



IndustriLaboratoriet

Bedøving og avliving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri



Utredning for

Vitenskapskomiteen for Mattrygghet (VKM)

Gjennomført av

Stiftelsen IndustriLaboratoriet (ILAB) 4. april 2005

Innholdsfortegnelse:

1. Forord.....	3
2. Innledning.....	4
3. Forkortelser og definisjoner	4
4. Bedøving og Avliving	6
4.1 Regelverket og andre offentlige dokumenter	6
4.2 Definisjoner og nevrofysiologisk forklaring	7
4.3 Aksjonspotensialer, neuronenes elektriske egenskaper	11
4.4 Signaloverføring mellom neuroner, synapsene	12
4.5 Nosisepsjon og smerte i fisk.....	13
4.6 Kriterier for å vurdere effektivitet av bedøvelse i fisk	16
4.7 Bedøvelsesmetoder brukt ved håndtering, avliving og destruksjon av fisk.....	18
4.8 Bedøvelsesmetoder / avlivingsmetoder brukt på oppdrettsfisk.....	19
4.8.1 <i>Asphyxia</i>	20
4.8.2 <i>Levendekjøling</i>	21
4.8.3 <i>Slag i hodet og iki-jime stikking</i>	22
4.8.4 <i>Elektrisitet</i>	23
4.8.5 <i>CO₂</i>	26
4.8.6 <i>Benzokain, metakain og liknende anestesi</i>	27
5. Avliving av store mengder oppdrettsfisk utenom slakteri	28
5.1 Resultater fra spørreundersøkelse laksefisk	29
5.1.1 <i>Stamfisk anlegg</i>	29
5.1.2 <i>Settefisk anlegg</i>	30
5.1.3 <i>Matfisk anlegg</i>	31
5.2 Resultat fra spørreundersøkelse marin fisk	33
5.2.1 <i>Torsk</i>	33
5.2.2 <i>Kveite, piggvar og steinbit</i>	34
6. Masseavliving av frisk fisk utenfor slakteri som kan gå til konsum	35
7. Oppsummering	39
8. Referanser.....	44

1. Forord

Under behandling av St. meld. Nr. 12 (2002-2003) om dyrehold og dyrevelferd, også kalt Dyrevelferdsmeldingen, har næringskomiteen understreket ansvaret for å ivareta fiskevelferden. I meldingen er det blant annet omtalt som en spesiell utfordring å ”stimulere til forbedring av slakteprosessen først og fremst gjennom fortsatt utvikling av nye og bedre metoder for bedøving av fisk”. Mattilsynet ønsker å undersøke nærmere hvordan man i dag avliver et stort antall oppdrettsfisk utenfor slakteri. Mattilsynet har derfor bedt vitenskapskomiteen for Mattrygghet (VKM) i brev av 24.10.04 om å foreta en dyrevernmessig risikovurdering av de bedøvelses- / avlivingsmetoder som brukes eller som kan tenkes brukt ved avliving av oppdrettsfisk i store mengder utenfor slakteri. Oppdraget gjelder all avliving i stor skala uansett formålet med avlivingen.

For å etablere et dokumentert grunnlag for å gjennomføre en dyrevernmessig risikovurdering av de bedøvings- og avlivingsmetoder som brukes har VKM engasjert Stiftelsen Industrielaboratoriet (ILAB) til å utarbeide en rapport som blant annet skal inkludere begrepet bedøvelse, beskrive aktuelle bedøvelsesmetoder og ved hvilke tilfeller det kan være aktuelt med avliving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri. Det ønskes også at ILAB skal spesifisere metoder for masseavliving utenfor slakteri av frisk fisk som kan gå til konsum (dyrefôr eller humant konsum).

Forskningsleder ved ILAB, Anne Sverdrup har vært prosjektleder og har hatt god hjelp av Karin Engelstad og Lene Sudmann (ILAB) som blant annet har innhentet informasjon om praksis og rutiner i næringen. Vi takker firmaene, Hordafôr AS, Scanbio Bjugn AS, Biomega Skogsvåg AS, Marine Harvest AS, Stolt Sea Farm AS, Salar Smolt AS, Fossen AS, Tomma MarinYngel AS, Grieg Marine Farms AS, Cod Culture Norway AS, NIVA Midt Norge, SINTEF avdeling Trondheim og Ålesund, Kverndøkk & Eldøy AS, Aqua-Lab, Havbruksinstituttet AS og Jarle Tveiten Transport AS for nyttig bistand for å belyse praksis ved avliving av oppdrettsfisk utenom slakteri. Post doc. Bjørn Roth har bidratt med sin kunnskap og erfaring innen avliving og slakting av fisk, og Inger Andreassen, Tomma MarinYngel, har kommet med nyttig informasjon, spesielt om steinbitens sosiale karakter og toleranse for store miljøforandringer.

Evaluering av fiskevelferd og slaktekvalitet ved bedøving og avliving av laks ved hjelp av levendekjøling, CO₂ (med og uten stress), iki-jime, slag i hodet, elektrobedøving og Aqui-S, er hentet fra kurs som er holdt for industrien ved ILAB i perioden 2000 til 2004 . I den praktiske delen av kurset ble fordeler / ulemper ved metodene vurdert ut fra adferd, refleks responser, og biokjemiske kvalitetsparametere målt *post mortem* i laksemuskel.

Bergen 4. april 2005

Anne Sverdrup

2. Innledning

Målet med rapporten er å klargjøre begrepet bedøvelse, beskrive aktuelle bedøvelsesmetoder som benyttes i oppdrettsnæringen og ved hvilke tilfeller det kan være aktuelt med avlaving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri. Det ønskes også en spesifisering av metoder for masseavlaving utenfor slakteri av frisk fisk som kan gå til humant konsum (dyrefôr eller humant konsum).

Rapporten er tredelt. Første del handler om bedøvelse, regelverket, det nevrofysiologiske grunnlaget for bedøvelse i pattedyr og i fisk, de nevrofysiologiske mekanismene for nosisepsjon og smerte i pattedyr og det vi vet om slike ubehagsreaksjoner i fisk. Vi inkluderer også kriterier for å bedømme hvor sikkert det er at fisken er godt nok bedøvet. Ulike bedøvelsesmetoder som benyttes ved håndtering og destruksjon av fisk beskrives, og metoder som brukes på oppdrettsfisk til humant konsum beskrives og vurderes i forhold til fiskens velferd.

Andre del av rapporten beskriver hvorfor og hvordan man bedøver og avliver store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri. Informasjonen er basert på svar fra spørreskjemaer sendt til næringen og en rekke telefon intervjuer. Man vet mest om laksefiskens fysiologi, men det er likevel behov for forskning på alle artenes nevrofysiologi, endokrinologi, adferd og reflekser for bedre å kunne vurdere de ulike behandlingenes effektivitet og innvirkning på fiskens velferd.

I tredje del beskrives et scenarium der muligheter for hvordan masseavlaving av frisk matfisk utenfor slakteri kan gjennomføres dersom det er varslet en naturkatastrofe. Til slutt gis en oppsummering med anbefaling på områder som krever videre utredning eller forskning.

Spørreskjemaene ble utformet for å gi svar på følgende spørsmål:

- Hva er vanligste årsak til avlaving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri
- Hvem pålegger avlaving?
- Hvordan gjennomføres avlavingen i dag?
- Hvordan behandles fisken, blodet og biproduktene etterpå?

De samme spørsmålene ble stilt for hvert fiskeslag (laks, ørret, torsk, piggvar osv.) og hvordan man praktiserte avlavingen ved:

- Stamfiskanlegg
- Settefisk anlegg / yngelanlegg
- Matfisk anlegg

Det meste av informasjonen i rapporten er relatert til laks og ørret, da disse artene har vært en av Norges viktigste eksportvarer i flere tiår. Torsk, kveite, piggvar og steinbit kan ennå ikke betegnes som kommersielle arter, og omsetningen av disse har ikke nådd en promille av hva som er tilfellet for laks og ørret. Informasjon om disse artene er samlet inn, men vi påpeker at det er stor forskjell i kunnskap og erfaring mellom laksefisk og nye marine arter i oppdrett.

3. Forkortelser og definisjoner

Biologisk relaterte

Anestesi – Følelsesløs – tap av evne til å kjenne smerte, berøring og andre sansekvaliteter, med eller uten tap av bevissthet

Analgesi – Bortfall av smertefølelse, bedøving av smertesansen

Anemi – Blodmangel

Anoxi – Oksygenmangel i vev
Asphyxia – Svikt i oksygentilførsel, samtidig gjerne øking i CO₂ i blodet - kvelning
Aeromonas salmonicida - Bakterien som forårsaker furunkulose hos laksefisk
Bedøvelse - Tap av evne til å kjenne smerte, berøring eller andre sansekvaliteter, med eller uten tap av bevissthet
BKD – Bakteriell nyresyke (*Renibacterium Salmoninarum*)
CNS – Sentralnervesystemet
Corneal reflex – Blinking når man tar på øyelokket, hornhinnerefleks
Død – Den fysiologiske tilstanden i et dyr, der både respirasjon og blod sirkulasjon har stanset fordi respirasjons og sirkulasjonssentrene i *Medulla Oblongata* (den forlengede marg) er gjort irreversibelt inaktive. På grunn av at næring og oksygen ikke blir tilført hjernen blir bevisstheten konstant mistet. Når det gjelder metoder som skal bedøve/avlive dyr, defineres de kliniske tegnene på død som fravær av respirasjon, fravær av puls og fravær av *corneal* refleks og tilstedeværelse av pupilledilatasjon (fra EFSA 2004).
EFSA – European Food Safety Authority
EEG – Electroencephalogram
EPSP – Eksitatorisk Postsynaptisk Potensial
GABA – Gamma Amino Butyric Acid (Gamma Amino Smørsyre)
Hypercapnia – Økt nivå av CO₂ i blodet
Hypocapnia – Redusert nivå av CO₂ i blodet
Hypoxia – Redusert O₂ nivå i blod
Induksjonsfase – Tiden det tar fra bedøvelse gis til individet er registrert bedøvet
ILA – Infeksiøs Lakseanemi
IPN – Infeksiøs Pancreas Nekrose
Ischemi – Nedsatt blodtilførsel til et organ
IPSP – Inhibitorisk Postsynaptisk Potensial
NMDA - N-methyl-d-Aspartat
Nosiceptor - En reseptor som aktiveres av stimuli som gir vevsødeleggelse, eller vil gi vevsødeleggelse hvis stimuli fortsetter
Nosisepsjon – Respons i nervesystemet på stimuli som er potensielt vevsskadelige
NT – Neurotransmitter
PD-Pancreas Disease
Sedasjon – Fremkalling av ro, demping av sjelelig og kroppslig uro
Smerte – En ubehagelig sensorisk og emosjonell opplevelse, som opptrer i sammenheng med vevsskade eller truende vevsskade, eller blir beskrevet som om den skyldtes vevsskade.
Ubevisst – Tap av bevissthet, midlertidig eller permanent skade i hjernefunksjoner slik at individet ikke er i stand til å respondere normalt på stimuli. Omfatter en fysisk del, nosisepsjon, og en psykisk del (opplevelsen av noe, en emosjonell del)
VER – Visual Evoked Response
VOR – Vestibulo-Oculær Reflex
VNN - Viral Nervøs Necrose
Vibrio anguillarum – Bakterien som forårsaker vibriose hos laksefisk

Atlantisk laks – *Salmo salar L*
Torsk – *Gadus morhua*
Gråsteinbit – *Anarhichas spp*
Flekksteinbit - *Anarhichas minor*
Kveite – *Hippoglossus hippoglossus*
Piggvar – *Psetta maximus*
Ørret – *Oncorhynchus mykiss* - regnbueørret
Ål – *Anguilla anguilla*

Relatert til strøm / fysiske standarder

A – Ampere
mA – milli Ampere
AC – Vekselstrøm
DC - likestrøm
Hz – frekvens
V – Volt

4. Bedøving og Avliving

4.1 Regelverket og andre offentlige dokumenter

Det foreligger en rekke lover, forskrifter og rundskriv fra departementene som danner premissene for hvordan og hvor det er tillatt å bedøve og avlive fisk som skal gå til humant konsum eller til destruksjon. Dyrevernaven fra 1974 er overordnet, og i § 9 heter det at avliving av dyr skal gjennomføres på en slik måte at ”dyret ikkje kjem i fare for å lida i utrensmål”. Denne paragrafen har fram til i dag vært viktig for de holdningene vi har hatt i arbeidet med dyrevernav og dyrevelferd i Norge.

De store endringene som har foregått i samfunnet de siste 30 årene er av mange grunner ikke reflektert og tilpasset dagens lovverk. Formålet med St. meld. nr. 12 – Om dyrehold og dyrevelferd (Dyrevelferdsmeldingen) er derfor å forbedre Dyrevernaven slik at teknologisk utvikling blir sett i lys av dyrets velferd og tilpasset både produksjonskrav og våre etiske normer.

Av forskrifter som pr. i dag regulerer håndtering og avliving av fisk kan nevnes:

1. Forskrift om drift av akvakulturanlegg (Akvakulturforskriften) fastsatt av Fiskeri- og kystdepartementet (FKD) som regulerer slakting og håndtering av døde akvakulturdyr, samt avliving av fisk. I bestemmelsene ligger det at det ikke er tillatt å bløgge eller slakte fisk på det enkelte sjøanlegg. Disse paragrafene kan ha betydning for hvordan man i praksis kan håndtere avliving av store mengder fisk utenfor slakteri og beskrives derfor i detalj under.

§ 14 ”Det er ikke tillatt å slakte akvakulturdyr på akvakulturanlegget. Så langt det er mulig skal døde akvakulturdyr tas ut av produksjonsenheten daglig”.

§ 28 ”Dersom det kan føre til unødige eller betydelig lidelse for fisk å leve videre, skal den snarest mulig bedøves og avlives på forsvarlig måte. Fisk skal bedøves før avliving og være bedøvd når døden inntreffer. Bedøvelsesmetoden skal ikke påføre fiskene vesentlig stress eller smerte. Bedøving skal skje ved slag mot hodet, bruk av egnet medikament eller annen egnet metode. Fiskene skal dø som følge av bløgging og påfølgende blodtap fra hjernen, medikamentell overdose eller annen egnet metode. Det skal sikres at fiskene er døde før videre behandling. Alt blodvann, andre deler av avskjær av fisk skal samles opp og behandles som animalsk avfall. Det er ikke tillatt å avlive store mengder fisk i akvakulturanlegg med flytende installasjoner. Mattilsynet kan gi tillatelse til slik avliving dersom dette er nødvendig ut fra tungtveiende fiskehelse- eller fiskevelferds hensyn.

2. Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer (Fiskekvalitetsforskriften) også fastsatt av FKD, beskriver de bedøvelsesmetoder som er tillatt ved slakting av oppdrettsfisk som skal til humant konsum.

I § 9-4 der det heter at ”oppdrettet fisk skal bedøves før bløgging” og at ”CO₂ , isvann og annen metode godkjent av Fiskeridirektøren er tillatt”.

3. Landbruksdepartementet har utgitt et rundskriv om avliving av fisk til destruksjon (Folkestad and Fiskum, 1990) der bruk av CO₂ anses å være dyrevernavmessig forsvarlig.

Alternativt kan bruk av vanlig bedøvelsesmiddel i overdose benyttes. Ulempen ved bruk av kjemiske bedøvelsesmidler er at de kan være giftige, sette smak og være sporbare i fiskekjøttet. Slike kjemiske stoffer kan derfor ikke benyttes dersom fisken skal gå til konsum.

4. Kontroll av legemiddelrester er regulert i Kvalitetsforskriftens § 9-2.

5. Avliving av oppdrettsfisk som skal gå til dyrefôr, reguleres blant annet av Biproduktforordningen. Dette regelverket avgjør om fiskeslakt kan benyttes videre til tekniske produkter, pelsdyrfôr eller grisefôr.

I Dyrevelferdsmeldingen heter det at ”Mattilsynet tolker dyrevernavloven slik at oppdrettsfisk skal bedøves før bløgging. I den sammenheng regnes ikke nedkjøling i isvann, som reduserer fiskens aktivitet, som bedøvelse. De fleste slakterier bruker i dag vann tilsatt CO₂, eventuelt i kombinasjon med isvann. CO₂ – metoden regnes for å være dyrevernmessig problematisk, da det kan observeres kraftige flukt reaksjoner hos fisken, og det tar flere minutter før den blir rolig.

Dyrevelferdsmeldingen er klar på at isvann ikke regnes som bedøving og at bedøving ved hjelp av CO₂ ikke fungerer tilfredsstillende. Disse metodene er likevel godkjente i dag, og dette skyldes formuleringene i Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer der ”CO₂, isvann og annen metode godkjent av Fiskeridirektøren er tillatt”. CO₂ har vært benyttet siden man i begynnelsen av 1970-årene startet å slakte oppdrettslaks. Mange lakseslakterier venter med å investere i ny metode til denne er godkjent, dokumentert effektiv, driftssikker og økonomisk forsvarlig. De 5 metodene som pr. i dag er aktuelle er CO₂, isvann, slag i hodet, elektrobedøving og elektroshokk.

I Dyrevelferdsmeldingen heter det at bedøving med elektrisk sjokk synes dyrevernmessig tilfredsstillende, men med hittil alvorlige bieffekter med betydelig (5%) nedklassing som resultat. Klubbeslag mot hodet regnes for akseptabel metode, og er under utprøving under storskala slaktning ved flere lakseslakterier, også i Norge.

EFSA (European Food Safety Authority) har nedsatt et vitenskapelig panel for å evaluere dyrevelferd i forbindelse med bedøvelse og avliving av produksjonsdyr (Blokhuis *et al.*, 2004). Rapporten er å finne på nettet med følgende adresse: http://www.efsa.eu.int/science/ahaw/ahaw_opinions/495_en.html. Det vitenskapelige panelets anbefalinger og retningslinjer vil ha relevans for bedøvelse og avliving av oppdrettsfisk også i Norge. Utdrag fra disse anbefalingene er beskrevet i kapittel 4.2 om bedøvelse, definisjoner og nevrofysiologisk forklaring.

4.2 Definisjoner og nevrofysiologisk forklaring

Bedøvelse er definert som ”tap av evne til å kjenne smerte, berøring eller andre sansekvaliteter, med eller uten tap av bevissthet” (Øyri, 1994). Bedøvelse og anestesi brukes synonymt og omfatter bortfall av alle sanser, der individet verken opplever eller husker smerte, mens analgesi defineres som bortfall av kun en sans, nemlig smertesansen.

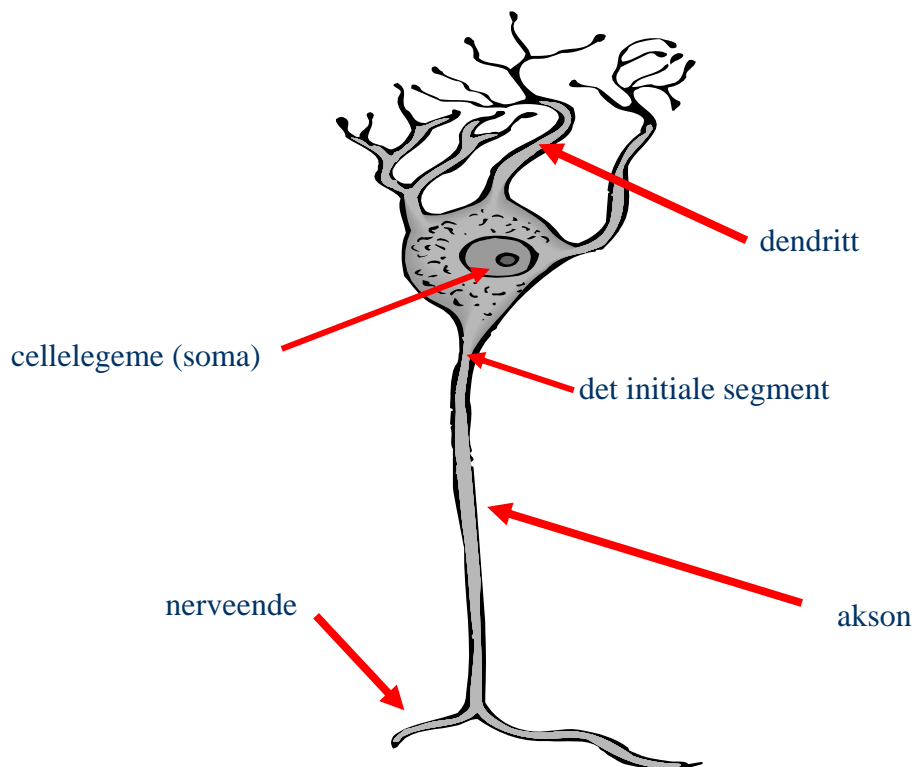
Hos mennesker og pattedyr er det slik at en bedøvelse skal virke beroligende, søvndyssende, smertestillende, muskelavslappende og gi tap av hukommelse. Når man bedøver dyr for å foreta kirurgiske inngrep, er det viktig at dyret kommer tilbake til fullstendig *homeostase* etter bedøvelsen. Dette har liten betydning når dyret skal destrueres eller avlives for å brukes til mat.

