



---

# Bedwelmen en doden van gevangen vissen: kabeljauw, schol, schar en tong

Hans van de Vis, Henny Reimert, Hans Meijer, Dirk Burggraaf en Marien Gerritzen

Openbaar  
Rapport 1356



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Bedwelmen en doden van gevangen vissen: kabeljauw, schol, schar en tong

Hans van de Vis<sup>1</sup>, Henny Reimert<sup>1</sup>, Hans Meijer<sup>2</sup>, Dirk Burggraaf<sup>3</sup> en Marien Gerritzen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen Livestock Research

<sup>2</sup> Technical Development Studio Agrotechnologie en Voedingswetenschappen

<sup>3</sup> Wageningen Marine Research

Het project (projectnummer BO-43-023.02-001) is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research in samenwerking met Technical Development Studio en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het Beleidsondersteunend Onderzoek thema Natuur inclusieve Visserij.

Wageningen Livestock Research  
Wageningen, maart 2022

---

Openbaar

Rapport 1356



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



### Samenvatting NL

Sinds de laatste jaren zorgen maatschappelijke ontwikkelingen ervoor dat het van belang is dat de visserijsector een slag maakt in de richting van duurzame, maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde producten, en productiemethoden. Binnen een duurzame ontwikkeling valt ook dierenwelzijn. Ernstig ongerief tijdens het doden van gevangen vissen kan worden vermeden door deze dieren te bedwelmen voorafgaand aan het doden.

In het project zijn specificaties opgesteld voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, schar en tong in zeewater, gevolgd door het doden van deze bedwelmde vissoorten. De kabeljauw en deze platvissen zijn belangrijke demersale vissoorten. Op basis van de deskstudie en de uitkomsten van het experimentele onderzoek is een modulaire opzet gemaakt voor het elektrisch bedwelmen en doden. Ook zijn voor de modulaire opzet criteria vastgesteld. De modulaire opzet en de criteria zijn niet getoetst in praktijktesten. Binnen het project is er geen bedrijfsklare apparatuur gebouwd of en getest. Hiervoor is een vervolgtraject nodig.

### Summary UK

Recent societal developments have made it important for the fishing industry to move towards sustainable, socially accepted and valued products and production methods. Animal welfare also falls within the concept of sustainable development. Severe distress during the killing of captured fish can be avoided by stunning these animals prior to killing.

In the project, specifications were established for electrical stunning in seawater of cod, plaice, dab and sole, followed by killing of these stunned animals. Cod and flatfish are important demersal fish species. A modular set-up for electrical stunning and killing has been drawn up, based on the desk study and the results of the experimental research. Criteria for the modular set-up were also determined. The modular set-up and criteria were not validated in experiments in a commercial setting. Within the project, no turnkey equipment was built and tested. This will require a follow-up project.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/563784> (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2022

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Aanleiding</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Kennisvragen</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Afbakening</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Aanpak</b>	<b>16</b>
	5.1 Deskstudie	16
	5.2 Experimenteel onderzoek: vissen, apparatuur en methoden	17
	5.2.1 Vissen	17
	5.2.2 Meten van stroom en spanning	17
	5.2.3 Elektrisch bedwelmen in zeewater gevolgd door doden	17
	5.2.4 Meten hersen- (eeg) en hartactiviteit (ecg) en gedragsobservaties	19
	5.2.5 Statistische verwerking van eeg-data	20
	5.2.6 Wet op de Dierproeven	20
<b>6</b>	<b>Resultaten en discussie</b>	<b>21</b>
	6.1 Deskstudie	21
	6.1.1 Scheiden doelsoorten van niet-doelsoorten en restmaterialen in de vangst	21
	6.1.2 Doseren	21
	6.2 Experimenteel onderzoek	22
	6.2.1 Onmiddellijk bedwelmen	22
	6.2.2 Doden van elektrisch bedwelmde vissen	24
	6.2.3 Elektrisch bedwelmen en gewicht van een vis	28
<b>7</b>	<b>Bedwelmen en doden aan boord: wat is daarvoor nodig?</b>	<b>29</b>
	7.1 Modulair systeem voor bedwelmen en doden	29
	7.2 Haalbaarheid, uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van elektrisch bedwelmen en doden aan boord	30
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>Dankwoord</b>	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>Literatuur</b>	<b>34</b>
<b>11</b>	<b>Bijlage 1 Verklarende woordenlijst</b>	<b>37</b>
<b>12</b>	<b>Bijlage 2 Kennisverspreiding</b>	<b>39</b>



---

# Woord vooraf

Welzijn van gevangen zeevissen is een onderwerp waarvoor in Nederland, maar ook in andere landen, de belangstelling toeneemt. Deze maatschappelijke ontwikkelingen hebben geleid tot onderzoek naar het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, schar en tong. Het in dit rapport beschreven project bestaat uit een deskstudie en experimenteel onderzoek in de faciliteiten van WUR. In de experimenten zijn de technische aspecten onderzocht van elektrisch bedwelmen van de gekozen soorten, gevolgd door het doden in bewusteloze staat. In de deskstudie is onderzocht hoe: 1) de vissen op een juiste wijze in een bedwelmingssapparaat kunnen worden geplaatst; 2) de marktwaardige vissen gescheiden kunnen worden van restmaterialen in het net; en 3) een modulaire opzet voor het bedwelmen en doden eruit kan zien. Experimenten om de resultaten van de deskstudie te valideren, zijn niet uitgevoerd. Operationaliseren van het bedwelmen en doden van de gekozen vissoorten met behulp van praktijktesten viel buiten het bestek van het onderzoek.





---

# Samenvatting

Sinds de laatste jaren zorgen maatschappelijke ontwikkelingen ervoor dat het van belang is dat de visserijsector in Nederland een slag maakt in de richting van duurzame, maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde producten, en productiemethoden. Binnen een duurzame ontwikkeling valt ook dierenwelzijn. Ernstig ongerief tijdens het doden van gevangen vissen kan worden voorkomen door deze dieren te bedwelmen voorafgaand aan het doden.

In het experimentele onderzoek in het project werden specificaties opgesteld voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, schar en tong in zeewater, gevolgd door doden van deze bedwelmden dieren. Deze platvissen en de kabeljauw zijn belangrijke vissoorten. Met het oog op de toepasbaarheid aan boord van schepen, is het van belang om een modulaire opzet op te stellen voor het bedwelmen en doden met daarbij behorende criteria. De criteria zijn gebaseerd op een integratie van onderzoeksresultaten die zijn verkregen uit de deskstudie en het experimentele onderzoek. Binnen het project was er geen bedrijfsklare apparatuur gebouwd en getest; dit viel buiten het bestek van het onderzoek. Het hoeft geen betoog dat praktijktesten essentieel zijn om elektrisch bedwelmen te operationaliseren aan boord van een schip.

De beantwoording van onderstaande kennisvragen van het ministerie van LNV geeft de verkregen resultaten van het onderzoek weer.

1

## Vraag

Aan welke criteria dient een scheidingssysteem te voldoen voor de kabeljauw, schol, tong en schar?

## Antwoord

Het is essentieel dat de doelsoorten worden gescheiden van de restmaterialen in het net en de bijvangst, die overboord wordt gezet, voordat de doelsoorten worden bedwelmd. Alleen de doelsoorten, waarvoor een bedwelmingssysteem is ontworpen, dienen te worden bedwelmd. De deskstudie laat zien dat het mogelijk is om een rek in te zetten dat bv. stenen scheidt van de rest van de vangst of een aanpassing van de uitgang van een stortbak of hopper waarin de vissen zich aan boord bevinden.

2

## Vraag

Aan welke criteria dient een doseersysteem te voldoen voor het bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar?

## Antwoord

Ongeacht of de vissen na ontwateren of in zeewater met een elektrische stroom worden bedwelmd, is het nodig te vermijden dat de vissen die zich buiten het bedwelmingssysteem bevinden, worden blootgesteld aan de elektrische stroom. Dit veroorzaakt pre-schokken, die niet leiden tot een intreden van de bewusteloosheid. De pre-schokken veroorzaken ongerief.

In het geval van het elektrisch bedwelmen na ontwateren is het nodig om te vermijden dat de vissen met de staart vooruit het apparaat in gaan. Bij het bedwelmen in zeewater is dit niet nodig, onder de voorwaarde dat de vissen onmiddellijk in het apparaat terecht komen.

De plaatsing van een metaaldetector is nodig om te vermijden dat restmaterialen van metaal in een bedwelmingssysteem terechtkomen.

---

3

Vraag

Hangen de specificaties voor het elektrisch bedwelmen af van de gewichten van de kabeljauw, schol, tong en schar?

Antwoord

Voor de beantwoording van deze vraag hebben we de schol en tong als modelsoorten gekozen. Er blijkt geen relatie te zijn tussen het gewicht van deze individuele vissen en de stroomdichtheid die nodig is in het zeewater om de vissen onmiddellijk te bedwelmen.

4

Vraag

Wat zijn de specificaties voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar in zeewater gevolgd door het doden van de bewusteloze vissen?

Antwoord

Om de kabeljauw onmiddellijk te bedwelmen is een stroomdichtheid van  $6.2 \pm 0.1 A_{rms}/dm^2$  in zeewater nodig. Doden met een elektrische stroom bleek niet mogelijk.

Om de schol onmiddellijk te bedwelmen en in bewusteloze staat te doden is een stroomdichtheid van  $27,1 \pm 1,8 A_{rms}/dm^2$  gedurende 5 seconden in het zeewater nodig, gevolgd door koelen in een slurry van zeewater en ijs gedurende tenminste 10 min. Hierbij dient de temperatuurverlaging tenminste 10 °C te zijn.

Voor de schar zijn deze specificaties een stroomdichtheid van  $12,6 \pm 1,5 A_{rms}/dm^2$  gedurende 20 s gevolgd door een temperatuurverlaging van tenminste 10 °C door de vissen in de slurry van zeewater en ijs te plaatsen. De verblijftijd in de slurry is tenminste 10 min.

Voor de tong is een stroomdichtheid van  $27,1 \pm 1,8 A_{rms}/dm^2$  nodig, gevolgd door een temperatuurverlaging van tenminste 10 °C door het plaatsen in de slurry van zeewater en ijs. De verblijftijd hierin is tenminste 10 min. Omdat 1 van de 10 tongen bijkwam, bevelen we een blootstelling aan de elektrische stroom aan van tenminste 15 s, in plaats van de 5 s die werd gebruikt.

5

Vraag

Aan welke criteria dient een modulaire opzet voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar, gevolgd door doden van deze soorten, te voldoen?

Antwoord

De belangrijkste criteria zijn dat alleen de doelsoorten waarvoor een apparaat is ontworpen of ingesteld, worden bedwelmd. De vissen moeten onmiddellijk worden bedwelmd en vervolgens niet meer bij bewustzijn komen. Pre-schokken bij vissen die zich buiten het apparaat bevinden, moeten worden vermeden. Ook moeten bijvangst, die wordt teruggezet in zee, en restmaterialen in het net niet door een bedwelmingapparaat worden gevoerd.

Ook belangrijk is dat de apparatuur aan te passen is aan de omstandigheden aan boord. Deze aanpassingen kunnen bv. het scheidingssysteem en doseersysteem betreffen. Ook kan ervoor worden gekozen om de vissen elektrisch te bedwelmen in het water of juist na ontwateren.

6

Vraag

Hoe kan de haalbaarheid, handhaafbaarheid en uitvoerbaarheid van het elektrisch bedwelmen van de gekozen vissoorten worden getoetst?

Antwoord

Haalbaarheid. De resultaten verkregen in het experimentele onderzoek en eerder onderzoek laten zien dat het mogelijk is om de gekozen vissoorten onmiddellijk te bedwelmen in zeewater of na ontwateren en vervolgens de dieren in een bewusteloze staat te doden. Door gebruik te maken van eeg-registraties hebben we dit getoetst.

---

Uitvoerbaarheid. Praktijktesten zijn nodig om de uitvoerbaarheid van het elektrisch bedwelmen en doden van de gekozen vissoorten te toetsen. Het is nodig dat de praktijktesten aan wetenschappelijke standaarden voldoen en daarom is rapportage van de verkregen resultaten essentieel.

Handhaafbaarheid. Het is essentieel dat een consument erop kan vertrouwen dat het juist is dat door middel van een consumentenlabel voor een visproduct kenbaar is gemaakt dat de vissoort(en) aan boord eerst is (zijn) bedwelmd en pas daarna gedood. Daarom is het nodig om ervoor te zorgen dat de keten van het schip tot de consument kan worden geborgd, zodat bv. een consumentenlabel betrouwbaar is. Ook zullen onafhankelijke auditors erop toe moeten zien dat wordt voldaan aan de criteria voor het elektrisch bedwelmen en doden van de vissoort(en).

---

# 1 Aanleiding

De laatste jaren is er met name voor de visserij op platvissen meer aandacht gekomen voor visserijmethoden en effecten daarvan op het ecosysteem. Gezien bovenstaande ontwikkelingen, is het van belang dat de sector een slag maakt in de richting van duurzame en maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde producten en productiemethoden. Binnen een duurzame ontwikkeling is er ook aandacht voor het welzijn van vissen (Jennings *et al.*, 2016).

Ernstig ongerief veroorzaakt door het doden van vissen die bij bewustzijn zijn (EFSA, 2009; Van de Vis *et al.*, 2020), kan worden vermeden door deze dieren te bedwelmen voorafgaand aan het doden.

Bedwelmen houdt in dat de bewusteloosheid wordt geïnduceerd zonder vermijdbaar ongerief en aanhoudt totdat de vis dood is.

De aandacht in de samenleving voor de wijze waarop gevangen vissen worden gedood aan boord van commerciële vissersschepen zal de komende jaren verder toenemen. Het ministerie van LNV heeft daarom de behoefte om de mogelijkheden te inventariseren om vissen aan boord van zeevissersschepen te bedwelmen en vervolgens te doden. Ook wil LNV dat er aandacht wordt geschonken aan de haalbaarheid, uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van het elektrisch bedwelmen aan boord.

---

## 2 Inleiding

Aan boord van enkele schepen worden de blauwvintonijn (anoniem, 2022<sup>a</sup>) en Pacifische kabeljauw (anoniem, 2022<sup>b</sup>) elektrisch bedweld, maar een onderbouwing van de specificaties met behulp van hersenfilms (eeg's) ontbreekt. Het vaststellen van specificaties, die zijn gebaseerd op eeg's, om deze vissoorten onmiddellijk te bedwelmen met elektriciteit gevolgd door een dodingsmethode, is de eerste stap die EFSA (2018) aanbeveelt in combinatie met een tweede stap. In de tweede stap vinden praktijktesten plaats om een elektrische bedwelmingsmethode gevolgd door een dodingsmethode te valideren.

Publicaties, rapporten en een overzicht op internet laten zien dat bedwelmen aan boord van gevangen zeevissen in Nederland en andere landen binnen Europa, en de Verenigde Staten niet operationeel is (Anders *et al.*, 2019; Anoniem, 2021<sup>a</sup>; Anoniem, 2021<sup>b</sup>; Breen *et al.*, 2020; Raad voor Dierenaangelegenheden, 2018). Er zijn namelijk geen gerapporteerde praktijktesten, zoals aanbevolen door EFSA (2018), beschikbaar die aantonen dat deze testen op een wetenschappelijk verantwoorde manier zijn uitgevoerd.

