

640

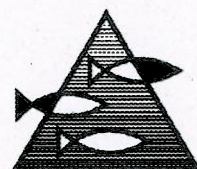
# OPPDRAKSMELDING

Merking av kulturlaks i Norge  
- en utredning av aktuelle metoder,  
kostnader og effekter

Tor G. Heggberget  
Ove Skilbrei  
Eva B. Thorstad  
Vidar Moen  
Bjørn Ove Johnsen



NINA • NIKU



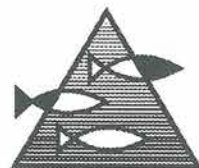
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

NINA Norsk institutt for naturforskning

# Merking av kulturlaks i Norge

- en utredning av aktuelle metoder,  
kostnader og effekter

Tor G. Heggberget  
Ove Skilbrei  
Eva B. Thorstad  
Vidar Moen  
Bjørn Ove Johnsen



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

**NINA Norsk institutt for naturforskning**

## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport

### NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding

### NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte beraringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttene prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

### Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

### Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Heggberget, T.G., Skilbrei, O., Thorstad, E.B, Moen, V. & Johnsen, B.O. 2000. Merking av kulturlaks i Norge - en utredning av aktuelle metoder, kostnader og effekter. - NINA Oppdragsmelding: 640: 1-25.

Trondheim, mars 2000

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1123-8

Forvaltningsområde:

Naturovervåking

Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor F. Næsje

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 400

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7485 Trondheim

Tel: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13156 Merkemethoder for kulturfisk

Ansvarlig signatur:

*Tor F. Næsje*

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Fiskeridepartementet

## Referat

Heggberget, T.G., Skilbrei, O., Thorstad, E.B., Moen, V. & Johnsen, B.O. 2000. Merking av kulturlaks i Norge - en utredning av aktuelle metoder, kostnader og effekter. - NINA Oppdragsmelding: 640: 1-25.

Utviklingen de senere årene har vært en økende forekomst av kulturlaks i de fleste vassdrag og fiskerier for villaks, med opp til 80 % i noen laksebestander. I dag eksisterer ingen direkte metoder som med 100 % sikkerhet skiller mellom villaks og kulturlaks, og en vet lite om bakgrunnen og opprinnelsen til kulturlaksen i de forskjellige forekomstene. I denne rapporten utredes ulike metodiske, økonomiske, biologiske, markedsmessige og praktiske sider ved merking av all kulturlaks i Norge.

Kulturlaks i Norge omfatter oppdrettslaks og laks som settes ut i vassdrag som kultiveringstiltak. Merking av kulturlaks kan være et virkemiddel til å skille kulturlaks fra villaks. Fordeler med en slik merking er at det åpner for en forvaltning av villaks, oppdrettslaks og kultivert laks som atskilte bestander med hvert sitt forvaltningsregime. Dette reduserer faren for blandet beskatning og uheldig selektiv beskatning. Effekter av tiltak, som for eksempel utsettinger, tiltak mot rømming av oppdrettslaks og redskapsreguleringer kan bedre analyseres, og en vil ha større muligheter til å iverksette rømmingsreduerte tiltak. For oppdrettsnæringen kan dokumentasjon av historie og opprinnelse til fisken være en del av et system for kvalitetskontroll og kvalitetsmerking av laks. Det konkluderes i denne rapporten at det ligger store potensielle gevinster i merking av oppdrettslaks og kultivert laks i Norge.

Sentrale egenskaper for ulike merketyper er utredet. Dette inkluderer kostnader ved merking, hvor mange merkekoder som eksisterer, hvordan merkene praktisk benyttes, effekter av merkene på fisken, praktisk erfaring med bruk av merkene og mulige markedsmessige effekter av merket og merkingen. Utredningen omfatter Carlin-merker, VI-merker, snutemerker, temperaturmerking, PIT-merker, genetisk merking og kjemisk merking.

De ulike merkene er utviklet for og dekker ulike behov:

**1) For merking av fisk mindre enn ett gram (rogn, larver og yngel)**, som er mest aktuelt i forbindelse med kultivering, kan kjemisk merking være en egnet metode. Dette er en badmerking hvor en kan gruppemerke et stort antall individer på en billig og sikker måte, og hvor merket gjenfinnes i otolitter, skjell og andre kalsiumstrukturer. Ved merking av oppdrettsfisk kan metoden tenkes benyttet også på større fisk ved stikk i forbindelse med for eksempel vaksinasjon. Dagens metodikk tillater imidlertid kun produksjon av et begrenset antall merkekoder. Det vil være behov for å videreutvikle dagens metodikk med henblikk på å øke antall merkekoder og gjøre avlesing av merkekode enklere.

**2) For merking av fisk større enn ett gram**, har elektroniske merkesystemer med individmerking klare fordeler, men dagens løsninger er for kostbare. Dersom det i dag igang-

settes storskala merking av laks, er snutemerking det massemerkingssystemet som er lengst utviklet og best utprøvd. Metoden tillater bruk av et høyt antall koder. Små fisk ned til 1 gram kan merkes, og merkene er 100 % identifiserbare. Merkekostnadene er ca 0,65 kr per fisk inkludert lesing av merker. Det fysiske merket er lite og skytes inn i snutepartiet. Undersøkelser har vist at innføringen av merket medfører minimal vevsødeleggelse, og at merket medfører minimale effekter på fiskens overlevelse og vekst. Merket fisk kan på en enkel måte skilles fra umerket fisk mens en er i felt. En ulempe er at fisken må avlives, hodekappes og merket tas ut før avlesing av merkekode. Det er derfor ønskelig at miljøer med kompetanse innen for eksempel elektronisk merking eller genetiske teknikker kan stimuleres til tilpasning og nyutvikling på området. Før en eventuell massemerking av kulturlaks igangsettes, bør etiske og markedsmessige aspekter ved en slik merking utredes nærmere.

Emneord: oppdrettslaks - kultiveringslaks - *Salmo salar* - merkemethoder - merker

Tor G. Heggberget, Eva B. Thorstad og Bjørn Ove Johnsen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Ove Skilbrei, Havforskningsinstituttet, P.B. 1870, 5021 Bergen.

Vidar Moen, Veterinærmedisinsk oppdragscenter AS, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

## Abstract

Heggerget, T.G., Skilbrei, O., Thorstad, E.B., Moen, V. & Johnsen, B.O. 2000. Tagging of hatchery produced salmon in Norway - potential methods, costs and effects. - NINA Oppdragsmelding: 640: 1-25.

The proportion of escaped farmed salmon in the sea and rivers in Norway has increased in recent years, and up to 80 % have been recorded in some rivers. Little is known about the origin of the farmed salmon recorded in different localities. No methods exist to identify hatchery produced salmon with full certainty. In this report, methodological, economical, biological, marketing and practical aspects of tagging all hatcheryproduced salmon in Norway are examined.

Hatcheryproduced salmon in Norway include farmed salmon and salmon released in watercourses as cultivating strategies. Tagging of hatcheryproduced salmon ensure recognition from wild salmon and will contribute to increased information about migration and incidence. Thus, hatcheryproduced and wild salmon can be managed separately, reducing the risk of negative selective exploitation. Effects of stock enhancement by cultivating practices, fishery regulations and attempts to reduce fish farm escapees can better be evaluated. For the fish farming industry, documentation of the origin and history of the fish can be part of a system for quality control and quality tagging of the fish. It is concluded in this report that there potentially are benefits from tagging farmed and cultivated salmon in Norway.

Potential tagging methods for tagging of hatcheryproduced salmon are described in this report. These includes costs of tagging, number of tag codes, practical use of the tags, effects on the fish and possible marketing effects. The tags and tagging methods described are Carlin-tags, visible implant tags, coded wire tags, PIT-tags, genetic marks, temperature marks and chemical marks.

The different tagging methods are developed to meet different demands:

1) **For the tagging of the earliest life stages (eggs and fry < 1 g)** released in watercourses as cultivating strategies, chemical tagging by immersion is a suitable method. Batches of fish can be tagged at a reasonable price. The marks can be detected in otoliths, scales and other calcium structures. Tagging of farmed salmon could be possible through injections, for example at the same time as they are vaccinated. With existing methods, however, only a limited number of codes can be produced. Methods need to be developed to produce a higher number of codes and to simplify the code detection.

2) **For tagging of all hatcheryproduced fish larger than one gram**, electronic tags have great advantages. However, existing methods are too expensive. If all hatcheryproduced fish in Norway at present are going to be tagged, use of coded wire tags is the best developed and tested tagging

method. A high number of tag codes exist. The tags are suitable for fish down to 1 gram, and the tags are 100 % identifiable. The tagging costs are stipulated to 0,65 NKR per fish, including identification of the tags. The tags are small and placed in the fish snout. Studies have shown that the insertion of the tag causes minimal histological damage, and that the tag causes minimum effects on growth and survival of the fish. A disadvantage with this tagging system is that the fish have to be killed and the head cut off before the code can be identified. It, therefore, would be advantageous if experts were encouraged to develop new possibilities within this field, for example with electronic tagging and genetic methods. Ethical and marketing aspects of tagging a large number of hatcheryproduced salmon require further examination.

Key words: farmed salmon - hatcheryproduced salmon - *Salmo salar* - tagging methods - tags

Tor G. Heggerget, Eva B. Thorstad og Bjørn Ove Johnsen, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway.

Ove Skilbrei, Havforskningsinstituttet, P.B. 1870, NO-5021 Bergen, Norway.

Vidar Moen, National Centre for Veterinary Contract Research and Commercial Services LTD, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway.

## Forord

I 1997 tok Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Havforskningsinstituttet (HI) initiativ til å utrede mulighetene for merking av all kulturlaks i Norge. Bakgrunnen for initiativet var primært et ønske om å få et sikkert virkemiddel til å skille mellom villaks og kulturlaks. På et møte i oktober 1997 hvor Fiskeridirektoratet, Direktoratet for naturforvaltning (DN), Norske Fiskeoppdretteres Forening, HI og NINA deltok, ble det besluttet å gjennomføre et forprosjekt med hovedformål å utrede ulike metodiske, økonomiske, biologiske, markeds- og praktiske sider ved merking av all anleggsprodusert laks i Norge. NINA og HI fikk i oppdrag å gjennomføre prosjektet og har i løpet av gjennomføringen invitert Veterinærmedisinsk oppdragscenter AS i Trondheim til å delta når det gjelder utredning av kjemisk merking og temperaturmerking. Kostnadene ved gjennomføring av forprosjektet er dekket av DN og Fiskeridepartementet, samt de deltakende institusjoner. Lorraine Fleming korrigerer språket i abstract og Kari Sivertsen var behjelpelig med figurer.

Trondheim, mars 2000

Tor G. Heggberget  
prosjektleder, NINA

Ove Skilbrei  
prosjektleder, HI

## Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	4
Forord.....	5
<b>1 Innledning.....</b>	<b>6</b>
1.1 Betydning av fiskemerking i moderne fiskeriforvaltning.....	6
1.2 Generelle krav som må stilles for merking av norsk kulturlaks.....	7
1.2.1 Bruksområde.....	7
1.2.2 Effekter på fisken.....	7
1.2.3 Krav til merket.....	7
1.2.4 Krav til merkingen.....	7
1.2.5 Kostnader ved merking og identifisering.....	8
<b>2 Oversikt over aktuelle merkemeter.....</b>	<b>8</b>
2.1 Hovedgrupper av merker.....	8
2.2 Ytre merker.....	9
2.2.1 Carlin-merker.....	9
2.2.2 Anker T-merker.....	10
2.2.3 VI-merker.....	10
2.3 Snutemerker (coded wire tags).....	10
2.3.1 Beskrivelse av merket, merking og identifisering.....	10
2.3.2 Effekter på fisken og merketap.....	12
2.3.3 Kostnader.....	12
2.4 Temperaturmerking.....	13
2.4.1 Beskrivelse av merket, merking og identifisering.....	13
2.4.2 Kostnader ved temperaturmerking av rogn og larver for utsetting i vassdrag....	13
2.5 PIT-merker.....	13
2.5.1 Beskrivelse av merket, merking og identifisering.....	13
2.5.2 Effekter på fisken og merketap.....	14
2.5.3 Kostnader.....	14
2.6 Genetisk merking.....	15
2.7 Kjemisk merking.....	15
2.7.1 Beskrivelse av merket, merking og identifikasjon.....	15
2.7.2 Effekter på fisken, merke kvalitet og merketap.....	15
2.7.3 Kostnader.....	16
<b>3 Diskusjon.....</b>	<b>17</b>
3.1 Carlin- og Anker T-merker.....	17
3.2 VI-merker.....	17
3.3 Snutemerker.....	17
3.4 Temperaturmerking.....	18
3.5 PIT-merker.....	18
3.6 Genetisk merking.....	18
3.7 Kjemisk merking.....	18
3.8 Sammenligning av to ulike merkestrategier.....	18
3.8.1 Praktiske konsekvenser av de ulike merkestrategiene hos smolt-produsenten... 19	
3.8.2 Kontroll av merkekoder i smoltanlegg og matfiskanlegg.....	20

3.8.3 Database for merkekoder og overføring av informasjon.....	20
3.8.4 Konsekvenser for slakting og salg av merket fisk.....	20
3.8.5 Bruksområder.....	20
4 Konklusjon.....	21
5 Litteratur.....	23

# 1 Innledning

Utviklingen de senere årene har vist en økende forekomst av kulturlaks i de fleste vassdrag og fiskerier for villaks (*Salmo salar*), med opptil 80 % i noen laksebestander (Lund 1998). Kildene til kulturlaks er hovedsakelig oppdrettslaks som rømmer fra smoltanlegg eller matfiskanlegg, samt laks som settes ut for å styrke fiskebestander (Lund 1998). I dag eksisterer ingen direkte metoder som med 100 % sikkerhet skiller mellom villaks og kulturlaks (Lund et al. 1989, 1995), og en vet lite om bakgrunnen og opprinnelsen til kulturlaksen i de forskjellige forekomstene. Merking av all kulturlaks kan være et sikkert virkemiddel til å skille mellom villaks og kulturlaks. Ved kodemerking kan i tillegg opprinnelsen til fisken identifiseres. I denne rapporten utredes ulike metodiske, økonomiske, biologiske, markedsmessige og praktiske sider ved merking av all kulturlaks i Norge.

## 1.1 Betydning av fiskemerking i moderne fiskeriforvaltning

En generell trend i utviklingen av fiskeproduksjonen på verdensbasis er at andelen vill og naturlig produsert fisk avtar, mens andelen fisk som kommer fra ulike former for akvakultur øker (Royce 1987). I tillegg er det en økende tendens til at rekreasjonsfiske får en stadig økende betydning (Royce 1987). Utviklingen i Norge følger det samme mønsteret. Når det gjelder laks så har utviklingen de siste 25 årene vært ekstrem, i det praktisk talt all omsetning av laks har endret seg fra å bestå utelukkende av villfisk til i dag å være nær 100 % knyttet til oppdrettet laks. Både intensiv og ekstensiv akvakulturproduksjon av fisk fører til at kulturfisk gyter i naturen og blander seg med vill fisk (f eks Lura & Sægrov 1991, Jonsson et al. 1990, 1991, Webb et al. 1991, 1993, Crozier 1993). For å gjennomføre en optimal forvaltning av de forskjellige økologiske formene for laks, er det en forutsetning at en kan skille mellom dem, samtidig som kjennskap til opprinnelsen av de ulike kategorier fisk gjør det enklere å sette i verk tiltak der det er behov for det.

