



Rømmingssikring av settefiskanlegg for laksefisk

En studie av dagens teknologi og
nye alternativer for å hindre rømming

A decorative blue wavy line that spans across the width of the page, positioned below the title and subtitle.

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Rømmingssikring av settefiskanlegg for laksefisk. En studie av dagens teknologi og nye alternativer for å hindre rømming	Løpenr. (for bestilling) 5857-2009	Dato 16.02.10
	Prosjektnr. Undernr. 27478	Sider Pris 38
Forfatter(e) Anders Jøn Fjellheim, NIVA Fisk og Akvakultur Jo Arve Alfredsén, Institutt for teknisk kybernetikk NTNU Trond Rosten, NIVA Fisk og Akvakultur Henning André Urke, NIVA Fisk og Akvakultur Åse Åtland, NIVA Fisk og Akvakultur	Fagområde Akvakultur	Distribusjon Fri
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges Forskningsråd, finansiert gjennom FHF-fondet (Prosjektnummer 900048)	Oppdragsreferanse 184679 (NFR)
--	-----------------------------------

Sammendrag

I 2008 ble det innført krav om at alle landbasert akvakulturanlegg skulle ha sekundær sikring av avløp. Målet for dette prosjektet har vært en gjennomgang av dagens systemer for rømmingssikring av settefiskanlegg, identifisere kritiske faktorer og en vurdering av hvilke metoder som egner seg best for videreutvikling. Resultatene viser at av de anleggene som hadde installert sekundær rømmingssikring, benyttet samtlige mekaniske barrierer. Ingen av disse anleggene hadde systemer for oppsamling av store mengder fisk fra den mekaniske sekundærsperreren. Vi har pr. i dag ikke oversikt over hvor mange av anleggene som har gjennomført områdesikring, men ser dette som et svært viktig supplement til sikring av avløpene. Vi anbefaler at det utvikles klare retningslinjer fra myndighetene om hva som kreves når det gjelder mekanisk sikring/områdesikring. Basert på vår gjennomgang er det klart at bruk av elektrisk strøm vil kunne være et supplerende tiltak for å hindre at levende fisk slipper ut fra et anlegg. Videre ser vi det som svært viktig at det gjøres uavhengige tester av dagens mekaniske alternativer til rømmingssikring, og at fiskevelferdsmessige forhold inkluderes i disse testene.

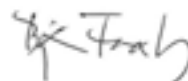
Fire norske emneord 1. Akvakultur 2. Laks 3. Rømt oppdrettslaks 4. Rømmingssikring	Fire engelske emneord 1. Aquaculture 2. Atlantic salmon 3. Escape of farmed salmon 4. Escape barriers
--	---



Åse Åtland
Prosjektleder



Trond Rosten
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

NFR Havbruksprogrammet

Rømmingssikring av settefiskanlegg for laksefisk

**En studie av dagens teknologi og nye alternativer for
å hindre rømming**

Prosjekt nr. NFR: 1846

FHF-fondet Prosjektnummer 900048

Forord

Målet for dette prosjektet har vært å gjøre en gjennomgang av dagens systemer for rømmingssikring av settefiskanlegg for laksefisk, identifisere flaskehalser og forsøke å identifisere hva som egner seg best for videreutvikling.

Partnere i arbeidet har vært NIVA og Institutt for teknisk kybernetikk ved NTNU. I tillegg har oppdrettere fra en rekke selskaper bidratt med data gjennom anleggsbeøk og bidrag i en spørreundersøkelse.

Prosjektet er 100% finansiert gjennom Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF-fondet).

Vi håper rapporten vil være nyttig i det videre arbeidet med å hindre rømming fra settefiskanlegg for laksefisk.

Bergen, 19. februar 2010

Åse Åtland

Sammen drag

I 2008 ble det innført krav om at alle landbasert akvakulturanlegg skulle ha sekundær sikring av avløp, og i den anledning ble det stilt spørsmål både fra næring og forvaltning i forhold til praktisk implementering og ikke minst kostnader knyttet til dette. Målet for dette prosjektet har vært å gjøre en gjennomgang av dagens situasjon og systemer for rømmingssikring av settefiskanlegg for laksefisk, identifisere kritiske faktorer og gi en vurdering av hvilke metoder som egner seg best for videreutvikling.

Vi har valgt en tilnærming med nær kontakt med næringen i gjennomføringen av prosjektet. Dette er gjort gjennom anleggsbesøk og spørreundersøkelser for å identifisere dagens situasjon, samt en gjennomgang av litteratur og tilgjengelig kunnskap om bruk av elektrisk strøm som alternativ til mekanisk rømmingssikring.

Resultatene viser at det er stor variasjon på utformingen av anleggene. Det er viktig å merke seg at blant de anleggene vi undersøkte varierte antall avløpsrør fra ett til seks med dimensjoner fra 315 til 900 mm. Resultatene av vår spørreundersøkelse viste videre at av de anleggene som hadde installert sekundær sikring, hadde samtlige benyttet mekanisk sikring, og stort sett egenproduserte løsninger. Ingen av disse anleggene hadde systemer for oppsamling av store mengder fisk fra den mekaniske sekundærspærren.

Så vidt vi er kjent med eksisterer det per i dag to ”ferdige” systemer for sekundær sikring; disse forhandles av Artec Aqua og Unik Filtersystem, men var i 2009 ikke tatt i bruk i de anleggene som deltok i vår undersøkelse. Begge disse systemene inkluderer oppsamling av fisk i kar, og inkluderer også alarm om det kommer fisk i avløpssystemet. Ingen av de systemene som var i bruk på anleggene vi intervjuet hadde slike alarmsystemer. Vi har pr. i dag ikke oversikt over hvor mange av anleggene som har gjennomført områdesikring, men ser dette som et svært viktig supplement til sikring av avløpene fra settefiskanleggene.

Slik situasjonen er i dag er det derfor en rekke ulike løsninger, og vi ser det som sentralt i det videre arbeidet at det utvikles klare retningslinjer om hva som kreves når det gjelder mekanisk sikring/områdesikring, og at en også får mulighet til å teste effekten av de ulike tiltakene.

Basert på vår gjennomgang er det klart at bruk av elektrisk strøm vil kunne være et tiltak for å hindre at levende fisk slipper ut fra et smoltanlegg. Vi mener at bruk av strøm kan vurderes videre på tre måter:

- Som en siste (trippel?) sikring dersom alt annet skulle feile for å være sikker på å unngå at rømt oppdrettsfisk kommer levende ut i sjø eller vassdrag,
- Som en velferdsmessig sikkerhet dvs. at en unngår at fisk lider ved at de trenges sammen i en sekundærkumme før de tas hånd om av personell på anlegget.
- Som et ekstra sikringstiltak for anlegg som er tenkt lokalisert i områder med spesielt vern

Videre ser vi det som svært viktig at det gjøres uavhengige tester av dagens mekaniske alternativer til rømmingssikring. Dette gjelder både det som er på markedet i dag, og det som måtte komme i fremtiden. Slik testing bør omfatte både sikkerhet/effektivitet og dokumentasjon av fiskevelferdsmessige forhold også i de tilfellene der fisk fra et helt kar kommer i avløpet samtidig. Slike tester vil også danne grunnlag for å vurdere om det er nødvendig å gå videre med bruk av elektrisk strøm som et supplement til de eksisterende ordningene.

Summary

Title: Safeguarding against escape of fish from land-based salmonid hatcheries

Year: 2010

Authors: Anders Jøn Fjellheim, Jo Arve Alfredsen, Trond Rosten, Henning André Urke, Åse Åtland

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-82-577-5592-8

In 2008, a new regulation was introduced in Norwegian smolt farming. It was set as a requirement that all land-based aquaculture facilities should have secondary escape barriers. The objective of this project has been to make a review of the current situation and escape barriers in freshwater production to identify critical issues and provide an assessment of the methods most suitable for further development.

We have chosen an approach which included close contact with the industry in the implementation of the project. This is done through site visits and surveys to identify the current situation as well as a review of the literature and available knowledge about the use of electricity as an alternative to mechanical escape barriers.

The results show that there is great variation in the design of the freshwater smolt production facilities. It is important to note that among the sites we examined the number of discharge outlets varied from one to six pipes with dimensions from 315 to 900 mm. Furthermore, the results of our survey showed that among the sites that had installed secondary escape barrier, all of them had used a mechanical barrier, and most of the self-produced solutions.

As far as we are aware, there are currently two prefabricated systems for secondary escape barriers; those manufactured by Artec Aqua and UniK filter systems. In 2009 none of the companies we included in our survey used these systems. Both these systems include the collection of escaped fish in tanks, and also include an alarm if there is fish in the discharge pipe. None of the systems that were in use at the facilities we interviewed had such alarm systems.

As the situation is today, a variety of solutions is implemented, and we see it as central for the future to develop clear guidelines regarding what is required, and also that the to test various measures can be tested.

Based on our review, it is clear that the use of electricity could be a measure to prevent escape of live fish from land-based production facilities. We believe that the use of electricity can be evaluated further in three ways:

- As a last (triple?) barrier if everything else were to fail to be sure to avoid that live fish escapes to freshwater systems or the sea
- As a fish welfare measure, i.e. one avoids that the fish suffer by being clumped together on a mechanical escape barrier before they are taken care of by the personnel at the facility.
- As an extra safety measures for facilities that are located in areas with special protection

Furthermore, we see it as very important that independent tests are carried out to evaluate the current mechanical alternatives for escape protection. This applies both to what is on the market today, and what is to come in the future. Such testing should include both the effectiveness and also documentation of fish welfare-related. Such tests will also form the basis for assessing whether it is necessary to proceed with the use of electricity as a supplement to mechanical escape barriers.

Innhold

Sammendrag	4
Summary	6
1. Generelt om rømming fra settefiskanlegg	9
1.1 Dobbel rømmingssikring- aktuelt regelverk og definisjon	11
1.2 Typiske risikosituasjoner	12
2. Metoder	13
3. Resultater av spørreundersøkelsen	14
3.1 Anleggsdimensjoner	15
3.2 Installasjon av dobbel rømmingssikring-status	17
3.3 Kostnader ved dagens teknologi på rømmingssikring	19
4. Mekanisk rømmingssikring	20
4.1 Eksisterende løsninger for sikring av avløpsrør	20
4.2 Områdesikring	22
4.3 Transport og rømmingssikring	23
4.4 Rømmingssikring og resirkulering	24
5. Elektrisk strøm som alternativ eller supplement til mekanisk rømmingssikring	25
5.1 Generelt om elektrisitet i vann	25
5.2 Fiskens fysiologiske reaksjoner på elektrisitet	28
5.3 Muligheter og begrensninger ved bruk av elektrisitet som rømmingssikring	32
5.4 HMS utfordringer ved bruk av elektrisk strøm	33
5.5 Vurdering knyttet til kostnader ved bruk av elektrisk strøm	34
6. Oppsummering og diskusjon	34
6.1 Deteksjon av rømming og kvalitetskontroll av tiltakene	34
6.2 Utfordringer med dagens mekaniske løsninger	35
6.3 Bruk av elektrisk strøm	36
6.4 Fiskevelferdsmessige krav	36
6.5 Regelverk	37
7. Litteraturreferanser	38

1. Generelt om rømming fra settefiskanlegg

Den offentlige utredningen ”Til laks åt alle kan ingen gjera?” (NOU 1999:9) slo fast at laksen har vært på tilbakegang i Norge gjennom flere tiår. Denne tilbakegangen skyldes en kombinasjon av naturlige og menneskeskapte faktorer, hvorav effekter av rømt oppdrettslaks på ville bestander er én av disse faktorene.