Det vitenskapelige panelet i EFSA inkluderer retningslinjer for bedøvelse og avliving av oppdrettsfisk (Blokhuis, et al 2004). Noen hovedtrekk fra panelets anbefalinger med hensyn til human avliving er gjengitt nedenfor.

*Bedøvelse i forbindelse med slaktning av dyr skal gi midlertidig tap av bevissthet og må etterfølges av rask og presis stikking / kutting av pulsårer for å fremprovosere avblødning og død. Dersom bedøvelsen ikke gir umiddelbart tap av bevissthet, må dyret i løpet av induksjonsfasen ikke være i stand til å oppleve smerte, frykt eller ubehag.

*Det er viktig med forståelse av hva man mener med bevisstløshet og tap av følsomhet. Effektiv bedøvelse skal forstyrre impulstrafikken i nervecellene, enten ved å forstyrre reguleringsmekanismen for neurotransmittere i hjernen, eller ved å hindre aksjonspotensialer i å ledes langs aksonene fordi de elektriske egenskapene er forstyrret. Når neuronene ikke er i stand til å lede signaler, vil oppgaver som formidles gjennom disse, ikke fungere, dvs. sanser, motorikk og bevissthet vil være slått av, dyret er bevisstløst.

*Under praktiske slaktebetingelser regner man med at bortfall av øyereflekser, manglende respons på smertefulle stimuli og fravær av pustereflekser er gode tegn på effektiv bedøvelse.



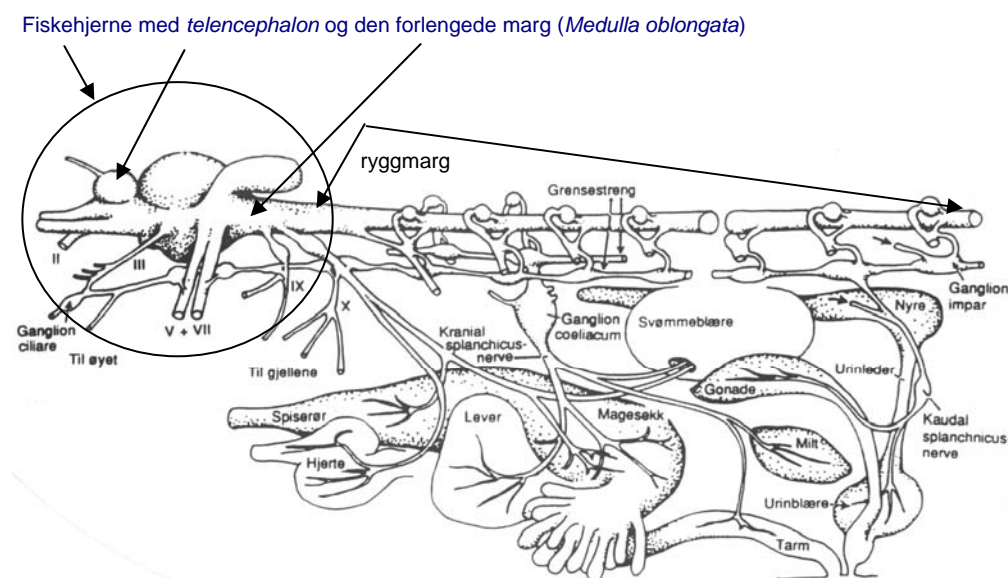
Figur4.2.1: Illustrasjon av en nervecelle med soma og utløpere, dendritter og akson. Det finnes ulike typer nerveceller (neuroner) og disse varierer i både størrelse og form. Alle nerveceller er likevel i prinsippet slik som skissert på figuren. Det initiale segment er lokalisert nær soma som har stor tetthet av Na^+ -kanale. Det er her aksjonspotensialene oppstår.

*Tidsavstanden mellom bedøvelse og stikking (bløggning) skal være så kort at dyrets død induseres før det gjenvinner sin bevissthet. Hensikten med utblødningen er å stoppe tilførselen av oksygenert blod til hjernen så raskt som mulig.

*Det er viktig at alle som arbeider med bedøvelse / avliving av produksjonsdyr har den nødvendige kompetanse innen etisk avliving og dyrevelferd.

En effektiv bedøvelse skal i følge denne anbefalingen raskt føre til at nervecellene i hjernen opphører å fungere, slik at den begrenser og/eller hindrer nervecellenes normale funksjon, enten mekanisk (slag i hodet), elektrisk, kjemisk (CO₂, benzokain) eller ved nedkjøling. For å vurdere ulike bedøvelsesmetoder, deres effektivitet, og hvor gode de er ut fra dyrets velferd, kreves kunnskap om nervesystemets hovedoppgaver og funksjon.

Nervecellen, figur 4.2.1, er nervesystemets viktigste grunnelement og er spesialisert for hurtig ledning av signaler over lange avstander. Til sammen danner milliarder av nerveceller kompliserte og ordnede nettverk som er grunnlaget for kommunikasjon og informasjonsbehandling i alle dyreslag. Evnen til å løse kompliserte oppgaver er relatert til utviklingen av hjernens *cortex*, der senteret for vår bevissthet er å finne. Fisk har en relativt liten hjerne sammenliknet med andre vertebrater, men den inneholder likevel mange millioner nerveceller. Fiskens nervesystem fungerer i prinsippet på samme måte som hos høyerestående vertebrater, figur 4.2.2.



Figur 4.2.2: Innringet ses fiskens hjerne med telencephalon, lukteanlegg, cerebellum og hjernenerver. Det er telencephalon med lukteanlegg som i pattedyr har vokst og utviklet seg slik at den dekker over de "eldre" hjerneavsnittene thalamus og hypothalamus (reptilhjernen) og danner storhjernen (cerebrum), hjernebarken og cortex med vårt bevissthetscenter i neocortex.

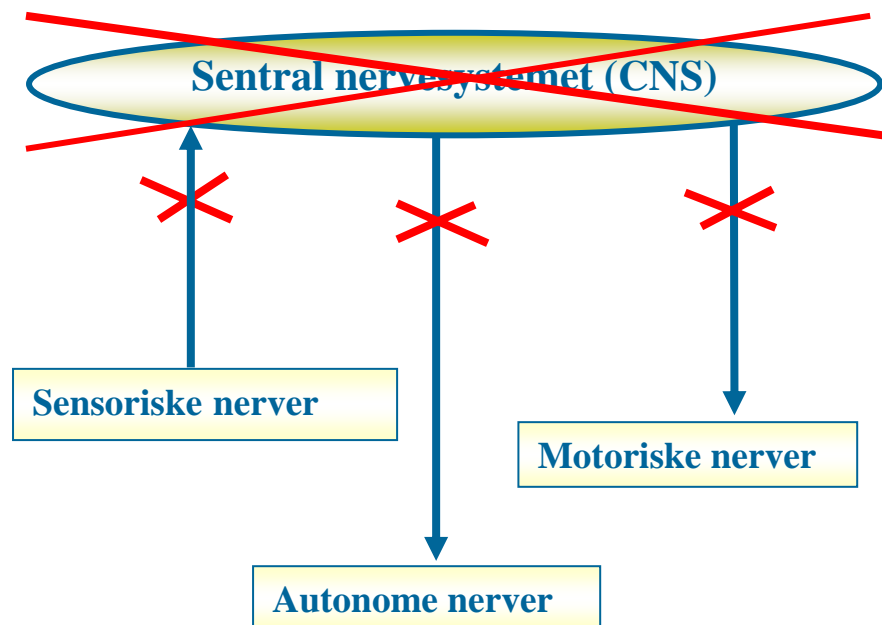
Det autonome nervesystem, som går fra hjernen og ryggmargen til kroppens organer, er delen av det motoriske nervesystem som gjennomfører prosesser som ikke er viljestyrt. Hovedoppgaven er å opprettholde intern balanse i kroppen (homeostase) og bl. annet sørge for riktig blodtrykk og osmolaritet i ekstracellulærvæsken. En annen viktig oppgave er å skille ut primære stresshormoner i blodet slik at fisken kan gjennomføre en fluktespons. Fra (Nilsson et al., 1983).

Nervesystemet mottar enorme mengder informasjon fra omgivelsene og fra kroppen. Denne informasjon (lyd, energistatus, blodets kjemi og trykk) omdannes til nerveimpulser i sensoriske nevroner og transporteres til de delene av hjernen som er spesialisert for å behandle signalene. Det vesentlige siles ut, noe lagres til senere bruk, og kommandoer sendes ut om det trengs svar på informasjonen. I noen tilfeller kan svaret komme ganske raskt, med minimal behandlingstid og uten bevisst medvirkning, som en refleks. Den overordnede oppgaven er til enhver tid å sørge for at organismen tilpasser seg best mulig til omgivelsene.

Ulike bedøvelses metoder og smertedempende legemidler fungerer ved å manipulere nervecellenes naturlige membranegenskaper. En effektiv bedøvelse fungerer i prinsipper slik som vist i figur 4.2.3.

Hele CNS og det perifere nervesystem settes ut av funksjon. Når informasjonsbehandlingen i CNS ikke forekommer, vil fisken ikke sanse hva som skjer verken innvendig eller i omgivelsene. Ved avlaving av dyr, er det derfor tilstrekkelig å bedøve CNS. Dette er viktig å være klar over når man skal vurdere elektrisk bedøvelse av fisk. Et hovedkriterium er at strømmen må gå gjennom hodet. Det er en forutsetning å sørge for at fiskens hode ikke kan komme over vann.

De sensoriske nervene som blant annet leder smertefølelse til CNS, vil i tilfellet som vist i figur 4.2.3 ikke lede informasjon fra kroppen til ryggmargen og CNS. Dersom de sensoriske nervene perifert ikke er bedøvet vil aksjonspotensialer i sensoriske nerver fra kroppens "ødelagte" vev ledes til ryggmargen, men ikke videre i CNS.



Figur 4.2.3: Viser sentralnervesystemet, CNS, og perifere nerver, der rødt kryss indikerer hvordan man tenker seg at en effektiv bedøvelse deaktiverer nervesystemet. CNS består av hjerne og ryggmarg i alle virveldyr. Hjerne og ryggmarg kommuniserer med kroppens organer via det perifere nervesystem via, de sensoriske og de motoriske nervene. Sensoriske nervebaner leder informasjon fra kroppens organer og inn til CNS, mens de motorisk nervebanene leder informasjon fra CNS og ut til kroppens muskler. Det motoriske nervesystemet består av det viljestyrte- og det autonome nervesystem, der det siste virker på kroppens glatte muskler i innvollsorganer og kjertler.

Ved kirurgiske inngrep, er det viktig å benytte lokalanestesi som hindrer dyret/fisken i å kjenne smerte etter inngrepet. Lokalanestesi blokkerer impulsoverføringen i de sensoriske nervecellene og virkningen er knyttet til blokkering av Na^+ - kanaler slik at aksjonspotensialer ikke dannes. Eksempel er bruk av xylocain hos tannlegen.

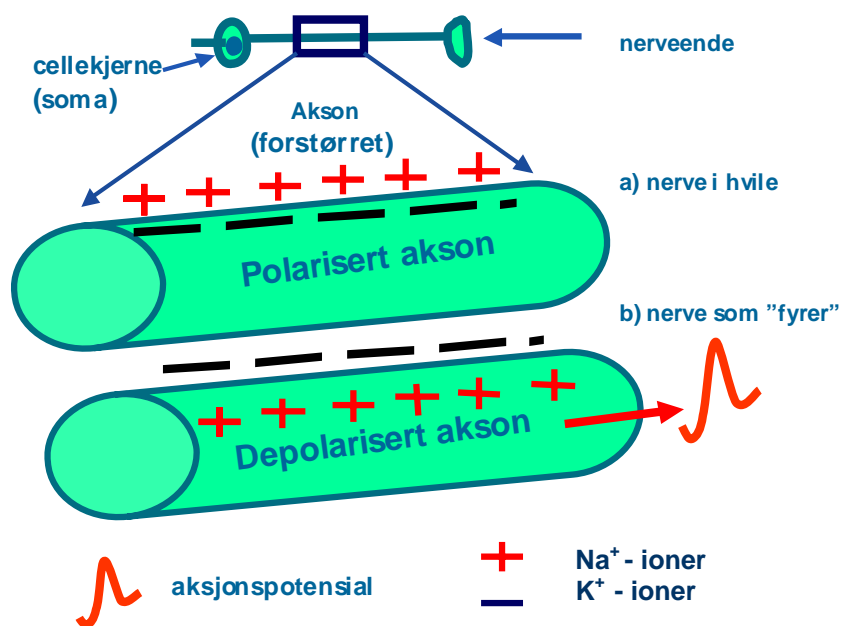
Blokkering av motoriske neuroner paralyserer fisken fordi motor-neuronene som styrer svømme muskulaturen er lammet. De autonome nervene er også satt ut av spill. Det betyr at oppgaver som blant annet settes i gang under stress, ikke fungerer. For eksempel vil primære

stressresponser, som utskillelse av hormonene adrenalin og kortisol, utebli, og mekanismene som gjør fisken i stand til å gjennomføre flukt reaksjoner er satt ut av spill.

Vedvarende aktivitet i sensoriske nervefibrene vil kunne føre til en neuroendokrin stressrespons som er karakterisert av en tilstand med proteinnedbrytning og lipolyse. Slike stress-reaksjoner har liten betydning dersom dyret skal destrueres, men reduserer slaktekvaliteten og bør unngås om det skal gå til humant konsum.

4.3 Aksjonspotensialer, neuronenes elektriske egenskaper

Ved bedøving og smertedemping hemmes enten dannelsen av aksjonspotensialer fig 4.3.1, eller det oppstår forstyrrelse i reguleringsmekanismene i nerveenden, figur 4.4.1, slik at det blir umulig å danne nye aksjonspotensialer i de aktuelle neuronene.



Figur 4.3.1: Skjematisk oversikt over en nervecelle og hvordan et aksjonspotensial genereres. Ved for eksempel elektrobedøving av fisk eller storfø er nervesyetemet satt ut av balanse. Da kan nevronene ikke generere nye impulser.

Et aksjonspotensial oppstår ved en kortvarig strøm av ladete partikler, ioner, gjennom cellemembranen. Forutsetningen for en slik ionestrøm, er at det er en spenningsforskjell mellom utsiden og innsiden av nervecellen. Spenningsforskjellen kalles membranpotensialet.

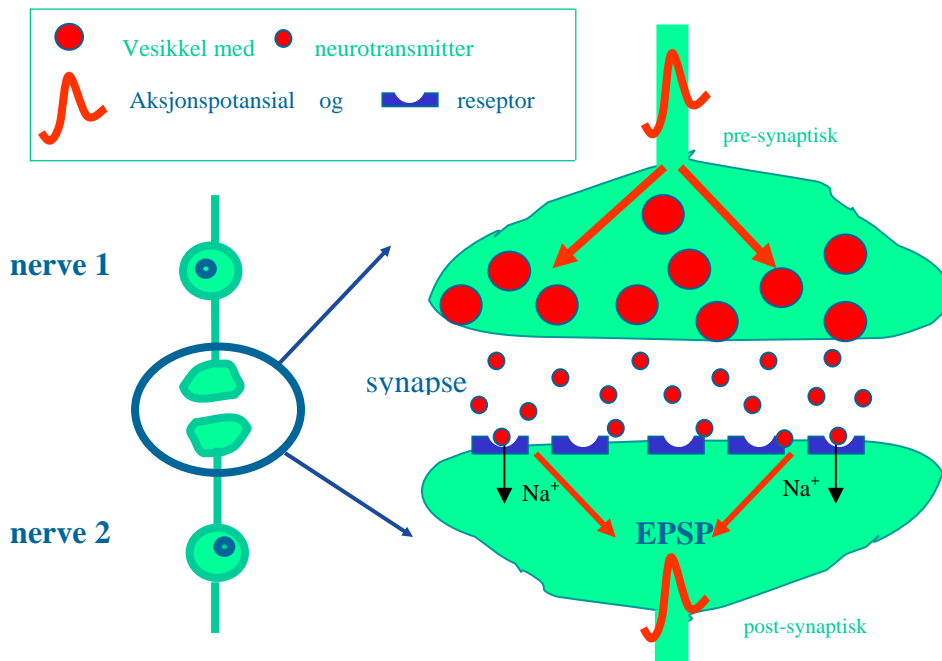
I hvile er spenningsforskjellen mellom innsiden og utsiden av nervecellen ca. 70 mV. Dette kalles hvilepotensialet. Spenningsforskjellen skyldes hovedsakelig ujevn fordeling av Na^+ - og K^+ -ioner mellom utsiden og innsiden av membranen. All informasjon i nervecellene, deriblant nosisepsjon, transporteres i form av aksjonspotensialer som forplanter seg hurtig langs nervens akson.

Aksjonspotensialene oppstår når Na^+ -kanaler åpnes, og membranen depolariseres til terskelnivå. Na^+ -ioner strømmer fra utsiden til innsiden av nervecellen både på grunn av konsentrasjons- forskjellen (mer Na^+ på utsiden), og på grunn av forskjell i elektrisk ladning (negativt på innsiden).

Når nervecellen er tilstrekkelig depolarisert og terskelpotensialet er nådd, dannes et aksjonspotensial, nerven ”fyrer”. Na^+ - kanalene kan være spenningsstyrte, slik de fleste er langs aksonet, eller de kan være regulert av kjemiske stoffer, neurotransmittere, som omtales nærmere i neste avsnitt.

4.4 Signaloverføring mellom neuroner, synapsene

Nervecellene kommuniserer med andre nerveceller ved hjelp av kjemisk signaloverføring. Når et aksjonspotensial ankommer nerve enden, frisettes kjemiske stoffer, neurotransmittere, som er pakket inn i spesielle poser (vesikler), figur 4.4.1.



Figur4.4.1: Informasjonsoverføring i en synapse, dvs. mellom to nerveceller. I synapsene overføres signalene til neste nervecelle via kjemiske budbringere. Metakain virker for eksempel ved å binde seg til nikotin reseptoren post synaptisk slik at Na^+ ikke slipper gjennom membranen. Nervecellen blir ikke depolarisert, og ingen informasjon transporteres videre.

Stoffene diffunderer til neste nervecelle og binder seg til spesielle mottakere, reseptorer slik at celledmembranen ”åpnes” (reseptorstyrt ionekanal) og en liten vannfylt kanal gjøres tilgjengelig for transport av ladede partikler (Na^+ , K^+ og Cl^-). Dette fører til at nervecellens elektriske egenskaper endrer seg, og det dannes et aksjonspotensial som er selve grunnlaget for hurtig signaltransport i nervecellene.

Et aksjonspotensial dannes fra mange små EPSP, eksitatoriske post synaptiske potensial. Neurotransmittere som danner EPSP kalles eksitatorisk neurotransmittere. Inhibitoriske neuroner finnes også i store mengder i CNS. I slike neuroner dannes inhibitoriske postsynaptiske potensialer, IPSP, som hyperpolariserer nervecellen, dvs. gjør det vanskelig for neuronet å danne et nytt aksjonspotensial, å fyre. Virkemekanismen til inhibitoriske neuroner er å lekke K^+ ioner ut av cellen, eller Cl^- inn i den. For at synapsene skal fungere effektivt, må neurotransmitterne i synapsen raskt brytes ned av enzymer eller gjenopptas pre-synaptisk.

I CNS er aminosyrene glutamat og aspartat eksitatoriske transmittorer. Det betyr at når glutamat utøver sin effekt på blant annet NMDA (N-metyl-D-aspartat) reseptorer strømmer Na^+ - ioner inn i nervecellen og fører til eksitasjon og dannelse av aksjonspotensialer. NMDA -reseptor stimulering er en del av mekanismen bak både læring, hukommelse og formidling av nosisepsjon og smerte.

Andre neurotransmittorer som deltar i overføring av informasjon om smerte, er substans P og serotonin. Disse stoffene påvirker eller modulerer virkningen av glutamat.

I synapsene oppnås smertedemping ved aktivering av inhibitoriske reseptorer slik at K^+ ioner lekker ut av nervecellen, den hyper-polariseres. De mest kjente neurotransmittorer som formidler inhibitoriske postsynaptiske signaler er morfin, endorfin og GABA (gamma-amino-smørsyre).

GABA er den vanligste inhibitoriske neurotransmitteren i CNS. Morfin og endorfin virker også ved å inhibere eller hyperpolarisere nervecellene, men bindes til andre reseptorer enn GABA, såkalte opioide reseptorer. Dersom opioide reseptorer påvises i en art, er det stor sannsynlighet for at dyret reagerer adekvat på smertedempende farmaka. Opioide reseptorer er påvist i både gullfisk laks og ørret (Sohlberg *et al.*, 2004). De fleste dyr har smertedempende mekanismer som tas i bruk ved tilstander av stor smerte eller mye stress. Disse smertedempende mekanismene fungerer ved å hindre impulstrafikken i synapsene. Inhiberende stoffer kan enten binde seg til reseptorene post-synaptisk og blokkerer for Na^+ -transport inn i nervecellen, eller øker K^+ - transport ut av nervecellen.

4.5 Nosisepsjon og smerte i fisk

Når man skal diskutere avlaving av dyr, og hvordan bedøvelsen virker, er det viktig å ha klarhet i begrepene nosisepsjon og smerte. Dette fordi god dyrevelferd ofte settes i sammenheng med fritak fra disse to sansekvalitetene.

