

00 1

# forskningsrapport

Identifisering av oppdrettslaks  
og vill-laks ved ytre  
morfologi, finnestørrelse  
og skjellkarakterer

Roar A. Lund  
Lars P. Hansen  
Torbjörn Järvi



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

Identifisering av oppdrettslaks  
og vill-laks ved ytre  
morfologi, finnestørrelse  
og skjellkarakterer

Roar A. Lund  
Lars P. Hansen  
Torbjörn Järvi

Lund, R.A., Hansen, L.P. & Järvi, T.  
Identifisering av oppdrettslaks og vill-laks ved  
ytre morfologi, finnestørrelse og skjellkarakterer  
NINA Forskningsrapport 1: 1-54

Ås, juni 1989

ISSN 0802-3093  
ISBN 82-426-0000-7

Klassifisering av publikasjonen:  
Norsk: Ferskvannsfiske og akvakultur  
Engelsk: Fresh water fisheries and aquaculture

Rettighetshaver:  
NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:  
Svein Myrberget  
NINA, Trondheim

Design og layout:  
Klaus Brinkmann  
NINA, Ås-NLH

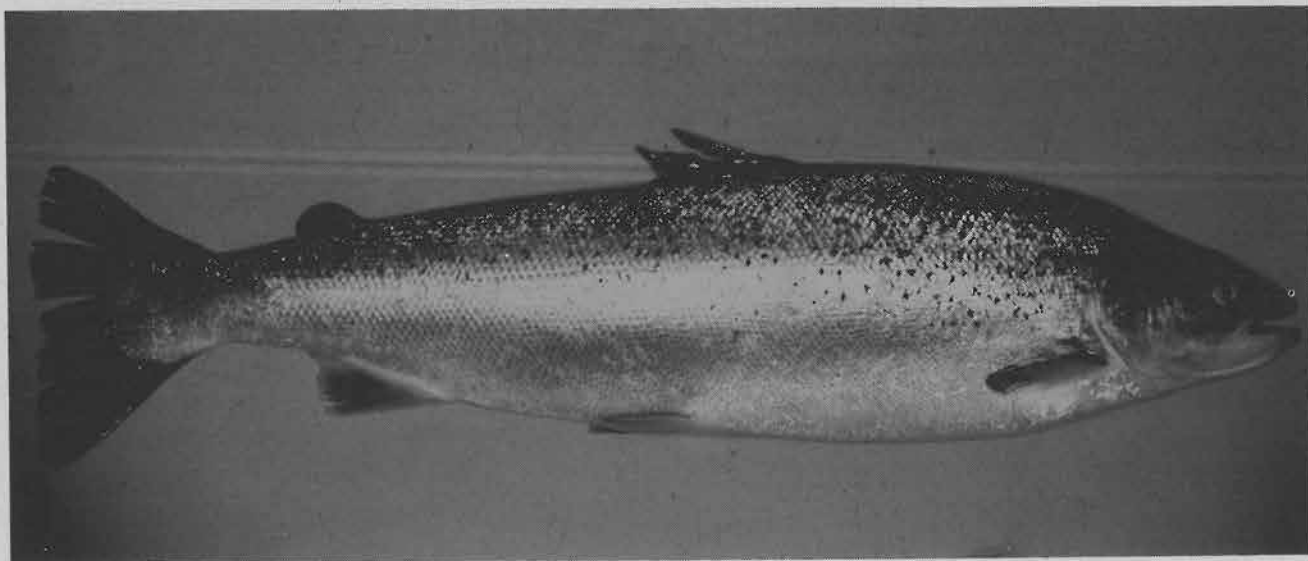
Sats: NINA/Ås NLH

Trykk: Bjærum grafisk as

Opplag: 400

Trykt på 100% resirkulert papir!

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
N-7004 Trondheim  
Tel: (07) 91 30 20



## Referat

Lund, R.A., Hansen, L.P. & Järvi, T. 1989. Identifisering av oppdrettslaks og vill-laks ved ytre morfologi, finnestørrelse og skjellkarakterer. NINA Forskningsrapport 1: 1-54

Oppdrettslaks rømmer fra fiskanlegg og blir gjenfanget i laksefiskeriene. I framtida vil sannsynligvis også oppdrettsmolt utsatt til havbeiteformål bli gjenfanget i disse fiskeriene. Det er nødvendig å kunne identifisere oppdrettsfisken for at laksestatistikken skal avspeile den riktige avkastningen av villfisk i fiskeriene, og for å kunne beregne andelen oppdrettslaks i gytebestander. Denne rapporten beskriver forskjeller mellom slaktemoden oppdrettslaks, gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt og vill-laks, og tester metoder for å skille mellom disse basert på tre ulike innfallsvinkler: a) fiskens ytre morfologi, b) finnes størrelse og c) skjellkarakterer. Testene viste at slaktemoden oppdrettslaks vanligvis lar seg korrekt identifisere på ytre morfologi og skjellkarakterer, mens utsatt oppdrettsmolt gjenfanget som voksenfisk hadde en lavere klassifiseringssuksess (henholdsvis 35% og 55% ved de to metodene). Feilklassifisering av villfisk ved disse metodene var ubetydelig.

Emneord: Oppdrettslaks – vill-laks – identifisering

Roar A. Lund, Lars P. Hansen og Torbjörn Järvi, NINA, Tun-  
gasletta 2, N-7004 Trondheim

## Abstract

Lund, R.A., Hansen, L.P. & Järvi, T. 1989. Identification of reared and wild salmon by external morphology, size of fins and scale characteristics. NINA Forskningsrapport 1: 1-54

Escapees from fish farms and ranched Atlantic salmon are caught in the salmon fisheries. Identification of reared salmon is necessary to correctly calculate the proportion of reared salmon in spawning populations and for the salmon fisheries statistics to reflect the correct harvest of wild salmon in the catches. This report describes differences between harvestable farmed salmon, recaptures of hatchery-reared smolts, and wild salmon. It also tests methods to distinguish between these groups based on three different approaches: a) the external morphology of the fish, b) the size of the fins, and c) scale characteristics. Harvestable farmed salmon can usually be correctly identified by external morphology and scale characteristics, while hatchery-reared smolts recaptured as adults had lower success of correct classification (respectively, 35% and 55% by the two methods). Erroneous classification of wild salmon was negligible by these methods.

Key word: Reared salmon – Wild salmon – Identification

Roar A. Lund, Lars P. Hansen and Torbjörn Järvi, NINA, Tun-  
gasletta 2, N-7004 Trondheim, Norway



## Forord

Produksjonen av oppdrettslaks i Norge har ekspandert meget sterkt de senere år. I 1988 var produksjonen ca. 80 000 tonn, hvilket er mange ganger mer enn bestanden av vill-laks.

Alle livsstadier av oppdrettslaks rømmer fra anlegg. Det er viktig å vite hvor stor andel oppdrettslaks som blir fanget i fiskeriene og hvor stor andel som finnes i gytebestandene. Denne undersøkelsen beskriver og tester flere identifiseringsmetoder for rømt eller utsatt oppdrettslaks basert på a) fiskens ytre morfologi, b) finnestørrelse og c) skjellkarakterer.

Materialet til undersøkelsen er samlet i årene 1970-71 (deler av skjellmaterialet) og 1986-88. Vi har undersøkt oppdrettslaks og vill-laks, blant annet fisk merket under utvandring og gjenfanget i fangstfella ved NINAs Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk på lms. Vi har dessuten undersøkt slaktemoden oppdrettslaks fra mange anlegg i Midt-Norge.

Mange oppdrettere, fiskere og fiskemottak har velvilligst stilt laks til disposisjon for vår undersøkelse. Vi er svært takknemlig for deres hjelpelighet, og nevner dem i tilfeldig rekkefølge:

- Sjøgrenda Fiskeoppdrett A/S, Levanger
- Atlantic Salmon A/S, Langstein/Trondheim
- Simo Havlaks A/S, Oksvoll
- Fosen Laksoppdrett A/S, Oksvoll
- Dolfisk A/S, Hitra
- Flatanger Laks A/S, Levanger
- Hemnskjellfisk A/S, Hemnskjell
- Havlaks A/S, Ansnes
- J.H. Fremstad A/S en gros, Trondheim
- Normann, Joveig, Jan, Berit - alle Kalgraff, Kolgrov
- Andreas og Petter A. Devik, Otterøya
- Ole, Jon A., Lars Aa. - alle Olsen, Agdenes
- Per O. Moum, Bergsmo
- Grong Gjestegård, Grogn
- Kjell Asbøll, Namsen Fishing Camp
- Åfjord Jeger- og Fiskerforening
- Verdal Jeger- og Fiskerforening
- Levanger Jeger- og Fiskerforening

Til slutt en stor takk for innsatsen til personalet ved Forskningsstasjonen på lms og til May-Britt Stavik Iversen for skriveing av rapporten.

Trondheim, februar 1989

# Innhold

Referat .....	3	6 Summary .....	46
Abstract .....	3	6.1 Morphology .....	46
Forord .....	4	6.2 Size of fins .....	46
		6.3 Scale characteristics .....	47
1 Innledning .....	6	7 Litteratur .....	48
2 Beskrivelse av morfologi hos oppdrett- og vill-laks .....	6	Vedlegg .....	50
2.1 Finner .....	6		
2.1.1 Hudvev .....	7		
2.1.2 Strålesammenvoksning .....	7		
2.1.3 Bølgete finneståler og klumpfinne .....	7		
2.1.4 Finnefasong .....	9		
2.2 Gjellelokk .....	11		
2.3 Snute/kjeve .....	11		
2.4 Pigmentering .....	11		
2.5 Identifiseringskriterier .....	13		
3 Finnestørrelser hos oppdrett- og vill-laks .....	14		
3.1 Metode og materiale .....	14		
3.2 Resultater og diskusjon .....	15		
3.2.1 Finnestørrelser .....	15		
3.2.2 Anvendelse av enkeltvise finnemål .....	18		
3.2.3 Seksuell dimorfisme i finnestørrelser .....	18		
3.2.4 Diskriminantanalyser - materiale og metode .....	18		
3.2.5 Diskriminantanalyser - resultater og diskusjon .....	19		
4 Beskrivelse av skjellkarakterer hos oppdrett- og vill-laks .....	21		
4.1 Materiale .....	21		
4.2 Alder .....	22		
4.2.1 Ferskvannsalder .....	22		
4.2.2 Sjøalder .....	23		
4.3 Vekstmønster .....	23		
4.3.1 Brakkvannsvekst .....	23		
4.3.2 Overgangen mellom ferskvann- og sjøsonen .....	27		
4.3.3 Smoltstørrelse .....	30		
4.3.4 Vekststopp og beliggenhet av årssoner i sjøen .....	30		
4.4 Erstatningsskjell .....	32		
4.5 Identifiseringskriterier .....	37		
4.6 Klassifisering ved diskriminantanalyser .....	41		
4.7 Sammenlignet klassifisering av oppdrettslaks i fiskerier ved skjellanalyse og morfologi .....	42		
5 Sammendrag .....	44		
5.1 Morfologi .....	44		
5.2 Finnestørrelse .....	44		
5.3 Skjellkarakterer .....	45		

## 1 Innledning

I de senere år har det vært en betydelig ekspansjon i norsk lakseoppdrett og produksjonen i 1988 var 80 000 tonn. Samme år ble det produsert ca 70 mill. smolt til oppdrett. Til sammenligning har avkastningen i fisket av vill-laks i Norge variert mellom 1100-1800 tonn de siste ti år. Det forventes en ytterligere økning i produksjonen av oppdrettslaks de kommende år. I framtida kan det også ventes en økning i havbeite med laks.

Oppdrettsfisk rømmer fra fiskeanlegg. Rømming kan foregå på alle stadier i oppdrettet. Rømt oppdrettslaks blir fanget side ved side med vill-laks i våre laksefiskerier (Hansen, Lund & Hindar 1987) og kjønnsmodne individer vil vandre opp i tilfeldige vassdrag for å gyte (Hansen, Døving & Jonsson 1987, Gausen 1988).

For å beregne hvor mye vill-laks som fiskes i laksefiskeriene er det viktig å kunne identifisere oppdrettslaks i disse fiskeriene. Fordi rømt oppdrettsfisk er uønsket som gytefisk i våre vassdrag, er det viktig å identifisere slik fisk i gytebestander og i stamfiskbeholdninger for å unngå innblanding av disse i de naturlige laksebestander.

Oppdrettsfisk kan skille seg fra villfisk på flere måter. Oppdrettsmiljøet kan gi fisken finneslitasje og defekter som gjellelokkforkortelse og kjevedeformasjoner (Hansen, Lund & Hindar 1987). Dessuten kan pigmenteringen på kroppen være forskjellig. Skjellene avspeiler laksens vekstmønster, og skjellkarakterene kan ofte være forskjellige for vill og oppdrettet laks (Havey 1959, Antere & Ikonen 1983, Anon. 1984).

Ingen tidligere arbeider har i detalj beskrevet forskjeller mellom vill- og oppdrettslaks og kvantifisert disse. Denne rapporten gir en beskrivelse av forskjeller i morfologi og skjellkarakterer mellom vill- og oppdrettsfisk. Vi har dessuten laget og testet forskjellige modeller for å skille oppdrettslaks fra vill-laks i naturen. Modellene er også brukt til å estimere andel oppdrettslaks i noen sjø- og elvefiskerier i ulike deler av landet.

## 2 Beskrivelse av morfologi hos oppdrett- og vill-laks

Laks oppdrettet i kar eller mærer får en rekke ytre karaktertrekk som ikke er vanlig hos vill-laks. Slike karakterer har en tid vært anvendt til å identifisere rømt eller utsatt fisk med oppdrettsbakgrunn. Det har imidlertid ikke vært systematisk undersøkt om disse karakterene forekommer hos vill-laks, og i hvor stor grad de er til stede på oppdrettsfisken hvis denne har gått fritt i sjøen en tid.

Vi vil først beskrive de vanligst forekommende særtrekk som opptrer hos oppdrettslaks, og i hvilken grad disse forekommer hos vill-laks.

Det ble undersøkt slaktemoden mærlaks fra 6 oppdrettsanlegg i Midt-Norge (N = 172), gjenfangster fra Carlinmerket oppdrettsmolt (N = 521), villsmolt fra lmsa (N = 40) og oppdrettet presmolt (Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk, lms; N = 50). I tillegg ble utseendet studert på vill-laks (N = 85) og rømt eller utsatt oppdrettslaks (N = 32) fanget på drivgarn utenfor grunnlinja i Sør-Trøndelag, og laksefangster fra elver (Namsen, Stordalselva) og sjøfiskerier (Hammerfest, Otterøya, Agdenes og Kolgrov) (figur 1). Laksen fra fiskeriene ble klassifisert til å være vill (N = 1927) eller oppdrettet på basis av skjellanalyse (jf. avsnitt 4.5).

### 2.1 Finner

Laks i oppdrett blir ofte påført finnedefekter som kan være svært iøynefallende. Defekte finner kan skyldes flere forhold, men synes primært å oppstå ved underforing. Omfattende skader kan oppstå etter kun kort tids underforing (Storebakken & Austreng 1987). Når fiskene får for lite mat blir de aggressive og biter i hverandres finner. Finneslitasje synes ikke å være avhengig av fisketettheten (Soderberg & Krise 1987, Soderberg & Meade 1987), mens kontakt med mæ- eller karveggen sannsynligvis kan påføre fisken slitasjeskader. Bakteriell finneråte ved *Aeromonas*-, *Pseudomonas*- eller *Flexibacter*arter og sopp (*Saprolegnia*) kan lett forsterke finneråte som en sekundæreffekt når finneskade er oppstått (Schneider & Nicholson 1980, Gjedrem 1981).

Finnedefekter forekommer svært sjelden på vill-laks (tabell 1). Hos laks i oppdrett forekommer finnedefekter i mindre grad på fettfinnen, gattfinne og bukfinner, mens ryggfinne, brystfinne og halefinne vanligvis er sterkest erodert. Forekomsten av defekter på disse finnene er studert under maksimal utspiling av finnene, og ved fingerinspeksjon av finnestrålene.



**Figur 1**  
Beliggenhet av lokaliteter for materiale anvendt til studie av morfologiske karakterer.  
Position of sampling sites used for the study of morphological characteristics.

### 2.1.1 Hudveg

Uskadde finner har hudveg avsatt mellom finnestrålene ut til strålespissene. Finner med bortslitt eller oppfliset hudveg dypere enn 1 cm mellom to eller flere finnestråler ble klassifisert som en defekt.

All oppdrettslaks med synlige finnestråler hadde mangel på hudveg mellom strålene på alle de undersøkte finnene. Det

var også en utstrakt hudvevmangel på rømt oppdrettslaks (88-100%) såvel som hos villfisk (79-100%).

Slitasje på finnehuden er følgelig en uanvendelig karakter for å skille oppdretts- og villfisk. Finnehuden hos villfisk vil ofte være slitt som følge av kontakt med garnredskap i sjøen eller etter håndtering ved fangst. Finnehuden hos oppdrettslaks hadde imidlertid ofte en fortrykket karakter etter sårheling noe som ikke synes å være alminnelig hos vill-laks.

### 2.1.2 Strålesammenvoksning

Skade på hudvevet mellom finnestrålene kan forårsake at strålene vokser sammen. Dette observeres ved at finnestrålene ikke løper langsetter hverandre med jevn avstand, men klisteres sammen, vanligvis på ytre del av finnene. Sammenvoksning av to eller flere finnestråler ble klassifisert som én defekt. På halefinnen er denne type defekt sjeldent synlig.

Sammenvoksninger på ryggfinnen hos vill-laks ble vanligvis observert på de 2 fremste finnestrålene. Hos den slaktemodne mærfisken var sammenvoksningene, når disse forekom, vanlig også på finnestrålene bakenfor, og det kunne observeres en tydelig bølging av finnestrålene. Sammenvokste finnestråler på ryggfinne forekom signifikant oftere hos mærlaks (54%) og hos gjenfangster av sjøutsatt oppdrettsmolt (61%) enn hos vill-laks (4-23%) (Kji-kvadrat test; vill-laks (Imsa, drivgarnfangst)/mærlaks:  $\chi^2 = 62.6$ , vill-laks/gjenfanget oppdrettsmolt:  $\chi^2 = 106.7$ ,  $P < 0.001$  for begge tester).

Hos villfisk får de fremste finnestrålene på ryggfinnen lettest defekter etter kontakt med garnredskap i sjøen. Strålesammenvoksninger på den ville Imsa-laksen (23%) kan muligens også tilskrives defekter etter slagbevegelser fra Carlin-merket, som er festet i forkant like under ryggfinnen.

Forekomsten av sammenvokste brystfinnestråler var langt lavere enn for ryggfinnen hos alle grupper (0-20%). Dette ble ikke observert hos vill-laks fra Imsa, og kun på én av den drivgarnfangede vill-laksen (2%).

Sammenvoksning av rygg- eller brystfinnestråler kan imidlertid være vanskelig å observere på grunn av fortykninger av hudvevet mellom finnestrålene når en skadet finne er grodd. Så lenge disse sammenvoksningene følges av bølging eller brekning av finnestrålene (jf. avsnitt 2.1.3), vil det være lettere å observere avvik fra finnenes normale stråleform.

### 2.1.3 Bølgete finnestråler og klumpfinne

Normale finner har rette eller jevnt buede stråler (figur 2, 4 og 7). Skade på hudvevet mellom strålene eller tap av stråler kan forårsake at strålene mister sin opprinnelige form og får et bølgete utseende når skaden gror (Stuart 1958) (figur 3, 5



**Tabell 1.** Forekomst (%) av defekter på rygg-, bryst- og halefinne hos ulike grupper laks. N = antall laks undersøkt, H = hudvevskade mellom finnestråler, SS = sammenvokste finnestråler, BS = bølgete finnestråler, K = klumpfinne, AH = avrundete halefliker, - = ikke undersøkt.

Occurrence (%) of defects of dorsal, pectoral, and tail fins of different groups of salmon. N = number of salmon investigated, H = epidermal tissue damage between fin rays, SS = fused fin rays, BS = distorted fin rays, K = bud fin, AH = rounded tail lobes, - = not investigated.

Type laks	N	Ryggfinne					Brystfinner					Halefinne	
		H	SS	BS	K	BS+K	H	SS	BS	K	BS+K	H	AH
Slaktemoden mærlaks	172	100	54	63	28	91	100	19	90	4	94	100	100
Gjenfangster av sjø-utsatt oppdrettsmolt	521	-	61	68	5	73	-	4	15	0	15	-	2
Vill-laks (Imsa)	40	-	23	17	0	17	-	0	8	0	8	-	2
Vill-laks (drivgarnfanget)	85	79	4	2	0	2	82	2	2	0	2	100	0
Vill-laks (sjø- og elv-fiskerier)	1927	-	-	0.7	0.2	0.9	-	-	0.2	0	0.2	-	0.3
Rømt/utsatt oppdrettslaks (drivgarnfanget)	32	100	56	75	9	84	88	6	31	6	37	100	13
Oppdrettet presmolt (Ims)	50	-	70	92	2	94	-	20	90	0	90	-	86

og 6). Observasjon av to eller flere finnestråler med avvik fra normal stråleform ble klassifisert som én defekt.

Finner som var slitt ned til en brusklignende klump slik at finnestrålene ikke var synlige (figur 9), eller finner som var helt borte, ble klassifisert som klumpfinne. For halefinnen, vil finnestrålene vanligvis være synlige ved de mest ekstreme slita-sjer på halen.

### Ryggfinne

Ryggfinner med unormalt bølgete stråler var ofte synbart forkortet. Sett ovenfra var slike finner vridd eller bølget når de var utspilt, og ikke rettlinjert som uskadede finner.

Defekte ryggfinner i form av bølgete finnestråler eller klumpfinne ble observert hos en signifikant større andel av mærfisken (91%) og hos gjenfanget oppdrettsmolt (73%), men forekom også hos villfisk (0.9-17%) (tabell 1) (Kji-kvadrat test; vill-laks (Imsa, drivgarnfanget, elv- og sjøfiskerier)/mærlaks:  $\chi^2 = 1098.3$ , vill-laks/gjenfanget oppdrettsmolt:  $\chi^2 = 1627.8$ ,  $P < 0.001$  for begge tester).

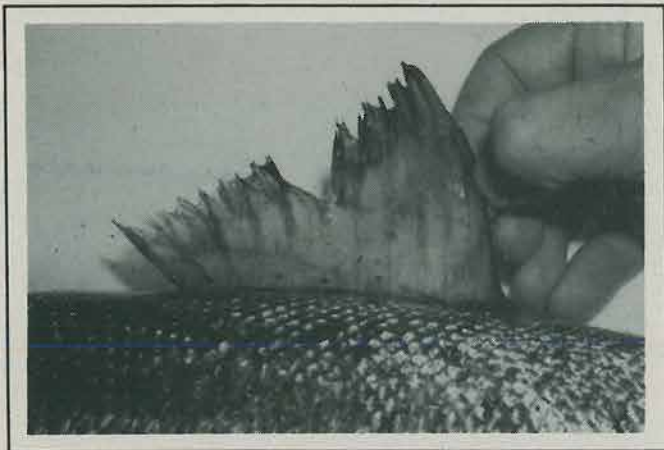
Klumpfinne ble ikke observert blant villfisken fra Imsa, men ble registrert på 3 av de 2012 laksene (0.2%) fra sjø- og elv-fiskerier klassifisert som villfisk ved skjellanalyse og finnestørrelse. Disse laksene kan imidlertid også ha oppdrettsbakgrunn, da klassifiseringsmetodikken ikke er perfekt (jf. avsnitt 3.2.1 og 4.5). Klumpfinne forekom vanlig blant mærlaksen (28%) og i mindre grad hos gjenfangster av oppdrettsmolt (5%).

Oppdrettet presmolt (alder 1+, lengde 13-26 cm) ved Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk, Ims, hadde høy frekvens av bølgete ryggfinnestråler eller klumpfinne (94%). En lavere andel av slike finnedefekter hos gjenfanget voksen laks utsatt som oppdrettet smolt på Ims, kan indikere at noen ryggfinnedefekter er regenererbare og derfor vanskelig å observere hos voksen havbeitfisk. Stuart (1958) fant imidlertid at avklipping av deler av de fremre ryggfinnestrålene på ørretunger gav en vedvarende stråledefekt når finnen regenererte, mens Johnsen & Ugedal (1987) fant liten evne til regenerering etter avklipping ved ryggfinnebasis hos ørretunger. Defekte ryggfinnestråler forekommer i en viss utstrekning hos vill-laks slik at dette alene ikke er tilstrekkelig for å kunne identifisere en oppdrettslaks. Klumpfinne er imidlertid så sjelden hos villfisk at denne karakteren alene kan nyttes til å identifisere oppdrettslaks.

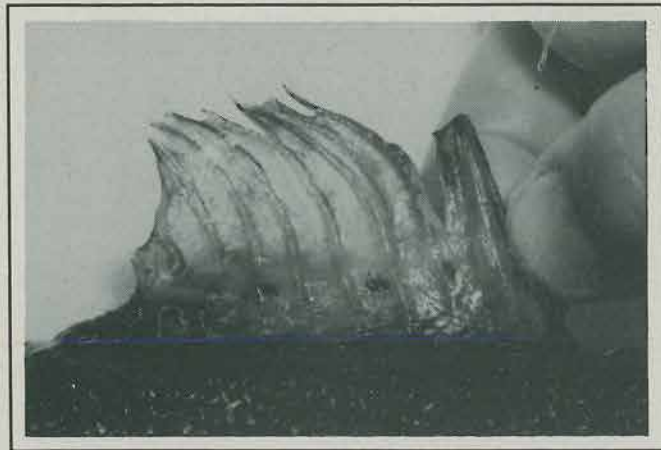
### Brystfinner

Defekter på brystfinnerne kan lett overses med mindre finnene inspiseres ved fingerberøring (tommel og pekefinger) langs finnestrålene. Defekter ses eller kjennes primært som en brekk- eller bølgedannelse på de to ytterste brystfinnestrålene.

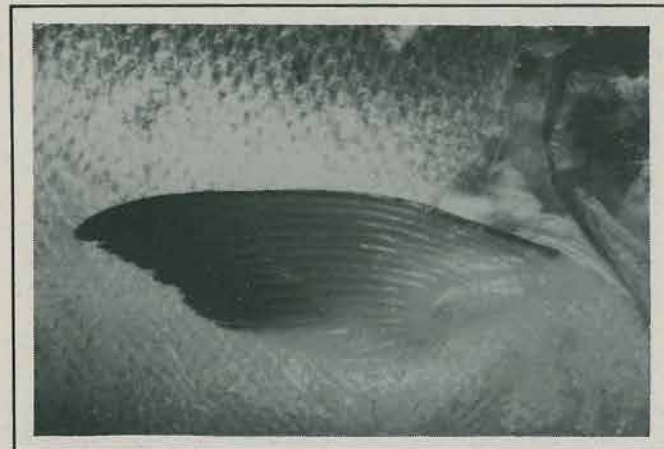
Slaktemoden mærfisk hadde signifikant høyere frekvens av brystfinnedefekter (94%) enn både gjenfanget oppdrettsmolt (15%) og villfisk (0.2-8%) (tabell 1) (Kji-kvadrat test; vill-laks (Imsa, drivgarnfanget, elv- og sjøfiskerier)/mærlaks:  $\chi^2 = 1977.7$ , vill-laks/gjenfanget oppdrettsmolt:  $\chi^2 = 273.4$ .  $P < 0.001$  for begge tester).



**Figur 2**  
Rygginne hos vill-laks med normalt jevnt buede eller rette finnestråler. Finnen har en rift i hudvevet etter håndtering.  
Dorsal fin of a wild salmon with normal evenly arched or straight fin rays. The fin has a tear in the epidermal tissue after handling.