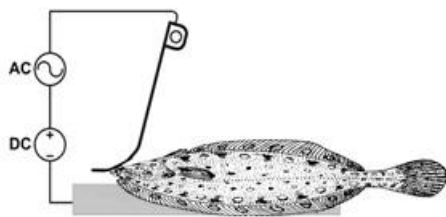
Om gevangen vissen te kunnen bedwelmen is nodig om gebruik te maken van de kennis die beschikbaar is voor kweekvissen. Er zijn twee effectieve bedwelmingsmethoden beschikbaar, namelijk percussie (een klap op de kop) en elektrisch bedwelmen (Van de Vis *et al.*, 2020). Bij een correcte toepassing van een van beide methoden wordt de bewusteloosheid onmiddellijk geïnduceerd. Uit verschillende studies blijkt dat percussie handmatig kan worden toegepast. Deze methode wordt bij voorkeur gebruikt voor kleine aantallen kweekvissen, omdat die arbeidsintensief is. De toepasbaarheid van percussie is echter vissoortafhankelijk (Schrijver *et al.*, 2017). Voor bijvoorbeeld de Europese paling is het niet mogelijk om deze vissoort door percussie onmiddellijk te bedwelmen (Van de Vis *et al.*, 2020), wat ernstig ongerief veroorzaakt (Van de Vis *et al.*, 2020). Ongerief is een rechtsgeldige term voor elke aantasting van het welzijn, zoals pijn, honger, stress, verveling of eenzaamheid, van dieren (Smith *et al.*, 2018). In het geval van bv. de gekweekte Atlantische zalm leidt een correcte toepassing van percussie wel tot het onmiddellijk verlies van het bewustzijn (Lambooij *et al.*, 2010). Voor de grootschalige slacht van met name de Atlantische zalm is percussie geautomatiseerd (Van de Vis *et al.*, 2020). Deze geautomatiseerde methode is niet geschikt voor bv. platvissen, zoals bv. de schol (*Pleuronectes platessa*), schar (*Limanda limanda*) en tong (*Solea solea*). De reden is dat er groot verschil is in anatomie tussen de Atlantische zalm en platvissen. Bij een effectief toegepaste percussie is het verlies van het bewustzijn onomkeerbaar, omdat de vissen in bewusteloze staat doodgaan als gevolg van schade aan de hersenen (Lambooij *et al.*, 2010). In tegenstelling tot percussie kan elektrisch bedwelmen voor tal van kweekvissoorten op industriële schaal met succes worden toegepast (zie bv. Van de Vis *et al.*, 2020). Diverse studies wijzen erop dat elektrocutie (=bedwelmen en doden met behulp van elektriciteit (EFSA, 2004)) bij vissen niet mogelijk lijkt te zijn. Deze studies laten zien dat elektrisch bedwelmen bij vissen leidt tot een reversibele bedwelmingsmethode, dat wil zeggen dat vissen ervan bijkomen (zie bv. Van de Vis and Lambooij, 2016). Dit houdt in dat het elektrisch bedwelmen moet worden gevolgd door de toepassing van een effectieve dodingsmethode om te vermijden dat een bewusteloze vis weer bijkomt. Het bijkomen na het elektrisch bedwelmen leidt namelijk tot ernstig ongerief in de praktijk (zie bv. EFSA, 2008). In slechts één studie waren er aanwijzingen verkregen dat elektrocutie van vissen toch mogelijk kan zijn (Van de Vis *et al.*, 2016).

Diverse studies hebben laten zien dat elektrisch bedwelmen op twee manieren kan worden uitgevoerd (zie bv. Van de Vis and Lambooij, 2016), nl. buiten en in het water. In figuur 1 zijn beide manieren schematisch weergegeven. Bij elektrisch bedwelmen buiten het water liggen de vissen op een lopende band, die ook een bedwelmingselektrode is, en de lepels die boven de band hangen vormen de tweede bedwelmingselektrode. Bij bedwelmen in het water zijn de bedwelmingselektroden in het water geplaatst.

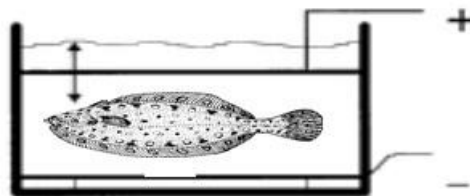
Wat onderzoek naar elektrisch bedwelmen van gevangen vissen betreft, is binnen het kader van twee afgeronde projecten onderzoek uitgevoerd door ons naar elektrisch bedwelmen van platvissen buiten het water. In beide projecten betrof het onderzoek onder experimentele omstandigheden.

Experimenten om het elektrisch bedwelmen buiten het water in deze projecten te operationaliseren

zijn door ons niet uitgevoerd, omdat die buiten het bestek van beide projecten vielen. In het eerste project, het Visserij Innovatie Project Palsed (aanvraagnummer 4600004227858), dat is afgerond in 2013, is door Wageningen Livestock Research vastgesteld hoeveel spanning nodig is om voldoende stroom door de gevangen schol en schar te voeren (Van de Vis, 2016). In het tweede project (Beleidsondersteunend onderzoeksproject BO-20-010-047: gefinancierd door het ministerie van LNV)



A Elektrisch bedwelmen na ontwateren



B Elektrisch bedwelmen in het water

**Figuur 1** Manieren van elektrisch bedwelmen van vissen: een schematische weergave.

Met de plus en min worden in B de bedwelmingselektroden aangeduid, die zijn aangesloten op een stroombron.

richtten we ons op een inventarisatie van de mogelijkheid om de schol, tong en schar buiten het water met elektriciteit te bedwelmen en te doden aan boord van vissersschepen (Daskalova, *et al.*, 2016; Van de Vis *et al.*, 2015; 2016). Specificaties voor elektrisch bedwelmen na ontwateren van de gevangen kabeljauw (*Gadus morhua*) waren al beschikbaar (Lambooy *et al.*, 2013). In het project BO-20-010-047 hebben we laten zien dat de schol, tong en schar onder experimentele omstandigheden niet meer gericht hoeven te worden, dat wil zeggen dat het niet uitmaakt of deze vissen met de kop of staart vooruit een bedwelmingsapparaat ingaan bij bedwelmen na ontwateren. Een voorwaarde hiervoor is dat het bedwelmingsapparaat moet worden aangepast en dat blijkt voor kweekvissen niet altijd te zijn gebeurd (Schrijver *et al.*, 2017). Onderzoek of de aanpassing van het bedwelmingsapparaat ook haalbaar is aan boord van een schip is niet uitgevoerd, omdat praktijktesten buiten het bestek van het project BO-20-010-047 vielen. Ook stelden we in dit afgeronde BO project een belangrijke randvoorwaarde vast: vissen mogen na ontwateren in niet meer dan één laag dik het apparaat ingaan om ze onmiddellijk met elektriciteit te kunnen bedwelmen. Het basisprincipe dat bij het gebruik van een elektrische stroom of percussie vissen onmiddellijk bedwelmd moeten zijn, waarbij ook voorkomen dient te worden dat de dieren weer bijkomen, is ontleend aan Verordening (EG) nr. 1099/2009 van de Raad van 24 september 2009 inzake de bescherming van dieren bij het doden (Council Regulation (EC) No 1099/2009). Voor vissen schrijft de verordening niet voor hoe deze dieren moeten worden bedwelmd. Wanneer vissen niet onmiddellijk met elektriciteit of percussie worden bedwelmd, veroorzaakt dit ongerief (zie bv. EFSA, 2008) en dat dient volgens het basisprincipe te worden voorkomen.

In dit verband is het belangrijk om erop te wijzen dat het niet mogelijk is om specificaties voor elektrisch bedwelmen na ontwateren gevolgd door het doden van de ene vissoort zonder meer te gebruiken voor een andere vissoort, vanwege verschillen in anatomie en fysiologie (Kristiansen *et al.*, 2020; Van de Vis and Lambooy, 2016). Ook is het gebruik van de vastgestelde specificaties voor elektrisch bedwelmen in het water voor een bepaalde vissoort voor elektrisch bedwelmen na ontwateren van dezelfde vissoort niet mogelijk (Van de Vis and Lambooy, 2016). De reden is dat beide elektrische bedwelmingsmethoden technologisch gezien sterk van elkaar verschillen. Specificaties voor het effectief elektrisch bedwelmen gevolgd door doden zullen dus per vissoort en per elektrische bedwelmingsmethode moeten worden vastgesteld.

Uit onderzoek naar het operationaliseren van elektrisch bedwelmen van Europese paling is gebleken dat de beschikbaarheid van de specificaties om deze dieren zowel in het water als na het ontwateren elektrisch te bedwelmen de kans op een daadwerkelijke toepassing ervan vergroot (Van de Vis *et al.*, 2013<sup>b</sup>). Het is daarom wenselijk om ook te beschikken over specificaties voor het elektrisch bedwelmen van de gevangen kabeljauw, schol, tong en schar. Ook is het van belang om na te gaan of het mogelijk is om vissen te bedwelmen en te doden met een elektrische stroom.

---

Onderzoek naar het elektrisch bedwelmen van gekweekte vissoorten heeft laten zien dat het essentieel is hoe vissen in een bedwelmingssapparaat worden geplaatst (zie bv. Schrijver *et al.*, 2017), als het apparaat niet is aangepast. Het is noodzakelijk dat vissen niet worden blootgesteld aan pre-schokken, wat EFSA (2018) aanbeveelt. Pre-schokken veroorzaken ongerief (Manuel *et al.*, 2014). Behalve het vermijden van pre-schokken als voorwaarde is bv. de afwezigheid van restmaterialen, zoals stenen, die aanwezig kunnen zijn in een net vissen, ook een voorwaarde. De aanwezigheid van restmaterialen in een bedwelmingssapparaat kan de effectiviteit van het apparaat belemmeren, schade veroorzaken en/of het gebruik ervan zelfs onmogelijk maken. Het is niet mogelijk om vóór de start van het onderzoek alle randvoorwaarden op te stellen om het elektrisch bedwelmen daadwerkelijk aan boord te operationaliseren. Het onderzoek naar bv. het operationaliseren van elektrisch bedwelmen van bv. Europese paling (Van de Vis *et al.*, 2013<sup>b</sup>) heeft laten zien dat alle randvoorwaarden pas tijdens de uitvoering van de praktijktesten kunnen worden opgesteld. De praktijktesten kunnen leiden tot een herontwerp van een bedwelmingssapparaat, waarop dan weer praktijktesten volgen om te valideren dat het apparaat inderdaad voldoet aan de opgestelde randvoorwaarden, inclusief de aanbevelingen van EFSA (2018).



---

## 3 Kennisvragen

De beschikbare kennis over het bedwelmen van gevangen zeevissen laat zien dat er een combinatie nodig is van een deskstudie en onderzoek onder experimentele omstandigheden als eerste stap. Pas daarna kunnen goed ontworpen praktijktesten worden uitgevoerd, als tweede stap.

Het ministerie van LNV gaf aan behoefte hebben om de mogelijkheden te inventariseren om de kabeljauw schol, schar en tong aan boord te bedwelmen en te doden. Het experimentele onderzoek is vanwege de stand van de kennis beperkt tot de eerste stap, die wordt aanbevolen door EFSA (2018).

In het project stond de beantwoording van de volgende vragen centraal:

1

Aan welke criteria dient een scheidingssysteem te voldoen voor de kabeljauw, schol, tong en schar? Een scheidingssysteem is bedoeld om te vermijden dat ongewenst materiaal zoals stenen en blikjes vanuit het net in een bedwelmingapparaat terechtkomen.

2

Aan welke criteria dient een doseersysteem te voldoen voor het bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar? Een doseersysteem brengt de gekozen vissoorten op de juiste wijze en met de juiste snelheid in het bedwelmingapparaat.

3

Hangen de specificaties voor het elektrisch bedwelmen af van groottes van de kabeljauw, schol, tong en schar?

4

Wat zijn de specificaties voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar in zeewater gevolgd door het doden van de bewusteloze vissen?

5

Aan welke criteria dient een modulaire opzet voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar, gevolgd door doden van deze soorten, te voldoen?

6

Hoe kan de haalbaarheid, handhaafbaarheid en uitvoerbaarheid van het elektrisch bedwelmen van de gekozen vissoorten worden getoetst?

---

## 4 Afbakening

Voor de beantwoording van de vragen over de haalbaarheid, uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van het elektrisch bedwelmen van de gevangen de kabeljauw, schol, schar en tong werd gebruikt gemaakt van de literatuur over het bedwelmen van vissen, onze ervaring verkregen in eerder onderzoek en de resultaten verkregen tijdens de experimenten, die zijn beschreven in dit verslag. Er is geen socio-economisch onderzoek en/of een onderzoek uitgevoerd naar het gedrag van consumenten.

---

## 5 Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd door van tevoren jaarlijkse werkprogramma's op te stellen.

We hebben een deskstudie uitgevoerd om de volgende kennisvragen van het ministerie van LNV te beantwoorden:

- 1 Aan welke criteria dient een scheidingssysteem te voldoen voor de kabeljauw, schol, tong en schar?
- 2 Aan welke criteria dient een doseersysteem te voldoen voor het bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar?
- 3 Zijn de specificaties voor het elektrisch bedwelmen afhankelijk van de groottes van de kabeljauw, schol, tong en schar?

Voor de beantwoording van onderstaande kennisvragen van LNV is experimenteel onderzoek uitgevoerd in de faciliteiten van WUR.

- 1 Hangen de specificaties voor het elektrisch bedwelmen in zeewater af van de groottes van de vissen?
- 2 Wat zijn de specificaties voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar in zeewater gevolgd door het doden van de bewusteloze vissen?

Vervolgens integreerden we de resultaten verkregen uit de deskstudie en het experimentele onderzoek om onderstaande kennisvragen van LNV te beantwoorden over de modulaire opzet en de vraag over het toetsen van de haalbaarheid, uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid.

- 1 Aan welke criteria dient een modulaire opzet te voldoen voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar, gevolgd door doden van deze soorten?
- 2 Hoe kan de haalbaarheid, handhaafbaarheid en uitvoerbaarheid van het elektrisch bedwelmen van de gekozen vissoorten worden getoetst?

In bijlage 1 staat een verklarende woordenlijst met een beschrijving van de betekenis van een aantal woorden/begrippen, die in dit rapport worden gebruikt. De kennisverspreiding, die tijdens de looptijd van het project plaatsvond, staat vermeld in bijlage 2.

### 5.1 Deskstudie

Om te bepalen aan welke criteria een scheidings- en doseersysteem dient te voldoen, werd vanuit de literatuur een overzicht hiervan gemaakt. Ook is gebruik gemaakt van onze ervaring en die van andere onderzoekers met het bedwelmen van vissen en onze ervaring met de praktijktesten voor het operationaliseren van het elektrisch bedwelmen van de gekweekte Europese paling (Van de Vis et al., 2013<sup>b</sup>) en meerval (Van de Vis et al., 2013<sup>a</sup>).

