



Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

VERDUURZAMING VAN DE GARNALENVISSERIJ MET DE GARNALENPULS: EINDRAPPORT

ILVO MEDEDELING nr 116

oktober 2012



Bart Verschueren
Bart Vanelslander
Hans Polet



Verduurzaming van de Garnalenvisserij met de Garnalenspuls: eindrapport

ILVO MEDEDELING nr 116

oktober 2012

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2012/10.970/116

Bart Verschueren
Bart Vanelslander
Hans Polet

Dit rapport 'Verduurzaming van de Garnalenvisserij met de Garnalenspulssysteem' is een uitgebreide en geüpdatete versie van de eerdere tussentijdse voortgangsrapporten verschenen in de periode tussen januari 2007 en augustus 2012.

Dit rapport heeft als bedoeling een uitgebreid, zo compleet mogelijk en voor de sector nuttig document, rond de doeltreffendheid en de implementatie van het garnalenspulssysteem aan boord van een garnalenskotter voor te leggen en aan alle belanghebbenden te communiceren.

Dit project werd uitgevoerd met de rechtstreekse steun van het Waddenfonds, de Stichting voor Verduurzaming Garnalenvisserij en IMARES. Oprechte dank aan alle instanties, partners, rederijen en personen die dit project mogelijk maakten en steunden.

INHOUD

Inhoud	3
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Algemene beschrijving garnalenvisserij	9
1.2 Socio-economische factoren	10
1.3 De bijvangstproblematiek	11
1.3.1 De bijvangst van ondermaatse garnalen	11
1.3.2 De bijvangst van vissen	11
1.4 De huidige selectiviteit verhogende maatregelen	12
1.4.1 De zeeflap	12
1.4.2 De brievenbus	13
1.4.3 Sorteerroosters	14
1.4.4 Grotere kuilmaaswijdte	14
1.4.5 Elektrisch vissen	14
1.5 De bodemimpact	16
1.5.1 De impact op benthische gemeenschappen	16
1.5.1.1 Lanice conchilega riffen	16
1.5.1.2 Sabellaria spinulosa riffen	17
1.5.1.3 Sertularia cupressina	17
2 Doelstellingen	19
2.1 Achtergrond	19
2.2 Doelstellingen	19
2.3 Werkwijze	20
3 Materiaal en methoden	21
3.1 De ideale <i>Crangon</i> puls	21
3.2 De apparatuur	22
3.2.1 De pulsgenerator	23
3.2.2 De elektroden, tussenkabels en connectoren	25
3.2.3 De winch en voedingskabel	26
3.3 De vangstanalyse	27
3.4 De vaartuigen	29
3.5 Conventionele optuigingen - O 191 en TX 25	30
3.6 Experimentele optuigingen met puls & zonder klossen - O 191	31

3.6.1	Aangepast conventioneel garnalennet (met puls)	32
3.6.1.1	Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden	34
3.6.1.2	Ingekorte netopening (aangepast buikpaneel)	34
3.6.2	Rechthoekig net met rechte onderpees	35
3.6.2.1	Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden	36
3.6.2.2	Alternatief voor gewicht om de hoogte van de onderpees te regelen	37
3.6.3	Rechthoekig broeknet met rechte onderpees	38
3.7	Experimentele optuigingen - TX 25	39
3.7.1	Effect van de vistuigpositie (BB of SB) op de vangstvergelijking	39
3.7.2	Effect van het pulsveld op de vangstefficiëntie ('proof of concept')	39
3.7.3	Effect van de pulsintensiteit op de vangstefficiëntie	40
3.7.4	Effect van de conductorlengte op de vangstefficiëntie	40
3.7.5	De eindconfiguratie met gereduceerde klossenpees	40
3.8	Statistische analyse	41
3.9	Onderwaterobservatie	42
4	Resultaten en discussie	43
4.1	Resultaten: Experimentele optuigingen met puls & zonder klossen - O 191	43
4.1.1	Aangepast conventioneel garnalennet (met puls)	43
4.1.1.1	Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden	48
4.1.1.2	Ingekorte netopening (aangepast buikpaneel)	49
4.1.2	Rechthoekig net met rechte onderpees	56
4.1.3	Bodemcontact optuigingen - O 191	57
4.2	Discussie: Experimentele optuigingen met puls & zonder klossen - O 191	58
4.3	Resultaten: Experimentele optuigingen - TX 25	60
4.3.1	Effect van de vistuigpositie (BB of SB) op de vangstvergelijking	60
4.3.2	Effect van het pulsveld op de vangstefficiëntie ('proof of concept')	60
4.3.3	Effect van de pulsintensiteit op de vangstefficiëntie	61
4.3.4	Effect van de conductorlengte op de vangstefficiëntie	61
4.3.5	De eindconfiguratie met gereduceerde klossenpees	62
4.3.6	Bodemcontact eindconfiguratie met gereduceerde klossenpees – TX 25	67
4.4	Discussie: Experimentele optuigingen - TX 25	67
5	Conclusies	69
5.1	Selectiviteit	69
5.2	Meervangst	70

5.3	Bodemcontact	71
5.4	Controverse pulsvisserij.....	72
Referenties		i
Lijst met figuren		v
Lijst met tabellen.....		ix
Bijlagen		xi

SAMENVATTING

De garnalenvisserij in de Noordzee wordt uitgeoefend door meer dan 500 vaartuigen. Het epicentrum van deze visserij situeert zich in de Waddenzee. Jaarlijks worden gemakkelijk 35.000.000 kilogram garnalen aangevoerd door hoofdzakelijk Nederlandse, Duitse, Deense, Belgische en Engelse garnalenkotters. De visserij dankt haar succes aan de niet aflatende vraag naar de kleine delicatessen.

Niettegenstaande kampt de garnalenvisserij vandaag met enkele belangrijke problemen. Zo is er de ongewenste bijvangst van grote hoeveelheden commerciële en niet-commerciële vissen, te kleine garnalen en andere mariene organismen. Dit is een gevolg van de povere selectieve eigenschappen van de fijnmazige boomkornetten. Bovendien is de overlevingskans van deze teruggegooiden dieren vaak erg klein. Het feit dat de visserij doorgaat in kwetsbare kustgebieden en estuaria (zoals de Waddenzee), broedkamers voor vele diersoorten, vergroot dit probleem. Ook het contact tussen het gesleepte vistuig en de zeebodem roept bij sommigen vragen op. Deze milieu-impact stelt de garnalenvisserij steeds vaker in een slecht daglicht.

Het verbeteren van de selectiviteit en het reduceren van het bodemcontact in de garnalenvisserij heeft dan ook niets dan voordelen. Minder teruggooi leidt tot gezondere visbestanden. Dit is zowel vanuit ecologisch als economisch perspectief erg belangrijk. Een gezond marien milieu is nog altijd de beste garantie op een succesvolle visserij. De verduurzaming van de garnalenvisserij kan ook bijdragen tot het bekomen van een ecologisch label, wat de concurrentiepositie en het imago van deze visserij kan verbeteren.

In het kader van de bovenstaande problematiek ondernam de afdeling Technisch Visserijonderzoek van het ILVO testen met een alternatief type garnalenvistuig dat selectiviteit en vermindering van de milieu-impact nastreeft. Het uitgangspunt bestaat erin om de zware klossenpees te vervangen door elektroden, om op die manier elektrische pulsering aan te wenden als stimuleringsalternatief. De HOVERCRAN is een aangepaste garnalenboomkor waarin de zware klossenpees verwijderd en vervangen wordt door 12 lichte elektroden. Deze elektroden wekken een specifiek elektrisch veld op dicht bij de zeebodem. Hierdoor springen garnalen op uit het zand en blijven andere dieren vrijwel onaangeroerd op de zeebodem. Bovendien bevindt het net zich hoger in de waterkolom, waardoor het als het ware zweeft over de zeebodem en er dus amper bodemcontact is. Niet-doelsoorten kunnen ontsnappen onder het net.

Het opwekken van een geschikt elektrisch veld in zeewater vereist aangepaste apparatuur. Het belangrijkste onderdeel is de pulsgenerator die gelijkstroom omvormt tot laagfrequente gelijkstroompulsen en deze doorgeeft aan de elektroden in het net. Deze generator is bevestigd op het vistuig en wordt gevoed via een kabel afkomstig van het schip. Het vieren en halen van deze voedingskabel gebeurt door middel van een speciaal ontworpen winch.

Het behoud van commerciële vangsthoeveelheden en de reductie van de teruggooi en het bodemcontact zijn de doorslaggevende criteria in de evaluatie van de HOVERCRAN. Uitgebreid testen van het prototype, door rechtstreekse vangstvergelijking met een standaard garnaalboomkor, bracht belangrijke en hoopvolle resultaten aan het licht. Eerst en vooral kan worden aangetoond dat met de nieuwe techniek minstens evenveel garnaal kan gevangen worden als met een traditioneel net, en dat terwijl het bodemcontact met ongeveer 76% gereduceerd wordt. Ook wat de bijvangst

betreft is er een duidelijke verbetering zichtbaar. Een gemiddelde reductie van 35% in volume is een belangrijke stap voorwaarts inzake de teruggooiproblematiek in de garnaalvisserij.

Vooraf tijdens de experimenten op O 191, maar ook aan boord van TX 25 werden een groot aantal vernieuwende vistuigontwerpen geconstrueerd en getest. Zowel het net, de onderpees, de elektroden als de klossenpees werden onder verschillende vormen op zee uitgetest. Heel wat van die ontwerpen droegen bij aan de doelstellingen van het project, maar slechts weinig prototypes voldeden aan de noden van de praktische en commerciële haalbaarheid. Tijdens de commerciële garnalenvisserij zijn de omstandigheden op zee dan ook totaal verschillend van de laboratoriumomstandigheden en de theoretische veronderstellingen. Uiteindelijk heeft dit project wel geleid tot een nieuw type vistuig dat voldoet aan de eisen van een selectieve en minder milieubelastende garnalenvisserij en dat aanvaardbaar is voor de visserman naar praktische werkbaarheid en commerciële vangst.

In dit project werd aangetoond dat de toepassing van de pulstechniek in de garnalenvisserij, afhankelijk van de praktische uitvoering, tot een aanzienlijke meervangst van commerciële garnalen kan leiden. In de experimentele situatie waarbij het pulssysteem bovenop een conventioneel tuig met een standaard klossenpees geplaatst wordt, kan deze meervangst oplopen tot 50 %. Ter illustratie: In dit extreme geval zouden 2 vaartuigen met elk een set van dergelijke combinatievistuigen (conventioneel vistuig met traditionele klossenpees en puls) even efficiënt zijn als 3 vaartuigen met louter conventionele tuigen. Men moet echter nuanceren dat hier enkel sprake van is wanneer het water helder is en het traditionele vistuig dus minder efficiënt presteert. Tevens is het praktisch gezien niet opportuun om met een dergelijk combinatievistuig de commerciële visserij uit te oefenen, daarvoor is de slijtage aan de elektroden te hoog. Het is duidelijk dat enkel een rechthoekig net met rechte onderpees en aangepaste klossenpees toelaat om de pulstechniek op een praktische manier toe te passen.

Met de introductie van een alternatief en lichter vistuig met aanzienlijk minder bodemcontact (ca. 76 % minder voor het pulsvistuig zonder klossen (O 191) en ca. 50 % minder voor de eindconfiguratie aan boord van TX 25 met 10 klossen) wordt de discussie omtrent de bodemberoering ongetwijfeld gecompliceerder. Dit project heeft zeer duidelijk aangetoond dat met het pulsvistuig zonder klossen toch een rendabele garnalenvisserij kan worden uitgeoefend in bepaalde gebieden. Op ruwere en meer oneffen visgronden dient er evenwel een tussenoplossing gevonden te worden in de vorm van een aangepaste klossenpees (zie bijvoorbeeld de TX 25 eindconfiguratie) of een alternatief voor de klossen om het net heelhuids over de oneffenheden te trekken om zo averij en gevaarlijke situaties te vermijden.

1 INLEIDING

1.1 Algemene beschrijving garnalenvisserij

De grijze garnaal, *Crangon crangon*, komt algemeen voor langs de Atlantische kust van Europa, van het noorden van Noorwegen tot aan de Atlantische kust van Marokko in het zuiden, met inbegrip van de Middellandse Zee en de Zwarte zee. Ondiepe kustwateren en estuaria met een diepte van 0 tot 20 m en met zanderige of slijkerige bodems zijn de belangrijkste vindplaatsen. Overdag en in helder water, bij goede zichtbaarheid, graven garnalen zich in de zeebodem in (Hagerman 1970). Indien de zichtbaarheid vermindert bij verhoogde turbiditeit of gedurende de nacht verlaten ze hun schuilplaats en worden ze actief. Met dit typische gedrag beschermen ze zichzelf tegen predatoren. Dit verklaart waarom garnalenvissers vooral goede vangsten behalen tijdens de nacht of in troebel water. De grijze garnaal wordt commercieel bevestigd in de Noordzee door boomkorkotters, uitgerust met twee garnalenboomkorren met fijnmazige netten (ca. 20 mm). De vangsten worden aan boord mechanisch gesorteerd, waarna de ongewenste bijvangst wordt teruggegooid. De commerciële garnalenfractie wordt vervolgens aan boord gekookt. De visserij is niet onderworpen aan enige TAC regelgeving. Er wordt immers aangenomen dat de grijze garnaal stocks moeilijk overbevestigd kunnen worden (Welleman et al. 2001). De soort is immers kortlevend en kent bovendien een snelle reproductiecyclus. Ondanks een fluctuerende aanvoer zijn de stocks de voorbije jaren vrijwel stabiel gebleven.

De internationale garnalenvloot omvat 500 tot 600 vaartuigen, allen met een motorvermogen kleiner dan 221 kW. Ongeveer 450 van deze vaartuigen hebben hun thuisbasis in Nederlandse en Duitse havens. De resterende schepen opereren vanuit Deense, Engelse en Belgische vissershavens. Traditioneel zijn de kotters vrij kleine schepen, afgestemd op de kustvisserij. In Nederland echter zijn de grotere garnalenkotters talrijker. Deze Eurokotters kunnen verder uit de kust opereren en zijn bovendien beter bestand tegen ruwe weersomstandigheden. Dit stelt ze in staat om meerdaagse zeereizen te ondernemen.

Garnalenkotters zijn doorgaans uitgerust met twee lichte boomkorren, voorzien van fijnmazige sleepnetten (maaswijdte ca. 20 mm). De lengte van de boom varieert tussen 5 en 9 m. Het vistuig is over het algemeen een factor 5 tot 6 lichter dan de platvisboomkor. Het gemiddelde gewicht van de slof, de boom en de klossenpees is respectievelijk 200 kg, 260 kg en 300 kg. De Nederlandse vistuigen zijn doorgaans 200 kg zwaarder dan de Belgische en de Duitse. Om de garnaal te laten opschrikken van de zeebodem worden geen wekkerkettingen gebruikt maar een klossenpees. Deze is opgebouwd uit 24 tot 40 ovale of cilindervormige rubberen klossen met een gemiddelde doorsnede van 20 cm en een gemiddelde breedte van 13 cm. Doorheen elke klos loopt een stalen as en deze assen worden onderling verbonden met kettingschalen. Het geheel wordt tussen de sloffen van de boomkor opgehangen.

Het overgrote deel van de garnalenvisserij gaat door in de kustgebieden van de ICES zones IVb en IVc. Vanaf de Belgische kust langs de Nederlandse en de Duitse kust tot aan Denemarken. In de Engelse wateren vindt de visserij plaats in het estuarium van de Wash en uitzonderlijk in het estuarium van de Thames.

1.2 Socio-economische factoren

De technologische (r)evolutie inzake scheepsbouwkunde, navigatie, visserijtechnieken en vangstverwerking heeft de capaciteit van de vissersvloten wereldwijd stelselmatig doen toenemen. Dit fenomeen staat bekend onder de naam 'technological creep' (Rijnsdorp et al., 2005; Eigaard, 2009). Het betekent dat een vissersvloot met een schijnbaar constante capaciteit (inzake vermogen, tonnage en aantal vaartuigen) door de jaren heen toch zijn effectieve capaciteit kan verhogen en in staat wordt gesteld om meer te vangen met dezelfde visserij-inspanning. Ondanks de term 'creep' is de technologische ontwikkeling meestal geen continu proces, maar gaat ze in sprongen vooruit, meestal door de introductie van nieuwe technologie. Ook in de garnalenvisserij is dit fenomeen bekend. Zo heeft bijvoorbeeld de invoering van de automatische vangstsorteermachine een zeer grote invloed gehad op de efficiëntie aan boord. Technologische vooruitgang is niet te stoppen en hoe men hiermee omgaat bepaalt grotendeels het succes van een economie.

De laatste jaren verkeert de garnalenvisserij in een historische recordperiode wat de aanvoer betreft. Met ongeveer 36 miljoen kg aangeland in 2010 was de aanvoer zelden zo groot (ICES 2011). Bovendien houden de officiële cijfers geen rekening met een aanzienlijke hoeveelheid niet gerapporteerde vangsten (ICES 2008). De aanvoer van garnalen vertoont doorgaans een typisch seizoenaal patroon. De aanvoer is laag in de winter, wordt gevolgd door een vangsttoename in de lente en eindigt met een heel productieve nazomer- en herfstvisserij. De Nederlandse vloot (16.684 ton in 2010) en de Duitse vloot (13.476 ton in 2010) zijn samen goed voor 84 % van de totale aanvoer. De kleinere Deense, Belgische, Engelse en Noord-Franse vloten voerden respectievelijk 3.139 ton (8,7 %), 1.649 ton (4,6 %), 1.000 ton en 231 ton garnalen aan in 2010 (ICES 2011). De totale aanvoer heeft een marktwaaarde van ongeveer 70 tot 90 miljoen euro (Catchpole et al. 2008). Meer dan 1.000 vissers zijn tewerkgesteld in de garnalenvisserijvloot (Neudecker et al. 2011). België is de belangrijkste afzetmarkt met meer dan de helft van de totale EU consumptie, gevolgd door Nederland en Duitsland. Meer dan 90 % van de Noordzeegarnalen worden gepeld verkocht. Het pellen gebeurt hoofdzakelijk handmatig in reusachtige pelateliers door enkele duizenden Marokkaanse pelsters. Deze garnalen zijn gemiddeld 14 dagen onderweg en worden behandeld met bewaarmiddelen zoals benzoëzuur (E210) en sorbinezuur (E200) om bederf tegen te gaan. Tegenwoordig wordt ook steeds meer machinaal gepeld in Nederlandse pelbedrijven.

De Europese handel in Noordzeegarnalen wordt hoofdzakelijk gedomineerd door twee Nederlandse bedrijven, Heiploeg en Klaas Puul, die samen 80 tot 85 % van de totale jaarlijkse vangst opkopen en verhandelen. De garnalenvisserij heeft een vrij directe prijs-aanbod relatie, waarbij de marktprijs min of meer afneemt met dezelfde proportie waarmee de vangst stijgt. De opslag van diepvriesvoorraden bij de groothandel, de beperkte pelcapaciteit en de variabele vangstcapaciteit complexeren de prijsvorming van grijze garnalen. Het wisselende aanbod verklaart waarom de garnalenprijs seizoenaal zeer sterk kan schommelen. Zo beleefden de garnalenvloten in Duitsland, Denemarken en Nederland in het voorjaar van 2011 economisch harde tijden omdat de kiloprijs meermaals onder de 2 euro zakte. Gedurende de zomer van 2012 daarentegen was de aanvoer eerder beperkt, met erg hoge marktprijzen tot gevolg. Het is duidelijk dat de capaciteit van de garnalenvloot de marktvraag zeer gemakkelijk kan overstijgen in perioden met een grote aanbod aan garnalen op de visgronden. Dit zorgt bij momenten voor zeer veel onverdeeldheid onder de garnalenvissers.

1.3 De bijvangstproblematiek

De garnalenvisserij vindt voornamelijk plaats in gebieden die van ecologisch groot belang zijn als kraamkamers van vele vissoorten. Als gevolg van het gebruik van de fijnmazige netten en de locatie van de visgronden in estuaria en kustgebieden, kampt de garnalenvisserij met een significante ongewenste bijvangst van ondermaatse garnalen, (jonge) vissen en bentische ongewervelden. De bijvangst van de visserij wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van aanzienlijke aantallen juveniele rond- en platvis (hoofdzakelijk commerciële soorten zoals Wijting, Schol, Schar en Tong) en niet-commerciële bijvangstsoorten (hoofdzakelijk schaaldieren, stekelhuidigen en weekdieren).

1.3.1 De bijvangst van ondermaatse garnalen

Er is geen wettelijke minimum aanvoerlengte voor grijze garnaal in de EU, maar in de praktijk is er weinig commerciële vraag naar garnalen kleiner dan 4,5 cm totale lengte. Nochtans worden garnalen met een lengte niet groter dan 2 cm regelmatig gevangen (van Marlen et al. 1997). De vangsten worden in regel volledig aan boord gesorteerd, waarbij de commerciële garnalen groter dan 4,5 cm worden aangevoerd, terwijl de kleine garnalen hoofdzakelijk worden teruggegooid. De jaarlijkse teruggooi van ondermaatse garnalen wordt geschat op 27.000 ton of 75 miljard individuen (Revill & Holst 2004a). Dit komt overeen met ongeveer de helft (Lancaster & Frid 2002) tot meer dan tweederde van de garnalenvangst in aantallen (van Marlen et al. 1997). In Nedersaksen in Duitsland kan de fractie van commerciële garnalen terugvallen tot slechts 11 % (in gewicht) van de vangst (Walter 1997).

De overlevingskans van de ondermaatse, teruggegooide garnalen is vrij hoog en wordt geschat op 75 à 80 % voor de Solway Firth (Lancaster & Frid 2002). Gelijkaardige cijfers worden gerapporteerd door Revill (1999) die vaststelde dat 77 à 85 % van de ondermaatse garnalen het vangst- en sorteerproces overleefde, zonder hierbij schade te hebben opgelopen.

1.3.2 De bijvangst van vissen

De bijvangst van commerciële vissoorten betreft voornamelijk Schol, Schar, Bot, Tong, Kabeljauw, Wijting en Steenbolk. In mindere mate worden ook Tarbot, Griet, Dwergtong en Tongschar bijgevangen. Reeds in de jaren vijftig (Tiews 1990) werden in Duitsland bemonsteringen georganiseerd om de bijvangst te kwantificeren, om zo een idee te krijgen van de impact van de garnalenvisserij op de stocks van de bijgevangen vissoorten. Deze bemonsteringen liepen door tot 1990 en de tijdreeks geeft een goed beeld weer van de seizoensaliteit van de bijvangst. Een tweede belangrijke informatiebron over de bijvangst in de garnalenvisserij is het EU project RESCUE (van Marlen et al. 1997) waarbij alle Europese garnalenvloten onderzocht werden. Helaas werd de Nederlandse Waddenzee hierbij niet bemonsterd. Van Marlen et al. (1997) en Revill et al. (1999) rekenden uit dat de bijvangst in de garnalenvisserij jaarlijks leidt tot een verlies van 928 miljoen individuen Schol (*Pleuronectes platessa*), 55 miljoen Wijtingen (*Merlangius merlangus*), 42 miljoen Kabeljauwen (*Gadus morhua*) en 16 miljoen individuen Tong (*Solea solea*). De bemonsteringscampagnes focussen vooral op de commerciële soorten, veel minder is dus gekend over de bijvangst van niet-commerciële vissoorten en invertebraten.

Aan de hand van deze campagnes werd het duidelijk dat de hoeveelheid en de samenstelling van de bijvangst zeer variabel is doorheen de tijd en de ruimte. Deze variatie in vangstsamenstelling is

afhankelijk van de verschillende verspreidingspatronen en de habitatpreferenties van de soorten, de leeftijdsklassen, de seizoenen, de visgronden en de migratiepatronen (Doeksen 2006).

De bijvangst in de garnalenvisserij wordt momenteel opgevolgd onder het EU DCF (Data Collection Framework) dat van start ging in 2006, na de EU verordeningen EC 1639/2001 en EC 1581/2004. Het aantal DCF staalnames is echter nog extreem laag en bemonstert slechts 0,01 % van de jaarlijkse ca. 500.000 slepen (Neudecker et al. 2011). De spreiding van de DCF staalnames houdt bovendien geen rekening met het relatief belang van de verschillende visgronden (Neudecker et al. 2011).

De bijvangst in de garnalenvisserij heeft een nadelige impact op de rekrutering van rond- en platvis die, in het belang van deze stocks, best tot het absolute minimum gereduceerd wordt. Het belang van deze teruggooi werd in een bio-economische studie aangetoond (van Marlen et al. 1997). Het verlies aan marktwaardige Tong, Schol, Wijting en Kabeljauw ten gevolge van de teruggooi in de Noordzee garnalenvisserij bedraagt ongeveer twee derde van de totale omzet van de Noordzee garnalenvloot. De potentiële aanlandingen aan Schol die aldus verloren gaan werden geschat tussen 7.000 en 19.000 ton (Revill et al. 1999), wat overeenkomt met ongeveer € 20 miljoen (van Marlen et al. 1997) en 10 - 25 % van de TAC in 1998 in de Noordzee.

De mate waarin de teruggooi de rekrutering van een vissoort beïnvloedt is afhankelijk van de overleving van de teruggooi (van Marlen 1997). De sterfte van de bijvangst wordt sterk bepaald door de verschillende kenmerken van het vangstproces zoals de sleepduur, de efficiëntie van het sorteerproces, de duur van het verwerkingsproces en de condities aan boord. Verder is ook de gevoeligheid voor verwondingen, opgelopen tijdens het vangst-, sorteer- en het teruggooiproces van belang (Doeksen 2006). Deze factoren verschillen sterk per soort en grootteklasse. De mortaliteit bij rondvissen benadert 100 %, terwijl platvissoorten minder gevoelig zijn (Lancaster 1999). De inschattingen van de mortaliteit van platvissen zijn echter vrij variabel. Tussen de 15 % en 70 % voor Schol (Dahm et al. 2002; Revill et al. 1999; Berghahn et al. 1992) en tussen de 30 % en 50 % voor Tong (Dahm et al. 2002; Revill et al. 1999).

1.4 De huidige selectiviteit verhogende maatregelen

De laatste jaren is de visserijsector voortdurend in beweging. Hoge brandstofprijzen, toenemende maatschappijkritiek, fluctuerende aanvoer, scherpe concurrentie en strikte reglementering dwingen de visserman tot innovatie en samenwerking. Ook in de garnalenvisserij heeft dit alles geleid tot heel wat recente initiatieven. De ongewenste bijvangst is een belangrijk probleem in de garnalenvisserij. Samenwerking tussen de wetenschap en de sector heeft geleid tot een aantal zinvolle technische aanpassingen om dit probleem aan te pakken.

1.4.1 De zeeflap

De zeeflap of zeefkeel is een trechtervormig stuk netwerk met een maaswijdte van doorgaans 60 mm (maximaal 70 mm), dat ingewerkt wordt in het net om bijvangst te reduceren. Garnalen stromen passief doorheen de mazen van de zeeflap en komen achteraan in de kuil terecht. Alles wat te groot is om doorheen de zeeflap te passeren wordt afgeleid naar een ontsnappingsopening en geloosd. De efficiëntie van de zeeflap werd bestudeerd in het EU project DISCRAN (van Marlen et al. 2001). Dit onderzoek toonde aan dat de zeeflap significant de bijvangst van éénjarige en oudere vissen

reducereert. De zeeflap vermindert de bijvangst van Schol, Bot, Spiering, Kabeljauw en in iets mindere mate van Schar, Steenbolk en Wijting. De zeeflap is echter niet efficiënt om nuljarigen en vissen < 10 cm tegen te houden (Polet et al. 2004). Dit is vooral een nadeel voor de visserij in gebieden die fungeren als belangrijke kraamkamers voor platvissen, zoals de Waddenzee. De excellente bijvangstreductie van éénjarige en oudere vissen is wel belangrijk voor de zuidelijke Noordzee.

Het gebruik van de zeeflap kan resulteren in een vangstverlies van commerciële garnalen. In het geval van verstopping (door wieren, afval, gekieuwde vissen, ...), kan dit vangstverlies oplopen tot 30 % en meer (Polet et al. 2004). Dit leidt tot financiële verliezen voor de garnalenvissers. Technische wijzigingen in het netontwerp van de zeeflap kunnen dit verstoppingsprobleem mogelijk verminderen. Van Marlen et al. (2001) vermelden een vangstverlies van 5 tot 20 % bij de Duitse, Nederlandse en Britse studies. Het vangstverlies liep echter op tot 37 % bij commerciële proeven in Belgische wateren.

Een bijkomend voordeel van de zeefkeel is dat ook de bijvangst van ondermaatse garnalen afneemt (Revill & Holst 2004b). Bovendien vermindert de zeeflap de bijvangst van bodem bewonende (benthische) soorten aanzienlijk en dus ook de impact op de gemeenschappen die zij vormen (Revill & Holst 2004b; Polet et al. 2004).

Het gebruik van de zeeflap met een maximale maaswijdte van 70 mm is verplicht voor de garnalenvisserij in alle EU wateren (EG Nr. 850/98). Deze technische maatregel werd geïmplementeerd door alle lidstaten in januari 2003 (Revill & Holst 2004b). Verschillende landen voorzien een ontheffingsregeling voor het gebruik van de zeeflap op momenten wanneer algen en kwallen in grote hoeveelheden voorkomen en de zeeflap doen verstopen. Vanaf 2013 wordt deze ontheffing opgeheven in Nederland.

1.4.2 De brievenbus

Ook de brievenbus is een netaanpassing die gericht is op het verminderen van de ongewenste bijvangst in de garnalenvisserij. De brievenbus bestaat uit een dwarsnede in de onderzijde van het net. Deze opening moet ervoor zorgen dat platvissen kunnen ontsnappen, terwijl de garnalen het achtereind van het net in stromen. Met behulp van een schotje worden de platvissen naar de brievenbus geleid, terwijl de garnalen door en over het schotje heen alsnog in het achtereind van het net terechtkomen.

De brievenbus is nog in ontwikkeling, maar de eerste resultaten wijzen erop dat de aanpassing minstens even effectief is als de zeeflap in het verminderen van de teruggooi van jonge platvissoorten zoals Schol en Tong (Steenbergen et al. 2011). In een rechtstreekse vergelijking met de zeeflap werd aangetoond dat er in het voorjaar gemiddeld 40 % minder schol werd aangetroffen in een net met de brievenbus ten opzichte van een net met de zeeflap. In het najaar werd er geen significant verschil vastgesteld. Ook voor Tong werden er in het voorjaar gemiddeld minder exemplaren aangetroffen in het net met de brievenbus. Voor de andere platvissoorten zoals Schar en Bot kon er geen verschil aangetoond worden tussen de beide netaanpassingen. Voor het lozen van grotere (plat)vissen bleek de brievenbus vaak minder geschikt dan de zeeflap. De brievenbus is bijgevolg niet bedoeld als vervanging van de zeeflap. Volgens Steenbergen et al. (2011) kan de brievenbus mogelijk wel een alternatief zijn voor de zeeflap in periodes waarin deze dichtslibt door algen en wieren.

Ook het gebruik van de brievenbus resulteert in het vangstverlies van commerciële garnalen. Het gebruik van het schotje lijkt dit enigszins te compenseren. Het vangstverlies is grosso modo vergelijkbaar met dat van de zeeflap.

1.4.3 Sorteerroosters

In het EU project DISCRAN werd aangetoond dat sorteerroosters met een opening van 20 mm geschikt zijn om ongewenste bijvangst te scheiden uit garnalenvangsten (van Marlen et al. 2001). Met een typisch Nordmøre grid kon de bijvangst significant verminderd worden, en dit zonder een al te groot verlies van commerciële garnalen (Graham 2003). Het nadeel verbonden aan vaste sorteerroosters is echter de rigiditeit en het risico op verstopping van dergelijke structuren. Dit maakt de roosters weinig populair bij de vissers, die de voorkeur geven aan het gebruik van de zeeflap. In het algemeen is de zeeflap minder vatbaar voor beschadigingen en verstoppingen dan het sorteerrooster (Polet et al. 2004). Onder de huidige EU wetgeving kunnen sorteerroosters met een opening van 20 mm als alternatief gebruikt worden voor de zeeflap (Revill and Holst 2004b).

1.4.4 Grotere kuilmaaswijdte

In principe is in de EU garnalenvisserij het gebruik van elke maaswijdte groter dan 16 mm (gestrekte maas, gemeten tussen de knopen) toegelaten. In de praktijk wordt meestal een maaswijdte van 20 mm gehanteerd. Revill en Holst (2004b) experimenteerden met verschillende maaswijdten in de kuil van garnalennetten. Zij kwamen tot de conclusie dat het aanbrengen van een 26 mm kuil leidde tot een bijvangstreductie van ondermaatse garnalen van 13 % in vergelijking met een traditionele kuil van 20 mm. Tegelijkertijd werd vastgesteld dat door de optuiging van een zeeflap in garnalennetten tussen 16 en 26 % (in gewicht) aan ondermaatse garnalen kon ontsnappen.

1.4.5 Elektrisch vissen

De meeste selectiviteit verhogende maatregelen focussen louter op netaanpassing. Deze maatregelen beogen een verbeterde filtering of scheiding van de vangst in het vistuig. Het nadeel van deze methodiek is dat alle gevangen dieren effectief in contact komen met het vistuig vooraleer ze kunnen ontsnappen. Beschadiging of stress tijdens het vangst- en/of ontsnappingsproces kan leiden tot extra mortaliteit. Een betere benadering om de selectiviteit van een vistuig te verhogen is vermijden dat de ongewenste bijvangst überhaupt in het net terechtkomt. M.a.w. de vangstscheiding laten plaatsvinden voorafgaand aan het vangstproces. Een alternatieve vangststimulus ter hoogte van de netmond kan hiervoor zorgen, waarbij enkel een gewenste respons bij de doelsoort(en) uitgelokt wordt en niet bij de ongewenste soorten. In een traditionele garnalenboomkor wordt een mechanische vangststimulus veroorzaakt door de klossenpees. Het contact met deze klossen, de turbulentie van het water en/of de trillingen in het sediment stimuleren de meeste dieren in de omgeving van het vistuig, waardoor er veel ongewenste dieren bijgevangen worden.

Een mogelijk alternatief voor de mechanische vangststimulus is het gebruik van een elektrisch veld in de netopening van een garnalennet. In het verleden werden wereldwijd experimenten met elektriciteit uitgevoerd in de visserij. Onderzoek naar de toepassing van elektrische velden in de sleepnetvisserij op garnalen begon in de jaren 1960 en '70 (De Groot & Boonstra 1974; Vanden Broucke & Vanhee 1977). In die periode werden sleepnetten met elektrische pulsen voor Noordzeegarnalen getest in België, Duitsland, Nederland en UK. Het belangrijkste doel van het experimentele werk was meestal

het verhogen van de commerciële vangsten, zonder dat hierbij aandacht werd besteed aan selectiviteit. Onderzoek ging verder tot de jaren 1980, maar werd abrupt en vrijwel gelijktijdig stopgezet in alle Noordzeelanden. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door een Nederlands verbod op elektrisch vissen, gedreven door de angst voor overbevissing. In andere werelddelen werden de ontwikkelingen verdergezet en ook in de Noordzeelanden bleef de belangstelling ondertussen bestaan.