**Figur 3**  
Skadd rygginne med bølgete finnestråler og hudvevsmangel hos oppdrettslaks.  
Damaged dorsal fin with wavy fin rays and lack of epidermal tissue of a reared salmon.



**Figur 4**  
Brystfinne hos vill-laks med normalt jevnt buede finnestråler.  
Pectoral fin of a wild salmon with normal evenly arched fin rays.



**Figur 5**  
Defekt brystfinne med bølgete finnestråler hos oppdrettslaks.  
A defective pectoral fin with wavy fin rays of a reared salmon.

Frekvensen av bølgete finnestråler på oppdrettet presmolt ved Forskningstasjonen for ferskvannsfisk, lms, var høy (90%). Lav frekvens av bølgete finnestråler hos den gjenfangede voksenfisken utsatt som oppdrettet smolt, tyder på at brystfinnerne blir regenerert. Undersøkelser på ørretunger (Stuart 1958, Johnsen & Ugedal 1987) viste en betydelig regenerering av avklippede brystfinner innen ett års tid, men strålene hadde bølgedefekter i avklippingspunktet (Stuart 1958).

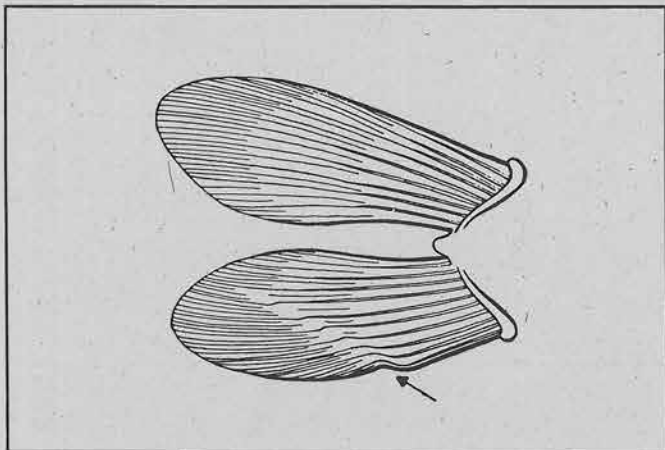
Bølgete finnestråler ble observert på villfisk (0.2-8%). Klumpfinne ble imidlertid aldri observert på brystfinner hos villfisk i

noen del av materialet. Dette viser at defekter i form av unormale bølge- eller brekkdannelser på brystfinnerne alene ikke er tilstrekkelig til å identifisere en oppdrettslaks, mens påvisning av en klumpfinne vil være en tilstrekkelig karakter.

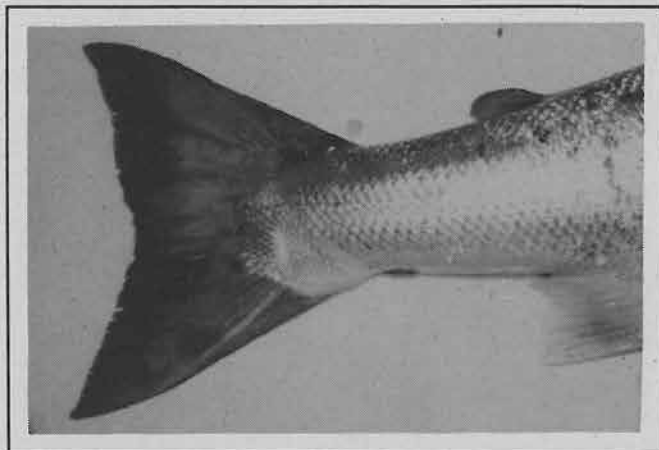
#### 2.1.4 Finnefasong

Haleflikene hos villfisk ender normalt i svært markerte spisser hvor de to ytre finnestrålene normalt er de lengste (figur 7). Oppdrettsfisk har ofte påfallende avrunding av én eller begge haleflikene (figur 8).

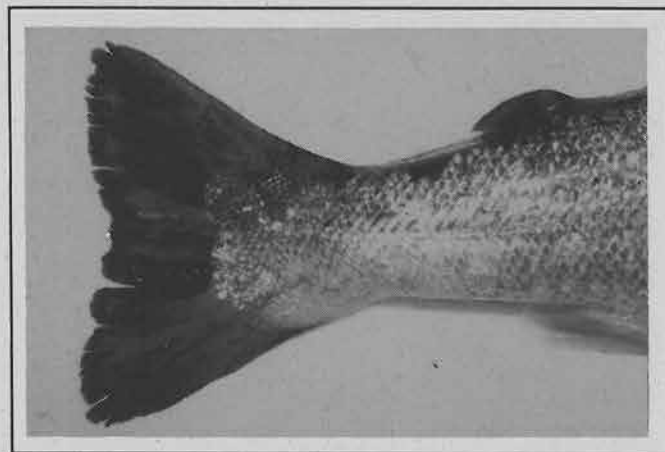




**Figur 6**  
Skadde finner får bølgete finnestråler i skadepunktet (⇒) når finnen regenererer. Tegning etter Stuart (1958).  
Damaged fins develop wavy fin rays at the point of damage (⇒) when the fin regenerates. Drawing after Stuart (1958).



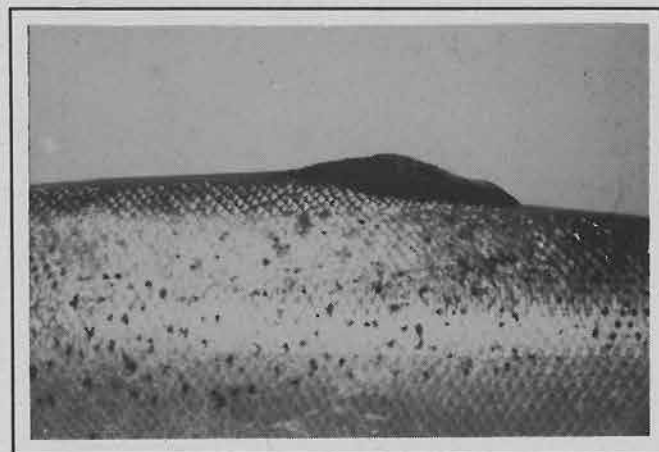
**Figur 7**  
Normal halefinne hos vill-laks. Finnen ender i markerte spisser. A normal tail fin of a wild salmon. The fin has pronounced pointed lobes.



**Figur 8**  
Skadd halefinne hos oppdrettslaks hvor haleflikene er slitt og avrundet. A damaged tail fin of a reared salmon where the tail lobes are worn and rounded.

Hos brystfinner var dette mindre karakteristisk selv om disse var utsatt for slitasjeskader. Avvik fra normal finnefasong på en eller begge halefliker ble registrert som én defekt.

Hos oppdrettet presmolt (13-26 cm) på lms hadde en stor andel av fisken slitte og avrundede halefliker (86%) (tabell 1). Hos den tilbakevandrede oppdrettsmolten på lms viste imidlertid kun 2% av fisken dette trekk. Det er derfor tydelig at de-



**Figur 9**  
Skadd ryggfinne hos oppdrettslaks hvor finnestrålene og hudvevet er slitt ned og vokst sammen til en klumpete forhøyning (klumpfinne). A damaged dorsal fin of a reared salmon where the fin rays and the epidermal tissue are worn down and have fused into a raised lump (bud fin).

defekte halefliker regenererer hos oppdrettslaks etter en tids opphold i havet.

Defekte finnespisser ble imidlertid også observert på villfisk fra lmsa (2%), noe som viser muligheten for halefineskader også på vill-laks, for eksempel som følge av kontakt med garnredskap i sjøen eller etter angrep fra predatorer. At defekte halespisser i en viss utstrekning kan forekomme blant vill-

fisk, ble observert blant utvandrende sjørettsmolt (10%, tilsynelatende kuttskader) i en elv med hyppige observasjoner av predatorer (hegre, mink og oter). Blant denne fisken ble det aldri observert mer enn én defekt haleflik pr. fisk (R.A.L., pers. obs. fra Fættenelva, Nord-Trøndelag, 1988).

Forekomst av 2 avrundete halelober hos en voksen laks, tyder sterkt på at fisken er av oppdrettsbakgrunn, og at den sannsynligvis er rømt etter et lengre opphold i sjømær. Imidlertid er dette alene ikke tilstrekkelig for identifisering til oppdrettsfisk.

## 2.2 Gjellelokk

Det ble klassifisert for defekten gjellelokkforkortelse når én eller begge gjellelokk var så forkortet at deler av fiskens gjeller var synlig når lokkene var naturlig lukket (figur 10).

Gjellelokkforkortelse ble ikke påvist hos villfisk fra Imsa (tabell 2), men forekom relativt hyppig hos gjenfangster av den sjøutsatte oppdrettsmolten (19%). Gjellelokkforkortelse ble heller ikke påvist hos de 2012 laks klassifisert som villfisk i prøvene fra sjø- eller elvefiskeriene, mens det forekom hos 4% av den slaktemodne mærlaksen og hos 6% av den rømte/utsatte oppdrettslaksen.

Årsakene til gjellelokkforkortelse er ikke kjent, men antas å være en effekt av miljøet i klekkeriet, til eks. høye temperaturer under klekking eller startforing. Gjellelokkforkortelse er sannsynligvis lite regenererbar (T. Refsti, Akvaforsk, pers. medd.)



**Figur 10**  
Gjellelokkforkortelse hvor fiskens gjeller er synlige.  
A shortened gill cover where the gills of the fish are visible.

Gjellelokkforkortelse er så sjelden hos villfisk at denne karakteren alene kan nyttes til å identifisere oppdrettslaks.

## 2.3 Snute/kjeve

Laks kan ha defekter i snute og kjevepartiet som avvik fra det naturlige overbitt og skjevheter og forkortelser av under- og overkjeve (figur 11).

Slike defekter ble ikke påvist hos villfisk fra Imsa (tabell 2), men ble registrert på 3 av de 2012 undersøkte laksene (0,2%) fra sjø- og elvefiskeriene klassifisert som villfisk ved skjellanalyse. Disse laksene kan imidlertid også ha oppdrettsbakgrunn, da klassifiseringsmetodikken ikke er perfekt (avsnitt 4.5).

Snute/kjevedefekter forekom langt vanligere hos slaktemoden mærlaks (12%) enn hos villfisk (0,2%) (Kji-kvadrat test;  $\chi^2=216.3$ ,  $P < 0.001$ ), og i materialet av oppdrettet presmolt (32%).

Snute/kjevedefekter er tilstrekkelig sjeldent hos villfisk til at denne karakteren alene kan nyttes til å klassifisere oppdrettslaks.

## 2.4 Pigmentering

Det synes som om mønster i ytre pigmentering hos laks kan være arvelig, men miljøforholdene i oppdrett og næringstilbu-



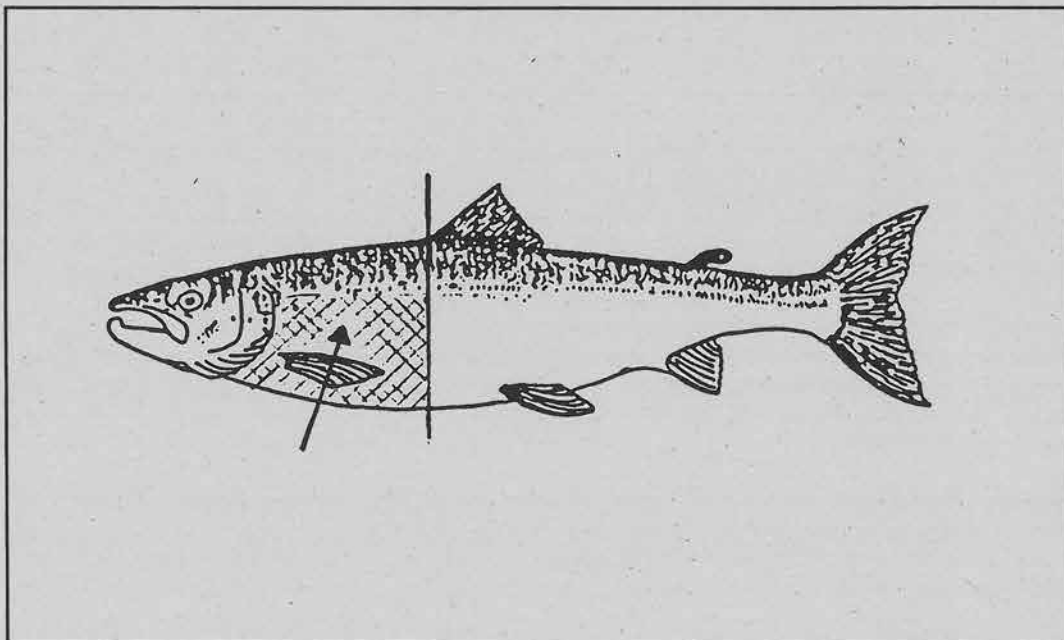
**Figur 11**  
Deformert snute hos en oppdrettslaks. Laksen hadde underbitt når munnen var naturlig lukket. Laks har normalt overbitt når munnen er lukket.  
A deformed snout of a reared salmon. The salmon had a dominant lower jaw with the mouth closed naturally. Salmon normally has a dominant upper jaw with the mouth closed.

det vil sannsynligvis påvirke den ytre pigmenteringsgraden betydelig (K. Rønningen, Avlstasjonen for laksefisk, pers. medd.). Pigmenteringen forandrer seg dessuten ved kjønnsmodningen.

Pigmenteringsgrad ble målt ved å telle antall pigmentflekker på venstre side av fisken nedenfor sidelinjen fra forkant av ryggfinnen og fram til bakkant av gjellelokket (figur 12). Pig-

mentflekker som hang sammen og som således dannet pigmentkomplekser, ble regnet som én pigmentflekk.

Slaktemoden laks fra mæranlegg hadde gjennomsnittlig flere pigmentflekker under sidelinjen ( $\bar{N}$  = 17 flekker) enn villfisk ( $\bar{N}$  = 3-6 flekker). Variasjonen mellom enkeltfisk var imidlertid stor hos de ulike gruppene av laks, henholdsvis 0-50 flekker hos mærlaks, 1-20 flekker hos vill-laks fra lmsa (fisk i både blank-



Figur 12

Pigmentflekker ble telt innenfor det skraverte området på venstre side av fisken.

Pigment spots were counted inside the hatched area on the left side of the fish.

Tabell 2. Forekomst (%) av gjellelokkforkortelse (GLF), snute/kjeve defekt (SKD) og pigmenteringsgrad hos ulike grupper laks. N = antall laks undersøkt,  $\bar{N}$  = gjennomsnittlig antall pigmentflekker, - = ikke undersøkt.

Occurrence (%) of shortened the gill covers (GLF), snout/jaw defects (SKD), and degree of pigmentation in various groups of salmon. N = number of salmon investigated,  $\bar{N}$  = mean number of pigment spots, - = not investigated.

Type laks	N	GLF	SKD	Antall pigmentflekker		
				$\bar{N}$	Min.	Max.
Slaktemoden mærlaks	172	4	12	17	0	50 <sup>a</sup>
Gjenfanget oppdrettsmolt	521	19	1	4	0	27 <sup>b</sup>
Vill-laks (lmsa)	40	0	0	6	1	20 <sup>b</sup>
Vill-laks (drivgarnfanget)	85	0	3	3	0	15 <sup>a</sup>
Vill-laks (sjø- og elvefiskerier)	1927	0	0	-	-	-
Rømt/utsatt oppdrettslaks (drivgarnfanget)	32	6	9	5	0	25 <sup>a</sup>
Oppdrettet presmolt	50	0	32	-	-	-

a: fisk i blankdrakt    b: fisk i både blankdrakt og gytedrakt

drakt og gytedrakt) og 0-15 flekker hos vill-laks i blank, umoden drakt (blandede bestander). Gjenfangster av fisk som var utsatt som oppdrettet smolt og rømt/utsatt oppdrettsfisk, hadde tilnærmet samme pigmenteringsgrad som villfisk (tabell 2). Dette antyder at miljøet har stor betydning for fiskens pigmentering. På denne bakgrunn konkluderer vi at variasjon i pigmentering ikke alene kan brukes til med sikkerhet å skille mellom vill-laks og oppdrettslaks. Hvis imidlertid fisk i umoden drakt har flere enn 15 pigmentflekker nedenfor side-linja, er dette ett av 2 nødvendige karakterer for å identifisere en oppdrettslaks (jf. avsnitt 2.5). Det er undersøkt for få bestander til at en tilsvarende grense kan trekkes for fisk i kjønnsmoden drakt (gytedrakt).

## 2.5 Identifiseringskriterier

For flere av de undersøkte karakterene var det signifikant forskjellig forekomst mellom vill-laks og laks med oppdrettsbakgrunn. Av disse vil påvisning av klumpfinne på bryst- eller ryggfinne, gjellelokkforkortelse og snute/kjevedeformasjon alene være tilstrekkelig til å identifisere en oppdrettslaks.

Av de øvrige undersøkte karakterene har følgende en praktisk anvendelse:

- bølgete finnestråler på rygg- eller brystfinner
- avrundete halefliker
- pigmentantall > 15 under sidelinjen i området fra bakkant av gjellelokk til forkant av ryggfinnen på en av fiskens sider hos fisk i umoden drakt.

Alle ovennevnte karakterer (i det videre benevnt som oppdrettskarakterer) ble lagt til grunn for en oversikt over forekomsten på enkeltfisk for ulike grupper laks. Når 2 eller flere kroppsdelene hos en fisk blir observert med oppdrettskarakterer kan fisken med sikkerhet klassifiseres som oppdrettsfisk (tabell 3). Årsaken til dette er at disse karakterer aldri ble observert på mer enn én kroppsdel hos de enkelte villfisk. Bruker vi dette kriterium, vil 100% av den slaktemodne mærlaksen bli riktig klassifisert. Mærfisk hadde oppdrettskarakterer vanligvis på 3-5 kroppsdelene (89%), og alltid på mer enn én kroppsdel.

Åtti prosent av den gjenfangete oppdrettsmolten hadde oppdrettskarakterer på én eller flere kroppsdelene, mens 26% av denne fisken hadde oppdrettskarakterer på flere enn én kroppsdel. Når fisk med kun én defekt kroppsdel i form av klumpfinne, gjellelokkforkortelse eller snute/kjevedeformasjon (9%) tilføyes, vil 35% av den gjenfangete oppdrettsmolten bli klassifisert riktig.

**Tabell 3. Fordeling av laks (%) med de morfologiske karakterene (= oppdrettskarakterer): bølgete finnestråler/klumpfinne på rygg- eller brystfinner, avrundede halelober\*, snute/kjevedeformasjon, gjellelokkforkortelse\* eller pigmentantall > 15 på ingen eller 1-7 kroppsdelene hos ulike grupper laks.**

*Distribution of salmon (%) with the morphological characteristics (= reared characteristics): distorted fin rays or bud fin on dorsal or pectoral fins, rounded tail lobes \*, snout/jaw deformation, shortened gill covers \*, or number of pigment spots > 15, on none (0) or 1-7 body parts in various groups of salmon.*

Type laks	N	Andel laks (%) uten eller med oppdrettskarakterer på 1-7 kroppsdelene								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
Slaktemoden mærlaks	172	0	0	5	16	48	25	6	0	
Gjenfanget oppdrettsmolt	521	20	54	19	6	1	0	0	0	
Vill-laks (Imsa)	40	75	25	0	0	0	0	0	0	
Vill-laks (drivgarnfanget)	85	95	5	0	0	0	0	0	0	

\* En eller to avrundete halelober telles som én observasjon.

En eller to forkortede gjellelokk telles som én observasjon.



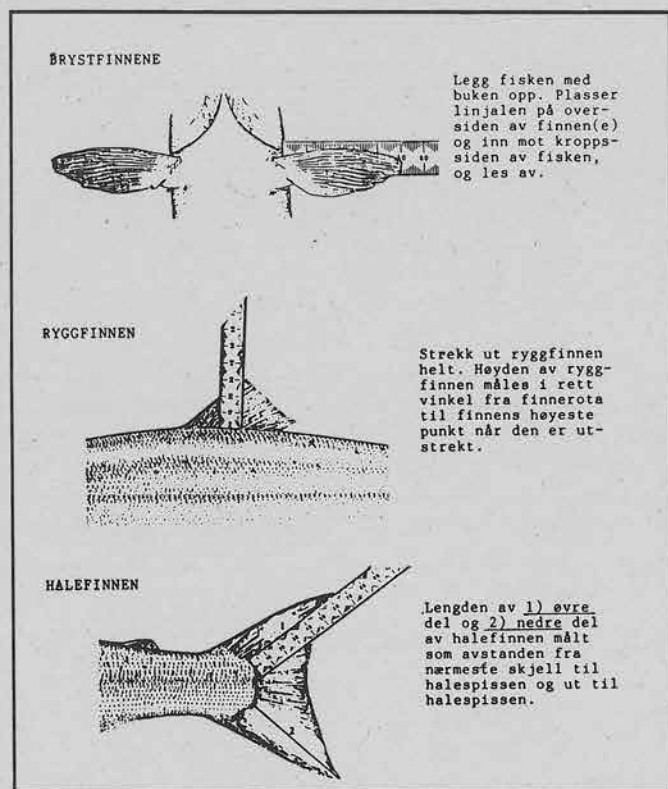
### 3 Finnestørrelser hos oppdrett- og vill-laks

Finnene til oppdrettslaks er ofte erodert (Lund et al. 1987). Undersøkelser på laksunger i settefiskanlegg har imidlertid vist at ødelagte finner som følge av finneråte eller finneslitasje, kan regenerere (Schneider & Nicholson 1980, Maheshkumar 1985). Det samme synes også å være tilfelle i naturen (se kap. 2). Hos presmolt kan dessuten graden av finneslitasje være bestemt av kjønn og kjønnsmodningsgrad (Mork et al. 1989).

Her vil det bli undersøkt hvorvidt finnenes størrelse kan brukes til å skille mellom vill- og oppdrettslaks.

#### 3.1 Metode og materiale

Lengden på ryggfinne, brystfinnerne og haleflikene ble målt til



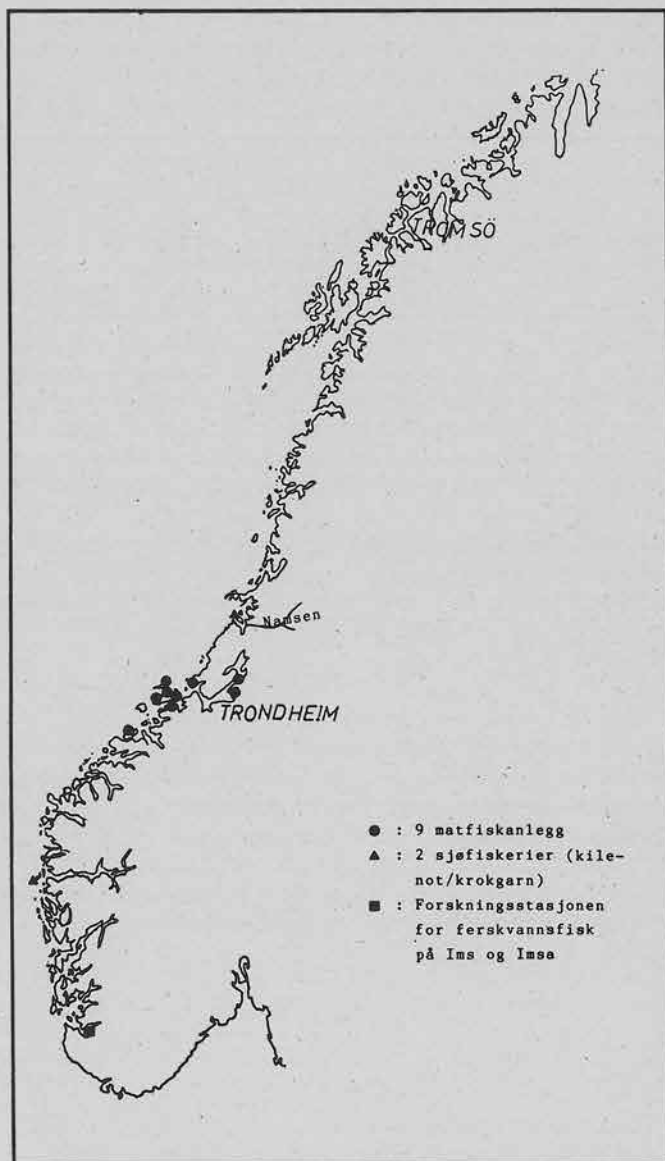
Figur 13

Brystfinnerne, ryggfinnen, og nedre og øvre haleflik ble målt til nærmeste mm som skissert på tegningene.

Pectoral fins, dorsal fin, and upper and lower tail lobes were measured to the nearest mm as indicated on the drawings.

nærmeste mm (figur 13). Fiskelengde ble målt fra snute til innhuket av halefinnen (gaffellengde) til nærmeste 0.5 cm.

Finnemålene ble deretter dividert med fiskelengden for den enkelte fisk for derfor bedre å kunne sammenligne fisk av ulik størrelse.



Figur 14

Beliggenhet av prøvelokalitetene for finnemålt laks. Position of the sampling sites for fin-measured salmon.

Det ble utført målinger på 3 kategorier laks med kjent bakgrunn:

- Slaktemoden laks fra 9 oppdrettsanlegg (N = 703) i Midt-Norge med størrelser fra 45 til 96 cm i oktober 1986-87. Denne fisken var en blanding av en svensk og flere norske laksestammer. I 4 av disse anleggene ble ble ryggfinnelengde målt i tillegg til fiskelengde (N = 309).
- Gjenfangster av Carlinmerket sjøutsatt oppdrettsmolt fra Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk, lmsa, utsatt i lmsa (N = 412) med gjenfangstlengder fra 44 til 100 cm i august-desember 1987-88. I alt ble fisk fra 12 forskjellige stammer (elver) brukt.
- Gjenfangster av Carlinmerket villsmolt fra lmsa (N = 46) med gjenfangstlengder fra 48 til 98 cm i august-desember 1987-88.

Finnestørrelser til denne fisken ble sammenliknet innbyrdes og med laks fra to sjøfiskerier (kilenot, krogarn) i Midt-Norge (Otterøya, Nord-Trøndelag) og Sør-Norge (Kolgrov, Sogn og Fjordane) og laks fanget i Namsen (N = 148) i juni-august 1987 (figur 14). Materialet fra sjøfiskeriene er separert i gruppene rømt/utsatt oppdrettslaks (N = 60) og vill-laks (N = 373) etter klassifisering ved skjellanalyse (jf. avsnitt 4.5) og ytre morfologi (jf. avsnitt 2.5). Ingen fisk i prøven fra Namsen ble klassifisert som oppdrettsfisk.

## 3.2 Resultater og diskusjon

### 3.2.1 Finnestørrelser

Gjennomsnittlig lengde for alle finnetypene var signifikant forskjellig mellom de ulike grupper laks med oppdrettsbakgrunn, og økende med økende lengde på det frittlevende opphold i sjøen (figur 15). Gruppen rømt/utsatt laks, som høyst sannsynligvis inneholder fisk som har rømt eller blitt utsatt til ulike tidspunkter etter smoltstadiet, har finnelengder mellom mærlaksen og den gjenfangste oppdrettsmolten.

Den sjøutsatte oppdrettsmolten var ikke finnemålt før utsetting. Andre prøver i settefiskanlegget ved Forskningsstasjonen på lmsa har imidlertid vist at omfanget av finnedefekter (jf. kap. 2) og/eller eroderte finner (Mork et al. 1989) hos presmolten, er som i kommersielle settefiskanlegg (jf. vedlegg 2).

