

# TONGKWEEK - IMARES

## Toekomstperspectief van binnendijkse kweek

---

Robbert Blonk, Jeroen Kals en Henk van der Mheen

### Mogelijkheden voor tongkweek

De afgelopen jaren hebben wij een significante vooruitgang geboekt in de ontwikkeling van tongkweek in Nederland. Dit is voor een belangrijk deel te danken aan de onderzoeksmogelijkheden binnen project Zeeuwse Tong. Dit rapport geeft een evaluatie van de technische en economische haalbaarheid van de bedrijfstvorm, ondersteund door een beschrijving van risico's en onzekerheden. Dit geeft antwoord op de vraag in hoeverre de kweek van tong kansen biedt voor ondernemers, in hoeverre het kan leiden tot het ontstaan van een nieuwe economische sector en wat de resterende kennislacunes zijn.

### Technische haalbaarheid

Met de technische vooruitgang op zowel biologisch als technisch vlak zijn de perspectieven voor standalone tongkweek in Nederland de laatste 3-4 jaar sterk verbeterd.

Op het gebied van optimalisatie van voeding zijn veelbelovende aanwijzingen voor een verbeterde voeding gevonden. Zagers geven 60% betere groei dan het commerciële tongvoer. Pellets met zagermeel geven 27% betere groei dan commercieel visvoer.

Het is nu mogelijk om geselecteerde tong uit eigen kweek voort te planten waardoor domesticatie en fokkerij zijn gestart. De eerste vergelijking tussen nakomelingen van nieuw geselecteerde tong en nakomelingen van wilde ouderdieren laat een groeiverbetering van 20% en een 5 maal lagere sterfte zien. Deze verbetering is het effect van de eerste generatie domesticatie en selectie.

Verder heeft IMARES door onderzoek naar verbetering van recirculatietechnieken een gangbaar tong-productie (RAS) systeem geoptimaliseerd waardoor het energieverbruik met 25% daalde, terwijl de waterkwaliteit sterk verbeterde. De verwachting is dat deze verbeterde waterkwaliteit de groei, gezondheid en overleving van tong verbetert.

### Economische haalbaarheid

Verschillende onderzoeksresultaten van tongkweek kunnen direct in gebruik genomen worden, zoals aanpassingen m.b.t. reproductie-protocollen, fokkerij en systeemverbeteringen. De verbeteringen van productie geven een verbeterde economische haalbaarheid van kweek van tong.

Op basis van de genoemde recente ontwikkelingen in de productie van tong heeft IMARES een economisch model ontwikkeld dat de kostprijs voor productie van tong voorspelt. Met behulp van dit model kan men inschatten of standalone tongkweek een rendabele economische activiteit kan worden. IMARES werkt momenteel nog aan dit model en levert de resultaten naar verwachting op vóór september 2013.

Het model gaat uit van de volgende parameters:

1. Verbetering van groei met ca. 40% ten opzichte van stand van zaken voor de start van het project. Dit is opgebouwd uit de volgende verbeteringen waarbij we aannemen dat individuele effecten niet volledig additief zijn.
  - a. 27% verhoging van groei door verbetering van voer
  - b. 20% verhoging van groei door fokkerij (per generatie). Het economische model gaat uit van de groei in de eerste generatie van selectie. In volgende generaties verbetert de groei verder.

2. Een voerprijs van € 2,40 /kg. Dit is een inschatting van de kostprijs voor een speciaal ontwikkeld voer, op basis van resultaten uit ons voeronderzoek waarbij o.a. zager-componenten zijn vervangen door gangbare vismeel en -olie.
3. Een voederconversie van 1,3 door verbetering van voer. Deze waarde is op basis van gemiddelde voederconversies zoals gevonden in proeven met zagers en commerciële pellets.
4. 5 maal verlaging van mortaliteit door fokkerij tot 3%. Doorberekend als sterfte van pootvis direct na inzetten in doorkweek.
5. Verlaging van energieverbruik met 25% door verbetering van het systeem.

De weergegeven kostprijs is op basis van een geïntegreerde kwekerij met een eigen hatchery en doorkweek met een productievolume van 300 MT per jaar. Tong wordt gekweekt in een RAS van 6 lagen met raceways. De maximale productiviteit is 25 kg/m<sup>2</sup>/jr.

De berekende kostprijs voor tong in een dergelijk systeem is € 6,43 / kg.

KOSTEN BREAK DOWN STANDALONE TONGKWEEK		€	€/kg
<b>Directe Kosten</b>			
Voer		985,263	3.28
Voer hatchery		116,340	0.39
Andere input			
	Electra	130,330	0.43
	Electra hatchery	11,000	0.04
	Gas	34,580	0.12
	Water	5,930	0.02
	Zuurstof	37,178	0.12
	chem., med., etc.	31,670	0.11
	Lozingsheffing	28,740	0.10
	subtotal	279,428	0.93
<i>subtot. dir. costs</i>		1,381,031	4.60
<b>Andere bedrijfskosten</b>			
	Huur	118,035	0.39
	Onderhoud	34,270	0.11
	Verzekering	5,140	0.02
	Meetkosten	2,000	0.01
	Algemene kosten	55,000	0.18
	subtotal	214,445	0.71
<b>Arbeid</b>			
	Hoog	71,500	0.24
	Middel	80,000	0.27
	Laag	20,000	0.07
	subtotal	171,500	0.57
<i>Subtotaal bedrijfskosten</i>		1,766,976	5.89
<b>Afschrijving</b>			
	Hatchery totaal	20,390	0.07
	5-jaar	65,162	0.22
	10-jaar	39,421	0.13
	20-jaar	35,990	0.12
	gebouw	0	0.00
	subtotal	160,963	0.54
<i>Subtotaal afschrijving:</i>		160,964	0.54
<b>Totaal kosten:</b>		<b>1,927,940</b>	<b>6.43</b>

## Risico's en onzekerheden

Onderzoek naar verbetering van voer voor tong biedt goede aanknopingspunten voor een verbeterde productie van tong. Met experimentele voeders is een verbetering van 27% aangetoond ten opzichte van commercieel gebruikte pellets. De vraag is of een commercieel rendabel voer geproduceerd kan worden met de eigenschappen van het geteste voer.

Naast het testen van een nieuw voer is het noodzakelijk om het voorgestelde kweekstelsel te testen op commerciële schaal, voor een langere periode.

## Kansen voor ondernemers en ontwikkeling tot het ontstaan van een nieuwe economische sector

De voorwaarden die nodig zijn voor de commerciële kweek van tong in Nederland zijn voor een belangrijk deel geschapen. Kennis en ervaring is aanwezig en de perspectieven zijn gunstig.