Het innovatieve idee om een elektrisch pulsveld te gebruiken als een soortselectieve stimulus in een nieuw type garnalennet werd voor het eerst geopperd door het ILVO in de late jaren 1990. Tot dan werd de pulsvisserijtechniek vrijwel louter gezien als een middel om de vangstefficiëntie van een vistuig te verhogen. Het basisidee bij soortselectief, elektrisch vissen op garnalen is om met behulp van elektrische pulsen een maximale springrespons op te wekken bij garnalen, zonder hierbij eventuele bijvangstsoorten te stimuleren (Polet et al. 2005a & b). Wetenschappelijk onderzoek heeft duidelijk het lengte- en soortselectief potentieel van de elektrische visserijtechniek aangetoond, zowel in labo experimenten als in het veld (Polet et al. 2005a & b). Uit de verkennende experimenten op zee bleek dat een selectieve, verhoogde onderpees een vluchtweg creëerde voor de meeste vissoorten. De pilootexperimenten met een elektrisch net met verhoogde onderpees en kleine mazen in het rugpaneel leverden bevredigende resultaten op (Polet et al. 2005b). De verliezen van commerciële garnalen waren beperkt. Een deel van de niet-doelsoorten (vissoorten en invertebraten) waren in staat om te ontsnappen. Recenter wetenschappelijk onderzoek (Verschuere & Polet 2009) aan de hand van een preliminair prototype pulsvistuig met 12 lichte elektroden bevestigt deze waarnemingen. Ook hier bleek de pulstechniek soortselectief, waardoor grosso modo 30 % minder ongewenste bijvangst in volume gevangen werd. Het verlies van commerciële garnalen kon meestal worden beperkt.

In 1988 werd het vissen met elektriciteit algemeen verboden in de EU (EG Nr. 850/98). De interesse in de pulsvisserij bleef echter bestaan en deze werd de laatste decennia enkel aangescherpt door de stijgende brandstofprijzen. De wetenschappelijke wereld bericht inmiddels over de positieve aspecten van de experimenten met de pulsvistuigen inzake brandstof- en discardreductie (van Marlen et al. 2005; van Marlen et al. 2006). In 2006 werd door ICES officieel geadviseerd dat de pulsvisserij vele positieve facetten kent, maar dat er bezorgdheid heerst over eventuele, onbekende neveneffecten. Het standpunt was tevens dat dit eerst onderzocht moet worden alvorens er kan overgegaan worden tot wetwijziging. Dit advies werd opgepikt door de Europese commissie en een derogatie op de wetgeving werd ingevoerd. Deze derogatie stelt elke lidstaat in staat om 5 % van de aanwezige boomkorvloot uit te rusten met de pulsvisserijtechniek. Sedert 2007 werd deze derogatie jaarlijks hernieuwd. De eerste resultaten van het onderzoek naar de eventuele effecten van de garnalenspulsveld op levende, mariene organismen wijzen op de afwezigheid van enig effect (Vercauteren et al. 2010). Momenteel worden 2 Vlaamse onderzoekers aan de onafhankelijke Gentse universiteit (faculteit diergeneeskunde) belast met een zeer gedetailleerd onderzoek naar de eventuele neveneffecten van elektrisch vissen op alle mogelijke levensstadia (ei, larve, juveniel en adult) van een range aan mariene soorten (commerciële rond- en platvissoorten, niet-commerciële benthische vissoorten en invertebraten) (ICES 2012). Beide doctoraatsonderzoeken lopen tot eind 2014.

Een geoptimaliseerd garnalenspulsveld kan het aangewezen middel zijn om een oplossing te bieden voor bovenvermelde problematiek in de garnalenvisserij. De implementatie van dergelijk vistuig kan mogelijk bijdragen tot de realisatie van de doelstellingen van de CFP (Common Fisheries Policy). Dit is meer bepaald op het vlak van het rationeel beheer van geëxploiteerde vis- en schaaldierstocks en de bescherming van de rekruten van aan vangstquota onderworpen rond- en platvissoorten. Ook in de

toenemende bezorgdheid omtrent ecologisch kwetsbare mariene gebieden, zoals kustwateren en estuaria, kan een garnalenpulsuig met verminderde bijvangst en beperkte bodemimpact mogelijk bijdragen tot een betere bescherming van de fauna in deze gebieden.

1.5 De bodemimpact

Naast de bijvangstproblematiek heerst er hier en daar ook ongerustheid over de effecten van de garnalenboomkor op de zeebodem en de daarmee geassocieerde organismen. De meningen over de aard en de gevolgen van deze effecten zijn vaak erg uiteenlopend en tegenstrijdig. Sommige studies vermelden duidelijke effecten, terwijl andere studies de garnalenboomkor eerder als een relatief licht vistuig beschouwen met een beperkte impact (Rumohr et al. 1994; Vorberg 1997).

In een poging om de langetermijneffecten van visserij geïnduceerde veranderingen op de epibenthische soortensamenstelling van de Zuidelijke Noordzee in kaart te brengen, vergeleken Rumohr en Kujawski (2000) kwalitatieve historische data uit de periode 1902 tot 1912 met meer recente gegevens uit 1986. Ze toonden aan dat de soortenrijkdom aan bivalvia (tweekleppige weekdieren) gedaald was, terwijl aaseter- en predatorsoorten (crustacea, gastropoda en echinodermata) vaker werden waargenomen in 1986. De auteurs suggereren dat deze verschuivingen kunnen toegeschreven worden aan de fysische impact van de visserij, maar tevens aan de voedselinput voor de aaseter- en predatorsoorten door de teruggooi.

Veranderingen aan epibenthische gemeenschappen zijn meestal het duidelijkst wanneer sessiele epibenthische soorten achteruitgaan of verdwijnen (Riesen en Reise 1982). Ook voor de Waddenzee, het garnalenvisserijgebied bij uitstek, wordt dit geïllustreerd door de relatief plotse achteruitgang van een aantal opvallende sleutelsoorten en de habitats die zij vormen. De belangrijkste zijn de oestervelden (*Ostrea edulis*), de zeegrasvelden (*Zostera marina*), de *Sabellaria* riffen (*Sabellaria spinulosa*) en de zeemosvelden (*Sertularia cupressina*). Het aandeel van de garnalenvisserij in de achteruitgang van deze organismen in de Waddenzee staat ter discussie. Wanneer men bedenkt dat de sublittorale zone van de Waddenzee zeer intensief wordt bevestigd door de garnalenkotters, is het zeker waardevol om de invloed van de visserij op deze gebieden te onderzoeken.

1.5.1 De impact op benthische gemeenschappen

1.5.1.1 *Lanice conchilega* riffen

Schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) vormen een kokertje van zand en schelpengruis dat boven het sediment uitsteekt. Deze kokerwormen kunnen dichtheden van meer dan 1.000 individuen per m² bereiken en geven zo de aanblik van een rif. Schelpkokerwormen verhogen de zuurstof- en nutriëntenuitwisseling en zorgen zo voor een geschikte omgeving voor rijke macrobenthische gemeenschappen.

Wanneer *Lanice* riffen eenmalig bevestigd worden met een garnalenboomkor, dan zijn duidelijke sporen van de boomkorsloffen zichtbaar. De wormen zelf worden hierbij niet beschadigd, maar wel hun kokers die echter relatief vlug opnieuw opgebouwd worden (Berghahn & Vorberg 1998). Een sterker effect is zichtbaar bij de fauna die geassocieerd leeft met de *Lanice* riffen (Rabaut et al. 2008).

Momenteel blijft het onduidelijk wat de langetermijneffecten zijn op deze riffen na regelmatige blootstelling aan garnalenvisserij.

1.5.1.2 *Sabellaria spinulosa* riffen

Sabellaria spinulosa is een mariene polychaet die harde kokers bouwt met zand en slijm. Een aaneensluitend netwerk van deze kokers stabiliseert het sediment en vormt op die manier een substraat voor een diverse epibenthische gemeenschap. Deze riffen worden meerdere cm's dik en kunnen jarenlang aanwezig blijven. *Sabellaria* riffen komen subtidaal voor en vormen een habitat met een hoge diversiteit van geassocieerde dieren en een hoge productiviteit. Vroeger kwamen *Sabellaria* riffen algemeen voor in de Waddenzee (Richter 1927). Momenteel komen ze nog slechts zeer sporadisch voor (Lavaleije & Dankers 1993; Vorberg 2000).

Over de effecten van de garnalenvisserij op *Sabellaria* riffen in de Noordzee zijn de meningen verdeeld. Verschillende studies over het benthos van de Waddenzee schrijven de achteruitgang van de *Sabellaria* riffen, door OSPAR geïdentificeerd als kwetsbare en zeldzame habitats (OSPAR 2006), toe aan de garnalenvisserij (Riesen & Reise 1982; Buhs & Reise 1997). Een vergelijking van de benthos inventarisatie uit de Norderaue regio van de Waddenzee tussen de periode 1923 - 1926 en 1980 (Riesen & Reise 1982) toonde aan dat *Sabellaria* grotendeels verdween in deze tijdsspanne. Lokale vissers beweerden de riffen met opzet te hebben verwijderd om beschadigingen aan hun vistuigen te voorkomen. Buhs & Reise (1997) stellen dat het repetitieve karakter van de garnalenvisserij heeft geleid tot de achteruitgang van *Sabellaria*. Deze studies worden echter bekritiseerd door Vorberg (2000), die via een kortetermijn experimentele studie aantoonde dat de garnalenboomkor geen zichtbare schade aan de *Sabellaria* riffen veroorzaakte. Vorberg wijst er echter op dat intensieve garnalenvisserij op middellange tot lange termijn gevolgen kan hebben op de stabiliteit van *Sabellaria* riffen en op de aanmaak van nieuwe *Sabellaria* riffen. Andere menselijke activiteiten zoals het aanleggen van dijken, kustbescherming, zandwinning, baggeren en inpoldering zouden ook via wijzigingen in hydrografie een impact kunnen hebben op *Sabellaria* riffen. Het relatief belang van de garnalenvisserij en de gewijzigde hydrografie in de teloorgang van de *Sabellaria* riffen is echter nog niet opgeklaard.

1.5.1.3 *Sertularia cupressina*

De zeecypres of zeemos (*Sertularia cupressina*) is een epibenthische, kolonievormende hydroidpoliep die kan uitgroeien tot vertakte structuren met een hoogte van 30 cm. Tot de late jaren '60 waren de belangrijkste vindplaatsen gesitueerd in de Waddenzee en het estuarium van de Thames. Op plaatsen met harde substraten en matige zeestromingen kon de zeebodem volledig bedekt zijn met deze 'witte wieren' (Wagler & Berghahn 1992). De uitgebreide zeemosvelden in de subtidale zone van de Waddenzee gingen sterk achteruit in de vroege jaren '70 en zijn vandaag nagenoeg compleet verdwenen (Berghahn & Offermann 1999). Over de oorzaak van de achteruitgang van deze zeemosvelden zijn de meningen verdeeld. Gedurende vele tientallen jaren werd zeemos weggeharkt van de zeebodem met lichte boomkorren voorzien van prikkeldraad. Er bestond immers een bloeiende handel in gedroogd zeemos, dat gebruikt werd voor decoratieve doeleinden. Berghahn & Offermann (1999) beargumenteren dat deze oogst zelf niet kan verantwoordelijk geacht worden voor het grotendeels verdwijnen van de zeemosvelden. Het oogsten van het zeemos viel immers volledig stil in 1971, omdat de afzetmarkt ophield te bestaan. Op dat moment waren de velden nog wijdverspreid. Ook de impact van de garnalenvisserij op *Sertularia* zou beperkt zijn volgens Berghahn & Offermann

(1999). *Sertularia cupressina* vormt flexibele structuren die bestand zijn tegen hoge drukkrachten en de soort beschikt bovendien over een goed regeneratievermogen (Schmidt & Warner 1991). De achteruitgang van *Sertularia* zou eerder het gevolg zijn van de simultane verdwijning van de oesterbanken en de *Sabellaria* riffen die belangrijke substraten zijn voor de vasthechting van de *Sertularia* kolonies. De schaarste aan harde substraten in een dynamische omgeving als de Waddenzee zou deze hypothese kunnen bevestigen. *Sertularia* op zich is dan weer van belang voor de spatval van mossels, aangezien mossellarven draadvormige structuren (zoals poliepenkolonies) nodig hebben voor de eerste vasthechting aan de zeebodem (Lavaleije & Dankers 1993).

2 DOELSTELLINGEN

2.1 Achtergrond

Zowel nationaal, binnen de Europese Unie als internationaal heerst er een groeiende bekommernis over de bescherming van (juvenile) vis-, schaaldier- en weekdierbestanden, over de omvang van de ongewenste bijvangsten en over de impact van de visserij op het mariene milieu. Er wordt aangedrongen op een proactief beleid en de volgende aanbevelingen worden stilaan gemeengoed:

- De implementatie van maatregelen die erop gericht zijn te voorkomen dat visserijactiviteiten het herstel of het behoud van de stocks in het gedrang brengen.
- Het zoeken naar beheersmaatregelen, inclusief aanlandingsverplichting, om de teruggooi in de visserij te reduceren.
- De ontwikkeling en invoering van selectief vistuig, teneinde de bijvangsten van, en de schade toegebracht aan juvenile vis, schaal- en weekdieren te minimaliseren.
- Een beperking van, en zelfs een verbod op, de visserijactiviteiten in gebieden die als ecologisch kwetsbaar worden beschouwd, en een beperking van het gebruik van vistuig waarvan gemeend wordt dat het een disproportionele impact heeft op het milieu.
- De uitwerking van procedures om de milieu-impact van nieuwe visserijtechnieken te evalueren, teneinde hun eventuele nadelige invloed op het mariene ecosysteem tot het absolute minimum te beperken.

2.2 Doelstellingen

De doelstelling bij de ontwikkeling van het pulsvistuig voor garnalen is, om via praktijktesten en demonstratie tot een garnalenvistuig te komen dat de impact van de garnalenvisserij op het milieu tot een minimum herleidt. Dergelijk vistuig moet:

- Selectief te werk gaan door de ongewenste bijvangsten te reduceren en de commerciële vangsten te behouden;
- het bodemcontact reduceren;
- de kwaliteit van de vangsten verhogen;
- het vooruitzicht bieden op een ecologisch label voor de garnalenvisserij.

De techniek die hierbij gehanteerd wordt is elektrische pulsatie als stimuleringsalternatief in een nieuw type garnalenboomkor.

Onderhavig project had vier belangrijke taken:

- Het ontwerpen, bouwen en testen van een prototype vistuig, geschikt voor een selectieve en minder milieubelastende pulsvisserij op garnalen;
- het ontwerpen, bouwen en testen van apparatuur specifiek voor de pulsvisserij op garnalen in de Noordzee;

- het uittesten en eventueel aanpassen van het pulsvistuig; het behoud van de commerciële vangsten en de reductie van de teruggooi en de milieu-impact zijn de doorslaggevende criteria in de evaluatie;
- de verwerking en de analyse van de vangsten, bekomen in commerciële omstandigheden ter evaluatie van het garnalenspulstuig.

2.3 Werkwijze

Dit project werd opgedeeld in twee fasen:

Een eerste fundamentele onderzoeksfase was gericht op de optimalisatie van het bestaande prototype garnalenspulssysteem ontwikkeld door Ugent, Marelec NV en het ILVO. De nadruk lag hierbij op de verdere reductie van de teruggooi. Om dit te bereiken zou geëxperimenteerd worden met diverse netaanpassingen. Deze waren: a) een alternatieve elektrodeopstelling; b) een alternatieve onderpees en c) een alternatief netpaneel in de buik van het net. Deze experimenten werden georganiseerd door het ILVO op een reeds uitgerust testvaartuig in Oostende. Dit te huren vaartuig bedreef geen commerciële visserij en kon dus exclusief ingeschakeld worden voor de onderzoeksdoeleinden. Schipper en bemanning werden hierbij geleverd door het ILVO.

In de tweede onderzoeksfase werd een Nederlandse garnalenskotter uitgerust met een op maat ontworpen en verbeterd garnalenspulssysteem voor het uitvoeren van uitgebreide praktijktesten in commerciële omstandigheden in de Waddenzee. Deze fase werd opgedeeld in een aantal kerntaken:

- Selectie van een geschikt commercieel actief vaartuig;
- opstellen van een referentiedossier van dit vaartuig ter voorbereiding van de installatie;
- constructie en installatie van de apparatuur aan boord van dit vaartuig;
- opstarten en optimaliseren;
- testfase over een lange periode;
- rapportering en communicatie.

Het garnalenspulssysteem werd geëvalueerd op onderstaande criteria door middel van vangstanalyse en onderwaterobservaties:

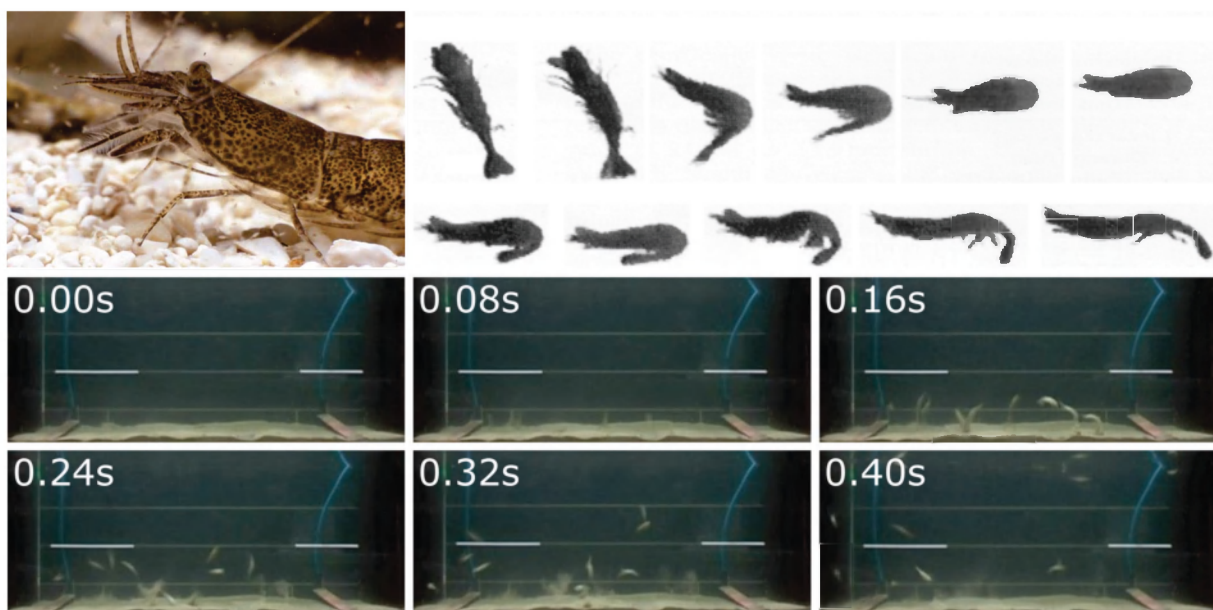
- De reductie van de ongewenste bijvangst;
- de reductie van het bodemcontact;
- het behoud van de commerciële vangsten en de commerciële toepasbaarheid.



3 MATERIAAL EN METHODEN

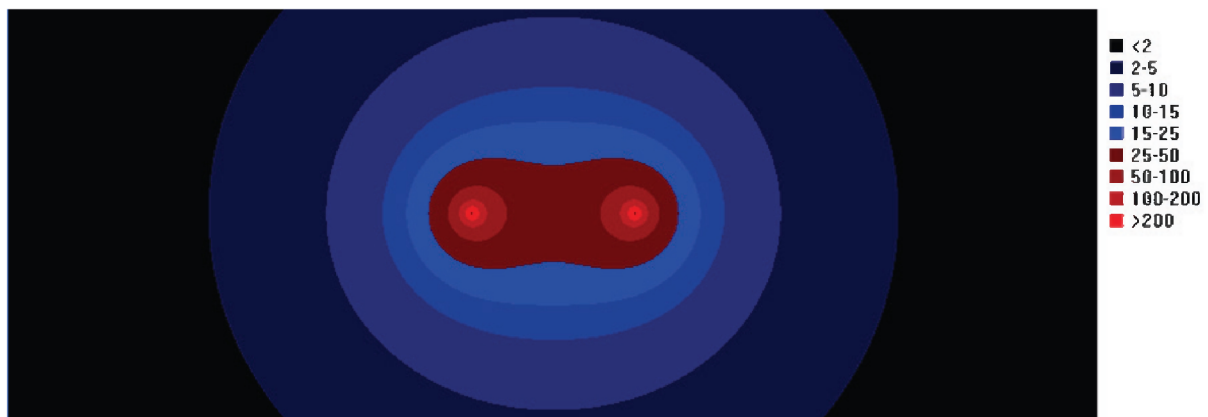
3.1 De ideale *Crangon* puls

Tijdens de haalbaarheidsstudie voorafgaand aan dit project werd aan de hand van meer dan 500 waarnemingsexperimenten bepaald welk elektrisch pulsveld de meest optimale springreactie bij grijze garnaal teweegbrengt. Deze labo-experimenten werden uitgevoerd met een instelbare labopulsgenerator. Het onderzoek toonde aan dat een blokvormige gelijkstroompuls met een herhalingsfrequentie van 5 Hz en een pulsduur tussen 0,25 en 0,5 ms, die een veldsterkte van ongeveer 30 V/m induceert op de zeebodem tussen de elektroden, het beste resultaat geeft om grijze garnalen te doen opspringen uit hun schuilplaats. Een kortstondige hoge piekspanning ('prik'), met steile opgaande en dalende flank is doorslaggevend om de gewenste garnalenrespons uit te lokken (= simultane en opwaartse springbeweging) (zie Figuur 3-1). Gedurende een blootstelling van 0,4 s aan deze puls met herhalingsfrequentie 5 Hz wordt een garnaal ongeveer 2 pulsen gewaar. Dit blijkt voldoende om een garnaal op te schrikken van de zeebodem, waarbij ze opwaarts zwemt en gemakkelijk een verticale hoogte kan bereiken tot 50 cm boven de zeebodem. In de praktijk worden momenteel draadvormige elektroden met een conductorlengte van ongeveer 1,5 m gebruikt aan een vaarsnelheid van ca. 3 knopen. Hierbij staat een garnaal ongeveer 1 s bloot aan het elektrisch pulsveld en krijgt ze bijgevolg max. 5 pulsen van 0,0005 s over zich heen. De korte pulsduur en de zeer lage herhalingsfrequentie maken een geringe energie-input mogelijk (ca. 1kWh per vistuig) ondanks de zeer hoge conductiviteit van zeewater ($> 50.000 \mu\text{S/cm}$).



FIGUUR 3-1 - BOVENAAN RECHTS: TYPISCHE 'TAIL FLIP' VLUCHTBEWEGING VAN GRIJZE GARNAAL (*CRANGON CRANGON*); ONDERAAN: AAN EEN ELEKTRISCH PULSVELD BLOOTGESTELDE GARNALen. HET ELEKTRISCH VELD WORDT AANGELEGD WAARBIJ DE GARNALen UITERST SNEL GEPRIKKELD EN GEDWONGEN WORDEN OM OP TE SPRINGEN VANUIT DE ZEEBODEM. NA AMPER 0,4 SECONDEN (2 À 3 PULSEN) ZIJN DE GARNALen WILLEKEURIG VERSPREID IN HET AQUARIUM.

Met draadvormige elektroden kan geen homogeen verdeeld elektrisch veld opgebouwd worden op de zeebodem. Dit impliceert dat de intensiteit van het elektrisch veld varieert in functie van de afstand tot de elektroden (zie Figuur 3-2). Bijgevolg is de respons van een individuele garnaal sterk afhankelijk van zijn horizontale en verticale positie in het elektrisch pulsveld. In het midden tussen 2 parallelle draadvormige elektroden (+ en -) is de elektrische veldsterkte het laagst. Hierbij komt nog dat de oriëntatie van de garnaal ten opzichte van de elektroden bepaalt wat het kop-staart potentiaalverschil en dus de springreactie zal zijn. Deze reactie is minimaal wanneer de garnaal evenwijdig ligt ten opzichte van de elektroden en maximaal bij loodrechte oriëntatie. Bij de blootstelling aan DC blokpulsen van 5 Hz en 0,5 ms blijkt dat een elektrische veldsterkte van 4 V/m reeds voldoende is om een geschikte springrespons uit te lokken bij grote garnalen (ca. 6 cm lengte) die loodrecht georiënteerd liggen ten opzichte van de elektroden. Bij een veldsterkte van 8 V/m worden alle grote garnalen geprikkeld. Voor kleine garnalen (ca. 3 cm lengte) is een ietwat hogere veldsterkte noodzakelijk, i.e. 6 V/m. Bij 12 V/m reageren alle garnalen. Voor grote en kleine garnalen die parallel georiënteerd zijn ten opzichte van de elektroden is respectievelijk 18 en 24 V/m noodzakelijk om 100 % reactie op te wekken. Er moet benadrukt worden dat dit experimenten betreft in labo-omstandigheden. De praktijkervaring leert inmiddels dat iets hogere veldsterktes (ca. 40V/m) resulteren in een optimale vangstefficiëntie.

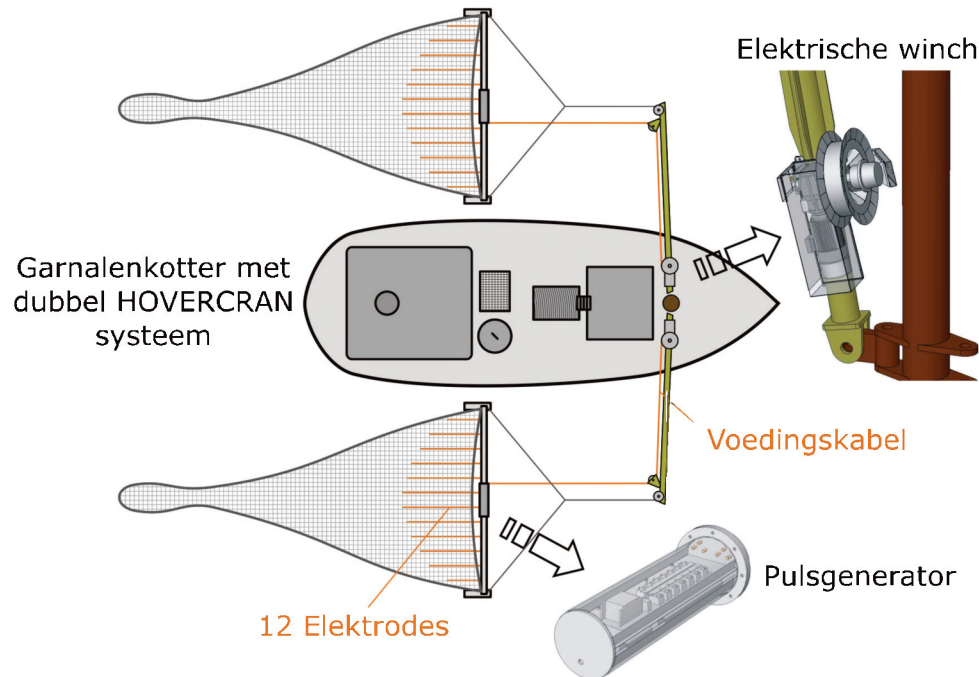


FIGUUR 3-2 - EEN SIMULATIE VAN DE VERDELING VAN DE ELEKTRISCHE VELDSTERKTE ROND EEN PAAR DRAADVORMIGE ELEKTRODEN ($\varnothing$ 12 MM; $L \infty$; + EN -) OP EEN ONDERLINGE AFSTAND VAN 60 CM EN MET EEN SPANNINGSVERSCHIL VAN 60 V. DE ELEKTRISCHE VELDSTERKTE (V/M) NEEMT AF MET DE AFSTAND TOT DE ELEKTRODEN.

3.2 De apparatuur

Het opwekken van een specifiek elektrisch veld in zeewater vereist aangepaste apparatuur (zie Figuur 3-3). Een belangrijk gedeelte van de elektronica bevindt zich aan boord van het vaartuig en vormt de aanwezige wisselstroom om tot onderbroken gelijkstroom. Deze gelijkstroom voedt de pulsgeneratoren op de vistuigen via pulskabels afkomstig van het schip (bakboord- en stuurboordzijde voor een dubbel systeem). Elke pulsgenerator genereert de noodzakelijke laagfrequente gelijkstroompulsen en geeft deze door aan de elektroden in het net. Het vieren en ophalen van de pulskabel gebeurt door middel van een specifieke winch.

De verschillende systeemonderdelen kunnen geplaatst worden op een bestaand schip en garnalenvistuig zonder dat hierbij radicale veranderingen dienen te gebeuren aan de infrastructuur. Net daarom wordt de normale manier van vissen amper beïnvloed. De visserij zelf gebeurt op precies dezelfde manier: De sleepsnelheid, de sleepduur en de keuze van de visgronden blijft dezelfde. De apparatuur werkt tevens volledig autonoom.



FIGUUR 3-3 - SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN DUBBELE GARNALENPULSINSTALLATIE MET DE VERSCHILLENDE ONDERDELEN.

3.2.1 De pulsgenerator

Het 'kloppend hart' van het pulssysteem is de pulsgenerator waarin onderbroken gelijkstroom wordt omgezet naar laagfrequente, gepulste gelijkstroom (5 Hz). Deze generator wordt in een RVS behuizing gemonteerd op de boom van de boomkor. Vanuit elke generator wordt de pulsstroom naar de 12 elektroden in elke netopening geleidt, waar het elektrisch pulsveld aangelegd wordt. De generatoren worden gevoed via een voedingskabel afkomstig van het schip. In dit onderzoek werden de vangstvergelijkingsexperimenten uitgevoerd met pulsgeneratoren van de Belgische firma Marelec NV in Nieuwpoort. De prototypes werden ontwikkeld op basis van de door ILVO aangeleverde basisinformatie. De toestellen moesten robuust, goedkoop en veilig in gebruik zijn. Dit zijn kenmerken die kunnen meehelpen aan een eventuele implementatie in de commerciële garnalenvisserij. Aangezien reeds eerder werd onderzocht wat de optimale pulsparameters zijn om garnalen maximaal te stimuleren, werd gekozen om de instelbaarheid van de pulsgeneratoren te beperken. Enkel de pulsamplitude (het resultaat van het spanningsverschil over de naburige + en – elektrode) is continu instelbaar via een draaischakelaar op de voedingskast in de machinekamer. Dit laat toe om wijzigingen in de conductiviteit van het zeewater, als gevolg van verschillen in temperatuur en/of

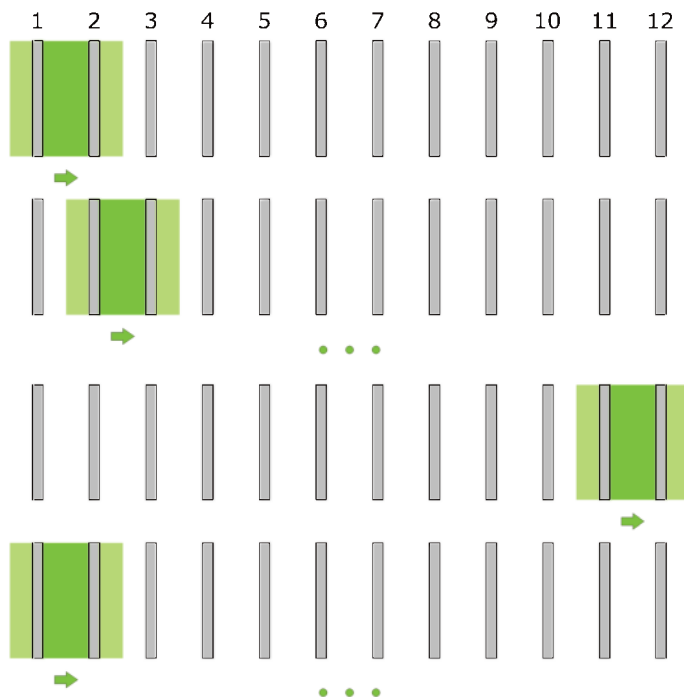
saliniteit op te vangen. Via realtime uitlezing in de scheepsbrug is de controle van het pulssysteem mogelijk. De specifieke software laat toe om de prestaties van de 11 afzonderlijke elektrodeparen te monitoren en te loggen, zoals voorgeschreven wordt door de Europese wetgeving. Een ingebouwde veiligheid waarborgt dat het pulsveld enkel automatisch ingeschakeld wordt onderwater als tenminste 12 m pulskabel is uitgevierd. Omgekeerd zal het pulsveld automatisch uitgeschakeld worden wanneer het vistuig tijdens het halen het schip nadert. Deze automatische controle voorkomt menselijke fouten en garandeert de veiligheid van de bemanning. De bemanning kan dus niet in contact komen met de elektrisch geladen componenten.

Het outputvermogen van elke pulsgenerator is aanzienlijk lager dan het inputvermogen en is een gevolg van elektrische verliezen in de pulskabel en de generator zelf. Aangezien dit vermogensverlies bij het eerste prototype (O 191) groter was dan verwacht, werd besloten om de generator te optimaliseren en te komen tot een nieuw prototype voor gebruik op de TX 25. Dit tweede type generator leverde bij eenzelfde energie-input ongeveer 25% meer rendement, waardoor een hogere uitgangsspanning mogelijk werd. De karakteristieken van beide prototypes worden weergegeven in onderstaande Tabel 1.

TABEL 1 - KARAKTERISTIEKEN PULSGENERATOREN O 191 EN TX 25

		
	Type 1 (O 191)	Type 2 (TX 25)
Merk	Marelec	Marelec
Ingebruikname	31/03/2008	18/03/2011
Aantal elektroden	12	12
Lengte elektroden (m)	3	1,5
Tussenafstand elektroden (m)	0,6	0,7
Pulsvorm	DC, tussen halve sinus en blokvorm	DC, tussen halve sinus en blokvorm
Maximale spanning (V_{peak})	50	65
Maximale spanning_{RMS} (V_{RMS})	2,37	3,25
Pulsduur (ms)	0,5	0,5
Herhalingsfrequentie (Hz)	4,5	5
Gem. ingangsvermogen (kW)	Ca. 1	Ca. 1
Gem. uitgangsvermogen (kW)	Ca. 0,5	Ca. 0,5
I_{peak} (A)	Ca. 500	Ca. 250
I_{RMS} (A)	23,7	12,5
Polariteit elektroden 2 t.e.m. 11	Vast (- of +)	Afwisselend (- en +)
Polariteit elektroden 1 & 12	Vast (- of +)	Vast (- of +)
Maximale veldsterkte op de bodem tussen 2 elektroden (V/m)	Ca. 35	Ca. 50

Figuur 3-4 geeft het werkingsprincipe weer van de huidige pulsgenerator (prototype 2). De 12 elektroden vormen samen 11 elektrodeparen die beurtelings aangestuurd worden door de pulsgenerator. Het apart aansturen is energetisch gezien zeer gunstig. Een volledige cyclus wordt doorlopen in ca. 200 ms.



