varav Kälarne sedan fick 0,3 liter. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,6 dl, kan antalet föräldrar till detta romparti beräknas till ca 20 honor och ca 10 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 27$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F) = 0.628$ ,  $n = 47$ . Mdh-4\*  $f(S) = 1.0$ ,  $n = 47$ , Mdh-5\*  $f(S) = 1.0$ ,  $n = 47$ .

#### Ottsjön 1985 (rom 1984)

Rommen har levererats av Harry Olausson, Ottsjö.

Mängden rom som levererades till Semlan var 5,6 liter, varav Kälarne på vintern 1985 fick 0,2 liter ögonpunktad rom. Om man antar att varje hona ger i genomsnitt ca 0,6 dl, kan antalet föräldrar till detta romparti beräknas till ca 90 honor och ca 45 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 120$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne har ej utförts.

#### ALLMÄNT OM REN SJÖN

Rommen har under hela 1980-talet levererats av Harry Jonsson, Rensjönäset. Enligt Jonsson finns endast en rödingpopulation i Stora Rensjön. Leken sker på ca 2-3 meters djup utefter stenstränder. Lektiden infaller mellan den 25/9 - 5/10. Fisket bedrivs i Rensjöns södra del i anslutning till bosättningen (Rensjönäset). Romkramningen sker i allmänhet i samband med fisket. En del fisk, främst hanar, sumpas i vissa fall som en reserv. Enligt den analys av rödingbeståndet i Stora Rensjön som utfördes av Hammar och Filipsson (1988) finns dock två populationer i sjön, en littoralt levande dvärgröding med låg frekvens av  $f(F)$  i Est-2\*-locuset ( $f(F) = 0.44$ ) och en storsvuxen röding med djuplevande ungstadier med hög frekvens av  $f(F)$  i samma locus ( $f(F) = 0.88$ ). Analyserna av materialen från Rensjön 83, 84, 85 och 86 tyder på att de i huvudsak eller helt utgjorts av den storsvuxna fisken ( $f(F)$  varierar mellan 0.82 och 0.84).

I varje befruktningsomgång används vanligtvis 2-3 honor som befruktas med 3-4 hanar. Vissa hanar används emellertid flera gånger, varför man kan anta att ungefär lika många fiskar av varje kön ingår i de olika rompartierna. Rommen samlas inför varje

transport i en sump och får därför anses vara väl blandad. Medelvikten på avelsfiskarna är 300-400 g varför man kan räkna med att varje hona i genomsnitt ger 0,6 dl rom. Romstorleken är 9 400/liter.

#### Rensjön 1983 (rom 1982)

Rommen har levererats av Harry Jonsson, Rensjönäset.

Detta år insamlades dels rom från ett föräldrapar, dels från en mindre grupp fiskar. Enligt direktiven skulle ca 5000 romkorn från ett stort antal föräldrar samlas in för senare leverans till Kälarne. Sannolikt har leverantören missuppfattat direktiven och fastnat för uppgiften att få fram 5 000 romkorn. Enligt anteckningar i Semlan skulle nämligen denna rom komma från 6 honor och 5 hanar.

Den effektiva populationsstorleken blir i detta fall  $N_e = 10,9$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F) = 0,842$ ,  $n = 136$ . Mdh-4\*  $f(S) = 0,961$ ,  $n = 51$ , Mdh-5\*  $f(S) = 1,0$ ,  $n = 51$ .

#### Rensjön 1984 (rom 1983)

Rommen har levererats av Harry Jonsson, Rensjönäset.

Den 29/9 1983 levererade Jonsson 5,7 liter rom till Semlan. Av detta romparti fick Kälarne senare 0,3 liter. Antalet romkorn per liter var enligt uppgifter i Semlan 9400/liter. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,6 dl, kan antalet föräldrar till detta romparti beräknas till ca 95 honor och ca 95 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 190$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F) = 0,844$ ,  $n = 45$ . Mdh-4\*  $f(S) = 0,944$ ,  $n = 45$ , Mdh-5\*  $f(S) = 1,0$ ,  $n = 45$ .

#### Rensjön 1985 (rom 1984)

Rommen har levererats av Harry Jonsson, Rensjönäset.

Den 27/9 1984 levererades 5,4 liter rom till Semlan. Från detta romparti levererades vintern 1985 0,2 liter som ögonpunktad till

Kälarne. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,6 dl, kan antalet föräldrar till rompartiet beräknas till ca 90 honor och ca 90 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 180$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F) = 0,822$ ,  $n = 180$ . Mdh-4\*  $f(S) = 0,969$ ,  $n = 180$ , Mdh-5\*  $f(S) = 1,0$ ,  $n = 180$ .

#### Rensjön 1986 (rom 1985)

Rommen har levererats av Harry Jonsson, Rensjönäset.

Den 2/10 1985 levererade Jonsson 4,7 liter rom till Semlan. Av denna mängd erhöll Kälarne 1,2 liter motsvarande 10 000 romkorn. Romstorleken var 8800/liter enligt anteckningar i Semlan. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,6 dl, kan antalet föräldrar till rompartiet beräknas till ca 80 honor och ca 80 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 160$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F) = 0,817$ ,  $n = 60$ . Mdh-4\*  $f(S) = 1,0$ ,  $n = 24$ , Mdh-5\*  $f(S) = 1,0$ ,  $n = 24$ .

### ALLMÄNT OM TORRÖN

Rom har under 1980-talet tagits från tre delar av sjön, vid Edevik i norra delen av sjön, i mellersta delen av sjön i höjd med Sandviken (inklusive Lågsjön) samt vid Åbränna i södra delen av sjön.

Enligt samstämmiga uppgifter från romleverantörerna fanns före regleringen endast sjölekande röding i sjön. Numera finns även etablerade bestånd strömlökande röding i Holderströmmen, Gånälven och i en bäck som utmynnar vid Åbränna. Möjligen kan röding finnas i ytterligare några tillrinnande vattendrag. Enligt ortsbefolkningen skulle det strömlökande beståndet ha tillkommit genom utsättningar från framför allt Blåsjön. Detta bör rätteligen vara Jormsjön eftersom rom togs i en spärr i Blåsjöälven på uppvandrande fisk.

Alvar Larsson vid fiskodlingen i Semlan bekräftar att rödingen kom från Jormsjön. Fisken kläcktes och sattes ut som ensamrig

över hela sjön. På 1950-talet fanns det en ångbåt som trafikerade Torrön, och allteftersom båten lade till vid olika bryggor satte man ut rödingen på olika platser. Tanken var att etablera ett strömlevande bestånd av röding som inte skulle vara så starkt påverkat av sjöns reglering. Röding som leker på ytliga grund eller vid stränderna riskerar att lekplatserna är torrlagda vid tiden för leken.

Den största romleverantören under 1980-talet har varit M. Åslund, Åbränna. Enligt Konrad Andersson, som medverkat vid fisket, fiskar man på tre olika platser, nämligen på det strömlekande beståndet som leker i bäcken vid Åbränna, på grundet i Ängsfjärden samt vid Hoberg i Mellanfjärden. Det strömlekande beståndet leker tidigast, och de senaste åren i slutet av 1980-talet har en hel del rom tagits där. Den strömlekande fisken blir större än den som leker på grundet. Den skiljer sig även när det gäller utseendet och blir rödare på buken och fenorna.

Kramningen sker vanligtvis i samband med fisket. Från några få och upp till ett tjugotal honor ingår i varje befruktning. Antalet hanar är i regel färre, och kan uppskattas till ca hälften av antalet honor. Troligen används dessutom hanar med "bra" mjölke flera gånger, då tillgången på hanar ofta är begränsad. Ungefär 0,5 dl rom utvinns i medeltal från varje hona. Uppgifter om antalet föräldrar saknas, men genom att utgå från den levererade mängden rom kan man göra en ungefärlig uppskattning av antalet fiskar som använts vid romproduktionen. Romstorleken är i allmänhet 12 500/liter för rom som kommer från Torrön. Rommen sumpas i bäcken vid Åbränna inför varje transport och är därför väl blandad vid inläggningen i Semlan. Analyserna av Est-2\*-locuset ger genomgående betydligt högre värden än det som rapporterades av Nyman (1972) från pelagisk röding i Torrön. Detta ger en antydning om att flera genetiskt skilda bestånd nu finns i Torrön.

#### Torrön 1983 (rom 1982)

Rommen har levererats av M. Åslund, Åbränna.

Fisket har bedrivits på grund utanför Åbränna i Ängsfjärden. Den 21/9 1982 levererade Åslund rom till Semlan. Rom har sedermera 19/1 1983 levererats till Kälarne som ögonpunktad. Mängden uppgick enligt Alvar Larsson till 0,3 liter och var s k blandrom från 6 honor och 5 hanar. Romstorleken är 12 500/liter, vilket innebär att blandrommen uppgick till ca 4 100 st. Dessutom levererade Åslund vid samma tidpunkt en ej angiven rommängd från ett föräldrapar (syskonkull). Även denna rom togs in till Kälarne som ögonpunktad och uppgick vid kläckningen till ca 600 stycken.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e = 10,9$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\* f(F)=0.113, n=75. Mdh-4\* f(S)=1.0, n=40, Mdh-5\* f(S)=1.0, n=40.

#### (Torrön 1984) Lågsjön 1984 (rom 1983)

Rommen har levererats av Ottar Andersson, Sandviken.

Enligt uppgift från Andersson har rom som levererats från honom under senare år tagits i Lågsjön väster om Torrön i höjd med Sandviken. Enligt Andersson beror detta på svårigheten att få tag på rom i Torrön på grund av nedslamning av lekplatserna. Leken i Lågsjön sker på stengrund på ett djup som varierar mellan 2-30 m. Romtagningen sker i samband med fångsten. Vanligtvis ingår 5-10 honor i varje befruktning. Antalet hanar varierar beroende på hur lätt det är att få tag på hanar med mjölke. Det är vanligen färre hanar än honor i varje befruktningsomgång.

Den 27/9 1983 levererade Andersson 1,9 liter rom till Semlan. Till Kälarne levererades vintern 1984 0,3 liter av denna rom, ca 3 800 st. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,5 dl, kan antalet föräldrar till rompartiet beräknas till ca 40 honor och ca 20 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e=53$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.219$ ,  $n=32$ . Mdh-4\*  $f(S)=1.0$ ,  $n=32$ , Mdh-5\*  $f(S)=1.0$ ,  $n=32$ .

#### Torrön 1986 (rom 1985)

Rommen har levererats av M. Åslund, Åbränna.

Fisket bedrevs på grund utanför Åbränna i Ängsfjärden, samt vid Hoberg i Mellanfjärden. Den 20/9 1985 levererade Åslund 5,9 liter rom till Semlan och den 29/9 1985 ytterligare 2,6 liter. Dessa rompartier lades in åtskilda i Semlan. Från det sistnämnda partiet levererades vintern 1986 0,8 liter ögonpunktad rom till Kälarne. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,5 dl, kan antalet föräldrar till det senare rompartiet beräknas till ca 50 honor och ca 25 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e=67$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.176$ ,  $n=88$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.970$ ,  $n=84$ , Mdh-5\*  $f(S)=1.0$ ,  $n=84$ .

#### Torrön 1987 (rom 1986)

Rommen har levererats av M. Åslund, Åbränna, samt Ottar Andersson och Per Andersson, Sandviken.

Den 18/9 1986 levererade Ottar Andersson 1,1 liter, Per Andersson 15,7 liter och M.Åslund 10,8 liter rom till Semlan. Från det sistnämnda partiet levererades vintern 1986 1,6 liter ögonpunktad rom till Kälarne. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,5 dl, kan antalet föräldrar till detta romparti beräknas till ca 200 honor och ca 100 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e=267$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.064$ ,  $n=47$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.970$ ,  $n=50$ , Mdh-5\*  $f(S)=1.0$ ,  $n=50$ .

#### Torrön 1988 (rom 1987)

Rommen har levererats av M. Åslund, Åbränna.

Den 18/9 1987 levererade Åslund 3,0 liter rom till Semlan och den 25/9 1987 ytterligare 3,8 liter. Dessa rompartier lades in åtskilda i Semlan. Från det förstnämnda partiet levererades vintern 1987 20 000 ögonpunktad rom till Kälarne. Om man antar att varje hona i genomsnitt ger ca 0,5 dl, kan antalet föräldrar till detta romparti beräknas till ca 60 honor och ca 30 hanar.

Effektiv populationsstorlek,  $N_e=80$ . Genetisk analys av denna årsklass i Kälarne: Est-2\*  $f(F)=0.180$ ,  $n=50$ . Mdh-4\*  $f(S)=0.980$ ,  $n=50$ , Mdh-5\*  $f(S)=1.0$ ,  $n=50$ .

#### DISKUSSION

Om man kan beräkna  $N_e$  för varje generation i rakt nedstigande led inom en avelslinje kan man även räkna ut hur mycket genetisk variation som gått förlorad i samband med odling av stammen. Man får således ett slags mått på det odlade materialets kvalitet (Ring et al. 1990). Om  $N_e$  är tillräckligt stor är de slumpmässiga förändringarna av allelfrekvenser mycket små, vilket också framgår av denna undersökning. En närmare granskning av siffrorna för de olika avelslinjerna från Hornavan och Torrön verkar dock tyda på att det där kan finnas genetiskt skilda delpopulationer av röding.

Avelsfiskena 1979, 1986 och 1987 skedde med i stort sett samma personal och på samma platser i den mellersta delen av Hornavan. Från alla avelsfiskar som fångades vid dessa fisken har blodprover eller fettfenor analyserats med avseende på esterasetgenen Est-2\*. Allelfrekvenserna var som visats ovan respektive  $f(F)=0.467$ ,  $0.519$  och  $0.560$ . En analys av det sammanslagna materialet från denna population av röding i Hornavan ges i Tabell 4.

Tidigare avelsfisken i Hornavan skedde i en sydligare del av sjön och troligen på en delvis annan population. Allelfrekvensen i Est-2\* var där omkring  $0.37$  (Nyman 1972).

En närmare genomgång av de båda avelslinjerna Hornavan-Sälla-73 och avelslinjen Hornavan-Jäckvik-80 visar att de karakteriseras av allelfrekvenserna  $f(F)=$

0.37 resp.  $f(F) = 0.53$  i Est-2\* och  $f(S) = 0.55$  resp.  $f(S) = 0.68$  i Mdh-4,5\*.

Som framgår av Tabell 5 och 6 föreligger inga signifikanta skillnader i allelfrekvenser mellan stickprov tagna inom samma avelslinje, trots att den effektiva populationsstorleken i något led varit relativt låg. Där-  
emot föreligger signifikanta skillnader i allelfrekvenser mellan de båda avelslinjerna.

Resultatet av denna undersökning visar att allelfrekvensen för enskilda loci hos en given population av röding inte påverkas av hanteringen i en fiskodling, inte ens över så mycket som fyra generationer, förutsatt att stickproven tas ur besättningar som inte är blandade med annat rödingmaterial, och att den effektiva populationsstorleken,  $N_e$ , varit tillräckligt stor i alla led.

Tabell 4. Avelspopulationen av röding i Hornavan. Analys av samtliga avelsfiskar 1979, 1986 och 1987.