Sægrov og Urdal (2006) fant at skjellkarakterer og tidsmessig fangstfordeling indikerer at mesteparten av den rømte oppdrettslaksen som blir fanget i det ordinære laksefisket i sjø og elv har rømt som smolt/postsmolt året før. Rapporten ”Smoltoffensiven 2007” (Osland m. fl. 2007) fra Fiskeridirektoratet konkluderte med at en burde ha fokus på smoltanleggene med både kontroll men også på kompetansebygging for å redusere rømming. Det ble videre fra arbeidsgruppen påpekt at de anså at det var i smoltanleggene at risiko- og forbedringspotensialet var størst.

En av grunnene til dette forbedringspotensialet kan delvis forklares med at historisk sett har ikke settefiskanleggene vært prioriterte kontrollobjekt for havbruksforvaltningen, fokuset har vært på matfiskanlegg i sjø. I tråd de med innføring av nytt regelverk og endret fokus har dette blitt endret de siste 3-4 årene. I dag blir landbaserte settefiskanlegg utsett for like hyppige kontroller og revisjoner som matfiskanleggene.

Registreringer som er aktuelle når det gjeld rømming av oppdrettslaks finner vi både i statistikk av innrapportert rømt oppdrettslaks og statistikk for innslag av rømt oppdrettslaks i villfiskbestanden. Statistikken over innmeldte rømminger til Fiskeridirektoratet for de to siste årene viser at rømming fra settefiskanlegg utgjorde 35,1 % og 4,6 % av antallet rømt laks i henholdsvis 2008 og 2009 (**Tabell 1**). Av antallet rømte fisk fra smoltanlegg var det en enkeltrømming som stod for 94,7 % i 2008 og 67,6% i 2009. Antallet rapporterte episoder fra smoltanlegg var på 6 både i 2008 og i 2009.

Vi har valgt en tilnærming med nær kontakt med næringen gjennom anleggsbesøk og spørreundersøkelser for å identifisere dagens situasjon samt en gjennomgang av litteratur og tilgjengelig kunnskap om alternativ rømmingssikring med bruk av elektrisk strøm.

Tabell 1. Rømming fra yngel/smoltanlegg av laks innrapportert til Fiskeridirektoratet i 2008 og 2009. Identifiseringen av rømming fra denne typen anlegg er gjort ut fra den rapporterte størrelsen på den rømte fisken (satt til < 200 gram). Kilde: <http://www.fiskeridir.no/akvakultur/roemming/oversikt-over-meldinger-til-fiskeridirektoratet-om-roemming-fra-akvakulturanlegg>

2009			
Måned	Antall rømt	Antall episoder	Vekt på rømt fisk (g)
Jan	5248	1	60
Feb	0	0	-
Mar	0	0	-
Apr	0	0	-
Mai	0	0	-
Jun	234	1	40
Jul	0	0	-
Aug	40	1	5
Sep	1100	2	4 og 25
Okt	1138	1	150
Nov	0	0	-
Des	0	0	-
SUM	7760	6	
% av totalt antall rømt laks	4.6		

2008			
Måned	Antall rømt	Antall episoder	Vekt på rømt fisk (g)
Jan	0	0	-
Feb	0	0	-
Mar	200	1	58
Apr	500	1	160
Mai	600	2	10 og 130
Jun	0	0	-
Jul	0	0	-
Aug	37500	1	55
Sep	0	0	-
Okt	790	1	10
Nov	0	0	-
Des	0	0	-
SUM	39590	6	
% av totalt antall rømt laks	35.1		

Målet for dette prosjektet har endret seg en del underveis i prosessen, men etter den siste avklaringen med FHF i slutten av november 2008, ble en enige om å gjøre en gjennomgang av dagens systemer for rømmingssikring av smoltanlegg og forsøke å identifisere hva som egner seg best for videreutvikling.

Det er verdt og merke seg at kravet om dobbel rømmingssikring også gjelder for

landbaserte anlegg for marin fisk, slike anleggstyper er utelatt i dette arbeidet

1.1 Dobbel rømmingssikring- aktuelt regelverk og definisjon

Regelverket for akvakultur følger en inndeling for henholdsvis tildelings- og driftsfase. Kravet om dobbel rømmingssikring inntrådte 1.1.2008 og er hjemlet i Akvakulturdriftsforskriften § 37, 3.ledd:

”Landbasert akvakulturanlegg skal ha egnet innretning for å hindre at fisk rømmer gjennom avløpet eller på annen måte. Innretningen skal minimum bestå av en dobbel sikring eller annen likeverdig rømmingssikring. Det må kunne dokumenteres at annen likeverdig rømmingssikring er minst like rømmingshindrende som dobbelt sikring.”

Formålet med dette påbudet er å minimalisere risiko for rømming av fisk i situasjoner hvor den primære sikringen opphører å virke. Primær og sekundær rømmingssikring i settefiskanlegg er definert i merknader til samme forskrift

”Primær sikring

.... Sikring defineres som en fysisk innretning, som funksjonsmessig forhindrer settefisk å passere. Sikringen må være fastmontert i driftsfasen. Primær sikring av avløp består for eksempel av siler i bunn av kar eller filter ved avløp.

Dobbel sikring

... En sikring kan bli ødelagt, og det kan skje uhell dersom den primære sikringen likevel oppheves i forbindelse med driftsoperasjoner. Dobbel sikring av avløp inkluderer derfor normalt en fastmontert sekundær rømmingshindring mellom silen over avløpet fra karet og utløpet til sjø, vann eller vassdrag, i tillegg til primærsikringen. For noen anlegg vil det være naturlig å benytte resirkuleringsanlegget eller filteret som skal rense avløpsvannet som et sekundært rømmingshinder. For at dette skal kunne godtas, må kummer og "filterhus" sikres med overfløingsperre som kan stoppe alle aktuelle fiskestørrelser. ”

En egen Forskrift om internkontroll for å oppfylle akvakulturlovgivningen (IK-Akvakultur) trådte i kraft 01.01.2005. Formålet med denne forskrifta er å sikre en systematisk gjennomføring av tiltak for å oppfylle akvakulturlovgivinga. Alle virksomheter som blir omfattet av forskriften skal ha utformet og innført et IK-Akvakultur system for sin bedrift. Etter IK akva har oppdretterne en plikt til å blant annet å:

- Kartlegge farer og problemer og på denne bakgrunn vurdere risiko, og utarbeide tilhørende planer og tiltak for å redusere risikoforholdene.
- Iverksette rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge overtredelser av krav fastsatt i eller i medhold av akvakulturlovgivingen

Det er således oppdretteren sitt ansvar å dokumentere at regelverket er fulgt, og at sekunder sikring er iverksatt.

1.2 Typiske risikosituasjoner

Typiske risikosituasjoner med tanke på fare for rømming i settefiskanlegg vil i første rekke dreie seg om situasjoner med flytting, sortering, vaksinerer og levering av fisk. Uhell under disse operasjonene vil i de fleste tilfelle medføre at et lite antall fisk potensielt kan rømme. Risikosituasjoner for rømming av et stort antall fisk vil være knyttet til kollaps av hele kar eller deler av kar (for eksempel silsystem).

Ved flytting, sortering, og vaksinerer av fisk blir fisken som regel pumpet med fiskepumper og flyttet i plastikkslanger. Hvis det går hull i disse slangene vil fisken havne på gulvet eller på anleggsområdet. Det vil i disse tilfellene være viktig at personell følger med og stopper operasjonen øyeblikkelig, det vil også være viktig at området og alle sluk er sikret slik at fisken ikke rømmer.

Ved levering av fisk til brønnbåt vil det være særlig viktig at flyttingen overvåkes kontinuerlig. Leveringsrøret skal også være dobbeltsikret, og dette vil kanskje være en av de viktigste operasjonene som bør dobbeltsikres. Smolt som havner i sjøen vil være tilpasset sjøvann og dermed ha gode forutsetninger for å overleve. Det er blitt mer vanlig med transport av parr, og ved avsiling av lastevann så vil fisk kunne havne i sjøen. De fleste settefiskanlegg har utløp nær elv, og i ferskvannspåvirket fjordvann med kort avstand til elv ligger forholdene til rette for at også rømt parr kan ha gode overlevelsesvilkår. Overvåkingsfiske av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Trøndelag har avdekket flere hendelser av uregistrert svinn fra settefiskanlegg gjennom innslag av oppdrettspar i elvene.

Ved kollaps av fiskekar, vil det være avgjørende at hele området er sikret i forhold til rømming av fisk. Slike hendelser vil potensielt kunne gi rømming av et stort antall fisk.

Ved kjennskap til eller mistanke om at fisk har rømt, har oppdretterne en plikt om å straks melde fra til Fiskeridirektoratet. Det er straffbart å overtre denne plikten. Oppdretter skal da rapportere detaljerte opplysninger om hendelsen; om tidspunkt, art, antall og størrelse på fisken. Fiskeridirektoratets foretar deretter i de fleste tilfellene en inspeksjon til de aktuelle anleggene.

2. Metoder

For å kartlegge status med hensyn til rømmingssikring og teknologivalg i settefisknæringen ble en spørreundersøkelse gjennomført. Spørreundersøkelsen ble utlevert til alle deltakere ved seminaret som ble holdt regi av FHL om rømmingssikring i august 2008. For å øke svaromfanget ble det i tillegg gjennomført en nettbasert spørreundersøkelse rettet mot personer med lederansvar i settefisknæringen i juni-september 2009.

Følgende spørsmål ble besvart ved anleggene som var med i undersøkelsen;

- 1) Navn på anlegg/lokalitet?
- 2) Hvor stort er anlegget?
 - Samlet produksjon:
 - Vannforbruk (m³/min, min-maks):
 - Antall/størrelse på kar:
- 3) Hvor mange avløpsrør er det fra anlegget og hva er dimensjon på disse?:
- 4) Hvilken type produksjon driver anlegget (0-åring, 1-åring)?
- 5) Oppgi vannkilde og resipient for anlegget:

TILTAK FOR DOBBEL RØMMINGSSIKRING

- 6) Oppgi valg av metode for dobbel rømmingssikring og begrunnelse for valg i ulike avdelinger
- 7) Ble denne jobben gjort internt eller ved bruk av ekstern hjelp?
- 8) Er det innført dobbel rømmingssikring i alle avdelinger og under aktuelle driftsoperasjoner?
- 9) Oppgi totale kostnader estimert å bruke på tiltak for å tilfredsstille krav om dobbel rømmingssikring.
- 10) Oppgi faktiske kostnader relatert til dobbel rømmingssikring per i dag.
- 11) Er det valgt midlertidig eller permanent løsning?
- 12) Har myndighetene inspisert løsningen, og hva var resultatet av inspeksjonen?
- 13) Er du enig at dobbel rømmingssikring er et godt tiltak for å beskytte ville fiskebestander?
- 14) Har det vært tenkt på/gjennomført rensning av avløpsvannet i tilknytning til tiltak for rømmingssikring?