Gjennomsnittslengdene til brystfinnene og øvre haleflik hos den utsatte oppdrettsmolten var ved gjenfangst ikke forskjellig fra villfisk. Disse finnene synes således å ha stor evne til å regenerere til normal størrelse. Dette understøttes ved at nesten alle gjenfangster av oppdrettsmolten hadde spisse halefliker (98%), mens prøvene i anlegget der fisken hadde levd som presmolt, viste en stor grad av eroderte halefliker (86%). Nedre haleflik grenset til å være signifikant kortere enn villfiskens (Anova; P = 0.06), men flikene var allikevel gjennomgående spisse.

Ryggfinnen hos den gjenfangede oppdrettsmolten var imidlertid signifikant kortere enn hos de undersøkte vill-laksbestandene (figur 15) (Anova; P < 0.001). Årsaken til dette kan være at ryggfinnen har større skader i settefiskanlegget eller at ryggfinnens regenereringsevne er dårligere enn for de andre finnene.

Forskjeller i finnenes regenereringsevne er tidligere påvist hos ørretunger hvor brystfinner viste stor grad av regenerering mens dette var svært begrenset for ryggfinnen (Stuart 1958, Johnsen & Ugedal 1987).

Ryggfinnen er derfor den av finnene som oftest er målbart kortere hos oppdrettslaks enn vill-laks. Forholdet mellom ryggfinnelengde og fiskelengde (figur 16) hos villfisk/lmsa og villfisk/sjøfiskerier er i det følgende anvendt som alternative terskler for å klassifisere laks med ulik opphavsbakgrunn. Fisk med finnestørrelser kortere enn grensen for 95% av variasjon hos villfisk (figur 16) ble klassifisert som oppdrettsfisk.

Det var kun små forskjeller i resultatene uansett hvilken av de to klassifiseringstersklene som ble brukt (tabell 4). Mellom 89

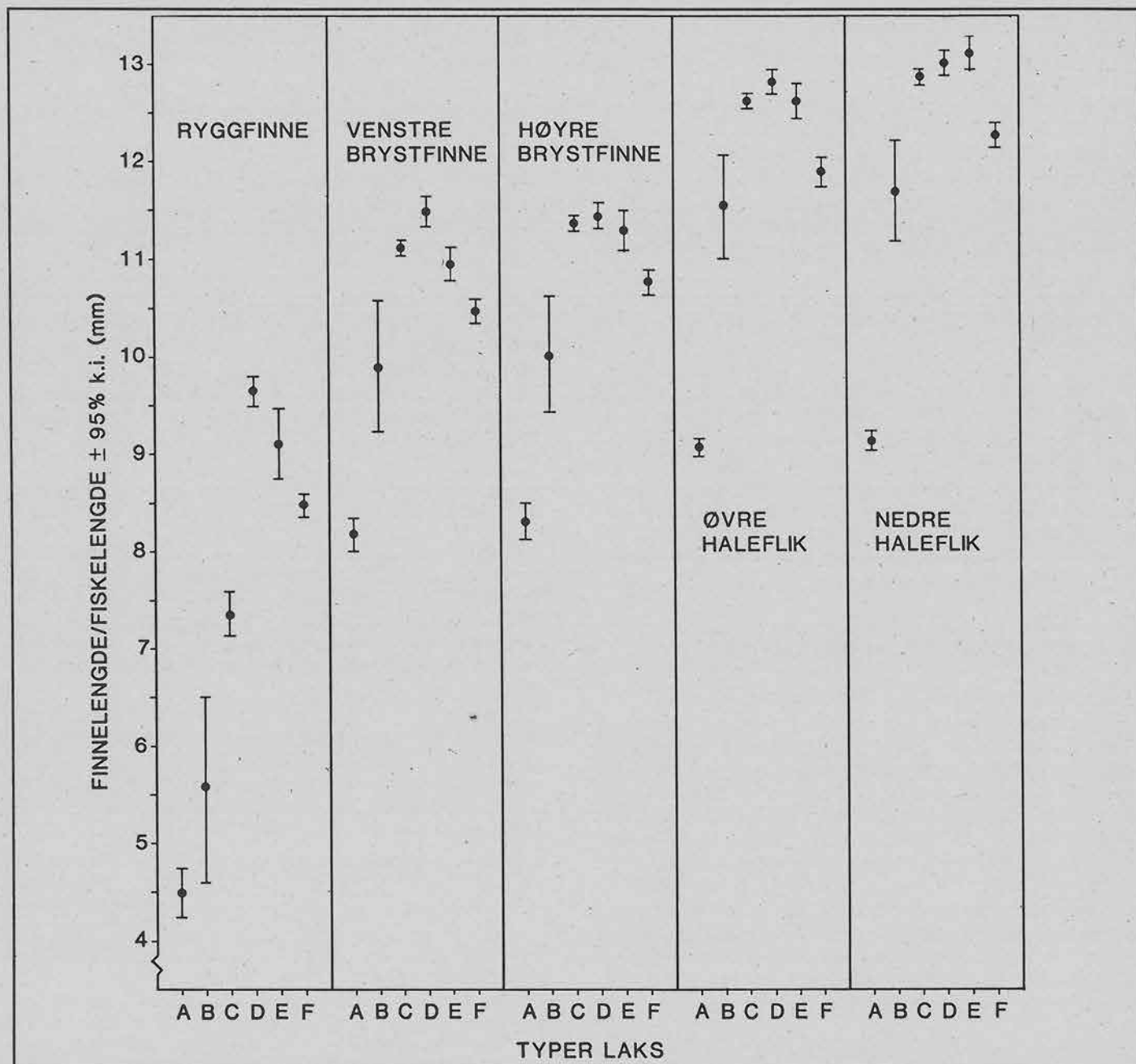
**Tabell 4.** Klassifisering av ulike grupper oppdrettslaks og vill-laks ved ryggfinnelengde på basis av nedre grense for 95% størrelsesvariasjon for ryggfinnen hos to villfiskbestander som klassifiseringsterskler: A vill-laks fra sjøfiskerier i N-Trøndelag/Sogn og Fjordane, B vill-laks fra lmsa (jf. figur 16).

*Classification of various groups of reared and wild salmon by dorsal fin length based on a classification threshold of the lower 95% confidence limits for dorsal fin length of two salmon stocks: A wild salmon from sea fisheries in N-Trøndelag/Sogn og Fjordane, B wild salmon from the River lmsa (cf. Figure 16).*

Type laks	N	% korrekt klassifiserte	
		A	B
Slaktemoden mærlaks	309	93	90
Slaktemoden mærlaks *	394	91	89
Rømt/utsatt oppdrettslaks	60	50	43
Gjenfangst oppdrettsmolt	412	43	39
Vill-laks (Namsen)	150	95	97
Vill-laks (lmsa)	46	89	-
Vill-laks (sjøfiskerier)	368	-	100

\* Gruppen mærlaks anvendt i diskriminantanalyser (avsnitt 3.2.5)

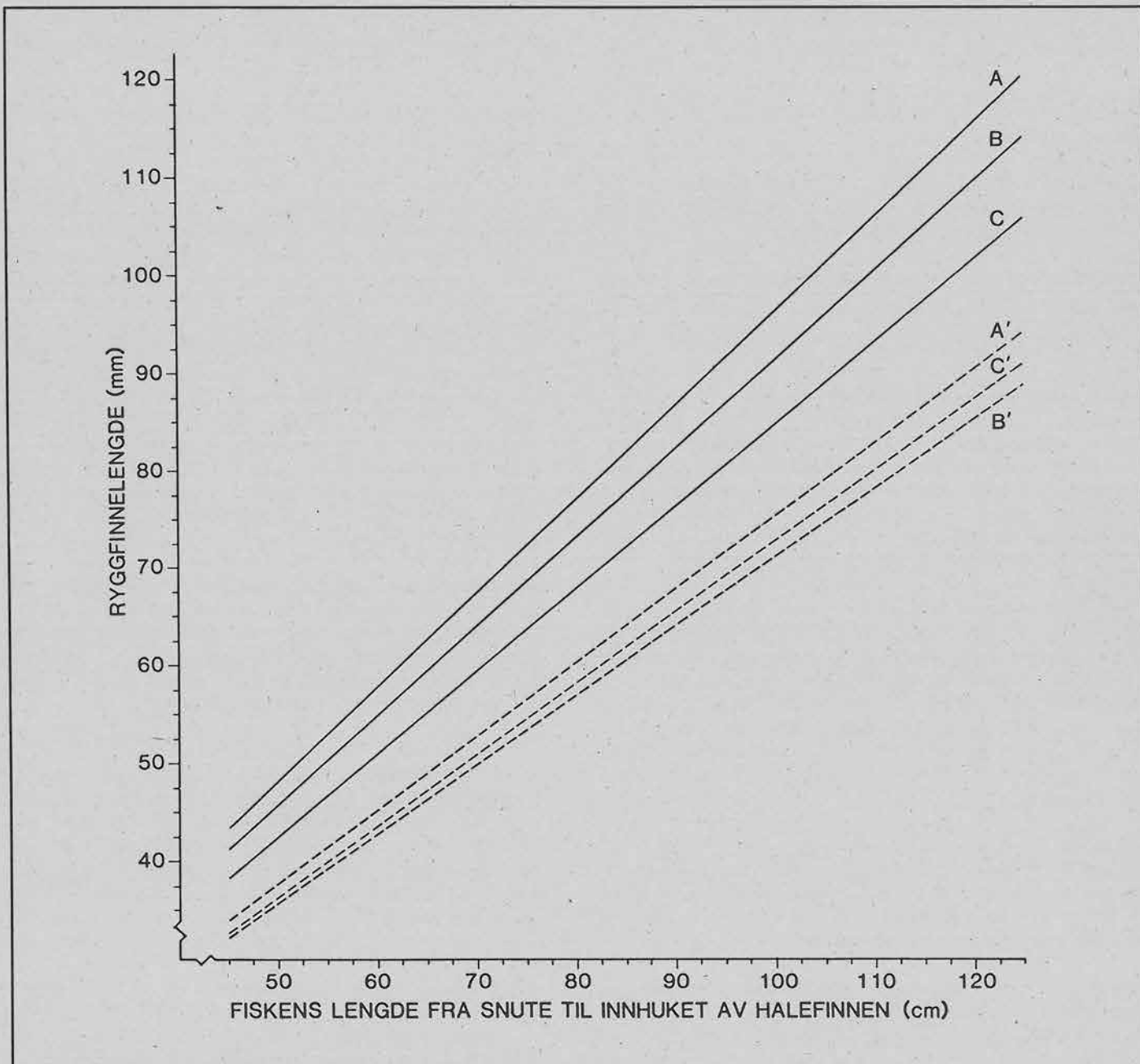




**Figur 15**

Gjennomsnittlig finnelengde  $\pm$  95% konfidensintervall som prosent av fiskelengden for ryggfinne, brystfinnerne og øvre og nedre haleflik hos: A slaktemoden mærlaks (N = 394), B rømt/utsatt oppdrettslaks fra sjøfiskerier (N = 60), C gjenfangster av sjøutsatt oppdrettsmolt (N = 412), D vill-laks fra sjøfiskerier (N = 373), E vill-laks fra lmsa (N = 46) og F vill-laks fra Namsen (N = 148).

Mean fin length  $\pm$  95% confidence intervals as per cent of fish length for dorsal fin, pectoral fins, and upper and lower tail lobes of: A harvestable farmed salmon (N = 394), B escaped/released reared salmon from sea fisheries (N = 60), C recaptures of hatchery-reared smolts (N = 412), D wild salmon from sea fisheries (N = 373), E wild salmon from the River lmsa (N = 46), and F wild salmon from the River Namsen (N = 148)



**Figur 16**

Regresjonslinjer for ryggfinnlength i forhold til fiskestørrelse for: A vill-laks fanget i sjøfiskerier i Midt-Norge ( $N = 373$ ,  $r = 0.80$ ), B vill-laks fra Imsa ( $N = 46$ ,  $r = 0.70$ ) og C vill-laks fra Namsen ( $N = 148$ ,  $r = 0.93$ ). A', B' og C' er regresjonslinjenes nedre grense for 95% variasjon i bestandene.

Regression lines for dorsal fin length versus fish size for: A wild salmon captured in sea fisheries from Central Norway ( $N = 373$ ,  $r = 0.80$ ), B wild salmon from the River Imsa ( $N = 46$ ,  $r = 0.70$ ), and C wild salmon from the River Namsen ( $N = 148$ ,  $r = 0.93$ ). A', B', and C' are the lower 95% limits of the regression lines.

og 93% av den slaktemodne mærlaksen fra 9 oppdrettsanlegg ble klassifisert riktig basert på ryggfinnerne alene. Identifisering var imidlertid langt dårligere hos gjenfangster av den sjøutsatte oppdrettsmolten (39-43%) og rømt/utsatt oppdrettslaks (43-50%), mens villfisk ble som oftest riktig klassifisert (89-100%).

Fordi oppdrettsfisk som fanges i fiskeriene, er rømt eller blitt utsatt i ulike livsstadier, vil målinger av ryggfinnerne alene overse en stor andel av oppdrettsfisken.

Ryggfinnerne var den finnen der oppdrettsfisken var mest forskjellig fra villfisk. Ved bruk av andre finner ville feilklassifiseringen blitt større.

### 3.2.2 Anvendelse av enkeltvise finnemål

I kapittel 2 (morfologi) konkluderte vi med at man måtte påvise "oppdrettskarakter" på minst 2 kroppsdelar for at en laks skulle kunne klassifiseres som oppdrettsfisk. Signifikant forkortede finner, som ellers er tilsynelatende uskadede og normale, forekommer hos oppdrettslaks. En slik finne betraktes som en "oppdrettskarakter" og kan følgelig anvendes som en av flere karakterer ved klassifisering av oppdrettslaks.

Det var signifikante forskjeller for flere finnelengder også mellom vill-lakspopulasjonene (figur 15). Informasjon om forholdet mellom finnestørrelser og kroppslengde for de enkelte vill-lakspopulasjoner vil derfor gi det beste grunnlag for å identifisere oppdrettslaks i disse bestandene. Dette er f.eks. ønskelig i forbindelse med kultiveringsarbeid i de enkelte vassdrag. Feilen vi gjør blir imidlertid ikke stor selv om vi bruker regresjoner av finnelengde på fiskelengde fra andre bestander (tabell 4).

Så lenge det ikke foreligger sammenhenger mellom finnelengde og fiskelengde for vill-laks for de enkelte laksepopulasjoner i vårt land, er det tilrådelig å anvende strengeste klassifiseringsgrunnlag (dvs. regresjonslinjen som ligger nærmest oppdrettslaks) fra denne undersøkelsen.

I vedlegg 3 og 4 er de aktuelle regresjonslinjer med 95% størrelsesvariasjon framstilt for brystfinner og nedre haleflik. Tilsvarende for ryggfinne er framstilt i figur 15 (avsnitt 3.2.1).

### 3.2.3 Seksuell dimorfisme i finnestørrelser

Hunnfisk med oppdrettsbakgrunn kan lettere identifiseres enn hannfisk ved hjelp av finnestørrelser. Blant gjenfangstene av den utsatte oppdrettsmolten hadde hannfisk signifikant større ryggfinne (Anova;  $P < 0.01$ ), brystfinner ( $P < 0.001$ ) og nedre haleflik ( $P < 0.05$ ) enn hunnfisk. Samme tendens ble observert for gruppen rømt/utsatt oppdrettslaks fanget i sjøfiskerier, men forskjellene var ikke signifikante. Kjønnfordelingen

av laks klassifisert som gjenfanget oppdrettsfisk på bakgrunn av ryggfinnerne størrelse var også signifikant forskjellig fra andelen som ble klassifisert som villfisk (oppdrett: 49% ♂ 51% ♀ villfisk: 60% ♂ 40% ♀  $\chi^2 = 6.11$ ,  $P < 0.025$ ). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i finnestørrelser mellom hann- og hunnfisk i de tre villfiskbestandene.

Hunnfisk synes å være bedre i stand til å regenerere ødelagte finner enn hannfisk eller bedre i stand til å unngå finneslitasje i anlegg. Mork et al. (1989) fant at kjønnsmodne hannparr hadde en gjennomgående lavere grad av erosjon av ryggfinnerne og bedre regenereringsevne enn umodne laksunger. Dette er også i overensstemmelse med resultater fra en prøvetakning på laksunger (alder 1+, lengde 13-26 cm) ved Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk, lms, der lengden av ryggfinnerne og brystfinnerne var signifikant større hos kjønnsmodne hannparr enn hos umodne hanner og umodne hunner (jf. vedlegg 5). Mork et al. (1989) mener at disse forskjellene er mer en følge av bedret immunologisk respons og sårhelingssevne i kjønnsmodningsprosessen enn et resultat av adferdsforskjeller. Økt motstand mot finneerosjon kan også delvis skyldes økt hudtykkelse og hudslimproduksjon i forbindelse med kjønnsmodningen.

Når det ikke var signifikante forskjeller i finnestørrelser mellom hann- og hunnfisk hos den rømt/utsatte oppdrettslaksen i motsetning til den gjenfangede oppdrettsmolten, kan dette skyldes at den gjenfangede oppdrettsmolten ble undersøkt senere i kjønnsmodningsprosessen (august-desember) enn den rømt/utsatte oppdrettslaksen (juni-juli).

### 3.2.4 Diskriminantanalyser - materiale og metode

Diskriminantanalyse kan anvendes til å gruppere individer etter flere uavhengige identifiseringskarakterer samtidig. Metoden forutsetter at det foreligger en database som inneholder informasjon om individene i de gruppene en ønsker å klassifisere, og for de karaktertrekk en ønsker å anvende. Analysen baserer seg på lineære kombinasjoner av uavhengige variabler.

Forskjellige diskriminantmodeller basert på ulike kombinasjoner av variabler ble testet for om mulig å klassifisere vill-laks og oppdrettslaks riktig (trelineær diskrimineringsanalyse; SPSS, PC +). Modellene og testgruppen er basert på materiale av slaktemoden laks fra 5 matfiskanlegg ( $N = 394$ ), gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt ( $N = 412$ ) og voksen villfisk fra lmsa ( $N = 46$ ) nærmere beskrevet i avsnitt 3.1. For standardisering er finnelengdene dividert med fiskelengden og analysene ble utført med kombinasjoner av disse variabler:

R = ryggfinnerlengde/fiskelengde  
 VB = lengde venstre brystfinne/fiskelengde  
 HB = lengde høyre brystfinne/fiskelengde

- ØH = lengde øvre haleflik/fiskelengde  
 NH = lengde nedre haleflik/fiskelengde  
 RBS = forekomst av bølgete finnestråler eller klumpfinne på ryggfinnen (ja eller nei)  
 GLF = forekomst av gjellelokkforkortelse (ja eller nei)

Finnelengdene ble målt som beskrevet i avsnitt 3.1, og de morfologiske karakterene ble vurdert som beskrevet i kapittel 2.

Blant de morfologiske karakterene var det bare gjellelokkforkortelse og bølgete finnestråler eller klumpfinne for ryggfinnen der det var signifikante forskjeller mellom vill-laks og gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt (jf. kap. 2). Vi har derfor bare brukt disse to karakterene i diskriminantanalysene.

### 3.2.5 Diskriminantanalyser - resultater og diskusjon Modell A og B

Modell A som er basert på alle variablene for finnelengdene, hadde en bedre estimert gruppetilhørighet enn Modell B som kun var basert på de finner som hadde en signifikant størrelsesforskjell for villfisk og gjenfanget oppdrettsmolt, dvs. ryggfinne og nedre haleflik.

Modell A klassifiserte 83% av villfisken og 68% av oppdrettsfisken riktig, mens Modell B klassifiserte henholdsvis 74% og 49% riktig (tabell 5). Test av modellene på uavhengige grupper laks med kjent bakgrunn viste imidlertid at Modell B hadde den beste klassifiseringssuksessen. Den klassifiserte slaktemoden mærlaks med tilnærmet 100% riktighet, mens Modell A med flere finnevariabler klassifiserte færre mærlaks riktig (75%). Modellene klassifiserte gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt med tilnærmet samme riktighet (72-74%).

Diskriminantmodellene gir signifikant bedre klassifisering enn analyser kun basert på lengden av ryggfinnen. Kun 39-43% av den gjenfangede oppdrettsmolten og 89-91% av mærlaksen ble klassifisert riktig ved bruk av kun ryggfinnens lengde (jf. tabell 4, avsnitt 3.2.1).

#### Modell C

Modell B fikk en betydelig bedret estimert gruppetilhørighet når de morfologiske variablene, bølgete ryggfinnestråler/klumpfinne og gjellelokkforkortelse, ble tilføyd i funksjonen (Modell C). Klassifiseringsriktigheten på det uavhengige materiale av gjenfanget oppdrettsmolt økte da fra 72 til 83% fra Modell B til Modell C (tabell 5).

#### Modell D og E

En "forsterkning" av Modell B med slaktemoden mærlaks til en tredimensjonal modell (Modell D) gav en meget god estimert gruppetilhørighet for mærlaksen (100%) og en bedret gruppetilhørighet for villfisken (80%) i forhold til Modell B (74%). Klassifiseringssuksessen på det uavhengige materiale

av gjenfanget oppdrettsmolt var allikevel dårligere (68% riktighet) enn for Modell B (72%).

Modell E, bestående av mærlaks og villfisk for de samme variablene som Modell B og D (lengden av ryggfinnen og nedre halelobe), feilklassifiserte i utpreget grad gjenfangster av oppdrettsmolt som villfisk (97% feil).

#### Konklusjon

Testresultatene på det uavhengige materiale tilsier at flerparametriske diskriminantanalyse i stor utstrekning kan identifisere laks med oppdrettsbakgrunn i fiskerier. Slaktemoden mærlaks og gjenfanget oppdrettsmolt lot seg identifisere med henholdsvis 100% og 83% nøyaktighet.

Diskriminantmodellene basert på materiale av gjenfanget oppdrettsmolt hadde imidlertid dårlig klassifiseringssuksess på villfiskbestander. Årsaken til dette er sannsynligvis at en stor andel av denne fisken hadde finnestørrelser på nivå med villfisk (jf. figur 15, avsnitt 3.2.1). Modellene er riktignok ikke testet på villfiskbestander hvor fiskens opphavsbakgrunn var kjent. Modellene B og D er imidlertid testet på et materiale fra elv- og sjøfiskerier (tabell 5) hvor oppdrettsfisk også er identifisert ved skjellanalyse og morfologiske karakterer. Disse modellene estimerte andel oppdrettsfisk fra fangster i Namsen og Otterøya til å være urimelig høy (henholdsvis 57-60% og 36-43%), mens den var relativt overensstemmende med skjellanalyse/morfologi for fiskefangster på Kolgrov (17-18%). Andelen oppdrettslaks på disse lokaliteter ble funnet å være henholdsvis 0%, 11% og 15% ved skjellanalyse/morfologi (jf. tabell 14, avsnitt 4.7). De metodiske tester viste at disse verdiene må anses som minimumsverdier (jf. avsnitt 2.5 og 4.5).

Modell E, derimot, estimerte andel oppdrettslaks til et langt rimeligere nivå enn de andre modellene (henholdsvis 4%, 12% og 6% for Namsen, Otterøya og Kolgrov), men underestimerte andelen betydelig på en av lokalitetene (Kolgrov). Denne modellen hadde svært dårlig evne til å identifisere gjenfanget laks utsatt som smolt. Ingen av modellene synes derfor å gi en tilfredsstillende identifisering av oppdrettsfisk. Finnelengdene til fisk av en gitt størrelse varierte mellom villfiskbestandene (figur 14, avsnitt 3.2.1). Klassifiseringssuksessen ved diskriminantanalyse vil derfor sannsynligvis øke hvis man anvendte finnemål fra de villfiskbestandene modellen skulle brukes på.



halelobe) og morfologiske karakterer (RBS = ryggfinne med bølgete finnestråler/klumpfinne, GLF = gjellelokkforkortelse) testet på materiale med kjent og ukjent bakgrunn. N = antall laks.

Discriminant analysis models based on combinations of various groups of salmon (O = harvestable farmed salmon, GO = recaptures of hatchery reared smolts, V = wild salmon), fin sizes (R = dorsal fin, VB = left pectoral fin, HB = right pectoral fin, ØH = upper tail lobe, NH = lower tail lobe), and morphological characteristics (RBS = dorsal fin with distorted fin rays or bud fin, GLF = shortened gill covers) tested on material with known and unknown origin. N=number of salmon.

Modell	Grupper laks	Variabler	N	Modellmateriale (% gruppe-tilhørighet)		Prosent grupperte riktig klassifisert	Uavhengig testmateriale (% klassifisering)															Diskriminantfunksjon
							Kjent bakgrunn					Ukjent bakgrunn										
							GO			O		Kolgrov 1987			Otterøya 1987			Namsen 1987				
							V	GO	O	V	O	V	GO	O	V	GO	O	V	GO	O	V	
A	GO	R,VB,HB	115	32.2	67.8	-	72.1	26.3	73.7	-	24.9	75.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D = 39.1 R - 71.8 VB - 59.5 HB -71.4 ØH + 144.3 NH + 1.8
	V	ØH,NH	46	82.6	17.4	-																
B	GO	R,NH	115	51.3	48.7	-	55.9	27.6	72.4	-	0.3	99.7	82.9	17.1	-	57.5	42.5	-	40.0	60.0	-	D = 46.4 R + 20.5 NH - 6.5
	V		46	73.9	26.1	-																
C	GO	R,NH	115	31.3	68.7	-	72.2	17.5	82.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D = -2.5 R - 36.3 NH + 1.8 RBS + 1.7 GLF + 3.8
	V	RBS,GLF	36	83.3	16.7	-																
D	O		394	0	0.5	99.5	87.5	32.0	65.0	3.0	-	-	82.3	13.7	4.0	64.2	25.4	10.4	42.7	54.0	3.3	D = 10.2 R + 103.5 NH - 11.2
	GO	R,NH	115	50.4	49.6	0																
	V		46	80.4	19.6	0																
E	O		394	0.5	-	99.5	99.6	97.3	-	2.7	-	-	94.0	-	6.0	88.1	-	11.9	96.0	-	4.0	D = 12.1 R + 95.7 HN - 9.8
	V	R,NH	46	100.0	-	0																

## 4 Beskrivelse av skjellkarakterer hos oppdrett- og vill-laks

Skjellstrukturen hos fisk avspeiler fiskens vekst (Tesch 1968). Manipulering med fiskens biologiske rytme, intensiv foring, sykdom, håndtering og andre påvirkninger på fiskens vekst slik det forekommer i fiskeoppdrett, vil derfor kunne detekteres på skjellene og dermed kunne brukes til å skille oppdrettet laks fra vill laks.

