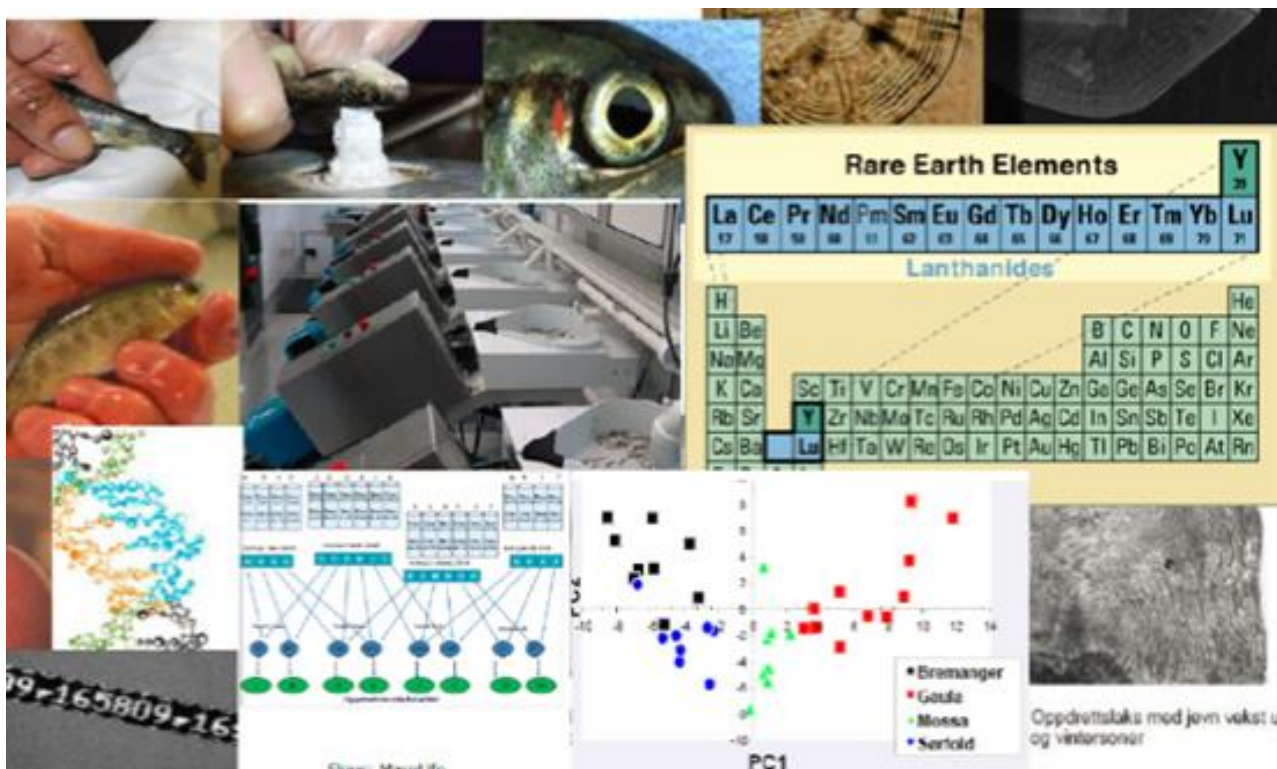


Beregnet til
Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

Dokument type
Rapport – FHF prosjekt 901354

Dato
16.05.2017

EVALUERING AV METODER FOR MERKING OG SPORING AV LAKS



Evaluering av metoder for merking og sporing av laks

Revisjon **02**
Dato **2017.05.16**
Utført av **Geir Tevasvold, Per Johan Røttereng, Eskil Forås**

Godkjent av **Per Johan Røttereng**
Beskrivelse **Sluttrapport**
Tittel **Evaluering av metoder for merking og sporing av laks**

Ref. Rambøll 1350021079

Ref. FHF Prosjektnr. 901354

Forsidebilde: FHF v/Kjell Maroni

Rambøll
Mellomila 79
PB 9420 Sluppen
N-7493 Trondheim
T +47 73 84 10 00
F +47 73 84 10 60
www.ramboll.no

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	SAMMENDRAG	4
2.	INNLEDNING OG MANDAT	11
3.	KRITERIER FOR EN GOD MERKEMETODE	12
4.	ARBEIDSMETODE FOR EVALUERINGEN	14
5.	PROBLEMFORSTÅELSE	16
6.	KOSTNADSELEMENTER VED EN MERKEMETODE	17
7.	KATEGORISERING AV UTVALGTE METODER	17
8.	EVALUERING AV UTVALGTE MERKEMETODER	18
8.1	Fettfinneklipping	18
8.1.1	Fettfinneklipping – Vurdering av viktige faktorer	19
8.1.2	Fettfinneklipping – utfordringer som bør avklares	19
8.2	Coded wire tag (CWT)	20
8.2.1	Coded wire tag (CWT) – Vurdering av viktige faktorer	21
8.2.2	Coded wire tag – utfordringer som bør avklares	22
8.3	Biometri	23
8.4	DNA Beredskapsmetoden	24
8.5	Klassisk visuell skjellanalyse - analyser basert på vekstsoner	25
8.5.1	Klassisk visuell skjellanalyse - Vurdering av viktige faktorer	26
8.5.2	Klassisk visuell skjellanalyse – utfordringer som bør avklares	26
8.6	Grunnstoffanalyser i skjell	27
8.6.1	Grunnstoffanalyser i skjell – Vurdering av viktige faktorer	28
8.6.2	Grunnstoffanalyser i skjell - utfordringer som bør avklares	29
8.7	DNA foreldre – avkom genotyping	29
8.7.1	DNA foreldre-avkom genotyping – vurdering av viktige faktorer	30
8.7.2	DNA foreldre-avkom genotyping – utfordringer som bør avklares	30
8.8	Otolittmerking (Kilde HI, rapport 11-2015)	31
8.8.1	Otolittmerking - vurdering av viktige faktorer	31
8.8.2	Otolittmerking - utfordringer som bør avklares	31
9.	LOGISTIKKTILPASNINGER	32
9.1	Logistikk på yngel/settefiskstadiet	32
10.	STRATEGISKE VURDERINGER	33
10.1	Merkemetodens operative mål skal støtte opp de strategiske mål.	33
10.2	Strategiske mål	34
10.3	Kriterier for å støtte strategiske mål	34
11.	NÅR I FISKENS LIV KAN EN UTFØRE MERKING?	35
12.	ALTERNATIVE SPORINGSSTRATEGIER OG KOSTNADER	35
12.1	Alternative merkestrategier	35
12.1.1	Hvordan skille vill fra oppdrett?	35
12.1.2	Hvilke organiske strukturer bærer informasjon for sporing?	36
12.1.3	Hvordan kombinere 3 metoder for å etablere sporingssystem.	36
12.2	SDG-kombimetoden: Flytskjema.	38
12.3	SDG-kombimetoden: Klassisk skjellanalyse av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.	39
12.4	SDG-kombimetoden: DNA-profil av case-skjell.	39
12.5	SDG-kombimetoden: Databaser med DNA-profiler av foreldrekombinasjoner.	40
12.6	SDG-kombimetoden: Etablere arkiv av referanseskjell, for senere Grunnstoffanalyse.	40
12.7	Merverdi ved sporing basert på SDG-kombimetoden.	42
12.8	Utfordringer knyttet til SDG-kombimetoden	42
12.9	Kostnad og omfang av laksesporing	42
13.	ANBEFALT SPORINGSSYSTEM	45

FIGUROVERSIKT

Figur 1 Oversikt over evalueringskriteriene.....	13
Figur 2 Fettfinnen klippes her manuelt (Foto NINA)	18
Figur 3 Automatisert fettfinneklipping på små fisk, USA (Foto NMT).....	18
Figur 4 CWT merke 1,1 millimeter langt (Bilde NMT).....	20
Figur 5 CWT merket har koder for inntil 10 000 grupper (Foto NMT).....	21
Figur 6 Manuell merking av enkeltfisk (Foto fra NMT).....	21
Figur 7 AutoFish system; merking med CWT + fettfinneklipping (Figur NMT)	21
Figur 8 Tunelldetektor (Bilde NMT)	22
Figur 9 Håndholdt magnetdetektor for bruk i felt (Bilde NMT)	22
Figur 10 Bilde som viser samtidig lesing av PIT-tag og irisskanning. (Figur: Nofima)	23
Figur 11 Kroppsmål fra 3D modell – bildebehandling basert på morfologiske trekk (Figur: Biosort AS)	23
Figur 12 Prikkmønster på laks - mulighet for optisk ID (Figur t.v. Biosort AS, t.h. VKM, Espen Bierud, HI)	24
Figur 13 DNA Beredskapsmetoden - prinsippskisse (Figur HI)	25
Figur 14 (1 og 2) Skjellanalyser av vekstsoner skiller vill fra oppdrett	25
Figur 15 Skjell av laks med markering som viser overgang fra ferskvann til sjøvann.(Foto: Vegard Sollien, Veterinærinstituttet).....	26
Figur 16 Prøvetaking av enkeltskjell med pinsett (Foto og illustrasjon: Veterinærinstituttet).	27
Figur 17 Bildet viser skjell av en fire år gammel vill laks. Skjellet er orientert med fronten opp. (Figur og tekst: Veterinærinstituttet)	27
Figur 18 Skjematisk illustrasjon av klassifiseringspresisjonen for en gruppe der referansematerialet samles flere ganger utover i produksjonen, sammenlignet med om en kun har et referansemateriale tatt ved flytting fra settefiskanlegg til sjø. Profilen til eventuell rømt fisk (Gr1) sammenlignes med det sist tilgjengelige referansematerialet (R). (Figur Veterinærinstituttet).....	29
Figur 19 Illustrasjon av foreldre-avkom sporing gjennom genotyping. (Figur Aqua Gen)	30
Figur 20 Uttak av vevsprøver fra foreldrefisk (Figur AquaGen)	30
Figur 21 Eksempel verktøy for identifisering. Høy tetthet av markører gir bedre og mer spesifikk informasjon for slektskapsanalyser. (Figur: Aqua Gen)	31
Figur 22 Metodens operative mål skal støtte opp om de strategiske mål.....	33
Figur 23 Flytskjema ved Skjell-DNA-Grunnstoff-kombimetoden.....	38
Figur 24 Tabell som viser kostnadselementer for SDG-kombimetoden.....	44

VEDLEGG

Vedlegg 1

Forkortelser

Referanseliste fås ved henvendelse til forfatterne.

1. SAMMENDRAG

Bakgrunn

Fiskeri- og Havbruksnæringens landsforening (FHL, nå Sjømat Norge) presenterte i april 2011 et miljøløfte med 12 tiltakspunkter angående rømming og lakselus. Ett av tiltakene var å etablere et system som gjør det *mulig å skille rømt laks fra villaks i elv og som kan spore rømt laks tilbake til eier*.

Som et ledd i dette, er det i de senere år gjort flere utredninger som ser på muligheter og begrensninger med konkrete metoder og mer generelt om logistikk i verdikjeden for havbruksnæringa og muligheter for sporing. Det har skjedd en betydelig utvikling av metoder i disse årene.

På bakgrunn av denne utviklingen, har FHF bestilt en rapport som kartlegger dette. Dette har resultert i denne rapporten, der hensikten er å bringe fram et bredere beslutningsgrunnlag for en praktisk metode, eller kombinasjon av metoder, som kan oppfylle kravene til sporing

Formål med sporingen

Systemet for merking (én metode eller kombinasjon av flere metoder) skal gjøre det mulig å skille rømt laks fra villaks i elv og i tillegg spore rømt laks tilbake til eier. Hvilket nivå en vil spore tilbake til, vil avhenge av hva formålet med sporingen er. Formålet kan variere ut fra hvilken sammenheng en stiller spørsmålet om sporing;

Formål 1 - Frikjenne en aktør for allmennhetens mistanke

Situasjonen kan være den at det har skjedd en rømming, og en gitt bedrift ønsker å dokumentere at rømmingen ikke har skjedd fra denne bedriftens lokalitet. Den enkelte oppdretter (på lokalitets/anleggsnivå) ønsker å kunne frikjenne seg selv for en mistanke. Nivået er her: "Lokalitet"

Formål 2 - Næringens Miljøløfte

"FHL ønsker en ordning som skiller rømt oppdrettslaks fra villaks i elv og som sporer rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift. Det igangsettes en utredning om det er mulig å identifisere all fisk som settes ut i sjøanlegg fra og med 2012. Målet med slik identifisering skal være å skille rømt oppdrettslaks fra villaks på en enkel måte. I tillegg krever systemet at en kan spore rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift slik at bedriften kan ta ansvar for utfisking av egen rømt fisk på gyteplasser."

Nivået er her: "Bedrift"

Formål 3 - Juridisk

Ved en etterforskning av en konkret hendelse, vil et sporingssystem kunne bidra til å identifisere lekkasjepunktet. Rømming i seg selv er ikke et juridisk straffbart forhold. Det juridiske må vurderes ut fra dokumentasjon av om en spesifikk hendelse eventuelt kan være brudd på en forskrift eller lignende.

Nivå er her: "Lokalitet"

I denne rapporten (2017) inngår ikke juridiske vurderinger.

Et eksempel kan være: Selv om systemet sporer tilbake til sjølokalitet fisken har rømt i fra, identifiserer man likevel ikke hvem som kan ha ansvar for rømming fra f.eks brønnbåt eller oppdrettsanlegg.

Metodikk

Ved gjennomgang av litteratur, søk på internett og utstrakt kontakt med relevante personer innenfor forskningsmiljø og næring, har vi satt opp en "Lang liste" med metoder som er kjent å ha vært brukt, eller er under utvikling, for merking av fisk. Listen er i denne rapporten oppdatert

med ny kunnskap, og de 8 mest relevante metodene er identifisert og tatt med videre for ytterligere evaluering.

Det var på forhånd satt opp over kriterier for en god merkemethode, og metodene er evaluert i forhold til disse kriteriene:

Evalueringsskriterier	
Dyrevelferd	Skille på lokalitet
Mattrygghet	Logistikkutfordringer i produksjon
Praktisk gjennomførbarhet/industriell implementering	Robusthet
Omdømme	Drift av merkesystemet
Økonomi	Miljø
Merkets levetid/lesbarhet	Hurtig analyse elvebredd
Skille vill/oppdrett	Kombinasjon med annen metode
Skille på bedrift	Videoanalyse/maskinsyn egnethet

Merkemetoder

8 relevante metoder ble vurdert nærmere ut fra hovedkriteriene om praktisk gjennomføring, dyrevelferd, mattrygghet, omdømme og kvalitet på sluttproduktet. Disse metodene kan deles inn i 3 kategorier ut fra avlesingsteknologi:

Kategori 1: Visuell kontroll i felt (ytre merker)

Disse merkemethodene kan avleses i felt (elvebredd) ved bruk av kun øynene.

1. Fettfinneklipping Fjerning av fettfinne på ung fisk.

Kategori 2: Metoder som krever detektor i felt

Disse merkemethodene kan avleses i felt, men man må benytte en teknisk innretning (detektor).

2. Coded wire tags (CWT) Detektor (magnetisme) kan kun avgjøre om en fisk er merket/umerket (men detektoren kan *ikke* lese av ID-nummeret på merket).
3. Biometri Identifisering av enkeltfisk basert på scanning av iris, bildebehandling av prikkemønster, kroppsform mm.

Kategori 3: Metoder som krever laboratorieanalyser

Disse merkemethodene kan ikke avleses i felt (elvebredd), men må sendes inn til et laboratorium.

4. Klassisk visuell skjellanalyse Vekstsoneanalyse av skjell. Skiller villaks fra oppdrett.
5. Grunnstoffanalyse i skjell Analyser av naturlige grunnstoffer i skjell. Skiller ferskvannslokaliteter og sjølokalitet.
6. Otolittmerking Merkesubstanser tilføres fisken og avleires i otolitten (ørestein).
7. DNA foreldre-avkom genotyping Foreldrefisk med genotypisk ID. Opprinnelsesmerking.
8. DNA beredskapsmetoden Aksjon som bare er egnet for store rømminger.

Vurderinger

Det er sterkt fokus på merkemethodens evne til å skille ut oppdrettsfisk i eller ved elv. Av de metoder som kan benyttes i felt visuelt (uten andre hjelpemidler), skiller fettfinneklipping seg ut som den som er lettest å innføre industrielt i næringa, har lavest kostnader og der merketapet er klart minst. Det vises til dyrevernavlovens krav og notat fra Mattilsynet i 2012 at «det ikke er godt gjort at nytteverdien ved fettfinneklipping av all oppdrettslaks er stor nok». Dyrevernavloven taler imot å innføre fettfinneklipping. VKM 2016:67 uttaler at: «Det er et etisk spørsmål om fjerning av et organ er akseptabelt».

Tilsvarende vurderinger er gjort for de ulike metodene, der en beskriver metoden, de viktigste særtrekk i forhold til vurderingskriteriene, og til slutt angir de viktigste uavklarte spørsmål angående metoden.

Ulike strategier ved etablering av merkeordning.

Ut fra det en har kjennskap til om de enkelte metoders egenskaper og hva som skal være formålet med en merkeordning, kan en etablere alternative strategier.