Viskweek in het algemeen biedt goede mogelijkheden voor bedrijven. Tong is een kansrijke kandidaat voor de aquacultuur in Nederland. De markt betaalt een hoge prijs voor tong, de markt is groot en niet verzadigd, en in Nederland is markt en infrastructuur aanwezig. Het realiseren van de productie van tong is voor Nederland van breder belang. Nederland vervult internationaal een belangrijke functie in de vishandel, waarin tong een belangrijke soort is. Spanje, Portugal en IJsland ontwikkelen initiatieven op het gebied van tongkweek. Als de productie in die landen flink toeneemt vormt dat een directe bedreiging voor de Nederlandse handelspositie.

## kennislacunes

- Ontwikkelen van een voer op basis van goedkopere ingrediënten met hetzelfde resultaat als een voer op basis van zagers. Verwachte kostprijs €2,40 /kg, met een groeiverbetering van 30%.
- Demonstratie van economische haalbaarheid op semi-commerciële schaal, in samenwerking met bedrijven.
- Ontwikkelen van een protocol voor de productie van een groter aandeel vrouwelijke vissen. Op dit moment ligt de verhouding man-vrouw op 20-80. Vrouwelijke vissen groeien sneller, en worden groter. Een groter aandeel verbetert het economisch rendement.
- Met de huidige protocollen is productie van geselecteerde tong het meest efficiënt in het natuurlijke paaiseizoen. Verbetering van "off season" reproductie van broodstocks voor jaar rond productie van pootvis is nodig voor een constante en seizoens-onafhankelijke productie.

## Samenvatting van verworven kennis en inzichten

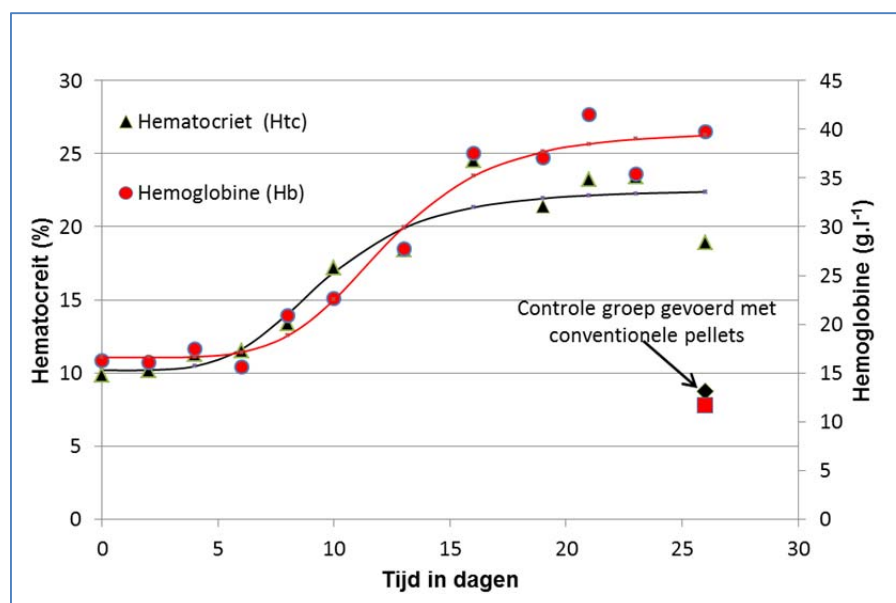
In het onderstaande volgt een samenvatting van de kennis en inzichten verkregen uit onderzoek van IMARES i.r.t. project Zeeuwse Tong, waar relevant aangevuld met resultaten van nevenonderzoek. Deze kennis en inzichten wordt uiteengezet voor de verschillende onderzoekslijnen:

1. Verbetering voeding
2. Vergelijking van groei van tong in verschillende systemen.
3. Voortplanting van geselecteerde G1 broodstocks
4. Fokprogramma voor tong
5. Verbetering van pootviskwaliteit
6. Kostprijs pootvis

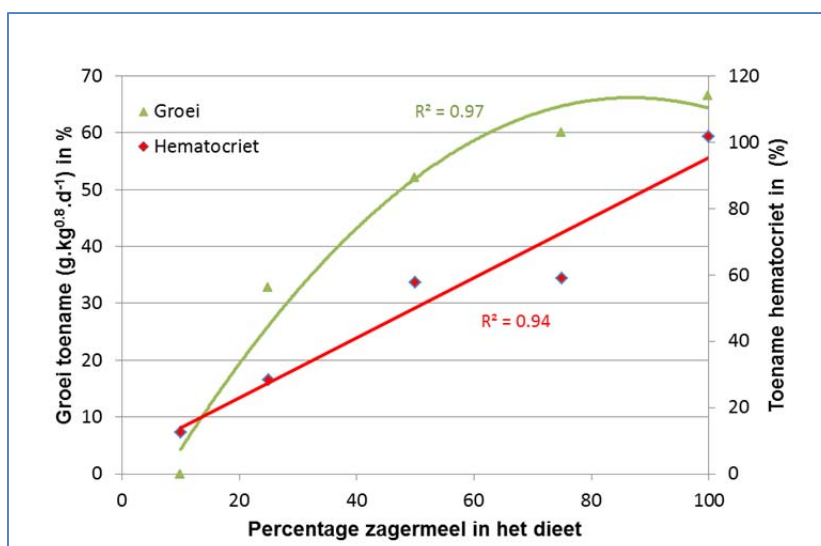
Vervolgens wordt een evaluatie van de technische en economische haalbaarheid van de bedrijfsvorm gegeven, ondersteund door een beschrijving van risico's en onzekerheden. Dit geeft antwoord op de vraag in hoeverre de ontwikkeling kansen biedt voor akkerbouwers of andere ondernemers, in hoeverre deze ontwikkeling kan leiden tot het ontstaan van een nieuwe economische sector en waar mogelijke kennislacunes zijn.

## Verbetering voeding

Uit experimenten van IMARES blijkt dat zagers een sterk positief effect hebben op de groei en gezondheid van tong. Tong gevoerd met commercieel voer groeit relatief langzaam en heeft chronische bloedarmoede terwijl het voeren met zagers of gevriesdroogd zagermeel de groei verbetert en bloedarmoede verhelpt (figuur 1 en 2 en tabel 1).



Figuur 1: Verloop hematocriet en hemaglobine van tong na overgang van commerciële pellets naar zagers.



Figuur 2: De relaties tussen percentage zagermeel en de toename in hematocriet en groei.