FIGUUR 3-4 - SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET 'LOOPLIGHT' PRINCIPE: DE 12 ELEKTRODEN VORMEN 11 ELEKTRODEPAAREN DIE BEURTELINGS WORDEN AANGESTUURD DOOR DE PULSGENERATOR (HET ELEKTRISCH VELD WORDT WEERGEGEVEN IN DE GROENE KLEUR); EEN VOLLEDIGE CYCLUS WORDT DOORLOPEN IN ONGEVEER 200 MS. ELKE PULS (GROENE ZONE) DUURT 0,0005 S EN HET INTERVAL TUSSEN 2 NABURIGE PULSEN IS CA. 20 MS.

3.2.2 De elektroden, tussenkabels en connectoren

De eigenlijke elektroden worden momenteel verbonden met de pulsgenerator via geïsoleerde tussenkabels, voorzien van schroef- of drukconnectoren. Tijdens de technische ontwikkelingsfase werden talloze veranderingen doorgevoerd aan de elektroden, de tussenverbindingen en de connectoren. Waterdichtheid, corrosiebestendigheid, slijtvastheid, functionaliteit, kostprijs en eenvoud van concept waren doorslaggevend bij deze ontwikkelingen. Als alternatief voor de in de handel beschikbare maar vaak zeer dure onderwater connectoren werd o.a. een goedkope drukconnector ontworpen. Er werd aanzienlijk geëxperimenteerd met de afmetingen, het materiaal, de opbouw en de opbouw van de elektroden. Een overzicht van de verschillende types uitgeteste elektroden wordt weergegeven in onderstaande tabel (Tabel 2).

TABEL 2 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE TYPES ELEKTRODEN

Type	Modulair	Lengte (m)	Materiaal / Opbouw	Diameter (mm)	Verbindingen	Slijtage
Type 1 (O 191)	Nee, 1 onderdeel	3,4	Kabel in gegalvaniseerd staal met daarrond handgevlochten koper	10	Oogverbindingen met bout en moer; krimpkous als afdichting; presvrijzen als terminatie	Zeer hoog
Type 2 (O 191)	Nee, 1 onderdeel	3,4	Kabel in RVS waarvan een uitwendige streng handmatig vervangen werd door 1 massieve koperstreng (10 mm ²)	12	Oogverbindingen met bout en moer; krimpkous als afdichting; spanband als terminatie	Matig
Type 3 (TX 25)	Nee, 1 onderdeel	3	Machinaal vervaardigde kabel in gegalvaniseerd staal en koper	8	Waterdichte connector als verbinding; koperen bussen als terminatie	Zeer hoog
Type 4 (TX 25)	Ja, 2 onderdelen	2 x 1,5	Machinaal vervaardigde RVS kabel (AISI316; 6*19) en centrale massieve koperkern (10 mm ²); 1,5 m geïsoleerd met rubberslang	12	Waterdichte connector; schroefverbindingen en terminaties d.m.v. bronzen persstukken	Beperkt

3.2.3 De winch en voedingskabel

Voor de voeding van de pulsgeneratoren werd geopteerd om geen gebruik te maken van (herlaadbare) batterijen. Het benodigde elektrische vermogen (ca. 1 kW per kant) is hiervoor te groot en de mogelijke afmetingen van de generator te beperkt. De pulsgeneratoren zijn dus volledig aangewezen op de stroomvoorziening afkomstig van het schip. Bijgevolg is een voedingskabel tussen het schip en het vistuig noodzakelijk. Een voordeel van dergelijke voedingskabel is dat deze toelaat om elektrische informatie uit te wisselen tussen het vistuig en de scheepsbrug. Op deze manier heeft de bediener steeds zicht op het al dan niet functioneren van het wekvelde op de zeebodem. De kenmerken van de gebruikte pulskabel worden weergegeven in Tabel 3.

TABEL 3 - KENMERKEN PULSKABEL

Type	Coax
Standaardlengte	120 m
Diameter	11,43 mm
Gewicht in lucht	469 kg/km
Gewicht in zeewater	379 kg/km
Breeksterkte	71,2 kN
Dubbele gewapende buitenmantel	Binnenlaag: 24 x 0,95 mm gegalvaniseerd staal Buitenlaag: 24 x 1,22 mm gegalvaniseerd staal
Maximale belasting	17,8 kN
Minimale buigradius	230 mm
Bevestiging op het vistuig	In rubberen slang d.m.v. wurgklemmen bevestigd aan de middensprank
Connectie met de pulsgenerator	Tweepolige waterdichte connector

Het halen en vieren van de 120 m lange pulskabels samen met de vislijn gebeurt automatisch met behulp van twee elektrische kabellieren (voor een dubbel systeem). Elke kabellier oefent een instelbare, constante trekkracht uit op de pulskabel waardoor deze steeds strak staat en niet kan haperen of verstrengelen, ongeacht de onregelmatige bewegingen van het vaar- en/of het vistuig. Voorts zijn alle bewegende delen in de lier zelfsmerend en vragen zij geen extra onderhoud. De lieren kunnen indien gewenst gefixeerd worden op de gieken zelf (Figuur 3-5). Op die manier neemt de lier geen extra dekoppervlakte in beslag en is de aanwezigheid van geleidende kabelrollen beperkt tot één enkele in te top van de giek.



FIGUUR 3-5 - ELEKTRISCHE KABELLIER GEMONTEERD OP DE GIEK (TX 25)

3.3 De vangstanalyse

Het garnalenpulstuig wordt onder meer geëvalueerd op basis van de onderstaande criteria: De soort- en lengteselectiviteit; de reductie van de ongewenste bijvangsten; de reductie van het bodemcontact en het behoud van de commerciële vangsten. Voor deze evaluatie werd steeds een rechtstreekse vangstvergelijking aangewend tussen het stuurboord- en het bakboord vistuig (SB en BB). Hierbij werd het experimentele pulstuig meestal vergeleken met een conventioneel garnalentuig (zonder puls). Met behulp van een tussenschot in de opvangbak werden beide vangsten (SB en BB) steeds apart verwerkt en bemonsterd. Na iedere bemonsterde sleep werd de vangst gesorteerd in een roterende spoel- en sorteermachine (zie Figuur 3-6). De volgende drie vangstfracties werden hierbij telkens gescheiden:

1. De grove bijvangstfractie met de grotere vissen, het grotere benthos (krabben, zeesterren, schelpdieren, ...) en het afval.
2. De niet-commerciële garnalenfractie met hoofdzakelijk ondermaatse garnalen (= pufgarnaal) en de allerkleinste visjes.
3. De commerciële garnalenfractie met hoofdzakelijk commerciële garnalen en een marginaal deel juveniele plat- en rondvissen.

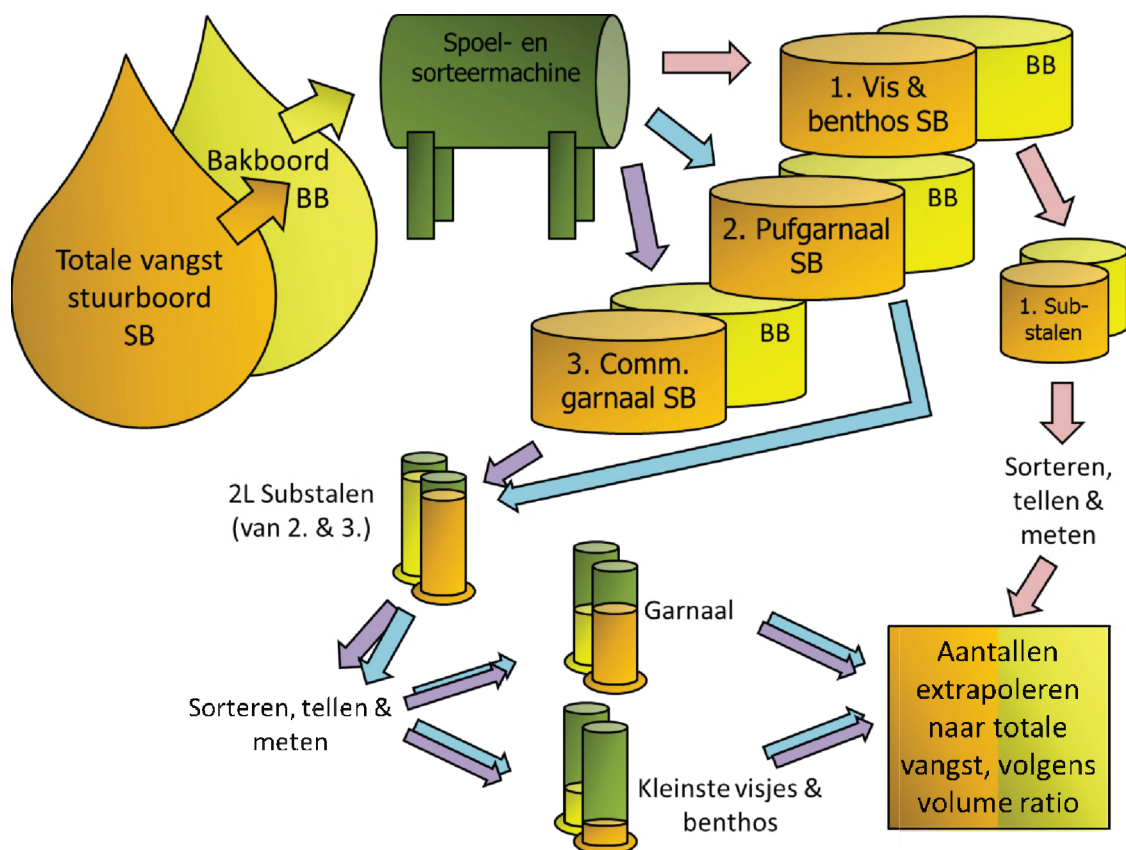
De metingen die gedurende de experimentele zeereizen werden uitgevoerd en de bemonsterings- en meetprotocols die daarbij gehanteerd werden, zijn de standaardprotocols voor selectiviteitsonderzoek.

Deze worden uiteengezet in de "ICES Selectivity Manual". Volgens een vooropgesteld schema werden de volgende metingen uitgevoerd:

1. Meting van de volumes van de 3 verschillende ruwe vangstfracties per kant in liter.
2. Nemen van een substaal van elke garnalenfractie voor gedetailleerde analyse (2 L substaal voor de commerciële garnalenfractie; 1 L substaal voor de niet-commerciële garnalenfractie).
3. Volumebepaling van de hoeveelheid commerciële en teruggooigarnalen.
4. Volumebepaling van de teruggooi (zonder garnalen).
5. Voor een groot aantal geselecteerde zeereizen werd een gedetailleerde vangstanalyse uitgevoerd, i.e. een lengtebepaling voor de commerciële vissoorten (schol, schar, tong, bot, wijting, kabeljauw en steenbolk) en een telling van de niet-commerciële vissoorten en invertebraten.

Van de schipper werd verwacht dat hij voor alle bemonsterde slepen de volgende gegevens noteerde:

1. Weersomstandigheden (windrichting en windkracht, stroomrichting, golfhoogte, ...)
2. Helderheid van het water (troebel – helder)
3. Begin- en eindpositie van de sleep, de sleeprichting en de sleepsnelheid
4. Tijdstip van begin en einde van de sleep
5. Bijkomende relevante visserijtechnische informatie (maaswijdte van de kuil, eventuele beschadiging van het net, aanpassingen, opmerkingen, ...)



FIGUUR 3-6 - SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET GEHANTEERDE PROTOCOL VOOR VANGSTANALYSE.

3.4 De vaartuigen

Dit project werd opgedeeld in twee opeenvolgende onderzoeksfasen: Een eerste fundamentele onderzoeksfase was gericht op de optimalisatie van het eerste prototype garnalenpulssysteem aan boord van het Oostendse vaartuig O 191. De installatie van dit prototype werd reeds op 31/03/2008 afgerond, waarbij een enkel systeem (1 pulsgenerator en 1 winch) werd geplaatst aan de bakboordzijde van het vaartuig. De nadruk bij dit eerste onderzoeksluik lag op de verdere reductie van de teruggooi. Om dit te bereiken werd geëxperimenteerd met diverse netaanpassingen. Deze waren: a) alternatieve elektrodeopstellingen; b) alternatieve onderpezen en c) alternatieve netontwerpen. Deze experimenten werden georganiseerd door het ILVO in Oostende. Het gehuurde vaartuig O 191 bedreef geen commerciële visserij en kon exclusief ingeschakeld worden voor de onderzoeksdoeleinden. De schipper en de bemanning werden aangeleverd door het ILVO.

In de tweede onderzoeksfase werd de Nederlandse commerciële garnalenkotter Texel 25 (TX 25) geselecteerd en uitgerust met een op maat ontworpen operationeel garnalenpulssysteem voor het uitvoeren van uitgebreide praktijktesten in commerciële omstandigheden in de Waddenzee. Deze fase werd opgedeeld in een aantal kerntaken:

- Het opstellen van een referentiedossier van dit vaartuig ter voorbereiding van de installatie;
- de constructie en de installatie van de apparatuur aan boord van dit vaartuig;
- het opstarten en optimaliseren van het systeem;
- het uitvoeren van de testfase over een lange periode;
- het rapporteren en communiceren.

De criteria voor de selectie van de TX 25 als testvaartuig waren:

- De interesse van de schipper in alternatieve en milieuvriendelijke visserijtechnieken;
- de beschikking over een geldige visserijlicentie (binnen de derogatie op de Europese wetgeving) om te mogen vissen met de pulstechniek;
- de bereidwilligheid van de schipper om het vaartuig tijdens de proefperiode ter beschikking te stellen van het project, en dit naar de behoeften van het project;
- de fysieke geschiktheid van het vaartuig voor de installatie van de nodige boordapparatuur en voor het bemonsteren en analyseren van de vangsten.

De installatie van het dubbele, geoptimaliseerde systeem op TX 25 vond plaats op 18/03/2011.

De algemene beschrijving van de beide testvaartuigen wordt weergegeven in Tabel 4.

TABEL 4: BESCHRIJVING VAN DE TESTVAARTUIGEN O 191 EN TX 25

		
	O 191	TX 25
Naam	Natacha	Everdina
Eigenaar	J. P. Damman	D. A. Blom
Thuishaven	Oostende	Oudeschild (Texel)
Lengte x breedte x holte	21,20 x 5,60 m	20,03 x 5,75 x 1,90 m
Tonnage	54 GT	55 GT
Motor	Mitsubishi (1999)	Volvo Penta (1999)
Vermogen	300 HP	299 HP
Bouwjaar casco	1963	1989
Installatie pulssysteem	31/03/2008	18/03/2011

3.5 Conventionele optuigingen - O 191 en TX 25

Voor de evaluatie van de verschillende configuraties pulsvistuigen werd steeds een rechtstreekse vangstvergelijking aangewend tussen een stuurboord- en een bakboord vistuig (SB en BB). Hierbij werd het experimentele pulsvistuig meestal vergeleken met een conventioneel garnalenvistuig. Deze conventionele vistuigen worden beschreven in Tabel 5. De beide netplannen zijn terug te vinden in de bijlage.

TABEL 5: CONVENTIONELE VISTUIGEN O 191 EN TX 25

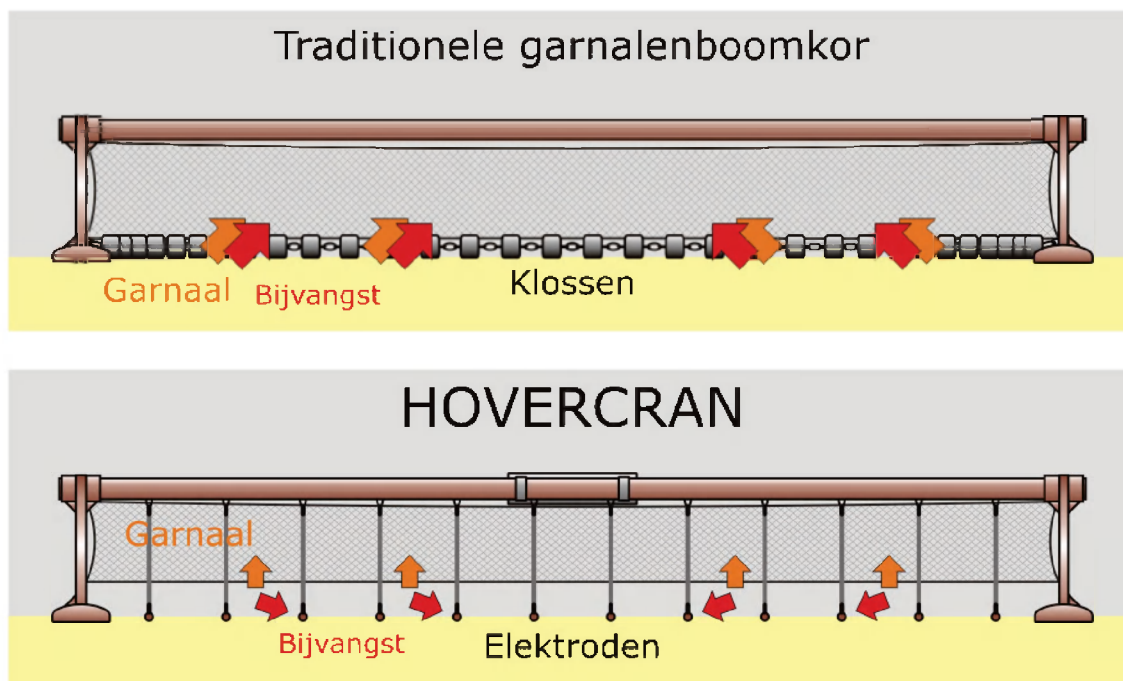
		
	O 191	TX 25
Klossen	32	36
Tot. lengte korrestok (m)	7,60	9,20
Maaswijdte zeeflap (mm)	/	60
Maaswijdte kuil (mm)	22	22
Steuntouwen	Neen	Ja
Beschermkuil	Neen	Ja
Beschermklappen	Ja	Ja

3.6 Experimentele optuigingen met puls & zonder klossen - O 191

De efficiënte toepassing van een elektrisch pulsveld in de netopening van een garnalennet vereist een aangepast vistuig. Gedurende de pilootstudie voorafgaand aan dit onderzoek werd reeds geëxperimenteerd met een aangepaste garnalenboomkor met grotere netopening en verhoogde onderpees (Polet, 2003). Er werd gesteld dat het vervolgonderzoek naar een duurzaam garnalenvulstuig 3 belangrijke zaken dient na te streven: a) een voldoende grote, al dan niet rechthoekige netopening voor het optimaal optuigen van de elektroden; b) een zeer lage vangstefficiëntie bij afwezigheid van het elektrisch pulsveld en c) een minimaal bodemcontact.

Om een effectief en gelijkmatig verdeeld elektrisch veld op te wekken in de netopening van een garnalennet met een standaardbreedte van 8 tot 9 m is de optuiging van 12 lange elektroden noodzakelijk. Bij voorkeur worden deze elektroden in de lengterichting van het net aangebracht, dicht bij de zeebodem, op een onderlinge afstand van 60 à 70 cm. Het optimaal optuigen van deze elektrodeconfiguratie vereist een voldoende grote en bij voorkeur rechthoekige netopening. Op die manier blijft de onderlinge afstand tussen de elektroden overal gelijk en is de lengte van elke elektrode identiek. Dit laatste is vooral gewenst in functie van een eenvoudige productie (invloed op kostprijs) en uitwisselbaarheid van de elektroden.

Om tot een vistuig te komen met een lage vangstefficiëntie in afwezigheid van het elektrisch veld, m.a.w. een net dat 'niets' vangt als het pulsveld uitgeschakeld wordt, werd gekozen om de onderpees te verhogen en de klossen (grotendeels) te verwijderen. Deze keuze is te verantwoorden vanuit de veronderstelling dat op die manier een ontsnapingsroute gecreëerd wordt tussen het net en de zeebodem. Niet-doelsoorten krijgen zo de kans om weg te vluchten onderaan het net (zie Figuur 3-7).



FIGUUR 3-7 - SCHEMATISCH VOORAANZICHT VAN EEN CONVENTIONEEL GARNALENVISTUIG (BOVEN) EN DE HOVERCRAN EEN EXPERIMENTEEL PULSTUIG MET VERHOOGDE ONDERPEES EN 12 ELEKTRODEN I.P.V. EEN KLOSSENPEES. ONDERAAN HET NET WORDT EEN ONTSNAPPINGSOPENING GECREËERD WAARDOOR NIET-DOELSOORTEN KUNNEN ONTSNAPPEN.

In een traditionele garnalenboomkor zorgt de klossenpees voor de mechanische vangststimulus. De garnalen springen op onder invloed van de trillingen van de rollende klossen en komen zo in het net terecht. In het ideale pulstuig, gericht op het verminderen van het zeebodemcontact en de ongewenste bijvangst vervangt een elektrische stimulus de mechanische vangststimulus. Dit pulsvistuig zonder klossenpees kreeg een eigen naam mee om het te onderscheiden van het traditionele garnalenvistuig: i.e. de HOVERCRAN (the HOVERing pulse trawl for a selective CRANgon fishery).

De klossenpees heeft echter een bijkomende functie als bescherming van het vistuig. Het gebruik van een klossenpees laat immers toe om ook op ruwere en oneffen visgronden (stenen, ravel, geulen, ...) te opereren, waarbij de klossen helpen om het net zonder averij over obstakels heen te trekken. Dit kan een reden zijn waarom een aangepaste klossenpees (of een geschikt alternatief) noodzakelijk blijft in bepaalde omstandigheden.

De ontwikkeling van een prototype vistuig naar het vooropgestelde basisidee werd opgesplitst in verschillende stappen. Vooraleer te starten met de experimenten op zee werd het gedrag van de prototypes onderwater gesimuleerd aan de hand van schaalmodellen (schaal 3:8) in de flumetank van Ifremer (Boulogne-sur-Mer). Het uittesten van schaalmodellen laat toe om op een relatief eenvoudige en goedkope manier te experimenteren met verschillende concepten. Het werk in de flumetank leverde afgewerkte schaalmodellen op die a) voldeden aan de vooropgestelde vereisten; b) zich naar wens gedroegen onder water en c) praktisch haalbaar waren voor constructie op ware schaal.

3.6.1 Aangepast conventioneel garnalennet (met puls)

Hoewel de netopening van een conventioneel garnalennet aanvankelijk te krap werd geacht om er een geschikte elektrodenconfiguratie in te bevestigen, werd toch beslist om ten minste een reeks experimenten uit te voeren met dit type net. De klossenpees werd hierbij verwijderd en vervangen door 12 op maat gemaakte elektroden van verschillende lengte, naar het model van de gebogen onderpees (Figuur 3-8). Het netplan van dit conventionele net zonder klossenpees is terug te vinden in de bijlage. In een conventioneel net worden de beide uiteinden van de onderpees rechtstreeks vastgemaakt aan de onderzijde van de beide sloffen, waarbij de onderpees (afhankelijk van de lengte) in een ruime boog achter het tuig komt te hangen. De bevestigingspunten op de sloffen bepalen grotendeels de verticale stand van de onderpees, d.w.z. de hoogte ten opzichte van de zeebodem. Ook de lengte van de onderpees speelt hierin een bepalende rol. Een net met korte onderpees is strakker opgehangen tussen de sloffen (in een flauwere bocht) en heeft hierdoor minder verticale bewegingsvrijheid. Bijgevolg is het eenvoudiger om dergelijk net constant op een gewenste hoogte van de zeebodem te houden dan een net met een langere onderpees of een net met rechthoekige netopening. Als alternatief voor het gewicht van de klossenpees werden 12 afzonderlijke gewichten (3g/stuk) met een flexibele tussenverbinding opgehangen aan de onderpees ter hoogte van elke elektrode. Zonder enige verzwaring kon het lichte net immers onbeperkt liften van de zeebodem met teveel vangstverlies tot gevolg. Elke elektrode werd door een afzonderlijk gewicht geschoven om het geheel op zijn plaats te houden. Tabel 6 geeft de verschillende configuraties weer die werden uitgetest met dit netmodel.



FIGUUR 3-8: CONVENTIONEEL GARNALENNET MET PULS EN ZONDER KLOSSENPEES (CONFIGURATIE 21), MET 12 OP MAAT GEMAAKTE ELEKTRODEN EN 12 CILINDERVORMIGE GEWICHTEN ALS ALTERNATIEF VOOR HET GEWICHT VAN DE KLOSSEN.

TABEL 6 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE UITGETESTE NETCONFIGURATIES MET HET AANGEPASTE, CONVENTIONELE GARNALENNET

Config.	Getest op	#Slepen	Beschrijving configuratie
8	29/10/2008	6	- Ruimte tussen de onderpees en de 12 loodvormige gewichten = ca. 10 cm - Elektroden vooraan via ketting verbonden met de korrestok, achteraan los doorheen gewichten geschoven
9	6/11/2008 19/11/2008 26/11/2008 3/12/2008 16/12/2008 22/12/2008 26/01/2009	29	Kettingverbinding tussen de elektroden en de korrestok met 60 cm uitgelengd: De elektroden schuiven hierdoor verder naar achteren toe
10	15/04/2009 22/04/2009	13	- Cilindervormige gewichten (3 kg/stuk) vastgeklemd op de elektroden - Extra pees tussen de sloffen om elektroden naar de zeebodem te dwingen
11	28/04/2009	7	Onderpees aan weerszijden 1 schakel ingekort
12	07/05/2009 13/05/2009 19/05/2009 28/05/2009 03/06/2009 28/07/2009 10/08/2009	32	Verbinding tussen de 12 cilindervormige gewichten en de onderpees ca. 15 cm
13	13/05/2009	2	Onderpees lager ingeshackled (op laatste oog in de rij)
21	22/09/2009 29/09/2009 30/09/2009 15/10/2009 10/11/2009	25	- Alle elektroden vooraan weggewerkt in kunststof buizen (PE/PVC) i.p.v. kettingverbinding - Ruimte tussen de onderpees en de zeebodem minder dan 10 cm
22	17/11/2009	5	Onderpees langs beide zijden 2 schakels ingekort
23	08/12/2009 15/12/2009	11	Cilindervormige gewichten (3 kg) opnieuw nauwkeurig vastgezet op de elektroden volgens de boog van de onderpees
24	22/12/2009 05/01/2010	10	Bovenpees op de hoogst mogelijke stand bevestigd
25	30/03/2010 02/04/2010	8	Bovenpees 1 positie verlaagd

3.6.1.1 Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden

De onderwaterobservaties van configuraties 1 t.e.m. 25 toonden aan dat de flexibele verbinding tussen de 12 cilindervormige gewichten op de elektroden en de onderpees meestal volstond om de onderpees op de gewenste afstand van de zeebodem te houden. In het geval echter waarbij de snelheid van het vistuig t.o.v. het instromende water hoog was, werd het net samen met de gewichten (en dus ook de elektroden) van de zeebodem gelift. Hierbij werd de afstand tussen de onderpees en de zeebodem te groot om nog langer visnamig te zijn. Om dit probleem op te lossen werd een nieuw type langwerpig gewicht (ca. 6 kg/stuk) op de elektroden geplaatst. De verbinding van deze gewichten met de onderpees was zodanig dat het net voldoende horizontale bewegingsvrijheid behield om bij het vissen aan hoge snelheid toch ook op de gewenste afstand te blijven (Figuur 3-9). De verticale afstand tussen de onderpees en de zeebodem bedroeg continu 15 cm. Met dit aangepaste gewicht werden uiteindelijk 4 verschillende configuraties uitgetest. De technische verschillen tussen deze configuraties worden beschreven in Tabel 7.



FIGUUR 3-9: AANGEPASTE LANGWERPIGE GEWICHTEN OP DE ELEKTRODEN OM HET NET (ZONDER KLOSSEN) OP DE GEWENSTE HOOGTE VAN DE ZEEBODEM TE HOUDEN.

TABEL 7 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE UITGETESTE NETCONFIGURATIES MET LANGWERPIGE GEWICHTEN OP DE ELEKTRODEN

Configuratie	Getest op	#Slepen	Beschrijving configuratie
26	20/05/10 27/05/10	9	6 langwerpige gewichten, opgehangen aan elektroden 2, 4, 6, 7, 9, 11
27	01/06/10	5	8 langwerpige gewichten, opgehangen aan elektroden 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10 en 11
28	09/06/10 23/06/10	10	12 langwerpige gewichten aan alle elektroden
29	24/06/10	6	Onderpees zowel L als R met 2 schakels verlengd

3.6.1.2 Ingekorte netopening (aangepast buikpaneel)

Vanuit het streven naar een vaste spatie (ontsnappingsruimte) tussen de onderpees van het net en de zeebodem werd gekozen om ook een net met verkorte onderpees uit te testen. Een korte onderpees wordt strakker opgespannen tussen de sloffen en heeft bijgevolg minder verticale bewegingsvrijheid, waardoor deze gemakkelijker op de gewenste hoogte gedwongen wordt. Met een kortere onderpees wordt de buikopening echter mee verkort en verkleint bijgevolg ook het elektrisch pulsveld. Een net met korte onderpees kan dus enkel zinvol zijn als het pulsveld voldoende groot blijft om de garnalen

optimaal te stimuleren. Om deze aanpassing te onderzoeken werd een afzonderlijk netpaneel aangebracht in de buikzijde van het net. Dit buikpaneel werd vooraan d.m.v. een secundaire onderpees op dezelfde plaats als de primaire onderpees ingeshackled. De volledige buikopening werd hierdoor voor ongeveer 2/3 opgevuld. Variaties op deze configuratie, met beschrijving van de technische aanpassingen worden weergegeven in onderstaande Tabel 8 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met ingekorte netopening, netplannen zijn te vinden in de bijlage.

TABEL 8 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE UITGETESTE NETCONFIGURATIES MET INGEKORTE NETOPENING

Config.	Getest op	#Slepen	Beschrijving configuratie
14	09/06/2009	7	Achtereind van het netpaneeltje losjes aangesteld aan de onderpees zodanig dat ca. 2/3 van de oorspronkelijke netopening werd opgevuld
15	01/07/2009 08/07/2009 14/07/2009 23/07/2009	21	Achtereind van het buikpaneel iets strakker aangesteld aan de onderpees
16	28/07/2009	1	Nieuw buikpaneel dat 1/3 van de oorspronkelijke buikopening opvult
17	18/08/2009	7	- Nieuw (rond) net met verkorte onderpees (8 m i.p.v. 10 m) - Gewichten los over de elektroden; 2° cilindrisch gewichtje (1kg) op het uiteinde van de elektrode - Verbinding tussen de gewichten en de onderpees: Ca. 20 cm
18	25/08/2009	6	Verbinding gewichten – onderpees: Ca. 15 cm
19	02/09/2009	6	Gewichten vastgezet op de elektroden
20	10/09/2009 17/09/2009	6	- Aanzet elektroden gewijzigd; ketting en spantouw tussen de schaatsen verwijderd; 12 beugels vast gelast op de korrestok op 60 cm van elkaar 12 buizen van 63 cm (PET + PVC) bevestigd - Elektroden met oog op het einde bevestigd met kleine RVS shackle

3.6.2 Rechthoekig net met rechte onderpees

Inzake netontwerp werd in navolging van de Nederlandse ontwikkelingen in de pulsvisserij op platvis, beslist om een net met een rechthoekig uitgesneden buikpaneel en een rechte onderpees te ontwikkelen. Het voordeel van dergelijk net is vooral de mogelijkheid om op een efficiënte manier een elektrisch pulsveld toe te passen in de netopening. Een rechthoekige netopening laat toe om over de volledige breedte van het vistuig elektroden op te hangen van dezelfde lengte. Naar productie en vervanging toe is dit een zeer belangrijk element. Een uitdaging bij het gebruik van een rechthoekig net met rechte onderpees is het behoud van een constante verticale hoogte van het net in de waterkolom. De onderwateropname heeft aangetoond dat met name bij het vissen aan hogere vaarsnelheden of het slepen in de tijrichting veel lift ontstaat in het net, waarbij het net verder van de bodem af gaat staan. Aangezien er geopteerd werd om geen klossen te gebruiken in de experimentele optuigingen op O 191, was ook hier de uitdaging om een alternatief te vinden om het net op de gewenste afstand van de bodem te houden. Experimenten met een schaalmodel in de flumetank toonden aan dat het niet evident zou zijn om de rechte onderpees in een rechthoekig net mooi gestrekt te houden (maximale spreiding) zonder hierbij rigide structuren te gebruiken als



hulpmiddel. Het netplan in de bijlage toont het net dat op basis van de flumetank experimenten werd uitgewerkt. Dit model werd op ware schaal geconstrueerd met een rechthoekige netopening van 280 cm lang, een lichte deltaflex onderpees en 12 trekontlasters met stelketting om de onderpees over de volledige breedte parallel te houden met de korrestok. Om het geheel iets te verzwaren werden beide spieën over gans de onderzijde verzwaard met een ketting van ca. 6 kg om te beletten dat garnalen zouden ontsnappen aan de zijkanten. Als alternatief voor het gewicht van de klossen (om het net op de gewenste afstand van de bodem te houden) werden ook hier gewichten aangebracht op de elektroden ter hoogte van de onderpees. Verder werden de elektroden naar beneden gedwongen met een deltaflex pees tussen de sloffen. Variaties op deze configuratie, met beschrijving van de technische aanpassingen worden weergegeven in onderstaande tabel.

TABEL 9 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE UITGETESTE NETCONFIGURATIES MET RECHTHOEKIG NET MET RECHTE ONDERPEES

Config.	Getest op	#Slepen	Beschrijving configuratie
1	23/04/2008 28/04/2008	8	Output generator ca. 75%
2	9/05/2008 22/05/2008 29/05/2008 5/06/2008 10/06/2008 24/06/2008	24	- Onderpees verzwaard met loodkoord (30kg) - Maximale output generator
3	14/07/2008	4	Bevestigingspunten van de gewichten thv de onderpees opgeschoven naar voor
4	17/07/2008 24/07/2008 29/07/2008 29/07/2008 6/08/2008	19	Elektroden vooraan 1m geïsoleerd
5	28/08/2008	4	- Loodkoord doorheen 7m PVC-buis ø32mm, aangesteld aan de onderpees - Deltaflexpees tss de schaatsen verwijderd - Helft van het touwenschot verwijderd - Andere helft rechtstreeks naar de onderpees
6	8/9/2008 11/9/2008	10	Elektroden tegen de onderpees; geen vaste spatie meer
7	6/10/2008 13/10/2008	8	Vaste spatie (20cm) tussen de onderpees en de elektroden

3.6.2.1 Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden

Ook de combinatie van het rechthoekige net met de eerder beproefde langwerpige gewichten (zie 3.6.1.1) op de elektroden werd uitgetest. De verbinding van deze gewichten met de onderpees was zodanig dat het net voldoende horizontale bewegingsvrijheid behield om bij het vissen aan hoge



snelheid toch ook op de gewenste afstand te blijven. De verschillen tussen deze configuraties worden weergegeven in onderstaande Tabel 10.