Totalt 25 besvarelser ble returnert og danner grunnlaget for denne gjennomgangen. Av besvarelsene var 11 fra anlegg på Vestlandet, 12 fra anlegg i Trøndelag og to fra anlegg i Nord-Norge.

Vi har også underveis i prosessen vært på flere anleggsbesøk, og også hatt kontakt med aktuell leverandørindustri innen mekanisk rømmingssikring.

I tillegg til spørreundersøkelsen har det vært gjort en gjennomgang av aktuell litteratur for å vurdere mulighetene knyttet til bruk av elektrisk strøm som alternativ eller supplement til mekanisk rømmingssikring.

3. Resultater av spørreundersøkelsen

For å kunne vurdere tiltak for rømmingssikring av settefiskanlegg er det viktig å ha et klart bilde av hvordan anleggene pr. i dag er utformet.

Mange settefiskanlegg i Norge ble bygd på midten av 80-tallet, og er siden den tid helt eller delvis oppgradert. Dette gjør at det i mange tilfeller finnes kompliserte og uhensiktsmessige røropplegg. Fiskekar er i mange tilfeller bygd på i høyden, noe som vil gjøre dem mer utsatt for kollaps. Avløpssystemene i anleggene er i mange tilfeller ikke oppgradert, selv om det som er over bakken har blitt endret. Det har vært utskiftinger av personell. Alle disse momentene vil komplisere oppgaven med å gjøre anleggene rømmingssikre.

Settefiskanlegg er delt inn i ulike avdelinger. En vanlig inndeling er klekkeri, startfôrings-, yngel-og smoltavdeling. I klekkeriet legges rogn inn, og yngel flyttes ut før den blir startfôret (~0,2 gram). Yngelen flyttes til startfôringsavdelingen der den står til den er 2-5 gram. Fisken flyttes deretter over i yngelavdelingen hvor den vokser til den er 15-25 gram. Ved denne størrelsen vil 0-åringssmolt bli sortert, og flyttet til en mørkekjøringsavdeling for å sette i gang smoltifiseringsprosessen. 1-åringssmolt er som regel 50-60 gram før den blir flyttet til mørkekjøringsavdeling (eventuelt til utekar på naturlig lys om høsten). I de siste ukene før utsett i sjø blir fisken holdt i smoltifiseringsavdelingen med 24 timers belysning for å utvikle sjøvannstoleranse. Vanlig smoltstørrelse er 60-120 gram.

Flytting av fisk vil i de aller fleste anlegg i dag skje ved bruk av fiskepumper. Fiskepumpene kobles til plastikkslanger. Fiskepumpene pumper vann og fisk gjennom disse plastikkslangene. Plastikkslangene utsettes for slitasje over tid. Hvis det går hull i disse slangene mens flytting av fisk pågår, vil fisken havne på gulvet.

Det varierer hvor ofte fisken sorteres i settefiskanlegg. En vanlig praksis er 2 sorteringer, den første ved 10-25 gram og den andre ved 40-50 gram. Når fisken sorteres, flyttes den med fiskepumper til en sorteringsstasjon og deretter tilbake til de karene for de respektive størrelsene.

Vaksinering av fisk gjennomføres hovedsakelig en gang i settefiskanlegget. Men flere og flere anlegg må vaksinere to ganger, noen vaksinere små yngel mot yersiniose, mens andre anlegg må vaksinere mot PD (pancreas disease). Vaksinering foregår ofte i etterkant av den andre sorteringen (~50 grams fisk). Ved vaksinering vil fisk flyttes med fiskepumper til en vaksineringsstasjon, og deretter tilbake til det fiskekaret den skal til.

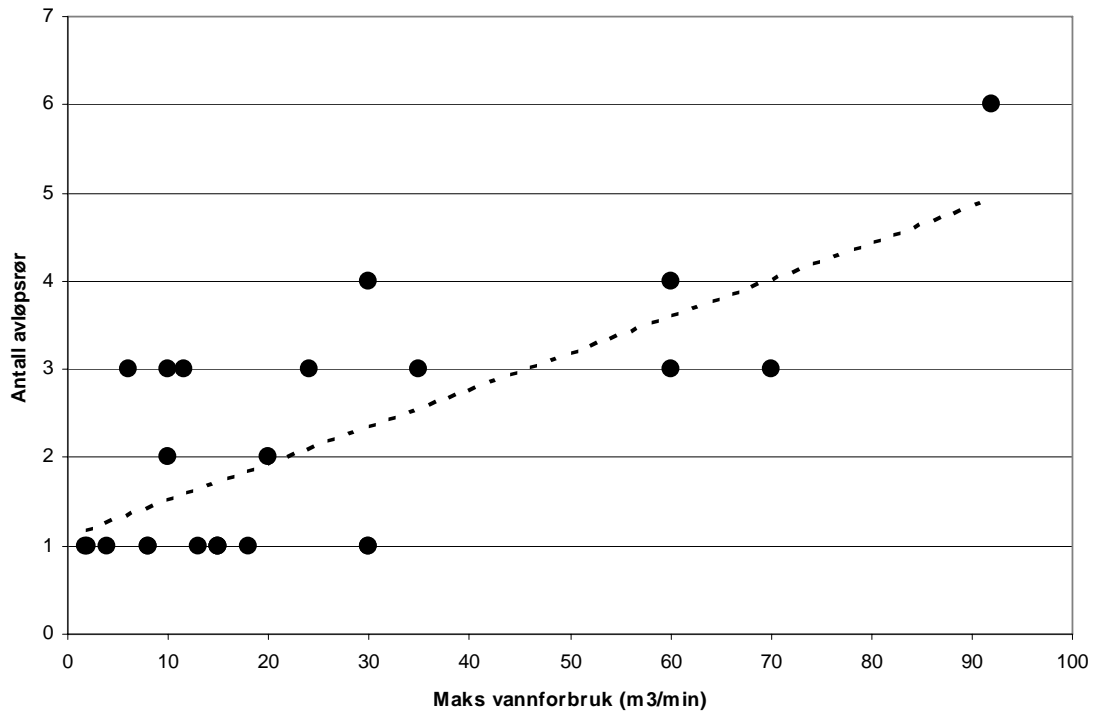
Når fisken er ferdig smoltifisert og skal leveres til sjøanlegget, blir den ved de aller fleste anlegg fraktet med brønnbåt. Smolten blir som oftest overført fra settefiskanlegget til brønnbåten ved at den pumpes med fiskepumpe i faste rørgater, eller plastikkslanger.

3.1 Anleggsdimensjoner

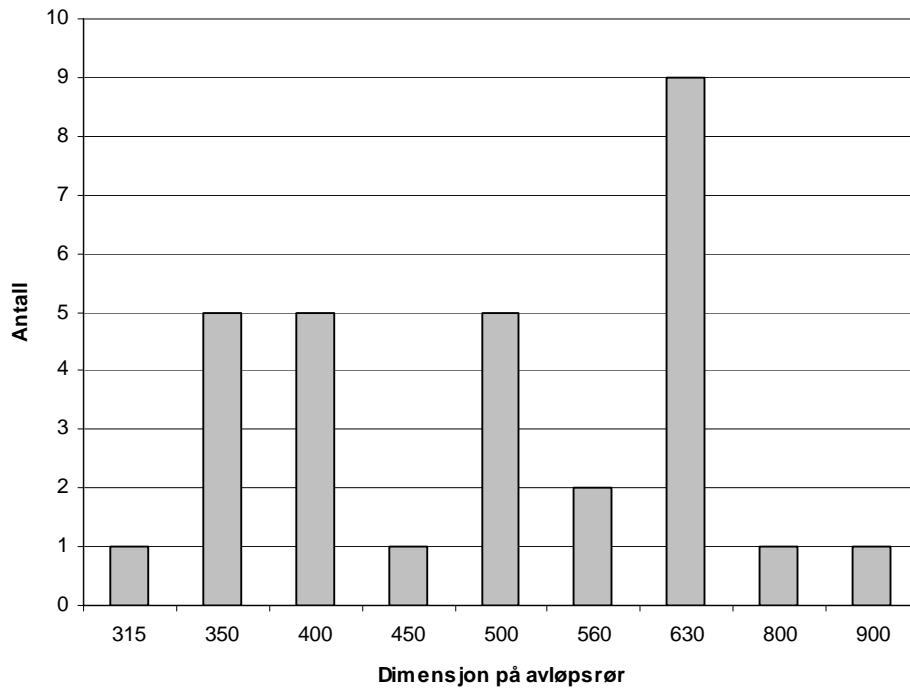
Maksimalt vannforbruk varierte fra 1,8 (resirkuleringsanlegg) til 92 m³/min (snitt 25 m³/min). Alle anlegg som svarte på undersøkelsen hadde sjø som resipient, med unntak av ett anlegg som hadde innsjø som resipient. Antall avløpsrør varierte fra 1 til 6 (**Figur 1**) og dimensjon på avløpsrør varierte fra 315 - 900 millimeter i diameter (**Figur 2**). Anleggene vil dermed stå overfor svært forskjellige utfordringer hvis sekundærsikring skal monteres på hovedavløp. Kompleksiteten på sekundærsikringen vil øke med økende vannmengde, økende antall avløpsledninger, og økende dimensjon på avløpsledninger. Eldre anlegg som ikke er bygd med tanke på sekundærsikring, vil også kunne bli nødt til å bygge en "samlekum" for alle avløp som er hensiktsmessig for formålet.

De allerede eksisterende avløpsarrangementene vil påvirke hvilke løsninger som er mest hensiktsmessige mht rømming av fisk og mest lønnsomme fra en økonomisk synsvinkel. Det vil derfor være viktig å vurdere om man bør etablere avdelingsvis rømmingssikring for å tilpasse systemene best mulig til fiskestørrelsen.

Mengden avløpsvann vil dernest påvirke dimensjonene på avløpssikringen (siloverflaten må stå i forhold til vannmengden). Hvis det eksisterer mange avløpsledninger fra et anlegg må disse enten samles og gå gjennom en felles rømmingssikring, eller rømmingssikring på monteres på alle avløpsledninger. Slik sett vil eksisterende avløpsopplegg, ønsker for avdelingsskiller samt mengde avløpsvann være viktige momenter for utformingen av sekundær rømmingssikring.



Figur 1. Antall avløpsrør i forhold til maksimal mengde avløpsvann



Figur 2. Fordeling av størrelsesdimensjon (oppsett i mm) på avløpsrør fra alle anlegg

3.2 Installasjon av dobbel rømmingssikring-status

Dobbelsikring var allerede installert på 15 anlegg, 6 anlegg hadde delvis dobbelsikring og 4 anlegg hadde ikke installert dobbelsikring. Fordelingen med hensyn til montering av rømmingssikring i store og små firma er vist i **Tabell 2**.

Tabell 2. Prosentfordeling blant store og små (<15 ansatte) firma med hensyn til dobbel rømmingssikring.

