

Fysisk merking av oppdrettslaks

Test og evaluering av ulike merkemetoder

Atle Mortensen, Velmurugu Puvanendran og Øyvind J. Hansen





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 420 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

 ISBN: 978-82-8296-044-1 (trykt)
 ISBN: 978-82-8296-045-8 (pdf)

 Rapportnr.:
 1/2013

 Tilgjengelighet:
Åpen

<i>Tittel:</i> Fysisk merking av oppdrettslaks Test og evaluering av forskjellige merkemetoder		<i>Dato:</i> 11.01.2013 Revidert 19.02.2013	
		<i>Antall sider og bilag:</i> 27	
<i>Forfatter(e):</i> Atle Mortensen, Velmurugu Puvanendran og Øyvind J. Hansen		<i>Prosjektnr.:</i> 10052	
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF # 900707	
<i>Tre stikkord:</i> Oppdrettslaks, identifisering, merkemetoder			
<i>Sammendrag:</i> <p>I dette prosjektet er forskjellige metoder for ytre merking av oppdrettslaks testet og evaluert. Ytre merking er nødvendig for sikker identifisering av rømt oppdrettslaks i felt. Det er viktig for i neste omgang å kunne spore laksen tilbake til anlegget den har rømt fra. Kravet til ytre merking er at merket skal kunne sees uten bruk av spesielle hjelpemidler. Tre merkemetoder er testet: 1) Helt eller delvis ($\frac{3}{4}$) fjerning av fettfinne; 2) Frysemerking og 3) Merking med visible implant-elastomer (VIE-merking). Av disse metodene er det bare fullstendig fjerning av fettfinne som tilfredsstillt kravene til holdbarhet og lesbarhet. Fettfinnefjerning er også den billigste metoden og den som er enklest å automatisere. Fettfinnefjerning synes ikke å ha negativ effekt på fiskens vekst og helse, og det forventes heller ikke at fettfinnefjerning vil medføre negative reaksjoner av betydning i markedet. Konklusjonen er at fettfinnefjerning er den merkemetoden som i størst grad tilfredsstillt kravene med hensyn på biologi, teknologi, fiskehelse-/velferd, økonomi og marked.</p>			
<i>English summary:</i> <p>We evaluated different external marking methods for farmed salmon to differentiate it from wild salmon without any special tools. Once identified from external marks, the escaped salmon can be traced back to the original farm using molecular methods. Three marking methods were tested: 1) Adipose fin removal, 2) Freeze branding and 3) VIE. Of these methods, only complete removal of the adipose fin met the requirements for durability and readability and is also the cheapest and easiest method to automate. Adipose fin removal had no negative effect on growth/survival and is the best of the evaluated tagging method with respect to biology, technology, economics, market, and fish welfare/health.</p>			

Innhold

1	Innledning	1
2	Arbeidspakke 1. Merkeforsøk	3
2.1	Innledning	3
2.1.1	Visible Implant Elastomer (VIE)	3
2.1.2	Fettfinnefjerning	3
2.1.3	Frysemerking	4
2.2	Material og metode	5
2.3	Deleksperiment 1: Effekter av enkel og kombinert merking på vekst og overlevelse samt holdbarhet og lesbarhet av merkene	5
2.3.1	Resultater, deleksperiment 1	6
2.4	Deleksperiment 2: Effekt av plassering av merke (frysemerking og VIE-merking) på vekst og overlevelse samt merkeholdbarhet og –lesbarhet	9
2.4.1	Resultater deleksperiment 2	9
2.5	Deleksperiment 3: Delvis og fullstendig fjerning av fettfinne – effekt på vekst og overlevelse samt regenerering av fettfinnen	12
2.5.1	Resultater, deleksperiment 3	13
2.6	Oppsummering arbeidspakke 1	15
3	Arbeidspakke 2. Merking av laks i stor skala	16
3.1	Manuell merking	16
3.2	Automatisk merking	17
3.3	Tidsbruk ved forskjellige merkemetoder	19
4	Arbeidspakke 3. Kostnader	20
5	Arbeidspakke 4. Markedsreaksjoner på merking av oppdrettslaks	22
5.1	Miljøvernorganisasjoner	22
5.2	Markedsreaksjoner	22
5.2.1	Oppsummering av svar på spørreundersøkelsen	22
5.3	Mattilsynet	23
5.4	Matvaresikkerhet	23
6	Arbeidspakke 5. Samlet vurdering	24
7	Referanser	25
8	Appendix	27

Forord

Prosjektet er gjennomført på oppdrag fra Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF). FHF har finansiert flere prosjekter som har som målsetning å utvikle metoder for sporing av rømt oppdrettslaks. Dette prosjektet tar for seg forskjellige metoder for ytre merking av oppdrettslaks.

1 Innledning

Rømt oppdrettslaks ansees som en trussel mot de ville laksestammene, og betyr også økonomisk tap for oppdretterne. Sikker identifisering av rømt oppdrettslaks er første trinn i prosessen med å spore fisken tilbake til anlegget den rømte fra. I dag identifiseres rømt oppdrettslaks i felt ut fra finneslitasje og andre ytre kjennetegn (Carr and Whoriskey 2006). Det har vist seg at det er en usikker metode, og gjort det klart at sikker identifisering krever erking. Opp gjennom årene har forskjellige merkemethoder blitt benyttet, så som finnekklipping, genetiske markører og forskjellige interne og eksterne merker. Valg av merkemethode beror i stor grad på målsetningen med merkingen, og på faktorer som kostnad, merkets varighet, effekter på fisken vekst, overlevelse og velferd, samt lesbarhet av merker og merkemethodens lovlighet.

Det fins mange forskjellige merkemethoder, hver med sine fordeler og ulemper. Valg av metode avhenger av art, alder, fiskestørrelse, antall fisk som skal merkes, kostnad og akseptabelt merketap, samt effekten av merkingen på fiskens ytelse og kravet til merkets varighet. I denne sammenhengen er det et krav at merket er permanent, eller i det minste tilfredsstillende et minstekrav til holdbarhet, og at merkingen ikke har uakseptabel, negativ effekt på fiskens vekst, overlevelse, helse og velferd. For å identifisere rømt oppdrettslaks er det også viktig at merket kan sees av utrente personer uten spesielt utstyr.

Fiskemerker faller innenfor to kategorier; ytre og indre merker. Ytre merker inkluderer finnekklipping, frysemerking, carlin merker og synlige implantatmerker (så som visible implant elastomer/VIE), som alle kan detekteres uten bruk av spesielt utstyr. De fleste eksterne merkemethodene som benyttes i dag er billige eller enkle å utføre, noe som gjør dem effektive i bruk. Den største ulempen med eksterne merker er at de kan påvirke vekst, helse og overlevelse siden de innebærer penetrasjon av hud, og dermed åpner for mulige infeksjoner. Utvendige merker ("tags") kan også påvirke fiskens adferd, svømmeferdighet og kamouflasjeevne. Utvendige merker av denne typen kan også hekte seg fast i vegetasjon og liknende, noe som kan lede til stort merketap og skader på fisken. I motsetning til denne merketypen vil merker i skinn eller finner ikke skape slike problemer, men merker som frysemerker og VIE-merker kan bli borte over tid. Studier har vist at suksessen ved bruk av eksterne merker avhenger av hvilken art og livsstadier som merkingen utføres på. Det er derfor nødvendig med eksperimentelle studier før man velger og tar i bruk en merkemethode.

Interne merker blir også benyttet i diverse studier. Interne merker blir plassert eller injisert i bukula eller fiskemuskelen, og krever derfor kirurgi og spesielt merkeutstyr. Fordelen med interne merker er at de kan bli brukt til individmerking, og at merketapet er minimalt. Passive Integrated Transponder Tags (PIT-tags), internal coded wire tags og akustiske merker er eksempler på interne merker. Slike merker er kjent for å ha liten innflytelse på adferd, vekst og overlevelse hos fisken, men merkene er ofte kostbare og selve merkingen tidkrevende.

Hovedmålet med dette prosjektet er evaluering forskjellige metoder for ytre merking av oppdrettslaks.

Prosjektet delt opp i 5 arbeidspakker:

Arbeidspakke 1. Merkeforsøk. (Evaluering av forskjellige merkeметoder med henblikk på holdbarhet og lesbarhet av merkene samt effekter på vekst og overlevelse inntil 10 måneder etter merking).

Arbeidspakke 2. Merking av laks i stor skala. (Vurdering av de forskjellige merkeметodene med hensyn på egnethet for manuell og automatisk merking).

Arbeidspakke 3. Kostnader. (Vurdering av kostnader knyttet til de ulike merkeметodene).

Arbeidspakke 4. Markedsreaksjoner på merking av oppdrettslaks.

Arbeidspakke 5. Samlet vurdering.

2 Arbeidspakke 1. Merkeforsøk

2.1 Innledning

I dette prosjektet har vi valgt eksterne merker siden de er billige, enkle og mer effektive. Blant disse har vi valgt å fokusere på Visible Implant Elastomer-merker (VIE-merker), fettfinnefjerning og frysemerking. Alle disse tre merkemethodene kan benyttes på laks over et bredt størrelsesspekter (Evrard, 2005; Jensen et al., 2008).