Alternativer:

1. En kan etablere en ordning med et visuelt merke (ytre merke) .
2. En kan etablere en ordning uten ytre merke.

Vi har vurdert de ulike metoder basert på ytre merke, og begrunnet hvorfor vi ikke anbefaler et ytre merke, heller ikke fettfinneklipping.

Vi anbefaler derfor en merkeordning uten bruk av ytre merke.

Kombinasjonsmetoden SDG-kombimetoden (Skjell DNA Grunnstoff)

Det er til nå ikke presentert ett enkelt merkesystem som også gir sporing jfr mandatet. Vi foreslår en kombinasjon av tre merkeметoder som kombinert gir sporing på visse forutsetninger.

Metoden

Vi foreslår å kombinere de tre metodene

- Klassisk visuell skjellanalyse: Av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.
- DNA foreldre-avkom genotyping: Av all distribuert rogn til oppdrett.
- Grunnstoffanalyse i skjell: Bare ved mistanke, dvs. når sporing skal gjennomføres.

Prinsipielt kan kombinasjonen beskrives slik:

- En kan skille vill/oppdrett med klassisk visuell skjellanalyse.
- Ved å kombinere de to metodene DNA foreldre-avkom-genotyping og Grunnstoffanalyse i skjell, kan en oppnå sporing tilbake til sjølokalitet eller settefiskanlegg.
- DNA foreldre-avkom genotyping vil redusere antall mulige lokaliteter (kandidater) det kan være rømt fra, mens Grunnstoffanalyse-metoden benyttes for å skille mellom disse kandidatene.
- Det særegne med Grunnstoffanalyse-metoden, er at den fungerer som en ferdskriver som kan avsløre hvilken lokasjon fisken har vært til enhver tid. Denne egenskapen er det ingen av de vurderte metodene som har.

Vurderinger ift. kriteriene

Denne kombimetoden krever ikke bruk av ytre merker, og det stiller heller ikke krav til å tilpasse logistikken i produksjonen, unntatt på rognstadiet. Det er ingen negative dyrevelferdsaspekter ved metoden, vi tilfører ingen substanser til fisken og det er ingen negative mattrygghets eller markeds-effekter knyttet til sporingsmetoden.

Angående industriell gjennomførbarhet, har en de siste årene bygget opp erfaringer ved bruk av alle tre metodene gjennom storskala forsøk og praktisk gjennomføring, men en mangler erfaring med kombinasjon av de tre metodene.

FarmSalmTrack-prosjektet (VI-rapport 5-2017):

- Hovedresultatet fra undersøkelsene så langt er at en kan skille mellom settefiskanlegg og mellom lokaliteter i sjø. Forutsetninger jfr. VI-rapport 5-2017 må være oppfylt.
- Ved innsamling av referansemateriale en gang pr måned de to første månedene, deretter hver 3.-4. måned fram til slakt forventes det å kunne holde klassifiseringspresisjon på >90% gjennom hele produksjonen. Dette er på høyde med den opprinnelige presisjonen mellom grupper i settefiskanlegg.
- Det må jobbes videre for å oppnå bedre presisjon for enkelte grupper med sjøvannsinnblanding.

Organisatorisk

De organisatoriske utfordringene ligger i å etablere systemer for identitet, analyser og referansemateriale:

1. Av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.

-En etablerer et system der det er enkelt for alle som fanger/finner fisk i elv eller sjø å sende inn en skjellprøve for klassisk visuell skjellanalyse til et laboratorium med stor kapasitet som kan gi et raskt svar.

2. Av all distribuert rogn til oppdrett.

-En etablerer et system der alle avlssystemene sørger for å DNA-genotype unike foreldrekombinasjoner slik at avkommet (rognbatcher) får en DNA-profil som lagres i en database sammen med info om mottaker (settefiskanlegg).

3. Skjellarkiv fra alle lokaliteter/settefiskanlegg. Grunnstoffanalyser bare ved sporingsaksjon.

-En etablerer et system for innsamling og arkivering av referanseskjell fra alle sjølokaliteter og alle settefiskanlegg. Dette arkivet inneholder skjell, men skjellene analyseres ikke før det er et konkret sporingstilfelle.

Til selve administrasjonen av sporingssystemet, dvs å ha avtaler med de som bidra med informasjonen, foreta matchingen, lede sporingsanalyse, bistå FoU-institusjonene med materiale, initiere metodikkutvikling, vurdere ny metodikk og effektivisering og bidra til akkreditering av undersøkelser, anbefales det etablert en administrativ enhet. Denne etableres hos en aktør som har stor legitimitet hos næringsaktører, villaksinteresser og forvaltning. Det ser ut til at Veterinærinstituttet har fylt deler av denne rollen i noen prosjekter til nå på en god måte, og kan være denne aktøren. Det er også mulig å opprette en stiftelse med spesifikke oppgaver (slik det er gjort med stiftelsen OURO som ivaretar organiseringa av utfisking i elver) som administrativt organ for et sporingssystem.

Eksempler på merverdi kan være:

- Innsamling av skjell fra all fisk (vill og oppdrettet) som er funnet/fanget i elv og sjø kan gi økt kunnskap og bedret grunnlag for forskning på villaks og på interaksjon vill/oppdrett.
- Frikjenne bestemte anlegg ved å utelukke rømming fra disse.
- DNA analyser kan bidra til å oppdage tyveri av fisk eller avsløre fisk på verdensmarkedet som «seiler under falsk flagg».
- Skjellanalyser kan gi indikasjoner på om fisken har rømt som ung eller voksen.
- Mer informasjon om forholdet vill/oppdrettet laks i elver kan bidra til å iverksette tiltak om utfisking på et tidlig stadium.

Totalkostnader ved SDG-kombimetoden.

Kostnadsanslagene er ikke nøyaktige (f.eks volumeeffekt på analysekostnader), men tilstrekkelig til å illustrere et kostnadsbilde.

Kostnadselementer ved etablering av en sporingmetode:

- Kostnader ved selve merket
- Kostnader ved merkingen (etablering av identitet)
- Tilpasning av logistikk i verdikjeden
- Avlesing av merke hos rømt fisk
- Etablering og drift av arkiv og databaser (innsamling av referansemateriale, lab-tjenester)
- Administrasjon og ledelse av sporingssystemet.

Det er ingen kostnader med selve merket:

-Ved Grunnstoffmetoden merkes fisken naturlig gjennom miljøet den lever i.

-Ved DNA-genotyping baserer dette seg på fiskens arvestoff.

Etablering av en identitet har en kostnad:

- DNA foreldre-avkom genotyping har en kostnad ved DNA-analyser av foreldrene.
- Tilpasset logistikk for hver rognbatch har en kostnad.

Avlesing av merke hos funnet/fanget fisk:

- Klassisk visuell skjellanalyse for å skille vill/oppdrett.
- DNA genotyping av mulig rømt fisk.

Etablering og drift av skjellarkiv og databaser:

- Organisering av innsamling av referanseskjell
- Drift av skjellarkivet, drift av skjelldatabase
- Lab.kostnad for alle grunnstoffanalysene, dvs. ved sporingstilfeller.

Administrasjon og ledelse:

- Et sporingssystem krever også administrative ressurser anslagsvis 1-2 årsverk.

Uttak av referanseskjell (arbeid, forsendelse):

- Fra alle settefiskanlegg og sjølokaliteter: Uttak og innsending av referanseskjell gjøres 6 ganger pr. generasjon. Utføres samtidig med ordinær driftsoperasjon.

Kostnadselement	Kostnad	Kommentar	Totalt pr år NOK
Kostnader ved selve merket.	0		0
Kostnader ved merkingen (etablering av identitet).	10 øre pr. rognkorn	400 millioner rognkorn pr år. Kostnad hos avlsselskapene: Foreldre – avkom DNA genotyping. Drift av Databaser med DNA-profiler og info om rogn-mottakere.	40 mill
Tilpasning av logistikk i verdikjeden.	0	Noe tilpasninger hos avlsselskapene er tatt høyde for i rognprisen nevnt over.	0
Avlesing av merke hos fanget/funnet fisk.	Kr 100 pr fisk. Kr 250 pr fisk	Klassisk skjellanalyse av max. 200 000 fanget/funnet fisk. DNA-analyse av 6000 case-fisk.	20 mill 2 mill
Etablering og drift av skjellarkiv og databaser.		Årlig drift. Innsamling av referansemateriale, drift av skjellarkivet, drift av database, lab.kostnad for alle grunnstoffanalysene dvs også ved sporingstilfeller.	15 mill.
Administrasjon og ledelse av sporingssystemet		1-2 årsverk	2,5 mill.
Uttak av referanseskjell (arbeid, forsendelse)		9900 prøveuttak á kr. 800 ved gruppestørrelse på 200 000.	6,5 mill.
Totalkostnader		Med basis i 330 mill. settefisk	86 mill.
		Omregnet med årsproduksjon på 1,3 mill t. HOG.	6,6 øre pr. kg. HOG

Den største enkeltposten er avlsselskapenes kostnader stipulert til 10 øre pr rognkorn, og dette tallet er det også knyttet størst usikkerhet til.

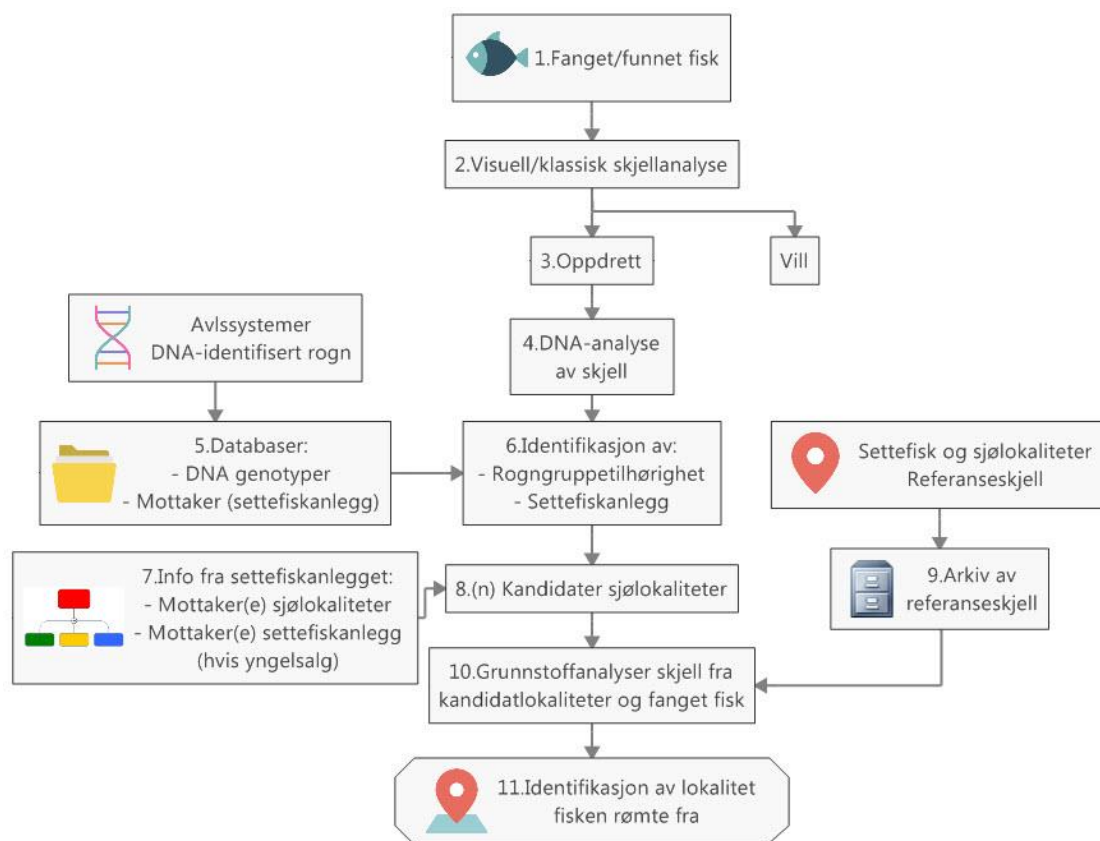
Flytskjema for Skjell-DNA-Grunnstoff kombimetoden

Utgangspunktet er:

- at en står med en fisk i handa som er fanget/funnet i elv eller sjø.
- En ønsker å finne ut om denne fisken er vill eller oppdrett, og evt hvilken eier eller hvilken lokalitet (sjølokalitet evt. settefiskanlegg) den rømte fra.

Figuren under illustrerer sporingsmetodikk basert på skjell fra fisken:

1. En står med en fisk i handa som er fanget/funnet i elv eller sjø. Tar skjellprøve.
2. Klassisk/visuell skjellanalyse for å skille vill fra oppdrett.
3. Går videre med de skjell som er klassifisert som oppdrett (case-skjell).
4. DNA-analyse fra case-skjellet gir en DNA-profil (genotype).
5. Denne DNA-profilen sammenliknes med avlssystemenes lagrede DNA-profiler på DNA-identifisert rogn. Avlssystemet har også info om settefiskanlegget de solgte til.
6. Dette identifiserer det settefiskanlegget som kjøpte rogn.
7. Fra dette settefiskanlegget hentes info om mottaker av fiskegruppen. (sjølokalitet, eller annet settefiskanlegg hvis yngelsalg).
8. n antall kandidater sjølokaliteter listes.(evt settefiskrømming avsløres ved ny klassisk skjellanalyse).
9. Fra arkivet med referanseskjell hentes skjell fra disse n kandidatene. (Skjellene i arkivet er ikke tidligere analysert).
10. Grunnstoffanalyser utføres både på referanseskjell og på case-skjellet.
11. Match vil identifisere lokaliteten fisken rømte fra.



Figur 1 Flytskjema ved Skjell-DNA-Grunnstoff-kombimetoden

Anbefaling:

En bør satse på en strategi uten bruk av ytre merke.

Kombinasjon av tre merkemetoder (SDG-kombimetoden), gir mulighet for å oppfylle sentrale kriterier for en god sporingsmetode.

En har høstet praktiske erfaringer med metodene hver for seg de siste år som er meget lovende, men det gjenstår å etablere en forsøksordning for sporing basert på kombinasjonen av de tre metodene.

Havbruksnæringa bør gå sammen om å utvikle en organisatorisk enhet som leder dette arbeidet.

2. INNLEDNING OG MANDAT

Fiskeri- og Havbruksnæringens Landsforening (FHL, nå Sjømat Norge) presenterte i april 2011 et miljøløfte med 12 tiltakspunkter ang rømming og lakselus. Ett av tiltakene var å etablere et system som gjorde det mulig å skille rømt laks fra villaks i elv og som kunne spore rømt laks tilbake til eier.

FHL fikk våren 2011 gjennomført vurderinger fra MareLife som indikerte at DNA-sporing tilbake til rogn kan benyttes i forbindelse med merking. Det ble presentert et sporingssystem basert på DNA-genotyping (genetisk typing av foreldre) kombinert med logistikkstyring (gruppehåndtering i drift av oppdrettsanlegg) og elektroniske logistikk-systemer. Dette var en opprinnelsesmerking av rogn som ga utfordringer med tilpasning av logistikk for å kunne spore grupper av fisk (ref. oppdatert rapport "DNA-sporing av laks", MareLife Services pr 14.09.2011).

FHL var den gang kjent med flere andre løsninger som hadde til felles at det krevdes at grupper av fisk ble holdt adskilt gjennom produksjonssyklusen. Dette ga betydelig logistikkutfordringer.

FHL var videre oppdragsgiver for Rambøll rapport 6110981 B "Laksesporing. Evaluering av relevante metoder" som var et oppdrag til Rambøll Norge AS. Utredningen ble utført i tidsrommet 6.januar til 19.mars 2012, i samarbeid mellom Rambøll Norge AS ved Per Johan Røttereng og Eskil Forås i SINTEF Fiskeri og Havbruk AS.

Nå, 5 år senere, ønsker FHF (Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond) en ny gjennomgang og oppdatert vurdering av metodikk for merking og sporing av oppdrettslaks.

Etter 2012 er det sluttført forskning fra mange FoU-miljøer på en rekke ulike metoder. VKM (vitenskapskomiteen for mattrygghet) leverte i 2016 en rapport (2016/67) på oppdrag fra Mattilsynet hvor det er gjort en evaluering av fiskevelferd i forhold til merking og sporing.

I Stortingsmelding 16 fra 2015 («Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett») var det en bestilling om en ny strategi for videre bærekraftig vekst i oppdrettsnæringen. Nærings- og fiskeridepartementet offentliggjorde i mars 2017 den nye strategien «Strategi mot rømming fra akvakultur». I den grad det er relevant, vil forslag i denne evalueringen også være tilpasset nye krav eller mål som ligger i den nye strategien.

Mandatet for utredningen fra 2012, gjelder også for denne utredningen, men en skal ikke vurdere juridiske forhold:

Systemet for merking (én metode eller kombinasjon av flere metoder) skal gjøre det mulig å skille rømt laks fra villaks i elv og i tillegg spore rømt laks tilbake til eier. Hvilket nivå en vil spore tilbake til, vil avhenge av hva formålet med sporingen er. Formålet kan variere ut fra hvilken sammenheng en stiller spørsmålet om sporing;

Formål 1 - Frikjenne en aktør for allmennhetens mistanke

Situasjonen kan være den at det har skjedd en rømming, og en gitt bedrift ønsker å dokumentere at rømmingen ikke har skjedd fra denne bedriftens lokalitet. Den enkelte oppdretter (på lokalitets/anleggs-nivå) ønsker å kunne frikjenne seg selv for en mistanke.