Mer enn halvparten av verdens høstbare fiskebestander antas overbeskattet (Royce 1987). Når det gjelder atlantisk laks, er produksjonen på et historisk lavmål. I Norge har fangstene av villaks avtatt fra en årlig fangst på omlag 500 000 individer til omlag 200 000 individer i løpet av de siste 15 år (Anon. 1999). Parallelt med denne nedgangen i fangstene, har innslaget av kulturlaks i naturen økt betydelig. I sjøfisket etter laks utgjør kulturfisk 28-40 %, mens kulturfisk i elvefangstene utgjør 4-9 % under sportsfisket (uveide middeldverdier, Lund 1998). Både rømt oppdrettslaks og annen kulturlaks kommer senere opp i elvene enn villaksen (f eks Gausen & Moen 1991, Gudjonsson 1991, Økland et al. 1993, McKinnell et al. 1994), slik at innslaget i gytebestandene om høsten ofte utgjør 22-35 % (uveide middeldverdier, Lund 1998).

I følge Royce (1987) er det fem hovedutfordringer når det gjelder framtidig fiskeriforvaltning: 1) gjenoppbygge bestand-

er som er overbeskattet, 2) rasjonell økonomisk utnyttelse av fiskeriene, 3) overvåking og regulering av fiskeriene, 4) forvaltning av fiskebestander som vandrer over landegrensene og 5) videreutvikling av akvakultur og styrking av fiskebestander. For å møte disse utfordringene, er merking av fisk et særdeles viktig element. Merking av fisk i nyere fiskeriforvaltning har vist sin store verdi ved å gi kunnskap om hvordan og hvor fiskebestandene blir beskattet, vekst, vandring, overlevelse og populasjonssvingninger (se Hilborn et al. 1990). Spesielt der forskjellige bestander av samme art innenfor samme geografiske områder blir høstet (blandet beskatning), har merking vist seg nødvendig for å kunne balansere og optimalisere uttaket av de forskjellige bestandene (Hilborn et al. 1990). I arbeidet med å gjenoppbygge svake fiskebestander har merking av fisk vist seg som et sentralt virkemiddel.

For å kunne forvalte villaks og kulturlaks på en forsvarlig måte i norske farvann vil identifisering av merket fisk være et nødvendig hjelpemiddel. Merket fisk vil også gjøre målinger av interaksjoner mellom de to hovedgruppene laks mulig på en helt annen måte enn tidligere. Gjennom detaljert kunnskap om opprinnelsen til rømt oppdrettsfisk, vil en i langt større grad ha muligheter til å iverksette rømmingsreducerende tiltak. Identifisering av villaks og anleggsprodusert laks vil medføre økt kunnskap slik at forvaltningen kan unngå å sette i verk mislykkede eller til og med skadelige tiltak gjennom føre-var-prinsippet og prøve-feile metoder. Merking av all villaks er umulig å gjennomføre, mens derimot merking av kulturfisk er økonomisk og praktisk realistisk med de metoder som finnes i dag. På verdensbasis er det en sterkt økende tendens til at kulturfisk, spesielt laksefisk, merkes slik at de kan forvaltes forskjellig fra villfisk.

Laksen har en kompleks økologi og en livssyklus med lange vandringer og opphold i ulike miljøer. Villaksen returnerer med stor presisjon til oppvekstelva for å gyte (Hasler 1966, Harden Jones 1968). Presis tilbakevandring til foreldrenes gyteplass kan danne og opprettholde genetiske forskjeller mellom populasjoner og derfor tilpasninger til de lokale forholdene i oppvekstelva (Taylor 1991). I Norge har vi 400-500 genetisk forskjellige villakspopulasjoner (Lura & Sægtrov 1991). Bestandsforvaltningen bygger på at bestandene er tilpasset sitt levmiljø, og at hvert laksevassdrag har minst én bestand (Anon. 1999). Lakseforvaltningen må evne både å bevare og styrke den atlantiske laksen som art, og de enkelte bestander med deres særtrekk. Dette fordrer at lakseforvaltningen kombinerer elementer fra både bestandsforvaltningen og artsforvaltningen (Anon. 1999). Bestandsforvaltningen av villaks vil bryte sammen uten å kunne skille mellom vill- og kulturlaks.

Fra oppdrettsnæringens side har det i enkelte sammenhenger vært gitt uttrykk for at det kan være behov for å kunne dokumentere historie og opprinnelse til fisken. Som en del av et system for kvalitetskontroll kan dermed merking av oppdrettslaks være et viktig bidrag. Det er også sannsynlig at markedet i framtida i økende grad vil etterspørre slik dokumentasjon om opprinnelse og produksjonsforhold for ulike produkter fra oppdrettsindustrien. For internasjonal transport

og omsetning av oppdrettslaks vil merking bidra til en mer oversiktlig og lettere kontrollerbar virksomhet enn i dag. Produksjons- og omsetningskontroll vil også kunne gjennomføres på effektiv måte dersom fisken er merket. Dersom Norge gjennomfører merking av laks i kultur, vil dette sannsynligvis legge et press på andre nasjoner som produserer laks til også å gjennomføre dette.

## 1.2 Generelle krav som må stilles for merking av norsk kulturlaks

### 1.2.1 Bruksområde

All kulturfisk utsatt i forbindelse med oppdrett og kultivering, i vann, vassdrag eller sjø må kunne gruppemerkes. I praksis betyr det at alle utviklingsstadier av fisk bør kunne merkes.

### 1.2.2 Effekter på fisken

Effekten av merkene på fisken må være minimale. Merkene må ikke påvirke overlevelse, vekst, atferd, trivsel eller kjøttkvalitet på en uakseptabel måte. Før et fullskala merkeprogram anbefales, må virkningene på fisken være dokumentert i form av tidligere studier eller et pilotprosjekt. Merket må ikke påvirke kvaliteten på fisken på en negativ måte, og alle forhold knyttet til markedsmessige effekter må være dokumenterte.

### 1.2.3 Krav til merket

Merketypen må være 100 % identifiserbar og være uten merketap. Det må eksistere et tilstrekkelig antall koder til at alle oppdrettskonsesjoner og vassdrag hvor det settes ut laks i Norge kan dekket med en separat kode. Dersom minst to påfølgende årsklasser skal kunne skilles fra hverandre, kreves ca 3 000 ulike koder. Identifisering av merket og lesing av merket må kunne skje på en sikker og enkel måte.

### 1.2.4 Krav til merkingen

I oppdrettsnæringen settes det i dag ut i overkant av 100 000 000 smolt i året. Det settes ut smolt hele året, men tidlig vår og høst er de viktigste periodene for utsetting av smolt. I tillegg settes det ut smolt og presmolt laks i vassdrag, til sammen ca 3 000 000 fisk. Denne fisken settes ut i sommerhalvåret. For å håndtere slike mengder fisk, må det eksistere massemerkingsmetoder som gjør det praktisk mulig å merke et stort antall fisk over relativt korte perioder.



### 1.2.5 Kostnader ved merking og identifisering

Det vil være urealistisk å velge et merkesystem som koster mye. I utgangspunktet har det vært hevdet at totale kostnader på mer enn 1 kr per fisk (merke, merking, identifisering av merket fisk, lesing av merke, drift av database og lignende) er urealistisk med tanke på praktisk gjennomføring.

## 2 Oversikt over aktuelle merkemetoder

### 2.1 Hovedgrupper av merker

De ulike metoder for merking av fisk kan deles inn i følgende hovedgrupper:

#### Eksterne merker

Merker som er eksternt festet til ulike deler av dyr har blitt benyttet i mange århundrer. Hensikten med slik merking var opprinnelig å dokumentere eierskap til dyrene. Den første merking av fisk ble beskrevet i litteraturen i 1653 (Walton & Cotton 1898, referert i McFarlane et al. 1990). I de siste 100 år har en rekke metoder der ytre, som regel lett synlige merker festet til ulike deler av fisken, blitt benyttet til å gjenkjenne enkeltindivider (oppsummert i McFarlane et al. 1990). I tillegg til fysiske ytre merker har brenning, frysemerking og pigmentering blitt benyttet, primært som gruppemerkingmetoder. Disse metodene gir begrensede muligheter til kodemerking og er lite egnet for langtidsstudier (Nielsen 1992). Metodene er derfor ikke videre utredet. Av ytre merker som er mest vanlig i dag, er Carlinmerker, Floymerker (og andre såkalte anchor T-tags) og VI-merker (Visible Implant). Disse blir nærmere beskrevet nedenfor.

#### Interne merker

Interne merker omfatter implanterte snutemerker (kodete mikromerker), otolittmerking (indusert gjennom variasjoner i temperatur, fotoperiode eller vekst) og naturlige parasitter. Snutemerker og temperaturmerking av otolitter blir nærmere beskrevet nedenfor.

#### Elektroniske merker

Elektroniske merker omfatter radiosendere, akustiske sendere og transpondere. Det eksisterer former for elektroniske merker der informasjon kan lagres, mest kjent er såkalte DST-merker (Data Storage Tags). Elektroniske merker har hatt en rivende utvikling de siste 20 årene (Baras 1991), og foruten posisjonering kan en rekke parametre som for eksempel hjerte- og muskelaktivitet, gyting og ulike omgivelsesvariabler (som temperatur, dybde, salinitet og lys) registreres. Generelt er de fleste typer elektroniske merker store og egner seg derfor best til stor fisk. Ett unntak er såkalte PIT-merker (Passive Integrated Transponder), som blir nærmere beskrevet nedenfor.

#### Genetiske merker

Genetiske forskjeller mellom fiskegrupper kan benyttes til å skille dem. Hvis slike forskjeller ikke eksisterer naturlig, kan genetiske markører krysses inn i en eller flere populasjoner (Intentional Genetic Marking, IGM). Metoder som inkluderer genetisk merking innebærer til dels kompliserte forhold når det gjelder valg av markører, identifisering og vurdering av resultatene. Metoden blir nærmere beskrevet nedenfor.

#### Kjemiske merker

Kjemiske merker er konsistente forskjeller i kjemisk sammensetning av dyrenes kroppsvev. Forskjellene kan opptre naturlig

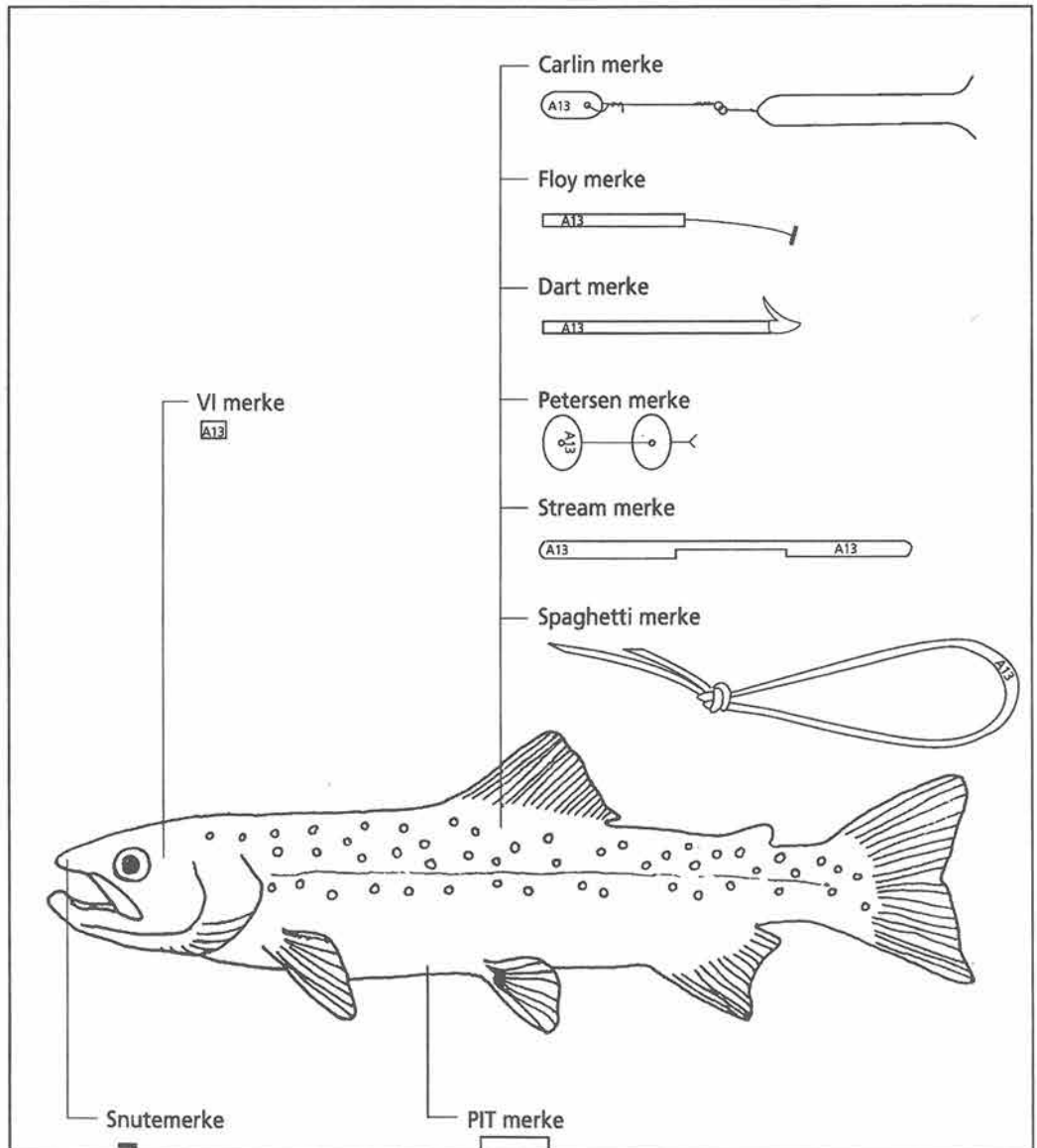
eller være forårsaket av kjemiske stoff som i utgangspunktet omfatter all bruk av uorganiske stoff som aktive merkestoff. Dette kan være radioaktive isotoper, sjeldne jordelementer, fluorescerende fargestoff og ulike tilsetningsstoff. Merking kan skje ved ytre merking (fisken påføres et merkestoff på overflaten) eller indre merking (ved tilsetning i vannbad, gjennom mat eller intravenøst). En oversikt er gitt av Muncy et al. (1990). Den lave metabolske aktiviteten i harde kalsiumstrukturer som otolitter, tenner, ryggvirvler og finnestråler gir langsom utskillelse og ombytting av materiale og er derfor aktuelle målorgan ved kjemisk merking (Nielsen 1992, Secor et al. 1991, Tsukamoto 1995, Secor and Houde 1995, Moen 1996). Indre merking blir nærmere beskrevet nedenfor.