Nosisepsjon er respons i nervesystemet på stimuli som er potensielt vevsskadelige. Det er organisms evne til å fange opp, behandle og videreformidle vevsødeleggende stimuli. Nosisepsjon kan registreres som aksjonspotensialer i sensoriske nerveceller på grunn av nosiseptoraktivering. Nosiseptorer er frie nerveendinger som reagerer på stimuli som potensielt kan være vevsskadelige. Nerveendingene sitter på den distale, forgrenete, enden av primære afferente nevroner. Hvert nevron kan ha mange nosiseptorer.

Stimulering av nosiseptorer kan fremkalle smerteopplevelse, men dette er ikke alltid tilfelle. Smerte defineres som en ubehagelig sensorisk og emosjonell opplevelse, som opptrer i sammenheng med vevsskade eller truende vevsskade, eller blir beskrevet som om den skyldtes vevsskade (Brodal, 1990a). Definisjonen benyttes av The International Association of the Study of Pain, og er best egnet til å påvise smerte hos mennesker. Dette fordi mennesker kan formidle hvilken sanseopplevelse de erfarer med ord. Slik informasjon er vanskelig å tilegne seg fra dyr.

Nosisepsjon kan måles ved hjelp av ulike teknikker i form av ulike responser i nervesystemet, som aksjonspotensialer i C- og A δ -fibre, PET-scan, funksjonell MR eller EEG. Reflekser eller adferd som vi synes ser ut som respons på smerte, benyttes også som målekriterier. Oftest er begrepet smerte knyttet til en bevisst opplevelse av lidelse. Hos mennesker kreves en negativt ladet emosjonell opplevelse for at det skal være smerte. Derfor sier noen at det kreves "bevissthet" for å oppleve smerte. Problemet oppstår når man skal definere bevissthet. De

hjerneområdene som aktiveres hos mennesker, og som man tror bidrar til "lidelseskomponenten", finnes ikke i fisk. Iallfall ikke direkte sammenliknbart (storhjernebark, neocortex og det limbiske system). Det er imidlertid funnet neuroner i telencephalon i fisk som er homologe med neuroner i storhjernen i pattedyr (Echteler and Saidel, 1981). En del forskere mener at det er indikasjoner på at ikke bare storhjernen kan motta signaler fra sensoriske og nosiseptive neuroner. Områder i telencephalon i fisk som ikke er involvert i sensorisk og motorisk behandling, kan være sete for eventuelle "høyere prosesser" som smerteoppfattelse (Macphail, 1982).

Velle og Rose mener at fisk ikke er i stand til å føle smerte fordi fisk mangler de hjernestrukturer som vi har, og er nødt til å ha for bevisst å oppfatte smerte (Velle, 1992, Rose, 2002). En del filosofer er tilhengere av denne oppfatningen, og blir blant annet hevdet av filosofen Gjelsvik i en artikkel om fisk, etikk og smerte i boka dyreetikk (Føllesdal, 2002).

Mange naturvitere hevder at fisk sannsynligvis opplever ubehag, smerte, frykt og stress på samme måte som andre virveldyr. Påstanden er basert på likhetspunkter mellom fisk og pattedyr når det gjelder anatomi, fysiologi og adferd. Det finnes i dag et godt naturvitenskapelig belegg for å hevde at fisk opplever fiskesmerte. Forskningsresultater som underbygger dette er beskrevet i en nylig publisert oversiktsartikkel om emnet (Sohlberg *et al.*, 2004)

De fysiologiske studiene konkluderer med at fisk er i stand til å lide under forutsetning av at fiskehjernen inneholder strukturer som er analoge med menneskehjernen, at fiskens nervesystem har reseptorer som er sensitive for skade (Sneddon *et al.*, 2003), at det finnes sentrale opioide reseptorer (Ehrensing *et al.*, 1982) og at fisken responderer på skade eller truende stimuli ved å flykte (Erikson, 1997, Sverdrup, 1997). I mange fiskearter er det påvist nosiseptorer der stimuli overføres til CNS i både langsomme og raske nervefibre (Sneddon *et al.*, 2003).

Det har vært en stor utfordring for nevrofysiologene å lokalisere stedet i hjernen som styrer og bestemmer over følelsene. Etter 40 års hjerneforskning utgav MacLean det mye siterte verk "The triune brain in evolution" (MacLean, 1990). I dette verket hevder han at alle følelser oppstår i de fylogenetisk eldste deler av hjernen, den såkalte reptilhjernen, mens bearbeiding av følelser skjer i *cerebral cortex*. Hos menneskene er de analoge strukturene til reptilhjernen blant annet hjernestammen, luktehjernen, basalgangliene, *thalamus* og *hypothalamus*. I disse hjerne-strukturene ligger "setet" for en rekke menneskelige følelser som blant annet smerte, sult, avsky, sorg, angst, sinne, hat, glede, trygghet, seksualitet og omsorg.

Et viktig bidraget fra MacLean's forskning er at "samtlige av menneskers følelser kan utløses fra gamle hjernen eller reptilhjernen". Følelser er derved ikke utelukkende menneskelige egenskaper, men noe som deles av alle virveldyr.

Neocortex mangler i både fugl og fisk, men i fisk er det funnet neuroner i *telencephalon* som er homologe med neuroner i pattedyrs storhjerne. Nyere forskning hevder at fisk har en emosjonell hjerne basert på viten om utviklingen av vertebrat hjernen og homologi mellom adferd og neuro - hormonelle og strukturelle trekk. Andre forsøk viser at det er belegg for å hevde at "samtlige av menneskers følelser kan utløses fra gamlehjernen eller reptilhjernen".

Klassiske neurotransmittere som acetylcholin, adrenalin, noradrenalin og dompamin er kartlagt og beskrevet i flere fiskearter (Bernstein, 1970, Heath, 1995, Mazeaud and Mazeaud,

1981, Jönsson and Nilsson, 1978, Larsen *et al.*, 1994). Hvordan disse transmitterstoffene påvirker blodtrykk, hjertefunksjon, blodårer og mage-tarmfunksjon, (fiskens *homeostase*) er grundig beskrevet i torsk og ørret av en svensk forskningsgruppe (Abrahamson and Nilsson, 1976, Holmgren and Nilsson, 1975, Holmgren and Nilsson, 1982, Wahlqvist and Nilsson, 1981, Nilsson *et al.*, 1983). Betydningen av adrenalin og nor-adrenalin i stresset oppdrettslaks godt beskrevet i blant annet to doktoravhandlinger fra Universitetet i Bergen (Fløysand, 1993, Sverdrup, 1994).

Den eksitatoriske transmitter aminosyren glutamat sørger for rask formidling av alle typer signaler i menneskets CNS, blant annet nosiseptisk informasjon mellom neuroner (Brodal, 1990b). Glutamat og aspartat er også påvist i fisk, og det er stor sannsynlighet for at disse aminosyrene også formidler smertefull informasjon i fiskens nervesystem (Heath, 1995). NMDA (N-metyl-D-aspartat) - er reseptor for glutamat. Kunnskap om disse reseptorene er viktig for å forstå både læring, hukommelse og kroniske smertetilstander. NMDA - reseptorer er også påvist i fisk, og har betydning for læring i gullfisk (Davis and Klinger, 1994).

Serotonin, substans P, CGRP, neuropeptid Y og bombesin modulerer nosiseptiske signaler i menneske, enten ved å redusere nosiseptorenes følsomhet, eller ved å påvirke NMDA-reseptorenes aktivitet i CNS. Serotonin, 5-HT reseptorer, og en rekke neuropeptider er påvist i torsk, ål og ørret (Cameron *et al.*, 1990, Lundin and Holmgren, 1989, Nilsson and Holmgren, 1992, Nilsson and Holmgren, 1989), og det er grunn til å tro at stoffene deltar i modulering av smerte også i fisk.

I pattedyr er opioid-liknende stoffer viktig for å undertrykke smertefølelsen. Smertedemping oppnås for eksempel ved at morfin bindes til opioide reseptorer, slik at nervecellen hyperpolariseres, og dette hindrer nosiseptisk informasjon i å transporteres videre. Når smertedempende mekanismer studeres i pattedyr, benyttes morfin for å inducere analgesi etter påføring av smertefullt stimulus. Naloxon blir brukt for å reversere denne effekten. Det er påvist opioid-liknende stoffer i beinfisk (Ng and Chan, 1990), og opioide reseptorer er funnet i både gullfisk (Brooks *et al.*, 1994), laks (Ebbesson *et al.*, 1993) og stør (Danielson *et al.*, 2001). Når man gir økende doser av morfin og naloxon interkranialt i gullfisk, oppnås liknende analgetisk effekt som ved tilsvarende behandling i rotter som utsettes for samme smertefulle stimulus (Ehrensing *et al.*, 1982). Dette kan tyde på at fiskens nervesystem har liknende smertedempende mekanismer som vist i pattedyr.

Endorfin som produseres i kroppen for å dempe smerte, er også påvist i flere fiskearter (Dores and Gorbmann, 1990), blant annet i laksens hypofyse (Kawauchi *et al.*, 1984). Det er vist at slike neuropeptider inducerer analgesi ved påføring av smertefullt stimulus i både torsk (Cherova, 1997) og regnbueørret (Sneddon, 2003). Den smertedempende virkningen av neuropeptidene ble undersøkt både fysiologisk og via adferd.

Adferd studeres ved å registrere endring i hjerterytme, gjellelokkbevegelser og fôrinntak. Smertedemping kan også observeres ved at stress responsene i fisken reduseres. Et klassisk eksempel på fisk og "smerte" er at et synkende antall fisk biter på kroken for andre og tredje gang. En rekke studier av fiskens adferd etter påføring av nosiseptive stimuli, underbygger at den ikke bare reagerer ut fra reflekser (Sohlberg *et al.*, 2004).

I debatten omkring fisk og dens evne til å oppleve smerte konkluderes det i dag med at fisk har både anatomiske, neurofysiologiske, biokjemiske og adferdsmessige forutsetninger for å ha et nosiseptivt system slik vi kjenner det fra pattedyr. Mer forskning er likevel nødvendig

for å kartlegge de nevrofysiologiske mekanismene som benyttes for å formidle, videresende og dempe nosiseptiske signaler i norske oppdrettsarter.

4.6 Kriterier for å vurdere effektivitet av bedøvelse i fisk

For at en bedøvelsesmetode skal kunne karakteriseres som human må det i fisken oppstå umiddelbart tap av bevissthet. Dersom bedøvelsen ikke gir umiddelbart tap av bevissthet slik som tilfellet er ved asphyxia, levendekjøling, CO₂ og Aqui-S, må fisken i løpet av induksjonsfasen ikke være i stand til å oppleve smerte, frykt eller ubehag. Det er viktig at det rett etter bedøving foretas kutting av gjellebuene (bløgging) for å fremprovosere avblødning og død. Tidsavstanden mellom bedøvelse og bløgging skal være så kort at fiskens død induseres før den gjenvinner sin bevissthet.

Under praktiske slaktebetingelser regner man med at bortfall av øyereflekser, manglende respons på smertefulle stimuli og fravær av pustereflekser er gode tegn på effektiv bedøvelse.

Electroencephalogram, EEG, registrerer hjernens elektriske aktivitet under ulike fysiologiske tilstander som for eksempel våkenhet, søvn, medikament bruk og bedøvelse. EEG registrerer summen av elektrisk aktivitet i hjernen og blir registrert som frekvens-bånd målt i Hz. Det er vanlig å klassifisere disse båndene i delta (< 4Hz), theta (4-7 Hz), alpha (8-13 Hz) og beta (> 13Hz), der beta bølger som registreres i våken tilstand, er summen av ikke-synkroniserte nevroner som "fyrer" uavhengig av hverandre. Bruk av EEG for å overvåke fysiologiske tilstander er mest utbredt i humanmedisin. Forskning og dokumentasjon av endring i EEG som funksjon av medikamentbruk, søvn, smerte og bedøving er gjennomført i en rekke pattedyr, mens det i fisk kun har vært benyttet som dokumentasjon på grader av bedøvelse siden midten av 1990-tallet.

Under bedøvelse endres dette hjernebølgeomønsteret seg til delta bølger som er lav-frekvente. Opphør av EEG ved lysstimulering av fiskens øyne, VER (Visual Evoked Response), indikerer at hjernen ikke er i stand til å prosessere sensorisk informasjon og blir vurdert som et "bevis" for at dyret / fisken er bevisstløs og følelsesløs.

VER kan kun måles i dyr med implanterte elektroder (for registrering av hjernebølger, EEG) og metoden anses derfor å være dyrevernmessig ubehagelig og forholdsvis kostbar. Når elektrisk strøm som bedøvelsesmåte skal evalueres, kan VER ikke benyttes under selve bedøvelsen, kun etter at strøm er sendt gjennom hoderegionen (Robb *et al.*, 2000)

Registrering av VER er en komplisert og dyr metode å benytte. Isteden er det forsøkt å finne korrelasjoner mellom fravær av VER og andre målbare kriterier for å vurdere om en fisk er bedøvet (Kestin *et al.*, 2002). Disse kriteriene basert på atferdsmål og stimulering av reflekser.

Når refleksene som er beskrevet herunder uteblir, sier man at fisken er bedøvet.

- puste refleksene eller gjellelokk bevegelsene
- vestibulo-ocular-refleks (VOR vanligvis kalt øyerulling)
- refleksbevegelser som respons på stikk i haleregionen

Bevegelse av gjellelokk og øyerulling er de siste reflekser som forsvinner i en bedøvet fisk. Tidspunktet da disse refleksene opphører samsvarer med tidspunktet for fravær av VER (Kestin *et al.*, 2002). Fravær av disse refleksene regnes derfor som et godt underbygget

kriterium for å si at fisken er bedøvet og bevisstløs, men finnes kun dokumentert i de norske oppdretts artene laks, ørret og ål.

Sammenlikner man resultatene i tabell 4.6.1 nedenfor, kan vi se at både slag i hodet, iki-jime og elektrisk strøm har klare dyreetiske fordeler sammenliknet med bruk av CO₂, direkte bløgging og saltbad. Dette er spesielt sett i forhold til at fisken ikke skal kunne ”oppdage” at den blir avlivet. Når det gjelder avlving av store mengder fisk utenfor slakteri er det grunn til å tro at bruk av elektrisitet vil være fordelaktig da store mengder fisk kan bedøves på kort tid. En eventuell forringelse av slaktekvaliteten i denne sammenheng har trolig mindre betydning.

Tabell 4.6.1: Sammenlikning av bedøvelsesmetoders effekt på atferd og hjernefunksjon. Tallene viser gjennomsnittlig tid i minutter til tap av; selvinitiert svømmeatferd, respons på stimuli, reflekser og nervesystemets respons på lysstimulering målt med EEG.

art	slaktemetode	selvinitiert svømmeatferd	respons på stimuli	reflekser	VER*
laks	slag i hodet	0	0	0	0
	CO ₂	1-6	1-7	6	6-1
	direkte bløgging	2	2-8	3-6	4-7
	iki-jime	0	0	0	0
	el-narkose	0	0	0	0
ørret	slag i hodet	0	0	0	0
	CO ₂	4-5	5-7	5-8	4-7
	el-narkose	0	0	0	0
ål	salt	45	60	>60	>60
	el-narkose	0	0	0	0

VER – Visual Evoked Response, Tabellen er hentet fra (Kestin et al., 2002).

Fra enkelte hold hevdes det likevel at fravær av disse refleksene ikke er et godt nok kriterium for å sjekke om en oppdrettsfisk er tilstrekkelig bedøvet. Det er noe tvil om fravær av refleksene er synonymt med bevisstløshet. Slik usikkerhet understreker mangelen på forskning innen dette feltet.

Målekriterier for å bedømme effektiviteten av ulike bedøvelsesmetoder er ikke tilgjengelig for alle oppdrettsarter. Dette skyldes at de ulike artene har tilpasset seg forskjellige levevilkår og derfor har utviklet ulike overlevelsesstrategier. Slike forhold gjør at vi finner store forskjeller mellom artene når det gjelder respons på samme bedøvelsesmetode. Mer kunnskap om fiskeartens nevrofysiologi, adferd og reflekser bør derfor dokumenteres bedre. I praksis betyr den manglende kunnskapen at resultater og observasjoner fra en art ofte må overføres til andre arter.

Når det gjelder CO₂, er det i forskningsmiljøet, i Mattilsynet, og i næringen, etter hvert en allmenn oppfatning i Norge at slik bedøvelse ikke tilfredsstillende krav til fiskevelferd. Bedøvelsen forringer også fiskens slaktekvalitet på grunn av at den induserer en enorm stress respons som varer i flere minutter. Dette er best studert i laks og ørret og kan ses i form av flukt adferd i bedøvelsestanken. Likevel benyttes CO₂ i stor utstrekning som bedøvelse for disse artene. Grunnen er trolig at man avventer resultater fra uttesting av nyere bedre metoder. For noen arter er det rett og slett umulig å bedøve fisken med CO₂, for eksempel steinbit, kveite og ål.

Steinbiten er mer seiglivet enn laks og er meget tolerant for variasjon i en mengde miljøparametere. Den har kraftig ”hud” som gjør at den ikke er sårbar for uvøren håndtering.

Steinbit kan ikke bedøves med CO₂ da pustefrekvensen reduseres kraftig, og den blir liggende helt stille. Det kan ta en time før den blir påvirket. Ved slakteriene benyttes i dag isvann og direkte sløyning dersom den skal konsumeres. En bedøvelses- og avlivingsmetode som tilfredsstillende dyrevelferdskrav er for tiden ikke tilgjengelig for denne arten. Når det gjelder steinbit og piggvar foreligger det i dag ikke gode bedøvelses- avlivingsalternativer. Praksis i dag er at gjellebuene kuttes på matfisk anlegget, slik at fisken blør ut i sjøvann i stamper mens den fraktes til slakteri.

Når det gjelder ål, så er denne arten meget vanskelig å avlive. Hjernen fungerer ved lav oksygentilførsel og "hodet" respirerer så lenge som åtte minutter etter at det er skilt fra kroppen (Blokhuis, 2004). Ålen er vanskelig å holde på grunn av slimproduksjon og avliving ved hjelp av salt er blitt benyttet. Denne metoden er neppe dyrevennlig, da det er observert tegn til liv i opp til 18 timer etter at den er lagt i saltlake. Slag i hodet kan kanskje være en alternativ avlivingsmetode dersom man klarer å holde ålen. Elektrisk strøm burde også være velegnet. I begge disse tilfellene er det vist at VER faller bort umiddelbart.

4.7 Bedøvelsesmetoder brukt ved håndtering, avliving og destruksjon av fisk

Det finnes en rekke bedøvelsesmidler for fisk på markedet. I oppdrettssammenheng blir disse benyttet for å immobilisere fisken for å lette håndtering eller for ikke å påføre fisken unødig ubehag, lidelse og stress.

Bruk av kjemisk anestesi ved smertevoldende inngrep i fisken reguleres gjennom forskrift om forsøk med dyr fastsatt av Landbruksdepartementet i 1996. Disse midlene vil ved økt eksponering eller konsentrasjon først roe (sedere) fisken før den vil miste bevegelseevnen, likevektssansen og refleksene.

Kjemisk anestesi gis hovedsakelig til fisken over respirasjonsoverflatene (inhalasjon) slik at hele nervesystemet påvirkes. Dette gir en rask og effektiv bedøvelse fordi gjellene er lokalisert i nær tilknytning til CNS. Den vanligste virkemåten for kjemisk anestesi er å blokkere dannelsen av aksjonspotensialer i nervene. Den kjemiske manipuleringen kan foregå i synapsene eller i det initiale segment der det er stor forekomst av Na⁺ - kanaler og hvor aksjonspotensialene i nervene oppstår. Midler som er kategorisert i gruppen lokalanestesi slik som benzokain og metakain (virker ved å blokkere Na⁺ - kanaler) fungerer oftest som generell anestesi i fisk, da de raskt transporteres til CNS og lammer all impuls trafikk. I gruppen fysisk anestesi regnes elektrisk strøm, slag mot hodet og nedkjøling.

Når det gjelder oppdrettsfisk som skal gå til human konsum, er det en forutsetning at den avlives / slaktes på slakteri (pakkeri). Følgende bedøvelsesmåter for oppdrettsfisk er tillatt i Norge:

- CO₂
- Isvann
- Elektrobedøving / bedøving vha. elektrosjokk
- Slag mot hodet
- Eventuelt andre metoder godkjent av Mattilsynet

I følge Stortingsmelding nr. 12 er isvann ikke egnet som bedøving og CO₂ er vurdert til ikke å fungere tilfredsstillende. De sistnevnte metodene er i henhold til Kvalitetsforskriften likevel godkjent for bruk i da det ikke finnes kommersielt gode nok alternativer.

I denne rapporten er det av interesse å se nærmere på de bedøvelses / avlivings metodene som reelt benyttes for å avlive store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri. Disse metodene omfatter i hovedsak asphyxia (kvelning i luft), benzokain, metakain, elektrisitet, bruk av kvern og i noen få tilfeller CO₂. Når det gjelder avliving av mindre mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri, dvs. på grunn av utsortering som en del av vanlig driftsrutine, benyttes slag i hodet, asphyxia (kvelning i luft), benzokain eller kvern.