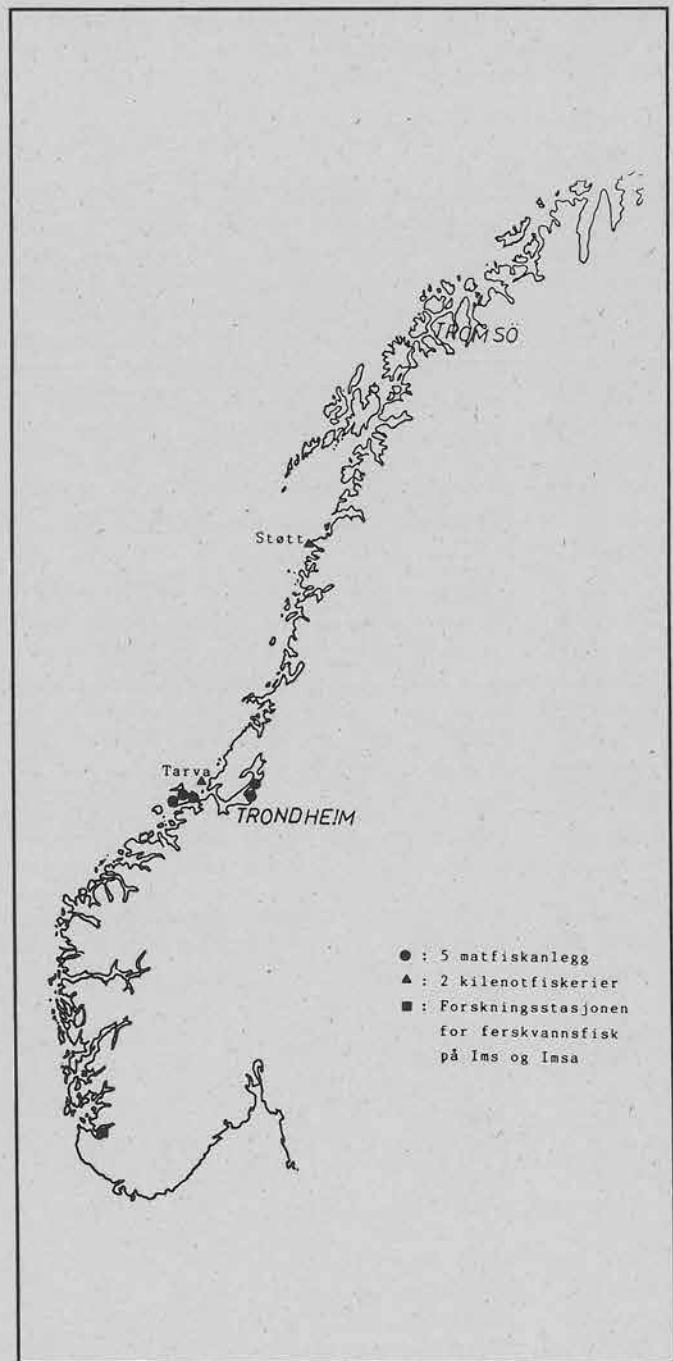
Det er vist at laks i oppdrett har et mer irregulært mønster i skjellveksten enn villfisk (Havey 1959, Antere & Ikonen 1983). I dette kapittelet vil vi beskrive og teste endel forskjeller i skjellmønsteret hos vill og oppdrettet laks. Analysen er utført med materiale av kjent opprinnelse.

### 4.1 Materiale

Skjell fra 4 kategorier laks med kjent bakgrunn ble analysert:

- Slaktemoden mærlaks med størrelse 45-96 cm fra 5 oppdrettsanlegg (N = 271) i Midt-Norge innsamlet i oktober 1986-87. Denne fisken var kultivert på basis av én svensk og flere norske laksestammer. I ett av anleggene ble prøver tatt ved to ulike anledninger, mens det er gjort én prøvetaking i de øvrige anleggene. Laksens ferskvannsalder og sjøalder var 1-2 år.
- Gjenfangster av Carlinmerket oppdrettsmolt fra Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk, Imsa, utsatt i Imsa (N = 119) samlet i perioden mai-juli 1983-85. Denne fisken var fra ialt 11 norske laksestammer og lengden ved gjenfangst var fra 50-98 cm. Fiskens ferskvannsalder var 1-2 år, mens sjøalder var 1-3 år. Gjenfangstene er hovedsakelig fra sjøfiskerier i Rogaland fylke.
- Gjenfangster av Carlinmerket villsmolt fra Imsa (N = 208) samlet i perioden mai-desember 1976-85. Fiskestørrelse var fra 45 - 94 cm. Fiskens ferskvannsalder ble etter skjellanalyse funnet å være 1-4 år, mens sjøalder var 1-3 år.
- Vill-laks fanget i to sjøfiskerier (kilenot) i Midt-Norge (Tarva, Sør-Trøndelag, N = 153) og Nord-Norge (Støtt, Nordland, N = 58) før oppdrettnæringens ekspansjon langs norskekysten (figur 17). Prøvene var samlet i perioden mai-juli i 1970-71 og laksen målte fra 51-114 cm. Kun laksen fra Tarva ble aldersbestemt. Ferskvannsalder varierte fra 2 til 5 år, mens sjøalder var 1-4 år.

Skjellprøvene ble tatt på venstre side av fisken 3-6 skjellrekker over sidelinjen og langs en linje fra framkant av analfinnen til bakkant av ryggfinnen.



**Figur 17**  
Beliggenhet av lokaliteter for materiale anvendt til studie av skjellkarakterer.  
Position of sampling sites for material for the study of scale characteristics.



Skjellene ble avlest i projektor ved forstørrelser på 40 x eller 55 x. For gruppering av type erstatningsskjell ble det anvendt stereomikroskop med trinnløs innstilling opptil 50 x forstørrelse.

## 4.2 Alder

Bestemmelse av skjellenes årssoner ble foretatt etter Anon. (1984): "Årssoner på skjell er karakterisert ved to soner påfølgende hverandre med a) stor og b) liten circuliavstand. Overgangen fra en årssone til en annen, kan identifiseres ved første kontinuerlige circulus i den nye vekstsonen som skjærer over den siste ufullstendige circulus i foregående årssone. I tilfeller der denne overskjæringen ikke er observerbar, kan en årssone identifiseres ved overgangen fra sone med liten circuliavstand til sone med store circuliavstand."

Skjell fra hver fisk ble lest to ganger. Når ulike skjell fra en fisk viste varierende antall årssoner, ble det høyeste antallet anvendt (Jonsson 1976).

### 4.2.1 Ferskvannsalder

Kun 27% av den slaktemodne mærlaksen ble avlest med riktig ferskvannsalder, mens dette varierte fra 2-63% mellom de ulike anlegg (tabell 6). Ingen fisk ble avlest med for lav alder, mens henholdsvis 47%, 19% og 3% av mærlaksen ble avlest med 1, 2 og 3 år høyere ferskvannsalder enn den kjente. På samme måte ble alderen til den gjenfangede oppdrettsmolten overestimert. Dette forekom like hyppig for 1-årig som for 2-årig smolt (tabell 6).

Henholdsvis 4% og 10% av laksen fra matfiskanleggene og den oppforede molten hadde et så irregulært skjellmønster at det var umulig å bestemme ferskvannsalderen.

Det er grunn til å tro at miljøet i smoltanlegg gir vekststopp på skjellene som lett klassifiseres som falske vintersoner etter aksepterte kriterier for aldersbestemmelse (Anon. 1984). Smoltalder som identifiseringskriterium for oppdrettsfisk vil derfor vanligvis være lite anvendelig fordi smoltalder hos

**Tabell 6.** Aldersbestemmelse ved skjell-lesing sammenlignet med kjent alder hos slaktemoden mærlaks fra 5 matfiskanlegg og hos gjenfangster av utsatt oppdrettsmolte (= Gjenf.o-smolte) og vill-laks fra Imsa. Tallene angir andel (%) fisk aldersbestemt korrekt, feilbestemt med + 1-3 år og fisk med uleselige skjell. N = antall laks undersøkt.

Age determination by scale reading compared to known age of harvestable farmed salmon (= Mærlaks) from 5 fish farms and of recaptures of hatchery reared smolts (= Gjenf.o-smolte), and wild salmon (= vill-laks) from the River Imsa. The numbers represent proportion (%) of fish correctly aged, misaged by + 1-3 years, and fish with unreadable scales. N = number of salmon investigated.

Lokalitet	Type laks	N	Kjent alder	Ferskvannsalder					Uleselig	Kjent alder	Sjålder				
				-1	Korrekt	+1	+2	+3			-1	Korrekt	+1	+2	Uleselig
Anlegg A	Mærlaks	40	2	0	23	48	25	2	3	1	0	80	20	0	0
Anlegg B	Mærlaks	32	2	0	3	66	28	3	0	1	0	16	78	3	3
Anlegg C	Mærlaks	32	2	0	47	34	9	0	10	2	13	69	9	0	9
Anlegg D	Mærlaks	32	2	0	63	28	3	3	3	2	13	84	0	0	3
Anlegg D	Mærlaks	42	1	0	2	50	33	7	8	1	0	31	62	0	7
Anlegg E	Mærlaks	30	2	0	37	53	10	0	0	1	0	37	57	6	0
Sum anlegg	Mærlaks	208	1-2	0	27	47	19	3	4	1-2	4	53	38	1	4
Imsa	Gjenf.o-smolte	69	1	0	12	61	22	4	1	1*	0	97	3	0	0
Imsa	Gjenf.o-smolte	50	2	0	38	32	4	4	22	2	6	92	2	0	0
Imsa	Gjenf.o-smolte	8	-	-	-	-	-	-	-	3	0	100	0	0	0
Sum Imsa	Gjenf.o-smolte	119	1-2	0	23	49	14	4	10	1-3	5	92	3	0	0
Imsa	Vill-laks	101	-	-	-	-	-	-	-	1	0	99	1	0	0
Imsa	Vill-laks	26	-	-	-	-	-	-	-	2	0	100	0	0	0
Sum Imsa	Vill-laks	127	-	-	-	-	-	-	-	1-2	0	99	1	0	0

\* n = 61

denne fisken blir overestimert og får derved en alder som er vanlig for villsmolt i Norge. Smoltalder som oppdrettskriterium kan likevel være nyttig å bruke hvis resultatet av aldersbestemmelsen viser en lavere eller høyere smoltalder enn det som er vanlig for et gitt vassdrag eller geografisk region.

Det produseres i dag utelukkende 1- og 2-årig smolt i våre kommersielle smoltanlegg. Framtidens smoltproduksjon vil i økende grad basere seg på 1-årig smolt. I naturlige laksepopulasjoner i Norge er 1-årig smolt svært sjeldent, og forekommer kun unntaksvis i våre sydligste laksevassdrag.

#### 4.2.2 Sjøalder

Det var vanskelig å bestemme korrekt sjøalder hos laks som er oppdrettet i sjømær fram til slaktemoden størrelse. I gjennomsnitt ble 53% av den slaktemodne mærlaksen aldersbestemt riktig. Variasjonen var 16-84% mellom de ulike anlegg (tabell 6). 4% ble avlest med for lav sjøalder, 38% ble avlest med ett år for mye og 4% viste et så irregulært skjellmønster at sjøalderen var umulig å bestemme.

Tilbakevandrede laks utsatt som smolt, hadde derimot et skjellmønster for sjøfasen som lignet villfiskens, og lot seg vanligvis korrekt aldersbestemme. Dette var også tilfelle med villfiskens. Henholdsvis 92% og 99% av den gjenfangede oppdrettsmolten og den gjenfangede villsmolten fra Imsa ble avlest med riktig sjøalder.

Dette viser at miljøbetingelsene i sjøanlegg gir soner i fiskens skjell som lett feilbestemmes som vintersoner etter aksepterte kriterier for aldersbestemmelse (Anon. 1984).

### 4.3 Vekstmønster

Vekstmønsteret til laks varierer med hvor fisken oppholder seg. Variasjon i vekstmønster i lakseskjellene er beskrevet nedenfor på bakgrunn av a) forekomst av brakkvannsvekst, b) hvordan overgangen mellom ferskvann og sjøsonen er, c) smoltstørrelse, d) forekomst av vekststopp og e) beliggenhet av årssonene i sjøen.

En beskrivelse av det reelle vekstforløp hos de enkelte fisk som ble analysert, forutsetter at grensen for avsluttet ferskvannsvekst og beliggenhet av vintersonene er riktig identifisert. Hos villfisk og oppdrettsmolt i Imsa ble tilbakeberegnet smoltlengde kontrollert med den reelle smoltlengde ved utvandring/utsetting. Hos villfisk fra sjøfiskerier (Tarva, Støtt) var det vanligvis lett å finne grensen for avsluttet ferskvannsvekst som følge av distinkte forskjeller i circuliavstanden ved avsluttet ferskvannsvekst.

Hos oppdrettsfisk var smoltlengden ikke kjent for den enkelte fisk. Skjellprøvene for de ulike fisk fra samme oppdrettsanlegg viste imidlertid stor likhet i skjellmønsteret. Vi fant det derfor nyttig å kontrollere riktigheten av tilbakeberegningene ved å anvende gjennomsnittlig tilbakeberegnet smoltlengde og oppdretternes målinger av gjennomsnittsvekten av molten i Fultons formel:

$$K = \frac{\text{vekten i gram} \times 100}{(\text{lengden i cm})^3}$$

Anlegg der fisken hadde en K-verdi lavere enn 0.95 og høyere enn 1.20 ble vurdert til å ha en stor andel fisk der grensen for avsluttet ferskvannsvekst ble feilvurdert. Slike anlegg ble utelukkert i den videre behandling.

I tilfeller der sjøvintersonene hos villfisk var vanskelig å identifisere, ble kvantifiserte retningslinjer for bestemmelse av deres beliggenhet anvendt (Anon. 1984, se avsnitt 4.3.4).

#### 4.3.1 Brakkvannsvekst

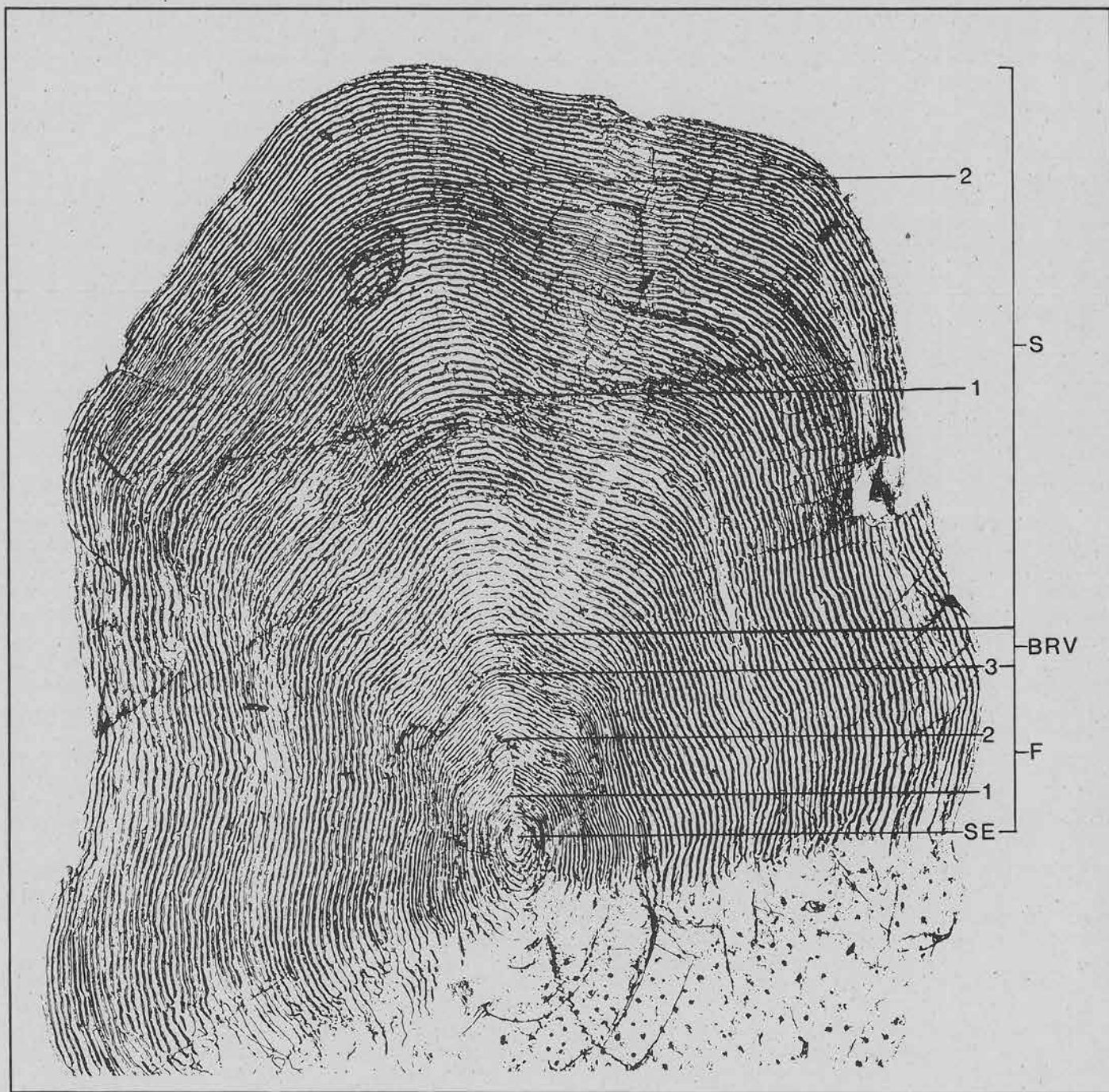
Brakkvannsvekst er definert som en samling av circuli med intermediær vekst mellom siste ferskvannsvinter og begynnelsen av sjøveksten (Anon. 1984). Det er vanligvis langt færre circuli i sonen med brakkvannsvekst enn i første sone for sommervekst i sjøen. Brakkvannsveksten utgjøres vanligvis av 3-5 circuli.

Når brakkvannsvekst forekom, ble denne klassifisert til to grupper: a) brakkvannsvekst med åpne circuli med jevn avstand (figur 18), b) brakkvannsvekst med terminerte circuli (dvs. de siste anlagte circuli har mindre avstand enn de første, og danner slik en vintervekstlignende avslutning av brakkvannsveksten) (figur 19 og 20).

Tabell 7 viser at forekomsten av brakkvannsvekst varierte betydelig mellom de undersøkte matfiskanlegg (22-81%). Den var hyppigere forekommende i matfiskanlegg (gjennomsnittsverdi: 58%) enn hos vill-laks hvor brakkvannsvekst var relativt sjelden (Tarva 1971: 6%) (Kji-kvadrat test;  $\chi^2 = 94.1$ ,  $P < 0.001$ ).

Skjellene hos gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt viste en tilnærmet like stor forekomst av brakkvannsvekst (53%) som hos laks fra matfiskanlegg (58%) ( $\chi^2 = 0.6$ ,  $P > 0.50$ ), og en signifikant forskjellig forekomst sammenlignet med villfisk ( $\chi^2 = 77.6$ ,  $P < 0.001$ ).

Vill-laks fra Imsa, som under smoltutvandring blir fellefanget og Carlin-merket, hadde imidlertid relativt hyppig forekommende brakkvannsvekst (33%). Forskjellen mellom denne gruppen og fritt vandrende villsmolt (Tarva 1971) kan sannsynligvis forklares ved at håndtering av villsmolt stresser fisken. Dette vil kunne gi vekstproblemer i en kortere periode.

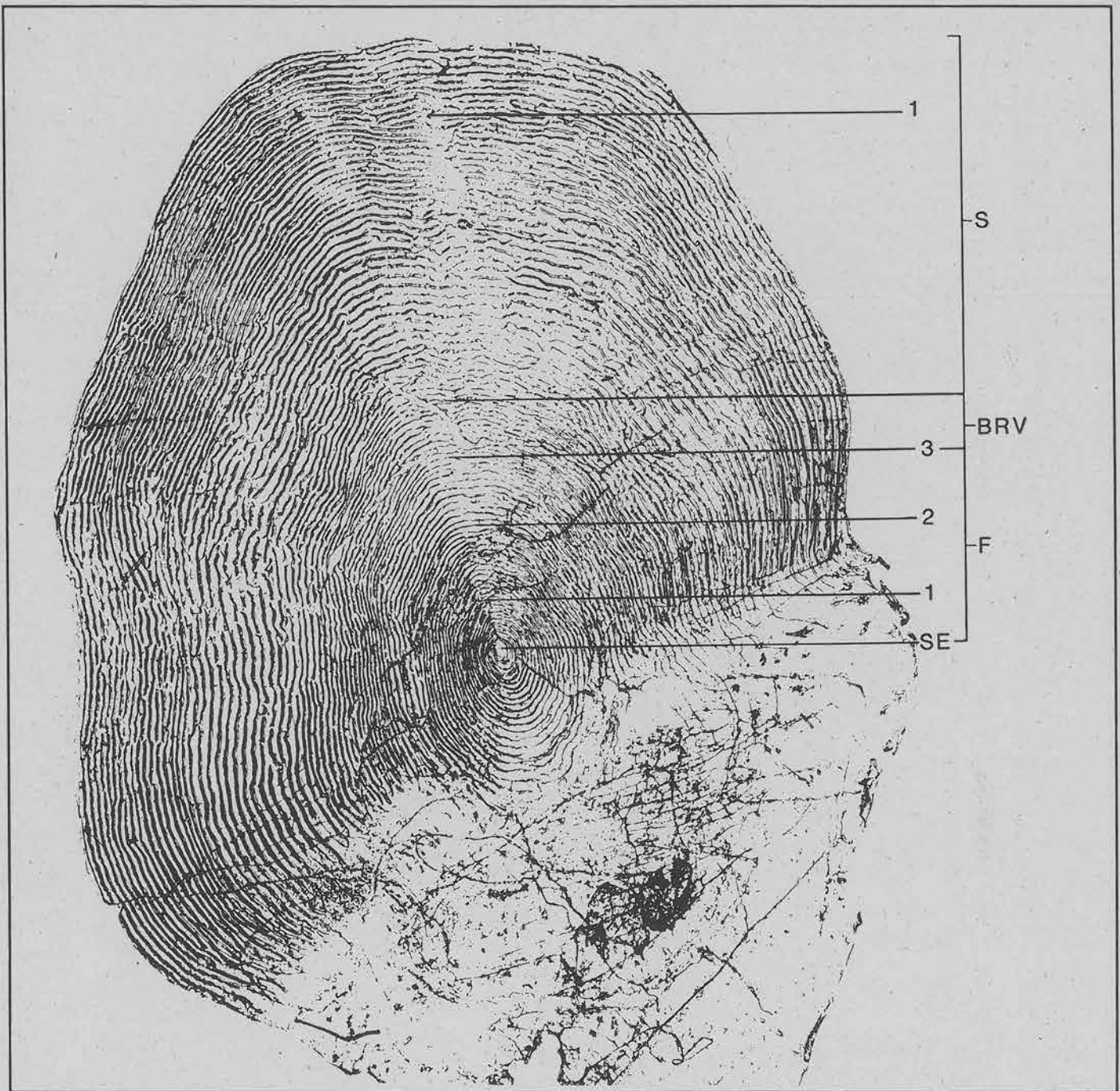


**Figur 18**

Skjell fra en mærlaks slaktet på høsten (oktober). Kjent alder 1.2+. Avlest alder 3.2+. Skjellet defineres til å ha en klar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen og brakkvannsvekst (BRV) med åpne circuli. SE = skjellets sentrum, FV = ferskvannsonen, S = sjøsonen.

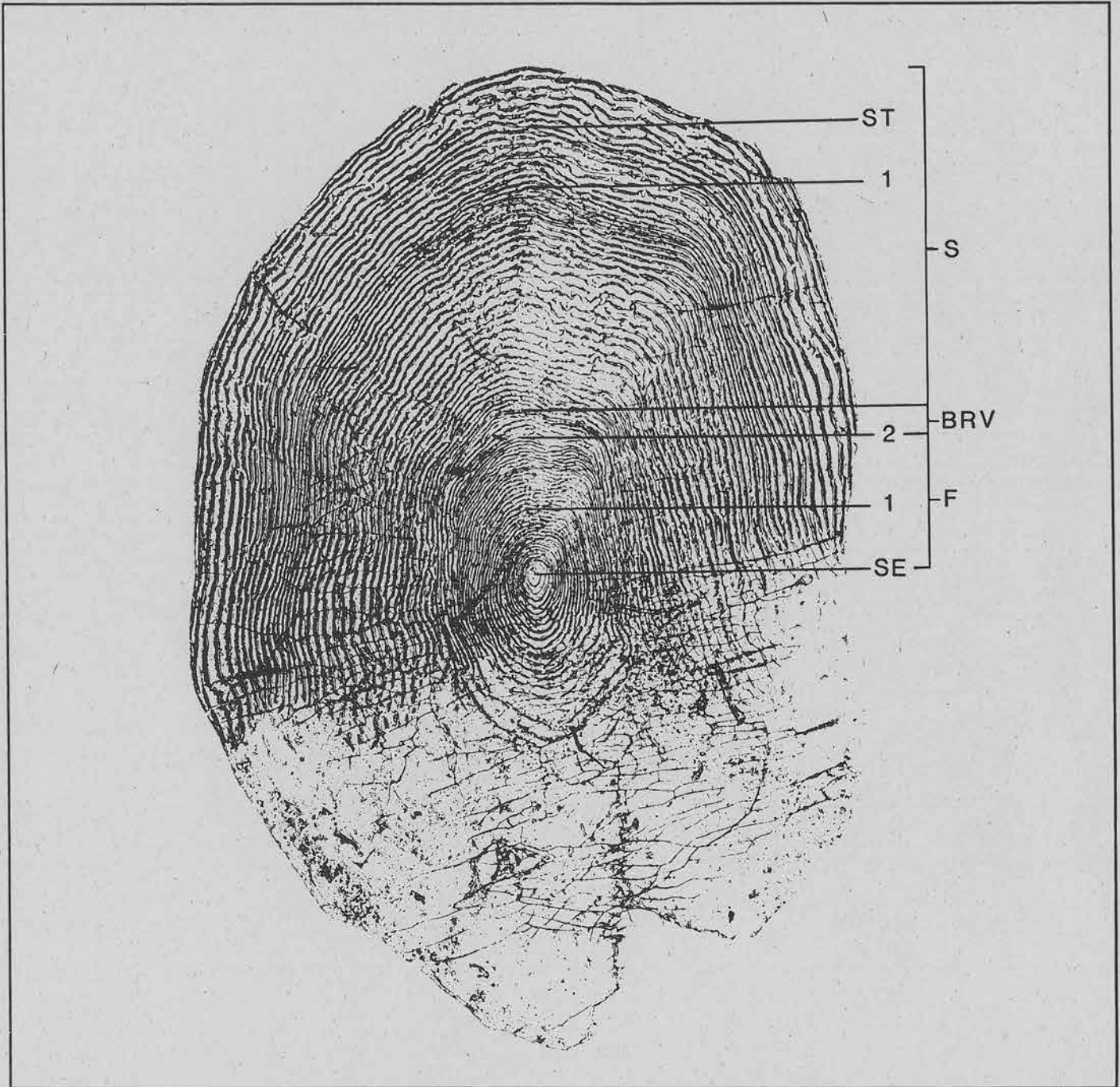
A scale from a farmed salmon slaughtered in October. Known age 1.2+. Age determined 3.2+. The scale is defined to have a clear transition between the fresh water and sea zones, as well as estuary growth (BRV) with open circuli. SE = scale centre, FV = fresh water zone, S = sea zone.





**Figur 19**

Skjell fra en mærlaks slaktet på høsten (oktober). Kjent alder 1.1+. Avlest alder 3.1+. Skjellet defineres til å ha en uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen og brakvannsvest (BRV) med terminerte circuli. SE = skjellets sentrum, F = ferskvannsonen, S = sjøsonen. A scale from a farmed salmon slaughtered in October. Known age 1.1+. Age determined 3.1+. The scale is defined to have a diffuse transition between the fresh water and sea zones, as well as estuary growth (BRV) with terminated circuli. SE = scale centre, F = fresh water zone, S = sea zone.



**Figur 20**

Skjell fra en gjenfanget laks utsatt som oppdrettsmolt i Imsa. Kjent alder 1.1+. Avlest alder 2.1+. Skjellet defineres til å ha en uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen og brakkvannsvekst (BRV) med terminerte circuli. SE = skjellets sentrum, F = ferskvannsonen, S = sjøsonen, ST = vekststopp.