TABEL 10 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE UITGETESTE NETCONFIGURATIES MET AANGEPASTE LANGWERPIGE GEWICHTEN OP DE ELEKTRODEN IN HET RECHTHOEKIGE NET MET RECHTE ONDERPEES

Config.	Getest op	#Slepen	Beschrijving configuratie
30	06/07/10	6	Rechthoekig net met rechte onderpees; 12 langwerpige gewichten en 11 trekontlasters tussen de onderpees en de korrestok
31	13/07/10	5	11 PE stukken (60 cm lengte) bevestigd op de onderpees tussen de elektroden - Onderpees langs weerszijden 20 cm naar binnen gebracht op de schaats (op een extra patte)
32	27/07/10	5	1 stuk dikwandig PE van 7,5 m lengte bevestigd rond de onderpees

3.6.2.2 Alternatief voor gewicht om de hoogte van de onderpees te regelen

De rode draad doorheen de ontwikkeling van geschikte experimentele optuigingen was steeds dezelfde: Genoeg garnalen weerhouden in de vangst en tegelijkertijd zoveel mogelijk ongewenste bijvangst laten ontsnappen. Het basisidee hierbij was een vrije ruimte creëren tussen de onderpees van het net en de zeebodem. Een vistuig waarbij deze ontsnappingsopening naar keuze kan ingesteld worden geeft de beste garantie om een trade-off te vinden tussen voldoende garnalen weerhouden en bijvangst voorkomen.

Bij configuraties 1 t.e.m. 32 werd steeds geopteerd om met behulp van extra gewicht, hetzij in de vorm van gewichten op de elektroden, hetzij in de vorm van verzwaring van de onderpees zelf, het net op de constante afstand van de zeebodem te houden. In een nieuwe reeks experimenten werd getracht om via hydrodynamische gedragingen een alternatief te zoeken voor dit gewicht. Met behulp van een kunststofplaat, bevestigd aan de onderpees en opgehangen aan de korrestok via trekontlasters, werd getracht om via scheerkracht de onderpees op een vaste afstand van de bodem te brengen (Figuur 3-10). Door de lengte van de trekontlasters en tevens het aangrijpingspunt op de kunststofvleugel te variëren kon de neerwaartse scheerkracht naar wens ingesteld worden. Rigide tasters op de vleugel werkten als antagonist, om de stand van de vleugel te compenseren met opwaartse kracht om zo een juiste instelling te verkrijgen. De verschillende uitgeteste configuraties worden beschreven in Tabel 11.



FIGUUR 3-10: VOLDOENDE FLEXIBELE KUNSTSTOFPLAAT BEVESTIGD AAN DE ONDERPEES VAN HET RECHTHOEKIGE NET, MET TREKONTLASTERS EN METALEN TASTERS

TABEL 11 - OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE UITGETESTE NETCONFIGURATIES MET DE KUNSTSTOFPLAAT ALS ALTERNATIEF VOOR GEWICHT OM DE ONDERPEES OP DE GEWENSTE AFSTAND TE HOUDEN

Config.	Getest op	#Slepen	Beschrijving configuratie
33	29/09/10	5	• Trekontlasters vooraan aangrijpend op de kunststofvleugel
34	07/10/10 12/10/10	9	• Trekontlasters op maat gezet; ketting tussen de hoek van het net en de sloffen 7 schakels korter bevestigd; onderpees naar het middelste gat op de patte
35	14/10/10	6	• 6 middelste trekontlasters centraal aangrijpend; zijkettingen met 4 schakels ingekort

3.6.3 Rechthoekig broeknet met rechte onderpees

Als eerste schaalmodel werd een broeknet met 2 kuilen (zie netplan in bijlage) geconstrueerd en uitgetest in de flumetank. Hierbij was het de bedoeling dat de netopening en dus ook het elektrisch veld beter zijn spreiding zou behouden onder invloed van het dubbele neteinde. Reeds na de eerste proeftanktesten werd dit netontwerp aan de kant geschoven. De extra voordelen (iets betere netspreiding) wogen immers niet op tegen de nadelen (extra werk en kostprijs) die een net met dubbele kuil met zich meebrengt.



3.7 Experimentele optuigingen - TX 25

Tijdens de commerciële testfase met TX 25 op de Waddenzee rond Texel werd ervoor gekozen om geen HOVERCRAN (= optuiging zonder klossenpees) op te dringen aan de schipper en bemanning. Het was eerder de bedoeling om de schipper (en zijn bemanning) maximaal te betrekken bij de ontwikkeling van een vistuig dat afgestemd is op de commerciële omstandigheden aan boord van TX 25, hierbij ondersteund door de ervaring opgedaan aan boord van O 191. Er werd geopteerd voor een geleidelijke aanpak, waarbij uiteindelijk gestreefd werd naar een eindconfiguratie met een volledig of ten minste sterk gereduceerde klossenpees.

3.7.1 Effect van de vistuigpositie (BB of SB) op de vangstvergelijking

Vooraleer aan boord van TX 25 gestart werd met de vangstvergelijking van een reeks experimentele pulsvistuigen met een conventioneel garnalenvistuig, werd eerst nagegaan of er al dan niet een effect was van de vistuigpositie (bakboord of stuurboord) op de vangstefficiëntie van de vistuigen. Verschillen hierin zouden immers een systematische fout op de daarop volgende experimenten opleveren. Hiertoe werden 11 slepen (= trekken) uitgevoerd met twee identieke vistuigen (BB en SB) met pulsveld ($n = 7$) en zonder pulsveld ($n = 4$). De beide vistuigen werden hiervoor opgetuigd met een conventioneel garnalennet, 12 elektroden van ongelijke lengte (gebogen onderpees) en een klassieke klossenpees met 36 klossen (Figuur 3-11).



FIGUUR 3-11 – COMBINATIE GARNALENVISTUIG MET KLASSIEK GARNALENNET, KLOSSENPEES MET 36 KLOSSEN EN 12 AANGEPASTE ELEKTRODEN.

3.7.2 Effect van het pulsveld op de vangstefficiëntie ('proof of concept')

Algemeen wordt verondersteld dat het huidige, conventionele garnalenvistuig met de traditionele klossenpees zeer efficiënt is. Niettegenstaande leek het interessant om te onderzoeken of de toepassing van een pulsveld in een conventioneel vistuig met klossenpees resulteert in een

meervangst aan garnalen. Voor dit 'proof of concept' experiment werden twee identieke combinatie vistuigen (met klassiek net en klossenpees) elk voorzien van 12 op lengte aangepaste elektroden (Figuur 3-11). Om het effect van het pulsveld op de vangstefficiëntie van het vistuig na te gaan werd een reeks vergelijkende slepen uitgevoerd met verschillende pulsamplitudes (70 %, 80 %, 90 % en 100 % van de maximale generatoroutput), met telkens het andere net zonder pulsveld als referentie. De aanwezigheid van het pulsveld aan bakboord of stuurboord werd hierbij regelmatig gewisseld.

3.7.3 Effect van de pulsintensiteit op de vangstefficiëntie

Zoals eerder vermeld werd gekozen om de instellingsmogelijkheden van de pulsgeneratoren te beperken tot een wijzigbare pulsamplitude (= de pulsintensiteit). Met behulp van het voorgaande 'proof of concept' experiment werd onderzocht of een verschil in pulsamplitude (70 %, 80 %, 90 % en 100 % van de maximale generatoroutput) resulteerde in een verschillende vangstefficiëntie van het combinatie pulsvistuig (36 klossen + 12 elektroden).

3.7.4 Effect van de conductorlengte op de vangstefficiëntie

Tijdens de experimentele zeereizen werd opgemerkt dat de elektroden sterk onderhevig waren aan slijtage en dat dit een kritische factor was voor de duurzaamheid van het pulssysteem. Een modulair opgebouwde elektrode, bestaande uit een geïsoleerd, slijtvast onderdeel enerzijds en een kortere conductor (= de elektrische geleider en tevens het voornaamste slijtonderdeel) anderzijds, laat een eenvoudige en goedkope vervanging toe van dit slijtonderdeel. Bovendien kan met kortere conductoren een compactere generator gebruikt worden om dezelfde elektrische veldsterktes te bereiken in het pulsveld (energetisch gunstig). In functie hiervan werd onderzocht of het gebruik van kortere conductoren een invloed had op de vangstefficiëntie van het pulsvistuig. Een directe vangstvergelijking tussen een vistuig met 3 m lange elektroden en een tweede vistuig met 1,5 m lange elektroden moest dit ophelderen.

3.7.5 De eindconfiguratie met gereduceerde klossenpees

Na de installatie van het garnalenpulssysteem op TX 25 (18/03/2011) werd geruime tijd voorzien voor de schipper (en bemanning) om te wennen aan het systeem en om op zoek te gaan naar een geschikte optuiging in functie van de normale visbestekken. Al snel werd duidelijk dat het gebruik van een pulsvistuig zonder klossenpees (= HOVERCRAN), zoals uitgetest op O 191, moeilijk zou worden. In vergelijking met de zanderige, vlakke visbestekken van O 191 (Vlaamse banken) zijn de visgronden van TX 25 zeer oneffen (geulen op het Wad) en vaak bezaaid met stenen (zie bijvoorbeeld de 'Texelse stenen'). Op dergelijke visgronden heeft de klossenpees met zijn rollende onderdelen een belangrijke secundaire functie als vistuigbescherming. Het vissen zonder klossenpees op deze bestekken zou meer dan waarschijnlijk leiden tot averij en is dus praktisch onmogelijk. Bijgevolg werd beslist om verder te experimenteren met een aangepaste klossenpees. Hierbij was het uitgangspunt het reduceren van zoveel mogelijk klossen (en bijgevolg gewicht). Stapsgewijs werden klossen verwijderd van de originele klossenpees met 36 klossen. Uiteindelijk leidde dit tot een stabiele eindconfiguratie met een rechthoekig net met rechte onderpees (netplan zie bijlage) en een rechte, lichtgewicht klossenpees met 10 klossen. De opbouw van deze klossenpees wordt weergegeven in Figuur 3-12.



FIGUUR 3-12: AANGEPASTE KLOSSENPEES TX 25; 10 KLOSSEN ALTERNEREN MET DE ELEKTRODEN, DE AFSTAND TUSSEN 2 NABURIGE KLOSSEN BEDRAAGT 70 CM. HET TOTAAL GEWICHT VAN DE KLOSSENPEES BEDRAAGT CA. 100 KG.

Bij een eerste reeks slepen werd de efficiëntie van deze eindconfiguratie vergeleken met een traditioneel garnalennet met zeeflap (zie netplan in bijlage). In een tweede reeks vergelijkende slepen werd de zeeflap verwijderd uit het conventionele net. Op deze manier werd zowel een vergelijking mogelijk gemaakt van het pulsvistuig met een conventioneel net mét en zonder zeeflap.

3.8 Statistische analyse

De vangstgegevens van het experimentele net met puls (verschillende configuraties) werden verwerkt als proporties van de totale vangst en als percentage van de afname of de toename.

Zo is bijvoorbeeld:

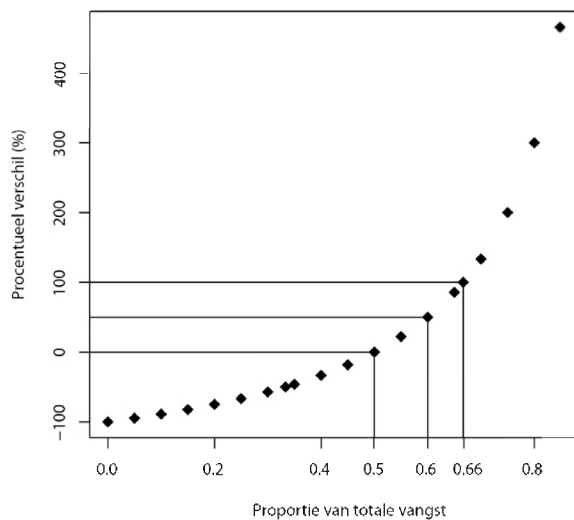
- De proportie van commerciële garnalen = (volume commerciële garnalen in experimenteel net) / (totaal volume commerciële garnalen in beide netten (experimenteel en standaard))
- % van de toename commerciële garnalen = (volume commerciële garnalen in experimenteel net – volume commerciële garnalen in standaard net) / (volume commerciële garnalen in standaard net)

Voorbeeld 1: Stel dat er in een sleep 150 L commerciële garnalen gevangen wordt in het experimentele net en 100 L in het standaard net. Dan wordt de proportie: $150 / (150 + 100) = 0,6$ en de procentuele toename: $(150 - 100) / 100 = 50 \%$. Hier vangt het experimentele net de helft meer garnalen dan het standaard net.

Voorbeeld 2: Stel dat er in een sleep 200 L commerciële garnalen gevangen wordt in het experimentele net en 100 L in het standaard net. Dan wordt de proportie: $200 / (200 + 100) = 0,666$ en de procentuele toename: $(200 - 100) / 100 = 100 \%$. Hier vangt het experimentele net het dubbele van het standaard net.

Figuur 3-13 toont de relatie tussen de proportie van de totale vangst en het procentueel verschil in vangst. Een proportie van 0,5 komt overeen met een gelijke vangst in beide netten en dus 0 % verschil. Een proportie van 0,6 komt overeen met 50 % extra vangst in het experimenteel net en een proportie van 0,666 is equivalent met een vangsttoename van 100 %. De relatie tussen beide is dus duidelijk niet lineair.

Verder werden niet-parametrische testen (Wilcoxon gepaarde test en Kruskal-Wallis test) gebruikt om significante verschillen aan te tonen (significantie niveau bij $p = 0,05$).



FIGUUR 3-13 – RELATIE TUSSEN DE PROPORTIE VAN DE TOTALE VANGST EN HET PROCENTUEEL VERSCHIL

3.9 Onderwaterobservatie

Zoals eerder vermeld was de reductie van het bodemcontact door het vistuig een van de belangrijkste doelstellingen binnen dit project. Daar vertrokken werd van een prototype vistuig zonder bollenketting was op voorhand geweten dat het bodemcontact ferm zou worden gereduceerd. Om dit bevestigd te zien werd het vistuig tijdens het vissen op de zeebodem geobserveerd met een onderwatercamera. Het moduleerbare ILVO camera-systeem met kabel liet toe om simultaan 2 camera's om het even waar te plaatsen op het vistuig en de beelden in realtime te bekijken (Figuur 3-14).



FIGUUR 3-14: ILVO'S REALTIME ONDERWATERCAMERASYSTEEM.

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Resultaten: Experimentele optuigingen met puls & zonder klossen - O 191

In totaal werden 35 verschillende configuraties van het experimentele pulsvistuig uitgewerkt en op zee getest aan boord van O 191. De verschillende configuraties worden technisch beschreven in hoofdstuk 3.6. Figuur 4-1 toont de vangstresultaten voor deze 35 configuraties voor commerciële garnalen, pufgarnalen (= teruggooigarnalen) en 'trash' (= de teruggooi van niet-garnalen; m.a.w. de ongewenste bijvangst bestaande uit commerciële en niet-commerciële vissoorten en ongewervelden). Op basis van deze vangstresultaten werden de best presterende configuraties geselecteerd. In deze configuraties werd de commerciële garnalenvangst op zijn minst behouden en werd de ongewenste bijvangst voldoende gereduceerd. Voor deze geselecteerde configuraties (6, 8, 9, 12, 21, 23, 26, 27 en 28) werd de garnalenvangst en de bijvangst meer in detail onderzocht.

4.1.1 Aangepast conventioneel garnalennet (met puls)

Bij de eerste reeks experimenten was het experimenteel net gebaseerd op een conventioneel 'rond gesneden' garnalennet, waarbij de klossenpees werd vervangen door 12 op maat gemaakte elektroden van verschillende lengte, naar het model van de gebogen onderpees. Als alternatief voor het gewicht van de klossenpees werd een gewicht opgehangen aan de onderpees ter hoogte van elke elektrode.

Configuratie 8

Bij configuratie 8 bedroeg de afstand tussen de onderpees en de zeebodem ongeveer 10 cm. De vangst van commerciële garnalen steeg met 17,0 % ($\pm 15,7$ % standaarddeviatie: SD) ten opzichte van het standaard net, maar deze toename was echter niet significant (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,068$) omdat hier slechts 5 slepen uitgevoerd werden. Ook de vangst van pufgarnalen steeg (+ 37,0 % $\pm 39,7$ % SD) maar dit was opnieuw niet significant (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,067$). De hoeveelheid trash daalde significant (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,043$) met 18,0 % ($\pm 13,5$ % SD). De analyse van de bijvangst van commerciële soorten toonde aan dat er een significante, maar meestal lichte daling was in de vangst van Kabeljauw, Schol, Tong en Wijting (Tabel 12 en Figuur 4-3).

Configuratie 9

Bij configuratie 9 (29 vergelijkende slepen) werd de verbinding tussen de elektroden en de korrestok met 60 cm ketting uitgelengd ten opzichte van configuratie 8. Dit had als gevolg dat het pulsveld dicht bij de zeebodem kwam te liggen. Dit resulteerde in een significante (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,00004$) en zeer hoge meervangst aan commerciële garnalen van 64,0 % ($\pm 98,3$ % SD). Ook voor pufgarnalen was er een significante (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,001$) en aanzienlijke meervangst van 111,0 % ($\pm 213,3$ % SD). De vangst van trash in het experimentele pulsvistuig was significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,00002$) lager en daalde met 37,0 % ($\pm 15,1$ % SD) ten opzichte van het standaard net. De analyse van de bijvangst van commerciële vissoorten toonde aan dat er een significante reductie was in de vangst van Kabeljauw en Wijting in het experimentele net (Tabel 12 en Figuur 4-3).

Effect van de elektrische pulsen bij configuratie 9

Om het effect van de elektrische pulsen op de vangstsamenstelling te kwantificeren, werd bij configuratie 9 vijfmaal gesleept waarbij de pulsgenerator uitgeschakeld werd. Vooraf werd verwacht dat de invloed van het elektrisch veld zich voornamelijk zou weerspiegelen in de vangst van garnalen. Het is ongewenst dat de elektrische pulsen een effect hebben op de bijvangst, dat was immers het uitgangspunt van de ontwikkeling van het garnalenpulstuig. De boxplots in Figuur 4-2 geven het verschil weer tussen de experimentele vangst (configuratie 9) en de standaard vangst.

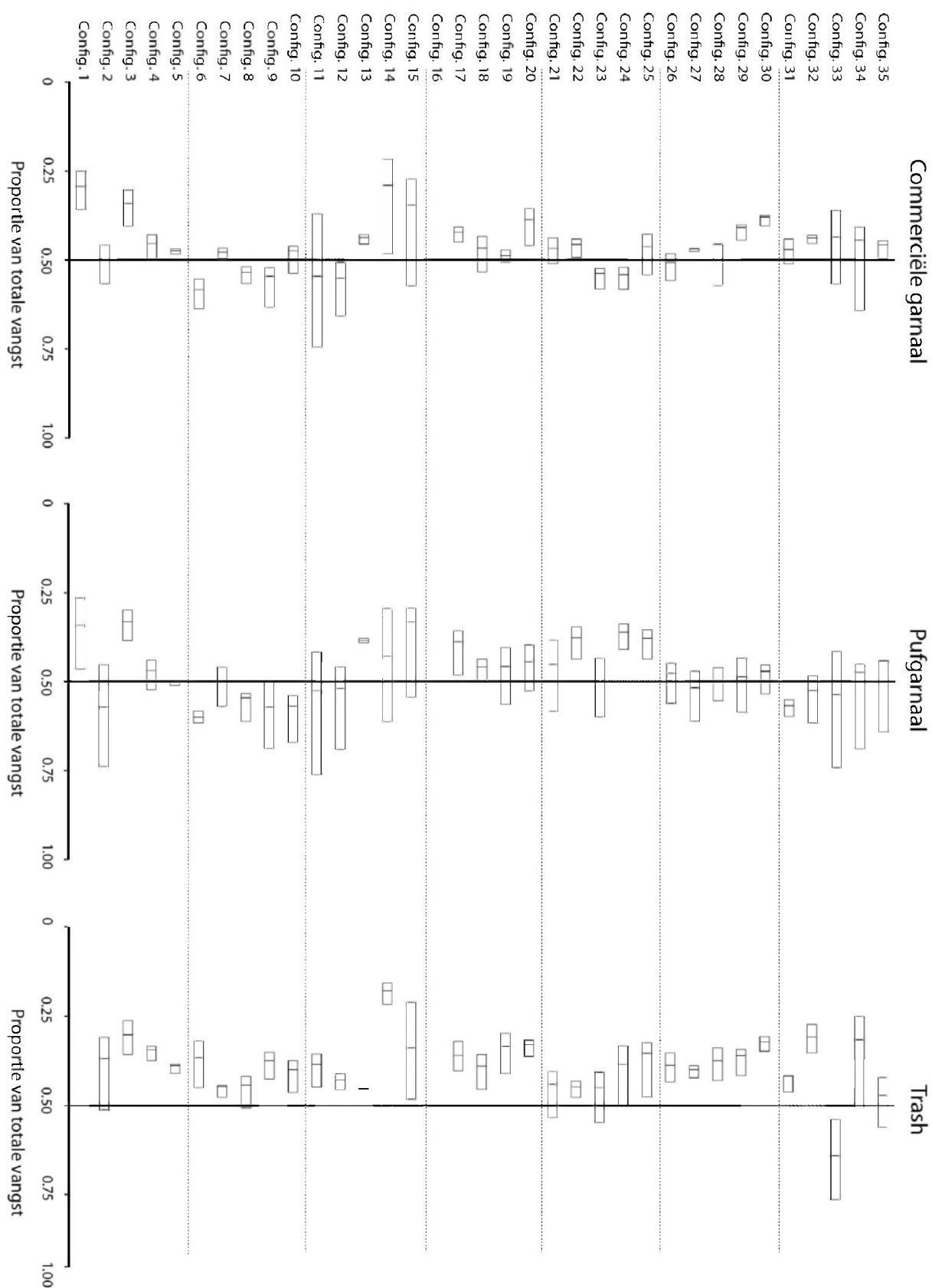
Wanneer de elektrische pulsen ingeschakeld werden resulteerde dit in een significante (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,00004$) en sterke stijging van de vangst van commerciële garnalen met 64,0 % ($\pm 98,3$ % SD) zoals hierboven beschreven, terwijl het experimentele net zonder elektrische pulsen 48,8 % ($\pm 28,5$ % SD) minder commerciële garnalen ving dan het standaard vistuig. Dit verschil is echter niet significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,067$) omwille van het lage aantal slepen (= 5). Toch is het duidelijk dat het elektrisch pulsveld een sterke invloed heeft op de vangst van garnalen.

Configuratie 9 met elektrische pulsen ving tevens 111,0 % ($\pm 213,3$ % SD) meer pufgarnalen dan het standaard net. Wanneer de elektrische pulsen werden uitgeschakeld werd er 42,6 % ($\pm 25,9$ % SD) minder pufgarnalen gevangen in het experimentele net in vergelijking met het standaard net. Dit verschil is echter opnieuw niet significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,067$) omwille van het lage aantal slepen (= 5).

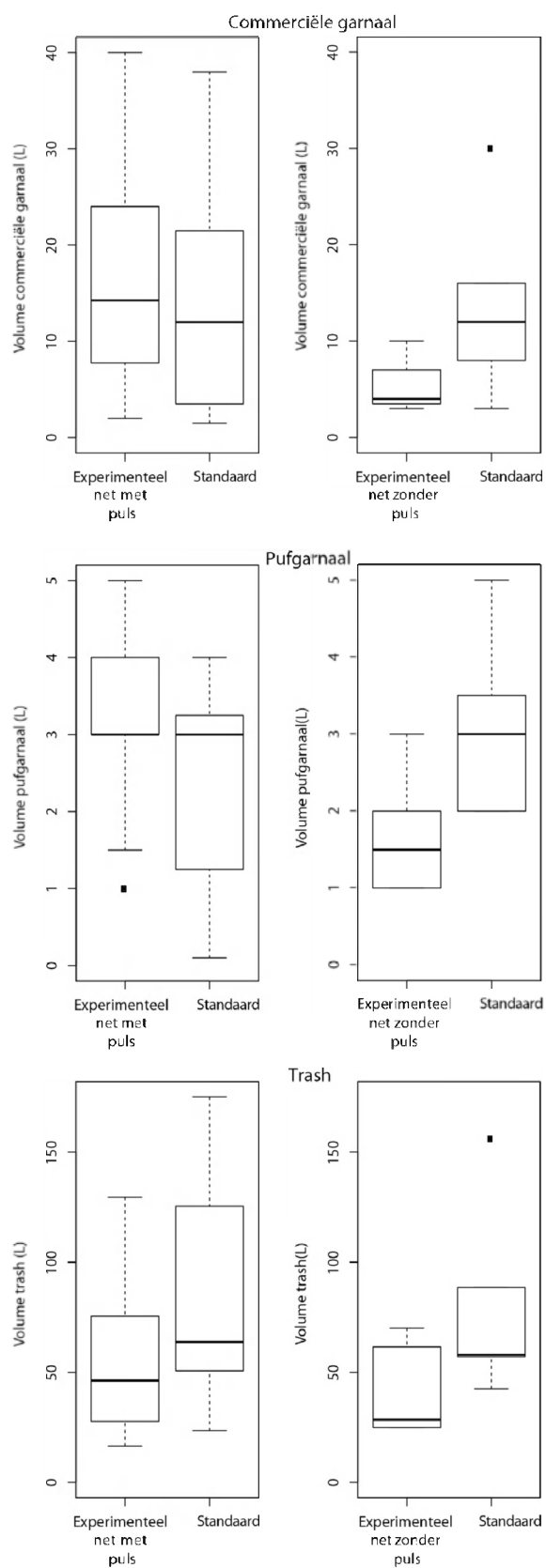
Het experimentele net met elektrische pulsen ving significant minder ($- 37,0$ % $\pm 15,1$ % SD) trash ten opzichte van het standaard net (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,00002$). Wanneer de elektrische pulsen uitgeschakeld werden, ving configuratie 9 eveneens significant minder ($- 46,7$ % $\pm 10,9$ % SD) trash dan het standaard net (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,043$). Rekening houdend met de standaard deviaties was er dus geen groot verschil in vangst van trash wanneer de pulsen in of uitgeschakeld werden. Het principe dat het elektrisch veld geen stimulering mag geven aan niet-garnalen bleef dus gerespecteerd.

Configuratie 12

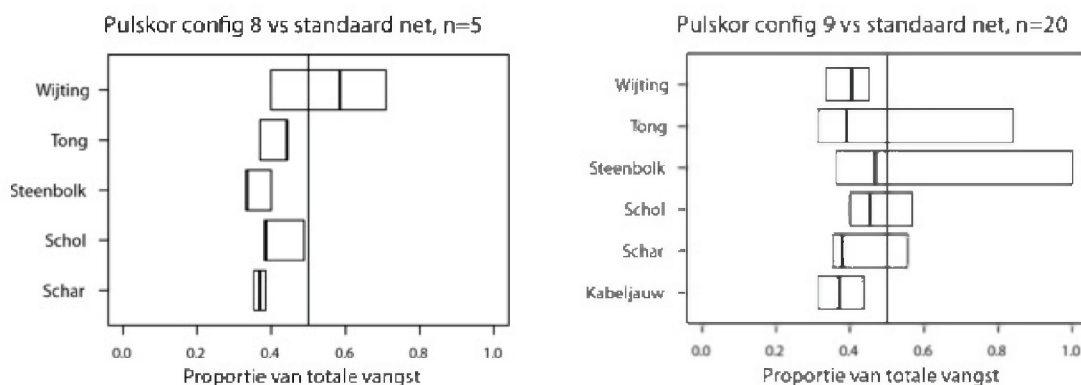
Bij configuratie 12 bedroeg de afstand tussen de onderpees en de zeebodem ongeveer 15 cm d.m.v. een verbinding tussen de gewichten op de elektroden en de onderpees. De ontsnappingsopening onderaan het net was dus ongeveer 5 cm hoger in vergelijking met de configuraties 8 en 9. Ook hier was er een duidelijke toename in de vangst van commerciële garnalen ($+ 46,0$ % $\pm 75,0$ % SD) die statistisch significant was (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,0006$). De bijvangst van de trash nam significant af met 23,0 % ($\pm 22,1$ % SD) (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,0002$). De vangst van de pufgarnalen was niet significant verschillend tussen het experimentele net en het standaard net, maar er was wel een trend van hogere vangst in het experimenteel net zichtbaar. De analyse van de bijvangst van de commerciële vissoorten toonde aan dat er een significante en sterke vangstreductie was voor Bot, Schar en Schol (Figuur 4-4 en Tabel 13). Voor de bijvangst van niet-commerciële vissoorten en invertebraten (Figuur 4-10) vonden we enkel een statistisch significante daling voor Sprot met $- 40,7$ % ($\pm 48,4$ % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,017$). Voor de andere soorten vonden we geen significante verschillen.



FIGUUR 4-1 - PROPORTIE VAN DE EXPERIMENTELE VANGST (PULSVISTUIG) T.O.V. DE TOTALE VANGST ($= \text{EXP} / (\text{EXP} + \text{STANDAARD})$) OP BASIS VAN DE VOLUMES PER CONFIGURATIE (35 VERSCHILLENDE CONFIGURATIES ZONDER KLOSSENPEES O 191). COMMERCIEËLE GARNALEN (LINKS), PUGARNALEN (MIDDEN), EN RESTFRACIE (RECHTS), MET WEERGAVE VAN MEDIAAN EN QUARTIELEN.



FIGUUR 4-2 – LINKS: VANGSTVERGELIJKING TUSSEN HET EXPERIMENTEEL NET (CONFIGURATIE 9) MËT PULSVELD EN HET STANDAARD NET EN RECHTS: VANGSTVERGELIJKING TUSSEN HET EXPERIMENTEEL NET (CONFIGURATIE 9) ZONDER PULSVELD EN HET STANDAARD NET, VOOR COMMERCIEËLE GARNALEN (BOVENAAN), PUFGARNALEN (MIDDEN) EN TRASH (ONDERAAN) – EXPERIMENTELE CONFIGURATIE 9 ZONDER KLOSSENPEES.



FIGUUR 4-3 - SAMENSTELLING VAN DE BIJVANGST BETREFFENDE COMMERCIELE VISSOORTEN: PULSVISTUIG VS STANDAARD NET VOOR CONFIGURATIES 8 EN 9. PROPORTIE VAN HET PULSVISTUIG IN DE TOTALE VANGST (BEIDE NETTEN SAMEN).

TABEL 12: PROCENTUEEL VERSCHIL IN VANGST TUSSEN HET PULSVISTUIG EN HET STANDAARD NET PER COMMERCIELE VISSOORT VOOR CONFIGURATIES 6, 8 EN 9. HET GEMIDDELD VERSCHIL OVER DE VERSCHILLENDE SLEPEN $\pm$ DE STANDAARDDEVIATIE MET SIGNIFICANTIETEST (WILCOXON GEPAARDE TEST). GEEN WAARDEN INDIEN TE WEINIG VANGST VAN EEN BEPAALDE SOORT IN EEN CONFIGURATIE.

	Config. 8	Config. 9
Kabeljauw	- 39,2 % $\pm$ 37,4 $p = 0,007$	- 35,4 % $\pm$ 35,0 $p = 0,007$
Schar	14,3 % $\pm$ 106,1 $p = 0,086$	11,9 % $\pm$ 107,6 $p = 0,421$
Schol	- 9,4 % $\pm$ 64,0 $p = 0,011$	- 4,1 % $\pm$ 72,8 $p = 0,112$
Steenbolk	- 28,1 % $\pm$ 30,9 $p = 0,222$	
Tong	- 8,5 % $\pm$ 125,7 $p = 0,040$	
Wijting	- 11,1 % $\pm$ 62,1 $p = 0,004$	- 28,4 % $\pm$ 27,9 $p = 0,0008$

Configuratie 21

Configuratie 21 bestond opnieuw uit een aangepast standaard net met 10 m onderpees. Bij de aanzet van de elektroden (= de verbinding met de korrestok) werden de kettingen vervangen door kunststof pijpen. De opening tussen de onderpees en de elektroden werd verlaagd tot minder dan 10 cm hoogte. Hierbij werd een significante (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,006$) daling vastgesteld in de vangst van commerciële garnalen van 14,0 % ($\pm$ 10,5 % SD). De bijvangst van trash daalde met - 9,0 % ($\pm$ 32,5 %), maar deze daling was niet significant (Wilcoxon $p = 0,161$), net als voor pufgarnalen (- 17,0 % $\pm$ 34,2 SD, Wilcoxon $p = 0,142$). De analyse van de bijvangst van commerciële vissoorten (Figuur 4-5) toonde aan dat er een significante en sterke vangstreductie was voor Schar en Wijting

(Tabel 13). Voor de bijvangst van niet-commerciële vissoorten en invertebraten (Figuur 4-10) vonden we enkel een significante daling voor steenbolk van 39,2 % ($\pm 37,3$ % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,017$). Voor de andere soorten vonden we geen significante verschillen.

Configuratie 23

Bij configuratie 23 werden de cilindervormige gewichten opnieuw en nauwkeuriger vastgezet op de elektroden volgens de boog van de onderpees. De afstand tussen de onderpees en de zeebodem werd behouden. Dit resulteerde in een significant hogere vangst van commerciële garnalen in het experimentele net (+ 23,0 % $\pm 29,8$ % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,025$). Inzake bijvangst van trash en pufgarnalen werden geen significante verschillen vastgesteld (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,128$ en $p = 0,529$ respectievelijk). Voor commerciële vissoorten (Figuur 4-6) stelden we een significante vangstreductie vast van Schar en Wijting, maar tevens een significante (en onverklaarbare) meervangst van van Schol (Tabel 13). Voor niet-commerciële vissoorten en invertebraten (Figuur 4-10) vonden we enkel een significant verschil voor de gewone zeester die gemiddeld toenam met 82,5 % ($\pm 169,0$ % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,049$).

4.1.1.1 Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden

Configuratie 26

Bij configuratie 26 werden 6 langwerpige gewichten op de elektroden geplaatst om de afstand tussen de onderpees en de zeebodem (= 15 cm) nog constanter te houden. Bij de experimenten bleek dat er geen significant verschil was in de vangst van commerciële garnalen en pufgarnalen (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,594$ en $p = 0,401$, respectievelijk). We vonden wel een significante afname in de bijvangst van trash met 40,0 % ($\pm 12,6$ % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,007$). Analyse van deze bijvangst voor commerciële vissoorten (Figuur 4-7) toonde aan dat er een significante afname was in de vangst van Bot, Schar, Schol, Tong en Wijting (Tabel 13).