Avlivings- og bedøvelsesmetoder som brukes i Norge, versus oppdrettsart:

1. Asphyxia – (kvelning i luft / på is) – steinbit og vill fisk (avliving)
2. Utblødning uten bedøvelse – laks, torsk, ørret, piggvar, kveite (avliving)
3. Salmiak – ål (avliving)
4. Saltbad / tørrsalt – ål (avliving)
5. Nedkjøling / isvann – laks, kveite, ørret (sedasjon)
6. Gass (CO₂ – hypoksi) – laks, ørret (bedøvelse)
7. Slag / iki-jime / kapping av hodet – laks, ørret, (avliving)
8. Elektrisitet – laks og ørret (bedøving og avliving)
9. Benzokain / Metakain – laks, ørret, torsk, kveite, steinbit (bedøving / avliving)
10. Kvern - laks, ørret, torsk, kveite, steinbit (avliving)

Aqui-S benyttes i stor utstrekning i Australia, New Zealand og i Chile. Metoden viser gode resultater ved vurdering av slaktekvalitet, men er ikke tatt med i denne oversikten, da Aqui-S og Clove oil ikke er godkjent for bruk i oppdrettsfisk til human konsum i Europa. Foreløpig er det også for dyrt i bruk for å ”roe ned” store mengder fisk før avliving. Middelet benyttes og anses å være meget anvendelig blant annet under transport og ved flytting av fisk ved ILAB. Aqui-S har også blitt testet ut og sammenliknet med andre bedøvelsesmetoder for slaktekvalitet i laks til human konsum, blant annet ved ILAB. Aqui-S påfører ikke fisken noen form for flukt-respons og fiskefileten scorer høyt på slakte kvalitets-skalaen.

4.8 Bedøvelsesmetoder / avlivingsmetoder brukt på oppdrettsfisk

Fram til 1990-årene var det ikke vanlig å inkludere fiskens velferd ved valg av avlivingsmetode. Begrepet kvalitet inkluderte ikke fravær av lidelse under avliving. I takt med fremveksten av andre holdninger til dyr med tanke på deres rettigheter og omsyn til deres iboende behov, er det kommet strengere krav til bedøvelse og avlivingsprosedyrer også for fisk i oppdrett.

Tendensen har vært, og er kanskje fremdeles slik, at dyr som står oss nær vekker vårt iboende omsorgsinstinkt. Dyrene som likner mest på oss selv, blir bedøvet på en mer ”human” måte enn dyr som står fjernt fra oss, slik som fisk og blekksprut. Tabell 5.9.1 neste side, viser denne tendensen i forhold til bruk av bedøving før avliving.

Ved vurdering av de ulike bedøvelses- avlivingsmetodene benyttes kriterier for human avliving slik som beskrevet av EFSA (Blokhuis et al, 2004): ”Bedøvelse i forbindelse med slaktning av fisk skal gi umiddelbar tap av bevissthet og må etterfølges av rask kutting av gjellebuer for å fremprovosere avblødning og død. Dersom bedøvelsen ikke gir umiddelbart tap av bevissthet, må fisken i løpet av induksjonsfasen ikke være i stand til å oppleve smerte, frykt eller ubehag.”

Tabell 4.8.1: Oversikt over bedøvelsesmåter som er i bruk i Norge for ulike dyreslag, fra hest til blekksprut. Informasjonen tas med for å understreke menneskenes empati i forhold til dyreslag som er nær / ikke nært beslektet med oss selv fra (Roth, 2003).

Specie	Stunning method prior to slaughter				
	Percussion /projectile	Electrical	CO ₂	Ice water	None
Horses	x				
Cattle	x	x			
Pork	x	x	x		
Other ruminants	x				
Sheep	x	x			
Rabbits	x	x			
Poultry		x			
Farmed fish			x	x	
Wild caught fish					x
Decapoda					x

De ulike avlivings- og bedøvelsesmetodene kan deles inn i raske og langsomme. De raske metodene er ofte best egnet vurdert fra et dyrevelferds standpunkt. Dette kriteriet er viktig når man skal vurdere fiskevelferd i forhold til avlaving av oppdrettsfisk utenom slakteri. Det andre kriteriet, kvaliteten på fiskekjøttet, er ikke så viktig når fisken ikke skal til humant konsum. Dersom man avliver en fisk på en dyrevelferdmessig forsvarlig måte, vil avlivingsmåten som oftest også gi god spisekvalitet fordi slik behandling hindrer primær stress-respons. Dette betyr fravær av melkesyre i muskel og minimal filètspalting som gir fast fisk.

4.8.1 Asphyxia

Kveling i luft er regnet som en langsom avlivingsmetode, og har ingen fordeler målt som fiskevelferd eller slaktekvalitet. Oppdrettsfisk blir avlivet på denne måten ved å håve dem ut av vannet og legge dem i for eksempel en oppsamlingstank for svimere eller annen uønsket fisk, slik at de dør. For regnbueørret tar det mellom 3 og 6 minutter før hjernefunksjon er borte, men det kan ta 30 minutter til fiskeskrotten slutter å gjennomføre refleksbevegelser (Blokhuis, 2004). Når fisk tas ut av vannet, induseres en maksimal stressrespons i form av voldsomme fluktreaksjoner som varer til fisken utmattes og kveles. Disse reaksjonene er temperaturavhengige, dvs. at ved lavere temperatur tar det lengre tid før fisken blir bevisstløs. Når fisk legges på is, kan den se roligere ut, men dette skyldes stort sett at alle metabolske reaksjoner går langsommere. Dette inkluderer flukt reaksjoner og motoriske reflekser. Hva som gjør at fisken til slutt dør, er mangel på oksygen til vitale organer slik at livsfunksjonene stopper opp.

Slaktekvalitetsparametere målt *post mortem* er lav pH i muskel, kort tid før maksimal rigor er utviklet (kort rigorperiode). Obsevasjon av kraftig flukt respons i induksjonsfasen som ofte fører til både lav muskel pH og mye filètspalting. Fiskevelferd er meget dårlig, og er målt som fravær av VER etter 3-6 minutter i regnbueørret.

Når det gjelder nødslakting utenom slakterier, er metoden mye benyttet. Metoden er ikke tilrådelig vurdert ut fra fiskens velferd, men benyttes i praksis da gode alternativer (økonomisk forsvarlig og effektiv i drift) mangler på de ulike anleggene.

4.8.2 Levendekjøling

Å kjøle ned fisk før slakting er en langsom metode, og regnes mer som sedasjon enn bedøving. Levendekjøling blir mye brukt for å roe ned fisken før tilsetning av CO₂, eller slag i hodet. Ved slike prosedyrer oppnås oftest meget god slaktekvalitet, spesielt ved slag i hodet. Bruk av CO₂ etter nedkjøling gir mer varierende resultat. Levendekjøling alene gir ofte god slaktekvalitet, da nedkjølingen virker gunstig på fiskens stressreaksjoner. Bakteriefloren blomstrer heller ikke opp like fort som ved høye temperaturer. Gunstig slaktekvalitet forklares ut fra nedsatt stoffskifte ved lavere temperaturer, inkludert signaloverføring i og mellom nerveceller. Nedkjøling av laks før slakting vil ha ulik virkning avhengig om dette gjøres om sommeren - eller vinteren, eller om fisken lever i varme, eller kalde strøk. Som regel krever levende kjøling et dropp i temperatur på ca. 10° C. Observasjoner og data fra levende kjøling av fisk er sprikende, og det gjenstår en del forskning på dette feltet før vi kan si hvordan fisken responderer når den hurtig kjøles ned.

Data fra kurs i slaktekvalitet ved ILAB viser at laks som ble holdt 20 minutter i isvann ved 2° C (sjøvann tilsatt isflak) før bløgging scoret høyere på kvalitetskalaen enn laks der CO₂ ble tilsatt etter 20 minutter nedkjøling. Laks som ble eksponert for CO₂ etter nedkjøling viste kraftig fluktnespons, noe som oftest var fraværende i laks som kun var nedkjølt. Hvordan disse behandlingsmåtene virker i utblødningstanken vet vi ikke mye om, men det kan hende at fisk som kun er nedkjølt våkner lettere til live. Hvis dette skjer før fisken er avblødd og død, er praksisen ikke forenelig med god fiskevelferd. Håndtering av så store mengder fisk som tilfellet er ved slakteriene kan føre til at fisken ikke kjøles godt nok ned, og da har man lite igjen for den investerte nedkjølingsenergien.

Når det gjelder slag i hodet og iki-jime stikking etter avkjøling, er det ved ILAB vist at slik laks kommer bedre ut på kvalitetskalaen enn laks som bare iki-stikkes uten nedkjøling først. Alle de målte biokjemiske kvalitetsparametere underbygger dette (høy pH, mindre melkesyre, større glukose lagre målt i muskel *post mortem* og lengre *rigor* periode *post mortem*). Velferdskriterier målt som fravær av VER ble derimot ikke målt der ulike slaktemetoder sammenliknes (Sverdrup, 1998).

I Regnbueørret som nedkjøles til 2° C kan det ta opp til 10 minutter før man registrerer opphør av hjernefunksjon (Robb and Kestin, 2002, Van de Vis *et al.*, 2003). Dersom fisken tilbakeføres til sjøvann med normal temperatur, vil hjernen etter hvert fungere som normalt. Dette viser at metoden er reversibel. Når det gjelder effekten av levende kjøling er det klart at det vil være store forskjeller mellom arter som lever i Middelhavet og for eksempel norsk Flekksteinbit som trives ved lave temperaturer. Atlantisk laks og sjørret tilpasser seg store temperaturvariasjoner i løpet av året. Effekten av nedkjøling vil ha ulik virkning om laks kjøles om sommeren (fra 18 til 2 grader), sammenliknet med nedkjøling om vinteren (fra 5 til 2 grader).

Mer forskning er påkrevd for å kunne vurdere effekten av nedkjøling på norske oppdrettsarter. Når metoden vurderes ut fra fiskevelferd, er det ikke dokumentert noen fordeler. Dette fordi det tar relativt lang tid før VER (>9 minutter) opphører. Man har heller ikke gode kriterier for å vurdere hvordan fisken egentlig "har det" i nedkjølings perioden. Generelt er det slik at fisk tåler bedre å bli nedkjølt enn å bli overført til varmere vann. Dette skyldes blant annet at oppvarmet vann ikke har nok oksygen innløst, og påfører fisken ekstra stress. Slaktekvaliteten kan bli bra, og det er målt høy pH i muskel *post mortem* og lengre *rigor* periode *post mortem*.

Når det gjelder nødslaktning av store mengder fisk utenom slakterier er metoden ikke benyttet og vil heller ikke være noe reelt alternativ.

4.8.3 Slag i hodet og iki-jime stikking

Slag i hodet er mye benyttet ved avlaving av oppdrettslaks i Skottland, og benyttes også for å avlive kveite. Automatiske slagmaskiner er installert ved flere norske lakseslakterier, og resultatene er positive både med hensyn til slaktekvalitet og fiskevelferd. Metoden hører til de raske avlivingsmetodene, og kan om den gjennomføres korrekt karakteriseres som human. Det finnes flere typer slagmaskiner på markedet, en av dem er fra Pan Fish sitt anlegg i Fosnavåg.



Bildet viser Stansas slagmaskin fra Pan Fish sitt anlegg i Fosnavåg høsten 2003

En flat hammer bankes automatisk mot fiskens hode når den er kommet inn til rett sted i maskinen. Fisken gjøres umiddelbart bevisstløs, forutsatt at slaget er tilstrekkelig hardt. Metoden er irreversibel og kan trolig ikke karakteriseres som en bedøvelsesmetode. Når det gjelder varighet før bevissthet opphører er dette meget kort, fra 0 - 1 sekund. Da er det kun snakk om de 5 sekundene fisken er i luft, før slaget treffer, som påfører fisken en reell lidelse. Dette betyr at metoden er godt egnet som avlaving vurdert utifra fiskens velferd.

En stor utfordring ved bruk av denne metoden er å få fisken til å ligge rolig før den introduseres til slagmaskinen og slås i hodet. I Australia prøves i dag en helt ny type slag maskin der fisken svømmer inn i maskinen og unngår håndteringsstresset (personlig kommunikasjon 1). En annen måte å løse dette på er å tilsette Aqui-S for å roe fisken ned før videre håndtering. Dette er utprøvd blant annet i New Zealand der laksen er rolig, stresser minimalt og er lett å håndtere før introduksjon til slaget. Ved slik behandling er det dokumentert meget god slaktekvalitet, mens velferds-kriterier som hjernefunksjoner ikke målt. Nedkjøling i isvann før slag i hodet er også prøvd og gir høy score på slaktekvalitets skalaen. Det er viktig at personalet som gjennomfører slaget, eller som opererer slagmaskinen, er godt skolert og har god kunnskap om bedøvelse og dyrevelferd.

Det foreligger ulike teorier på hvordan slag i hodet fører til bevisstløshet. En av forklaringene er at det dannes sjokkbølger i hjernen og at dette fører til depolarisering av neuroner som også befinner seg lengre fra området slaget traff. En annen forklaring er at slaget forstyrrer blodtilførselen og fører til en kortere eller lengre periode med ischemia. Slag i hodet og penetrerende bolter har vært og er benyttet ved avlaving av pattedyr med positivt resultat i form av både dyrevelferd og kjøttkvalitet (Blokhuis *et al.*, 2004).

Iki-jime er kategorisert som en hurtig avlivingsmetode. Den blir benyttet for å oppnå optimal slaktekvalitet og pris på rå fisk som skal benyttes til sushi på det japanske fiskemarkedet. Metoden består i å stikke en skarp gjenstand gjennom hodeskallen og inn i *Medulla oblongata*, den forlengede marg. Dette fører til paralysen av fisken, sensorisk informasjon hindres i å passere inn i hjernen og autonome stressresponser kan ikke iverksettes. Iki-jime-

stikking av tunfisk gav økt kvalitet og forlenget holdbarhet i fiskekjøttet (Harada, 1988). Dette er også vist i norsk oppdrettslaks der det er målt høy muskel pH, lite filètspalting og minimal dannelse av hypoxhantin som gir dårlig smak i fiskekjøttet (Sverdup, 1997) Fiskevelferden kan diskuteres, da metoden kan sammenliknes med hodekapping. Fisken kan trolig registrere hva som har skjedd i flere sekunder etter iki-stikkingen. Flere selskaper har prøvd å utvikle en automatisk iki-jime maskin som treffer hodet rett over den forlengede marg slik at alle nervebanene til / fra hjernen kuttes over og at senteret for fiskens autonome prosesser lammes. Dette har ikke vært lett, da utfordringen har vært å treffe nøyaktig og med stor sikkerhet i koordinatene som fører til at stikket går rett inn i *medulla oblongata* (Sverdrup, 1997).

Større firmaer har de senere år prøvd å perfektionere teknologien, men de nye slagmaskinene på markedet er trolig bedre egnet og gir sikrere resultat. Riktig bruk av disse er lettere å oppnå. Maskinen skal treffe fisken i hodet med en stor hammer med passelig kraft. Avliving ved hjelp av slag i hodet testes for tiden ut ved slakterier som eies av de største oppdrettselskapene i Norge.



Bildet viser uttesting av iki-jime maskin ved ILAB i 1996

Iki-jime anbefales ikke benyttet ved avliving av oppdrettsfisk utenfor slakteri. Slag i hodet anses som et godt alternativ, og er trolig en sikrere metode. Vi vet ikke nok om hvordan slag i hodet virker på alle norske oppdrettsarter. De fleste metodene er mest utprøvd på laks, men også for denne arten vet man for lite om nosisepsjon og hvor i hjernen en eventuell fiske smerte "oppleves". Slag i hodet kan anvendes på de fleste aktuelle oppdrettsartene, men ikke på ål.

Når det gjelder nødslakting av store mengder fisk ved for eksempel matfiskanlegg, kan slag i hodet benyttes. Da burde man ha installert en nødslaktelinje med slag maskin. Ved store mengder stor fisk, blir det trolig for arbeidsomt å slå en og en fisk i hodet . Slag i hodet på mindre mengder fisk ved for eksempel et yngel anlegg, er en god praksis som sikrer god fiskevelferd. Mengde og størrelse på fisk som skal avlives utenfor slakteri begrenser bruken av metoden.

4.8.4 Elektrisitet

Elektrisk strøm er en rask og dyrevelferdsmessig god bedøvelses- / avlivingsmåte dersom den brukes korrekt. Dette fordrer at ulike strømregimer er testet på dyrearten og man har kommet fram til den kombinasjonen av spenning, frekvens og tid som gir minimal lidelse og optimal slaktekvalitet. Slike strømprofiler er definert for både fjørfe og en rekke pattedyr, og det arbeides med å få bedre dokumentasjon på slike strømprofiler for fisk. Bedøving- avliving

ved hjelp av elektrisk strøm karakteriseres som human dersom de riktige strøm parametere blir brukt, men kan forårsake alvorlige lidelser og store skader om så ikke er tilfelle.

Fordelen med metoden er at store mengder fisk kan bedøves på en gang, og at det er en rask metode. Ulempen er at fisken kan bli påført store skader som kan redusere spisekvaliteten betraktelig. Når det gjelder avlivering av store mengder fisk utenfor slakteri der det ikke er noe krav til slaktekvalitet, kan strøm som avlivingsmetode være godt egnet. Når metoden fungerer optimalt, tenker man seg at nervecellene aktiveres slik at de depolariseres fullstendig, og at neurotransmittere tømmes fullstendig fra vesiklene i synapseområdet. Hele nervesystemet er på denne måten utladet og ikke i stand til å motta, behandle eller sende informasjon.

Man har størst kunnskap om bruk av strøm som bedøvelse og som smertedempende behandling hos mennesker. Både transkutan elektrisk nervestimulering, TENS, og akupunktur er smertedempende behandlinger som henholdsvis hemmer nosiseptisk informasjon til CNS eller aktiverer kroppens nedstigende smertedempende systemer. Ved TENS benytter man strøm med høy frekvens og lav intensitet. Tykke myeliniserte (isolerte) sensoriske aksoner aktiveres, og analgesien oppnås stort sett i nærheten av det området som er stimulert.

Ved klassisk akupunktur oppnås analgesi ved at tynne nåler roteres i vevet. Slik effekt oppnås når tynne sensoriske fibre aktiveres av strøm med lav frekvens og høy intensitet, og nedstigende smertedempende systemene fra hjernestammen aktiveres. Smertedempingen kan vare i mange timer etter behandling og bre seg til store deler av kroppen. Analgesien oppnås gjennom aktivering av opioide reseptorer i ryggmargens dorsalhorn.

I Norge startet man å undersøke elektrisitet som bedøvelse før slaktning av oppdrettslaks i 1990-årene, blant annet under ledelse av professor Dag Møller og Dr. scient Bjørn Roth. Den kommersielle utviklingen av elektrisk bedøvelse er overtatt av utstyrs produsenten ARENA AS, der praktiske tilpassinger er gjennomført i samarbeid med Austevoll- og Brandasund Fiskeindustri.

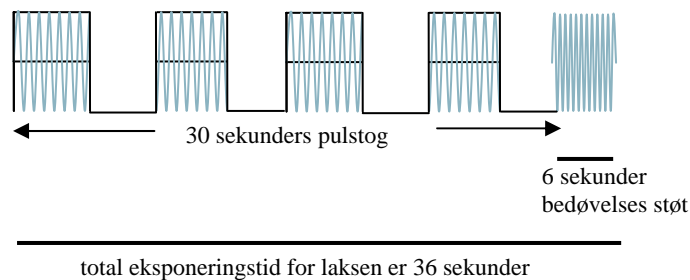
Ved Brandasund er det benyttet elektrisk bedøvelse siden nyttår 2002 / 2003. Spesifikasjonene på strømprofil (frekvens, spenning og tid) er endret flere ganger siden oppstarten for å komme fram til kombinasjoner der man unngår brudd av ryggrad og blødninger i filèten. Man antar at ryggraden knekker som følge av at strømmen induserer store muskelsammentrekninger i musklene på hver side av ryggraden. Utstyrsleverandøren ARENA mener å ha kommet fram til en oppskrift på en strømprofil de mener løser dette problemet. Hvordan denne strømprofilen påvirker eller eventuelt forringer fiskevelferden, er ikke dokumentert, fordi det mangler dokumentert kunnskap om noseisepsjon og smertedemping i fisk.

I de senere år har det vært gjennomført en mengde studier for å klarlegge hvilken strømprofil som er best egnet for å bedøve ørret, laks og ål. Man har kommet fram til at minimum 150 mA må gå gjennom hjernen på ørret, og at man etter en slik behandling er helt sikker på at fisken ikke er i stand til å kjenne noe ubehag. Dette er vist for ørret (Robb *et al.*, 2001), men det mangler vitenskapelig dokumentasjon på hvilken verdi som er gyldig for laks. En praktisk konsekvens av dette er å sikre at all fisk holdes under vann i bedøvelseskaret.

