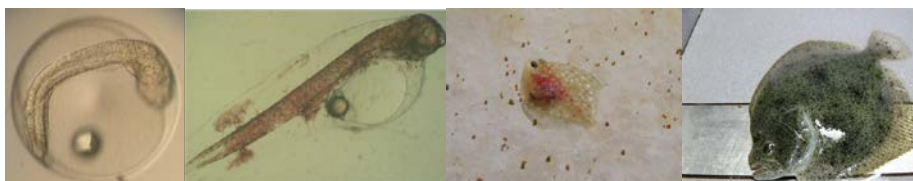


Projectrapportage Coöperatief pootvis productiecentrum voor de Nederlandse mariene viskweek sector

M. Poelman¹, E. Rurangwa¹, A. Hofman, M. Dubbeldam², B. van Broekhoven²
Rapport C004A/12



- 1) IMARES, Wageningen Aquacultuur
- 2) Stichting Zeeschelp

IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgever:

SeaFarm BV, als coördinator van een consortium van het VIP project: Coöperatief pootvis productiecentrum voor de Nederlandse mariene viskweek sector.



Europees Visserijfonds: Investering in duurzame visserij
Dit onderzoek is (mede)gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie

Publicatiedatum:

13 januari 2012

IMARES is:

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

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

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

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

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

A_4_3_1-V12.2

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	5
2. Kennisvraag.....	7
3. Kostprijs berekening pootvis.....	8
Methode modeleren.....	9
Toegepaste model.....	9
Selectie inputwaarden	11
Resultaten model.....	12
4. Experimentele uitvoering broodstock en reproductie	15
Broodstock tarbot	15
Productie van rotiferen als levend voer voor tarbotlarven.....	21
Larvenkweek tarbot	23
Larvenkweek bij stichting Zeeschelp in 2010.....	23
Larvenkweek bij IMARES in 2010	26
Larvenkweek bij Stichting Zeeschelp in 2011	29
Evaluatie experimenten	36
5. Conclusies	38
6. Kwaliteitsborging	40
7. Projectteam	40
Referenties	41
Verantwoording	42
Bijlage 1. Parameters model onderdeel Husbandry/broodstock	44
Bijlage 2: Parameters Model onderdeel Hatchery	48
Bijlage 3. Parameters Model onderdeel Nursery	51
Bijlage 4. Parameters Model onderdeel Weaning	54
Bijlage 5. Parameters Model onderdeel Pre-growout	55

Samenvatting

Viskwekers moeten, net als andere ondernemers, continu innoveren op kwaliteit verbetering en kostprijs verlaging om hun marktpositie te blijven behouden. Een belangrijke verbeterpunt in de viskweek is de kwaliteit van de pootvis. Het project VIP "Coöperatief pootvis productiecentrum voor de Nederlandse mariene viskweeksector" richt zich op dit verbeterpunt voor de kweek van tarbot.

Nederlandse tarbotkwekers willen graag de pootvis voorziening in eigen hand krijgen. Op dit moment importeren zij hun pootvis en hebben hierdoor onvoldoende controle over de kwaliteit en kwantiteit van deze pootvis. Ook is niet altijd de gewenste hoeveelheid pootvis beschikbaar. Tarbotkwekers hebben het gevoel hierdoor vaak te beschikken over pootvis van slechte kwaliteit met een trage groei, hoge sterfte en een lage resistentie tegen ziektes. Dit heeft een negatieve invloed op het bedrijfsresultaat. Daarnaast zorgt het transport over relatief grote afstand voor extra kosten en voor een verhoging van de ecologische footprint.

Op basis van een jaarlijkse productie van 240.000 stuks met een gewicht van 15 gram is de kostprijs van tarbotpootvissen berekend op 1.26 euro. De variatie in kostprijs van een tarbotpootvis uit een hatchery ligt (volgens de uitgevoerde modelberekeningen) tussen 0.64 en 1.54 euro per stuk (15 gram). De wenselijke kostprijs voor pootvissen (op basis van gemiddelden van andere soorten) ligt tussen 0.6 en 1.40 euro per stuk. Een businessplan voor een tarbothatchery zal uit moeten wijzen of de economische haalbaarheid voldoende is. De berekende kostprijs voor tarbotpootvissen is voor een groot deel afhankelijk van diverse aannames in de productieketen, die aan de praktijk gestaafd moeten worden.

In het project is geen gevoeligheidsanalyse van de kostprijs voor pootvis uitgevoerd. De effecten van de onzekerheden zijn hiermee buiten beschouwing gebleven. De berekende kostprijs is dan ook een indicatie. De belangrijkste onzekerheden in de modelberekeningen zijn de overleving van de larven, het effect van schaalgrootte, noodzakelijke arbeid (zowel de inspanning als de deskundigheid), effect van fokkerij en efficiëntie verbetering, en natuurlijk de ontwikkelingen van prijzen van inputs.

Het project heeft de technische haalbaarheid van de pootvis productie getoetst door verschillende experimenten uit te voeren. Het project was in staat om pootvis te produceren vanuit het eistadium door gebruik te maken van gangbare voeding met rotiferen en artemia. De overleving van de larven was nog erg laag, en kan mogelijk verbeterd worden door gebruik te maken van voeding met copepoden. Literatuurgegevens wijzen er op dat deze mogelijk een geschikter voer voor larven zijn dan de door het project gebruikte rotiferen en artemia. Voor de opkweek van vislarven op basis van voeding met copepoden bestaan nog geen goede protocollen. Het project adviseert om de kweektechniek van copepoden verder te evalueren en copepoden mogelijk als onderdeel van het levend voer te introduceren, wat de kwaliteit van de uiteindelijke pootvis aanzienlijk kan verbeteren. Geprotocolleerde technieken met rotiferen en artemia zijn hierbij als referentie te gebruiken.

Het project heeft de technische haalbaarheid van de voortplanting nog onvoldoende kunnen toetsen, en adviseert om de conditionering van de broodstock te ontwikkelen, zodat de pootvisproductie niet afhankelijk is van de kwaliteit en beschikbaarheid van visembryo's van externe leveranciers.

De resultaten uit het project VIP Coöperatief pootvis productiecentrum voor de Nederlandse mariene viskweeksector hebben een deel van de projectpartners voldoende vertrouwen gegeven om een pilot project rond de voortplanting van tarbot op semi-commerciële schaal uit te gaan voeren.

1. Inleiding

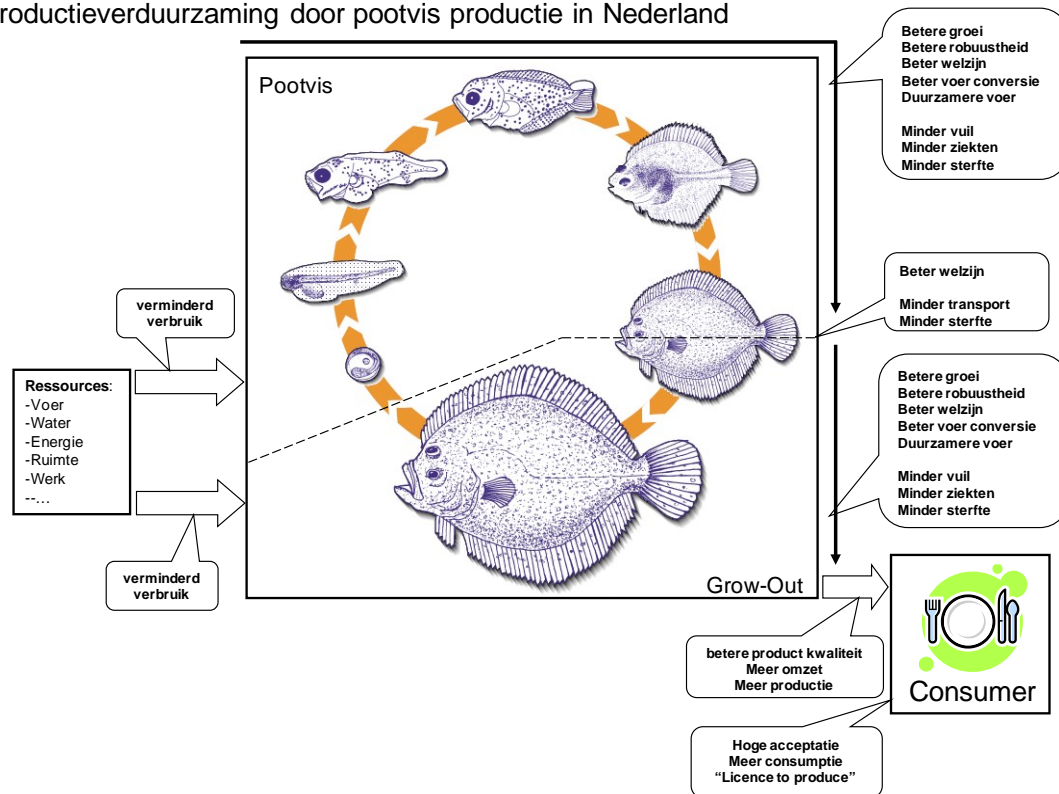
In Nederland is de viskweeksector tussen 1980 en 2008 snel gegroeid, van bijna niets tot ruim 10.000 ton per jaar. De geproduceerde soorten zijn voornamelijk paling en Afrikaanse meerval. Op dit moment stagneert de ontwikkeling van de viskweek in Nederland. Hiervoor is een aantal redenen aan te wijzen. Meervalkwekers hebben te maken met een beperkte markt en lage prijzen, en palingkwekers worden geconfronteerd met vragen over duurzaamheid. Voor andere innovatieve teelten ontbreekt op dit moment de spin-off door verschillende tekortkomingen (van Duijn, 2010). Deze zijn vooral het gemakkelijk verkrijgen van hoog kwalitatief pootgoed en de deels te lage groei en suboptimale kwaliteit van het eind product. Factoren die weer voor en groot deel beïnvloed worden door pootgoed kwaliteitsaspecten, zoals domesticatie, fokkerij succes, robuustheid, groeisnelheid, voer effectiviteit, resistenties tegen milieufactoren en ziektes.

Nieuwe en bestaande viskwekers/kwekerijen zoeken ontwikkelingsimpulsen vooral in de kweek van "nieuwe" aquacultuursoorten, zoals; tong, tarbot, zeebaars, steur, yellowtail kingfish, barramundi en snoekbaars. Het kweken van een nieuwe soort is niet eenvoudig. Kwekers moeten de teelt ontwikkelen voor de kweeksystemen zoals die in Nederland gebruikt worden. Dit is dankzij systeemontwikkelingen door bedrijven en kennisinstellingen voor een deel gelukt. Er zijn bijvoorbeeld innovatieve en unieke kweeksystemen voor de productie van tarbot en tong binnen Nederland. Maar ook voor deze en alle anderen teelten moet de pootvis voorziening geregeld worden. Voor de pootvis voorziening gaan sommige bedrijven zelf met de voortplanting van vis aan de gang (bijvoorbeeld tilapia, snoekbaars, tong, steur), andere bedrijven kopen pootvis in het buitenland (tarbot, snoekbaars). Beide situaties hebben voor- en nadelen, maar beïnvloeden de productie keten en de duurzaamheid vaak negatief. Als een kweker van een pootvis bedrijf met een monopolie positie (zoals bij tarbot of tong) moet inkopen, kan hij niet verzekerd zijn, dat de vissen altijd de top grade (optimale eigenschappen van de partij) van een batch zijn. Vaak komen alleen maar de tweede of zelfs de derde graad ter beschikking van Nederlandse bedrijven. Dit beïnvloedt, vaak door slechtere groei en de economie van de kweekcyclus negatief. Ook leidt hoge sterfte en lage resistentie voor ziektes tot een kwalitatief slechter product. Verder brengt het transport van pootvis vanuit het buitenland ook een hoge ecologische footprint, hoge kosten en resources verbruik met zich mee. Bovendien lijdt het welzijn van de vissen tijdens het transport en is de maatschappelijke acceptatie voor dierentransport in het algemeen erg laag.

Ook de pootvis productie en fokkerij binnen een eigen bedrijf in Nederland is niet zonder problemen en uitdagingen. Dit proces is kennisintensief en vraagt veel investeringen aangezien het veel meer is dan het simpel voortplanten van vis alleen. Pootvis productie vereist veel speciale vaardigheden, zoals broodstock manipulatie en selectie van ouderdieren, winnen van eieren, fertilisatie, kweken van voer voor de larven (algen, zoöplankton) etc. Het voortplanten is verder de eerste stap in de domesticatie van een soort en moet gepaard gaan met een gericht fokkerijprogramma. Dit vraagt om specifieke hoogwaardige kennis. Individuele bedrijven zijn in de meeste gevallen te klein om een dergelijk programma op een professionele manier op te zetten. Om die reden zijn in Nederland in andere sectoren, als pluimvee, varkens en rundvee, coöperatieve fokkerij organisaties opgericht. Deze organisaties hebben gezorgd voor enorme stappen voorwaarts in productie, zowel in productiviteit, verbetering van de productie keten en resulteerden in de groei van de sector.

De verbeteringen binnen de productieketen die verwacht worden, omdat platvis pootvis in de toekomst in Nederland geselecteerd en geproduceerd wordt, zijn in Figuur 1 samengevat.

Productieverduurzaming door pootvis productie in Nederland



Figuur 1. De productie keten voor platvis (voorbeeld tarbot) en het verbeteringsperspectief dat de Nederlandse fokkerij en pootgoed productie op de keten kan hebben.

De productiecyclus van consumptievis door aquacultuur bestaat in zeer grove benadering uit twee fasen. Allereerst de hatchery-nursery fase, waar ouderdieren tot voortplanting worden gebracht en nakomelingen tot pootvis worden gekweekt. De opkweekfase is de fase waarin pootvis wordt opgekweekt tot consumptieformaat. De uiteindelijke kostprijs van de consumptievis is mede afhankelijk van de kosten van de kostprijs van de pootvissen. Voor de Afrikaanse meerval is dit bijvoorbeeld in 2005 gemiddeld 8.8% van de totale kostprijs, voor zeebaars was dit 11,6% en voor paling lag dit percentage zelfs op 41%. (Schneider, et. al. 2006) Gemiddeld ligt de kostprijs voor pootvis tussen 10 en 20% van de totale kostprijs. Voor tarbot geldt een kostprijs van 6-7 euro per kg, waardoor de kostprijs van de pootvis tussen 0.6 en maximaal 1.40 euro per stuk kan liggen. De exacte kostprijmogelijkheden zijn afhankelijk van het management in de kwekerij, zoals productieomstandigheden, duurzaamheidwensen, energiebesparende maatregelen, technische status etc.

Dit project richt zich op de haalbaarheid voor een coöperatief pootvis productiebedrijf voor tarbot en tong voor individuele afmestbedrijven. Voor tong wordt een verhoogde vraag verwacht in de toekomst door de spin-off van o.a. het project Zeeuwse Tong (ontwikkeling van het productiesysteem, zo als voor tarbot al gebeurd). Voor tarbot pootvis bestaat nu al een markt binnen Nederland die zonder een kwalitatief hoogwaardig aanbod van pootvis moet opereren. In Nederland zijn op dit moment twee kwekers actief met de kweek van tarbot, en zijn er serieuze initiatieven voor nieuwe kwekerijen.

2. Kennisvraag

Het doel van dit project is het demonstreren van de haalbaarheid van een coöperatief productiecentrum voor tarbot en tong pootvis ten behoeve van de Nederlandse platviskweek sector. Dit project gaat doelgericht de volgende aspecten benaderen en innoveren:

- a) Opstellen en verifiëren van reproductie en opkweek protocollen voor Tarbot en tong.
- b) Integratie en verspreiding van kennis op het gebied van tarbot en tong reproductie
- c) Definiëren van een fokprogramma voor tarbot en tong.
- d) Toetsen of competitieve voordelen voor tong en tarbot door familie selectie kunnen bereikt worden.
- e) Opkweken naar pootvis afmeting op basis van duurzaam geproduceerde voeders
- f) Demonstratie van pootvis productie van tarbot en tong
- g) Opstellen van de juridische en andere randvoorwaarden voor het coöperatief productiecentrum.

Op basis van deze activiteiten zal een business plan voor het coöperatief productiecentrum voor gedefinieerd. De som van deze projectdoelen leidt tot een innovatie van de gehele productieketen van platvis binnen Nederland en verbetering van de duurzaamheid van deze sector.