2.1.1 Visible Implant Elastomer (VIE)

Bruk av VIE-merker (Northwest Marine Technology, Inc., Shaw Island, Washington) er blitt svært vanlig (Bonneau et al., 1995; Bailey et al., 1998). De er biologisk inert (silikon-basert farget materiale) og synlig fra utsiden. VIE-merker blir injisert i form av en væske (miks av to komponenter) som raskt herder til et varig, biokompatibelt merke. Merkene blir gjerne implantert subkutant i gjennomsiktig eller gjennomskinnelig vev, og forblir synlig fra utsiden også gjennom mørkpigmentert skinn. Merkene fås i forskjellige farger, hvorav noen er fluoriserende. De kan injiseres manuelt eller ved hjelp av et trykkluftdrevet injeksjonssystem. VIE-merking kan benyttes for fisk i forskjellige størrelser, og merkene kan lett leses uten å avlive fiskene.



Figur 1 VIE-merking

Metoden har vært benyttet på en rekke arter (Olsen og Vøllestad, 2001; Walsh & Winkelmann, 2004; Astorga et al., 2005). Det er rapportert om forskjellig holdbarhet på merkene. Bailey et al. (1998) fant en holdbarhet på 73 % for tilbakevandrende coho-laks (*Oncorhynchus kisutch*), mens FitzGerald et al. (2004) fant høy holdbarhet på opptil 92 % for atlantisk laks (*Salmo salar*) etter 17 måneder i merd. Etter 28 måneder ble holdbarheten redusert til 52 % (under naturlig lys), men den økte til 88 % ved bruk av UV-lys. Bailey et al. (1998) fremholdt at høyt merketap i deres forsøk skyldtes feil i injeksjonen av merker.

2.1.2 Fettfinnefjerning

Finneklipping er en av de vanligste og eldste merkemethodene. Den innebærer fjerning av hele eller deler av en eller flere finner. Alle finner har vært benyttet i forskjellige studier, men fett-, bryst- og bukfinner er de mest brukte (Duke, 1985). På Vest-kysten av USA og Canada blir flere millioner finneklippede coho-laks satt ut hvert år, og det rapporteres om vellykket tilbakevandring for denne arten. Flere studier har vist at finneklipping ikke har negativ effekt på vekst, overlevelse, helse eller adferd til fisken (Mears & Hatch, 1976; Duke, 1985; Gjerde

& Refstie, 1988). Det finnes også noen studier der en har vist negative effekter på overlevelse (Nicola & Cordone, 1973).

Det er alltid fare for infeksjon ved finneklipping, og fisken må anesteseres før finneklippingen for å redusere stress og feilklipping. Finnefjerning er billig og enkelt, og har vært benyttet til både kort- og langtidsstudier på laksefisk. Fettfinneklipping har medført liten grad av regenerering (opptil 4 %) sammenliknet med klipping av brystfinner (opptil 47 %) (Skalski et al., 2009). Det fins imidlertid eksempler på at partielt fjernede fettfinner kan regenerere (Duke, 1985; Thompson & Blankenship, 1997), slik at mer forskning er påkrevd for å evaluere effekten av partiell eller full fjerning av fettfinne på vekst, overlevelse og holdbarhet av merket hos laksefisk.



Figur 2 Intakt fettfinne (A), delvis ($\frac{3}{4}$) fjernet fettfinne (B) og fullstendig fjernet fettfinne (C) hos atlantisk laks

2.1.3 Frysemerking

Frysemerking ved bruk av rettlinjede bokstaver (for eksempel T, V, X, I) og flere kombinasjoner av bokstavorientering og plassering gir mange muligheter for gruppemerking. Et stempel av sølv eller kobber blir brukt til frysemerking. Fisken må anesteseres før merking. Ved merking blir metallstemplet kjølt ned ved hjelp av flytende nitrogen og deretter trykket mot fiskens overflate i 3 – 5 sekunder.

Frysemerking har vært mest benyttet til korttidsstudier, men det fins også eksempler på langtidsstudier utført ved hjelp av frysemerking. Eksempelvis fant Haines et al. (1998).



Figur 3 Frysemerking

En holdbarhet på 99 % etter 15 måneder hos razorback sucker (*Xyrauchen texanus*). Det er funnet at holdbarhet og lesbarhet til frysemerker avhenger av berøringstid, trykk under merking, merkets form og hvilken art som merkes (Nahas & Jones, 1980).

2.2 Material og metode

Forskøkene er gjort som tre deleksperimenter, der lakseparr på ca. 20 gram ble merket i henhold forsøksprotokollen for de enkelte deleksperimentene i januar 2012. Merkeforsøkene ble utført ved Havbruksstasjonen i Tromsø.

For å unngå kareffekter ble all fisk plassert i samme kar etter merking. Som en sikkerhet for mulige uleselige merker ble all merket fisk også merket med PIT-tags i bukhulen. 100 fisk med PIT-tags alene (PT) og 100 fisk helt uten merker (uten PT) ble brukt som kontroll for å evaluere effekten av ytre merking og PIT-tag merking på vekst og overlevelse. Av sikkerhetsgrunner ble hele merkeforsøket gjennomført med to parallelle kar og merder. Her rapporteres resultatene kun fra den ene parallellen. Fisken ble føret og røktet i henhold til standard prosedyre. Død fisk ble fjernet og registrert daglig. Etter merking gikk fisken 4 måneder i kar med ferskvann med naturlig temperatur (3,0 – 10,6 °C). Etter smoltifisering ble fisken holdt i merd inntil forsøket ble avsluttet i november 2012. Ved slutten av ferskvannsfasen ble all fisk gjennomgått og følgende registrert: Lengde, vekt, merkenes lesbarhet og holdbarhet, deformiteter og dødelighet.

For å undersøke effekten av fettfinnefjerning på fiskevelferd og helse ble det, i samarbeid med Norges veterinærhøgskole (NVH), tatt prøver av fettfinnemerket fisk på forskjellige tidspunkt etter merking. Disse prøvene blir analysert med hensyn på sårhelingsprosess, histologiske forandringer etc. ved NVH.

2.3 Deleksperiment 1: Effekter av enkel og kombinert merking på vekst og overlevelse samt holdbarhet og lesbarhet av merkene

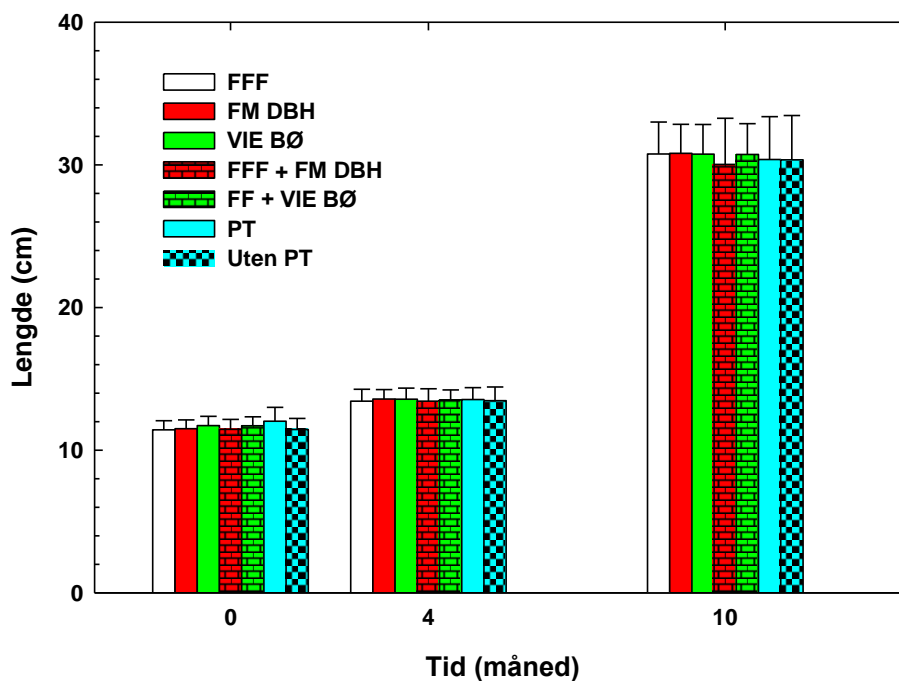
Studier har vist at merkenes holdbarhet og lesbarhet kan bli bedre hos fisk som er merket med en kombinasjon av to merker sammenliknet med fisk som er merket med bare ett merke (Walsh & Winkleman, 2004; Thompson et al., 2005). Vi har derfor merket grupper av fisk (100 fisk per gruppe) med en av de valgte merkemetodene: Fullstendig fettfinnefjerning (FFF), VIE-merking bak øyet (VIE BØ) og frysemerking dorsalt bak hodet (FM DBH) samt følgende to kombinasjoner: FFF + FM DBH og FFF + VIE BØ. Alle gruppene ble i tillegg merket med PIT-tags. Som kontroll ble 100 fisk merket med kun PIT-tags (PT) og 100 fisk forble umerket (uten PT) (Tabell 1).