## 2.2 Ytre merker

### 2.2.1 Carlin-merker

Carlin-merket består av en liten plastplate med en individuell alfanumerisk kode som festes til fisken ved hjelp av to tynne metalltråder som stikkes gjennom fisken rett under ryggfinneren (**figur 1**). Metalltrådene på motsatt side av fisken i forhold til merket surres sammen for å lage en løkke som fester seg til beinstrukturen som bærer ryggfinneren. Merket produseres i Norge. Merket har vært brukt i 40 år for å kartlegge vandring til laks, og har vist seg velegnet for dette formålet, blant annet fordi det er lett å oppdage og fordi det er kjent blant publikum.

**Figur 1.** Oversikt over ulike typer eksterne merker, samt VI-merker og PIT merker, med henvisning til hvor de festes på fisken. Figur etter Barlaup & Åtland (1990).



Merkingen setter permanente hull i skinnet på fisken. I forsøk med oppdrettsfisk har det vist seg at begroing på merkene under oppdrettsforhold kan være et alvorlig problem. Merkesårene forblir åpne og begroingen kan føre til sår bakover på ryggen. Disse merkene er derfor lite aktuelle for fisk under produksjon. Carlin-merker kan imidlertid være et godt alternativ for spesifikke forsøk der laks merkes og settes fri og hvor en er avhengig av at gjenfangster utenfor utsettingsstedet registreres og rapporteres.

Merket koster ca 15 kr. Merkingen gjøres manuelt, og totale kostnader per merket fisk utgjør 17-18 kr.

## 2.2.2 Anker T-merker

Floy merket (**figur 1**) og tilsvarende merker fra andre produsenter er basert på et T-formet anker som skyves inn i de samme ryggfinnestrålene som Carlin-merket. Det ytre merket som er festet i ankeret, og som stikker ut ved basis av ryggfinnen, er avlangt med rundt tverrsnitt. Her kan det både lages en individuell alfanumeriske kode og skrives inn tekst som kan være felles for en serie merker. Merket leveres i flere størrelser og farger. Delen med opplysningene er gjerne 2-3 cm lang og ca 3 mm i tverrsnitt. Merkene henger før merking sammen i remser i serier som settes inn i en merkepistol som skyver T-ankeret på plass. Merket lager et permanent hull i fiskens skinn. Testing av merket på oppdrettet regnbueørret viste at det kan redusere veksten og føre til sår (Mourning et al. 1994). Merkepris og omkostning ved merket er 3-4 kr per fisk.

## 2.2.3 VI-merker

### VIT (Visible Implant Tag)

VIT-merket er et lite (2-4 mm langt, 0,5-2 mm bredt, 0,1 mm tykt) plastlignende merke som settes inn i gjennomsiktig vev bak fiskens øye (**figur 1**). Det er også kalt VI alfa merke på grunn av den alfanumeriske koden på merket. Merket produseres av Northwest Marine Technology Inc., Shaw Island, Washington, USA. Bak øyet har laksefisk en gjennomsiktig hudfold, det vil si et område uten pigment. Når merket skyves under denne hudfolden skal det i prinsippet kunne leses uten at det må foretas inngrep. Merket finnes i ulike farger i tillegg til at hvert merke har en kode som består av en kombinasjon av bokstaver og tall. Merket settes inn manuelt ved hjelp av en liten injektor. Fisken bør være større enn 10 cm ved merking. Dette skyldes at den gjennomsiktige hinnen er for liten i forhold til merket på mindre fisk.

Merket ble blant annet brukt i Havforskningsinstituttets havbeiteprosjekt på Sotra i begynnelsen av 90-årene (Skilbrei et al. 1998). Merket kostet da ca 3 kr per stk. Merkekostnadene kom på nær 1 kr per fisk i disse prosjektene. Fordi det i disse prosjektene var viktig å veie og lengdemåle hver fisk, samt å klippe fettfinnen og merke på forhånd fastsatte antall fra ulike kar, så var prosedyren mer omstendelig enn hva som ville vært nødvendig ved en massemerking. Fordi merkingen

foregår manuelt er det sannsynligvis vanskelig å komme under 0,5 kr per fisk i merkekostnad. I tillegg kommer utgifter til identifisering av merket fisk, lesing av merker og drift av database.

I vekstforsøk i kar med fisk fra 10-15 cm viste det seg at merketapet var uforholdsmessig stort, over 30 %. En grunn til dette var at kantene på merket hadde en tendens til å arbeide seg ut igjen gjennom huden på fisken. Når merket ble brukt i havbeiteforsøkene var resultatene nedslående. Merketapet etter ett år i havet var på over 50 %. Dessuten var ikke merket synlig på dette tidspunktet. Merket hadde beveget seg bakover og innover i hudlagene, og måtte opereres ut for hånd. Det var med andre ord ikke mulig å avgjøre på forhånd om fisken var merket eller ikke. Til sammenligning med havbeiteforsøkene ble også fisk holdt i merd hos en oppdretter. Det var bare mulig å se merket på et fåtall levende fisk etter ett år i sjøen. I merkeforsøk med vill innlandsørret har merketapet variert fra lave verdier til 20 % merketap (B. Barlaup, pers. komm). Produsenten har i ettertid avrundet kantene på merket. Det er ukjent om dette bedrer merket. VI-merker er benyttet med gode resultater i merkeforsøk med blant annet regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*), chinook laks (*O. tshawytscha*), coho laks (*O. kisutch*), rødgjellet solabbor (pumpkinseed, *Lepomis gibbosus*) og orangethroat darter (*Etheostoma spectabile*) (Haw et al. 1990).

### VIF (Visible Implant fluorescent Filament) og VIE (Visible Implant fluorescent Elastomer)

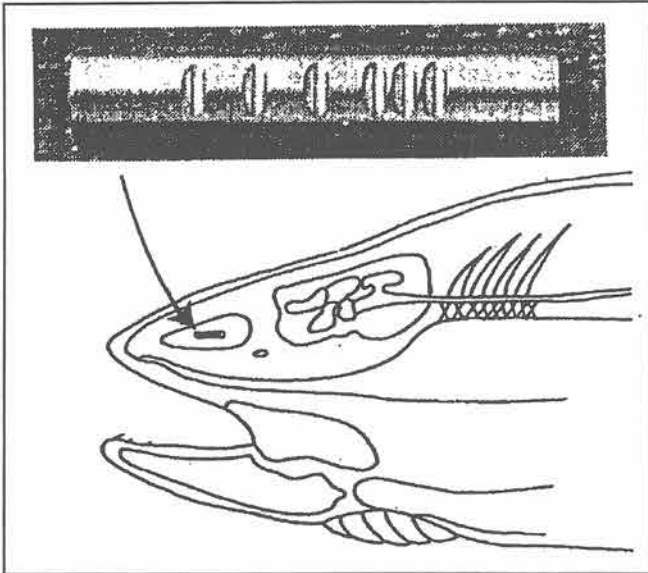
Disse merkene er bygget på samme prinsipp som VIT-merket, det vil si at de setts inn i hudfolden bak øyet til fisken. Mens VIF-merket er 1 mm langt og 0,25 mm i diameter, består VIE merkingen av en polymer væske som først stivner etter injeksjonen. Begge merkene blir synlige i fluorescerende lys.

Begge merkene ble testet i et forskningsprosjekt i Canada der smolt ble merket før utsetting og merkene undersøkt hos tilbakevandret voksen laks (Bailey et al. 1998). Fra dette og andre forsøk er det klart at det må forventes et visst merketap ved disse metodene, gjerne 20 %. Antall fargekoder blir for lavt til å differensiere mellom settefiskanlegg, og disse merke-metodene egner seg derfor ikke til massemerking av kultur-laks.

## 2.3 Snutemerker (coded wire tags)

### 2.3.1 Beskrivelse av merket, merking og identifisering

På norsk kalles dette merket snutemerke eller mikromerke, på engelsk coded wire tag (CWT). Merket består av en rustfri magnetisk stålwire (ca 1,1 x 0,25 mm, **figur 2**), og har blitt benyttet til merking av fisk i mange år (Jefferts et al. 1963). Merket produseres i USA av Northwest Marine Technology Inc. På vestkysten av USA merkes nå årlig mer enn 55 mill presmolt og smolt av ulike laksearter. Merket benyttes også til merking av fisk i mange andre deler av verden, også i Norge. Snutemerker benyttes til et økende antall fiske- og kreps-



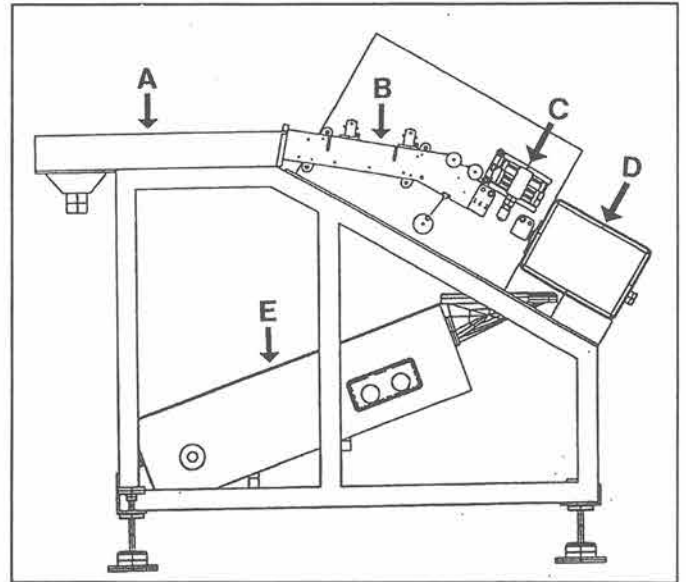
**Figur 2.** Langsgående snitt gjennom hodet på laksunge som viser korrekt plassering av snutemerke. Snutemerket vises i forstørret utgave. Figur etter Johnson (1990) og Nielsen (1992).

dyrarter (Bergman et al. 1992). Det er mulig å merke fisk mindre enn 1 gram, og fisk helt ned i 0,25 gram er rapportert merket med snutemerke (Thrower & Smoker 1984). Merket er spesielt godt egnet til langtidstudier og når fisken merkes på et tidlig livsstadium (Nielsen 1992). Grundige beskrivelser av merket er gitt av Bergman (1968).

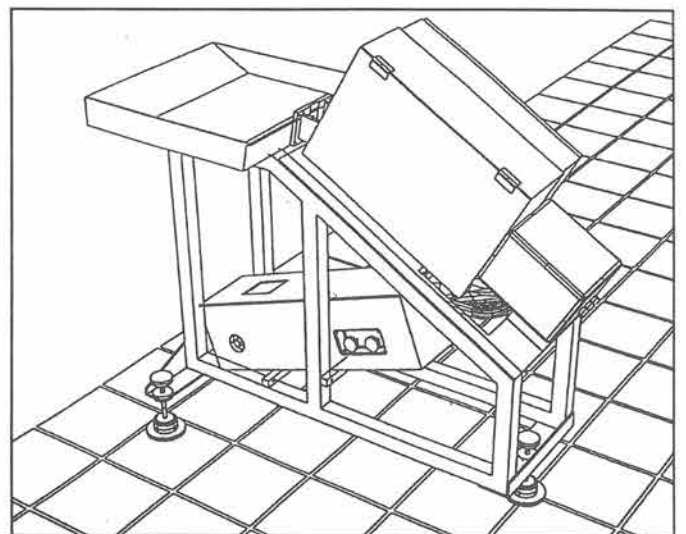
Merket har en visuell alfanumerisk koding på overflaten, og legges inn i uspiselige deler av fisken, oftest i snutepartiet (**figur 2**). Snutepartiet hos laksefisk er spesielt godt egnet for plassering av merket på grunn tett brusk, muskler og bindevev. Merket registreres i fisken ved hjelp av en detektor som registrerer et magnetisk felt rundt merket. Antall koder som kan benyttes er i praksis ubegrenset, men snutemerke egner seg best til seriemerking med samme kode, det vil si at grupper av fisk får merke med samme kode. Dette fordi individmerking av store mengder fisk blir tungvint og tidkrevende på grunn av manuell identifisering av kode. Merket er 100 % identifiserbart. Merket fisk identifiseres enten ved at fisken fettfinneklippes som en del av merkeprosedyren, eller ved at fisken føres forbi en detektor. Når store antall fisk skal undersøkes, er det utviklet automatiske systemer som både identifiserer merket fisk og sorterer dem fra umerket fisk. Når merket fisk er identifisert, tas merket ut av fisken. Merket leses manuelt, og koden identifiseres visuelt under forstørrelse i et mikroskop.

Ved merking av store antall fisk, er det utviklet automatiske systemer for massemerking av fisk med snutemerke (**figur 3** og **4**). Kapasiteten på de massemerkingsmaskiner som nå er i bruk i USA er ca én fisk per sekund. I disse prosedyrene fettfinneklippes også laksungene. Dersom fettfinneklipping kuttes ut, vil kapasiteten økes til mer enn én fisk per sekund. Ved seriekopling av fem maskiner, vil kapasiteten være ca fem fisk per sekund. I merkemaskinene er det innebygde detektorer som kontrollerer at all fisk som passerer er merket. Utstyret

som benyttes i USA i dag er mobilt ved at det leveres komplette enheter av fem merkemaskiner seriekoplet montert i en biltilhenger som kan fraktes mellom smoltanlegg. Ved merking av et mindre antall fisk eksisterer enkle systemer for manuell snutemerking.



**Figur 3.** Automatisk system for massemerking av fisk med snutemerke som benyttes i USA (Northwest Marine Technology Inc.). Fisken introduseres på et samlingsbord (A) og føres videre gjennom en innførsingskanal (B). Automatisk kontroll regulerer mengde fisk som slippes gjennom. Fisken føres inn i selve merkeapparatet (C), hvor den plasseres automatisk i en hodetilpasset form som er festet til merkeinjektoren (Mark IV Automatic tag injector) (D). Når fisken er plassert i den hodetilpassede formen, utløses automatisk merking og/eller fettfinneklipping. Fisken passerer en kvalitetskontroll etter merking (E), hvor fisk som ikke ble merket og/eller fettfinneklippet sorteres ut. Mobilt utstyr leveres i enheter av fem slike maskiner seriekoblet.



**Figur 4.** Figuren viser den samme massemerkingsmaskinen som Figur 3, men i tredimensjonal framstilling.

per sekund. I merkemaskinene er det innebygde detektorer som kontrollerer at all fisk som passerer er merket. Utstyret som benyttes i USA i dag er mobilt ved at det leveres komplette enheter av fem merkemaskiner seriekoplett montert i en biltilhenger som kan fraktes mellom smoltanlegg. Ved merking av et mindre antall fisk eksisterer enkle systemer for manuell snutemerking.