	Stort firma	Lite firma
Ja har dobbel rømmingssikring	64,3	54,5
Har delvis dobbel rømmingssikring	14,3	36,4
Nei har ikke dobbel rømmingssikring	21,4	9,1

Det er kun mekaniske innretninger som er valgt for sekundærsikringer ved anleggene som har besvart undersøkelsen. Teknologien som var brukt for dobbelsikring var følgende;

- To siler på karnivå
- Avløpsfilter som sekundærsikring (enten før varmeveksler, eller til avløpsrensing **Figur 3**).
- Sil på hovedavløp som sekundærsikring
- Akvarist i avløpskumme (**Figur 5**)



Figur 3. Avløpsfilter som sekundærsikring

Lysåpning på siler i sekundærsikringer ble ikke spesifisert av anleggene som besvarte undersøkelsen. I merknader til forskrift om drift av akvakulturanlegg §31.3 står det at lysåpning skal være tilpasset all aktuell fiskestørrelse, uten at aktuell lysåpning for ulike størrelser er nærmere angitt. De fleste anlegg har trommelfilter på avløp fra klekkeri og startfôring som sekundærsikring for den minste fisken. Det vil være en hensiktsmessig løsning å ha sekundærsikringer på avdelingsnivå, slik at sikringen kan tilpasses størrelsen til fisken i avdelingen. Hvis sekundærsikringen kun monteres på hovedavløp og dermed må tilpasses den minste fisken i anlegget, vil dette kreve meget stor siloverflate for å få igjennom nok vann (og dermed høye kostnader). Anleggene som besvarte spørreundersøkelsen hadde i all hovedsak avdelingsvis sekundærsikring.

Det vil være svært viktig at anleggene dokumenterer at sekundærsikringene fungerer som forutsatt. For å kunne gjøre dette må sikringene monteres på en måte som gjør at tilsyn og vedlikehold kan gjennomføres på en forsvarlig og arbeidsvennlig måte. Dette vil også være viktig for å fange opp feil ved primærsikringene på et tidlig stadium. Muligheter for å koble en sensor til systemet, slik at fisk som har gått gjennom primærsikringer oppdages tidligst mulig bør undersøkes. En slik løsning tilbys av Unik Filtersystem og også Artec Aqua. En slik sensor, som kobles opp mot anleggets alarmsystem, vil medføre at feil ved primærsikringer oppdages på et tidlig tidspunkt.

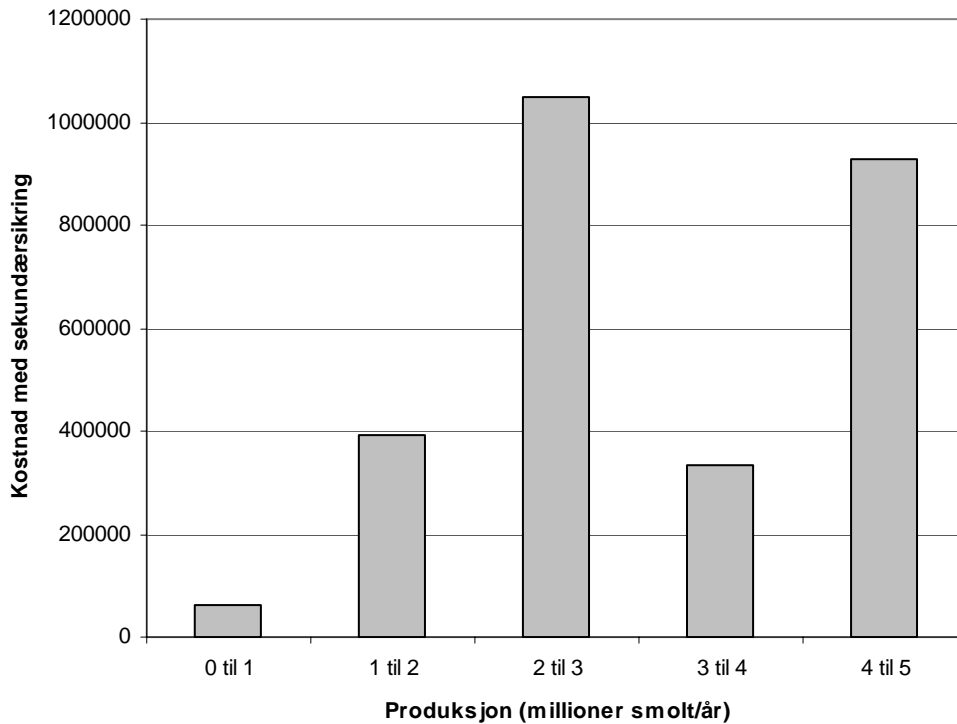
Ingen anlegg som allerede har montert sekundærsikring har gjort dette på en måte som samler opp store mengder død/levende fisk på en hensiktsmessig måte. Hvis fisk fra et helt kar kommer til sekundærsikringen, vil det være av stor viktighet at det er godt gjennomtenkt hvordan fisken skal fjernes, og at nødvendig utstyr for dette finnes på anlegget. Bruk av avløpsfilter som sekundærsikring medfører at området rundt filteret må være bygd på en slik måte at det kan holde tilbake store mengder fisk, og filteret må være bygd for å tåle belastningene store mengder fisk vil påføre filterduken. Ved montering av sil-løsninger på hovedavløp må det også tas høyde for at store mengder fisk skal kunne holdes tilbake. To kommersielle løsninger som leveres (Artec Aqua, Unik filtersystem) har tatt hensyn til dette, og disse skal kunne "holde tilbake" fisk fra et helt kar.

Forskrift om drift av akvakulturanlegg sier at det er strenge restriksjoner for å hindre spredning av smitte, og at det er forbudt å slippe fisk ut av anlegget. Dette vil dermed medføre at rømmingssikring som avliver fisken, uten å samle den opp, vil kunne komme i konflikt med bestemmelsene i forskriften både med hensyn på spredning av smitte og med hensyn til forbudet om å slippe fisk ut av anlegget. Til tross for dette vil konsekvensen av at fisk kommer seg levende ut ha en større negativ effekt på miljøet.

3.3 Kostnader ved dagens teknologi på rømmingssikring

Kostnadene forbundet med installering av dobbelsikring varierte fra 10 000 til 1,9 millioner kroner (snitt 425 000 kr) for de som allerede har installert sikring (**Figur 4**), mens for de som ikke har installert sikring varierte anslagene fra 100 000 til 6 millioner kroner (snitt 1,3 mill).

På anlegg der rømmingssikring allerede er installert vil kostnaden pr smolt dermed utgjøre i underkant av 5 øre for de anleggene som har brukt mest penger på rømmingssikring (ved 10 års avskrivningstid på installasjonen). Kostnaden ved rømmingssikring er dermed marginal sammenliknet med konsekvensene ved rømming.



Figur 4. Investeringskostnader med sekundærsikring for anlegg som allerede har satt inn sikringen, relatert til størrelsen på anlegget (produksjonen pr år). Figuren viser gjennomsnittlig kostnad for anleggene som ligger i de ulike produksjonsintervallene.

4. Mekanisk rømmingssikring

Kun ett anlegg hadde brukt ekstern hjelp for å lage sekundærsikringen, de resterende anleggene har bygd etter interne planer. At det er et nytt krav med dobbelsikring av avløp fra settefiskanlegg (fra 1.1.2008), samt at installering ofte krever lokale tilpasninger, kan ha bidratt til at utbudet av ”ferdige” løsninger syns å være lite brukt.

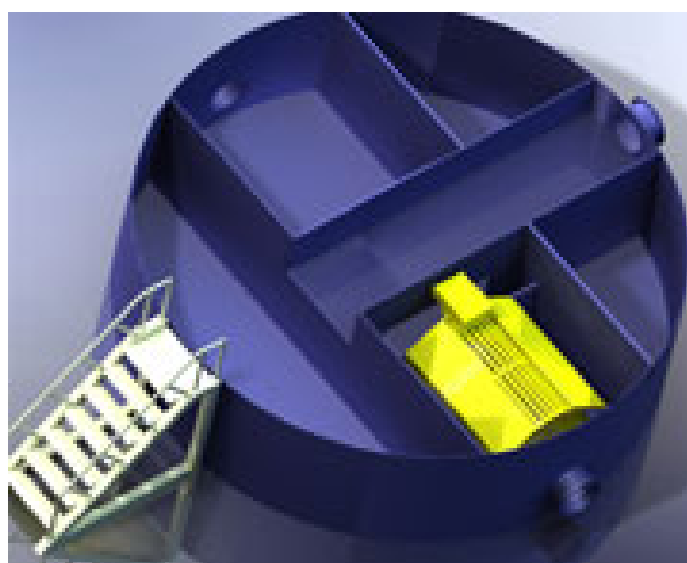
4.1 Eksisterende løsninger for sikring av avløpsrør

Unik Filtersystem og Artec Aqua (**Figur 6** og **Figur 7**) tilbyr løsninger som kan ettermonteres på avløpsrør. Disse systemene kan samle opp fisk fra et helt kar. Ingen av disse systemene var installert i kommersielle anlegg pr 21.9.09, mens et skal være i prosess med å bli installert nå i 2010. Prisen på de to ferdigløsningene kan konkurrere med det anleggene har brukt i forbindelse med dobbel rømmingssikring etter interne planer.

Det er viktig at materialer som brukes i både primær og sekundærsikringer dimensjoneres riktig. Hvis en siloverflate blir delvis dekket med død fisk, vil suget på den resterende overflaten øke betraktelig. Dette gir økt fare for kollaps av materialet i sikringen, og dermed rømming av fisk. Anleggene i denne undersøkelsen ble ikke spurt om beregninger ligger til grunn for dimensjonering av primær og sekundærsikringer, men med bakgrunn i at det ble oppgitt at interne planer lå til grunn for bygging av sekundærsikring kan det antas å være begrenset.



Figur 5. Akvarist som sekundærsikring på hovedavløp



Figur 6. Sekundærsikring som forhandles av Artec Aqua



Figur 7. Sekundærsikring som forhandles av Unik Filtersystem. Alt avløpsvannet passerer den grove filterduken og fisk som har kommet i avløpssystemet vil hindres i å rømme ved at de langsgående metallslissene fanger opp fisken og overfører den til et kar.

4.2 Områdesikring

Områdesikring er svært viktig for å hindre rømming av fisk ved kollaps av fiskekar, eller ved slangebrudd i forbindelse med pumping, sortering og levering av fisk. Blant anleggene som svarte på spørreundersøkelsen var områdesikring gjennomført med tettmasket gjerde (**Figur 8**), ved støpt betongkant og ved at karene var innendørs i haller.