Nivået er her: "Lokalitet"

Formål 2 - Næringens Miljøløfte

"FHL ønsker en ordening som skiller rømt oppdrettslaks fra villaks i elv og som sporer rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift. Det igangsettes en utredning om det er mulig å identifisere all fisk som settes ut i sjøanlegg fra og med 2012. Målet med slik identifisering skal være å skille rømt oppdretts-laks fra villaks på en enkel måte. I tillegg krever systemet at en kan spore rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift slik at bedriften kan ta ansvar for utfisking av egen rømt fisk på gyteplasser."

Nivået er her: "Bedrift"

Formål 3 - Juridisk.

Ved en etterforskning av en konkret hendelse, vil et sporingssystem kunne bidra til å identifisere lekkasjepunktet. Rømming i seg selv er ikke et juridisk straffbart forhold. Det juridiske må vurderes ut fra dokumentasjon av om en spesifikk hendelse eventuelt kan være brudd på en forskrift eller lignende. Nivå er her "Lokalitet"

Denne evalueringen er rettet mer inn mot anvendelse av metodene og hvilke kombinasjoner av metoder for sporing som kan benyttes. Det har ikke tidligere lyktes å finne en enkelt metodikk som kan dekke både sporing og merking.

Mål

Målet med analysen er å komme fram til en strategisk anbefaling av et system for merking (metode/kombinasjon av metoder) for sporing av rømt oppdrettslaks. Målet er at laksen skal kunne spores tilbake til bedrift (eier) og anlegg (lokalitet). Det skal ved gjennomgangen legges vekt på praktisk gjennomføring og utfordringer med kontroll i verdikjeden.

Kriterier for vurdering av metoder vil være de samme som i 2012-rapporten med følgende presiseringer (se tabell i neste kapittel):

- Vurderinger ift til mattrygghet ved bruk av merker, spørsmål knyttet til omdømme og kvalitet på sluttproduktet vektlegges.
- Det skal gi vurderinger av kostnadsbildet ift. en gjennomføring herunder etablering/drift av database for referansemateriale.
- Det skal vurderes presisjon for tilbakesporing til sjøanlegg i ulike scenarier med antall fangede fisk av ukjent opprinnelse, og se på kostnader av evt tilleggsanalyser (f.eks. øke antallet fisk) som kan øke presisjonen.
- Oppdatert vurdering av logistikk med basis i endringer i driftsmønstre, f.eks. større grad av storsmoltproduksjon som del av bedriftenes produksjonsplaner.

Evalueringen skal danne grunnlag for en nærmere spesifisering og beskrivelse i evt. oppstart av en merkeordning.

3. KRITERIER FOR EN GOD MERKEMETODE

I dette kapittelet listes det opp relevante kriterier for en god merkemetode med fokus på føringene som er gitt. Kriteriene beskrives kort under.

Formål

Merking kan ha ulike formål som setter ulike krav til merkemetoden jfr. kap. 5 «Problemforståelse». De ulike metodene har forskjellige egenskaper. Flere av metodene er godt egnet til å skille mellom vill/oppdrettslaks, mens andre metoder må kombineres med en metode som først skiller vill/oppdrett.

Evalueringkriteriene vises i tabellen under:

Evalueringkriterier
1. Dyrevelferd
2. Mattrygghet
3. Praktisk gjennomførbarhet/industriell implementering
4. Omdømme
5. Økonomi
6. Merkets levetid/lesbarhet
7. Skille vill/oppdrett
8. Skille på bedrift

9. Skille på lokalitet
10. Logistikkutfordringer i produksjon
11. Robusthet
12. Drift av merkesystemet
13. Miljø
14. Hurtig analyse elvebredd
15. Kombinasjon med annen metode
16. Videoanalyse/maskinsyn egnethet

Figur 2 Oversikt over evalueringskriteriene.

De fire første punktene under er vektlagt spesielt i vurdering av metode/kombinasjon av metoder:

1. Dyrevelferd

Metodens evt innvirkning på dyrevelferd og fiskehelse er meget viktige evalueringskriterier.

2. Mattrygghet

Målet er å unngå redusert mattrygghet direkte eller indirekte gjennom kundenes oppfatning av sluttproduktet. Det betyr i prinsippet at fisken ikke bør tilføres fysiske merker som kan bli med ut i verdikjeden eller til sluttbruker. All form for kjemisk merking i eller utenpå fisken, tilsetning i vann, fôr eller vaksine bør om mulig unngås.

3. Praktisk gjennomførbarhet/industriell implementeringstid

Metodene skal også kunne innføres i en industrialisert næring der en i 2016 satte ca. 350 mill. fisk i sjøen. Mål for framtidig vekst i næringen betyr enda større antall. Metoden må derfor kunne tilpasses industriell produksjon, og det er i denne sammenheng interessant å se på hvor raskt en metode kan tas i bruk (industriell implementeringstid), om det kreves tilpasninger i produksjonen (Logistikkutfordringer i produksjon) og om metoden kan integreres som en del av andre aktiviteter som vaksinerings/sortering mv (integreres i drift settefisk- og sjølokaliteter). Med andre ord må praktisk gjennomføring vektlegges. Begrensinger i logistikk gir økte kostnader og vil gi økte destrueringsstall. I seg selv er dette en negativ faktor både etisk og i forhold til å ta vare på verdier i næringen.

4. Omdømme

Merking eller merkemetode bør gjøres på en måte som gjør at markedet inkludert sluttkunde ikke reagerer negativt. Dette gjelder både i forhold til mattrygghet og dyrevelferd. Dersom metoden kan gi merverdi ved at den f.eks. kan bidra positivt for villaksinteressene eller gi bedret omdømme på annet vis, vil dette være positivt.

5. Økonomi

Se kap 6, Kostnadselementer, hvor en rekke kostnadselementer ved laksesporing blir presentert.

6. Merkets levetid/lesbarhet

Merkets evne til å ha en levetid som tilsvarer behovet for avlesning f.eks. til og med gytestadiet, merkets mulighet for å kunne avleses på elvebredden (eller evt ved dykking i elva).

7. Skille på vill/oppdrett

Merkets evne til å skille oppdrettsfisk fra villfisk.

8. Skille på bedrift og lokalitet

Merkets evne til å spore rømt fisk tilbake til bedrift (eier).

9. Skille på lokalitet

Merkets evne til å spore rømt fisk tilbake til lokalitet (settefiskanlegg eller sjøanlegg).

10. Logistikk

Merkemetodens begrensning som medfører behov for å legge restriksjoner i produksjonen.

11. Robusthet

Merkemetodens robusthet (tap av merker, blanding av identiteter, andre feilkilder), evne til å unngå falske positive/negative og om metoden er lett å manipulere (kopiere merke/fjerne merke/re-merke mv)

12. Drift av merkesystemet

Merkeadministrasjon beskriver om det evt. må driftes en database (merkeregister, skjellarkiv eller parameterregister). Metoden vil også evalueres ut fra mulighet for å kombinere med andre metoder for å oppnå et bestemt formål.

13. Miljø

Merkets påvirkning på ytre miljø.

14. Hurtig analyse elvebredde

Merkets evne til å skille oppdrettsfisk fra villfisk på elvebredden.

15. Kombinasjon med annen metode

Merkets egenskaper hvis det kombineres med en annen merkemethode.

16. Videoanalyse/maskinsyn egnethet

Merkets mulighet for automatisert avlesing.

4. ARBEIDSMETODE FOR EVALUERINGEN

Informasjon om metoder for merking og sporing er gjennomgått. Ny forskning og informasjon om disse metodene er innhentet og oppdatert, og metodene er vurdert ut fra kriterier og mål i prosjektet (Vedlegg 2 – Referanseliste).

Arbeidet med evaluering av metoder for merking og sporing har tatt utgangspunkt i en "Lang liste" med alle kjente merkemeter. Intensjonen var å fange opp de metoder som har vært i bruk til alt fra småskala forskningsformål til mer omfattende merkeforsøk under praktiske forhold.

Ut fra «Lang-liste», ble først 8 relevante metoder gjenstand for mer inngående vurderinger med basis i de evalueringskriterier som var satt. Metodene har vært kategorisert ut fra hvordan avlesning/identifisering gjøres; henholdsvis metoder som kun krever visuell kontroll i felt (Kategori 1), metoder som krever detektor i felt (Kategori 2) og metoder som krever laboratorieanalyse (Kategori 3). Etter en nærmere gjennomgang av disse, har vi sett på en kobinasjon av metoder som tilfredsstillere kriteriene.

Informasjon er innhentet gjennom tilgang på offentlige rapporter, bruk av internett og kontakt med miljøer/personer med kunnskap om og erfaring med de enkelte metodene.

Det er tatt direkte kontakt med personer med tilknytning til næring og offentlig forvaltning, utstysleverandører, forskere og avlsorganisasjoner m.fl. Her er det hentet kunnskap fra både villfisk- og oppdrettsmiljøene. Informasjonen er innhentet gjennom telefonsamtaler, korrespondanse på epost og ved møter. En har også kvalitetssikret relevans av informasjon ift næringsaktører og organisasjonene.

Det er også innhentet informasjon basert på praktisk erfaring som verken er vitenskapelige dokumentert eller publisert, men som allikevel er verdifull når målet fra FHF med denne

rapporten er å bringe fram et bredere beslutningsgrunnlag for en praktisk metode eller kombinasjon av metoder som kan oppfylle næringens behov.

Liste med metoder som innledningsvis ble vurdert (lang-liste):

Kategori 1: Visuell kontroll i felt

Disse merkemetodene kan avleses i felt (elvebredd) ved bruk av kun øynene. (evt maskinsyn). Kalles også ytre merke.

- Fettfinneklipping
- Frysemerking
- Elastomér: (VIE) Visuell implant elastomer.
- Plastmerke/tags med ID festes utenpå fisken

Kategori 2: Metoder som krever detektor i felt

Disse merkemetodene kan avleses i felt, men man må benytte en teknisk innretning (detektor)

- PIT-tag. Elektroniske tag basert på RFID. (Radio Frekvens ID). Detektor kreves.
- Hydroakustiske ID-merker
- Coded wire tags (CWT). Detektor (magnetisk) kan kun avgjøre om en fisk er merket/umerket (men detektoren kan *ikke* lese av ID-nummeret , se kategori 3)
- Biometrisk analyse (prikkanalyse, iris-scanning, morfologi makro)
- Feltavlesbare proteinanalyser

Kategori 3: Metoder som krever laboratorieanalyser

Disse merkemetodene kan ikke avleses i felt (elvebredd), men må sendes inn til et laboratorium.

- Coded wire tags (CWT) – Laboratorium kreves for å lese av ID-nummer (identifisere gruppe)
- Klassisk visuell skjellanalyse. Vekstsoneanalyse av skjell. Skiller villaks fra oppdrett.
- Skjellprøve ut fra tilførte merkesubstanser. Avleires i skjellet.
- Grunnstoffanalyse i skjell: Analyser av naturlige forekommende grunnstoff i skjellet
- Otolittmerking. Merkesubstanser tilføres fisken og avleires i otolitten (ørestein)
- Fettsyreanalyser. Basert på sammensetning av fett i fôrresepter.
- Syntetiske DNA-molekyler tilføres fisken og kan senere analyseres for ID.
- DNA foreldre-avkom genotyping (Foreldrefisk med genotypisk ID). Opprinnelsesmerking.
- DNA beredskapsmetoden. En aksjon som bare er egnet for store rømminger.

Ut fra denne listen, ble de 8 mest relevante metoder gjenstand for mer inngående vurderinger ut fra evalueringskriteriene.

Disse er:

1. Fettfinneklipping
2. Coded wire tags (CWT)
3. Biometri
4. Klassisk visuell skjellanalyse
5. Grunnstoffanalyser i skjell
6. Otolittmerking
7. DNA foreldre – avkom genotyping
8. DNA beredskapsmetoden

DNA beredskapsmetoden er i prinsippet ikke en merkemetode, men en aksjon. Den ble likevel tatt med på listen for en videre vurdering av erfaringer ettersom den har vært operativ i flere år. En har også vurdert mulighet for kombinasjon av metoder.

5. PROBLEMFORSTÅELSE

Behovet for å etablere et merkesystem har sammenheng med ønsket om å skille mellom rømt oppdrettsfisk og villfisk i elva (eller i naturen generelt). Målet er at rømt oppdrettsfisk ikke skal blande seg med villfisk, dvs. den bør i så stor grad som mulig holdes unna gyteegropene. I neste omgang ønsker en å finne ut hvor denne fisken er rømt fra, dvs å spore fisken.

Begrepet sporing knyttes generelt til en verdikjede der en ønsker å gi spesifikk informasjon om historikken til en sporbar enhet, dvs hvor enheten har vært (geografi) og kombinasjonen av tid og hendelser.

I vår sammenheng vil det være viktig å definere nivået i verdikjeden en vil spore tilbake til, er det lokalitet (geografisk) eller er det tilstrekkelig med bedrift (eier) uten å angi hvilken av bedriftens (mange) lokaliteter.

Hvilket nivå en vil spore tilbake til, vil avhenge av hva formålet med sporingen er. Formålet kan variere ut fra hvilken sammenheng spørsmålet om sporing stilles.

Formål 1 - Frikjenne en aktør for allmennhetens mistanke

Situasjonen kan være den at det har skjedd en rømming, og en gitt bedrift ønsker å dokumentere at rømmingen ikke har skjedd fra denne bedriftens lokalitet. Den enkelte oppdretter (på lokalitets/anleggs-nivå) ønsker å kunne frikjenne seg selv for en mistanke. Nivået er her: "Lokalitet"

Formål 2 - Næringens Miljøløfte

"FHL ønsker en ordening som skiller rømt oppdrettslaks fra villaks i elv og som sporer rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift. Det igangsettes en utredning om det er mulig å identifisere all fisk som settes ut i sjøanlegg fra og med 2012. Målet med slik identifisering skal være å skille rømt oppdretts-laks fra villaks på en enkel måte. I tillegg krever systemet at en kan spore rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift slik at bedriften kan ta ansvar for utfisking av egen rømt fisk på gyteplasser."

Nivået er her: "Bedrift"

Formål 3: Juridisk

Ved en etterforskning av en konkret hendelse, vil et sporingssystem kunne bidra til å identifisere lekkasjepunktet. Rømming i seg selv er ikke et juridisk straffbart forhold. Det juridiske må vurderes ut fra dokumentasjon av om en spesifikk hendelse eventuelt kan være brudd på en forskrift eller lignende.

Nivå er her: "Lokalitet"

Juridiske forhold utredes ikke i denne rapporten (2017).

Forenklet formulert:

Utgangspunktet er:

- At en står med en fisk (case) i handa som er fanget/funnet i elv eller sjø.
- En ønsker å finne ut om denne fisken er vill eller oppdrett, og evt hvilken eier eller hvilken lokalitet (sjølokalitet evt settefiskanlegg) den rømte fra.

6. KOSTNADSELEMENTER VED EN MERKEMETODE

Følgende kostnader er identifisert i forbindelse med å etablere en sporingsmetode;

- Kostnader ved selve merket.
- Kostnader ved merkingen (etablering av identitet).
- Tilpasning av logistikk i verdikjeden.
- Avlesing av merke hos rømt fisk.
- Etablering og drift av arkiv og databaser. (Innsamling av referansemateriale, lab-tjenester).

7. KATEGORISERING AV UTVALGTE METODER

Kategori 1: Visuell kontroll i felt

Disse merkemethodene kan avleses i felt (elvbredd) ved bruk av kun øynene. Benevnes som «ytre merke».

Fettfinneklipping

Kategori 2: Metoder som krever detektor i felt

Disse merkemethodene kan avleses i felt, men man må benytte en teknisk innretning (detektor)

Coded wire tags (CWT).	Detektor (magnetisk) kan kun avgjøre om en fisk er merket/umerket (men detektoren kan <i>ikke</i> lese av ID-nummeret på merket).
Biometri	Identifisering av enkeltfisk basert på scanning av iris, bildebehandling av prikkemønster, kroppsform mm.

Kategori 3: Metoder som krever laboratorieanalyser

Disse merkemethodene kan ikke avleses i felt (elvbredd), men må sendes inn til et laboratorium

Coded wire tags (CWT).	Avlesing av ID-nummeret på merket må gjøres i lab.
Klassisk visuell skjellanalyse	Vekstsoneanalyse av skjell. Skiller villaks fra oppdrett.
Grunnstoffanalyse i skjell	Analyser av naturlige grunnstoffer i skjell. Skiller ferskvannslokaliteter og sjølokalitet.
Otolittmerking	Merkesubstanser tilføres fisken og avleires i otolitten.
DNA foreldre – avkom genotyping.	Foreldrefisk med genotypisk ID. Opprinnelsesmerking. Krever lab.
DNA beredskapsmetoden	Aksjon som bare er egnet for store rømminger.