Tabell 1 Merkemethoder og antall fisk benyttet i deleksperiment 1

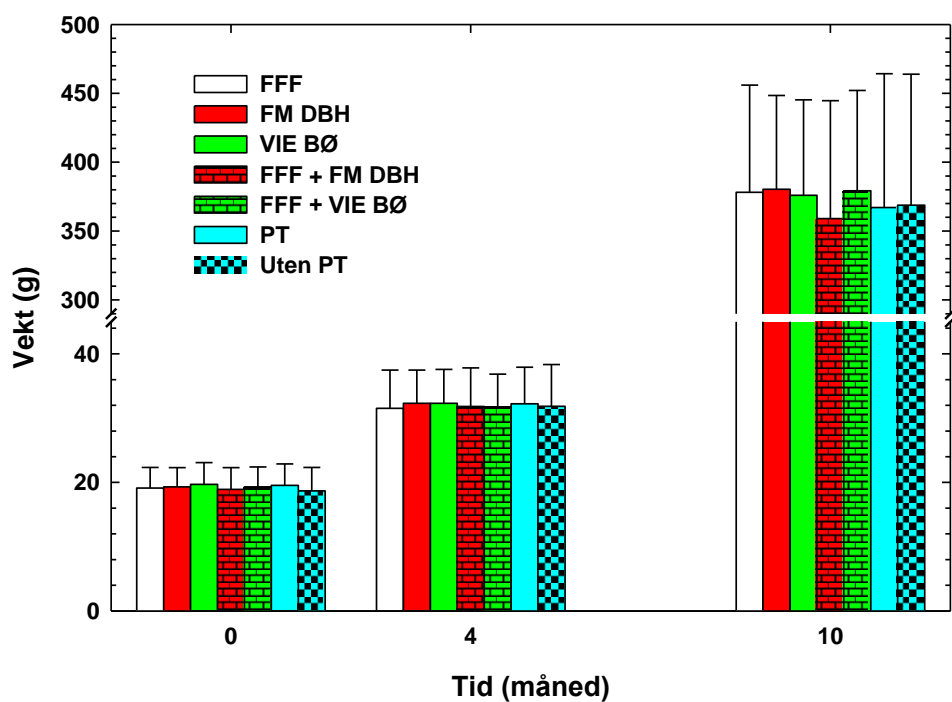
Merke metode	Antall fisk
Fettfinneklipp, fullstendig (FFF)	100
VIE (VIE BØ)	100
Frysemerking (FM DBH)	100
FFF + VIE BØ	100
FFF + FM DBH	100
PT	100
Uten PT	100
Totalt antall fisk, deleksperiment 1	700

2.3.1 Resultater, deleksperiment 1

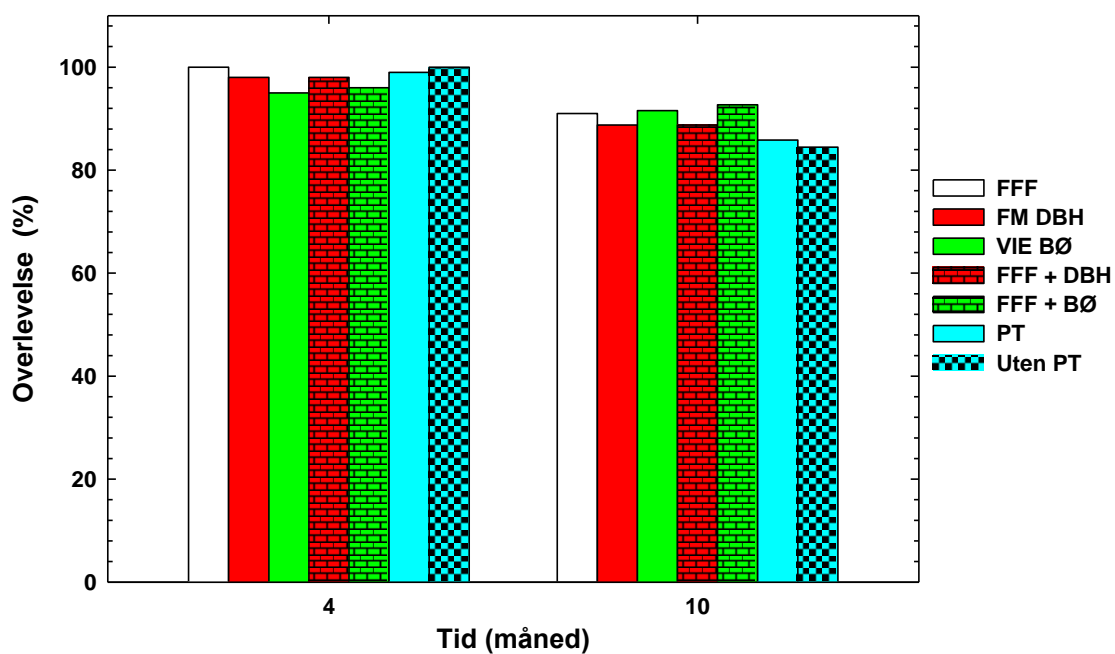
Merking med de forskjellige merkemethodene ga ingen signifikant forskjell i fiskens vekst sammenliknet med kontrollgruppene (PT og Uten PT), verken i ferskvannsfasen eller sjøvannsfasen. Det ble heller ikke funnet noe noen signifikante forskjeller i vekst mellom de forskjellige behandlingene (Fig 4 og 5). Tilsvarende var det ikke noen forskjeller i overlevelse mellom noen av behandlingene (Fig 6).



Figur 4 Kroppslengden ved merking (0), slutten av ferskvannsfasen (4) og slutten av sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 1



Figur 5 Vekt ved merking (0), slutten av ferskvannsfasen (4) og slutten av sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 1



Figur 6 Overlevelse i ferskvannsfasen (4) og sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 1

Fullstendig fettfinnefjerning (FFF) ga bedre resultat for merkeholdbarhet og -lesbarhet enn frysemerking (FM) og VIE-merking (VIE) (Tabell 2). Lesbarheten for FFF var over 97 % når metoden ble brukt alene og over 98 % når den ble benyttet i kombinasjon med FM og VIE. Kombinasjonene av FM og VIE med FFF ga ingen forbedring i lesbarhet for disse metodene. Lesbarhet og holdbarhet for FM var over henholdsvis 98 og 99 % etter 4 måneder når metoden ble brukt alene eller i kombinasjon med FFF. Men FM merkene var fullstendig borte 10 måneder etter merking (6 måneder i sjøvann). Dette resultatet var uventet da FM har vært benyttet i andre studier, deriblant i avlsprogrammer for laks, der FM merkene har vært lesbar også på voksen fisk. Den største forskjellen mellom FM i vårt eksperiment og i avlsprogrammene er at vi brukte en kontakttid på 3 sekunder ved frysemerkingen, mens avlsprogrammene brukte lengre kontakttid slik at merket ble «brent» gjennom skjellene og direkte i huden. Vi brukte kun 3 sekunder fordi lengre kontakttid ville gjøre det vanskelig å implementere metoden i kommersiell produksjon (lengre tid betyr høyere kostnader – jfr arbeidspakke 4). VIE-merkene hadde dårlig lesbarhet og bare 74 og 29 % av merkene var lesbare (sammenlagt med og uten bruk av UV-lys) etter henholdsvis 4 og 10 måneder. I kombinasjon med FFF var 56 % uleselig etter 10 måneder.

Tabell 2 Holdbarhet og lesbarhet for de tre valgte merkemethodene 4 og 10 måneder etter merking i deleksperiment 1. Tallene angir prosent av gruppen.

Kategori	Merke metode									
	FFF		FM DBH		VIE BØ		FFF + FM DBH		FFF + VIE BØ	
	4m	10m	4m	10m	4m	10m	4m	10m	4m	10m
0 % Regenerering (FFF)	97	97					100	100	98	98
25 % Regenerering (FFF)	3	3							2	2
Mørkt merke (FM)			92				99			
Lyst merke (FM)			6				1			
Ingen merke (FM)			2	100				100		
Lesbart uten lys (VIE)					32				58	
Lesbart med lys (VIE)					42	29			29	44
Ikke lesbart (VIE)					26	71			13	56

2.4 Deleksperiment 2: Effekt av plassering av merke (frysemerking og VIE-merking) på vekst og overlevelse samt merkeholdbarhet og -lesbarhet

