

# Operationaliseren van elektrisch bedwelmen van Europese kweekpaling

J.W. van de Vis<sup>1</sup>, D. Burggraaf<sup>1</sup>, H. Reimert<sup>2</sup> en E. Lambooij<sup>2</sup>



<sup>1</sup> IMARES Wageningen UR

<sup>2</sup> Livestock Research Wageningen UR

# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgever:

Mw. drs. G. Mahabir  
Ministerie van Economische Zaken  
Bezuidenhoutseweg 30  
2594 AV Den Haag

BAS code: BO-07-011-029

Publicatiedatum:

~ datum ~

**IMARES is:**

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2013 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.  
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U  
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V13

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding .....	5
2. Kennisvraag.....	6
3. Methoden .....	6
3.1 Ontwikkeling technische criteria.....	7
3.1.1 Onmiddellijk opwekken van bewusteloosheid en gevoelloosheid.....	7
3.1.2 Doden van bedwelmde paling .....	7
3.1.3 Reinigen.....	7
3.1.4 Productkwaliteit en veiligheid .....	8
3.2 Meten van spanning, stroom en golfvorm.....	8
3.3 Statistiek .....	8
4. Resultaten .....	9
4.1 Elektrisch bedwelmen en vervolgens doden .....	9
4.2 Onmiddellijk opwekken van bewusteloosheid en gevoelloosheid .....	10
4.3 Doden van elektrisch bedwelmde paling.....	13
4.4 Reinigen 13	
4.5 Productkwaliteit en veiligheid .....	14
5. Discussie .....	14
5.1 Onmiddellijk opwekken van de bewusteloosheid en gevoelloosheid .....	14
5.2 Doden van bewusteloze paling.....	20
5.4 Reiniging... ..	20
5.4 Productkwaliteit en veiligheid .....	20
6. Conclusies .....	21
7. Dankwoord .....	21
8. Kwaliteitsborging .....	21
9. Referenties .....	22
10. Verantwoording .....	23

## Samenvatting

Het onderzoek was gericht op het operationaliseren van elektrisch bedwelmen van Europese paling (*Anguilla anguilla*) bij een grote en een kleine rokerij. Hiervoor hebben we twee benaderingen onderzocht: elektrisch bedwelmen na ontwateren en in het water. Na afloop van de blootstelling aan de elektriciteit dienden de palingen in bewusteloze en gevoelloze staat te worden gedood. We hebben welzijnsriteria ontwikkeld waaraan het elektrisch bedwelmen van de palingen na ontwateren, in het water en het doden van de dieren na afloop van het bedwelmen dienen te voldoen. Daarom hebben we technische criteria voor de apparatuur opgesteld. Het onderzoek liet zien dat de apparaten aan de volgende technische criteria voldoen:

- Voor het onmiddellijk opwekken van de bewusteloosheid en gevoelloosheid tijdens het bedwelmen na ontwateren dient door iedere individuele paling gedurende 1 s tenminste  $1,3 \pm 0,5 A_{rms}$  te worden gevoerd. Het apparaat voerde  $1,4 \pm 0,6 A_{rms}$  door iedere paling bij een spanning van  $129 V_{rms}$  ( $p < 0,05$  en power  $0,77$ ). In het water dient de stroomdichtheid op zijn minst  $0,64 A_{rms}/dm^2$  (50 Hz ac sinusvormig) te bedragen bij een geleidbaarheid van het water van  $\geq 500 \mu S/cm$ . We maten bij een geleidbaarheid van het water van  $600 \mu S/cm$  een stroomdichtheid  $0,68 A_{rms}/dm^2$  (veldsterkte van  $11,3 V_{rms}/cm$ ) ( $p < 0,05$  en power  $1$ ).
- Bij bedwelmen na ontwateren dient de verhouding tussen de wisselspanning (100 Hz ac sinusvormig) en de gelijkspanning tenminste  $0,09$  te zijn
- De bewusteloze en gevoelloze palingen kunnen worden gedood zonder dat ze weer bijkomen door de dieren tenminste 20 s aan de elektriciteit bloot te stellen en vervolgens binnen 60 s een dodingshandeling uit te voeren.
- Tijdens het bedwelmen na ontwateren mag de stroom per individuele vis na 1 seconde worden verlaagd tot  $0,66 A_{rms}$ . De verhouding tussen de wisselspanning (100 Hz ac sinusvormig) en de gelijkspanning was tenminste  $0,09$ . Tijdens bedwelmen in het water mag na 1 s de stroomdichtheid worden verlaagd tot  $0,15 A_{rms}/dm^2$  (50 Hz ac sinusvormig) bij een geleidbaarheid van het water van op zijn minst  $500 \mu S/cm$ .
- Voor het doden van de bedwelnde palingen zijn twee methoden beschikbaar, nl. het gebruik van een warme zoutoplossing en een mengsel van ijswater en zout. De dieren kunnen in een bewusteloze en gevoelloze staat worden gedood onder de voorwaarde dat één van beide methoden wordt toegepast zoals hieronder beschreven. Zodra de bedwelnde palingen uit het bedwelmsapparaat kwamen moeten ze binnen 60 s in een mengsel van ijswater en zout ( $0,8$  kg NaCl op  $10$  l ijswater) worden geplaatst, waar de bedwelnde palingen minimaal 15 minuten bij een temperatuur van max.  $1$  °C in verblijven. Hierna moet de vis onmiddellijk verder worden verwerkt en de koudeketen mag niet worden onderbroken. Bij de tweede dodingsmethode moet de paling binnen 60 s na afloop van het elektrisch bedwelmen gedurende minimaal 15 minuten bloot te worden gesteld aan warm water 4-5% w/w  $Ca(OH)_2$  (calciumhydroxide of gebluste kalk) of een ander zout (NaCl,  $Na_2CO_3$  of een combinatie van beide) in een tumbler (10 rpm). De verhouding tussen de oplossing van gebluste kalk en de vissen is tenminste 1:33 w/w. Bij gebruik van een ander zout is de verhouding zout : paling 1:10 w/w en na toevoegen van water bedraagt de concentratie uiteindelijk 10% zout w/w. De temperatuur van de zoutoplossingen is bij aanvang van het ontslijmen  $50$  °C. Na ontslijmen moet de paling onmiddellijk verder worden verwerkt. Als de hoge temperatuur leidt tot problemen met de productkwaliteit, bevelen we het gebruik van het mengsel van ijswater en zout aan om de bedwelnde palingen te doden.
- Als gevolg van het elektrisch bedwelmen trad geen schade aan of in de bedwelnde paling op.
- De apparaten voor elektrisch bedwelmen na ontwateren en in het water zijn goed te reinigen.

## 1. Inleiding

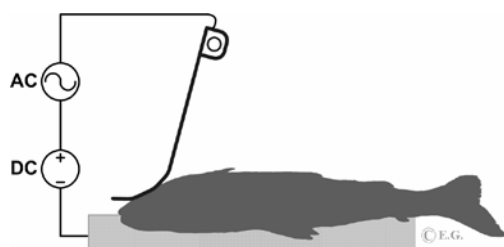
Het welzijn van vissen is door maatschappelijke organisaties in Nederland, maar ook in andere Europese landen, de afgelopen jaren voortdurend onder de aandacht gebracht bij de overheid en het bedrijfsleven. Dit heeft er aan bijgedragen dat de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven het doden van de kweekvissen zonder voorafgaande bedwelming niet meer acceptabel vinden (Van de Vis et al., 2008).

Gezien deze ontwikkeling is het nodig dat gehouden vissen, voordat ze worden gedood, bewusteloos en gevoelloos worden gemaakt door ze te bedwelmen. Hierdoor worden ongewenste effecten op het welzijn voorkomen bij het slachten (= doden door verbloeden) of het doden. Uiteraard moeten de dieren bewusteloos en gevoelloos blijven tot ze dood zijn.