Identifisering av fisk gjøres ved hjelp av mobile, batteridrevne mottakere som registrerer magnetfeltet rundt merket. Rask og korrekt lesing av snutemerker krever noe trening, og av hensyn til kvalitetskontroll og effektivitet bør dette gjøres ved at hodene av merket laks sendes til et sentralt laboratorium. Gjennomsnittstiden det tar å fjerne merket fra fisken, lese koden og legge informasjonen inn i en datafil for trenet personale er 4 minutter (Buckley & Blankenship 1990). Det er publisert en rekke artikler som beskriver og anbefaler prosedyrer for massemerking, identifisering av merker og lesing av merker fra en del større merkeprogram i USA. For ytterligere detaljer henvises derfor til Johnson (1990).

### 2.3.2 Effekter på fisken og merketap

Effekter på overlevelse og vekst hos fisken og merketap er viktige faktorer som må tillegges vekt når aktuelle merketypen skal vurderes. Snutemerkene er svært små og synes å ha minimale negative effekter på fisken (Bergman et al. 1992). Innføringen av merket medfører minimal vevsødeleggelse (Bergman et al. 1968, Bordner et al. 1990). Merkesåret er lite og gror raskt (Buckley & Blankenship 1990). Histologiske analyser har vist minimale interaksjoner mellom merket og fiskens vev (Bergman et al. 1968, Fletcher et al. 1987). Det er ikke funnet undersøkelser som beskriver at merkene forflytter seg bort fra merkestedet og til andre organer hos fisken. Direkte effekter fra merket har i flere undersøkelser blitt rapportert å være minimale (f.eks. Ísaksson & Bergman 1979, Thrower & Smoker 1984, Elrod & Schneider 1986). Snutemerking hadde ingen effekter på vekst og kondisjonsfaktor hos regnbueørret (Barnes 1994). I langvarige feltstudier ble det ikke funnet effekter på vekst eller overlevelse hos snutemerket barramundi (*Lates calcarifer*), og heller ikke tegn til utstøting av merkene (Russell & Hales 1992). Heller ikke hos largemouth bass (*Micropterus salmoides*) (Williamson 1987) og chinook laks (Eames & Hino 1983) ble det funnet effekter av snutemerking på vekst eller overlevelse.

Potensielle negative effekter av å implantere et merke i snuten hos fisk er økt mortalitet, redusert vekst og ødeleggelse av lukteorganer hvis merkene implanteres for dypt (Fletcher et al. 1987, Pelz & Miller 1990). Merkene har gitt negative effekter i tilfeller hvor de er implantert i ugunstige organer som i luktenerven hos små ketalaks (*O. keta*) (Morrison & Zajac 1987, Morrison et al. 1990) og coho laks (Morrison et al. 1990). Hvis lukteorganer ødelegges hos laksefisk kan dette påvirke orienteringsevnen som benyttes under gytevandringer. Merker som var plassert nær lukteorganer eller nerver hos pukkellaks (*O. gorbuscha*) medførte større spredning ved tilbakevandring enn hos laks med merker som hadde mer

egnet plassering i snuten (Habicht et al. 1998). Verken magnetiserte eller ikke-magnetiserte snutemerker hadde en effekt på preferert kompassretning hos ketalaks i karforsøk (Quinn & Groot 1983).

Merketapet er i flere undersøkelser oppgitt til å være mellom 1 og 5 % for laksefisk (Blankenship 1990). Tapet av merker synes å skje i løpet av den første tiden etter merking, og i kontrollerte forsøk er det ikke påvist merketap etter de første 30 dager etter merking (Blankenship 1990). For fisk mindre enn 2,1 g anbefales bruk av halvlengde snutemerker (0,5 mm lange) for å unngå større merketap (Blankenship 1990). Den eneste undersøkelsen av merketap hos atlantisk laks, rapporterte et merketap på 8,4 % (Dussault & Rodriguez 1997). I tilfeller hvor merket er introdusert til nye arter er det rapportert større merketap, men merketapene ble redusert etter at merketeknikk og merkeplassering ble endret og forbedret (f.eks. Elrod & Schneider 1986, Klar & Parker 1986). Hvis fettfinneklipping benyttes som ekstern identifisering av merket fisk, må det tas hensyn til at klypte fettfinner kan vokse ut og at fettfinner av ulike årsaker kan mangle hos laks i naturen (Johnsen & Ugedal 1988, Blankenship 1990, Thompson & Blankenship 1997). Hvis en eventuell storskala merking av norsk kulturlaks igangsettes, bør effektene av snutemerker undersøkes nærmere.

### 2.2.3 Kostnader

På bakgrunn av erfaringer fra merking av 55 mill fisk per år på vestkysten av USA, har Northwest Marine Technology foretatt en beregning av kostnadene ved å gjennomføre et merkeprogram med ca 100 mill fisk per år i Norge. Forutsetningene for beregningen er aktuelle leveransetidspunkter for smolt, antall smoltanlegg som i dag leverer smolt, og at fisken må merkes i en separat operasjon i tilknytning til leveranse fra smoltanlegg til matfiskanlegg. Når fisken vaksineres, er det ofte enda ikke klart hvilket oppdrettsanlegg den kommer til. Derfor er merking forutsatt som en separat operasjon i tilknytning til leveranse fra smoltprodusent. Videre er det forutsatt at samme type massemerkingsmaskiner som er utviklet for stillehavslaks blir benyttet for norsk laks. Dersom merkingen i enkelte tilfeller kan kombineres med for eksempel stikkvaksinering av smolten, vil det forenkle prosessen og redusere kostnadene.

På bakgrunn av erfaringer fra massemerking, identifisering av merker og lesing av merker fra USA, er det beregnet en merkekostnad på \$0,08, det vil si ca 0,60 kr per fisk. Omlag 75 % av disse utgiftene er knyttet til "hardware" som merker og merkemaskiner, mens resten er knyttet til personellutgifter. Totale årlige merkekostnader med dagens smoltantall blir dermed på ca 60 mill kr. For å registrere merket fisk, må det etableres "identifiseringsentraler" i de viktigste vassdragene og andre lokaliteter langs kysten som benyttes som overvåkningslokaliteter. Til dette er det nødvendig med en engangsinvestering på ca 60 detektorer som plasseres rundt omkring i landet for identifisering av merket fisk. Kostnadene er \$5 000, det vil si ca 38 000 kr per stk. Total investering for

dette utstyret er dermed 2 280 000 kr. For lesing av merker er det nødvendig å opprette et sentralt laboratorium. Kapasiteten per person når det gjelder lesing av merket og innlegging i database er ca 15 fisk per time. Dersom en benytter en timekostnad på 300 kr, blir det en kostnad på 20 kr per fisk. Ved lesing av 6 000 merker per år utgjør dette en kostnad på 120 000 kr. I tillegg kommer drift av database og analyse av resultatene. Dette beregnes til ett forskerårsverk. Sammen med planlegging, administrasjon, fordeling av utstyr og organisering av innsamling av merket fisk, er det sannsynlig at kostnadene til denne delen av virksomheten vil være ca 2 mill kr per år. Utstyr for massemerking er inkludert i stykkprisen per merket fisk, og forutsettes leid av Northwest Marine Technology, mens detektorer må anskaffes første år. Første år vil derfor innebære en engangsinvestering på ca 3 mill kr.

## 2.4 Temperaturmerking

### 2.4.1 Beskrivelse av merket, merking og identifisering

Ved relativt raske og små endringer i vanntemperaturen produseres vekstendringer i otolitten som sees som mørke eller lyse bånd. Denne fysiologiske sammenhengen utnyttes for å produsere varige merker i otolitten (øresteinen). Internasjonalt er det gjennomført en del forsøk med bruk av temperaturendringer for å produsere merker i otolitten hos fisk. Forsøk har vist at det er mulig å produsere varige merker i otolitten (f eks Bergstedt et al. 1990, Brothers 1990, Volk et al. 1990). Over en periode på åtte år (1987-1993) ble det i Washington, USA, merket over 35 millioner yngel av laks med hjelp av temperaturmerking (Volk et al. 1994). Ved systematisk gjentatt merking og bruk av seks bånd ble det produsert og benyttet ti ulike koder i merkesystemet (Volk et al. 1994).

Otolitter vokser gjennom hele fiskens liv. Denne egenskapen, sammen med at otolitten dannes tidlig på øyerognstadiet, gjør den egnet som målorgan for registreringer av endringer i fiskens ytre og indre miljø. Større endringer i fiskens omgivelsestemperatur fører til endringer i otolittens vekststruktur. Merking ved manipulering av fiskens ytre miljø baserer seg på en heving eller senking av temperaturen noen grader i en viss tid (timer eller dager). Det antas at denne manipuleringen medfører et visst fysiologisk stress, noe som innebærer endringer i kalsiummetabolismen hos fisken. Dette fører til endringer i bindingsformer og sammensetning av proteiner og kalsium i aragonittstrukturen som påleires otolitten. Ringstrukturen sees best i slipte og preparerte otolitter analysert i lysmikroskop. Metoden vurderes som mest aktuell i forbindelse med merking av rogn, larver og yngel ved for eksempel evaluering av tilslag etter utsetting i vassdrag. Den vurderes videre som noe arbeidskrevende ved at otolitter fra fisk eldre enn ca 200 dager må slipes for å få fram et tilfredsstillende preparat for lesing av merke.

Hos oppdrettet yngel som får stabil mattilgang får otolitten relativt regulære soner i forhold til villfisk fra elv slik at en kan

skille mellom kulturlaks og villaks ved å analysere otolitter selv uten temperaturmerking. Denne metoden kan være nyttig til å skille mellom villaks og kulturlaks, men vil ikke gi kodet informasjon om hvilken utsetting eller hvilket anlegg fisken stammer fra.

### 2.4.2 Kostnader ved temperaturmerking av rogn og larver for utsetting i vassdrag

Et grovt overslag over utgifter forbundet med et merkesystem basert på temperaturmerking baseres på følgende forutsetninger:

- det gjennomføres enkel merking (én gangs merking)
- 4 mill rogn og larver merkes årlig (for kultivering av vassdrag)
- 20 000 fisk gjenfanges og tas prøver av
- prøvetaking tar ca 1 min per fisk
- deteksjon tar 45 min per fisk for 0+ og 1+ fisk.

#### Kostnader per utsatte fisk

Merking	kr 0,02
Prøvetaking	kr 0,05
Deteksjon	kr 1,88
Drift av database	kr 0,25
<b>Sum</b>	<b>kr 2,32</b>

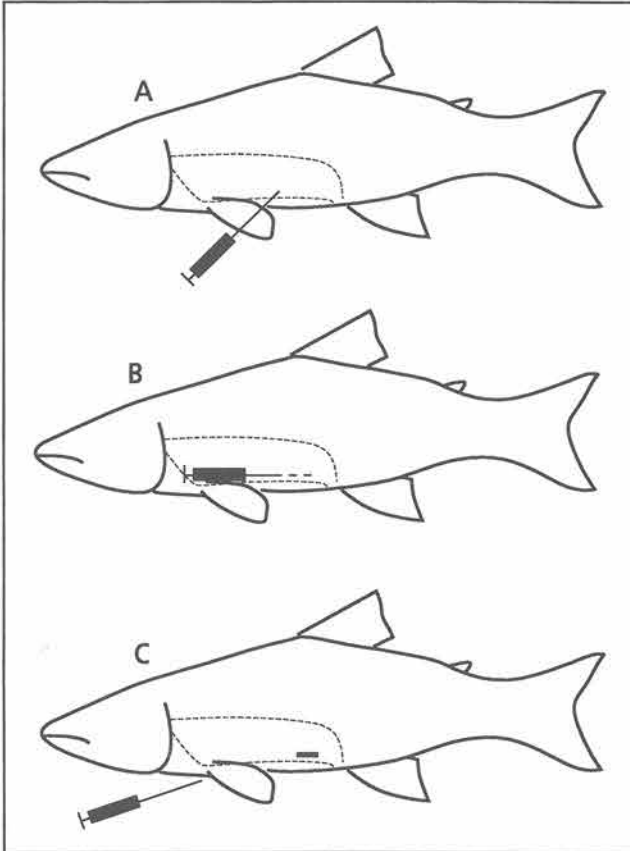
## 2.5 PIT-merker

### 2.5.1 Beskrivelse av merket, merking og identifisering

PIT-merker (Passive Integrated Transponder tags) har vært i bruk i forsøk med fisk i Norge i mer enn 10 år. De ble opprinnelig utviklet for laksefisk (Prentice et al. 1990a). I tillegg til hos fisk brukes merkene i stor grad innen landbruksforskning på husdyr. Merket er ca 0,2 x 1,1 cm. Det injiseres i bukhulen på fisken og ligger løst eller kan feste seg løselig til fettvevet rundt tarmene (**figur 5**). En avleser føres langs fisken og avgir en pipetone dersom fisken er merket. Selve merket har ikke batteri. En liten spole inne i merket aktiviseres av et ytre magnetfelt som settes opp av avleseren slik at koden kan avleses. Den alfanumeriske koden har 34 000 000 000 mulige kombinasjonsmuligheter (Nielsen 1992). Dette innebærer i praksis at fisken er individmerket. Metoden er nærmere beskrevet av Prentice et al. (1990a, 1990b og 1990c).

Merket er meget godt egnet til vekstforsøk og lignende i kar eller merd der det har interesse å følge individer over tid. Fisken blir lite påvirket ved hver enkelt måling. Det oppgis fra en av produsentene at fisk ned til 5 gram kan merkes. I henhold til egne erfaringer kan laksyngel ned til 2 gram merkes (6 cm lengde), men fisken bør helst være 10 cm for at merkingen skal kunne skje hurtig. Merkingen gjøres manuelt med en liten sprøyte der de avlange merkene ligger etter

hverandre og injiseres ett etter ett nesten som ved manuell stikkvaksinering (**figur 5**). Etter merking må merket avleses på hver fisk. Merkekoden kommer opp på en liten skjerm på avleseren, og lagres også på en datafil som kan overføres direkte til PC. Avleseren kan kobles direkte opp mot PC, slik at andre opplysninger kan kobles på samme datafil til hvert individ (størrelse, kar, anlegg, smoltgruppe og så videre). Det eksisterer også undervannsantennen som registrerer merke-nummeret til fisk som svømmer nær antennen (< ca 20 cm). Dette utstyret anvendes til atferdsforsøk blant annet ved Universitetet i Umeå i Sverige (Faengstam 1994), og kan også tenkes brukt i andre sammenhenger, for eksempel i lakse-trapper og kraftverksdammer (Prentice et al. 1990b).



**Figur 5.** Plassering av PIT-merke i bukhulen på fisken inne-bærer (A) innføring av merkesprøyte i kroppsmuskulaturen ved 45° vinkel, (B) plassering av merkesprøyten slik at den har retning langs kroppen på fisken, og (C) innsprøyting av merket samtidig som sprøyten tas ut av kroppen. Figur etter Nielsen (1992).

## 2.5.2 Effekter på fisken og merketap

Senderne har små effekter på fisken og er velegnet for lang-tidsstudier (Nielsen 1992). Merkesårene gror raskt og det er ikke observert unormale vevsdeleggelse ved merkestedet (Prentice et al. 1990a). Det er ikke påvist effekter av merkene på vekst, overlevelse eller utholdenhet for fisk fra 6,7 cm (Jenkins & Smith 1990, Prentice et al. 1990a). Merketap på 1-

3 % er rapportert (Jenkins & Smith 1990, Prentice et al. 1990a).