Population	n	f(F)	Genotypfördelning			
			100/100	100/90	90/90	
Hornavan	83	0.530	Obs	23	42	18
			Exp	23.325	41.349	18.325

Test av avvikelse enligt Hardy-Weinbergs lag:

$$X^2 = 0.021 < 3.84 \quad (1 \text{ fg}) \quad \text{N.S.}$$

Tabell 5. Homogenitetstest av allelfrekvensskillnader i Est-2\* mellan olika stickprov av Hornavanröding. (Contingency chi-square for overall homogeneity (Workman & Niswander 1970) frequency data (Håkan Jansson Version 1.1, 87-07-06))

LOCUS : EST-2\*

Hornavan, alla stickprov

	N	f(100)	f(90)
AVELSFISK-79	15	0.467	0.533
AVELSFISK-86	26	0.519	0.481
AVELSFISK-87	42	0.560	0.440
HORNAVAN-83 (F3 avelsl. Sälla-73)	45	0.378	0.622
HORNAVAN-87 (F4 avelsl. Sälla-73)	50	0.340	0.660
STORUMAN-80 (F1 avelsl. Jäckvik-80)	64	0.609	0.391
HORNAVAN-84 (F3/F2 blandbesättning)	60	0.450	0.550
HORNAVAN-85 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	108	0.558	0.442
HORNAVAN-86 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	90	0.483	0.517
HORNAVAN-86-NORRBYN (F2 Jäckvik-80)	50	0.450	0.550

CHI-SQUARE = 28.09

DEGREES OF FREEDOM = 9

0.001 > P, \*\*\*-SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

Tabell 5. Forts.

LOCUS : EST-2\*

Hornavan, avelslinjen Hornavan-Sälla-73

	N	f(100)	f(90)
HORNAVAN-83 (F3 avelsl. Sälla-73)	45	0.378	0.622
HORNAVAN-87 (F4 avelsl. Sälla-73)	50	0.340	0.660

CHI-SQUARE = 0.30

DEGREES OF FREEDOM = 1

P&gt;0.05, NO SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

LOCUS : EST-2\*

Hornavan, avelspopulationen

	N	f(100)	f(90)
AVELSFISK-79	15	0.467	0.533
AVELSFISK-86	26	0.519	0.481
AVELSFISK-87	42	0.560	0.440

CHI-SQUARE = 0.81

DEGREES OF FREEDOM = 2

P&gt;0.05, NO SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

LOCUS : EST-2\*

Hornavan, avelslinjen Jäckvik-80

	N	f(100)	f(90)
AVELSFISK-79	15	0.467	0.533
STORUMAN-80 (F1 avelsl. Jäckvik-80)	64	0.609	0.391
HORNAVAN-85 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	108	0.558	0.442
HORNAVAN-86 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	90	0.483	0.517
HORNAVAN-86-NORRBYN (F2 Jäckvik-80)	50	0.450	0.550

CHI-SQUARE = 8.49

DEGREES OF FREEDOM = 4

P&gt;0.05, NO SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

LOCUS : EST-2\*

Hornavan, avelspopulationen + avelslinjen Jäckvik-80

	N	f(100)	f(90)
AVELSFISK-79	15	0.467	0.533
AVELSFISK-86	26	0.519	0.481
AVELSFISK-87	42	0.560	0.440
STORUMAN-80 (F1 avelsl. Jäckvik-80)	64	0.609	0.391
HORNAVAN-85 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	108	0.558	0.442
HORNAVAN-86 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	90	0.483	0.517
HORNAVAN-86-NORRBYN (F2 Jäckvik-80)	50	0.450	0.550

CHI-SQUARE = 8.86

DEGREES OF FREEDOM = 6

P&gt;0.05, NO SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

Tabell 6. Homogenitetstest av allelfrekvensskillnader i Mdh-4,5\* mellan olika stickprov av Hornavanröding. (Contingency chi-square for overall homogeneity (Workman & Niswander 1970) frequency data (Håkan Jansson Version 1.1, 87-07-06))

LOCUS : MDH-4,5\*

Hornavan, alla stickprov

	N	f(100)	f(90)
HORNAVAN-87 (F4 avelsl. Sälla-73)	50	0.550	0.450
HORNAVAN-84 (F3/F2 blandbesättning)	60	0.754	0.246
HORNAVAN-85 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	108	0.646	0.354
HORNAVAN-86 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	90	0.688	0.312
HORNAVAN-86-NORRBYN (F2 Jäckvik-80)	50	0.695	0.305

CHI-SQUARE = 11.41

DEGREES OF FREEDOM = 4

0.05 > P > 0.01, \*-SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

LOCUS : MDH-4,5\*

Hornavan, avelslinjen Jäckvik-80

	N	f(100)	f(90)
HORNAVAN-85 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	108	0.646	0.354
HORNAVAN-86 (F2 avelsl. Jäckvik-80)	90	0.688	0.312
HORNAVAN-86-NORRBYN (F2 Jäckvik-80)	50	0.695	0.305

CHI-SQUARE = 1.11

DEGREES OF FREEDOM = 2

P > 0.05, NO SIGNIFICANT ALLELE FREQUENCY DIFFERENCES

## ERKÄNNANDEN

Ett alldeles särskilt stort tack till Börje Grönlund som varit outtröttlig och generös när det gällt att försöka reda ut alla turer kring avelsfiskena i Hornavan och bidragit med många ovärderliga uppgifter, såväl skriftliga som muntliga.

Rolf Gydemo och Johan Hammar har välvilligt tillhandahållit resultat från elektroforesundersökningar som är av stort intresse i denna undersökning. Håkan Jansson har

gjort de dataprogram som använts vid den genetiska analysen.

Ett stort tack även till följande personer som på olika sätt bidragit med muntliga uppgifter: Konrad Andersson, Ottar Andersson, Verner From, Mats Grönlund, Jan Henricson, Harry Jonsson, P O Jonsson, Alvar Larsson, Ola Lindström, Jan Nilsson, Lennart Nyman, Harry Olausson Tommy Rosendal, Torvald Sundström, Knut Svensson och Bo-Sören Wiklund.

## LITTERATUR

- 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.
- Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. Second Edition. Longman, London.
- Hammar, J. & O. Filipsson. 1988. Rödingen i Stora Rensjön: ett genbanks- och naturreservatobjekt. (English summary: The Arctic char in Lake Stora Rensjön: a primary gene bank for conservation in a natural reserve.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (13). 68p.
- Imhof, M., R. Leary & H.E. Booke. 1980. Population or stock structure of lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*, in northern Lake Michigan as assessed by isozyme electrophoresis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37:783-793.
- Nyman, L. 1972. A new approach to the taxonomy of *Salvelinus alpinus* species complex. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 52:103-131.
- Ring, O., L. Hanell & J. Henricson. 1990. Analys av det svenska avelsmaterialet av gullspångslax 1990. (English summary: Analysis of the Swedish brood stock of salmon from River Gullspångsälven in 1990.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3):1-8.
- Wiklund, B-S. 1986. Erfarenheter från kassodling av olika rödingstammar. Vattenbruk (1):11-13.

ENGLISH SUMMARY: ANALYSIS OF HATCHERY STOCKS OF ARCTIC CHAR (*SALVELINUS ALPINUS* SPECIES COMPLEX) AT THE EXPERIMENTAL RESEARCH STATION OF THE NATIONAL BOARD OF FISHERIES AT KÄLARNE, PROVINCE OF JÄMTLAND: STOCKS FROM LAKES HORNAVAN, OTTSJÖN, STORA REN SJÖN AND TORRÖN

From the early 1980s and onwards several attempts to create improved hatchery stocks of Arctic char have been made. The aim of these attempts has been to widen the genetic background of the hatchery stocks, by putting emphasis on increased  $N_e$  (effective population size) rather than a certain number of eggs. Also, the complete history of how the spawners were collected and how the offspring has been treated is given in this paper. A complete record of how the fish have been handled is prerequisite to genetically sound fish culture. Besides giving details of the history of the hatchery stocks this paper also provides genetic data on the stocks employing anpolymorphic esterase locus and a duplicated Mdh locus as genetic tags. Comparisons with other genetic studies on the same stocks are also performed.



# TELEMETRISTUDIER AV LEKVANDRANDE LAX I INDALSÄLVEN 1977

Gösta Olsson

Fiskeriverkets utredningskontor, Box 2566, 403 17 GÖTEBORG

## BAKGRUND

I samband med sakkunnigutredning om eventuell skada på laxfisket i nedre Indalsälven genomfördes 1977 som en del i denna utredning telemetrisk studier på lekvandrande lax. Detta sedan det framförts uppfattningen att korttidsvariationerna i vattenföringen påverkade tillgången och tillgängligheten på lax nedströms Bergeforsens kraftverk. I sakkunnigutlåtandet redovisades telemetrisk studier endast summariskt (Olsson 1979). I denna PM redogörs något mera utförligt för undersökningen.

## SAMMANFATTNING

Ökad vattenföring har en avgörande betydelse för laxens uppvandring i små vattendrag, vilkas vattenföring sällan överstiger ca 40 m<sup>3</sup>/s. Detta är ett välkänt faktum bland fiskare.

Föreliggande undersökning visar, att vattenföringen inte har samma betydelse för uppvandringen i större vattendrag.

Under 1977 genomfördes i juli och augusti en telemetrisk studie av 7 st lekvandrande laxar i Indalsälven. Laxarnas vandringar studerades på den 10 km långa älvsträckan mellan Bergeforsens kraftverksdam och havet. Älven är påverkad av dygnsvisa korttidsregleringar i registret 100-600 m<sup>3</sup>/s.

Resultaten visar:

att de först anlända stora laxarna (3 st) vandrade fram till och kvarstannade i området närmast vandringshindret vid dammen

att laxarna i övrigt (4 st) företog upprepade vandringar mellan dammen och älvmyningen

att dessa vandringar ej påverkades av dygnsvariationerna i vattenföringen

att vandringarna - oberoende av riktning - påfallande ofta inleddes i gryning eller skymning.

## INLEDNING

Laxens naturliga utbredningsområde i Indalsälven sträckte sig ursprungligen upp till Hammarforsen, 100 km in i landet. 1954 i samband med utbyggnaden av det nedersta kraftverket, Bergeforsen, inlöstes allt fiske uppströms dammen och älvens hela produktion av havsvandrande fiskslag ersattes med odlingsuppfödd fisk. Avsikten var att inte bara älvfisket nedströms dammen utan även kust- och havsfisket därigenom skulle kunna hållas skadelöst. Bergeforsens laxodling sätter därför årligen ut 320 000 ungar av lax, 55 000 havsöringungar, 150 000 sikungar och 4 000 sättålar.

Fisket på den ifrågavarande älvsträckan är i huvudsak inriktat på de havsvandrande fiskslagen lax, havsöring och sik. Fisket utövas som not-, nät- och dragfiske. Sportfisket, mest bedrivet som s k "latmete", har stor omfattning särskilt från Stavreviken och upp mot fiskeförbudsgränsen 900 m nedströms Bergeforsendammen.

Under lekvandringen upp i älven är det alltid den äldre, stora laxen som kommer först under säsongen. Så sent som på 1930-talet, då laxen var naturproducerad och

havsfisket inte hade samma intensitet som nu, påbörjades laxfisket i Indalsälven omkring den 15 juni. Fisket var då koncentrerat till fångst av stor lax och som "bästa tid" angavs ofta månadsskiftet juni-juli (Hvarfner 1964). Nu är det vanligt att fisket börjar först i juli månad för att ej sällan nå sitt optimum i augusti.

Indalsälvens medelvattenföring vid Bergforsen är ca  $450 \text{ m}^3/\text{s}$ . I den kraftutbyggda älven har man en omfördelning av vattenföringen från sommarhalvåret till vinterhalvåret med en dämpad vårflod och en jämnare fördelning av vattenflödet under året (Blomqvist 1970).

Årsregleringarna kompletteras med korttidsregleringar. Någon formell rätt till korttidsreglering vid Bergforsen föreligger ej. Genom anpassning till uppifrån kommande regleringar har efterhand utbildats ett tappningsmönster som innebär att högvattenföring ca  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  råder kl 06-22, varefter sker en mycket snabb avtrappning till lågvattenföring ca  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  kl 22-06. Detta medför normala dygnsvariationer i vattenstånd under fiskesäsongen (juni-augusti) på 100-130 cm på nedströmssidan av kraftverksdammen i Bergforsen, 30-35 cm vid Färjholmen halvvägs mellan Bergforsen och havet och 15 cm vid Lövudden i älvmynningen. Vattenståndsförändringarna är alltså utom i den allra översta delen nedströms kraftverket tämligen måttliga. Däremot är förändringarna i vattenföring påtagliga (Arnborg 1966, 1967).

## MATERIAL OCH METODER

Telemetristudierna utfördes 1977 under juli-augusti dvs under de båda sommarmånader till vilka laxfisket numera är koncentrerat. Försöket gjordes i två omgångar, en i juli och en i augusti. Vattentemperaturen var 10-16 °C.

Ett antal 3-10 kg stora laxar fångades med not dels i Bergforsen och dels vid

Måsgrundet i älvmynningen. Under bedövning placerades en ultraljudsändare stor som en valnöt i fiskens magsäck.

För att möjliggöra yttre identifiering märktes laxarna med brickmärken vid basen av ryggen. Några timmar efter märkning släpptes laxarna tillbaka i älven och deras vandringar studerades under fiskesäsongen dels med fasta lyssnarstationer placerade vid Färjholmen och Skeppsholmen och dels från båt med rörlig lyssnarapparat. Metoden har ingående beskrivits av Nyman (1973), Björk (1977), Westerberg (1977b, 1983) Brumbaugh (1980) och Solomon & Storeton-West (1983).

I den rörliga mottagaren uppfattas signalerna från de olika sändarna som väl urskiljbara pipsignaler. När en märkt fisk passerade någon av de fasta stationerna lämnade den efter sig ett mycket distinkt utslag på den automatiska skrivaren. Med känd hastighet på pappersframmatningen var det möjligt att fastställa tidpunkten för fiskens passage. Genom att jämföra de fasta och rörliga registreringarna kunde avgöras om fisken vandrat i riktning från havet upp mot Bergforsen eller omvänt.

Räckvidden uppgår i sötvatten till 300 m. Av denna anledning placerades de fasta lyssnarstationerna mitt i älven i sektioner som har just denna bredd vid Färjholmen och vid Skeppsholmen 3 resp 6 km nedströms kraftverksdammen. Fisk kunde alltså inte passera dessa stationer utan att komma inom hörhåll (se översiktskarta Bilaga 1).

Observationerna från den rörliga lyssnarstationen positionsbestämde på 100 m när med hjälp av ett koordinatsystem med centimeterstora rutor över det ekonomiska kartbladet i skala 1:10 000. Observationerna korrelerades med aktuell vattenföring i kubikmeter per sekund vid Bergforsens kraftverk. Försöket genomfördes under pågående korttidsreglering i registret  $100-600 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Försöket uppdelades i två omgångar med följande märkta fiskar:

## Försök 1 7-22 juli 1977

Lax nr	Kön	Vikt,kg	Fångstplats
1	hona	10	Bergeforsen, nedstr.dam.
2	"	9	"
3	"	7	Måsgrundet i älvmyningen

## Försök 2 8-30 augusti 1977

Lax nr	Kön	Vikt,kg	Fångstplats
4	hanne	3	Bergeforsen
5	"	4	"
6	hona	5	"
7	hanne	4	"

Fiskare längs älven informerades om försöket och dess syfte. Några av de märkta laxarna som fångades i notfisket under försöksperioden släpptes därför oskadda tillbaka till älven.