---

## 5.2 Experimenteel onderzoek: vissen, apparatuur en methoden

### 5.2.1 Vissen

#### Kabeljauw

We voerden de experimenten met de kabeljauw (*Gadus morhua*) uit in samenwerking met het instituut SINTEF Ocean in Trondheim in Noorwegen. De kabeljauwen werden gehouden in de zee-kooien van Norsk Havbrukssenter AS in Brønnøysund, Noorwegen bij een temperatuur van 8,1 °C. Volgens SINTEF Ocean zijn deze vissen een goed model voor de gevangen kabeljauw. De kabeljauw wordt in Nederland niet gevangen als bijvangst met een licht tuig, zoals een garnalentuig (Van Helmond en Steins, 2016). Het is onze ervaring dat gebruik van zwaardere vistuigen om deze vissen te vangen, kan leiden tot een hogere mortaliteit tijdens de houderij in de proefdierfaciliteit van WUR, in vergelijking tot de vangst met een garnalentuig. De kans op een hogere mortaliteit wilden we vermijden. We gaven daarom de voorkeur aan een experiment met de gekweekte kabeljauw.

#### Schol, schar en tong

De gevangen schollen (*Pleuronectes platessa*), scharren (*Limanda limanda*), en tongen (*Solea solea*) als bijvangst van de garnalenvisserij, werden na gecontroleerd transport in zeewatertanks overgezet van een recirculatiesysteem op de proefdierfaciliteit van WUR. We voorzagen de tanks van een biofilter om het water te zuiveren. De scharren werden bij een water temperatuur van 7,5 en 16,6 °C gehouden. De schol en tong hielden we beide alleen bij een watertemperatuur van 16,6 °C gehouden. De reden om de scharren ook bij een lage temperatuur te houden, was om na te gaan of de temperatuur van invloed kon zijn op de gebruikte dodingsmethode, nl. een slurry van ijs en zeewater waaraan eventueel zout was toegevoegd.

Alle platvissoorten werden in een groep gehuisvest in een tank. Kabeljauwen werden gehouden in kooien in zee. Voor de schol, schar en tong bevond zich zand als substraat op de bodem van tanks. Deze platvissoorten bevinden zich in de natuur nl. in de bovenste laag zand van de zeebodem.

### 5.2.2 Meten van stroom en spanning

De stroomsterkte en de hoogte van de spanning in de bedwelmingsstank werden gemeten met respectievelijk een Agilent 1146A stroomtang (Santa Clara, CA, USA) en een spanningsprobe Pico TAO 43 (Pico Technology Cambridgeshire, UK). Beide probes werden aangesloten op een Handyscope HS4 oscilloscoop (TiePie, Sneek, Nederland). De Panasonic CF-30KTPA2N2 laptopcomputer (Panasonic, Secaucus, New Jersey, USA) diende als scherm voor de Handyscope HS4. Meerkanaals software (TiePie, Sneek, Nederland) werd gebruikt om de oscilloscoop te bedienen. De temperatuur en geleidbaarheid van het zeewater in de werden gemeten met een WTW Cond 3150i meter (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Weilheim, Duitsland). Monitoring van de waterkwaliteit in de houderijsystemen werd voor de kabeljauw in Noorwegen en de schol, schar en tong Nederland uitgevoerd, conform de procedures van deze faciliteiten.

### 5.2.3 Elektrisch bedwelmen in zeewater gevolgd door doden

In de experimenten werden de vissen een voor een gebruikt en niet meer dan eenmaal. Een onderscheid tussen het geslacht maakten we voor geen van de vissoorten. De bepalende factor voor het onmiddellijk intreden van de bewusteloosheid als gevolg van elektrisch bedwelmen in water is de stroomdichtheid (EFSA, 2004). De stroomdichtheid bepaalden we in alle experimenten door de totale stroom, die door een bedwelmingsstank werd gevoerd, te delen door de oppervlakte van een van de bedwelmings elektroden. De verkregen resultaten werden ook gebruikt om te bepalen of er een relatie is tussen de grootte van de vissen en de benodigde stroomdichtheid. Het gewicht van een vis werd gebruikt als maat voor de grootte van het dier.

---

## Onmiddellijk bedwelmen

Om te kunnen nagaan of de bewusteloosheid onmiddellijk intreedt, stelden we een individuele vis niet langer dan 1 seconde bloot aan een elektrische stroom, zodat we daarna de veranderingen in hersenactiviteit konden vaststellen.

Kabeljauw. De golfvorm van de elektrische stroom bestond uit een gekoppelde gelijk- en wisselstroom (een sinus van 100 Hz) over de vierkante frame-elektroden op 50 cm afstand in een tank met zeewater. De lengte van iedere zijde van het frame was 25 cm. Tijdens het experiment werd vastgesteld bij welke veldsterkte voldoende stroom door de hersenen van elke individuele kabeljauw werd geleid om een onmiddellijk verlies van het bewustzijn te induceren. De veldsterkte wordt berekend door de elektrische spanning te delen door de afstand tussen de bedwelmingselektroden. Iedere vis bevond zich in de lengterichting tussen de bedwelmingselektroden, met de kop aan de kant van de positieve elektrode.

Deze golfvorm van de elektrische stroom werd gekozen, omdat die ook was gebruikt in eerder onderzoek om te bepalen of het mogelijk was om hiermee de schol te doden. Dit leek mogelijk te zijn (Van de Vis *et al.*, 2016).

De gebruikte golfvorm van elektrische stroom wijkt af van die die was gebruikt voor de platvissen (zie hieronder). De reden was dat in het experiment met de kabeljauw er nog geen sprake was van samenwerking met Fish Management Systems. We konden daarom niet beschikken over data over de golfvorm van de elektrische stroom zoals zij die in hun apparatuur gebruiken.

Schol, schar en tong. De schol, schar en tong werden net zoals de kabeljauw in zeewater bedwelmd. Hierbij plaatsten we de vissen ook met de kop gericht naar de positieve bedwelmingselektrode en liep de elektrische stroom van de staart naar de kop. De golfvorm van de elektrische stroom was een combinatie van een gelijkstroom en een gepulseerde gelijkstroom met een frequentie van 50 Hz. Voor deze golfvorm kozen we, omdat het bedrijf Fish Management System in Noord-Ierland deze golfvorm gebruikt voor het bedwelmen van onder meer de gekweekte Atlantische zalm.

In het experiment om de schar onmiddellijk te bedwelmen, bedroeg de afstand tussen de bedwelmingselektroden 53 cm. In andere experimenten was deze afstand 31 cm. Voor de schar werd de aangelegde spanning bij een elektrodeafstand van 31 cm verlaagd, zodat de berekende veldsterkte even hoog was als in een tank waarin de elektroden op een afstand van 53 cm stonden. Bij een gelijke veldsterkte zijn de experimenten met elkaar te vergelijken. In alle gevallen was de hoogte van het zeewater in de bedwelmingsstank 3-4 cm.

## Doden van elektrisch bedwelmde vissen

In onderzoek met andere vissoorten is waargenomen dat na enige tijd in de hersenen de normale activiteit weer terugkeert; de vis is bijgekomen. Om te vermijden dat de vissen weer bijkomen is het noodzakelijk om de specificaties te bepalen om een individuele vis in bewusteloze staat te doden. Uit eerder onderzoek is bekend dat het tijdsinterval tussen elektrisch bedwelmen en doden van vissen niet meer dan ca. 30 s mag bedragen (Llonch *et al.*, 2012). In het onderzoek hebben we dit tijdsinterval niet overschreden.

Kabeljauw. Een mogelijke manier van doden kan het gebruik van een gepulseerde elektrische stroom zijn. Resultaten verkregen met de schol die elektrisch werd bedwelmd na ontwateren, wezen erop dat het mogelijk is om deze vis met elektrische pulsen te doden (Van de Vis *et al.*, 2016). Niet duidelijk was welke rol de verhoging van de temperatuur van tenminste 13 °C rondom de kop van de schollen hierin had. Wanneer bedwelmen en doden met een elektrische stroom mogelijk is, dan maakt dit het operationaliseren van bedwelmen en doden in de praktijk eenvoudiger, omdat het toepassen van een dodingsmethode zonder stroom na afloop van elektrisch bedwelmen dan niet meer nodig is.

Om te bepalen of het elektrisch bedwelmen met pulsen in zeewater de bewusteloze vissen al of niet kon doden, kozen we de kabeljauw als modelsoort.

Op basis van de warmtecapaciteit van zeewater (4,2 kJ/kg K<sup>-1</sup>) en de dichtheid van zeewater (1,027 kg/l) schatten we in dat elektrisch bedwelmen met pulsen in zeewater tot een temperatuurverhoging kan leiden van niet meer dan ca 1-2 °C. Deze temperatuurverhoging doodt de kabeljauw niet, omdat deze soort in de natuur ook aan dergelijke temperatuurverschillen wordt blootgesteld. Daarom kon dit

---

experiment met de kabeljauw uitsluitend geven over de vraag of een bedwelmde vis met elektrische pulsen ook kan worden gedood. De golfvorm van de elektrische stroom was voor iedere puls dezelfde als bij het experiment om de kabeljauw onmiddellijk met een elektrische stroom te bedwelmen.

Schol, schar en tong. In het experiment met de schol, schar en tong gebruikten we voor alleen het elektrisch bedwelmen dezelfde golfvorm als die om de vissen onmiddellijk te bedwelmen. Ook de positie van de vissen tussen de bedwelmingselektroden was hetzelfde. Om te bepalen of het mogelijk is deze vissoorten na elektrisch bedwelmen in een slurry van zeewater en ijs met daaraan eventueel zout toegevoegd te doden, werden de vissen gedurende 5 s (en voor de schar 20 s) aan de elektrische stroom blootgesteld en geplaatst in de slurry van zeewater en ijs, met daaraan eventueel zout toegevoegd. De bedwelmde vissen werden ten minste 10 min blootgesteld aan de slurry.

We voegden zout toe aan de slurry om de temperatuur te verlagen van 0 naar ca. -2 °C (Kals *et al.*, 1999), als dat nodig was. Aan boord gebruiken schepen, die bv. pelagische vissoorten vangen, een slurry met een temperatuur van < 0 °C om de vissen aan boord snel te koelen gedurende de tijdelijke in opslag in tanks (Piñeroa, *et al.*, 2004). Bij snel koelen gaat het om behoud van de productkwaliteit en niet het onmiddellijk bedwelmen van de vissen. Het is bekend dat gebruik van de slurry niet tot een onmiddellijk intreden van de bewusteloosheid leidt (Van de Vis *et al.*, 2020).

Eerdere resultaten van ons (Llonch *et al.*, 2012; Daskalova *et al.*, 2016; Van de Vis *et al.*, 2015; 2016) laten zien dat de schol, schar en tong na elektrisch bedwelmen na ontwateren gedurende tenminste 5 s in een slurry van water en ijs kunnen worden gedood. Daarna moet de koudeketen niet worden onderbroken. Omdat bekend is dat de wijze van elektrisch bedwelmen (d.w.z. na ontwateren of juist in het water) niet van invloed is op het uiteindelijke resultaat, nl. het induceren van de bewusteloosheid bij vissen, is besloten om van ieder van de gekozen soorten 10 dieren te gebruiken voor deze experimenten (zie Lambooi *et al.*, 2002<sup>a</sup>; 2002<sup>b</sup>; Van de Vis and Lambooi, 2016).

#### 5.2.4 Meten hersen- (eeg) en hartactiviteit (ecg) en gedragsobservaties

Voordat we de registraties van de elektrische activiteit in hersenen met behulp van een elektro-encefalogram (eeg) en de elektrische activiteit van het hart met behulp van een elektrocardiogram (ecg) uitvoerden, werden er eerst gedragsobservaties gedaan om een indruk te krijgen over de hoogte van de stroomdichtheid en de veldsterkte om de kabeljauw, schol, schar en tong onmiddellijk te bedwelmen. Wanneer na een blootstelling aan de stroom bij de individuele vissen tonische- en clonische spiersamentrekkingen zichtbaar waren, gevolgd door een periode waarin geen activiteit zoals bv. zwemmen waarneembaar was, dan hadden we een aanwijzing dat de bewusteloosheid onmiddellijk was geïnduceerd. Wat betekent dat de stroomdichtheid en de veldsterkte hoog genoeg waren.

Om na te gaan of een bedwelmingsmethode daadwerkelijk onmiddellijk de bewusteloosheid induceert bij een individuele vis, zonder dat het dier weer bijkomt tijdens het doden, is het noodzakelijk om elektrische activiteit in de hersenen te meten m.b.v. een eeg, in combinatie met observatie van gedrag. Op basis van alleen gedragsobservaties is het niet mogelijk om met voldoende zekerheid te bepalen of een vis onmiddellijk bewusteloos is en tijdens het toepassen van een dodingsmethode niet meer bijkomt. De reden is dat er sprake kan zijn van immobilisatie zonder verlies van bewustzijn (zie bv. Lambooi *et al.*, 2010). De elektrische activiteit van het hart registreerden we m.b.v. ecg's om te bepalen of die activiteit aanwezig bleef of na verloop van tijd terugkeerde na afloop van het elektrisch bedwelmen. Wanneer er sprake is van de afwezigheid van de elektrische activiteit van het hart in een bewusteloos dier gaan de hersenen dood als gevolg van een tekort aan zuurstof.

Vóór de bedwelmingsprocedures we individuele vissen van eeg- en ecg-elektroden. Om dit mogelijk te maken werd de vis in een net in het zeewater gehouden. Vervolgens pasten we lokale anesthesie toe met injecteerbaar lidocaïne (Chatigny *et al.*, 2018, Ross and Ross, 2008), voordat de eeg-, ecg-elektroden en de aardelektrode werden geplaatst. Na een wachttijd van enkele minuten werden twee elektroden door de huid en de schedel geprikt, rekening houdend met de plaats van de hersenen. Vervolgens plaatsten we twee ecg-elektroden subcutaan, ventraal en dorsaal, ten opzichte van de borstvin. De aardelektrode werd subcutaan bij de staart geplaatst. Iedere vis bevond zich tijdens deze handelingen in zeewater.

De eeg-elektroden werden verbonden met een versterker (Bio Amp Model ML138, ADInstruments Ltd, Bella Vista, New South Wales, Australië) en voor de ecg-elektroden werd een andere versterker (Bio Amp Model ML138) gebruikt. Beide Bio Amps werden aangesloten op een Power Lab 8/35 AD

---

converter (ADInstruments, New South Wales, Australië). De eeg's en ecg's werden visueel geobserveerd tijdens de registratie, opgeslagen en geanalyseerd met Labchart v 8.1.19 (ADInstruments).

De eeg en ecg opnamen startten 30 tot 60 s voor het elektrische bedwelmen en werden ca. 10 minuten na het bedwelmen beëindigd. De eeg-opnamen werden geanalyseerd op veranderingen van golfvormen. Op de ruwe data van de eeg-opnamen werd een bandpassfilter in de software ingesteld op 4-32 Hz. Het gebruik van dit filter vergemakkelijkte de verwerking van de eeg-opnamen. Wanneer als gevolg van het elektrisch bedwelmen signalen op het eeg van 8 tot 13 Hz met hoge amplitude dominant zijn, dan is dit kenmerkend voor een verlies van bewustzijn van een vis. In het geval van het bedwelmen en doden van de kabeljauw gebruikten we naast een visuele beoordeling van het eeg ook een Fast Fourier Transformatie (FFT). Met de FFT-analyses wordt de frequentiesamenstelling van het eeg bepaald, of anders geformuleerd, het geeft informatie over hoeveel vermogen er in de verschillende frequentiebanden aanwezig is.