8. EVALUERING AV UTVALGTE MERKEMETODER

Her presenteres 8 sporingsmetoder som ble valgt ut på grunnlag av relevans (8.1 – 8.8).

8.1 Fettfinneklipping

Fettfinnen klippes/skjæres, dvs at den totalt fjernes.

Fettfinnen er en hudfold, som til tross for navnet er uten fettvev. Har ikke finnestråler, men har nervevev. Funksjon er ikke kjent, men man antar den har med svømmeadferd å gjøre.

Metoden forutsetter at all oppdrettsfisk fettfinneklippes, og at fettfinneklipping av villfisk til forskningsformål ikke lenger skjer.

Metoden har vært benyttet i mange år, og benyttes årlig på mange millioner individer i USA/Canada til kultiveringsformål (i hovedsak stillehavslaks).

I Norge er metoden benyttet i forbindelse med kultivering, FoU og avlsprogram.

Klippemaskiner for automatisert massemerking er mulig strategi for norsk havbruksnæring:

1. 8000/time for små fisk Northwest Marine Technologies (NMT)
2. Kan utføres samtidig med stikkvaksinering på litt større fisk: Maskin må utvikles/tilpasses.



Figur 3 Fettfinnen klippes her manuelt (Foto NINA)



Figur 4 Automatisert fettfinneklipping på små fisk, USA (Foto NMT)

8.1.1 Fettfinneklipping – Vurdering av viktige faktorer

Kan kun skille oppdrettsfisk fra villaks, og ikke si noe om hvor laksen kommer fra.

Umiddelbar visuell deteksjon gjør at den merkede fisken raskt plukkes ut i felt dvs på elvebredden. Metoden vil også være til hjelp for dykker i elv som skal eliminere oppdrettsfisk fra gytegrunnene. Metoden kan også benyttes for automatisert sortering i felt (maskinsyn), f.eks i laksetrapp.

Merkemetoden kan relativt raskt innføres industrielt ved at det i settefiskanlegg innføres automatisert fettfinneklipping f.eks ved stikkvaksinering eller sortering. En utvikling av dagens stikkvaksineringsmaskiner/egen modul til også å omfatte fettfinneklipping antas å ta 1-2 år. Dersom fettfinneklipping kombineres med stikk-vaksinering, vil en ha lave merkingskostnader. Det foreligger ingen dokumentasjon som tyder på at det er negativ effekt på prestasjon mhp tilvekst eller dødelighet for klippet fisk.

Tidspunkt for klipping må vurderes ut fra fiskens faser/utvikling (smoltifisering etc.) og i forhold til temperatur. (bedre sårheling ved høyere temperatur).

For å hindre at finnen vokser ut igjen, må klipping gjøres nøyaktig og på stor nok fisk (antydningssvis 57mm). Det er større fare for feilklipping med manuell klipping enn med maskinell pga. redusert fokus på en monoton oppgave. (VKM report 2016:67)

Metoden krever at det ikke fettfinneklippes i kultiveringsanlegg eller til villaksforskning (praksis må opphøre). Det vil ta noen år før all kultivert fisk/forsøksfisk er ute av «systemet».

Metoden kan manipuleres relativt enkelt.

Det er gjennom en undersøkelse i markedet forespurt hvordan en fisk uten fettfinne blir oppfattet. Tilbakemeldingene er ulike, men oppsummert er tilbakemeldingene mer negative enn nøytrale (Nofimarapport 1/2013).

Det foretas ikke bedøving av de mange millioner av stillehavslaks som fettfinneklippes i USA og har heller ikke vært vanlig ved fettfinneklipping til forskningsformål i Norge, men hensynet til dyrevelferd reiser spørsmål ved dette.

Uttalelser fra Mattilsynet og VKM (Vitenskapskomiteen for mattrygghet).

Dyrevelferd:

- «Mattilsynet mener at det ikke er godtgjort at nytteverdien ved fettfinneklipping av all oppdrettslaks er stor nok, sett verken i forhold til det store antall fisk som må klippes, eller i forhold til kostnadene knyttet til tiltaket.» (notat fra mattilsynet 2012).
- I forhold til akutt effekt på dyrevelferd, vil fjerning av en funksjonelt kroppsdel på en fisk bli vurdert som en høy risiko for redusert dyrevelferd. I forhold til permanent redusert dyrevelferd vurderes metoden som moderat. (VKM report 2016:67)

Etikk:

- «Det er fremdeles uklart hvilken funksjonell rolle fettfinnen spiller. Dette gjør det vanskelig å evaluere langtidseffektene av fettfinneklipping. Det er et etisk spørsmål om fjerning av et fungerende organ er akseptabelt» (VKM report 2016:67).

8.1.2 Fettfinneklipping – Utfordringer som bør avklares

- Fettfinnen er angitt å kunne ha funksjon som mulig sensor for turbulent vann. Kan fjerning redusere svømmeferdighet i naturen, evt har det relevans i oppdrett?
- Klipping/feilklipping kan gi infeksjoner og påføre fisken lidelser. (VKM report 2016:67)
- Optimalt tidspunkt, optimal størrelse og design av praktiske prosess under oppdrettsbetingelser må avklares.
- Markedshensyn: I hvor stor grad vil et manglende særtrekk for laksen (fettfinnen) gi negative effekter i markedet?

Vår vurdering er at metoden ikke foreslås innført pga. innvendinger fra Mattilsynet og VKM som er gjort rede for mhp. dyrevelferd og etikk.

8.2 Coded wire tag (CWT)

Rustfri magnetisk stålwire med alfanumerisk kode etset inn.

Kommersielt tilgjengelig fra Northwest Marine Technologies, NMT (Europharma er repr. i Norge). Størrelse: 1,1 millimeter langt og 0,25 mm tykk (evt lengde på 1,6 el. 2,2 mm). Kodesystemet kan skille 10 000 grupper. Det er etablert en ISO-standard.

Automatisert applikasjon i bruk i "snute" på fisk ned til en størrelse på få gram er utviklet.

Prinsipielt kan den defineres innenfor to kategorier basert på avlesbarhet;

Kategori 2-metode: Kan detektere magnetisk om CWT er tilstede ved detektor. (kan skille vill/oppdrett i felt)

Kategori 3-metode: Avlesning av ID-kode på merket krever fysisk fripreparering fra "snute"-vevet, deretter må merket avleses under mikroskop.

Europharma: «Det er utviklet en egen semi-automatisk merkemaskin spesielt med tanke på bruk i industriell skala ved norske settefiskanlegg. Disse kan settes opp som en egen merkestasjon i forlengelsen av en tradisjonell vaksineringslinje, og med 2-3 operatører merke 70.000 – 105.000 fisk i løpet av en arbeidsdag.»

«Har utarbeidet systemer og rutiner som tar opp i seg hensynet til at ulike juridiske objekter har ansvaret for fisken til ulike tider i produksjonsprosessen (settefiskprodusent, transportør, matfiskanlegg).»



Figur 5 CWT merke 1,1 millimeter langt (Bilde NMT)

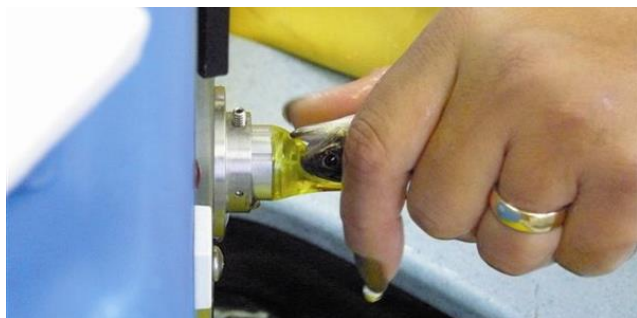


Figur 6 CWT merket har koder for inntil 10 000 grupper (Foto NMT)

8.2.1 Coded wire tag (CWT) – Vurdering av viktige faktorer

Merket og merking kan automatiseres.

Å skille vill fra oppdrett ved elv krever enten et visuelt merke i tillegg, eller en detektor. Komplisert og arbeidskrevende avlesning av kode med innsending til lab (av hoder eller avkuttete "snuter").



Figur 7 Manuell merking av enkeltfisk (Foto fra NMT)



Figur 8 AutoFish system; merking med CWT + fettfinneklipping (Figur NMT)

8.2.2 Coded wire tag – Utfordringer som bør avklares

Mattrygghet: Fjerning av tag før konsum?. Også hoder har et marked og spises. Fisk går også til ensilasje og videre til dyrefôr eller annet formål.

Dyrevelferd: Appliseringssted/måte og innvirkning på dyrevelferd.

Praktisk avlesning ved elv: Magnetdetektor kan skille oppdrett fra vill (eventuelt kan CWT kombinert med en visuell merkemetode). Størrelse på CWT og avstand for avlesning må tilpasses og endelig størrelse på tag avklares.

Appliseringstidspunkt: Fra 5g som egen operasjon i settefiskanlegg eller kombineres med stikkvaksineringen. Avklare eventuelt behov for re-merking med annen metode.

Krever tydelig kontroll med logistikk etter merketidspunkt, og gir noen begrensninger ift. tid for merking, sortering osv.



Figur 9 Tunelldetektor (Bilde NMT)



Figur 10 Håndholdt magnetdetektor for bruk i felt (Bilde NMT)

Vår vurdering:

- Metoden er en opprinnelsesmerking som krever logistikktilpasninger, remerking eller kombinasjon med annen metode for å kunne oppfylle kravene til sporing.
- Både mattrygghet og dyrevelferd utfordres med metoden.
- Det kan ikke sees bort fra mulige reaksjoner i markedet.

8.3 Biometri

Ulike metoder basert på avansert optisk maskinsyn og utviklede algoritmer for gjenkjenning av individer.

De mest utprøvde har vært billedgjenkjenning basert på kroppsfasong/morfologiske trekk, scanning av iris og bruk av fiskens prikkemønstre (på gjellelokk) som identifikasjon. Det foregår fortsatt aktiv forskning på disse metodene idag i samarbeid med flere norske universitet og Google teknologi (ansiktsgjenkjenning).

Irisscanning

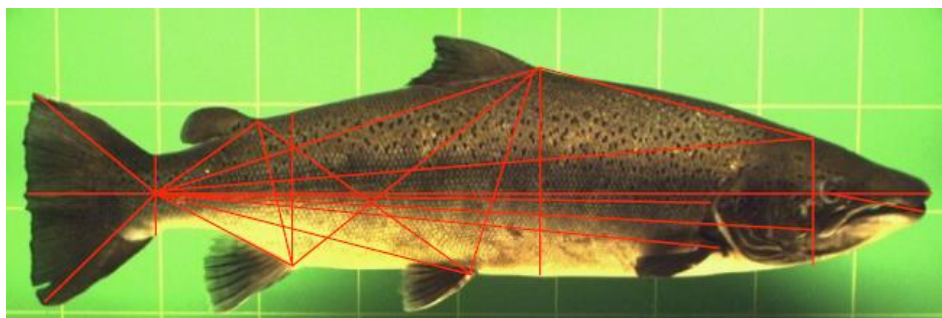
To prosjekter i regi av Nofima 2016 (nr. 38 og 39) med bruk av irisscannere utviklet for mennesker. Konklusjonen er at teknologien er umoden, det er optiske utfordringer med lesing av fisk under vann og usikkerhet rundt stabilitet av iris på fisk som vokser og dermed avlesing på ulike stadier.



Figur 11 Bilde som viser samtidig lesing av PIT-tag og irisscanning. (Figur: Nofima)

Bildegjenkjenning brukt i elv

Bruk av høyoppløselig 3D videoopptak, bildebehandling og dataprosessering (algoritmer) for gjenkjenning og «sortering» av vill og oppdrettet fisk med basis i fiskens fasong/morfologi, er gjort i stor skala siden 2012. Metoden baserer seg på variasjoner i mål og kroppsform mellom vill og oppdrettet fisk. Forskjellene er små, men da også ideelle for maskinsyn. Metoden kan kun skille vill fra oppdrettet laks, og kan med tekniske installasjoner i elv sortere ut ca 90 % av oppdrettslaksen. Feilklassifisering vill/oppdrett er vurdert til < 5 %. Installasjoner i elv er relativt kostnadskrevenende. (Kilde: Biosort AS)

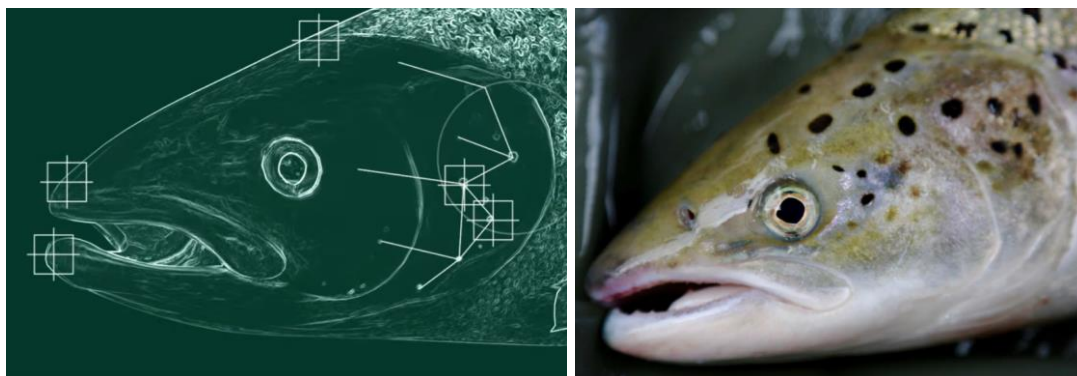


Figur 12 Kroppsmål fra 3D modell – bildebehandling basert på morfologiske trekk (Figur: Biosort AS)

Optisk lesing av pigmentmønster/prikkmønster

Metodikk med basis i bildegjenkjenning og morfologiske kjennetegn på fisk. Prikkmønsteret på fiskens gjellelokk er unikt for hvert enkelt individ, men utvikler seg også gjennom livsløpet til fisken. Dagens løsninger baserer seg i hovedsak på deteksjon og geometrisk signatur fra prikkmønsteret på fiskens hode.

Teknologien er fortsatt umoden, men kan, dersom man lykkes med videre utvikling, gi nye muligheter i oppdrettsnæringen. Noen av utfordringene er avlesing, stabilitet og utvikling av prikkene over tid. Det antydes en utviklingstid på minst 6 år. (Kilde: Biosort AS)



Figur 13 Prikkmønster på laks - mulighet for optisk ID (Figur t.v. Biosort AS, t.h. VKM, Espen Bierud, HI)

Vår vurdering er at de ulike metoder for biometri pr. idag er industrielt umodne.

8.4 DNA Beredskapsmetoden

Metoden er en aksjonsform og egentlig ikke en merkem metode, men vi har valgt å ta den med i denne oversikten.

Tar utgangspunkt i laksens DNA.

Ingen tilførsel av merke eller indikator.

Metoden har vært i bruk siden 2006 og er totalt brukt i 15-20 konkrete saker (pr 2017).

Det er Fiskeridirektoratet sentralt og regionalt som administrerer og håndterer ordningen.

Metoden er kun egnet til større rømminger. Aktivitet og kostnader blir bare utløst ved konkrete episoder.

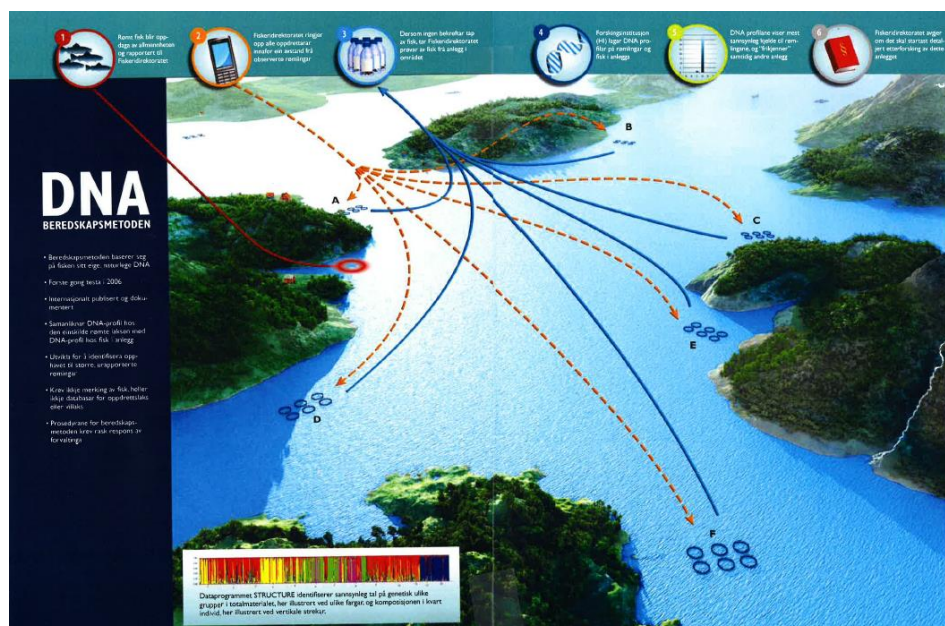
I 2015 ble den brukt i 3 tilfeller og ingen i 2016.

Prosedylene for metoden krever rask respons, og dette har også i enkelte tilfeller vært utfordringen. Metoden krever ingen databaser for oppdrettslaks eller villaks.