Configuratie 27

Bij deze configuratie werden in vergelijking tot de vorige configuratie nog 2 extra langwerpige gewichten aan de elektroden opgehangen. Hierbij stelden we een significante afname vast in de vangst van commerciële garnalen met 10,6 % ($\pm 2,8$ % SD, Wilcoxon $p = 0,043$). De vangst van pufgarnalen was niet significant verschillend tussen het experimentele net en het traditionele net. Inzake trash vonden we een significante afname van 34,7 % ($\pm 5,8$ % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,043$). Analyse van de bijvangst van commerciële vissoorten (Figuur 4-8) leerde ons dat er een significant lagere bijvangst was van Schar, Schol, Tong en Wijting (Tabel 13).

Configuratie 28

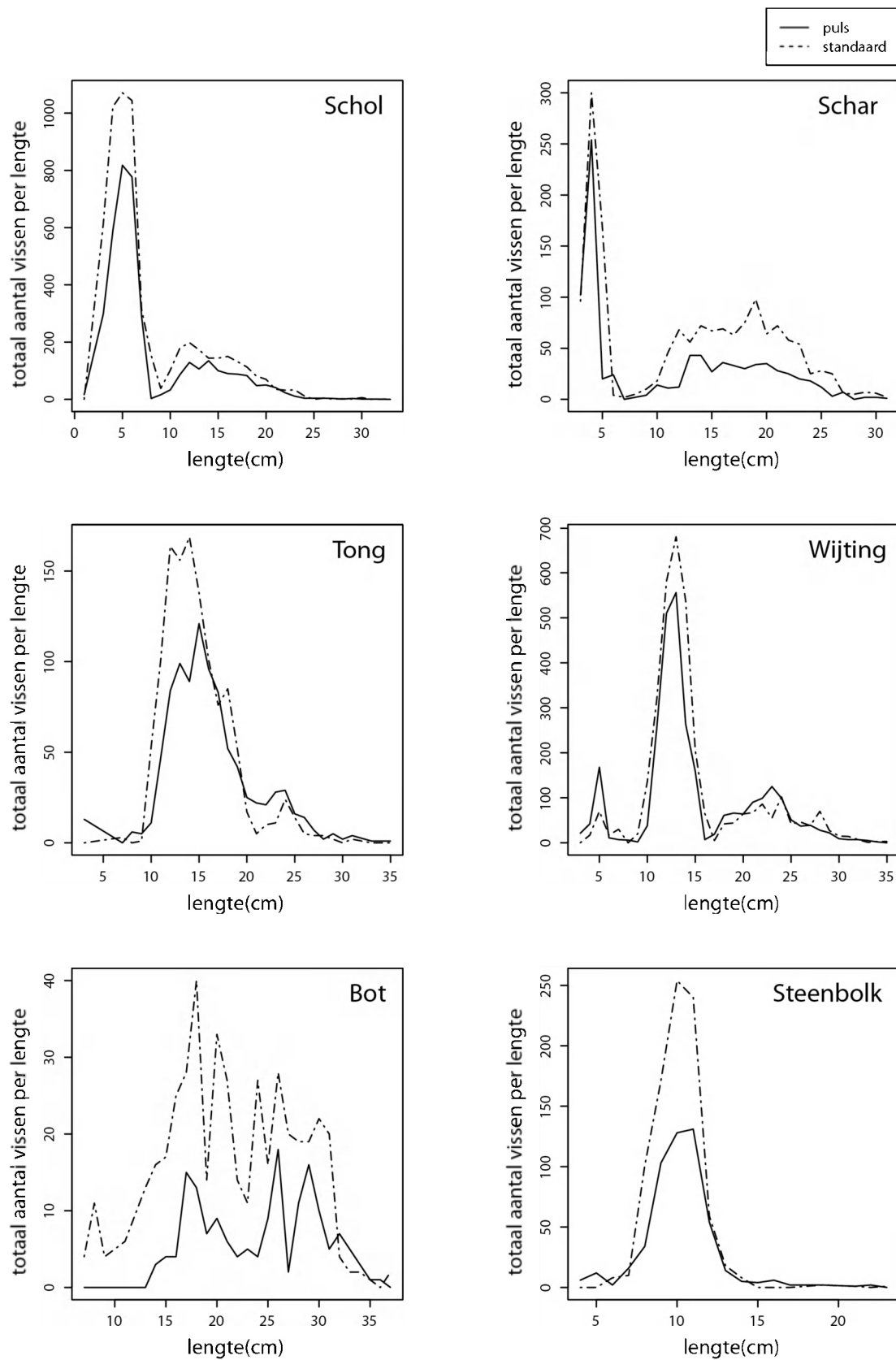
Bij configuratie 28 tenslotte werden alle 12 de elektroden voorzien van een langwerpig gewicht. De analyse van de vangst toonde aan dat er geen significant verschil was in de vangst van commerciële garnalen en pufgarnalen (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,507$ en $p = 0,612$). De vangst van trash nam significant af (Wilcoxon gepaarde test $p = 0,005$) met 39,0 % ($\pm 17,2$ % SD). Bot, Schar, Schol en Tong werden significant minder bijgevangen in het experimentele net. Enkel voor Wijting was de situatie omgekeerd en was er een significante toename in de vangst (Figuur 4-9 en Tabel 13).

4.1.1.2 Ingekorte netopening (aangepast buikpaneel)

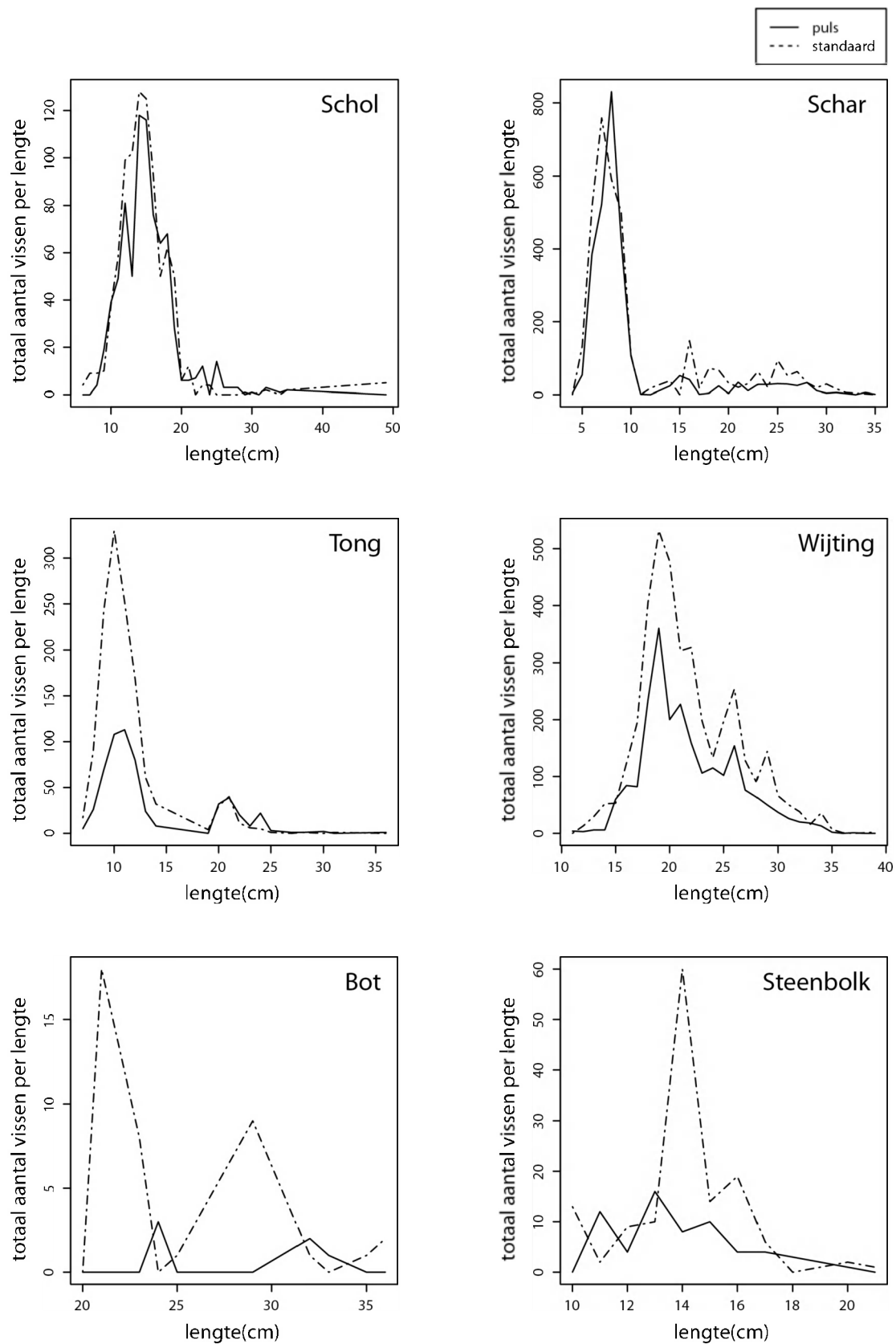
Uit de reeks uitgeteste optuigingen met ingekorte netopening (configuraties 14, 15, 16, 17, 18, 19 en 20) werden geen configuraties geselecteerd voor verdere analyse. Dit was hoofdzakelijk omdat alle configuraties met ingekorte netopening slecht tot zeer slecht scoorden inzake commerciële garnalenvangst in vergelijking tot het conventionele tuig (zie Figuur 4-1). Tegelijkertijd bleek dat ook de bijvangst, van zowel pufgarnalen als niet-garnalen heel sterk gereduceerd werd. Het is niet direct eenduidig te verklaren waarom deze configuraties over de gehele lijn weinig visnamig waren. Bij deze reeks experimenten werd de onderpees in meer of mindere mate dicht bij de boom en de sloffen gebracht, waardoor het pulsveld korter werd. Waarschijnlijk is de combinatie van een verhoogde onderpees (minstens 15 cm van de zeebodem) en een veel te kort pulsveld vóór de onderpees (uitgesproken aan de zijanten van het net met gebogen onderpees) de voornaamste verklaring voor de lage efficiëntie. Dit betekent niet noodzakelijk dat dergelijke optuiging niet tot goede resultaten kan leiden. Misschien scoort een rechthoekig net (met rechte onderpees) met daarin de combinatie van een kort pulsveld (overal dezelfde lengte, ook aan de zijanten van het net) en een wat lager opgetuigde onderpees toch goede resultaten op de vooropgestelde criteria. De combinatie van een kort rechthoekig pulsveld met een verhoogde onderpees dicht bij de korrestok werd echter niet uitgetest in dit project.

TABEL 13: PROCENTUEEL VERSCHIL IN VANGST TUSSEN HET PULSVISTUIG EN HET STANDAARD NET PER COMMERCIELE VISSOORT VOOR CONFIGURATIES 12, 21, 23, 26, 27 EN 28 (CONFIGURATIES MET AANGEPAST CONVENTIONEEL NET, ZONDER KLOSSEN). HET GEMIDDELD VERSCHIL OVER DE VERSCHILLENDE SLEPEN $\pm$ DE STANDAARDDEVIATIE MET SIGNIFICANTIETEST (WILCOXON GEPAARDE TEST). GEEN WAARDEN INDIEN TE WEINIG VANGST VAN EEN BEPAALDE SOORT IN EEN CONFIGURATIE.

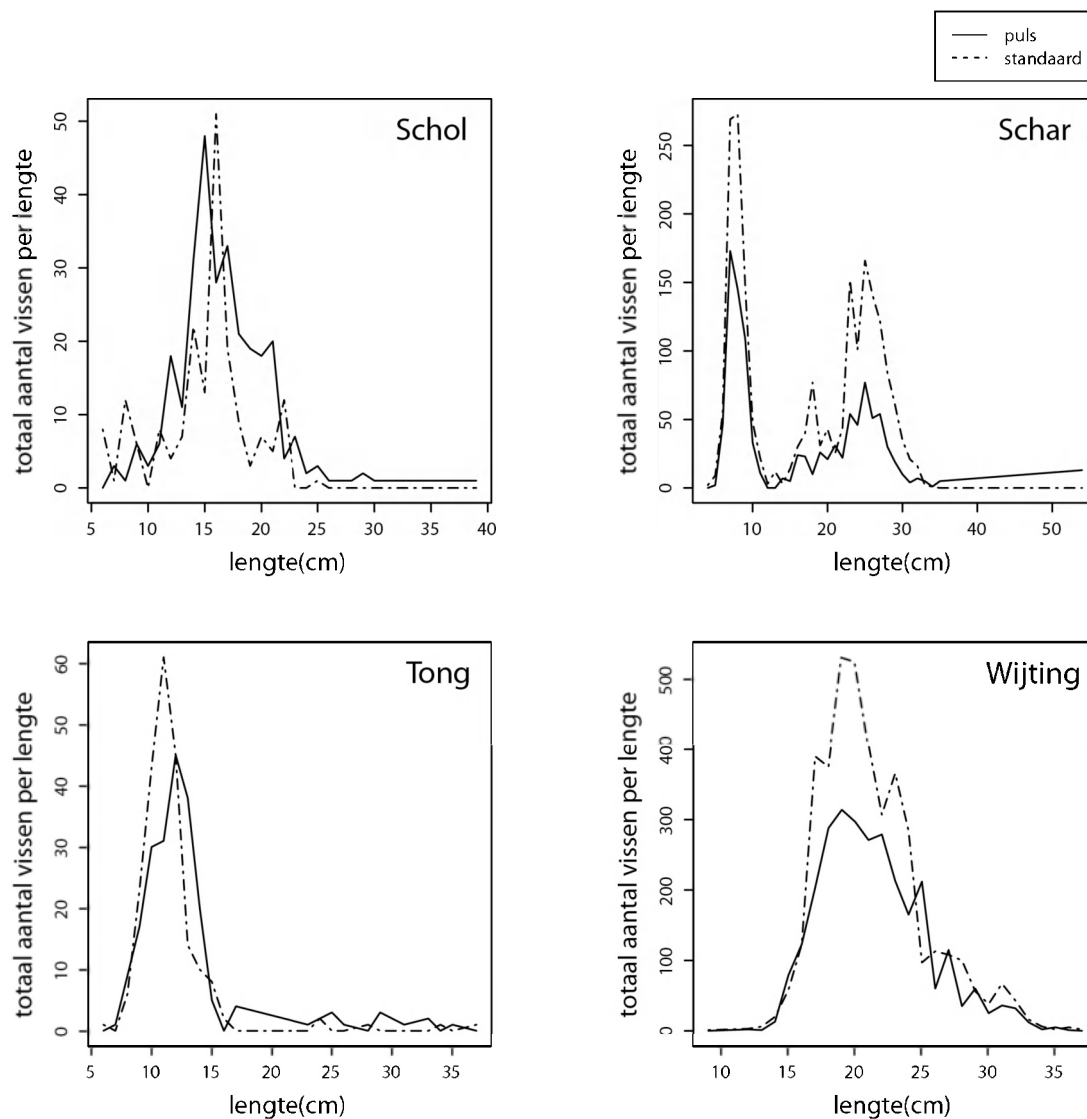
	Config. 12	Config. 21	Config. 23	Config. 26	Config. 27	Config. 28
Bot	- 39,2 % $\pm$ 110,4 $p = 0,0008$			- 65,9 % $\pm$ 25,1 $p = 0,007$		- 74,3 % $\pm$ 10,9 $p = 0,003$
Schar	- 72,5 % $\pm$ 27,3 $p = 0,0002$	- 35,4 % $\pm$ 20,3 $p = 0,005$	- 30,2 % $\pm$ 4,7 $p = 0,017$	- 38,8 % $\pm$ 40,7 $p = 0,011$	- 46,5 % $\pm$ 18,2 $p = 0,043$	- 49,1 % $\pm$ 35,1 $p = 0,041$
Schol	- 44,3 % $\pm$ 39,6 $p = 0,0004$	+ 52,2 % $\pm$ 113,9 $p = 0,959$	+ 41,5 % $\pm$ 26,3 $p = 0,017$	- 33,7 % $\pm$ 23,8 $p = 0,009$	- 35,3 % $\pm$ 14,0 $p = 0,043$	- 39,3 % $\pm$ 21,7 $p = 0,002$
Steenbolk	+ 1,0 % $\pm$ 97,6 $p = 0,480$	- 39,2 % $\pm$ 37,4 $p = 0,017$				
Tong	- 10,4 % $\pm$ 53,6 $p = 0,085$	- 19,5 % $\pm$ 38,5 $p = 0,066$	+ 2,7 % $\pm$ 70,3 $p = 0,888$	- 48,3 % $\pm$ 25,3 $p = 0,021$	- 51,1 % $\pm$ 12,2 $p = 0,043$	- 38,3 % $\pm$ 67,2 $p = 0,005$
Wijting	+ 28,9 % $\pm$ 132,3 $p = 0,808$	- 42,6 % $\pm$ 18,9 $p = 0,005$	- 30,3 % $\pm$ 15,8 $p = 0,011$	- 32,4 % $\pm$ 19,9 $p = 0,008$	- 37,8 % $\pm$ 39,4 $p = 0,043$	46,2 % $\pm$ 107 $p = 0,575$



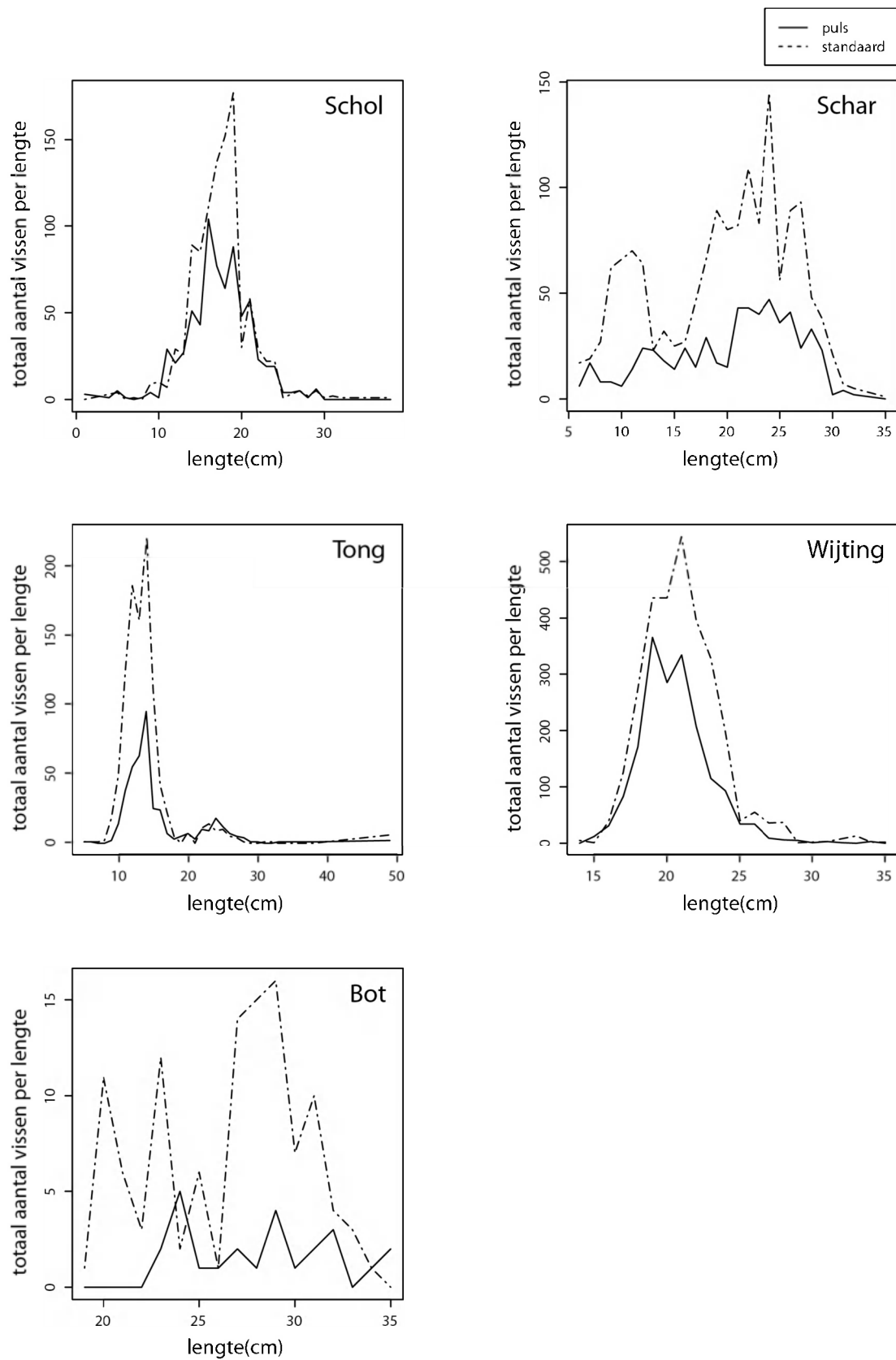
FIGUUR 4-4: BIJVANGSTSAMENSTELLING (COMMERCIELE VISSOORTEN) VOOR CONFIGURATIE 12. PULSGARNALENVISTUIG ZONDER KLOSSENPEES VS STANDAARD GARNALENVISTUIG.



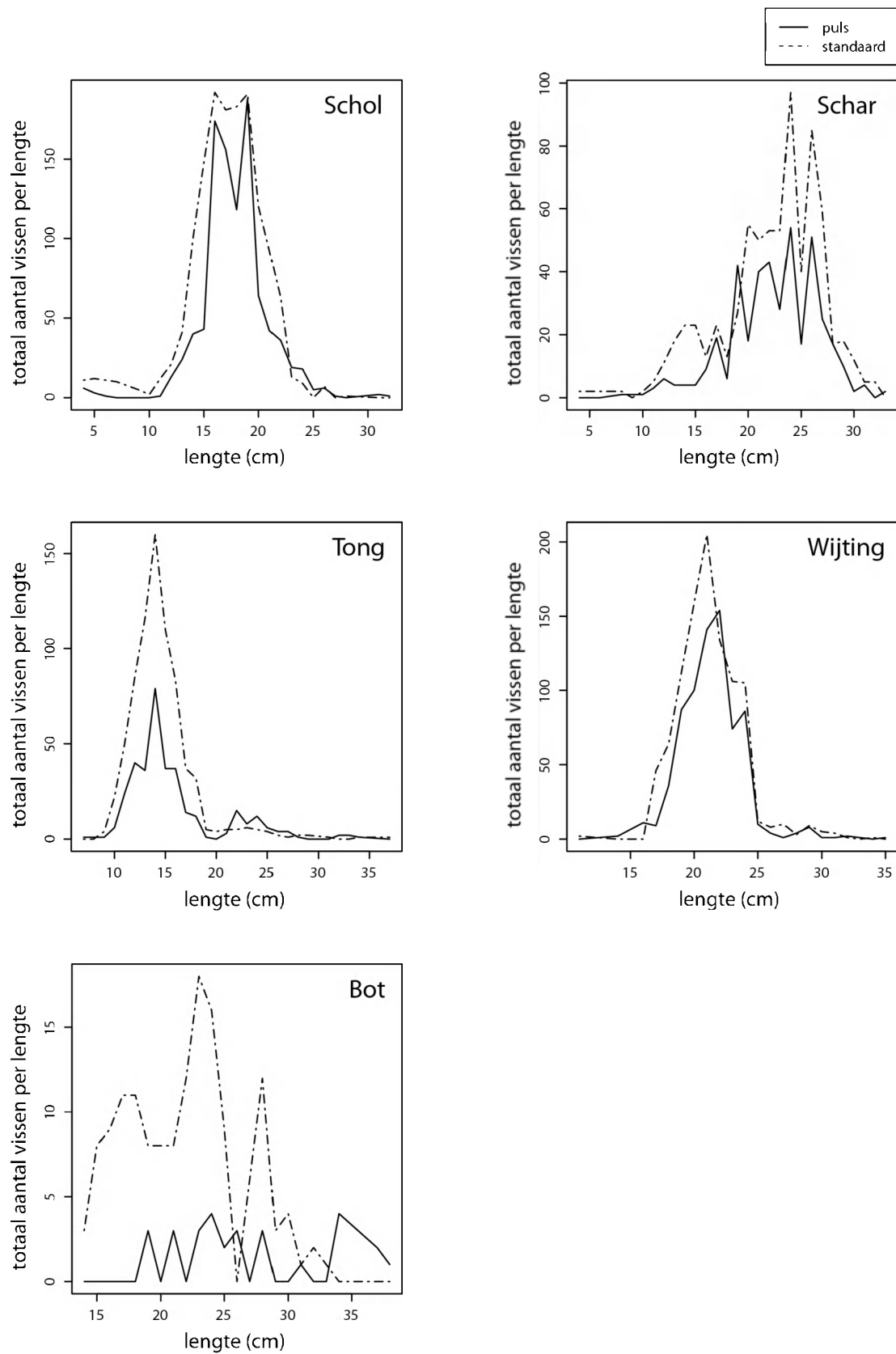
FIGUUR 4-5: BIJVANGSTSAMENSTELLING (COMMERCIËLE VISSOORTEN) VOOR CONFIGURATIE 21. PULSGARNALENVISTUIG ZONDER KLOSTENPEES VS STANDAARD GARNALENVISTUIG.



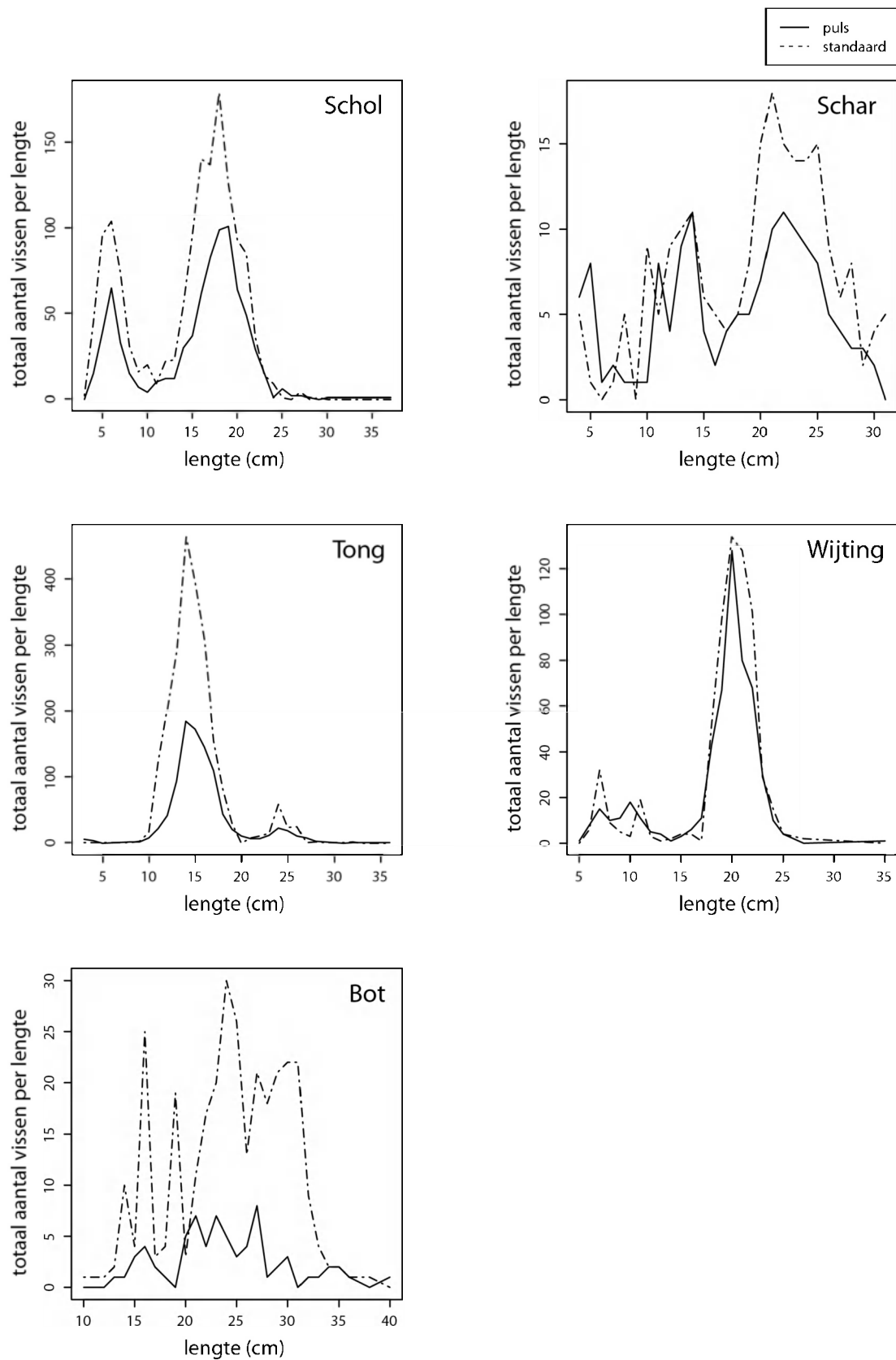
FIGUUR 4-6: BIJVANGSTSAMENSTELLING (COMMERCIELE VISSOORTEN) VOOR CONFIGURATIE 23. PULSGARNALENVISTUIG ZONDER KLOSSENPEES VS STANDAARD GARNALENVISTUIG.



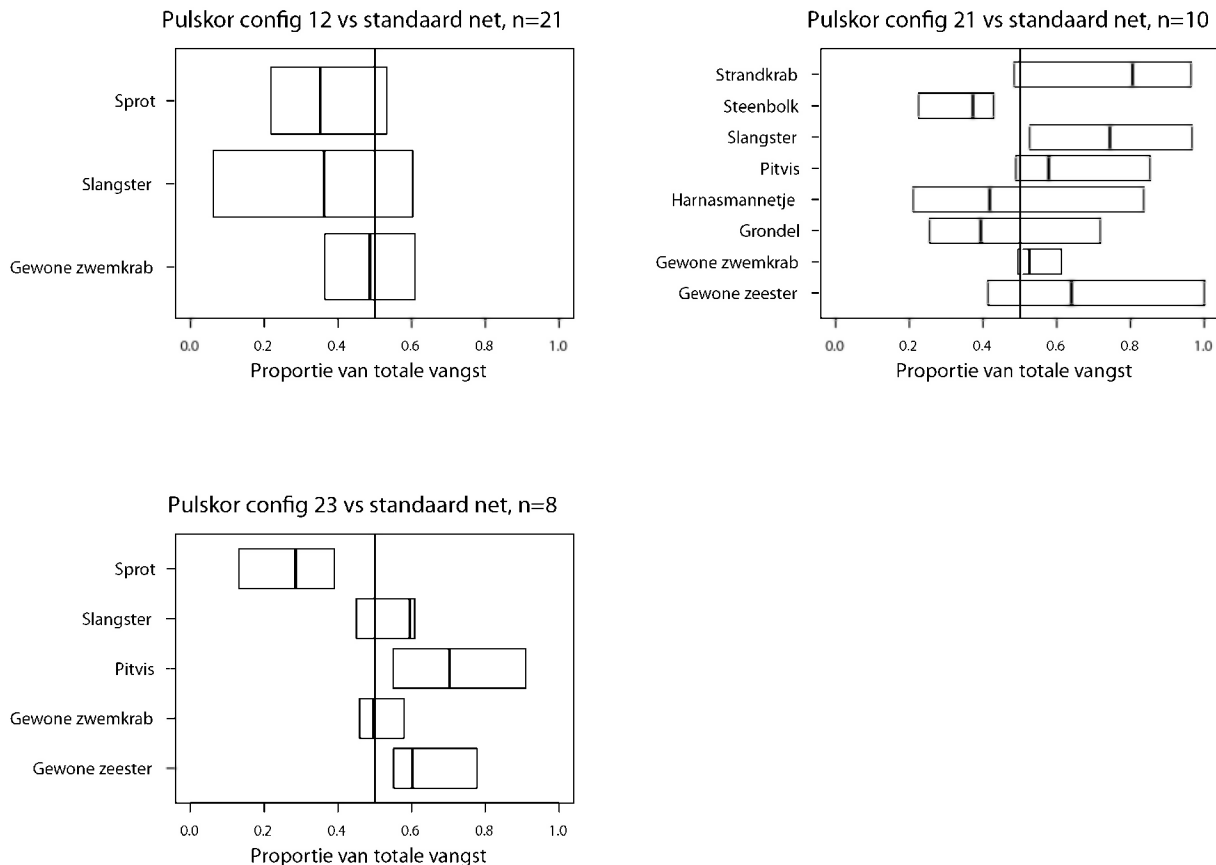
FIGUUR 4-7: BIJVANGSTSAMENSTELLING (COMMERCIELE VISSOORTEN) VOOR CONFIGURATIE 26. PULSGARNALENVISTUIG ZONDER KLOSSENPEES EN MET 6 LANGWERPIGE GEWICHTEN VS STANDAARD GARNALENVISTUIG.



FIGUUR 4-8: BIJVANGSTSAMENSTELLING (COMMERCIELE VISSOORTEN) VOOR CONFIGURATIE 27. PULSGARNALENVISTUIG ZONDER KLOSSENPEES EN MET 8 LANGWERPIGE GEWICHTEN OP DE ELEKTRODEN VS STANDAARD GARNALENVISTUIG.



FIGUUR 4-9: BIJVANGSTSAMENSTELLING (COMMERCIELE VISSOORTEN) VOOR CONFIGURATIE 28. PULSGARNALENVISTUIG ZONDER KLOSSENPEES EN MET 12 LANGWERPIGE GEWICHTEN OP DE ELEKTRODEN VS STANDAARD GARNALENVISTUIG.



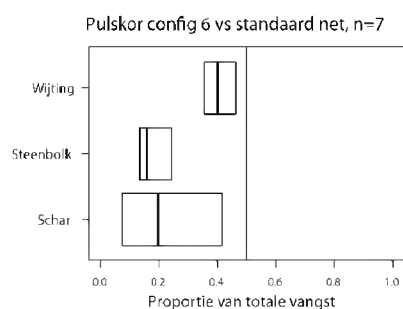
FIGUUR 4-10: SAMENSTELLING VAN (DE ONGEWENSTE) BIJVANGST VAN NIET COMMERCIËLE VISSOORTEN EN INVERTEBRATEN IN DE EXPERIMENTELE CONFIGURATIES 12, 21 EN 23 ALS PROPORTIE VAN DE TOTALE VANGST (EXP + STANDAARD).

4.1.2 Rechthoekig net met rechte onderpees

Uit de reeks uitgeteste optuigingen met het rechthoekige net met rechte onderpees (13 verschillende configuraties) werd slechts één geschikte configuratie geselecteerd voor verdere analyse. De 12 andere configuraties scoorden slecht tot zeer slecht inzake commerciële garnalenvangst in vergelijking tot het conventionele tuig (zie Figuur 4-1).