### Meerwaarde van zagers

De meerwaarde van zagers voor tong wordt veroorzaakt door meerdere aspecten. De attractiviteit van zagers verbetert de voeropname. Echter dit verklaart niet volledig de verbeterde groei. De attractiviteit van commerciële pellets verbetert door ze te behandelen met zager-extract. Dit leidt wel tot een voeropname die vergelijkbaar is met zagers, maar niet tot een vergelijkbare groei en gezondheid (tabel 1). De nutritionele samenstelling van zagers heeft hiermee duidelijk ook een positieve invloed op de groei van tong.

Tabel 1: Relatie dieet en hematocriet (Htc), groei, voeropname en ijzeropname.

Dieet	Htc <sup>a</sup>	Groei <sup>b</sup>	Voeropname <sup>c</sup>	IJzeropname <sup>d</sup>
Pellet	100	100	100	100
Pellet met extract	103	127	122	119
Verse zagers	187	154	125	197
Gekookte zagers	150	122	73	117
Significant	Ja	Ja	Ja	Ja

<sup>a</sup>hematocriet (%), <sup>b</sup>groei g/kg<sup>0.8</sup>.d<sup>-1</sup>, <sup>c</sup>voeropname in g.dm<sup>-1</sup>.vis<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> en <sup>d</sup>IJzer inname mg.fish<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>  
<sup>1</sup> Alle data zijn weergegeven als het procentuele verschil in vergelijking met de commerciële pellet.

Verdere analyses tonen aan dat de macro-nutritionele samenstelling (eiwitten, vetten, etc) de meerwaarde van zagers voor groei en gezondheid van tong niet kan verklaren. IJzer wordt vaak gezien als een cruciaal element tegen bloedarmoede. Uit de resultaten blijkt echter dat de opname van ijzer de verschillen in hematocriet niet verklaart. Diëten van pellets met extract en gekookte zagers resulteerden in gelijke ijzeropname, maar verschilden sterk in hematocriet gehalte (tabel 1).

### Processing van zagers

Een processingmethode kan de meerwaarde van een ingrediënt, zoals zagers, negatief beïnvloeden. Uit onderzoek concludeert IMARES dat koken van zagers –een processingmethodiek analoog aan de in de voerindustrie veel toegepaste extrudering- de groei van tong vermindert. De voederconversie daalt echter ook, wat een gunstig effect is. Tong benut gekookte zagers veel efficiënter dan verse zagers en

dan commerciële pellets. Het koken van zagers vermindert echter wel de positieve effecten op gezondheid van tong. Invriezen had een minder negatief effect op de voedingswaarde van zagers.

Als voor optimaliseren van een tongvoer enkel de voerefficiëntie belangrijk is, dan zijn conventionele processingtechnieken geschikt voor het produceren van tongvoer. Andere processingmethoden als vriesdrogen moeten ingezet worden wanneer de focus enkel op groei ligt.

### Box 1: Effecten van zagers op microflora

Onderzoek van IMARES uitgevoerd naast project Zeeuwse tong toont aan dat een dieet van zagers de darmflora van de tong positief beïnvloedt. Op een dieet van zagers waren er minder pathogene bacteriën aanwezig.

Alles wijst er op dat dit een effect is van de nutritionele samenstelling van de zagers. Het onderzoek, in vitro uitgevoerd, toonde namelijk ook aan dat de verschuiving van de samenstelling in de darmflora niet het effect kon zijn van een mogelijke antibacteriële werking van zagers.

### Receptuur voor tongvoer op basis van zagers

Met behulp van bovengenoemde onderzoeksresultaten heeft IMARES een receptuur voor een tongvoer op basis van zagers ontwikkeld. Productie van dit tongvoer is technisch mogelijk zonder gebruik van vismeel en visolie, bestaat voor 75% uit droog gevroren zagermeel en daarnaast enkele andere componenten (weergegeven in tabel 2). Het hier beschreven tongvoer is te produceren met behulp van koude extrusie en geeft een experimenteel aangetoonde verbeterde groei van 27% ten opzichte commerciële pellets. De groei van vissen gevoerd met de commerciële pellet is  $4.58 \text{ g.kg}^{0.8} \cdot \text{d}^{-1}$ . De groei van de vissen gevoerd met de pellet met 75% zagermeel is  $5.82 \text{ g.kg}^{0.8} \cdot \text{d}^{-1}$ .

Tabel 3 geeft de biochemische samenstelling van het tongvoer.

Ingrediënten	(%)
Zagermeel	75
Erwten eiwit concentraat	7.94
Caseine	3.66
Tarwe gluten	5
Bindmiddel	2
CMC	2
Zout	2
Fosfaat	1
Mineraal and vitamine	1.36
Betaine	0.05

Tabel 2. Receptuur voor een tongvoer op basis van 75% zagermeel, zonder vismeel en visolie. † (taken from Borges et al., 2009) Vitamins (mg or IU kg<sup>-1</sup> diet): vitamin A (retinyl acetate); 2.4 mg, 8000 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 0.04 mg 1700 IU; vitamin K3 ((menadione sodium bisulfite), 10 mg; vitamin B1 (thiamine), 8 mg; vitamin B2 (riboflavin), 20 mg; vitamin B6, <sup>2</sup>vitamin B<sub>12</sub> (cyanocobalamin) 0.02mg, (pyridoxine hydrochloride), 10 mg; folic acid, 6 mg; biotin, 0.7 mg; inositol, 300 mg; niacin, 70 mg; pantothenic acid, 30 mg, choline, 1500 mg; vitamin C, 500 mg; vitamin E, 300 mg; Minerals (g or mg kg<sup>-1</sup> diet): Mn (manganese oxide), 20 mg; I (potassium iodide), 1.5 mg; Cu (copper sulphate), 5mg; Co (cobalt sulphate), 0.1 mg; Mg (magnesium sulphate), 500mg; Zn (zinc oxide) 30 mg; Se (sodium selenite) 0.3 mg; Fe (Iron Sulfate) 60 mg; Calcium carbonate 2150 mg; Dicalcium phosphate 5000 mg; Potassium Chloride 1000mg; Antioxidant BHT (E300-321) 100 mg; Anti-fungal Calcium propionate 1000 mg. Extra: Vitamin C<sup>††</sup>, 800 mg, Vitamin E, 800 mg, Antioxidant BHT (E300-321) 100 mg; Anti-fungal Calcium propionate 1000 mg. ††Vitamin C not in the form of stabilized sulfaat (Fish has no sulfanase).