Voorliggende rapportage gaat voornamelijk in op de kennisvragen m.b.t. de kosten en de technische haalbaarheid van een pootvis productiesysteem.

Binnen de doelstelling van het project worden de volgende kennisvragen in deze rapportage behandeld:

Kostprijs berekening voor pootvis, geproduceerd onder Nederlandse omstandigheden

Dit onderdeel richt zich hoofdzakelijk op het onderzoek naar de economische haalbaarheid van een potentieel coöperatief pootvis productie bedrijf door het uitvoeren van een kostprijsanalyse. De kostprijsberekening zal plaatsvinden op basis van de uitgangspunten die binnen het VIP Broedhuis projectteam zijn geformuleerd.

Praktische voortplanting en teelt aspecten

De ontwikkeling en demonstratie van pootvisproductie voor tarbot richt zich op het ontwikkelen van pootvisproductie voor tarbot. Hierbij is uitgangspunt om enkele pootvissen op te leveren en de basis te vormen voor verdere ontwikkeling. Dit onderdeel dient tevens als demonstratie voor de technische haalbaarheid voor tarbotreproductie.

3. Kostprijs berekening pootvis

De productiecyclus van consumptievvis door aquacultuur bestaat in zeer grove benadering uit twee fasen. Allereerst de hatcheryfase, waar ouderdieren tot voortplanting worden gebracht en nakomelingen tot pootvis worden gekweekt. De opkweekfase is de fase waarin pootvis wordt opgekweekt tot consumptieformaat. De uiteindelijke kostprijs van de consumptievvis is mede afhankelijk van de kostprijs van de pootvissen. Voor de Afrikaanse meerval is dit bijvoorbeeld in 2005 gemiddeld 8.8% van de totale kostprijs, voor zeebaars was dit 11,6% en voor paling lag dit percentage zelfs op 41%(Schneider, et. al. 2006). Gemiddeld ligt de kostprijs voor pootvis tussen 10 en 20% van de totale kostprijs. Voor tarbot geldt een kostprijs van 6-7 euro per kg, waardoor de kostprijs van de pootvis tussen 0.6 en maximaal 1.40 euro per stuk kan liggen. De exacte kostprijmogelijkheden zijn afhankelijk van het management in de kwekerij, zoals productieomstandigheden, duurzaamheidwensen, energiebesparende maatregelen, technische status etc.

De kostprijs van pootvis is opgebouwd uit verschillende soorten kosten. Alle factoren die van invloed zijn op de kweek van pootvis zijn in twee kostenposten te verdelen. Hierbij wordt gedacht aan lopende en vaste kosten, zoals weergegeven in Figuur 2.

Tabel 1. Overzicht van de (lopende en vaste) kostenposten in een hatchery onderneming.

Lopende kosten	Vaste kosten
Elektriciteit	Gebouw, casco
Water	Inrichting, opbouw bassins, ruimten etc.
Warmte	Infrastructuur
Gas	Technische installaties zoals lucht, filters, zuurstofinstallatie etc.
Arbeid	Etc.
Inkoop	
Verzekeringen	
Transport	
Etc.	

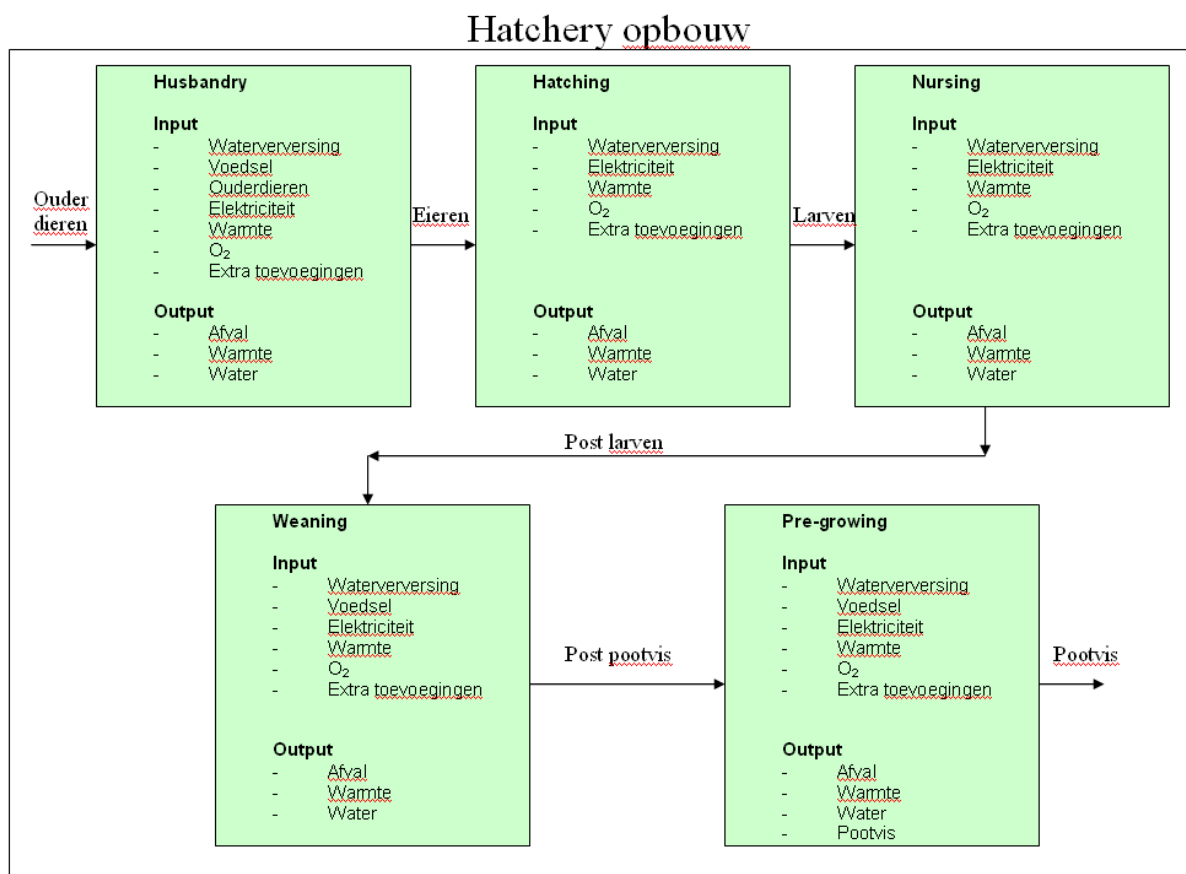
Al deze kosten worden bepaald door biologische en technische invloeden vanuit het proces. Mortaliteit, groeisnelheid en temperatuur zijn hier voorbeelden van. Van een aantal vissoorten is de kostprijs en de kostprijsopbouw van pootvis bekend (Schneider 2006), maar bij tarbot is dit nog niet geheel in kaart gebracht. Hierom zal de kostprijs worden berekend door middel van een modelmatige kostprijsberekening, deze zal worden vergeleken met de mogelijke theoretische kostprijzen. Deze informatie is relevant voor het opstellen van een businessplan voor een platvis broedhuis, het uiteindelijke doel van het project VIP Coöperatief Broedhuis.

Methode modeleren

Toegepaste model

Het toegepaste kostprijsmodel is gebaseerd op een Stella model dat is ontworpen voor tong (Denekamp, 2008). De overeenkomsten in hatcherytechnieken tussen tong en tarbot zijn groot, met als verschil dat in een tarbot hatchery aanvullend rotiferen als eerste voedingsstap nodig zijn. Het bestaande model is hierom aangepast om naast Artemia ook rotiferen op te kunnen nemen in het hatchery proces.

Het kostprijsmodel voor pootvis is opgebouwd uit 5 verschillende fases binnen de hatchery. In Figuur 2 is een overzicht van de fases gegeven met de bijbehorende in- en output informatie.



Figuur 2. Overzicht van het hatchery model inclusief de belangrijkste in- en output waarden (Denekamp, 2008).

De verschillende proces binnen het model worden beïnvloed door inputfactoren. In Figuur 3 staan de belangrijkste factoren per fase op een rij.



Figuur 3. Overzicht van de belangrijkste inputfactoren in het tarbotmodel (Denekamp, 2008).

Selectie inputwaarden

De inputfactoren voor het model zijn samengesteld op basis van de benodigde inputgegevens uit de modelbeschrijving (zie Tabel 2. Overzicht van de bijlage waarin de inputfactoren en -waarden per fase beschreven staan.). Voor alle inputfactoren is een lijst opgesteld met inputwaarden. De inputwaarden zijn afkomstig uit literatuuronderzoek, waar mogelijk zijn de data aangevuld met data uit de praktijk. De uitgangspunten zijn getoetst aan de praktijk door de projectgroep VIP Broedhuis. De belangrijkste uitgangspunten staan vermeld in Tabel 3.

Voor arbeidsinspanning (arbeidsintensiviteit) is als uitgangspunt gekozen voor de hoogste range. Dit uitgangspunt is gekozen om zekerheid te hebben over de uitvoering van de werkomstandigheden bij maximale arbeidskracht. Efficiëntie verbeteringen zijn aan te brengen, echter deze zullen duidelijker worden wanneer het exacte hatchery ontwerp vast is gelegd. Dan kan ook een exactere arbeidsinspanning worden ingeschat.

Tabel 2. Overzicht van de bijlage waarin de inputfactoren en -waarden per fase beschreven staan.

Omschrijving	Bijlage
Husbandry	1
Hatchery	2
Nursery	3
Weaning	4
Pre-growout	5

Tabel 3. Overzicht van de belangrijkste uitgangspunten.

Inputfactor	Inputwaarde
Jaarlijkse productie (n pootvissen per jaar)	240.000
Aantal ouderfamilies	5
Aantal reproductiemomenten per jaar	4
Eindgewicht	15 gram
Arbeidsintensiviteit	Hoog (maximaal te verwachten arbeidsinspanning)*

* De arbeidsintensiviteit is tevens gebruikt voor het berekenen van de gevoeligheid en variabiliteit binnen de modeluitkomsten.

Resultaten model

Wanneer het Stella model wordt uitgevoerd met de inputwaarden, zoals gekozen door het projectteam wordt een kostprijs van 1.26 euro berekend. Hierbij wordt uitgegaan van de inputwaarden zoals weergegeven in Tabel 4.

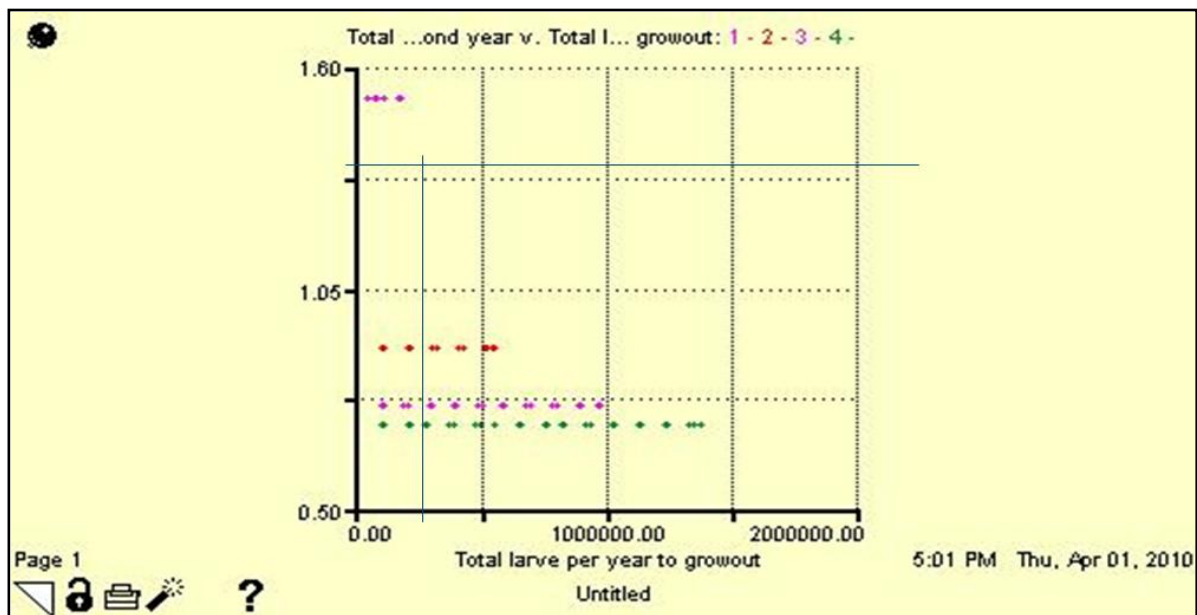
Tabel 4. Voorbeeld overzicht input en output waarden tarbothatchery.

Output model	Uitkomsten totaal
Volume	242.000 stuks (input data)
Arbeidsintensiviteit	Hoog (maximaal te verwachten arbeidsinspanning) (inputdata)
Kostprijs	1.26 euro
Fte	Variabel
Oppervlakte gebouw	625 m2
Oppervlakte totaal	1.000 m2
Energie input	225.000 kWh / j

De uitkomsten van het model zijn een functie van de uitgangspunten en aannames die binnen de inputwaarden worden opgenomen. Om duidelijk in kaart te kunnen brengen welke invloed verschillende uitgangspunten hebben op de modeluitkomst is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Binnen de gevoeligheidsanalyse is de hatcherycapaciteit als variabele opgenomen, waarna de kostprijs is geanalyseerd. De kostprijs is onder andere een functie van de hatcherycapaciteit, waarbij de kostprijs varieert van 0.64 euro per stuk (15 gram) bij een productievolume van 1.3 miljoen stuks per jaar tot 1.54 euro per stuk bij een productievolume van 150.000 stuks per jaar. De kostprijs gaat exponentieel omlaag vanaf 500.000 stuks per jaar. Op basis van de gebruikte uitgangspunten is de gemiddelde kostprijs 1.26 euro per stuk.

De relatie tussen kostprijs en het productievolume (15gram) zijn weergegeven in Figuur 4.

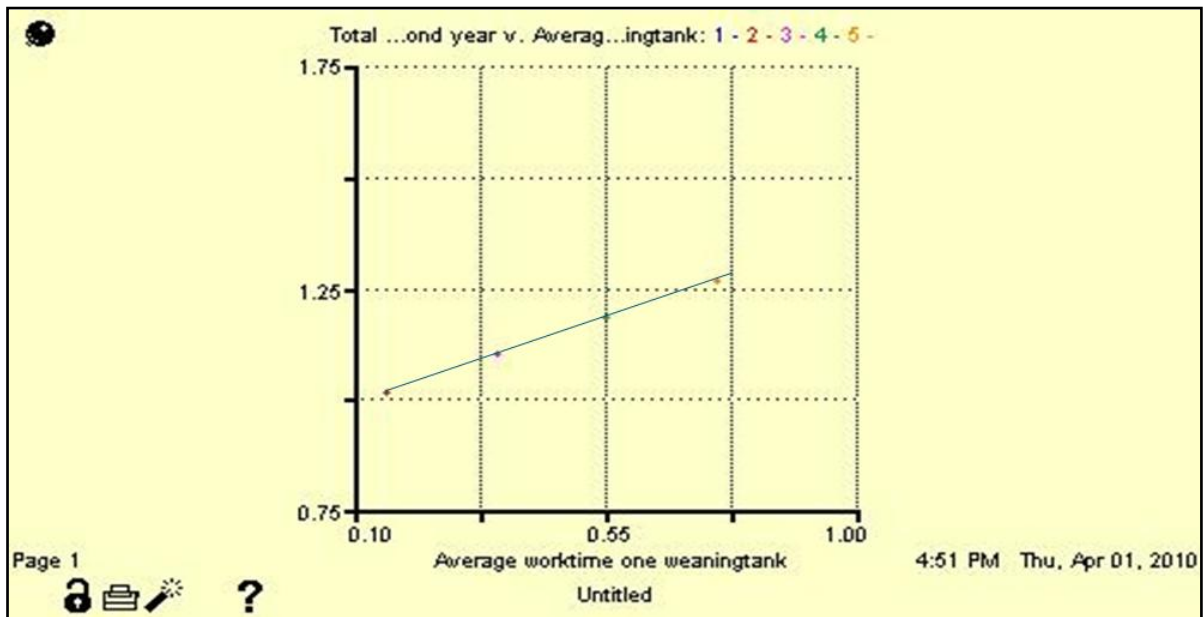


Figuur 4. Gevoeligheidsanalyse hatchery capaciteit versus kostprijs.