## RESULTAT

## Telemetriförsök i Indalsälven 1977

Ultraljudmärkta laxars vandringar i korrelation till vattenföringen (jfr diagram Bilaga 2:1-6)

**Positiv korrelation** mellan vandringsbeteende och vattenföring anses föreligga om laxen:

- vandrar uppströms vid ökad vattenföring
  - vandrar nedströms vid minskad vattenföring
  - stannar kvar vid oförändrad vattenföring
- Negativ korrelation** anses däremot föreligga om laxen:

- vandrar nedströms vid ökad vattenföring
- vandrar uppströms vid minskad vattenföring
- vandrar upp- eller nedströms vid oförändrad vattenföring.

I nedanstående tabell markeras positiv korrelation med ett plustecken (+) och negativ korrelation med ett minustecken (-).

I sammanställningen har inte medräknats den mer eller mindre passiva nedvandring som alltid inträffar efter utsättning resp återutsättning, sannolikt förorsakad av stress i samband med fångst och märkning (Trefethen & Sutherland 1968, Wendt & Ericson 1972, Holliday et al. 1972/73, Gönczi 1980, Uppman 1980, Solomon & Storeton-West 1983, Westerberg 1983). Av diagrammen framgår att laxarna i våra försök återgår till sitt normala vandringsbeteende 10-12 timmar efter hantering. Förflyttning mindre än 1 km har ej noterats som vandring.

## Försök 1 1977.07.07--07.22

Lax nr	Datum	Kl	Vandring	Vattenföring vandr./vattenf.	Korrelation	
1 (41)	07.07	23.45	Laxen utsatt i älven 900 m nedströms Bergeforsen			
	07.08	01.00	ned	minskad	(+) - ej medräknad	
		09.30	upp	ökad	+	
		13.00	ned	oförändrad	-	
		20.00	upp	minskad	-	
	07.09	07.30	upp	ökad	+	
		13.30	kvar	minskad	-	
	07.10	09.00	"	oförändrad	-	+
		11.00	"	ökad	+ *	

\* Kan ej vandra högre upp pga dammen.

07.11	06.00	"	minskad	-	
	08.00	"	oförändrad		+
07.12	07.00	"	"	+	
	08.00	"	ökad	+	
	09.00	"	"	+	
	18.00	"	minskad	-	
07.13	08.00	"	ökad	+	
	09.00	"	"	+	
	15.00	"	oförändrad		+
07.14	13.00	"	"	+	
	15.30	"	minskad	-	
Avbrott i observationerna från båt					
07.18	06.30	kvar	ökad	+	
	18.00	"	"	+	
07.19	05.30	"	"	+	
	14.30	"	oförändrad		+
07.20	15.30	"	"	+	
	21.30	"	minskad	-	
07.21	09.00	"	ökad	+	
	18.00	"	"	+	
07.22	04.00	"	"	+	
	09.30	"	"	+	
t o m 77.09.03 samma plats					
2 (42)	07.08	00.15	Laxen utsatt i älven 900 m nedströms Bergeforsen		
		03.30	ned	minskad	(+) ej medräknad
		10.30	upp	ökad	+
		11.00	"	oförändrad	
		13.00	"	"	-
		20.00	kvar	minskad	-
07.09		07.30	"	ökad	-
		13.30	"	minskad	-
07.10		09.00	"	oförändrad	
		11.00	"	ökad	+
07.11		06.00	"	minskad	-
		07.00	"	oförändrad	
		08.00	"	"	+
		08.30	"	"	+
		20.00	"	"	+
07.12		08.00	"	ökad	-
		18.00	"	minskad	-
07.13		03.30	ned	"	+
Laxen antagligen ut ur älven					
3 (43)	07.12	15.00	Laxen utsatt i älvmynnigen		
		16.00	kvar	minskad	(-) ej medräknad
		23.00	upp	oförändrad	
07.13		07.00	kvar	ökad	-
		08.30	"	"	-
		15.00	"	oförändrad	+
Avbrott i observationerna från båt					

07.18	06.30	kvar	ökad	- ?	
	18.00	"	"	- ?	
07.19	05.30	"	"	- ?	
	06.30	ned	"	-	
	09.00	kvar	"	-	
	15.30	ned	oförändrad		-
	23.30	"	minskad	+	
07.20	03.00	upp	oförändrad		- obs!
	13.00	ned	"	-	
	17.30	"	"	-	
	23.00	kvar	minskad	-	
07.21	02.00	upp	"	- obs!	
	09.00	"	ökad	+	
07.22	05.00	ned	"	-	
	09.30	kvar	"	-	
Laxen fångad och avlivad					

## Försök 2 1977.08.08--08.23

Lax nr	Datum	Kl	Vandring	Vattenföring vandr./vattenf.	Korrelation
4 (43)	08.08	18.00	Laxen utstätt i älven 900 m nedströms Bergeforsen		
	08.09	04.30	ned	ökad	-
		12.15	upp	"	+
		18.30	"	oförändrad	-
	08.10	08.00	"	ökad	+
		21.45	kvar	minskad	-
	08.11	12.00	"	oförändrad	+
	08.12	11.30	"	minskad	-
	08.13	10.00	"	ökad	-
		16.00	"	oförändrad	+
		17.30	ned	minskad	+
	08.14	07.30	kvar	ökad	-
		08.00	ned	"	-
		19.20	"	"	-
		21.30	Laxen kan ej hittas i älven		
	08.15	04.00	upp	minskad	- obs!
		06.00	"	"	- obs!
		11.00	"	ökad	+
	08.16	09.15	ned	"	- obs!
		17.30	"	minskad	+
	08.17	10.00	upp	ökad	+
Laxen fångad och avlivad					
5 (44)	08.08	18.30	Laxen utsatt i älven 900 m nedströms Bergeforsen		
	08.09	09.40	upp	ökad	+
		11.30	ned	"	(-) ej medräknad
	08.10	08.30	kvar	"	-
		22.30	ned	minskad	+

	08.11							
	08.12	15.15	ned		minskad		+	
								Lämnat älven ev fångad illegalt
6 (45)	08.08	18.30			Laxen utsatt i älven 900 m nedströms Bergeforsen			
		19.30	ned		oförändrad		(-) ej medräknad	
		22.30	"		"		-	
	08.09	04.20	upp		ökad		+	
		10.00			Fångad och återutsatt			
			(upp)		ökad		+	
		18.00	ned		oförändrad		(-) ej medräknad	
		19.00	upp		ökad		+	
	08.10	10.00	"		"		+	
		21.45	"		minskad		- obs!	
	08.11	12.00	kvar		oförändrad			+
	08.12	09.30			Fångad och återutsatt			
			(kvar)		oförändrad			+
		14.30	ned		"		(-) ej medräknad	
	08.13	18.30	"		minskad		+	
	08.14	12.00	upp		ökad		+	
		20.00	"		"		+	
	08.15	06.30	"		"		+	
		13.10	kvar		oförändrad			+
		16.00	"		"		+	
	08.16	07.00	upp		ökad		+	
		17.00	kvar		oförändrad			+
	08.17	07.00	"		ökad		+ *	
	08.18	14.00	"		minskad		-	
	08.22	13.00	"		oförändrad			+
	08.23	10.30	ned		ökad		- obs!	
								Laxen fångad och avlivad
7 (46)	08.08	18.30			Laxen utsatt 900 m nedströms Bergeforsen			
	08.10	03.30	ned		minskad		(+) ej medräknad	
		07.30	kvar		ökad		-	
		10.10	upp		"		+	
		22.00	"		minskad		-	
	08.11	12.00	"		ökad		+	
	08.12	02.45	ned		minskad		+	
		11.00-15.30			Obefintlig i älven			
	08.13	15.30	upp		oförändrad			-
		16.30	"		"		-	
	08.14	07.00	"		ökad		+	
		08.00	kvar		"		-	
		19.00	"		"		-	
	08.15	05.40	"		minskad		-	
		08.00	"		ökad		-	
								Laxen fångad och avlivad

\* Kan ej komma högre

Antal positiva korrelationer: 62 + 3 = 65  
 Antal negativa korrelationer: 55 + 6 = 61

Vid 65 observationer råder alltså en positiv korrelation mellan vandring och vattenföring, vid 61 observationer däremot en negativ korrelation. Om hänsyn tas till den "onormala" nedvandring som äger rum genast efter hantring och återutsättning blir skillnaden något större, 62 positiva resp 55 negativa.

Försöksresultaten visar att det är lika vanligt att en lax t ex vandrar uppströms vid ökad vattenföring som att den stannar kvar eller vandrar nedströms. Detta leder fram till följande viktiga slutsats:

- i registret 100-600 m<sup>3</sup>/s, som är den normala vattenföringen under laxens

vandringstid (juli-augusti) i Indalsälven, råder inget samband mellan laxvandringen och vattenföringen.

Påfallande ofta påbörjas upp- eller nedströmsvandringen i gryning eller skymning. Vandringar som startar vid dessa tider på dygnet har vid ett flertal tillfällen lämnat efter sig mycket distinkta registreringar på de fasta skrivarna, vilket tyder på att de förbipassande laxarna haft hög vandringshastighet.

Exempel på grynings- och skymningsaktivitet lämnas i nedanstående tabell.

Lax nr	Datum	Kl	Vandring	Registrerande skrivare
2	07.08	03.30	ned	Färjholmen
		10.30	upp	"
	07.13	03.30	ned	"
3	07.12	23.00	upp	Färjholmen
	07.19	23.00-24.00	ned	"
	07.20	03.00	upp	"
		13.00	ned	"
	07.21	01.00-03.00	upp	"
4	08.09	04.30	ned	Skeppsholmen
	08.14	21.30	" (möjl.)	Färjholmen
	08.15	04.00	upp	"
6	08.08	19.30-22.30	ned (möjl.)	Färjholmen
	08.09	04.20	upp	"
7	08.10	03.30	ned	Skeppsholmen
		07.30	upp *	"
	08.12	02.45	ned	Färjholmen
	08.13	15.30	upp	"

\* Efter uppehåll kring skrivaren

Vandringsriktningen har kunna fastställas med hjälp av manuella registreringar från båt.

I tabellen kan det vara värt notera att gryningsaktiviteten i juli infaller kl 03.00-03.30 och skymningsaktiviteten kl 23.00-24.00. I augusti infaller gryningsaktiviteten 1

timme senare och skymningsaktiviteten 1-1½ timme tidigare. Förskjutningen överensstämmer med den kortare dagslängden i augusti.

Ovanstående iakttagelser leder fram till följande slutsats beträffande laxens lekvandring:

- perioder av vandring växlar med perioder av stillastående. Vandringsperioderna påbörjas påfallande ofta i gryning eller skymning. En jämförelse mellan juli- och augustiförsöken styrker detta påstående.

Liknande iakttagelser har gjorts av Hayes (1953), Holliday et al. (1972/73), Westerberg (1977a) och Power & McCleave (1980).

## DISKUSSION

Innan laxen börjar sin uppstigning i älven tillbringar den viss tid i mynningsområdet. Under denna tid är laxen utsatt för vindar och strömmar. Kraftig pålandsvind anses medföra en ansamling av lax i mynningsområdet. Samtidig lågvattenföring från älven tycks göra att laxen får svårt att hitta upp i älven. Under sådana betingelser kan lax och även öring förmås stiga genom koncentrerade vattenpåsläpp, något som praktiserats både i Sverige och utomlands (Sømme 1944, Huntsman 1945, Hayes 1953, Hasler 1966, Banks 1969, Hallock et al. 1970, Scholz et al. 1972, Häggström & Wendt 1975, Stasko 1975, Berntsson & Johansson 1977, Fagerström & Svärdson 1978, Westerberg 1984).

Vandringssvårighet för laxen uppträder oftare i små floder med en vattenföring på upp till ca 40 m<sup>3</sup>/s än i stora. Exempel på vattendrag i vilka laxvandringen studerats lämnas i Bilaga 3.

Frågan är om vattenföringen i stora älvar någonsin når ner i så låga värden att den hindrar laxuppvandringen. Föreliggande undersökning över laxens vandringar i Indalsälven ger snarast belägg för motsatsen. Trots dygnsvariation i registret ca 100-600 m<sup>3</sup>/s vandrar laxen upp- och nedströms av allt att döma opåverkad av vattenföringen. Den lägsta vattenföring som överhuvud taget inträffade under försöksperioden var 67 m<sup>3</sup>/s.

Om laxen inte hindras och betingelserna i övrigt är gynnsamma har laxen en vandringshastighet i sötvatten av i genomsnitt 25 km/dygn (Malinin et al. 1974, Westerberg 1982). Vandringarna följer en viss dygnsrytmik i vilken aktivitetsperioder växlar med vila. Den här genomförda telemetriunder-

sökningen visar dessutom att laxen särskilt om den stöter på ett hinder som i det här fallet en kraftverksdamm, kan företa upprepade vandringar mellan dammen och älvmynningen innan den eventuellt lämnar älven. Aktivitetsperioder inträffar ofta regelbundet i gryning och skymning.

Tidigt på säsongen kan temperaturen vara en faktor som har betydelse för uppvandringen, speciellt då det gäller att övervinna hinder som laxen ogärna försöker passera då temperaturen är lägre än 5 °C. En övre gräns tycks ligga vid 25 °C (Hayes 1953, Hallock et al. 1970).

Vår undersökning i Indalsälven genomfördes vid 14-16 °C, sannolikt en för laxuppvandring idealisk vattentemperatur.

## ERKÄNNANDEN

Jag vill tacka Jonas Sahlin och hans notlag vid Bergforsens laxodling, vilka svarat för fångst och återfångst av de märkta laxarna, Per Skyttner som utfört en stor del av fältobservationerna och Sten Andreasson, Lennart Nyman och Håkan Westerberg, vilka bidragit med värdefull kritik av manuskriptet.

## LITTERATUR

- Arnborg, L. 1966. Utlåttande rörande den morfologiska utbredningen av Indalsälvens delta under oreglerade och reglerade vattenföringsförhållanden samt synpunkter rörande de bestående korttidsregleringarnas inverkan. Erosionsutredning i mål om Stadsforsens korttidsreglering. A66/42 aktbil. 618:132-136.
- Arnborg, L. 1967. Indalsälvens delta. Fluvialmorfologisk utveckling med särskild hänsyn till 1900-talets vattenkraftsutbyggnad. Rep. Hydroconsult nr 67-150. 71 p. (In Swedish.)
- Banks, J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *J. Fish Biol.* 1:85-136.
- Berntsson, K.-E. & R. Johansson. 1977. Havsöringundersökningar i Anråsån. Medd. Havsfiskelaboratoriet, Lysekil Nr 230. 20 p. (In Swedish.)