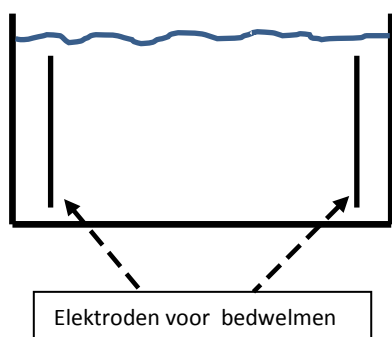
Bedwelmen is het uitvoeren van een handeling waardoor het dier bewusteloos en gevoelloos wordt, waarbij er geen sprake is van vermijdbare stress, pijn of angst. Bij een bedwelmd dier kunnen het hart en andere organen nog functioneren, maar het is niet mogelijk voor een dier om signalen uit het lichaam en de omgeving waar te nemen. Het vaststellen van bewusteloosheid en gevoelloosheid bij vissen kan alleen plaatsvinden door het registreren van de elektrische activiteit in de hersenen, het elektro-encefalogram (EEG). Het is niet mogelijk om de bewusteloosheid en gevoelloosheid met voldoende zekerheid vast te stellen op basis van gedragsobservaties zonder dat deze zijn bevestigd door registraties van het EEG.

In de Nederlandse aquacultuur is Europese paling (*Anguilla anguilla*, L.) één van de belangrijkste soorten. De traditionele methode om de dieren te ontslijmen en te doden, het zoutbad, heeft geen onmiddellijke bedwelming tot gevolg (Van de Vis et al., 2001), waardoor er schade aan het welzijn van de paling ontstaat (voor een overzicht van welzijn van vissen zie Van de Vis et al., 2012).

Eerdere studies hebben laten zien dat gebruik van elektriciteit een potentieel goede aanpak is om gekweekte palingen te bedwelmen voorafgaand aan het doden. Voor het elektrisch bedwelmen zijn twee



Figuur 1: Principe van elektrisch bedwelmen van een vis na ontwateren



Figuur 2: Principe van elektrisch bedwelmen van een vis in water

benaderingen beschikbaar: na ontwateren en in het water. Voor beide methoden is het essentieel dat er voldoende stroom door het individuele vis wordt gevoerd om onmiddellijk de bewusteloosheid op te

wekken (beschreven in review van Van de Vis et al, 2003). Bij elektrisch bedwelmen na ontwateren wordt de vis in contact gebracht met een of meer positieve elektrode(n), de "lepels", en een negatieve elektrode waar de vissen op liggen (figuur 1).

Het blijkt niet mogelijk te zijn om de palingen ook daadwerkelijk te doden met elektriciteit en daarom is moet het elektrisch bedwelmen gevolgd worden door het toepassen van een dodingsmethode, waarbij vermeden moet worden dat de dieren na het bedwelmen en tijdens het doden bijkomen (Lambooij et al, 2002). Gebleken is dat het plaatsen van de elektrisch bedwelnde paling in een warme waterige oplossing van zout of een mengsel van ijswater en zout leidt tot de dood van de dieren zonder dat ze tijdens het toepassen van deze dodingsmethoden weer bijkomen (Lambooij en Van de Vis, 2013 in voorbereiding).

Voor wat betreft elektrisch bedwelmen na ontwateren hebben we aangetoond dat na ontwateren een kop-lichaam blootstelling aan 157  $V_{rms}$  gedurende 1 seconde leidt tot voldoende stroom door een individuele paling ( $1,3 \pm 0,5 A_{rms}$ ) om onmiddellijk de bewusteloosheid en gevoelloosheid op te wekken (Lambooij en Van de Vis, 2013 in voorbereiding). Voor het onmiddellijk bedwelmen van Europese paling in leidingwater met een geleidbaarheid van 500  $\mu S/cm$  is aangetoond dat een stroomdichtheid van 0.64  $A_{rms}/dm^2$  nodig is. Hiervoor is een veldsterkte van 12,5  $V_{rms}/cm$  nodig (50 Hz ac sinusvormig) (Lambooij et al., 2002). De veldsterkte is de verhouding tussen de aangelegde spanning als drijvende kracht voor de stroom door de tank met water en de afstand tussen de elektroden.

Het elektrisch bedwelmen van Europese paling is thans nog niet praktijkrijp. Er ontbreekt kennis voor het ontwerpen en bouwen van apparatuur voor het elektrisch bedwelmen van deze dieren in de praktijk.

## 2. Kennisvraag

Het doel van dit project was het operationaliseren van elektrisch bedwelmen van Europese paling en het doden van de bedwelnde dieren. Hiervoor diende een eerste ontwerp van een bedwelmingssapparaat te worden gemaakt, getest en na aanpassingen geschikt gemaakt te worden om te kunnen gebruiken in de praktijk. Omdat dit onderzoek zich richtte op elektrisch bedwelmen na ontwateren en in het water, zijn er twee apparaten getest.

Om deze doelstelling te realiseren hebben de auteurs nauw samengewerkt met de palingrokerij Gebr. Klooster B.V., de kwekerij en rokerij Rijpelaal B.V. en de Noorse fabrikant van apparatuur voor het elektrisch bedwelmen van vissen na ontwateren, SeaSide. Voor het elektrisch bedwelmen van palingen in water is samengewerkt met AER Industriële Automatisering uit Lieshout voor het ontwerp en de bouw van de stroombron en met Van Boxtel Kunststof bv uit Uden voor het ontwerp en de bouw van de bedwelmingstank.

Het welzijns criterium voor elektrisch bedwelmen is dat de bewusteloosheid en gevoelloosheid onmiddellijk moeten worden opgewekt zonder dat de paling weer bijkomt (EFSA, 2004). We hebben daarom technische criteria opgesteld om tijdens de testen vast te kunnen stellen of met beide apparaten de palingen onmiddellijk kunnen worden bedwelmd en na de blootstelling aan de stroom in bedwelnde staat gedood.

## 3. Methoden

De aangepaste versies van beide bedwelmingssapparaten werd getest Europese kweekpaling (*Anguilla anguilla*, L.) met een slachtmaat die varieerde tussen 150 en 200 gram.

### 3.1 Ontwikkeling technische criteria

In het onderzoek hebben we criteria nodig voor het toetsen van het elektrisch bedwelmen (in het water en na ontwateren) en het doden van de paling in een bewusteloze en gevoelloze staat onder praktijkomstandigheden. Ook de productkwaliteit en of de apparatuur te reinigen is, waren aspecten waaraan we aandacht schonken.

Gebr. Klooster B.V. en Rijpelaal B.V. bepaalden aan welke proceseisen het bedwelmen en doden (b.v. het aantal dieren/uur) bij hen moest voldoen en daarom is aan dit aspect in het rapport geen aandacht geschonken.

#### *3.1.1 Onmiddellijk opwekken van bewusteloosheid en gevoelloosheid*

Voor het vermijden van welzijnsproblemen is van belang dat vissen hun bewustzijn verliezen en gevoelloos worden zonder dat er sprake is van vermijdbaar ongerief en dat de dieren niet meer bij komen uit de bedwelming tot de dood intreedt. Dit uitgangspunt is ontleend aan de Europese wetgeving rond het slachten van warmbloedige dieren (Council Regulation (EC) No 1099/2009, 2009).

Welzijnsproblemen kunnen vermeden worden door de vissen binnen 1 seconde met elektriciteit te bedwelmen (EFSA-AHAW/04-027, 2004). Hierbij zijn de hoeveelheid stroom, de golfvorm, de spanning, de wijze van doseren om de dieren in het bedwelmingapparaat te plaatsen en de maatvoering van de het bedwelmingapparaat van belang.

#### *3.1.2 Doden van bedwelmde paling*

Om palingen in bewusteloze en gevoelloze staat te doden, is de duur van de blootstelling aan de stroom essentieel, omdat de duur van beide zodanig moet worden verlengd dat het mogelijk is om het dier te doden zonder dat het weer bijkomt (Lambooy en Van de Vis, 2013 in voorbereiding). Uitgangspunt voor het uitvoeren van een dodingsmethode is dat het tijdsinterval tussen het stoppen met elektrisch bedwelmen en het toepassen de methode niet langer mag duren dan 60 s. Het gebruik van een warme, waterige zoutoplossing of een mengsel van ijswater en zout blijken geschikte dodingsmethoden te zijn. De specificaties waaraan het doden moet voldoen (Lambooy en Van de Vis, 2013 in voorbereiding) werden gebruikt voor de op te stellen criteria voor de toetsing.