Naast het totale productievolume per jaar is de gemiddelde werktijd per tank een belangrijke variabele. In de modelberekening is per stap uitgegaan van een gemiddelde werktijd per handeling of tank. Deze informatie is gebaseerd op een conservatieve schatting. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd door de conservatieve arbeidsinspanning met een reductie van 25%, 50% en 80% als uitgangswaarde toe te passen. Hierbij zijn alle verschillende arbeidsinspanningen gelijkwaardig gereduceerd. In Figuur 5 is de relatie tussen de gemiddelde arbeidsinspanning per weaningtank en de kostprijs weergegeven. De gemiddelde arbeidsinspanning laat een lineair verband zien met de kostprijs. Variërend van 1.26 euro per stuk bij 100% arbeidsinspanning tot 1.02 euro per stuk bij 20% arbeidsinspanning. Bij een eindgewicht van 40 gram is de minimale prijs 1.60 euro en de maximale 2.63 euro.

Tabel 5. Variabiliteit in arbeidsinspanning tbv een gevoeligheidsanalyse per onderdeel van het model.

	Standaard	Run 1 (20%)	Run 2 (50%)	Run 3 (75%)	Run 4 (100%)
Gem. werktijd per hatchery tank	0.50	0.10	0.23	0.37	0.50
Gem. werktijd tank in rust	0.50	0.10	0.23	0.37	0.50
Gem. werktijd tank nursery	1.00	0.20	0.50	0.75	1.00
Gem. werktijd spawning tank	1.00	0.20	0.50	0.75	1.00
Gem. werktijd non spawning tank	0.50	0.10	0.23	0.37	0.50
Gem. werktijd weaning fase	0.75	0.15			
Gem. werktijd per m2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10



Figuur 5. Gevoeligheidsanalyse arbeidsinspanning versus kostprijs.

4. Experimentele uitvoering broodstock en reproductie

In het uitgevoerde project is aandacht besteed aan het experimenteel opkweken van pootvis voor tarbot waarbij is uitgegaan van de bestaande kennis, welke is vastgelegd in de handleiding voor een tarbot hatchery (Hatchery manual for broodstock management and larval production of turbot (*Psetta maxima*) (Rurangwa, 2011). Deze handleiding gis primair uitgegaan van de beschikbare kennis over tarbothatcheries. Door het gebrek aan duidelijke praktische informatie over de state of the art van tarbot hatcheries bleek het nodig om de reproductie van pootvis van voor af aan op te zetten. Hiertoe zijn bij IMARES en Stichting Zeeschelp experimentele opstellingen toegepast om de pootvis productie van voor af aan op te zetten. De bevindingen staan in onderstaande sectie. Daarnaast zijn de basis principes voor de reproductie van tong weergegeven in de bijlagen.

Broodstock tarbot

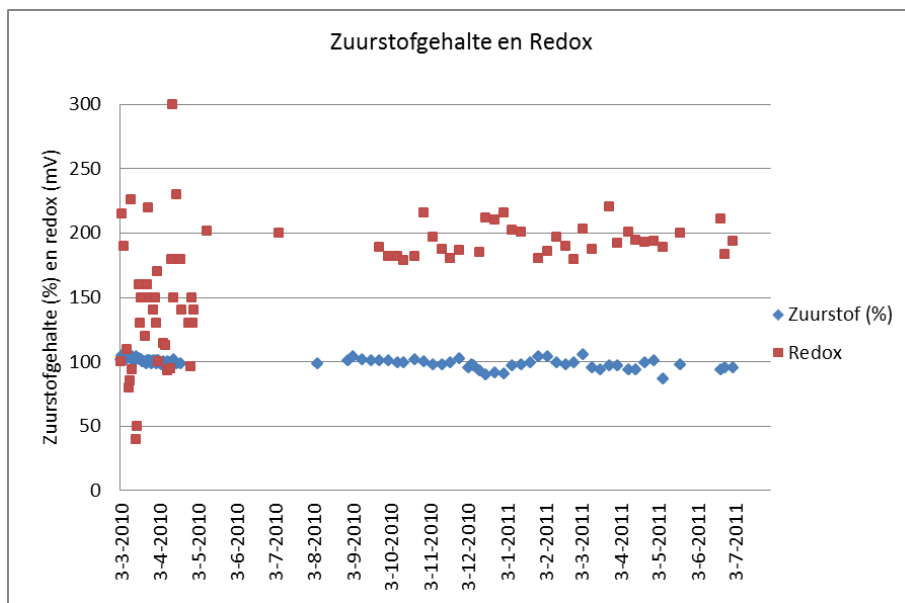
In het najaar van 2009 is gestart met de aanleg van drie bassins voor tarbot ouderdieren, in het proefstation voor de mariene aquacultuur van Zeeschelp. Begin 2010 was de installatie gereed en in bedrijf genomen. Na enkele weken proefdraaien is op 3 maart 2010 de broodstock ontvangen van Grovisco. Twintig tarbotten zijn gemeten en gewogen, en reeds voorzien van een tag met een unieke codering. Deze vis is door Animal Breeding and Genomics Centre van WUR genetisch geanalyseerd en in een fokprogramma opgenomen (Komen & Blonk, 2011) .

De vis begon 15 dagen na ontvangst voorzichtig te eten, waarna er geleidelijk oplopende hoeveelheden zijn gevoerd van het drijvende voer dat Grovisco gebruikt. Op 10 juni (drie maanden na ontvangst) is geleidelijk overgeschakeld op Vitalis-Cal van Skretting, een voer dat verrijkt is met inktvis en bestemd voor het conditioneren van vis. In 4 weken tijd was de tarbot volledig overgeschakeld op dit zinkende voer.

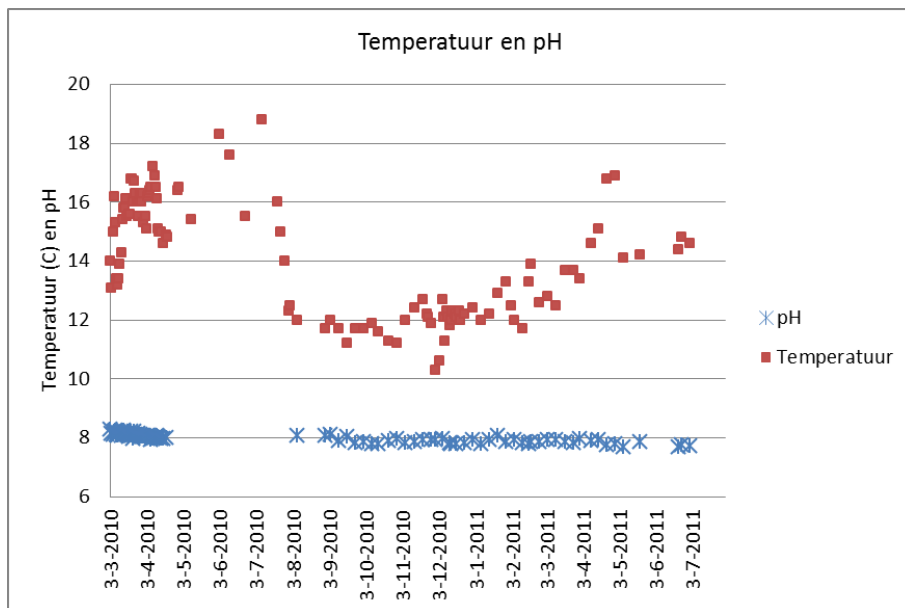
De recirculatie-eenheid functioneerde goed, nadat in de eerste weken de juiste afstelling is gevonden. De installatie bestaat uit een eiwitafschiemer met ozon en een moving-bed filter waar een warmtepomp is gekoppeld voor temperatuurregulatie. De verversing was 5% per dag.

De temperatuurregeling is geregeld via de warmtepomp die of kan koelen of kan verwarmen. Gelijktijdige dubbelfunctie was met de huidige materialen en opzet niet mogelijk. In de eerste maanden gaf dit temperatuurverloop. De waterkwaliteit is (vrijwel) wekelijks gemeten. De dagelijkse waarden verschillen niet veel, het totale volume van het broodstocksysteem is circa 50 m³, ervaring is dat temperatuur maximaal 1 graad per dag kan variëren.

In onderstaande Figuur 6 en Figuur 7 staat de vrijwel wekelijks gemeten waterkwaliteit weergegeven.



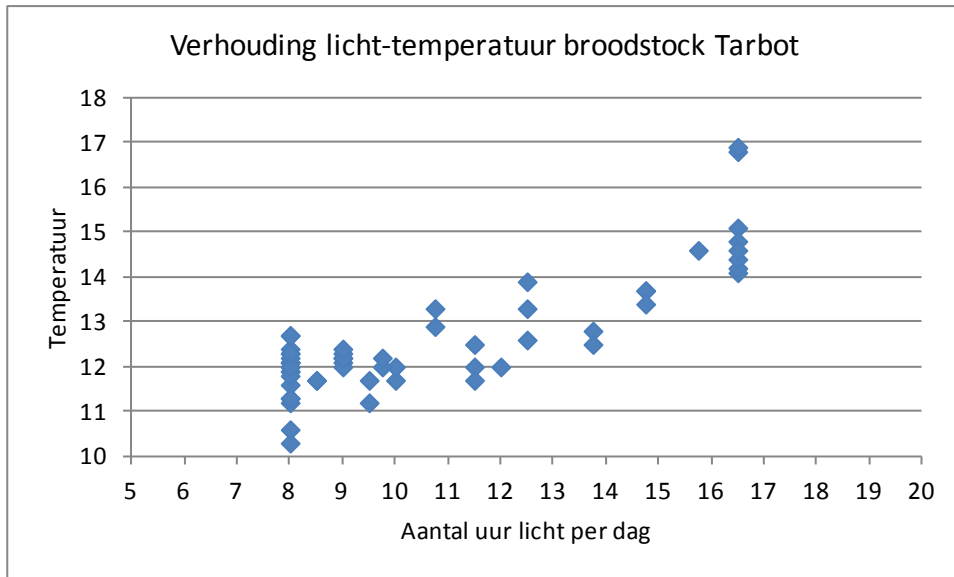
Figuur 6. Zuurstofgehalte en redoxpotentiaal in de broodstock bassins



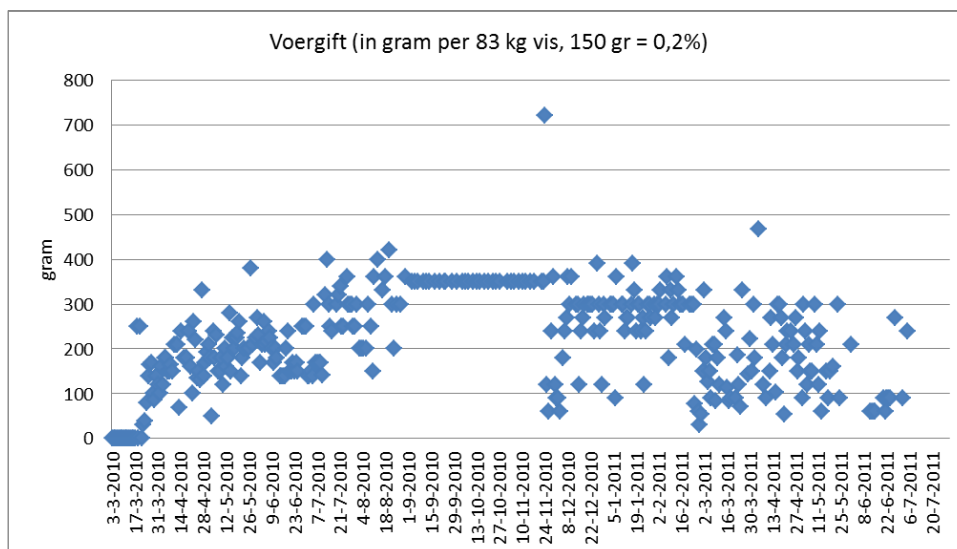
Figuur 7. Temperatuur en pH in de broodstockbassins

In het afgelopen anderhalf jaar was het ammoniumgehalte vrijwel altijd <0,1 mg/l, met af en toe meetbare waarden van 0,3 mg/l.

In augustus 2010 is een aanvang gemaakt met de conditionering van de tarbot, door de temperatuur te laten dalen tot 12°C en deze tot en met december zo te houden. Vanaf december is de temperatuur en de daglengte geleidelijk verhoogd (Figuur 8), waarbij de vis *ad libitum* is gevoerd. In onderstaande grafieken staan de gehanteerde dag-nacht lengte (Figuur 8) en de voergift (Figuur 9) vermeld.

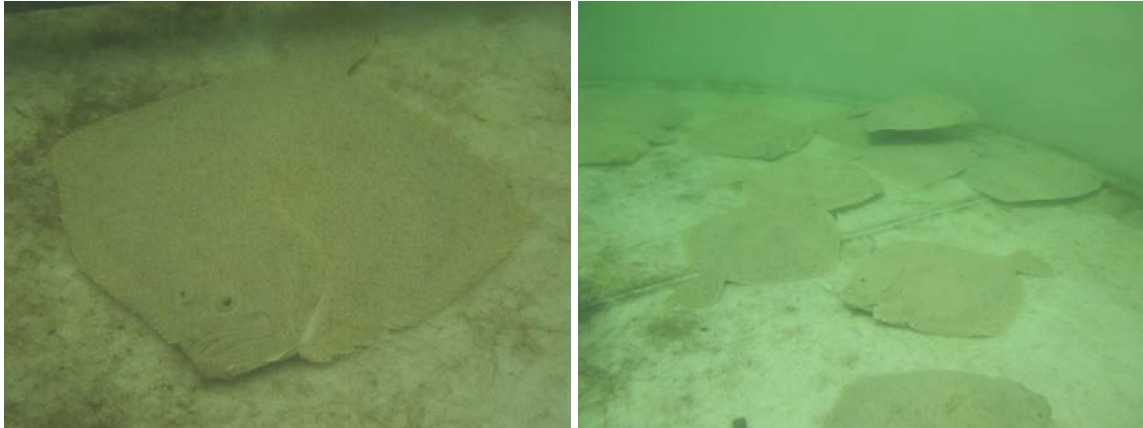


Figuur 8. Lichtregime (uur/dag) uitgezet tegen de water temperatuur (°C) in de broodstock bassins. Hiermee wordt inzicht verkregen in de afstemming tussen beide factoren.



Figuur 9. Voergift aan de broodstock tarbot.

In november zijn de ouderdieren gescreend op de aanwezigheid van gonaden. De helft van de vis is onderzocht, maar geen enkele vis vertoonde een duidelijke ontwikkeling van gonaden. Een enkele vis leek een klein begin van gonadenontwikkeling te vertonen, maar via uitwendige inspectie was dit niet duidelijk waar te nemen. Er was geen onderscheid man-vrouw te maken. De vis bleek wel duidelijk gegroeid en in een uitstekende conditie.

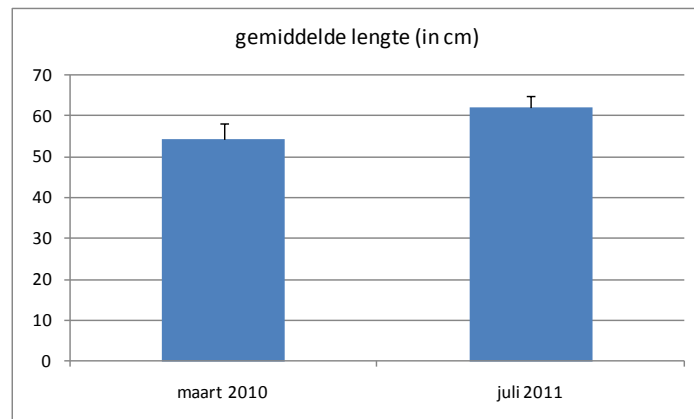


Figuur 10. De ouderdieren, voorzien van tag en op DNA gecontroleerd voor het fokprogramma.

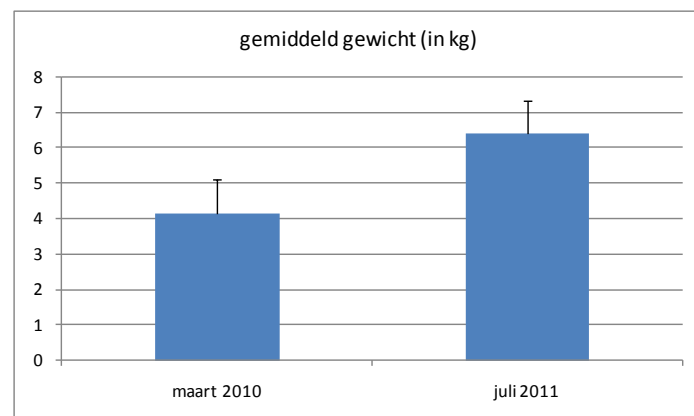


Figuur 11. Huisvesting van geselecteerde ouderdieren onder geconditioneerde omstandigheden, op basis van recirculatie met warmtepomp, eiwitafschuimer, ozon en moving-bed filter.