Macro-nutriënten		Aminozuren (g.kg-1)		Mineralen (zonder premix)	
Ruw eiwit (%)	min. 53.3	Lysine*	34.1	Ca (g.kg)	2.3
Vet (%)	max. 13.5	Methionine*	10.3	P (g.kg)	6.1
Vezels (%)	3.58	Cysteine*	5.7	Mg (g.kg)	3.8
OK (%)	--	Met+Cys	16	K (g.kg)	11
As (%)		Threonine*	19.7	Na (g.kg)	32
		Tryptofaan*	6.1	Cl (g.kg)	11.7
		Isoleucine*	21.8	Fe (mg.kg)	500-1426
		Arginine*	32.8	Cu (mg.kg)	6
<b>Vetten (g.kg-1dm)</b>		Phenylalanine*	22	Zn (mg.kg)	63.6
Omega 3	19.5	Histidine*	13.4	Co (mg.kg)	0.65
Verzadigde vetzuren	24	Leucine*	37	Cr (mg.kg)	5.2
Mono onverzadigde	40.8	Tyrosine*	19.1	Mo (mg.kg)	0.83
Meervoudig onverzadigde vetzuren	35.1	Valine*	25.5	Mn (mg.kg)	13.9
		Alanine	34.1	V (mg.kg)	2.9
		Asparagine	44.2	Premix†	--
		Glutamine	78.7		
		Proline	38.3		
		Serine	21	<b>Overige</b>	
		Glycine	26.3	Taurine (g/kg.ds)	5.2
		Phe+Tyr	41.1	Cholesterol	247
		LEU/ILE	1.7	(mg.kg.ds)	

Tabel 3. Biochemische samenstelling van het door IMARES ontwikkelde tongvoer op basis van 75% gevriesdroogd zagermeel. \*Deze richtlijnen voor de nutritionele samenstelling zijn afgeleid uit experimentele resultaten en met behulp van de samenstelling van ingrediënten uit data bases van de CVB voedertabel, Aquafeedbase.com en eigen analyses. †(afkomstig van Borges et al., 2009) Vitamins (mg or IU kg<sup>-1</sup> diet): vitamin A (retinyl acetate); 2.4 mg, 8000 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 0.04 mg 1700 IU; vitamin K3 (menadione sodium bisulfite), 10 mg; vitamin B1 (thiamine), 8 mg; vitamin B2 (riboflavin), 20 mg; vitamin B6, <sup>2</sup>vitamin B<sub>12</sub> (cyanocobalamin) 0.02mg, (pyridoxine hydrochloride), 10 mg; folic acid, 6 mg; biotin, 0.7 mg; inositol, 300 mg; niacin, 70 mg; pantothenic acid, 30 mg, choline, 1500 mg; vitamin C<sup>††</sup>, 500 mg; vitamin E, 300 mg; Minerals (g or mg kg<sup>-1</sup> diet): Mn (manganese oxide), 20 mg; I (potassium iodide), 1.5 mg; Cu (copper sulphate), 5mg; Co (cobalt sulphate), 0.1 mg; Mg (magnesium sulphate), 500mg; Zn (zinc oxide) 30 mg; Se (sodium selenite) 0.3 mg; Fe (Iron Sulfate) 60 mg; Calcium carbonate 2150 mg; Dicalcium phosphate 5000 mg; Potassium Chloride 1000mg; Extra: Vitamin C<sup>††</sup>, 800 mg, Vitamin E, 800 mg, Betaine 0.05%, Antioxidant BHT (E300-321) 100 mg; Anti-fungal Calcium propionate 1000 mg. ††Vitamin C not in the form of stabilized sulfaat (Fish has no sulfanase). <sup>e</sup>Essentiële aminozuren, <sup>n</sup> Conditioneel essentiële aminozuren.

Tong groeit goed op dit voer, maar de kostprijs voor commercieel gebruik is zeer waarschijnlijk te hoog, vooral door het grote aandeel van zagermeel. Onderzoek naar kostprijsverlaging, eventueel met al dan niet gedeeltelijke uitwisseling van zagermeel tegen vismeel/-olie is nodig om een vergelijkbaar tongvoer te produceren voor een lagere kostprijs.

## Conclusies:

1. Een tongvoer op basis van zagers verbetert groei van tong met 27%.
2. Een tongvoer op basis van zagers verbetert de gezondheid van tong.
3. Vooral nog is de kostprijs van tongvoer op basis van zagers (waarschijnlijk) te hoog.
4. Alternatieve ingrediënten moeten geïdentificeerd worden om de kostprijs te verlagen.

## Vergelijking van groei van tong in verschillende systemen.

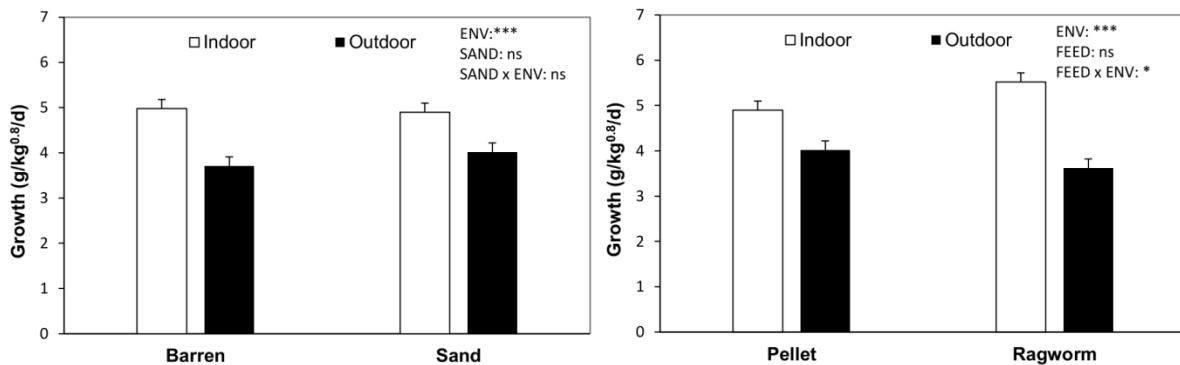
IMARES heeft in de periode 2010 – 2012 diverse experimenten uitgevoerd naar de optimale houderij-omstandigheden van tong. In deze onderzoeken zijn onder andere effecten van opkweek binnen



(constante omstandigheden met kunstlicht) vs. opkweek in open lucht (fluctuerende weersomstandigheden, temperatuur en daglicht) op groei van tong vergeleken. Daarnaast werd in beide omgevingen het effect van zand bepaald, en werd groei van tong gevoerd met pellets vergeleken met groei van tong gevoerd met zagers.

De resultaten van dit experiment zijn weergegeven in figuur 3. De conclusie uit dit experiment is dat kweek van tong binnen tot betere productieresultaten leidt. De groei van tong binnen is ca. 20 - 35% beter dan in open lucht. Het verstrekken van zand in bakken met tong heeft geen effect op groei.