#### *3.1.3 Reinigen*

Een adequate reiniging van de apparaten voor elektrisch bedwelmen na ontwateren en in het water is essentieel, omdat zo vermeden kan worden dat er stroomverlies in het bedwelmingapparaat optreedt. Een verontreiniging kan er b.v. toe leiden dat de weerstand tussen de elektroden wordt verhoogd, waardoor er minder stroom voor het bedwelmen beschikbaar is. Hierdoor is het mogelijk dat de bewusteloosheid en gevoelloosheid bij de vissen niet onmiddellijk intreden.

Ook met het oog op voedselveiligheidsaspecten is het van belang dat beide apparaten zodanig ontworpen zijn dat ze goed te reinigen zijn.

#### *3.1.4 Productkwaliteit en veiligheid*

##### *Productkwaliteit*

Tijdens elektrisch bedwelmen na ontwateren kunnen brandplekken op de huid ontstaan. Om dit te voorkomen werden de vissen tijdens de procedure besproeid met leidingwater. Na het bedwelmen werden de vissen door visuele inspectie op brandplekken op de huid gecontroleerd. Bij de praktijktesten bij Klooster werden de vissen door het bedrijf zelf beoordeeld. Bij palingen die met stroom in het water werden bedwelmd, trad deze schade niet op (Van de Vis et al., 2001).

##### *Veiligheid*

Voor wat betreft het bedwelmen van palingen in het water voerden we een literatuurstudie uit naar de veiligheid ervan, omdat in dit geval waterstofgas kan vrijkomen, dat met zuurstof in de lucht een explosief mengsel kan vormen.

### **3.2 Meten van spanning, stroom en golfvorm**

Voor het meten van spanning, stroom en de golfvorm van spanning, die werd afgegeven door de stroombron van het bedwelminsapparaat, werd gebruikt gemaakt van PicoScope 6 software ([www.picotech.com](http://www.picotech.com), Pico, Technology Cambridgeshire, UK), die was geïnstalleerd op een spatwaterdichte laptop van Panasonic (Secaucus, New Jersey, VS). De stroomtang, Fluke i30 S AC/DC current clamp en een spanningsprobe Pico TAO 43 set 1/100 werden aangesloten op een oscilloscoop, de Picoscope 4224. De gemeten spanning en stroom die beide op de A/D converter binnenkomen, worden door de Picoscoop 2000 software op het computerscherm weergegeven.

De metingen werden gevalideerd met behulp van een Lecroy oscilloscoop (Chestnut Ridge, New York, VS), die was voorzien van een CP030 probe voor de stroom en een ZS1000 probe voor de spanning. Bij de notatie van spanning (V) en stroom (A) gaven we als effectieve waarde het kwadratisch gemiddelde voor beide grootheden weer, aangeduid met het subscript rms (root mean square), omdat beide grootheden voor een deel bestaan uit een periodiek wisselend signaal. De rms waarden zijn effectieve waarden.

### **3.3 Statistiek**

Om voldoende stroom door iedere vis te voeren hebben we een grenswaarde voor de spanningen opgesteld; de spanning was nl. in de praktijk makkelijker te meten dan de hoeveelheid stroom per individuele vis. De spanningen die we tijdens de praktijktesten in het apparaat bij Gebr. Klooster B.V. en Rijpleaal B.V. werden geanalyseerd met behulp van een two-sample t-test om te bepalen of de waarden



al of niet boven de grenswaarden lagen. Voordat de data werden geanalyseerd, namen we van ieder waarde de vierkantswortel om een normale verdeling van de data te verkrijgen.

De significantie geeft de kans weer dat de het gevonden verschil niet toevallig is. De power is het vermogen om een verschil te vinden dat daadwerkelijk bestaat.

## 4. Resultaten

De technische criteria die waren opgesteld om de aangepaste versies van beide bedwelmingsapparaten te toetsen staan vermeld in tabel 1a, b en c. Voor beide benaderingen, bedwelmen na ontwateren en in het water, zijn verschillende specificaties nodig voor het onmiddellijk bedwelmen (spanning, stroom en configuratie van de elektroden) en daarom zijn ze apart beschreven. De resultaten van de toetsing van beide apparaten, na ombouwen van beide, is vermeld in deze tabellen.

### 4.1 Elektrisch bedwelmen en vervolgens doden

Voordat we ingaan op de criteria waaraan zowel het bedwelmen als het doden van de elektrisch bedwelmde paling dienen te voldoen, geven we eerst op hoofdlijnen een overzicht van de resultaten van elektrisch bedwelmen na ontwateren en in het water. Ook beschrijven we kort hoe een bedwelmde paling kan worden gedood zonder dat het dier weer bijkomt.

#### *Elektrisch bedwelmen na ontwateren*

Voor het bedwelmen van de palingen is door het Noorse bedrijf SeaSide voor Gebr. Klooster B.V. een eerste versie van een bedwelmingsapparaat ontworpen om de palingen na ontwateren te bedwelmen. Na aanpassingen van dit bedwelmingsapparaat is het geschikt gemaakt om continu batches van 5 kg vis te bedwelmen. Dit hield in dat zodra een batch van 5 kg was bedweld en de palingen door een lopende band uit het apparaat waren verwijderd en er een nieuwe batch van 5 kg in het apparaat kon worden geplaatst. Op het moment dat een nieuwe batch in het apparaat werd gebracht, stonden de eerste rijen lepels omhoog en stond er geen spanning over de elektroden. Hierdoor was het niet nodig dat de palingen tijdens de invoer in het apparaat met de kop vooruit gericht werden. Het aangepaste apparaat, dat bij Gebr. Klooster B.V. in gebruik is genomen, is weergegeven in figuur 3.

Na elektrisch bedwelmen vielen de palingen in een tank met ijswater en keukenzout om zo in bewusteloze en gevoelloze staat te worden gedood. Als alternatief kan de bedwelmde paling worden gedood in een warme zoutoplossing (zie tabel 1c voor details).

#### *Elektrisch bedwelmen in het water*

Voor het bedwelmen van hoeveelheden van 50-100 kg paling per dag zijn door de bedrijven Contact Elektrotechniek en Van Boxel Kunststof b.v. respectievelijk de stroombron en bedwelmingsstank gebouwd. De aangepaste apparatuur (zie figuur 4) is geschikt voor het elektrisch bedwelmen van een partij van ca. 10-15 kg paling in een tank met leidingwater. De aanpassingen hielden onder meer in dat er stroombron is gemaakt die een piekstroom en een onderhoudsstroom kan leveren.

De specificaties waaraan elektrisch bedwelmen van palingen in leidingwater dient te voldoen, zijn vastgesteld in Europees onderzoek (Lambooy et al., 2002), dat in 2001 was afgerond. De specificaties maken deel uit van de criteria, die zijn vermeld in tabel 1b. Het doden van de bedwelmde palingen kan worden uitgevoerd zoals kort beschreven is in de bovenstaande tekst over bedwelmen na ontwateren.

## 4.2 Onmiddellijk opwekken van bewusteloosheid en gevoelloosheid

### *Na ontwateren*

Voor het bedwelmen zijn de hoeveelheid stroom, de golfvorm ervan en de hoogte van de spanning, als drijvende kracht om de stroom door het individuele dier te voeren, van belang. Voor bedwelmen van de Europese paling na ontwateren en voor bedwelmen in het water zijn deze condities vastgesteld door respectievelijk Lamboij en Van de Vis (2013, in voorbereiding) en Lamboij et al. (2002).