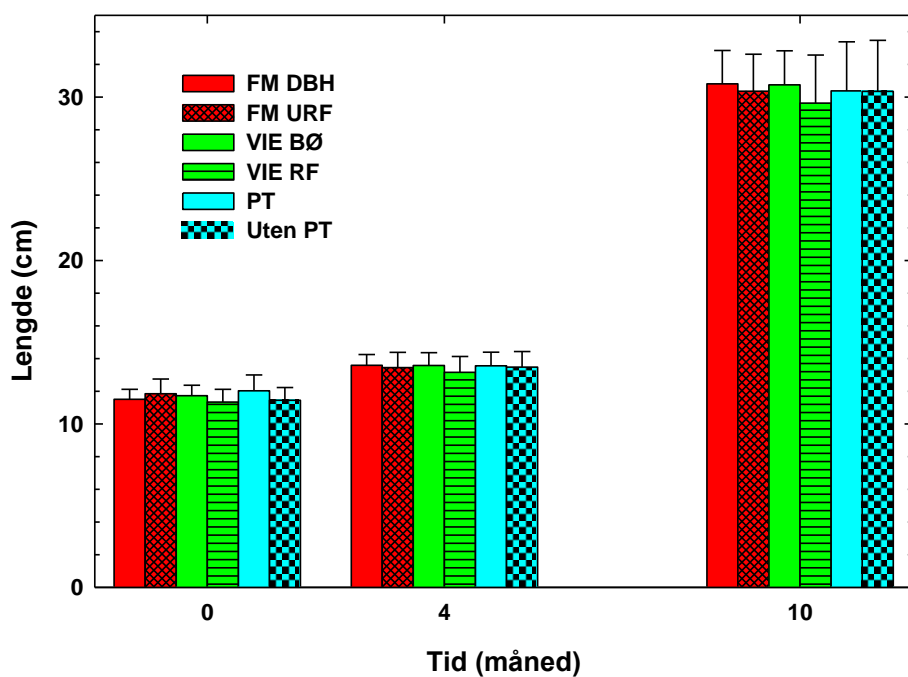
Holdbarhet og lesbarhet for frysemerker og VIE-merker er vist å variere avhengig av plassering av merket på fisken (Fitsgerald et al. 2004; Evrard 2005; Reeves and Buckmeier 2009). Vi merket derfor lakseparr på to forskjellige steder; for frysemerking dorsalt bak hodet (FM DBH) og på siden under ryggfinnen (FM URF) og for VIE-merking bak øyet (VIE BØ) og i ryggfinnebasis (VIE RF) (Tabell 3). Fisk fra deleksperiment 1 utgjorde gruppene FM DBH og BIE BØ.

Tabell 3 Antall fisk ved de forskjellige merkemethodene i deleksperiment 2

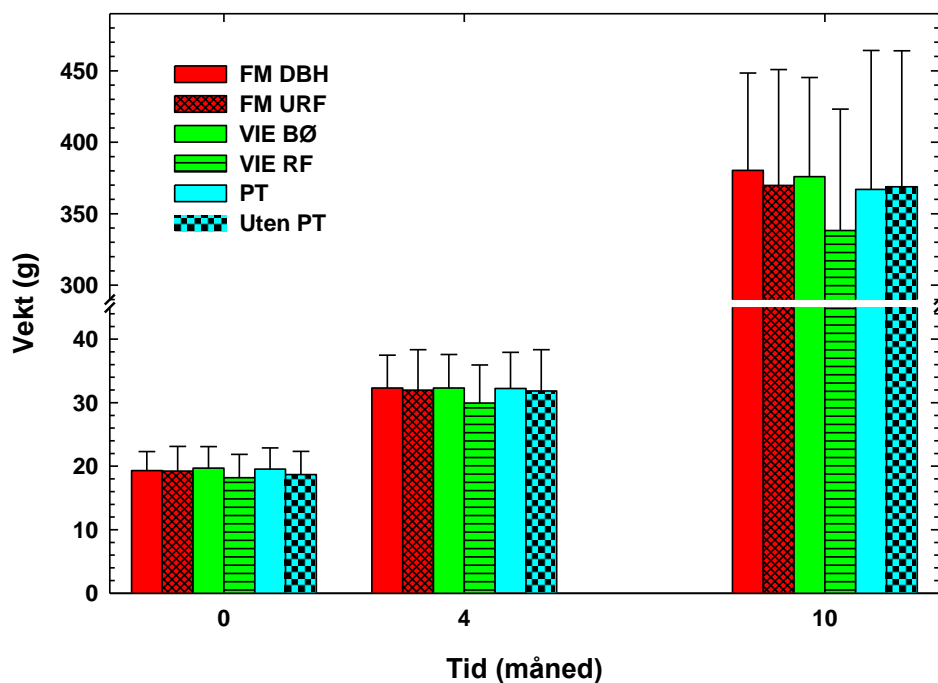
Merkemethode	Antall fisk
FM DBH	100
FM URF	100
VIE BØ	100
VIE RF	100
Totalt antall fisk, deleksperiment 2	400

2.4.1 Resultater deleksperiment 2

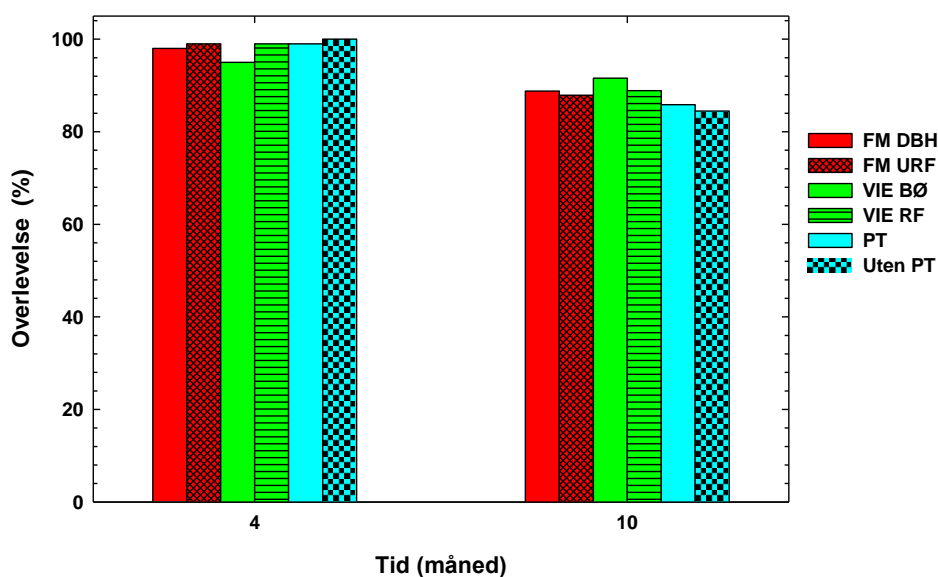
Lokalisering av FM og VIE merkene hadde ingen signifikant effekt på vekst (Fig 7 og 8) eller overlevelse (Fig 9) 4 og 10 måneder etter merking. Merkeholdbarhet og -lesbarhet for FM URF var bedre enn for FM DBH etter 4 måneder (henholdsvis 100 og 92 %). Imidlertid var alle FM merkene borte 10 måneder etter merking uavhengig av merkeplassering.



Figur 7 Kroppslengde ved merking (0), slutten av ferskvannsfasen (4) og slutten av sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 2



Figur 8 Kroppsvekt ved merking (0), slutten av ferskvannsfasen (4) og slutten av sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 2



Figur 9 Overlevelse i ferskvannsfasen (4) og sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 2

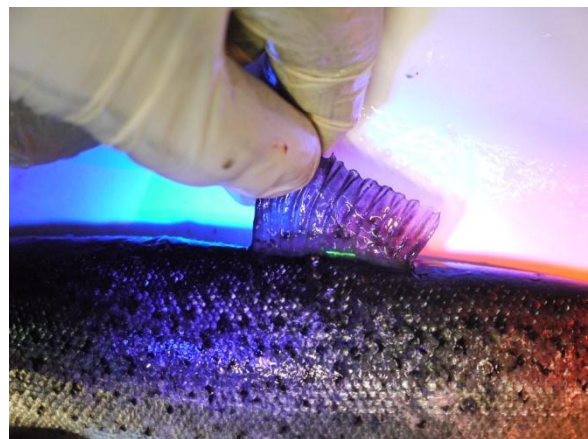
VIE RF viste høyere holdbarhet og lesbarhet enn VIE BØ (henholdsvis 99 og 74 %) etter 4 måneder (Tabell 4). Den samme trenden fortsatte til 10 måneder etter merking, men både holdbarhet og lesbarhet var redusert (lesbarhet på henholdsvis 61 og 29 %). Resultatene av eksperiment 2 viste merkeholdbarhet og -lesbarhet for FM var meget god for begge merkestedene etter 4 måneder (Figur 10), men at FM ikke egner seg for langtidsmerking. VIE RF var bedre egnet for korttidsmerking enn VIE BØ, men i likhet med frysemerking var VIE-merking ikke egnet for langtidsmerking.

Tabell 4 Merkeholdbarhet og -lesbarhet for FM og VIE merker plassert på to forskjellige steder på fisken 4 og 10 måneder etter merking i deleksperiment 2

Kategori	Merkemetode							
	FM DBH		FM URF		VIE BØ		VIE RF	
	4m	10m	4m	10m	4m	10m	4m	10m
Mørkt merke (FM)	92		100					
Lyst merke (FM)	6			4				
Ingen merke (FM)	2	100		96				
Lesbart uten lys (VIE)					32		71	
Lesbart med lys (VIE)					42	29	28	61
Ikke lesbart (VIE)					26	71	1	39



Figur 10 Frysemerkene var tydelige 4 måneder etter merking



Figur 11 Bruk av UV-lys økte lesbarheten for VIE-merker betydelig 10 måneder etter merking (jfr. tabell 2)

2.5 Deleksperiment 3: Delvis og fullstendig fjerning av fettfinne – effekt på vekst og overlevelse samt regenerering av fettfinnen

Regenerering av skadet vev er et vanlig fenomen i dyreverdenen, og finneregenerering er funnet hos mange fiskearter. Duke (1985) indikerte at regenerering av fettfinne er minimal sammenliknet med regenerering av andre finner, og at regenerering av fettfinne hos merket fisk skyldes mangel på erfaring og kunnskap hos merkepersonellet. Thompson og Blankenship (1997) viste at delvis fjerning av fettfinne resulterte i fullstendig regenerering av finnen i 23 % av tilfellene (i tillegg 35 – 63 % delvis regenerering) hos coho laks 21 måneder etter merking. Ved fullstendig fettfinnefjerning ble det imidlertid ikke funnet noe regenerering.