Het voeren met zagers lijkt alleen binnen een, beperkt, voordeel te bieden voor groei van tong. Dit lijkt in tegenspraak met eerdere resultaten, waar een zagerdieet een sterk effect had op groei. De reden daarvoor is dat het effect van een zagerdieet alleen tot uiting komt bij hogere kweektemperaturen. In dit experiment waren temperaturen relatief laag en dus waren effecten van zagers minder sterk. Hogere temperaturen zijn voor de kweek wel gewenst, omdat tong dan sneller groeit.



Figuur 3. Groei van tong binnen en in open lucht (links: vergelijking tussen tanks met en zonder zand; rechts: variatie in groei in %) binnen en buiten en met pellets of zagers (ragworm).

## Voortplanting van geselecteerde G1 broodstocks

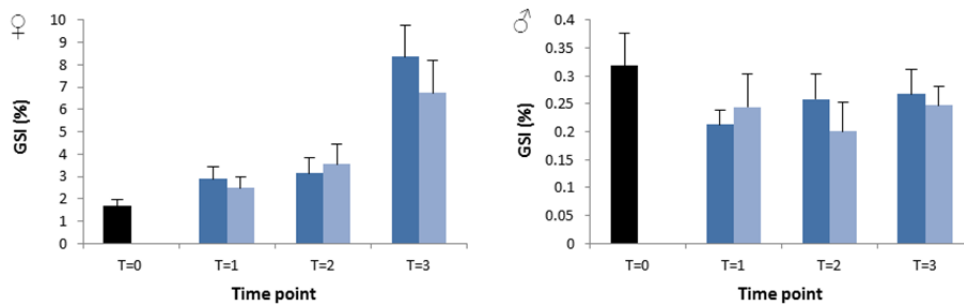
Domesticatie en fokkerij van tong verbetert de groei en kwaliteit (zie paragraaf verderop). Om domesticatie en fokkerij van tong mogelijk te maken is het noodzakelijk dat gekweekte tong zich voortplant. Bij voorkeur vindt voortplanting binnen plaats onder gecontroleerde omstandigheden zodat pootvis ook buiten het natuurlijke voortplantingsseizoen geproduceerd kan worden. Reproductief succes van binnen gehouden gekweekte G1 tong bleek echter vooralsnog zeer variabel en onbetrouwbaar, terwijl dat van binnen gehouden wilde tong juist zeer hoog is.

Tijdens experimenten bleek dat reproductie van geselecteerde G1 tong zowel in vijvers als onder geconditioneerde omstandigheden succesvol was. In het voorjaar van 2012 en 2013 werden onder gecontroleerde omstandigheden tienduizenden larven geproduceerd.

De nu mogelijke productie van nieuwe generaties tong maakt dat de kweek van tong niet meer afhankelijk is van reproductie van wilde ouderdieren. Dit is een zeer belangrijke, cruciale stap voor een rendabele kweek van tong in Nederland.

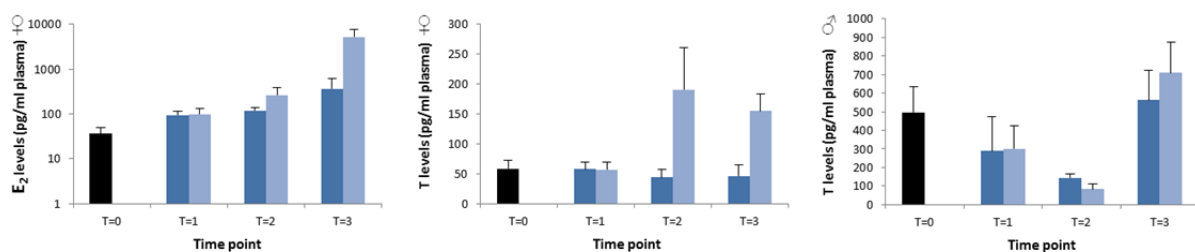
- Productie van bevruchte eieren vindt plaats onder gecontroleerde omstandigheden.
- Bevruchte eieren ontwikkelen zich tot gezonde pootvis.

Hoewel reproductie van tong onder zowel gecontroleerde als in natuurlijke omstandigheden in vijvers succesvol was, bleek uit de monitoring tijdens het experiment dat de lever en de gonaden van tong in vijvers groter zijn dan in gecontroleerde omstandigheden (figuur 4).



Figuur 4 Gonado-Somatische Index (GSI, boven) van vrouwelijke (links) en mannelijke (rechts) tong in vijvers (donkerblauw) en in gecontroleerde omstandigheden (lichtblauw) in november 2011 (T=0), januari 2012 (T=1), februari 2012 (T=2) en april 2012 (T=3). Zwart = startwaarde.

Ook bleken met reproductie geassocieerde hormoonniveaus van vissen uit gecontroleerde omstandigheden hoger dan bij vissen in vijvers. Dit wijst mogelijk op nog niet geoptimaliseerde gecontroleerde omstandigheden en daarmee op ruimte voor verbetering.



Figuur 5 Estradiol ( $E_2$ ) en testosteron ( $T$ ) niveaus van vrouwelijke ( $E_2$  en  $T$ , links en midden) en mannelijke ( $T$ , rechts) tong in vijvers (donkerblauw) en in gecontroleerde omstandigheden (lichtblauw) in november 2011 (T=0), januari 2012 (T=1), februari 2012 (T=2) en april 2012 (T=3). Zwart = startwaarde.

## Fokprogramma voor tong

### Genetische verbetering en beperken van inteelt

Het nut van een fokprogramma is tweeledig. Ten eerste kan men met een fokprogramma de productiviteit van populaties verbeteren door gerichte selectie van ouderdieren op basis van genetische aanleg van dieren voor erfelijke kenmerken. Omdat erfelijke kenmerken van ouders op nakomelingen worden doorgegeven zullen de ouderdieren met de beste fokwaarden gemiddeld ook de (genetisch) beste nakomelingen produceren. Door in elke opeenvolgende generatie nieuwe ouderdieren met de beste genetische aanleg te selecteren, wordt de productiviteit in elke generatie verbeterd. Fokprogramma's voor vis worden o.a. uitgevoerd voor kenmerken als groei, filet kwaliteit, ziekteresistentie etc.

Naast het nut voor verbetering van productiviteit zijn fokprogramma's ook cruciaal voor de controle op inteelt. Een te hoge inteelt leidt tot zgn. inteeltdepressies als verminderde groei, ontstaan van misvormingen, verhoogde ziekteresistentie en verlies van potentie voor genetische verbetering. Bij ongestructureerde selectie van nieuwe ouderdieren is de kans op een te hoge toename van inteelt groot. Fokprogramma's kunnen in hun ontwerp rekening houden en corrigeren voor een te hoge inteelt door het kruisen van verwante dieren gericht te vermijden.