Om een individuele paling onmiddellijk met stroom kop-lichaam te bedwelmen dient er gedurende 1 seconde gemiddeld  $1,3 \pm 0,5 A_{rms}$  door iedere vis gevoerd te worden bij een spanning van  $157 V_{rms}$  (zie tabel 1a). Hierbij was de verhouding tussen de wisselspanning (100 Hz ac sinusvormig) en de gelijkspanning tenminste 0,09. Onder deze condities werd een algemeen epileptiform insult opgewekt op het EEG, wat betekent dat de paling bewusteloos en gevoelloos is (Lamboij en Van de Vis, in voorbereiding 2013). Wanneer het gehele lichaam van de palingen zich tussen de elektroden bevindt kan de spanning lager zijn om nog steeds voldoende stroom door iedere individuele paling te voeren. In dit geval is een spanning van  $129 V_{rms}$  voldoende, want dan ging er gemiddeld  $1,4 \pm 0,6 A_{rms}$  door iedere individuele paling. Metingen aan het bedwelmingsapparaat bij Gebr. Klooster B.V lieten zien dat de gemeten waarden voor de spanning hoger waren dan de grenswaarde van  $129 V_{rms}$  ( $p < 0,05$  en power 0,77).

Uit laboratoriumexperimenten met de bedwelmingsinstallatie van IMARES bleek dat de maatvoering van de rijen elektroden essentieel is. Een optimaal contact wordt bereikt door in rijen positieve elektroden lepels te gebruiken van 1,5 cm breed, met een onderlinge afstand binnen een rij van 1,0 cm. De lopende band is de negatieve elektrode en heeft een lengte van 2,5 m en een breedte van 0,4 m (tabel 1a).

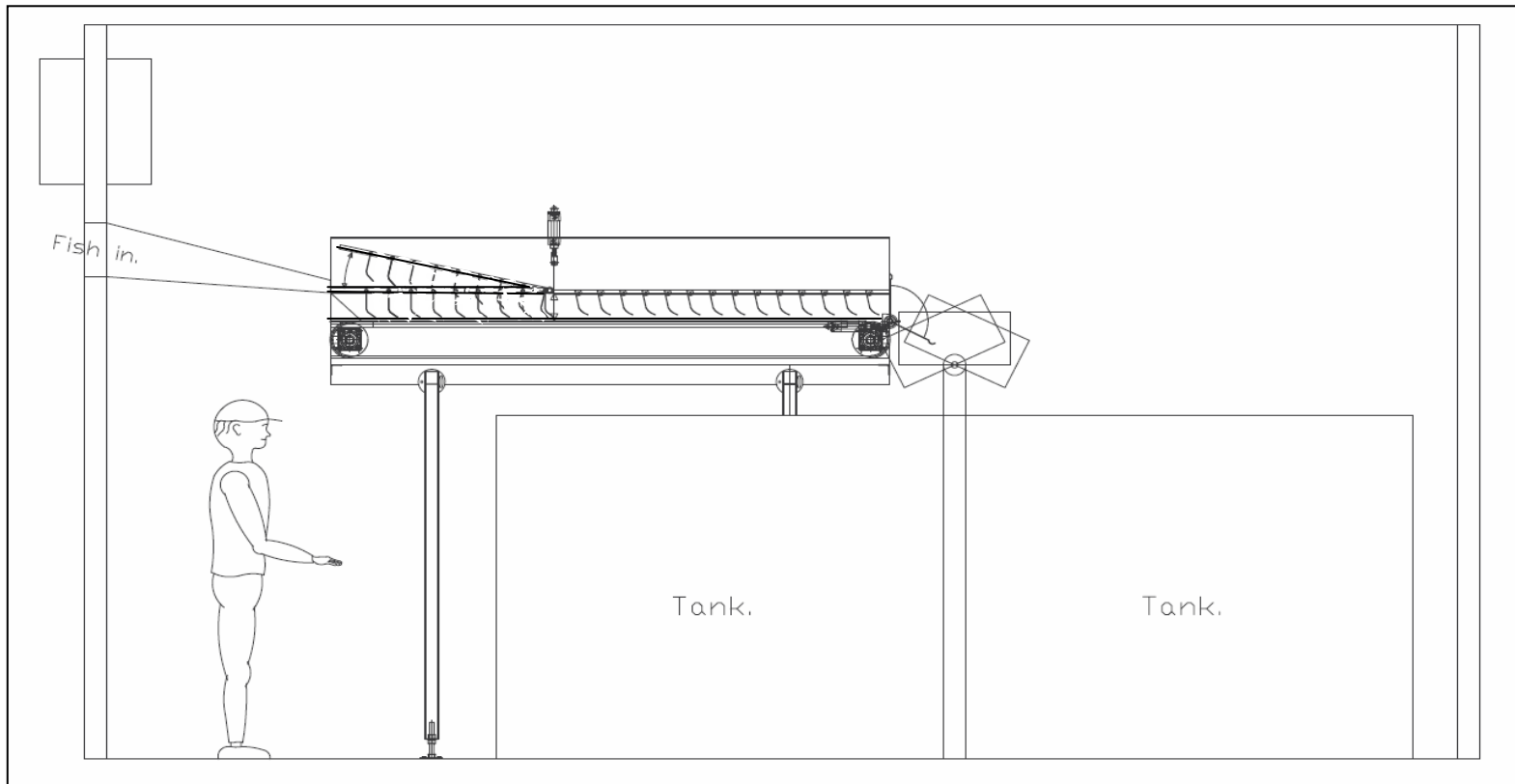
### *In het water*

Een algemeen epileptiform insult kan onmiddellijk worden opgewekt, wanneer de volgende condities voor elektrisch bedwelmen van palingen in water worden gebruikt: de stroomdichtheid is tenminste  $0,64 A/dm^2$  en hiervoor is een veldsterkte van  $12,5 V_{rms}/cm$  (50 Hz ac sinusvormig) in water met een geleidbaarheid van tenminste  $500 \mu S/cm$ . De stroomdichtheid is de verhouding tussen de totale hoeveelheid stroom en het oppervlak van een van de elektrodeplaten in de tank.

De resultaten lieten zien dat een grenswaarde voor de veldsterkte van  $11,3 V_{rms}/cm$  de stroomdichtheid in een tank gevuld met paling hoger is dan  $0,64 A_{rms}/dm^2$ . Metingen bij Rippelaal B.V. lieten zien dat de veldsterkten hoger waren dan de opgestelde grenswaarde ( $p < 0,05$  en power 1). De geleidbaarheid van het leidingwater bij Rippelaal B.V. bedroeg  $600 \mu S/cm$  en lag dus boven de norm van  $500 \mu S/cm$ .

Voor elektrisch bedwelmen in het water kan ook een andere golfvorm van de stroom (bipolar square wave) gebruikt worden en de specificaties hiervoor zijn vermeld in tabel 1b (Van de Vis, 2007). De stroombron bij Rippelaal B.V. genereert deze golfvorm niet.

Een vereiste voor het elektrisch bedwelmen van paling en andere vissen in het water is dat de elektrische veldsterkte en daarmee de stroomdichtheid in het water zonder vissen homogeen zijn; een variatie van maximaal 2% in de veldsterkte is toegestaan. Door het gebruik van elektrodeplaten in de tank is die variatie lager dan 2%.



Figuur 3: Tekening van bedwelmingsapparaat bij Gebr. Klooster



Figuur 4: Het bedwelmingsapparaat bij Rijpelaal B.V

### 4.3 Doden van elektrisch bedwelmde paling

Om te vermijden dat een bedwelmde paling bijkwam, is in een vorige studie (Lambooij en Van de Vis et al., 2013 in voorbereiding) bepaald dat de palingen 20 s aan de stroom blootgesteld moesten worden voordat een dodingshandeling kon worden toegepast en welke dodingshandelingen niet leidden tot het bijkomen van het bedwelmde dieren.