- Björk, L. 1972. Utrustning för telemetri undersökningar. (English summary: Equipment for telemetry investigations.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (16). 26 p. (In Swedish with English summary.)
- Blomqvist, E. 1970. Indalälven - en kraftkälla. Festschrift, IRFs femtioårsjubileum, Östersund. 256 p. (In Swedish.)
- Brumbaugh, D. 1980. Effects of thermal stratification on range of ultrasonic tags. Underwater Telemetry Newsletter 10(2).
- Fagerström, Å. & G. Svärdson. Öringen och torrår i fjällvärlden. (English summary: The effects of water level fluctuation on brown trout (*Salmo trutta*) in the mountain region.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (6). 20 p. (In Swedish with English summary.)
- Gönczi, A.P. 1980. Öringutsättningar i kraftverksmagasin. Beteendetest med telemetri. FÅK Informerar 8:2-14. (In Swedish.)
- Hallock, R.J., R.F.E. Well & D.H. Fry Jr. 1970. Migrations of adult king salmon *Oncorhynchus tshawytscha* in the San Joaquin delta as demonstrated by the use of sonic tags. Dept. Fish & Game, Calif. Fish Bull. 151. 92 p.
- Hasler, A.D. 1966. Underwater guideposts. Homing of salmon. The University of Wisconsin Press, Madison, Milwaukee. 155 p.
- Hayes, F.R. 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and population of Atlantic salmon in the LaHave River, Nova Scotia. Bull. Fish. Res. Board Can. 99. 47 p.
- Holliday, F.G.T., P. Tytler & A.H. Young. 1972/73. Activity levels of trout (*Salmo trutta*) in Airthrey Loch, Stirling, and Loch Leven, Kinross. Proc. R.S.E. (B), 74, 21.
- Huntsman, A.G. 1945. Freshets and fish. Trans. Amer. Fish. Soc. 75:257-266.
- Hvarfner, H. 1964. Fiskaren, laget och redskapet. Riksantikvarieämbetet, Stockholm. 268 p. (In Swedish.)
- Häggström, Å. & C. Wendt. 1975. Lax och öring i Mörrumsån. Fiskeristyrelsen, Göteborg 1975-02-25. (In Swedish.)
- Malinin, L.K., A.G. Poddubnyi & A.M. Swirskyi. 1974. Behaviour of salmon (*Salmo salar* L.) in the course of spawning migration through the waterbody. Zh. obshch. Biol. 35(4):645-649.
- Nyman, L. 1973. Undervattenstelemetri - en ny teknik i forskningens tjänst. (English summary: Underwater telemetry - a new technique of service to science.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (2). 29 p. (In Swedish with English summary.)
- Olsson, G. 1979. Kraftutbyggnadens inverkan på fisket i Indalsälven mellan Bergforsens kraftverk och havet. Yttrande 1979-05-11 till Jämtbygdens tingsrätt, Vattendomstolen i målet om Stadsforsens korttidsreglering m m. A66/42, grupp 14. (In Swedish.)
- Power, J.H. & J.D. McCleave. 1980. Riverine movements of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) upon return as adults. Env. Biol. Fish. 5(1):3-13.
- Scholz, A., D.M. Madison, A.B. Stasko, R.M. Horrall & A.D. Hasler. 1972. Orientation of salmon in response to currents in or near the home stream. Amer. Zool. 12(4).
- Solomon, D.J. & T.J. Storeton-West. 1983. Radio tracking of migratory salmonids in rivers: development of an effective system. Fish. Res. Tech. Rep., MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft (75). 11 p.
- Stasko, A.B. 1975. Progress of migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) along an estuary, observed by ultrasonic tracking. J. Fish. Biol. 7:329-338.
- Sømme, I.A. 1944. Ørretboka. Jacob Dyb wads forlag, Oslo. 591 p.
- Trefethen, P.S. & D.F. Sutherland. 1968. Passage of adult chinook salmon through Brownlee reservoir, 1960-62. Fish. Bull. 67(1):35-45.

- Uppman, S. 1980. Försök med ultraljudsteleometri på lekvandrande lax i Ljusnans mynningsområde 1979. (English summary: Ultrasonic tracking of migrating spawners of atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the mouth of River Ljusnan.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 32 p. (In Swedish with English summary.)
- Wendt, C. & C. Ericson. 1972. Blood glucose in hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) following exercise. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 52:204-215.
- Westerberg, H. 1977a. Telemetriförsök med lax och laxöring i Mörrumsån 1976. LFI Inform. 4. 16 p. (In Swedish.)
- Westerberg, H. 1977b. Ultraljudsteleometri. (English summary: Ultrasonic telemetry.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 39 p. (In Swedish with English summary.)
- Westerberg, H. 1982. Ultrasonic tracking of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). I. Movements in coastal regions. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 60:81-120.
- Westerberg, H. 1983. Metodproblem vid telemetrastudier av fisk. (English summary: Methodologic problems in fish tracking.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (5). 18 p. (In Swedish with English summary.)
- Westerberg, H. 1984. Om laxens lekvandring och vattenföringen i hemälven (Lule älv). (English summary: River discharge and timing of the salmon run in the River Lule.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 39 p.

**ENGLISH SUMMARY: ULTRASONIC TELEMETRY ON ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.) DURING THE SPAWNING MIGRATION IN THE LOWER REACHES OF RIVER INDALSÄLVEN IN 1977**

Increasing water flow has a determining influence on spawning migration of salmon in small rivers with a water flow that seldom exceeds about 40 m<sup>3</sup>/s. This is a wellknown fact among fishermen.

The present work indicates, that water flow is not of the same importance to migration in big rivers.

In July and August 1977, seven salmon were equipped with ultrasonic transmitters and released in River Indalsälven, province of Medelpad, Sweden. The migratory patterns were studied along the lowest 10 km stretch of the river, from the dam at Bergforsen to the mouth on the Baltic coast. The river is influenced by 24-hr short-term water regulation within the range 100-600 m<sup>3</sup>/s.

The results, although far from conclusive considering the small number of fish tracked, indicate that:

- 1) early migrating big salmon (3) swam to the impassable dam and remained in the vicinity of the dam for the duration of the period,
- 2) the remaining fish (4) repeatedly migrated between the area below the dam and the river mouth,
- 3) the latter migrations appeared not to be influenced by the short-term regulation of the water regime, and
- 4) that migrations, irrespective of direction, were initiated at dawn and dusk.

# ELEKTROFORETISK UNDERSÖKNING AV ROMPROTEINER HOS LAXFISK

Tiit Paaver

Sötvattenslaboratoriet, 170 11 DROTTNINGHOLM  
(nuv. adress: Estlands institut för husdjursförädling, Kreutzwaldigatan 1, TARTU, Estland)

## INLEDNING

Undersökningar av populationsgenetiska markörer hos fisk är huvudsakligen baserade på elektroforetiska analyser av olika enzymer i vävnader som lever, muskel, öga och blod. Ibland är det dock nödvändigt att fisken inte dödas eller skadas vid provtagningen, t ex när det gäller hotade eller sällsynta arter och stammar eller när man vill analysera den genetiska statusen hos en speciellt skyddsvärd avelsstam. I sådana fall måste man använda biopsier, och en sådan vävnad som kan provtas utan att fisken skadas är mogen rom. Under lektiden finns stora mängder tillgängliga. Detta förhållande har gjort att vi började studera förekomsten av polymorfa proteinmarkörer i rom. De första preliminära studierna visade att det också kunde finnas vävnadsspecifika och ibland också polymorfa proteiner i rom, varför projektets inriktning blev tvåfaldig:

- 1) Finns det rom-specifika proteiner som kan användas för genetiska och fiskeribiologiska studier av fiskar och fiskpopulationer?
- 2) Kan romkorn användas för elektroforetisk analys av enzymmarkörer - dvs användas för populationsundersökningar?

## MATERIAL OCH METODER

Rom från 10 arter av laxfisk undersöktes (hösten 1990):

- 1) röding, *Salvelinus alpinus*
- 2) amerikansk bäckröding, *Salvelinus fontinalis*
- 3) kanadaröding, *Salvelinus namaycush*
- 4) lax, *Salmo salar*
- 5) öring, *Salmo trutta*
- 6) regnbåge, *Oncorhynchus mykiss*
- 7) indianlax, *Oncorhynchus nerka kennerlyi*
- 8) "sik" (art ej närmare bestämd), *Coregonus* spp.
- 9) siklöja, *Coregonus albula*
- 10) harr, *Thymallus thymallus*

Data om antalet fiskar och de lokaler där de samlats in anges i Tabell 1. Inte bara rom samlades in från fiskarna utan även ett stort antal andra vävnader för att möjliggöra jämförelser mellan olika vävnaders enzymmönster och för att undersöka vilka loci som uttrycks i rommen. Några analyser medgav både beräkning av allelfrekvenser i vissa loci hos några populationer och också direkta jämförelser av enzymmönster mellan olika arter.

Två elektroforetiska metoder användes - vertikal polyakrylamid gel-elektrofores (PAAG) och horisontell stärkelsegelelektrofores. Båda var standardtekniker - PAAG som den rutinmässigt används vid estniska vetenskapsakademins institution för zoologi och botanik i Tartu (och vid andra institutioner i forna Sovjetunionen), och stärkelsegelelektrofores som den rutinmässigt används vid Laxforskningsinstitutet och Fiskeri-

Tabell 1. Ursprungspopulationer och antal prover för analyserna av romproteiner hos laxfisk.

Art	Population	Antal romkorn	Utvecklingsstadium	Provtagningstillfälle	Övriga vävnadsprov	Anmärkning
Röding	Vättern	9	mognande eller juvenila	90.05	L	från J. Hammar
	Ankarvattnet	3	"	"	L	"
	Grundvattnet	15	"	"	L	"
	Torrön	10	"	"	L	"
	Blåsjön	15	"	"	L	"
	Ö. Lillsjön	8	"	90.09		utplanterad
	Hornavan	16	kramad rom	90.10		odlad stam, Kälarne Försöksstation
	Hornavan	-	juvenila	90.10	L,M,Ö,H, B,Mj	"
	Stora Rensjön	20	"	"		"
	Ottsjön	18	"	"		"
	Dunnervattnet	6	mognande	90.08		från O. Filipsson
Gräsvattnet	2	"	"		"	
Amerikansk bäckröding	Liten bäck, Kälarne	4	mognande	90.10	L,M,Ö	vild
Kanadaröding		16	kramad rom	90.10		odlad stam
Lax	Dalälven	35	kramad rom	89.10		från H. Jansson, LFI
	Indalsälven	34	"	"		"
	Dalälven	14	mognande	90.08	L,M,Ö,F, H,Mj	död fisk från Älvkarleby Försöksstation
Öring	Dalälven	26	mognande	90.08	L,M,Ö,F,H	död fisk
	Oxsjöån	15	kramad	90.09		vild
	Gräsvattnet	2	mognande	90.08		från O. Filipsson
	Gimån ST	14	kramad	90.10		vild
	Gimån BH	4	"	"		"
	Gimån ST	33	"	"		Kälarne Försöksstation
	Gullspångsälven	110	"	"		"
	Arevattnet	35	"	"		"
	Alatjärn	18	juvenila	90.09	L,M,Ö,F	utplanterad
Regnbåge	Kälaren, "Gloria"	1	mognande	90.10		odlad stam
		35	juvenila gulesäcksyngel	90.09 90.06	L,M,Ö	Kälarne Försöksstation "
Indianlax		7	mogna	90.10	L,M,Ö	vild
Sik	Långflyn	5	mognande	90.08		från O. Filipsson
	Gräsvattnet	14	"	"		"
	Ansjön	7	"	90.09		vild
Siklöja	Mälaren	18	mognande	81.		från J. Hammar
	Mälaren	10	mogna	90.11		"
Harr		50	ögonpunktad rom	90.06		vild

Förkortningar av vävnadsnamn: L = lever, M = muskel, Ö = öga, F = fenor, H = hjärta, Mj = mjölke, B = blod.  
Förkortning av öringstammar: ST = Gimån/Stavre, BH = Gimån/Båthällan

verkets försöksstation i Kälarne. Tio enzymer, som normalt används för populationsgenetiska studier på fisk, analyserades.

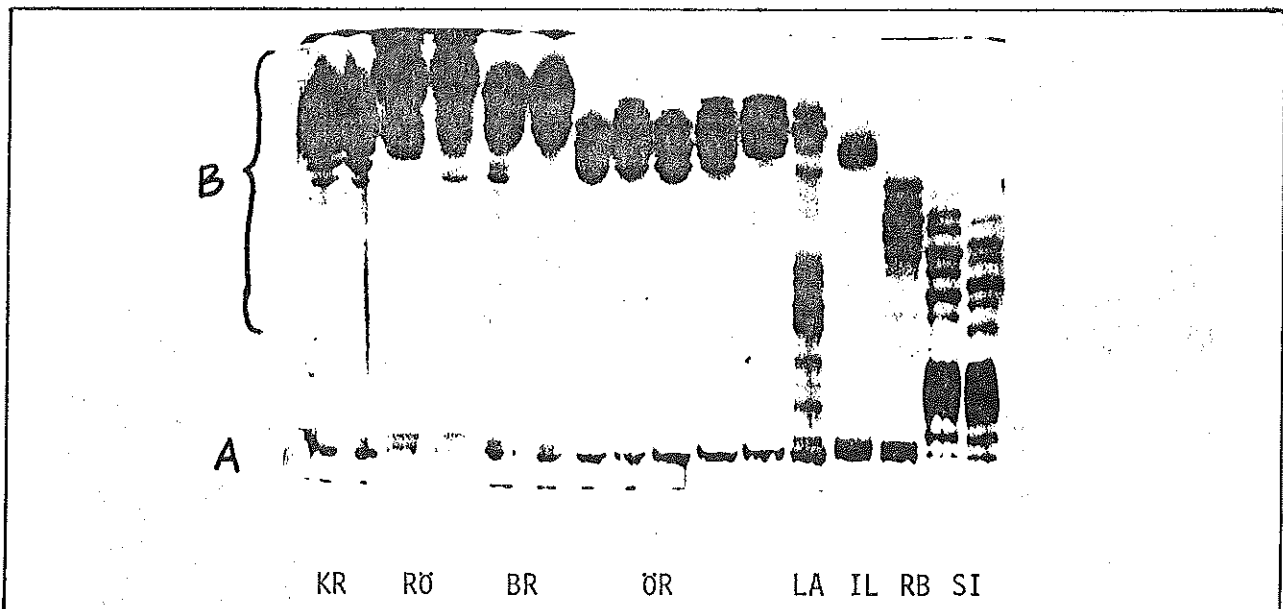
De undersökta enzymerna betecknas sålunda: laktatdehydrogenas (LDH), malatdehydrogenas (MDH, inklusive dess NADP-beroende form - "malic enzyme"),  $\alpha$ -glycerofosfatdehydrogenas (AFPDH), sorbitoldehydrogenas (SDH), isocitratdehydrogenas (IDH), superoxid-dismutas (SOD), fosfoglukomutas (PGM), fosfoglukosisomeras (PGI), esteras (EST) och aspartataminotransferas (AAT). Dessutom användes amidosvart färg för att framkalla allmänna proteiner i muskel, lever, blod och rom.

## RESULTAT

### Romproteiner

Två proteinzoner visade sig hos mogen laxfiskrom (Figur 1). En långsam zon, som består av proteiner med hög molekylvikt, var ganska likartad hos de studerade arterna och bestod av ett eller två band. En snabb zon, som bestod av många fraktioner med låg molekylvikt, visade klart artspecifika mönster och också viss inomartsvariation.