### Effect van fokkerij

Het effect van fokkerij is extra sterk aanwezig in de huidige kweek van tong omdat bij deze soort tot voor kort enkel wilde ouderdieren werden gebruikt voor de productie van uitgangsmateriaal voor kweek. Wilde ouderdieren zijn nauwelijks geselecteerd voor kweekomstandigheden die totaal anders is dan de omstandigheden in het wild. Omdat prestatie van dieren (zoals bijv groei) voor een groot deel erfelijk is,

is er hierdoor ook veel "wilde variatie" in de productiepopulaties aanwezig: populaties bevatten zowel dieren die redelijk goed als zeer slecht presteren. Het is daarom de verwachting dat de eerste gericht fokkerij (domesticatie) van tong al in de eerste generaties sterke verbetering van efficiëntie van kweek geeft.

### Box 2: Effecten van fokkerij op groei van tong

Onderzoek van IMARES uitgevoerd naast project Zeeuwse tong toont aan dat G2 (tweede generatie) tong geselecteerd op groei in RAS beter groeit dan G1 (nakomelingen van wilde ouderdieren).

Voor pootvis van tong werd een verbeterde groei van ca. 20% gerealiseerd. Daarnaast bleek sterfte van G2 tong tot 5 maal lager dan bij G1.

Een mogelijke verklaring voor de verlaagde mortaliteit is dat de G2 tongen ongemerkt geselecteerd zijn op een verminderde vatbaarheid voor pathogene bacteriën. Het onderzoek toonde een significant effect aan van generatie op de aanwezigheid van pathogene vibrio bacteriën in het darmstelsel. G2 tongen hadden een lagere besmetting.

Gezien het verschil in sterfte tussen generaties in dit experiment is het mogelijk dat groeiverschillen nog hoger uit zouden vallen, in het voordeel van G2 dieren, wanneer gecorrigeerd zou zijn voor dichtheid.

### Conclusies keuze fokprogramma en aantal ouders

IMARES heeft in genetisch analyses aangetoond dat fokkerij van tong op groei mogelijk is. Daarnaast zijn middels stochastische analyses de basisvoorwaarden voor een fokprogramma voor tong bepaald. Een geavanceerd fokprogramma (zgn BLUP-selectie) voor tong heeft elke generatie minstens 150 ouderdieren nodig heeft om inteelt te kunnen beperken en toch een redelijke genetische respons te behalen. Voor een simpel fokprogramma (zgn massa-selectie) zijn minstens 325 ouderdieren per generatie nodig.

Wanneer men betere controle op de inteelt wilt behouden –door natuurlijke voortplanting van ouderdieren bestaat immers het risico op onverwachte hoge inteelt- is het raadzaam om een fokprogramma met BLUP-selectie en gecontroleerde beperking van inteelt uit te voeren. Een tweede voordeel van BLUP-selectie is dat makkelijk meerdere kenmerken (filetkwaliteit, kleur etc) in het programma meegenomen kan worden terwijl massa-selectie veelal beperkt is tot slechts 1 kenmerk.

De additieve genetische respons per generatie bedraagt ca. 0.048% lichaamsgewicht groei per dag voor een fokprogramma met BLUP-selectie van 150 ouderdieren uit 5.000 selectiekandidaten. De gemiddelde groei van elke nieuw geselecteerde generatie verbetert met deze respons ten opzichte van de gemiddelde groei van de vorige generatie. De gemiddelde verwachte groei voor de eerste 3 geselecteerde generaties is weergegeven in tabel 4.

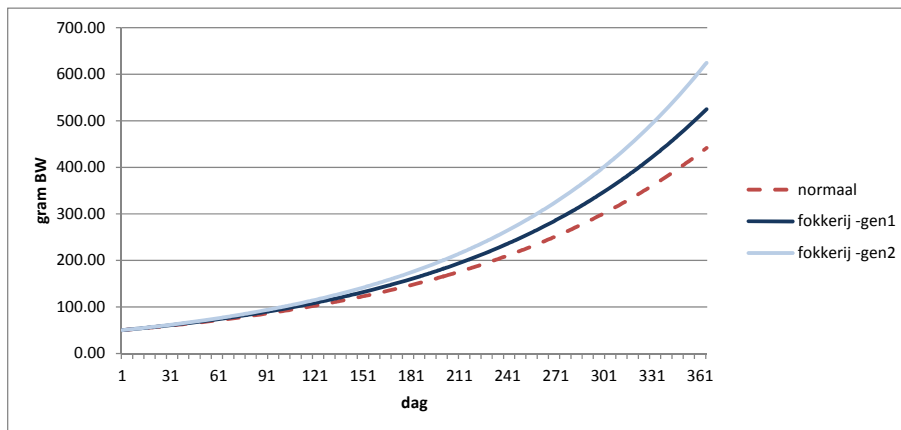
Gen	groei/d	g_365dgn	Dgn_200g
0	0.600%	444	232
1	0.648%	528	215
2	0.696%	629	200
3	0.744%	748	187

Tabel 4 Gemiddelde verwachte groei (% lichaamsgewicht groei / dag), gewicht na 1 jaar (g\_365dgn) en dagen tot 200 gram (Dgn\_200g) met een startgewicht van 50 g voor de eerste 5 geselecteerde generaties (Gen) bij selectie met BLUP-selectie en 150 ouderdieren uit een populatie selectiekandidaten van 5.000 dieren.

Het effect van de respons op visgewicht over de tijd is weergegeven in figuur 6. Uit deze figuur wordt duidelijk dat het fokprogramma in het beschreven scenario na een jaar groei (vanaf 50 gram, leeftijd pootvis ca. 1 jaar) resulteert in een ca. 20% hoger lichaamsgewicht. Dit scenario is gevalideerd in een experimentele vergelijking tussen de eerste en tweede generatie (zie box 2). Het is aannemelijk dat de gemiddelde response na de eerste 2-3 generaties iets terugzakt naar 10-15% per generatie. Soortgelijke genetische verbeteringen worden in de praktijk behaald door fokprogramma's bij andere soorten.

Return on investment (ROI) van een fokprogramma zijn zeer sterk afhankelijk van de schaal van productie in de doorkweek waar door het fokprogramma verbeterd uitgangsmateriaal wordt gebruikt. De vaste kosten voor een fokprogramma zoals in hier beschreven zijn voornamelijk opgebouwd uit kosten voor genotyperen (commerciële prijs ca. € 20 per dier) en tagging (commerciële prijs ca. €2 per dier).. Daarnaast moeten indien niet aanwezig kosten voor inhuur van specialistische fokkerij-kennis gerekend worden.