#### *Na ontwateren*

Voor het toepassen van een dodingsmethode op bedwelmde paling is een blootstelling van 1 seconde aan een piekspanning van  $129 V_{rms}$  (gemiddeld  $1,4 A \pm 0,6 A_{rms}$  per paling) vereist, gevolgd door een blootstelling van 19 seconden aan een onderhoudsspanning van tenminste  $61 V_{rms}$  (en zo gemiddeld  $0,66 A_{rms}$  stroom per paling). De verhouding tussen de wisselspanning (100 Hz ac sinusvormig) en de gelijkspanning was tenminste 0,09. Aan deze criteria werd voldaan.

#### *In het water*

Het doden van paling kan worden uitgevoerd door de eerder genoemde piekstroombichtheid van  $0,636 \pm 0,04 A_{rms}/dm^2$  gedurende ongeveer 1 s te laten volgen door een onderhoudsstroombichtheid van  $0,15 A_{rms}/dm^2$  (bij een veldsterkte van  $3,0 V_{rms}/cm$ , 50 Hz ac sinusvormig) gedurende 19 seconden en zo de bewusteloosheid te verlengen zodat een dodingsmethode kan worden toegepast. Bij gebruik van het apparaat werd aan deze criteria voldoen.

Het doden van de paling na elektrisch bedwelmen na ontwateren of in het water kan op twee manieren worden uitgevoerd. Nadere details zijn vermeld in tabel 1c. Tijdens het toepassen van een dodingsmethode bleek het tijdsinterval te zijn tussen verlaten van de vis uit beide apparaten en de uitvoering van een dodingsmethode kleiner te zijn dan 60 s.

### 4.4 Reinigen

Vuil kan er voor zorgen dat de hoeveelheid stroom voor het bedwelmen te laag wordt. Een adequate reiniging van de apparatuur is daarom van belang.

#### *Elektrisch bedwelmen na ontwateren*

Met name aan de volgende zaken moet aandacht worden geschonken in de praktijk:

- reiniging tussen de rijden van positieve elektroden en binnen iedere rij
- reiniging van de lopende band
- de draagconstructie van het bedwelmingsapparaat; hier kan zich slijm op hopen.

Het apparaat is zodanig geconstrueerd dat een adequate reiniging van bovengenoemde delen mogelijk is.

#### *Elektrisch bedwelmen in het water*

Vermeden moet worden dat er film van eiwit en lipiden op de elektrodeplaten voorkomt. Hiervoor is het noodzakelijk om de platen uit de bedwelmingsstank te halen om ze grondig te kunnen schoonmaken. Hieraan kan worden voldaan in de praktijk.

## 4.5 Productkwaliteit en veiligheid

### *Productkwaliteit*

Tijdens testen met het aangepaste apparaat bij Gebr. Klooster liet het bedrijf weten dat brandplekken niet meer voorkwamen en daarom zijn er geen metingen gedaan bij de testen in de praktijk.

### *Veiligheid*

De nieuwe Arbowet vereist onder meer het volgende: *De verantwoordelijkheid voor een werkplek die voldoet aan de wettelijke normen, ligt primair bij de werkgever* (Anoniem, 2007).

Het behoeft geen betoog dat een voltage van tenminste 129  $V_{rms}$  gevaarlijk kan zijn voor een gebruiker van het bedwelmingsapparaat. Een veilige grenswaarde voor mensen is een blootstelling aan ten hoogste 50  $V_{rms}$  in een droge omgeving en een blootstelling tot 25  $V_{rms}$  in een natte omgeving (Anonym, 2011). Bij het gebruik van een veldsterkte van 11,3  $V_{rms}/cm$  in water (tabel 1b) van tenminste 500  $\mu S/cm$  kan waterstofgas vrijkomen; vorming van gasbellen aan het oppervlak van elektroden is waargenomen (resultaten niet getoond). Een mengsel van waterstofgas en lucht is explosief, zodra het gehalte waterstofgas tenminste 4% v/v bedraagt. Als veilige grenswaarde is een gehalte van ten hoogste 0,4% v/v waterstofgas (dit komt overeen met 4000 ppm) in de lucht aanbevolen (pers. comm. Dhr. P. Glas, ECN). Van nature komt er 0,5 ppm waterstofgas in de lucht voor.

We willen benadrukken er in Nederland en daarbuiten ruime ervaring is met veilig werken in een omgeving waar waterstofgas kan vrijkomen. Bij het laden van vorkheftruck accu's kan waterstofgas vrijkomen en daarom is ventilatie vereist; bij Rijpelaal B.V. kan het bedwelmingsapparaat in dezelfde ruimte worden geplaatst als waar een installatie staat om vorkheftruckaccu op te laden.

Nadere informatie over een veilig gebruik van elektriciteit op de werkvloer kan worden verkregen bij het Instituut Fysieke Veiligheid ([www.infopuntveiligheid.nl](http://www.infopuntveiligheid.nl)), op de [www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl) en de NEN ([www.nen.nl](http://www.nen.nl)).

## 5. Discussie

### 5.1 Onmiddellijk opwekken van de bewusteloosheid en gevoelloosheid

#### *Na ontwateren*

De praktijktesten lieten zien dat er tenminste  $1,4 \pm 0,6 A_{rms}$  door een individuele paling wordt gevoerd en daarmee wordt de bewusteloosheid en gevoelloosheid onmiddellijk opgewekt ( $p < 0,05$  en power 0,77).

#### *In het water*

Bij palingen in het water kon de bewusteloosheid en gevoelloosheid onmiddellijk worden opgewekt als de stroomdichtheid gedurende 1 s tenminste  $0,64 A_{rms}/dm^2$  bedroeg. Eerder onderzoek heeft laten zien dat bij het vullen van het apparaat met de paling de overall geleidbaarheid verhoogd werd tot 950  $\mu S/cm$  (Van de Vis, 2007). Deze verhoging houdt in dat wanneer de gemeten veldsterkte hoger is dan de grenswaarde van 11,3  $V_{rms}$  de stroomdichtheid hoog genoeg is ( $> 0,68 A_{rms}/dm^2$ ) in water met een geleidbaarheid van tenminste 500  $\mu S/cm$ . Het bedwelmingsapparaat bij Rijpelaal B.V. voldeed aan hieraan ( $p < 0,05$  en power 1).