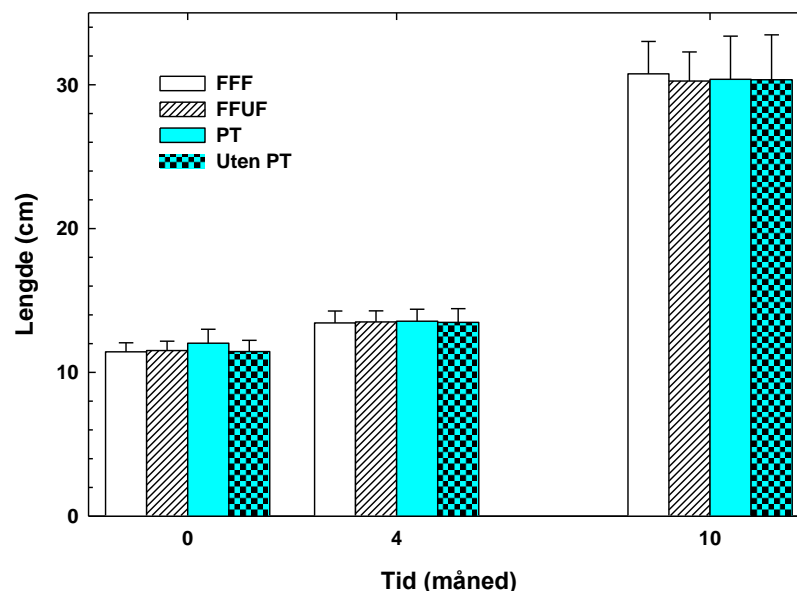
Fullstendig fjerning av finner kan forsinke helingsprosessen og påvirke vekst og overlevelse. Til sammenlikning kan delvis fjerning lede til raskere heling og dermed også mindre effekt på vekst og overlevelse. I dette eksperimentet har vi derfor undersøkt effekten av fullstendig og delvis fjerning av fettfinne på vekst, overlevelse og regenerering hos lakseparr og smolt. Fisk fra eksperiment 1 utgjorde gruppen med fullstendig fjernet fettfinne (FFF), mens en gruppe på 100 fisk fikk $\frac{3}{4}$ av fettfinnen fjernet (fettfinne ufullstendig fjernet – FFUF).

Tabell 5 Merkemethoder og antall fisk i deleksperiment 3

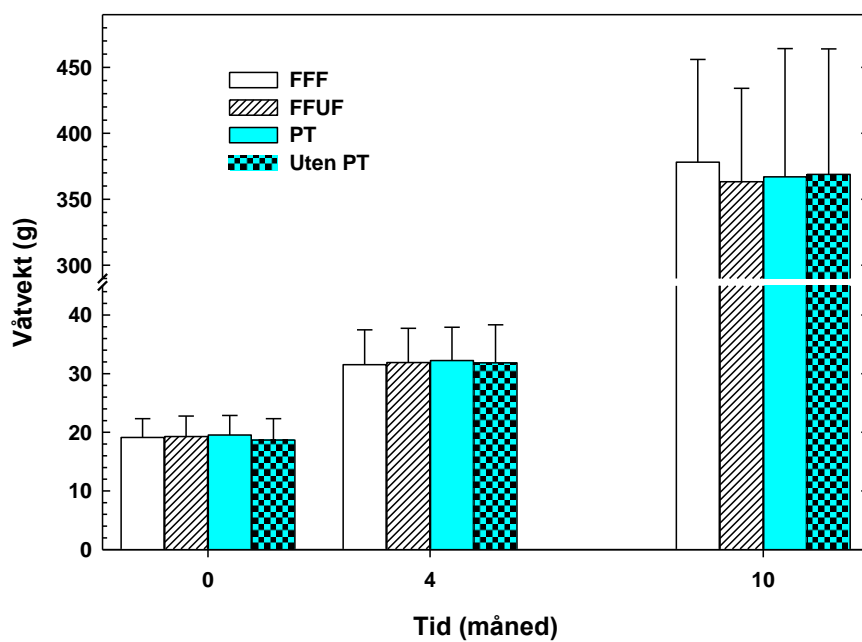
Merkemethode	Antall fisk
Fettfinne fullstendig fjernet (FFF)	100
Fettfinne ufullstendig (3/4) fjernet (FFUF)	100
Totalt antall fisk, eksperiment 3	200

2.5.1 Resultater, deleksperiment 3

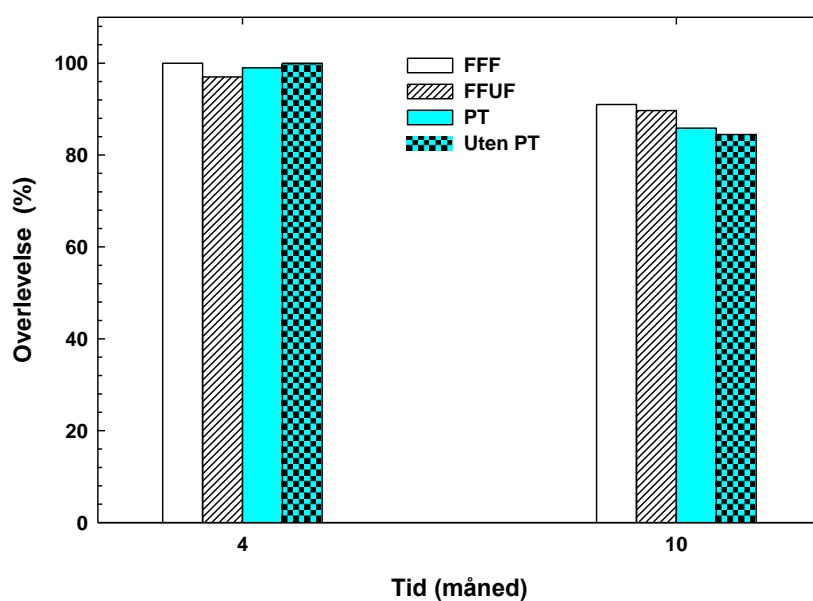
Verken fullstendig eller ufullstendig fjerning av fettfinne hadde noen signifikant effekt på vekst (Fig. 12 og 13) eller overlevelse (Fig. 14) 4 og 10 måneder etter merking. Ved fullstendig fettfinnefjerning ble 25 % regenerering av fettfinne funnet i bare 3 % av tilfellene etter 4 og 10 måneder (Tabell 6). Ved ufullstendig fettfinnefjerning ble 25 % regenerering funnet i 42 og 51 % av fiskene etter henholdsvis 4 og 10 måneder.



Figur 12 Kroppslengde ved merking (0), slutten av ferskvannsfasen (4) og slutten av sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 3



Figur 13 Kroppsvekt ved merking (0), slutten av ferskvannsfasen (4) og slutten av sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 3



Figur 14 Overlevelse i ferskvannsfasen (4) og sjøvannsfasen (10) i deleksperiment 3

Tabell 6 Regenerering ved fullstendig og ufullstendig (¾) fjerning av fettfinne 4 og 10 måneder etter merking

Kategori	Merkemetode			
	FFF		FFUF	
	4m	10m	4m	10m
0% Fettfinne	97	97		
25% Fettfinne	3	3	57	46
50% Fettfinne			42	51
75% Fettfinne			1	1
100% Fettfinne				1

Forsøk utført ved Norges veterinærhøgskole i Oslo har vist at helingsprosessen ved fullstendig fettfinnefjerning skjer raskere enn tidligere antatt. Ved 4 °C var såret etter fettfinnefjerningen fullstendig helet etter 12 timer, og ved høyere temperaturer gikk det enda raskere (4 timer ved 8 og 12 °C) (se appendix).

2.6 Oppsummering arbeidspakke 1

Frysemerking ga for dårlig holdbarhet over lengre tid uavhengig av merkets lokalisering. VIE-merking ga bedre holdbarhet og lesbarhet enn frysemerking, men maksimalt 61 % merkeholdbarhet over lengre tid (10 måneder) er ikke tilfredsstillende. Ved fullstendig fettfinnefjerning oppnådde vi imidlertid 97 % holdbarhet etter 10 måneder. En samlet vurdering av resultatene fra alle tre eksperimentene, samt resultatene fra eksperimentene til Norges veterinærhøgskole, tilsier at fullstendig fettfinnefjerning er den klart beste av de tre merkemethodene vi har testet for å skille oppdrettslaks fra villaks. I den videre evalueringen av disse metodene er det derfor lagt mindre vekt på frysemerking og VIE-merking (arbeidspakke 2, 3 og 4).