Verdere optimalisatie van een fokprogramma is mogelijk met andere (m.n. grotere) aantallen selectiekandidaten. Met name bij situaties met grotere aantallen selectiekandidaten zal de respons van het fokprogramma groter worden.

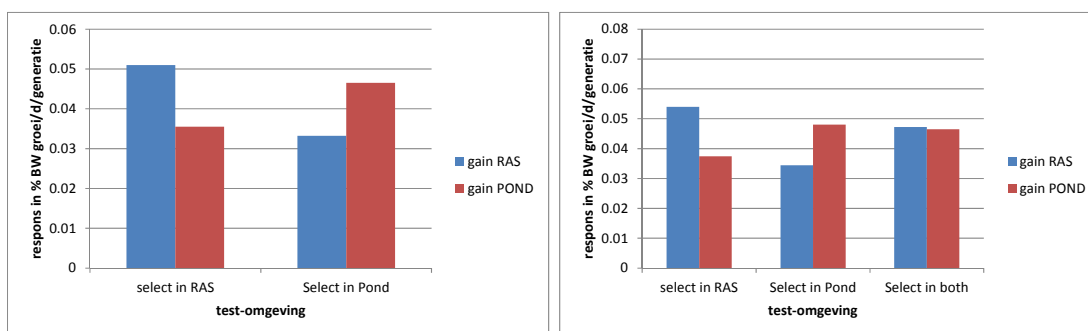


Figuur 6. Lichaamsgewicht van tong per dag, vanaf 50 gram. Normaal: lichaamsgewicht per dag in on-geselecteerde populaties (huidige populatie tong met groei SGR 0.6%BW/d); fokkerij-gen1: lichaamsgewicht per dag in geselecteerde populaties in de eerste generatie; fokkerij-gen2: lichaamsgewicht per dag in geselecteerde populaties in de tweede generatie;

## Het nut van een fokprogramma voor tong specifiek voor vijvers en/of RAS

Uit de door IMARES uitgevoerde genetische analyses bleek een zeer sterke aanwijzing voor het effect van GxE interactie op groei van tong in vijvers of in RAS. De aanwezigheid van GxE interactie heeft gevolgen voor het ontwerp van een optimaal fokprogramma: een fokprogramma dat tong voor vijvers produceert zal idealiter ook vijvers gebruiken als testomgeving voor de selectiekandidaten. Voor RAS zal dan een apart programma ontwikkeld moeten worden.

Om de noodzaak van een specifiek fokprogramma te bepalen heeft IMARES het effect van GxE interactie op respons in RAS en vijvers geanalyseerd voor fokprogramma's met massa- en BLUP-selectie. De analyses zijn uitgevoerd voor scenario's met 150 (BLUP) en 325 (Massa) ouders en 5.000 selectiekandidaten. Het is mogelijk dat fokprogramma's met andere dimensies betere resultaten geven. Dit is niet onderzocht in dit project.



Figuur 7. Effect van GxE interactie op de respons in de test- en niet-test-omgeving bij massa-selectie (links) en BLUP selectie (rechts). Y-as: test-omgeving; x-as: respons in % lichaamsgewicht groei/dag per generatie. Bij BLUP-selectie bestaat ook de mogelijkheid om dieren te selecteren op basis van prestatie in beide test-omgevingen.

Figuur 7 geeft het effect van GxE interactie op de verwachte respons in de test- en niet-test-omgeving weer voor fokprogramma's met massa-selectie en voor BLUP-selectie. Wanneer dieren uit een fokprogramma voor RAS ingezet worden in vijvers, blijkt de gerealiseerde respons ca. 30% lager dan wanneer deze dieren in RAS worden ingezet. Hetzelfde effect is zichtbaar wanneer de dieren uit een vijver-fokprogramma ingezet worden in RAS.

In een fokprogramma met BLUP-selectie is het mogelijk om, naast selectie op meerdere kenmerken tegelijk, ook dieren te geselecteerd voor prestatie in beide omgevingen tegelijk. De responsen bij deze vorm van selectie zijn lager dan in een fokprogramma waar voor één test-omgeving specifiek geselecteerd wordt, maar per omgeving hoger dan de gemiddelde responsen van de twee specifiek voor één omgeving uitgevoerde fokprogramma's. Een dergelijk gecombineerd fokprogramma is overigens ook bijna tweemaal zo groot dan een specialistisch fokprogramma.

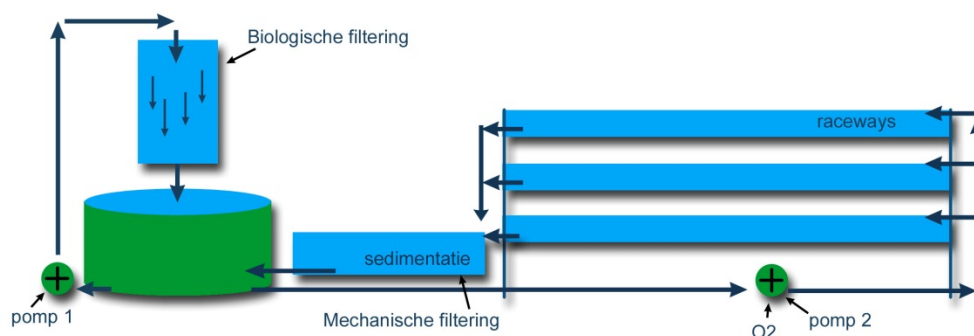
## Verbetering van pootviskwaliteit

### Verbetering huisvestingssysteem

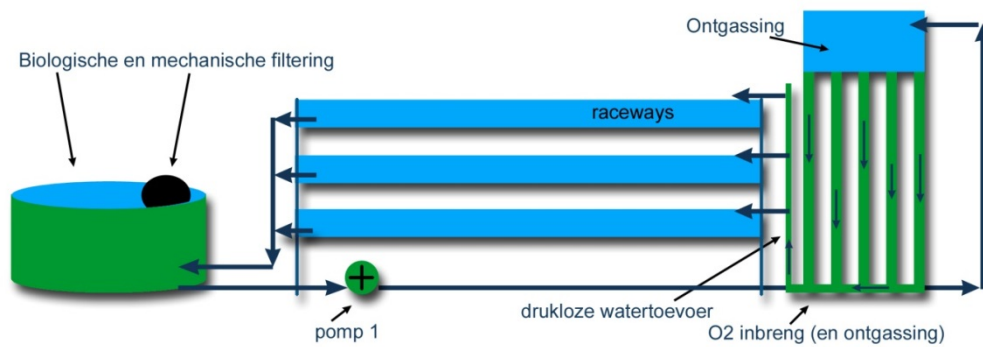
Het verkrijgen van goedkope en kwalitatief hoogwaardige pootvis voor een efficiënte productie is een complex proces dat veel precisie vereist. Hierbij zijn technische verbetering van pootvis-systemen en efficiëntere groei van (poot)vis belangrijke aspecten. Voor de productie van pootvis heeft Imares gewerkt aan de verfijning van protocollen.