Lav feltstyrke (25 – 50 V) sammen med høy frekvens (500 – 1000 Hz) anbefales for å redusere skadeomfanget og sikre kvaliteten, men dette kan gå ut over bedøvelseseffekten og oppvåkningstiden. Best bedøvelseseffekt oppnås ved lav frekvens (50 – 80 Hz AC) (Roth,

2003, Roth *et al.*, 2003b, Roth *et al.*, 2003a), mens det er mer usikkert hvordan feltstyrken bidrar til mest effektiv bedøvelse.

Strømprofilen som har gitt minst skade og best slaktekvalitet på laks ved Austevoll Fiskeindustri er et pulstog med vekselstrøm, AC (i områder > 15 Hz og > 30 V) i 30 sekunder slik at laksen ”masseres” og gjennomfører strøminduserte muskelsammentrekninger. Deretter følger et 6 sekunders bedøvelsesstøt med stor nok voltstyrke, figur 4.8.4.1. Dette sikrer bedøvelse, uten å påføre laksen ryggknekk og blødninger i vev. Trolig fører ”massasjen” på forhånd til at muskelens energilager er tilstrekkelig tømt, og laksen responderer ikke så kraftig som den kunne ha gjort dersom den var ”uthvilt” i støtøyeblikket.



Figur 4.8.4.1: Strømregimet som ble benyttet ved Austevoll Fiskeindustri (AF) sommeren 2004. Skisse utarbeidet av Anne Sverdrup etter møte som ble holdt ved AF 17. juni 2004.

Hensikten med pulstøtet er å få laksen til å bruke opp litt av energilagrene og den potensielle muskelkraften, slik at kraftige muskelsammentrekninger ikke inntre når bedøvelsesstrømmen settes på (Rosten and Sverdrup, 2004). Den siste eksponeringen medfører effektiv bedøvelse og forbehandlingen reduserer skadeomfanget.

Det er noe uklart hvordan fisken ”har det” når den elektrostimuleres. I forsøk med ål som elektrostimuleres ved lav feltstyrke, oppnås både dårlig kjøttkvalitet og fiskevelferd (Blokhuis et al 2004). Dette er fordi musklene er stimulert over så lang tid at den er utslitt (måling av lav muskel pH). Dersom den slippes i vann, svømmer den og er fremdeles ved bevissthet.

Noen forskere mener at en frekvens på > 12 Hz og en feltstyrken på >20 eller $30?$, sikrer at fisken ikke er ved bevissthet under stimuleringen. Dette er ikke vitenskapelig bevist for laks, og må dokumenteres.

Før man kan gå god for at de eksisterende prosedyrene fungerer tilfredsstillende med hensyn på fiskevelferd er det noen forutsetninger som må implementeres. For eksempel hvor bevisst er laksen i de 30 sekundene? Dette kan ikke måles som VER. Man må designe forsøk og ta i bruk alternative målemetoder, for eksempel fravær av reflekser og nivåer av plasma-adrenalin og muskel pH før og etter behandling. Dersom det viser seg at laks kan oppleve sensorisk informasjon, inklusiv nosisepsjon i disse sekundene, må dette drøftes og sammenliknes med tiden det tar før den blir bevisstløs ved bruk av andre metoder.

Når det gjelder nødslakting av store mengder fisk utenom slakterier, er det klart at avliving med strøm har store fordeler. Store mengder fisk kan bedøves samtidig, og metoden fungerer raskt og effektivt når strøm mellom 50 og 80 Hz benyttes. At slik eksponering gir mer skade har liten betydning da kvaliteten i fiskekjøttet oftest er uinteressant. Det europeiske ekspertpanelet anbefaler å benytte 50 Hz vekselstrøm (AC), og høy voltstyrke for umiddelbar

avliving av fisk (Blokhuis, 2004). Eksponeringstiden bør vær lang nok for å sikre at all fisk dør.

4.8.5. CO₂

CO₂ løses lett i vann og danner karbonsyre, bikarbonat (HCO₃⁻) og hydrogenioner (H⁺) som forsurer vannet, pH synker. Metoden benyttes for å bedøve oppdretts laks- og ørret i Norge og er regnet som en langsom metode som ikke er tilfredsstillende med hensyn til fiskevelferd.

Hvordan bedøvelse / avliving med CO₂ virker er ikke helt klarlagt og dokumentert. Hos mennesker reguleres respirasjonen indirekte i forhold til CO₂ i omgivelsene, mens fisk regulerer respirasjonen i forhold til O₂ i omgivelsene. Erfaringer ved bruk av CO₂ fra fjørfe og pattedyr, kan derfor ikke overføres direkte til fisk. Erfaring viser at ulike fiskeslag reagerer høyst ulikt på tilsetning av CO₂ til vannet.

I laks og ørret som ikke har stor toleranse for økt CO₂ i blodet (hypercapnia), er virkemekanismen å redusere blodets evne til å ta opp O₂. Dette er både fordi den totale mengde løste partikler i blodet øker og reduserer dets evne til å løse inn gass, og at hemoglobinetts evne til å binde O₂ reduseres ved lav pH (Root effekt). Fisken vil etter hvert dø på grunn av hypercapnia / hypoxi.

Kveite, piggvar, steinbit og ål er arter som har stor toleranse for økte mengder CO₂ i blodet (Robb & Kestin 2002, Blokhuis, 2004), og metoden kan derfor ikke benyttes på disse. Steinbit blir liggende i ro og reduserer pustefrekvensen. Det kan ta over en time før gassen begynner å få noe synlig virkning.

I Norge er det i dag gjengs oppfatning at metoden ikke tilfredsstiller kravene til god fiskevelferd. Mange lakseslakterier benytter likevel CO₂ som bedøvelse. Gode alternativer er ikke er tilgjengelig på markedet til en akseptabel pris. Slaktekvaliteten er ikke godt nok dokumentert, ei heller ikke den operative kapasiteten.



Bildet er fra Møvik slakteri, 2001, og viser laks som er bedøvet med CO₂

I laks kan det ta opp til 6 minutter før tap av bevissthet inntreffer, målt som fravær av VER (Robb *et al.*, 2000). Ved lakseslakterier som benytter CO₂ for bedøvelse er tanken med sjøvann og CO₂ ofte for liten. Når laks introduseres til dette ufordelaktige miljøet med enorm fisketetthet, ikke tilstrekkelig innløsning av CO₂ (til pH 4.5 som blir regnet som ideelt), og forholdsvis lite vann, reagerer den med en kraftig flukt-respons (Robb and Kestin, 2002). Denne reaksjonen fordrer at fisken tar ut hele "overskuddet" av energi og kampvilje, noe som sterkt bidrar til å redusere slaktekvaliteten. Slaktekvalitetsparametere målt ved norske lakseslakterier er mindre enn 1 times prerigor, pH er ca.6.5 i muskel, og stor filètspalting.

Ved ILAB er det vist at dersom man bedøver og avliver slakteklar laks under kontrollerte forhold, viser den ingen flukt respons og den holder seg rolig til den ”bikker over” etter 2 – 3 minutter. Slik laks scorer ganske bra på slaktekvalitetsskalaen der verdiene er 7.1 i muskel pH, 22 timers prerigor og lite filètspalting. Likevel, slike tilnærmet ideelle forhold ville være urealistisk å innføre i en ellers sårbar lakseindustri.

Når det gjelder nødslaktning av store mengder fisk utenom slakterier er metoden lite benyttet. Den anbefales heller ikke brukt. Den er heller ikke effektiv nok for bedøving av marin flatfisk, ål og steinbit. CO₂ er også lite egnet, håndteringsmessig, for driftspersonell ved stam- sette- eller matfisk anlegg.

4.8.6 Benzokain, metakain og liknende anestesi

Inhalasjonsanestesi gitt i overdose er mye benyttet når store mengder fisk skal avlives utenfor slakteri. Det er viktig å være klar over at fisk som er avlivet på slik måte ikke kan benyttes til mat for mennesker.

Benzokain og metakain brukes for å bedøve fisk som skal håndteres, eller tilsettes i overdose for å avlive fisk som skal destrueres. Disse typene anestesi er definert som lokalanestesi og virkemekanismen er å blokkere Na⁺ - kanalene (Brattelid, 1998), slik at sensoriske fibre ikke leder nosiseptisk informasjon til CNS. Når man tilsetter middelet i overdose, virker det trolig raskt hemmende på hele CNS. Dette er ikke målt i norske oppdrettsarter og virkemekanismen krever grundigere utredning i forhold til diskusjonen sentral – lokal anestesi.

Metakain virker immobiliserende ved å blokkere Na⁺ - kanalene i stripet muskel, men virker ikke på glatt muskel. Siden middelet løses i vann når det benyttes til fisk virker det som generell anestesi og er vist å blokkere neuronene i CNS, målt som VER. Induksjonstiden er mellom 1 og 2 minutter og er dose-avhengig. Dersom eksponeringen utløser kraftig flukt respons virker bedøvelsen negativt på fiskens velferd. Fisken forholder seg stort sett rolig når eksponeringen foretas av kyndig personell, når innblandingen er optimal, det er godt med friskt vann i karet og fisketettheten ikke er for stor. Om så ikke er tilfelle, kan fisken bli utmattet av stress reaksjoner før bedøvelsen virker effektivt.

Ved ILAB benyttes metakain til håndteringsanestesi. Metakain har alltid vært best å bruke i fersk vann, men da er det viktig å blande inn litt bakepulver eller NaHCO₃ for at pH ikke skal reduseres. Nå benyttes metakain også i sjøvann, da er det viktig å blande inn middelet godt på forhånd. Ved avliving av fisk benyttes benzokain i overdose og hovedgrunnen er at det er 10 ganger billigere enn metakain.

Retningslinjer for bruk av benzokain og liknende anestesi for å avlive fisk er beskrevet av det europeiske ekspertpanelet for mattrygghet og et utdrag er gitt nedenfor:

”Løsning med riktig konsentrasjon når den tilsettes karet der fisken skal bedøves lages til og det er viktig huske på å bruke sjøvann til marin fisk og ferskvann til ferskvannsfisk. En rekke faktorer påvirker effektiviteten av anestesimiddelet så som temperatur, vannets hardhet, ledningsevne, pH, fiskens alder, helsetilstand størrelse og ikke minst hvilken art det er snakk om.

Fisk dyppes ned i løsningen, bedøves og eventuelt dør for så å håves opp og overføres til kvern. Det er viktig at alle tegn på liv (puste refleksjonen eller gjellelokk bevegelsene, vestibulo-

ocular-refleks (VOR vanligvis kalt øyerulling) og refleksbevegelser som respons på stikk i haleregionen) er fraværende før man tar fisken ut av vannet. Dette bør ikke ta mer enn 2 - 4 minutter.

Metakain og metomidat er lett løselig i vann og kan løses rett i vann og røres om. Benzokain har vanskeligere å løse i vann og må løses i aceton eller etanol før det tilsettes anestesibadet. Midlene er også noe fettløselige, og tas lett opp over gjellene slik at virkning på sentralnervesystemet kan skje raskt.

Dersom man skal bruke anestesibadet i flere omganger, bør man tilsette oksygen eller luft til badet slik at fisken ikke dør av hypoksi før anestesien virker.

Konsentrasjonen som bør nyttes er 2 – 4 ganger høyere enn den som anbefales for vanlig håndteringsanestesi. Personalet bør være opplært og benytte anbefalt beskyttelse når prosedyren gjennomføres.

”Død fisk og blodvann skal behandles etter gjeldende regler”.

Benzokain i overdose anbefales benyttet til avliving av store mengder fisk utenfor slakteri.

5. Avliving av store mengder oppdrettsfisk utenom slakteri

For å besvare dette spørsmålet har vi intervjuet ca. 30 personer som jobber i eller i tilknytning til oppdrettsnæringen. Vi har samlet inn data fra stamfiskanlegg, settefisk anlegg, yngelanlegg, matfisk anlegg, aktører i biproduktmarkedet, fiskehelsetjenesten, forskningsmiljøet, myndigheter og skipsingeniører har kommet med verdifull informasjon. En del av personene vi har intervjuet, har vært i næringen i 20-30 år, og har kunnet besvare spørsmål om både laksefisk- og marin fisk. Flere av dem vi har spurt har erfaring fra både stamfisk, settefisk, yngelanlegg og matfiskanlegg. Antall intervjuobjekter som har svart på spørsmål vedrørende laksefisk kontra marin fisk er ca. 25 – 14. Spørreskjema ble sendt ut sentralt til de store aktørene i norsk oppdrettsnæring, og herfra ble de videresendt til de ulike anleggene. Etter en uke, og i ca. en og en halv måned framover ringte prosjektleder og medarbeidere til aktørene som hadde mottatt spørreskjemaene, og noterte pr. telefon svarene disse gav på de vedlagte spørsmålene.

Det meste av informasjonen er relatert til laks og ørret, da disse artene har vært en av Norges viktigste eksportvarer i flere tiår. Torsk, kveite, piggvar og steinbit kan ennå ikke betegnes som kommersielle arter, og omsetningen av disse har ikke nådd en promille av hva som er tilfellet for laks og ørret. Informasjon om disse artene er samlet inn, men vi påpeker at det er stor forskjell i kunnskap og erfaring mellom laksefisk og nye marine arter i oppdrett.

Svarene som er gjengitt i rapporten er summen av informasjon fra intervjuobjektene. Selv om det er mest erfaring fra laksefisk, viser det seg at praksis ved avliving av oppdrettsfisk ved ulike anlegg er meget sammenliknbar og lik for de ulike oppdrettsartene. Blant de spurte er det en utbredt oppfatning at store mengder fisk sjelden avlives utenfor slakteri. Til daglig sorteres derimot mindre mengder ut og avlives i en dødfisktank med eller uten bedøvelse, kvernes og ensileres. De opplysningene vi har fått (mengden intervjuobjekter, samsvar mellom avlivingsgrunn- og måte for ulike oppdrettsarter) regnes for å være representative for praksis i oppdrettsnæringen i Norge. Spørreskjemaene finnes som vedlegg til rapporten.

Med store mengder menes flere hundre tonn fisk. I en mær kan det være ca 300 tonn laksefisk, og det kan ta fra 5 – 8 dager å tømme denne, avhengig av slakteriets og brønnbåtens kapasitet. Noen slakterier tar 40 til 50 tonn fisk pr. dag, mens nyere fabrikker har en kapasitet på 60 til 80 tonn pr. dag. De nye brønnbåtene tar i dag ca. 180 tonn fisk. Dersom det er pålagt å avlive fisk på grunn av alvorlig klasse B sykdom, fraktes den ofte til slakteri hvor den avlives ved hjelp av godkjente prosedyrer og teknologi. Dette er når fisken har nådd slaktevekt. En del slakterier har opprettet to linjer, en for frisk- og en for syk fisk for å dempe smittepresset. Dersom det er alvorlig utbrudd av sykdom er det slik at fisken dør før den kommer til slakteriet. Da tilkalles ofte aktøren i biproduktmarkedet som kan bistå bedøving og destruksjon.

Avliving av store mengder settefisk kan også forekomme, men da er ikke biomassen så stor. Dersom sykdom er oppstått på settefisk anlegg, avlives fisken i de karene der sykdommen er påvist. Ved alle anlegg avlives fisk oftest med overdose benzokain eller kvelning i luft (asphyxia) før den kvernes og destrueres. Avliving på grunn av naturkatastrofer som manetinvasjon er lite erfart i norsk oppdrettsnæring.

Disse opplysningene samsvarer med rapporten fra Europas ekspert panel: ”Når det gjelder nødslakting av store mengder fisk utenom slakteri er det oftest sykdom som er hovedgrunnen og formålet med avlivingen er smittebekjempelse. Avliving på grunn av naturlige årsaker som invasjon av ”fisketruende” maneter og giftige alger, storm og uvær er meget sjelden, men kan forekomme” (Blokhuis *et. al* 2004).

5.1 Resultater fra spørreundersøkelse laksefisk

5.1.1 Stamfisk anlegg

Ved stamfisk anlegg foregår avlivingen oftest på grunn av sykdom. Andre grunner kan være sortering som er en vanlig driftsrutine. Både laks og regnbueørret er ”engangsdytere” når de er definert som stamfisk i oppdrettsnæringen. Fisken bedøves med benzokain eller metakain før den strykes, dør og ensileres. Dette i motsetning til torsk, kveite, piggvar og steinbit som gyter flere ganger, også i oppdrettssammenheng. De blir godt tatt vare på i stamfisk-anlegget, tabell 5.1.1.

Tabell 5.1.1: Oppsummering av svar fra spørreundersøkelse, laks og ørret; stamfisk

Avlivings grunn	Spesifiser	Hvem pålegger avliving	Metode	Hvem iverksetter	Hvorfor
1. sykdom	ILA	veterinær	CO ₂	driftsleder	Pålagt av myndighetene
	IPN		EI - narkose	---- „----	---- „----
2. sortering	vanlig	driftsleder	asphyxia	---- „----	Fisk som ikke ønskes benyttet til avl sorteres ut.
	driftsrutine	---- „----	CO ₂	---- „----	Denne kan ønskes brukt til humant konsum og fraktes da til slakteri hvor bløgger avliver.
3. stryking	vanlig	driftsleder	benzokain	---- „----	Fisken destrueres
	driftsrutine	---- „----	i sprit	---- „----	Avliving skjer ved anlegget

Når det er sykdom i gruppe B, pålegges avliving og det er veterinær sammen med eier som fatter beslutningen. Det er stort sett anlegget som bestemmer hvordan avlivingen skal gjennomføres, og det er ofte benzokain i overdose som benyttes.

Dersom ILA er påvist, kan fisken benyttes til humant konsum, men dette er ikke tilfelle når den er kjønnsmoden. Kjønnsmoden laks transporteres med brønn båt til slakteri hvor den

avlives med gjeldende teknologi. Mange slakterier har to slaktelinjer, en for frisk fisk og en for syk fisk. Bløggeren avliver. Dersom fisken ikke har salgstørrelse, kan den benyttes og hentes av et av firmaene i biproduktmarkedet. Aktørene i biproduktmarkedet har lite med avlivings rutinene å gjøre. De henter stort sett ferdig ensilasje fra anlegget.

En av aktørene kan stille med båt på anlegget og tilby elektrisk bedøving / avliving, kverning og ensilering. Når dette er tilfelle er aktøren sikker på hvordan fisken er avlivet, og det er sannsynlig lettere å få tak i informasjon om årsak til død. Størrelsen på fisken kan da være et problem. Det kan være vanskelig å få fisken gjennom systemet, både bedøvelsestanken og kvernen.

Fisk som ikke ønskes brukt i avl sorteres ut og dette er vanlig rutine. Dette gjelder mindre mengder fisk og foregår på anlegget der driftsleder er ansvarlig for avliving. CO₂ benyttes som bedøvelse, eventuelt blir fisk lagt tørr i kar, eller i kar med benzokain. Driftsleder avgjør avlivingsmåte. Om større mengder fisk sorteres ut og ønskes brukt til konsum, blir den fraktet til slakteri. Da følger slakteprosedyrene der.

Når stryking er gjennomført, er laksefisken død og all fisk ensileres. Død fisk fra stamfiskanlegg går under kategori 2 i biproduktsforordningen, og biproduktet kan benyttes til biogass, andre tekniske produkter eller til pelsdyrfôr.

5.1.2 Settefisk anlegg

Flere av dem vi snakket med beskriver at både sykdom og rutinemessig sortering kan være årsak til død ved settefisk anlegg. Det er på alle nivåer fokus på fiskevelferd, også når det gjelder avliving / destruksjon. Likevel kan det nok forekomme at man tapper ned vannet i karet og lar fisken ligge til den er utmattet og dør, før den kvernes og ensileres. Man benytter også benzokain eller metakain i overdose, men aldri CO₂, da dette byr på tekniske problem.

Den hyppigste grunn til avliving av settefisk er at ca. 10 til 20 % av fisken ikke vokser opp. Dette regnes som "naturlig avgang. I et settefisk anlegg med ca. 3,5 millioner smolt, dør mellom 100.000 og 500.000 individer før de har nådd 10 gram. Dette er et stort antall individer, men en relativt liten biomasse. I praksis sorteres fisken over en rist, der den minste havner i en stamp hvor den kveles. Dette er ikke akseptabelt vurdert ut fra fiskevelferd, men foregår en del i praksis, tabell 5.1.2.

Tabell 5.1.2: Oppsummering av svar fra spørreundersøkelse, laks og ørret settefisk

Avlivings grunn	Spesifiser	Hvem pålegger avliving	Metode*	Hvem iverksetter	Hvorfor
1. sortering	naturlig avgang	driftsleder	varierende	driftsleder	10 – 20 % av smolten pr. års kull avlives
	svimere	---- „ ----	asphyxia	---- „ ----	Mindre mengder under vegs
2. lett sykdom	gjellebetennelse	---- „ ----	overdose	---- „ ----	det ikke sykdommen i seg selv, men
	IPN	---- „ ----	benzokain /	---- „ ----	sykdommen har svekket fisken, og
	PD	---- „ ----	metakain	---- „ ----	større mengder avlives under vegs
3. alvorlig sykdom	ILA	myndighet	kvern	---- „ ----	Veterinær sammen med eier tar beslutningen
	IPN	---- „ ----	aldri CO ₂	---- „ ----	
4. driftsuhell	teknisk	driftsleder	asphyxia	---- „ ----	Vann tilførselen stoppes pga teknisk uhell
	---- „ ----	---- „ ----	---- „ ----	---- „ ----	Dette forekommer meget sjeldent

* - I dette tilfellet er det stor variasjon i praksis, vanligst er asphyxia (kvelning i luft). Overdose benzokain og kvern benyttes. All fisk ensileres, dvs tilsettes syre med pH 4.