Configuratie 6

Bij configuratie 6 was de rechte onderpees verzwaard met ca. 30 kg loodkoord. De 12 cilindervormige gewichten (3 kg/stuk) op de elektroden werden rechtstreeks aan de onderpees bevestigd, waardoor er slechts een ontsnappingsopening gecreëerd werd van 5 cm hoog. Er werd een significante stijging in de vangst van commerciële garnalen vastgesteld (+ 48,0 % $\pm$ 30,7 % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,008$). Ook de vangst van pufgarnalen nam significant toe met 52,0 % ($\pm$ 37,6 % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,011$). De bijvangst van niet-garnalen daarentegen daalde significant met 39,0 % ($\pm$ 19,1 % SD, Wilcoxon gepaarde test $p = 0,018$). Analyse van de bijvangst van de commerciële vissoorten toonde aan dat er een significante daling was in de vangst van Schar, Steenbolk en Wijting (Figuur 4-3 en Tabel 12).



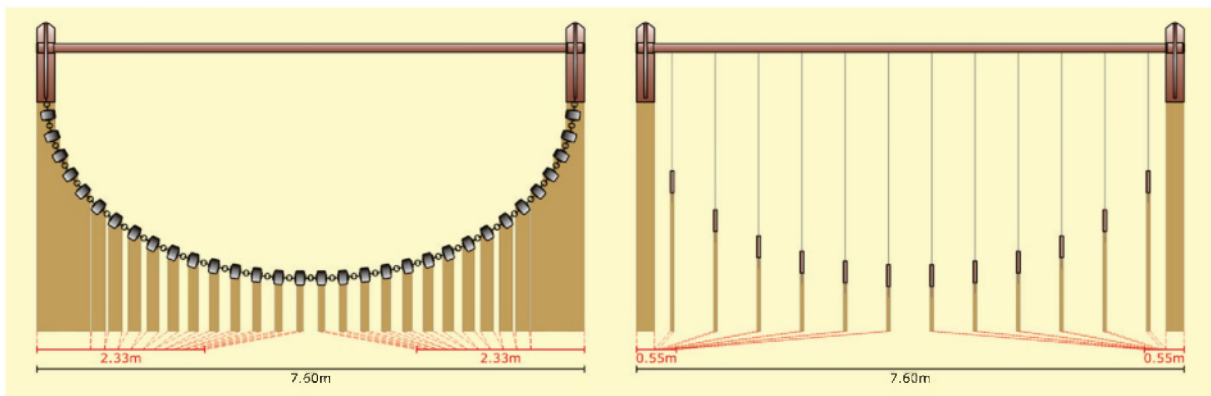
FIGUUR 4-11 - SAMENSTELLING VAN DE BIJVANGST BETREFFENDE COMMERCIELE VISSOORTEN: PULSVISTUIG VS STANDAARD NET VOOR CONFIGURATIES 6, 8 EN 9. PROPORTIE VAN HET PULSVISTUIG IN DE TOTALE VANGST (BEIDE NETTEN SAMEN).

TABEL 14: PROCENTUEEL VERSCHIL IN VANGST TUSSEN HET PULSVISTUIG EN HET STANDAARD NET PER COMMERCIELE VISSOORT VOOR CONFIGURATIES 6, 8 EN 9. HET GEMIDDELD VERSCHIL OVER DE VERSCHILLENDE SLEPEN $\pm$ DE STANDAARDDEVIATIE MET SIGNIFICANTIETEST (WILCOXON GEPAARDE TEST). GEEN WAARDEN INDIEN TE WEINIG VANGST VAN EEN BEPAALDE SOORT IN EEN CONFIGURATIE.

Config. 6	
Schar	- 10,6 % $\pm$ 169,0 $p = 0,043$
Steenbolk	- 76,0 % $\pm$ 11,7 $p = 0,018$
Wijting	- 23,8 $\pm$ 35,1 $p = 0,036$

4.1.3 Bodemcontact optuigingen - O 191

Een vereenvoudigde, theoretische berekening van het contact tussen het vistuig en de zeebodem toonde aan dat 61 % van de totale breedte van het conventionele vistuig (O 191) effectief in contact stond met de zeebodem tijdens het vissen (Figuur 4-12). Hierbij rusten de klossen en de boomkor(sloffen) op het sediment. In het experimentele vistuig met 12 elektroden in plaats van een klossenpees, maakte slechts 14 % van de totale breedte van het vistuig contact met de bodem. Dit is een theoretisch verschil van 76 % tussen de beide vistuigen. Deze benadering houdt geen rekening met het relatieve gewicht, de penetratiediepte in het sediment en de effectieve impact van de verschillende vistuigonderdelen.



FIGUUR 4-12: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET BODEMCONTACT VAN HET CONVENTIONELE VISTUIG EN HET PULSVISTUIG TIJDENS HET VISSEN. VISTUIGEN UITGETEST OP O 191.

4.2 Discussie: Experimentele optuigingen met puls & zonder klossen - O 191

In het ideale pulsvistuig, gericht op het verminderen van het zeebodemcontact en de ongewenste bijvangst vervangt een elektrische stimulus de mechanische vangststimulus nagenoeg volledig. Dit pulsvistuig zonder klossenpees werd uitgetest aan boord van de O 191 en kreeg een eigen naam mee om het te onderscheiden van het traditionele garnalenvistuig: I.e. de HOVERCRAN (the HOVERing pulse trawl for a selective CRANgon fishery). Dit vistuig werd in 2009 bekroond door WWF met de 2^e prijs in de internationale Smart Gear Competition (zie bijlage).

Het is opvallend dat de op O 191 uitgeteste HOVERCRAN netconfiguraties met elektrisch veld steeds minder bijvangst aan vis opleverden. Vanwege de kleine maaswijdte konden deze vissen niet ontsnappen doorheen de mazen. De vluchtroutes waren dus beperkt tot 1) ontsnappen onderaan de onderpees en 2) voorwaarts ontsnappen uit de netopening. Welke vluchtroute de verschillende vissoorten namen kan niet uit de data opgemaakt worden, maar het lijkt logisch dat de vis (vooral de platvis), gebruik maakte van de extra ruimte tussen de zeebodem en de onderpees. Nochtans werd in labo-observaties waargenomen dat een typische 'vluchtsoort' als Schar bijvoorbeeld de neiging heeft om steil omhoog te zwemmen in een elektrisch veld (Polet et al. 2005a). Ook vissoorten zoals Wijting vertonen niet de neiging om heel dicht bij de bodem te blijven. In die zin kunnen we verwachten dat de vangstreductie van vluchtsoorten als Schar en Wijting niet zozeer veroorzaakt wordt door ontsnapping onderaan het net.

Het is plausibel dat (bepaalde) vissoorten vooraan in de netopening het elektrisch veld reeds op voorhand voelen naderen en dat zij aan de voorkant van het net ontsnappen. Indien dit zo zou zijn, dan houdt dit mogelijkheden in om het pulsveld vooraan de netopening aan te passen om de ontsnapping langs deze vluchtroute te maximaliseren. Een tweede optie is om de netopening af te sluiten met grootmazig netwerk. Dit netwerk kan wel de garnalen doorlaten die opspringen in het pulsveld, zodat deze gevangen worden. Grotere vissen die de neiging hebben om omhoog te ontsnappen (Schar, Wijting, Steenbolk, ...) stoten zo op een fysieke barrière, zodat ook de ontsnappingen langs de tweede vluchtroute gemaximaliseerd worden.

De lengtefrequentieverdelingen van Tong geven aan dat de kleine exemplaren (< ca. 20 cm) doorgaans goed ontkomen aan het pulsvistuig zonder klossen. Grote individuen daarentegen, lijken

net efficiënter gevangen te worden in het elektrische vistuig. Dit duidt op een lengte-effect in de reactie van Tong op elektrische pulsen. Dit houdt mogelijkheden in om de tongvangsten in de garnalenvisserij te verhogen en tevens om de vangst van ondermaatse tong te verminderen.

De bijvangstreductie van Schol in het pulsvistuig was vaak zeer uitgesproken. De natuurlijke schrikreactie van Schol en Tong is niet weg te vluchten, maar het zich ingraven in het sediment. Het is zeer aannemelijk dat deze vissoorten ontsnappen onderaan het net met verhoogde onderpees.

Tijdens de experimenten aan boord van O 191 werd een grote verscheidenheid aan optuigingen getest om de onderpees op een vaste, in te stellen afstand van de bodem te houden en hierbij te zorgen voor een minimum aan bodemcontact. Dikwijls werden hier praktische problemen vastgesteld zoals een onjuiste afstelling, een moeilijke behandeling aan boord of averij opgelopen tijdens het vissen. De alternatieve onderpees bleek de grootste uitdaging en dient, naast de vereisten i.v.m. de reductie van het bodemcontact en de selectiviteit, vooral aanvaardbaar te zijn voor de visserman in de dagelijkse praktijk. Aangezien vaartuigen en visgronden sterk van elkaar kunnen verschillen zal ook de optuiging van de onderpees sterk afhankelijk zijn van vaartuig en omstandigheden. Vandaar dat er tijdens de commerciële testfase met TX 25 voor gekozen werd om geen HOVERCRAN optuiging op te leggen aan de schipper en bemanning. Het was eerder de bedoeling om de schipper (en zijn bemanning) maximaal te betrekken bij de ontwikkeling van een vistuig dat afgestemd is op zijn visserij, hierbij ondersteund door de ervaring opgedaan aan boord van O 191.

4.3 Resultaten: Experimentele optuigingen - TX 25

4.3.1 Effect van de vistuigpositie (BB of SB) op de vangstvergelijking

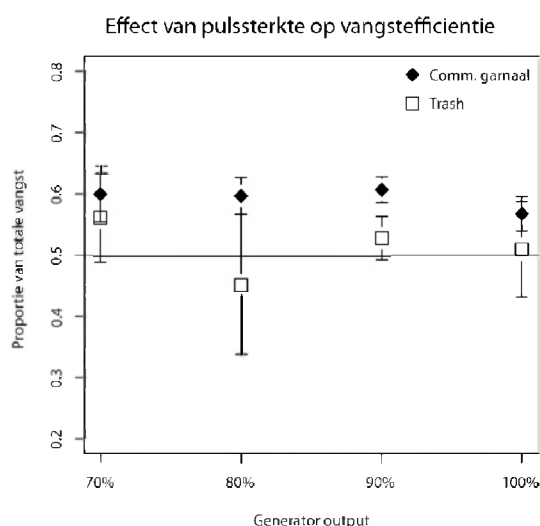
De vangstgegevens van de 11 slepen waarbij gevist werd met twee identieke combinatie vistuigen met pulsveld ($n = 7$) en zonder pulsveld ($n = 4$, met uitgeschakelde generator) werden vergeleken. De resultaten (Tabel 15) tonen aan dat er geen significant effect bestond van de vistuigpositie (SB of BB) op de vangstefficiëntie, zowel zonder pulsveld (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,463$ voor commerciële garnalen, $p = 0,465$ voor trash) als met pulsveld (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,483$ voor commerciële garnalen, $p = 0,285$ voor trash). Beide zijden (BB en SB) visten nagenoeg gelijk en de keuze van de vistuigpositie aan boord van de TX 25 had geen invloed op de verdere experimentele vangstvergelijkingen.

TABEL 15: VANGSTEFFICIËNTIE VAN EEN VISTUIG AAN BAKBOORD IN VERGELIJKING MET EEN IDENTIEK VISTUIG AAN STUURBOORD VOOR COMMERCIEËLE GARNALEN EN TRASH. PROPORTIE VAN TOTALE VANGST EN PERCENTAGE VAN VANGSTVERSCHIL MET 90 % CONFIDENTIE-INTERVALLEN.

	Commerciële garnalen		Trash	
	Proportie	Percentage	Proportie	Percentage
Pulsveld BB & SB ($n=7$)	0,492 (0,469 – 0,521)	- 3 % (- 12 % – + 9 %)	0,482 (0,407 – 0,567)	- 7 % (- 31 % – + 31 %)
Zonder pulsveld BB & SB ($n=4$)	0,488 (0,480 – 0,518)	- 5 % (- 8 % – + 7 %)	0,486 (0,453 – 0,517)	- 5 % (- 17 % – + 7 %)

4.3.2 Effect van het pulsveld op de vangstefficiëntie ('proof of concept')

Om het effect van het pulsveld op de vangstefficiëntie van het vistuig na te gaan werd een reeks slepen uitgevoerd met verschillende pulsamplitudes (70 %, 80 %, 90 % en 100 % van de maximale generatoroutput) met telkens het andere net zonder pulsveld als referentie. De aanwezigheid van het pulsveld aan bakboord of stuurboord werd hierbij regelmatig gewisseld. De bekomen resultaten (Figuur 4-13) tonen aan dat het toepassen van pulsen (de slepen met 70 %, 80 %, 90 % en 100 % generatoroutput samen) zorgt voor een significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,05$) hogere opbrengst aan garnalen zonder hierbij de bijvangst van trash significant te verhogen. Gemiddeld (ongeacht de pulsamplitude) nam de vangst toe met 43 % (37 % – 50 %) wanneer de pulsgenerator ingeschakeld werd.



FIGUUR 4-13: VANGSTVERGELIJKING TUSSEN EEN VISTUIG MET VERSCHILLENDE PULSVELDINTENSITEIT EN EENZELFDE VISTUIG ZONDER PULSEN. PROPORTIE VAN DE TOTALE VANGST BIJ VERSCHILLENDE GENERATOR OUTPUTSTERKTES VOOR COMMERCIËLE GARNALEN EN TRASH. FOUTENVLAGGEN ZIJN STANDAARDDEVIATIES.

4.3.3 Effect van de pulsintensiteit op de vangstefficiëntie

Om het effect van de pulsamplitude op de vangstefficiëntie van de garnalenpuls kor na te gaan werd een reeks slepen uitgevoerd met verschillende generator outputsterktes (resp. 70 %, 80 %, 90 % en 100 % van de maximale output) met telkens een traditioneel net zonder pulsveld als referentie. Een Kruskal-Wallis test ($p = 0,05$) toonde een significant verschil aan tussen de 4 uitgeteste outputsterktes. Dit impliceert dat er een lagere meervangst gerealiseerd werd met de hoogste pulsamplitude (= maximale generator output). Dit betekent dat de optimale pulsamplitude (i.e. in functie van de grootste meervangst van garnalen) aanzienlijk lager is (minstens 10 %) dan de maximale instelling van de pulsgenerator.

4.3.4 Effect van de conductorlengte op de vangstefficiëntie

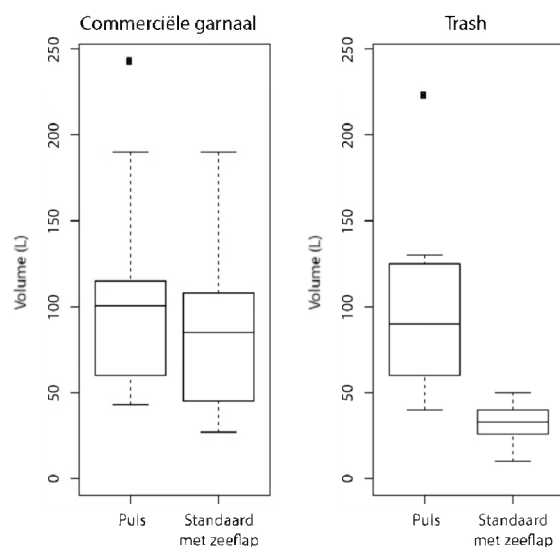
Directe vangstvergelijking tussen het vistuig met ca. 3 m lange conductoren (12 niet-modulaire elektroden) en een tweede vistuig met ca. 1,5 m lange conductoren (12 modulaire elektroden, waarvan 1,5 m elektrisch geïsoleerd werd) toonde aan dat de twee configuraties niet significant verschilden in de vangst van commerciële garnalen (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,280$) en bijvangst (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,093$) (gegevens in Tabel 16).

TABEL 16 - VANGSTEFFICIËNTIE VAN EEN VISTUIG MET KORTERE ELEKTRODEN (1,5 M) IN VERGELIJKING MET EEN VISTUIG MET 3 M LANGE ELEKTRODEN VOOR COMMERCIËLE GARNALEN EN TRASH. PROPORTIE VAN DE TOTALE VANGST EN PERCENTAGE VAN VANGSTVERSCHIL MET 90 % CONFIDENTIE-INTERVALLEN.

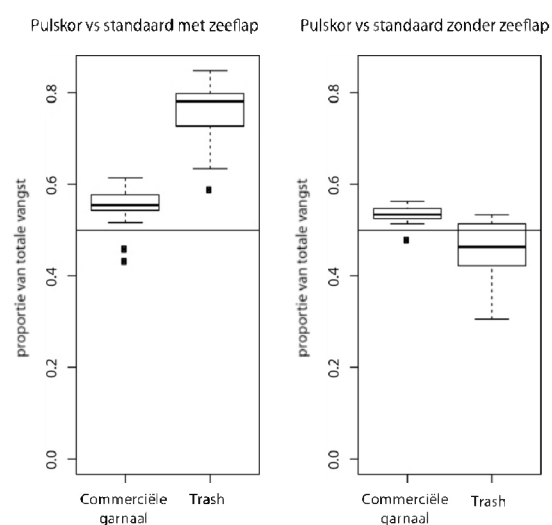
Commerciële garnalen		Trash	
Proportie	Percentage	Proportie	Percentage
0,506 (0,496 – 0,515)	2 % (-1 – +6%)	0,512 (0,498 – 0,528)	5 % (-1% – +12%)

4.3.5 De eindconfiguratie met gereduceerde klossenpees

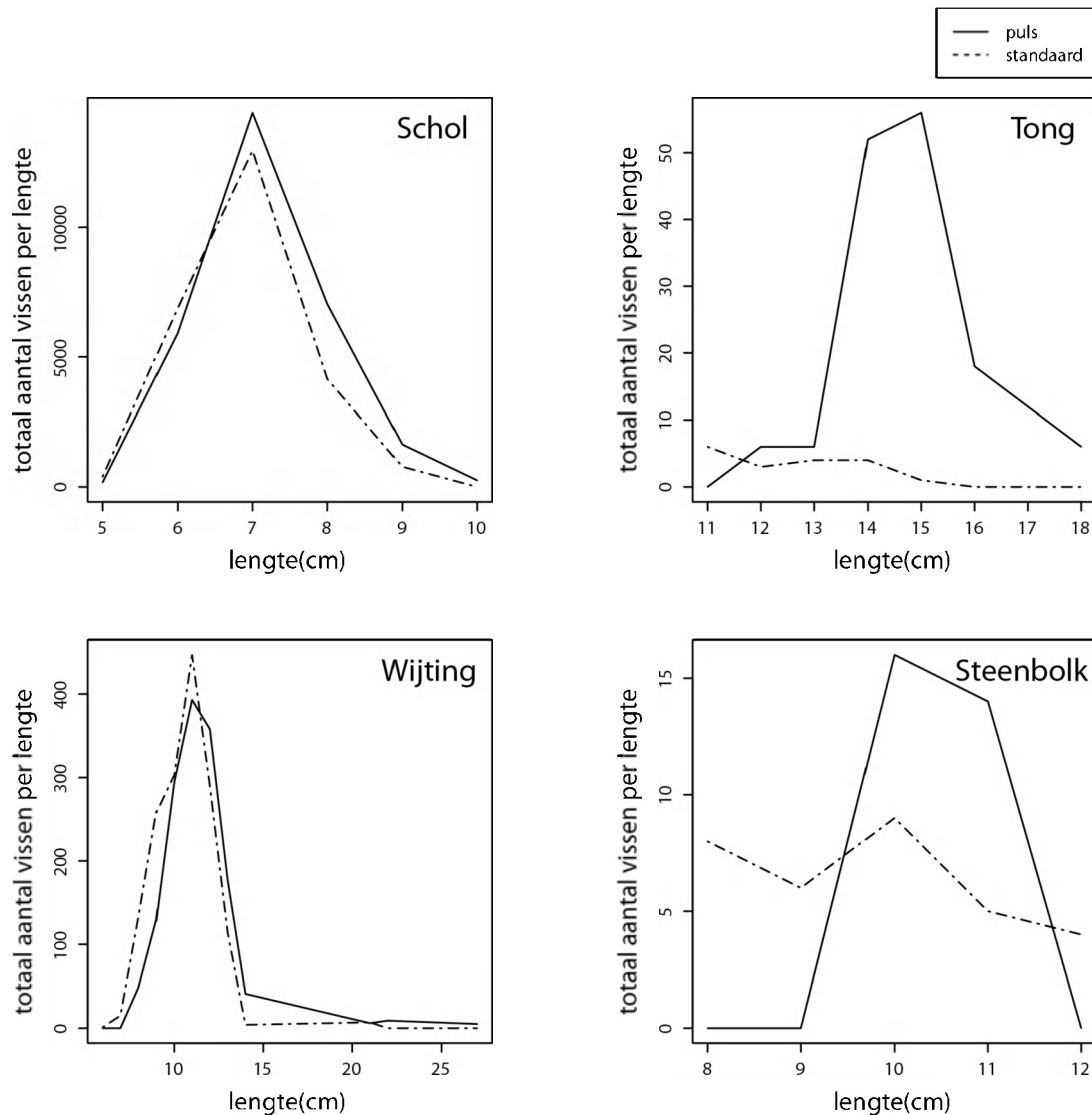
Bij een eerste reeks experimentele slepen ($n = 14$) werd de efficiëntie van de eindconfiguratie (= het pulsvistuig met sterk gereduceerde klossenpees met 10 klossen) vergeleken met een conventioneel net met zeeflap (Figuur 4-14). Er werden significant meer commerciële garnalen (gemiddeld + 25,2 % $\pm$ 25,0 % SD = standaarddeviatie) met het pulsvistuig gevangen in vergelijking met het standaard net met zeeflap (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,016$). Figuur 4-15 toont de proportie (garnalen en trash) van de totale vangst per sleep die met de eindconfiguratie gevangen werd. Naast een hogere vangst van commerciële garnalen was er tevens een significant veel hogere bijvangst van trash (gemiddeld + 243,8 % $\pm$ 120,0 % SD) in het pulsvistuig (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,001$).



FIGUUR 4-14: VANGST COMMERCIELE GARNALen EN TRASH IN DE EINDCONFIGURATIE EN STANDAARD NET MET ZEEFLAP (N = 14)



FIGUUR 4-15: VANGST COMMERCIELE GARNALen EN TRASH IN DE EINDCONFIGURATIE EN STANDAARD NET MET ZEEFLAP (N = 10)

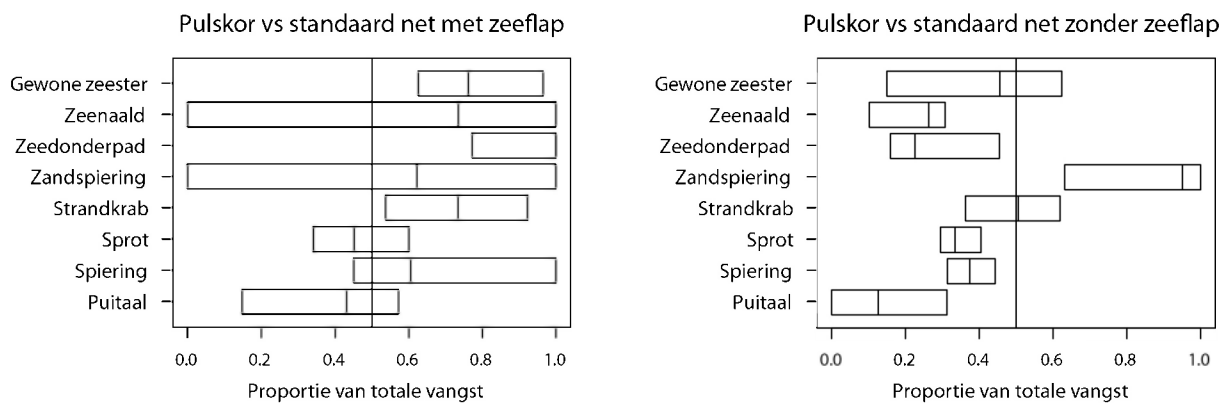


FIGUUR 4-16: BIJVANGSTSAMENSTELLING EN LENGTEDISTRIBUTIE VAN COMMERCIËLE VISSOORTEN BIJ DE EINDCONFIGURATIE EN HET STANDAARD NET MET ZEEFLAP. SOM VAN DE VANGSTGEGEVENS VAN 14 SLEPEN.

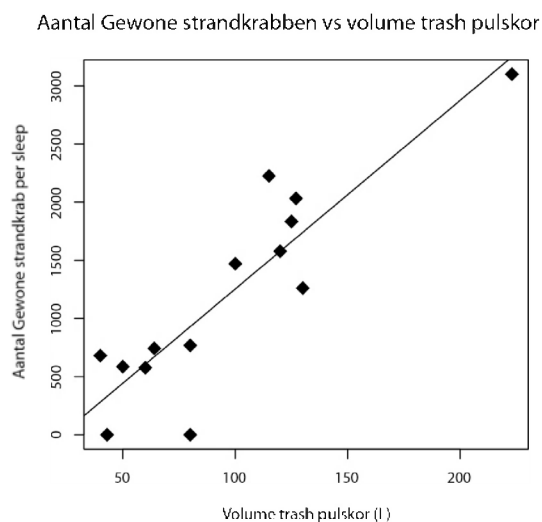
Figuur 4-16 toont de lengtedistributies van de commerciële vissoorten gevangen met de eindconfiguratie en het standaard net met zeeflap. De bijvangst van commerciële vissoorten bestond voornamelijk uit ondermaatse Schol en Wijting, en in mindere mate uit Tong en Steenbolk. De eindconfiguratie ving gemiddeld meer Schol (+ 82,3 % ± 201 % SD), maar dit verschil was niet significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,974$) vanwege de grote variatie tussen de slepen onderling. Voor Wijting was er een gemiddelde toename van 56 % (± 144 % SD), maar ook dit verschil was niet significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,551$). Voor de andere vissoorten waren er niet genoeg gegevens om significantie testen uit te voeren, maar ook daar was er eerder een toename van de bijvangst in de eindconfiguratie van het pulsvisttuig waar te nemen.

De bijvangst van niet-commerciële vissoorten en ongewervelden omvatte in totaal 34 soorten, maar voor slechts 8 soorten werden er voldoende aantallen gevangen om statistische analyse mogelijk te maken. Figuur 4-17 toont de bijvangst van deze niet-commerciële soorten. Een significant hogere

bijvangst in de eindconfiguratie werd vastgesteld (Wilcoxon gepaarde test) voor Gewone zeester (+ 373 % $\pm$ 787 % SD, $p = 0,035$), Gewone strandkrab (+ 504 % $\pm$ 701 % SD, $p = 0,005$) en Zeedonderpad (+ 1216% $\pm$ 1400 % SD, $p = 0,005$). Voor de andere soorten werd geen significant verschil waargenomen in de vangstvergelijking. De sterke toename van de bijvangst (trash) in de eindconfiguratie ten opzichte van het standaard net met zeeflap is dus niet te wijten aan een significant hogere bijvangst van commerciële vissoorten. Verdere analyse toonde aan dat de bijvangst in de eindconfiguratie in grote mate bepaald werd door het aantal exemplaren gevangen Gewone strandkrab. Er is een duidelijk significante relatie tussen de hoeveelheid gevangen Gewone strandkrab en de hoeveelheid trash in de eindconfiguratie van het pulsvistuig (Figuur 4-18).

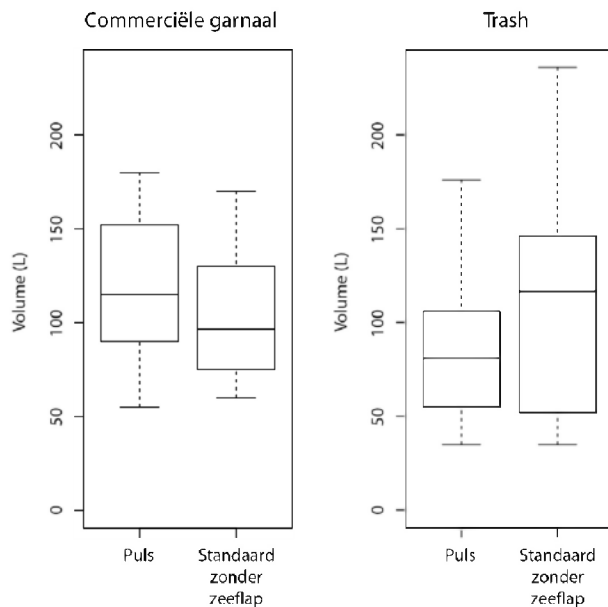


FIGUUR 4-17: BIJVANGST VAN NIET-COMMERCIËLE VISSOORTEN EN INVERTEBRATEN. PROPORTIE VAN DE TOTALE VANGST PER SOORT PER SLEEP DIE DOOR DE EINDCONFIGURATIE GEVANGEN WORDT IN VERGELIJKING MET HET STANDAARD NET MET ZEEFLAP (LINKS) EN ZONDER ZEEFLAP (RECHTS). MEDIAAN EN KWARTIELEN.



FIGUUR 4-18: AANTAL GEWONE STRANDKRABEN IN FUNCTIE VAN HET VOLUME TRASH BIJ DE EINDCONFIGURATIE. SIGNIFICANTE REGRESSIE GEPLT ($R^2 = 0,77$ $P = 0,0002$).

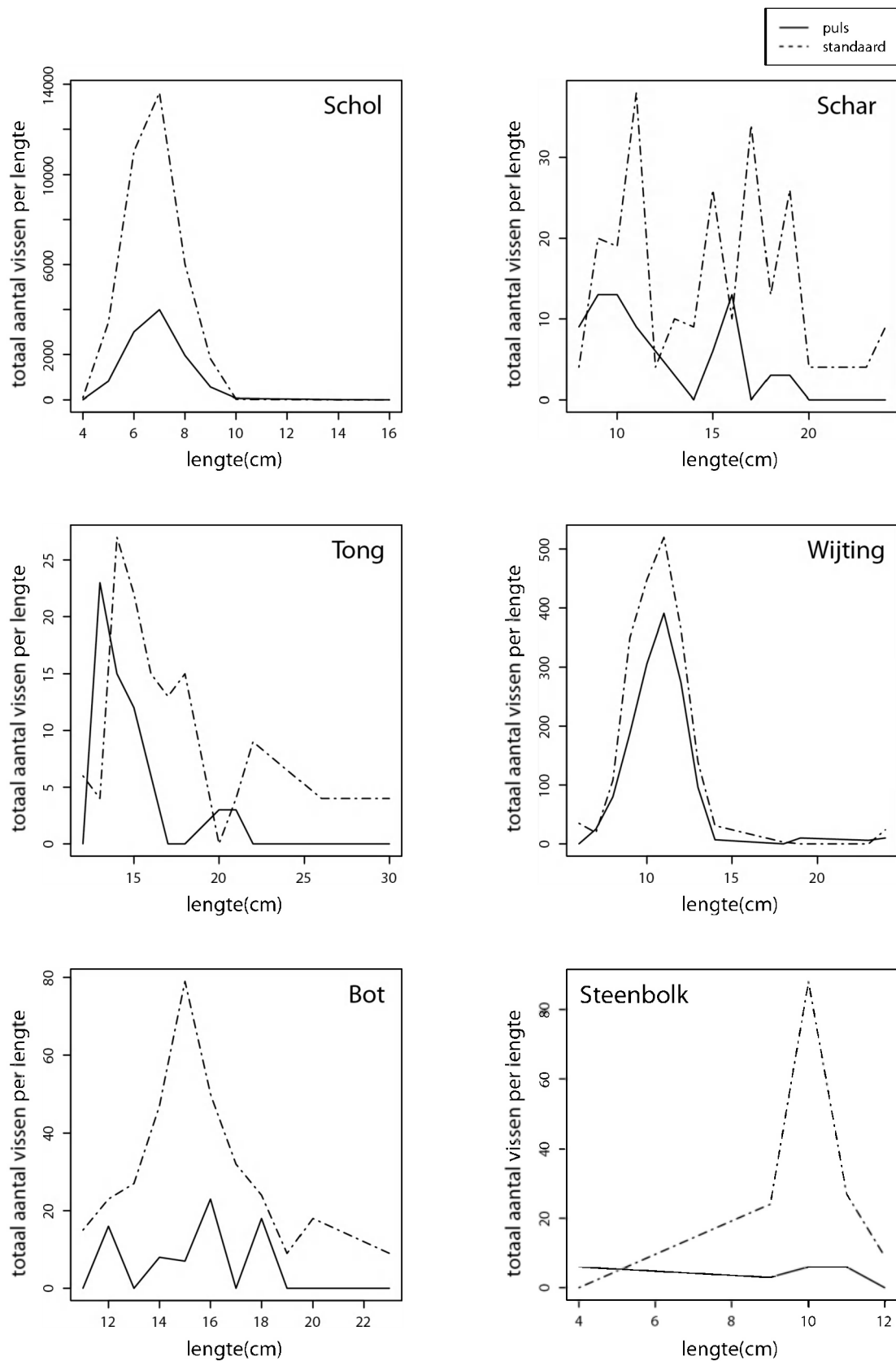
Een tweede reeks slepen ($n = 10$) vergeleek de vangstefficiëntie van de pulsvisttuig eindconfiguratie (10 klossen) met een conventioneel net zonder zeeflap. Ook hier leverde de eindconfiguratie gemiddeld een significant hogere vangst van commerciële garnalen op ($+ 13,8 \% \pm 10,1 \% \text{ SD}$, Figuur 4-19 en Figuur 4-15) dan een standaard net zonder zeeflap (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,007$). De bijvangst van trash was gemiddeld lager ($- 15,2 \% \pm 23,4 \% \text{ SD}$) in de eindconfiguratie met puls in vergelijking met het standaard net zonder zeeflap, maar dit verschil is niet significant omwille van het te lage aantal slepen (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,066$).



FIGUUR 4-19: VANGST COMMERCIËLE GARNALEN EN TRASH BIJ DE EINDCONFIGURATIE MET PULS EN HET STANDAARD NET ZONDER ZEEFLAP (N = 10 SLEPEN).

Figuur 4-20 toont de lengtedistributies van de commerciële vissoorten gevangen met de eindconfiguratie en het standaard net zonder zeeflap. De bijvangst van commerciële vissoorten bestond voornamelijk uit ondermaatse Schol en Wijting, en in mindere mate uit Tong, Bot, Schar en Steenbolk. De eindconfiguratie ving significant (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,005$) minder Schol ($- 62,0 \% \pm 20,4 \% \text{ SD}$). Voor Wijting was er een significante (Wilcoxon gepaarde test, $p = 0,012$) vangstreductie van $32,7 \% (\pm 33,1 \% \text{ SD})$. Voor de andere vissoorten waren er niet genoeg gegevens voorhanden om significantie testen uit te voeren, maar ook hier is eerder een afname van de bijvangst in het pulsttuig waar te nemen (zie Figuur 4-20).