Metoden går ut på at det tas DNA analyse av rømt fisk som er rapportert i større antall. Det gjøres så en kartlegging av oppdrettsanlegg i området der den rømte fisken er rapportert. Deretter tas det kontakt med anleggene og man får avklart om noen har hatt/har registrert en rømming. Anleggene blir så kontrollert for skader. Dersom kilden til rømming blir funnet, kan saken avsluttes. Hvis ikke, tas det vevsprøver (for DNA analyse) av alle fiskegrupper med relevant størrelse hos anleggene i området. DNA fra oppdrettsanleggene sammenlignes så mot DNA fra rømt fisk og evt. match avklares.

Metoden krever grundig vurdering før tiltak settes i verk ut fra observasjoner om rømming.

Iverksettelse er relativt arbeidskrevende og kostbar både for forvaltning og næring og avklaring oppgis til å kunne ta mange uker (Kilde: Fiskeridirektoratet/HI)



Figur 14 DNA Beredskapsmetoden - prinsippskisse (Figur HI)

Vår vurdering er at beredskapsmetoden har sine begrensninger ved at den kun er egnet ved store rømminger.

8.5 Klassisk visuell skjellanalyse - analyser basert på vekstsoner

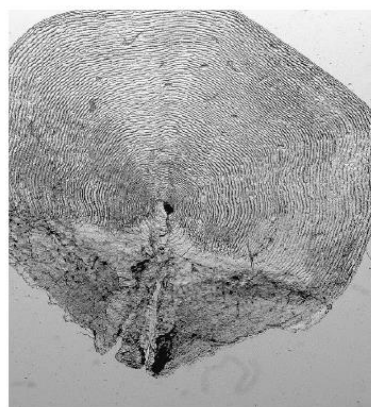
Ved den klassisk visuelle skjellanalysen "vekstsoner-analyse", kan en skjellprøve benyttes til å skille villaks fra oppdrett.

Metoden er utviklet gjennom mange år i ulike FoU-miljø og tilbys fra flere aktører i Norge. Metoden har hatt status som referansemetode når en ønsker å finne ut om en bestemt laks er oppdrett, vill eller kultivert.

Metoden baserer seg på å avlese vekstsoner ved hjelp av forstørrede bilder av skjellet, der vekstsonene for en villfisk kan avleses som mer avgrensede sommer- og vintersoner, mens en oppdrettslaks har en jevnere vekst hele året og dermed lite tydelige soner. Kultivert fisk og oppdrettsfisk rømt på ulike stadier kan gi ulike mellomformer som krever erfaring for å tolke.



Figur 1: Villfisk med klart avgrensede sommer og vintersoner i smoltfase og sjøfase



Figur 2: Oppdrettslaks med jevn vekst uten klare sommer og vintersoner

Figur 15 (1 og 2) Skjellanalyser av vekstsoner skiller vill fra oppdrett (Figur Veterinærinstituttet Trondheim, Rapport 5-2017)

8.5.1 Klassisk visuell skjellanalyse - Vurdering av viktige faktorer

Ingen kostnader med merket eller med merking. Fisken merker seg selv.

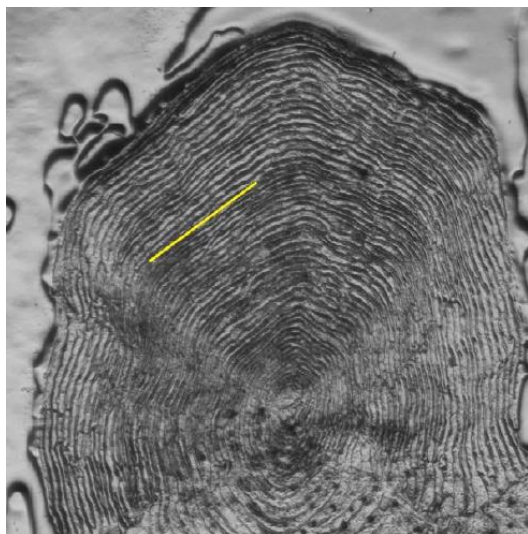
Metoden er egnet for å skille mellom vill/oppdrett (evt kultivert). Den kan ikke si noe om oppdrettsbedrift eller lokalitet.

Innsamling av prøvemateriale i form av skjell fra elv (fiskere og elveeiere sender "Skjellkonvolutt") er kjent gjennom mange år og satt i system gjennom klassisk visuell skjellanalyse. Skjellene ligger i skjellarkiv og kan analyseres etter behov.

Metoden har i dag en kapasitet basert på manuell avlesning av ett og ett skjell som avfotograferes på et lab. Ikke alle skjell egner seg og det krever en viss erfaring for å plukke ut det rette fra Skjellkonvolutten for avlesning.

Metoden er ikke 100% sikker i å skille oppdrett fra vill/kultivert, men sammenliknende tester ser ut til å ligge noen år tilbake og produksjonssyklus hos oppdrettsfisk har endret seg og kan øke muligheten for å skille. Metoden er rapportert å være effektiv for å skille ut oppdrettslaks som har rømt i livsfasen etter smoltifisering. Det er en utfordring for metoden å skille mellom den kultiveringsfisk som er satt ut som smolt og den oppdrettslaks som evt har rømt som smolt. (R. Lund 1989.) (R. Lund & H.P. Hansen 1991) (P.Fiske, R.Lund & H.P. Hansen 2005)

Metoden kan også bidra til å bestemme når i livssyklusen oppdrettsfisk har rømt.



Figur 16 Skjell av laks med markering som viser overgang fra ferskvann til sjøvann.(Foto: Vegard Sollien, Veterinærinstituttet)

8.5.2 Klassisk visuell skjellanalyse – Utfordringer som bør avklares

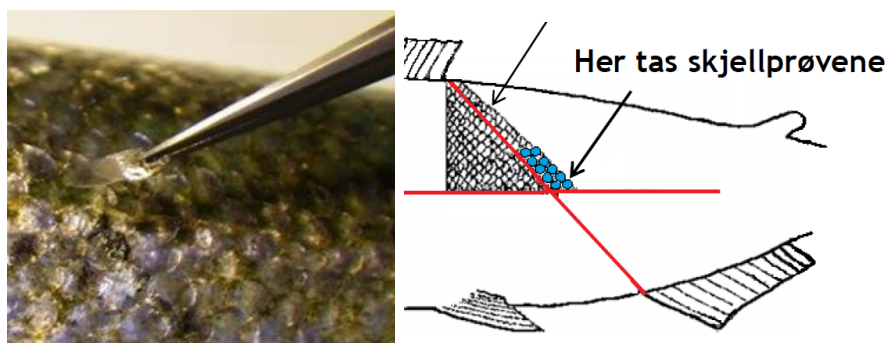
Kapasitet: Automatisert/maskinell avlesning bør utredes. Metoden kan være egnet for billedgjenkjenning.

Aktører: Leveransedyktige aktører for et stort antall analyser og skjellarkiv.

Metodikkens evne til å skille mellom oppdrett rømt på ulike stadier og kultivert (utsatt som smolt) bør evalueres i forhold til at vekstsonemønstret endres i oppdrett (f.eks ved økt størrelse av fisk før sjøsetting), dette kan øke metodens evne til å skille ut oppdrettsfisk.

Det er krevende for mange fiskere å gjenkjenne rømt oppdrettsfisk med sikkerhet. Det betyr at det blir viktig å finne fram til en måte (maskinsyn eller annet) der man i størst mulig grad kan

avdekke dette på elvebredden. Dersom billeddiagnostikk utvikles, kan smarttelefon med eksternt kamerautstyr evt. benyttes på elvebredden.



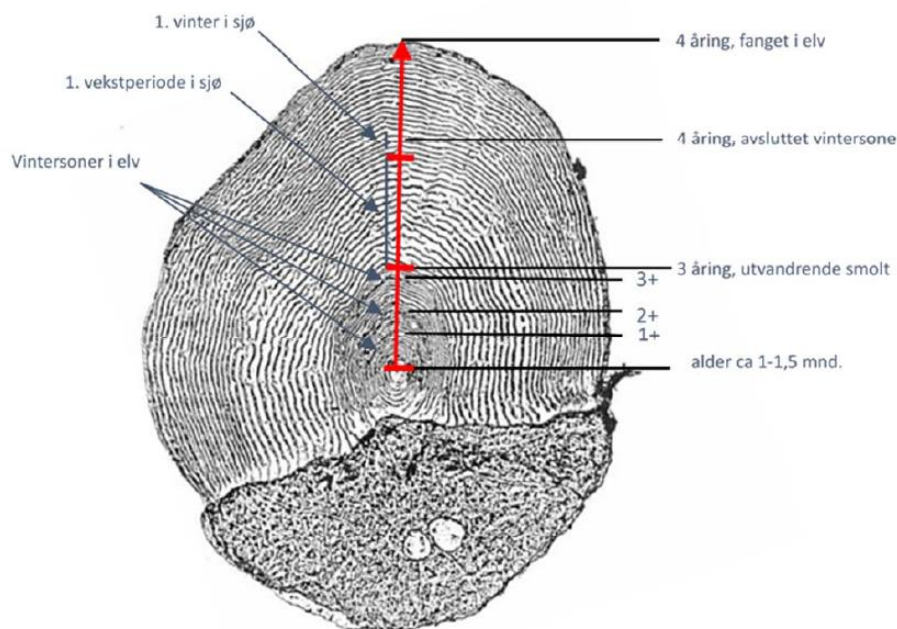
Figur 17 Prøvetaking av enkeltskjell med pinsett (Foto og illustrasjon: Veterinærinstituttet).

8.6 Grunnstoffanalyser i skjell

SalMar, Marine Harvest og Lerøy Seafood tok i 2014 initiativ til et prosjekt med mål å teste ut og utvikle en sporingsmetode basert på naturlig integrerte grunnstoff i fiskens skjell. Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med VESO, Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Veterinærinstituttet (VI). Prosjektet ble avsluttet i februar 2017.

Kvantitativ sammensetning i skjellet avspeiler sammensetningen av naturlig forekommende grunnstoffelementer i vannet der fisken har oppholdt seg. Fra gjellene transporteres grunnstoff med blodet rundt i kroppen.

Det er vist at inkorporering av grunnstoff i skjellet gjenspeiler miljøet som fisken levde i det aktuelle tidsrommet, slik at skjellene fungerer som en tidslinje som gir informasjon om fiskens liv.

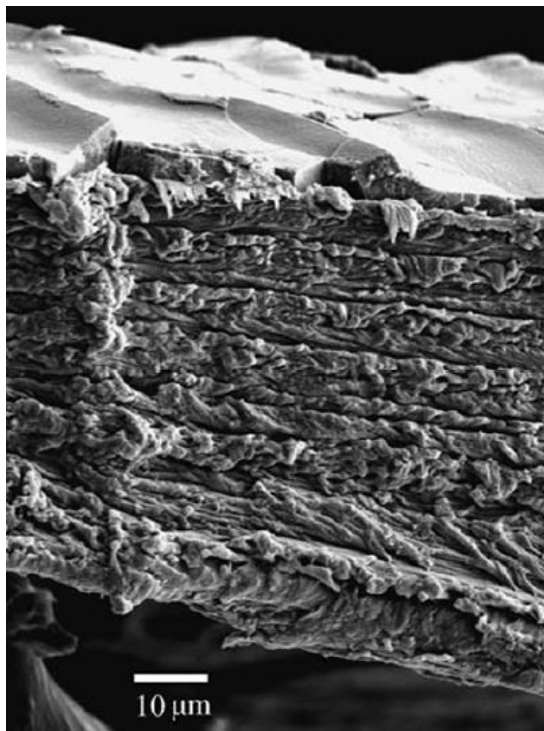


Bildet viser skjell av en fire år gammel vill laks. Skjellet er orientert med fronten opp. Den delen av skjellet som er synlig på fisken er den bakre og pigmenterte delen. Sklerittene sees som konsentriske ringe. De er bølgeomønstre på overflaten av skjellets HAP-lag. Variasjon i avstand mellom sklerittene gir et bilde på variasjonen i fiskens tilvekst. Fisken på bildet vokste opp i ferskvann og brukte her tre år på å bli smolt. Vintersonene med vekststagnasjon sees som tre markerte mørkere ringe. Fisken vandret ut i sjøen som tre åring og hadde god tilvekst den første sommeren i havet. Skjellet kan slik sees på som en tidslinje fra den danner skjellet tidlig på yngelstadiet og fram til den dør.

Figur 18 Bildet viser skjell av en fire år gammel vill laks. Skjellet er orientert med fronten opp. (Figur og tekst: Veterinærinstituttet)

Metoden er basert på at det skulle opparbeides en database med referanseprofiler (skjell) som rømt fisk kunne sammenliknes opp mot. Stabilitetsstudier har vist at denne framgangsmåten alene ikke kan gi god nok presisjon for hele produksjonsfasen og det er derfor foreslått en løsning med kontinuerlig innsamling av referanseskjell gjennom produksjonsfasen.

Metoden viser at en kan skille mellom settefiskanlegg og mellom lokaliteter i sjø.



Figur: Bildet viser et vertikalt snitt gjennom et lakseskjell (bildet tatt med scanning elektronmikroskop). På overflaten sees skjelllets skleritter som små forhøyninger i det jevntykke sjiktet. Basalplaten består av tett sammenvevde lagvise kollagene fibermatter.

Basalplaten øker i tykkelse mot sentrum av skjellet (høyre side i bildet) (Bildet hentet fra Hutchinson og Trueman 2006).

8.6.1 Grunnstoffanalyser i skjell – Vurdering av viktige faktorer

Ingen kostnader med merket eller med merking. Fisken merkes naturlig gjennom miljøet den lever i.

Kontinuerlig naturlig merking av fisken gjennom livsløpet. Det særegne med Grunnstoffanalysemetoden, er at den fungerer som en ferdskriver som kan avsløre hvilken lokasjon fisken har vært til enhver tid. Denne egenskapen er det ingen av de vurderte metodene som har.

Dagens krav til dokumentasjon og gruppeadskillelse i produksjonen er tilstrekkelig for å gi sporing.

Innsamling av prøvemateriale i form av skjell fra elv (fiskere og elveiere sender "Skjellkonvolutt"). Dette er kjent gjennom mange år og satt i system gjennom klassisk visuell skjellanalyse.

Kostnader ved metoden er knyttet til innsamling av, arkivering og analyse av referanseskjell (skjellarkiv). Ved behov for sporing blir skjell hentet fra dette arkivet for grunnstoffanalyse.

Referanseskjell fra settefiskanlegg tas så nær opp mot utsett som mulig.

Referanseskjell fra sjøanlegg tas 4-5 ganger etter utsett i sjø (avhengig av ønsket presisjon).

Referanseskjell analyseres ikke før det oppstår et behov (innmeldt rømt fisk som antas å være knyttet til en lokalitet).

Metoden kan også benyttes for fisk som nylig har rømt og gått opp i elv.

8.6.2 Grunnstoffanalyser i skjell - utfordringer som bør avklares

Må sikre at analyser kan foretas gjennom alle tider på året, og gjøre systemet robust (ikke avhengig av enkeltressurser eller andre begrensninger).

Krever at næringen har god kontroll på dokumentasjon på faktisk flytting av fisk i produksjonen, men legger ikke begrensninger på logistikken i produksjonen.

Det må jobbes videre for å oppnå bedre presisjon for enkeltgrupper med sjøvannsinnblanding (typisk storsmoltproduksjon).

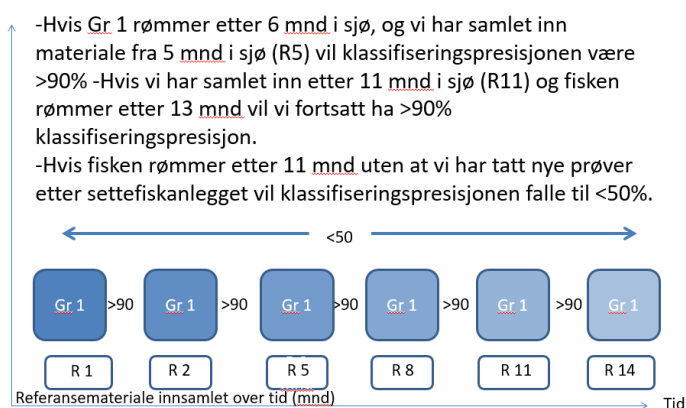
Det må vurderes etablering/fastsettelse av en nasjonal enhet (skjellarkiv og analyser) for å møte krav til kvalitetssikring og integritet. Rettighetene rundt skjellarkivet, innsyn og bruksrett må avklares.

Kombinasjon med annen merkemethode som kan skille vill/oppdrett på elvebredden.

Metoden kan evt. kombineres med klassisk visuell skjellanalyse for å skille vill/oppdrett.

Det kan være nødvendig med videre utvikling og forbedring av metode for klassifisering av grupper i sjø. Referansemateriale må samles inn kontinuerlig gjennom produksjonen (se fig. 18)

Organisering, innsending og avlesning av store mengder skjell.



Figur 19 Skjematisk illustrasjon av klassifiseringspresisjonen for en gruppe der referansematerialet samles flere ganger utover i produksjonen, sammenlignet med om en kun har et referansemateriale tatt ved flytting fra settefiskanlegg til sjø. Profilen til eventuell rømt fisk (Gr1) sammenlignes med det sist tilgjengelige referansematerialet (R). (Figur Veterinærinstituttet)

Vår vurdering er at metoden er egnet til å kombineres med andre metoder for å oppnå sporing.