Nest hyppigste årsak til avlaving er for eksempel utbrudd av gjellebetennelse, IPN (Infeksiøs Pancreas Nekrose) eller PD (Pancreas Disease) der fisken overlever, men blir for svak til å klare seg videre i livet. Store mengder av denne fisken avlives, og den blir sortert ut over rist av samme årsaker som nevnt under sortering, dvs. dårlig tilvekst, misdannelser og ”svimere”. Forskjellen er at denne fisken har vært i anlegget noe lengre.

Ved utbrudd av gruppe B sykdom, er ikke problemet så stort, for da blir avlaving pålagt, og man har enten levende frisk fisk, eller døde fisk. Gruppen mange syke fisk finnes ikke i dette tilfellet. Ved utbrudd av ILA er det vanligvis veterinær som påviser dette, og avlaving pålegges av myndighetene. Det er veterinær som sammen med eier, beslutter avlaving.

Meget sjelden forekommer driftsuhell som fører til at vanntilførselen stopper. Om dette ikke oppdages og repareres umiddelbart, vil all fisk dø av kvelning, asphyxia. Blir skaden reparert kan de fleste overleve uhellet, med være svekket i forhold til smoltifisering og andre utfordringer senere i livet.

Avlivingsmåte bestemmes stort sett av driftsleder uavhengig av årsak til avlaving. Fisken er så liten at filéten ikke kan benyttes til humant konsum, og all settefisk ensileres ved å tilsettes maursyre (pH < 4). I forhold til Biproduktforordningen er oppdrettsfisk avlivet ved settefisk anlegg definert i kategori 2 av fiskebiprodukter. I prinsippet kan disse produktene benyttes til fôr til pelsdyr, biogass, kompostering, gjødsel, jordforbedring eller tekniske produkter.

Vurdert ut fra den videre gang i verdikjeden har avlivingsmåten liten betydning. Vurdert ut fra fiskevelferdskriterier er det viktig at avlivingsmåten virker meget raskt og påfører fisken minimalt med stress. Benzokain i overdose er slik sett en akseptbar avlivingsmåte. CO₂ anbefales ikke da fisken stresses uforholdmessig mye. CO₂ benyttes heller ikke ved settefisk anlegg fordi det er teknisk u håndterlig med store flasker. Elektrisk avlaving er heller ikke benyttet ved settefisk anlegg.

Vanligste prosedyre er å sortere fisk over rist, slik at den minste sorten havner i en stamp hvor den kveles. Bedre fiskevelferd oppnås da ved å fylle en større stamp med vann og gi en overdose metakain eller benzokain, slik at tiden før død inntreer, reduseres.

Et annet forslag til forbedring er å overføre fisken direkte til kvern. Det tar da fra 1 til 3 minutter fra fisken er levende til den er død. Tiden før død inntreer reduseres da sammenliknet med å kveles i luft før kverning. Krav til kvernens effektivitet og sikkerhet må i tilfelle utredes nærmere. Metoden er pr. i dag ikke i samsvar med Akvakulturforskriften § 28 som sier at ”Dersom det kan føre til unødig eller betydelig lidelse for fisk å leve videre, skal den snarest mulig bedøves og avlives på forsvarlig måte” og at ”den skal bedøves før avlaving og være bedøvd når døden inntreer.” Metoden er trolig ikke lett å akseptere i forhold til smerte og fiskevelferd, men benyttes nok noe i praksis.

Ved noen settefisk anlegg forekommer det både lite sykdom og lite sortering og man begrunner dette med høy kvalitet på rogn fra leverandøren.

5.1.3 Matfisk anlegg

I følge Akvakulturforskriften (§ 28) er det ikke tillatt å avlive store mengder fisk i akvakulturanlegg med flytende installasjoner. Dersom det skulle bli nødvendig, må eier søke Mattilsynet, som kan gi tillatelse til slik avlaving dersom dette er nødvendig ut fra tungtveiende fiskehelse- eller fiskevelferds hensyn. Når det gjelder rutinemessig sortering, så

er dette både ønskelig og pålagt i følge samme forskrift ” § 14 ” Så langt det er mulig skal døde akvakulturdyr tas ut av produksjonsenheten daglig” og ”Dersom det kan føre til unødig eller betydelig lidelse for fisk å leve videre, skal den snarest mulig bedøves og avlives på forsvarlig måte.”

I praksis betyr dette at daglig sortering og avlaving av fisk ved matfisk anlegg kan foregå uten å søke Mattilsynet om tillatelse. Større mengder fisk er når hele mæren må slaktes ned på grunn av gruppe B sykdom (ILA eller BKD).

Avlaving av laks og sjø-ørret fra matfisk anlegg er vanligvis hyppigst rett etter overgang til sjø og smoltifisering, tabell 5.1.3. Da kan store mengder (100- til flere hundre) fisk dø pr. dag. Denne fisken er liten og lettere å håndtere enn slakteferdig laks. Likevel er det en utfordring for anleggene å ha en dødfisk stamp på anlegget med bedøvelsesmiddel i overdose slik at fisken ikke lider og pines i hjel.

Når fisken er blitt større, håver man daglig ut ”pinner” eller svimere. Disse blir stor sett slått i hodet når antallet er fra 2 til 20. Når det blir et større antall pr. dag, fra 20 og opp til noen hundre, håves disse opp i en dødfisk stamp uten at de nødvendigvis blir påført slag i hodet først. Rutinene for om de er tilsatt bedøvelsesmiddel eller ei i tanken varierer. Slik sortering praktiseres også for å unngå smittepress på grunn av for eksempel PD.

Avlaving av store mengder matfisk skyldes oftest påvisning av gruppe B sykdom. For eksempel at ILA er påvist av veterinær og avlaving pålegges av myndigheter. Avlivingsmåte bestemmes av regionsleder eller et firma som opererer i biproduktmarkedet. Ved konsumstørrelse blir fisken fraktet til slakteri med brønnbåt og avlivet der. Vanligvis brukes CO₂, eller slag maskin. Elektrisk bedøving er under utprøving ved to lakseslakterier i Norge. Hvilken strømprofil som gir best fiskevelferd er ennå ikke dokumentert. I alle tilfeller er det bløggeren som avliver fisken på slakteriene.

Tabell 5.1.3: Oppsummering av svar fra spørreundersøkelse, laks og ørret matfisk

Avlivings grunn	Spesifiser	Hvem pålegger avlaving	Metode	Hvem iverksetter	Hvorfor
1. naturlig død	stress ved	driftsleder	asphyxia	driftsleder	Ved sjøutsett ca 100 –1000 dø pr dag
	smoltifisering	---- " ----	metakain	---- " ----	Mindre mengder under vegs
			slag i hodet*		*benyttes for mindre mengder 2.20 pr dag
2. alvorlig sykdom	ILA	myndigheter	metakain	---- " ----	Avhengig av størrelse på fisken som må slaktes
	IPN	---- " ----	CO ₂	---- " ----	liten fisk avlives ved anlegget, mens
	epiteliocystis	---- " ----	Metode ved	---- " ----	fisk som har nådd konsumstørrelse
	PD	---- " ----	slakteri	---- " ----	fraktes til slakteri med brønn båt
3.vaksineskader	dårlig	veterinær / eier	slakteri	---- " ----	sjeldent men har forekommet
	velferd	---- " ----	---- " ----	---- " ----	
4. naturfenomen	maneter	myndigheter eier	mobilt slakteri båt	---- " ----	Tenkt scenarie ingen praktisk erfaring
	giftige alger	---- " ----	fysisk skjerming	---- " ----	Varsel om naturkatastrofe som kan føre til tap av
	orkan varslet	driftsleder	slakteri	---- " ----	slakteklar laks, verdi mellom 500 millioner og
	oljeflak				4 milliarder kr

Dersom fisken ikke er slakteklar, er det vanlig å destruere fisken ved anlegget. Ved mindre mengder fisk slås en og en i hodet for å være sikker på at de er døde før de kvernes. Oftest

bestilles båt fra en av aktørene i biproduktmarkedet som tilbyr elektrisk avlaving og destruksjon. Alternativt kan man bestille brønn båt for å ta hånd om avlavingen, da oftest med CO₂. Problem med brønn båt og nedslakting er stort sett at det er lite plass til å gjennomføre bedøving og avblødning. Disse båtene brukes for ikke å introdusere unødig smittepress på slakteriene, spesielt de som ikke har egen slaktelinje for syk fisk. Ved avlaving av laks fra matfisk anlegg skilles det på om fisken er liten, eller stor nok til konsum.

Avlaving av store mengder matfisk har også forekommet på grunn av store vaksine skader. Fisken ble da fraktet til slakteri hvor den ble slaktet etter pakkeriets godkjente prosedyrer. Driftsuhell er ikke vanlig ved flytende matfisk anlegg, men naturfenomen som plutselig høy temperatur, invasjon av maneter og giftige alger kan forekomme. Hvordan man i framtiden bør etablere en plan for krisehåndtering ved ulike natur katastrofer er behandlet til slutt i denne rapporten.

Biprodukter fra nedslakting ved matfiskanlegg overtas av Hordafør eller Scanbio Bjugn for videre prosessering. I forhold til Biproduktforordningen er oppdrettsfisk avlivet ved matfisk anlegg definert i kategori 2 av fiskebiprodukter. Disse produktene kan benyttes videre til pelsdyr fôr, biogass, kompostering, gjødsel, jordforbedring eller tekniske produkter. Dersom fisken avlives ved et godkjent lakseslakteri, kan også Biomega avhente slaktet og benytte produkter fra dette i tilsetningsstoffer til supper og lignende.

Vanligvis avlives store mengder matfisk på grunn av påvist gruppe B sykdom. Dersom avlivingsgrunn er ILA,

er det ut fra fiskens velferd akseptabelt å frakte den til slakteri med brønnbåt for avlaving etter stedets godkjente slaktemetoder og regler.

5.2 Resultat fra spørreundersøkelse marin fisk

Det vises til statistikk som forteller at de marine artene ennå ikke har nådd kommersialisering. Praktisk erfaring fra oppdrett av disse er derfor begrenset sammenliknet med laksefisk.

Biologisk basis kunnskap om disse artene må også utforskes nærmere, spesielt deres fysiologi, nervesystemets oppbygning og funksjon, nosisepsjon, adferd og stressreaksjoner ved håndtering i ”kunstige omgivelser”. Finnes det for eksempel smertedepende mekanismer i steinbitens nervesystem?

5.2.1 Torsk

Tabell 5.2.1: Oppsummering av svar fra spørreundersøkelse: stamtorsk, yngel og mattorsk

Avlivings grunn	Spesifiser	Hvem pålegger avlaving	Metode	Hvem iverksetter	Hvorfor
1. sortering	naturlig avgang	driftsleder	asphyxia	driftsleder	naturlig død , den sterkeste overlever
	svimere	---- „----	benzokain	---- „----	vannmiljø, gasser, ioner
	deformiteter		slag i hodet	---- „----	små mengder pr. dag slås i hodet
2. sykdom	Gruppe B	myndigheter	benzokain /	---- „----	Veterinær sammen med eier
	NVN	---- „----	metakain	---- „----	Beslutter avlaving
	IPN	ikke pålagt		---- „----	
3. driftsuhell	teknisk	driftsleder	---- „----	---- „----	Vann tilførselen stoppes pga teknisk uhell
	---- „----	---- „----	---- „----	---- „----	Dette forekommer meget sjeldent

Stamfisk er gjerne vill lokal torsk som er fisket med ruse eller not. Etter hvert begynner også oppdrettstorsk å bli benyttet som stamfisk. Man er ennå på utprøvningsstadiet og begge sorter

benyttes for å finne fram til beste kvalitet. Ved noen stamtorsk anlegg har man ennå ikke nådd så langt i produksjon at de første kullene er avgått ved naturlig død. Torsken gyter ca. 4-5 ganger og grunnen til avlaving er at kvaliteten på eggene blir for dårlig. Det er ca. 40 til 50 stamtorsk pr. årskull, og de avlives i sterk metakainblanding. Stamtorsk brukes ikke til menneskemat, men destrueres og videre prosesseres til minkfôr eller teknisk bruk.

Ved torskeyngel anleggene er det samme grunn til avlaving som ved settefisk anleggene, naturlig avgang i startfasen, sykdom, vanlig sortering og driftsuhell der det siste forekommer meget sjelden tabell 5.2.1.

Det er lite erfaring i næringen med avlaving av store mengder torsk utenom slakteri. En gruppe B sykdom som fører til pålagt avlaving er VNN, viral nervøs nekrose, mens angrep av IPN ikke medfører at fisken pålegges slaktet. Dette gjelder alle fiskeslag. Når det gjelder virbiose (*V. anguillarum*), som kanskje er den mest hyppige sykdommen på torsk, så avlives ikke store mengder fisk av slik årsak. Syk torsk dør av seg selv, og den fisken som overlever medisinerer, blir sannsynligvis avlivet en godkjent slaktelinje. Det er ikke rapportert om avlaving av store mengder mattorsk. Grunnen er trolig at næringen ikke har nådd så langt som til kommersialisering, og dersom torsken har klart å bli så stor, overlever den som oftest fram til den kan slaktes til konsum.

5.2.2 Kveite, piggvar og steinbit

Kveite, piggvar og flekksteinbit befinner seg i et førkommersielt stadium, selv om de første oppdretterne er i gang. Vanligste grunn til avlaving av disse artene er påvisning av VNN, tabell 5.2.2. Mengdene som skal avlives er ikke så store som når det gjelder avlaving av laksefisk på grunn av ILA. Disse artene kjennetegnes ved å være mer tolerante for miljøforandringer enn hva tilfellet er med laks og torsk. En slakteteknologi som tilfredstiller fiskens velferd og kan betegnes som "human", er ikke tilgjengelig på markedet i dag.

Større forskningsinnsats må settes inn for å klarlegge disse artenes nevroendokrine responser og adferd, inklusiv refleksresponser i forbindelse med ulike bedøvelsmetoder. Når fisken avlives på grunn av sykdom, benyttes en meget sterk benzokain blanding fordi konsentrasjoner som tar livet av laks og torsk tilsynelatende ikke berører disse artene.

Tabell 5.2.2: Oppsummering av svar fra spørreundersøkelse, marin stamfisk og yngel

Avlivings grunn	Spesifiser	Hvem pålegger avlaving	Metode	Hvem iverksetter	Hvorfor
1. sykdom	Gruppe B	myndigheter	sterk	driftsleder	Liten fisk går til destruksjon
	Atypisk furunkulose	---- „ ----	benzokain blanding	---- „ ----	Fisken kvernes og ensileres
	NODA virus VNN	---- „ ----	Is slurry	---- „ ----	Dersom konsumstørrelse er nådd kuttes
	IPN	ikke pålegg		---- „ ----	gjelle buer og den transporteres til slakteri
2. sortering	vanlig	driftsleder	sterk benzo-	---- „ ----	Fisken kvernes og ensileres
	driftsrutine	---- „ ----	kain-blanding	---- „ ----	destrueres
3. driftsuhell	teknisk	driftsleder	---- „ ----	---- „ ----	Vann tilførselen stoppes pga teknisk uhell
---- „ ----	---- „ ----	---- „ ----	---- „ ----	---- „ ----	Dette forekommer meget sjeldent

Dersom stamfisk må avlives i store mengder, må det være påvist sykdom. Den vanligste er atypisk furunkulose (atypisk *Aeromonas salmonicida*). Benzokain eller annet bedøvelsesmiddel av samme gruppe benyttes da i overdose. Steinbit gyter flere ganger, også som stamfisk i oppdrett. Den røktes derfor med omsorg og stelles godt med. Den avlives ikke etter gyting, men noen dør likevel uten at vi vet hvorfor.

Både små og store steinbit er meget tolerante for variasjon i mange miljøparametere. Den har kraftig "hud" som gjør at den ikke er sårbar for uvøren håndtering. Steinbitens toleranse for endring i miljø er grunnen til at den ikke kan bedøves med CO₂. Ved tilsetning av CO₂ reduseres pustefrekvensen kraftig, og fisken blir liggende helt stille. Det kan ta over time før den blir påvirket. Vanlig sortering skjer ved slag i hodet (rimelig mengde), mens ved større mengder benyttes benzokain, eller samme prosedyre som ved slakteriene, dvs. isvann og direkte sløying dersom den skal brukes som mat.

Kveite avlives på grunn av sykdom eller vanlig sortering. Ved påvisning av gruppe B sykdom, NODA virus eller VNN benyttes sterk benzokainblanding, og de offentlige veterinærmyndighetene (pålegger avlaving. Ved sortering som er en vanlig driftsrutine, brukes også benzokain, og driftsleder er ansvarlig. Dersom kveiten har konsumstørrelse, slaktes den på slakteri. Isslurry blir benyttet som bedøvelse da dette er vanlig praksis i Norge. Kveite er også en flergangsgyter, kan veie 100 kg og tas meget godt vare på. Det ble ikke rapportert om avlaving av store mengder konsumferdig steinbit og kveite utenom slakteri. Grunnen er trolig at næringen ikke har så mange års erfaring og har ikke nådd så langt som til kommersialisering.

6. Masseavliving av frisk fisk utenfor slakteri som kan gå til konsum

Problemstillingen er relatert til krisehåndtering. Vi tenker oss at det er varslet manetinvasjon, giftige alger eller orkan. Målet er å få slaktet ut frisk slakteklar fisk fra alle anlegg som er i faresonen for å bli berørt av "naturkatastrofen". Fisk til humant konsum må ha nådd slaktevekt og i dette scenariet er det derfor snakk om matfisk anlegg. Da kun laks og ørret har nådd kommersialisering, lager vi scenariet ut fra dagens produksjon av laksefisk.

I Norge er det ca. 800 matfiskkonsesjoner, hver er på ca. 12.000m³ , består av 6-8 mærer og kan produsere ca. 1000 tonn fisk i året. I vårt eksempel tenker vi at hele Hordaland kan bli rammet av orkan. Dersom vi sier at det er ca.100 konsesjoner i Hordaland og at maksimal års produksjon står i fare for å rammes (1.000 tonn pr. år x 100 som er 100 millioner kg), betyr det at 100 millioner kg laks til en verdi av og 2,2 milliarder kr. er i fare for å gå tapt (forutsatt en kg pris på 22 kr). Dersom 40 % av konsesjonenes totale kapasitet er slakteklar, vil verdien være ca. 880 millioner kr. Det kan også tenkes at kyststripen fra Agder til Nordland rammes, men jeg diskuterer tiltak i forhold til "alvoret" av katastrofen til slutt. Den økonomiske verdien på hva som skal reddes er grovt beregnet, og hensikten er å vise at det dreier seg om store tall slik at en beredskapsplan kan være både nødvendig og nyttig.

I forhold til regelverket må oppdrettsfisk som skal gå til menneskemat, avlives ved et godkjent slakteri. I følge akvakulturforskriften §14 er det ikke tillatt å slakte akvakulturdyr på akvakulturanlegget. Døde akvakulturdyr og deler eller avskjær av slike skal behandles som animalsk avfall. Avfallet skal omgående kvernes eller ensileres til pH under 4.

Dersom man ønsker dispensasjon fra denne lovgivingen, må man søke Mattilsynet og både grunner for avlaving og måter det kan gjøres på er beskrevet i § 28. "Dersom det kan føre til unødig eller betydelig lidelse for fisk å leve videre, skal den snarest mulig bedøves og avlives på forsvarlig måte. Fisk skal bedøves før avlaving og være bedøvd når døden inntreer. Bedøvelsesmetoden skal ikke påføre fiskene vesentlig stress eller smerte. Bedøving skal skje ved slag mot hodet, bruk av egnet medikament eller annen egnet metode. Fiskene skal dø som følge av bløgging og påfølgende blodtap fra hjernen, medikamentell overdose eller annen egnet metode. Det skal sikres at fiskene er døde før videre behandling. Alt blodvann, andre

deler av avskjær av fisk skal samles opp og behandles som animalsk avfall jamfør § 14 overfor. Det er ikke tillatt å avlive store mengder fisk i akvakulturanlegg med flytende installasjoner. Mattilsynet kan gi tillatelse til slik avliving dersom dette er nødvendig ut fra tungtveiende fiskehelse- eller fiskevelferds hensyn.”

I tilfelle en varslet naturkatastrofe, er all tid verdifull, og det må gå fort å søke og få tillatelse fra Mattilsynet om å avlive fisk ved anlegget. Spørsmålet er hvordan dette skal kunne gjennomføres i praksis. Hvilken bedøvelses og avlivingsmetode som skal velges, må vurderes ut fra katastrofens omfang og hvilken teknologi som er tilgjengelig på markedet. Alle metodene som er skissert i Fiskekvalitetsforskriften bør kunne bli benyttet, selv om ikke alle gir like god fiskevelferd. Metodene som pr. i dag er aktuelle er CO₂, isvann, elektrobedøving, elektrosjokk eller slag mot hodet. Metodenes virkemåte og effekt på fiskens velferd er diskutert i avsnittene 4.7 til 4.9.