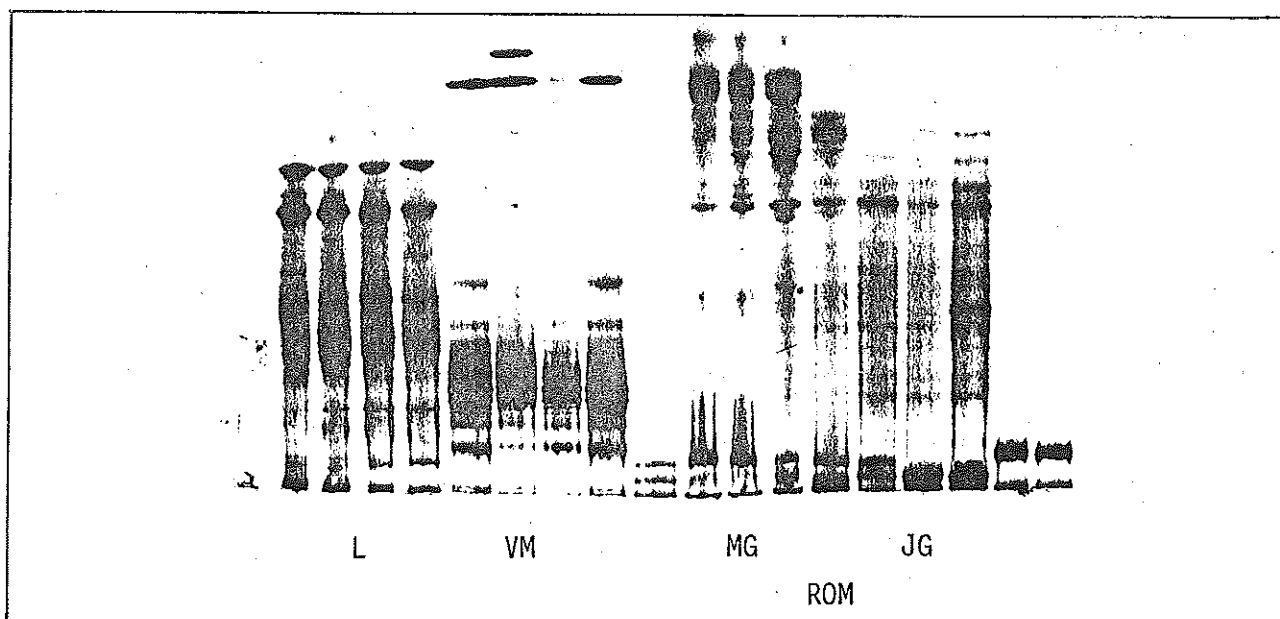
Enbart på grundval av elektroforetiska undersökningar är det svårt att identifiera proteinerna biokemiskt. Detta kräver en



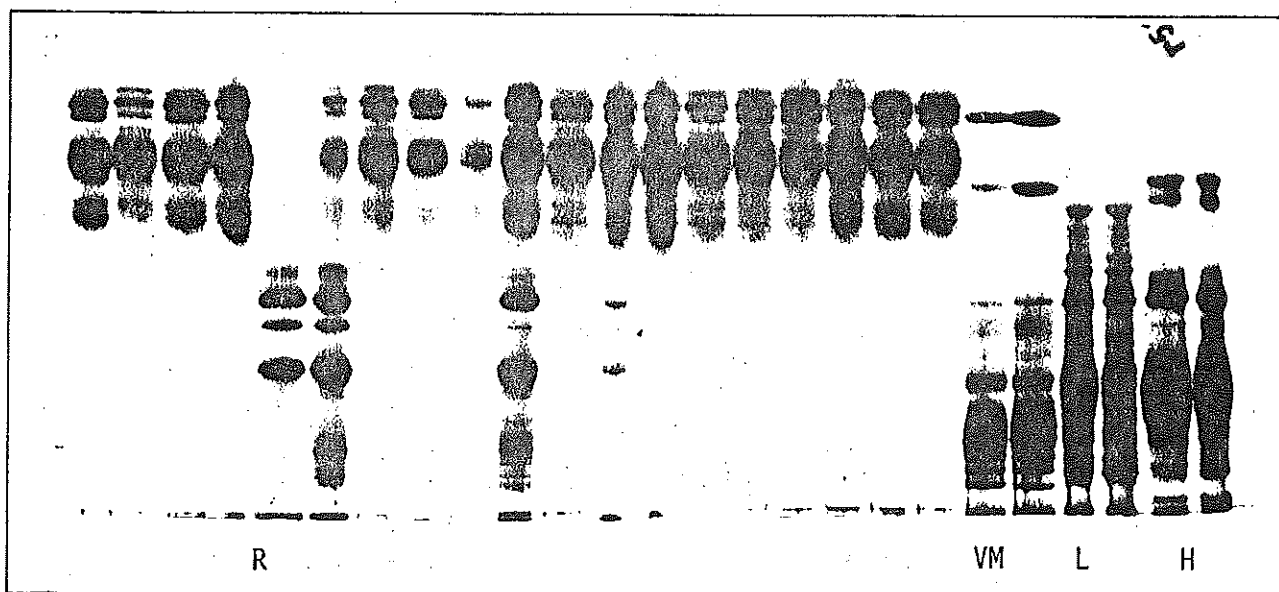
Figur 1. Två zoner med proteiner erhålls vid PAAG-elektrofores av romproteiner (A=långsam zon, B=snabb, variabel zon). KR=kanadaröding, RÖ=röding, BR=bäckröding, ÖR=öring, LA=lax, IL=indianlax, RB=regnbåge, SI=sik.

separat undersökning med biokemiska metoder. Men det är troligt att dessa proteiner motsvarar huvudkomponenterna i fiskars äggula - ovovitellin och fosfitin (Mommsen & Walsh 1988), eftersom dessa komponenter var praktiskt taget de enda som påträffades hos mogen rom. Det verkar också rimligt att de just är komponenter i äggulan eftersom de påträffades i prov av ren äggula som inte behandlats på något sätt. Inte heller kunde dessa proteiner påträffas i någon annan vävnad hos fiskarna (i varje fall inte med

standardiserad elektroforesteknik och allmän proteinfärgning). De tycktes enbart finnas i mogna hongonader (Figur 2, 3 och 4). Det allmänna proteinmönstret hos juvenila gonader liknade mönstret hos blod och bindväv. Dessa proteiner kunde följas under mognadsprocessen i gonaderna och därefter i den befruktade rommen, i embryon och t o m i larver med gulesäcken kvar utan några stora signifikanta förändringar. Mommsens och Walshs resultat skiljer sig dock från de slutsatser som dras i den andra



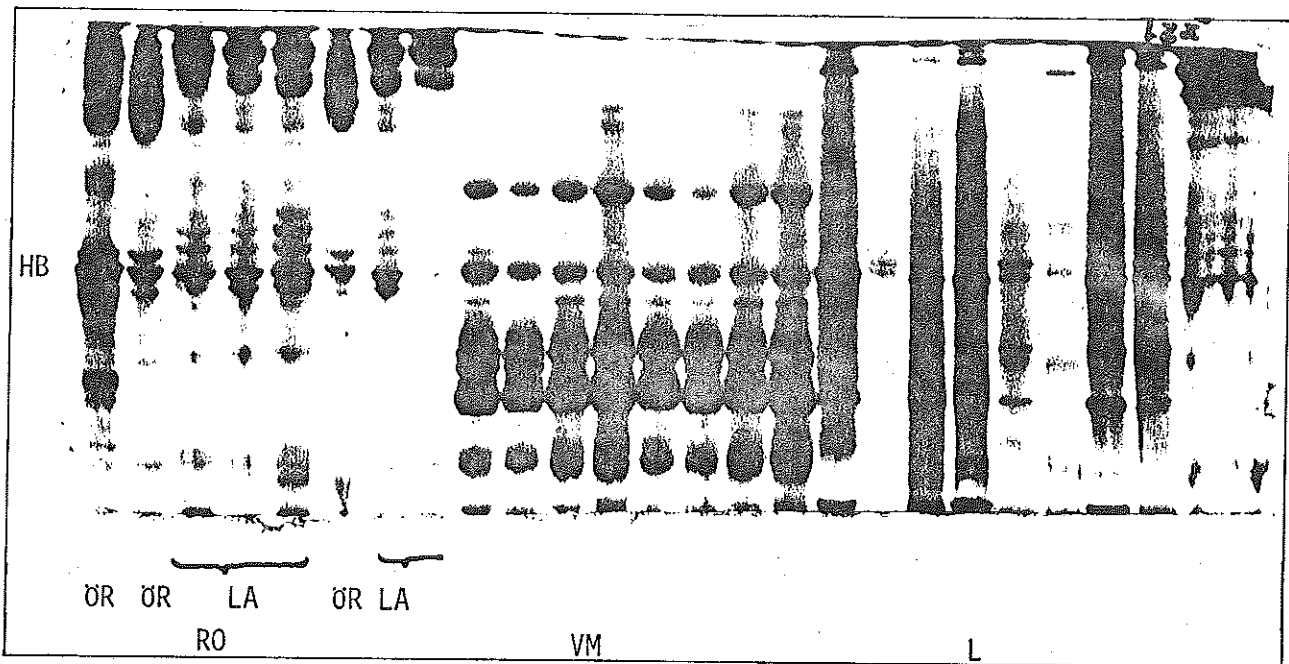
Figur 2. Elektroforesmönster av allmänna proteiner från olika vävnader hos röding. L=lever, VM=vit muskel, MG=mogna gonader, JG=juvenila gonader.



Figur 3. Elektroforesmönster av allmänna proteiner från olika vävnader hos röding som visar monomorfism hos ägguleproteinerna och frånvaron av dem i andra vävnader och resorberande rom. R=resorberande rom, VM=vit muskel, L=lever, H=hjärta.

av de två publikationer om proteiner i laxfiskrom som jag känner till (Olin & von der Decken 1989). Dessa författare, som använde PAAG elektrofores, hävdar att signifikanta förändringar sker i äggulans proteinmönster under fasen direkt efter befruktningen. De använde dock en något modifierad typ av PAAG, där SDS tillsatts gelen.

Denna undersökning visade att proteinmönstret hos rommen förändrades ganska snabbt vid övermognad och när de resorberande processerna börjat. Först försvann den snabba zonens proteiner (Figur 3) trots att de fanns hos död rom i kläckningstrågen. Mönstren hos ägguleproteinerna ändrades inte av behandling och lagring innan elektro-



Figur 4. Elektroforesmönster av allmänna proteiner från olika vävnader hos lax och öring som visar frånvaron av ägguleproteinerna i andra vävnader än rom och närvaro av hämoglobin och andra blodproteiner i prov av gonader från död fisk. LA=lax, ÖR=öring, RO=rom, VM=vit muskel, L=lever, HB=hämoglobin.

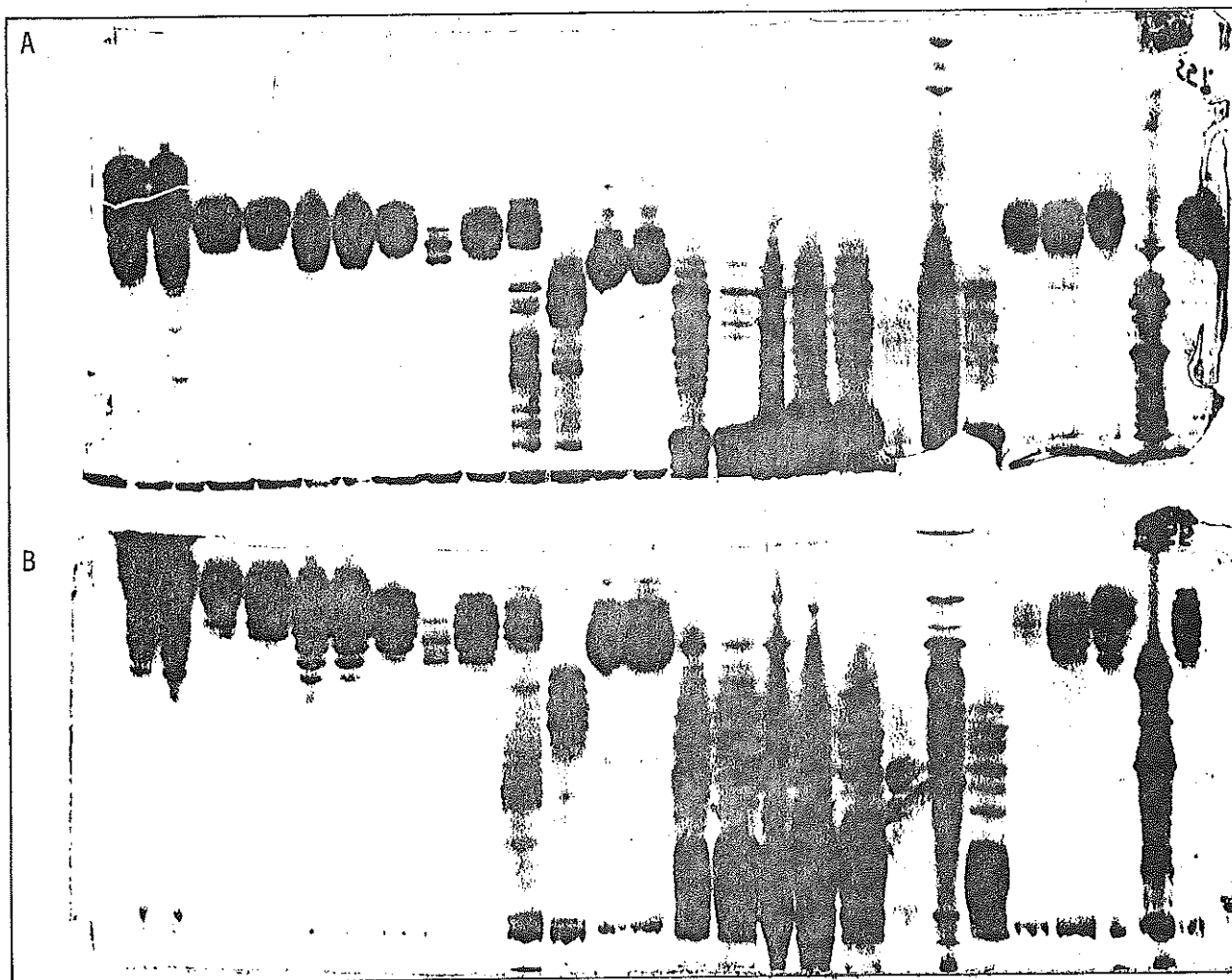
foresundersökningen. Ett oförändrat mönster kunde t o m erhållas från rom som förvarats vid rumstemperatur i flera dagar. Om rommen saltades höll de sig ännu längre. Inte ens upprepad nedfrysning och upptining verkade påverka proteinmönstren på ett signifikant sätt.

Den bästa separationen av romproteinerna erhöles med PAAG-elektrofores i 10%-iga geler med pH 8.9 och TRIS-glycin som elektrodbuffert. I geler med lägre halt av akrylamid (7%) så ökade avståndet mellan banden, men en del band (t ex hos röding) försvann genom att de förenade sig med fronten (Figur 5).