In februari 2011 is de vis wederom gecontroleerd, maar ook nu bleek de vis geen duidelijke gonadenontwikkeling doorgemaakt te hebben. In juni en juli was een afnemende voeropname te zien van de ouderdieren. De vis is in juli gemeten en gewogen. Onderstaande grafiek laat de lengte en het gewicht bij aanvang en na afloop van de conditionering periode zien (Figuur 12 en Figuur 13).



Figuur 12. De gemiddelde lengte van de ouderdieren in maart 2010 en juli 2011.



Figuur 13. Het gemiddelde gewicht van de ouderdieren in maart 2010 en juli 2011

In 16 maanden tijd is de vis gegroeid van gemiddeld 54,4 naar 62,0 cm, en van 4,15 naar 6,39 kilo. Alle ingenomen vissen zijn qua conditie prima door de conditionering gekomen.

Hoewel de vis tussentijds is geobserveerd en er geen duidelijke tekenen van afrijping gezien zijn, is tijdens het meten en wegen in juli bij enkele vissen een ontwikkeling van de gonaden geconstateerd. Van de 20 vissen vertoonden 5 vissen een verdikking van de buikholte, waarbij ingeschat is dat het 4 vrouwtjes en 1 mannetje betrof. Het betreft hier een inschatting, aangezien het een visuele/manuele waarneming betreft, waarmee nog verdere ervaring opgedaan dient te worden om voldoende zekerheid in het sexen en bepalen van de gonadenontwikkeling te kunnen geven. Er was (nog) geen reactie op afstrijken. In Figuur 14 zijn enkele vissen weergegeven, waarbij de gonaden duidelijk zichtbaar zijn.



Figuur 14. Tarbot vrouwtje met ontwikkeling van gonaden, juli 2011.

De conditionering van de vis met voer, temperatuur en daglengte heeft uiteindelijk geleid tot enkele paairijpe vissen. Deze vis was bij aanvang 3 jaar oud en bij 3-4 jaar kan de eerste afrijping tot stand komen. De techniek blijkt te werken, hoewel nog niet alle vissen een reactie laten zien. Er zijn enkele redenen te benoemen waarom de vis niet snel of volledig tot geslachtsrijpheid is gekomen, hoewel de parameters voor conditioneren wel aanwezig waren. Te denken valt aan een wisselvallige waterkwaliteit, de voedselkwaliteit en de oorsprong van de vis.

De waterkwaliteit is constant goed geweest, gezien de gemeten parameters. Aangenomen wordt dat deze niet als verstorend heeft gewerkt. De voedselkwaliteit is in overleg met de voedselabrikant en een externe deskundige tot stand gekomen. Gekozen is voor een droog visvoer, dat verrijkt is met inktvis. Droogvoer heeft in tarbothatcheries bewezen te resulteren in paairijpe vis. Het gebruik van vers (ingevroren) voer, in de vorm van al dan niet gepelleteerde vis, wormen, garnalen of schelpdiervlees is overwogen, maar op basis van historische voorbeelden van grote problemen i.v.m. besmetting en infectie van de vis niet gedaan. De huidige broodstock komt uit de kwekerij, en oorspronkelijk uit een hatchery. Deze vis heeft geen directe oorsprong uit het wild. Van kweekvis wordt verteld dat deze moeilijk voor de eerste keer tot paaien is te bewegen, en dat dit proces wel eens verscheidene malen moet worden doorlopen voordat er een reactie op gang komt. Eerste generaties van gekweekte vissen zullen zich in gevangenschap zelden of nooit voortplanten. Naar mate de vissen ouder worden zal dit niet veranderen. Wel bekend is dat bij de implementatie van een fokprogramma vissen zich zelfstandig kunnen gaan voortplanten na verloop van generaties. Gezien de ervaringen met de huidige broodstock lijkt het aannemelijk dat de temperatuurcyclus herhaald dient te worden, te meer daar de leeftijd van 3-4 jaar bij aanvang van de conditionering als vrij jong gezien mag worden.

Productie van rotiferen als levend voer voor tarbotlarven

Tussen april en augustus 2010 zijn bij IMARES Yerseke verschillende experimenten uitgevoerd om de kweekcondities voor rotiferen, als voer voor tarbotlarven, te optimaliseren.

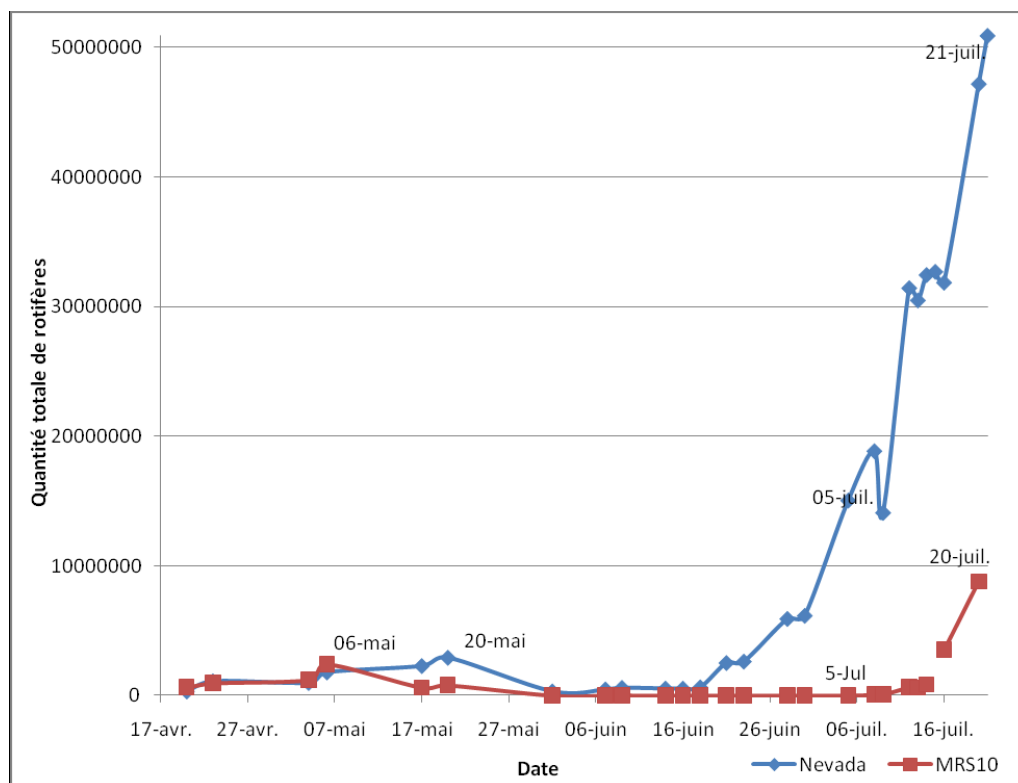
De test is in triplo uitgevoerd in glazen flessen en bollen van 60 ml, 1L en 4L voordat er opgeschaald werd naar grotere rotiferen tanks van 40 L (Figuur 15).



Figuur 15. Van links naar rechts toenemend volume voor rotifeerproductie (niet op schaal) voor de experimentele en massakweek van rotiferen met *Chlorella vulgaris*.

Er zijn twee verschillende stammen van de mariene rotifeer, *Brachionus plicatilis*, gekocht bij het Artemia Reference Center van de universiteit van Gent. Het betrof de stammen met verschillende grootten: de MRS 10 stam ($\pm 180\mu\text{m}$) en de Nevada stam ($\pm 240\mu\text{m}$). De invloed van verschillende kweekcondities, waaronder temperatuur en microalgen voeding, zijn onderzocht. Twee verschillend gekweekte *Chlorella vulgaris* zijn als voer getest. Eén is onder autotrofe omstandigheden gekweekt bij Roquette (Frankrijk), de tweede is onder heterotrofe omstandigheden gekweekt bij Algohub-Roquette (Duitsland). Uit de verschillende studies is geconcludeerd dat de Nevada stam geen voorkeur had voor het type *Chlorella*, waar de MRS10 stam de heterotrofe *Chlorella* prefereert boven de autotrofe. Van de drie geteste temperaturen (18-20-25°C) bleek het optimum te liggen bij 18°C. Hogere temperaturen (25°C) resulteerde in verontreiniging met ciliaten. Dit gebeurde hoofdzakelijk bij de MRS10 kweek, welke verschillende keren inzakte.

De gecombineerde resultaten uit de verschillende studies zijn dat, onder de gekozen kweek omstandigheden, de Nevada stam het eenvoudigst te kweken was. De experimenten lieten zien dat deze soort in voldoende biomassa aan rotiferen te kweken is om de tarbotlarven te voeden (aanlevering juli 2010), zoals weergegeven in Figuur 16. Het bleek dat de samenstelling van autotrofe *Chlorella* bij een celdichtheid van 5×10^7 cellen/ml en de Nevada stam de meest geschikte combinatie was voor het opzetten van een duurzame productie voor levend voer voor tarbot larven.



Figuur 16. Productie van twee stammen van de rotifeer *Brachionus plicatilis* bij 18°C.

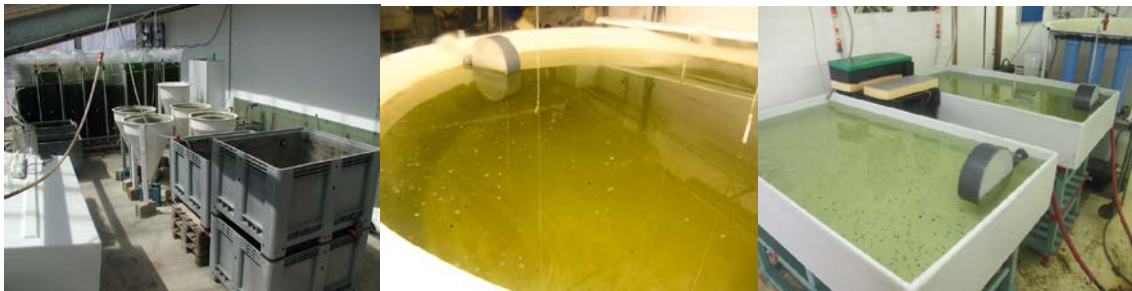
Larvenkweek tarbot

De broodstock van tarbot was gepland om in de winter van 2011 tot paaien te komen. Om voordien enige ervaring op te bouwen met tarbotlarven, zijn drie maal eieren ingekocht. Eénmaal bij Viking Fish in Schotland in 2010 en tweemaal bij France Turbot in Frankrijk in 2011.

In juli 2010 zijn bevruchte eieren verkregen uit Schotland en deze zijn in kweek genomen op twee verschillende locaties, bij stichting Zeeschelp in Kamperland en bij IMARES in Yerseke. Er is bij deze eerste kweek gebruik gemaakt van technieken die reeds standaard beschikbaar en beschreven zijn, zoals rotiferen en *Artemia* als eerste levend voer, met kunstmatige verrijking. Bij de andere experimenten zijn andere voedselsoorten geprobeerd, zoals copepoden.

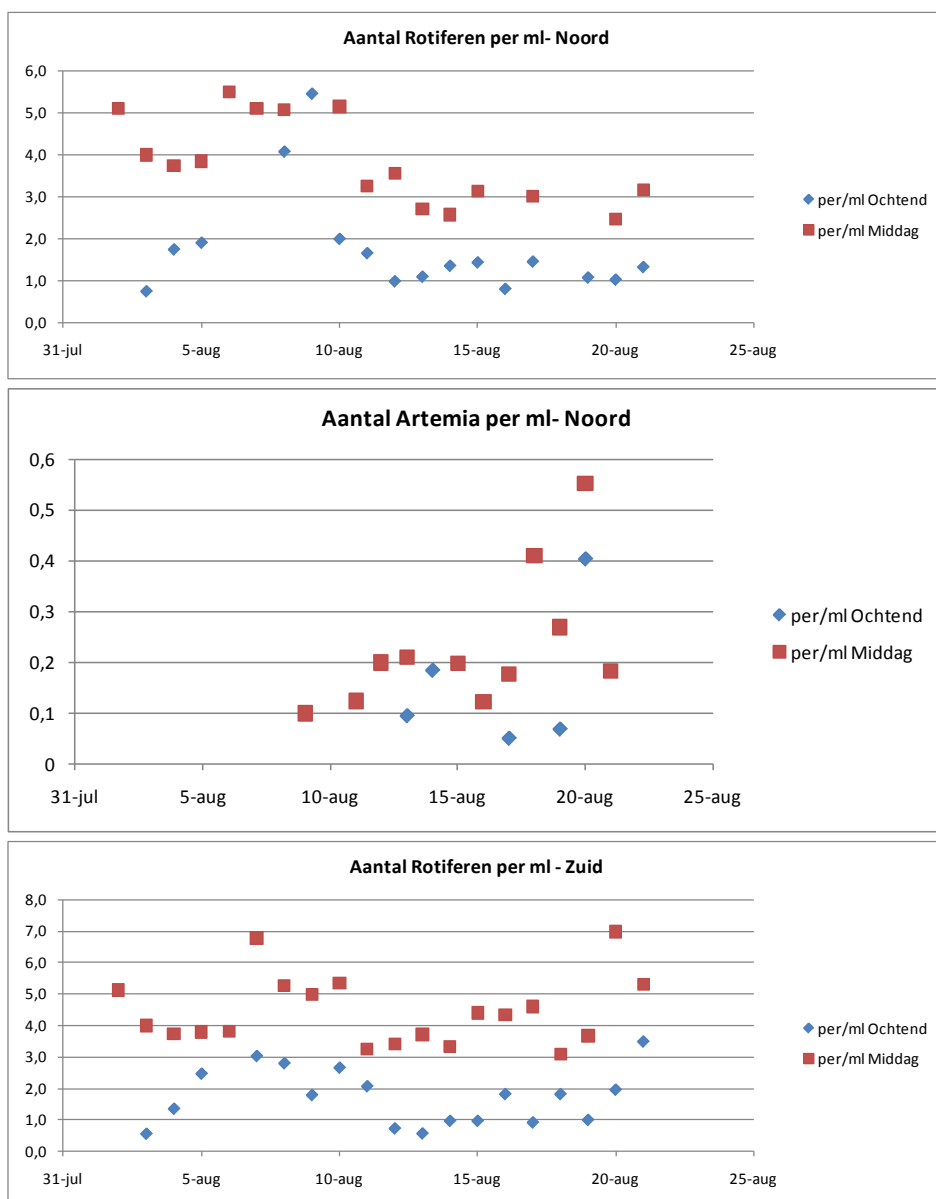
Larvenkweek bij stichting Zeeschelp in 2010

De rotiferen zijn gekweekt met verse algen uit een gesloten kweekstelsel met PE-zakken. *Artemia* is gehatched in zeewater en vervolgens gevoerd met verse algen. Vlak voor het voeren aan de vislarven zijn de voedseldieren volgens voorschrift op de verpakking verrijkt met Ori-go van Skretting.



Figuur 17. Foto's van links naar rechts: continu algenkweek met voedseldierenkweek (rotiferen en roeipootkreeftjes), kweekbakken met tarbotlarven en toegevoegde algen, en uiteindelijk platte kweekbakken bij de omschakeling van de tarbotlarven van levend naar droog voer.

Op 28 juli zijn 22.000 tarbotlarven ontvangen, waarvan er 19.800 in de kweekbakken zijn gegaan. Het verschil bestond uit larven die minder van kwaliteit waren, deze zijn verder niet gebruikt. Op 31 juli is voor het eerst gevoerd met rotiferen. Op 10 augustus werd een eerste uitval van enkele honderden larven geconstateerd, een dag na aanvang van voeren met *Artemia*. *Artemia* is vervolgens eerst met formaline behandeld, gespoeld met UV zeewater en dan pas gevoerd. Rotiferen zijn voor het voeren met UV zeewater gespoeld. Omdat met verse algen is gewerkt werd aanvankelijk geen kunstmatige verrijking gebruikt, omdat verse algen zelf al veel voedingsstoffen bezitten. Per dag zijn aan begin en eind de dichtheden aan voedseldieren gemeten, en indien nodig aangepast. Onderstaande grafieken laten zien dat het voedselaanbod vrij constant is geweest en dat er tussen de voergiften afnemende dichtheden zijn (Figuur 18).