Scenariet skal beskrive den norske beredskapen om noen år, og da er det viktig å være klar over den strukturendring som sannsynligvis har foregått i næringen. På den tiden er det ca. 15 slakterier igjen i Norge, og kun 3 i Hordaland. Antall brønnbåter i drift er redusert fra ca. 125 til et sted mellom 25 og 50 (pers. kommunikasjon 3). Konsekvensen blir at færre slakterier kan stå for nedslakting, avstanden mellom dem kan bli stor og antall brønnbåter tilgjengelig begrenset, selv om kapasiteten pr. båt er større. Det er mulig at de brønnbåtene som er blitt til overs (ca. 60-89) kan benyttes som beredskaps båter under fremtidige krisehåndteringer. Slaktekapasiteten slik den er i dag, er trolig ikke tilstrekkelig dersom et tenkt katastrofe scenarie skulle oppstå.

Vi nevner følgende alternativer løsninger ved en eventuell nødslakting:

1. Brønn båter i skytteltrafikk til slakteriene
2. Mobile båt slakterier
3. Ombygging av lektere
4. Bevare en del av de eldre brønn båtene
5. Nedslakting på anlegget
6. Fysisk skjerming av anlegget
7. Slepe anlegget til ufarlig lokalitet

Nød- slakting i det gitte scenariet kan foregå ved de tre slakteriene i Hordaland og tre til fire brønnbåter pr. slakteri må gå i skytteltrafikk mellom de aktuelle konsesjonene og det nærmeste slakteriet. Antall brønnbåter i operasjon avhenger av både omfang av katastrofen og avstanden mellom konsesjon og slakteri. Jo lengre avstand, jo flere båter. Det kan ta 5-8 dager å redde ut en mær med 300 tonn laks.. Tiden avhenger av kapasiteten på brønnbåten (ca. 180 tonn laks), avstanden til slakteriet (3 timer til 2 dager) og slakteriets slaktekapasitet pr. dag (ca. 40 – 80). Dersom naturkatastrofen er ventet å ramme anlegget innen et døgn, må man sannsynligvis sette inn 4 brønnbåter pr. mær, forutsatt at avstanden til slakteriet er mer enn 10 timer. Med ca. 40 brønnbåter kan man da ha mulighet til å redde laks fra 10 mærer (3000 tonn laks).

Man kan også tenke seg å bygge opp en beredskapsflåte med mobile båtslakterier. Det sier seg selv at en slik løsning kan være meget kostbar. Det optimale ville være å etablere mobile båtslakterier som til daglig henter laks ved matfisk anlegg der fisken slaktes og pakkes om bord i båten underveis til markedet. Disse båtene må erstatte en del av semitrailer trafikken til for eksempel Europa. På denne måten kan fisken som selges være ”ferskere”, ha bedre

kvalitet og oppnå bedre pris. Løsningen kan derfor være økonomisk forsvarlig. Dersom båtene har store fisketanker under dekk, der fisken "har det like bra" som i mæren, kan den transporteres over lengre strekninger til fjerne markeder om så er ønskelig. Dette er også avhengig av regelverk for transport av levende fisk.



Fish On Way konsept utviklet av Kverndokk & Eldøy

Et slikt konsept er utviklet av et firma i Ålesund som har vunnet en oppfinner pris på idéen om å bygge om gamle fabrikktrålere dvs store nok båter som kan romme både fisketank (mær), fabrikk og prosessering. Slike mobile slakterier kan da benyttes i krisesituasjoner der det er snakk om nødslakting av store mengder laks på grunn av en mulig naturkatastrofe. Det er beregnet at et ombygget fartøy med fisketanker og slakteri med kapasitet til 300 tonn laks vil koste ca.150 millioner kr, mens en kapasitet på 1000 tonn laks vil koste ca. 350 millioner.

Alternativt kan lektere bygges om til mobile slakterier. Samme firma som nevnt ovenfor har beregnet at lekteren vil kunne ta 300 tonn laks, og at kostnadene for ombygging vil være ca. 50 millioner kr. I dette tilfellet er det nødvendig med slepebåt for å forflytte anlegget. Begge konsept bør utredes nærmere for å se på både slakteteknologi, regelverk og økonomi.

Brønnbåter er for små til å bygges om til slikt formål. De nye store brønnbåtene på ca. 60 m (1500 m³) tar ca. 180 tonn fisk. Men hvor skal fisken slaktes (fabrikk, teknologi og håndtering av blodvann og avskjær?). Et ekstra dekk kan eventuelt bygges på?

En del av de eldre brønn båtene som ikke lenger er i drift, er for små til ombygging. Disse kan være gode å ha som en beredskapsflåte ved katastrofer, når all tilgjengelig brønnbåtkapasitet skal settes inn. Man kan utrede hva disse båtene skal benyttes til daglig.

I Skottland slaktes til daglig noe fisk i matfiskanleggene. Laks legges til bløgging i svære tanker med is, og blodvannet må tilsettes maursyre og behandles etter forskriftene. I tilfelle det skal la seg gjøre å gjennomføre nødslakting på flytende matfiskanlegg, må konseptet utredes nærmere, for å se nærmere på muligheten i forhold til både plass, teknologi, regelverk og økonomi.

Et femte alternativ er å skjerme anleggene fysisk. Hvordan dette skal kunne gjennomføres er avhengig av om det er orkan eller maneter som er årsak til katastrofen,og hvor stor del av kystlinjen som er i fare for å bli rammet.

I oljenæringen ble det på 1980-tallet utviklet olje lenser for å skjerme kysten for oljeutslipp. Lensene ble utviklet og konstruert for å tåle ulike strømforhold og bølgehøyder. Dette er i dag

en del av utstyret på våre beredskaps depoter. Liknende teknologi kan trolig benyttes for å skjerme matfiskanlegg mot både maneter og oljeutslipp. Trolig kan oljelenser med dypt nok skjørt også benyttes mot manetinvasjon. Man kan som fysisk avskjerming også strømsette området slik at manetene tar en annen veg.

Ved orkan bør det kanskje være mulig å sikre anlegget ved å slepe det i ly, og i den sammenheng er det viktig at det finnes slike ”alternative” lokaliteter. Slakting kan i de to siste tilfellene utsettes og foretas som planlagt.

Hvilken slakteteknologi som skulle være best egnet kan også utredes nærmere og er avhengig av hvilken løsning som velges. Det er slik at dersom man skal bygge mobile båtslakterier, kan både elektrisk avliving, CO₂ og slag i hodet benyttes. Velferdsmessig er det viktig å fokusere på hvor effektive bedøvelsen er, og at den virker fort. Da er strøm og slag i hodet akseptabelt, men ikke CO₂. Effektivitet er også viktig ved nødslakting, og da er det viktig at mange fisk kan bedøves samtidig. Slag i hodet kan da ta for lang tid. Elektrisitet og CO₂ kommer derfor trolig ut som de beste alternativene. Når det er snakk om driftssikkerhet, så er det avhengig av hvor anlegget er plassert. Er det god plass for maskiner og personell? Finnes det ”back-up” løsninger om noe går galt? Flere spørsmål kan stilles, og oppgaven krever mer detaljert informasjon om tekniske løsninger.

I spørsmålet som ble stilt vedrørende masseavliving av frisk fisk utenfor slakteri som kan gå til konsum, kan fisken eller avskjæret også gå til dyrefôr. Biproduktforordningen har ingen krav til avlivningsmetode. Det er råvarens og produktenes kvalitet og bruksområder som reguleres. Likevel er det et skille for hva man kan benytte frisk fisk og avskjær fra frisk fisk til.

Som hovedregel er all fisk som er avlivet utenfor slakteri definert til å tilhøre kategori 2 i Biproduktsforordningen. Biprodukter av kategori 2 skal destrueres eller uskadeliggjøres før videre bearbeiding til gjødsel, biogass, pelsdyrfôr eller tekniske produkter. I praksis betyr dette at all nedslaktet fisk kun kan benyttes videre til pelsdyrfôr.

Spørsmålet er om det skal gis tillatelse til å bruke frisk fisk nødslaktet ved anlegget til grise-fôr eller humant ”tilsetningsfôr”. En begrensning for slik anvendelse er selve avblødningen av fisken. Valg av avlivingsmåte er også bestemt av beredskapen ved anlegget, teknologi, sikkerhet og hva som er praktisk gjennomførbart. Om hvert anlegg skal pålegges å ha beredskapsplan for nød slakting ved naturkatastrofer kan vurderes. Hvilken avlivingsmåte som velges bestemmer hva fisken skal kunne brukes til. Fisk til humant konsum skal bedøves og bløgges etter gjeldende regelverk.

Dersom fiske avlives med benzokain eller liknende, kommer den inn under artikkel 5 (1) c som omfatter fisk som har for høye verdier av stoffer listeført i vedlegg 1 gruppe B 1 og 2 i direktiv 96/23/EC. Det er ikke restriksjoner på å bruke slik fisk til fôring av pelsdyr, jfr. artikkel 23 (2)(b)(i). De eneste kategori 2 materialene som ikke kan brukes til fôring av pelsdyr i følge forordningen er fisk som er mistenkt smittet eller ble slaktet/døde som følge av smittsom sykdom. Ellers skal biprodukter til pelsdyrfôr følge forordningens vedlegg IX. Det er opp til kompetent myndighet i hvert enkelt land om unntaksmulighetene i artikkel 23 skal gjelde i medlemslandet. Det er ikke fattet vedtak om dette i Norge.

Biprodukter fra kategori 3 er utviklet fra avskjær fra fisk som er slaktet ved godkjent slakteri. Fisken, eller avskjæret, kan tilsettes maursyre og videreutvikles til proteinholdig fôr til gris

(eks. H-pro), eller til fiskeolje som går til brensel (H-oil). En annen mulighet er å tilsette enzymer som bryter ned fiskeavskjæret eller fisken og videre prosessere dette til humant bruk som suppetilsetninger og liknende. Begge teknologiene er tilgjengelige i markedet.

7. Oppsummering

Målet med rapporten er å klargjøre begrepet bedøvelse, beskrive aktuelle bedøvelsesmetoder som benyttes i oppdrettsnæringen og finne ut ved hvilke tilfeller det kan være aktuelt med avliving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri. Det ønskes også en spesifisering av metoder for masseavliving utenfor slakteri av frisk fisk som kan gå til humant konsum (dyrefôr eller humant konsum). Sistnevnte spørsmål skal beskrive nødløsninger for å håndtere slaktning av matfisk i løpet av 1-3 døgn som følge av en mulig naturkatastrofe.

Metoder og prosedyrer som er regulert i det norske regelverket, og som er relevant for å besvare problemstillingene i rapporten, er Akvakulturforskriften § 14 og § 28, Fiskekvalitetsforskriften § 9-4 og § 9-2, Rundskriv fra Landsbruksdepartementet (1990) om avliving av fisk til destruksjon og Biproduktsforordningen som avgjør om fiskeslakt kan benyttes videre til tekniske produkter, pelsdyrfôr eller grisefôr. Nedenfor gis en oppsummering av de føringene som gis i regelverket, og som er relevant for besvarelsen av spørsmålene i rapporten.

- Oppdrettet fisk skal bedøves før bløgging, og aktuelle metoder er:
 - CO₂, isvann, slag i hodet, elektrobedøving, eller annen metode godkjent av Mattilsynet.
- Fisk skal bedøves før avliving og være bedøvd når døden inntreffer.
- Bedøvelsesmetoden skal ikke påføre fiskene vesentlig stress eller smerte.
- Fiskene skal dø som følge av bløgging og påfølgende blodtap fra hjernen, medikamentell overdose eller annen egnet metode.
- Det skal sikres at fiskene er døde før videre behandling.
- Vanlig bedøvelsesmiddel i overdose kan benyttes når fisk skal destrueres.
- Slike kjemiske stoffer kan ikke benyttes dersom fisken skal gå til konsum.
- Det er ikke tillatt å slakte akvakulturdyr på akvakulturanlegget.
- Fisk skal snarest mulig bedøves og avlives på forsvarlig måte dersom det kan føre til unødig lidelse å leve videre.
- Blodvann og avskjær av fisk skal samles opp og behandles som animalsk avfall.
- Det er ikke tillatt å avlive store mengder fisk i akvakulturanlegg med flytende installasjoner.
- Mattilsynet kan gi tillatelse til slik avliving dersom dette er nødvendig ut fra tungtveiende fiskehelse- eller fiskevelferds hensyn

Utenlandske anbefalinger og retningslinjer som også vil ha relevans for bedøvelse og avliving av oppdrettsfisk i Norge er EFSA's (European Food Safety Authority) rapport som evaluerer dyrevelferd i forbindelse med bedøvelse og avliving av produksjonsdyr (2004).

Bedøvelse er definert som tap av evne til å kjenne smerte, berøring eller andre sansekvaliteter, med eller uten tap av bevissthet. For at en bedøvelsesmetode skal kunne karakteriseres som human må det i fisken oppstå umiddelbart tap av bevissthet. Dersom bedøvelsen ikke gir umiddelbart tap av bevissthet, slik som tilfellet er ved asphyxia, levendekjøling, CO₂ og Aquis, må fisken i løpet av induksjonsfasen ikke være i stand til å oppleve smerte, frykt eller ubehag. Det er viktig at det rett etter bedøving foretas kutting av gjellebuene (bløgging) for å fremprovosere avblødning og død. Tidsavstanden mellom bedøvelse og bløgging skal være

så kort at fiskens død induseres før den gjenvinner sin bevissthet. Hensikten med utblødningen er å stoppe tilførselen av oksygenert blod til hjernen så raskt som mulig.

Det er viktig med forståelse av begrepene bevisstløshet og tap av følsomhet. Effektiv bedøvelse skal forstyrre impulstrafikken i nervecellene, enten ved å forstyrre reguleringsmekanismen for neurotransmittere i hjernen, eller ved å hindre aksjonspotensialer i å ledes langs aksonene fordi de elektriske egenskapene er forstyrret. Når neuronene ikke er i stand til å lede signaler, vil oppgaver som formidles gjennom disse ikke fungere, dvs. sanser, motorikk og bevissthet vil være slått av, dyret er bevisstløst.

Under praktiske slaktebetingelser regner man med at bortfall av øyereflekser, manglende respons på smertefulle stimuli og fravær av pustereflekser er gode tegn på effektiv bedøvelse. Opphør av EEG ved lysstimulering av fiskens øyne, VER (Visual Evoked Response), indikerer at hjernen ikke er i stand til å prosessere sensorisk informasjon og er benyttet som "bevis" for at fisken er bevisstløs og følelseløs ved opphør av de nevnte reflekser. Det er noe tvil om fravær av refleksene er synonymt med bevisstløshet. Slik usikkerhet understreker mangelen på forskning innen dette feltet.

Bedøvelses- / avlivingsmetoder som benyttes i norsk fiskeoppdrett kan kategoriseres som hurtige eller langsomme. Eksempel på hurtige metoder er slag i hodet, iki-jime og elektronarkose. Langsomme metoder er CO₂, Aqui-S, levendekjøling og asphyxia. Metakain og benzokain i overdose kan karakteriseres som hurtigvirkende. Ikke alle metodene kan defineres som bedøvelse, da effekten kan føre til en irreversibel tilstand i fisken. Dette gjelder asphyxia og iki-jime. Slag i hodet og bruk av elektrisitet kan også føre til direkte avliving. Det kan diskuteres om metodene virker bedøvende eller avlivende ut fra måten de gjennomføres på. Levendekjøling roer for eksempel ned fisken, men kan ikke defineres som en bedøvelsesmetode. Man vet for lite om nosisepsjon og fiskesmerter i norske oppdrettsarter til å kunne gi entydige råd om hvilke bedøvelsesmetoder som egner seg best. De fysiologiske responsene i fiskens nervesystem er ikke godt nok klarlagt for et slikt formål. Mer forskning er derfor nødvendig for å kunne gi oppdrettsnæringen de beste rådene for å ivareta fiskens velferd, også under avliving.

Asphyxia er svikt i oksygentilførsel i fiskens blod som følge av at den er lagt på land. Det er en langsam avlivingsmetode som gir dårlig slaktekvalitet og dårlig fiskevelferd. Man måler lav muskel pH, stor filtpalting og har registrert VER i over 9 minutter i regnbueørret. Metoden benyttes for å avlive oppdrettsfisk utenfor slakteri, men anbefales ikke benyttet til dette formålet. Ved sortering av fisk bør alle anlegg ha en stor stamp med overdose benzokain som bedøver/avliver fisken før den kvernes og ensileres.

Benzokain / metakain benyttet i overdose bedøver eller avliver fisken umiddelbart. Metoden kan karakteriseres som hurtig. Virkemekanismen er å hindre dannelse av aksjonspotensialer ved blokkering av Na⁺-kanaler. Hele CNS blir sannsynligvis "slått ut" da middelet er fettløselig og tas opp over gjellene slik at det virker raskt i hjernen. Grad av anestesi er doseavhengig og varierer i forhold til fiskeart, størrelse og vannkvalitet. Benzokain i overdose benyttes i stor utstrekning ved avliving av oppdrettsfisk utenfor slakteri, og anbefales brukt for dette formålet. Det er viktig å være klar over at fisk avlivet med slike kjemiske midler ikke kan gå til humant konsum. Metoden gir sannsynligvis god fiskevelferd når riktig prosedyre overholdes. De nevrofysiologiske responsene ved bruk av benzokain er ikke godt nok klarlagt i norske oppdrettsarter. Mer forskning på virkningen av slik lokalanestesi og fravær av nosisepsjon bør undersøkes nærmere i de aktuelle oppdrettsartene.

Iki-jime er kategorisert som en middels hurtig avlivingsmetode. Den blir benyttet for å oppnå optimal slaktekvalitet og pris på rå fisk som skal benyttes til sushi på det japanske fiskemarkedet. Metoden består i å stikke en skarp gjenstand gjennom hodet og inn i *Medulla oblongata*, den forlengede marg. Dette fører til paralysing av fisken. Sensorisk informasjon hindres i å passere inn i hjernen og autonome stressresponser kan ikke iverksettes. Dette fører til meget god slaktekvalitet. Det måles høy muskel pH, lite filétspalting og fravær av hypoxhantin i fisk som er avlivet på denne måten. Fiskevelferden er ikke optimal da metoden kan betraktes som hodekapping. Fisken kan trolig registrere hva som har skjedd i flere sekunder etter iki-stikkingen. Metoden anbefales ikke benyttet ved avliving av oppdrettsfisk utenfor slakteri. Slag i hodet anses som et alternativ og er trolig en bedre metode.

Slag i hodet karakteriseres som en hurtig metode og anbefales benyttet ved avliving av mindre mengder fisk utenfor slakteri. Fisken må være ute av vann i ca. 10 sekunder før slaget anvendes, men gir god slaktekvalitet og fiskevelferd dersom slaget gjennomføres korrekt. Metoden er ikke egnet til avliving av større mengder fisk, spesielt i tilfeller der fisken har nådd konsumstørrelse. Under slike forhold kreves installasjon av automatiske slagmaskiner på anlegget. Virkemekanismen er trolig at det dannes en trykkbølge som setter hele hjernen ut av funksjon, slik at man ikke måler VER etter slaget. Om slag i hodet skal kunne regnes som en bedøvelsesmetode er mer tvilsomt. Fisken vil sannsynligvis ikke våkne opp og leve videre med en velfungerende *homeostase*. I Norge benyttes slagmaskiner ved en rekke lakseslakterier og anbefales benyttet i stedet for CO₂. Metoden er mest utprøvd på laks, men også for denne arten vet man for lite om nosisepsjon og hvor i hjernen en eventuell ”opplevelse” av fiskesmerter foregår. Slag i hodet kan anvendes på de fleste aktuelle oppdrettsartene, men ikke på ål.

CO₂ er kategorisert som en langsom bedøvelsesmetode. CO₂ løses lett i vann og danner karbonsyre, bikarbonat (HCO₃⁻) og hydrogenioner (H⁺) slik at pH synker. CO₂ brukes ved lakseslakterier og gir hverken god slaktekvalitet eller god fiskevelferd. Virkemekanismen er ikke klarlagt, men man regner med at blod og vev får så lav pH at O₂ vanskelig bindes til hemoglobin. Dette fører til hypercapnia / anoksi. Dårlig slaktekvalitet registreres som kraftig fluktespons, meget lav muskel pH (6.4-6.5), mindre enn 3 timers rigorutvikling og mye filétspalting. VER kan måles i ca. 6 minutter, og indikerer dårlig fiskevelferd. CO₂ blir ikke benyttet som bedøvelses- eller avlivingsmetode utenfor slakteri da den betraktes som upraktisk, dyr og lite effektiv. CO₂ er spesielt dårlig egnet til å bedøve ål, kveite, steinbit og torsk. Dette er arter som har stor toleranse for økte mengder CO₂ i blodet, og metoden kan derfor ikke benyttes på disse.