## 2.5.3 Kostnader

Det finnes minst to ulike merker med ulike produsenter som opererer i noe forskjellig frekvensområde:

### 1) TROVAN, Daimler-Benz Industry

Merket er forholdsvis kostbart. Mens prisen var 60 kr for 10 år siden, var den 15 kr i 1997 (ny produsent). Nå er prisen i overkant av 20 kr ved leveranse av et mindre antall, men prisen avhenger ifølge produsenten av antall merker levert. Merket kan brukes om og om igjen. Dette vil sannsynligvis være en forutsetning for å bruke et slikt merke, fordi kapselen som omslutter mikrochipsen er laget av glass, og kan dermed ikke følge produktet på matvare-markedet. Avleserne koster i dag i underkant av 2000 kr per stk.

### 2) Unique 2100

Dette merket overfører data ved hjelp av amplitude modulasjon av radiobølger (125 kHz). Importør har gitt prisindikasjoner på antall fra 10 000 til 2 mill merker. Prisen synker da fra 11,87 til 7,50 kr. Ved større antall må prisen forhandles. De portable leserne koster ca 9 000 kr.

Dersom individmerker skal være aktuelle må to forhold forutsettes; at andelen merket fisk er lav og at merket blir gjenbrukt. Merkeandelen avhenger av en vurdering av hvilken presisjon man ønsker for å overvåke tilstedeværelsen av oppdrettsslaks i elver og i sjøfisket. Merket kan i prinsippet brukes om igjen utallige ganger dersom det registreres under slaktingen, returneres til en smoltprodusent og opplysningene sendes til en sentral database.

Merking av en viss prosentandel av smolten ved gjenbruk av merke vil da bety at omkostningene er høye det første og andre året. Det tredje året blir merket returnert og brukt på nytt. Da synker kostnadene vesentlig og vil i hovedsak dekke svinn av merker fra de to foregående årsklassene. Hvis for eksempel 10 % av 100 mill oppdrettssmolt blir merket, så blir omkostningen rundt 200 mill kr de to første årene for merke 1) og ca 75 mill kr for merke 2). Dette er rene merke-kostnader med dagens prisanslag. Hvor stor reduksjon i prisen på merket det kan forventes ved en slik betydelig produksjon er foreløpig ukjent. Dersom 80 % av merkene gjenbrukes for påfølgende generasjoner, og vi for enkelthets skyld ikke kalkulerer økning i produksjonen av smolt, så blir årlige kostnader ved innkjøp av nye merker 40 mill kr for merke a) og 15 mill kr for merke b). Merkingen kommer da på 1 mill kr med en antatt merkekostnad på 0,5 kr per fisk.

Innkjøp av 60 avlesere kommer på 120 000 kr (60 x 2 000 kr) for merke 1). For merke 2) utvikles det for tiden nytt leseutstyr for å øke leseavstanden, og prisen anslås til 12 000-15 000 kr i tillegg til software og PC. Anslaget over driften og vedlikehold av en sentral database anslås til å være noe høyere enn

for snutemerker på grunn av større kompleksitet i dataene, og anslås til 3 årsverk.

Forhold rundt bruks- og eiendomsretten til dataene må avklares. Opplysninger fra slaktet oppdrettsfisk vil ha direkte nytteverdi for oppdretteren selv, og også være selskapets eiendom. Merkekoder, geografiske data og opplysninger om fisken må bringes videre til myndighetene slik at det vil være kostnadssparende å integrere felles funksjoner i en større database.

## 2.6 Genetisk merking

Bruk av en hvilken som helst merkemethode for å identifisere laks fra hvert enkelt oppdrettsanlegg er avhengig av minimum 6-700 unike markører per generasjon. Man må i tillegg være sikker på at markøren som brukes i et anlegg ikke eksisterer i noen annen generasjon i oppdrett eller i noen ville populasjoner. Det vil ikke være praktisk mulig å finne denne typen markør i laksens genetiske materiale. Selv om det i dag arbeides med meget variable områder som mikrosatellitt loci, er det ingen praktisk mulighet for å bruke denne typen markør. Merking på dette nivået ville kreve at det ble produsert et høyt antall homozygote linjer, noe som hverken er ønskelig (blant annet på grunn av mulig tap av annen genetisk informasjon) eller praktisk mulig. Utvikling av genetisk modifiserte organismer (GMO), det vil si at ulike linjer renyrkes, regnes også som utelukket i denne sammenheng.

Det er mulig å lage syntetiske DNA-merker. Ved å variere antall basepar (C, T, A & G) og rekkefølgen deres i DNA-fragmentet kan det dannes en kode som kan mangfoldiggjøres. Antall gruppekoder vil være ubegrenset. De kunstige DNA fragmentene kan så i prinsippet tilsettes i for eksempel olje eller vaksine og injiseres i fisken. Det vil være et svært vanskelig metodisk problem å finne igjen og detektere disse fragmentene i voksen laks. Metoden er uansett dårlig egnet til en enkel klassifisering av oppdrettlaks og villfisk. Deteksjonen av DNA merket ville vært enklere dersom det mangfoldiggjorde seg i fisken, men da må fragmentet kobles direkte på individets eget DNA og vi ville ha en GMO.

Triploidisering er praktisk mulig ved at rognen utsettes for høyt trykk. Fisken blir steril, og de negative konsekvensene av rømning reduseres til et minimum. Gjennom et EU-prosjekt (1995-98) har Havforskningsinstituttet sammenlignet produksjonsegenskaper og foretatt kontrollerte rømningsforsøk mellom triploid og normal diploid laks. Selv om metodikken er utviklet, berører denne metoden viktige aspekter ved markedsføring, markedets respons og konkurransefortrinn mellom nasjoner som eventuelt bruker/ikke bruker sterilisering av laks. Dette anses derfor å ligge utenfor problematikken i denne rapporten.

## 2.7 Kjemisk merking

### 2.7.1 Beskrivelse av merket, merking og identifikasjon

Begrepet kjemisk merking omfatter i utgangspunktet all bruk av uorganiske stoff som aktive merkestoff (oversikt gitt i Muncy et al. 1990). Mengden merkestoff som tas opp i ulike deler av kroppen varierer i mengde og konsentrasjon. Konsentrasjonen av merkestoff i metabolsk aktive strukturer forventes å avta raskere enn i de kalsiumrike og metabolsk lite aktive strukturer som bein, skjell, tenner og otolitter.

Badmerking av tidligstadier ved bruk av fluorescerende fargestoff og visuell deteksjon av merke i otolitt har vist seg å gi en jevn og sikker merking (Tsukamoto 1985, Dabrowski & Tsukamoto 1986, Nagata et al. 1995, Moen 1996). Koding av otolitter skjer ved gjentatt merking (sekvensiell merking) med dagers eller ukers mellomrom. Lesing av kode skjer ved visuell inspeksjon. Koden sees som en "strekkode" hvor merkene ligger lagvis i strukturen (Hendricks et al. 1991, Moen 1996). Bruk av et begrenset antall merkestoff, gjentatt merking og visuell deteksjon gir mulighet for et begrenset antall merkekoder. Eksempelvis vil bruk av to merkestoff og tre gjentatte merkinger på faste tidspunkt gi opptil 26 ulike koder. Der hvor det kun er behov for et begrenset antall koder, vurderes metoden som mulig å ta i bruk for merking av tidligstadier (rogn, larver og yngel).

For merking av oppdrettsfisk vil det være behov for rundt 3 000 ulike koder. Dagens metode, basert på merking av otolitt og visuell deteksjon, vil i en slik sammenheng være utilstrekkelig. Produksjon og deteksjon av et så høyt antall koder vil kreve en videreutvikling og tilpassning av dagens metoder og teknikker. En forskergruppe har i en tid arbeidet med å få til et prosjekt med målsetting å finne fram til enkel metodikk for merking og deteksjon av all kulturfisk. Gruppen har bestått av representanter fra Medisinteknisk senter og Fysisk institutt ved NTNU i Trondheim, Avdeling for biologi ved Allforsk i Trondheim, Institutt for energiteknikk på Kjeller og Veterinærmedisinsk oppdragscenter AS i Trondheim.

### 2.7.2 Effekter på fisken, merke kvalitet og merketap

Ved kjemisk merking må alle stoffer og preparater godkjennes før bruk. Tetracycliner er tidligere mye benyttet som fluorescerende merkestoff. Denne gruppen preparater er imidlertid også brukt som bredspektret antibiotikum. Bruk av slike preparater til merking av fisk for utsetting i naturen er ikke ønskelig her i landet. Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) vurderte i 1998 bruken av stoffene alizarin (ALZ) og calcein (CAL) til badmerking av rogn og larver for utsetting i naturen. De kunne ikke se noen helsefare forbundet med inntak av fisk merket med de to preparatene. Begge har fluorescerende egenskaper. ALZ er et naturlig forekommende stoff fra planten *Rubia tinctorum* L. og har vært benyttet til farging av



blant annet tekstiler i Egypt, Persia og India gjennom flere tusen år. Stoffet har en spesiell affinitet til kalsium i bein og benyttes derfor diagnostisk/eksperimentelt til studier av beinvev i vekst både hos mennesker og dyr. CAL har den samme affinitet for kalsium og benyttes også diagnostisk som indikator ved studier av beinvev i vekst. Veterinærinstituttet gjennomfører for tiden en metodetest ved bruk av merkepreparatene ALZ og CAL. Målsettingen er å klarlegge eventuelle sideeffekter av preparatene ved merking av tidligstadier av laks (rogn og larver).

Inernasjonalt finnes det en hel del dokumentasjon på bruk av tetracycliner for merking av fisk. Tetracycliner har mange av de samme egenskapene som nyere fluorescerende merkestoff. Av den grunn er det her referert til noe av denne litteraturen.

Forsøk med merking av nybefruktet rogn og øyerogn av ørret (*S. trutta*) og regnbueørret med tetracyclin (TC) gav et klart merke i otolitten (Ruhle & Grieder 1989). Overlevelsen var imidlertid variabel ved tilsetning i svellevatnet; rundt 50 % hos regnbueørret og mellom 85 og 95 % hos brunørret. Tsukamoto (1985) registrerte 100 % merking og høyere enn 90 % overlevelse ved badmerking av øyerogn og larver av ayu (*Plecoglossus altivelis*) ved bruk av oxytetracyclin (OTC). Det ble ikke registrert forskjell i klekketidspunkt eller dødelighet mellom kontrollgrupper og forsøksgrupper etter badmerking av øyerogn av laks med bruk av OTC, ALZ og CAL (Moen 1996). Merking av larve- og yngelstadiet med OTC og ALZ er også tidligere vist å gi høy merkesuksess og overlevelse (Nagiec et al. 1988, Tsukamoto et al. 1989, Uchida et al. 1989, Secor et al. 1991, Radtke & Fey 1996). Bruk av ALZ og CAL gir en bedre merkevalitet ved lavere konsentrasjoner enn ved bruk av TC preparater (Thomas et al. 1995). Ved deteksjon av merke i finnestråler fant Mohler (1997) et godt merke ved prøvetaking 234 dager etter merking med CAL og OTC 60 dager etter klekking.

Deteksjon av merkestoff i muskel hos laksefisk ved hjelp av væskechromatografi viste en nedre grense for deteksjon av OTC og TC på henholdsvis 0,08 og 0,09 ppm (Reimers & Young 1990). Murray et al. (1988) fant OTC verdier i muskel hos ørret på 0,008-0,037 mg/kg. Merkestoff vil relativt raskt skilles ut fra biologisk aktivt vev på grunn av metabolsk aktivitet og ekskresjon. Ved måling av TC i muskulatur fant Salte (1982) og Bjørklund & Bylund (1990) at nivået falt under deteksjonsgrensen i løpet av 90 dager ved temperaturer rundt 7,5 °C. Medisinfør-leverandører angir at konsentrasjonen av TC vil komme under deteksjonsgrensen i løpet av 180 dager ved en temperatur på 8 °C (Datablad fra Skretting). Etter dette kan fisken tillates slaktet for konsum.

Bleking av merke i otolitt er fremsatt som en årsak til merketap. Munth & Bestgen (1991) fant ingen bleking av merke ved utsetting av nymerket egg og larver av Colorado Squawfish (*Ptychocheilus lucius*) i naturen. Yngel av American chad (*Alosa sapidissima*) merket med TC og plassert utendørs (85 %) viste en redusert merkevalitet sammenlignet med fisk plassert innendørs (94 %) (Lorson & Mudrak 1987). For gjenfanget anadrom fisk av samme art og merket med samme preparatet

fant Hendricks et al. (1991) merke i otolitten 7 år etter merking. En vet fra biokjemiske undersøkelser at UV-delen av spekteret potensielt kan gi en rekke fysiologiske skader hos fisk. Tidligstadier og lite pigmentert fisk vil generelt være mest utsatt.

En test av giftighet ved badmerking av kanadarøye (*Salvelinus namaycush*) ved ulike konsentrasjoner av OTC og TC viste en LC<sub>50</sub> konsentrasjon på 840 og 250 mg/l ved eksponeringstider på henholdsvis 1 og 6 timer (Marking et al. 1988). Ved 24 og 96 timers eksponering var LC<sub>50</sub> konsentrasjon under 200 mg/l. Den økte dødeligheten kunne skyldes redusert pH ved økende konsentrasjon. Senere studier har vist at bruk av buffer eliminerer problemene forbundet med pH senkning. Bumguardner & King (1996) testet giftigheten av OTC og CAL på yngel av stripet bass (*Morone saxatilis*). Ved 6 timers eksponering og 96 timers rekonvallesens fant de en "ingen effekt konsentrasjon" ("no effect concentration", NOEC) på 447 mg/l og 125 mg/l, og en LC<sub>10</sub> på 322 mg/l og 160 mg/l for henholdsvis OTC og CAL. Likeledes fant Blom et al. (1994) en noe forhøyet dødelighet ved badmerking av torskelarver med ALZ (100 mg/l i 24 timer).

### 2.7.3 Kostnader

Kostnader ved drift er nedenfor spesifisert for to ulike merkesystem. Det ene er basert på dagens metodikk og er mest egnet til badmerking av tidligstadier. Det andre merkesystemet er beregnet for merking av all kultur fisk og er basert på nye prinsipper for produksjon og deteksjon av et høyt antall koder. Dette systemet er per i dag ikke ferdig til bruk og vil kreve en utviklingsperiode.

#### 1) Merking av kultiveringsfisk: Badmerking av rogn, larver og yngel og visuell deteksjon av merke i otolitt

Badmerking som metode vurderes som mest aktuell ved merking av rogn og larver for evaluering av tilslag av utsatt for kultivering av vassdrag. Som grunnlag for beregning av kostnader er det gjort følgende antagelser:

- Det gjennomføres enkel merking, det vil si én gangs merking med ett merkestoff.
- Årlig merkes og settes ut rundt 4 mill rogn og larver av laks for kultivering i vassdrag.
- Årlig gjenfanges og tas det prøver av rundt 20 000 fisk.
- Kostnader ved analyser for merke baserer seg på en analysetid på 6 min per fisk. Timepris settes til kr 500.