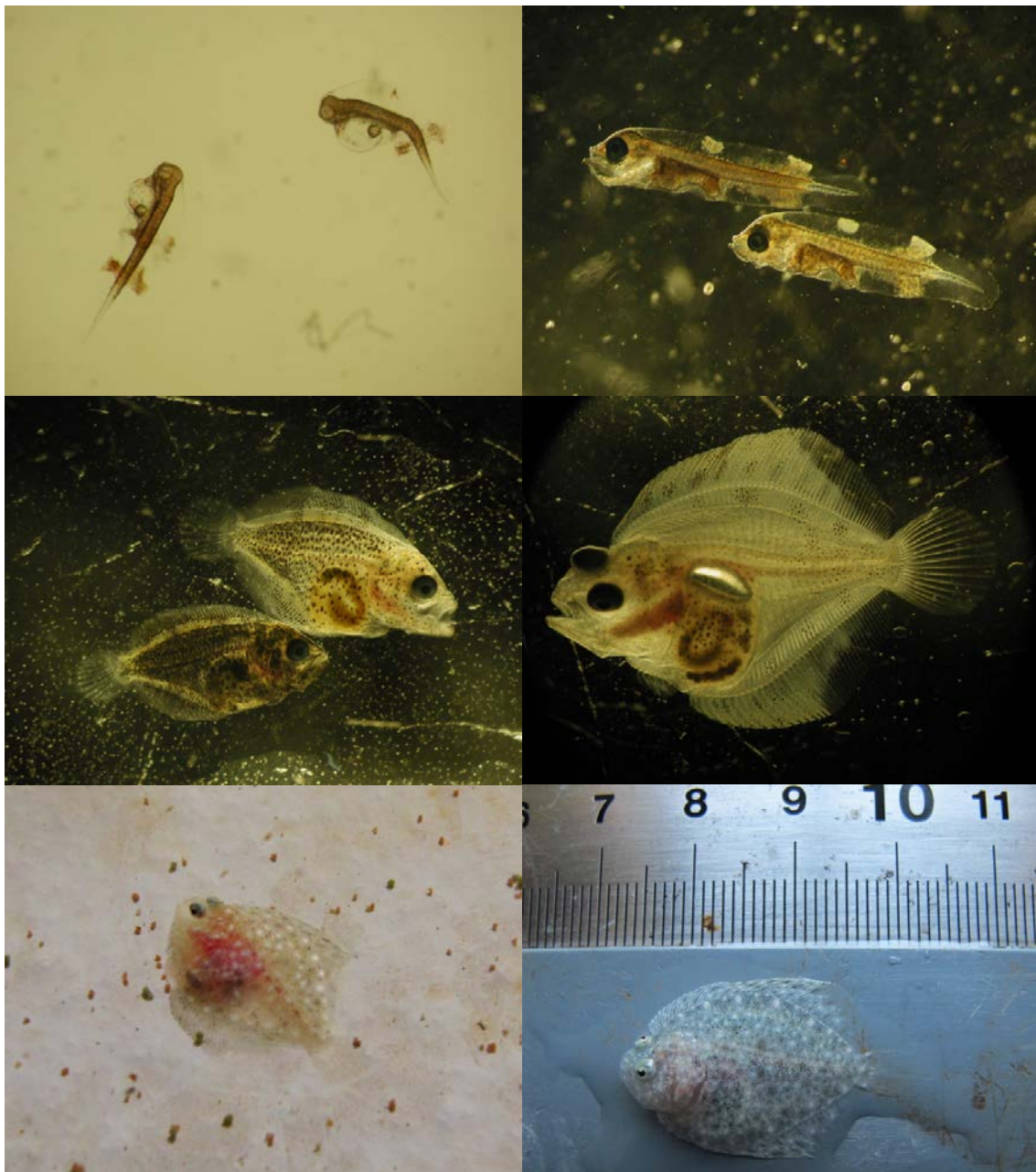
Figuur 18. Voedselaanbod in de larventanks. Noord staat voor de larventank waar zowel Artemia als Rotiferen gevoerd zijn. Zuid staat voor de larventank waar alleen Rotiferen gevoerd zijn.

Gemiddeld zijn per dag circa 10 miljoen rotiferen en 1 miljoen artemia's gevoerd aan een geleidelijk afnemende hoeveelheid larven (van 19.800 naar 2.600 larven over een periode van 4,5 week).

Er was dagelijks sprake van een duidelijke afname van voedseldieren in de waterkolom en op de bodem werden geen intacte voedseldieren gevonden. Wel werd op de banjofilters af en toe wat rotiferen gezien. Aangenomen wordt dat de voedseldieren grotendeels zijn gegeten.

Vanaf 22 augustus is het levend voer verrijkt met Ori-go. Regelmatig vond in beide bakken wat uitval van larven plaats, echter niet simultaan. Een directe oorzaak voor deze uitval werd niet gevonden. Waterverversing was met 5 micron zeewater en UV, per dag werd het totale volume ververst (doorstroom). Het zeewater werd in de vislarvenbassins continu verrijkt met flagelaten (*Isochrysis*, *Pavlova* en *Tetraselmis*) uit een gesloten continu kweek tot circa 100.000-200.000 cellen/ml. Larven zagen er altijd gaaf uit, geen zichtbare afwijkingen of beschadigingen op moment van uitval (Figuur 19).

Op 30 en 31 augustus zijn in totaal ruim 2600 larven geleidelijk op droogvoer overgezet, in 5 dagen tijd werd levend voer stap voor stap afgebouwd. Droogvoer werd via bandfeeders gegeven.

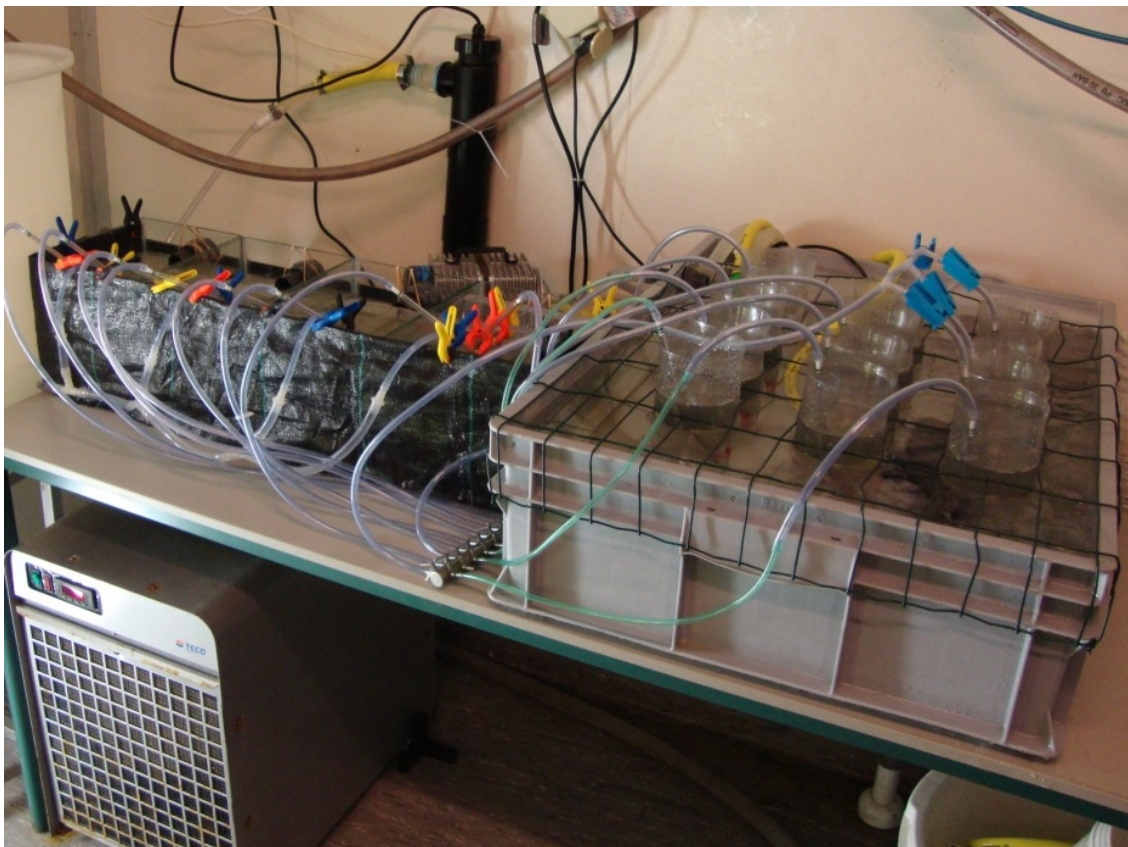


Figuur 19. Foto's van tarbotlarven uit de kweekopstelling tijdens de haalbaarheidsstudie bij Zeeschelp: larven en visjes van respectievelijk 2, 10, 20, 35 en (onderste foto's) 45 en 55 dagen oud.

Bij het omschakelen van levend naar droog voer begon uitval op te treden. Op 10 september waren er nog ruim 250 visjes over die actief droogvoer opnamen. De uitval ging echter door. Een tiental visjes werd opgestuurd naar CVI in Lelystad, na analyse werden geen afwijkingen geconstateerd in de weefsels (kraakbeen, spier, oog, kieuw, hart, lever, nier, maag/darm, hersenen) en ook geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van ziekte verwekkers. Het CVI kon geen behandeling aanbevelen. Door gestage uitval zijn uiteindelijk op 24 september geen overlevende vissen meer aanwezig.

Larvenkweek bij IMARES in 2010

In juli 2010 zijn circa 17.600 bevruchte eieren afkomstig vanuit Schotland in kweek genomen in een klimaatkamer (18°C) bij IMARES in Yerseke (Figuur 20). De eerste opstelling bestond uit 8 compartimenten van 700 mL in 4 glazen aquaria, de tweede opstelling bestond uit een waterbad waarin 12 plastic flessen met 700 ml water geplaatst waren. Het gebruikte water werd gefilterd en UV behandeld. De waterstroom werd gekalibreerd op 100 mL/minuut. De pH van het water in het systeem was 8.2 en de saliniteit 34 PSU. Het kweekwater werd bij het hatchen van de eieren terug gekoeld naar 15 °C en daarna langzaam verwarmd naar 18°C. In de kamer werd een lichtregime gehandhaafd met een lage lichtintensiteit tussen 100 en 200 lux.



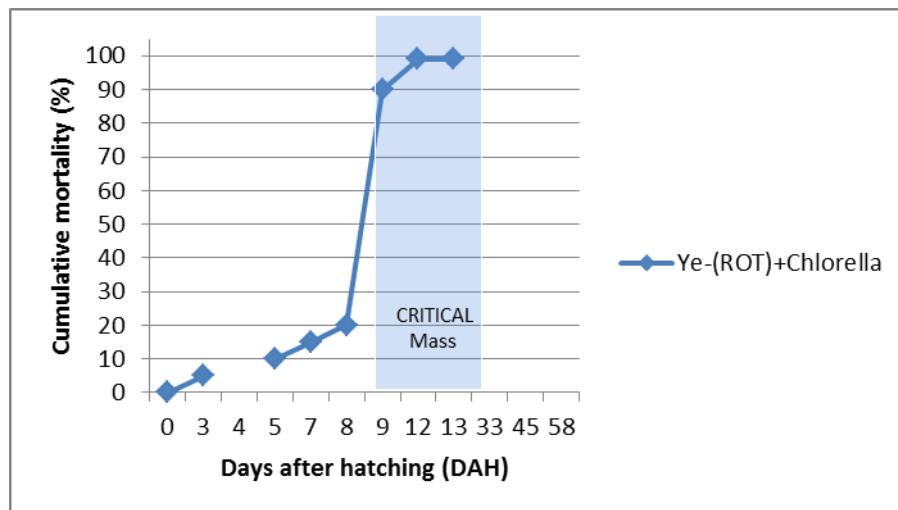
Figuur 20. Kweekopstelling voor tarbotlarven. Links een opstelling van vier aquaria met twee compartimenten van 700 mL zeewater (recirculatie) Rechts een opstelling met een waterbad gevuld met twaalf plastic flessen gevuld met 700 mL zeewater (gesloten systeem).

De meeste embryo's stierven in de glazen aquaria vòòr het hatchen. De oorzaak lag waarschijnlijk aan het gebruik van siliconen voor het bevestigen van de filterschermen in combinatie met het verstopt raken van de filters (bij de uitlaat) door de uitgekomen larven. In het waterbad was het hatch ratio 30% (totaal 2.400 larven), waarvan de meeste overleefden tot 9 dagen post-hatch (dph). Bij 9 dagen na hatching (9 dph) ontstond een hoge mortaliteit, waarbij slechts 5 larven tot 12 dph overleefden. De larven werden twee dagen na het hatchen viermaal daags (2 maal in het weekend) gevoerd met rotiferen. De rotiferen waren verrijkt met autotrofe Chlorella. De verschillende ontwikkelingsstadia van bevruchte eieren (3 dagen na hatchen) tot 12 dagen na hatchen zijn weergegeven (Figuur 21).



Figuur 21. Ontwikkeling van tarbot van bevruchte eieren (3 dagen voor hatchen) tot 12 dagen na hatchen.

Op dag 9 na hatchen was er een massale sterfte opgetreden, hierbij zijn geen tekenen van ziekte waargenomen (Figuur 22). Daarnaast is geen verandering in de waterkwaliteit opgetreden.



Figuur 22. Cumulatieve sterfte van tarbotlarven gevoerd met *Chlorella*-verrijkte rotiferen bij IMARES Yerseke

Larvenkweek bij Stichting Zeeschelp in 2011

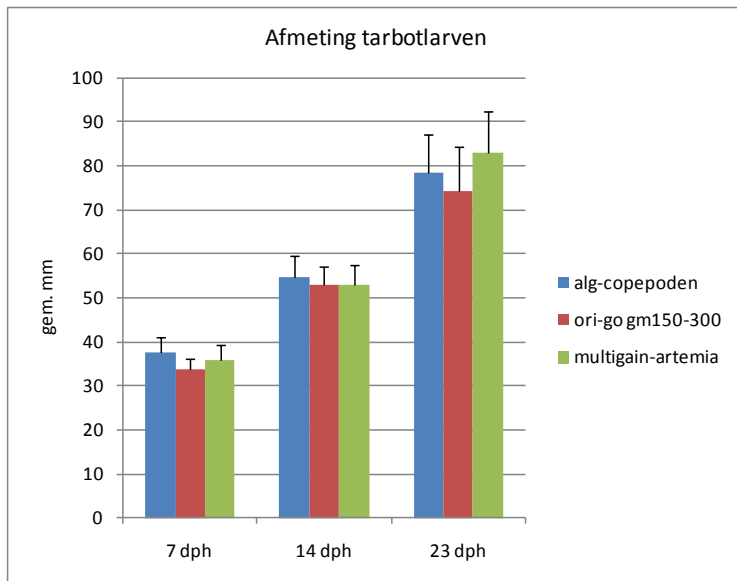
In het najaar 2010 zijn contacten geweest met diverse partijen, zoals visvoederfabrikanten en externe deskundigen over waterhygiëne en typen voer bij de kweek van voedseldieren, voergiften aan vislarven en alternatieven voor rotiferen en artemia.

Er is een opschaling geweest van de rotiferenkweek, met hogere dichtheden en een oriëntatie naar de kweek van copepoden als levend voer. Copepoden zijn van nature het levend voer van vislarven en de vetzuursamenstelling van copepoden sluit volgens literatuur veel beter aan op de behoefte van mariene vislarven dan de routinematig gebruikte rotiferen en artemia. Ook na verrijking met kunstmatige middelen blijft de voedselkwaliteit van verrijkte rotiferen en artemia blijkbaar achter bij die van onverrijkte copepoden. Daarom zijn experimenten gestart waarin verschillende verrijkingen zijn gebruikt voor rotiferen en artemia, waarbij ook copepoden als (deel van het) levend voer zijn gebruikt.