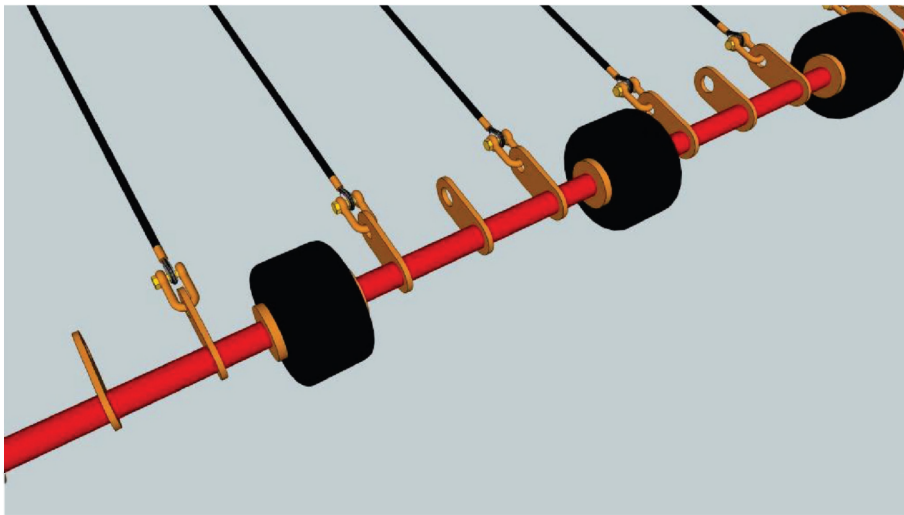
Figuur 4-17 (rechter grafiek) toont de bijvangst van niet-commerciële vissen en invertebraten. Een significant lagere vangst in het pulsvisttuig werd vastgesteld (Wilcoxon gepaarde test) voor Zeedonderpad ($- 54,8 \% \pm 33,3 \% \text{ SD}$, $p = 0,042$), Spiering ($- 50,8 \% \pm 30,5 \% \text{ SD}$, $p = 0,028$) en Puitaal ($+ 85,0 \% \pm 18,9 \% \text{ SD}$, $p = 0,046$). Voor de andere soorten werd geen significant verschil waargenomen.



FIGUUR 4-20: BIJVANGSTSAMENSTELLING EN LENGTEDISTRIBUTIE VAN COMMERCIËLE VISSOORTEN IN HET PULSVISTUIG (EINDCONFIGURATIE) EN HET STANDAARD NET ZONDER ZEEFLAP. SOM VAN DE VANGSTGEGEVENS VAN 10 SLEPEN.

4.3.6 Bodemcontact eindconfiguratie met gereduceerde klossenpees – TX 25

Een vereenvoudigde, theoretische vergelijking tussen het conventionele vistuig (36 klossen) en het pulsvistuig met gereduceerde klossenpees (10 klossen, Figuur 4-21) toonde een verschil aan van ca. 50 % inzake bodemcontact. Deze indicatieve benadering houdt evenwel geen rekening met het relatieve gewicht, de relatieve penetratiediepte in het sediment en de effectieve impact van de verschillende vistuigonderdelen.



FIGUUR 4-21: SCHEMATISCH DETAIL VAN DE GEREDUCEERDE, LICHTGEWICHT KLOSSENPEES IN DE PULSVISTUIG EINDCONFIGURATIE UITEGETEST OP TX 25.

4.4 Discussie: Experimentele optuigingen - TX 25

Het afsluitende experiment aan boord van TX 25 liet toe om de zeeflap te evalueren in relatie tot het pulsvistuig. Hieruit bleek dat de zeeflap reeds zeer efficiënt is in het verminderen van de teruggooi, zowel de teruggooi van vis als de teruggooi van invertebraten. Op het eerste zicht is het alarmerend dat het pulsvistuig veel meer ongewenste bijvangst opleverde dan het conventionele vistuig met zeeflap. Wanneer we deze bijvangst echter meer in detail onderzoeken, bleek dat de bulk van de bijvangst bestond uit Gewone zwemkrabben (vooral grotere exemplaren). Deze soort wordt waarschijnlijk net als de garnalen geprikkeld door het pulsveld. Tegelijkertijd was de zeeflap in het conventionele vistuig zeer efficiënt in het lozen van deze krabben. Het garnalenspulstuig, zoals aangewend op de TX 25 met een tiental klossen, én de zeeflap kunnen elkaar voor een deel van de vangstreductie ook aanvullen. De zeeflap heeft vooral een invloed op de iets grotere dieren. Zo zal de zeeflap erg efficiënt grote schol uit de vangst houden maar is veel minder nuttig voor 0-jarige schol (Polet, 2003). Het pulstuig blijkt net zeer efficiënt te zijn in het verminderen van de vangsten van 0-jarige schol. Een gecombineerd vistuig met pulsveld, verhoogde onderpees, gereduceerde klossenpees én zeeflap leidt ongetwijfeld tot een reductie van de teruggooi over alle lengteklassen. Daarenboven compenseert de meervangst aan garnalen van het pulsvistuig ruimschoots het verlies aan commerciële garnalen ten gevolge van de zeeflap.

Om de aangetoonde complementariteit van de het garnalenpulstuig met de zeeflap verder te onderzoeken is het aan te bevelen dat bij de vergelijkingsexperimenten ook een zeeflap aangebracht wordt in het pulstuig. Het moet een streefdoel zijn dat toekomstige garnalenpulstuigen minstens een even goede selectiviteit vertonen als het traditionele vistuig met zeeflap.

5 CONCLUSIES

Tijdens dit project werd de nodige apparatuur ontwikkeld voor een succesvolle garnalenpulsvisserij. Deze apparatuur (pulsgeneratoren, elektroden, lieren, ...) werd tijdens de opeenvolgende experimenten geregeld aangepast en geoptimaliseerd. Dit leidde tot een energiezuinig, bedrijfszeker en performant systeem met hoog gebruiksgemak.

Vooraf tijdens de experimenten op O 191, maar ook aan boord van TX 25 werden een groot aantal vernieuwende vistuigontwerpen geconstrueerd en getest. Zowel het net, de onderpees, de elektroden als de klossenpees werden onder verschillende vormen op zee uitgetest. Heel wat van die ontwerpen droegen bij aan de doelstellingen van het project, maar slechts weinig prototypes voldeden aan de noden van de praktische en commerciële haalbaarheid. Tijdens de commerciële garnalenvisserij zijn de omstandigheden op zee dan ook totaal verschillend van de laboratoriumomstandigheden en de theoretische veronderstellingen. Uiteindelijk heeft dit project wel geleid tot een nieuw type vistuig dat voldoet aan de eisen van een selectieve en minder milieubelastende garnalenvisserij en dat aanvaardbaar is voor de visserman naar praktische werkbaarheid en commerciële vangst.

Het garnalenpulstuig werd in verschillende uitvoeringen uitgebreid getest aan boord van O 191 en werd daarna gedurende 17 maanden in commerciële omstandigheden uitgetest aan boord van TX 25. De commerciële testen waren erg bevredigend met goede tot zeer goede opbrengsten, weinig averij en beperkte materiaalkosten. De commerciële vangsten lagen hoger dan bij het traditionele tuig, de selectiviteit werd verbeterd en de bodemberoering aanzienlijk teruggedrongen.

Op het vaartuig O 191 werd met succes een pulsvistuig zonder klossenpees uitgetest. Dit vistuig kreeg een eigen naam mee om het te onderscheiden van het traditionele garnalenvistuig: i.e. de HOVERCRAN (the HOVERing pulse trawl for a selective CRANgon fishery). De vier doelstellingen van het project werden duidelijk gehaald. De ervaringen op zee lieten ook toe enkele opties voor de toekomst te bekijken.

5.1 Selectiviteit

De resultaten van deze projectstudie tonen duidelijk aan dat het garnalenpulstuig een aanzienlijk potentieel heeft om de selectiviteit van de huidige garnalenvisserij te verbeteren. De uitwerking van het basisidee, waarbij de combinatie van een gereduceerde klossenpees met een verhoogde onderpees een ontsnappingsopening creëert voor niet-doelsoorten, leidde tot aanzienlijke bijvangstreducties.

Het is waarschijnlijk dat de selectieve onderpees nog sterk kan verbeterd worden. Dit kan leiden tot nog minder bodemberoering maar vooral tot een nog lagere teruggooi. Ook het afsluiten van de netopening met bijvoorbeeld een grootmazig netwerk kan deze teruggooi mogelijk nog verder terugdringen. Ook betreffende het ontwerp en de positionering van de elektroden kan nog onderzoek uitgevoerd worden. De doelstelling hier moet zijn om tot nog duurzamere en efficiëntere elektroden te komen die zweven boven de zeebodem. De combinatie van een kort rechthoekig pulsveld met een verhoogde onderpees dicht bij de korrestok heeft mogelijk een groot potentieel en werd nog niet uitgetest in dit project.

Het afsluitende vergelijkingsexperiment met de eindconfiguratie aan boord van TX 25 liet ook toe om de zeeflap in relatie tot de pulstechniek te evalueren. Hieruit bleek dat de zeeflap reeds zeer efficiënt is in het verminderen van de (vooral grotere) teruggooi. Het garnalenvulstuig, zoals aangewend op TX 25 met een tiental klossen, en de zeeflap kunnen elkaar voor een deel van de vangstreductie ook aanvullen. De zeeflap heeft vooral een invloed op de iets grotere dieren. Een gecombineerd vistuig met pulsveld, verhoogde onderpees, gereduceerde klossenpees én zeeflap leidt ongetwijfeld tot een aanzienlijke reductie van de teruggooi over alle lengteklassen. Daarenboven compenseert de meervangst van het pulsvistuig ruimschoots het eventuele verlies van commerciële garnalen ten gevolge van de zeeflap.

Om de aangetoonde complementariteit van het garnalenvulstuig met de zeeflap verder te onderzoeken is het aan te bevelen dat bij de toekomstige vergelijkingsexperimenten ook een zeeflap aangebracht wordt in het pulsvistuig. Het moet een streefdoel zijn dat toekomstige garnalenvulstuigen minstens een even goede selectiviteit vertonen dan het traditionele vistuig met zeeflap.

De eindconfiguratie die werd ontwikkeld aan boord van het commerciële vaartuig (TX 25) lijkt voorlopig de ideale opstuiging te zijn voor een visserij rond Texel op de traditionele visgronden van TX 25. Deze opstuiging met 10 klossen laat de schipper toe om zeer rendabel te vissen. De configuratie werd geëvalueerd inzake bijvangst en vangst van garnalen. Deze testen werden uitgevoerd bij een beperkte variatie in omstandigheden zoals seizoen, visgronden, en vaartuigen. Het is daarom nuttig om de toepasbaarheid van deze configuratie nog wat verder uit te testen onder verschillende omstandigheden.

5.2 Meervangst

In dit project werd aangetoond dat de toepassing van de pulstechniek in de garnalenvisserij, afhankelijk van de praktische uitvoering, tot een aanzienlijke meervangst van commerciële garnalen kan leiden. In de experimentele situatie waarbij het pulssysteem bovenop een conventioneel tuig met een standaard klossenpees geplaatst wordt, kan deze meervangst oplopen tot 50 %. Ter illustratie: In dit extreme geval zouden 2 vaartuigen met elk een set van dergelijke combinatievistuigen (conventioneel vistuig met traditionele klossenpees en puls) even efficiënt zijn als 3 vaartuigen met louter conventionele tuigen. Men moet echter nuanceren dat hier enkel sprake van is wanneer het water helder is en het traditionele vistuig dus minder efficiënt presteert. Tevens is het praktisch gezien niet opportuun om met een dergelijk combinatievistuig de commerciële visserij uit te oefenen, daarvoor is de slijtage aan de elektroden te hoog. Het is duidelijk dat enkel een rechthoekig net met rechte onderpees en aangepaste klossenpees toelaat om de pulstechniek op een praktische manier toe te passen.

Met de resultaten van dit project stelt zich een moeilijke vraag die men niet uit de weg kan gaan: Hoe valt de huidige overcapaciteit in de garnalenvisserij te rijmen met nog meer garnalen vangen? Het beantwoorden van deze vraag is niet evident. Is technologische vooruitgang tegen te houden? De technologische (r)evolutie inzake vangstverwerking, navigatie en vistuig heeft de capaciteit van de vissersvlooten wereldwijd stelselmatig doen toenemen, een fenomeen bekend onder de naam "technological creep". Dit betekent dat een vissersvloot van constante capaciteit (vermogen, tonnage en aantal vaartuigen) de "effectieve" capaciteit kan verhogen door de jaren heen en in staat is om meer te vangen met dezelfde visserij-inspanning. Het is het aloude verhaal van de technologische

voortgang. Hoe we omgaan met dit fenomeen bepaalt het succes van onze economieën. Proberen om technologische voortgang te stoppen is echter niet het juiste antwoord.

Dat de mogelijkheid tot hogere efficiëntie van het garnalenvistuig nieuwe problemen met zich meebrengt is duidelijk. De visserijsector en de wetenschappelijke wereld hebben hier al uitvoerig hun bezorgdheid over geuit, en terecht. Een dergelijke technologische evolutie is echter niet zomaar tegen te houden en hoeft, mits een degelijk beheer, niet negatief te zijn voor de sector. De meervangst aan garnaal kan ook opgeofferd worden om het tuig nog milieuvriendelijker te maken. Hierdoor komt de HOVERCRAN in aanmerking als ideaal garnalenvistuig voor gevoelige en beschermde gebieden in zee en dat maakt de toegang tot ecologische labels zoals MSC makkelijker.

Vrijwel alle experimenten in dit project hebben aangetoond dat er een gigantisch potentieel schuilt in de pulsvisserij op garnalen. Het mag duidelijk zijn dat men vele richtingen uit kan met de efficiënte techniek. In deze tijden waarin de mens steeds efficiënter en zuiniger met energie moet omspringen zijn efficiëntere vistechnieken meer dan welkom. De meervangst hoeft niet negatief te zijn want het kan ecologische en economische verduurzaming betekenen maar het stelt wel het concrete probleem van de overcapaciteit in de garnaalfloot scherper. Hoe men daar mee omgaat is een kwestie van beleid tenzij er voor gekozen wordt de vrije markt de evolutie van de vloot te laten reguleren. Er zijn nochtans enkele realistische opties om de evolutie te sturen.

Het probleem van de overcapaciteit in de garnalenvisserij staat dus in principe los van pulsvisserij. Daarenboven werd het door WWF bekroonde Hovercran bedacht als alternatief voor het traditionele vistuig met klossenpees, met gereduceerd bodemcontact en lagere bijvangsten als streefdoel. Enige verhoging van de efficiëntie was hier nooit het uitgangspunt.

5.3 Bodemcontact

De invloed van de garnalenvisserij op de zeebodem en het daarmee geassocieerde bodemleven blijft een controversieel thema. Het is zeer onduidelijk en tegenstrijdig in welke mate de traditionele klossenpees een impact heeft op het ecosysteem. Steeds vaker wordt op beleidsniveau het voorzorgsprincipe en het principe van omgekeerde bewijsvoering gehanteerd. In het geval van de garnalenvisserij wordt dit als volgt vertaald: Zolang niet kan worden aangetoond dat het huidige garnalenvistuig met zijn klossenpees geen invloed heeft op het ecosysteem blijft men de klossenpees bestempelen als mogelijk schadelijk en wil men deze vorm van visserij dan ook zoveel mogelijk weren uit bepaalde gebieden.

Met de introductie van een alternatief en lichter vistuig met aanzienlijk minder bodemcontact (ca. 76 % minder voor het pulsvistuig zonder klossen (O 191) en ca. 50 % minder voor de eindconfiguratie aan boord van TX 25 met 10 klossen) wordt de discussie omtrent de bodemberoering ongetwijfeld gecompliceerder. Dit project heeft zeer duidelijk aangetoond dat met het pulsvistuig zonder klossen toch een rendabele garnalenvisserij kan worden uitgeoefend in bepaalde gebieden. Op ruwere en meer oneffen visgronden dient er evenwel een tussenoplossing gevonden te worden in de vorm van een aangepaste klossenpees (zie bijvoorbeeld de TX 25 eindconfiguratie) of een alternatief voor de klossen om het net heelhuids over de oneffenheden te trekken om zo averij en gevaarlijke situaties te vermijden.

Veel zal dus afhangen van de manier waarop de garnalenpulsvisserij straks eventueel wordt opgepikt en geïmplementeerd. Op basis van onderhavige projectresultaten kan men alvast vele uiteenlopende paden bewandelen. Een heldere regelgeving in het gecombineerde gebruik van de klossenpees en de puls zal zeer belangrijk zijn bij een eventuele vrijgave van de pulsvisserij.

5.4 Controverse pulsvisserij

Ondanks het aanzienlijke potentieel tot vermindering van teruggooi, brandstofverbruik en bodemberoering wordt de pulsvisserij momenteel slechts beperkt toegelaten in de EU wateren. Enkel een tijdelijke derogatie op de huidige EU visserijwetgeving maakt mogelijk dat slechts een deel van de visserij(boomkor)vloot kan experimenteren met de techniek. De Europese commissie hanteert momenteel het voorzorgsprincipe en vereist sluitend wetenschappelijk onderzoek om bepaalde onzekerheden uit te klaren, alvorens de pulsvisserij vrij te geven. De voornaamste zorg van de sceptici is het eventuele misbruik van de pulssystemen, waarbij de visserman zelf (onbeperkt) aan de knoppen gaat draaien om de efficiëntie te verhogen en hierbij schade toebrengt aan het ecosysteem. Zolang te weinig bekend is over de eventuele schadelijke neveneffecten van de verschillende pulsparameters, en de onderlinge combinatie daarvan, op mariene organismen blijft het tasten in het duister.

Voorafgaand aan de ontwikkeling van het garnalenpulssysteem voerde ILVO een reeks blootstellings- en overlevingsexperimenten uit. Hierbij werden de effecten van de laagfrequente garnalenpuls op garnalen, ongewervelden en een tiental vissoorten, in kaart gebracht. Dit onderzoek gebeurde in samenwerking met de Universiteit Gent (faculteit diergeneeskunde) als onafhankelijke partner. Deze experimenten brachten geen enkel aantoonbaar effect aan het licht. Op basis van dit gegeven werd de ontwikkeling van het garnalenpulstuig verder gezet. Aangezien reeds lang geleden, in de labo-onderzoeksfase, werd onderzocht wat de optimale pulsparameters zijn om garnalen maximaal te stimuleren, werd gekozen om de instelbaarheid van de pulsgenerator te beperken. Bewust of onbewust misbruik van het systeem wordt op deze manier nagenoeg uitgesloten. Enkel de pulsamplitude (het resultaat van het spanningsverschil over de naburige + en – elektrode) is continu instelbaar via een draaischakelaar op de voedingskast in de machinekamer. Dit laat toe om wijzigingen in de conductiviteit van het zeewater, als gevolg van verschillen in temperatuur en/of saliniteit op te vangen. Ook deze instelling is sterk begrensd, namelijk door het maximale outputvermogen dat de generator kan leveren. Dit vermogen is per vistuig vergelijkbaar met een kleine waterkoker van 1 kW.

Een belangrijke en opvallende vaststelling in dit project was dat de garnalenvangst niet bleef stijgen met stijgende pulsamplitude. Het 'opdrijven' van de puls tot een hogere intensiteit leidt hier dus niet noodzakelijk tot de beste vangsten. Er is in tegendeel een optimale waarde aan de pulsintensiteit en boven deze waarde lijkt de meervangst af te nemen. Dit is een vaststelling gemaakt tijdens een kortdurend experiment en kan niet zomaar veralgemeend worden maar indien dit resultaat bevestigd wordt, maakt dit de controle en handhaving van de wetgeving (althans voor de pulsvisserij op garnalen) vrij eenvoudig. De optimale puls kan dan gemakkelijk gedefinieerd worden en er is geen incentive voor de visserman om te gaan experimenteren met andere pulsparameters.

Naarmate de pulsvisserij meer ingang vindt in de visserijsector neemt ook de interesse van de wetenschap, de visserij-administratie en het controleapparaat voor de techniek toe. Zowel de wetenschappelijke wereld als het beleid stuurt momenteel aan op een belangrijke rol van de controle

en handhaving in het pulsvisserijdossier. Internationale werkgroepen als ICES SGELECTRA en de werkgroep controle en handhaving pulsvisserij buigen zich over de organisatie van een geschikt controleapparaat. Momenteel wordt gewerkt aan een concept procedure voor typecertificering van de pulssystemen, waarbij wildgroei en misbruik nagenoeg uitgesloten wordt.

REFERENTIES

- Berghahn R. & Offermann U. 1999. Laboratory investigations on larval development, motility, and settlement of white weed (*Sertularia cupressina* L.) – in view of its assumed decrease in the Wadden Sea. *Hydrobiologia* 392: 233-239.
- Berghahn R. & Vorberg R. 1998. Shrimp fisheries and nature conservation in the national park Wadden Sea of Schleswig–Holstein: impact, possible conflicts of interest and their prevention, environmental research plan of the federal ministry of the environment, nature conservation and reactor safety. Research project 10802085/01. Umwelt Bundes Amt.
- Berghahn R., Waltemath M., Rijnsdorp A. D. 1992. Mortality of fish from the by-catch of shrimp vessels in the North Sea. *Journal of applied Ichthyol.* 8: 193-306
- Buhs F. & Reise K., 1997. Epibenthic fauna dredged from tidal channels in the Wadden Sea of Schleswig Holstein: spatial patterns and a long-term decline. *Helgolander Meeresunters* 51: 343-359
- Catchpole T.L., Revill A.S., Innes J., Pascoe S. 2008. Evaluating the efficacy of technical measures: a case study of selection device legislation in the UK *Crangon crangon* (brown shrimp) fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 267–275
- Dahm E., Wienbeck H., West C.W., Valdemarsen J.W. & O'Neill, F.G. 2002. On the influence of towing speed and gear size on the selective properties of bottom trawls. *Fish. Res.* 55: 103-119.
- De Groot S.J. & Boonstra G.P., 1974. The development of an electrified shrimp trawl in The Netherlands. *Journal of the Council for the Exploration of the Sea.* 35 (2): 165-170.
- Doeksen A. 2006. Ecological perspectives of the North Sea *C. crangon* fishery: An inventory of its effects on the marine ecosystem. BSc Thesis. Wageningen University. Wageningen. 133 pp.
- Eigaard O. R. 2009. A bottom-up approach to technological development and its management implications in a commercial fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 916–927
- Graham N. 2003. By-catch reduction in the brown shrimp, *Crangon crangon*, fisheries using a rigid separation Nordmore grid (grate). 59: 393-407.
- Hagerman L. 1970. Locomotory activity patterns of *Crangon vulgaris* (Fabricius) (Crustacea, Natantia). *Ophelia* 8, 255-266.
- ICES 2008. Report of the working group on Crangon fisheries and life history (WGCRAN). ICES C.M. 2008.
- ICES 2011. Report of the working group on Crangon fisheries and life history (WGCRAN). ICES C.M. 2011.
- ICES 2012. Report of the Study Group on Electrical Trawling (SGELECTRA), 21-22 April 2012, Lorient, France. ICES CM 2012/SSGESST:06. 50 pp.
- Lancaster J. & Frid C.L.J. 2002. The fate of discarded juvenile brown shrimps (*Crangon crangon*) in the Solway Firth UK fishery. *Fish. Res.* 58, 95-107.

Lancaster, J. 1999. Ecological studies on the brown shrimp (*Crangon crangon*) fishery in the Solway Firth. PhD Thesis. University of Newcastle Upon Tyne, U.K.

Lavaleije M.S.S. & Dankers N. 1993. Voorstudie naar de effecten van de garnalenvisserij op de bodemfauna, met advies over te sluiten gebieden en uit te voeren onderzoek. Terra Incognita, Book no L2651-6671

Neudecker T., Berkenhagen J. & Müller M. 2011. The North Sea brown shrimp fisheries. EU Parliament Study. Policy Department B: Structural and cohesion policies. Fisheries. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/pech/2011/460041/IPOL-PECH_ET\(2011\)460041\(PAR00\)_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/pech/2011/460041/IPOL-PECH_ET(2011)460041(PAR00)_EN.pdf)

Polet H. 2003. Evaluatie van de bijvangst in de Belgische visserij op grijze garnaal *Crangon crangon* en van technische middelen om teruggooi te verminderen. 5Evaluation of by-catch in the Belgian brown shrimp (*Crangon crangon* L.) fishery and of technical means to reduce discarding). PhD Thesis. Universiteit Gent: Gent, Belgium. ISBN 90-5989-004-3. 212 pp.

Polet H., Coenjaerts J. & Verschoore R. 2004. Evaluation of the sieve net as a selectivity-improving device in the Belgian brown shrimp (*Crangon crangon*) fishery. Fish. Res. 69: 35-48.

Polet H., Delanghe F. & Verschoore R. 2005a. On electrical fishing for brown shrimp (*Crangon crangon*): I. Laboratory experiments. Fisheries Research 72: 1–12.

Polet H., Delanghe F. & Verschoore, R. 2005b. On electrical fishing for brown shrimp (*Crangon crangon*): II. Sea trials. Fisheries Research, 72: 13–27.

Rabaut M., Braeckman U., Hendrickx F., Vincx M. & Degraer S. 2008. Experimental beam-trawling in *Lanice conchilega* reefs: impact on the associated fauna Fish. Res. 90: 209-216.

Revill A. & Holst R. 2004a. Reducing discards of North Sea brown shrimp (*Crangon crangon*) by trawl modification. Fish. Res. 68: 113-122.

Revill A. & Holst R. 2004b. The selective properties of some sieve nets. Fish. Res. 66: 171-183.

Revill A., Pascoe S., Radcliffe C., Riemann S., Redant F., Polet H., Damm U., Neudecker T., Kristensen P. & Jensen D. 1999. The economic and biological consequences of discarding in the European *Crangon* fisheries. Final Report to the European Commission, Contract No. 97/SE/025.

Richter R. 1927. "Sandkorallen"-Riffe in der Nordsee. Natur und Museum 57:49-62.

Riesen W. & Reise K., 1982. Macrobenthos of the subtidal Wadden Sea: revisited after 55 years. Helgolander Meeresunters 35: 409-423

Rijnsdorp A., Daan N. & Dekker W. 2005. Partial fishing mortality per fishing trip: a useful indicator of effective fishing effort in mixed demersal fisheries. ICES Journal of Marine Science, 63, Issue 3 pp. 556-566

Rumohr H. & Kujawski T. 2000. The impact of trawl fishery on the epifauna of the southern North Sea. – ICES Journal of Marine Science 57: 1389-1394

- Rumohr H., Schomann H. & Kujawski T. 1994. Environmental impact of bottom gears on benthic fauna in the German Bight. In: Environmental impact of bottom gears on benthic fauna in relation to natural resources management and protection of the North Sea. S. J. de Groot and H. J. Lindeboom (eds.). NIOZ-Rapport 1994-11, RIVO-DLO Report CO26/94, 75–86
- Schmidt G.H. & Warner G.F. 1991. The settlement and growth of *Sertularia cupressina* (Hydrozoa, Sertulariidae) in Langstone Harbour, Hampshire, UK. *Hydrobiologia* 216: 215–219.
- Steenbergen J., Machiels M. & Leijzer T. 2011. Reducing discards in the shrimp fisheries with the letterbox. Report No. C023/11, IMARES
- Tiews K. 1990. 35-Jahre-Trend (1954 – 1988) der Häufigkeit von 25 Fisch- und Krebstierbeständen an der Deutschen Nordseeküste. (35 years-abundance trends (1954 – 1988) of 25 fish and crustacean stock on the German North Sea Coast). *Arch. FischWiss.* 40: 39–48.
- VandenBroucke G. & Vanhee J. 1977. Verder onderzoek over de elektrische visserij op garnalen. Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij. 133 - TZ/82/1977.
- van Marlen B., Redant F., Polet H., Radcliffe C., Revill A.S., Kristensen P.S., Hansen K.E., Kuhlmann H.J., Riemann S., Neudecker T. & Brabant J.C. 1997. Research into *Crangon* Fisheries Unerring Effect (RESCUE) - EU study 94/044, RIVO Report C054/97.
- van Marlen B., de Haan D., Revill A.S., Dahm K.E., Wienbeck H., Purps M., Coenjaerts J., Polet H. 2001. Reduction of discards in *Crangon* trawls (DISCRAN): final report for the period 01-03-1999 / 28-02-2001, RIVO Report C012/01.
- van Marlen B., Ybema M.S., Kraayenoord A., de Vries M., Rink G. 2005. Catch comparison of a 12 m pulse beam trawl with a conventional tickler chain beam trawl. RIVO-Report Nr. C043b/05.
- van Marlen B., Grift R., van Keeken O., Ybema M.S., van Hal R. 2006. Performance of pulse trawling compared to conventional beam trawling. RIVO-Report Nr. C014/06.
- Vercauteren G., Chiers K., Verschueren B., Decostere A., Polet H. 2010. Effects of Low-frequency Pulsed Direct Current on Captive-housed Sea Fish. *Journal of Comparative Pathology* 143 (4): 354.
- Verschueren B., Polet H. 2009. Research Summary on HOVERCRAN, the Hovering Pulse Trawl for a Selective *Crangon* Fishery. Unpublished ILVO manuscript. 30pp.
- Vorberg R. 1997. Auswirkungen der Garnelenfischerei auf den Meeresboden und die Bodenfauna des Wattenmeeres. Verlag Kovac, Hamburg.
- Vorberg R. 2000. Effects of shrimp fisheries on reefs of *Sabellaria spinulosa* (Polychaeta). *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1416-1420
- Wagler H. & Berghahn R. 1992. On the occurrence of white weed *Sertularia cupressina* L. eighteen years after giving up white weed fisheries, in: Dankers, N.M.J.A. et al. (Ed.) (1992). Present and Future Conservation of the Wadden Sea: Proceedings of the 7th International Wadden Sea Symposium, Ameland 1990. 20: pp. 299-301

Walter U. 1997. Quantitative analysis of discards from brown shrimp trawlers in the coastal area of the East Frisian island. *Aust. J. Mar. Fresh. Res.* 45, 61-76

Welleman H.C. & Daan N. 2001. Is the Dutch shrimp fishery sustainable? *Senckenb. Marit.* 31, 321-328

LIJST MET FIGUREN

Figuur 3-1 - Bovenaan rechts: Typische 'tail flip' vluchtbeweging van grijze garnaal (<i>Crangon crangon</i>); onderaan: Aan een elektrisch pulsveld blootgestelde garnalen. Het elektrisch veld wordt aangelegd waarbij de garnalen uiterst snel geprikkeld en gedwongen worden om op te springen vanuit de zeebodem. Na amper 0,4 seconden (2 à 3 pulsen) zijn de garnalen willekeurig verspreid in het aquarium.....	21
Figuur 3-2 - Een simulatie van de verdeling van de elektrische veldsterkte rond een paar draadvormige elektroden ($\varnothing$ 12 mm; $L \infty$; + en -) op een onderlinge afstand van 60 cm en met een spanningsverschil van 60 V. De elektrische veldsterkte (V/m) neemt af met de afstand tot de elektroden.....	22
Figuur 3-3 - Schematische weergave van een dubbele garnalenspulsinstallatie met de verschillende onderdelen.	23
Figuur 3-4 - Schematische weergave van het 'looplicht' principe: de 12 elektroden vormen 11 elektrodeparen die beurtelings worden aangestuurd door de pulsgenerator (het elektrisch veld wordt weergegeven in de groene kleur); een volledige cyclus wordt doorlopen in ongeveer 200 ms. Elke puls (groene zone) duurt 0,0005 s en het interval tussen 2 naburige pulsen is ca. 20 ms.	25
Figuur 3-5 - Elektrische kabellier gemonteerd op de giek (TX 25).....	27
Figuur 3-6 - Schematische weergave van het gehanteerde protocol voor vangstanalyse.	28
Figuur 3-7 - Schematisch vooraanzicht van een conventioneel garnalenvistuig (boven) en de HOVERCRAN een experimenteel pulstuig met verhoogde onderpees en 12 elektroden i.p.v. een klossenpees. Onderaan het net wordt een ontsnappingsopening gecreëerd waardoor niet-doelsoorten kunnen ontsnappen.....	31
Figuur 3-8: Conventioneel garnalennet met puls en zonder klossenpees (configuratie 21), met 12 op maat gemaakte elektroden en 12 cilindervormige gewichten als alternatief voor het gewicht van de klossen.	33
Figuur 3-9: Aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden om het net (zonder klossen) op de gewenste hoogte van de zeebodem te houden.	34
Figuur 3-10: Voldoende flexibele kunststofplaat bevestigd aan de onderpees van het rechthoekig net, met trekontlasters en metalen tasters	37
Figuur 3-11 – Combinatie garnalenvistuig met klassiek garnalennet, klossenpees met 36 klossen én 12 aangepaste elektroden.....	39
Figuur 3-12: Aangepaste klossenpees TX 25; 10 klossen alternieren met de elektroden, de afstand tussen 2 naburige klossen bedraagt 70 cm. het totaal gewicht van de klossenpees bedraagt ca. 100 kg.....	41
Figuur 3-13 – Relatie tussen de proportie van de totale vangst en het procentueel verschil	42

Figuur 3-14: ILVO's realtime onderwatercamerasysteem.....	42
Figuur 4-1 - Proportie van de experimentele vangst (pulsvistuig) t.o.v. de totale vangst (= exp / (exp + standaard)) op basis van de volumes per configuratie (35 verschillende configuraties zonder klossenpees O 191). Commerciële garnalen (links), pufgarnalen (midden), en restfractie (rechts), met weergave van mediaan en quartielen.	45
Figuur 4-2 – Links: Vangstvergelijking tussen het experimenteel net (configuratie 9) mét pulsveld en het standaard net en rechts: Vangstvergelijking tussen het experimenteel net (configuratie 9) zonder pulsveld en het standaard net, voor commerciële garnalen (bovenaan), pufgarnalen (midden) en trash (onderaan) – experimentele configuratie 9 zonder klossenpees.....	46
Figuur 4-3 - Samenstelling van de bijvangst betreffende commerciële vissoorten: Pulsvistuig vs standaard net voor configuraties 8 en 9. Proportie van het pulsvistuig in de totale vangst (beide netten samen).	47
Figuur 4-4: Bijvangstsamenstelling (commerciële vissoorten) voor configuratie 12. Pulsgarnalenvistuig zonder klossenpees vs standaard garnalenvistuig.	50
Figuur 4-5: Bijvangstsamenstelling (commerciële vissoorten) voor configuratie 21. Pulsgarnalenvistuig zonder klossenpees vs standaard garnalenvistuig.	51
Figuur 4-6: Bijvangstsamenstelling (commerciële vissoorten) voor configuratie 23. Pulsgarnalenvistuig zonder klossenpees vs standaard garnalenvistuig.	52
Figuur 4-7: Bijvangstsamenstelling (commerciële vissoorten) voor configuratie 26. Pulsgarnalenvistuig zonder klossenpees en met 6 langwerpige gewichten vs standaard garnalenvistuig.	53
Figuur 4-8: Bijvangstsamenstelling (commerciële vissoorten) voor configuratie 27. Pulsgarnalenvistuig zonder klossenpees en met 8 langwerpige gewichten op de elektroden vs standaard garnalenvistuig.	54
Figuur 4-9: Bijvangstsamenstelling (commerciële vissoorten) voor configuratie 28. Pulsgarnalenvistuig zonder klossenpees en met 12 langwerpige gewichten op de elektroden vs standaard garnalenvistuig.	55
Figuur 4-10: Samenstelling van (de ongewenste) bijvangst van niet commerciële vissoorten en invertebraten in de experimentele configuraties 12, 21 en 23 als proportie van de totale vangst (exp + standaard).	56
Figuur 4-11 - Samenstelling van de bijvangst betreffende commerciële vissoorten: Pulsvistuig vs standaard net voor configuraties 6, 8 en 9. Proportie van het pulsvistuig in de totale vangst (beide netten samen).	57
Figuur 4-12: Schematische weergave van het bodemcontact van het conventionele vistuig en het pulsvistuig tijdens het vissen. Vistuigen uitgetest op O 191.	58
Figuur 4-13: Vangstvergelijking tussen een vistuig met verschillende pulsveldintensiteit en eenzelfde vistuig zonder pulsen. Proportie van de totale vangst bij verschillende generator outputsterktes voor commerciële garnalen en trash. foutenvlaggen zijn standaarddeviaties.	61