De ecg-opnamen werden geanalyseerd op veranderingen in de hartfrequentie (beats per minute), de aan- en afwezigheid van de elektrische activiteit van het hart.

### 5.2.5 Statistische verwerking van eeg-data

Iedere vis van dezelfde soort is een experimentele eenheid waarbij voor ieder dier de bewusteloosheid met een bepaalde kans kan worden geïnduceerd. Hierbij is de waarde  $n$  het aantal individuele vissen van bv. de soort schol in het experiment. Het getal  $n$  vormt het aantal vissen van een soort dat aselect uit de tank of zeekooi is genomen. De toevalsgrootte  $x$  is het aantal vissen van een soort dat daadwerkelijk in het experiment is bedweld. Hierbij kan  $x$  kleiner of gelijk zijn aan  $n$ .

De binomiale verdeling is een model om bv. het aantal schollen in een tank te berekenen dat kan worden bedweld. De bèta verdeling is een ander model dat de kans hierop berekent. Door de binomiale en bèta verdeling te combineren (Johnson and Kotz, 1969)) stelden we voor iedere soort de kans vast dat deze onmiddellijk kon worden bedweld met een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Ook bepaalden we of er een relatie was tussen het gewicht van een individuele vis en de stroomdichtheid in het zeewater om het dier onmiddellijk te bedwelmen. Hiervoor berekenden we de determinatiecoëfficiënt (Oude Voshaar, 1995).

### 5.2.6 Wet op de Dierproeven

Voorafgaand aan de start van experimenten met de levende vissen in Noorwegen en Nederland zorgden we ervoor dat hiervoor vereiste vergunningen waren verkregen. In Noorwegen verleende de Food Safety Authority de vergunning (ID 16427) en in Nederland deed Centrale Commissie Dierproeven dat (code AVD4010020198645). In Nederland is het ook vereist dat vervolgens de Instantie voor Dierenwelzijn toestemming verleend om de experimenten uit te voeren. Ook die toestemming is vooraf verkregen (code 2019.D-0038.001.IvD.2).



---

## 6 Resultaten en discussie

### 6.1 Deskstudie

#### 6.1.1 Scheiden doelsoorten van niet-doelsoorten en restmaterialen in de vangst

In de demersale visserij op met name platvissen worden naast de doelsoorten ook andere soorten gevangen als bijvangst (Van Helmond en Steins, 2016). Ook kunnen resten van netten, stenen en zwerfafval in de netten voorkomen.

Voor bijvangst bestaat geen eenduidige definitie en daarom hanteren we er een die is opgesteld door de Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF). De STECF is opgericht door de Europese Commissie. Volgens de definitie van de STECF (2014) vallen onder bijvangst: 1) het deel van de vangst dat overboord wordt gezet (=discards); 2) incidentele vangsten die overboord gaan; 3) niet-doelsoorten met een commerciële waarde die worden aangeland en 4) niet-commerciële soorten die (moeten) worden aangeland (bv. ondermaatse, gequoteerde doelsoorten die onder de aanlandplicht vallen, maar niet mogen worden verkocht voor consumptie).

Voor het deel van de bijvangst, dat wordt teruggezet in zee, is het van belang dat de soorten die het betreft niet eerst worden bedwelmd en pas daarna worden vrijgelaten in zee. Een manier waarop dat kan worden gerealiseerd, is door de vangst handmatig te sorteren en alleen de marktwaaardige vissen in een bedwelmingsapparaat te plaatsen. Ook zijn er de laatste jaren ontwikkelingen op gebied van de robotica, zodat in de toekomst apparatuur kan worden ingezet om de marktwaaardige vissen te selecteren en vervolgens de soorten waarvoor een bedwelmingsapparaat is ontworpen. Het is bekend dat de specificaties voor het onmiddellijk bedwelmen zonder dat de dieren weer bijkomen vissoortspecifiek (kunnen) zijn (zie bv. Van de Vis and Lambooi, 2016).

Het gebruik van een scheidingsrooster of rek, voordat de vissen vanuit de kuil van het net in een hopper of een open stortbak worden overgebracht, kan ervoor zorgen dat bv. stenen zich niet meer tussen de vissen bevinden, die een bedwelmingsapparaat ingaan. Een verdere scheiding van de vissen en de andere materialen is in principe mogelijk door gebruik te maken van cascadeschuiven als uitgang van een stortbak, zodat de toevoer van de vangst en de scheiding van andere materialen te beheersen is. In het verleden zijn met een rek en cascadeschuiven aan boord experimenten gedaan (Van Marlen *et al.* 2016).

Met het oog op de veiligheid en het goed functioneren van een bedwelmingsapparaat is het van belang te vermijden dat restmaterialen van metaal in een bedwelmingsapparaat terechtkomen. Bij het elektrisch bedwelmen na ontwateren kan de aanwezigheid van metalen restmaterialen ertoe leiden dat de elektrische stroom voornamelijk door de restmaterialen gaat. Het gevolg daarvan is dat de beschikbare stroom om de vissen onmiddellijk te bedwelmen te laag is. Gebruik van een metaaldetector bij de ingang van een bedwelmingsapparaat kan vermijden dat dit probleem zich voordoet.

Ongeacht of de doelsoorten in zeewater of na ontwateren met een elektrische stroom worden bedwelmd zal de hierboven beschreven scheiding moeten worden uitgevoerd. Omdat de inrichting van de verwerkingsruimte aan boord van een schip niet bij ieder schip hetzelfde is, zullen praktijktesten moeten laten zien hoe het scheiden het best kan gebeuren.

#### 6.1.2 Doseren

Omdat het elektrisch bedwelmen na ontwateren sterk verschilt van elektrisch bedwelmen in het zeewater is het onderwerp doseren van de marktwaaardige vissen voor beide technieken apart beschreven. Onder doseren verstaan we in dit verband het zodanig plaatsen van de marktwaaardige vissen in een bedwelmingsapparaat dat pre-schokken bij vissen die zich buiten het apparaat bevinden, wordt vermeden. Ook is het essentieel dat de veiligheid van het personeel aan boord van een schip hierin wordt meegenomen. Daarnaast is het van belang dat een doseersysteem voldoet aan de productie-eisen (bv. aantal vissen/uur).

Elektrisch bedwelmen na ontwateren. Onze ervaringen met het bedwelmen van kweekvissen (Van de Vis *et al.*, 2013<sup>a</sup>) laten zien dat het gebruik van een opvoerband het mogelijk kan maken om de vissen op de juiste wijze en met de gewenste snelheid in een bedwelmingssapparaat te plaatsen. Bij de kweekmeerval glijden de vissen van de opvoerband op een goot, die onder een hoek staat, met het hele lichaam in één keer tussen de lepels en de lopende band. De lepels en de lopende band zijn de bedwelmingselektroden. Zo wordt bij de meerval voorkomen dat deze soort met de staart vooruit in het apparaat terechtkomt en daardoor pre-schokken krijgt. De glijgoot kan ook voorkomen dat vissen die zich buiten het bedwelmingssapparaat bevinden contact maken met de vissen die zich tussen de elektroden bevinden. Door de maatvoering van de opvoerband en glijgoot aan te passen kan de gewenste verwerkingssnelheid (aantal vissen/uur) worden bereikt. Voor de veiligheid van het personeel aan boord is het nodig dat een bedwelmingssapparaat zodanig is ontworpen of is geplaatst aan boord dat het niet mogelijk is om per ongeluk in contact te komen met de bedwelmingselektroden. Ook hier geldt dat praktijktesten nodig zijn om na te gaan aan welke ontwerpisen een systeem moet voldoen.

Elektrisch bedwelmen in het water. Ook voor het bedwelmen in het water kan gebruikgemaakt worden van bovengenoemde opvoerband om de vissen gescheiden van elkaar het bedwelmingssapparaat in te laten glijden. Door gebruik te maken van aardelektroden die geplaatst zijn voor en na de bedwelmingselektroden is het mogelijk te vermijden dat de vissen worden blootgesteld aan pre-schokken. Aardelektroden aan de uitgang kunnen vermijden dat de vissen die een bedwelmingssapparaat verlaten onder stroom staan. Hiervoor is ook een daarvoor ontworpen stroombron nodig.

Net zoals beschreven voor het elektrisch bedwelmen na ontwateren is ook voor het bedwelmen in zeewater de maatvoering van het doseersysteem en het bedwelmingssapparaat zelf van belang. Het is nodig om het water in het bedwelmingssapparaat niet opnieuw te gebruiken door het te recirculeren, omdat er bv. vervuiling van het zeewater in het apparaat kan optreden door bv. schubben en andere visresten. Praktijktesten zullen moeten uitwijzen op welke wijze het systeem het best kan worden ontworpen.

## 6.2 Experimenteel onderzoek

De experimenten zijn uitgevoerd met de gekweekte kabeljauw met een gewicht van  $1,7 \pm 0,5$  kg. Voor de schol, schar en tong waren de gemiddelde gewichten respectievelijk  $170 \pm 44$ ,  $138 \pm 22$  en  $144 \pm 32$  g.

### 6.2.1 Onmiddellijk bedwelmen

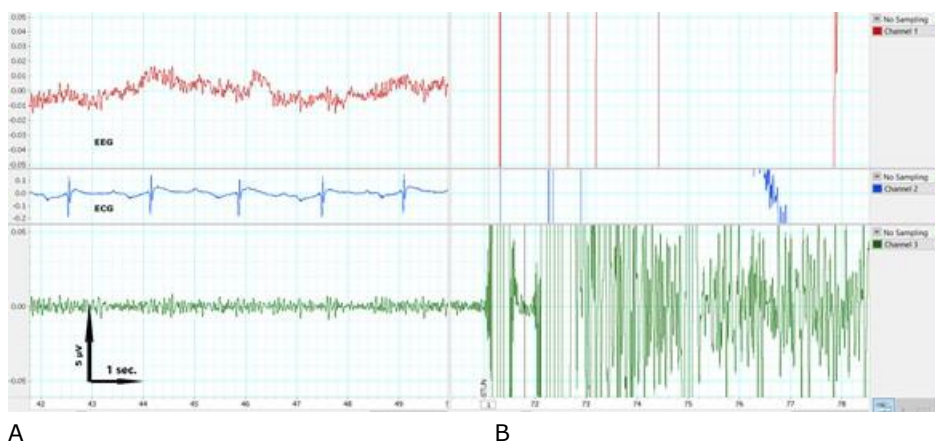
#### Kabeljauw

De resultaten verkregen met gedragsobservaties gaven de indruk dat bij een stroomdichtheid van  $6.2 \pm 0.1$  A<sub>rms</sub>/dm<sup>2</sup> en een veldsterkte van  $1.8 \pm 0.03$  V<sub>rms</sub>/cm de kabeljauw onmiddellijk bedwelmd was. Bij het individuele dier zagen we tonische en clonische spiersamentrekkingen gevolgd door een periode waarin er geen bewegingen waarneembaar waren. Deze gedragsuitingen wijzen op een generaal epileptiform insult en dus bewusteloosheid (Lambooy *et al.*, 2002<sup>b</sup>).

Eeg-registraties toonden aan dat bij het gebruik van een stroomdichtheid van  $6.2 \pm 0.1$  A<sub>rms</sub>/dm<sup>2</sup> met een veldsterkte van  $1.8 \pm 0.03$  V<sub>rms</sub>/cm in zeewater met een geleidbaarheid van 34,1 mS/cm individuele kabeljauwen (n=31) onmiddellijk konden worden bedwelmd. De eeg's lieten een algemeen epileptiform insult zien (signaal in groen, rechter deel (B) van figuur 2). Omdat het aantal kabeljauwen dat onmiddellijk was bedwelmd 31 was, betekent dit dat de kans dat een kabeljauw met de vastgestelde stroomdichtheid en veldsterkte onmiddellijk kan worden bedwelmd in zeewater 91% is met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

Een voorbeeld van de registratie van het eeg en ecg van een individuele kabeljauw is weergegeven in figuur 2. In deze figuur stelt het signaal met de rode kleur het ruwe eeg voor, het signaal in blauw het ruwe ecg en het groene signaal het eeg na het gebruik van het bandpassfilter van 4-32 Hz. Bij een generaal epileptiform insult zijn in het eeg frequenties van 8-13 Hz met een hoge amplitude dominant

(zie groen signaal in rechter deel figuur 2). De linkerhelft, aangegeven met de letter A, laat het eeg en ecg zien in een kabeljauw die bij bewustzijn is, voorafgaand aan het elektrisch bedwelmen.



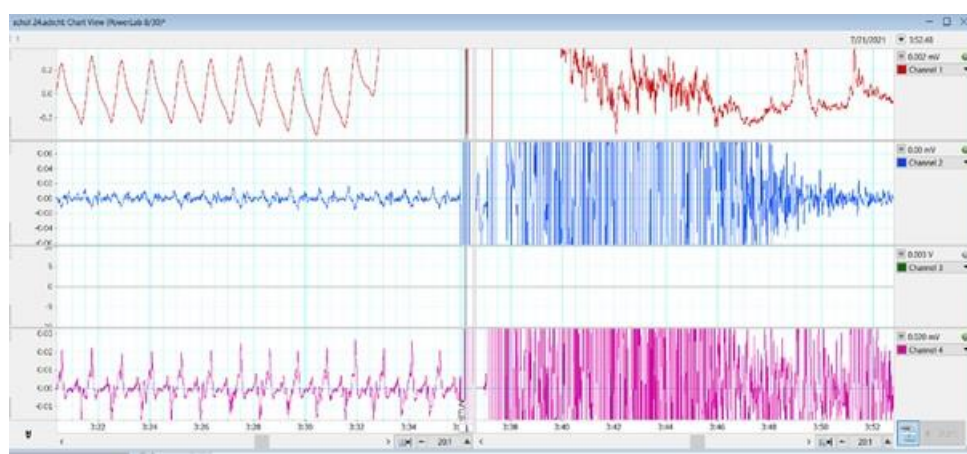
**A** **B**  
**Figuur 2** Eeg- en ecg-registratie bij een individuele kabeljauw voorafgaand aan en na elektrisch bedwelmen gedurende één seconde.

### Schol, tong en schar

Voordat de registratie van eeg's en ecg's in de schol, tong en schar waren uitgevoerd, hadden we op basis van gedragsobservaties voor deze soorten een indruk gekregen van de stroomdichtheden met de daarbij behorende veldsterktes om deze soorten binnen 1 seconde te bedwelmen. Voor de schol, schar en tong waren deze stroomdichtheden met bijbehorende veldsterktes respectievelijk  $27,6 \pm 3,0$   $A_{rms}/dm^2$  en  $7,6 \pm 0,02$   $V_{rms}/cm$ ;  $11,3 \pm 4,0$   $A_{rms}/dm^2$  en  $3,5 \pm 0,02$   $V_{rms}/cm$ ; en  $27,8 \pm 0,9$   $A_{rms}/dm^2$  en  $7,6 \pm 0,03$   $V_{rms}/cm$ . We zagen bij deze soorten kort- en langdurende spiersamentrekkingen en die wezen erop dat deze stroomsterktes en veldsterktes hoog genoeg konden zijn om de vissen onmiddellijk te bedwelmen.