Figuur 23. Opstelling met een drietal aquaria met doorstroom zeewater en matige belichting

Op 28 januari 2011 zijn tarboteieren verkregen van France Turbot. De eieren zijn over 3 aquaria verdeeld (Figuur 23), waarin elk 600 bevruchte eieren zijn gebracht. De larven kregen de eerste 2 weken rotiferen, resp. verrijkt met verse algen, Ori-Go van Skretting en Multigain van Biomar. Na 2 weken is aanvullend Artemia gegeven, die op dezelfde wijze is verrijkt. In de behandeling met verse algen werd aansluitend op rotiferen overgeschakeld op copepoden. In eerste instantie kwamen de copepoden uit kweek, maar omdat de kweek nog onvoldoende capaciteit bleek te hebben is aanvullend gevoerd met ingevangen copepoden uit zeewater. Tussentijds zijn enkele lengtemetingen aan de larven uitgevoerd, (Figuur 24).



Figuur 24. Afmetingen (mm) van de larven in de drie verschillende opstellingen

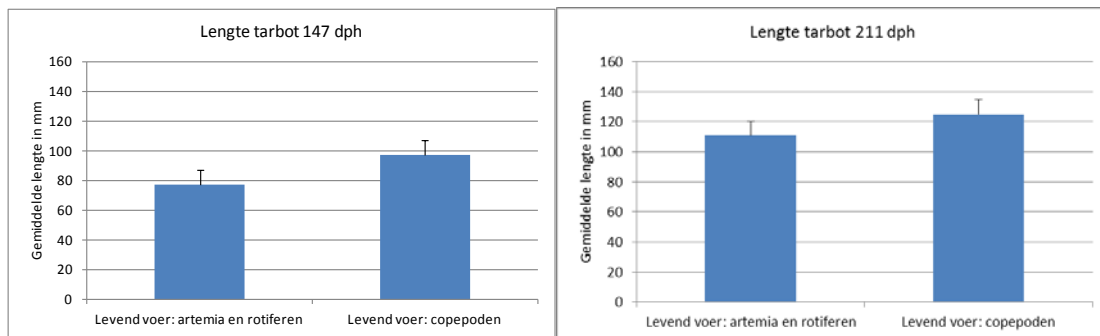
Op basis van absolute lengte is er weinig verschil tussen de behandelingen te zien.

Wel zijn er kwalitatieve waarnemingen gedaan, die een verschil laten zien tussen de groepen vislarven. Op 14 dph was de overleving van de vislarven met algen en Ori-Go als verrijking zo'n 15%, tegenover zo'n 7% bij Multigain. Op 23 dph was de overleving met algen-coepoden circa 9%, bij rotiferen-Ori-Go en Multigain-artemia 7%.

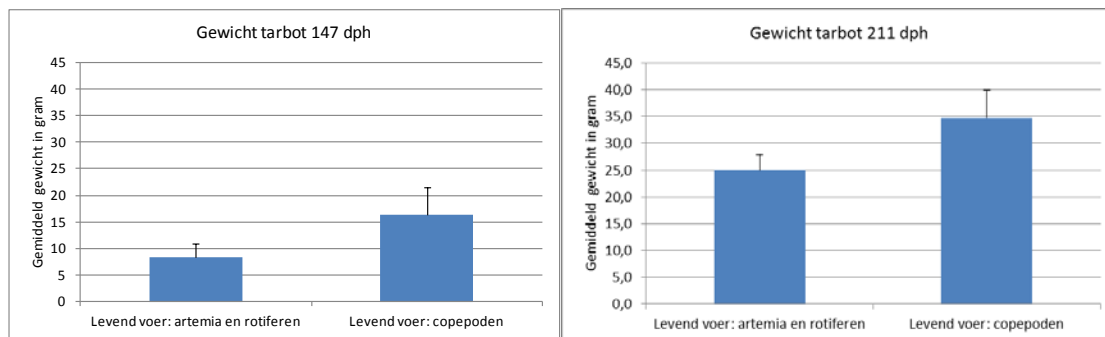
Hoewel er ook bij de overleving niet veel verschil is te zien, is het uiterlijk van de vislarven wel onderscheidend: de larven met copepoden als voer zijn gelijkmatig licht van kleur, terwijl de meeste larven van de kunstmatige verrijking duidelijk donker van kleur zijn. Op 35 dph is dit onderscheid nog steeds aanwezig, als de larven overgeschakeld zijn op droogvoer (Gemma micro van Skretting).

In de groep vislarven die met copepoden zijn gevoerd is geen uitval opgetreden bij het weanen, bij de twee groepen met kunstmatige verrijking en rotiferen-artemia als voer trad geleidelijk uitval op tijdens en ook na het weanen.

De vislarven met copepoden als voer vertoonden na verloop van tijd ook een ander gedrag naar het voer toe. Aangezien copepoden 'schoksgewijs' zwemmen, benaderde de tarbotlarve deze prooi anders dan een traag zwemmende rotifeer of gelijkmatig zwemmende *Artemia*. Bij de copepoden ontwikkelen de vislarven een volgend gedrag: eerst wordt de copepode langzaam benaderd en even gevolgd, waarna de vis op de copepode toeschiet. Niet altijd met succes, zodat de actie wordt herhaald. Dit gedrag wordt ook bij het aanbieden van droogvoer gezien, waardoor de vis dit voer eerder en beter opneemt. De vislarven met copepoden als voer groeiden sneller door dan de vislarven in de andere groepen. Uiteindelijk is er een duidelijk verschil ontstaan in lengte en gewicht (Figuur 25 en Figuur 26).

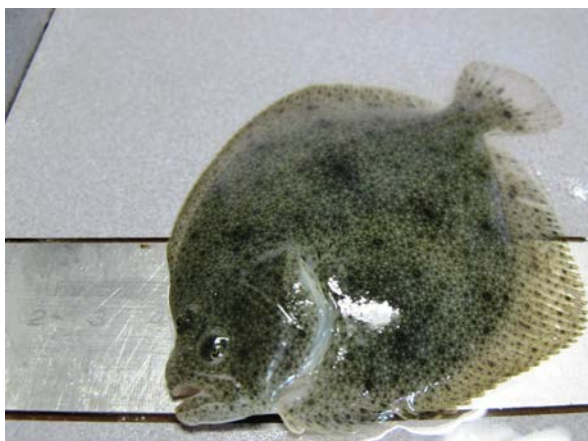


Figuur 25. Gemiddelde lengte van de tarbotlarven 147 en 211 dagen na hatchen.



Figuur 26. Gemiddelde gewicht van de tarbotlarven 147 en 211 dagen na hatchen.

Copepoden als onderdeel van levend voer blijken een duidelijke meerwaarde te hebben voor de uiteindelijke kwaliteit van de pootvis, die naar de kwekerij kan voor verdere opkweek (Figuur 27).



Figuur 27. 'Copepoden' Tarbot 147 dagen na hatchen

In maart 2011 is een derde experiment met tarbotlarven gestart, met verschillende typen levend voer: rotiferen met een standaard lengte van 100-150 µm, uit zeewater geïsoleerde rotiferen met een volgroeide lengte van 250-300 µm, mossellarven uit kweek en copepoden uit zeewater.

Er is gestart met 1800 tarbotlarven per aquarium van 60 liter, op doorstroom van gefilterd en UV behandeld zeewater. Op dag 7 begon een flinke uitval te komen in alle behandelingen, waarbij de tarbotlarven met grote rotiferen en copepoden wel groei lieten zien. De larven bleven in de volgende dagen uitval vertonen, ook met gevulde maag. Op dag 10-11 is een screening uitgevoerd op *Vibrio* bacteriën, maar het beeld was rustig.

Bij de mossellarven bleken de tarbotlarven deze wel te eten, maar niet te verteren. Er was zelfs een tarbotlarve met 5 mossellarven in de buikholte. De schelp bleef intact na het inslikken en door de korte verblijftijd in het darmstelsel niet verteerd. Te zien was dat de magen van de mossellarven nog met alg gevuld waren. Bij de copepoden bleken de larven wel te eten, maar weinig te groeien. Bij de kleine rotiferen was veel uitval, bij de grote rotiferen het minst.

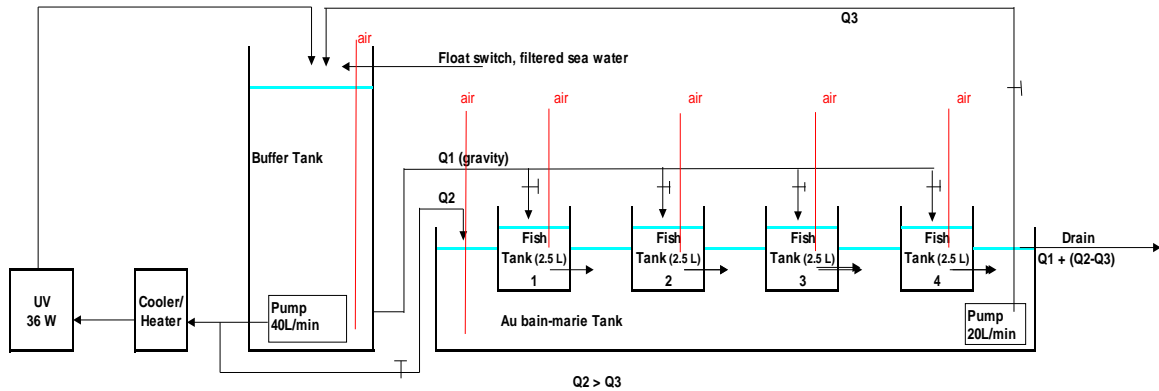
Na 3 weken waren slechts 2% van de larven over, en is besloten het experiment te stoppen.

Er is geen duidelijke oorzaak voor de algehele uitval gevonden, en gezien deze over alle behandelingen is opgetreden kan de waterkwaliteit of de kwaliteit van de tarbotlarven hierin een rol spelen. De fysisch-chemische waterkwaliteit was in orde, voor zover gemeten (range O₂ 90-98%, temperatuur 14,0-14,5 °C pH 7,92-7,94, saliniteit circa 30,8‰) met een doorstroom van 2,5 maal het volume per dag.

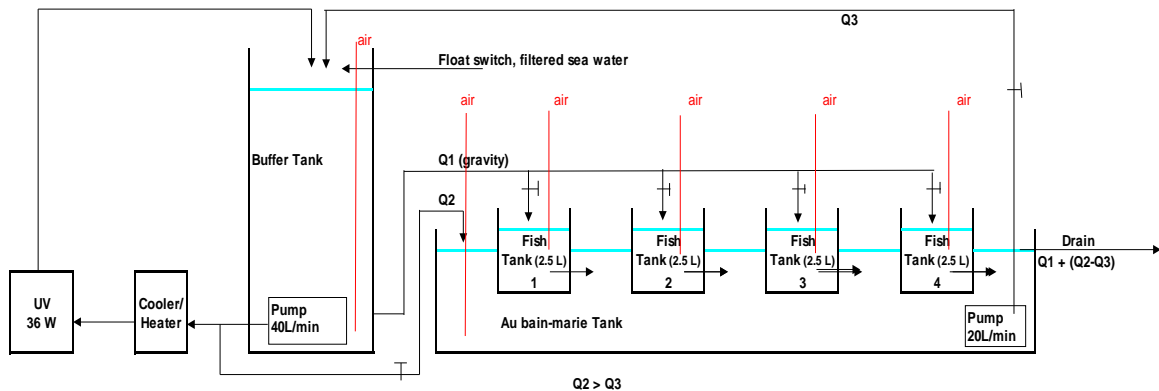
De kwaliteit van het uitgangsmateriaal en de kwaliteit van de verrijkte artemia kan een rol gespeeld hebben, hoewel dit op basis van de huidige experimenten moeilijk is aan te tonen. Na ontvangst van de eieren zijn deze op gezuiverd zeewater gehuisvest en na de eerste hatching van larven kleurde het zeewater wat troebel, waarschijnlijk als gevolg van het loskomen van stoffen in het zeewater uit de eieren. Door regelmatige verversing tijdens het hatchen nam de troebeling wel af, maar verdween niet als geheel. Nadat de eieren na 2 dagen vrijwel allemaal gehatcht waren, zijn de tarbotlarven overgezet naar de aquaria op doorstroom. Mogelijk dat dit de kwaliteit van de vislarven heeft beïnvloedt, maar zoals gezegd is het moeilijk te duiden. Tijdens de voorgaande keren is er geen troebeling waargenomen bij het hatchen, hoewel dezelfde procedure is gevolgd.

De overleving van de larven is nog erg beperkt, om dit te verbeteren is het nodig om op experimentele schaal verder te ontwikkelen. Daarnaast dient de kwaliteit van artemia en het uitgangsmateriaal nader onderzocht te worden.

De eieren van France Turbot zijn op twee locaties van IMARES in Yerseke (klimaatkamer bij NIOO) en in IJmuiden gehuisvest. In Yerseke werden de eieren verdeeld over 4 vistanks van 2.5 L ieder



Figuur 28 en Figuur 29). De tanks zijn 'au bain-marie' op temperatuur gehouden met water vanuit een buffertank. Het water uit de buffertank is ook gebruikt voor de inflow (gravity) van de vistanks. Het water in de buffertank werd met een vlotter op niveau gehouden (met gefiltreerd zeewater van NIOO) en verwarmd/gekoeld m.b.v. een heater/cooler. Het water uit de buffertank circuleerde over een UV-unit (36W). Het water uit de vistanks stroomde met vrij verval door een outflow (300 μ m gaas, doorsnede 20 mm) naar de 'au bain-marie' tank. Verversing van het systeem vond plaats door een gering doorstroom debiet. Belichting van de vistanks gebeurde d.m.v. kleine luchtsteentjes onder de outflow.



Figuur 28. Schematische weergave van de larvenopstelling bij IMARES in Yerseke

Eerst was de UV opgenomen in de Q1 flow. Vermoedelijk door de lage flow traden er processen op in de UV lamp welke resulteerde in geelgekleurde, naar detergent ruikend en schuimend water in de vistanks. (een watermonster had na 2 weken nog een redox waarde van 304 mV). Om deze reden is voor de start van het experiment de UV-unit verwijderd uit deze flow en op een circulatie over de buffertank gezet, waar de flow hoger was.



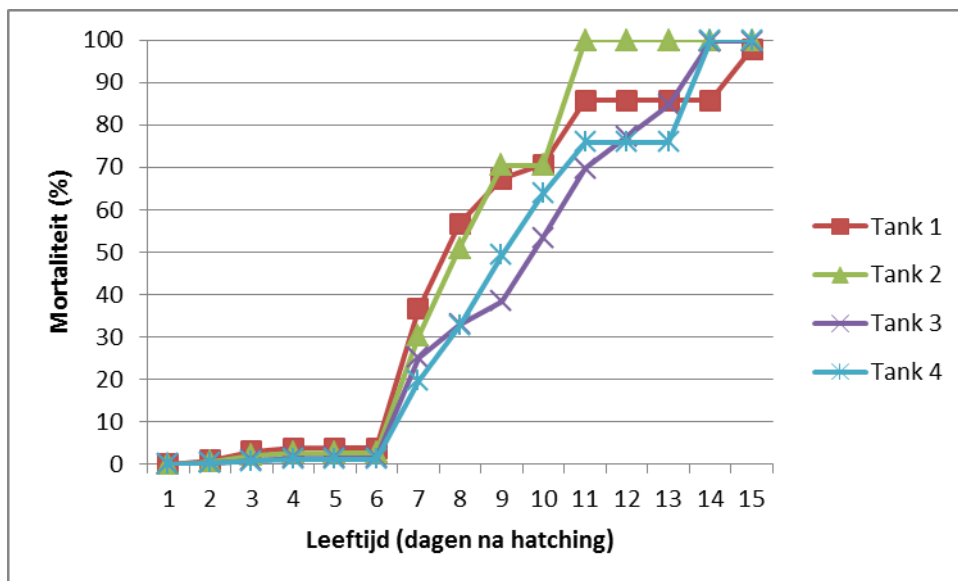
Figuur 29. Schematische weergave van de larvenopstelling bij IMARES in Yerseke

Bij aankomst op 28 januari 2011 zijn de eieren verdeeld over de 4 vistanks en de resterende eieren zijn naar IJmuiden gestuurd. Bij een temperatuur van 13°C was een deel van de eieren gehatched op 30 januari en bijna 100 % op 31 januari. Slechts enkele niet uitgekomen eieren zijn waargenomen. Nadat ze waren uitgekomen, is de temperatuur dagelijks verhoogd met circa 1°C tot 18°C. Op 6 februari was de temperatuur in de vistanks net iets boven 17°C. Vanaf 1 februari is er gevoerd met rotiferen. De rotiferen werden gevoerd met een algenmengsel (IMARES en Zeeuwse Roem), circa 25 % *Chaetoceros muelleri*, 25 % *Isochrysis galbana* en 50 % *Nannochloropsis* minstens 6 uur voordat de rotiferen aan de larven werden gevoerd. De rotiferen werden gefiltreerd over 100 µm (voor verwijdering van eieren) en nagespoeld met steriel zeewater waarna ze met water uit de 'au bain-marie' tank vanuit de zeef in de vistanks werden gespoeld.