Figuur 4-14: Vangst commerciële garnalen en trash in de eindconfiguratie en standaard net met zeeflap (n = 14)	62
Figuur 4-15: Vangst commerciële garnalen en trash in de eindconfiguratie en standaard net met zeeflap (n = 10)	62
Figuur 4-16: Bijvangstsamenstelling en lengtedistributie van commerciële vissoorten bij de eindconfiguratie en het standaard net met zeeflap. Som van de vangstgegevens van 14 slepen.63	
Figuur 4-17: Bijvangst van niet-commerciële vissoorten en invertebraten. proportie van de totale vangst per soort per sleep die door de eindconfiguratie gevangen wordt in vergelijking met het standaard net met zeeflap (links) en zonder zeeflap (rechts). Mediaan en kwartielen.....	64
Figuur 4-18: Aantal gewone strandkrabben in functie van het volume trash bij de eindconfiguratie. Significante regressie geplot ($R^2 = 0,77$ $p = 0,0002$).	64
Figuur 4-19: Vangst commerciële garnalen en trash bij de eindconfiguratie met puls en het standaard net zonder zeeflap (n = 10 slepen).....	65
Figuur 4-20: Bijvangstsamenstelling en lengtedistributie van commerciële vissoorten in het pulsvistuig (eindconfiguratie) en het standaard net zonder zeeflap. Som van de vangstgegevens van 10 slepen.	66
Figuur 4-21: Schematisch detail van de gereduceerde, lichtgewicht klossenpees in de pulsvistuig eindconfiguratie uitegetest op TX 25.....	67

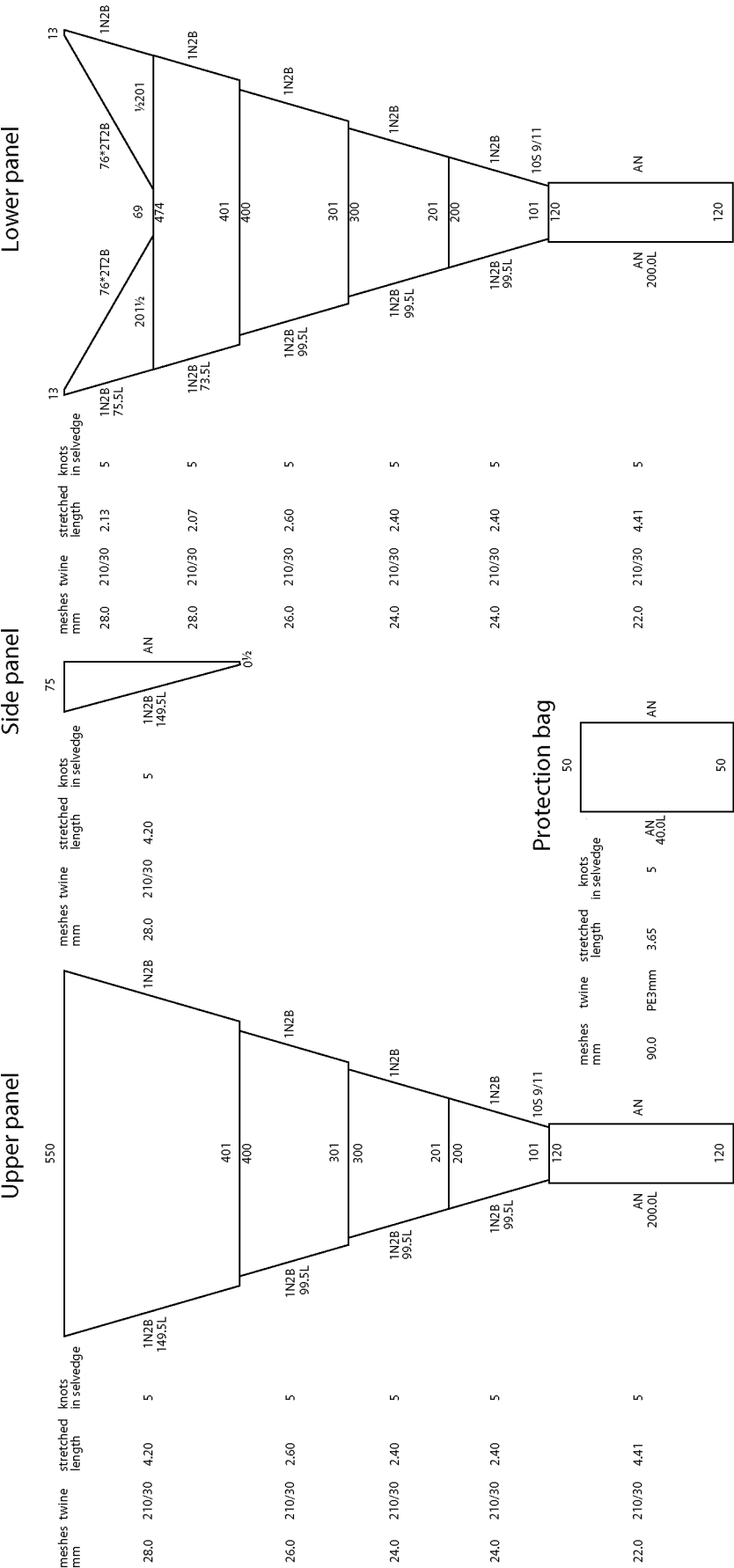
LIJST MET TABELLEN

Tabel 1 - Karakteristieken pulsgeneratoren O 191 en TX 25.....	24
Tabel 2 - Overzicht van de verschillende types elektroden.....	26
Tabel 3 - Kenmerken pulskabel.....	26
Tabel 4: Beschrijving van de testvaartuigen O 191 en TX 25.....	30
Tabel 5: Conventionele vistuigen O 191 en TX 25.....	30
Tabel 6 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met het aangepaste, conventionele garnalennet.....	33
Tabel 7 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met langwerpige gewichten op de elektroden.....	34
Tabel 8 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met ingekorte netopening.....	35
Tabel 9 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met rechthoekig net met rechte onderpees	36
Tabel 10 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met aangepaste langwerpige gewichten op de elektroden in het rechthoekige net met rechte onderpees	37
Tabel 11 - Overzicht van de verschillende uitgeteste netconfiguraties met de kunststofplaat als alternatief voor gewicht om de onderpees op de gewenste afstand te houden.....	38
Tabel 12: Procentueel verschil in vangst tussen het pulsvisttuig en het standaard net per commerciële vissoort voor configuraties 6, 8 en 9. Het gemiddeld verschil over de verschillende slepen $\pm$ de standaarddeviatie met significantietest (Wilcoxon gepaarde test). Geen waarden indien te weinig vangst van een bepaalde soort in een configuratie.	47
Tabel 13: Procentueel verschil in vangst tussen het pulsvisttuig en het standaard net per commerciële vissoort voor configuraties 12, 21, 23, 26, 27 en 28 (configuraties met aangepast conventioneel net, zonder klossen). Het gemiddeld verschil over de verschillende slepen $\pm$ de standaarddeviatie met significantietest (Wilcoxon gepaarde test). Geen waarden indien te weinig vangst van een bepaalde soort in een configuratie.	49
Tabel 14: Procentueel verschil in vangst tussen het pulsvisttuig en het standaard net per commerciële vissoort voor configuraties 6, 8 en 9. Het gemiddeld verschil over de verschillende slepen $\pm$ de standaarddeviatie met significantietest (Wilcoxon gepaarde test). Geen waarden indien te weinig vangst van een bepaalde soort in een configuratie.	57
Tabel 15: Vangstefficiëntie van een vistuig aan bakboord in vergelijking met een identiek vistuig aan stuurboord voor commerciële garnalen en trash. Proportie van totale vangst en percentage van vangstverschil met 90 % confidentie-intervallen.	60

Tabel 16 - Vangstefficiëntie van een vistuig met kortere elektroden (1,5 m) in vergelijking met een vistuig met 3 m lange elektroden voor commerciële garnalen en trash. Proportie van de totale vangst en percentage van vangstverschil met 90 % confidentie-intervallen.	61
---	----

BIJLAGEN

1. Conventioneel net - O 191



Protection bag

50

13

1N2B

149.5L

401

400

301

300

201

200

101

120

AN

200.0L

120

meshes mm

twine

stretched length

knots in selvage

28.0

210/30

2.13

5

28.0

210/30

2.07

5

26.0

210/30

2.60

5

24.0

210/30

2.40

5

24.0

210/30

2.40

5

22.0

210/30

4.41

5

meshes mm

twine

stretched length

knots in selvage

1N2B

28.0

210/30

4.20

5

1N2B

26.0

210/30

2.60

5

1N2B

24.0

210/30

2.40

5

1N2B

24.0

210/30

2.40

5

AN

90.0

PE3mm

3.65

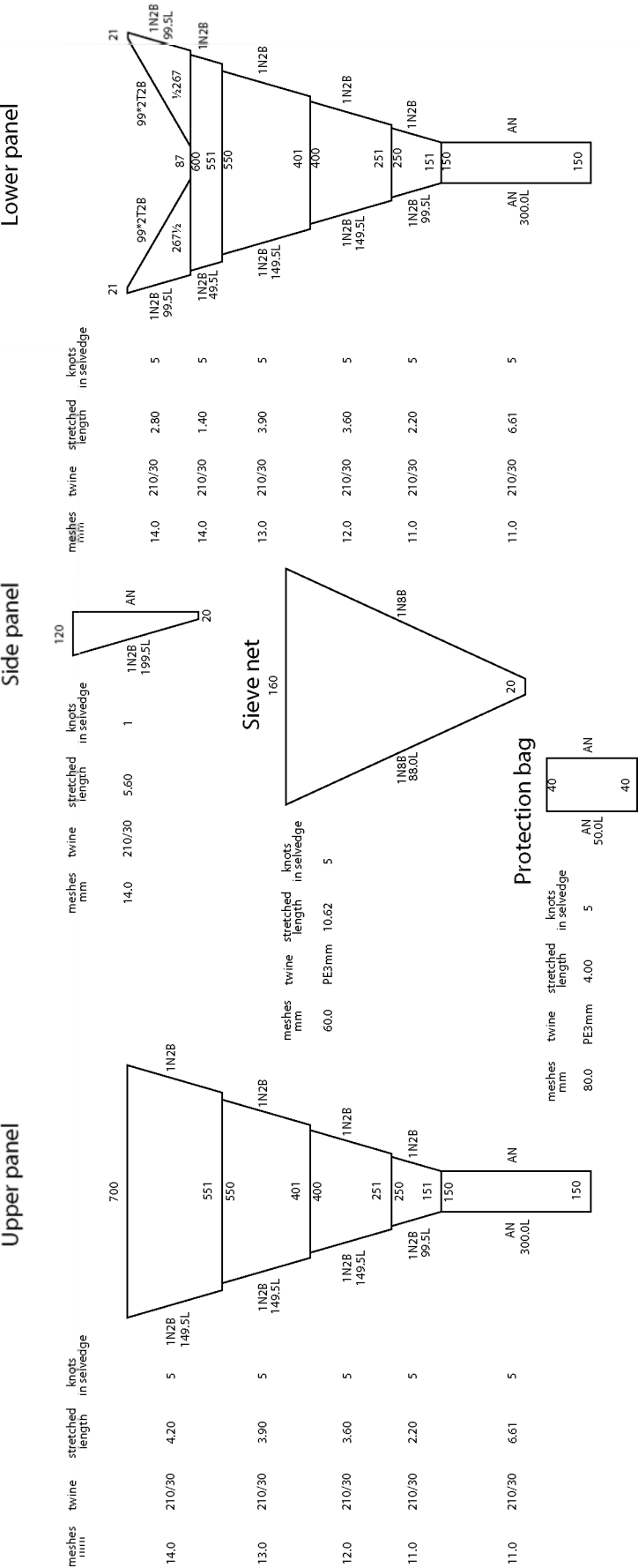
5

AN

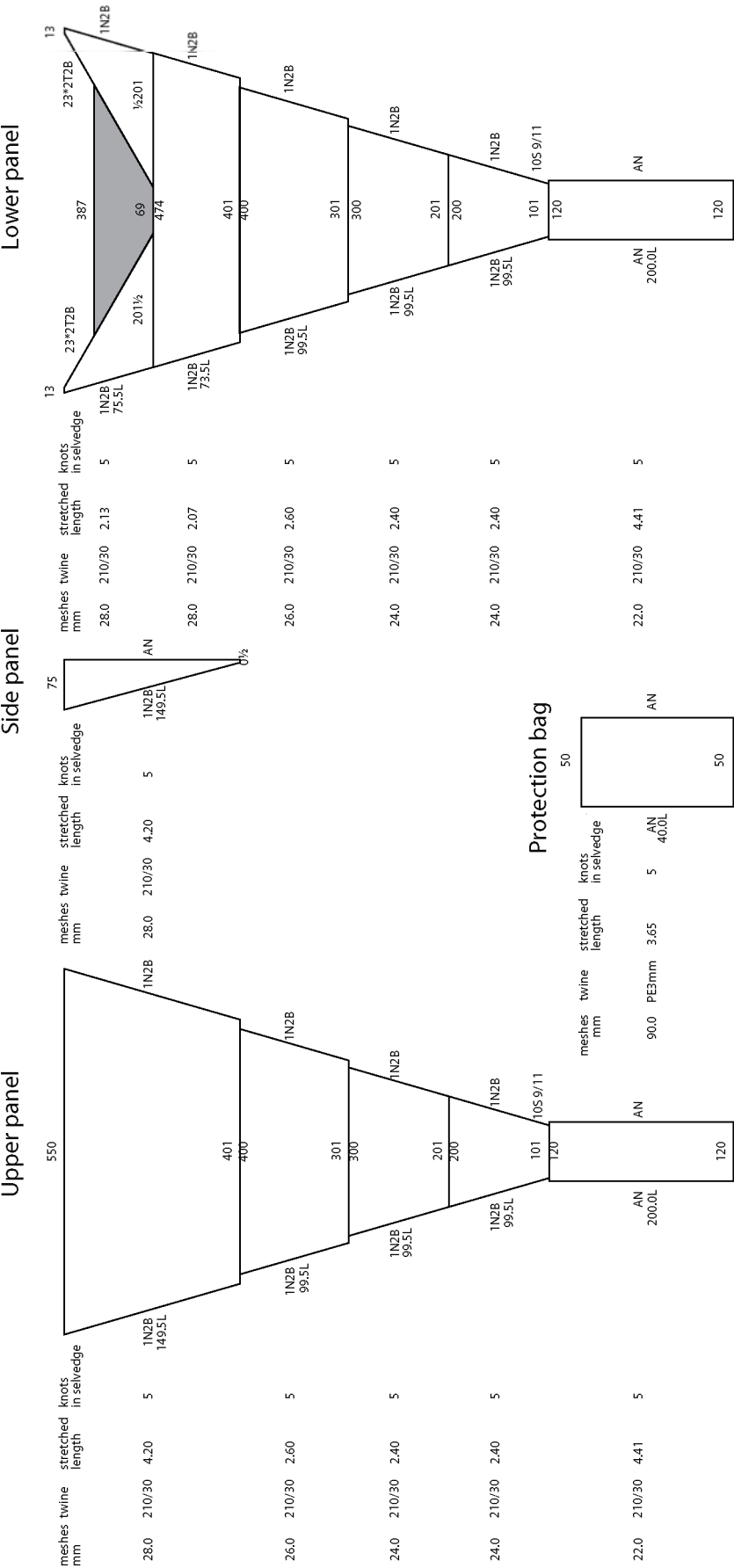
40.0L

50

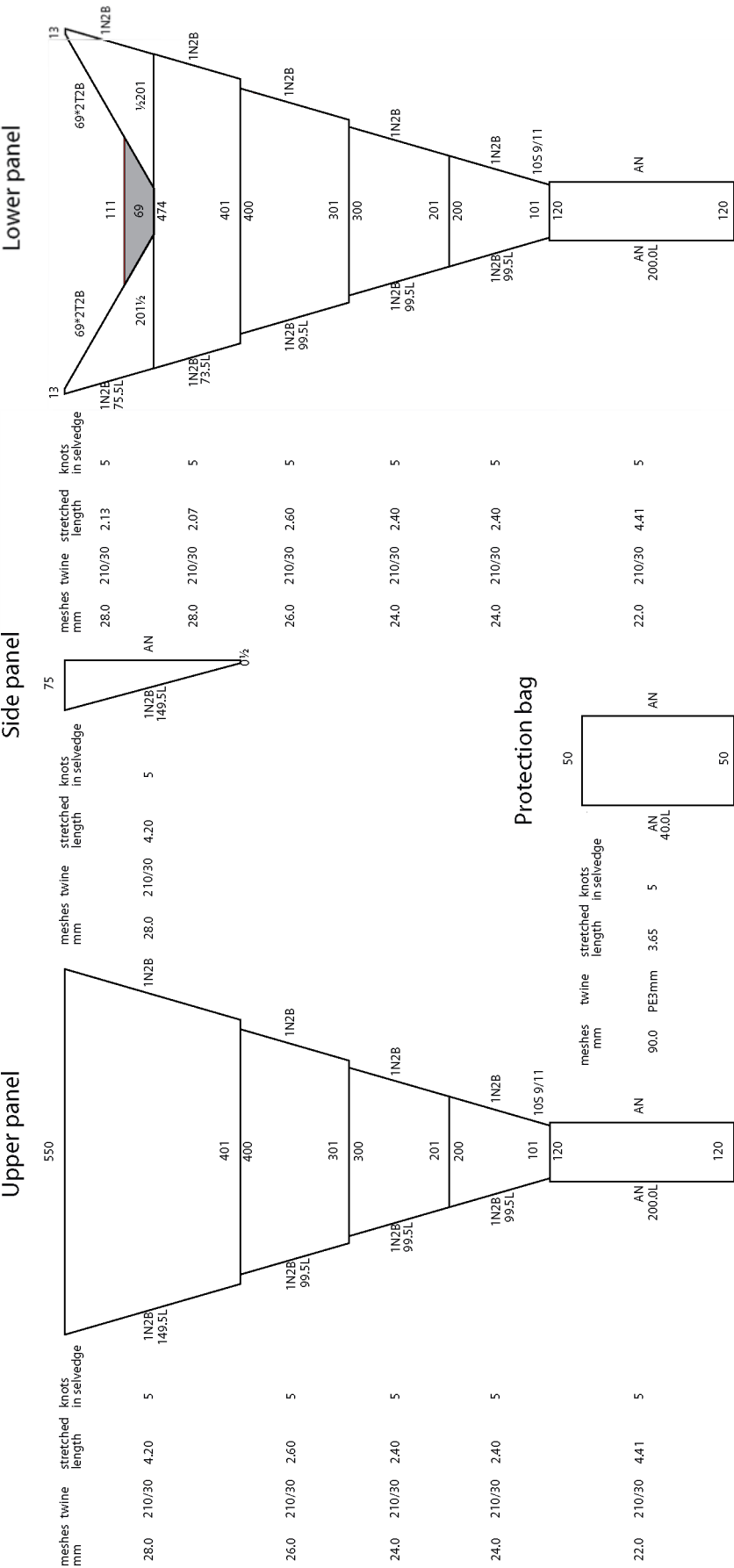
2. Conventioneel net - TX 25



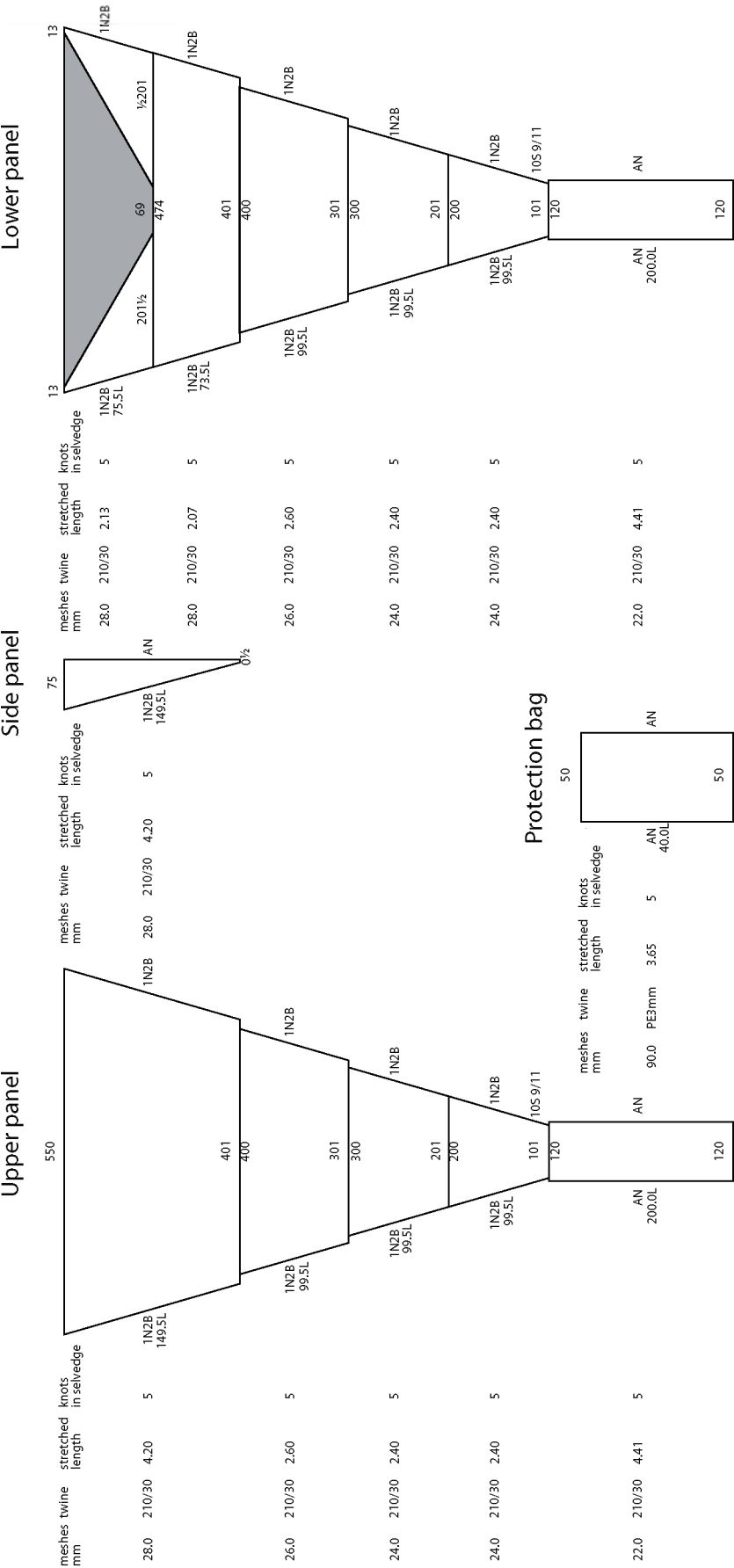
3. Aangepast conventioneel net met 66 % ingekorte netopening - O 191



4. Aangepast conventioneel net met 33 % ingekorte netopening - O 191



5. Aangepast conventioneel net met 8 m onderpees (100 % ingekorte netopening) - O 191



6. Rechthoekig net met rechte onderpees - O 191

meshes mm	twine 210/30	stretched length	knots in sledge	
28.0	210/30	4.20	5	
26.0	210/30	2.60	5	
24.0	210/30	2.40	5	
24.0	210/30	2.40	5	
22.0	210/30	4.41	5	

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage
28.0	210/30	0.67	5
28.0	210/30	2.13	5
28.0	210/30	4.20	5

Side panel

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage
28.0	210/30	0.67	5
28.0	210/30	2.13	5
28.0	210/30	4.20	5

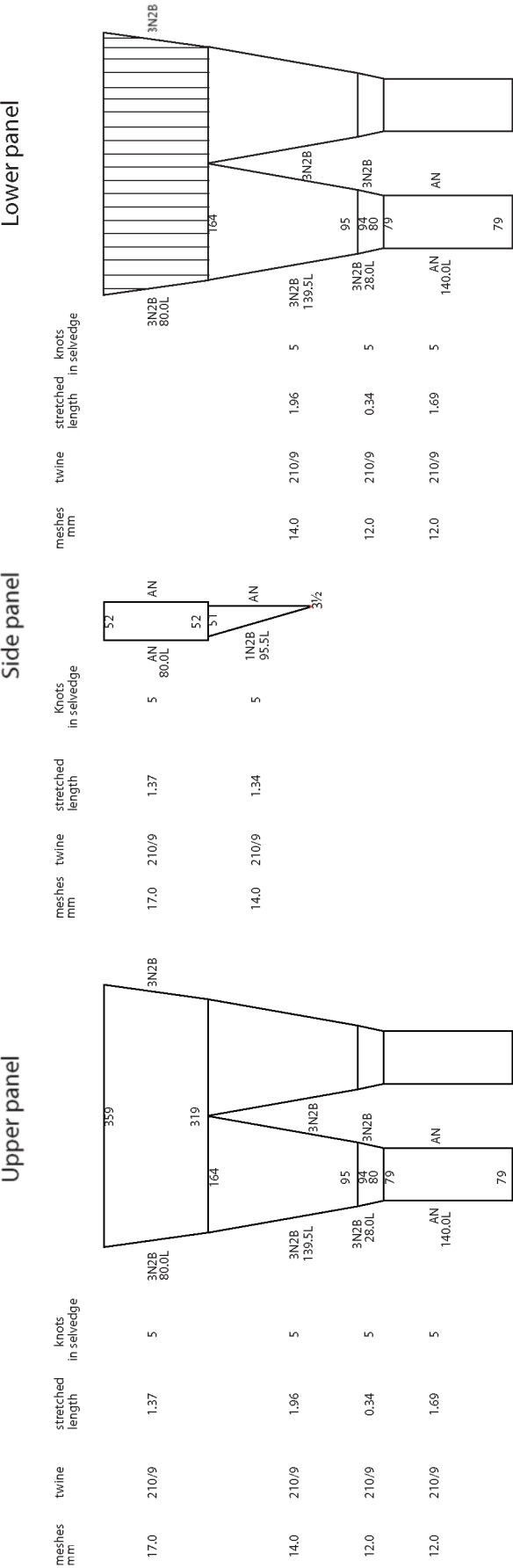
Protection bag

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage
90.0	PE3mm	3.65	5

Protection bag

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage	Upper panel
28.0	210/30	0.67	5	550 AN 23.5L 1/5549 1/2
28.0	210/30	2.13	5	550 AN 75.5L 1/5549 1/2
28.0	210/30	4.20	5	401 1N2B 149.5L 1N2B
26.0	210/30	2.60	5	301 1N2B 99.5L 1N2B
24.0	210/30	2.40	5	201 1N2B 99.5L 1N2B
24.0	210/30	2.40	5	200 1N2B 99.5L 1N2B
22.0	210/30	4.41	5	101 1N2B 120 10S 9/11 200.0L AN 120

7. Schaalmodel broeknet



8. Eindconfiguratie - TX 25

Upper panel

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage
14.0	210/30	2.80	5
14.0	210/30	5.60	5
13.0	210/30	5.20	5
12.0	210/30	2.40	5
11.0	210/30	6.61	5

Side panel

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage
14.0	210/30	2.80	1
14.0	210/30	5.47	1

Protection bag

meshes mm	twine	stretched length	knots in selvage
80.0	PE3mm	4.00	5



2009 Runner-up: The HOVERCRAN

Institute for Agricultural and Fisheries Research Wins \$10,000 with Innovative Fishing Method

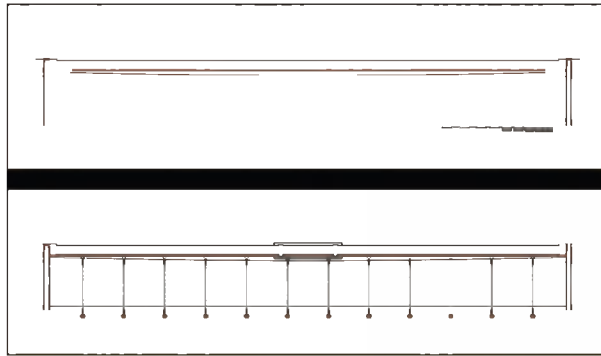
The 2009 International Smart Gear Competition awarded one of only two runner-up prizes to a team at the Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO) in Belgium. The team took the \$10,000 prize for their innovation of the HOVERCRAN, a fishing device that improves commercial catch quality and lessens seabed damage in the brown shrimp fishery.

The brown shrimp (*Crangon crangon*) fishery is widespread in the coastal zones of the North Sea. Inherent in the equipment used are two major problems: (1) the small meshed nets have poor selectivity, resulting in large amounts of bycatch, and (2) the heavy bobbin rope used to startle the shrimp into the net wreaks havoc on the seabed.

The winning team built the HOVERCRAN (HOVERing pulse trawl for selective CRANgon fishery) with these basic principles in mind: simplicity, robustness, durability and cheap design. The device is a modified 8-meter shrimp beam trawl, in which the heavy bobbin rope has been replaced with 12 lightweight electrodes. A harmless, low-intensity electric field close to the seafloor selectively provokes a startle response in brown shrimp. The elevated footrope lets nontarget species escape underneath the hovering trawl and collects the shrimp that jump up into the water column. This technique reduces bycatch volume by 35 percent and decreases seafloor contact by 75 percent. It has implications for a large number of shrimp fisheries around the world where bycatch is the biggest issue the industry faces.

The challenge of this research was to design and integrate specific equipment capable of creating an electro-pulse that induces a maximum response in the shrimp only. Equipment needed included a pulse generator, a winch for hauling and lowering the supply cable, and a control unit to check operation.

That the existing shrimp fishing gear can serve as the basis for the construction of the HOVERCRAN is an important advantage. The additional system components can be placed on the available gear without making radical changes to the existing infrastructure. This means that HOVERCRAN does not negatively influence the current way of fishing. The towing speed, tow duration and choice of location remain the same. But with HOVERCRAN's automatic controls in place to prevent human errors, the crews are safer and work time between hauls is shorter due to less bycatch.



Schematic front views of the traditional shrimp trawl (top) with its bobbin rope touching the sea bed, and of the HOVERCRAN (pulse trawl) with only its 12 lightweight electrodes touching the sea bed.



An almost-pure brown shrimp catch made with the HOVERCRAN.

“Current technical modifications for bycatch reduction in the *Crangon* fishery focus on catch separation or filtering after species have entered the trawl. Damage incurred by contact, or stress caused during the capture and escape process, may lead to higher mortality of bycatch. HOVERCRAN can play an essential role in reducing these discards through an alternative startling method that succeeds in catching bottom-dwelling shrimp without touching the seafloor.”

Hans Polet
HOVERCRAN lead researcher
ILVO Fishing Gear Technology Section

“More and more retailers turn exclusively to the sale of fish from certified fisheries that are sustainable and meet certain environmental standards. At the moment, discard and bottom-contact issues make it difficult for the brown shrimp fishery to request an ecological label. A label, however, could improve the competitive position and the image of this important fishery, and therefore could preserve the existence of several involved companies. HOVERCRAN can play an essential role in acquiring such a label.”

Bart Verschueren,
HOVERCRAN research coordinator
ILVO Fishing Gear Technology Section



Components of the HOVERCRAN system include (l to r) the electric winch, the adapted beam trawl, and the control cabinet.

Benefits to Fishermen and Oceans

- Catches at least as much shrimp as traditional gear does
- Improves species selectivity of brown shrimp fishery
- Reduces bycatch discards by 35 percent in volume
- Reduces seabed contact by 75 percent
- Improves commercial catch quality
- Delivers relatively constant catch efficiency under varying fishing conditions
- Creates prospect of obtaining a sustainability label
- Offers basic features of simplicity, robustness, durability and cheap design

The ILVO - Fishing Gear Technology Section: 2009 Runner-up

The Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO) - Fishing Gear Technology Section is a dynamic group of 13 motivated people with different backgrounds and skills. The primary objective of the group is the development of sustainable fisheries from a technical perspective, and particularly via applied fishing methods.

The HOVERCRAN team consists of

- Hans Polet, engineer. Leader of the Fishing Gear Technology Section and initiator of the HOVERCRAN research, Polet launched the innovative idea to use electric pulses as a means to develop a species-selective electro-trawl for the brown shrimp fishery.
- Bart Verschueren, biologist with technical experience. Coordinator of the HOVERCRAN research.
- Fernand Delanghe, electrical engineer. More than 35 years of experience in fisheries research.
- Norbert Van Craeynest, technician. Ex-fisherman with lifelong experience in all kinds of fisheries.
- Eddy Buyvoets, technician. Expert knowledge of net construction.
- Manfred Van Elslande, ex-shrimp fisherman. With his lifelong experience in the Belgian coast *Crangon* fishery, he was skipper on the HOVERCRAN testing vessel.

Mike Osmond
WWF California Marine Office
171 Forest Avenue
Palo Alto, CA 94301

smartgear.org
smartgear@smartgear.org

650-323-3506



Contact:

Bart Verschueren, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek ILVO

Eenheid Dier

Ankerstraat 1 - 8400 Oostende

Tel. +32 (0)59 56 98 44

bart.verschueren@ilvo.vlaanderen.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op:
www.ilvo.vlaanderen.be

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Burg. Van Gansberghelaan 96
9820 Merelbeke - België
T +32 (0)9 272 25 00
F +32 (0)9 272 25 01
ilvo@ilvo.vlaanderen.be
www.ilvo.vlaanderen.be



De Stichting voor
Verduurzaming
Garnalenvisserij