Om de kwaliteit van pootvis te verbeteren heeft Imares i.s.m. ACE aquacultuur een nieuw recirculatie aquacultuur systeem (RAS) pootvisstelsysteem ontworpen en gebouwd. In vergelijking tot gangbare pootvisstelsystemen voor tong heeft dit systeem:

1. Verbeterde zuivering van systeemwater: verwijderen septic tank en aanpassen/vergroten moving-bed filter.
2. Efficiëntere toediening van zuurstof: "medium head oxygenator" (MHO)
3. Verbeterde ontgassing (CO<sub>2</sub>)
4. Verlaging van kans op oververzadiging door drukloze watervoorziening
5. Efficiënter energieverbruik.



Figuur 8 Conventioneel pootvis-systeem tong.



Figuur 9 Medium-Head-Oxygenator (MHO)-pootvis-systeem tong.

De systeemtechnische prestaties zijn weergegeven als gerealiseerde energie-efficiëntie (Wh per m<sup>3</sup> verpompt water), zuurstof- (O<sub>2</sub>), koolstofdioxideniveaus (CO<sub>2</sub>) en pH. Om te bepalen of beide systemen onder gelijke belasting ook beide voldoende capaciteit hebben voor waterzuivering zijn tevens ammonium- en nitriet concentraties gemeten.

Tabel 5 Systeemtechnische prestaties van conventioneel en nieuw MHO-systeem voor tong pootvis.

Systeem	Conventioneel	MHO
Energie-efficiëntie (Wh/m <sup>3</sup> )	54	40.8
CO <sub>2</sub> (mg/l)	7	2
O <sub>2</sub> (mg/l)	10	10
pH	6.8	7.3
Ammonium (mg/l)	0.2-0.5	0.2-0.5
Nitriet (mg/l)	0.2-0.5	0.2-0.5

Zowel ammonium- als nitrietconcentraties bleken in beide systemen gelijk. Beide systemen voldoen daarmee ruimschoots aan de eisen voor waterkwaliteit gesteld door tong.

Uit de meetgegevens blijkt dat de CO<sub>2</sub>-niveaus in het MHO-systeem lager zijn dan in het conventionele systeem. Daarnaast bleek de pH in het MHO-systeem hoger dan in het conventionele systeem. Dit wijst op een betere ontgassing en betere CO<sub>2</sub>-verwijdering in het MHO-systeem. Dit is een belangrijke verbetering omdat de in het conventionele systeem gevonden concentraties CO<sub>2</sub> welzijn en groei van tong beperken. In het MHO-systeem is het CO<sub>2</sub>-niveau niet meer limiterend, wat de prestatie van dieren verbetert.

Omdat het MHO-systeem maar zeer kort in de praktijk getest kon worden, is het niet mogelijk om groei en overleving in beide systemen nauwkeurig te vergelijken. Echter, de technische verbeteringen van het MHO-systeem t.o.v. het conventionele systeem werden in verband gebracht met de verandering van het gedrag van de vis. Het gedrag van de vis in het MHO-systeem bleek anders dan bij de dieren in het conventionele systeem: verdeling van dieren over de raceways was homogeen in het MHO-systeem terwijl dieren in het conventionele systeem zich concentreerden rond de water-inlaat van de raceway. Dit wijst mogelijk op een beter welzijn voor de dieren in het MHO-systeem, mogelijk mede veroorzaakt door relatief lagere CO<sub>2</sub>-concentraties.

Door de vernieuwde dimensionering, o.a. twee pompen in het conventionele systeem vs. één pomp in het MHO-systeem, is het energieverbruik van het MHO-systeem 25% lager dan van het conventionele systeem.

Door de verwachte verbetering van groei en door de verhoogde energie-efficiëntie van het MHO-systeem daalt de kostprijs voor pootvis van tong.

## Kostprijs pootvis

Naast de productie van pootvis door IMARES is ook een nieuwe kostprijsberekening voor pootvis uitgevoerd. In deze berekening zijn de laatste aanpassingen aan het pootvisstelsel doorgevoerd om een zo actueel mogelijke kostprijs te kunnen bepalen.

De kostprijs per pootvis werd onder verschillende theoretische scenario's berekend voor een productieschaal van 2 miljoen pootvissen per jaar. De scenario's zijn:

1. Standaard: Onder huidige situatie (wilde ouderdieren, normale mixed sex populaties met 80% mannetjes)
2. Fokprogramma: Productie van pootvis afkomstig uit een fokprogramma. Verwachte extra groei door fokprogramma = 20%.
3. Monosex all-female populaties: Productie van pootvis met ca. 100% vrouwtjes. Bij tong hebben vrouwtjes een hogere groeisnelheid dan mannetjes. Verwachte extra groei = 20%.

Tabel 6. Berekende kostprijzen pootvis.

Verwachte kostprijzen in € Scenario	Opkweek tot	
	20 gram	40 gram
Standaard	0.99	1.22
+ Monosex all-female populaties*/Fokprogramma*	0.96	1.18
+ Fokprogramma + monosex all-female populaties*	0.94	1.16

*\*Exclusief kosten fokprogramma of kosten monosex populaties.*

Analyse van de huidige kweekmethode wijst uit dat de voorspelde standaardkosten voor de productie van pootvis van 40 gram 1.22 Euro per vis bedragen. Opschalen, opkweken tot een lager gewicht, inzet van een fokprogramma, productie van monosex all-female populaties of een combinatie hiervan geeft lagere kosten (zie tabel 6). De kosten per vis onder deze scenario's blijken niet veel lager dan de standaard methode. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de vaste kosten – gelinkt aan de benodigde faciliteiten- ondanks de hogere groeisnelheden nagenoeg gelijk blijven. Schaalvergroting zal dus kostendrukkend werken.

De verwachting is dat het voordeel van monosex populaties en een fokprogramma prominenter wordt in het kweektraject van pootvis tot consumptie maat. Daarnaast zal het voordeel van een fokprogramma steeds duidelijker worden na meerdere generaties van selectie met steeds verbeterde groei, verdergaande domesticatie met minder variatie in groeieresultaten, minder uitval van dieren en verbeterde voederconversies.

## Referenties

-Borges, P., Oliveira, B., Casal, S, Dias, J, Conceicao, L and Valente L.M.P. (2009). Dietary lipid level affects growth performance and nutrient utilisation of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles British Journal of Nutrition. 102, 1007–1014