Hoewel er op 3 en 4 februari al enkele dode tarbotlarven te zien waren (circa 5 %), heeft de grootste sterfte plaatsgevonden in het weekend van 5 tot en met 7 februari (7 DAH) (Figuur 24). De dagen hierna was er bij de verschillende vistanks bijna ieder dag sterfte variërend van 10 tot 70 %, totdat er slechts 6 larven op 15 februari over waren (= 6 %, na 15 DAH). Op deze dag is ook besloten om het experiment af te breken.

Op 5 februari zijn er voor het eerst ciliaten geconstateerd in de rotiferen culturen. Deze zijn ook geconstateerd in de algenmix die gebruikt is voor de voeding van de rotiferen op 5 februari.

In IJmuiden zijn de eieren verdeeld in 2 tanks van 6.7 L maar door een massale sterfte op 4 DAH is besloten het experiment in IJmuiden te stoppen.



Figuur 30. Cumulatieve sterfte van larven in verschillende vistanks bij IMARES Yerseke

Het blijkt lastig te concluderen wat de oorzaak geweest kan zijn van de uitval van de vislarven bij de experimenten van Imares. Er zijn limitaties geweest die de mogelijkheden voor de systeemkeuze hebben beperkt, welke mogelijk effect hebben gehad op de lage overleving. In het kleine experimentele water volume is er een grote mechanische stress mogelijk bij metingen aan waterkwaliteit, het kalibreren van de waterflow, spoelen van rotiferen, als ook verandering in abiotische factoren (zoals saliniteit, pH, temperatuur e.d.). Een verbeterde opstelling met een groter watervolume kan betere resultaten geven. In de zelfde kweekruimte bij Imares vonden tevens diverse andere activiteiten plaats met een risico tot microbiële contaminatie: algen kweek, experiment met zee-egels en een BOD experiment met water afkomstig van diverse locaties in Yerseke. In IJmuiden zijn in dezelfde ruimte verschillende vissoorten gekweekt in het water van een gesloten recirculatie systeem. Levend voer zoals rotiferen maar ook algen zijn bekend als bron van bacteriële druk op larven cultuur. De grootste sterfte trad op wanneer de 16°C grens gepasseerd werd. Andere mogelijke storende factoren zijn een onstabiele waterflow of een waterkwaliteit anders dan gemeten (zware metalen, ciliaten, etc.). De ervaringen bij het kweken van vislarven van andere soorten in IJmuiden zijn goed, tarbot lijkt een gevoeliger soort te zijn.

Evaluatie experimenten

Tijdens dit project zijn er verschillende activiteiten geweest voor het onderzoeken van de haalbaarheid voor het kweken van tarbot. Er zijn bepaalde zaken succesvol verlopen, maar er zijn ook nog uitdagingen waar aan gewerkt moet worden. De reeds behaalde doelen (+) staan hieronder samen met de doelen die voor verbetering in aanmerking komen (-) weergegeven.

(-) Het conditioneren van tarbot ouderdieren in gevangenschap is langzaam verlopen.

Uiteindelijk liet ongeveer een kwart van de vissen ontwikkeling van gonaden zien. Er zijn een aantal punten te benoemen die belangrijk bleken bij het verloop van de conditionering.

Er bleek vooraf geen onderscheid gemaakt te zijn tussen mannetjes en vrouwtjes bij de ouderdieren. In de natuur zijn de vrouwtjes van dezelfde leeftijd vaak groter dan de mannetjes. De ouderdieren in gevangenschap waren allemaal ongeveer even groot en hebben in eerste instantie geen zichtbare verschillen in de seksuele kenmerken. Het bleef onduidelijk wat de verhouding man-vrouw in de groep vissen was.

Omdat een duidelijke gonadenontwikkeling aanvankelijk uitbleef, bleef het gedurende het project lang onzeker of gekweekte ouderdieren wel tot voortplanten zijn te stimuleren onder kunstmatige omstandigheden. Uiteindelijk bleek dit wel het geval.

Het is bekend dat de vrouwtjes in de regel ernstigere reproductiegebreken kunnen vertonen dan de mannetjes. Dit kan te maken hebben met remming van vitellogenese, remming van de uiteindelijke rijping van de eicellen en remming van de paai (Mananos et al., 2009). Er zijn een aantal tarbotten waarbij er zowel mannelijke als vrouwelijke gonadenontwikkeling is waargenomen, maar tot paaien is het vooralsnog niet gekomen. Kennelijk zijn de juiste omstandigheden voor een volledige voortplantingscyclus nog niet voldoende aanwezig of bekend. Het speelt waarschijnlijk mee dat er gewerkt is met relatief jonge broodstock, die voor het eerst tot voortplanting moest komen.

Voeding is een ander belangrijk aspect. Naast de commercieel beschikbare pellets is het mogelijk zinvol om de voer te vullen met behulp van visafval of vochtige pellets versterkt met de commerciële mengsels van vitaminen en vetzuren (Daniels en Watanabe, 2010).

Tarbotten in tanks van minder dan 20 m³ komen moeizamer tot voortplanten, in de literatuur worden tanks boven de 40 m³ aanbevolen (Bromley et al., 1986). De bodem van de tank voorzien met zand zou ook kunnen helpen voor betere voortplantingscondities (Devauchelle et al., 1988). Een volgende stap zou kunnen zijn om regelmatig de geslachtscellen te controleren om zo de kwaliteit en ontwikkeling om zo te kunnen achterhalen of de ouderdieren daadwerkelijk geslachtsrijp worden. Daarna kan de paai worden gestimuleerd door middel van veranderingen in temperatuur, daglengte en met hormonale therapie (25 ug van GnRH_a / kg vis) (Mugnier et al., 2000).

(+) Het is mogelijk gebleken om bevruchte tarboteitjes te importeren en vervoeren naar Nederland. Daarnaast is het gelukt om deze bevruchte tarboteitjes uit te laten komen en op te kweken tot jonge tarbot. De kwaliteit van de larven (vanuit externe bronnen en eigen ouderdieren) blijft een aandachtspunt, het verdient aanbeveling te blijven verifiëren of de larven voldoende voeding kunnen opnemen en verteren. Daarnaast zijn selectieprotocollen en kwaliteitsprotocollen voor aanwezige larven zeer nuttig, aangezien de kwaliteit van het uitgangsmateriaal (de gehatchte larven) een cruciale rol vervullen in de verdere hatchery, nursery en grow outfase.

(-) Er vindt vaak een hoge mate van sterfte plaats tussen 7 en 9 dagen na het uitkomen van de viseieren. Een hoge sterfte (tot 85%) in larvale stadia is voor veel mariene larven gebruikelijk. Een verder inzicht in de oorzaak van deze uitval is wenselijk. De kwaliteit van het gebruikte zeewater lijkt een belangrijke factor te zijn. Uit alle proeven is gebleken dat de larven bij stichting Zeeschelp langer overleefden. Deze locatie staat uit eerdere ervaringen bekend om de beschikking over kwalitatief goed water. Naast de standaard waterkwaliteitsmetingen van temperatuur, pH en zuurstof, zal er moeten worden overwogen om meer parameters te controleren om zo te kunnen achterhalen of er geen ziekteverwekkers dan wel verontreinigende stoffen in het gebruikte zeewater aanwezig zijn. Daarnaast is bij verschillende vissoorten gebleken dat verandering van waterkwaliteit een negatief effect kan hebben op de larvale ontwikkelingen, hier zal nog verdere aandacht aanbesteed kunnen worden.

Naast de kwaliteit van het water is met name de hygiëne van belang, hiermee dient rekening gehouden te worden bij opschaling.

Daarnaast is het van belang de juiste voeding (en voedingssamenstelling) aan te bieden (zie volgend).

(+) Het is mogelijk om verschillende typen levend voer te gebruiken voor de voeding van tarbot larven. Verschillende soorten algen zijn gebruikt voor het verrijken van gekweekt levend voer, dat bestond uit rotiferen en artemia (roepootkreeftjes).

Het was echter lastig om kweekopstellingen voor levend voer vrij te houden van andere organismen, zoals ciliaten. Na verloop van tijd, na het opbouwen van routine werd dit beter.

Na het voeren van copepoden uit kweek en gevangen in het buitenwater is waargenomen dat de tarbotlarven zich anders gingen gedragen. De larven foerageren actiever op de prooidieren en blijken later het droge voer ook actiever te benaderen.

Na het voeren van droogvoer is gebleken dat de beste groei en de minste sterfte optrad bij de larven die de eerste dagen gevoerd zijn met een combinatie van copepoden en rotiferen. Ook de verdere opgroei van deze juveniele vissen was beter, in tegenstelling tot de larven die gevoerd zijn met een combinatie van *Artemia* en rotiferen.

Het kweken van copepoden als levend voer voor tarbotlarven lijkt het meest geschikt te zijn. Momenteel wordt dit nog niet op grote schaal gedaan.

Het verdient aanbeveling een gestandaardiseerd en geoptimaliseerd (continue kwaliteit) protocol voor artemia (en voedingssamenstelling) toe te passen. Hiermee kan bij toekomstige experimenten altijd een referentie mee lopen om de verschillende behandelingen beter te vergelijken. Dit geldt alleen als de overige parameters in het kweekstelsel ook geoptimaliseerd zijn (oa hygiëne) en met een vergelijkbare testopstelling gewerkt wordt.

5. Conclusies

De kostprijs van een tarbotpootvis uit een hatchery bedraagt minimaal 0.64 en maximaal 1.54 euro per stuk. De kostprijs op basis van een jaarlijkse productie van 240.000 tarbot pootvissen per jaar met een uitgangsgewicht van 15 gram ligt op 1.26 euro. De uiteindelijke kostprijs heeft een spreiding aangezien de definitieve kostprijs afhankelijk is van de uiteindelijke inputwaarden die binnen de berekening worden gedefinieerd. Voor de berekening van de spreiding in kostprijs is gekozen uit te gaan van een maximale kostprijs op basis van maximaal te verwachten arbeidsinspanning. De gevoeligheid van verschillende input waarden (zoals productievolume en arbeidsinspanning) op de kostprijs is bepaald aan de hand van een gevoeligheidsanalyse.

De gevoeligheidsanalyse exponentieel effect op de kostprijs zien, waarbij de kostprijs exponentieel omlaag gaat bij een pootvis productie vanaf 500.000 stuks op jaarbasis. De kostprijs bedraagt 0.64 euro per stuk (15 gram) bij een productievolume van 1.3 miljoen stuks per jaar tot 1.54 euro per stuk bij een productievolume van 150.000 stuks per jaar.

Wanneer uitgegaan wordt van een kostprijs van 1.26 euro per stuk (op basis van een jaarlijkse productie van ~240.000 tarbot pootvissen per jaar met een uitgangsgewicht van 15 gram) bij 100% arbeidsinspanning zal een arbeidsinspanning van 20% een kostprijs van 1.02 euro per stuk gerealiseerd worden. De arbeidsinspanning is een waarde, die ingeschat wordt voor de handelingen die nodig zijn per tank of per batch pootvis. De resultaten geven aan dat er ruimte is voor efficiëntieverbeteringen in de uitgangswaarden.

Binnen het model zijn nog een scala aan parameters, welke onzekerheden in de uitkomsten genereren.

Hierbij valt te denken aan:

- Overleving van de larven binnen iedere proces stap
- Schaalgrootte
- Ontwikkeling uurlonen
- Deskundigheid personeel
- Efficiëntie d.m.v. technische verbeteringen
- Uitvoerigheid van fok- en onderzoeksprogramma's
- Ontwikkeling energieprijzen
- Ontwikkeling grondprijzen

Het effect van deze genoemde onzekerheden is niet verder uitgewerkt en is volledig afhankelijk van het hatchery management, locatiekeuzes en externe ontwikkelingen. De genoemde resultaten dienen hierdoor voornamelijk als indicatie gebruikt te worden, aangezien niet bekend is welke keuzes er op langere termijn genomen worden. Er dient derhalve bij het opstellen van toekomstige plannen rekening gehouden te worden met de onzekerheden en de spreiding in kostprijs.

Bij de experimenten is het mogelijk gebleken om tarbotjes vanuit ei-stadium op te kweken tot pootvis. Dit kan met gangbare technieken zoals het gebruik van rotiferen en artemia, die kunstmatig verrijkt worden met voedingsstoffen vlak voordat deze gevoerd worden aan tarbotlarven. Bij de opkweek van vislarven van commerciële mariene soorten zoals tarbot, tong, kabeljauw e.d. vindt vrijwel altijd een hoge uitval plaats. Deze uitval kan variëren van 60-85% en in voorkomende gevallen is deze uitval nog hoger. Deze uitval kan komen door diverse factoren, zoals kwaliteit van de broodstock, kwaliteit van de gonaden en embryo's, het kweekstelsel, kwaliteit van het levende voedsel en het management.

Het kweken van mariene vislarven is een samenspel van complexe activiteiten die nauw met elkaar samenhangen om tot een acceptabel resultaat te komen. Hoewel deze punten de aandacht hebben van vishatcheries, wordt er nog weinig gebruik gemaakt van copepoden als levend voer, die uit literatuur en praktijkvoorbeelden als een geschikter levend voer naar voren komen dan de gangbaar gebruikte rotiferen en pekelkreeftjes. De reden is dat er voor copepoden op moment nog geen productiesysteem voorhanden is, zoals het geval voor rotiferen en pekelkreeftjes. Bij een verder vervolg van een broedhuis voor tarbot is het de aanbeveling om de kweektechniek van copepoden verder te evalueren en copepoden als onderdeel van het levend voer te introduceren, wat de kwaliteit van de uiteindelijke pootvis aanzienlijk kan verbeteren.

Het verdient daarnaast aanbeveling om de conditionering van de broodstock verder te ontwikkelen, zodat men minder afhankelijk is van de kwaliteit en beschikbaarheid van visembryo's van externe leveranciers.

De resultaten uit het project VIP Coöperatief pootvis productiecentrum voor de Nederlandse mariene viskweek sector hebben een deel van de projectpartners voldoende vertrouwen gegeven om een pilot project rond de voortplanting van tarbot op semi-commerciële schaal uit te gaan voeren.

6. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

7. Projectteam

De uitvoering van de projectonderdelen is verzorgd door het projectteam bestaande uit Grovisco, IMARES, Seafarm en stichting Zeeschelp. Stichting Zeeschelp en IMARES zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van de experimentele gedeeltes. Vanuit IMARES Yerseke waren hierbij betrokken: Angelo Hofman, Eugene Rurangwa, Noortje Ros, Ad van Gool en Ainhoa Blanco. Vanuit IMARES IJmuiden waren betrokken J. van der Heul en Ewout Blom. De rapportage van de experimenten is verzorgd door Stichting Zeeschelp en IMARES. De kostprijs berekening is uitgevoerd en gerapporteerd door IMARES.

Referenties

Daniels H.V. en Watanabe W.O. (2010). Practical flatfish culture and stock enhancement. ISBN 978-0-8138-0942-7.

Denekamp, J. (2008) Kostprijsanalyse voor pootvis met als uitgangspunt *Solea solea*. Intern IMARES rapport C038/2008.

Devauchelle N., Alexabdre J.C., LeCorre N. & Lette Y. (1988) Spawning of turbot (*Scophthalmus maximus*) in captivity. *Aquaculture* 69, 159-184.

Mañanós E., N. Duncan and C. Mylonas (2009) Reproduction and control of ovulation, spermiation and spawning in cultured fish. In *Methods in Reproductive Aquaculture Marine and Freshwater Species*. Edited by E. Cabrita, V. Robles and P. Herráez (CRC Press).

Mugnier, C., Gaignon, J.L., Lebegue, E., Fostier, A., Breton, B. (2000). Induction and synchronisation of spawning in cultivated turbot (*Scophthalmus maximus* L.) broodstock by implantation of sustained-release GnRH—a pellet. *Aquaculture* 181, 241–255.

Rurangwa E., and M. Poelman Hatchery manual for broodstock management and larval production (*Psetta maxima*). IMARES Rapport C150/11.