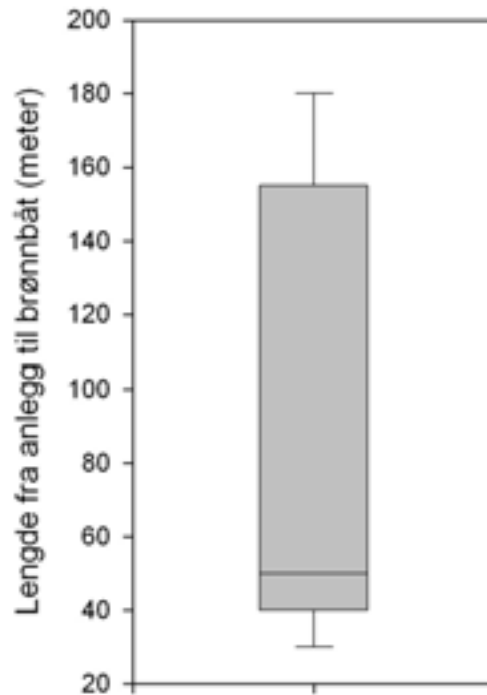
Figur 8. Områdesikring for sekundærsikring ved karbrudd og slangebrudd

4.3 Transport og rømmingssikring

Smoltoffensiven (2007) viste at det var spesielt ved levering av fisk at anleggene hadde mangler når det gjelder sekundærsikring. Det ble ikke spesifisert for anleggene i denne undersøkelsen hvordan dette var gjennomført, men det vil være av stor viktighet at sikringen ved levering er godt ivare tatt da fisken vanligvis er smoltifisert når dette skjer og dermed tilpasset et liv i sjøvann.

Transport av yngel fra settefiskanlegg til et annet settefiskanlegg vil som regel foregå ved at yngelen blir pumpet inn i tanker i transportbilen inne på anleggets område. Et slangebrudd i denne prosessen vil dermed føre til at yngel havner på golvet eller veien, men innenfor anleggets områdesikring. Slik sett vil sikring av sluk og områdesikringen i dette tilfelle hindre fisk i å rømme.

Transport av smolt fra settefiskanlegg til sjøanlegg foregår i de aller fleste tilfeller ved at smolten blir pumpet i slanger eller rør fra anlegget til brønnbåten. Det er store variasjoner i hvor langt det er fra anlegget til kaianlegget (**Figur 9**). Det finnes også anlegg som ikke har kaianlegg, her vil brønnbåten måtte fortøye ved en flytebrygge eller liknende. Sikringen av rør eller slanger fra anlegget til båten skal også være dobbel. En kontinuerlig overvåkning ved levering av fisk, samt en fast rørgate som er montert på en slik måte at fisk ikke havner i sjøen ved eventuelt slangebrudd vil være viktige faktorer for å unngå rømming.



Figur 9. Avstand fra settefiskanlegg til brønnbåt for 13 tilfeldig valgte anlegg. Boksen viser 25, 50 og 75 persentiler, viskerne viser 10 og 90 persentiler.

4.4 Rømmingssikring og resirkulering

Det vil være stor forskjell på dobbel rømmingssikring i et resirkuleringsanlegg sammenlignet med et gjennomstrømningsanlegg. I et resirkuleringsanlegg vil alt vannet fra fiskekarene gå gjennom et mekanisk filter for å filtrere ut organiske partikler. Dette mekaniske filteret vil også fungere som en sekundær rømmingssikring. Kravet i forhold til dette systemet vil da være at det kan håndtere at større mengder fisk tilføres.

I tillegg vil mye mindre vann passere inn og ut av et resirkuleringsanlegg. Eksempelvis vil et anlegg som benytter seg av 98 % resirkulering, som er vanlig i moderne resirkuleringsanlegg for laksesmolt, bruke bare 2 % nytt vann sammenliknet med et tilsvarende gjennomstrømningsanlegg. Slik sett vil en dobbel rømmingssikring som plasseres etter det mekaniske filteret trenge å håndtere små vannmengder og kostnadene ved systemet vil dermed bli tilsvarende mye lavere enn for et gjennomstrømningsanlegg.

5. Elektrisk strøm som alternativ eller supplement til mekanisk rømmingssikring

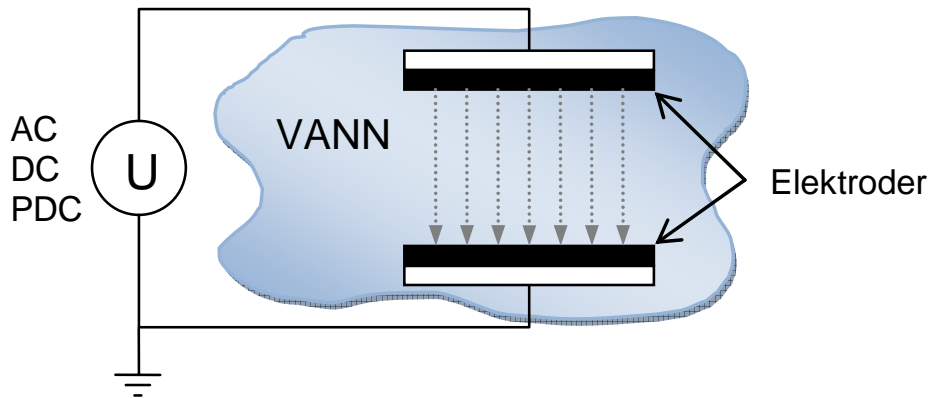
5.1 Generelt om elektrisitet i vann

Bruk av elektrisitet har blitt fremhevet som et mulig sekundært ikke-mekanisk rømmingshinder uten de samme utfordringene som passive mekaniske sperrer har i forhold til tilstopping og ettersyn/vedlikeholdsbehov. Man forestiller seg at en del av avløpet kan utstyres en enhet som gir vannet fri passasje, men som genererer et elektrisk felt i vannet som har høy nok intensitet til å immobilisere og avlive fisk som passerer gjennom enheten. Vi vil i det etterfølgende søke å klarlegge det underliggende prinsippet for en slik enhet samt diskutere fordeler og ulemper med metodikken og dens egnethet som praktisk rømmingssikring i settefiskanlegg.

Det har lenge vært kjent at elektriske felter i vann kan påvirke fisks atferd og fysiologi (Snyder 2003). Avhengig av bl.a. feltets styrke kan fisk reagere med alt fra små endringer i svømmebevegelse og orientering til sjokk og død. Den mest kjente anvendelsen av elektrisitet i vann er sannsynligvis elektrofiske, dvs. immobilisering og innfangning av fisk fra vann og vassdrag ved hjelp av elektrisk bedøvelse (elektronarkose). Det finnes også flere eksempler på bruk av elektrisitet som fiskeattraktor ved hjelp av elektrotaxis innen fiskeriene (Sternin 1976), og som utgangspunkt for ikke-mekaniske fiskesperrer f.eks. ved kraftverksinntak (Sølvberg 1977; Balchen 2000, Smith-Root 2009).

Enkelt forklart genereres et elektrisk felt i vann ved at man inkluderer vannet som en del av en lukket elektrisk krets, som vist i **Figur 10**. Spenningskilden til kretsen kan hovedsakelig være en av to grunnleggende typer; vekselspanning (AC) eller likespenning (DC). Spenningskilden kan også være pulsede varianter av de to, f.eks. pulset likespenning (PDC).

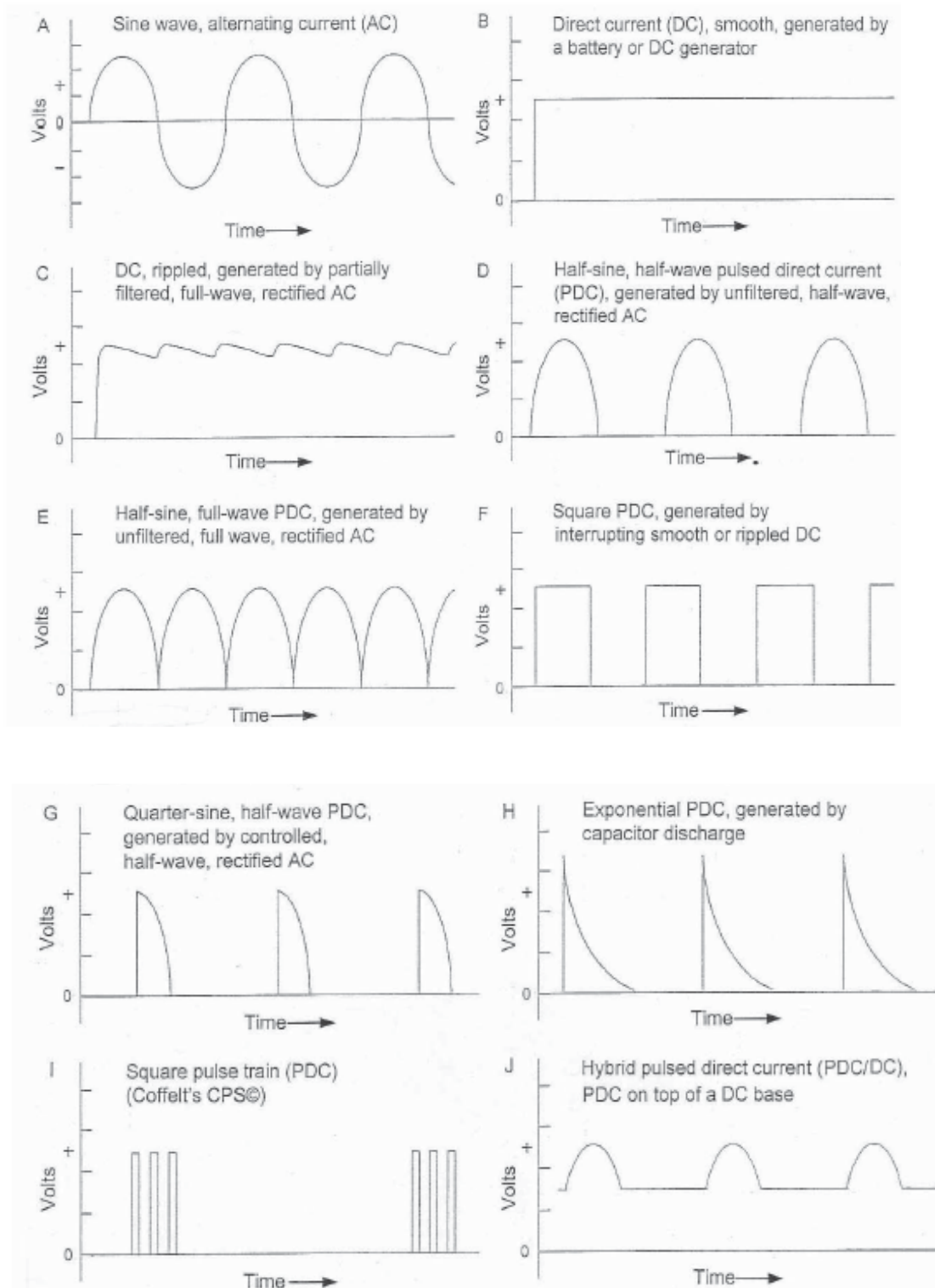
Figur 11 viser noen prinsipielle bølgeformer som brukes innen elektrofiske. Strømmen kan trekkes fra elektrisitetsnettet, generator eller batterier og kan omformes til ønskelig amplitude, frekvens og bølgeform ved hjelp av transformatorer og andre typer omformere og styreenheter for kraftelektronikk.