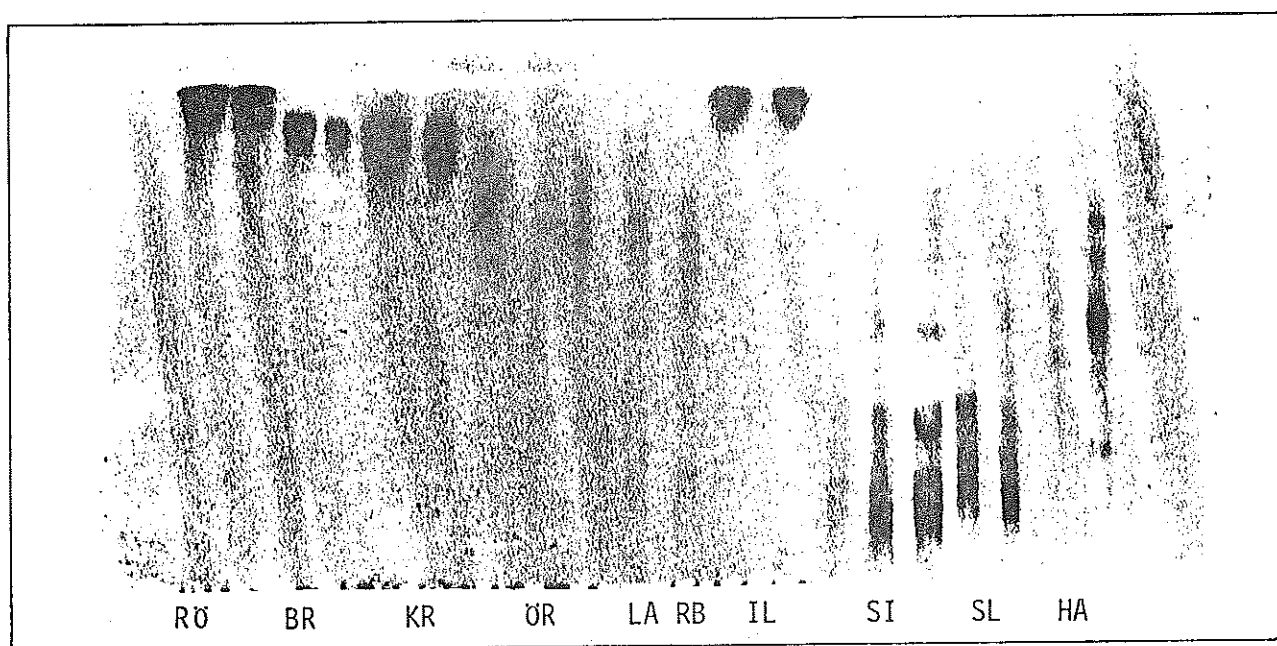
Vi lyckades inte utveckla någon bra teknik för romproteiner med stärkelseelektrofores. Det skarpaste mönster som kunde erhållas (med Ridgway-buffert vid pH 8.4) blev mycket mer diffust än det normala mönstret med PAAG (Figur 6). För att förbättra tekniken med stärkelseelektrofores av romproteiner måste man lösa problemen både med lämpligt buffertsystem och framställande av proteinlösningar. Detta framgår av Figur 7 där muskelproteiner visar tydliga mönster med stärkelseelektrofores medan romproteinerna går fram dåligt.

Eftersom romproteinmönstren var artspecifika kan de användas till att skilja rom av olika arter laxfisk (Figur 1, 5 och 8). Mönstren har också taxonomiskt intresse eftersom nära besläktade arter hade liknande mönster. Sik och siklöja hade t ex liknande mönster med ett stort antal snabba fraktioner. De tre arterna av släktet *Salvelinus* (rödingar) var också lika varandra och detsamma gällde lax och öring, som också tillhör samma släkte (*Salmo*).

Hos två arter fann vi inomartsvariation: öring och sik (Figur 9 och 10). Av tidigare resultat kan vi också räkna dit regnbåge, även om de som nu undersöktes inte visade någon tydlig variation. Tre fenotyper kunde urskiljas, något som normalt kan översättas som två homozygoter och en heterozygot. Det är dock svårt att bevisa denna hypotes. Mönstren är komplicerade och består av flera fraktioner, och det är omöjligt att kunna bestämma hur många gener som är ansvariga för dem. Den eventuella heterozygoten visar inte heller den vanliga enkla summeringen av homozygoternas mönster. Inte heller är fördelningen av fenotyper i samtliga fall i överensstämmelse med jämvikt enligt Hardy-Weinbergs lag trots att

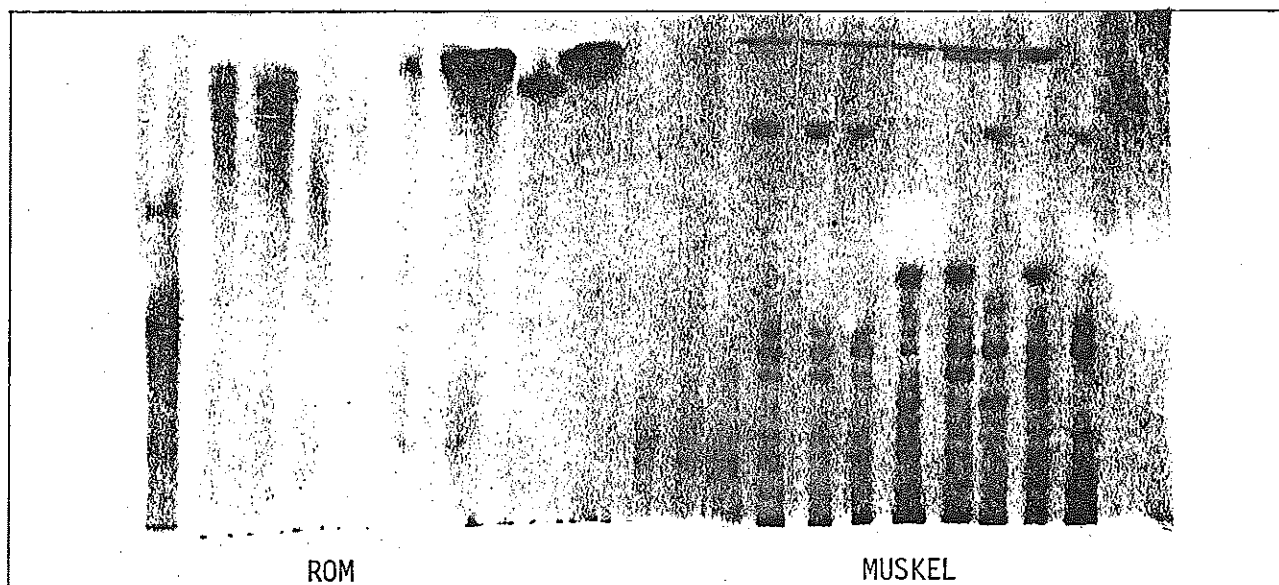


Figur 5. Inverkan av olika koncentrationer polyakrylamid på elektroforesmönstren av allmänna romproteiner. A=10% PAAG, B=7% PAAG.

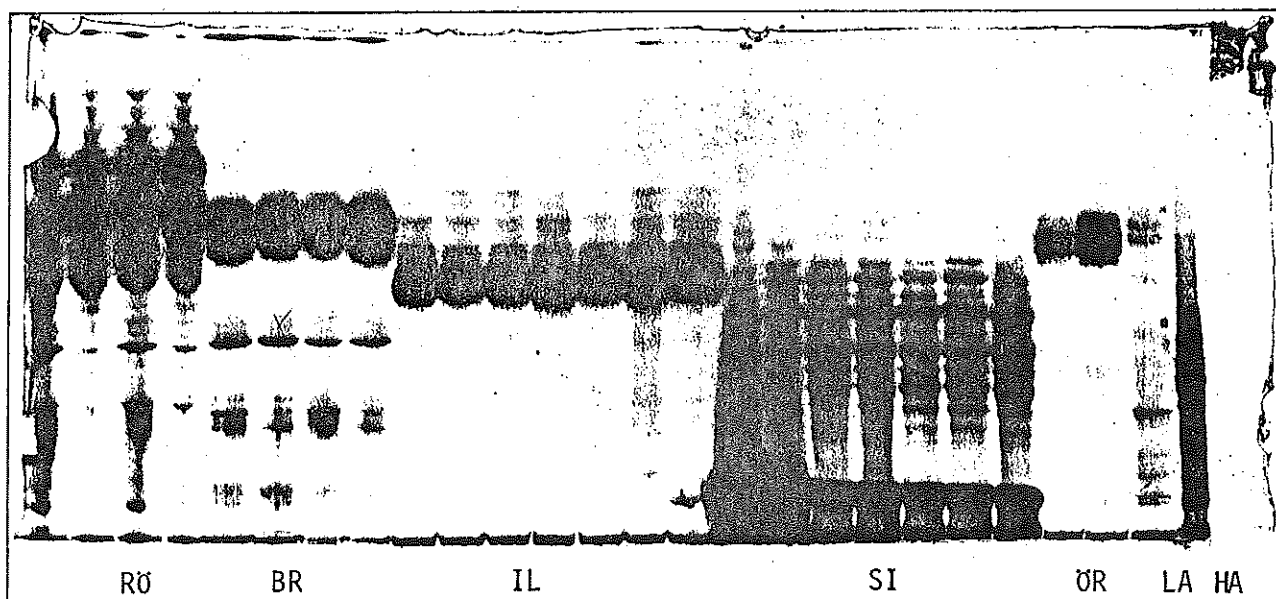


Figur 6. Stärkelsegelelektrofores av ägguleproteiner från olika arter av laxfisk. RÖ=röding, BR=bäckröding, KR=kanadaröding, ÖR=öring, LA=lax, RB=regnbåge, IL=indianlax, SI=sik, SL=siklöja, HA=harr.





Figur 7. Jämförande elektroforesmönster av äggule- och muskelproteiner i stärkelsegel. Resultaten antyder behovet av metodikutveckling för att separera ägguleproteiner med denna metod.

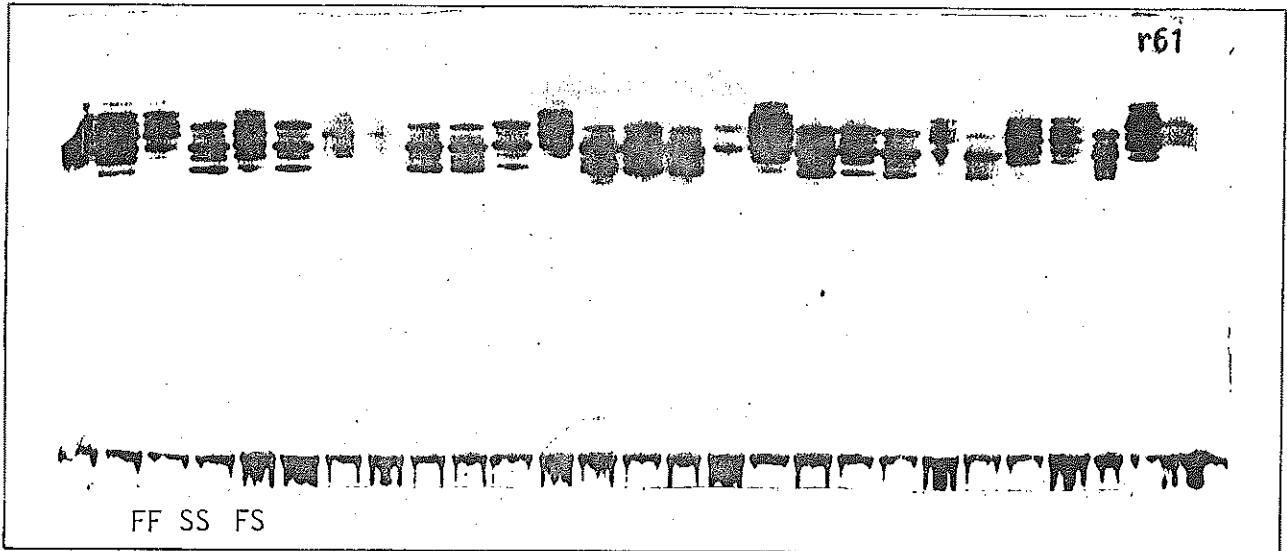


Figur 8. Artspecifika mönster av ägguleproteiner med användande av PAAG-metodik. RÖ=röding, BR=bäckröding, IL=indianlax, SI=sik, ÖR=öring, LA=lax, HA=harr.

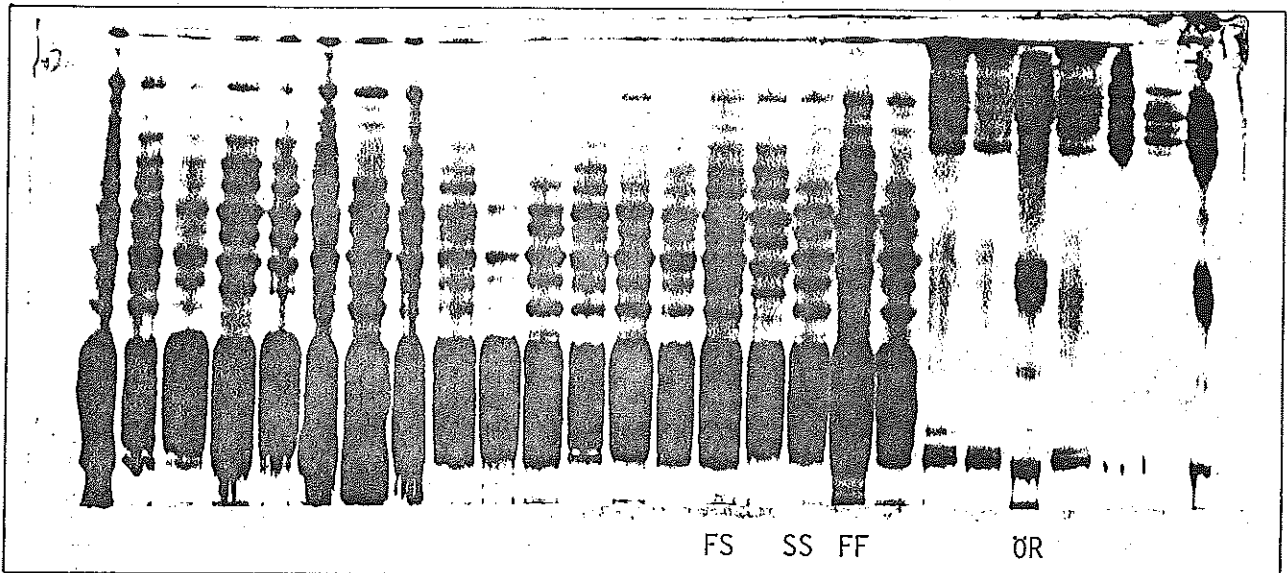
detta kunde testas i vissa fall. Hos öring är det svårt att skilja två fenotyper från varandra (en snabb homozygot och heterozygoten) varför antalet fenotyper presenteras på två sätt i Tabell 2.