8.7 DNA foreldre – avkom genotyping

Rognbatcher identifiseres ved å DNA-genotype alle foreldrefisk som inngår i denne batchen. Det er den unike kombinasjonen av foreldre som gir identifikasjon.

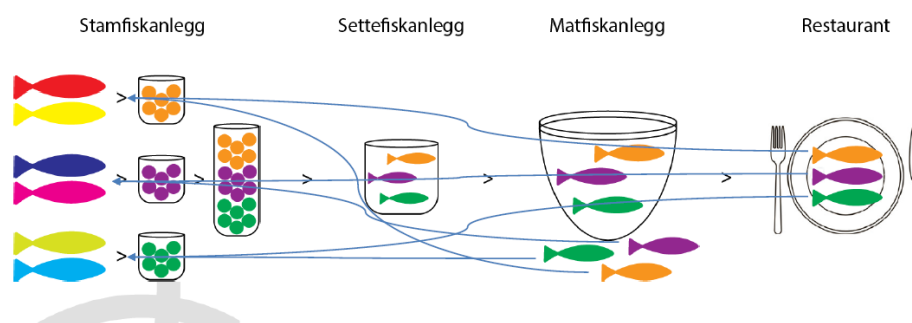
Metoden kan skille vill og oppdrett.

Ved analyse av en fisk på et senere tidspunkt, kan en avgjøre hvilken rognbatch denne fisken kom fra. Logistisk sett er dette en opprinnelsesmerking.

Hvis en i tillegg ønsker å bestemme lokaliteten fisken har rømt fra, forutsetter det at en har sikker dokumentasjon av logistikk (hvor fisken til enhver tid har befunnet seg) fra rognbatch, via settefiskanlegg og matfiskanlegg til slakting.

Dette kan kreve re-merking med annen metode, kombinasjon av metoder, eller evt ulike logistikktilpasninger for å holde grupper adskilt.

Metoden baserer seg på at bestemte genetiske markører hos foreldrefisk gir individene i en rognbatch en identitet, og at en evt rømt fisk DNA-undersøkes med tanke på disse markørene.



Figur 20 Illustrasjon av foreldre-avkom sporing gjennom genotyping. (Figur Aqua Gen)

8.7.1 DNA foreldre-avkom genotyping – vurdering av viktige faktorer

Formålet kan her være "Friskmelding": Dersom Foreldreopphavet til rømt fisk ikke stemmer med foreldreopphav til rogn levert til en bestemt bedrift. Metoden gir sikker eliminering av aktører som ikke kan ha forårsaket rømming.

Dette er en opprinnelses-merking som må kombineres med sikker logistikk for å gi sporing. Metoden alene krever logistikk-tilpasninger, som har en kostnad.

DNA-metoden vil kunne verifisere ethvert annet sporingssystem for oppdrettsfisk, gjennom hele kjeden tilbake til rognbatchen.

Ingen merketap idet fisken bærer merket som en del av sin DNA-kode.

En skjellprøve fra en skjellkonvolutt (f.eks erstatnings skjell/ny-utvokst skjell), er godt egnet som prøvemateriale for DNA genotyping.



Figur 21 Uttak av vevsprøver fra foreldrefisk (Figur AquaGen)

8.7.2 DNA foreldre-avkom genotyping – utfordringer som bør avklares

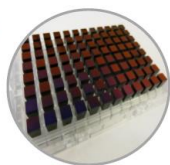
Metoden stiller krav og begrensninger på logistikk.

Det er viktig med felles protokoller for vevsprøvetaking, håndtering og analyse slik at prøvematerialet holder høy kvalitet i forkant av analyse.

Mulig anvendelse i kombinasjoner med andre metoder som ledd i en strategi for sporing.

DNA-chip-baserte hurtigmetoder som er mer feltvennlige og som i fremtiden kan gi raskere svar enn dagens rutinemetoder.

SNP-chip



Kraftig verktøy som kan identifisere 50.000 markører (SNP) fra hver fisk

Figur 22 Eksempel verktøy for identifisering. Høy tetthet av markører gir bedre og mer spesifikk informasjon for slektskapsanalyser. (Figur: Aqua Gen)

Vår vurdering er at metoden er en opprinnelsesmerking og er egnet til å kombineres med andre metoder for å oppnå sporing. Å basere et sporingssystem kun på DNA foreldre-avkom genotyping, gir for store logistikkutfordringer til at en kan anvende det alene for å spore tilbake til sjølokalitet.

8.8 Otolittmerking (Kilde HI, rapport 11-2015)

Otolitter (ørestein) er små forbeinete strukturer som er helt sentrale i balansesystemet hos alle virveldyr. I otolitten dannes ringer (vekstsoner) på samme måte som i en trestamme. Den sier derfor noe om alder på fisken, hvordan den har vokst og når den har vært kjønnsmoden.

Grunnstoffer avsettes permanent i otolitten, og gjennom analyse av lagene kan man avlese sammensettingen av vannet fisken oppholdte seg i da otolitten ble dannet.

Det er mulig å tilføre naturlige grunnstoffer til fisken (gjennom morfisk, befruktning, bad av plommeseekyngel eller vaksine) og på den måten «merke» fisken.

Ved å kombinere flere av disse naturlige grunnstoffene, kan en lage unike fingeravtrykk/strekkoder som kan brukes for å spore en fisk tilbake til settefiskanlegget.

Merket leses ved en teknikk hvor en brenner hull i otolitten med laser og måler sammensetningen ved hjelp av massespektrometri.

Ut fra forsøk mener man at metoden er mulig å industrialisere.

Merking påvirker ikke matvaretrygghet pga. tilsetning av lave konsentrasjoner av naturlige grunnstoff som ellers også er i fisken.

8.8.1 Otolittmerking - vurdering av viktige faktorer

Fisken må avlives for å analyseres.

Merkingen foregår på et tidlig stadium i fiskens liv, og krever derfor god dokumentasjon av videre logistikk gjennom settefiskanlegg og ut til sjøanlegg. Remerking senere i fiskens liv vil bidra til økt sporingspresisjon.

8.8.2 Otolittmerking - utfordringer som bør avklares

Metoden er avhengig av at man merker med riktig konsentrasjon og sammensetning for at man skal få ønsket resultat.

Kostnad og praktisk gjennomføring av storskala merking må vurderes nærmere. Spesielt gjelder dette hvilken merking som vil være nødvendig og tilstrekkelig for hele oppdrettsnæringen. Uthenting av otolitt fra fiskens hode, og omfattende preparering og analyse vurderes som kostnadskrevenende.

Metoden har ikke uten videre nok kombinasjoner til å dekke behovet for lokalitetsmerking, og blir dermed uaktuell.

Metoden baserer seg på merking kun på settefiskanlegg og er avhengig av nøyaktig logistikkinformasjon for å spore tilbake til sjølokalitet.

Vår vurdering er at metoden ikke gir nok kombinasjoner til å merke et tilstrekkelig antall grupper dersom målet er å spore tilbake til lokalitet. Praktisk gjennomførbarhet i industriell skala kan være utfordrende.

9. LOGISTIKKTILPASNINGER

De ulike sporingsmetodene fordrer ulik grad av logistikktilpasninger. Dette kan igjen medføre strengere driftsrutiner ved håndtering av laks, for å holde grupper adskilt og dokumentere alle logistikkhendelser (splitting, sammenslåing mv). Utfordringene vil være størst på settefiskanleggene.

9.1 Logistikk på yngel/settefiskstadiet

Våre tidligere undersøkelser om logistikk og sporing har vist at sporing av fisk ved hjelp av merking på et bestemt stadium, forutsetter strenge driftsrutiner for å holde fiskegrupper adskilt og dokumentere alle logistikkhendelser (splitting, sammenslåing mv). Utfordringene vil være størst på settefiskanleggene og gir redusert fleksibilitet i produksjonen. Forespurte oppdrettsbedrifter påpekte fleksibilitet som viktig både for økonomien i settefiskproduksjonen og for evnen til å være leveringsdyktig. De fleste bedriftene påpekte at en logistikkpraksis optimert for sporbarhet (som oppfattes strengere/ begrensende i forhold til dagens praksis) ville påvirke fleksibiliteten negativt.

Eksempler der en kunne få begrensninger i valgmuligheter og dermed nedsatt fleksibilitet:

- Splitting av merkede grupper må unngås; F.eks salg av deler av merkede grupper på yngelstadiet
- Gruppesammenslåing må unngås;
 - F.eks en yngelprodusent kjøper yngel fra annen yngelprodusent
 - Ordinær sortering av en gruppe til tre størrelser og deretter sammenslåing av størrelsesbaserte grupper.
 - At en på yngel-stadiet tar med en gruppe fisk fra neste rogninnlegg selv om størrelsen ikke tilsier det.
 - Restpartier av smolt som samles fra flere grupper i settefiskanlegget for å fylle en brønnbåtleveranse.
 - Komplettere en smoltleveranse på grunn av uforutsette "tap" i siste øyeblikk
- Plutselige endringer av planer på grunn av tekniske utfordringer eller at kunden endrer sitt behov (avbestiller/etterbestiller) gir utfordringer mhp logistikken

De siste 2-3 årene har det som et ledd i kampen mot lus blitt produsert mer stor smolt/post-smolt. Mange bedrifter har i dag inkludert produksjon av stor smolt i sine produksjonsplaner. Dette vil gi en lengre produksjonsperiode på land. Potensielt vil det også oppstå ett større behov for fleksibilitet i forhold til blanding av grupper for å få optimale utsettsgrupper.

Ut i fra dagens produksjonsplaner vurderes derfor fleksibilitet som minst like viktig som tidligere, og en begrensning i forhold til blanding av grupper vil derfor være negativ for næringen og kan medføre store kostnader.

10. STRATEGISKE VURDERINGER

Næringens Miljøløfte fra 2011 definerte noen mål:

"FHL ønsker en ordning som skiller rømt oppdrettslaks fra villaks i elv og som sporer rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift. Det igangsettes en utredning om det er mulig å identifisere all fisk som settes ut i sjøanlegg fra og med 2012. Målet med slik identifisering skal være å skille rømt oppdretts-laks fra villaks på en enkel måte. I tillegg krever systemet at en kan spore rømt fisk tilbake til ansvarlig bedrift slik at bedriften kan ta ansvar for utfisking av egen rømt fisk på gyteplasser."

10.1 Merketodens operative mål skal støtte opp de strategiske mål.

Strategiske mål:

Forvaltningens overordnede mål + Næringens overordnede mål

Prosjektets mål:

All oppdrettslaks er merket og kan spores til et gitt nivå.
Hvilket nivå, er avhengig av formålet, jfr kap 2.

Operative mål for en metode:

Oppfylle kriterier for en god merket metode jfr kap 4.



Figur 23 Metodens operative mål skal støtte opp om de strategiske mål

10.2 Strategiske mål

Miljøforvaltningens mål:

Innslaget av oppdrettsfisk på elvas gyteplasser må reduseres til et bestemt prosentnivå.

Havbruksnæringens mål

Omdømme.

Enhver rømt fisk er et tap både økonomisk og på andre måter.

Legge til rette for at Stiftelsen OURO effektivt kan utføre sin oppgave med å fjerne oppdrettsfisk fra elvene.

10.3 Kriterier for å støtte strategiske mål

Alt. 1: Kategori 1-metode eller kategori 2-metode benyttes.

Skiller vill/oppdrett på elvebredden:

Gir mulighet for å fjerne enkeltfisk på stedet.

Utfordring å få gode overvåkingstall, dvs. status vill/oppdrett i elva, som en behøver for å sette inn tiltak med å fjerne oppdrettsfisk i hele elva.

Alt. 2: Kategori 3 metode benyttes

Skiller vill/oppdrett ved raske svar fra et laboratorium.

Ordningen som har vært praktisert fra 2011 i Trøndelag, gir svar i løpet av 1-3 dager mai-nov:

Gir bedre overvåkingstall og status vill/oppdrett i elva gjennom sesongen.

Gir mulighet for å iverksette tiltak overfor hele laksepopulasjonen i elva raskere enn idag (OURO kan igangsette utfisking allerede samme høst)

Gir en læring for fiskerne gjennom rask tilbakemelding pr SMS om status (vill/oppdrett) på fanget fisk, og om beslutning om avliving var korrekt.

I diskusjonen rundt merkmetoder, har en hatt sterkt fokus på at en kan skille vill/oppdrett på elvebredden. Vi ser her at om en ikke har avlesing på elvebredden, kan det ha fordeler for å oppnå de strategiske mål dersom en sørger for innsending til lab, raske svar og kontinuerlig oppdatering av status i elva.

11. NÅR I FISKENS LIV KAN EN UTFØRE MERKING?

- A. Det vil være fordelaktig om merking av fisk kan gjøres samtidig med andre håndteringsprosesser som allerede inngår i vanlig drift.
- B. Alternativet er at fisken merkes naturlig (jfr.metoden Grunnstoffanalyse av skjell, eller metoder basert på fiskens DNA)

Ang A: Evt. håndtering i forbindelse med ulike merkemetoder bør legges til andre driftsoperasjoner. Nedenfor opplistes mulige tidspunkt og tilnærminger til merking;

1. *Vaksinering foregår på bedøvet fisk.*
 - i. Det muliggjør injeksjon/klipping/applisering av CWT mv.
 - ii. Bør gjøres så seint at fisken er sortert ferdig før leveranse slik at en unngår blanding/splitting av grupper etter dette.
2. *Autofish. Northwest Marine Technology har gjennom Autofishsystemet*
 - i. Etablert automatisert fettfinneklipping + merking med CWT på ikke-bedøvet fisk. Utføres som egen operasjon, evt kombinert med sortering. Fisken er her gjerne her mindre enn ved vaksinering. (Fra størrelse 5g)
3. *Tilførsel av merkesubstanser, gjennom vaksine, før eller bading*
 - i. *Merking kan skje gjennom morfisken (eks otolitt), rogn, yngel og alle stadier senere.*

Generelt gjelder at all massemerking tidlig i fiskens liv stiller krav til logistikk jfr kap 9, og at remerking senere i fiskens liv er mulige strategier.

12. ALTERNATIVE SPORINGSSTRATEGIER OG KOSTNADER

Ut fra det en har kjennskap til om de enkelte metoders egenskaper og hva som skal være formålet med en merkeordning, kan en etablere en strategi ved å kombinere metoder. Man må gjøre noen prinsipielle valg f.eks skal en ha et ytre merke eller ikke? Kan vi kombinere metoder? Hvilket analysmateriale skal en samle inn fra fanget/funnet fisk? Hvilke databaser må en etablere?

12.1 Alternative merkestrategier

12.1.1 Hvordan skille vill fra oppdrett?

Prinsipielt har en to alternative tilnærminger:

- En har etablert en ordning med et visuelt merke (ytre merke).
 - Skiller vill/oppdrett på elvebredden ved det ytre merket (kategori 1-metode)
- En har etablert en ordning uten et visuelt merke (ytre merke).
 - Skiller vill/oppdrett ved avlesning i laboratorium, dvs. kategori 3-metode.
 - Skiller vill/oppdrett med et instrument på elvebredden, dvs. kategori 2-metode)

Vurdering:

Den mest aktuelle metoden med ytre merke er fettfinneklipping, slik vi har beskrevet. Vi vektlegger i vurderingen de spørsmål ang. etikk og dyrevelferd som er vurdert bla. av VKM og Mattilsynet jfr kap 8.1. Vi vil derfor ikke foreslå å innføre fettfinneklipping av all oppdrettslaks.

Valg:

I det videre vil vi fokusere på en strategi der vi etablerer en ordning uten et ytre merke.

12.1.2 Hvilke organiske strukturer bærer informasjon for sporing?

Valg av metode peker ut hvilke vev/strukturer som er egnet for analyse, men der metodene gir rom for flere valg må en se hvilket analysemateriale som er egnet for masseanalyser og logistikken som et sporingssystem krever. Det er presentert metoder som benytter ulike typer av fiskens strukturer for analyse f.eks otolitt, skjell, fettvev og muskulatur. En kan også tilføre et eget merke (indre merke) som bærer informasjonen slik som ved CWT-metoden. Da er det selve det tilførte merket som tas ut fra fisken og analyseres.

Vurdering:

Vi ser at det gjennom mange ti-år er etablert gode innsendelsesrutiner for bruk av skjell i villfiskmiljøene bla. med skjellkonvolutt. Skjell er godt egnet for transport, lagring, er holdbare over mange år og bærer ulike typer informasjon i seg som kan benyttes til analyse.

Skjellet bærer informasjon som kan avleses av 3 metoder vi har vurdert nærmere og funnet at kan kombineres:

1. Klassisk/ visuell skjellanalyse, dvs Vekstsoner i skjellet.
2. DNA foreldre-avkom genotyping, dvs arvestoffet DNA som gjenfinnes også i skjell.
3. Grunnstoffanalyse av skjell, dvs kjemisk sammensetning av skjellets minerallag.

Valg:

Skjell er godt egnet som analysemateriale for et sporingssystem.