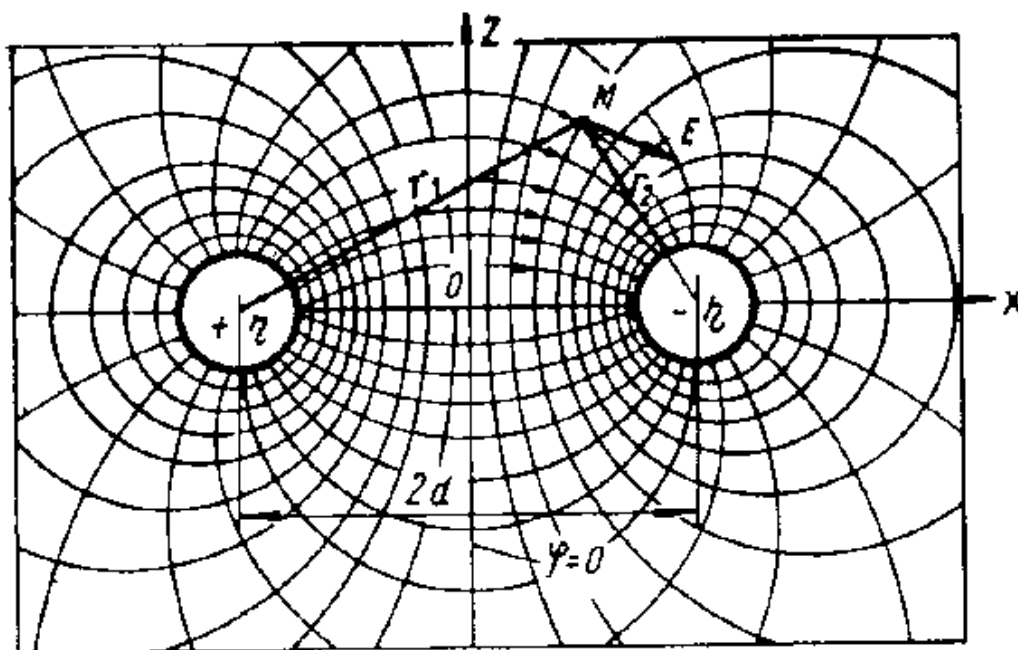
Figur 10. Prinsipiell kobling av spenningskilde til vann.

Vannet "kobles" til kretsen ved hjelp av elektroder, typisk metallegeringer som sørger for god elektrisk kontakt mellom vannet og den øvrige kretsen. Elektrodene størrelse og form er sterkt medvirkende til geometrien til det elektriske feltet som oppstår i vannet, og kan i utgangspunktet betraktes som en designparameter som kan velges ut fra hvordan man ønsker at feltet skal se ut. Vanlige elektrodeformer er kuler, rektangulære plater, disker, sylindre og stenger. Som en illustrasjon på et elektrisk felt, viser **Figur 12** tverrsnittet av feltbildet generert mellom to parallelle, idealiserte linjeelektroder, dvs. to (uendelig) lange og tynne sylindre som leder strøm med motsatt polaritet. Dette teoretiske feltet er nyttig som en approksimasjon til den praktiske situasjonen hvor elektrodene består av to lange, parallelle strømførende stenger eller kabler. For eksempel kan dette være situasjonen dersom man ønsker å sette opp et langsgående elektrisk felt i et avløpsrør fra et settefiskanlegg.

Strømmen som går i vannet mellom elektrodene er et resultat av ionetransport. Dette betyr at ledningsevnen, eller konduktiviteten γ , til vannet som elektrolytt er av stor betydning for intensiteten på feltet. Dette sees enkelt fra ligningen for feltpotensialet under **Figur 12**, hvor potensialet er omvendt proporsjonalt med konduktiviteten. Vannets konduktivitet må derfor alltid tas med i betraktningen når bruk av elektrisitet i vann vurderes. I praktiske situasjoner vil konduktiviteten til vannet variere i tid og rom og det vil forekomme grensesjikt mot andre materialer, luft og ikke minst fisk, dvs. at mediet ikke er homogent. Dette vil påvirke feltbildet betydelig og må tas hensyn til ved en eventuell realisering av en elektrisk fiskesperre.



Figur 11. Prinsipielle bølgeformer for spenningskilder brukt til elektrofiske (etter Snyder 2003).



Figur 12. Det elektriske feltet og strømlinjene som oppstår mellom to parallelle, uendelig lange og tynne sylindere (linjeelektroder) med strømtetthet $+\eta$ og $-\eta$ i et uendelig og homogent medium. Sirklene rundt elektrodene representerer ekvipotensialflatene til det elektriske feltet, dvs. flater med likt elektrisk potensial. Potensialet til et vilkårlig punkt i feltet kan i dette tilfellet uttrykkes som $\varphi = (\eta/2\pi\gamma) \cdot \ln(r_1/r_2)$ [V], der γ er konduktiviteten til mediet og r_1 og r_2 er avstanden fra punktet til de to elektrodene. Styrken til det elektriske feltet fremkommer ved å ta gradienten til potensialet, $E = -grad(\varphi)$ [V/cm]. Fortettede ekvipotensialflater indikerer stor gradient i det elektriske feltet. De kurvede linjene som går mellom elektrodene og står normalt på ekvipotensialflatene representerer linjer med konstant strømtetthet, δ [A/cm²]. (Etter Sternin, 1976).

Avhengig av elektrodematerialet, strømstyrke, strømtype og vannets egenskaper, kan spesielt anoden i kretsen bli utsatt for relativt sterk elektrokorrosjon pga. elektrolyse. Valg av elektrodemateriale må derfor tillegges spesiell vekt. Rustfritt stål, aluminium og aluminiumslegeringer er foreslått som aktuelle kandidater med et bra kost-nytte-forhold (Sternin 1976).

5.2 Fiskens fysiologiske reaksjoner på elektrisitet

Det viktigste kravet til en innretning for rømmingshinder basert på elektrisitet er at ingen fisk skal slippe levende forbi. Det betyr at rømmingshinderet må sette opp et elektrisk felt som sikrer 100 % dødelighet for all fisk av aktuell art og størrelse under de betingelsene som gjelder i et settefiskanlegg. Virkningen av elektrisitet på fiskens fysiologi og atferd er svært kompleks. De viktigste faktorene er (Sternin 1976; Snyder 2003):

- Elektrotekniske faktorer
 - type strømkilde; AC, DC eller PDC
 - styrken på strømmen (A/cm^2) og det elektriske feltet (Volt/cm)
 - frekvens, puls- og bølgeform, og virketid
 - feltets orientering relativt til fiskens orientering
- Vannets egenskaper
 - konduktivitet
 - temperatur
 - kjemisk sammensetning
 - vannstrøm
- Fysiologiske faktorer
 - art
 - størrelse
 - fysiologisk tilstand (fettinnhold, ledningsevne, alder osv.)

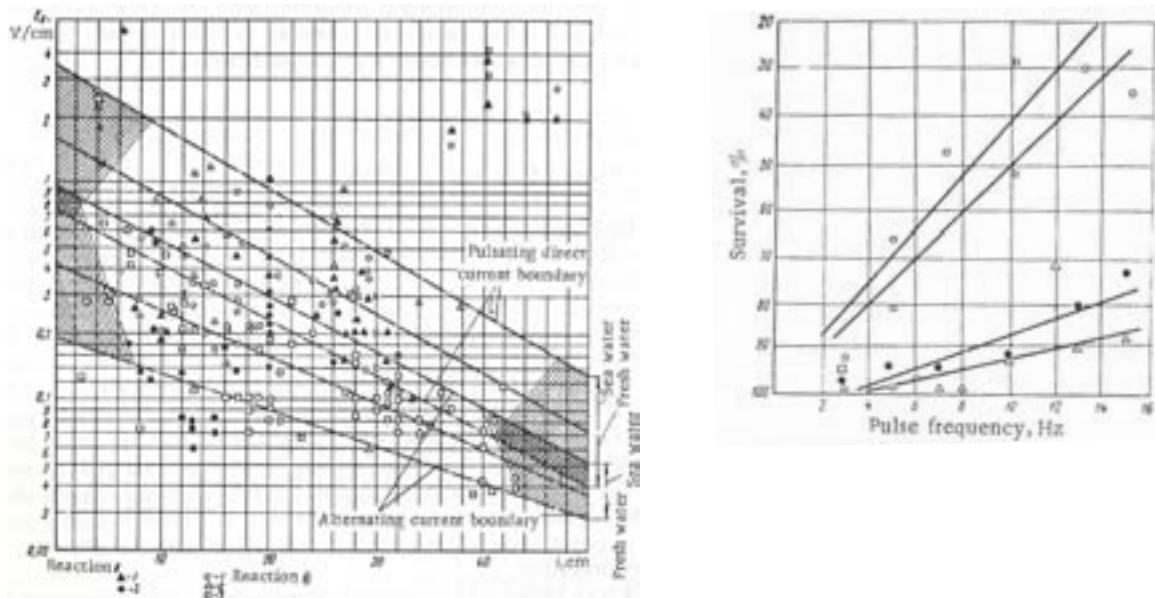
Fiskens reaksjoner på elektrisitet deles grovt sett opp i tre faser (etter økende feltstyrke) basert på observasjon av ytre kjennetegn/reaksjonsmønstre:

1. Eksitasjon – skjelving i muskulatur, fryktreaksjon, mer eller mindre desorientert svømming
2. Elektrotaxis – fisken orienterer seg med feltet og svømmer viljeløst i feltets retning
3. Elektronarkose/sjokk – tap av likevekt, kramper og full immobilisering

Ytterligere økning av feltstyrken etter fisken har nådd fase 3 vil etter hvert medføre alvorlige skader og død. Kunnskapen om bruk av elektrisitet på fisk i stor grad konsentrert om fase 1, 2 og 3 da disse er mest relevante i forhold til anvendelser som elektrofiske/bedøvelse og frastøting/tiltrekking av fisk. Bruk av elektrisitet til avliving av fisk er mindre vanlig og det finnes betydelig mindre informasjon med hensyn til valg av optimale elektrotekniske parametrene for denne anvendelsen. Det finnes likevel en del resultater å bygge på.

Sternin (1976) har samlet data fra en mengde eksperimenter for forskjellige fiskearter og størrelser og plottet terskelverdiene (V/cm) for reaksjonsmønstre 2 og 3 som funksjon av fiskelengde og type strømkilde (**Figur 13**). Figuren viser relativt tydelig at økende fiskestørrelse gir økt følsomhet og at

fisken er mest følsom for vekselstrøm. Det er også tydelig at dødeligheten til lakseyngel øker med pulsfrekvensen til strømkilden og at mindre lakseyngel er mer robust overfor det elektriske feltet.



Figur 13. Venstre panel: Terskelverdi for reaksjonsmønster 2 og 3 som funksjon av fiskestørrelse og type strømkilde. Reaksjon 2: DC – fylt sirkel; PDC – fylt trekant. Reaksjon 3: DC – åpen trekant; PDC – åpen sirkel; AC – åpen firkant. Høyre panel: Overlevelse til lakseyngel i et elektrisk felt med feltstyrke 4 V/cm, strømtetthet $0.15 - 0.27 \cdot 10^{-6}$ A/cm², eksponert for PDC i 30 sekund. Størrelse på fisk: åpen trekant – 5 cm; fylt sirkel – 7 cm; åpen sirkel – 9 cm; åpen firkant – 11 cm. (Etter Sternin (1976)).