Tabel 1a: Elektrisch bedwelmen na ontwateren

Parameter	Criterium	Apparaat voldoet? (ja/nee)
<b>Onmiddellijk opwekken van bewusteloosheid en gevoelloosheid</b>		
spanning ( $V_{rms}$ )	<p>Onbelast (=apparaat is leeg) bedraagt de piekspanning over de elektroden tenminste <math>157 V_{rms}</math>. Bij de door SeaSide gehanteerde maatvoering van de elektroden en materiaalkeuze wordt met deze spanning voldoende stroom door een individuele paling gevoerd om het dier onmiddellijk te bedwelmen. Hierbij moet de kop van een paling zich altijd tussen een positieve en negatieve elektrode bevinden.</p> <p>Wanneer het bedwelmingapparaat vol in bedrijf is dan bedraagt de spanning tenminste <math>129 V_{rms}</math> om voldoende stroom door ieder individueel dier te voeren.</p>	<p>Ja, onbelast was de spanning gemiddeld (<math>160 V_{rms}</math> piekspanning en <math>61 V_{rms}</math> onderhoudspanning).</p> <p>Ja, als het apparaat in bedrijf was, dan was de spanning hoger dan <math>129 V_{rms}</math> (<math>p &lt; 0.05</math> en power <math>0,77</math>).</p>
stroom ( $A_{rms}$ )	Er gaat voldoende stroom ( $1,3 \pm 0,5 A_{rms}$ ) door een individuele paling als spanning tenminste $129 V_{rms}$ is en er zich niet meer dan 1 laag palingen tussen de elektroden bevindt. Als de paling zich in meerdere lagen op elkaar in het apparaat bevindt, dan wordt er onvoldoende stroom door ieder individueel dier gevoerd. De bewusteloosheid wordt dan niet onmiddellijk opgewekt.	<p>Ja, wanneer een individuele paling in zijn geheel tussen de elektroden zat, werd er <math>1,4 \pm 0,6 A_{rms}</math> door het dier gevoerd.</p> <p>Ja, er bevond zich 1 laag van palingen in het apparaat bij Gebr. Klooster B.V.</p>
Golfvorm spanning en stroom	Combinatie van gelijk- en wisselspanning. De verhouding tussen de wisselspanning en gelijkspanning is tenminste 0,09, bijvoorbeeld $12,6 V_{rms}$ (100 Hz ac sinusvormig) en 148 V dc.	Ja, de oscilloscoop liet dit zien.
Bedrijfsmatig bedwelmen	Vanwege de bewegelijkheid van de palingen is het niet mogelijk om de vissen te richten zodat ze met de kop eerst tussen de elektroden komen of de dieren in hun geheel. Dit houdt in dat de stroom uitstaat op het moment dat de vissen tussen de elektroden worden geplaatst. Voordat er een nieuwe batch palingen in het apparaat komt, dient de bedwelmd vis uit het apparaat te zijn gehaald en meteen gedood.	Ja, de tijd klok op het apparaat was juist ingesteld.
	Vissen tussen elektroden maken geen contact met de vissen die zich buiten de elektroden bevinden en nog in bedwelmingapparaat geplaatst moeten worden.	Ja, dat is het geval
	Vissen die zich nog niet tussen de elektroden bevinden, worden niet blootgesteld aan statische elektriciteit	Ja, dat is geconstateerd.
	Snelheid doseersysteem en bandsnelheid in het bedwelmingapparaat zijn zodanig dat spanning over de elektroden tenminste $129 V_{rms}$ is. Bij kleine hoeveelheid kan het doseren handmatig worden uitgevoerd.	Ja, zie eerste rij op deze pagina.
	Brandplekken op de bewusteloze palingen worden vermeden door de dieren tijdens de blootstelling aan de stroom te besproeien met water. Praktijkervaring met het bedwelmen heeft laten zien dat dit een geschikte methode is.	Ja, brandplekken kwamen niet meer voor in de praktijk.
	Het bedwelmingapparaat is groot genoeg zodat de laag palingen niet hoger is dan 1	Ja, dat is het geval.

	<p>laag vissen. De positieve elektroden (lepels) zijn ca. 1,5 cm breed. Hun onderlinge afstand binnen een rij is 1,0 cm zijn. De lopende band is de negatieve elektrode en heeft een lengte van 2,5 m en een breedte van 0,4 m.</p>	
	<p>De duur blootstelling van paling aan de stroom is tenminste 20 seconden om te vermijden dat het dier bijkomt tijdens het bedwelmen en doden. Nadat de vis 1 seconde is blootgesteld aan tenminste 129 <math>V_{rms}</math> piekspanning mag deze verlaagd worden tot 61 <math>V_{rms}</math> onderhoudsspanning, en 0,66 <math>A_{rms}</math> waaraan iedere vis dan 19 seconden wordt blootgesteld. De verhouding tussen wisselspanning en gelijkspanning is tenminste 0,09, bijvoorbeeld 4,1 <math>V_{rms}</math> en 48 V dc. NB. het onmiddellijk opwekken van de bewusteloosheid en gevoelloosheid met 61 <math>V_{rms}</math> en gemiddeld 0,66 <math>A_{rms}</math> per dier is niet mogelijk. Met deze lage spanning kan alleen de duur van de bewusteloosheid worden verlengd. Deze lage spanning verdient de voorkeur omdat hiermee wordt vermeden dat er teveel energie door de palingen wordt gevoerd, hetgeen nadelig kan zijn voor de productkwaliteit.</p>	<p>Ja, het apparaat is juist ingesteld.</p>
	<p>Om te vermijden dat bedwelmdde paling bijkomt, bedraagt het tijdsinterval tussen verlaten van de vis van het bedwelmingapparaat en het uitvoeren van de dodingsmethode niet meer dan 60 s.</p>	<p>Ja, de paling valt bij verlaten van het apparaat onmiddellijk in het mengsel van ijswater en zout.</p>
	<p>Een adequate reiniging is essentieel zodat onbelast de gemeten spanning 157 <math>V_{rms}</math> is op diverse plaatsen in het apparaat en er voldoende stroom door iedere paling wordt gevoerd.</p>	<p>Ja, het apparaat is goed te reinigen.</p>
	<p>Een apparaat moet adequaat gereinigd en gedesinfecteerd kunnen worden.</p>	<p>Ja, het apparaat is goed te reinigen.</p>
	<p>De beveiliging van een apparaat dient zodanig te zijn uitgevoerd dat het niet mogelijk is dat werknemers worden blootgesteld aan de elektrische stroom. Bij bedwelmen na ontwateren, dient al het water effectief te worden afgevoerd. Er mag zich geen laag water in de stunner bevinden.</p>	<p>Ja, het apparaat staat op een hoogte van ca. 2 m.</p>



Tabel 1b: Elektrisch bedwelmen in het water

Parameter	Criterium	
<b>Onmiddellijk opwekken van bewusteloosheid en gevoelloosheid</b>		
veldsterkte ( $V_{rms}/cm$ )	<p>Voor een stroomdichtheid van tenminste <math>0,64 A_{rms}/dm^2</math> in het water is het van belang dat de veldsterkte en de geleidbaarheid van het water hoog genoeg zijn. Bij een hogere geleidbaarheid kan de veldsterkte lager zijn omdat de stroomdichtheid hoger is. De combinatie van veldsterkte en geleidbaarheid zorgt er voor dat door iedere individuele paling voldoende stroom wordt gevoerd om de bewusteloosheid en gevoelloosheid onmiddellijk op te wekken.</p> <p>Het is essentieel dat de veldsterkte in het water homogeen is; een variatie van maximaal 2% in de veldsterkte is toegestaan.</p> <p>Onbelast (=apparaat is leeg) bedraagt voor een 50 Hz ac sinus golfvorm van de stroom de veldsterkte <math>15 V_{rms}/cm</math>. De veldsterkte wordt verkregen door de spanning te delen door de afstand tussen de elektroden.</p> <p>Wanneer het bedwelmingsapparaat vol in bedrijf is dan bedraagt de veldsterkte tenminste <math>12,5 V_{rms}/cm</math> (50 Hz ac) om voldoende stroom door de dieren te voeren.</p> <p>Wanneer een bipolar square wave elektrische stroom (133 Hz en 43% duty cycle) wordt gebruikt, dan bedraagt de veldsterkte onbelast tenminste <math>11 V_{rms}/cm</math> en voor een bedwelmingsapparaat vol in bedrijf tenminste <math>9,2 V_{rms}/cm</math>. De stroomdichtheid bedraagt dan ten minste <math>0,5 A_{rms}/dm^2</math>. Bij deze golfvorm kan volstaan worden met een lagere stroomdichtheid, vergeleken met 50 Hz ac. Bovenstaande veldsterktes zijn van toepassing wanneer de geleidbaarheid van het water in het apparaat <math>500 \mu S/cm</math> is.</p>	<p>Ja, als het apparaat in bedrijf was, dan was de veldsterkte dan <math>11,3 V_{rms}</math> (<math>p &lt; 0.05</math> en power 1) bij een geleidbaarheid van het water van <math>600 \mu S/cm</math>. De stroomdichtheid was onder deze omstandigheden <math>0,68 A_{rms}/dm^2</math>.</p> <p>Deze golfvorm wordt niet door de stroombron gegenereerd bij Rijpelaal B.V.</p>
stroom ( $A_{rms}$ )	<p>Er gaat voldoende stroom door een individuele paling als eerder genoemde condities worden gehanteerd. De stroomdichtheid, die wordt verkregen door de hoeveelheid stroom te delen door het oppervlak van een van de elektroden dient overal in het apparaat gelijk te zijn, met andere woorden er is sprake van een homogeen elektrisch veld in het water voordat de palingen in het apparaat worden geplaatst.</p> <p>Wanneer een 50 Hz golfvorm wordt gebruikt, dan dient de stroomdichtheid tenminste <math>0,64 A/dm^2</math> te bedragen om de bewusteloosheid onmiddellijk op te wekken.</p> <p>In het geval van bipolar square wave bedraagt de stroomdichtheid in het water ten minste <math>0,5 A/dm^2</math>.</p> <p>Voor bovenstaande dichtheden van de stroom dient de geleidbaarheid van het</p>	<p>Ja, zie eerste criterium op deze pagina.</p>