Schol. Bij de schol werd de bewusteloosheid onmiddellijk geïnduceerd (figuur 3), wanneer de stroomdichtheid van  $27,6 \pm 3,0$   $A_{rms}/dm^2$  in het zeewater bedroeg met een veldsterkte van  $7,6 \pm 0,02$   $V_{rms}/cm$ .

De geleidbaarheid van het zeewater was hierbij 39,3 mS/cm. De bevinding dat 31 schollen onmiddellijk bedwelmd waren, betekent dit dat de kans dat een schol onmiddellijk kan worden bedwelmd in zeewater 91% is met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.



**A** **B**  
**Figuur 3** Eeg- en ecg-registratie bij een individuele schol voorafgaand aan en na elektrisch bedwelmen gedurende 1 seconde.

In figuur 3 is een voorbeeld te zien van een generaal epileptiform insult dat onmiddellijk is geïnduceerd als gevolg van de elektrische stroom in het zeewater. In deze figuur geeft het rode signaal het ruwe eeg weer, het blauwe signaal het ruwe ecg en paarse signaal het eeg na het gebruik

van het bandpassfilter van 4-32 Hz. Voor al deze signalen geeft de linkerhelft (aangegeven met de letter A) van de figuur weer voorafgaand aan elektrisch bedwelmen (de schol is bij bewustzijn) en de rechterhelft (aangegeven met de letter B) van de figuur de toestand van het dier onmiddellijk na elektrisch bedwelmen gedurende 1 seconde. Het generaal epileptiform insult (rode en paarse signalen) laat zien dat de schol in figuur 3 onmiddellijk was bedwelmd.

Het eeg-patroon van een schol die bij bewustzijn is (rechterhelft figuur 3) lijkt te verschillen van dat van de kabeljauw (figuur 2 linkerhelft), maar dit is niet geval. Vanwege de anatomie van de schol hebben we de eeg-elektroden veel dichter bij de bewegende kieuwdeksels moeten plaatsen, dan in het geval van de kabeljauw. De bewegende kieuwdeksels veroorzaakten een artefact op de eeg's van schollen. Vanwege de anatomie van de schol en andere platvissen is het onvermijdelijk dat de beweging van de kieuwdeksels zichtbaar is als een wisselend signaal met een lage frequentie en hoge amplitude. Door het bandpass filter in te stellen op 4-32 Hz is het mogelijk om dit signaal deels te verwijderen, wat de interpretatie van de eeg's eenvoudiger maakt.

Een vergelijking met de kabeljauw laat zien dat deze laatste vissoort met een lagere veldsterkte en stroomdichtheid onmiddellijk kon worden bedwelmd dan de schol. Zoals eerder in de literatuur is vermeld (Van de Vis and Lambooij, 2016), kunnen de specificaties voor onmiddellijk bedwelmen soortspecifiek zijn en dat is hier het geval.

Schar. Om de bewusteloosheid bij individuele scharren in zeewater onmiddellijk te induceren, stelden we de vissen gedurende 1 seconde bloot aan een stroomdichtheid van  $11,3 + 4,0 A_{rms}/dm^2$  bij een veldsterkte van  $3,5 \pm 0,02 V_{rms}/cm$ . Het zeewater had een geleidbaarheid van  $35,1 mS/cm$ .

De eeg's lieten zien dat onder deze omstandigheden de bewusteloosheid onmiddellijk kan worden geïnduceerd; bij de vissen ( $n=31$ ) werd een generaal epileptiform insult geïnduceerd in de hersenen. Het resultaat dat 31 scharren onmiddellijk bedwelmd waren, houdt in dat de kans dat een vis van deze soort onmiddellijk kan worden bedwelmd in zeewater 91% is met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

De signalen op het eeg en ecg voor en na bedwelmen waren vergelijkbaar met die van de schol (zie figuur 2 en daarom verwijzen we voor de schar naar figuur 2). Net zoals bij de schol zorgden de bewegende kieuwdeksels bij de schar ook voor een artefact, dat zichtbaar is in het eeg; wat betreft de anatomie zijn de schol en schar vergelijkbaar.

Wat opvalt is dat de veldsterkte en stroomdichtheid die nodig zijn om de schar onmiddellijk te bedwelmen lager zijn dan voor de schol, maar hoger dan voor kabeljauw. Ook hier zien we verschillen tussen vissoorten voor wat betreft de specificaties voor het onmiddellijk bedwelmen.

Tong. De bewusteloosheid kon bij de tong ( $n=25$ ) in zeewater onmiddellijk worden geïnduceerd door de vissen gedurende 1 seconde bloot te stellen aan een stroomdichtheid van  $27,8 \pm 0,9 A_{rms}/dm^2$  met een veldsterkte van  $7,6 \pm 0,03 V_{rms}/cm$ . De geleidbaarheid van het zeewater was  $39,3 mS/cm$ . Onze bevinding dat 25 tongen onmiddellijk bedwelmd waren, houdt in dat de kans dat een tong onmiddellijk kan worden bedwelmd in zeewater 89 % is met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

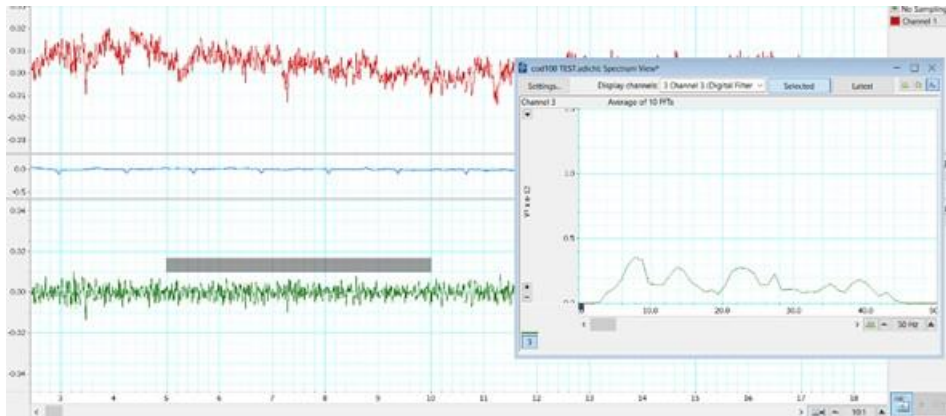
Ook voor deze vissoort waren het eeg en ecg voor en na bedwelmen vergelijkbaar met die van de schar (zie figuur 2). Ook bij deze vissoort zorgde de beweging van de kieuwdeksels voor het eerder genoemde artefact op het eeg, zoals is beschreven voor de schol.

## 6.2.2 Doden van elektrisch bedwelmdde vissen

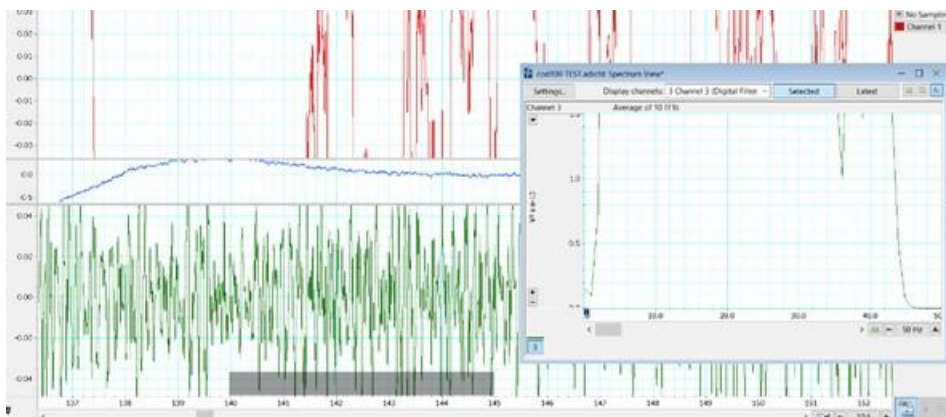
### Kabeljauw

De gedragsobservaties voerden we uit 12 kabeljauwen zonder eeg- en ecg-electroden, nadat deze dieren een voor een aan 16 elektrische pulsen van ieder twee seconden waren blootgesteld. De periode tussen iedere puls, waarbij er geen stroom liep, bedroeg 1 s. De gemiddelde stroomdichtheid en veldsterkte bedroegen respectievelijk  $4,5 \pm 0,1 A_{rms}/dm^2$  en  $1,3 \pm 0,02 V_{rms}/cm$  in het zeewater met een geleidbaarheid van  $34,1 mS/cm$ . Vervolgens waren de dieren overgezet in een tank om de gedragsobservaties te kunnen uitvoeren. Hierbij werd continu zeewater door de tank gepompt. Alle 12 kabeljauwen lagen na het overbrengen in de tank op hun zij en vertoonden geen gecoördineerde zwembewegingen. Ook reageerden de 12 dieren niet op prikkels. Bij drie van de 12 kabeljauwen kwam de ademhaling terug, maar bij de overige 9 dieren niet. Deze gedragsobservaties gaven de indruk dat de toepassing van de elektrische pulsen voorkwam dat de kabeljauwen bijkwamen. In een

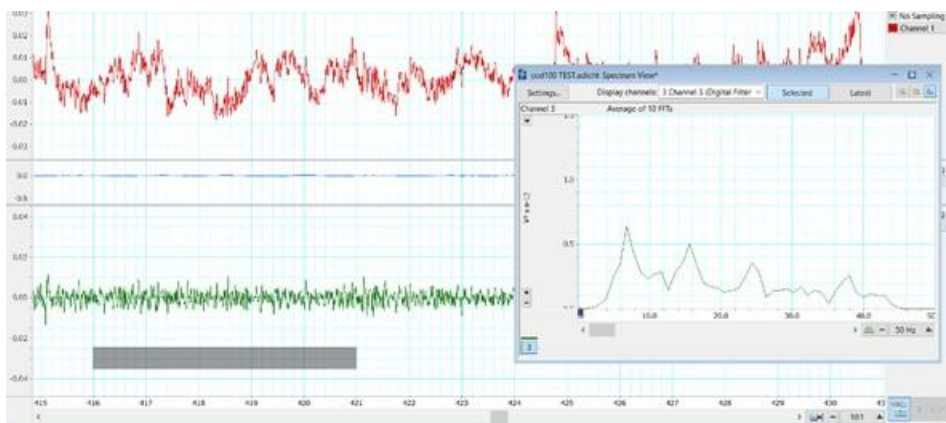
afgerond project met gevangen schollen lieten de eeg-registraties zien dat we deze vissen bedwelmden en doodden door elektrische pulsen te gebruiken, maar niet duidelijk was of het doden alleen aan de elektrische stroom kon worden toegeschreven (Van de Vis *et al.*, 2016). Vervolgens werden eeg's en ecg's in individuele kabeljauwen (n=12) geregistreerd om na te gaan of de indruk, die was verkregen op basis de gedragsobservaties juist, was. De eeg's en de Fast Fourier Transformatie ervan (resultaat staat in de kaders van figuur 4) lieten zien dat alle 12 kabeljauwen zijn bijgekomen (een voorbeeld is te zien in figuur 4C). Eeg-patronen voorafgaand (figuur 4A) aan het



A



B



C

**Figuur 4** Eeg- en ecg-registraties bij een individuele kabeljauw vóór elektrisch bedwelmen (A), direct na elektrisch bedwelmen met 16 pulsen (B) en 2,3 tot 2,5 min later (C).

De kaders in A, B en C geven de resultaten weer, die zijn verkregen door Fast Fourier Transformatie.

bedwelmen en het algemene epileptiform insult (figuur 4 B), dat is gemeten na het uitschakelen van de stroom, lieten dat kabeljauwen bedwelmd waren.

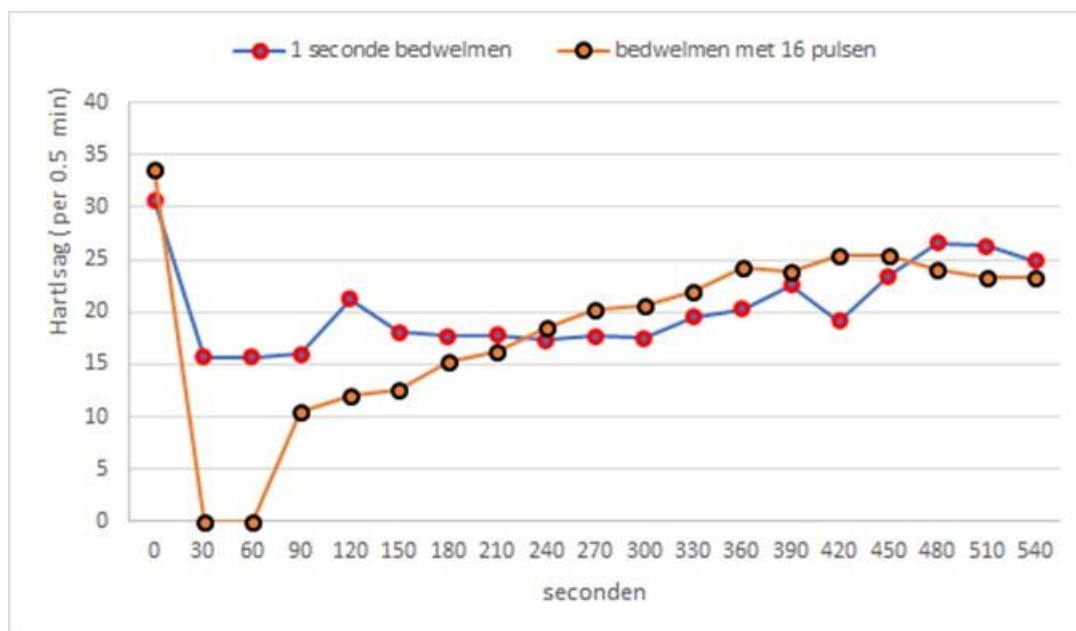
In figuur 5 is te zien dat na het bedwelmen met 16 pulsen de hartactiviteit weer terugkwam, terwijl na het bedwelmen gedurende één seconde de hartactiviteit nooit was verdwenen. Figuur 5 bevestigt de

resultaten van figuur 4; de 12 kabeljauwen waren niet gedood. Het is dus met gebruik van de huidige instellingen niet mogelijk om kabeljauwen met de pulsen te doden. Dit resultaat laat zien dat er een andere dodingsmethode voor elektrisch bedwelmde kabeljauw moet worden gebruikt. Een geschikte dodingsmethode voor de kabeljauw na elektrisch is bedwelmen is bv. verbloeden in gekoeld zeewater (zie Digre *et al.*, 2010)

De hier beschreven resultaten laten zien dat in het afgeronde onderzoek naar het bedwelmen en doden van schollen met een elektrische stroom (Van de Vis *et al.*, 2016) de temperatuurverhoging in de bedwelmde schollen de oorzaak kan zijn van het intreden van de dood. De temperatuurverhoging van tenminste 13 °C was het gevolg van het gebruik van elektrische pulsen na ontwateren. Door deze verhoging was de temperatuur van de schol tenminste 30 °C. Het is bekend dat de schol deze hoge temperatuur niet verdraagt (Bergman, 1989). In het experiment met de schollen (Van de Vis *et al.*, 2016) hadden we een overmaat aan elektrisch vermogen gebruikt, net zoals bij de kabeljauw in dit onderzoek. Zelfs een overmaat aan elektrisch vermogen blijkt de kabeljauwen niet kunnen doden. Bij het bedwelmen na ontwateren in de praktijk van vissoorten zoals bv. de Europese paling is een dergelijke overmaat niet nodig en treedt een sterke verhoging van de lichaamstemperatuur van de bedwelmden vissen daarom niet op (Van de Vis *et al.*, 2013<sup>b</sup>).