Vekselstrøm er altså ansett å være mest skadelig for fisk. Dødelighet av fisk i kontakt med elektrisitet øker med økende strømtetthet i vannet, men dødelighet har også sammenheng med potensialforskjellen som skapes over fisken (body potential). Denne forskjellen vil avhenge av fiskens orientering relativt til feltets orientering og er størst når fiskens retning sammenfaller med linjene til det elektriske feltet. Hvis mange fisk oppholder seg i strømfeltet vil dette påvirke feltet og hvordan individuelle fisk påvirkes av strømmen. I vann med lav konduktivitet vil en gruppe av fisk påvirkes mer enn individuelle fisk, men i vann med høy konduktivitet vil en gruppe fisk påvirkes mindre enn individuelle fisk. Temperaturen i vannet vil påvirke fisk ved at høyere temperatur gir økt dødelighet ved strømpåvirkning. Økt eksponeringstid for strømmen vil også gi økt dødelighet hos fisk.

Biologiske faktorer som vil påvirke fysiologiske reaksjoner hos fisk ved utsetting for elektrisk strøm vil være artspesifikke, men i tillegg vil faktorer som størrelse og fiskens fysiske tilstand virke inn.

Laksefisk er lite tolerante overfor elektrisk strøm sammenliknet med andre arter og generelt gjelder at fisk blir mer påvirket av strøm med økende størrelse, i det minste opp til et visst nivå.

Det finnes mye vitenskapelig litteratur som omhandler hvordan fisk påvirkes av elektrisk strøm i vannet i forbindelse med elektrofiske. Derimot er lite publisert om strøm som avlivingsmekanisme for fisk. For å kunne definere hvilken strømstyrke som kreves for å avlive fisk som kommer i avløpsrøret av et settefiskanlegg, må følgende forhold klarlegges; hvilken fiskeart er det i anlegget, hvilken størrelse er det på fisken, vil grupper av fisk kunne komme i strømfeltet samtidig, hvordan vil fisken være orientert, hvor hurtig skal fisken avlives, hvilket konduktivetsområde i vannet kan forventes, og hvilken type strømkilde skal benyttes. Undersøkelser som har sjekket noen av disse faktorene er vist i **Tabell 3. Dødelighet hos laksefisk i forbindelse med :**

Tabell 3. Dødelighet hos laksefisk i forbindelse med elektrisk strøm

Dødelig feltstyrke (Volt/cm)	Fiskeart	Varighet strøm (sek)	Konduktivitet i vannet ($\mu\text{S/cm}$)	Størrelse fisk	Referanse
5,4	Regnbueørret	30	50	~400 gram	Lines og Kestin 2004
2,3	Regnbueørret	30	1000	~400 gram	Lines og Kestin 2004
LV*50=5,7	Regnbueørret	20	100	24-36 mm	Henry og Grizzle 2004
LV57=1,0	Chinook laks	60	39	yngel	McMillan 1929

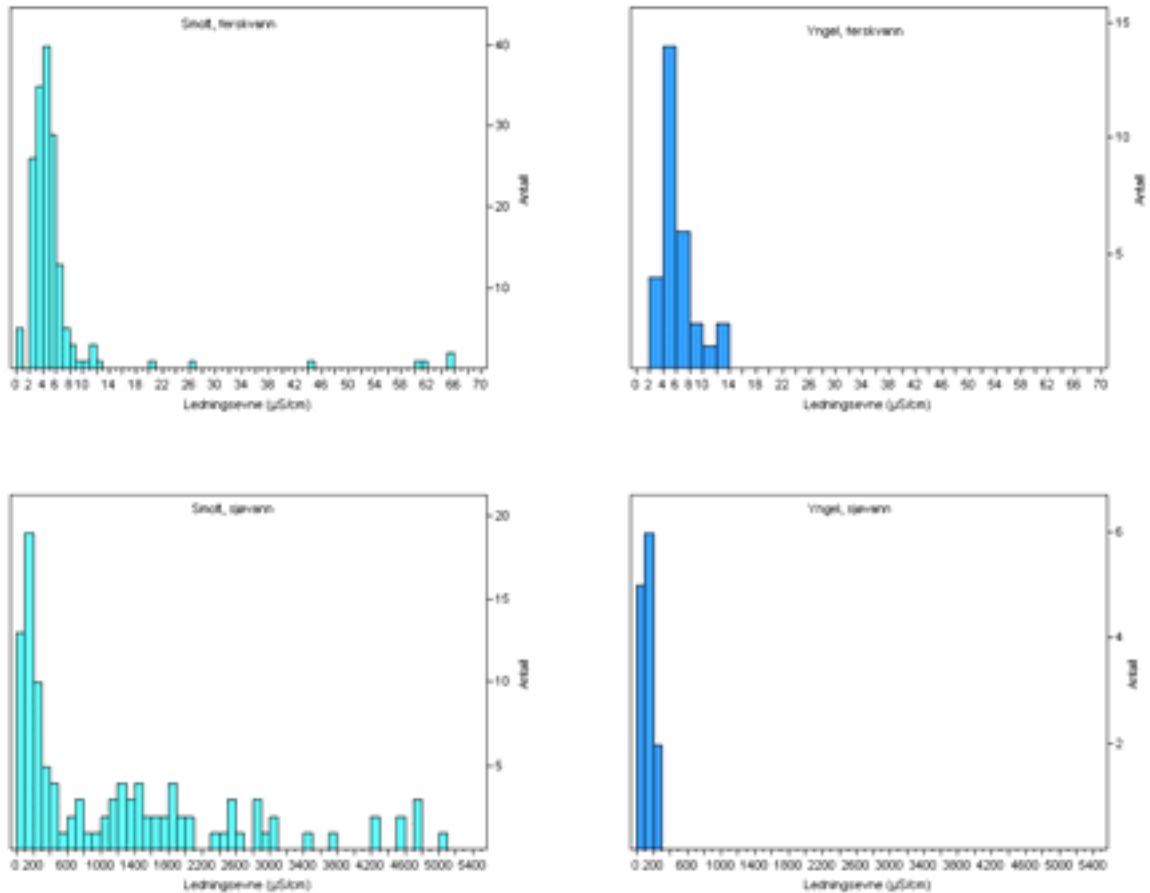
*Lethal Voltage, tallet bak indikerer hvor stor andel som døde.

Med bakgrunn i disse undersøkelsene, og antatt at; fisk i størrelsen 5-100 gram skal avlives, fisken vil kunne komme med uheldig orientering i forhold til strømlijer, vannet vil variere i konduktivitet (ref VK data) og grupper av fisk vil kunne komme samtidig, vil en anbefalt minimum feltstyrke kunne være i størrelsesorden 20-30 Volt/cm for å avlive fisken i løpet av 0,5 sekund (som er krav knyttet til fiskevelferd fra Mattilsynet).

5.3 Muligheter og begrensninger ved bruk av elektrisitet som rømmingssikring

Med bruk av vekselstrøm og tilstrekkelig feltstyrke i vannet vil det utvilsomt være mulig å avlive lakseyngel og smolt, men det kreves eksperimenter for å klarlegge terskelverdier med hensyn til påkrevd feltstyrke og eksponeringstid for det aktuelle konduktivitetsområdet. Høy konduktivitet vil bidra til å redusere potensialet og dermed feltstyrken for en gitt strømtetthet i elektrodene. Konduktivitetsforskjellen mellom ferskvann og sjøvann varierer i størrelsesorden tre-fire dekadere, noe som betyr at intensiteten på feltet vil variere sterkt i en situasjon der vannet kan variere mellom ferskvann og sjøvannstilsatt ferskvann. **Figur 14** viser fordelingen av ledningsevne i norske settefiskanlegg. Terskelverdiene vil i neste omgang være bestemmende for om det er praktisk mulig å realisere en elektrisitetsbasert rømmingssikring i avløpssystemet til et settefiskanlegg, men sikringen av avløp fra sjøvannstilsatte smoltkar vil i følge målingene i **Figur 14** måtte operere med 10-1000 ganger høyere strømstyrke enn det som er tilfelle for ferskvannsbaserte smoltkar.

Vannhastigheten i typiske avløpsrør er stort sett høy, så det blir enten behov for felt med høy punktstyrke som kan ta livet av fisken raskt, eller eventuelt felt som går parallelt med røret og som strømmer fisken over et (relativt) langt tidsrom. Det første vil trolig være det som er mest forsvarlig sett i et fiskevelferds perspektiv.



Figur 14. Fordeling av ledningsevne i vannprøver fra smolt og yngelkar i norske settefiskanlegg, VK 1999-2006.

5.4 HMS utfordringer ved bruk av elektrisk strøm

Høyspent elektrisk utstyr medfører fare dersom personell uforvarende kan komme i kontakt med de strømførende delene av utstyret. I dette tilfellet er det spesielt elektrodene og vannet mellom elektrodene som potensielt kan representere en helsefare for mennesker.

Når enheten og elektrodene monteres inne i et lukket avløpsrør, anses det som lite sannsynlig at personell kan komme i fare. Kritiske situasjoner kan oppstå f.eks. når enheten demonteres ved vedlikehold, men dette vil uansett kreve personell som er kvalifisert for slike oppgaver.

Bruk av elektrisitet i åpne avløpskummer og kanaler vil være en langt mer betenkelig fra et HMS-synspunkt. I en slik situasjon vil personell potensielt kunne komme i direkte kontakt med elektrodene eller falle ut i vannet. Hvor vidt dette er farlig vil bl.a. avhenge av styrken på elektrisiteten som brukes, men det er sannsynlig at de aktuelle myndigheter uansett vil legge ned forbud mot at slike situasjoner i det hele tatt skal kunne oppstå.

5.5 Vurdering knyttet til kostnader ved bruk av elektrisk strøm

Passive mekaniske sperrer har attraktive egenskaper med hensyn til enkelhet, lave installasjons- og investeringskostnader, og relativt god robusthet. Et potensielt problem med mekaniske sperrer er imidlertid at de kan tilstoppes og dermed blokkere avløpet helt eller delvis, eventuelt bryte sammen, dersom det ikke utføres tilstrekkelig ettersyn og vedlikehold. Et blokkert avløp vil i neste omgang kunne føre til situasjoner med økt risiko i forhold til rømming, f.eks. i form av oversvømmelse og rømming gjennom usikrede overløp og sluk. Vedlikeholdskostnadene må regnes inn i de totale kostnadene med en rømmingssikringsløsning og disse styres i stor grad av vedlikeholdsfrekvensen og antall sperrer/filtre i et anlegg. Vedlikeholdsfrekvensen må nødvendigvis dimensjoneres ut fra et ”worst -case”-scenario og kostnaden kan dermed bli betydelig.

En elektrisk sperre med fri passasje for vannet vil ikke være utsatt for blokkeringsproblemer og vil ikke trenge ettersyn og vedlikehold på samme måte som en mekanisk sperre. Investeringskostnaden vil imidlertid være høyere og den vil være en energikostnad knyttet til driften av sperren.