12.1.3 Hvordan kombinere 3 metoder for å etablere sporingssystem.

De tre metodene

- Klassisk visuell skjellanalyse: Av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.
- DNA- foreldre-avkom genotyping: Av all distribuert rogn til oppdrett.
- Grunnstoffanalyse i skjell: Bare ved mistanke, dvs når sporing skal gjennomføres.

Etablering av systemer for identitet, analyser og referansemateriale:

1. Av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.

-En etablerer et system der det er enkelt for alle som fanger/finner fisk i elv eller sjø å sende inn en skjellprøve for klassisk visuell skjellanalyse til et laboratorium med stor kapasitet som kan gi et raskt svar. Slik skiller en vill og oppdrettet fisk. Et slikt system har siden 2011 år vært praktisert gjennom et samarbeidsprosjekt i Trøndelag mellom Salmar og Elvene Rundt Trondheimsfjorden (ERT), som et prosjekt ved Veterinærinstituttet Trondheim.

2. Av all distribuert rogn til oppdrett.

-En etablerer et system der alle avssystemene sørger for å DNA-teste unike foreldrekombinasjoner slik at avkommet (rognbatcher) får en DNA-profil som lagres i en database sammen med info om mottaker (settefiskanlegg). Et slikt system er allerede etablert kommersielt gjennom eksisterende aktører.

3. Skjellarkiv fra alle lokaliteter/settefiskanlegg. Grunnstoffanalyser i skjell bare ved sporingsaksjon.

-En etablerer et system for innsamling og arkivering av referanseskjell fra alle sjølokaliteter og alle settefiskanlegg. Dette arkivet inneholder skjell, men skjellene analyseres ikke før det er et konkret sporingstilfelle. Et slikt system er etablert i et samarbeidsprosjekt utført i ved Veterinærinstituttet Trondheim : SalMar, Marine Harvest og Lerøy Seafood i 2014, et initiativ til en utprøving av denne metoden for å spore oppdrettsfisk.

Prinsipielt kan kombinasjonen beskrives slik:

- En kan skille vill/oppdrett med klassisk visuell skjellanalyse.
- Ved å kombinere de to metodene DNA foreldre-avkom-genotyping og Grunnstoffanalyser kan en oppnå sporing tilbake til sjølokalitet eller settefiskanlegg.
- DNA-foreldre-avkom genotyping vil redusere antall mulige lokaliteter (kandidater) det er rømt fra, mens Grunnstoffanalyse i skjell-metoden skiller mellom disse kandidatene.
- En oppnår sporing uten at en har lagt strengere restriksjoner på logistikken enn det som er dagens praksis, unntatt noen mindre tilpasninger hos rognprodusenten.
- En oppnår sporing uten å påføre fisken et ytre merke eller tilføre substanser til fisken.

Valg:

Denne kombinasjonsmetoden basert på trippel bruk av skjell som analysemateriale kaller vi i det følgende for

«**Skjell – DNA – Grunnstoff-kombimetoden**», forkortet SDG-kombimetoden.

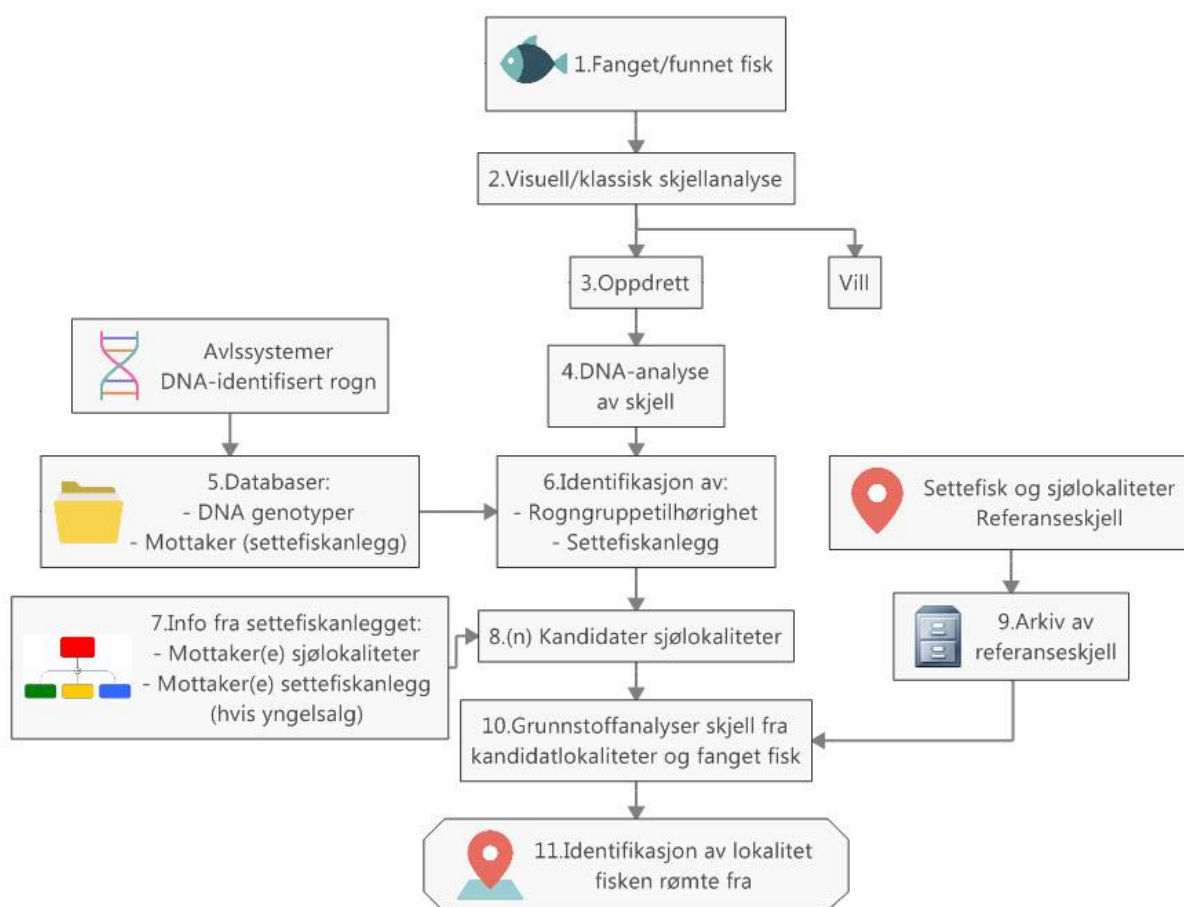
12.2 SDG-kombimetoden: Flytskjema.

Utgangspunktet er:

- at en står med en fisk i handa som er fanget/funnet i elv eller sjø.
- En ønsker å finne ut om denne fisken er vill eller oppdrett, og evt hvilken eier eller hvilken lokalitet (sjølokalitet evt. settefiskanlegg) den rømte fra.

Figuren under illustrerer sporingsmetodikk basert på skjell fra fisken:

12. En står med en fisk i handa som er fanget/funnet i elv eller sjø. Tar skjellprøve.
13. Klassisk/visuell skjellanalyse for å skille vill fra oppdrett.
14. Går videre med de skjell som er klassifisert som oppdrett (case-skjell).
15. DNA-analyse fra case-skjellet gir en DNA-profil (genotype).
16. Denne DNA-profilen sammenliknes med avlssystemenes lagrede DNA-profiler på DNA-identifisert rogn. Avlssystemet har også info om settefiskanlegget de solgte til.
17. Dette identifiserer det settefiskanlegget som kjøpte rogn.
18. Fra dette settefiskanlegget hentes info om mottaker av fiskegruppen. (sjølokalitet, eller annet settefiskanlegg hvis yngelsalg).
19. n antall kandidater sjølokaliteter listes.(evt settefiskrømming avsløres ved ny klassisk skjellanalyse).
20. Fra arkivet med referanseskjell hentes skjell fra disse n kandidatene. (Skjellene i arkivet er ikke tidligere analysert).
21. Grunnstoffanalyser utføres både på referanseskjell og på case-skjellet.
22. Match vil identifisere lokaliteten fisken rømte fra.



Figur 24 Flytskjema ved Skjell-DNA-Grunnstoff-kombimetoden

12.3 SDG-kombimetoden: Klassisk skjellanalyse av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.

Innføre en ordning der en tar skjellprøver av all avlivet fisk fra elvene. I tillegg tas skjellprøver fra større rømmingsepisoder, notfiske, forskningsfangst, utfisking osv.

En tar ikke skjellprøver av Catch-and-release fisk av hensyn til fiskevelferd/fiskehelse (tid for håndtering, kunnskap/metode for håndtering osv.).

Skjellkonvolutt sendes laboratorium for klassisk visuell analyse som skiller vill og oppdrett.

Er slik ordning med innsamling av skjell har vært i drift i flere år i Trøndelagsregionen.

En ønsker å få inn flest mulig skjell til analyse for å kunne avdekke all rømt fisk som er i naturen. Her er en avhengig av godt samarbeid med alle de fritidsfiskere, yrkesfiskere, forskningsmiljø, utfiskere, grunneiere/lokalbefolkning som er de som kommer i kontakt med kategorien fanget/funnet fisk. Ordningen må legge til rette for at terskelen for å sende inn skjellprøven er lavest mulig, og motivasjonen økes dersom en raskt avleser og sender svar (SMS) tilbake til finner.

En rekke forskningsmiljø og andre samler i dag inn skjellprøver og analyserer disse ved klassisk skjellanalyse, og ordningen må sørge for godt samarbeid med disse. Det kan skje ved at disse (forskningsinstitusjoner/aktører) får tilgang til det materialet som samles inn. Det kan skje ved at de aktører som avleser skjell sender informasjon til «ordningen» om funn. Det anbefales å innlede dialog tidlig med disse aktørene for å designe en smidig ordning som bidrar til økt verdi for forskningsmiljøene. Forslaget om opprettelse av et nasjonalt skjellarkiv har vært framme i ulike sammenhenger og det bør tas opp i denne dialogen.

Organisering

Det må oppfordres til at prøvetaker tar ut rikelig med skjell (se pkt 12.6) og skjellkonvolutten sendes inn til et laboratorium for klassisk visuell skjellanalyse. Ved mottak på laboratorium, må en ha rutiner som sikrer den kvalitet av skjellene som hver av de tre metodene krever. Dette selv om det i første omgang bare skal avleses etter den ene metoden klassisk visuell skjellanalyse.

I praksis kan det bety at mottaker splitter innholdet i skjellkonvolutten: Det legges til side skjell for evt DNA-profil undersøkelse dersom Klassisk skjellanalyse viser at det er oppdrett. Det legges også til side skjell for Grunnstoffanalyse som ikke må forurennes. Noen skjell kan også gå til et skjellarkiv eller sendes direkte til en forskningsinstitusjon.

Klassisk skjellanalyse er en metode der en avleser ett og ett skjell ved forstørre dem opp på en skjerm. Metoden er egnet for automatisering ved bruk av billedgjengjening/maskinsyn, og dette anbefales utviklet.

De skjell som avleses som oppdrett (case-skjell), sendes videre til DNA analyse.

12.4 SDG-kombimetoden: DNA-profil av case-skjell.

Det etableres avtale med laboratorium(er) som kan gjennomføre DNA-genotyping for å gi en DNA-profil. Det er i dag ingen standard for hva en slik DNA-undersøkelse skal bestå av (antall genmarkører, hvilke genmarkører, format for utveksling av data osv).

SDS-kombimetoden går ut på å sammenlikne denne DNA-profilen med tilsvarende DNA-profil etablert hos avlssystemene, og det er fordelaktig med standarder når en skal sammenlikne.

DNA-analyser er ofte masseanalyser der det kostnadmessig betyr lite om en har få eller mange genmarkører for hver profil, men det er kostnadskrevenne dersom en må kjøre ikke-standardiserte analyser i små serier. Det har skjedd mye på kapasiteter og kostnader på dette området de senere år. Noen avlssystemer kjører 50 000 genmarkører (SNP uttales «snip») på alle sin stamfisk mens til sammenlikning er antallet som det er behov for rettsmedisinsk for å identifisere et menneske bare brøkdeler av dette.

Det anbefales å innføre en Norsk standard for denne DNA-analysen. Det får betydning for hvilke DNA-genmarkører som avlssystemene legger inn i sin genotyping av foreldrefisk, og da kan en sammenlikne DNA-profil fra case-fisk direkte med avlssystemenes DNA-profiler.

12.5 SDG-kombimetoden: Databaser med DNA-profiler av foreldrekombinasjoner.

Avlssystemene etablerer identitet for en bestemt rognbatch.

Det er mulig ved flere tilnærminger, men her er beskrevet den metode som er benyttet av AquaGen AS og tilbudt i markedet siden 2014 (TRACK):

En tester genotypen for hver av foreldrene og etablerer unike kombinasjoner av foreldre for hver rognbatch. Alle rognleveranser fra avlssystemet kan spores til stamfisk og testresultater. Samtidig har en oversikt på mottaker av alle rognleveranser, og i sum er det informasjonen vi etterspør fra avlssystemene til bruk ved sporing etter SDG-kombimetoden.

Organisering

For at en skal kunne sammenlikne den DNA-profil en har funnet hos case-fisken med informasjonen som avlssystemene besitter, må DNA-profilen (genotypen) til case-fisken sammenliknes med database over allerede testet fisk hos hver av avlssystemene.

Hvordan matchingen skal skje praktisk vil bl.a. avhenge av hvor standardisert en kan få gjort DNA-genotypingen som ligger til grunn for DNA-profilene som skal sammenliknes (se over). Det kan være mulig å opprette en felles database hos en nøytral aktør over de genmarkører en trenger for identitet. Alternativt sitter avlssystemene på hver sine databaser og mottar en forespørsel om match med vår case-DNA-profil i hvert enkelt tilfelle der det skal gjennomføres sporing. Her er det mulig å finne en omforent løsning som kan fungere praktisk.

12.6 SDG-kombimetoden: Etablere arkiv av referanseskjell, for senere Grunnstoffanalyse.

Grunnstoffanalyse-metoden baserer seg på at en sammenlikner kjemisk sammensetning i mineralstrukturen på skjell fra en case-fisk med mineralstrukturen på skjell fra referansegrupper for å se om en får match med en av disse gruppene.

Ved jevnlig innsamling gjennom produksjonen slik det her foreslås, vil en sikre at en alltid har et relevant referansemateriale når en finner rømt fisk. Ulempen er at en må samle inn prøver, og ta kostnaden med å holde et arkiv over referansematerialet. Metoden forutsetter at næringen har god kontroll og dokumentasjon på faktisk flytting av fisk i hele fiskens livsløp, men stiller ikke krav til en bestemt logistikk.

Metoden er dokumentert i en fersk sluttrapport (formelt sett ikke publisert) der vi har fått presentert resultatene fra prosjektet FarmSalmTrack (VI-rapport 5-2017):

Hovedresultatet fra undersøkelsene så langt er at en kan skille mellom settefiskanlegg og mellom lokaliteter i sjø. Det er vist at inkorporeringen av grunnstoff i skjellet gjenspeiler miljøet som fisken levde i det aktuelle tidsrommet, slik at skjellet fungerer som en tidslinje. Denne tidslinjen kan benyttes i flere sammenhenger:

- Analyse av forholdet mellom strontium og barium langs et transekt (linje) fra sentrum og ut mot kanten av skjellet kan benyttes for å fastslå skleritten som ble dannet da fisken ble flyttet fra ferskvann over i sjøvann. Denne analysen kan også benyttes til å skille mellom grupper av fisk.
- Ferskvannsprofilen dannes mens fisken står i settefiskanlegg. Ferskvannsprofiler av 24 ulike grupper fra 18 settefiskanlegg lokalisert opp langs kysten ble skilt fra hverandre med en presisjon på 95.9%. Den er en viktig indikator på gruppetilhørighet, også etter lengre tid i sjøvann.
- Sjøvannsprofiler av 17 grupper etter 2 måneder i sjø gav en gjennomsnittlig klassifiseringspresisjon på 74.2% (32.0-95.5%).

- Sjøvannprofilen i ytterkant av skjellet ble i en test av et rømmings-scenario benyttet til å skille mellom to lokaliteter. 86 av 92 skjell (93.5%) ble klassifisert til riktig anlegg, 79 av skjellene med mer enn 98% sannsynlighet.
- En sentral forutsetning for en sporingsmetode, er at en unngår å peke på feil anlegg som kilde til rømmingen. I og med at en kjenner referansematerialet gruppen skal sammenliknes med, kan en ved hjelp av statistiske metoder velge nivået for presisjon. I FarmSalmTrack prosjektet (VI-rapport 5-2017) var sannsynligheten for at en konkluderer med feil anlegg mindre enn $1/10^{16}$ ved en cut-off verdi på 85%.

Etter at fisken er satt i sjø skjer det en gradvis endring av den kjemiske sammensetningen i skjellet. Endringene er størst rett etter flytting til sjø, og vil deretter avta. Endringene i profilen er lik for fisk innen en gruppe, og gruppene opptrer samlet gjennom hele produksjonen.