A scale from a recaptured salmon released as hatchery-reared smolt in the River Imsa. Known age 1.1+. Age determined 2.1+. The scale is defined to have a diffuse transition between the fresh water and sea zones, as well as estuary growth (BRV) with terminated circuli. SE = scale centre, F = fresh water zone, S = sea zone, ST = growth check.

**Tabell 7. Andel fisk (%) med brakkvannsvekst (BRV) på skjell hos ulike grupper laks. BRV's utseende : Å = åpne circuli, T = terminerte circuli. N = antall laks undersøkt. Proportion of fish (%) with estuary water growth (BRV) on scales of various groups of salmon. Appearance of BRV: Å = open circuli, T = terminated circuli. N = number of salmon investigated.**

Lokalitet	Type laks	N	% laks med BRV	BRV's utseende	
				% Å	% T
Anlegg A	Mærlaks	40	68	96	4
Anlegg B	Mærlaks	31	35	82	18
Anlegg C	Mærlaks	32	75	17	83
Anlegg D (prøve 1)	Mærlaks	32	22	86	14
Anlegg D (prøve 2)	Mærlaks	42	81	85	15
Sum anlegg	Mærlaks	177	58	73	27
Imsa	Gjenfanget oppdrettsmolt	119	53	41	59
Imsa	Vill	208	33	78	22
Tarva 1971	Vill	153	6	89	11

Brakkvannsvekstens mønster var ikke systematisk forskjellig for oppdrettet og vill-laks (tabell 7). Når brakkvannsvekst forekom, var den helst anlagt med åpne circuli hos mærlaks (73%) og vill-laks (78-89%), mens den helst var anlagt med terminerte circuli hos gjenfanget oppdrettsmolt (59%).

Hos oppdrettsfisk gav brakkvannsvekst ofte en vanskelig identifiserbar avslutning av ferskvannsveksten, og var ofte årsak til at oppdrettsfisk ble klassifisert som uklare for overgangen mellom ferskvann- og sjøsonen på skjellene (jf. avsnitt 4.3.2).

De ultimate årsaker til hyppig forekomst av brakkvannsvekst hos oppdrettslaks er divergerende. Bilton & Robins (1971a, b,c) mener at årsaken til fortetning av circuli utenfor vintersone primært har sin årsak i økt næringsopptak heller enn sult, noe som forårsaker økt circulidannelse og tettere beliggenhet av circuliene (undersøkelser på rød laks, *Oncorhynchus nerka*). På den annen side foreslo Bhatia (1931), Grey & Setna (1931), og Major & Craddock (1962) at mangelfullt næringsopptak induserer dannelse av tettliggende circuli (undersøkelser på rød laks, og regnbueørret, *Salmo irideus*).

Bilton & Robins (1971c) fant at circuliavstanden var sensitiv for små forandringer i næringsopptaket, mens Major & Craddock (1962) fikk markerte vekststopp på skjellene.

Når oppdrettslaks oftere har avsetning av brakkvannsvekst enn villfisk, kan dette ha sammenheng med påvirkninger på oppdrettsfiskens ved utsetting i sjøen. Før lengre transporter på smoltstadiet sultes fisken. Tarmene tømmes for å senke oksygenbehovet og for å unngå ekskrementforurensning av transportvannet (T. Storebakken, Akvaforsk, pers. medd.). Sultetiden (3-7 døgn) er avhengig av transporttiden. Det er dessuten ikke uvanlig at det tar flere døgn før fisken tar til seg næring etter transport og utsetting i sjøen. Stress ved ufrivillig skifte av miljø kan videre føre til utsettelse av foropptaket dersom oppdrettsmolten ikke er tilstrekkelig smoltifisert.

#### 4.3.2 Overgangen mellom ferskvann- og sjøsonen

Uten kjennskap til fiskens lengde ved utvandring/utsetting i sjøen, kan det hos fisk med irregulært skjellmønster være vanskelig å anslå om skjellene har brakkvannsvekst. Tilstedeværelse av brakkvannsvekst gav imidlertid skjellene ofte en udefinerbar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen. Vi undersøkte derfor forskjeller mellom de ulike grupper laks ved å klassifisere overgangen mellom ferskvann- og sjøsonen etter følgende kriterier: Skjell som ikke hadde et klart definerbart siste circuli i ferskvannsonen, men hadde en udefinerbar overgang til sjøsonen, ble klassifisert til gruppen uklare skjell (figur 19, 20 og 22). Skjell med et klart definert siste circuli i ferskvannsonen, ble klassifisert til gruppen klare skjell (figur 21). Fisk som hadde skjell med klare grenser for årssonevekst, men som ikke var identifiserbar for hvilken årssone som var den siste i ferskvann (sjørretlignende skjell), ble klassifisert til gruppen uklare skjell.

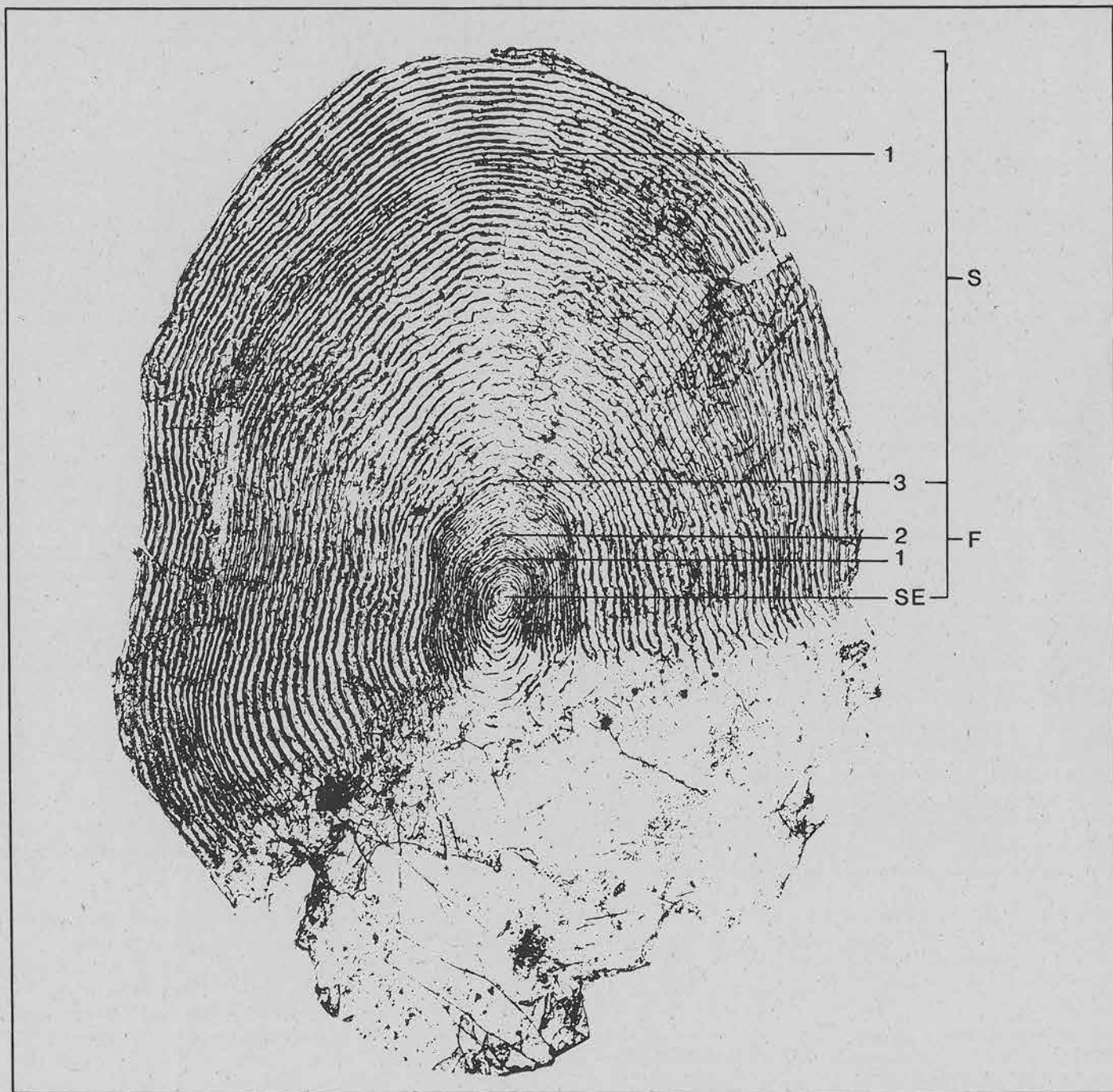
For hver fisk ble vanligvis flere enn 3 skjell studert før klassifisering ble foretatt. Klassifiseringen var bare unntaksvis forbundet med tvil.

En stor andel av mærlaksen hadde uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen på skjellene (82%), mens dette forekom relativt sjeldent hos vill-laks fra Tarva (3%) (Kji-kvadrat test;  $\chi^2 = 222.7$ ,  $P < 0.001$ ) og vill-laks fra Imsa (6%) ( $\chi^2 = 245.7$ ,  $P < 0.001$ ). Forekomsten av uklare skjell varierte fra 47 til 100% i de ulike matfiskanlegg, men var vanligvis over 70% (tabell 8).

Gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt hadde en lavere frekvens uklare skjell (61%) enn mærlaksen ( $\chi^2 = 3.7$ ,  $P > 0.05$ ), men allikevel en langt større frekvens enn vill-laks (3%) ( $\chi^2 = 149.4$ ,  $P < 0.001$ ).

Brakkvannsvekst kan forklare antall uklare skjell hos en stor andel av fisken i de ulike gruppene. Uklare skjell var sammen-

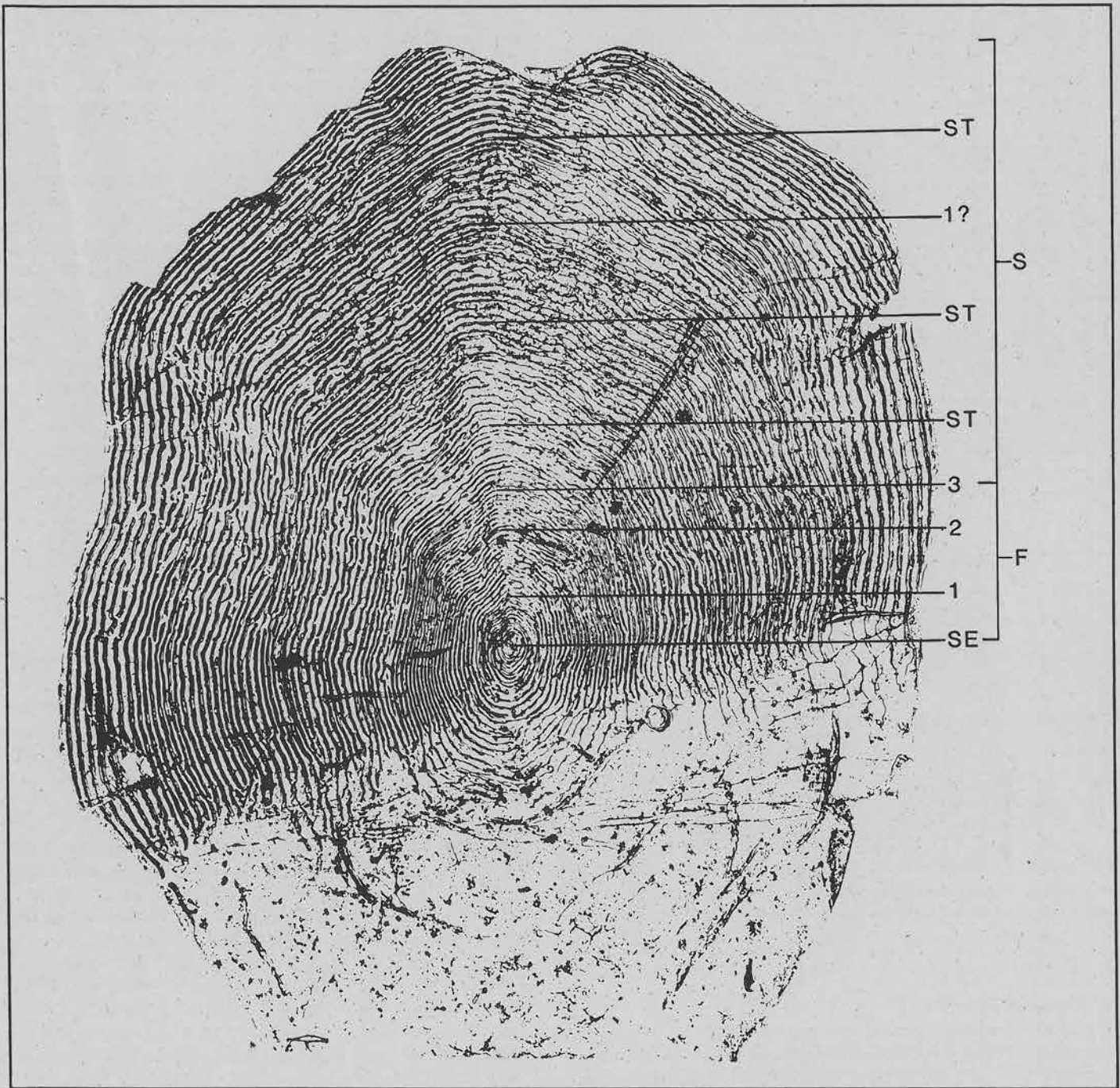




**Figur 21**

Skjell fra en vill-laks fanget på Tarva (Sør-Trøndelag) i juli 1970. Skjellet defineres til å ha en klar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen. Laksens alder leses til 3.1+. SE = skjellets sentrum, F = ferskvannssonen, S = sjøsonen.

A scale from a wild salmon captured at Tarva (Sør-Trøndelag) in July 1970. The scale is defined to have a clear transition between the fresh water and sea zones. The age of the salmon is read to 3.1+. SE = scale centre, F = fresh water zone, S = sea zone.



**Figur 22**

Skjell fra en mærlaks slaktet på høsten (oktober). Kjent alder 2.1+. Avlest alder 3.?+. Skjellet har en uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen og en irregulær sjøvekst med 3 vekststopp. Vintersonen i sjøen er vanskelig å definere. SE = skjellets sentrum, F = ferskvannsonen, S = sjøsonen, ST = vekststopp.

A scale from a farmed salmon slaughtered in October. Known age 2.1+. Age determined 3.?+. The scale has a diffuse transition between the fresh water and sea zones, as well as irregular growth at sea with 3 growth checks. The winter zone at sea is difficult to define. SE = scale centre, F = fresh water zone, S = sea zone, ST = growth check.

**Tabell 8.** Andel fisk (%) med en uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen og andel av disse med observert brakkvannsvekst (BRV) på skjell fra ulike grupper laks. N = antall laks undersøkt.

Proportion of fish (%) with a diffuse transition between the fresh water and sea zones, and proportion of these with observed estuary water growth (BRV) on scales of various groups of salmon. N = number of salmon investigated.

Lokalitet	Type laks	N	uklare skjell			
			totalt		med BRV	
			N	%	N	%
Anlegg A	Mærlaks	40	40	100	27	68
Anlegg B	Mærlaks	31	27	87	11	41
Anlegg C	Mærlaks	32	23	72	23	100
Anlegg D	Mærlaks	32	15	47	3	20
Anlegg D	Mærlaks	42	42	100	34	81
Anlegg E	Mærlaks	30	23	77	23	100
Sum anlegg	Mærlaks	207	170	82	121	71
Imsa	Gjenfanget					
	oppdrettsmolt	119	73	61	51	70
Imsa	Vill-laks	208	12	6	5	42
Tarva 1971	Vill-laks	153	4	3	2	50

fallende med påvist brakkvannsvekst hos 71%, 70%, 42% og 50% av henholdsvis mærlaks, gjenfanget oppdrettsmolt, vill-laks fra Imsa og vill-laks fra Tarva (tabell 8). Uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen er den av de undersøkte skjell-karakterer som hyppigst skiller vill-laks fra laks med oppdrettsbakgrunn. Karakteren er vanskelig å vurdere helt objektivt og må derfor anvendes med varsomhet i identifiseringsammenheng og i kombinasjon med andre klassifiseringskarakterer (jf. avsnitt 4.5).

#### 4.3.3 Smoltstørrelse

Det er vanlig at oppdrettsmolt er større enn villsmolt. Tilbakeberegnet smoltstørrelse fra skjell (Dahl 1910, Lea 1910) kan derfor være en egnet karakter for å skille rømt oppdrettslaks fra vill-laks.

For identifisering av oppdrettsfisk i vassdrag ved hjelp av tilbakeberegnet smoltlengde vil det beste utgangspunkt være at smoltstørrelsen i den naturlige bestanden er kjent. Tilbakeberegnet smoltlengde kan være tilstrekkelig som klassifiseringskarakter for oppdrettsfisk når verdien ligger utenfor den

observerte maksimal lengden for villfiskbestanden. Tilbakeberegnet smoltlengde er imidlertid også anvendelig som identifiseringskarakterer for oppdrettsfisk i kombinasjon med andre sjeldent forekommende karakterer hos villfisk (< 5% forekomst) når smoltlengden er større enn øvre grense for 95% variasjon i villfiskbestanden (jf. avsnitt 4.5).

Tilbakeberegnet vekst underestimerer vanligvis smoltlengden i forhold til fiskens reelle størrelse på grunn av allometrisk vekst (Jonsson & Stenseth 1976). Når tilbakeberegnete verdier sammenlignes med naturlige verdier for smoltstørrelse, vil det derfor være nødvendig å kompensere for underestimeringen. De fleste vill-laks bestander hvor data for smoltstørrelse foreligger, er beregnet på grunnlag av målinger av naturlig smoltstørrelse (tabell 9). Det foreligger begrenset informasjon om graden av underestimering av smoltstørrelse ved tilbakeberegning. Data for vill-laks fra Imsa viste en gjennomsnittlig underestimering av smoltlengden på 5.3% i forhold til de naturlige smoltlengdene.

Tabell 9 gir en oversikt over gjennomsnittlig smoltlengde ± 95% variasjonsbredde for en rekke norske laksebestander. Tabellen viser at smoltstørrelsen varierer betydelig mellom de ulike vassdrag og mellom ulike deler av landet. Villsmolt er bare unntaksvis større enn 18-19 cm. Villsmolten er større i Troms og Finnmark og sørover fra Rogaland enn i områdene imellom.

Disse forskjeller tilsier at bruk av tilbakeberegnet smoltstørrelse som identifiseringskarakter for oppdrettsfisk, kan dra nytte av ulik grensesetting for smoltstørrelsen i de ulike regioner. Nord for Nordland fylke er smoltstørrelsen bare unntaksvis større enn 19 cm, mens denne grensen er 17 cm sørover til Rogaland og 19 cm sørover fra og med Rogaland.

#### 4.3.4 Vekststopp og beliggenhet av årssoner i sjøen

Vekststopp defineres som en sone av tetsittende circuli som vanligvis er færre i antall enn en vintersone, og som opptrer innenfor en sommersone på skjellet (Anon. 1984) (figur 20, 22 og 23). Årsakene til vekststopp kan variere. Bilton & Robins (1971a,b,c) mener det er en effekt av økt næringsopptak og derved økt vekst og circulidannelse, mens Bhatia (1931), Grey & Setna (1931) og Major & Craddock (1962) mener det reflekterer redusert vekst som følge av mangelfull næringsopptak.

Vi analyserte forekomsten av antall vekststopp i 1. og 2. sommer av sjøsonen på skjellene. I avsnitt 4.2.2 viste vi at skjell hos laks oppdrettet i sjømær hadde vekststopp som lett kunne forveksles med vintersoner. Det var da ofte umulig å identifisere hvilke soner som var de egentlige vintersonene. En sammenligning mellom de ulike kategorier laks vil derfor bare ha mening når man samlet vurderer forekomsten av



**Tabell 9.** Gjennomsnittlig smoltlengde ( $\bar{x}$ )  $\pm$  95% variasjonsbredde for vassdrag i Norge ordnet etter en nord-sørgradient. Smoltlengden er målt fra snute til enden av haleflikene. N = antall smolt undersøkt. Mean smolt length ( $\bar{x}$ )  $\pm$  95% confidence limits for rivers and streams in Norway ordered from north to south. Smolt length is measured from snout to the end of the tail lobes. N = number of smolts investigated.

Vassdrag	Fylke	Undersøk-elsesår	Måle metode	N	95% -	$\bar{x}$	+ 95%	Kilde
Jiesjokka (Tana)	Finnmark	1981	Naturlig	186	129	- 149	- 170	
Utsjoki (Tana)	Finnmark	1981	Naturlig	200	150	- 174	- 197	
Altaelva	Finnmark	1981-86	Tilbakeberegnet	1413	103	- 139	- 174	Saksgård & Heggberget 1987
Halselva	Finnmark	1987	Naturlig	200	112	- 143	- 174	Heggberget, T.G. pers. medd.
Vardneselva	Troms	1958-63	Naturlig	814	110	- 137	- 170	Berg 1968
Beiarelva	Nordland	1978-83	Naturlig	108	97	- 130	- 163	Jensen & Johnsen 1986
Saltdalselva	Nordland	1978-83	Naturlig	119	106	- 127	- 148	Jensen & Johnsen 1986
Namsen	Nord-Trøndelag	1988	Tilbakeberegnet	109	90	- 125	159	
Øysterelva	Nord-Trøndelag	1979	Naturlig	50	102	- 117	- 132	Einvik 1980
Ferga	Nord-Trøndelag	1979	Naturlig	68	102	- 115	- 128	Einvik 1980
Øyensåa	Nord-Trøndelag	1979	Naturlig	25	100	- 116	- 132	Einvik 1980
Levangereelva	Nord-Trøndelag	1987-88	Tilbakeberegnet	123	99	- 130	- 161	
Nidelva	Sør-Trøndelag	1985	Naturlig	40	123	- 144	- 166	Hvidsten, N.A. pers. medd.
Gaula	Sør-Trøndelag	1988	Naturlig	100	102	- 118	- 134	L' Abée-Lund, J.H. pers. medd.
Orkla	Sør-Trøndelag	1983-86	Naturlig	3822	105	- 124	- 142	Hvidsten, N.A. pers. medd.
Orkla	Sør-Trøndelag	1987	Naturlig	2828	112	- 131	- 150	Hvidsten, N.A. pers. medd.
Eira	Møre og Romsdal	1988	Naturlig	126	101	- 115	- 128	Jensen, A.J. pers. medd.
Bondalselva	Møre og Romsdal	1981	Naturlig	200	110	- 128	- 147	
Bondalselva	Møre og Romsdal	1982	Naturlig	200	116	- 135	- 153	
Østaelva	Møre og Romsdal	1982	Naturlig	200	112	- 130	- 147	
Østaelva	Møre og Romsdal	1983	Naturlig	200	111	- 127	- 143	
Eidselva	Sogn og Fjordane	1987	Tilbakeberegnet	90	98	- 129	- 160	Sættem 1988
Strynelva	Sogn og Fjordane	1982-85	Naturlig	159	98	- 121	- 144	Jensen & Johnsen 1986
Loneelva	Sogn og Fjordane	1982	Naturlig	150	111	- 132	- 153	
Loneelva	Sogn og Fjordane	1984	Naturlig	200	109	- 129	- 149	
Oldenelva	Sogn og Fjordane	1987	Tilbakeberegnet	25	90	- 129	- 169	Sættem 1988
Lærdalselva	Sogn og Fjordane	1981	Naturlig	200	111	- 127	- 144	
Lærdalselva	Sogn og Fjordane	1982	Naturlig	200	108	- 127	- 146	
Sandvikselva	Akershus	1977	Naturlig	158	124	- 139	- 154	
Storelva	Rogaland	1974	Naturlig	217	123	- 152	- 182	
Suldalslågen	Rogaland	1974	Naturlig	82	134	- 148	- 162	
Imsa	Rogaland	1985	Naturlig	200	133	- 162	- 191	
Imsa	Rogaland	1986	Naturlig	200	136	- 162	- 188	
Imsa	Rogaland	1987	Naturlig	200	138	- 159	- 180	
Figgjoelva	Rogaland	1986	Naturlig	200	130	- 146	- 162	
Figgjoelva	Rogaland	1987	Naturlig	200	126	- 146	- 166	
Kvassheimsåna	Rogaland	1984	Naturlig	164	135	- 152	- 169	Hesthagen et al. 1986



**Tabell 10.** Andel laks (%) med vekststopp (= st) i 1. og 2. årsonen på skjell hos ulike grupper laks. N = antall laks undersøkt.

Proportion of salmon (%) with growth check (= st) in first and the second year zones on scales of various groups of salmon. N = number of salmon investigated.

Lokalitet	Type laks	Andel (%) fisk med vekststopp				
		N	1st	2st	3st	1-3st
Anlegg A	Mærlaks	40	28	2	0	30
Anlegg B	Mærlaks	30	60	40	0	100
Anlegg C	Mærlaks	32	44	41	3	88
Anlegg D	Mærlaks	29	27	4	0	31
Anlegg D	Mærlaks	40	50	33	0	83
Sum anlegg	Mærlaks	171	41	25	1	67
Imsa	Gjenfanget					
	oppdrettsmolt	119	37	3	0	40
Imsa	Vill-laks	208	13	3	0	16
Tarva 1971	Vill-laks	146	16	3	0	19

vekststopp innenfor 1. og 2. sommer av sjøsonen på skjellene.

Forekomsten av vekststopp var hyppigere hos mærlaks (67%) og gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt (40%) enn hos vill-laks (16-19%) (tabell 10) (Kji-kvadrat test; mærlaks/vill-laks Tarva,  $\chi^2 = 73.5$ ,  $P < 0.001$ ; gjenfanget oppdrettsmolt/vill-laks Tarva,  $\chi^2 = 14.3$ ,  $P < 0.001$ ). Hos alle kategorier laks var én vekststoppsone vanligst. Forekomst av mer enn én slik sone var sjeldent hos vill-laks (3%) og hos gjenfangster av oppdrettsmolt (3%), mens det var relativt vanlig hos mærlaks (26%).

Hyppige vekststopp gav ofte skjellene hos mærlaksen et svært irregulært mønster sammenlignet med villfisk. Skjellmønsteret hos oppdrettslaks kan også være irregulært som følge av uvanlig vekstforløp. I oppdrett er det ikke uvanlig at det er stor variasjon i kroppsstørrelse ved en gitt alder. Avvik fra villfiskens normale vekstmønster kan derfor være identifiseringsgrunnlag for potensielle oppdrettsfisk. Kvantifiserte retningslinjer for bestemmelse av sjøvintersonenes beliggenhet hos villfisk er beskrevet av Anon. (1984): "Som regel vil størrelsen på villfisk etter første sjøår beregnes til å være mellom 40 og 60 cm ved lineær tilbakeberegning. Når det er tvil om identifisering av første sjøvintersonen, vil en vintersone med en tilbakeberegnet lengde på mindre enn 35 cm være en vekststopp." Ved identifisering av 2. sjøvintersonen hos villfisk an-

tar Anon. (1984) at "enhver sone med tettliggende circuli som påvises ved en tilbakeberegnet lengde på mindre enn 1.55 ganger avstanden fra skjellets sentrum til avslutningen av første sjøvintersonen (dvs. tilbakeberegnet lengde mindre enn 1.55 ganger den tilbakeberegnete lengde etter første sjøår), må anses som en vekststopp. 2. sjøår defineres så til avslutningen av den påfølgende sone med tettliggende circuli". Av den undersøkte mærlaksen (N = 177) hadde 4% av fisken en tilbakeberegnet lengde mindre enn 35 cm etter første sjøvinter, mens 14% hadde lengder under 40 cm ved dette tidspunkt.