#### Kostnader per utsatte fisk

Merking	kr 0,02
Prøvetak	kr 0,05
Deteksjon	kr 0,20
Drift av database	kr 0,25*
<b>Sum</b>	<b>kr 0,52</b>

\*Ved beregning av kostnadene er det gått ut fra at kostnadene til drift av en egen base for kultiveringsfisk vil ligge i samme størrelsesorden som en base for oppdrettsfisk. Ved en felles base for all kultur fisk (oppdrettsfisk og kulti-

veringsfisk) vil kostnadene til drift av database komme på rundt kr 0,01 per fisk. Totale kostnader per utsatte kultiveringsfisk vil da komme på rundt kr 0,28 per fisk. Det vil medføre en nær halvering av de totale kostnadene per fisk i forhold til kostnader ved drift av en egen database.

## 2) Merking av oppdrettsfisk: Kjemisk merking ved stikkmerking av smolt

Forslaget baseres på erfaringer fra arbeid med utvikling av metodikk for produksjon og deteksjon av et høyt antall kjemiske merkekoder, som i første rekke kan benyttes til merking av oppdrettsfisk. Injeksjon av merkestoff i bukhulen for merking av smolt er tidligere beskrevet som en vellykket merkemethode (Monaghan 1993). I dag vaksineres tilnærmet all fisk rett før de settes i sjø. På dette tidspunkt er det i regelen klart hvilket anlegg som vil være mottaker av det enkelte parti laksesmolt. Fisk på smoltstadiet har utviklet en rekke kalsiumrike strukturer (skjell, finnestråler og tenner) som er potensielle målstrukturer. En strategi for deteksjon av merke bør omfatte grov-deteksjon i felt for å skille merket fisk fra umerket fisk, og deteksjon av merkekoden i laboratorium for å identifisere fiskens opprinnelse. Vi har i dag ikke et ferdig utviklet merkesystem basert på kjemisk merking. For å sette opp et overslag over kostnader ved en slik metode er det gjort enkelte antagelser:

- Kostnader ved stikkmerking: For trippelvaksine med manuell injeksjon (stikkvaksinerings) er pris per fisk i dag rundt kr 1,25. Av dette koster vaksinen kr 1,00. Det antas at pris ved merking vil ligge rundt kr 0,50 per fisk.
- Årlig settes det ut rundt 120 mill smolt som har behov for merking.
- Årlig gjennomføres det en grovdeteksjon i felt for rundt 20 000 fisk.
- Rundt 30 % av den undersøkte fisken vil være merket, det vil si 6000 individer. Analysekostnad vil ikke overstige kr 2000 per fisk.
- Drift av database anslås til 1 mill kr.

### Kostnader per utsatte fisk

Merking	kr 0,50
Grovdeteksjon og prøvetaking	kr 0,01
Deteksjon av merkekode	kr 0,10
Drift av database	kr 0,01
<b>Sum</b>	<b>kr 0,62</b>

## 3 Diskusjon

### 3.1 Carlin- og Anker T-merker

Disse merkene er kostbare merker som må festes manuelt til fisken. Av den grunn, og på grunn av negative effekter av merket under oppdrettsforhold, anbefales de ikke til et merkesystem for kulturlaks. Denne vurderingen gjelder også lignende eksterne merker som spaghettimerker, Petersen merker, streammerker og dartmerker (figur 1, for nærmere beskrivelser av merkene se Nielsen 1992).

### 3.2 VI-merker

VI-merker er en relativt nyutviklet merketype (Nielsen 1992), som foreløpig ikke er bredt uttestet. Havforskningsinstituttet sine erfaringer er at hudfolden bak laksens øye ikke er gjennomiktig nok hos voksen laks til at merket kan leses uten at fisken avlives og merket tas ut. Merket egner seg ikke til laks mindre enn 10 cm. Merkingen må foretas manuelt og blir dermed en relativt kostbar merkemethode. Merkene er derfor ikke aktuelle til merking av norsk kulturlaks. Fargemerking med VIF eller VIE-merker gir ikke et tilstrekkelig antall koder og er heller ikke aktuelle for et merkesystem for kulturlaks.

### 3.3 Snutemerker

Bruk av snutemerker og massemerking av fisk med slike merker er godt utprøvd, og er i dag den massemerkingsmetode som internasjonalt benyttes for laksefisk. For å tilpasse denne metoden til norske forhold, må det utvikles et praktisk opplegg for identifisering av merket fisk, innsending av merker (hoder av merket fisk), lesing av merker og drift av merke-database. Hos levende fisk kan det undersøkes om fisken er merket eller ikke, men for å lese merkekoden må fisken avlives.

Det er dokumentert små negative biologiske effekter som følge av snutemerking av laksefisk. Et merketap på omkring 5 % kan forventes ut fra dagens merketeknologi. Snutemerker er benyttet med suksess i mange år for merking av ulike laksearter, hovedsakelig stillehavslaks. Litteratursøk i internasjonal litteratur gir få referanser hvor snutemerker er benyttet til merking av vår atlantiske laks, og ingen av disse undersøkelser har studert effekter av snutemerker. Det er stor grunn til å anta at effekter av snutemerker og merketap er tilsvarende for atlantisk laks som for stillehavslaks, men det vil likevel være nødvendig å bekrefte dette med forundersøkelser før et eventuelt stortilt merkeprogram settes i gang.

I de tilfeller hvor hodet av fisken spises kan det oppfattes som negativt at fisken har et stålmerke i snuten. Merket er imidlertid så lite at det i praksis ikke vil kunne oppdages selv om beinstrukturen i hodet spises av mennesker. De markeds-messige sider av dette bør imidlertid utredes nærmere. Merking av norsk kulturlaks med snutemerker kan settes i

verk uten videre utviklingsarbeid, da det allerede er utviklet massemerkingsystem, rutiner for identifisering og lesing av merker samt drift av databaser.

### 3.4 Temperaturmerking

Temperaturmerking av otolitter er en egnet massemerking-metode for små fisk. Metoden tillater imidlertid produksjon av kun et begrenset antall koder og er i tillegg tidkrevende. Metoden vurderes derfor som lite aktuell ved merking av kulturlaks.

### 3.5 PIT-merker

Elektroniske merker har mange fordeler framfor andre når det gjelder nytteverdi og bruksområde, men den høye prisen setter økonomiske begrensninger for bruken av merket. Med en videre teknologisk utvikling, reduserte priser, og forventet økt satsing på ulike former for elektroniske systemer, er det sannsynlig at slike systemer representerer framtiden innen fiskemerking.

For å anskueliggjøre potensialet har vi nedenfor (kapittel 3.8) sammenlignet praktiske konsekvenser av, og nytteverdi av snutemerker (som er systemet som hittil er utviklet til massemerking) og elektroniske merker.

### 3.6 Genetisk merking

Det er ikke utviklet genetiske metoder som kan anvendes til slike formål. En grunn er at rogn fra selektert oppdrettslaks selges fra sentrale eggleverandører til en rekke smoltprodusenter slik at det genetiske materialet i prinsippet vil være ensartet. Selv om det er stor genetisk variasjon innen oppdrettsstammer så overlapper genetiske markører sannsynligvis i stor grad med ulike elvestammer, slik at individer ikke kan tilbakeføres til anlegg eller elv. Det er teoretisk mulig å lage syntetiske DNA-fragmenter og bruke dem som gruppekoder, men det er per dags dato metodiske og praktiske problemstillinger ved denne metoden som vanskeliggjør en vurdering i denne sammenheng.

### 3.7 Kjemisk merking

Badmerking av tidligstadier med sekvensiell merking og visuell deteksjon i otolitt er en av de få metodene vi i dag kan tilpasse og benytte til merking av tidligstadier. Praktiske forhold setter imidlertid begrensninger for antallet koder som i dag kan produseres. Eksempelvis vil bruk av to merkestoff og gjentatt merking ved tre faste tidspunkt produsere opp til 26 ulike koder. For merking av all oppdrettsfisk er det behov for produksjon av rundt 3 000 ulike koder.

For tilpasning og bruk av kjemisk merking er det behov for en videre utvikling og utredning av metodikk for produksjon av stabile koder. Kjemiske stoff som ønskes benyttet må gjennom en kontroll og godkjenningsordning. Selve merkingen kan gjennomføres ved at merkestoffet sprøytes i bukshulen (stikkmerking) før utsetting i sjø. Merket og umerket fisk bør kunne skilles ved grovdeteksjon i felt, og merkekode identifiseres senere i laboratorium. For å kunne identifisere fisk mens den er i live og sikre at deteksjon av merket ikke forringer produktet, er det ønskelig at merkestoffet kan detekteres i ytre strukturer. De mest aktuelle er kalsium og aragonitt-strukturer som finnestråler, skjell og tenner. For en realitetsvurdering av et merkesystem for identifikasjon av rundt 3 000 ulike koder basert på kjemisk merking, vil det være behov for utprøving og godkjenning av metodikk. En utviklingsperiode på 3-4 år vurderes som realistisk.

### 3.8 Sammenligning av to ulike merkestrategier

De ulike merkene som eksisterer på markedet i dag har sterke og svake sider vedrørende pris, merkemethodikk, hvilken informasjon de inneholder, avlesingsmethodikk, konsekvenser for slaktning og lignende. Siden økonomien antas å være en begrensende faktor i et merkeprogram for kulturfisk, er det ikke realistisk å merke all fisk med kostbare merker selv om disse kan gi svært detaljert informasjon. Det kan imidlertid være aktuelt å benytte andre merkestrategier, for eksempel ved at ikke all fisk merkes, men at et representativt utvalg av fisken merkes med kostbare merker. Dette vil medføre andre anvendelsesområder og resultater enn ved gruppemerking av all fisk. Vi vil derfor i det følgende vurdere to ulike merkestrategier:

- Massemerking av all fisken, snutemerke med gruppekode
- Individmerking av en mindre andel av fisken med et elektronisk, betydelig mer kostbart PIT-merke med individuell kode.

En oppsummering av sterke og svake sider for de to merkestrategiene er gitt i **tabell 1**.

Generelt vil merkestrategi **a**) muliggjøre storstilt merking som kan gi best opplysninger om konsekvensene av rømning, men oppdretteren har ikke i særlig grad muligheten til å benytte seg av at fisken er merket under produksjonsfasen uten å ta livet av fisken. Ved slaktning og omsetning av fisk, vil imidlertid strategi **a**) være nyttig ved at all fiskens opprinnelsessted kan dokumenteres. Strategi **b**) kan bare anvendes på et mindre antall fisk på grunn av høy pris på merket, men har til gjengjeld den fordel at oppdretteren kan avlese merket på levende fisk under produksjonsfasen og eksempelvis samle opplysninger om produksjonsegenskaper til ulike smoltgrupper. Nytteverdien av strategi **a**) og **b**) vil også være ulik for om det er oppdrettet fisk eller kultiveringsfisk som skal merkes; strategi **a**) kan benyttes for begge formålene, mens **b**) ikke er aktuell for fisk som settes ut i vassdragene.

**Tabell 1.** En oppsummering sterke og svake sider ved to ulike merkestrategier: a) massemerking av all fisken med snutemerke, og b) individmerking av en mindre andel av fisken med et elektronisk PIT-merke med individuell kode.

Merkestrategi	+	-
a) Massemerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativt rimelig metode, all fisk kan merkes.</li> <li>• Fisk så små som 1 g kan merkes.</li> <li>• Merket er 100 % identifiserbart.</li> <li>• Automatiske massemerkingssystemer eksisterer og er godt uttestet</li> <li>• Automatiske systemer for utsortering av merket fisk eksisterer og er godt uttestet.</li> <li>• Metoden kan benyttes både for oppdrettslaks og laks som settes ut i vassdrag som kultiveringstiltak.</li> <li>• Merketapet er lite og merkene har små eller ingen negative effekter på fisken.</li> <li>• Merket er svært lite og sitter i deler av fisken som ikke spises. Merket behøver ikke å fjernes før salg</li> <li>• Stor mulighet til å tilbakeføre laks til anlegg de har rømt fra fordi all oppdrettslaks er merket.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kun gruppemerking, ikke individmerking.</li> <li>• Fisken må avlives for å kunne lese merkekoden.</li> <li>• Fisken bør merkes med eksternt merke i tillegg til det interne.</li> <li>• Merkene må sendes inn til et sentralt laboratorium for å lese koden.</li> <li>• Medfører mindre fleksibilitet for smoltprodusent, avtaler kan i mindre grad endres fram mot leveringstidspunkt.</li> <li>• Muligheter for å følge egenskaper til ulike smolt-grupper under hele produksjonsfasen kun når grupper av lik opprinnelse er samlet i merdene.</li> </ul>
b) Individmerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisken kan individmerkes.</li> <li>• Merkekode kan leses uten å avlive fisken.</li> <li>• Merketapet er lite og merket har små eller ingen negative effekter på fisken.</li> <li>• Gir noe fleksibilitet ved smoltleveranser, produsent kan til en viss grad endre avtaler fram mot leveringstidspunkt.</li> <li>• Muligheter for å følge egenskaper til ulike smoltgrupper under hele produksjonsfasen selv når grupper av ulik opprinnelse er blandet i merdene.</li> <li>• Koden kan leses ved hjelp av en relativt liten og rimelig avleser på stedet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativt kostbar metode, kun en andel av fisken kan merkes.</li> <li>• Massemerkingssystemer eksisterer ikke, fisken må merkes manuelt.</li> <li>• Fisken bør merkes med eksternt merke i tillegg til det interne.</li> <li>• Fisk ned til 2 gram kan merkes, men fisken bør være 10 cm for at merkingen skal kunne skje hurtig.</li> <li>• Kan bare benyttes for oppdrettslaks, ikke laks som settes ut i vassdrag som kultiveringstiltak.</li> <li>• Merket må fjernes før salg, noe som medfører ekstraarbeid under slakteoperasjonen.</li> <li>• Metoden medfører en mer omfattende database enn massemerking med gruppekoder.</li> <li>• Mindre mulighet til å tilbakeføre laks til anlegg de har rømt fra fordi ikke all oppdrettslaks er merket.</li> </ul>

### 3.8.1 Praktiske konsekvenser av de ulike merkestrategiene hos smoltprodusenten

For snutemerker (strategi a) har produsenten utviklet apparatur (se kapittel 2.3.1) som muliggjør massemerking til en relativt lav kostnad. Dette er ikke utviklet for elektroniske individmerker (strategi b). Dette merket må stikkes inn i buk-hulen manuelt. Denne operasjonen ligner på ikke-automatisert stikkvaksinering og medfører et merarbeid hos smoltprodusenten.

**Strategi a):** Dersom en stor andel av eller all fisken skal merkes vil dette ha betydning for driften av settefiskanlegget.