Man kan ifrågasätta om det är möjligt att lösa frågan om genetisk bakgrund till den funna variationen på traditionellt sätt, ge-

nom att analysera kontrollerade korsningar från odlingsmiljö. Tyvärr verkar det mycket svårt eftersom de vanliga korsningarna inte ger förväntat mönster. Ytterligare ett problem med genetisk tolkning av romproteiner är deras rent materiella nedärvning. Vi kan alltså inte bestämma han-faktorn i korsningarna och korsningarna måste alltså göras



Figur 9. Polymorfism hos öring (Gullspång) i ägguleproteiner. Fenotyper: SS, FS, FF.



Figur 10. Polymorfism hos sik i ägguleproteiner. Till höger öringmönster som jämförelse. Fenotyper: SS, FS, FF.

i blindo. För att öka säkerheten trots denna brist måste ett stort antal familjer undersökas. Resultaten kan vidare inte "avläsas" förrän efter 3-4 år, när fisken är könsmogen, och under hela denna tid måste ett stort antal honor från varje avkommegrupp hållas åtskilda eller märkas gruppvis. Det är dessutom dyrt att uppföda ett stort antal honor till könsmognad.

Ett faktum som talar för genetisk nedärvning av inomartsvariationen är resultaten från olika öringpopulationer. Olika frekven-

ser av de olika fenotyperna förekom (Tabell 2). De "sydliga" populationerna Dalälven och Gullspång hade till övervägande del den långsamma fenotypen medan de "nordliga" Oxsjön och Arevattnet hade en övervikt av den snabba fenotypen. I Gimån (Ljungan) fanns båda fenotyperna i hög frekvens. Antalet sikar var för begränsat för statistisk analys, men de data som framkom indikerade skillnader mellan populationer. Av tidigare data vet vi att det förekommer skillnader mellan olika populationer av regnbåge.

Tabell 2. Fördelning av fenotyper av polymorfa ägguleproteiner hos öring- och sik-populationer.

Populationer	Fenotyper			
	SS	FS	FF	SS%
<b>Öring</b>				
Vilda populationer				
1. Oxsjöån	1		14	0.07
		(-)	(14)	
2. Gimån-Båthällan	2		2	
		(2)	(-)	
3. Gimån-Stavre	6		8	0.43
		(8)	(-)	
4. Gräsvattnet	-		2	
		(-)	(2)	
Odlingsstammar				
5. Dalälven	18		8	0.70
		(7)	(1)	
6. Gullspångsälven	90		20	0.82
		(17)	(2)	
7. Gimån-Stavre	15		18	0.45
		(18)	(-)	
8. Arevattnet	-		35	0.00
		(-)	(35)	
<b>Sik</b>				
	SS	FS	FF	
1. Långflyn	1	3	1	
2. Gräsvattnet	2	6	5	
3. Ansjön	-	7	-	

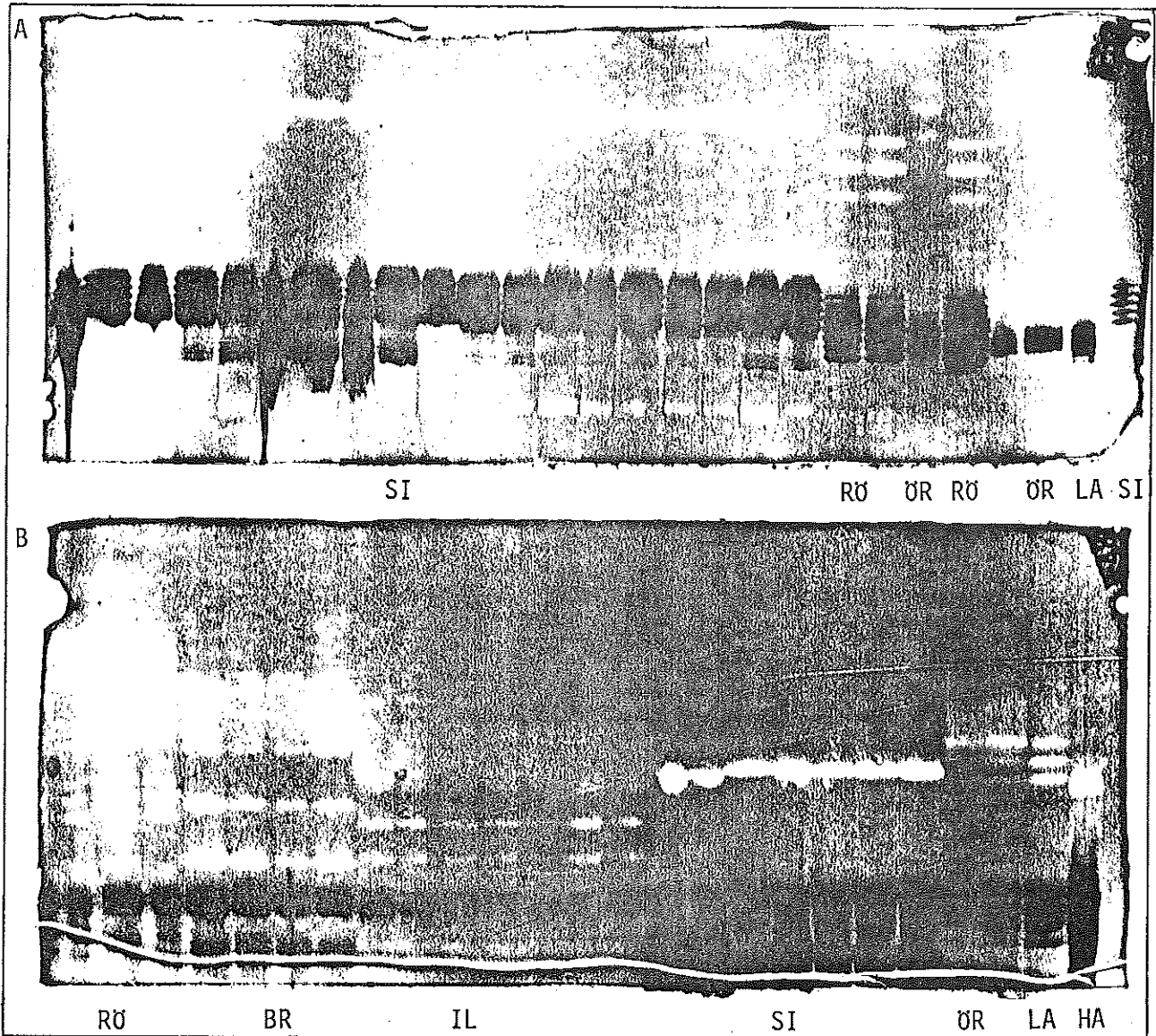
S = långsamt band (slow)

F = snabbt band (fast)

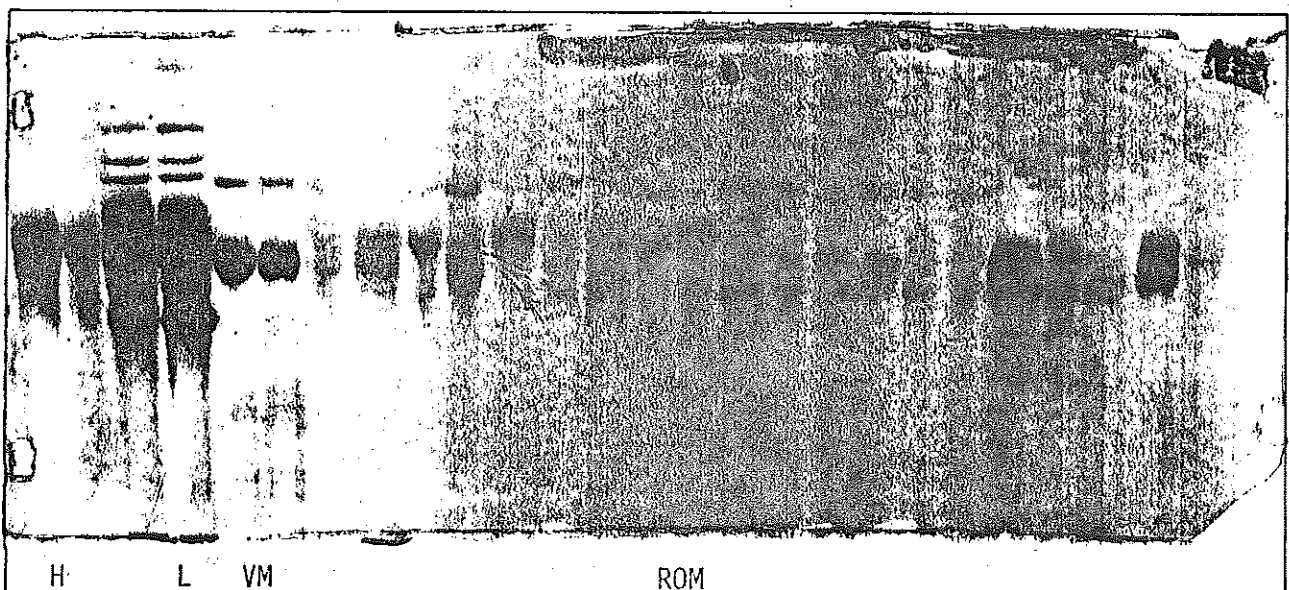
### Enzymmönster i rom från laxfisk

Den normala uppsättningen enzymer som används i populationsgenetiska studier av laxfisk förekommer endast ibland i rom eller visar mycket låg aktivitet. Bara LDH, MDH, SOD och PGI ger normalt tillräckligt stark färgning (koncentration) för att kunna användas (Figur 11). Svaga fraktioner av EST

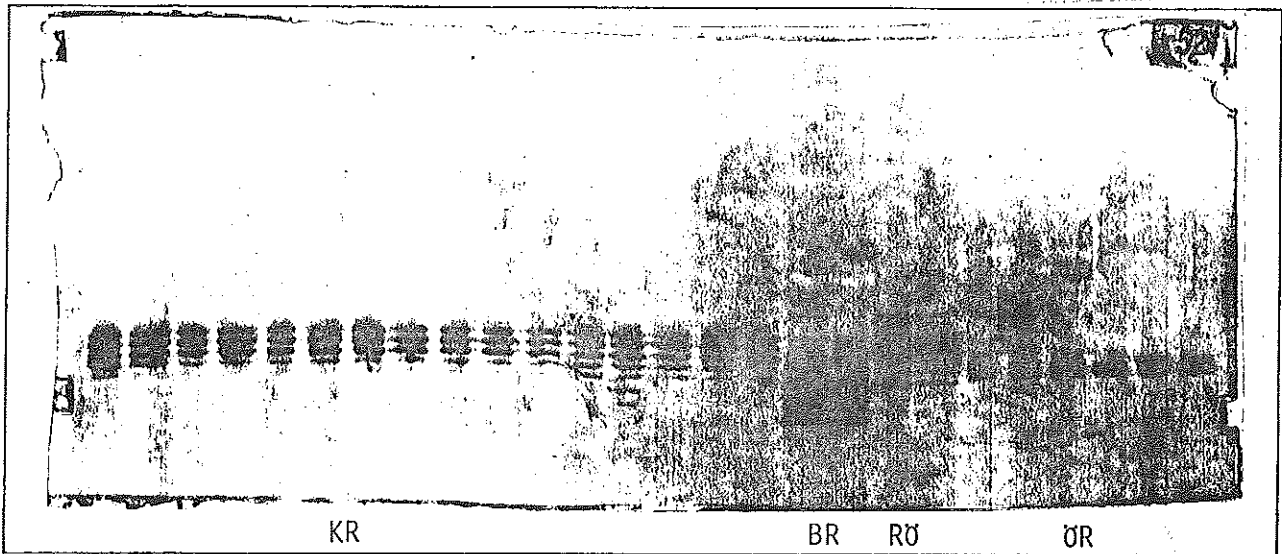
syntes också ibland (Figur 12). De enzymmönster som är specifika för t ex muskel, lever och öga finns alltså inte i rommen samtidigt som dessa mönster är de mest variabla och därmed de mest diagnostiskt användbara hos laxfisk. De isoenzymer som förekommer i rom är desamma som man finner i bindväv och blod. Eftersom dessa vävnader normalt ger mer distinkta mönster



Figur 11. Elektroforesmönster av LDH (A) och MDH (B) och SOD i ägguleproteinprov av laxfisk. Förkortningar av arter som i Figur 1.



Figur 12. Esteraser från rom och andra vävnader hos röding. Fenotyperna i locus Est-2 kan inte bestämmas i varje prov. H=hjärta, L=lever, VM=vit muskel, EGGSS=rom.



Figur 13. LDH från rom av olika arter av laxfisk. KR=kanadaröding, BR=bäckröding, RÖ=röding, ÖR=öring.

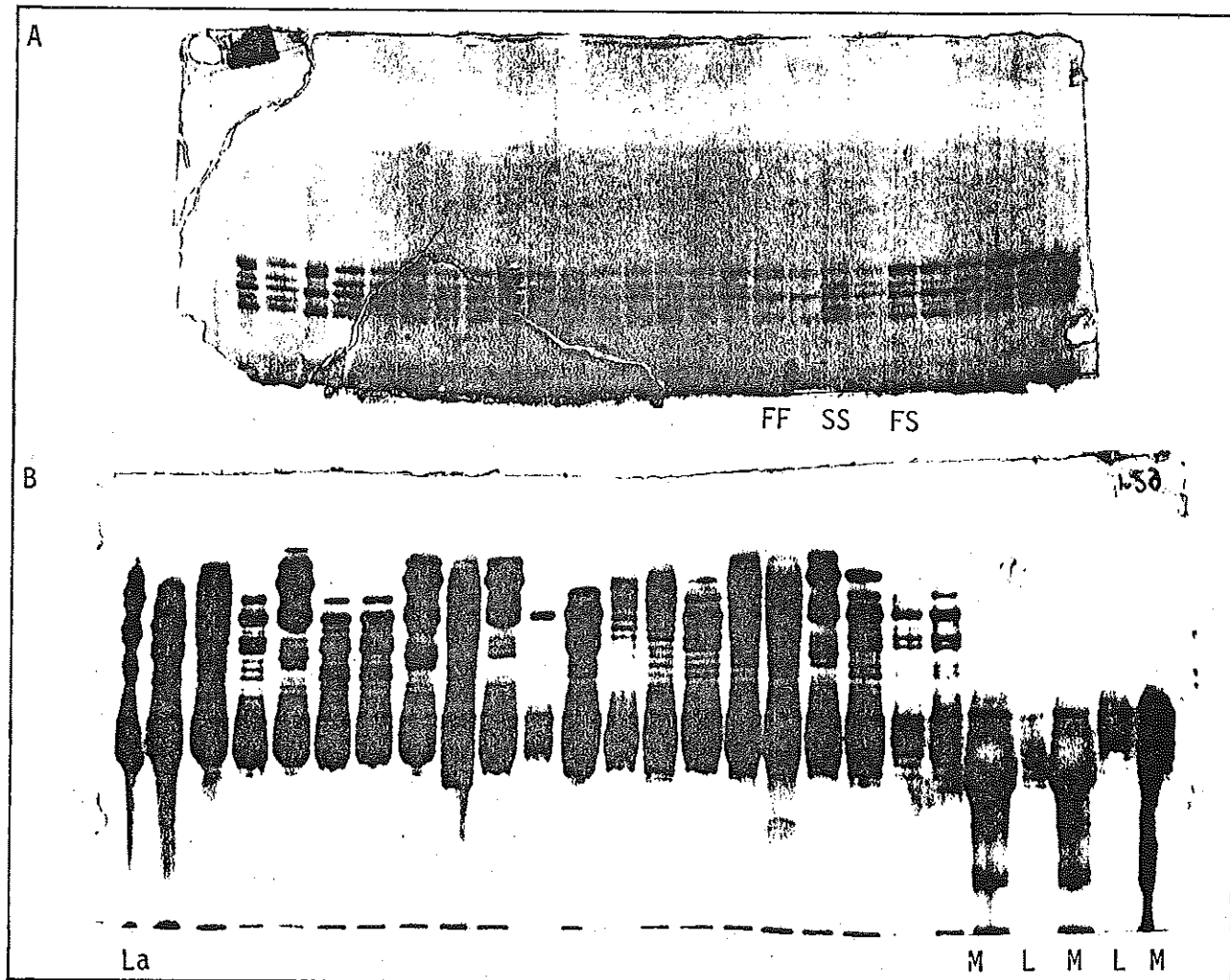
kan man använda t ex fenor för elektroforetisk analys. Inte bara fettfenan kan användas utan även vävnad från andra fenor, som dessutom regenereras snabbare. Det faktum att samma isoenzymer ofta förekommer både i rom, blod, bindväv och ofta också ovarievätska är det svårt att bestämma "lokaliseringsevenymer" i rom. Det finns alltid risk för kontamination av ett vävnadssample, speciellt när man använder bitar av ovarier i stället för utkramad rom.