3 Arbeidspakke 2. Merking av laks i stor skala

Det settes årlig ut mer enn 200 millioner laksesmolt i Norge. Merking av et så stort antall fisk vil være en utfordrende oppgave. For å kunne gjøre det innenfor økonomisk forsvarlige rammer kreves et sterkt fokus på effektivitet. Metodene som skal benyttes må være i samsvar med gjeldende forskrifter for håndtering av fisk, og det må også tas hensyn til HMS for de som skal utføre merkingen. Merkingen av laks kan enten foregå manuelt eller automatisk.

3.1 Manuell merking

All laksesmolt blir stikkvaksinert før utsetting. Mattilsynet (2012) anbefaler at eventuell merking bør skje i forbindelse med vaksineringsen for å unngå å påføre fisken belastning ved ekstra bedøving og håndtering. Det er også klart at å kombinere vaksineringsen og merking er langt mer kostnadseffektivt enn å utføre dette i to separate operasjoner.

Manuell stikkvaksineringsen utføres av ambulerende vaksineteam som jobber på akkord. Kapasiteten til slike vaksineringssteam er på inntil 2500 fisk per time per person (Nygaard, 2005). Det tilsvarer i underkant av 1,5 sekunder per fisk. Fettfinneklipping tar lengre tid. Et rutiner team på 10 personer ved Big Qualicum Hatchery (BC, Canada), som både finneklippet og merket lakseyngel med «coded wire tags», klarte 40000 fisk på en arbeidsdag. I dette teamet var det 4 personer som utførte fettfinneklippingen, og hver person klarte da i gjennomsnitt ca. 10000 fisk per dag, eller 1250 fisk per time. Manuell fettfinneklipping tar derfor omtrent dobbelt så lang tid som manuell stikkvaksineringsen. Dette var også erfaringen fra WingVax AS (pers komm.), som driver manuell stikkvaksineringsen av fisk i Norge. Erfaringen deres kommer fra forsøk med uttesting av vaksiner, der relativt store grupper av fisk er fettfinneklippet.



Figur 15 Merketeam ved Big Qualicum Hatchery, BC, Canada

Ved frysemerkingen i AP 1 ble fisken holdt i kontakt med frysestemplet i 3 sekunder, men dette har vist seg å være for kort med tanke på å oppnå god holdbarhet på merkene (jfr. resultater arbeidspakke 1). Med en kontakttid på 3 sekunder vil total tid for handtering av hver fisk bli på minimum 4 sekunder, selv for rutinerne personer. Det ble ikke gjort systematiske målinger av tidsbruken ved manuell injeksjon av VIE-merker, men det ble registrert at det tok betydelig lengre tid enn ved de to andre merkemetodene. Bruk av trykkluftedreven injektor vil kunne redusere tidsbruken, og hastigheten vil også kunne økes ved trening. Det er likevel grunn til å tro at VIE-merking vil ta lengre tid enn både frysemerking og fettfinneklipping.

3.2 Automatisk merking

Så vidt vi kjenner til finnes det ingen automatiske maskiner for frysemerking eller VIE-merking, mens det finnes en maskin for automatisk fettfinneklipping. AutoFish System fra Northwest Marine Technology (Inc, USA) er et avansert system som inneholder moduler for både fettfinneklipping, merking med «coded wire tags» og størrelsessortering. Systemet kan bygges for hvilken som helst kombinasjon av disse metodene. Systemet leveres montert i en trailer. Det er derfor mobilt og kan flyttes fra anlegg til anlegg etter behov, noe som gjør at hvert enkelt anlegg ikke trenger å investere i et eget system. Det er gunstig når prisen for et komplett system ligger på omkring 1,5 millioner USD.



Figur 16 AutoFish System installert i trailer

AutoFish System har stor kapasitet og kan merke og sortere mer enn 7500 fisk per time. Stillehavslaks smoltifiserer ved en mindre størrelse enn atlantisk laks, og systemet er derfor tilpasset fisk fra 57 til 142 mm kroppslengde (2 – 30 g). Systemet kan derfor ikke uten videre benyttes i norsk smoltproduksjon dersom en ønsker å merke større fisk. Maskinen er heller ikke utstyrt for å stikkvaksinere fisk, slik at muligheten for å kombinere stikkvaksinering og

fettfinneklipping ikke er til stede. Prisen vil nok også virke begrensende på kjøpelysten til norske smoltprodusenter.

For å kombinere vaksinerings og merking er det mest aktuelt å utstyre vaksineringsmaskiner med utstyr for automatisk merking. De fleste vaksineringsmaskinene som benyttes i Norge er av den halvautomatiske typen. Det vil si at en eller flere operatører plasserer fisken i riktig posisjon i maskinen før vaksinerings utføres. Flere av de halvautomatiske maskinene virker rent mekanisk, og disse har ingen mulighet til å tilpasse stikkpunktet i forhold til fiskestørrelsen på individuelt nivå. Fisken som skal vaksineres må derfor ha jevn størrelse for at stikkpunktet skal bli riktig. Om kravet til jevn størrelse også vil skape utfordringer for en eventuell merking er usikkert. Men det fins også halvautomatiske vaksineringsmaskiner som benytter avansert bildebehandling for å justere stikkpunktet i henhold til fiskens størrelse. Denne metoden benyttes også i det amerikanske AutoFish Systemet for fettfinnefjerning, og gjør det enklere å treffe riktig når fettfinnen skal fjernes.

Maskon AS har nylig utviklet den første helautomatiske vaksineringsmaskinen (Figur 17). Maskinen stiller automatisk fisken i rett posisjon og fikserer fisken for å sikre korrekt injeksjon. Injeksjonspunktet fastsettes ved hjelp av billedanalyse. Maskinen er designet med tanke på ettermontering av annet utstyr, for eksempel merkeutstyr.



Figur 17 Maskon helautomatisk vaksineringsmaskin

Ingen av vaksineringsmaskinene på det norske markedet har utstyr for automatisk fettfinneklipping eller andre merkemethoder. Men flere av leverandørene opplyser at de vurderer å utvikle utstyr for fettfinneklipping. I AutoFish Systemet fjernes fettfinnen mekanisk ved hjelp av automatisk styrt kniv. Det er trolig den enkleste metoden, men i Norge vurderes også muligheten for å benytte laser i stedet for kniv til å fjerne fettfinnen. Grunnen til det er at laserkutting muligens gir mindre sjanse for infeksjoner enn kutting med kniv. Infeksjon i forbindelse med fettfinneklipping anses imidlertid ikke som noe stort problem i Canada eller USA, der metoden benyttes på mange titalls millioner lakseyngel årlig.

3.3 Tidsbruk ved forskjellige merkemetoder

Med manuell merking er, som tidligere nevnt, fettfinneklipping den raskeste av de tre metodene vi har undersøkt, med frysemerking som nummer to og VIE-merking som den langsomste. Fettfinneklipping tar ca. 3 sekunder per fisk, frysemerking minst 4 sekunder per fisk og VIE-merking betydelig lenger tid. Fettfinnefjerning i kombinasjon med stikkvaksinering ved bruk av vaksineringsmaskin vil gå betydelig raskere. Siden teknologien for dette ennå ikke er utviklet er det usikkert om fettfinnefjerning i tillegg til vaksinering vil redusere hastigheten i prosessen, eller om disse to prosessene kan kjøres samtidig uten tidstap. Det avhenger blant annet av om vaksineringen og fettfinnefjerningen kan skje med fisken i samme posisjon eller om fisken må flyttes mellom disse operasjonene.

Siden frysemerking krever en kontakttid på mer enn 3 sekunder vil kombinasjonen vaksinering og frysemerking ta lenger tid enn bare vaksinering (trolig 2 – 4 ganger lenger) er det et åpent spørsmål om det i hele tatt er gunstig å kombinere disse to operasjonene, eller om de heller bør kjøres som separate operasjoner (med dobbel handtering av fisken som resultat). Den samme betenkningen gjelder for VIE-merking, der tidsbruken er enda mer usikker.

En samlet vurdering av de tekniske og praktiske aspektene ved fettfinnefjerning, frysemerking og VIE-merking tilsier at fettfinnefjerning er den metoden som er enklest å implementere i stor skala. Ved å sammenlikne kapasiteten til forskjellige metoder for fettfinnefjerning finner man at det er svært mye å hente på å foreta fettfinnefjerning automatisk i forbindelse med maskinell stikkvaksinering (forutsatt at automatisert fettfinnefjerning ikke reduserer kapasiteten til vaksineringsmaskinene) (Tabell 7).

Tabell 7 Kapasitet for forskjellige metoder for fettfinneklipping

	Antall fisk per time
Manuell finneklipping	1000 – 1250 (per mann)
Halvautomatisk vaksineringsmaskin	3000 – 10000 (per maskin)
Helautomatisk vaksineringsmaskin	18000 – 20000 (per maskin)

4 Arbeidspakke 3. Kostnader

Kostnadene til merking vil være delt på tre kostnadselementer: Lønnskostnader, kapitalkostnader og forbruksmateriell. Kostnadsfordelingen mellom disse elementene varierer med merkemethode, og totalkostnaden vil i stor grad variere med graden av automatisering.