	water tenminste 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ te zijn.	
Golfvorm spanning en stroom	Zie onder veldsterkte	Ja, zie eerste criterium op deze pagina.
Duur blootstelling aan de stroom	De duur blootstelling van paling aan de stroom is tenminste 20 seconden om te vermijden dat het dier bijkomt tijdens het doden. Nadat de paling 1 s is blootgesteld aan tenminste 11,3 $V_{\text{rms}}/\text{cm}$ (50 Hz ac) of 9,2 $V_{\text{rms}}/\text{cm}$ (133 Hz bipolar square wave en 43% duty cycle) mogen de spanning en stroomdichtheid verlaagd worden tot 3,0 $V_{\text{rms}}/\text{cm}$ en 0,15 $A_{\text{rms}}/\text{dm}^2$ (50 Hz ac) of 2,2 $V_{\text{rms}}/\text{cm}$ en 0,12 $A_{\text{rms}}/\text{dm}^2$ voor de bipolar square wave, waaraan de vis dan 19 seconden wordt blootgesteld. NB. het onmiddellijk bedwelmen met is 0,15 $A_{\text{rms}}/\text{dm}^2$ en 3,0 $V_{\text{rms}}/\text{cm}$ (50 Hz ac) en 0,12 $A_{\text{rms}}/\text{dm}^2$ en 2,2 $V_{\text{rms}}$ voor de bipolar square wave niet mogelijk. Met deze stroomdichtheden in water van tenminste 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kan alleen de duur van de bewusteloosheid en gevoelloosheid worden verlengd. Dit verdient de voorkeur omdat hiermee wordt vermeden dat er teveel energie door de palingen wordt gevoerd, wat nadelig kan zijn voor het product.	Ja, in de stroombron is een klok gebouwd en dit is juist ingesteld. Zo wordt gedurende 1 s de piekstroom en gedurende 19 s de onderhoudsstroom gegenereerd, beide met 50 Hz ac, sinusvormig, als golfvorm.
Bedrijfsmatig bedwelmen	Vanwege de beweeglijkheid van de palingen is het niet mogelijk om de vissen te richten, zodat ze met de kop eerst in het water terecht komen of in hun geheel. Dit houdt in dat de stroom uitstaat op het moment dat de vissen tussen de elektroden in het water worden geplaatst. Voordat er een nieuwe batch palingen in het apparaat komt, dient de bedwelmde vis uit het apparaat te zijn gehaald en meteen gedood. Voor meer informatie over het doden van de paling zie tabel 1c.	Ja, hieraan werd voldaan. Zodra de paling in het water was geplaatst en het apparaat was gesloten, kon de stroom worden aangezet.
	Vissen tussen elektroden in het water maken geen contact met de vissen die zich buiten de elektroden bevinden en nog in bedwelmingsapparaat geplaatst moeten worden.	Deze situatie kan niet voorkomen. Het antwoord is dus ja.
	Vissen die zich nog niet tussen de elektroden bevinden, worden niet blootgesteld aan statische elektriciteit.	Deze situatie kan niet voorkomen. Het antwoord is dus ja.
	De snelheid van het doseersysteem en de slachtsnelheid het bedwelmingsapparaat zijn op elkaar afgestemd. Het doseren kan handmatig plaatsvinden.	Deze situatie kom niet voor. Het antwoord is dus ja. Het vullen van het apparaat gebeurde handmatig.
	Een adequate ventilatie is wenselijk omdat bij het doorvoeren van elektrische stroom waterstofgas kan worden gevormd. Het is aan te raden om over de ventilatie advies in te winnen (zie b.v. <a href="http://www.infopuntveiligheid.nl">www.infopuntveiligheid.nl</a> en <a href="http://www.nen.nl">www.nen.nl</a> ).	In de ruimte waar het apparaat stond, bevond zich ook een installatie om een vorkheftruck op te laden. Mogelijk is dit voldoende.
	Het bedwelmingsapparaat is zodanig ontworpen dat de palingen niet uit de tank kunnen kruipen voordat de stroom wordt ingeschakeld. Tijdens de bedwelmning trekken de spieren van een vis zich samen en hierdoor is mogelijk dat de koppen buiten het water komen. Dit moet worden vermeden door de aanwezigheid van een kunststof rooster net onder het wateroppervlak.	Ja, hieraan werd voldaan.

Tabel 1c: Doden elektrisch bedwelmde paling

Parameter	criterium	
Duur blootstelling aan de stroom	De duur blootstelling van paling aan de stroom is tenminste 20 s om te vermijden dat het dier bijkomt tijdens het doden.	Ja, de klok op de stroombron was juist ingesteld.
Tijdsinterval tussen verlaten bedwelmingsapparaat en moment van doden	Om te vermijden dat bedwelmde paling weer bijkomt, bedraagt het tijdsinterval tussen verlaten van de vis van het bedwelmingsapparaat en het doden niet meer dan 60 s. Dit tijdsinterval gaat in op het moment dat een paling niet meer is blootgesteld aan de stroom.	Ja, hieraan werd voldaan door de dieren onmiddellijk na het uitschakelen van de stroom te doden.
Het doden van de verdoofde palingen	<p>Het doden kan op twee manieren worden uitgevoerd</p> <p>1 Zodra de bedwelmde palingen uit het apparaat komen dienen ze binnen 60 s geplaatst te worden in een mengsel van ijswater en zout (0,8 kg NaCl op 10 l ijswater). Hierbij dient de temperatuur niet hoger te worden dan ca. 1 °C. De bedwelmde paling dient minimaal 15 minuten in het mengsel van ijswater en zout te blijven. Hierna moet de vis onmiddellijk verder worden verwerkt en de koude-keten mag niet worden onderbroken, totdat een rookproces of een ander proces wordt uitgevoerd waarbij de paling wordt verhit.</p> <p>2 Een andere manier om de bewusteloze paling te doden is binnen 60 s na bedwelmen gedurende minimaal 15 min blootstellen aan warm water met 4-5% w/w Ca(OH)<sub>2</sub> (calciumhydroxide of gebluste kalk) of een ander zout (NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> of een combinatie van beide). De verhouding tussen de oplossing van gebluste kalk en de vissen is tenminste 1:33 w/w (Van de Vis et al., 2001). Bij gebruik van een ander zout is de verhouding zout:paling 1:10 w/w en na toevoegen van water bedraagt de concentratie uiteindelijk 10% zout w/w (Morzel and Van de Vis, 2003). De temperatuur van de zoutoplossingen met daarin de palingen zijn bij aanvang van het ontslijmen 50°C (Lambooy en Van de Vis, in voorbereiding). Omdat de paling bewegingsloos is, raden we aan om met behulp van bijvoorbeeld tumbler (10 rpm) het proces van ontslijmen te versnellen (Van de Vis et al., 2001). Hierna moet de vis onmiddellijk verder worden verwerkt en de koude-keten mag niet worden onderbroken, totdat een rookproces of een ander proces wordt uitgevoerd waarbij de paling wordt verhit.</p>	<p>Ja, het gebruik van ieder geval het mengsel van ijswater en zout is bestaande praktijk bij Gebr. Klooster.</p> <p>Ja, een methode met het genoemde andere zout gebruikt Rijpelaal.</p>

Omdat de palingen zich tijdens het doorvoeren van de stroom uitstrekken is het mogelijk dat de kop van het een paling uit het water steekt en daarom is het wenselijk dat de palingen met een kunststofrooster onder het wateroppervlak worden gehouden.