Irregulær avsetning av vintersoner på skjellet er alene ikke tilstrekkelig for å identifisere oppdrettsfisk. Karakteren kan nyttes i kombinasjon med andre sjeldent forekommende karakterer hos villfisk (jf. avsnitt 4.5).

## 4.4 Erstatningsskjell

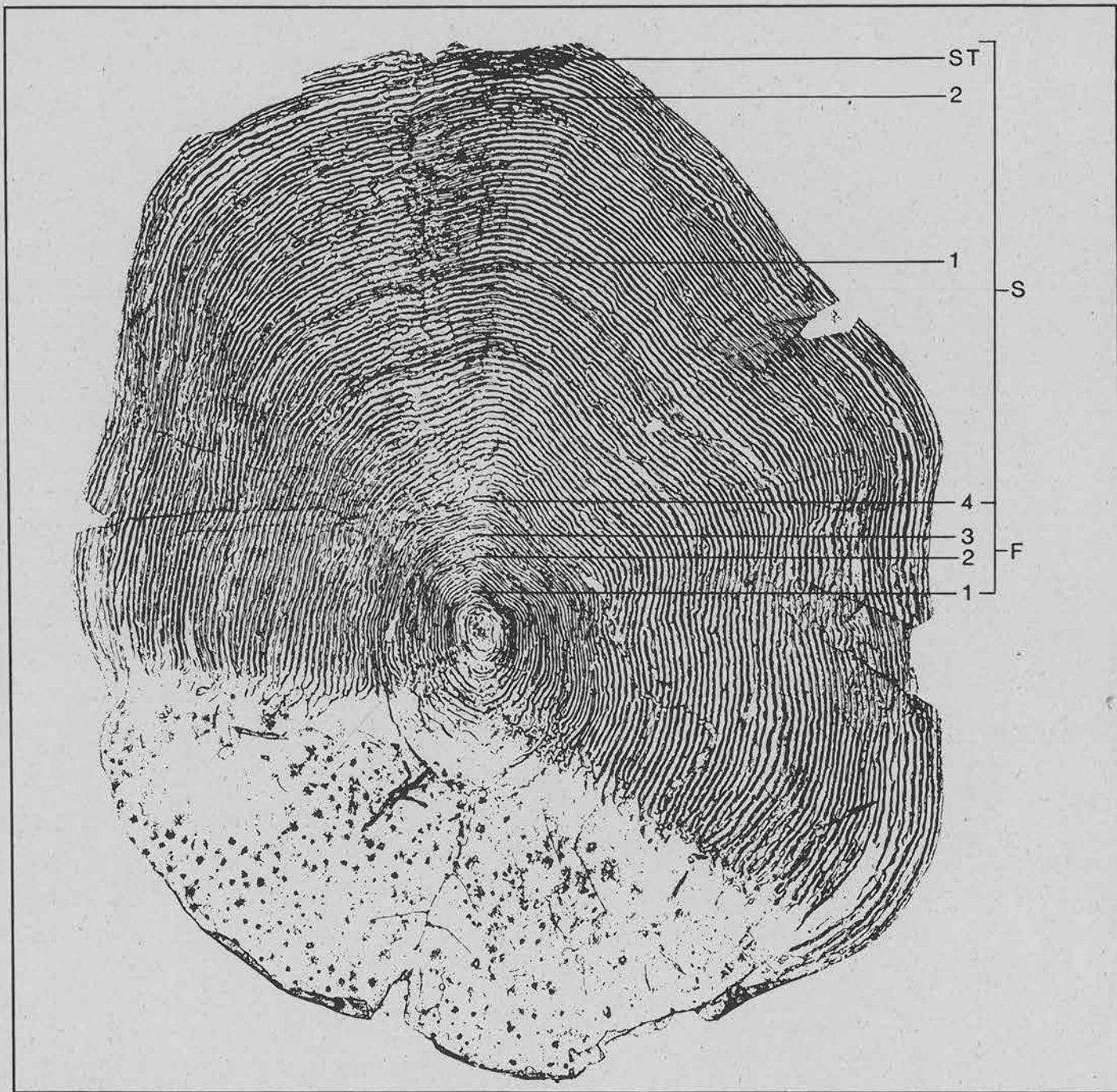
Tap av skjell på fiskens kroppsoverflate erstattes av nye skjell i de samme skjellanleggene. Anlegg med nye skjell (erstatningsskjell) vil imidlertid mangle de circuli som det opprinnelige skjellet inneholdt på det tidspunkt skjellet gikk tapt (Blair 1942).

Vi undersøkte frekvensen av erstatningsskjell i tre ulike faser i fiskens livssyklus:

- Ferskvannsfasen:** skjell der en eller opptil alle circuli er fraværende innenfor ferskvannsdelen av skjellet (figur 23). Avsetning av første circulus ble antatt å ligge innenfor en avstand på mindre enn 0.5 mm fra skjellets sentrum (Anon. 1984). Grensen for skjellets ferskvannsdelen ble satt til siste circulus av siste vintersone i ferskvann.
- Smoltfasen:** skjell som foruten mangel av circuli i ferskvannsdelen, også mangler en eller alle circuli i 1. annulus (årssone) av sjøoppholdet (figur 24).
- Sjøfasen:** skjell som foruten mangel av circuli fram til 1. annulus av sjøoppholdet, også mangler en eller alle circuli ut til skjellets ytterkant (figur 25).

Under klassifisering var det nyttig å anvende hele skjell (skjell med alle circuli avsatt) som referanse for hver fisk som ble analysert. For hver fisk ble det vanligvis analysert flere enn 35 skjell.

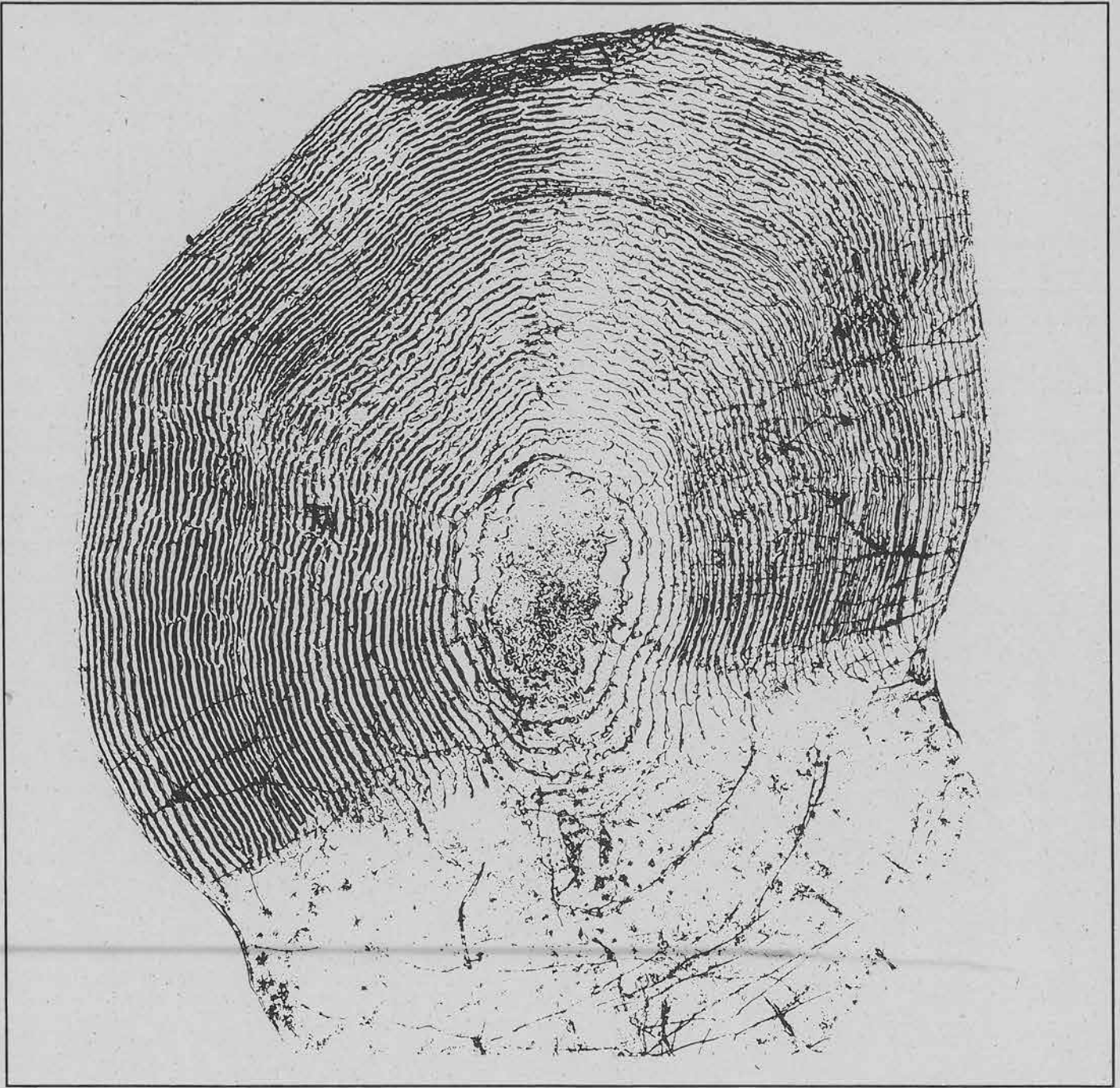
Gjennomsnittlig frekvens erstatningsskjell var høyere hos mærlaks (70%) og gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt (71%) enn hos vill-laks (49-60%) (tabell 11). I alle de undersøkte gruppene utgjorde skjell erstattet i løpet av ferskvannsfasen hovedtyngden av erstatningsskjellene. Her var den gjennomsnittlige andelen på tilnærmet samme nivå hos vill-laks (42-47%) som hos oppdrettslaks (45-52%). Frekvensfordelingen av skjell erstattet i ferskvannsfasen (= erstatningsskjell/



**Figur 23**

Ferskvannserstattet skjell fra en mærlaks slaktet på høsten (oktober). Kjent alder 2.2+. Avlest alder minimum 4.2+. F = ferskvannsonen, S = sjøsonen, ST = vekststopp.

A scale replaced at the fresh water stage of a farmed salmon slaughtered in October. Known age 2.2+. Age determined minimum 4.2+. F = fresh water zone, S = sea zone, ST = growth check.



**Figur 24**

*Smoltfaseerstattet skjell fra en mærlaks slaktet i oktober. Laksen har vært én vinter i sjøen.*

*A scale replaced at the smolt stage of a farmed salmon slaughtered in October. The salmon has spent one winter at sea.*





**Figur 25**

*Sjøfaseerstattet skjell fra en mærlaks slaktet på høsten (oktober). Kjent alder 2.1+. Skjellet mangler alle circuli fram til 2. sommer i sjøen.  
A scale replaced at the sea stage of a farmed salmon slaughtered in October. Known age 2.1+. The scale lacks all circuli up to the second summer at sea.*



**Tabell 11.** Gjennomsnittlig andel erstatningsskjell (%) hos ulike grupper laks. Fv = ferskvannsfase, Sm = smoltfase, Sv = sjøfase, Total = erstatningsskjell totalt, N = antall laks undersøkt, n = gjennomsnittlig antall skjell undersøkt pr. laks.  
 Mean proportion of replacement scales (%) of various groups of salmon. Fv = fresh water stage, Sm = smolt stage, Sv = sea stage, Total = total proportion of replacement scales total, N = number of salmon investigated, n = mean number of scales investigated per salmon.

Lokalitet	type laks	N	n	% erstatningsskjell			
				Fv	Sm	Sv	Total
Anlegg A	Mærlaks	52	40	37	28	15	80
Anlegg B	Mærlaks	70	39	67	8	6	81
Anlegg C	Mærlaks	50	40	46	15	9	70
Anlegg D	Mærlaks	49	30	25	20	15	60
Anlegg D	Mærlaks	50	36	42	9	7	58
Sum anlegg	Mærlaks	271	37	45	14	11	70
Imsa	Gjenfanget oppdrettsmolt	100	38	52	15	4	71
Imsa	Vill-laks	100	40	47	11	2	60
Tarva/Støtt	Vill-laks	211	49	42	6	1	49

sum skjell analysert) viste stor spredning i alle gruppene (figur 26), og var kun signifikant forskjellig for villfisk fra Tarva/Støtt (42%) og gjenfangster av oppdrettsmolt (52%) (Kolmogorov-Smirnov test;  $Z = 1.15$ ,  $P < 0.01$ ).

På smolt- og sjøfase var det signifikante forskjeller i gjennomsnittlig frekvensfordeling av erstatningsskjell hos villfisk og oppdrettsfisk.

Gjennomsnittlig frekvens av skjell erstattet i smoltfasen var lavere hos villfisk (Tarva/Støtt: 6%) enn hos oppdrettsfisk (14-15%). Vill-laks fra Imsa, som under smoltvandringen blir fanget i nedgangsfelle, Carlinmerket og håvet flere ganger, hadde riktignok en betydelig høyere gjennomsnittlig andel skjell erstattet i smoltfasen (11%) enn frittlevende villsmolt. Laksesmolt har svært løstsittende skjell som lett faller av ved håndtering. Dette forklarer den høyere forekomsten av skjell erstattet i smoltfasen hos oppdrettsfisk og villfisken fra Imsa enn hos vanlig vill-laks.

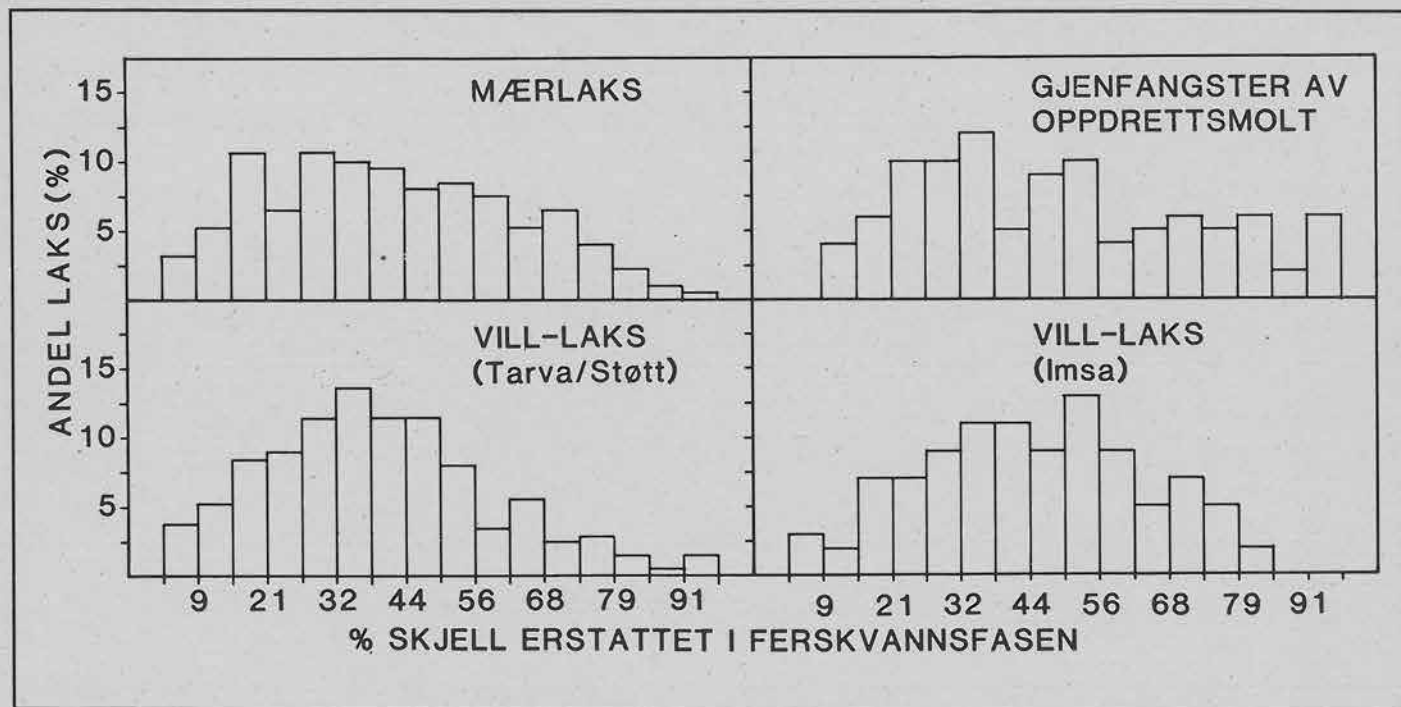
Frekvensfordelingen av skjell erstattet i smoltfasen var signifikant forskjellig hos vill-laks (Tarva/Støtt) enn mærlaks (Kolmogorov-Smirnov test;  $Z = 4.81$ ,  $P < 0.001$ ) og gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt ( $Z = 7.19$ ,  $P < 0.001$ ). Mens 5% av vill-laksen hadde mer enn 20% skjell erstattet på smoltfasen, var frekvenser over dette nivå langt vanligere hos mærlaks (16% av fisken) og hos gjenfangster av oppdrettsmolt (20% av fisken) (figur 27).

Gjennomsnittlig frekvens av skjell erstattet i sjøfasen var også mindre hos vill-laks (1-2%) enn mærlaks (11%), mens gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt var i en mellomstilling (4%).

Frekvensfordelingen av skjell erstattet i sjøfasen var også signifikant forskjellig hos vill-laks (Tarva/Støtt) relatert til mærlaks (Kolmogorov-Smirnov test;  $Z = 7.37$ ,  $P < 0.001$ ) og gjenfanget oppdrettsmolt ( $Z = 2.80$ ,  $P = 0.005$ ) (figur 28). Bare 2% av vill-laksen hadde mer enn 9% skjell som var erstattet under sjøfasen, mens frekvenser over dette nivå var langt vanligere hos mærlaks (32% av fisken) og hos gjenfanget oppdrettsmolt (11% av fisken).

Gruppering av erstatningsskjell til smolt- og sjøfase kan være vanskelig hos oppdrettsfisk som har hatt kraftig vintervekst i sjøen slik at skjellene har fått uklare vintersoner. Ved anvendelse av erstatningsskjell for identifisering av oppdrettsfisk kan det derfor være nyttig å gruppere alle skjell som er erstattet etter ferskvannsfasen i én gruppe. Figur 29 viser at 3.5% av vill-laksen hadde mer enn 15% erstatningsskjell for postsmoltfasen, mens 59% av mærlaksen og 16% av den gjenfangede oppdrettsmolten hadde mer enn 15% erstatningsskjell.

Skjelltap er kjent som et periodisk problem hos laks i oppdrett, og forekommer hyppigst i den varme årstiden. Fisk som er stresset eller av andre grunner har nedsatt allmenntilstand, mister lett skjell og får problemer med å regulere saltbalansen (Thorsen 1988). De høye verdiene av erstatningsskjell i ferskvannsfasen hos villfisk, som er på nivå med oppdrettsfiskens i



Figur 26

Fordeling av skjell erstattet i ferskvannsfasen for vill-laks (Tarva/Støtt, 1970-71), vill-laks fra Imsa, gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt og slaktemoden mærlaks.

Distribution of scales replaced at the fresh water stage for wild salmon (Tarva/Støtt, 1970-71), wild salmon from the River Imsa, recaptures of hatchery-reared smolts, and harvestable farmed salmon.

denne undersøkelsen, viser at store skjelltap også er et naturlig forekommende fenomen i parrfasen. Dette gjelder i liten grad for smolt og postsmoltstadier hos villfisk.

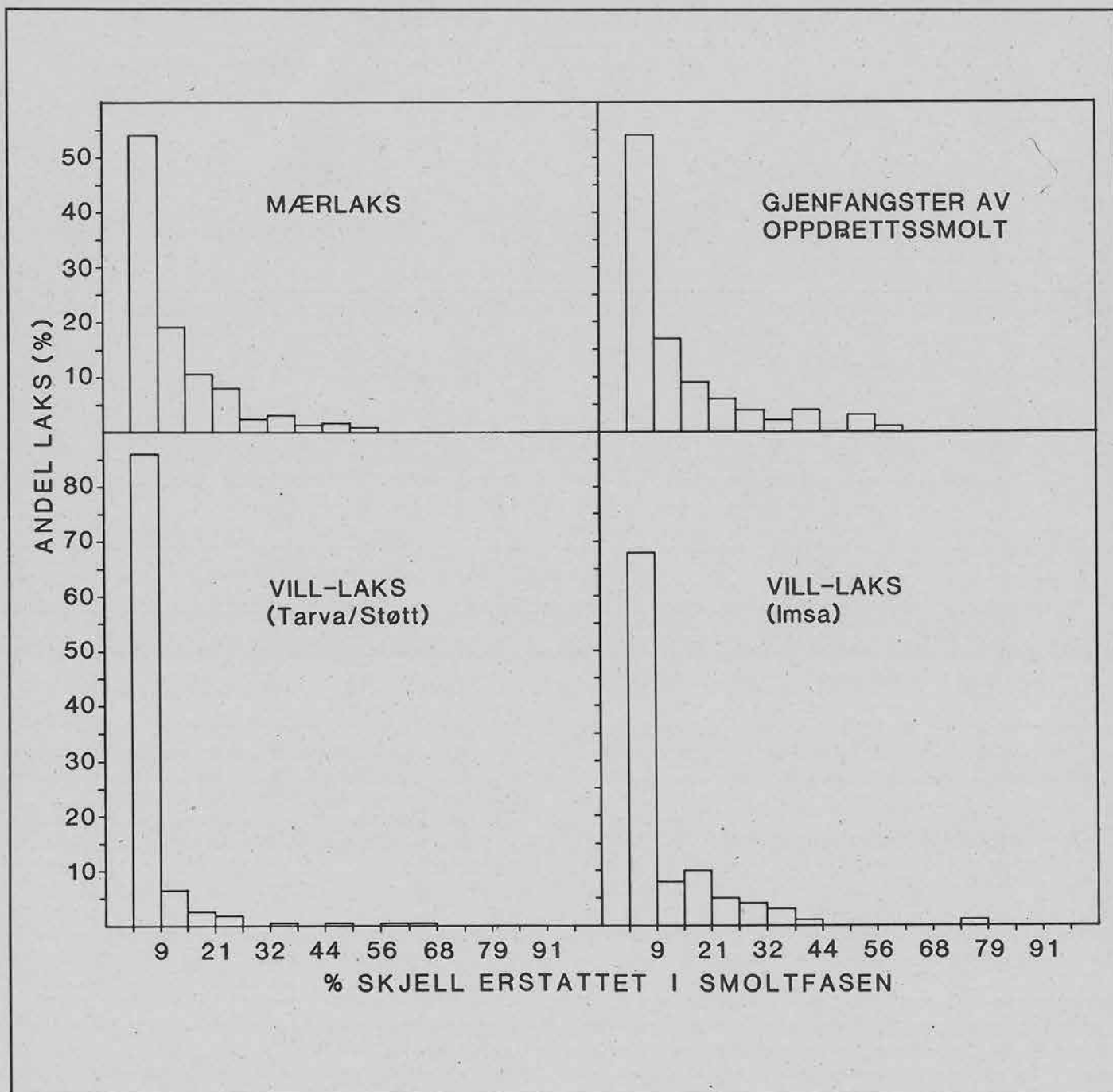
## 4.5 Identifiseringskriterier

To forhold ved skjellene kan benyttes til å skille oppdrettslaks fra vill-laks. Det er a) når tilbakeberegnet smoltlengde er større enn maksimum smoltlengde i en gitt villfiskbestand eller b) når smoltalder er lavere eller høyere enn den som forekommer hos villfisk i et gitt område. Disse to forholdene er bare brukbare i vassdrag eller geografiske områder der villfisk er godt undersøkt. Disse kriterier vil imidlertid ikke i alle tilfeller kunne skille oppdrettslaks fra vill-laks. Det vil derfor oftest være nødvendig å sammenholde flere karakterer.

Vi har funnet 6 karakterer ved fiskens skjell som er vanlig hos fisk med oppdrettsbakgrunn, mens som er sjelden hos vill-laks (< 5% forekomst), og som i det videre kan nyttes til å skille oppdrettslaks og vill-laks. Disse karakterene er summert nedenfor:

- Stor smoltlengde: defineres som større enn 95% størrelsesvariasjon for vill-laksen i det vassdrag eller geografiske region som prøven tas fra (jf. avsnitt 4.3.3, tabell 9, for vill-laksens smoltlengde i ulike deler av landet).
- En smoltalder større eller mindre enn 95% aldersvariasjon for vill-laksen i det vassdrag eller geografiske region som prøven tas fra.
- Uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen (jf. avsnitt 4.3.2).
- Irregulær avsetning av vintersonene i sjøen; dvs. tilbakeberegnet lengde etter 1. sjøår < 35 cm. Alternativt, tilbakeberegnet lengde etter 2. sjøår/tilbakeberegnet lengde etter 1. sjøår < 1.55 (jf. avsnitt 4.3.4).
- Flere enn én vekststopp innenfor de to første årssoner i sjøen (jf. avsnitt 4.3.4).
- > 15% erstatningsskjell etter ferskvannsfasen. Alternativt, > 9% erstatningsskjell for sjøfase etterfølgende 1. annulus i sjøen (jf. avsnitt 4.4).

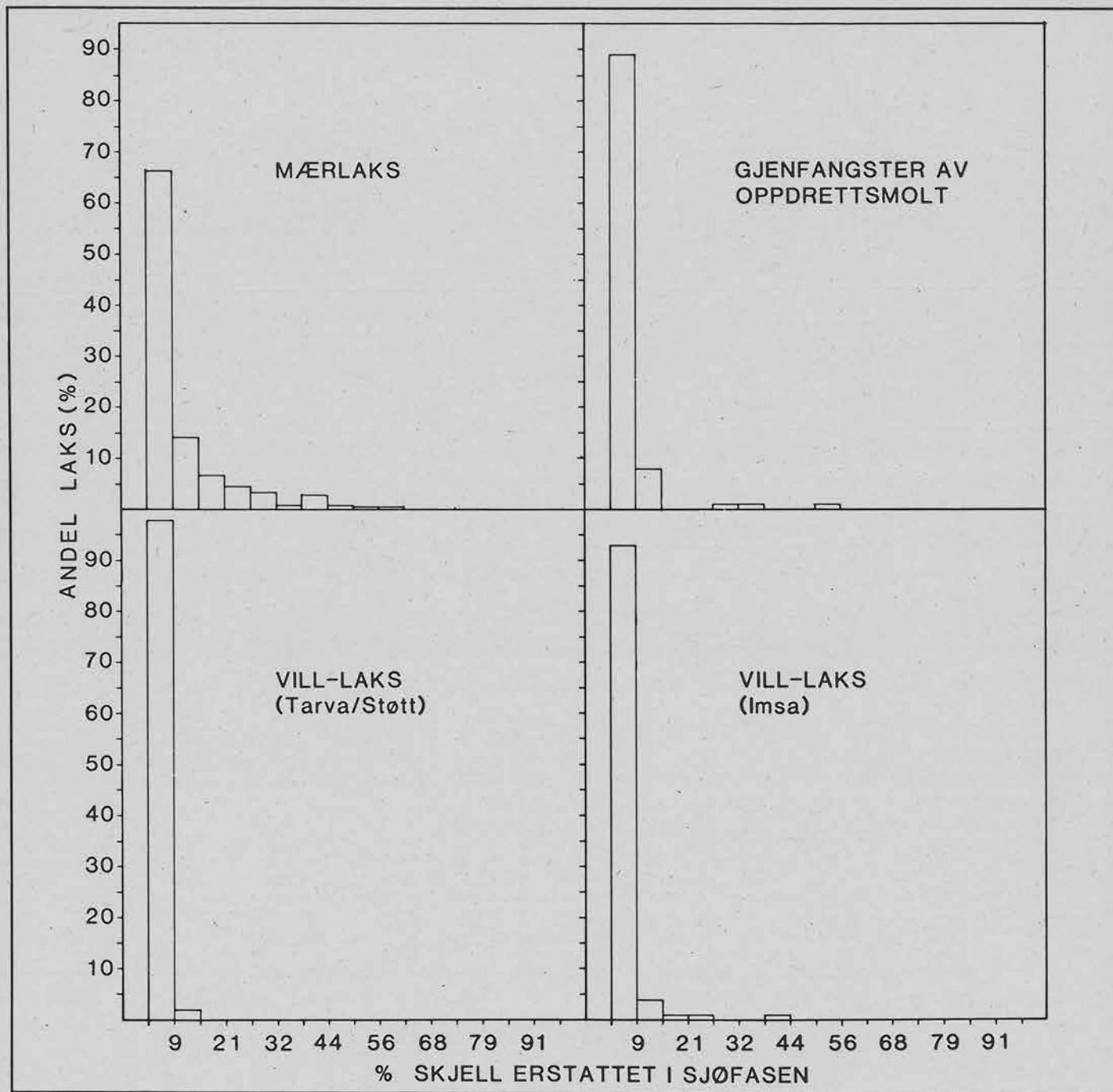
Hvis 2 eller flere av disse karakterene, som er sjeldne hos villfisk, kommer fram ved en analyse av skjellene, er sjansen for at man behandler en oppdrettsfisk stor fordi dette forekommer bare unntaksvis hos vill-laks (2%) (tabell 12).