Manuell merking krever lite utviklingsarbeid og investering, slik at kapitalkostnadene vil bli svært små. Lønnskostnad vil være det dominerende kostnadselementet, men for VIE-merking vil også forbruksmateriell bidra med store kostnader (59 øre per fisk (0,105 USD ifølge Northwest Marine Technology Inc., 1 USD = 5,60 kr)).

Vi har forutsatt at merking vil skje i kombinasjon med vaksineringsmaskiner, og at kapitalkostnadene i forbindelse med automatisk merking ikke inkluderer innkjøp av vaksineringsmaskin, men bare kostnadene ved å påmontere ekstrautstyr for merking på vaksineringsmaskinene. Kapitalkostnadene per merket fisk vil i stor grad variere med utnyttelsesgraden til maskinene, og følgelig bli høyest for små anlegg som merker relativt få fisk. I USA og Canada benyttes ambulerende merkemaskiner, men det er av hygienemessige grunner neppe aktuelt i Norge.

Siden det ennå ikke er utviklet merkeutstyr for montering på vaksineringsmaskiner som benyttes i Norge blir anslagene for slikt utstyr svært usikker. Maskon AS har imidlertid anslått at ekstrakostnadene for installering av automatisk fettfinneklipper vil komme på 160.000 – 400.000 kr per maskin. Vi har lagt til grunn at utstyr for finneklipping vil koste det samme for de halvautomatiske vaksineringsmaskinene. Vi har også forutsatt samme kostnad for utstyr til de andre merkemethodene, selv om dette er et høyst usikkert anslag. Maskon AS har i sine anslag forutsatt at fettfinneklipping i tillegg til vaksineringsmaskiner vil kreve en ekstra operatør. Vi har forutsatt at det også gjelder for halvautomatiske vaksineringsmaskiner.

Kostnadene er oppsummert i tabellen under:

Tabell 8 Kostnadsoverslag for merking av 1000 fisk (kr). Kjøp av vaksineringsmaskiner er ikke inkludert, og det forutsettes at automatisert merking skjer samtidig med vaksineringsmaskiner. Arbeidskraft er satt til 600 kr/time

	Lønn	Kapital-kostnad	Forbruks-materiell	Totalt kr
Finneklipping, manuell	480 - 600	~ 0	~ 0	480 - 600
Frysemerking, manuell	670 - 830	~ 0	~ 0	670 - 830
VIE-merking, manuell	Min 830	~ 0	590	Min 1420
Finneklipping, halvautomatisk	60 – 200	20 - 30	~ 0	80 - 230
Finneklipping, helautomatisk	30 - 33	10	~ 0	40 - 43
Frysemerking, halvautomatisk	480 - 600	20 - 30	~ 0	500 - 630
Frysemerking, helautomatisk	480 - 600	20 - 30	~ 0	500 - 630
VIE-merking, halvautomatisk	480 - 600	20 - 30	590	1090 - 1220
VIE-merking, helautomatisk	480 - 600	20 - 30	590	1090 - 1220

Selv om det hefter stor usikkerhet til kostnadsanslagene tyder alt på at finneklipping er den billigste merkemetoden. Det er også klart at kostnadene til finneklipping kan reduseres kraftig ved automatisering, mens effekten av automatisering blir langt mindre for de andre merkemetodene. For frysemerking skyldes det at kravet til kontaktid setter grenser for merkehastigheten, og gjør at hastighetspotensialet til vaksineringsmaskinene ikke kan utnyttes fullt ut. Vi antar at noe av det samme vil gjelde for VIE-merking, og her kommer i tillegg kostnaden til elastomer, som vil være uavhengig av om merkingen skjer manuelt eller maskinelt.

5 Arbeidspakke 4. Markedsreaksjoner på merking av oppdrettslaks

Merking av oppdrettsfisk har vært diskutert over lengre tid og har forankring i stortingsmelding nr. 12 (2001-02). I denne meldingen blir merking av oppdrettslaks nevnt som en miljøtilpasning for framtidig oppdrett. I denne arbeidspakken har vi kun vurdert fettfinnefjerning, da dette er den best egnede metoden av de metodene vi har undersøkt (jfr. AP 1).

5.1 Miljøvernorganisasjoner

Merking av oppdrettslaks er et kjent tema for miljøvernorganisasjonene og flere av dem har aktivt støttet forslaget i Stortingsmelding nr. 12 (2001 – 02) offentlig, deriblant Bellona og WWF. Telefonsamtaler med leder og områdeledere for hav og miljø for en av disse organisasjonene bekrefter dette. Når det gjelder type merking så mener informantene at det er forskningens ansvar å komme fram til en metode som kan benyttes som tar hensyn til fiskevelferden. Det ble også sagt at det er viktig for miljøvernorganisasjonene at merkeforsøk må omfatte effekter av merkingen gjennom hele livssyklusen til fisken, slik at en kan være sikker på at fisken ikke lider uavhengig om den er i kar på land eller den er i merd i sjøen. I tillegg er det ønskelig at merkemethoden kan gi rask identifisering av anlegget fisken har rømt ifra. Det var derfor litt skepsis til metoder som innebar DNA-analyse. Hvorvidt rask identifisering er viktig kan diskuteres da en rømt oppdrettslaks nødvendigvis ikke fanges før den vandrer opp i elv. Verdien av enkeltindivider som rømningsindikator for oppdretter er uansett begrenset. Rask identifisering av eier kan likevel være til hjelp for Mattilsynet når det gjelder dokumentasjon eller inspeksjon i en eventuell etterforskning.

5.2 Markedsreaksjoner

For å vurdere markedsreaksjoner på laks merket ved fettfinnefjerning ble det gjort en spørreundersøkelse blant fiskeriutsendingene til Norges sjømatråd. Det ble bedt om vurderinger hvor en tar hensyn til hvordan en tror de forskjellige markedene vil reagere. Generelt ble det fremholdt fra Sjømatrådet at markedseffektene vil variere avhengig av om fisken selges hel eller i bearbeidet tilstand. Fettfinneklipping er et potensielt problem først og fremst når fisken selges hel.

5.2.1 Oppsummering av svar på spørreundersøkelsen

Det framkom forskjellige reaksjoner i de ulike markedene (Tabell 9).

Tabell 9 Antatte markedsresponser på fettfinnefjerning

Marked	Respons
Asia	Stor bekymring for negativ effekt. Merking bør planlegges nøye og kommuniseres mye mot miljøvernorganisasjoner i forkant
Italia	Liten effekt
Kina	Lite diskusjon om etikk og velferd, positivt for eksportører da det er mye juks med fisk i Kina
Portugal	Styrker miljø og «bærekraftimage»
Sverige	Svensker vil reagere negativt
Spania	Ikke til hjelp for markedsføringen av laks
Tyskland	Mulig negative reaksjoner på grunn av dyrevelferd; vil muligens øke fokus på problemområder når det gjelder oppdrettslaks
Polen	Mye hel fisk
Frankrike	Liten effekt
Russland	Mulig problem, en formidabel kommunikasjonsoppgave

5.3 Mattilsynet

Mattilsynet er i utgangspunktet positiv (brev til Fiskeri- og Kystdepartementet, 2. juli 2012), men erkjenner at fettfinneklipping vil gi en viss belastning på fisken. Fettfinneklipping er likevel ikke nødvendigvis i strid med dyrevelferdsloven. Mattilsynet anbefaler at eventuell fettfinneklipping først testes ut i et geografisk begrenset område før en eventuelt innfører det på nasjonalt nivå. Mattilsynet er også bekymret for kostnadene og ønsker ytterligere dokumentasjon og eventuell vurdering av andre innsatsområder som for eksempel steril fisk.

5.4 Matvaresikkerhet

Fettfinnefjerning vil ikke ha negative effekter når det gjelder matvaresikkerhet.

6 Arbeidspakke 5. Samlet vurdering

Resultatene fra merkeforsøkene i AP 1 viste at ingen av de testede merkemethodene medførte negative effekter på fiskens vekst eller overlevelse. Det ble heller ikke påvist åpenbare negative effekter på fiskens velferd. Det ble ikke registrert fisk med deformiteter i løpet av forsøksperioden.

Resultatene viste tydelig at fullstendig fettfinnefjerning er den eneste av metodene som tilfredsstillende oppfyller kravene til merkeholdbarhet og -lesbarhet. Frysemerking ga tilfredsstillende resultat 4 måneder etter merking, men merkene var fullstendig borte etter 10 måneder. Holdbarheten til VIE-merkene var bedre enn for frysemerkene, men ikke tilfredsstillende. Det var også vanskelig å lese VIE-merkene uten bruk av UV-lys, slik at kravet om lesbarhet uten bruk av hjelpemidler heller ikke blir tilfredsstillende.