## 5.2 Doden van bewusteloze paling

### *Na ontwateren*

De metingen bij Gebr. Klooster B.V. lieten zien dat het apparaat aan de volgende criteria voldeed. De duur blootstelling van paling aan de stroom is tenminste 20 seconden om te vermijden dat het dier bijkomt tijdens het bedwelmen en doden. Nadat iedere paling 1 seconde was blootgesteld aan tenminste  $1,4 \pm 0,6 A_{rms}$   $129 V_{rms}$  konden de stroomdichtheid en de spanning verlaagd worden tot respectievelijk  $0,66 A_{rms}$  per paling en  $61 V_{rms}$ , waaraan iedere vis dan 19 seconden werd blootgesteld. De verhouding tussen de wisselspanning, 100 Hz ac sinusvormig, en de wisselspanning was bij  $61 V_{rms}$  tenminste 0,09.

### *In het water*

De apparatuur bij Rijpelaal B.V. functioneerde volgens de volgende criteria. In het water dient de stroomdichtheid van  $0,64 A/dm^2$  gedurende 1 s te zijn, gevolgd door een stroomdichtheid van tenminste  $0,15 A/dm^2$  in water met geleidbaarheid van tenminste  $500 \mu S/cm$  gedurende 19 seconden.

Nadat de paling tenminste 20 s aan de elektrische stroom is blootgesteld kunnen de dieren in een bewusteloze en gevoelloze staat worden gedood zonder dat ze weer bijkomen. Hierbij is het wel van belang dat één van de in tabel 1c genoemde dodingsmethoden wordt toegepast. Bij zowel Gebr. Klooster B.V. als bij Rijpelaal bleek dit mogelijk te zijn.

Als de hoge temperatuur van de zoutoplossing leidt tot problemen met de productkwaliteit, bevelen het gebruik van het mengsel van ijswater en zout aan om de bedwelmdde palingen te doden.

## 5.4 Reiniging

Beide apparaten waren zodanig geconstrueerd dat een adequate reiniging van de elektroden mogelijk is. Zo kan vermeden worden dat er te weinig stroom beschikbaar is voor het onmiddellijk opwekken van de bewusteloosheid en gevoelloosheid.

## 5.4 Productkwaliteit en veiligheid

### *Productkwaliteit*

Schade in of aan de paling als gevolg van elektrisch bedwelmen bleek niet voor te komen.

Deze schade is onder de voorwaarde van een onmiddellijk intreden van de bewusteloosheid en gevoelloosheid geen welzijnsprobleem, maar vormt wel een economische schadepost voor een bedrijf.

### *Veiligheid*

Elektrisch bedwelmen na ontwateren en in het water. Het gebruik van elektrische stroom voor het bedwelmen kan veilig zijn onder de voorwaarden dat de apparatuur gebouwd is door een bedrijf met kennis van zaken en dat het personeel goed is geïnstrueerd rond het gebruik ervan.

Elektrisch bedwelmen in het water. Omdat het mogelijk is dat tijdens elektrisch bedwelmen in het water waterstofgas vrijkomt, bevelen we een aan dat de ruimte waarin het bedwelmingapparaat staat, wordt geventileerd om te vermijden dat er sprake is van een ongecontroleerde ophoping van het gas. Ventileren van een ruimte hoeft geen probleem te zijn. Hieromtrent is kennis voorhanden (zie b.v.

www.infopuntveiligheid.nl) en de NEN ([www.nen.nl](http://www.nen.nl)). Ook voor het bedwelmen in het water is het nodig dat een bedrijf met kennis van zaken deze apparatuur bouwt.

## 6. Conclusies

Samenvattend concluderen we dat:

- voor elektrisch bedwelmen twee benaderingen mogelijk zijn; na ontwateren en in het water.
- palingen onmiddellijk bedwelmd konden worden door een van beide operationele bedwelmingapparaten te gebruiken, onder de voorwaarde dat er voldoende stroom werd gebruikt.
- de bewusteloze en gevoelloze palingen konden in de praktijk worden gedood zonder dat ze weer bijkwamen door de dieren tijdens elektrisch bedwelmen gedurende tenminste 20 s bloot te stellen aan de elektriciteit en vervolgens binnen 60 s een van de onderzochte dodingsmethoden toe te passen
- voor het doden van de bedwelmdde palingen onder praktijkomstandigheden zijn twee methoden beschikbaar, nl het gebruik van een warme zoutoplossing en een mengsel van ijswater en zout
- praktijktesten en literatuurdata lieten zien dat er als gevolg van het elektrisch bedwelmen geen schade aan of in de paling optrad.
- de apparaten voor bedwelmen en na ontwateren en in het water zijn goed te reinigen.

## 7. Dankwoord

De auteurs willen de leden van de begeleidingscommissie bedanken voor hun bijdrage. Wij zijn de bedrijven Gebr. Klooster, Rippelaal B.V. en SeaSide erkentelijk voor hun medewerking aan dit onderzoek. Dr. Marcel Machiels van IMARES verzorgde de statistische analyse van de data.

## 8. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## 9. Referenties

Anoniem (2007): <http://www.arboportaal.nl/onderwerpen/arbowedt--en--regelgeving/arbowedt>, website bezocht December 2012.

Anoniem (2011):

[http://www.infopuntveiligheid.nl/Infopuntdocumenten/Dossier%20Zonnepanelen/Rapporten%20en%20publicaties/tso3\\_elek\\_veiligheidsaspecten.pdf](http://www.infopuntveiligheid.nl/Infopuntdocumenten/Dossier%20Zonnepanelen/Rapporten%20en%20publicaties/tso3_elek_veiligheidsaspecten.pdf), website bezocht januari 2011.

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.

EFSA (2004): European Food and Safety Authority. *Welfare aspects of animal stunning and killing methods*. AHAW/04-027.

Lambooij, E., Van de Vis, J.W., Kuhlmann, H., Münkner, W., Oehlenschläger, J., Kloosterboer, R.J., and Pieterse, C. (2002). A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla* L.): electrical stunning in fresh water prior to gutting. *Aquaculture Research*, **33**, 643-652.

Morzel, M. and van de Vis, J.W. (2003): Effect of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla anguilla* L.). *Aquaculture Research*, **34**, 1-11.

Van de Vis, J.W. (2007): Development of prototype equipment for humane slaughter of farmed fish in industry. StunFishFirst Periodic Activity Report No 2 Months 13-24, (contract COOP-CT-2004-521991).

Van de Vis, H., Kiessling, A. Flik, G. and Mackenzie, S. (Editors) *Welfare of farmed fish in present and future production systems*. 2012, Springer, Heidelberg, Germany, 312 pp.

Van de Vis, J. W., Oehlenschläger, J., Kuhlmann, H., Münkner, W., Robb, D.F.H., and Schelvis-Smit, A.A.M. (2001): Commercial and experimental slaughter of eel (*Anguilla anguilla*, L.): effect on quality and welfare. In: *Farmed Fish Quality*, (eds. S.C. Kestin and P.D. Warriss), Blackwell, Oxford, UK, pp. 234-257.

Van de Vis, H., Burggraaf, D., Van der Heul, J., Pol-Hofstad, I and Lambooij, B. (2008); Electrical stunning of African catfish, eel and tilapia: from the laboratory to a commercial setting (*in Dutch*). *Aquacultuur*, **23(2)**, 25-29.

Van de Vis, H., Kestin, S.C., Robb, D., Oehlenschläger, J., Lambooij, B., Münkner, W., Kuhlmann, H., Kloosterboer, K., Tejada, M., Huidobro, A., Otterå, H., Roth, B., Sørensen, N.K., Aske., L. Byrne, H. and Nesvadba, P. (2003): Is humane slaughter of fish possible for industry? *Aquaculture Research*, **34**, 211-220.

## 10. Verantwoording

Rapport ~nummer~

Projectnummer: ~nummer~

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. Wout Abbink  
Projectleider aquacultuur

Handtekening:

Datum: ~datum~

Akkoord: ~naam AH/directielid als verantwoordelijk voor de inhoud~  
~functie~

Handtekening:

Datum: ~datum~