Door het experiment met de kabeljauw in zeewater uit te voeren kon de temperatuurverhoging worden beperkt tot ca. 1 °C. Dit werd van te voren berekend op basis van de hoogte van de spanning, de stroomsterkte, het volume zeewater in de bedwelmingsstank, de dichtheid en de warmtecapaciteit van het zeewater. Metingen van de temperatuur in de bedwelmingsstank tijdens het experiment lieten zien dat de temperatuur gemiddeld 1,2 °C hoger was dan in de zeekooien. Het water in de bedwelmingsstank werd regelmatig vervangen om een te hoge temperatuur van het water te vermijden als gevolg van het elektrisch bedwelmen. Zo sloten we uit dat de elektrisch bedwelmde kabeljauwen dood konden gaan als gevolg van een temperatuurverhoging.

De experimenten met de kabeljauw laten duidelijk zien dat alleen op basis van gedragsobservaties het niet mogelijk is om de bewusteloosheid bij een vis met voldoende zekerheid vast te stellen. Voor een kweekvissoort zoals de Atlantische zalm was dat ook al geconstateerd (Lambooy *et al.*, 2010).



**Figuur 5** Gemiddeld verloop van de hartslag in kabeljauw na één seconde bedwelmen en na bedwelmen met 16 pulsen.

### Schol, tong en schar

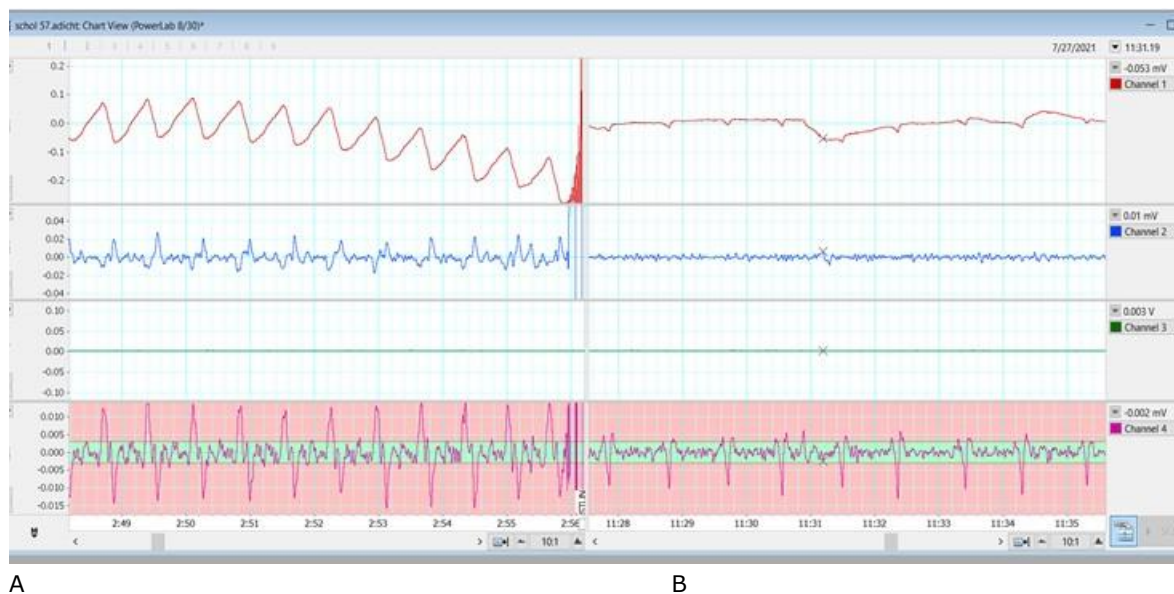
Schol. De eeg- en ecg-registraties lieten zien dat de schollen (n=10) onmiddellijk bedwelmde konden worden en niet meer bijkwamen tijdens het koelen in de slurry van zeewater en ijs. De vissen waren onmiddellijk bedwelmde, omdat de hiervoor vastgestelde specificaties werden gebruikt. Onmiddellijk bedwelmen waarbij de schollen niet meer bijkwamen, werd bereikt met behulp van een stroomdichtheid van  $27,1 \pm 1,8 A_{rms}/dm^2$  gedurende 5 seconden in het zeewater met een veldsterkte



van  $7,6 \pm 0,02 \text{ V}_{\text{rms}}/\text{cm}$ , gevolgd door koelen in een slurry van zeewater en ijs van  $0^\circ\text{C}$  (een temperatuurverlaging van de omgeving van  $16,6^\circ\text{C}$ ).

Ook na een blootstelling aan de stroom gedurende 5 s registreerden we voor al de 10 schollen een generaal epileptiform insult op het eeg (zie figuur 3 voor een voorbeeld daarvan). Na  $4,2 \pm 2,2$  min in de slurry namen we in de eeg's een minimale hersenactiviteit (rode signaal rechterhelft figuur 6) waar. Deze wijze van doden leidt niet tot onmiddellijke fysieke schade aan de hersenen en daarom is van belang om de koudeketen bij verdere verwerking in de praktijk niet te onderbreken. Dit is ook geadviseerd voor het bedwelmen en doden van de Europese paling (Van de Vis *et al.*, 2013<sup>b</sup>).

In figuur 6 is het rode signaal het ruwe eeg, het blauwe signaal het ruwe ecg en het onderste signaal het eeg na het gebruik van het bandpassfilter van 4-32 Hz. Voor al deze signalen geeft de linkerhelft (aangegeven met de letter A) de baseline weer, voorafgaand aan elektrisch bedwelmen (de schol is dus bij bewustzijn) en de rechterhelft (aangegeven met de letter B) van de figuur de elektrische activiteit na 5 seconden bedwelmen gevolgd door een verblijftijd van ca. 8 min in de slurry van ijs en zeewater.



**Figuur 6** Eeg- en ecg-registratie bij een individuele schol voorafgaand aan bedwelmen en doden en na elektrisch bedwelmen gedurende 5 seconden gevolgd door een verblijf van tenminste 8 min in een slurry van ijs en zeewater van  $0^\circ\text{C}$ .

De kleuren in het onderste deel van de figuur dienden als hulpmiddel bij de interpretatie van de eeg-data.

Schar. We constateerden dat de temperatuurverlaging van  $7,5$  naar  $0^\circ\text{C}$  onvoldoende was om te vermijden dat de bedwelmdde scharren weer bijkwamen tijdens het doden in de slurry van zeewater en ijs. De vissen werden nl. gehouden bij een temperatuur van het zeewater in de tanks van  $7,5^\circ\text{C}$ . Daarom werd zout toegevoegd aan de slurry van ijs en zeewater, zodat de temperatuur daarvan  $-2,4^\circ\text{C}$  was. Vervolgens bleek dat door de scharren gedurende 20 s elektrisch te bedwelmen en dit te laten volgen door tenminste 10 min bloot te stellen aan de slurry  $-2,4^\circ\text{C}$ , het mogelijk was te vermijden dat de individuele scharren ( $n=10$ ) weer bijkwamen. De scharren waren bedwelmd met een stroomdichtheid van  $12,6 \pm 1,5 \text{ A}_{\text{rms}}/\text{dm}^2$  gedurende 20 s met een veldsterkte van  $3,5 \pm 0,02 \text{ V}_{\text{rms}}/\text{cm}$  in zeewater met een geleidbaarheid van  $35,1 \text{ mS}/\text{cm}$ . We kozen voor het elektrisch bedwelmen gedurende 20 s, omdat bleek dat het doden van de vis in de slurry van ijs van  $0^\circ\text{C}$  niet mogelijk bleek.

Na een verblijf van  $2,7 \pm 1,0$  min in de slurry van zeewater, ijs en zout namen we bij 5 van 10 scharren een minimale (hersenen)activiteit waar op het eeg. De andere vijf scharren waren niet bij bewustzijn, maar een minimale hersenactiviteit kon niet worden waargenomen op het eeg. Het is bekend dat er variatie kan bestaan in de mate van veranderingen op een eeg als gevolg van bedwelmen in de slurry (Daskalova *et al.*, 2016). Het is mogelijk dat er een variatie op een eeg het gevolg kan zijn van de registratie van ook de elektrische activiteit van spieren rondom de schedel.

Tong. De registraties van eeg's en ecg's toonden aan dat al de 10 tongen onmiddellijk werden bedwelmd en dat 9 van 10 tongen niet meer bij kwamen in de slurry van zeewater en ijs van  $0^\circ\text{C}$ . We



hadden hiervoor een stroomdichtheid  $27,1 \pm 1,8 \text{ A}_{\text{rms}}/\text{dm}^2$  gedurende 5 seconden met een veldsterkte van  $7,6 \pm 0,02 \text{ V}_{\text{rms}}/\text{cm}$  gebruikt, gevolgd door koelen in een mengsel van zeewater en ijs van  $0^\circ\text{C}$  (een temperatuurverlaging van  $16,6^\circ\text{C}$ ). Het gegeven dat 1 tong in de slurry van ijs en zeewater bijkomt, wijst erop dat de duur van de bedwelmings voor deze soort te kort is en dat hadden we niet verwacht, gezien de resultaten die waren verkregen met de schol.

We hebben in een afgerond onderzoek naar het bedwelmen na ontwateren geconstateerd dat het verhogen van de blootstellingsduur van 5 naar 15 s aan de elektrische stroom voorkwam dat de tong weer bijkwam in een slurry van  $0^\circ\text{C}$  (Daskalova *et al.*, 2016). We verwachten daarom dat een blootstelling van tenminste 15 s aan de elektrische stroom in zeewater voldoende is om te vermijden dat een bedwelmde tong weer bijkwam in de slurry van zeewater en ijs.

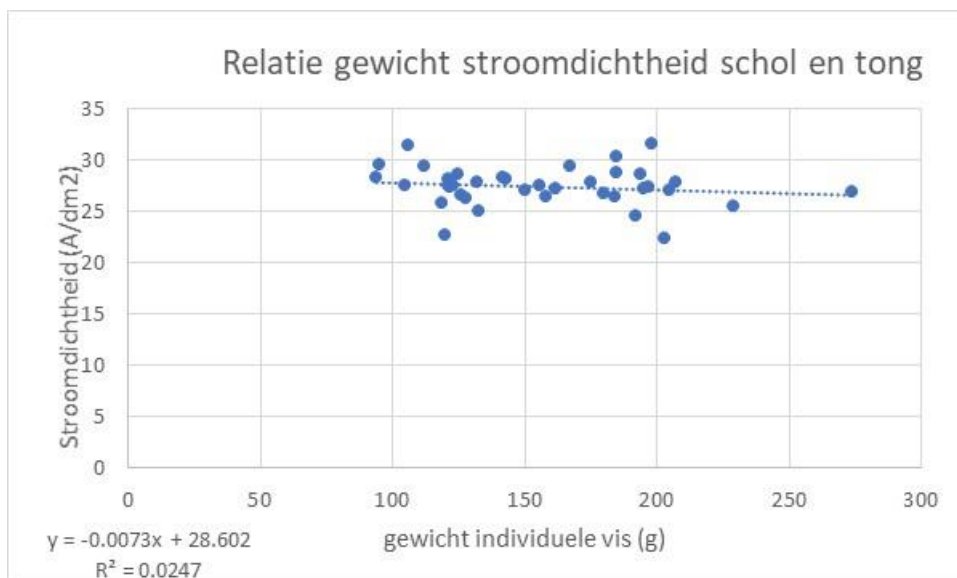
Tijdens de blootstelling van de bedwelmde tongen aan de slurry van zeewater en ijs zagen we op de eeg's dat na  $3,6 \pm 1,7$  min bij 6 van 9 tongen een minimale hersenactiviteit. De andere drie tongen kwamen ook niet bij bewustzijn, maar een minimale hersenactiviteit kon niet worden waargenomen op het eeg. Hierbij kan ook de elektrische activiteit van de spieren rondom de schedel van de vissen een rol spelen, zoals eerder beschreven.

De resultaten verkregen met de schol, schar en tong wijzen erop dat voor het doden van de bedwelmde vissen door ze in een slurry van zeewater en ijs te plaatsen een temperatuurverlaging van tenminste  $10^\circ\text{C}$  nodig is, vergeleken met het zeewater waarin de vissen zich bevonden.

### 6.2.3 Elektrisch bedwelmen en gewicht van een vis

In ons onderzoek vonden we geen relatie tussen de stroomdichtheid in het zeewater en het gewicht van individuele schollen en tongen. Omdat de stroomdichtheden voor onmiddellijk bedwelmen van beide soorten hetzelfde zijn, hebben we de data voor beide soorten gebruikt.

In de experimenten met deze vissen vormde ieder individuele schol of tong, afhankelijk van het gewicht, 10-20% van het totale volume in de bedwelmings tank met zeewater. Het is bekend dat de elektrische geleidbaarheid van zeevissen veel lager is dan dat van zeewater, maar desondanks was er geen verband tussen de stroomdichtheid in het zeewater en het gewicht van iedere individuele vis (zie figuur 7). De determinatiecoëfficiënt,  $R^2$ , had een waarde van 0,0247 (figuur 7) en dat betekent dat 2,47% van de variatie van de stroomdichtheid wordt verklaard door de variatie van de gewichten van een individuele schol of tong (Oude Voshaar, 1995). Er is daarom geen relatie tussen de stroomdichtheid en het gewicht van een individuele schol of tong.



**Figuur 7** Relatie tussen het gewicht van individuele schol en tong en de stroomdichtheid om de vissen onmiddellijk in zeewater te bedwelmen.

Eerder uitgevoerd Noors onderzoek naar het elektrisch bedwelmen na ontwateren van de gekweekte Atlantische zalm laat ook zien dat het gewicht van de vissen geen rol speelt (Grimsbø *et al.*, 2016).