Ferskvannprofilen kan derfor fortsatt benyttes til sporing helt fram til slakt. Sammenligning av ferskvannprofilen etter to måneder i sjø mot den opprinnelige ferskvannprofilen gav en klassifiseringspresisjon på 86.6% i snitt. En sammenligning av ferskvannprofilen etter 12 måneder i sjø med den samme profilen etter 9 måneder i sjø gav en klassifiseringspresisjonen på 92.5% i snitt.

Ved innsamling av referansemateriale en gang pr måned de to første månedene, deretter hver 3.-4. måned fram til slakt forventes det å kunne holde klassifiseringspresisjon på >90% gjennom hele produksjonen. Dette er på høyde med den opprinnelige presisjonen mellom grupper i settefiskanlegg.

Det må jobbes videre for å oppnå bedre presisjon for enkelte grupper med sjøvannsinnblanding. Mulige forbedringer kan være metoder som er uavhengige av tidspunkt for utsett, for eksempel analyser fra senter og ut mot kanten, eller forholdstall mellom ulike isotoper av samme grunnstoff.

Resultatene fra den simulerte rømmingen viser at metoden kan brukes ved oppklaring av en rømmingssituasjon. Fisk i en gruppe beholder en felles ferskvannprofil etter ett år i sjø, og det er mulig å luke ut fisk som ikke hører til den konkrete rømmingen som undersøkes.

Sjøvannprofilen kan gi ytterligere informasjon om den rømte gruppen, og i tillegg kan en benytte ytterkant av skjellet til å skille mellom lokaliteter.

Angående presisjon knyttet til en simulert rømming med innsamling av skjell fra seks matfiskanlegg (11 grupper): Kryssvalideringen gav en medianpresisjon på 94.2% (88.2-97.2%) for grupper som hadde stått på ferskvann i settefiskanlegget, og tilsvarende 72.4% (48.9-82.5%) for grupper med sjøvannsinnblanding.

Innledende resultater fra forsøk med tilbakeføring av fisk til ferskvann indikerer at metoden også kan benyttes for nylig rømt fisk som har returnert til elv. Resultatene etter en måned i ferskvann viser at profilen er gjenkjennelig når en sammenlikner mot den siste tiden i sjø. Dette, sammenholdt med den gode stabiliteten fra 9 til 12 måneder i sjø (>90%), indikerer at metoden gir god presisjon for nylig rømt fisk også når den har returnert til elv.

Veterinærinstituttet har videre gjort statistiske analyser som viser at en for hver gruppe av fisk som en ønsker å ha en referanseprøve av, trengs 3 skjell av 17 fisk, dvs. ca 51 skjell som skal analyseres. Det er relativt avansert statistikk som ligger bak en del av de vurderinger som gjøres, og det er en utfordring rent pedagogisk å sette seg inn i for ikke-statistikere. De statistiske metodene for grunnstoffanalysene er klassifiseringsmetoder, og skiller seg fra klassisk deskriptiv statistikk.

Oppsummert:

Hovedresultatet fra undersøkelsene så langt er at en kan skille mellom settefiskanlegg og mellom lokaliteter i sjø når en har tilstrekkelig referansemateriale. Det bør samles inn referansemateriale

jevnlige gjennom produksjonsfasen. I tillegg bør det samles inn et eget referansemateriale i forbindelse med større rømminger.

12.7 Merverdi ved sporing basert på SDG-kombimetoden.

Et sporingssystem basert på SDG-kombimetoden kan bidra til fordeler for ulike interessenter, positivt omdømme eller en bedre opplevelse fra marked eller sluttbruker.

Eksempler på merverdi kan være:

- Innsamling av skjell fra all fisk (vill og oppdrettet) som er funnet/fanget i elv og sjø kan gi økt kunnskap og bedre grunnlag for forskning på villaks og på interaksjon vill/oppdrett.
- Frikjenne bestemte anlegg ved å utelukke rømming fra disse.
- DNA analyser kan bidra til å oppdage tyveri av fisk eller avsløre fisk på verdensmarkedet som «seiler under falsk flagg».
- Skjellanalyser kan gi indikasjoner på om fisken har rømt som ung eller voksen.
- Mer informasjon om forholdet vill/oppdrettet laks i elver kan bidra til å iverksette tiltak om utfisking på et tidlig stadium.

12.8 Utfordringer knyttet til SDG-kombimetoden

Det er ulike utfordringer ved SDG-kombimetoden:

- Alle avlssystemene må være en del av metoden for at all foreldrefisk skal bli registrert (gode databaser for DNA som gjøres tilgjengelig for sporingsformål)
- Ved alle lokaliteter (settefisk og sjølokaliteter) må det gjennom hele produksjonssyklusen inntil slakting, tas ut skjellprøver som referansemateriale (komplett skjellarkiv).
- Ved rømming fra sjølokalitet de første dagene etter utsett, er en avhengig av gode logistikkregistreringer (gjelder inntil første referansprøve på sjølokalitet er tatt).
- En kan spore en rømming tilbake til settefisk- eller sjølokalitet, men det er vanskelig å avgjøre om rømmingen har skjedd fra brønnbåt eller fra oppdrettslokalitet (ansvarliggjøring av riktig part).
- En må etablere en nøytral enhet/organisasjon som administrerer og leder sporingssystemet i et langsiktig perspektiv.

12.9 Kostnad og omfang av laksesporing

Worst case scenario mhp. kostnader.

I de følgende estimatene tar vi utgangspunkt i hvor mange laks som årlig teoretisk kan være aktuelle for analyse.

Klassisk visuell skjellanalyse av all laks som årlig fanges i naturen i Norge, betyr at teoretisk må alle som fanger eller finner fisk i naturen ta en skjellprøve, legge den i en skjellkonvolutt og sende den inn til analyse på et laboratorium. Det skal ikke tas skjellprøve av fisk som fanges ifb. med gjenutsetting (catch & release) av hensyn til faren for å skade fiskens hudorgan/slimlag og økt stress som følge av mer håndtering av fisken ved prøveuttak.

Hvor mange kan vi maksimalt få inn til klassisk skjellanalyse?

Tallmateriale må anslås grovt:

SSB 2015	106 000 avlivet fra elv
	56 000 avlivet fra sjø

Anslag på hvor mange som teoretisk maksimal kan komme inn til klassisk skjellanalyse:

Vi skal ikke ha med gjenfangstfisk (catch and release, C&R).

Det må antas store mørketall (fisket/fanget antall fisk som av ulike årsaker ikke oppgis).

- Sjøfisket avlivet kan være ca. 75 000, vi setter 100 000 som maks antall fisk det tas skjell fra.
- Fritidsfisket tar inn ca. 115 000, økende grad er C&R, vi setter 100 000 som maks fisk det tas skjell fra.

	<i>Teoretisk maks. antall fisk det blir tatt skjellprøver av.</i>
<i>Sjøfiske</i>	<i>100 000</i>
<i>Fritidsfiske</i>	<i>100 000</i>
	<i>200 000</i>

Det maksimale antallet skjell inn til analyse setter vi til 200 000.

DNA-genotyping av de som blir klassifisert som oppdrett (case-skjell).

Av disse 200 000 skjellene anslår vi at det maksimalt vil være 6000 skjell som klassifiseres som oppdrett, og som en dermed skal gjøre en DNA-genotyping på.

Det maksimale antallet DNA-genotyping av case-skjell setter vi til 6000.

Grunnstoffanalyser

Kostnadene er knyttet til opprettelse av et skjellarkiv og drive kontinuerlig innsamling av skjell fra alle lokaliteter for å ha referanseskjell. Til selve lab-analysen er kostnaden knyttet til løpende utgifter ved å etablere en instrumentpark/personell/ha beredskap/kompetanse til å foreta analyser når det blir etterspurt ved behov for sporing.

For å drive et laboratorium med disse oppgavene, antas en kostnad på ca. NOK 15 mill.

Totalkostnader

Kostnadsanslagene er ikke nøyaktige (f.eks store analysevolumers effekt på pris pr analyse), men tilstrekkelig til å illustrere et kostnadsbilde.

Kostnadselement	Kostnad	Kommentar	Totalt pr år NOK
Kostnader ved selve merket.	0		0
Kostnader ved merkingen (etablering av identitet).	10 øre pr. rognkorn	400 millioner rognkorn pr år. Kostnad hos avlsselskapene: Foreldre – avkom DNA genotyping. Drift av Databaser med DNA-profiler og info om rognmottakere.	40 mill
Tilpasning av logistikk i verdikjeden.	0	Noe tilpasninger hos avlsselskapene er tatt høyde for i rognprisen nevnt over.	0
Avlesing av merke hos	Kr 100 pr fisk.	Klassisk skjellanalyse av max.	20 mill

fanget/funnet fisk fisk.	Kr 250 pr fisk	200 000 fanget/funnet fisk. DNA-analyse av 6000 case-fisk.	2 mill
Etablering og drift av skjellarkiv og databaser.		Årlig drift. Innsamling av referansemateriale, drift av skjellarkivet, drift av database, lab.kostnad for alle grunnstoffanalysene dvs også ved sporingstilfeller.	15 mill.
Administrasjon og ledelse av sporingssystemet		1-2 årsverk	2,5 mill.
Uttak av referanseskjell (arbeid, forsendelse)		9900 prøveuttak á kr. 800 ved gruppestørrelse på 200 000.	6,5 mill.
Totalkostnader		Med basis i 330 mill. settefisk	86 mill.
		Omregnet med årsproduksjon på 1,3 mill t. HOG.	6,6 øre pr. kg. HOG

Figur 25 Tabell som viser kostnadselementer for SDG-kombimetoden.

Prisene for DNA-analyser er satt til 250 kr/analyse (Effekt av stort volum kan gi lavere pris).
Prisene for klassiske skjellanalyser settes til kr 100,- (Her er normalprisen i dag ca 50% høyere, men vi påregner automatisering og lavere pris).

Til administrasjon og ledelse av sporingssystemet, dvs å ha avtaler med de som bidra med informasjonen, foreta matchingen, lede sporingsanalyse/aksjon, bistå FoU-institusjonene med materiale, initiere metodikkutvikling, vurdere ny metodikk og effektivisering og bidra til akkreditering av undersøkelser, kreves administrative ressurser anslagsvis 1-2 årsverk. Den anbefales etablert hos en aktør som har stor legitimitet hos næringsaktører, villaksinteresser og forvaltning.

Kostnader knyttet til uttak/prøvetaking av referanseskjell på oppdrettslokalitetene, og forsendelse av disse til laboratorium, har vi stipulert slik:

- En forutsetter ett prøveuttak på settefisklokalitet og 5 på sjølokaliteten pr generasjon. Tilsammen 6 prøveuttak pr. generasjon.
- En antar gruppestørrelser på 200 000 fisk. Med antatt totalt utsatt fisk i næringen på 330 mill. (2016 tall) gir dette 1650 grupper.
- Dette gir 9900 prøveuttak. Med en stipulert kostnad på kr. 800 pr. prøveuttak (prøveuttak av skjell tas samtidig med ordinær driftsoperasjon/luetelling og inkluderer klargjøring for forsendelse, forsendelse og journalføring), gir dette en totalkostnad for oppdrettsnæringen på ca kr. 8 mill. pr. generasjon. (omregnet ca. kr. 6,5 mill. pr år).

Totalkostnaden på 86 mill. kan fordeles på en årsproduksjon av laks på ca. 1,3 mill tonn HOG (2016). Dette utgjør da ca. 6,6 øre pr. kg HOG laks.

13. ANBEFALT SPORINGSSYSTEM

Strategiske anbefalinger

Det er til nå ikke presentert ett enkelt merkesystem som også gir sporing jfr mandatet. Vi foreslår en kombinasjon av merkesystemer som til sammen gir sporing på visse forutsetninger. Denne kombimetoden krever ikke bruk av ytre merker, og det stiller heller ikke krav til å tilpasse logistikken i produksjonen, unntatt på rognstadiet. Det er ingen negative dyrevelferdsaspekter ved metoden, vi tilfører ingen substanser til fisken og det er ingen negative mattrygghets eller markeds-effekter knyttet til sporingsmetoden.

Vi foreslår å kombinere de tre metodene

- Klassisk visuell skjellanalyse: Av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.
- DNA foreldre-avkom genotyping: Av all distribuert rogn til oppdrett.
- Grunnstoffanalyse i skjell: Bare ved mistanke, dvs. når sporing skal gjennomføres.

Prinsipielt kan kombinasjonen beskrives slik:

- En kan skille vill/oppdrett med klassisk visuell skjellanalyse.
- Ved å kombinere de to metodene DNA foreldre-avkom-genotyping og Grunnstoffanalyse i skjell, kan en oppnå sporing tilbake til sjølokalitet eller settefiskanlegg.
- DNA foreldre-avkom genotyping vil redusere antall mulige lokaliteter (kandidater) det kan være rømt fra, mens Grunnstoffanalyse-metoden benyttes for å skille mellom disse kandidatene.

Organisatorisk

De organisatoriske utfordringene ligger i å etablere innsendelse av skjell til høy-kapasitets klassisk visuell skjellavlesning, benytte databaser med informasjon om DNA-profiler fra rognleverandørselskapene, og å organisere innsamling av referanseskjell for oppbygging av et skjellarkiv til grunnstoffanalysene.

Etablering av systemer for identitet, analyser og referansemateriale:

1. Av all fanget/funnet fisk i elv eller sjø.

-En etablerer et system der det er enkelt for alle som fanger/finner fisk i elv eller sjø å sende inn en skjellprøve for klassisk visuell skjellanalyse til et laboratorium med stor kapasitet som kan gi et raskt svar. Slik skiller en vill og oppdrettet fisk. Et slikt system har siden 2011 år vært praktisert gjennom et samarbeidsprosjekt i Trøndelag mellom Salmar og Elvene Rundt Trondheimsfjorden (ERT), som er et prosjekt ved Veterinærinstituttet Trondheim.

2. Av all distribuert rogn til oppdrett.

-En etablerer et system der alle avssystemene sørger for å DNA-genotype unike foreldrekombinasjoner slik at avkommet (rognbatcher) får en DNA-profil som lagres i en database sammen med info om mottaker (settefiskanlegg). Et slikt system er allerede etablert kommersielt gjennom eksisterende aktører.

3. Skjellarkiv fra alle lokaliteter/settefiskanlegg. Grunnstoffanalyser bare ved sporingsaksjon.

-En etablerer et system for innsamling og arkivering av referanseskjell fra alle sjølokaliteter og alle settefiskanlegg. Dette arkivet inneholder skjell, men skjellene analyseres ikke før det er et konkret sporingstilfelle. Et slikt system er etablert i et samarbeidsprosjekt (FarmSalmTrack-prosjektet (VI-rapport 5-2017) utført i ved Veterinærinstituttet Trondheim: SalMar, Marine Harvest og Lerøy Seafood tok i 2014 et initiativ til en utprøving av denne metoden for å spore oppdrettsfisk.

Det kreves 1-2 årsverk til selve administrasjonen av sporingssystemet:

- ha avtaler med de som bidrar med informasjonen
- foreta matchingen
- lede sporingsanalyse

- bistå FoU-institusjonene med materiale
- initiere metodikkutvikling
- vurdere ny metodikk og effektivisering
- bidra til akkreditering av undersøkelser

Den anbefales etablert en administrativ enhet hos en aktør som har stor legitimitet hos næringsaktører, villaksinteresser og forvaltning. Det ser ut til at Veterinærinstituttet har fylt deler av denne rollen i noen prosjekter til nå på en god måte og kan være denne aktøren. Det er også mulig å opprette en stiftelse med spesifikke oppgaver (slik det er gjort med stiftelsen OURO som ivaretar organiseringa av utfisking i elver) som administrativt organ for et sporingssystem.

Anbefaling:

En bør satse på en strategi uten bruk av ytre merke.

Kombinasjon av tre merkemetoder (SDG-kombimetoden), gir mulighet for å oppfylle sentrale kriterier for en god sporingmetode.

En har høstet praktiske erfaringer med metodene hver for seg de siste år som er meget lovende, men det gjenstår å etablere en forsøksordning for sporing basert på kombinasjonen av de tre metodene.

Havbruksnæringa bør gå sammen om å utvikle en organisatorisk enhet som leder dette arbeidet.

VEDLEGG 1 FORKORTELSER

FHF	Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond
FHL	Fiskeri- og Havbruksnæringens Landsforening (nå Sjømat Norge)
VKM	Vitenskapskomiteen for mattrygghet
NMT	North West Marine Technology
DNA	Deoksyribonukleinsyre, viktigst kjemiske bestanddel i arvematerialet
SDG	Skjell DNA Grunnstoff (benevnelse på kombimetode for merking og sporing)
CWT	Coded Wire Tags
NINA	Norsk Institutt for Naturforskning
HI	Havforskningsinstituttet
VI	Veterinærinstituttet
PIT	Passive Integrated Transponder (RFID chip)
RFID	Radio Frequency Identification
ID	Identifikasjon
VIE	Visual Implant Elastomer (silikonbasert materiale i selvlysende farger)
SSB	Statistisk Sentralbyrå
SMS	Short Message Service
SNP	Single Nucleotide Polymorphism, forskjell på en bestemt posisjon i arvestoff, uttales snip
C&R	Catch and release, fiske ved at fisken slippes ut i vannet igjen etter fangst.
OURO	Oppdrettsnæringens sammenslutning for Utfisking av Rømt Oppdrettsfisk (stiftelse).