Elektrisitet er en rask og dyrevelferdsmessig god bedøvelses- / avlivingsmåte dersom den brukes korrekt. Når metoden fungerer optimalt, tenker man seg at nervecellene aktiveres slik at de depolariseres, og at neurotransmittere tømmes fullstendig fra vesiklene i synapseområdet. Hele nervesystemet er på denne måten utladet og ikke i stand til å motta, behandle eller sende informasjon. For at bedøvelse ved hjelp av strøm skal karakteriseres som human, må ulike strømregimer være testet på dyrearten. Man må komme fram til den rette kombinasjonen av spenning, frekvens og tid som gir minimal lidelse og optimal slaktekvalitet. Det arbeides med å få bedre dokumentasjon på slike strømprofiler for fisk. Det er viktig å være klar over at hver fiskeart krever sin spesifikke strømprofil. Ved bruk av for stor voltstyrke kan man for eksempel oppleve å få store skader i form av ryggknekking og store blødninger i filéten. Man antar at ryggraden knekker fordi strømmen induserer store muskelsammentrekninger i musklene på hver side av ryggraden. Utstyrsløseren ARENA mener å ha kommet fram til en prosedyre de mener løser dette problemet. Hvordan

denne strømprofilen påvirker eller eventuelt forringer fiskevelferden, er ikke dokumentert. Høy spenning gir sikker bedøving, men mest skade (50 – 80 V). Høy frekvens gir lite skade, men ikke optimal bedøvelse (500 – 1000 Hz).

I oppdrettslaks er det målt middels høy pH (7.1), 24 timers rigorutvikling, lite filéspalting og umiddelbar fravær av VER ved elektrisk bedøving. Metoden prøves for tiden ut ved Brandasund og ved Austevoll Fiskeindustri. Noen forskere mener at en frekvens på > 12 Hz og en feltstyrken på >20 eller 30?, sikrer at fisken ikke er ved bevissthet under stimuleringen. Dette er ikke vitenskapelig bevist for laks, og må dokumenteres. Slik dokumentasjon må også utarbeides for de andre oppdrettsarter dersom fisken skal gå til humant konsum.

Når det gjelder nødslakting av store mengder fisk utenom slakterier, anbefales bruk av strøm mellom 50 og 80 Hz og høy voltstyrke. Store mengder fisk kan bedøves samtidig, og metoden fungerer raskt og effektivt. Et viktig kriterium er å sørge for at fiskens hode er under vann, når strømmen sendes gjennom bedøvelseskaret. At slik eksponering gir mer skade har liten betydning da kvaliteten i fiskekjøttet oftest er uinteressant. Eksponeringstiden bør vær lang nok for å sikre at all fisk dør.

Aqui-S brukes for å bedøve eller roe ned laks som skal brukes til humant konsum i New Zealand og Australia. Høy pH i muskel, lite filéspalting og fravær av fluktrespons er dokumentert. Metoden egner seg spesielt godt for å roe ned fisk før et eventuelt slag i hodet. Selv om induksjonsfasen er lang, regner man med at *Aqui-S* også gir god fiskevelferd. Virkemekanismen er ikke kjent, men man antar at den virker på liknende måte som alkohol. Virkestoffet fører til at aksonenes ledningsevne hemmes. Grunnen til at stoffet ikke er tillatt ved bedøving av fisk til humant konsum i Norge, er at det kan finnes rester av virkestoffet i fiskefiléten. Ved ILAB er det høstet meget gode erfaringer ved bruk av *Aqui-S*, både ved håndtering, transport og slakting av oppdrettsfisk. Metoden anbefales benyttet til bedøving før avlaving av store mengder fisk utenfor slakteri.

Levendekjøling benyttes ofte for å roe ned fisk før bruk av annen bedøvelse / avlivingsmetode. Virkemekanismen er relatert til temperaturens innvirkning på biologiske reaksjoner, som går langsommere ved lavere temperaturer. Metoden karakteriseres som langsam og kan gi både god og mindre god slaktekvalitet. Dette avhenger av sesong, art og hvilke bedøvelsesmetoder som benyttes etterpå. Man observerer for eksempel varierende grad av fluktrespons ved tilsetning av CO₂ i bedøvelsestanken. Metoden benyttes ikke ved avlaving av oppdrettsfisk utenfor slakteri, og anbefales heller ikke brukt til dette formålet. VER registreres under hele nedkjølingsperioden. Observasjoner og data fra levendekjøling av fisk er sprikende. Det gjenstår en del forskning på sesongvariasjoner og hvordan ulike arter responderer på nedkjøling.

Svarene som er gjengitt i rapporten når det gjelder avlaving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri, er summen av informasjon fra intervjuobjektene. Selv om det er mest erfaring fra laksefisk, viser det seg at praksis ved avlaving av oppdrettsfisk ved ulike anlegg er meget sammenliknbar og lik for de ulike oppdrettsartene. De vanligste grunnene for avlaving utenfor slakteri er sortering grunnet naturlig død, misdannelser, stress i de ulike livsfasene og lettere sykdom. Gruppe B sykdom er årsak til pålagt avlaving. Mindre hyppige grunner til avlaving utenfor slakteri er driftsuhell og vaksineskader. Naturfenomener som manet- / algeinvasjon ble ikke rapportert i vår spørreundersøkelse. Benzokain i overdose er den hyppigst benyttede bedøvelses- avlivingsmetoden og anbefales i forhold til fiskevelferd. Asphyxia blir også benyttet, men bør ikke forekomme ved noen anlegg. Slag i hodet benyttes ved avlaving av

mindre mengder fisk og på små fisk. Slag i hodet er velegnet for fiskevelferden, men kan bli for arbeidskrevende når antall fisk pr. dag overstiger ca. 30. Karbondioksyd og elektrisitet tilbys av et av fartøylene i biproduktmarkedet. CO₂ anbefales ikke brukt, mens elektrisitet er en velegnet avlivingsmetode for fisk som ikke skal til humant konsum. Mesteparten av oppdrettsfisk som avlives utenfor slakteri, kvernes og ensileres etter bedøving. Ensilasjen blir hentet for videreutvikling i biproduktmarkedet. Da fisk som avlives utenfor slakteri ikke kan gå til humant konsum, er det ikke noe problem å bruke overdose benzokain som bedøvelsesmiddel før kverning.

Ved avliving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri anbefales det å bruke overdose benzokain, elektrisitet, Aqui-S eller slag i hodet. Direkte kverning bør undersøkes nærmere i forhold til fiskevelferd. Både direkte kverning og slag i hodet fungerer i praksis som avlivingsmetoder. Det kan være nyttig å se nøyer på regelverket. Spesielt Akvakulturforskriften § 28 som sier at "fisk skal være bedøvet før avliving, og være bedøvd når døden inntre". Man bør også revurdere betegnelsen "bedøvelsesmetoder" når man beskriver hvilke som er tillatt i Fiskekvalitetsforskriften § 9-4.

Kunnskap om norske oppdrettsarter og deres nevrofysiologiske responser på de ulike bedøvelsesmetodene er ikke godt nok dokumentert. Man vet for lite om nosisepsjon, og hvor i hjernen fiskesmerter og ubehag eventuelt kan behandles og formidles i de aktuelle artene. Mer grunnforskning på dette området er nødvendig for å kunne gi sikrere anbefalinger vedrørende metodebruk og fiskevelferd.

Siste del av rapporten skal svare på hvordan man kan redde store mengder matfisk fra mær, ved en varslet naturkatastrofe. Dersom fisken skal brukes til humant konsum, er det en forutsetning at den fraktes til slakteri, eller at Mattilsynet godkjenner nødslakting på anlegget. Scenariet skal beskrive den norske beredskapen om noen år, og da er det viktig å være klar over den strukturendring som sannsynligvis vil ha foregått i næringen. På den tiden vil det være ca. 15 slakterier igjen i Norge, kun 3 i Hordaland. Antall brønnbåter i drift vil være redusert fra ca. 125 til et sted mellom 25 og 50. Færre slakterier vil kunne stå for nedslakting, avstanden mellom dem kan bli stor, og antall brønnbåter tilgjengelig vil være begrenset. Tømming av en mær med ca. 300 tonn laks vil kunne ta fra 5 - 8 dager. Tiden vil avhenge av kapasiteten på brønnbåten (de store tar i dag 180 tonn fisk), avstanden til slakteriet og slakteriets daglige slaktekapasitet (mellom 40 og 80 tonn pr. dag). Dersom naturkatastrofen (maneter, alger, orkan, oljeflak) blir varslet til å være ved anlegget innen et døgn, vil man måtte sette inn 4 brønnbåter pr. mær. Man vil kunne ha mulighet for å redde laks fra ca. 10 mærer med ca. 40 brønnbåter, forutsatt at avstanden til slakteriet er ca. 10 timer. Mobile båtslakterier er designet på tegnebrettet, og kan ta med seg en mær med 300 tonn laks (ca. en mær) og slakte disse om bord. Kostnadene for å bygge et slikt mobilt båtslakteri er ca. 150 millioner kroner. Spørsmålet er om man kan oppnå lønnsom drift i hverdagen, dersom en slik løsning skulle vurderes. Vi nevner følgende alternative løsninger:

1. Brønn båter i skytteltrafikk til slakteriene
2. Mobile båtslakterier
3. Ombygging av lektere
4. Bevare en del av de eldre brønnbåtene
5. Nedslakting på anlegget
6. Fysisk skjerming av anlegget (oljelenser)
7. Slepe anlegget til ufarlig lokalitet

Slaktekapasiteten slik den er i dag er trolig ikke tilstrekkelig dersom et tenkt katastrofe scenario skulle oppstå. Hvilken slakteteknologi som ville være best egnet er avhengig av katastrofens omfang, utbredelsesområde, årstid og hvilke tekniske løsninger som er tilgjengelige. Dersom man for eksempel skal bygge mobile båtslakterier, kan både elektrisk avliving, CO₂ og slag i hodet benyttes. Velferdsmessig er det viktig å fokusere på hvor effektiv bedøvelsen er, dvs. at den virker fort. Da er strøm og slag i hodet akseptabelt, men ikke CO₂. Effektivitet er også viktig ved nødslakting. Da er det viktig at mange fisk kan bedøves samtidig. Slag i hodet kan da ta for lang tid. Elektrisitet og CO₂ kommer trolig ut som de beste alternativene. Strømregimer som gir optimal slaktekvalitet og fiskevelferd må da være utforsket nærmere. CO₂ vil trolig ikke bli tillatt å bruke ved fiskeslakterier etter 2007, men vil sannsynligvis bli akseptert som en nødløsning for å redde store mengder matfisk.

Personlig kommunikasjon 1. Ulf Eriksson, Sintef Fiskeri- og Havbruk, 3. Trond Rosten, NIVA

8. Referanser

- Abrahamson, T. & Nilsson, S. (1976) Phenylethanolamine-N-metyl transferase (PNMT) activity and catecholamine content in chromaffin tissue and sympathetic neurons in the cod, *Gadus morhua*. *Acta Physiologica Scandinavica*, **96**, 94-99.
- Bernstein, J.J. (1970) Anatomy and physiology of the central nervous system In *Fish Physiology* (Hoar, W.S. & Randall, D.J. eds.), Vol. 4, pp. 2-90 New York.
- Blokhuis, J., Broom, D.M., Capua, I., Cinotti, S., Gunn, M., Hartung, J., Have, P., Manteca Vilanova, J., Morton, D.B., Pepin, M., Pfeiffer, D.U., Roberts, R.J., Sánchez-Vizcaino, J.M., Schudel, A., Sharp, J.M., Theodoropoulos, G., Vannier, P., Verga, M. & Wierup, M. (2004) Welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *The EFSA Journal*, **45**, 1-29.
- Brattelid, T. (1998) Kompendium i forsøksdyrlære for fiskeforskere. Norges veterinærhøgskole.
- Brodal, P. (1990a) Nosiseptorer og smerteopplevelse In *Sentralnervesystemet: bygning og funksjon* (Brodal, P. ed.), pp. 136. Tano AS, Oslo.
- Brodal, P. (1990b) Transmittersubstanser In *Sentralnervesystemet: bygning og funksjon* (Brodal, P. ed.), pp. 46-49. Tano AS, Oslo.
- Brooks, A.L., Standifer, K.M., Cheng, J., Ciszewska, G. & Pasternak, G.W. (1994) Opioid binding in giant toad and goldfish brain. *Receptor*, **4**, 55-62.
- Cameron, A.A., Plenderleith, M.B. & Snow, P.J. (1990) Organization of the spinal cord in four species of elasmobranch fish: cytoarchitecture and distribution of serotonin and selected neuropeptides. *Journal of comparative Neurology*, **297**, 201-218.
- Cherova, L.S. (1997) Pain sensitivity and behaviour of fishes. *J Ichtyol*, **37**, 98-102.
- Danielson, P.B., Hoversten, M.T., Fitzpatrick, M., Schreck, C., Akil, H. & Dores, M.R. (2001) Sturgeon orphanin, a molecular "fossil" that bridges the gap between the opioids orphanin FQ/nociceptin. *Journal of Biological Chemistry*, **276**, 22114-22119.
- Davis, R.E. & Klinger, P.D. (1994) NMDA receptor antagonist MK-801 blocks learning of conditioned stimulus contiguity but not fear of conditioned stimulus in goldfish (*Carassius auratus* L.). *Behaviour Neuroscience*, **108**, 935.
- Dores, R.M. & Gorbmann, A. (1990) Detection of Met-enkephalin and Leu-enkephalin in the brain of the hagfish, *Eptatretus stouti*, and the lamrey, *Petromyzon marinus*. *General Comparative Endocrinology*, **77**, 489- 499.
- Ebbesson, L.O.E., Deviche, P. & Ebbesson, S.O.E. (1993) Distribution and changes in mu- and kappa-opiate receptors in the midlife critical period of neural development in Coho salmon (*Oncorhynchus kitchin*) In *Am Ass Anatom 106th Meeting*.

- Echteler, S.M. & Saidel, W.M. (1981) Forebrain connections in the goldfish support telencephalic homologies with land vertebrates. *Science*, **212**, 683-685.
- Ehrensing, R.H., Michell, G.H. & Kastin, A.J. (1982) Similar antagonism of morphine analgesia by MIF-1 and naloxone in *Carassius auratus*. *Pharmacological and Biochemical Behaviour*, **17**, 757-761.
- Erikson, U. (1997) Muscle quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) as affected by handling stress. Norwegian University of Science and Technology.
- Fløysand, R. (1993) The atrial accumulation of adrenaline: functional aspects in response to stress in aquacultured Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). University of Bergen.
- Folkestad, P. & Fiskum, S. (1990) Rundsriv fra Landbruksdepartementet om avliving av fisk til destruksjon. Landbruksdepartementet.
- Harada, K. (1988) Presenting fish for sale on the Japanese market. *Australian Fisheries*, **47**, 38-43.
- Heath, A.G. (1995) *Water pollution and fish physiology*, Lewis Publishers.
- Holmgren, S. & Nilsson, S. (1975) Effects of some adrenergic and cholinergic drugs on isolated spleen strips from the cod, *Gadus morhua*. *European Journal of Pharmacology*, **32**, 163-169.
- Holmgren, S. & Nilsson, S. (1982) Neuropharmacology of adrenergic neurons in teleost fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **72 C**, 289-302.
- Jönsson, A.C. & Nilsson, S. (1978) Effects of pH, temperature and Cu²⁺ on the activity of dopamine- β -hydroxylase from the chromaffin tissue of the cod *Gadus morhua*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **62C**, 5-8.
- Kawauchi, H., Tsubokawa, M., Kanetzawa, A. & Kitagawa, H. (1984) Occurrence of two different endorphins in the salmon pituitary. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, **92**, 1278-1288.
- Kestin, S.C., van de Vis, J.W. & Robb, D.H.F. (2002) Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*, **150**, 302-307.
- Larsen, T.H., Helle, K.B. & Sætersdal, T. (1994) Immunoreactive atrial natriuretic peptide and dopamine β -hydroxylase in myocytes and chromaffin cells of the heart of the African lungfish, *Protopterus aethiopicus*. *General and Comparative Endocrinology*, **95**, 1-12.
- Lundin, K. & Holmgren, S. (1989) The occurrence and distribution of peptide- or 5-HT-containing nerves in the swimbladder of four different species of teleosts (*Gadus morhua*, *Ctenolabrus rupestris*, *Anguilla anguilla*, *Salmo gairdneri*). *Cell Tissue Res.*, **257**, 641-647.
- MacLean, P.D. (1990) *The triune brain in evolution. Role in Paleocerebral functions*, Plenum Press, New York.
- Macphail, E.M. (1982) *Brain and intelligence in vertebrates*, Clarendon Press, Oxford.
- Mazeaud, M.M. & Mazeaud, M. (1981) Adrenergic Responses to Stress in Fish In *Stress and fish* (Pickering, A.D. ed.), pp. 49-76. Academic press, London.
- Ng, T.B. & Chan, S.T.H. (1990) Adrenocorticotropin-like and opioide-like materials in the brain of the red grouper *Epinephelus akaara (teleostei)*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **95**, 159-162.
- Nilsson, S. & Holmgren, S. (1989) Novel neurotransmitter in autonomic nervous system of nonmammalian vertebrates. *Pharmacology and Therapeutics*, **41**, 257-287.
- Nilsson, S. & Holmgren, S. (1992) Cardiovascular control by purines, 5-hydroxytryptamine, and neuropeptides In *Fish Physiology* (Hoar, W.S., et al. eds.), Vol. XII, Part B, The cardiovascular system, pp. 301-341. Academic Press, Inc, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diego.
- Nilsson, S., Holmgren, S. & Fenge, R. (1983) Autonomic nerve functions in fish In *Control Processes in fish physiology* (Rankin, J.C., et al. eds.), pp. 1-22. ISBN, London.

- Robb, D.H.F., Callaghan, M.O., Lines, J.A. & Kestin, S.C. (2001) Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) : factors that effect stun duration. *Aquaculture*, **205**, 359-371.
- Robb, D.H.F. & Kestin, S.C. (2002) Methods used to kill fish: Field observations and literature reviewed. *Animal Welfare*, **11**, 269-282.
- Robb, D.H.F., Wotton, S.B., Mckinstry, J.L., K., S.N. & Kestin, S.C. (2000) Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. *The Veterinary Record*, **147**, 298-303.
- Rose, J.D. (2002) The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and pain. *Reviews in Fisheries Science*, **10**, 1-38.
- Rosten, T. & Sverdrup, A. (2004) Anbefalinger om bruk av elektrisk støm ved bedøving av oppdrettet fisk, pp. 1-33. KPMG AS, Senter for Havbruk og Fiskeri, Trondheim.
- Roth, B. (2003) Electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) In *Department of Fisheries and Marine Biology*. University of Bergen, Bergen.
- Roth, B., Möller, D., Insland, A. & Slinde, E. (2003a) Effect of electric field strength and current duration on stunning and injuries in market-sized Atlantic salmon held in seawater. *North American Journal of Aquaculture*, **65**, 8-13.
- Roth, B., Möller, D. & Slinde, E. (2003b) Ability of electric field strength, frequency and current duration to stun farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and saithe (*Pollachius virens*) and relations to observed injuries using sinusoidal and square wave alternating current (AC). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Sneddon, L.U. (2003) The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic. *Applied Animal Behaviour Science*, **83**, 153-162.
- Sneddon, L.U., Braithwaite, V.A. & Gentle, M.J. (2003) Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Pros. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci*, **270**, 1115-1121.
- Sohlberg, S., Meidell, C. & Sjøli, N.E. (2004) Oppfatter fisk smerte, frykt og ubehag? En litteraturgjennomgang. *Norsk Veterinærmedisinsk Tidsskrift*, **6**, 429-438.
- Sverdrup, A. (1994) The role of the vascular endothelium and the endocrine heart on vasoactivity in arteries of two teleosts. University of Bergen.
- Sverdrup, A. (1997) Sluttrapport prosjekt 11238/122: Implementering av kjent teknologi i slakteprosessen slik at Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) kan selges med dokumentert forbedret kvalitet, pp. 1-21. Norges Forskningsråd.
- Sverdrup, A. (1998) Avliving og slaktekvalitet i oppdrettslaks, pp. 1-29. Oppdragsgiver: Statens nærings- og distriktsutviklingsfond.
- Sverdrup, A. (2000) Kvalitetsforbedring ved "iki-jime" avliving In *Avslutningskonferanse Norges Forskningsråd: Et hav av muligheter* Edvard Grieg Suitell, Bergen.
- Van de Vis, H., Kestin, S.C., Robb, D.H.F., Oelenschläger, J., Lambooi, B., Münkner, W., Kuhlmann, H., Kloosterboer, K., Tejada, M., Huidobro, A., Otterå, H., Roth, B., Sørensen, N.K., Akse, L., Byrne, H. & Nesvadba, P. (2003) Is humane slaughter of fish possible for industry? *Aquaculture Research*, **34**, 211-220.
- Velle, W. (1992) Smerteperspeksjon? In *Fiskens Fysiologi* (Døving, K. & Reimers, E. eds.), pp. 140-143. John Grieg Forlag, Stavanger.
- Wahlqvist, I. & Nilsson, S. (1981) Sympathetic nervous control of the vasculature in the tail of the Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Journal of Comparative Physiology*, **144**, 153-156.
- Øyri, A. (1994) *Norsk medisinsk ordbok*, Det Norske Samlaget, Oslo.