Før merkingen må smoltprodusenten ha god kontroll over biomassen på anlegget og avtalene mellom smoltprodusenten og matfiskprodusentene (i merder i sjø) bør være klare. Dette fordi anlegget må vite hvor mange smolt som skal leveres til ulike merdanlegg og dermed hvor mange smolt som skal merkes med hvor mange gruppekoder. Dette kan influere på sorteringsrutinene fram mot levering ettersom merkekodene ikke kan blandes og sorteringer av størrelsesgrupper fra ulike merkekoder må holdes atskilt i egne kar. Ved endringer i leveringsavtaler må det påsees at en kjøper ikke gis fisk som er gruppemerket med koder som også leveres til andre matfiskanlegg. Disse problemene kan imidlertid løses ved at det etableres gode rutiner for merking av fisk i forhold til levering til matfiskprodusenter, samt at det gjennomføres

merkekontroll av et lite antall smolt ved hver levering for å sikre at merkekodene til det enkelte anlegg stemmer.

**Strategi b):** Ved individmerking av en mindre andel av fisken står smoltprodusenten i prinsippet friere til å endre avtaler om salg av smolt fram mot leveringstidspunkt. Selv om det vil være arbeidskrevende og medføre ekstra behandling av fisken, kan merket avleses på levende fisk slik at kar kan deles opp i nye grupper som gis nye destinasjoner. Et annet, og sannsynligvis betydelig mer praktisk alternativ, kan være å ferdigmerke mindre grupper som holdes i egne, mindre kar og som først slås sammen med resten av smolten rett før levering etter behov (etter en % andel) når antall smolt levert til ulike anlegg er kjent. Til hver smoltleveranse vil det da høre med en datafil med de anvendte individkodene. Ulempen med denne strategien er at fisken som er individmerket får en annen behandling enn de som ikke merkes, og ikke nødvendigvis er representative for sin gruppe som de slås sammen med før levering.

### 3.8.2 Kontroll av merkekoder i smolt-anlegg og matfiskanlegg

Dersom det innføres merking av oppdrettslaks vil både myndigheter og oppdretterne selv ha interesse av å kontrollere at merkingen er gjennomført, og at rette merkekoder har blitt benyttet. Om fisken er merket med snutemerker (strategi a) avgjøres ved å håve fisken opp og føre den forbi en merkedetektor. For å sjekke koden må noen fisk avlives, og laksehodet med koden sendes inn til merkesentralen. Koden til en elektronisk individmerket levende laks (strategi b) avleses på en skjerm på detektoren, og kan kontrolleres på stedet av oppdretteren eller andre ved at merket sjekkes mot individmerkene på datafilen som følger med smoltleveransen (og sentral database). Dersom en skal unngå håndtering av et stort antall fisk, må fisken som er merket med individmerker *i tillegg* være merket med et ytre merke. Den enkleste metoden er å klippe fettfinnen på all individmerket fisk fordi den kun i sjeldne tilfeller vokser ut igjen.

### 3.8.3 Database for merkekoder og overføring av informasjon

Begge merkestrategier krever en sentral database der opplysninger om smoltgruppe, leverandør, matfiskprodusent og geografisk lokalisering av anleggene er inkludert. Mens strategi a) vil inneholde gruppemerker, vil individmerkene under strategi b) åpenbart føre til en svært omfangsrik database som blir mer arbeidskrevende å vedlikeholde, blant annet ved innlegging av nye opplysninger ved gjenbruk av merker.

Strategi a) vil innebære at: 1) merkedetektor registrerer at fisken har et magnetisert merke i snuten, 2) hodet på fisken skjæres av (og vanligvis fryses ned), 3) hodet sendes til en sentral hvor merket dissekteres ut og avleses og 3) informa-

sjonen legges inn på datafil og gjøres tilgjengelig. Strategi b) vil innebære at all informasjonen overføres elektronisk: 1) merkedetektor registrerer og samler individkoder på innebygget fil i detektoren, 2) filen overføres til PC ved hjelp av en tilhørende kabel mellom merkedetektor og PC og 3) filen kan sendes til sentral database for eksempel ved hjelp av Internett. For begge merketypene må det etableres offentlige ordninger som kvalitetssikrer registrering av merker, lesing av merker og oppbevaring og bruk av databaser.

### 3.8.4 Konsekvenser for slakting og salg av merket fisk

Tilstedeværelsen av indre merker i fisken kan skape potensielle problemer ved salg. Mens snutemerket sitter i hodet på fisken og er så lite at det normalt ikke sees med et vanlig øye, vil det elektroniske individmerket være et større problem, både på grunn av størrelse og plassering. Det vil sannsynligvis ikke være mulig å omsette rund fisk med individmerke i buken fordi merket kan havne på tallerken dersom det for eksempel fester seg løst til bukhinnen i fisken. Av denne grunn, og fordi gjenbruk av merket vil redusere omkostningene vesentlig, vil det være nødvendig å fjerne merket før omsetning av fisken. Dette vil medføre en ekstra arbeidsoperasjon under slakting av fisken med deteksjon og fjerning av merket. I forsøk ved Havforskningsinstituttet med fisk av smoltstørrelse tok det kun noen sekunder å ta ut merket fordi det vanligvis ligger på omtrent samme sted i innvollene. Dette vil trolig ta lengre tid i en stor fisk hvis merket forflytter seg mer rundt i bukhulen etterhvert som tiden går. Operasjonen forenkles ved at den merkete fisken er fettfinneklippet slik at den kan grovsorteres til en egen slaktelinje. Dette er særlig aktuelt når hovedgruppen skal omsettes rund. Et annet alternativ kan være å utvikle en annen teknisk løsning uten bruk av en glasskapsel og å feste merket et annet sted på fisken, for eksempel i hoderegionen, slik at det kan følge fisken etter slakting dersom opprinnelsen til fisken skal kunne dokumenteres fram mot forbruker.

### 3.8.5 Bruksområder

I motsetning til de elektroniske merkene som for tiden er tilgjengelige, kan snutemerker også benyttes til å merke kultiveringsfisk som settes ut i vassdragene for eksempel som pålegg etter vasskraftutbygging eller som en del av utsettingstillatelsen. Mye av denne fisken settes ut i løpet av dens første sommer, og vil da normalt være stor nok til snutemerking. Selv om så liten fisk også kan merkes med elektroniske merker, forutsetter dette en møysommelig merkeprosess som ikke er gjennomførbar i praktisk virksomhet. For fisk som settes ut i vassdrag som rogn vil det kun være kjemisk merking som er aktuell.

Strategi a) (snutemerker) gir også en klar fordel ovenfor strategi b) (elektroniske individmerker) når det gjelder sannsynligheten for å tilbakeføre en spesifikk rømt oppdrettslaks til oppdrettsanlegget den rømte fra fordi strategi a) muliggjør at

et større antall fisk merkes. Med 100 % merking av oppdrettslaks med snutemerker vil muligheten for å skille mellom oppdrettslaks og annen laks (vill og kultiveringsfisk) være nær 100 % (kun fratrukket ca 5 % merketap). Problemet med å skille sikkert mellom oppdrettslaks og fisk som er oppforet i anlegg og satt ut i vassdrag løses imidlertid ikke før også kultiveringsfisken snutemerkes. For å kunne indikere totalantall oppvandret oppdrettslaks i et vassdrag ved bruk av elektroniske merker (strategi **b**), må antall merkete laks fanget i vassdraget kombineres med andelen oppdrettslaks som er merket. Skjellprøver, finneslitasje, sammenvoksninger i buk-hulen etter vaksinerings kan supplere undersøkelse av umerket fisk (som i dag).

Snutemerker (strategi **a**) gir oppdretteren begrensede muligheter til å benytte seg av merkeinformasjonen under produksjonen fordi fisken må avlives før merkeavlesning. Der- som laksehoder kuttes av og sendes inn til merkesentral under slaktingen, kan imidlertid vekst og andre egenskaper til ulike smoltgrupper sammenlignes. Individmerker (strategi **b**) gir muligheter for å følge utviklingen av ulike smoltgrupper under hele produksjonsfasen i langt større grad enn i dag, særlig dersom smoltgrupper med ulik opprinnelse er blandet i merdene. Vekstrate i ulike faser, tidspunkt av kjønnsmodning, graden av misdannelser og lignende kan tilbakeføres til produksjonsbetingelsene og smoltens opprinnelse. Individmerker vil muliggjøre en lang rekke praktiske og eksperimentelle studier som kan brukes som vektøy for å optimalisere og kontrollere produksjonen. Svinn under produksjonen og slaktekvalitet kan avdekkes med begge strategier (**a** og **b**) i de tilfeller hodene kan fjernes før fisken omsettes.

Muligheten for å lese kodene til de elektroniske merkene (strategi **b**) på stedet hos levende laks samt den lave prisen på avleseren, vil forenkle utbygging av et nett av "kontrollstasjoner" i elver, sjøfiske, omsetning av villfanget rømt laks og så videre. I tillegg kan fisken slippes fri igjen for videre studier av for eksempel atferd og interaksjoner med villfisk. Det er utviklet en merkedetektor med en antenne som kan stikkes ned i vannet og registrere fisk som passerer på kort avstand. Dette er forbundet praktiske problemer på grunn av kort leseavstand, men kan ha interesse på spesielt egnete lokaliteter.

## 4 Konklusjon

Fordeler med merking av oppdrettslaks og kultivert laks er:

- Det kan skilles mellom villaks, oppdrettslaks og kultivert laks med nær 100 % sikkerhet.
- Gjennom bedre kunnskap om vandringer og forekomster i tid og rom kan villaks og kulturlaks forvaltes som atskilte bestander med hvert sitt forvaltningsregime. Dette reduserer faren for blandet beskatning og uheldig selektiv beskatning.
- Effektene av kultiveringstiltak kan evalueres.
- Effekter av tiltak, som for eksempel redskapsreguleringer og oppdrettsfrie soner, kan vurderes bedre.
- Spredning av rømt oppdrettslaks kan overvåkes i større grad. Spesielt rømmingsutsatte lokaliteter og produksjonssystemer kan identifiseres.
- Opprinnelsen til oppdrettslaksen kan dokumenteres og benyttes i kvalitetskontroll i de ulike faser av produksjon, foredling og distribusjon.
- Et merke som følger oppdrettslaksen fra produsent til marked og som dokumenterer opprinnelsen, kan brukes aktivt i markedsføringsøyemed.
- Dersom Norge vedtar merking av laks, er det sannsynlig at andre lakse nasjoner vil følge etter.

Denne rapporten har vurdert egnetheten til ulike merketypen som er på markedet i dag. Forhold som er blitt vektlagt er bruksområde, potensiell nytteverdi, om merkesystemet er utprøvd, praktisk merkemethodikk, merkekapasitet, avlesning av merker, antall mulige merkekoder, fiskens størrelse ved merking, om merket påvirker fisken negativt og kostnadene ved merket. Sentrale egenskaper ved ulike merketypen er oppsummert i **tabell 2**. De ulike merketypene er utviklet for, og dekker ulike behov. Kjemisk merking synes å være best egnet for merking av de aller tidligste stadier (rogn og yngel < 1 g) som settes ut i vassdrag som kultiveringstiltak. Elektroniske merkesystemer med individmerking har mange klare fordeler i en oppdrettssituasjon, men dagens løsninger er for kostbare. En av årsakene til dette er at disse merkene produseres i relativt lave antall. Selv om gjenbruk muligens kunne redusere kostnadene, så ville det føre til at den potensielle gevinsten med å kunne spore en laks fra kar til matdisk ikke kan hentes ut. For å oppnå dette for fisk som omsettes sløyd, kan merket heller ikke ligge løst i buk-hulen. Blant dagens merkemethoder er derfor snutemerker best egnet for massemerking av både oppdrettslaks og kultivert laks. Snutemerking er allerede utprøvd og benyttes i større skala på laks i USA. Fisk ned til 1 g kan merkes med disse merkene, og merket påvirker fisken minimalt. Kostnaden er lav i forhold til andre merkesystemer (0,65 kr per fisk). Merket er dessuten plassert i hodet slik at kjøttkvaliteten ikke påvirkes.

Dersom det i dag igangsettes storskala merking av laks i kultur, så peker snutemerker seg ut som det beste alternativet blant merketypene som er på markedet. Den største ulempen med snutemerking er at informasjonen som merket inneholder er lite tilgjengelig slik at den potensielle nytteverdien blir redusert. Fisken må avlives og hodekappes for at merket skal kunne leses manuelt av trenet personell. Det er derfor

**Tabell 2.** Sentrale egenskaper for ulike merketyper som har betydning for vurdering av egnethet for merking av norsk kulturlaks. Vurderingene er gjort ut fra de merker og merkesystemer som eksisterer på markedet i dag.

Merketype	Minste fiskestørrelse	Massemerking (kapasitet)	Identifiserbarhet	Totale kostnader per merke (inkludert lesing av merker)	Storskala bruk
Carlin-merke	Ca 14 cm	Manuell merking	100 %	17-18 kr	Nei
Anker T-merke	Ca 14 cm	Manuell vha merkepistol	60-90 %	3-4 kr	Nei
VI-merke	Ca 15 g	Manuell merking	60-90 %	> 4 kr	Nei
Snutemerke	Ca 1 g	Ja (1 fisk/sek)	100 %	< 0,70 kr	Ja
Temperatur-merking av otolitt	Rogn	Tilnærmet ubegrenset	100 %	< 2,50 kr	Nei
PIT-merke	Ca 5 g	Manuell merking	nær 100 %	> 7,50-15 kr Se kapittel 2.5.3	Nei
Genetisk merking	Rogn	Tilnærmet ubegrenset	100 %	?	Nei
Kjemisk merking - <i>stikkmerking</i>	Ca 1 g (> 5 cm)	Ja (1 fisk/sek)	100 %	< 0,7 kr	Nei, trenger utredning
Kjemisk merking - <i>badmerking</i>	Rogn	Tilnærmet ubegrenset	100 %	< 0,6 kr	Nei

ønskelig at miljøer med kompetanse for eksempel innen elektroniske merking kan stimuleres til tilpasning og utvikling på området og at forholdene legges til rette for en slik utvikling. Løsninger der fisken kan vaksineres og merkes i samme arbeidsoperasjon vil i denne sammenhengen være interessante, fordi det løser en rekke praktiske problemstillinger.

Avslutningsvis konkluderer vi med at det vil ligge store gevinster i merking av oppdrettslaks og kultivert laks i Norge. Etske og markedsmessige aspekter ved en slik merking er imidlertid ikke grundig vurdert i denne rapporten, og bør utredes nærmere. Etikett har ikke tradisjonelt vært fokusert i forbindelse med fiskemerking, men vektlegges nå i større grad gjennom lovgivning og internasjonale avtaler. Effekter av aktuelle merkemetoder på fisken må også undersøkes grundig før en massemerking av laks eventuelt igangsettes.