Schneider O., Blancheton J. P. (2006). Price and production strategies in European Recirculation Systems. *Linking Tradition & Technology Highest Quality for the Consumer*, Firenze, Italy, WAS.

Verreth, J. (2008) Visteelt in Nederland; Tussenhoop en wanhoop? Workshop Duurzame recirculatiecultuur, 28 oktober 2008, Yerseke.

Verantwoording

Rapport C004A/12

Projectnummer: 4304303601

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

Akkoord: Ing. E. Blom
Collega onderzoeker

Handtekening:



Datum: 3 februari 2012

Akkoord: Ir. H.W. van der Mheen
Hoofd afdeling Experimentele Ecologie

Handtekening:



Datum: 14 januari 2012

Bijlage 1. Parameters model onderdeel Husbandry/broodstock

<i>Description</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>	<i>Name</i>
Husbandry/broodstock			
Parameters			
System			
<i>Biological parameters</i>			
Density broodstock	<5	kg m ⁻²	H Density
Average weight male	0.5-2 -> 3-7	kg	H Average weight male
Average weight female	0.5-2 -> 3-8	kg	H Average weight female
Percentage male	50	%	H Perc male
Replacement rate	50	% year ⁻¹	H Replacement rate
Fertilized eggs	70	%	H Fertilized eggs
Spawningrate	1	spawning year ⁻¹	H Spawningrate
yearly fecundity	250	eggs g ⁻¹ body weight	H yearly fecundity
Spawningtemperature	14	°C	H Spawningtemperature
Spawntime in days	64	days	H Spawntime in days
<i>Technical parameters</i>			
Diameter tank	5.1	m	H Diameter tank
Waterlevel in tank	0.7-1.7	m	H Waterdepht
Cyclus yearly temperature	variable	°C	H Cyclus yearly temperature
Hatcherytank volume	80-150	l	H Hatcherytank volume in liter
Factor spawningdispersal	0.15	-	H Factor
Time delay		day	H Time delay
Minimum lighthours	8	hours	H Min light
Maximum lighthours	16	hours	H Max light
Change temperature light	6	°C	H Change temp

<i>Description</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>	<i>Name</i>	
Costs				
<i>General</i>				
<i>Tanks'eggs'piping</i>				
Minimum costs tank	500	euro	cH	Minimumcosts tank
Costs eggcollect	500	euro	cH	Costs eggcollect
Costs piping per tank	1500	euro	cH	Costs piping per tank
Extra costs tank per m ²	50	euro	cH	Costs tank m2
<i>Lighting</i>				
Purchase costs light per m ²	35	euro	cH	Costs per m2 light
Watt above tank per m ²	200	Watt	cH	Watt above tank per m2
Price of one KWh	0.12	euro	cH	Price of one KWh
Workspace around tank	150	%	cH	Percentage workspace around tank
<i>Pomp and Filter</i>				
Waterflowpercentage	150	% hour ⁻¹	cH	Waterflowpercentage per hour in tank
Costs pompdevice small	1000	euro	cH	Costs pompdevice small
Costs pompdevice big	1200	euro	cH	Costs pompdevice big
Costs filter small	700	euro	cH	Costs filter small
Costs filter big	1400	euro	cH	Costs filter big
KWh big pompdevice	1	kWh	cH	KWh big pompdevice
KWh small pompdevice	0.55	kWh	cH	KWh small pompdevice
Price of one KWh	0.12	kWh	cH	Price of one KWh
<i>Cooling and heating</i>				
Cyclus yearly temperature	variable	°C		Cyclus yearly temperature
In house temperature	18	°C	cH	In house temperature
Costs cooling small	1000	euro	cH	Costs cooling small
Costs cooling medium	3000	euro	cH	Costs cooling medium
Costs cooling big	6000	euro	cH	Costs cooling big

KWh cooling small	0.5	kWh	cH	KWh cooling small
KWh cooling medium	1.4	kWh	cH	KWh cooling medium
KWh cooling big	2.4	kWh	cH	KWh cooling big
<i>Food</i>				
Feedingrate adults	5.4	% body weight day ⁻¹	cH	Feedingpercentage adults
Costprize food per kg	Fresh/frozen fish	euro	cH	Costprize feed per kg
<i>Labour</i>				
<i>Labour</i>				
Average worktime tank in rest		hour	cH	Average worktime tank in rest
Average worktime spawning tank		hour	cH	Average worktime spawning tank
Gross hourly wage		euro	cH	Gross hourly wage
<i>Wateruse</i>				
Waterrefreshment		%	cH	Water refreshment
Price of 1 m ³ water		euro	cH	Price of 1 m3 water
<i>Monitoring</i>				
Costs devices monitoring 1 tank		euro	cH	Costs devices monitoring 1 tank
Costs monitoring 1 tank 1 year		euro	cH	Runningcosts monitoring 1 tank per year

<i>Building</i>					
Infrastructure euro per m ²	100	35	euro light	cH	Infrastructure euro per m2
Construction euro per m ²	100	550	euro	cH	Construction euro per m2
<i>Parental animals</i>					
Cost of one adult	20		euro	cH	Cost of one adult
Replacementrate per year	15		%	cH	Replacementrate per year
<i>Maintenance</i>					
Maintenance percentage	2		%	cH	Maintenance percentage
<i>Total costs</i>					
Depreciation years	10		year	cH	Depreciation years

Bijlage 2: Parameters Model onderdeel Hatchery

	Description	Advies waarde	Unit	Range	Name in Stella
Hatchery					
Parameters					
System					
<i>Biological parameters</i>					
x	Eggs from Husbandry		eggs	- - -	Ha Eggs from Husbandry
x	Max eggs in incubator per l	10000	eggs l ⁻¹	-	Ha MAX eggs per liter
x	Survivalrate hatchery	78	%	-	Ha Survivalrate hatchery
x	Incubationtime	4.5	days	-	Ha Incubation time
x	Max days delay for collecting		days	1 - 4	Ha Max days delay colect eggs
x	Min batchperc. in incubator	20	%	-	Ha Min batchpercentage in incubator
<i>Technical parameters</i>					
x	Waterexchange hatchery	800	%	- - -	Ha Waterexchange hatchery per day
From Nursery					
x	Density larve		larve m ⁻²	- - -	Ha Density larve in m2
x	Nursery tank surface	6	m ²	- - -	Ha Nursery tank surface

<i>Description</i>	Advies waarde	Unit	Range	Name in Stella
Costs				
<i>Tanks and piping</i>				
Minimum costs tank	200	euro	-	Minimumcosts tank
Costs piping per tank	300	euro	-	Costs piping per tank
Costs 50 l extra	50	euro	-	Costs 50 l extra
<i>Lighting</i>				
Purchase costs light per m ²	35	euro	-	Costs per m2 light
Watt above tank per m ²	20	Watt	-	Watt above tank per m2
Price of one KWh	0.12	euro	-	Price of one KWh
Workspace around tank	150	%	-	Percentage workspace around tank
Surface one tank	1	m ²	-	Surface one tank in m2
Total lighthours per day	12	hours day ⁻¹	-	Total lighthours per day
<i>Pomps</i>				
Costs pompdevice	1000	euro	-	Costs pompdevice
KWh pompdevice	0.05	kWh	-	KWh pompdevice
Price of one KWh	0.12	kWh	-	Price of one KWh
<i>Cooling and heating</i>				
Cyclus yearly temperature	variable	°C	-	Cyclus yearly temperature
In house temperature	18	°C	-	In house temperature
<i>Labour</i>				
Labour	1			

Average worktime tank	1	hour	-	Average worktime one hatcherytank
Gross hourly wage	Invullen standaard en expert	euro	-	Gross hourly wage
<i>Wateruse</i>				
Waterrefreshment per hour	50	%	-	Water refreshment per hour
Price of 1 m ³ water	0	euro	-	Price of 1 m3 water
<i>Monitoring</i>				
Costs devices monitoring 1 tank	500	euro	-	Costs devices monitoring 1 tank
Costs monitoring 1 tank 1 year	50	euro	-	Runningcosts monitoring 1 tank per year
<i>Building</i>				
Infrastructure euro per m ²	35	euro	-	Infrastructure euro per m2
Construction euro per m ²	550	euro	-	Construction euro per m2
<i>Maintenance</i>				
Maintenance percentage	Invullen	%	-	Maintenance percentage
<i>Total costs</i>				
Depreciation years	Invullen	year	-	Depreciation years

Bijlage 3. Parameters Model onderdeel Nursery

<i>Description</i>	Advies waarde	Unit	Name in Stella	
Nursery				
Parameters				
System				
<i>Biological parameters</i>				
	To nursery	variabel	larve	N To nursery
x	Nursery tank surface	6	m ²	N Nursery tank surface
x	Days in Nursing	30	days	N Days in Nursing
x	Survivalrate nursery	Inschatten	%	N Survivalrate nursery
x	Density larve in nusery	33333.3	m ²	N Density larve in nusery
Costs				
<i>Tanks and piping</i>				
	Nursery tank surface	500	m ²	Nursery tank surface
	Minimum costs tank	500	euro	Minimumcosts tank
	Costs piping per tank	1500	euro	Costs piping per tank
	Costs tank m ²	100	euro	Costs tank m2
<i>Lighting</i>				
	Purchase costs light per m ²	35	euro	Costs per m2 light
	Watt above tank per m ²	Fluorescent	Watt	Watt above tank per m2
	Price of one KWh	0.12	euro	Price of one KWh
	Workspace around tank	150	%	Percentage workspace around tank
	Nursery tank surface	6	m ²	Nursery tank surface
	Lighthours per day	11	hours day ⁻¹	Lighthours per day

Pumps and filter

Waterfow per hour per tank	500	%	
Nursery tank surface	6	m ²	Nursery tank surface
Waterdepht nurserytank	0.75	m	Waterdepht nurserytank
Costs pompdevice big	1200	euro	Costs pompdevice big
Costs pompdevice small	1000	euro	Costs pompdevice small
Costs filter big	1400	euro	Costs filter big
Costs filter small	700	euro	Costs filter small
KWh big pompdevice	0.55	kWh	KWh big pompdevice
KWh small pompdevice	0.4	kWh	KWh small pompdevice
Price of one KWh	0.12	kWh	Price of one KWh

Cooling and heating

Cyclus yearly temperature	variabel	°C	Cyclus yearly temperature
In house temperature	18	°C	In house temperature

Food

Average bodyweight larve	0.00015	g	
		% bodyweight day ⁻¹	
Feedingpercentage	2		Feedingrate nursery
Costprize food per kg	1.5	euro kg ⁻¹	Costprize food per kg

Labour

Labour	1		
Average worktime tank	1	hour	Average worktime one nurserytank
Gross hourly wage	Invullen standaard of expert	euro	Gross hourly wage

Wateruse

Waterrefreshment per day	200	%	Water refreshment per day
Price of 1 m ³ water	0	euro	Price of 1 m3 water
<i>Monitoring</i>			
Costs devices monitoring 1 tank	500	euro	Costs devices monitoring 1 tank
Costs monitoring 1 tank 1 year	50	euro	Runningcosts monitoring 1 tank per year
<i>Building</i>			
Nursery tank surface	6	m ²	Nursery tank surface
Workspace around tank	150	%	Percentage workspace around tank
Infrastructure euro per m ²	45	euro	Infrastructure euro per m2
Construction euro per m ²	550	euro	Construction euro per m2
<i>Maintenance</i>			
Maintenance percentage	2	%	Maintenance percentage

Bijlage 4. Parameters Model onderdeel Weaning

<i>Description</i>	Value	Advies waarde	Unit	Name in Stella
Weaning				
Parameters				
System				
<i>Biological parameters</i>				
To weaning	Variable	Variable	larve	W To weaning
Survivalrate Weaning	80	25	%	W Survivalrate Weaning
Max density weaning	6	???	kg m ⁻²	W Max density weaning
Average endweight one fish	5	5	gr	Average endweight one fish in W weaning
Average beginweight one fish	1.5	0.1	gr	Average weight larve begin W weaning
Min perc of max population at the start	75	75	%	Min percentage of max pop in W weaning at start
Max perc of max population at the start	125	125	%	Max percentage of max pop in W weaning at start
Specific growth rate (SGR)	3	??????	% body mass day ⁻¹	W SGR
<i>Technical parameters</i>				
Tanksurface in m ²	10	4	m ²	W Tanksurface in m ²

Bijlage 5. Parameters Model onderdeel Pre-growout

<i>Description</i>	Value	Unit	Name
Pre Growing			
Parameters			
System			
<i>Biological parameters</i>			
Average targetweight	15	gram	P Average targetweight
Max density	6	kg m ⁻²	P Max density Pregrowing
Initial weight	5	gram	P Initial weight
Max extra higher density at start	25	%	P Max extra higher density at beginning
Survivalrate	90	%	P Survivalrate Pregrowingperiod
Growrate	3	%	P Growrate
Percentage ready after fase 1	40	%	P Percentage ready after fase 1
Percentage ready after fase 2	80	%	P Percentage ready after fase 2
To Pregrowing	variable		P To pregrowing
Perc slower growth	80	%	P Perc slower growth
Costs			
<i>General</i>			
How many tanks	12	tanks	How many tanks
<i>Tanks'eggs'piping</i>			
x	Minimum costs tank	500	euro cH Minimumcosts tank
x	Costs eggcollect	500	euro cH Costs eggcollect
x	Costs piping per tank	1500	euro cH Costs piping per tank
x	Extra costs tank per m ²	50	euro cH Costs tank m2
<i>Lighting</i>			
x	Purchase costs light per m ²	100	euro cH Costs per m2 light

x	Watt above tank per m ²	200	Watt	cH	Watt above tank per m2
x	Price of one KWh	0.05	euro	cH	Price of one KWh
x	Workspace around tank	150	%	cH	Percentage workspace around tank

Pomp and Filter

			% hour ⁻¹		
x	Waterflowpercentage	150		cH	Waterflowpercentage per hour in tank
x	Costs pompdevice small	1000	euro	cH	Costs pompdevice small
x	Costs pompdevice big	1200	euro	cH	Costs pompdevice big
x	Costs filter small	700	euro	cH	Costs filter small
x	Costs filter big	1400	euro	cH	Costs filter big
x	KWh big pompdevice	1	kWh	cH	KWh big pompdevice
x	KWh small pompdevice	0.55	kWh	cH	KWh small pompdevice
x	Price of one KWh	0.05	kWh	cH	Price of one KWh

Cooling and heating

	Cyclus yearly temperature	variable	°C		Cyclus yearly temperature
x	In house temperature	18	°C	cH	In house temperature
x	Costs cooling small	1000	euro	cH	Costs cooling small
x	Costs cooling medium	3000	euro	cH	Costs cooling medium
x	Costs cooling big	6000	euro	cH	Costs cooling big
x	KWh cooling small	0.5	kWh	cH	KWh cooling small
x	KWh cooling medium	1.4	kWh	cH	KWh cooling medium
x	KWh cooling big	2.4	kWh	cH	KWh cooling big

Food

			% body weight day ⁻¹		
x	Feedingrate adults	3		cH	Feedingpercentage adults
x	Costprize food per kg	20	euro	cH	Costprize food per kg

Labour

	Labour	1			
--	--------	---	--	--	--

x	Average worktime tank in rest	0.5	hour	cH	Average worktime tank in rest
x	Average worktime spawning tank	1	hour	cH	Average worktime spawning tank
x	Gross hourly wage	20	euro	cH	Gross hourly wage
<i>Wateruse</i>					
x	Waterrefreshment	10	%	cH	Water refreshment
x	Price of 1 m ³ water	0.1	euro	cH	Price of 1 m3 water
<i>Monitoring</i>					
x	Costs devices monitoring 1 tank	500	euro	cH	Costs devices monitoring 1 tank
x	Costs monitoring 1 tank 1 year	50	euro	cH	Runningcosts monitoring 1 tank per year
<i>Building</i>					
x	Workspace around tank	150	%	cH	Percentage workspace around tank
x	Infrastructure euro per m ²	100	euro	cH	Infrastructure euro per m2
x	Construction euro per m ²	100	euro	cH	Construction euro per m2
<i>Parental animals</i>					
x	Cost of one adult	20	euro	cH	Cost of one adult
x	Replacementrate per year	15	%	cH	Replacementrate per year
<i>Maintenance</i>					
x	Maintenance percentage	2	%	cH	Maintenance percentage
<i>Total costs</i>					
x	Depreciation years	10	year	cH	Depreciation years