# 7 Bedwelmen en doden aan boord: wat is daarvoor nodig?

## 7.1 Modulair systeem voor bedwelmen en doden

Voor het bedwelmen en doden onder praktijkomstandigheden is het van belang om te beschikken over een proceslijn, die kan worden aangepast aan de vissoort en de verwerkingssnelheid (kg vissen/uur). In tabel 1 is op basis van de deskstudie, de experimenten uitgevoerd in het kader van dit onderzoek en onze ervaring een overzicht gemaakt van componenten die nodig zijn om vissen aan boord te

**Tabel 1** Elektrisch bedwelmen en doden: mogelijkheden voor een modulair systeem.

Stap	Apparatuur/methode	Alternatief voor apparatuur/methode
Scheiding vis van restmaterialen	Rek boven stortbak (Van Marlen <i>et al.</i> , 2016)	Cascadeschuiven om afvoer uit stortbak te beheersen en vissen deels te scheiden van restmaterialen (Van Marlen <i>et al.</i> , 2016).
Tijdelijke opslag	Vissen in stortbak met geringe hoeveelheid water	Water door de stortbak pompen om vissen van zuurstofrijk water te voorzien zonder dat het volume water de stabiliteit schip beïnvloedt.
Scheiden van marktwaardige vis van bijvangst en restmaterialen	Handmatig	Mogelijk in de toekomst gebruikmaken van robotica.
Doseren	Opvoerband en glijgoot (Van de Vis <i>et al.</i> , 2013 <sup>b</sup> )	In geval van bedwelmen na ontwateren mogelijk geen alternatief. Vissen met de kop vooruit met de hand in bedwelmingssapparaat plaatsen kan te arbeidsintensief zijn.  Voor bedwelmen in het water vissen verpompen in water gevolgd door ontwateren over een rooster en daarna gebruik van glijgoot.
Bedwelmen	Lopende band met daarboven een rij met lepels vormen de elektroden.	Elektrisch bedwelmen in zeewater m.b.v. een buis of een gesloten langwerpige bak. Een pomp voert de vissen door dit systeem.
	Voor de tong lijkt bedwelmen na ontwateren problematisch; deze vis komt niet door bedwelmingssapparaat heen in de proefopstelling na ontwateren omdat de vis zich opkrult (Van de Vis pers. obs.)	Elektrisch bedwelmen in zeewater is voor alle gekozen vissoorten in het onderzoek een alternatief.
Doden	Slurry van zeewater, ijs en eventueel zout (dit rapport), gevolgd door strippen. Door alleen uitsnijden van de organen verbloed een vis niet snel genoeg na elektrisch bedwelmen (Van de Vis, 2016).	Doorsnijden van alle aderen die bloed naar kieuwen toe- en ook afvoeren (Brijs <i>et al.</i> , 2021), gevolgd door strippen.

---

bedwelmen en te doden. Ook laat tabel 1 de mogelijkheden zien om een module door een andere te vervangen. We willen benadrukken dat praktijktesten moeten uitwijzen wat er daadwerkelijk mogelijk is, maar die testen vielen buiten het bestek van het onderzoek. De informatie die in deze paragraaf wordt verstrekt is stap tussen de eerste en tweede stap (praktijktesten), die worden aanbevolen door EFSA (2018).

## 7.2 Haalbaarheid, uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van elektrisch bedwelmen en doden aan boord

Naast de eerder beschreven technische aspecten van de proceslijn in paragraaf 7.1 zijn ook de haalbaarheid, uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid essentieel en de wijze waarop die kunnen worden getoetst. In dit hoofdstuk gaan we nader in op deze drie aspecten.

Haalbaarheid. Het experimenteel onderzoek naar bedwelmen in zeewater en eerder onderzoek naar elektrisch bedwelmen na ontwateren (Daskalova *et al.*, 2016; Van de Vis *et al.*, 2015; 2016) laten zien dat het elektrisch bedwelmen gevolgd door het doden van de gekozen vissoorten haalbaar is. Eeg-registraties zijn gebruikt om te toetsen of de vissen onmiddellijk konden worden bedwelmd en niet meer bijkwamen.

Uitvoerbaarheid. Praktijktesten, zoals aanbevolen door EFSA (2018) als tweede stap, zijn nodig om de uitvoerbaarheid van het bedwelmen en doden van de gekozen vissoorten te toetsen. Op basis van de uitkomst kan een prototype worden aangepast en vervolgens opnieuw getoetst. Het is van belang dat de praktijktesten aan wetenschappelijke standaarden voldoen en daarom is rapportage van de verkregen resultaten nodig.

Wat de veiligheid voor het personeel betreft, wordt het elektrisch bedwelmen van kweekvissen in Europa veilig toegepast, onder de voorwaarde dat de regelgeving die hieraan eisen stelt, wordt nageleefd. Omdat de omstandigheden aan boord van een schip niet te vergelijken zijn met die in een slachthuis dat kweekvissen verwerkt, zal in praktijktesten ook aandacht geschonken moeten worden aan de veiligheid voor het personeel. Om die reden stellen we de installatie van een metaaldetector voor (zie paragraaf 6.1.2). We willen benadrukken dat elektrische apparatuur aan boord van zeeschepen in de Europese Unie aan veiligheidsnormen voldoet en zo veilig kan worden gebruikt. Ook een bedwelmingssapparaat dat aan boord wordt geplaatst, zal aan deze normen moet voldoen (zie bv. <https://www.nen.nl/en/normcommissie-elektrische-installaties-op-schepen>). Ook is het belangrijk dat een bedwelmingssapparaat aan te passen is aan de beschikbare ruimte op een schip.

Omdat een bedrijf extra kosten maakt is van belang dat consumenten bereid zijn hiervoor te betalen en dat dat geld ook (deels) daadwerkelijk terugvloeit naar visserijbedrijven. Een studie (ComRes, 2018) laat zien dat consumenten bereid kunnen zijn om een hogere prijs te betalen voor vissen die waren bedwelmd voordat ze werden gedood.

Handhaafbaarheid. Een consument moet erop kunnen vertrouwen dat het juist is dat voor een visproduct kenbaar is gemaakt dat de vis aan boord eerst is bedwelmd en pas daarna gedood. Borging van de keten van het schip tot de consument is daarom nodig (May *et al.*, 2003). Door criteria voor bedwelmen aan boord op te nemen in bestaande labels is het mogelijk dat onafhankelijke auditors toezien op de daadwerkelijk naleving van de welzijnsriteria. Het is gebleken dat voor de aquacultuur, dit mogelijk is; denk hierbij bv. aan het RSPCA-assured label in het Verenigd Koninkrijk (RSPCA, 2021).

---

## 8 Conclusie

Voor de inventarisatie om de kabeljauw schol, schar en tong aan boord elektrisch te bedwelmen en vervolgens te doden werden kennisvragen geformuleerd. Deze vragen zijn door ons beantwoord met behulp van een deskstudie en experimenteel onderzoek. In het project is het experimentele onderzoek beperkt tot de eerste stap (EFSA, 2018), vanwege de stand van de kennis. De deskstudie is een stap tussen de eerste en tweede stap (praktijktesten), die beide worden aanbevolen door EFSA (2018).

1

### Vraag

Aan welke criteria dient een scheidingssysteem te voldoen voor de kabeljauw, schol, tong en schar?

### Antwoord

Het is essentieel dat de doelsoorten worden gescheiden van de restmaterialen in het net en de bijvangst, die overboord wordt gezet, voordat de doelsoorten worden bedwelmd. Alleen de doelsoorten, waarvoor een bedwelmingssysteem is ontworpen, dienen te worden bedwelmd. De deskstudie laat zien dat het mogelijk is om een rek in te zetten dat bv. stenen scheidt van de rest van de vangst of een aanpassing van de uitgang van een stortbak of hopper waarin de vissen zich aan boord bevinden.

2

### Vraag

Aan welke criteria dient een doseersysteem te voldoen voor het bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar?

### Antwoord

Ongeacht of de vissen na ontwateren of in zeewater met een elektrische stroom worden bedwelmd, is het nodig te vermijden dat de vissen die zich buiten het bedwelmingssysteem bevinden, worden blootgesteld aan de elektrische stroom. Dit veroorzaakt pre-schokken, die niet leiden tot een intreden van de bewusteloosheid. De pre-schokken veroorzaken ongerief.

In het geval van het elektrisch bedwelmen na ontwateren is het nodig om te vermijden dat de vissen met de staart vooruit het apparaat in gaan. Bij het bedwelmen in zeewater is dit niet nodig, onder de voorwaarde dat de vissen onmiddellijk in het apparaat terecht komen.

De plaatsing van een metaaldetector is nodig om te vermijden dat restmaterialen van metaal in een bedwelmingssysteem terechtkomen.

3

### Vraag

Hangen de specificaties voor het elektrisch bedwelmen af van de gewichten van de kabeljauw, schol, tong en schar?

### Antwoord

Voor de beantwoording van deze vraag hebben we de schol en tong als modelsoorten gekozen. Er blijkt geen relatie te zijn tussen het gewicht van deze individuele vissen en de stroomdichtheid die nodig is in het zeewater om de vissen onmiddellijk te bedwelmen.

---

4

Vraag

Wat zijn de specificaties voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar in zeewater gevolgd door het doden van de bewusteloze vissen?

Antwoord

Om de kabeljauw onmiddellijk te bedwelmen is een stroomdichtheid van  $6.2 \pm 0.1 A_{rms}/dm^2$  in zeewater nodig. Doden met een elektrische stroom bleek niet mogelijk.

Om de schol onmiddellijk te bedwelmen en in bewusteloze staat te doden is een stroomdichtheid van  $27,1 \pm 1,8 A_{rms}/dm^2$  gedurende 5 seconden in het zeewater nodig, gevolgd door koelen in een slurry van zeewater en ijs gedurende tenminste 10 min. Hierbij dient de temperatuurverlaging tenminste 10 °C te zijn.

Voor de schar zijn deze specificaties een stroomdichtheid van  $12,6 \pm 1,5 A_{rms}/dm^2$  gedurende 20 s gevolgd door een temperatuurverlaging van tenminste 10 °C door de vissen in de slurry van zeewater en ijs te plaatsen. De verblijftijd in de slurry is tenminste 10 min.

Voor de tong is een stroomdichtheid van  $27,1 \pm 1,8 A_{rms}/dm^2$  nodig, gevolgd door een temperatuurverlaging van tenminste 10 °C door het plaatsen in de slurry van zeewater en ijs. De verblijftijd hierin is tenminste 10 min. Omdat 1 van de 10 tongen bijkwam bevelen we een blootstelling aan de elektrische stroom aan van tenminste 15 s, in plaats van de 5 s die werd gebruikt.

5

Vraag

Aan welke criteria dient een modulaire opzet voor het elektrisch bedwelmen van de kabeljauw, schol, tong en schar, gevolgd door doden van deze soorten te voldoen?

Antwoord

De belangrijkste criteria zijn dat alleen de doelsoorten waarvoor een apparaat is ontworpen of ingesteld, worden bedwelmd. De vissen moeten onmiddellijk worden bedwelmd en vervolgens niet meer bij bewustzijn komen. Pre-schokken bij vissen die zich buiten het apparaat bevinden, moeten worden vermeden. Ook moeten bijvangst, die wordt teruggezet in zee, en restmaterialen in het net niet door een bedwelmingapparaat worden gevoerd.

Ook belangrijk is dat de apparatuur aan te passen is aan de omstandigheden aan boord. Deze aanpassingen kunnen bv. het scheidingssysteem en doseersysteem betreffen. Ook kan ervoor worden gekozen om de vissen elektrisch te bedwelmen in het water of juist na ontwateren.

6

Vraag

Hoe kan de haalbaarheid, handhaafbaarheid en uitvoerbaarheid van het elektrisch bedwelmen van de gekozen vissoorten worden getoetst?

Antwoord

Haalbaarheid. De resultaten verkregen in het experimentele onderzoek en eerder onderzoek laten zien dat het mogelijk is om de gekozen vissoorten onmiddellijk te bedwelmen in zeewater of na ontwateren en vervolgens de dieren in een bewusteloze staat te doden. Door gebruik te maken van eeg-registraties hebben we dit getoetst.

Uitvoerbaarheid. Praktijktesten zijn nodig om de uitvoerbaarheid van het elektrisch bedwelmen en doden van de gekozen vissoorten te toetsen. Het is nodig dat de praktijktesten aan wetenschappelijke standaarden voldoen en daarom is rapportage van de verkregen resultaten essentieel.

Handhaafbaarheid. Het is essentieel dat een consument erop kan vertrouwen dat het juist is dat door middel van een consumentenlabel voor een visproduct kenbaar is gemaakt dat de vissoort(en) aan boord eerst is (zijn) bedwelmd en pas daarna gedood. Daarom is het nodig om ervoor te zorgen dat de keten van het schip tot de consument kan worden geborgd, zodat bv. een consumentenlabel betrouwbaar is. Ook zullen onafhankelijke auditors erop toe moeten zien dat wordt voldaan aan de criteria voor het elektrisch bedwelmen en doden van de vissoort(en).

---

## 9 Dankwoord

De auteurs willen het ministerie van LNV, SINTEF Ocean en Fish Management Systems bedanken voor de discussies tijdens de uitvoering van het project. Ook gaat onze dank uit naar de begeleidingscommissie en het personeel van de proefdierfaciliteit van WUR.

---

# 10 Literatuur

- Anoniem (2021<sup>a</sup>): Vissenwelzijn aan boord. <https://vissenwelzijn.aanboord.nl/vistikhetmaat/>. Website bezocht in januari 2022.
- Anoniem (2021<sup>b</sup>): <https://www.dyrenesbeskyttelse.dk/artikler/fishermen-scientists-and-animal-protection-denmark-make-first-study-animal-welfare-fishing>. Website bezocht in december 2021.
- Anoniem (2022<sup>a</sup>): Longline fishing gear - Electrostunning machine by electroshock (tunastunningmachine.com). Website bezocht in januari 2022.
- Anoniem (2022<sup>b</sup>): <http://humaneharvest.com/>. Website bezocht in januari 2022
- Anders, N., Roth, B., Grimsbø, E. and Breen, M. (2019): Assessing the effectiveness of an electrical stunning and chilling protocol for the slaughter of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). PLoS One 14(9):e0222122. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222122>.
- Bergman, M.J.N. (1989): Ecologisch profiel vissen: referentie toestand, huidige toestand, ecologie, ingreep – effectkennis. Ecologische profielen: een beschrijving van de populaties van haring, schol, kabeljauw, grondel, steur, rog en zeekreeft in de Noordzee en Nederlandse estuaria in de periode 1900 - 1985. NIOZ / RWS, Den Burg (Nederland).
- Breen, M., Anders, N., Homborstad, O.-B., Nilsson, J., Tenningen, M. and Vold, A. (2020): Catch welfare in commercial fisheries. In *The Welfare of Fish* (eds. T. Kristiansen, A. Fernö, M. Pavlidis and H. van de Vis). Springer, Heidelberg, Germany, pp 439-462.
- Brijs, J., Sundell, E., Hjelmstedt, P., Berg, L., Sencic, I., Sandblom, E., Axelsson, M., Lines, J., Ellis, M., Saxer, A. and Gräns, A. (2021): Humane slaughter of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*): Effects of various stunning methods on brain function. *Aquaculture*. 531, 735887. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735887>
- Chatigny, F., Creighton, C.M. and Stevens, E.D. (2018): Updated Review of Fish Analgesia. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 57, 5-12.
- ComRes (2018): Headline findings – Ned, Eurogroup for Animals/ Compassion in World Farming – Fish Welfare survey. p. 19. <https://www.comresglobal.com/polls/eurogroup-for-animals-ciwf-fish-welfare-survey/>
- Council Regulation (EC) No 1099/2009 (2009): On the protection of animals at the time of killing. Official Journal of the European Communities L 303, 1–30.
- Daskalova, A.H., Bracke, M.B.M., Van de Vis, J.W., Roth, B., Reimert, H.G.M., Burggraaf, D. and Lambooi, E. (2016): Effectiveness of tail-first dry electrical stunning, followed by immersion in ice water as a slaughter (killing) procedure for turbot (*Scophthalmus maximus*) and common sole (*Solea solea*). *Aquaculture*, 455, 22-31.
- Digre, H., Erikson, U., Misimi, E., Lambooi, B. and Van de Vis, H. (2010): Electrical stunning of farmed Atlantic cod *Gadus morhua* L.: a comparison of an industrial and experimental method. *Aquaculture Research*, 41, 1190-1202.
- EFSA, (2004): Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to the welfare of animals during transport. Question N° EFSA-Q-2003-094. *The EFSA Journal*, 44, 181 pp.
- EFSA (2008): Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on Animal welfare aspects of husbandry systems for farmed Atlantic salmon. *The EFSA Journal* 736, 1-31.
- EFSA (2009): Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission on welfare aspect of the main systems of stunning and killing of farmed turbot. *The EFSA Journal* 1073, 1-34.
- EFSA (2018): Guidance on the assessment criteria for applications for new or modified stunning methods regarding animal protection at the time of killing. *The EFSA Journal* 16(7):5343, 35 pp.
- Grimsbø, E., Nortvedt, R., Hjertaker, B.T., Hammer, E. and Roth, B. (2016): Optimal AC frequency range for electro-stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 451, 283–288. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.08.030>.
- Jennings, S., Stentiford, G.D., Leocadio, A.M., Jeffery, K.R., Metcalfe, J.D., Katsiadaki, I., Auchterlonie, N.A., Mangi, S.C., Pinnegar, J.K., Ellis, T., Peeler, E.J., Luisetti, T., Baker-Austin, C.,