## 5 Litteratur

- Anon. 1999. Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen. - NOU Norges offentlige utredninger 1999: 9, 297 s.
- Bailey, R.E., Irvine, J.R., Dalziel, F.C. & Nelson, T.C. 1998. Evaluations of visible implant fluorescent tags for marking coho salmon smolts. - N. Am. J. Fish. Manage. 18: 191-196.
- Baras, E. 1991. A bibliography on underwater telemetry, 1956-1990. - Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1819: 1-55.
- Barlaup, B.T. & Åtland, Å. 1990. Merking og bedøving av fisk - en statusrapport. - Forskningsprogram om fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag, Nasjonal komité for miljøvernforskning, Rapport nr. 1: 1-54.
- Barnes, M.E. 1994. Effects of coded wire tags on feed conversion in rainbow trout. - Prog. Fish-Cult. 56: 291-292.
- Bergman, P.K., Haw, F., Blankenship, H.L. & Buckley, R.M. 1992. Perspectives on design, use, and misuse of fish tags. - Fisheries 17: 20-25
- Bergman, P.K., Jefferts, K.B., Fiscus, H.F. & Hager, R.C. 1968. A preliminary evaluation of an implanted coded wire fish tag. - Wash. Dept. Fisheries, Fisheries Research Papers 3: 63 - 84.
- Bergstedt, R.A., Eshenroder, R.L., Bowen, C., Seelye, J.G. & Locke, J.C. 1990. Mass-marking of otoliths of lake trout sac fry by temperature manipulation. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 216-223.
- Bjørklund, H & Bylund, G. 1990. Temperature-related absorption and excretion of oxytetracyclin in rainbow trout *Salmo gairdneri* R. - Aquaculture 84: 363-372.
- Blankenship, H.L. 1990. Effects of time and fish size on coded wire tag loss from chinook and coho salmon. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 237 - 243.
- Blom, G., Nordeide, J.T., Svåsand, T. & Borge, A. 1994. Application of two fluorescent chemicals, Alizarin Complexone and Alizarine red S, to mark otoliths of Atlantic cod, *Gadus morhua* L. - Aquacult. Fish. Manage. 25 Suppl. 1: 229-243.
- Bordner, C.E., Doroshov, S.I., Hinton, D.E., Pipkin, R.E., Fridley, R.B. & Haw, F. 1990. Evaluation of marking techniques for juvenile and adult white sturgeons reared in captivity. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 293 - 303.
- Brothers, E.B. 1990. Otolith marking. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 183-202.
- Buckley, R.M. & Blankenship, H.L. 1990. Internal extrinsic identification systems: overview of implanted wire tags, otolith marks, and parasites. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 173 -182.
- Bumguardner B.W. & King, T.L. 1996. Toxicity of oxytetracycline and calcein to juvenile striped bass. - Trans. Am. Fish. Soc. 125: 143-145.
- Crozier, W.W. 1993. Evidence of genetic interaction between escaped farmed salmon and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a Northern Irish river. - Aquaculture 113: 19-29.
- Dabrowski, K. & Tsukamoto, K. 1986. Tetracycline tagging in coregonid embryos and larvae. - J. Fish Biol. 29: 691-698.
- Dussault, C. & Rodriguez, M.A. 1997. Field trials of marking stream salmonids by dye injection and coded-wire tagging. - N. Am. J. Fish. Manage. 17: 451-456.
- Elrod, J.H., & Schneider, C.P. 1986. Evaluation of coded wire tags for marking lake trout. - N. Am. J. Fish. Manage. 6: 264 - 271.
- Faengstam, H. 1994. Individual swimming speed and time allocation during smolt migration in salmon. - Nord. J. Freshwat. Res. 69: 99.
- Fletcher, D.H., Haw, F. & Bergman, P.K. 1987. Retention of coded wire tags implanted into cheek musculature of largemouth bass. - N. Am. J. Fish. Manage. 7: 436-439.
- Gausen, D. & Moen, V. 1991. Large-scale escapes of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) into Norwegian rivers threaten natural populations. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 426-428.
- Gudjonsson, S. 1991. Occurrence of reared salmon in natural salmon rivers in Iceland. - Aquaculture 98: 133-142.
- Habicht, C., Sharr, S., Evans, D. & Seeb, J.E. 1998. Coded wire tag placement affects homing ability of pink salmon. - Trans. Am. Fish. Soc. 127: 652-657.
- Harden Jones, F.R. 1968. Fish Migration. - Edward Arnold Ltd, London. 325 s.
- Hasler, A.D. 1966. Underwater Guideposts; Homing of Salmon. - University of Wisconsin Press, Madison, WI. 150 s.
- Haw, F., Bergman, P.K., Fralick, R.D., Buckley, R.M. & Blankenship, H.L. 1990. Visible implanted fish tag. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 311-316.
- Hendricks, M.L., Bender, T.R. & Mudrak, V.A. 1991. Multiple marking of American shad otoliths with tetracycline antibiotics. - N. Am. J. Fish. Manage. 11: 212-219.
- Hilborn, R., Walters, C. J. & Jester, D.B. 1990. Value of fish marking in fisheries management. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 5-8.
- Isaksson, A. & Bergman, P.K. 1979. An evaluation of two tagging methods and survival rates of different age and treatment groups of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. - J. Agr. Res. Icel. 10: 74 - 99.
- Jefferts, K.B., Bergman, P.K. & Fiscus, H.F. 1963. A coded wire identification system for macro-organisms. - Nature 198: 460-462.
- Jenkins, W.E. & Smith, T.I.J. 1990. Use of PIT tags to individually identify striped bass and red drum brood stocks. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 341-345.
- Johnsen, B.O. & Ugedal, O. 1988. Effects of different kinds of fin-clipping on over-winter survival and growth of fingerling brown trout, *Salmo trutta* L., stocked in small streams in Norway. - Aquacult. Fish. Manage. 19: 305-311.
- Johnson, J.K. 1990. Regional overview of coded wire tagging of anadromous salmon and steelhead in northwest America. - Am. Fish. Soc. Symp. 7: 782-816.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1990. Does juvenile experience affect migration and spawning of adult Atlantic salmon? - Behav. Ecol. Sociobiol. 26: 225-230.



- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1991. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery-reared Atlantic salmon in nature. - *Aquaculture* 98: 69-78.
- Klar, G.T. & Parker, N.C. 1986. Marking fingerling striped bass and blue tilapia with coded wire tags and microtaggants. - *N. Am. J. Fish. Manage.* 6: 439-444.
- Lorson, R.D. & Mudrak, V.A. 1987. Use of tetracycline to mark otoliths of American shad fry. - *N. Am. J. Fish. Manage.* 7: 453-455.
- Lund, R.A. 1998. Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i årene 1989-97. - NINA Oppdragsmelding 556: 1-25.
- 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.
- Lund, R.A., Midtlyng, P.J. & Hansen, L.P. 1995. Identifisering av rømt oppdrettslaks ved effekter av vaksinerings. - NINA Fagrapport 12: 1-14.
- Lura, H. & Sægrov, H. 1991. Documentation of succesful spawning of escaped farmed female Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Norwegian rivers. - *Aquaculture* 98: 151-159.
- Lura, H. & Sægrov, H. 1993. Timing of spawning in cultured and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in the River Vosso, Norway. - *Ecol. Freshw. Fish* 2: 167-172.
- Marking, L.L., Howe, G.E. & Crowther, J.R. 1988. Toxicity of erythromycin, oxytetracycline, and tetracycline administered to lake trout in wather baths, by injection, or by feeding. - *Prog. Fish-Cult.* 50: 197-201.
- McFarlane, G.A., Wydoski, R.S. & Prince, E.D. 1990. Historical review of the development of external tags and marks. - *Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 9-29.
- McKinnell, S., Lundqvist, H. & Johansson, H. 1994. Biological characteristics of the upstream migration of naturally and hatchery-reared Baltic salmon, *Salmo salar* L. - *Aquacult. Fish. Manage.* 25 (Suppl. 2): 45-63.
- Moen, V. 1996. Otolitt-merking av laks. Massemerking av rogn og yngel ved tilsetning av fargestoff i vannbad. - SVLT-Oppdragsavdelingen. Rapport 1996, 23 s.
- Mohler, J.W. 1997. Immersion of larval Atlantic salmon in calcein solutions to induce a non-lethally detectable mark. - *N. Am. J. Fish. Manage.* 17: 751-756.
- Morrison, J. & Zajac, D. 1987. Histological effect of coded wire tagging in chum salmon. - *N. Am. J. Fish. Manage.* 7: 439-441.
- Morrison, J.K., Coyle, C.L. & Bertoni, S.E. 1990. Histological effect of tagging chum and coho salmon fry with coded wire tags. - *Prog. Fish-Cult.* 52: 117-119.
- Mourning, T.E., Fausch, K.D. & Gowan, C. 1994. Comparison of visible implant tags and floy anchor tags on hatchery rainbow trout. - *N. Am. J. Fish. Manage.* 14: 636-642.
- Munaghan, Jr. J.P. 1993. Comparison of calcein and tetracycline as chemical markers in summer flounder. *Trans. Am. Fish. Soc.* 122: 298-301.
- Muncy, R.J., Parker, N.C., & Poston, H.A. 1990. Inorganic chemical marks induced in fish. - *Trans. Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 541-546.
- Munth, R.T. & Bestgen, K.R. 1991. Effects of sunlight on tetracycline marks in otoliths of Colorado squawfish larvae. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 120: 666-668.
- Murray, J., McGill, A.S., & Hardy, R. 1988. Development of a method for the determination of oxytetracycline in trout. - *Food Additives and Contaminants* 5: 77-84.
- Nagata, M., Nakajima, M. & Okada, H. 1995. Growth differences between wild and domestic juvenile masu salmon, *Oncorhynchus masou*, as determined by otolith marking of domestic fish at the eyed-egg stage. - P 423-444 in Secor, D.H., Dean, J.M. & Campana, S.E., eds. Recent development in fish otolith research. The Belle W. Baruch Library In Marine Science 19:.
- Nagiec, M., Dabrowski, K., Nagiec, C. & Murawska, W. 1988. Mass-marking of coregonid larvae and fry by tetracycline tagging of otoliths. - *Aquacult. Fish. Manage.* 19: 171-178.
- Nielsen, L.A. 1992. Methods of marking fish and shellfish. - *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* 23: 1-208.
- Peltz, L. & Miller, J. 1990. Performance of half-length coded wire tags in pink salmon hatchery marking program. - *Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 244-252.
- Prentice, E.F., Flagg, T.A. & McCutcheon, C.S. 1990a. Feasibility of using implantable passive integrated transponder (PIT) tags in salmonids. - *Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 317-322.
- Prentice, E.F., Flagg, T.A., McCutcheon, C.S. & Brastow, D.F. 1990b. PIT-tag monitoring systems for hydroelectric dams and fish hatcheries. - *Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 323-334.
- Prentice, E.F., Flagg, T.A., McCutcheon, C.S., Brastow, D.F. & Cross, D.C. 1990c. Equipment, methods, and an automated data-entry station for PIT tagging. - *Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 335-340.
- Radtke, R. & Fey, D.P. 1996. Environmental effects on primary increment formation in the otoliths of newly-hatched Arctic charr. - *J. Fish Biol.* 48: 1238-1255.
- Reimers, J.R. & Young, L.M. 1990. Validation of a method for determination of tetracyclin antibiotics in salmon muscle tissue. - *Journal of the Assosiation of Official Analytical Chemists* 73: 813-817.
- Royce, W.F. 1987. Fishery development. - Academic Press, Orlando, Florida.
- Ruhle, P.C. & Grieder, C. 1989. New method for the marking of trout (*Salmo trutta fario* and *Oncorhynchus mykiss*) eggs by osmotic incorporation of tetracycline at fertilization. - *Bull. Fr. Peche Piscic* 315: 181-188.
- Russell, D.J. & Hales, P.W. 1992. Evaluation of techniques for marking juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), for stocking. - *Aquacult. Fish. Manage.* 23: 691-699.
- Salte, R. 1982. Oxytetracycline residues in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed on a commercial medical feed. - *Acta Vet. Scand.* 23: 150-152.
- Secor, D.H., White, M.G. & Dean, J.M. 1991. Immersion marking of larval and juvenile hatchery-produced striped bass with oxytetracycline. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 120: 261-266.
- Skilbrei, O.T., Johnsen, B.O., Heggberget, T.G., Krokan, P.S., Aarset, B., Sagen, T. & Holm, M. 1998. Havbeite med laks - artsrapport. - Norges Forskningsråd.

- Taylor, E.B. 1991. A review of local adaptation in Salmonidae, with particular reference to Pacific and Atlantic salmon. - *Aquaculture* 98: 185-207.
- Thomas, L.M., Holt, S.A. & Arnold, C.R. 1995. Marking techniques in larval and juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) otoliths using different fluorescent markers. - P. 703-717 in Secor, D. H., Dean, J. M. & Campana, S. E., eds. Recent development in fish otolith research. The Belle W. Baruch Library In Marine Science.
- Thompson, D.A. & Blankenship, H.L. 1997. Regeneration of adipose fins given complete and incomplete clips. - *N. Am. J. Fish. Manage.* 17: 467-469.
- Thrower, F.P. & Smoker, W.W. 1984. First adult returns of pink salmon tagged as emergents with binary-coded wires. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 113: 803-804.
- Tsukamoto, K. 1985. Mass-marking of ayu eggs and larvae by tetracycline-tagging of otoliths. - *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51: 903-911.
- Tsukamoto, K., Kuwada, H., Hirakawa, J., Oya, M., Sekiya, S., Fujimoto, H. & Imaizumi, K. 1989. Size-dependent mortality of red sea bream, *Pagrus major*, juveniles released with fluorescent otolith-tags in News Bay, Japan. - *J. Fish Biol.* 35 (Suppl. A): 59-69.
- Uchida, K., Tsukamoto, S., Ishii, R. & Kajira, T. 1989. Larval competition for food between wild and hatchery-reared ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Szegele, in culture ponds. - *J. Fish Biol.* 34: 399-407.
- Volk, E.C., Schroder, S.L. & Fresh, K.L. 1990. Inducement of unique otolith banding patterns as a practical means to mass-mark juvenile pacific salmon. - *Am. Fish. Soc. Symp.* 7: 203-215.
- Walton, I. & Cotton, C. 1898. The compleat angler, or the contemplative man's recreation. - Little, Brown, Boston.
- Webb, J.H., Hay, D.W., Cunningham, P.D. & Youngson, A.F. 1991. The spawning behaviour of escaped farmed and wild adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a northern Scottish river. - *Aquaculture* 98: 97-110.
- Webb, J.H., McLaren, I.S., Donaghy, M.J. & Youngson, A.F. 1993. Spawning of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the second year after their escape. - *Aquacult. Fish. Manage.* 24: 557-561.
- Williamson, J. H. 1987. Evaluation of wire nose tags for marking largemouth bass. - *Prog. Fish-Cult.* 49: 156-158.
- Økland, F., Lund, R.A. & Hansen, L.P. 1993. Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i 1992. - NINA Oppdragsmelding 223: 1-19.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-1123-8

640

**NINA**  
**OPPDRAGS-**  
**MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7485 TRONDHEIM  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefax: 73 80 14 01

**NINA**  
**Norsk institutt**  
**for naturforskning**