Figur 27

Fordeling av skjell erstattet i smoltfasen for vill-laks (Tarva/Støtt, 1970-71), vill-laks fra Imsa, gjenfangster av utsatt oppdrettssmolt og slaktemoden mærlaks.

Distribution of scales replaced at the smolt stage for wild salmon (Tarva/Støtt, 1970-71), wild salmon from the River Imsa, recaptures of hatchery-reared smolts, and harvestable farmed salmon.

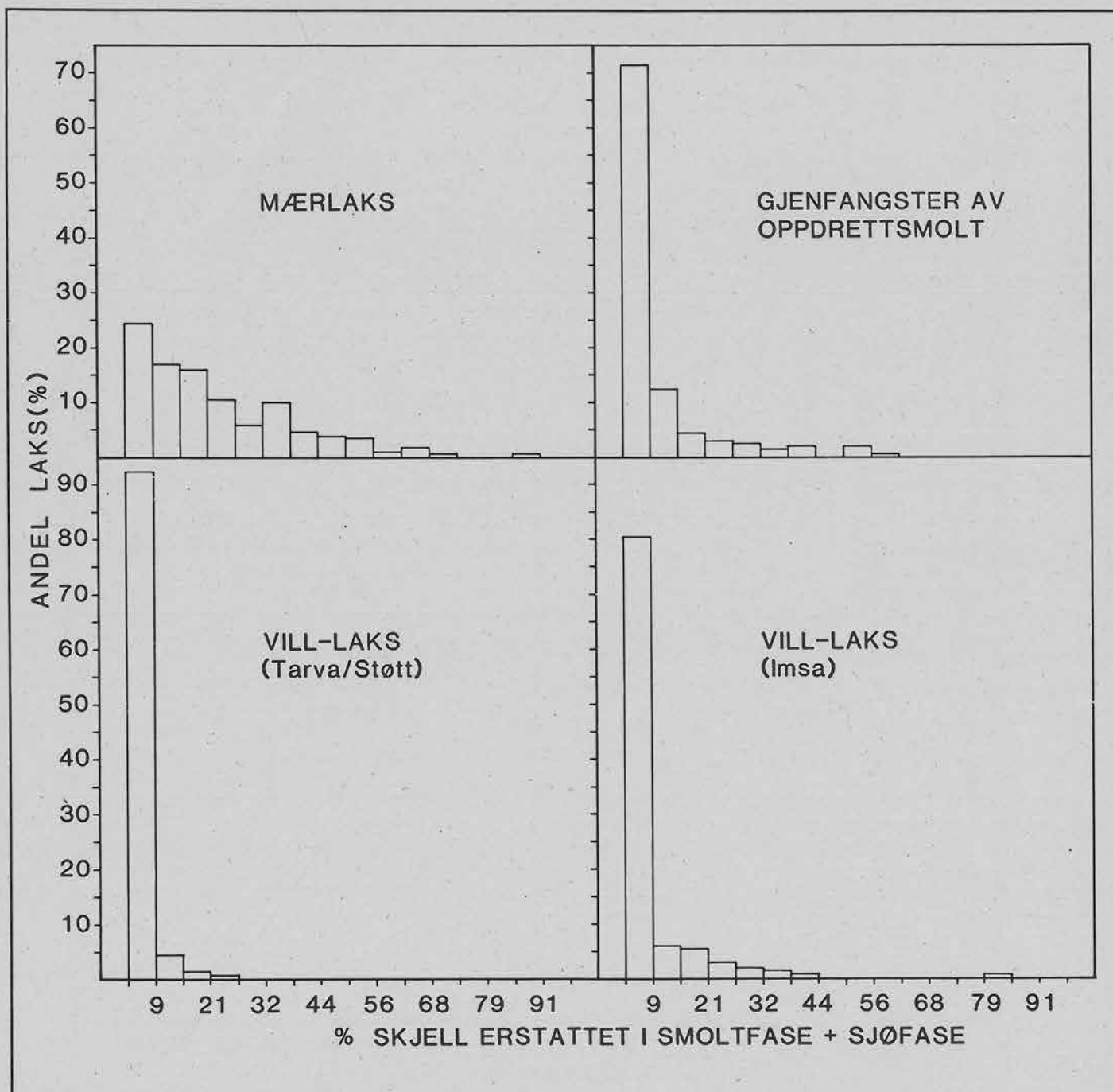


Figur 28

Fordeling av skjell erstattet i sjøfasen for vill-laks (Tarva/Støtt, 1970-71), vill-laks fra Imsa, gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt og slaktemoden mærlaks.

Distribution of scales replaced at the sea stage for wild salmon (Tarva/Støtt, 1970-71), wild salmon from the River Imsa, recaptures of hatchery-reared smolts, and harvestable farmed salmon.





Figur 29

Fordeling av skjell erstattet i smoltfase + sjøfase for vill-laks (Tarva/Støtt, 1970-71), vill-laks fra Imsa, gjengefangster av utsatt oppdrettsmolt og slaktemoden mærlaks.

Distribution of scales replaced at the smolt stage + the sea stage for wild salmon (Tarva/Støtt, 1970-71), wild salmon from the River Imsa, recaptures of hatchery-reared smolts, and harvestable farmed salmon.

**Tabell 12.** Fordeling av fisk (%) uten eller med tilstedeværelse av 1-6 sjeldent forekommende skjellkarakterer\* hos vill-laks (< 5% forekomst) for ulike grupper laks med kjent bakgrunn. §  
Distribution of fish (%) with or without presence of 1-6 rarely occurring scale characteristics\* for wild salmon (< 5% occurrence) for various groups of salmon with known background. §

Type laks	N	Andel laks (%) uten eller med 1-6 "sjeldenhetskarakterer"							
		0	1	2	3	4	5	6	
Slaktemoden mærlaks	172	0	3	31	41	22	3	0	
Gjenfanget oppdrettsmolt	92	14	31	41	11	3	0	0	
Vill-laks (Tarva 1971)	111	78	20	1	1	0	0	0	

\* Karakteren "sjelden smoltlengde" er definert > 16.0 cm tilbakeberegnet lengde for prøver fra Trøndelag (slaktemoden mærlaks og vill-laks) og > 18.0 cm tilbakeberegnet lengde for gjenfangster fra Rogaland (oppdrettsmolten).

\* Karakteren "sjelden smoltalder" er definert som < 2 år og > 4 år for prøver fra Trøndelag, og < 2 år og > 3 år for gjenfangster fra Rogaland.

§ Vill-laks fra Imsa er ikke vurdert i denne sammenheng da håndtering under utvandring påfører skjellene "oppdrettstrekk" (jf. avsnitt 4.4).

Når dette kriteriet ble lagt til grunn, ble 97% av den slaktemodne mærlaksen klassifisert riktig, mens 55% av gjenfangstene av utsatt oppdrettsmolt ble klassifisert riktig (tabell 12).

## 4.6 Klassifisering og diskriminant-analyser

Diskriminantanalyse er en statistisk teknikk som kan anvendes som identifiserings- og estimeringsmetode når identifiseringen av individer må basere seg på flere uavhengige karakterer.

To ulike diskriminantfunksjoner (trelineær diskriminantanalyse; SPSS, PC +) ble testet på uavhengige grupper fisk med kjent bakgrunn. De originale verdiene ble anvendt, og modellene og testgruppene er basert på analysert skjellmateriale fra oppdrettsfisk (slaktefisk fra 5 matfiskanlegg), gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt (Imsa), voksen villfisk (Imsa), og voksen villfisk (Tarva 1971) beskrevet i avsnitt 4.1.

I modellene er følgende funksjonsvariabler anvendt:

Variabel 1 = klassifisering av overgangen mellom ferskvanns- og saltvannssonen til 1) klar eller 2) uklar.

Variabel 2 = antall vekststopp i 1. og 2. sjøår.

Variabel 3 = frekvens erstatnings skjell i ferskvannsfasen.

Variabel 4 = frekvens erstatnings skjell etter ferskvannsfasen.

Forekomst av brakkvannsvækst er ikke anvendt som variabel da klassifisering av variabel 1 ofte er en konsekvens av brakkvannsvækst når denne forekommer (jf. avsnitt 4.3.2).

### Modell A

Modell A er basert på vill-laks (Tarva 1971) og oppdrettslaks fra matfiskanlegg. Modellens likning (ustandardisert kanonisk funksjon) er:

$$D = 2.85 \text{ Variabel 1} + 0.47 \text{ Variabel 2} - 1.27 \text{ Variabel 3} + 2.77 \text{ Variabel 4} - 5.62.$$

Funksjonen gav en relativt god diskriminering mellom de to gruppene: 95% av vill-laksen i funksjonen ble klassifisert til riktig gruppe, mens tilsvarende for mærlaksen var 83% (tabell 13).

Anvendt på et uavhengig materiale klassifiserte modellen 93% av vill-laks fra Imsa korrekt, mens 7% av denne fisken ble klassifisert som oppdrettslaks. Modelltest på tilbakevandrere av utsatt oppdrettsmolt klassifiserte 66% av fisken korrekt, mens 34% ble klassifisert som villfisk. Til sammenligning klassifiserte skjellanalyse etter metode beskrevet i avsnitt 4.5 den samme villfisken fra Imsa med samme presisjonsgrad (92%), mens de samme gjenfangstene av oppdrettsmolt hadde en lavere klassifiseringssuksess (55%) enn ved denne diskriminantfunksjonen.

### Modell B

Model B er basert på vill-laks (Tarva 1971) og gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt. Modellens likning (ustandardisert kanonisk funksjon) er:

$$D = 2.36 \text{ Variabel 1} + 0.24 \text{ Variabel 2} - 1.55 \text{ Variabel 3} + 3.77 \text{ Variabel 4} + 4.68.$$

Funksjonen gav en moderat god diskriminering mellom de to gruppene: 95% av vill-laksen i funksjonen ble klassifisert til

**Tabell 13.** Klassifisering av voksen vill-laks og oppdrettslaks ved to diskriminantanalysemodeller basert på skjellkarakterer og testet på grupper laks med kjent bakgrunn.  
 Classification of wild and reared salmon by two discriminant analysis models based on scale characteristics and tested on groups of salmon of known origin.

	Antall laks	Estimert gruppetilhørighet (%)		% grupperte riktig klassifisert
		Vill-laks	Oppdrettslaks	
<i>Modell A</i>				
Vill-laks (Tarva 1971)	107	95.3	4.7	87.8
Mærlaks	171	17.0	83.0	
<i>Testgrupper:</i>				
a) Gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt (Imsa)	100	34.0	66.0	
b) Vill-laks (Imsa)	100	93.0	7.0	
<i>Modell B</i>				
Vill-laks (Tarva 1971)	107	95.3	4.7	82.1
Gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt (Imsa)	100	32.0	68.0	
<i>Testgrupper:</i>				
a) Mærlaks	171	15.2	84.8	
b) Vill-laks (Imsa)	100	85.0	15.0	

riktig gruppe, mens tilsvarende for den gjenfangete oppdrettsmolten var 68%. Modell B har altså en dårligere total gruppert klassifisering (82%) enn Modell A (88%) (tabell 13).

Anvendt på et uavhengig materiale klassifiserte Modell B oppdrettslaks fra matfiskanlegg med 85% riktighet, mens 15% ble feilklassifisert som vill-laks. Vill-laks fra Imsa ble også klassifisert med 85% riktighet, mens 15% av denne fisken ble feilklassifisert som oppdrettslaks. Modell B klassifiserte altså vill-laksen fra Imsa dårligere enn Modell A (93%), og dårligere enn ved skjellanalyse alene (92%) og klassifiserte også slaktemoden mærlaks dårligere enn ved skjellanalyse (97%) (jf. avsnitt 4.5).

#### Konklusjon

Selv om den estimerte gruppetilhørighet i de to modellerte diskriminantfunksjonene ikke er optimal, viser testresultatene på uavhengig materiale at slaktemodne rømlinger fra mæranlegg kan identifiseres med relativt høy nøyaktighet (85%) med de anvendte skjellkarakterer. Det er også mulig å identifisere en større andel av tilbakevandrere av oppforet smolt rømt eller utsatt i sjøen på smoltstadiet (66%).

Modellene identifiserer imidlertid også endel villfisk til å ha oppdrettsbakgrunn (7-15%). Denne andelen er sannsynligvis overestimert da den ville testfisken er fra Imsa hvor villsmolten håndteres og Carlinmerkes før den går i sjøen. Denne behandlingen kan påføre fisken stress som kan manifestere seg i "oppdrettstrekk" på skjellene (jf. avsnitt 4.3.1 og 4.4). Bruk av modellene for estimering av laks med oppdrettsbakgrunn i sjø- eller elvefangster vil derfor sannsynligvis heller underestimere enn overestimere denne andelen.

## 4.7 Sammenlignet klassifisering av oppdrettslaks i fiskerier ved skjellanalyse og morfologi

Kriterier for identifisering av oppdrettslaks ved ytre morfologi (jf. avsnitt 2.5) og skjellanalyse (jf. avsnitt 4.5) ble lagt til grunn for prøver fra 11 laksefiskerier (tabell 14).

Skjellanalyse identifiserte vanligvis en større andel oppdrettslaks enn morfologisk metode gjorde. På noen av lokalitetene ble det identifisert 2-3 ganger mer oppdrettslaks ved skjell-

**Tabell 14.** Estimerer av andel oppdrettslaks i fiskerier basert på to metoder: ytre morfologi (M) og skjellanalyse (S) og kombinasjon av disse. N = antall laks undersøkt.

Estimated proportions of reared salmon in fisheries based on two methods: external morphology (M) and scale analysis (S), and a combination of these. N = number of salmon investigated.

Lokalitet/Fylker	Dato/år	Redskap	N	% oppdrettslaks		
				M	S	M+S
Hammerfest, Finnmark	7.07.86	Drivgarn	244	3.3	4.5	5.3
Otterøya, Nord-Trøndelag	3.06-2.07.87	Kilenot	137	8.0	10.9	10.9
Nord-Statland, Nord-Trøndelag	1.06-22.07.88	Kilenot	207	1.5	4.3	4.8
Agdenes, Sør-Trøndelag	27.05-1.08.86	Kilenot/verpe	362	1.9	3.3	3.6
Agdenes, Sør-Trøndelag	19.05-4.08.87	Kilenot/verpe	309	3.2	2.9	3.9
Agdenes, Sør-Trøndelag	27.05-4.08.88	Kilenot/verpe	323	1.9	6.2	6.5
Mausundvær, Sør-Trøndelag	17.06.88	Drivgarn	117	23.9	25.6	27.4
Stordalselva, Sør-Trøndelag	1.09-23.09.88	Laksetrapp	65	32.3	29.2	33.8
Kolgrov, Sogn og Fjordane	1.06-1.08.86	Krokgarn	357	12.3	14.6	16.5
Kolgrov, Sogn og Fjordane	1.06-10.07.87	Krokgarn	300	7.7	14.3	14.7
Kolgrov, Sogn og Fjordane	1.06-28.07.88	Krokgarn	252	14.8	28.6	30.2

analyse. Fisk som ble identifisert ved ytre morfologi, ble vanligvis også identifisert ved skjellanalyse. Innenfor de fleste lokalitetene ble det imidlertid identifisert en liten andel laks på ytre morfologi som ikke ble identifisert ved skjellanalyse. Dette tilsier at kombinert bruk av begge metodene gir det beste resultatet.

Metodetestene viste også at skjellanalyse klassifiserte flere fisk riktig enn analyse av ytre morfologi. Begge metodene klassifiserte slaktemoden mærlaks tilnærmet 100% riktig, mens gjenfanget laks utsatt som smolt ble klassifisert 35% riktig ved ytre morfologi og 55% riktig ved skjellanalyse (jf. avsnitt 2.5 og 4.5).

På en av lokalitetene var det mulig ved analyse av ytre morfologi å kunne avsløre alle de fisk som også ble identifisert ved skjellanalyse (Stordalselva), selv om lokaliteten hadde et stort innslag av oppdrettslaks hvorav mange sannsynligvis hadde levd fritt i sjøen lenge (fisk observert med ikke-defekte halelober, jf. avsnitt 2.1).



## 5 Sammendrag

### 5.1 Morfologi

Ryggfinne, brystfinner og halefinne hos oppdrettslaks og vill-laks ble undersøkt for forekomst av finnedefektene: 1) hudvevsmangel mellom finnestråler, 2) sammenvoksning av finnestråler, 3) bølgete finnestråler, 4) klumpfinne og 5) avrundete halefliker. I tillegg ble forekomsten av gjellelokkforkortelse, snute/kjevedeformasjon og ytre pigmentering undersøkt.

Hudvevsmangel var vanlig hos både oppdrettslaks og vill-laks, og ble funnet uanvendelig som identifiseringskriterium.

Sammenvoksninger av finnestråler var ofte vanskelig å observere på grunn av fortykninger av hudvevet mellom finnestrålene når en skadet finne var grodd. Fordi disse sammenvoksningene vanligvis følges av bølging eller brekning av finnestrålene, er det lettere å observere defekter på finnenes stråleform.

Brystfinnedefekter registreres best ved å kjenne med fingrene langs finnestrålene. Unormaliteter ses eller kjennes primært som brekk- eller bølgedannelser på de to ytre brystfinnestrålene hos oppdrettsfisk.

Ved klassifisering av ryggfinnestråler som unormalt bølgete, bør dette også forekomme bak de to fremste finnestrålene på grunn av mulig garnskade på de fremre strålene. Når dette forekommer, vil ryggfinnen sett ovenfra vanligvis ikke være rettlinjert når den er utspilt, men ha en vridning eller bølget form.

Tre morfologiske karakterer kan benyttes alene til å klassifisere laks til å ha sin opprinnelse i oppdrett:

- **klumpfinne** (finne slitt ned til en brusklignende forhøyning hvor finnestrålene ikke er synlig) på rygg- eller brystfinner
- **gjellelokkforkortelse** slik at gjellene er synlig når lokkene er naturlig lukket
- **snute/kjevedeformasjon**

Laks kan ellers klassifiseres til å være av oppdrettsbakgrunn når:

- To eller flere kroppsdeler blir observert med bølgete finnestråler på rygg- eller brystfinner eller avrundete halefliker.
- En kroppsdeler blir observert med ovennevnte defekter og pigmentantallet under sidelinjen (bakenfor gjellelokket til forkant av ryggfinnen) er større enn 15 (gjelder for blankfisk).

Nylig rømt oppdrettslaks kan identifiseres med tilnærmet 100% presisjon ved ovennevnte identifiseringskriterier, mens

kun 35% av gjenfangster av laks som var utsatt som smolt kunne klassifiseres riktig ved de samme kriterier.

### 5.2 Finnestørrelse

Ryggfinne, brystfinner og halefliker hos slaktemoden mærlaks var signifikant kortere enn hos vill-laks.

Hos gjenfangster av oppdrettslaks satt fritt i sjøen som smolt, var brystfinner og øvre haleflik vanligvis like stor som vill-laks, selv om en stor andel av fisken var antatt å ha finneslitasje ved utsettingstidspunktet. Ryggfinne og nedre haleflik hos denne fisken var signifikant kortere enn hos vill-laks.

Ryggfinnen var mest forskjellig. Test av ryggfinnestørrelse som klassifiseringskarakter alene med ulike villfiskbestanders nedre grense for 95% variasjon for finnestørrelse som klassifiserings terskel, viste at 89-93% slaktemoden mærlaks, 39-43% gjenfangster av laks utsatt som smolt, 43-50% rømt/utsatt oppdrettslaks og 89-100% vill-laks kunne klassifiseres riktig.

Enkeltvis finnemål kan benyttes til å identifisere oppdrettslaks dersom det finnes en morfologisk defekt på en annen kroppsdeler.

Hannfisk regenererte ødelagte finner bedre enn hunnfisk, dessuten var finnene signifikant større hos hannfisk. Oppdrettet hunnfisk er derfor lettere å identifisere på finnestørrelser.

Fem diskriminantmodeller basert på ulike kombinasjoner av typer laks, finnetyper og morfologiske mål som variabler, ble utviklet. Tester av uavhengige grupper fisk viste at diskriminantanalyse på basis av finnestørrelser og hvor en av modellgruppene besto av gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt, hadde høy klassifiserings suksess på oppdrettslaks (74-100%), men feilklassifiserte i stor grad villfisk. En modell basert på mærlaks, klassifiserte i stor grad villfisk riktig, men var på den annen side uegnet til å identifisere gjenfangster av oppdrettsmolt. Diskriminantanalyse økte klassifiserings suksessen betydelig når morfologiske karakterer ble tilføyd som variabler i funksjonen.

Det var signifikante forskjeller i finnestørrelse mellom forskjellige villfiskbestander. Klassifiserings suksessen ved diskriminantanalyse vil derfor sannsynligvis bedres når modeller baserer seg på finnemål fra de villfiskbestander de søkes anvendt på.

## 5.3 Skjellkarakterer

Følgende skjellkarakterer ble undersøkt: 1) alder, 2) tilbakeberegnet smoltstørrelse, 3) tilbakeberegnet årsvekst i sjøen, 4) forekomst av vekststopp i sjøen, 5) forekomst av brakkvannsvekst, 6) type overgang mellom ferskvann- og sjøsonen og 7) forekomst av erstatningsskjell.

Alder hos oppdrettslaks blir i stor grad overestimert på grunn av vekststopp som lett forveksles med vintersoner. Kun 23-27% av oppdrettslaksen med kjent smoltalder ble lest med riktig smoltalder, mens 54% ble lest med riktig sjøalder.

Skjell hos oppdrettslaks satt fritt i sjøen eller i mærer som smolt, viste hyppigere brakkvannsvekst (53-58%) enn vill-laks (6%). Skjell hos laks med oppdrettsbakgrunn ble ofte klassifisert med uklar overgang mellom ferskvann- og sjøsonen (61-82%) enn vill-laks (3%), noe som vanligvis var en effekt av brakkvannsvekst.

Vekststopp innenfor de to første somre i sjøen var vanligere hos mærlaks (67%) og gjenfangster av oppdrettsmolt (40%) enn hos vill-laks (16-19%). Flere enn én vekststopp var en sjeldenhet hos vill-laks (3%). Tilstedeværelsen av vekststopp gav ofte skjell hos oppdrettslaks et irregulært mønster.

Gjennomsnittlig andel skjell erstattet i løpet av ferskvannsfasen var på samme nivå hos vill-laks (42-47%) og oppdrettslaks (45-52%), og fordelingen av frekvensene (antall erstatningsskjell/antall skjell undersøkt) mellom gruppene viste ikke systematiske forskjeller.

Forekomsten av skjell erstattet i smoltfasen var lavere hos vill-fisk (6%) enn hos oppdrettsfisk (14-15%), og frekvensene hadde signifikant forskjellig fordeling hos gruppene.

Forekomsten av skjell erstattet i sjøfasen var også lavere hos vill-laks (1-2%) enn mærlaks (11%), mens hos havbeitefisk var 4% av skjellene erstattet. Frekvensene hadde signifikant forskjellig fordeling hos vill-laks og mærlaks.

Seks skjellkarakterer som var sjeldent forekommende hos vill-laks (< 5% forekomst) ble funnet anvendelig som basis for å skille mellom oppdrettslaks og vill-laks. Påvisning av minst 2 av disse ble funnet tilstrekkelig til å klassifisere laks til å være av oppdrettsbakgrunn.

Testing av dette kriteriegrunnlaget på kjent materiale klassifiserte 97% av slaktemoden mærlaks og 55% av gjenfangster av utsatt oppdrettsmolt riktig, mens 2% av vill-laksen ble feilklassifisert.

Anvendelse av både skjellanalyse og morfologiske karakterer

på den samme fisken ble funnet å optimalisere identifiseringen av oppdrettslaks.

To diskriminantanalyse-modeller basert på 4 skjellparametre klassifiserte et uavhengig materiale av mærlaks, gjenfanget oppdrettsmolt og vill-laks med henholdsvis 85%, 66% og 85-93% riktighet.

## 6 Summary

### 6.1 Morphology

Dorsal, pectoral, and tail fins of reared and wild salmon were inspected for the occurrence of the fin defects: 1) lack of epidermal tissue between fin rays, 2) fused growth of fin rays, 3) distorted fin rays, 4) bud fin, and 5) rounded tail lobes. In addition, the presence of shortened gill covers, snout/jaw deformation, and external pigmentation was investigated.

The lack of epidermal tissue was common in both reared and wild salmon and was found unusable as an identification criterion.

Fused fin rays was often difficult to observe due to thickening of the epidermis between the fin rays when a damaged fin had healed. This fusion is often followed by distortion or breaking of fin rays. Hence, it is easier to observe direct defects in the shape of the fin rays.

Defects in the pectoral fins are best registered by running the fingers along the fin rays. Abnormalities are seen or felt primarily as breakage or distorted forms on the two outer pectoral fin rays in reared salmon.

When classifying dorsal fin rays as abnormally distorted, this should also occur behind the two proximal fin rays due to possible damage from nets on these rays. When this occurs, the dorsal fin will not appear straight when expanded and seen from above, but will have a twisted or wavy shape.

Three morphological characteristics may be used individually to classify salmon as having their origin in fish farms:

- **bud fin** (fin worn down to a cartilage-like hump where the rays are not visible) on dorsal or pectoral fins
- **shortened gill covers** such that the gills are visible when the covers are normally closed
- **snout/jaw deformation**

Salmon may otherwise be classified as being of reared origin when:

- Two or more parts of the body show wavy rays on dorsal or pectoral fins or rounded tail lobes.
- One body part is observed with the above-mentioned defects and the number of pigment spots below the lateral line (from behind the gill cover to the proximal edge of the dorsal fin) is greater than 15 (valid for the silvery stage of the fish).

Newly escaped farmed salmon may be identified with near 100% precision by the above-mentioned criteria, while merely

35% of recaptures of hatchery-reared smolts could be classified correctly by these criteria.

### 6.2 Size of fins

Dorsal, pectoral, and tail fins of harvestable salmon from farm enclosures were significantly shorter than those of wild salmon.