- Brown, M., Catchpole, T.L., Clyne, F.J., Dye, S.R., Edmonds, N.J., Hyder, K., Lee, J., Lees, D.N., Morgan, O.C., O'Brien, C.M., Oidtmann, B., Posen, P.E., Santos, A.R., Taylor, N.G.H., Turner, A.D., Townhill, B.L., Verner-Jeffreys, D.W. (2016): Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. *Fish Fish.* 17 (4), 893–938.
- Johnson, N.L. and Kotz, S. (1969): Distributions in Statistics: Discrete distributions. John Wiley, New York, USA, section 7.2, p 59.
- Kals, J. and Van de Vis, J.W. (2000). Comparison of binary-ice (flo-ice™) and flake ice for chilling and storage of yellow gurnard (*Trigla lucerna*) on a Dutch commercial Trawler. In: *Proceedings of 29th WEFTA Meeting* (ed. S.A. Georgakis), 10-14 October 1999, Leptocarya-Pieria, Greece, pp. 402-410.
- Kristiansen, T.S., Fernö, A. Pavlidis, M. and Van de Vis, H. (editors) (2020): The Welfare of Fish. Springer, Heidelberg, Germany, 515 p.
- Lambooi, B., Digre, H., Erikson, U., Reimert, H., Burggraaf, D. and Van de Vis, H. (2013): Evaluation of electrical stunning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Psetta maxima*) in seawater. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22, 371-379.
- Lambooi, E., Grimsbø, E., Van de Vis, J.W., Reimert, H.G.M., Nortvedt, R. and Roth B. (2010): Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, 300, 107-112.
- Lambooi, E., van de Vis, J.W., Kloosterboer, R.J., and Pieterse, C. (2002<sup>a</sup>). Evaluation of head-only and head-to-tail electrical stunning of farmed eels (*Anguilla anguilla*, L.) for the development of a humane slaughter method. *Aquaculture Research*. 33, 323-331
- Lambooi, E., Van de Vis, J.W., Kuhlmann, H., Münkner, W., Oehlenschläger, J., Kloosterboer, R.J., Pieterse, C. (2002<sup>b</sup>): A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla* L.): electrical stunning in fresh water prior to gutting. *Aquac. Res.* 33, 643–652.
- Llonch, P., Lambooi, E., Reimert, H.G.M. and Van de Vis, J.W. (2012): Assessing effectiveness of electrical stunning and chilling in ice water of farmed yellowtail kingfish, common sole and pike-perch. *Aquaculture* 364–365, 143–149.
- Manuel, R, Gorissen M., Piza Roca C., Zethof, J., Van de Vis, H., Flik, G. and Van den Bos, R. (2014): Inhibitory avoidance learning in zebrafish (*Danio rerio*): effects of shock intensity and unraveling differences in task performance. *Zebrafish*, 11, 341-352.
- May, B., Leadbitter, D., Sutton, M. and Weber, M. (2003): The Marine Stewardship Council: background, rationale and challenges. In: *Eco-labelling in fisheries: what is it all about?* (eds. B. Phillips, T. Ward and C. Chaffee), Blackwell Oxford, UK, p. 14–33.
- Oude Voshaar, J.H. (1995): Statistiek voor onderzoekers. Tweede druk, Wageningen Press, Wageningen Nederland, 253 pp.
- Piñeiroa, C., Barros-Velázquez, J. and Aubourg, S.P. (2004): Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: a comparative review versus flake-ice chilling methods. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 575–582.
- Raad Voor Dierenangelegenheden (2018): Welzijn van vissen. Den Haag RDA, Nederland. 2018.038, 55 pp.
- Ross, L.G. and Ross, B. (2008): Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 217 pp.
- RSPCA (2021): RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. 100 pp.  
<https://science.rspca.org.uk/documents/1494935/9042554/RSPCA+welfare+standards+for+farmed+Atlantic+salmon+%28PDF%29.pdf/60ae55ee-7e92-78f9-ab71-ffb08c846caa?t=1618493958793>.
- Schrijver, R., Van de Vis, H., Bergevoet, R., Stokkers, R., Dewar, D., Van de Braak, K., and Witkamp, S.: (2017): Welfare of farmed fish: common practices during transport and at slaughter. Final report written for the European Commission Directorate Health and Food Safety (SANTE), reference SANTE/ 2016/G2/009, Contract SANTE/2016/G2/SI2.736160, 186 p.  
<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/59cfd558-cda5-11e7-5d5-01aa75ed71a1/language-en>. ISBN: 978-92-79-75336-7.
- Smith, D., Anderson, D., Degryse, A.-D., Bol, C., Criado, A., Ferrara, A., Franco, N.H., Gyertyan, I., Orellana, J.M., Ostergaard, G., Varga, O. and Voipoi, H.-M. (2018): Classification and reporting of severity experienced by animals used in scientific procedures. FELASA/ECLAM/ESLAV Working Group report. *Laboratory Animals*, 52 (1\_suppl), 5–57. doi: 10.1177/0023677217744587.

- 
- STECF (2014): Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) – Revision of DCF (STECF-14-02). 2014. Publications Office of the European Union, Luxembourg, EUR 26573 EN, JRC89196, 103 pp.
- Van Helmond, A.T.M. en Steins, N.A. (2016): Vangstsamenstelling per tuicategorie; Herziening contingentienstelsel in de Nederlandse visserij in het kader van de aanlandplicht. Wageningen Marine Research rapport C017/16. 62 pp.
- Van Marlen, B., Molenaar, P. Van der Reijden, K.J., Goudswaard, P.C., Bol, R.A. Glorius, S.T., Theunynck, R. en Uhlmann, S.S. (2016): Overleving van discard platvis; Vaststellen en verhogen. IMARES rapport C180/15. 116 pp.
- Van de Vis, H. (2016): Wild fish welfare- catching and slaughter. Oral presentation at *Fish Welfare Conference- Science, Welfare Issues and Raising the Profile*. Compassion in World Farming, 21 September, Godalming, UK.
- Van de Vis, H., Bracke, M., Reimert, H., Burggraaf, D., Blanco, A. en Gerritzen, M. (2015): Bedwelmen en doden van gevangen vissen. IMARES Rapport C017/15, 15 pp.
- Van de Vis, H., Bracke, M., Reimert, H., Burggraaf, D., Blanco, A. en Gerritzen, M. (2016): Bedwelmen en doden van gevangen vissen: schol. IMARES Rapport C007/16, 20 pp.
- Van de Vis, J.W., Burggraaf, D., Abbink, W., Pol-Hofstad, I., Reimert, H. en Lambooy, E. (2013<sup>a</sup>). Beproeven apparaat bedwelmen van meerval voor de praktijk. IMARES, (Rapport / IMARES C097/13), 17 pp.
- Van de Vis, J.W., Burggraaf, D., Reimert, H. en Lambooy, E. (2013<sup>b</sup>) Operationaliseren van elektrisch bedwelmen van Europese kweekpaling. IMARES, (Rapport C089/13), 23 pp.
- Van de Vis, J.W., Kolarevic, J., Stien, L.H., Kristiansen, T.S., Gerritzen, M., Van de Braak, K., Abbink, W., Sæther, B.-S. and Noble, C. (2020): Welfare of farmed fish in different production systems and operations. In *The Welfare of Fish* (eds. T.S. Kristiansen, A. Fernö, M. Pavlidis and H. van de Vis). Springer, Heidelberg, Germany, pp 323-362.
- Van de Vis, H. and Lambooy, B. (2016): Fish stunning and killing. In: *Animal Welfare at Slaughter* (eds. A. Velarde A and M. Raj). 5M Publishing, Sheffield, pp 152–176.
- Verain, M.C.D., Sijsteman, S.J. and Antonides, G. (2016): Consumer segmentation based on food-category attribute importance: The relation with healthiness and sustainability perceptions. *Food Quality and Preference* 48, 99–106.

---

# 11 Bijlage 1 Verklarende woordenlijst

## Bedwelmen

Bedwelmen houdt in dat de bewusteloosheid wordt geïnduceerd zonder vermijdbaar ongerief en aanhoudt totdat de vis dood is.

## Demersaal

De kabeljauw, schol, schar en tong zijn demersale vissoorten. Deze vissoorten zijn voor hun voortbestaan afhankelijk van de nabijheid van de zeebodem.

## Dorsaal

Aan de rugzijde

## Elektrocutie

bedwelmen en doden met behulp van elektriciteit

## Elektro-encefalogram (eeg)

Met een eeg wordt de elektrische activiteit van de hersenen geregistreerd. Zo wordt informatie verkregen over het functioneren van de hersenen.

## Elektrocardiogram (ecg)

Met een elektrocardiogram wordt de elektrische activiteit van het hart geregistreerd. Hiermee wordt informatie verkregen over het functioneren van het hart.

## Hopper

Afsluitbare ruimte aan boord van een visserijsschip waarin de gevangen vissen worden opgeslagen.

## Ongerief

Ongerief is een rechtsgeldige term voor elke aantasting van het welzijn, zoals pijn, honger, stress, verveling of eenzaamheid van dieren

## Rms

Rms staat voor root mean square. De rms is de effectieve waarde van een spanning of een stroom. Wanneer bv. de wisselstroom en gelijkstroom dezelfde rms waarde hebben, dan leveren de wisselstroom en gelijkstroom hetzelfde vermogen. Bij een gelijke rms waarde van de wisselspanning en gelijkspanning leveren deze spanningen hetzelfde vermogen.

## Sinus van 100 Hz

De golfvorm van de wisselstroom, die in het onderzoek is gebruikt, heeft de vorm van een sinus met een frequentie van 100 Hz. Een frequentie van 100 Hz wil zeggen dat deze golfvorm zich 100 maal herhaalt per seconde.

## Spanning of elektrische spanning

Wanneer er sprake is van een overschot aan elektronen (dit zijn elektrisch geladen deeltjes) aan de ene (bedwelgings)elektrode en een tekort bij de andere (bedwelgings)elektrode dan is er sprake van een spanning. Het gevolg hiervan is dat er stroom gaat lopen wanneer er tussen beide elektroden een geleidende verbinding wordt gemaakt.

## Stroom of elektrische stroom

Een elektrische stroom is de beweging van elektrisch geladen deeltjes.

---

#### Stroomdichtheid

De stroomdichtheid wordt berekend door de totale elektrische stroom, die door het zeewater wordt gevoerd, te delen door de oppervlakte van een van de bedwelmingselektroden. De gebruikte eenheid voor de oppervlakte in dit rapport is  $\text{dm}^2$  (vierkante decimeter).

Wanneer een vis na ontwateren wordt bedwelmd, gebruiken we alleen de hoogte van de elektrische stroom.

#### Subcutaan

Onder de huid.

#### Veldsterkte

De veldsterkte wordt berekend door de elektrisch spanning te delen door de afstand tussen de bedwelmingselektroden in het zeewater. De gebruikte eenheid voor de afstand is cm (centimeter).

In het geval van elektrische bedwelmen na ontwateren, gebruiken we alleen de spanning.

#### Ventraal

Aan de buikzijde

---

## 12 Bijlage 2 Kennisverspreiding

### 2017

Het project BO-43-023.02-001 is op hoofdlijnen besproken tijdens een workshop *DLG-Lebensmitteltag Fisch & Seafood 2017* op 15 November 2017 in Frankfurt am Main, Duitsland.

### 2018

Van de Vis, H. (2018): Welzijn van vissen-hoe meet je dat? Presentie gehouden bij de Visfederatie, 22 maart 2018, Rotterdam, Nederland.

Van de Vis, H., Reimert, H. and Gerritzen, M. (2018): Animal welfare at slaughter- stunning of fish: how to put it into practice. Oral presentation at the 2nd Edition of Salmon@baader on 27 September 2018 at BAADER's Technology Center at the Headquarters in Lübeck, Germany.

### 2019

Van de Vis., H. (2019): Capture and processing of fish. Lecture given within the framework of the Erasmus Mundus Program: *Marine Environment and Resources Plus Master Course* at the Research Centre for Experimental Marine Biology and Biotechnology, 7 March 2019, Plentzia, Basque Country, Spain.

### 2020

Van de Vis., H. (2020): Fish welfare – farmed and wild. Lecture given within the framework of the Erasmus Mundus Program: *Marine Environment and Resources Plus Master Course* at the Research Centre for Experimental Marine Biology and Biotechnology, 4 March 2020, Plentzia, Basque Country, Spain.

Van de Vis., H., Reimert, H, Gerritzen, Bokma, M. and Boonstra, M. (2020): Wild fish - capture, retrieval, storage and slaughter. Oral presentation at the Aquatic Animal Welfare Conference 2020, 4 November, online conference.  
<https://sites.google.com/thehumaneleague.org/fishconference2020/agenda>.

### 2021

Van de Vis., H., Reimert, H, Gerritzen, Bokma, M. and Boonstra, M. (2021): Wild fish - capture, retrieval, storage and slaughter. Lecture given within the framework of the Erasmus Mundus Program: *Marine Environment and Resources Plus Master Course* at the Research Centre for Experimental Marine Biology and Biotechnology, 4 March 2021, Plentzia, Basque Country, Spain.

In samenwerking met Stichting ProSea is het onderwerp welzijn van gevangen vissen op het platform Vistikhetmaar vormgegeven en geactualiseerd (zie <https://vistikhetmaar.nl/dossiers/vissenwelzijn-aan-boord/>).

Het platform Vistikhetmaar (<https://vistikhetmaar.nl/>) is een geschikt medium om vissers en studenten die een opleiding op een visserijschool volgen te informeren in zowel Nederland als België. Dit platform is eigendom van de Sectorraad Visserij.

Een bijdrage is geleverd aan de uitzending "Vissenleed in het vizier" van Editie NL op 26 oktober 2021.

To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen Livestock Research  
Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