Av de enzymer som undersökts i denna undersökning har det visat sig att LDH, PGI och SOD kan användas för diagnostiska ändamål, t ex för att bestämma från vilken art ett romkorn kommer. Skillnaderna i vandringshastighet mellan olika isoenzymer är distinkta (Figur 11, 12 och 13). Inomartsvariation, som kanske kan användas för populationsgenetiska studier, hittades i LDH hos bäckröding, i MDH (locus Mdh-2) hos öring (Figur 14) och i SOD hos siklöja. Est-2 hos röding kan påvisas ibland, men inte alltid. Från metodologisk synpunkt spelar det ingen roll om analyserna utförs med stärkelseelektrofores eller med PAAG. Upplösningen av isoenzymerna var jämförbar mellan de två metoderna, men avståndet mellan de enskilda banden var större med stärkelse, medan banden normalt blev mer distinkta med PAAG. Skillnaderna i

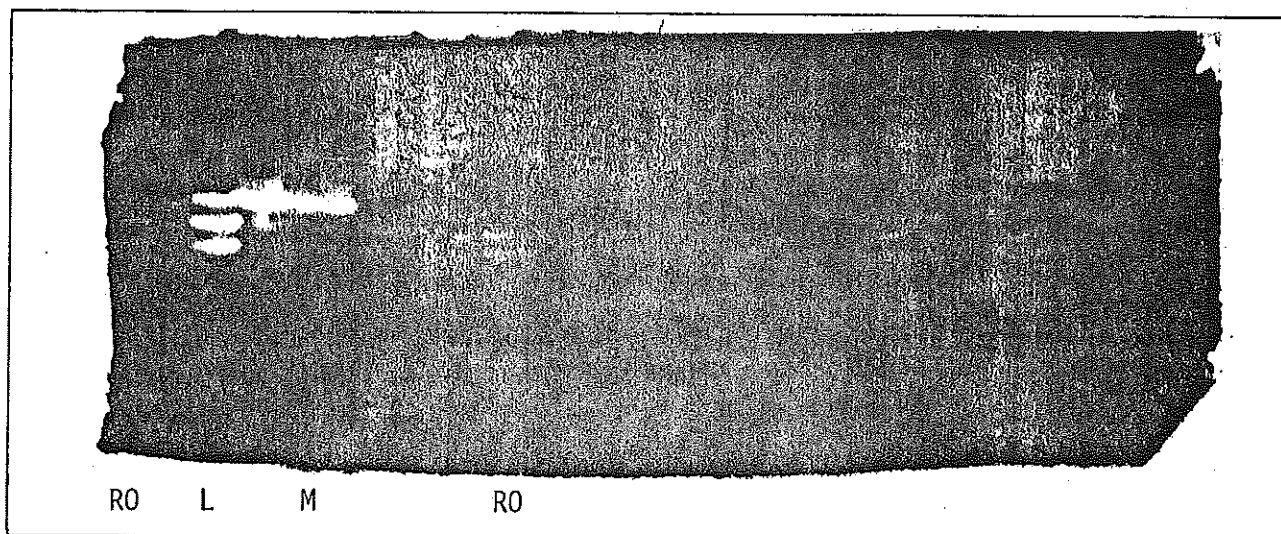
mönster mellan de två systemen berodde främst på de stora skillnaderna i pH mellan de buffertsystem som användes.

#### Ytterligare resultat

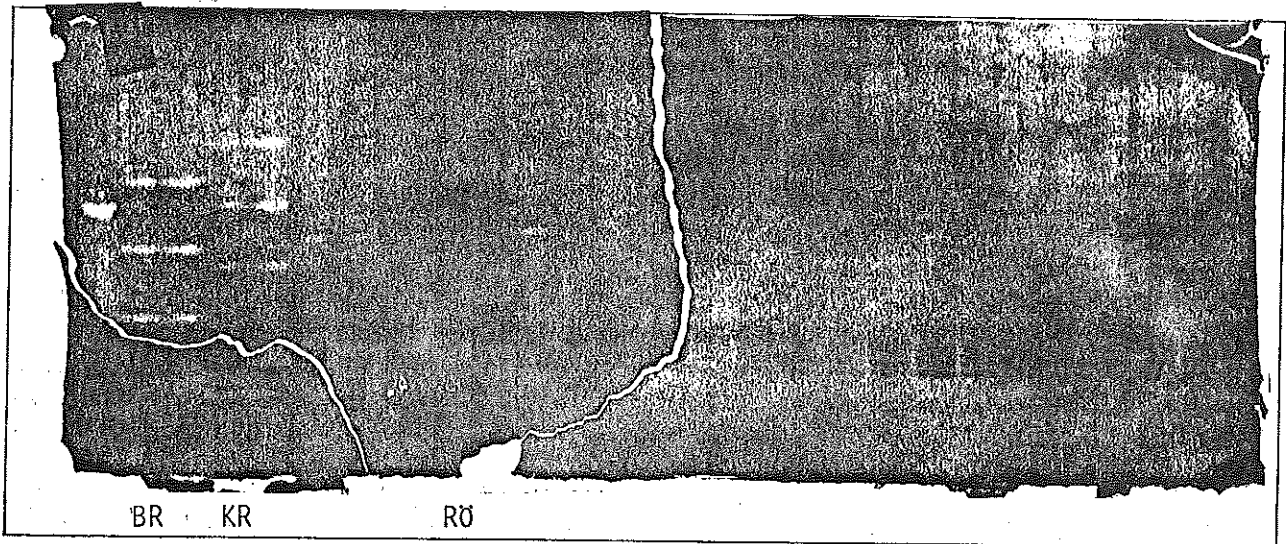
- A) Den genetiska profilen hos regnbågsstammen Gloria har bestämts. Den skiljer sig från de stammar som används i Sovjetunionen och Baltikum och liknar Donaldsonstammen och vissa finska stammar.
- B) Dalälvens havsöringbestånd karakteriserades genetiskt i vissa loci, t ex Ldh-5 (Figur 14).
- C) Ögonspecifika Ldh-5 mönster jämfördes hos olika laxfiskar.
- D) Det isoenzym av SOD som är specifikt för gonader (och också förekommer, fast svagt, i öga) hittades hos rödingsläkttet (Figur 15).
- E) PAAG-mönster av enzymerna SOD, EST och LDH hos tre arter av släktet *Salvelinus* (rödningar) studerades i olika vävnader. De kan användas diagnostiskt för att avslöja arter och deras hybrider (Figur 16 och 17).
- F) Experiment genomfördes med torkning av stärkelsegeler för dokumentation av resultat. Detta visade sig möjligt att göra.



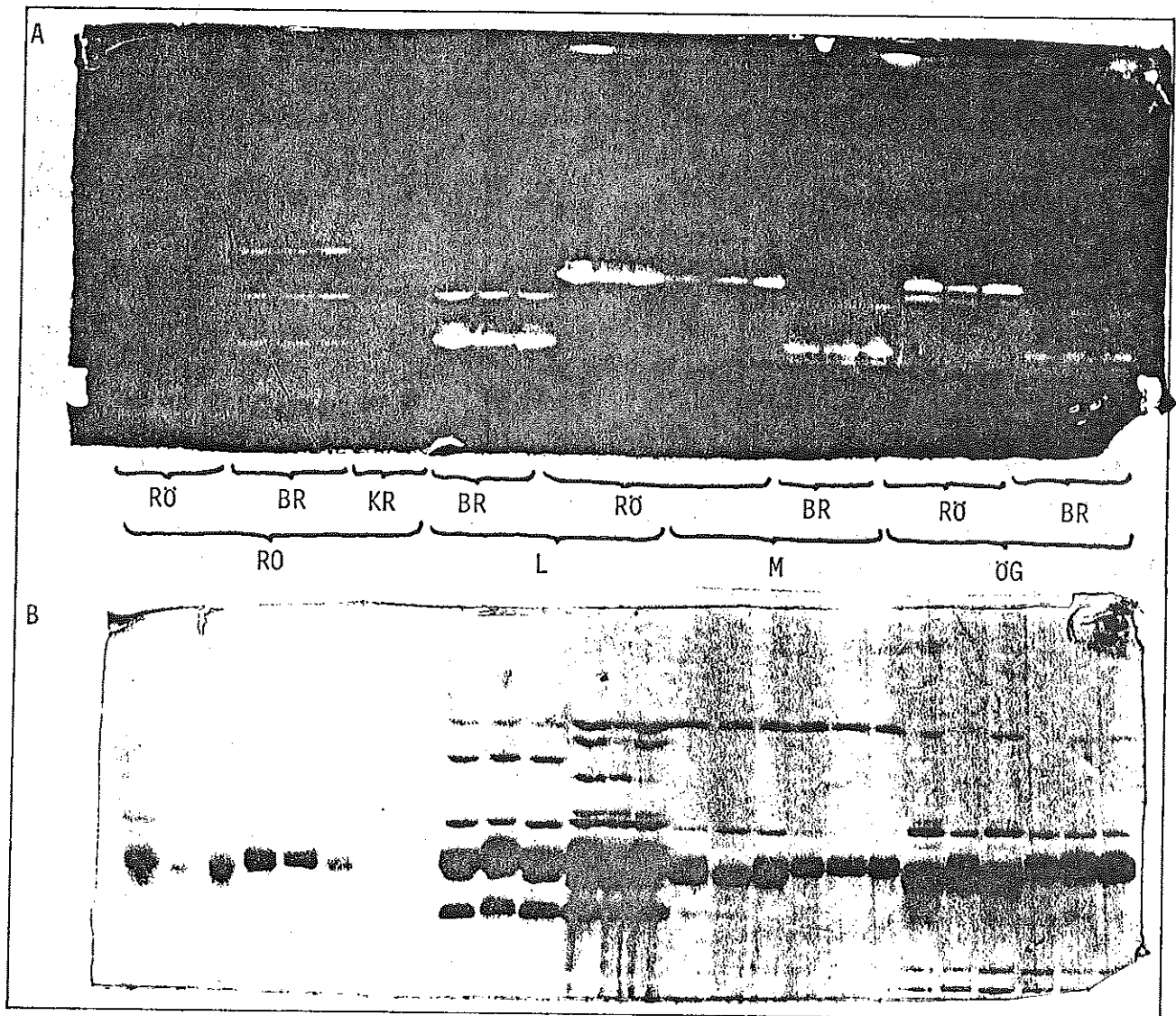
Figur 14. Polymorfism i Mdh-2 och Ldh-5 hos öring. A=Mdh-2 från rom, B=Ldh-5 från ögon, La=laxprover, M=muskel, L=lever.



Figur 15. Romspecifica isoenzymer av SOD i lever hos röding. RO=rom, L=lever, M=muskel.



Figur 16. Artspecifika mönster av SOD i rom hos olika arter av släktet *Salvelinus*. BR=bäckröding, KR=kanadaröding, RÖ=röding. De mörka zonerna är MDH-mönster.



Figur 17. Art- och vävnadsspecifika mönster av SOD (A) och EST (B) hos olika arter av släktet *Salvelinus*. RÖ=röding, BR=bäckröding, KR=kanadaröding, RO=rom, L=lever, M=muskel, ÖG=ögon.

## SAMMANFATTNING

- 1) Genom att använda s k polyakrylamid-elektrofores (PAAG) har vi funnit ett protein i äggulan hos romkorn från laxfisk som är artspecifikt. Det kan användas för att artbestämma individuella romkorn och för andra taxonomiska och evolutionära studier. Detta artspecifika protein är inte tidigare beskrivet.
- 2) I åtminstone tre av de tio undersökta arterna av laxfisk är detta protein polymorft - hos öring, sik och regnbåge. Detta kan alltså troligen användas som en ny genetisk markör för populationsstudier eftersom det verkar förekomma signifikant olika frekvenser av de olika fenotyperna, åtminstone hos de öringpopulationer som studerats.
- 3) Ytterligare experiment och metodikutveckling behövs för att analysera detta protein med stärkelsegelelektrofores och för att verifiera den troliga genetiska variation som kunnat påvisas.
- 4) Fenotyper för en del enzymer (LDH, MDH, PGI och SOD) har kunnat påvisas hos mogen rom, men bara generella loci uttrycks och färgningsintensiteten är mycket låg. För att studera polymorfismer i enzymer hos fisk, t ex för att göra populationsstudier utan att döda fisken, rekommenderas i stället att biopsier från t ex fenor används.
- 5) Praktiska användningsområden för det upptäckta artspecifika romproteiner är t ex:
  - möjlighet att skilja lekgropar av olika fiskarter,
  - artbestämma romkorn i magen hos olika fiskarter,
  - bestämma äktheten hos saltad rom (att inte "laxrom" i själva verket är regnbåge).

## ERKÄNNANDEN

Skogs- och jordbrukets forskningsråd (SJFR) har bekostat hela detta projekt, vilket tack- samt tillkännages. Författaren vill också tacka all personal vid Fiskeriverkets forskningsanläggningar i Drottningholm, Älvkarleby och Kälarne, som hjälpte till att insamla material och även göra vissa analyser. Speciellt tack till L. Nyman (som också över- satte detta MS till svenska), J. Hammar, O. Filipsson, K. Svensson, N.G. Steffner, B. Ragnarsson, J. Henricson, T. Andersson, I. Näslund, L. Hanell och H. Jansson, som alla på olika sätt möjliggjorde denna studie.

## LITTERATUR

- Mommsen, T.P., & P.J. Walsh. 1988. Vitellogenesis and oocyte assembly. p. 347-407. *In* Fish physiology. XI. The physiology of developing fish. Part A. Eggs and larvae. Eds: W.S. Hoar and D.J. Randall. Academic Press, Inc.
- Olin, T. & A. von der Decken. 1990. Yolk proteins in salmon (*Salmo salar*) oocytes, eyed eggs, and alevins differing in viability. *Can. J. Zool.* 68(5):895-900.