Recaptures of hatchery-reared smolts had pectoral fins and upper tail lobes which usually were similar in size to those of wild salmon, even if a large number of the salmon were assumed to have had worn fins at the time of release. The dorsal fin and lower tail lobe of these salmon were significantly shorter than for wild salmon.

The dorsal fin was the most different. Tests of dorsal fin size as a single classification criterion with the lower 95% confidence limit of fin size from various wild salmon stock as the classificatory cutoff, showed that 89-93% of harvestable farmed salmon, 39-43% of recaptures of hatchery-reared smolts, 43-50% of escaped/released hatchery-reared salmon, and 89-100% of wild salmon could be correctly classified.

Single fin measures may be used to identify farmed salmon if there is a morphological defect on another part of the body.

Male salmon regenerate damaged fins better than females. Furthermore, the fins of males were significantly larger. Farmed female salmon are therefore easier to identify by the size of fins.

Five discriminant models were developed based on various combinations of types of salmon, fin types, and morphological measures as variables. Tests of independent groups of salmon showed that discriminant analysis based on fin sizes, and where one of the model groups consisted of recaptures of hatchery-reared smolts, had a high classificatory success with reared salmon (74-100%), but to a great extent incorrectly classified wild salmon. A model based on farmed salmon from enclosures correctly classified most wild salmon, but was on the other hand unusable in identifying recaptures of hatchery-reared smolts. Discriminant analysis increased successful classification considerably when morphological characters were added as variables in the classification function.

There were significant differences in fin sizes between different wild salmon stocks. The success of classification by discriminant analysis should therefore be improved when models are based on fin measures from those wild salmon stocks where the classification is attempted.

### 6.3 Scale characteristics

The following scale characteristics were investigated: 1) age, 2) back-calculated smolt size, 3) back-calculated yearly growth at sea, 4) presence of growth check at sea, 5) presence of estuary growth, 6) type of transition between the fresh water and sea zones, and 7) presence of replacement scales.

Age of reared salmon is largely overestimated due to growth checks which are easily confused with winter zones. Only 23-27% of reared salmon with known smolt age were read to correct smolt age, while 54% were read to correct sea age.

Scales of hatchery-reared salmon released to sea or in enclosures as smolt showed more frequent estuary growth (53-58%) than wild salmon (6%). Scales from reared salmon were more often classified with a diffuse transition between the fresh water and sea zone (61-82%) than for wild salmon (3%), something usually due to estuary growth.

Growth checks within the first two summers at sea was more common for farmed salmon (67%) and recaptured farmed of hatchery-reared smolts (40%) than for wild salmon (16-19%). More than one growth check was rare for wild salmon (3%). The presence of growth check frequently gave the scales of farmed salmon an irregular pattern.

The mean frequency of scales replaced during the fresh water stage was of the same level for wild salmon (42-47%) and reared salmon (45-52%), and the frequency distributions (number of replacement scales/number of scales investigated) did not exhibit systematic differences for the two groups.

The occurrence of scales replaced during the smolt stage was lower for wild salmon (6%) than for farmed salmon (14-15%), and the frequency distributions were significantly different.

The occurrence of scales replaced during the sea stage was also lower for wild salmon (1-2%) than for farmed salmon (11%), while recaptures of hatchery-reared smolts had 4% of the scales replaced. The frequency distributions were significantly different for wild salmon and farmed salmon.

Six scale characteristics which were rare in wild salmon (< 5% occurrence) were found useful to distinguish between reared

and wild salmon. Occurrence of at least 2 of these characteristics were found to be adequate for classifying salmon to be of reared stock.

Tests of this criterion set on known material correctly classified 97% of harvestable farmed salmon and 55% of recaptures of hatchery-reared smolts, while 2% of wild salmon were incorrectly classified.

Application of both scale analysis and morphological characteristics on the same fish was found to optimize identification of reared salmon.

Two discriminant analysis models based on four scale parameters correctly classified an independent material of farmed salmon, recaptures of hatchery-reared smolts, and wild salmon with respectively 85%, 66% and 85-93%.



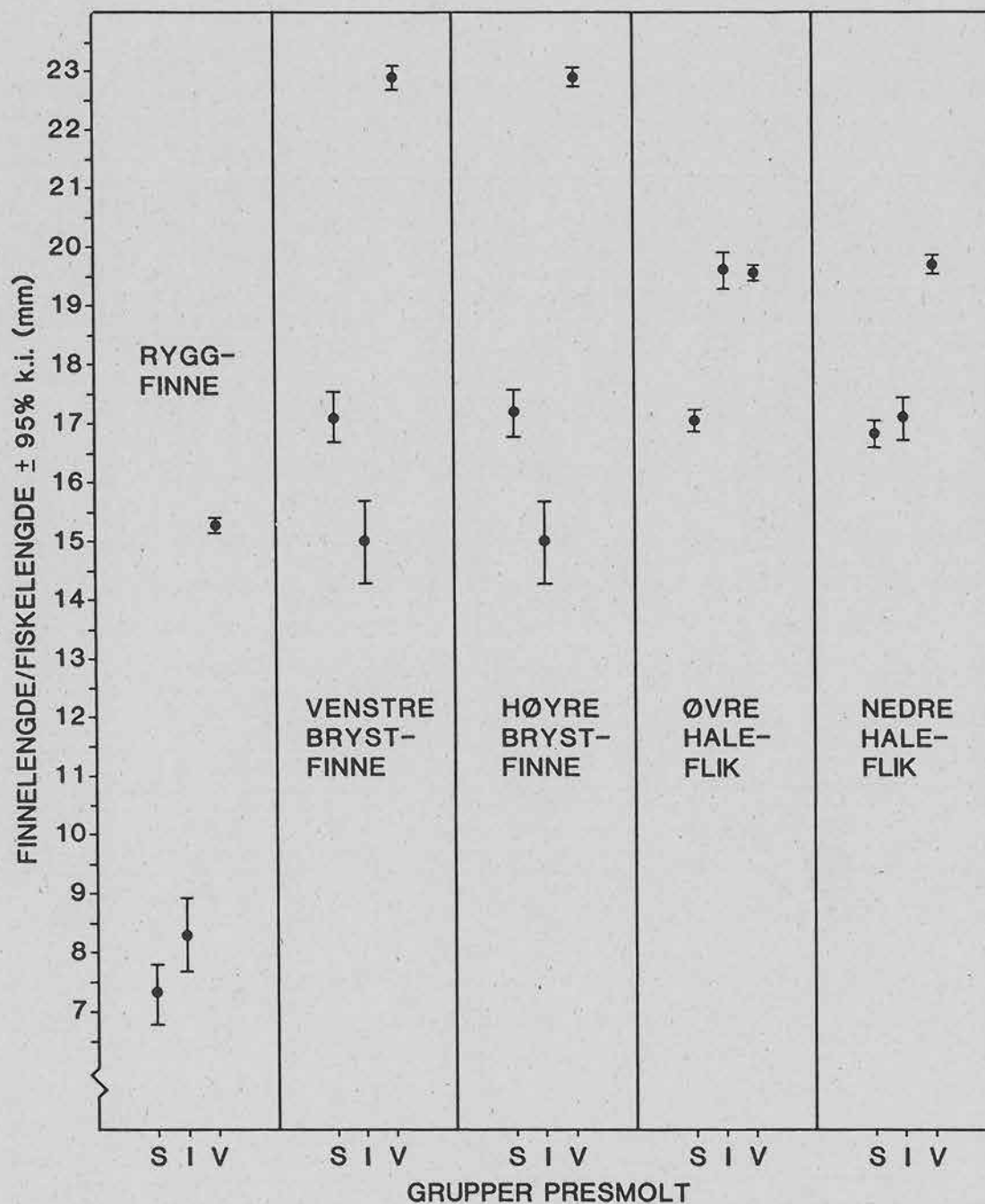
## 7 Litteratur

- Anon. 1984. Atlantic salmon scale reading. Report of the Atlantic salmon scale reading workshop. - Aberdeen, Scotland, April 1984. International Council for the Exploration of the Sea. 50 s.
- Anon. In print. Report of the Second Atlantic scale reading workshop. - Aberdeen, Scotland, October 1988. International Council for the Exploration of the Sea. 17 s.
- Antere, I. & Ikonen, E. 1983. A method of distinguishing wild salmon from those originating from fish farms on the basis of scale structure. - International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1983/M: 26. 6 s.
- Arnekleiv, J.V., L'Abée-Lund, J.H. & Koksvik, J.I. 1989. Biologi og habitatutnyttelse til laks og ørret i Gaula. - MVU rapport, i manus.
- Barber, W.E. & Walker, R.J. 1988. Circuli spacing and annulus formation: is there more than meets the eye? The case for sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. - J. Fish Biol. 32: 237-245.
- Berg, M. 1968. Om virksomheten til Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfisk i 1987. - Stortingsmelding 80 (1967-68).
- Bhatia, D. 1931. On the production of annual zones in the scales of the rainbow trout (*Salmo irideus*). - J. Exp. Zool. 59: 45-49.
- Bilton, H.T. & Robins, G.L. 1971a. Effects of starvation, feeding, and light period on circulus formation on scales of young sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). - J. Fish. Res. Bd. Can. 28: 1749-1755.
- Bilton, H.T. & Robins, G.L. 1971b. Response of young sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) to prolonged periods of starvation. - J. Fish. Res. Bd. Can. 28: 1757-1761.
- Bilton, H.T. & Robins, G.L. 1971c. Effects of feeding level on circulus formation on scales of young sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). - J. Fish. Res. Bd. Can. 28: 861-868.
- Blair, A.A. 1942. Regeneration of the scales of Atlantic salmon. - J. Fish. Res. Bd. Can. 5: 440-447.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjell. - Sentraltrykkeriet, Kristiania.
- Einvik, K. 1980. En sammenligning av vekst hos yngel av laks *Salmo salar* L. i Øysterelva, Ferga og Øyensåa i Namdalseid kommune, Nord-Trøndelag. - Hovedfagsoppgave i zoologi ved Universitetet i Trondheim 1980. 77 s.
- Gausen, D. 1988. Registreringer av oppdrettslaks. - Fagmøte om sikringssoner for laksefisk, Stjørdal 4.-5.2.1988. Notat 12 s.
- Gjedrem, T. 1981. Oppdrett av laks og aure. - Landbruksforlaget.
- Grey, J. & Setna, S.B. 1931. The growth of fish. IV. The effect of food supply on the scales of *Salmo irideus*. - J. Exp. Biol. 8: 55-62.
- Hansen, L.P., Døving, K.B. & Jonsson, B. 1987. Migration of farmed adult Atlantic salmon with and without olfactory sense, released on the Norwegian coast. - J. Fish Biol. 30: 713-721.
- Hansen, L.P., Lund, R.A. & Hindar, K. 1987. Possible interaction between wild and reared Atlantic salmon in Norway. - International Council for the Exploration of the Sea, C.M. 1987/M: 14. 18 s.
- Havey, K.A. 1959. Validity of the scale method for aging hatchery-reared Atlantic salmon. - Trans. Am. Fish. Soc. 88: 193-196.
- Hesthagen, T., Ousdal, J.-O. & Bergheim, A. 1986. Smolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in a small Norwegian river influenced by agricultural activity. - Pol. Arch. Hydrobiol. 33: 423-432.
- Ingebrigtsen, O. 1982. Akvakultur. Oppdrett av laksefisk. - NKS-Forlaget.
- Johnsen, B.O. & Ugedal, O. 1987. Gjenfangst, tilvekst og finneregenerering hos finneklippet ensomrig settefisk av aure utsatt i bekker. Settefiskprosjektet, elprosjekt 4.2. - Direktoratet for Naturforvaltning, Rapport 1987, 4. 29 s.
- Jonsson, B. 1976. Comparison of scales and otoliths for age determination in brown trout, *Salmo trutta* L. - Norw. J. Zool. 24: 295-301.
- Jonsson, B. & Stenseth, N.C. 1976. Regression of body length on scale size of brown trout, *Salmo trutta* L. - Norw. J. Zool. 24: 331-340.
- Lea, E. 1910. On the methods used in herring investigations. - Publs. Circonst. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 53.
- Lund, R.A., Nordhuus, I. & Hansen, L.P. 1987. Discrimination between wild and reared Atlantic salmon in four commercial salmon fisheries on the Norwegian coast using fin measurements. - International Council for the Exploration of the Sea. North Atlantic Salmon Working Group 1987. 10 s.
- Maheshkumar, S. 1985. The epizootiology of finrot in hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Master's thesis. University of Maine, Orono.
- Major, R.L. & Craddock, D.R. 1962. Marking sockeye salmon scales by short periods of starvation. - U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish. 416:1-12.
- Mork, J., Järvi, T. & Hansen, L.P. 1989. Lower prevalence of fin erosion in mature than in immature Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. - Aquaculture, in print.
- Saksgård, L. & Heggberget, T.G. 1987. Fiskeribiologiske undersøkelser i Alta-Kautokeinovassdraget før utbygging 1981-1986. - Direktoratet for Naturforvaltning, Rapport 1987, 8. 98 s.
- Schneider, R. & Nicholson, B.L. 1980. Bacteria associated with fin rot disease in hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1505-1513.

- Soderberg, R.W. & Krise, W.F. 1987. Fin condition of lake trout, *Salvelinus namaycush* Walbaum, reared at different densities. - J. Fish Diseases 10: 233-235.
- Soderberg, R.W. & Meade, J.W. 1987. Effects of rearing density on growth, survival, and fin condition of Atlantic salmon. -The Prog. Fish-Culturist 49: 280-283.
- Storebakken, T. & Austreng, E. 1987. Ration level for salmonids. I. Growth, survival, body composition, and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. - Aquaculture 60: 189-206.
- Stuart, T.A. 1958. Marking and regeneration of fins. - Freshw. Salm. Fish. Res. 22. 13 pp.
- Sættem, L. 1988. Oldenelva, Oldenvassdraget, Stryn kommune. Fiskeribiologiske granskinger sommer og haust 1987. - Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, rapport 1988, 3. 34 s.
- Sættem, L. 1988. Eidselva Hornindalsvassdraget, Eid kommune. Fiskeribiologiske granskinger sommer og haust 1987. - Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, rapport 1988, 2. 36 s.
- Tesch, F.W. 1968. Age and Growth. - In Ricker, W.E., red. Methods of assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh: 93-123.
- Thorsen, K. 1988. Skjelltap hos oppdrettsfisk - årsaker og forebyggende tiltak. - Norsk Fiskeoppdrett 1988, 8. 1 s.

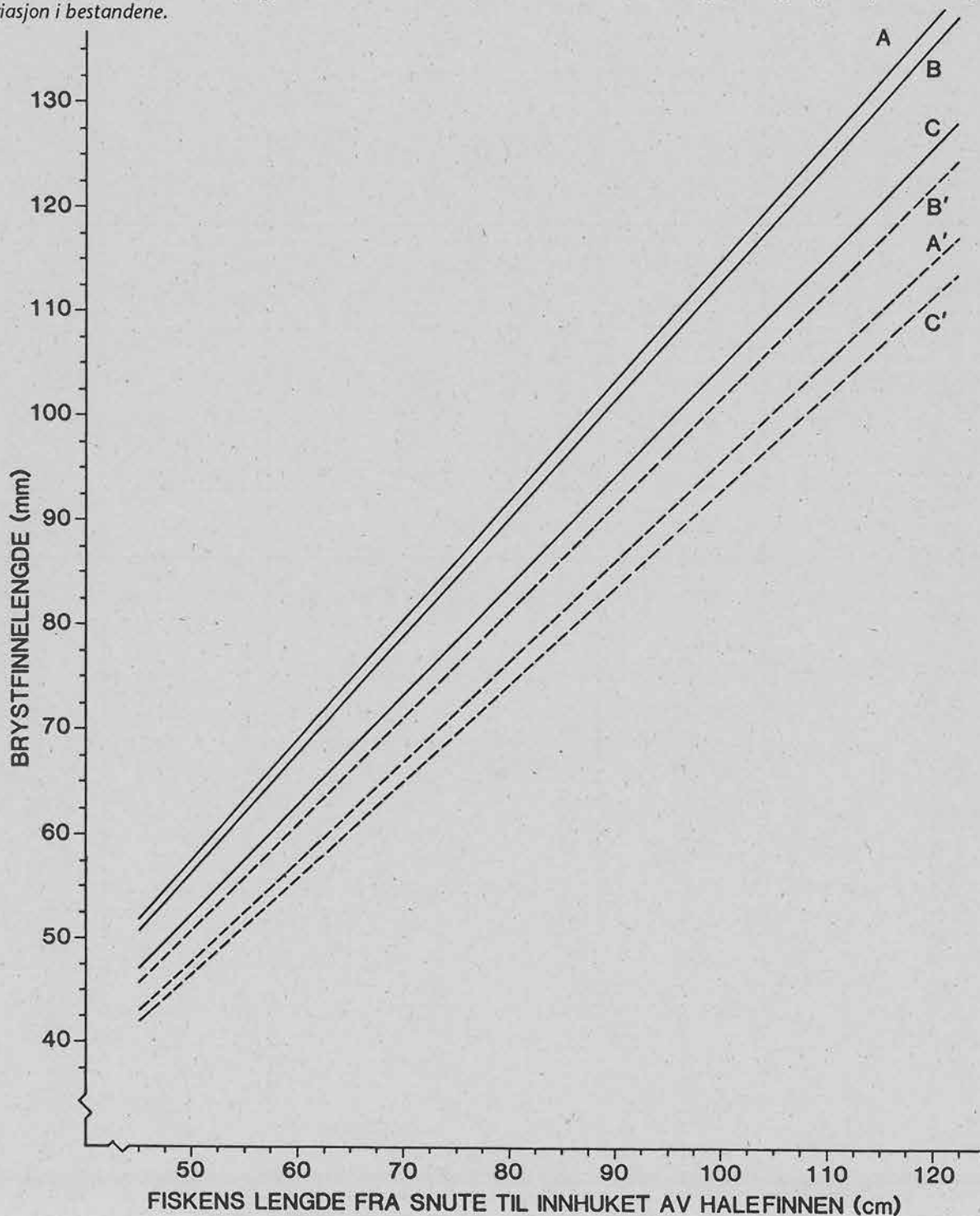


Vedlegg 2. Gjennomsnittlig finnelengde  $\pm$  95% konfidensintervall som% av fiskelengden for ryggfinne, brystfinner øvre og nedre haleflik hos presmolt fra 3 settefiskanlegg (S, N = 316), fra Forskningsstasjonen for laksefisk på lms (I, N = 50) og fra 5 elver (V = Orkla, Homla, Stjørdalselva, Levangerelva og Verdalselva, N = 626) i Midt-Norge.

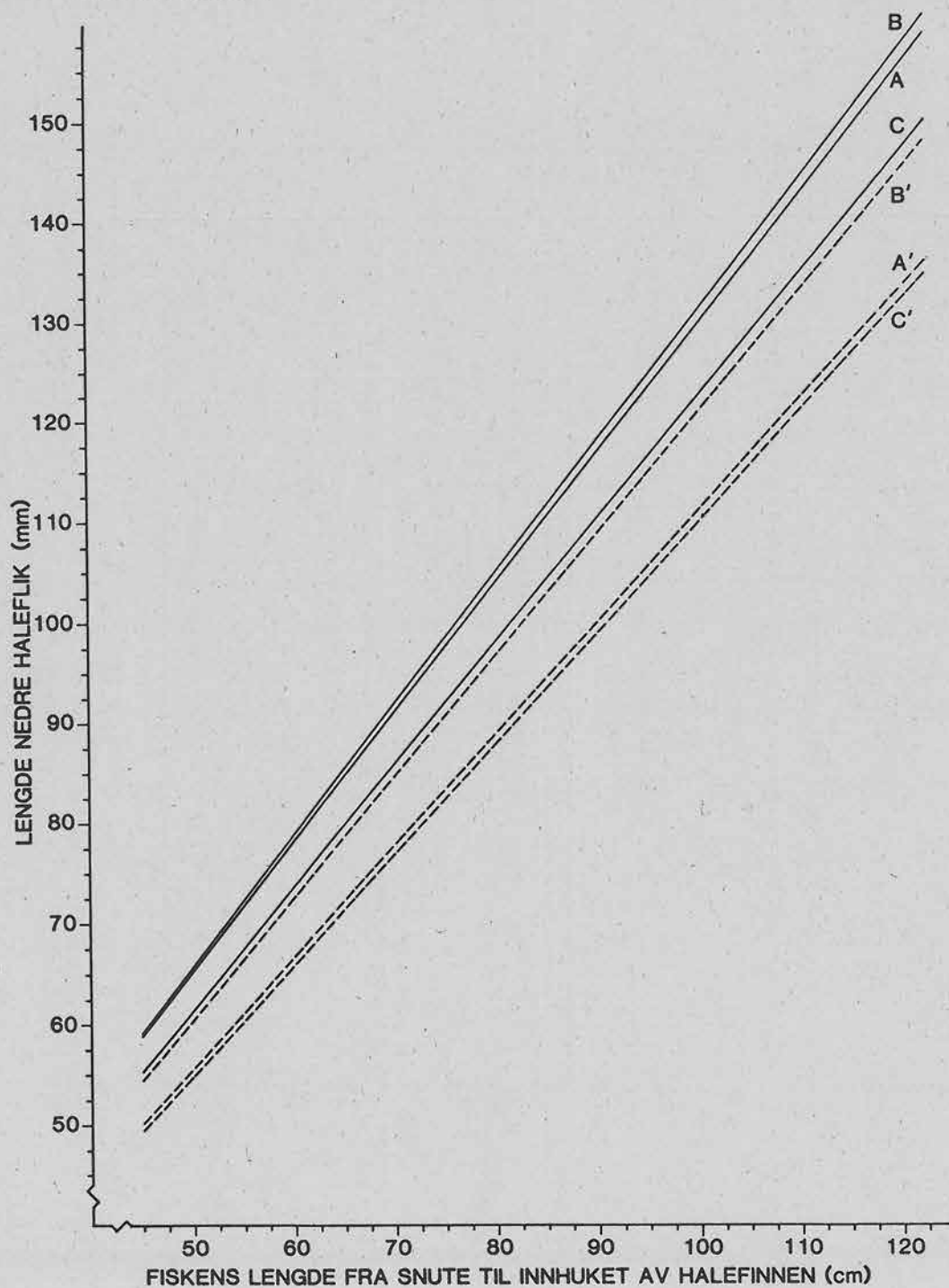




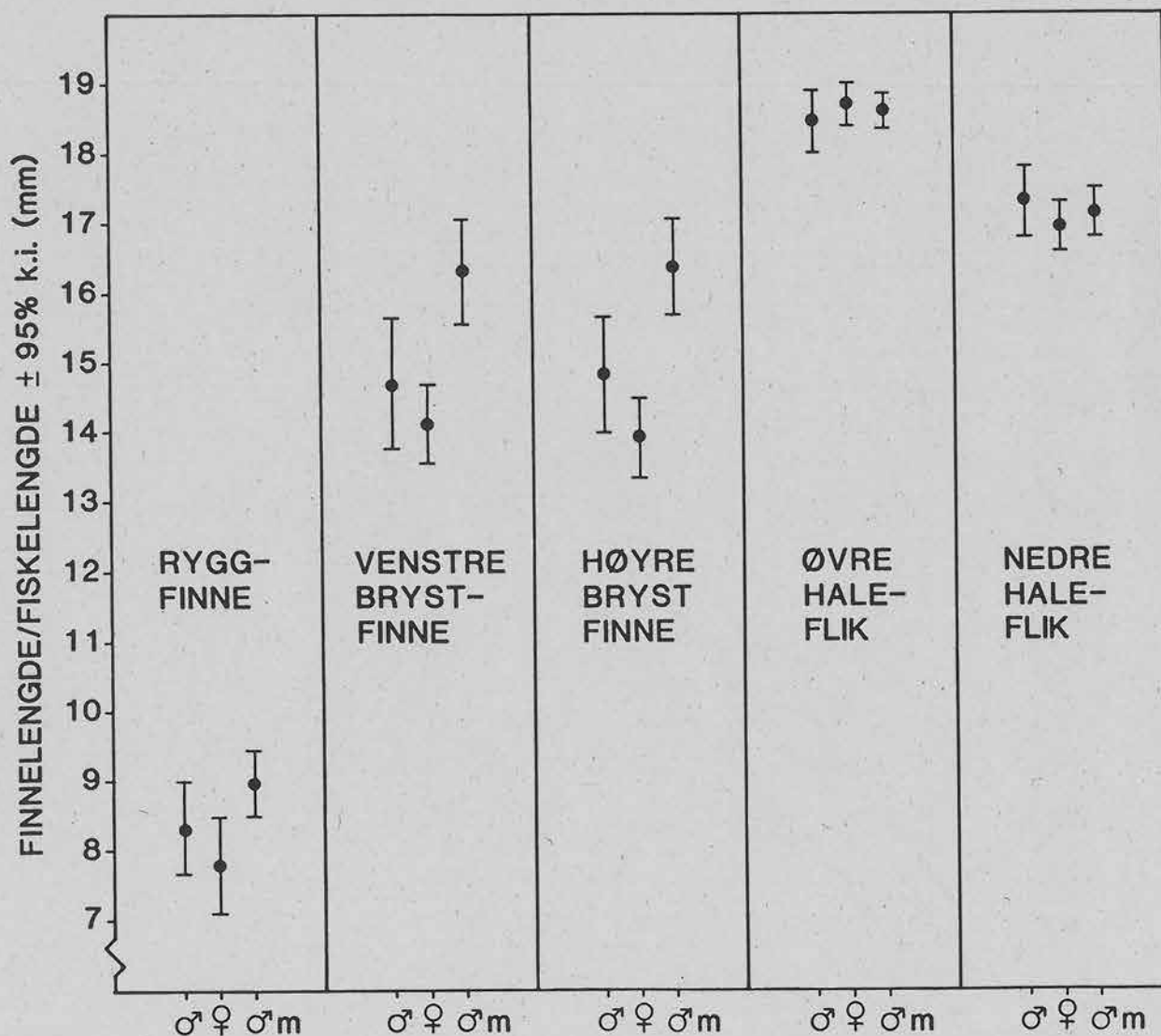
Vedlegg 3. Regresjonslinjer for brystfinnelengde i forhold til fiskestørrelse for: A vill-laks fanget i sjøfiskerier ( $N = 373$ ,  $r = 0.86$ ), B vill-laks fra Imsa ( $N = 46$ ,  $r = 0.90$ ) og C vill-laks fra Namsen ( $N = 148$ ,  $r = 0.90$ ). A', B' og C' er regresjonslinjenes nedre grense for 95% variasjon i bestandene.



Vedlegg 4. Regresjonslinjer for lengden på nedre haleflik i forhold til fiskestørrelse for: A vill-laks fanget i sjøfiskerier ( $N = 373$ ,  $r = 0.90$ ), B vill-laks fra lmsa ( $N = 46$ ,  $r = 0.95$ ) og C vill-laks fra Namsen ( $N = 148$ ,  $r = 0.95$ ). A', B' og C'er regresjonslinjenes nedre grense for 95% variasjon i bestandene.



Vedlegg 5. Gjennomsnittlig finnelengde  $\pm$  95% konfidensintervall som prosent av fiskelengden for ryggfinne, brystfinne og øvre og nedre haleflik hos kjønnsmoden og umoden presmolt (alder 1+, finnelengder 13-26 cm) ved Forskningsstasjonen for ferskvannsfisk på lms. ♂ = umodne hanner (N = 10), ♀ = umodne hunner (N = 22), ♂m = kjønnsmodne hanner (N = 18).



00 1

nina  
forsknings  
rapport

ISSN 0802-3093  
ISBN 82-426-0000

Norsk institutt for  
naturforskning  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim  
Tel. (07) 913020