Fettfinnefjerning kommer også bedre ut enn de andre metodene når det gjelder ressursbruk til selve merkingen. Ved manuell merking vil kostnadene til fettfinnefjerning ligge på 48 – 60 øre per fisk. Frysemerking vil bli litt dyrere, mens manuell VIE-merking vil koste 1,4 kr per fisk. Det vil også være «relativt» enkelt å automatisere fettfinnefjerningen i kombinasjon med vaksineringsmaskiner, og flere av vaksineringsmaskinprodusentene vurderer allerede tekniske løsninger for det. I så fall vil kostnadene ved fettfinnefjerningen kunne reduseres vesentlig. Ved bruk av halvautomatiske vaksineringsmaskiner vil kostnaden ligge på 8 – 23 øre per fisk. Ved helautomatisk vaksineringsmaskin vil kostnaden til fettfinnefjerning ligge på rundt 4 øre per fisk, eller rundt 1 øre per kilo slaktefisk. Det bør være innenfor økonomisk akseptable grenser. Kostnadene til automatisk frysemerking og VIE-merking er langt vanskeligere å estimere da tidsbruken til slik merking er høyst usikker. Det er grunn til å tro at merking med disse metodene ikke kan skje like fort som fettfinnefjerning, og det vil da heller ikke være like mye å vinne på å automatisere merkingen. For VIE-merkingen kommer i tillegg at en ikke unnslipper kostnadene til forbruksmaterie (elastomer) ved å automatisere merkeprosessen. Vi har følgelig anslått kostnadene til automatisk frysemerking og VIE-merking til å ligge på henholdsvis 50 – 63 og 109 – 122 øre per fisk.

Helse- og velferdsmessige sider med fettfinneklipping vil bli grundigere behandlet i rapport fra Norges veterinærhøgskole. Fiskeridirektoratet har imidlertid vurdert obligatorisk fettfinnefjerning, først som en tidsbegrenset prøveordning i et avgrenset område, og mener at det kan hjemles i Akvakulturlovens § 10 (miljønorm) (Mattilsynet, 2012). De signalene vi har mottatt tyder ikke på at denne formen for merking vil skape vesentlige problemer for norsk oppdrettslaks i markedene. Dette også sett i lys av at fettfinnefjerning er en etablert praksis når det gjelder utsett av laksesmolt fra klekkerier i USA og Canada, slik at en vesentlig andel av «vill-laksen» i disse landene mangler fettfinne.

En samlet vurdering av merkeholdbarhet/-lesbarhet, effekt på vekst og overlevelse, tekniske aspekter ved merking og eventuelle markedsreaksjoner tilsier at fullstendig fettfinnefjerning er den eneste av de testede metodene som kan anbefales ut fra disse kriteriene. Det forutsetter imidlertid at denne metoden blir ansett som helse- og velferdsmessig forsvarlig. Om fettfinneklipping er økonomisk akseptabelt er opp til oppdrettsnæringen å avgjøre.

7 Referanser

- Astorga N., Afonso J.M., Zamorano M.J., Montero D., Oliva V., Fernandez H. & Izquierdo M.S. 2005. Evaluation of visible implant elastomer tags for tagging juvenile gilthead seabream (*Sparus auratus* L.); effects on growth, mortality, handling time and tag loss. *Aquaculture Research* 36, 733-738.
- Bailey R.E., Irvine J.R., Dalziel F.C. & Nelson T.C. 1998. Evaluations of visible implant fluorescent tags for marking coho salmon smolts. *North American Journal of Fisheries Management* 18, 191-196.
- Bonneau J.L., Thurow R.F. & Scarnecchia D.L. 1995. Capture, marking, and enumeration of juvenile bull trout and cutthroat trout in small, low conductivity streams. *North American Journal of Fisheries Management* 15, 563-568.
- Carr J.W. & G. Whoriskey F.G. 2006. The escape of juvenile farmed Atlantic salmon from hatcheries into freshwater streams in New Brunswick, Canada. *ICES J. Mar. Sci.* 63 (7), 1263-1268.
- Duke R. 1985. Protection of Wild Adult Steelhead in Idaho by Adipose Fin Removal. 1984-1985 Annual Report, Project No. 198400200, 43 electronic pages, (BPA Report DOE/BP-14903-1).
- Evrard G. 2004. Use and effect of freeze branding on roach (*Rutilus rutilus* L.). *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 374, 35-42.
- FitzGerald J.L., Sheehan T.F. & Kocik J.F. 2004. Visibility of Visual Implant Elastomer Tags in Atlantic Salmon Reared for Two Years in Marine Net-Pens. *North American Journal of Fisheries Management* 24, 222-227.
- Gjerde B. & Refstie T. 1988. The effect of fin-clipping on growth rate, survival and sexual maturity of rainbow trout. *Aquaculture* 73, 383-389.
- Haines G.B., Severson S.H. & Modde T. 1998. Evaluation of razorback sucker and Colorado squawfish batch marking techniques. *Progressive Fish-Culturist* 60, 272-275.
- Jensen L.F., Hansen M.M. & Thomassen S.T. 2008. Visible implant elastomer (VIE) marking of brown trout, *Salmo trutta*, alevins. *Fisheries Management and Ecology* 15, 81-83.
- Mattilsynet. 2012. Anbefaling vedrørende fettfinneklipping som tiltak. Brev til FKD 2. Juli.
- Mears H.C. & Hatch R.W. 1976. Overwinter survival of fingerling brook trout with single and multiple fin clips. *Transactions of the American Fisheries Society* 105, 669-674.
- Nahas R., & Jones N.V. 1980. The application of the freeze-branding technique to trout fry. *Fisheries Management* 11, 23-28.

- Nicola S.J. & Cordone A.J. 1973. Effects of fin removal on survival and growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in a natural environment. Transactions of the American Fisheries Society 102, 39-47.
- Olsen E.M. & Vøllestad L.A. 2001. An evaluation of visible implant elastomer for marking age-0 brown trout. North American Journal of Fisheries Management 21, 967-970.
- Reeves K.S. & Buckmeier D.L. 2009. Mortality, Predation, and Tag Visibility of Fish Marked with Visible Implant Elastomer Tags. North American Journal of Fisheries Management 29, 323-329.
- Skalski J.R., Buchanan R.A. & Griswold J. 2009. Review of marking methods and release-recapture designs for estimating the survival of very small fish: examples from the assessment of salmonid fry survival. Reviews in Fisheries Science 17(3), 391-401.
- Thompson D.A. & Blankenship H.L. 1997. Regeneration of adipose fins given complete and incomplete clips. North American Journal of Fisheries management 17, 467-469.
- Thompson J.M., Hirethota P.S. & Eggo B.T. 2005. A Comparison of Elastomer Marks and Fin Clips as Marking Techniques for Walleye. North American Journal of Fisheries Management 25, 308-315.
- Walsh M.G. & Winkelman D.L. 2004. Anchor and visible implant elastomer tag retention by hatchery rainbow trout stocked into an Ozark stream. North American Journal of Fisheries Management 24, 1435-1439.

8 Appendix

Foreløpig rapport fra Norges veterinærhøgskole v/Malanie Andrews

Initial wound closure and healing processes following adipose fin clipping

An experiment was conducted to identify and describe the initial wound closure and healing processes following adipose fin clipping of Atlantic salmon. Atlantic salmon parr (n=204; mean 36g; range 27,7-45,3) were split into three 450 L tanks (n=66) with each tank set at a constant water temperature of 4, 10, and 14°C. An additional 6 fish were placed in the 10°C tank to be the 0 h samples for all temperature groups. At commencement of the experiment all fish were anaesthetised (15 µg/L Aqui-S[®]), 100% adipose fin clipped, then returned to their respective tanks. Sampling was conducted at 12 time points over a 72 h period with 6 fish sampled from each group at each time point. However, only 6 fish were sampled as 0 h controls to be used for all groups. Samples were carefully taken so as not to disturb the wound area and placed immediately in 10% neutral buffered formalin and sent to the University of Bern for histology sectioning and analysis.

Examination of the histological sections immediately following fin clipping reveal a clear and defined incision point, with the only visible reaction being haematoma and oedema near the central region of the wound. By 4 hr post-clipping there is a clear difference between temperature groups. At 4°C there is no visible epidermal or dermal recovery. In contrast, samples from the 10°C and 14°C groups have developed a thin epidermal layer covering the incision area. This layer is stretched and flattened with no specific cell layers or types distinguishable. At 6 hr post-clipping the 4°C samples show no change, however both the 10°C and 14°C samples exhibited a thickened epidermal layer with mucous cells present in low numbers. The superficial layer is also becoming more evident in both these temperature groups. By 12 hr post-clipping the 4°C samples had a thin epidermal layer covering the wound area, whilst the 10°C and 14°C samples exhibited continued differentiation between cell layers and cell types. From 12 hr onwards the wound healing was similar across the three temperature groups.

This experiment illustrated that water temperature does affect the rate of wound closure and healing following adipose fin clipping. The wounds were effectively closed 4 hr post-clipping in the higher temperatures of 10°C and 14°C, whereas wound closure took 12 hr in fish held at 4°C. No matter the water temperature in which the fish are held wound closure occurred much faster than initially anticipated. Rapid wound closure indicates that the fish experience shorter periods of osmotic imbalance, which may occur when open wounds are present. In addition, rapid wound closure may reduce the chance of infectious agents entering the wound area. We may conclude that adipose fin clipping is a relatively low impact marking technique.