6. Oppsummering og diskusjon

6.1 Deteksjon av rømming og kvalitetskontroll av tiltakene

Det er betydelig usikkerhet knyttet til hvor mye fisk som faktisk rømmer fra norske settefiskanlegg. Statistikken til Fiskeridirektoratet viser hva som er innrapportert, men det er usikkert hvor mye som ikke oppdages og rapporteres av rømminger. For å kunne komme videre med rømmingssikring av settefiskanlegg er det av sentral betydning at effekten av de ulike tiltakene kan dokumenteres.

Utvikling av alarmsystemer som detekterer fisk i avløpssystemet (fisk som altså har passert primærsikringen) vil være av god nytte i forhold til rømmingssikring. En slik alarm vil kunne fange opp potensiell rømming på et tidlig tidspunkt og være en god dokumentasjon på om fisk passerer

primærsikringene. Vi anser det som viktig å fokusere på videreutvikling og sertifisering av slike alarmsystemer. Om dette kommer på plass, vil det også være en nøkkel til å kunne effektivisere arbeidet med inspeksjoner av ulike systemer for å hindre rømming. Som spørreundersøkelsen vår tydelig har vist, benyttet de deltagende anleggene seg utelukkende av egne systemer for dobbel rømmingssikring, og dette betyr at det vil kunne være tidkrevende og vanskelig for myndighetene å sette seg inn i og vurdere sikkerheten ved alle de ulike typene av løsninger. Et alarmsystem vil kunne gi en grei og objektiv test av slike anleggsspesifikke løsninger.

En teknologisk utfordring med en slik type alarm er at den vil reagere på andre ”gjenstander” i avløpsvannet (biologisk materiale som løsner ved nedtapping av kar osv.), en annen teknologisk utfordring vil være å få systemet til å detektere både små og store fisk. Det finnes dobbel rømmingssikring i dag som har alarmsystem i fall fisk kommer i avløpssystemet (Unik Filtersystem), dette systemet detekterer alle ”gjenstander” men alarmen vil ikke gå før et gitt antall deteksjoner skjer innen et gitt tidsintervall. Dette systemet benytter seg imidlertid av en ”oppsamlingstank” for fisk som passerer primærsikringene, og enkeltfisk som passerer vil dermed bli funnet der. Også Artec Aqua, som er i ferd med å teste sitt system, vil levere dette med en alarm som utløses dersom det kommer fisk i avløpssystemet.

Alarmsystemer som varsler om fisk i avløpet vil også sikre rask aksjon fra anleggets side for å begrense skadevirkningene av en eventuell rømming.

6.2 Utfordringer med dagens mekaniske løsninger

Resultatene av spørreundersøkelsen viste at anleggene utelukkende har benyttet seg av egenproduserte løsninger for dobbel rømmingssikring, og at samtlige av disse var mekaniske innretninger.

Investeringskostnadene ved disse installasjonene varierte fra 10 000 til 1,9 millioner kroner hvilket tydelig indikerer at det er svært stor variasjon på de valgte løsningene. Så vidt vi er kjent med eksisterer det per i dag to ”ferdige” systemer for sekundærsikring; disse forhandles av Artec Aqua og Unik Filtersystem, men var i 2009 ikke tatt i bruk i de anleggene som var med i vår undersøkelse. Vi har pr. i dag ikke oversikt over hvor mange av anleggene som har gjennomført områdesikring, og ser dette som et svært viktig supplement til sikring av avløpene fra settefiskanleggene.

Slik situasjonen er i dag er det derfor en rekke ulike løsninger, og vi ser det som sentralt i det videre arbeidet at det utvikles klare retningslinjer om hva som kreves når det gjelder mekanisk sikring, og som nevnt i avsnittet over at en også får mulighet til å teste effekten av de ulike tiltakene på

avløpssikring ved bruk av velegnede alarmsystemer på avløp, og også hvordan de fungerer med tanke på fiskevelferd.

6.3 Bruk av elektrisk strøm

Basert på vår gjennomgang av litteraturen er det klart at bruk av strøm vil kunne være et tiltak for å hindre at levende fisk slipper ut fra et smoltanlegg. Det kan være som en permanent felle eller som et system som aktiveres av en alarm som detekterer tidligere i avløpssystemet. Vi ser dette imidlertid mer som et supplement til mekanisk dobbelsikring enn et fullverdig alternativ ettersom lovverket fastslår at det ikke vil være tillatt å slippe ut verken levende eller død fisk sjø eller vassdrag. Til tross for at død fisk ikke vil kunne representere et genetisk eller konkurransemessig problem i forhold til villfisk, vil det kunne være et forurensingsproblem samtidig som det innebærer en viss risiko for spredning av sykdom. Vi mener at bruk av elektrisk strøm kan vurderes videre på tre måter:

- Som en siste (trippel ?) sikring dersom alt annet skulle feile for å være sikker på å unngå at rømt oppdrettsfisk kommer levende ut i sjø eller vassdrag
- Som en velferdsmessig sikkerhet dvs. at en unngår at store mengder fisk trenges sammen i en sekundærkumme før dette håndteres av personell på anlegget
- Som et ekstra sikringstiltak for anlegg som er eller er tenkt lokalisert i områder med spesielt vern

6.4 Fiskevelferdsmessige krav

Tekniske innretninger som brukes som sekundærsikringer skal være utprøvd og dokumentert i forhold til fiskevelferd, jfr. § 20 i driftsforskriften.:

”Metoder, tekniske innretninger og utstyr som brukes til fisk, herunder forflytningsutstyr, rørsystemer og automatisk vaksinasjonsutstyr, skal være egnet ut fra hensynet til fiskevelferd. Nye metoder og tekniske løsninger skal være utprøvd og dokumentert velferdsmessig forsvarlige før de tas i bruk.”

Anleggene som hadde installert sekundærsikringer etter egne planer og som kunne dokumentere at disse var funksjonelle hadde ikke fått registrert avvik på dette under revisjon av Fiskeridirektoratet. Vi antar at dette da ble gjort med bakgrunn i bruk av tekniske løsninger som tidligere har vist seg å fungere i forhold til hindre at fisk rømmer og ikke med bakgrunn i at de enkelte oppdrettere har gjennomført en utprøving og dokumentering av dette punktet.

Unik Filtersystem har gjennomført tester som dokumenterer at fiskevelferden ivaretas med deres system (Lohne, 2009), og Artec Aqua er i disse dager i ferd med å gjøre slike undersøkelser.

Mange eksisterende anlegg har systemer der en sil hindrer fisk i å gå ut i hovedavløpet. Foran denne silen er det da en buffertank med ulik størrelse. Hvorvidt dette er fiskevelferdsmessig forsvarlig vil avhenge av størrelsen på denne buffertanken, antallet fisk som kan tenkes å komme til denne, mengden vann som går gjennom systemet, og til slutt hvor raskt fisken blir fjernet fra denne buffertanken. Dette betyr at noe av det aller mest kritiske vil være viktig å få på plass gode driftsrutiner for å oppdage denne typen hendelser så raskt som mulig.

Videre ser vi det som svært viktig at det gjøres uavhengige dokumentasjon av dagens mekaniske alternativer til rømmingssikring. Dette gjelder både det som er på markedet i dag, og det som måtte komme i fremtiden. Slik testing bør omfatte både sikkerhet/effektivitet og også dokumentasjon av fiskevelferdsmessige forhold også i de tilfellene der fisk fra et helt kar kommer i avløpet samtidig. Slike tester vil også danne grunnlag for å vurdere om det er nødvendig å gå videre med bruk av elektrisk strøm som et velferdsmessig supplement.

6.5 Regelverk

Svikt eller feil bruk av anlegg er den viktigste årsaken til rømming av fisk. For å redusere faren for rømming, er det innført nye krav til teknisk standard på flytende oppdrettsanlegg. I 2003 ble ”Forskrift om krav til teknisk standard for anlegg som blir nytta til oppdrettsverksemd” (NYTEK) vedtatt. I forskriften blir det satt som krav at alle lokaliteter som blir benyttet skal klassifiseres i forhold til hva slags miljøkrefter som virker på anlegget. Alle flytende oppdrettsanlegg som tas i bruk etter 01.04.2004 skal være produktsertifisert av akkreditert sertifiseringsorgan i henhold til NS 9415, eller tilsvarende internasjonal standard. Fra 01.01.2012 må alle flytende oppdrettsanlegg som blir omfattet av forskriften være produktspesifisert. Målet med de nye kravene er å redusere risikoen for rømming som følge av teknisk svikt. Fiskevelferd er ikke i fokus i dette arbeidet.

Det er per dags dato ingen slike sertifiseringskrav for settefiskanlegg. Utredninger i forhold til å muligens innføre noe tilsvarende for settefiskanlegg er så vidt påbegynt (Ingve Karlsen Fiskeridirektoratet pers med). For eksisterende og planlagte settefiskanlegg innenfor grensene til Nasjonale laksefjorder settes det strengere krav til innretninger og tiltak som skal hindre rømming. Dokumentert sikker dobbelrømmingssikring, evt. med elektrisitet som en ekstra rømmingshindring, vil i større grad bidra til å tilfredsstillende krav til dette

Litteraturreferanser

- Balchen, J.G. 2000. Thirty years of research on the application of cybernetic methods in fisheries and aquaculture technology. Modeling, Identification and Control (MIC), vol. 21, pp.1-62.
- Henry, T.B. og Grizzle, J.M. 2004. Survival of largemouth bass, bluegill and channel catfish embryos after electroshocking. Journal of Fish Biology 64, side 1206-1216.
- Lines, J. og Kestin, S. 2004. Electrical stunning of fish: the relationship between the electric field strength and water conductivity. Aquaculture (241), side 219-234.
- Lohne, T. 2009. Intern revisjonsrapport 10.07.09. Fiskesperre ved EWOS Innovation AS i Lønningdal. Oppdragsgiver: EWOS Innovation AS Lønningdal og Unik Filtersystem A/S. Revisjon iht akvakulturdriftsforskriften.
- McMillan, F. O., 1929. Electric fish screen: U.S. Department of Commerce, Bulletin of the Bureau of Fisheries, vol. 44, side 97-128.
- NOU 1999. Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen
. NOU 1999:9.
- Osland, A. mfl. 2008. Smoltoffensiven 2007. Rapport fra arbeidsgruppen. Fiskeridirektoratet (36 sider + vedlegg).
- Sægrov, H & Urdal, K. 2006. Rømt oppdrettslaks i sjø og elv; mengd og opphav. Rådgivende Biologer Rapport 927. ISBN 82-7658-509-4. 21 sider.
- Smith-Root. 2009. <http://www.smith-root.com/barriers/> Aksessert 15.10.2009).
- Snyder, D. E. 2003. Electrofishing and its harmful effects on fish. Information and Technology Report USGS/BRD/ITR--2003-0002.U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
- Sternin, V.G., Nikonorov, I.V., and Bumeister, Y.K., 1976. Electrical fishing, theory and practice. [English translation of Sternin et al., 1972 from Russian by E. Vilim]: Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, Keter Publishing House Jerusalem Ltd.
- Stortinget. 2003: Opprettelse av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Vedtak nr. 294-300, jfr. St.prp. nr. 79 (2001-2002), Innst. S. nr. 134 (2002-2003).
- Sølvberg, E. 1977. Elektrisk stengsel i sjø, teknisk notat nr. 90. STF48 F77004. SINTEF

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no