

Bionica voor viskwekers: leren van de natuur

*Deel 2: Ecologische aspecten van de voortplanting van vissen
& mogelijke praktische oplossingen.*

Door Prof. Dr. John Videler, emeritus van de Rijksuniversiteit Groningen

Er zijn talrijke dagelijkse technologische toepassingen te bedenken, waarbij de natuur het voorbeeld gaf. Honingraatstructuren in een bijenkorf waren het voorbeeld voor karton, kreukelzones van een raceauto en zelfs voor de blokken van een biofilter gebruikt in aquacultuur. Het waterafstotend vermogen van lotusbladeren wordt toegepast als vuilafstotende dekragen op ramen en vliegtuigvleugels en klittenband is gebaseerd op het hakend vermogen van de vrucht van de Klit (of Klis). Het onderzoek en toepassen van de werking van systemen in de natuur voor menselijk nut, noemt men bionica.

BIONICA (ook wel *biomimetica*, *bio-techniek*, *bio-elektronica*)

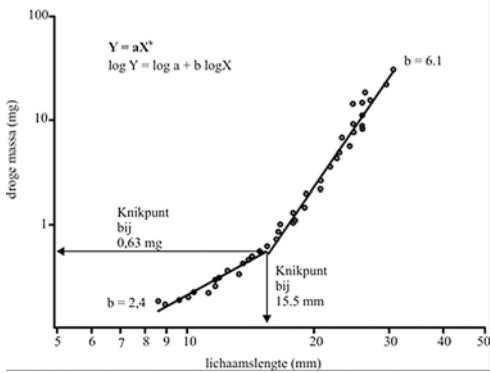
onderzoek naar de werking van systemen in de natuur en de technologische toepassing daarvan.

Professor Dr. John Videler van de Rijkuniversiteit Groningen heeft hierover een boek geschreven ("Bionica. Leren van de natuur."; 2015). Hierin bevinden zich relevante secties voor eventuele toepassingen (of tenminste interessant gedachtegoed.....) voor de aquacultuur. Hoofdstuk 4 van dit boek zal in twee delen worden overgenomen in "Aquacultuur".

Ecologische aspecten van de voortplanting van vissen

De mortaliteit van kleine vislarven is ongeveer even groot als die van eieren. Hun zuurstofopname is beperkt. Het viskeuze

water plakt aan het larfje, dat er de zuurstof uithaalt en er CO₂ aan toevoegt. Door de stroperige condities wordt dat water nauwelijks ververst. De zwemprestaties zijn nog niet goed genoeg om te ontkomen aan de meeste predatoren. Bij veel vissen is de sterfte in de eerste maand boven de 90 procent. De mortaliteit neemt af zodra de larven groter worden en sneller gaan zwemmen. De temperatuur is van grote invloed op de groei. Vissen die opgroeien bij lagere temperaturen dan optimaal blijven langer larve, groeien slechter en zwemmen langzamer. Groeigrafieken, waarin de massa wordt uitgezet tegen de lengte, laten bij veel vissen een knik zien. Larven groeien aanvankelijk sneller in de lengte en blijven slank. Pas later in hun ontwikkeling, boven een bepaalde lengte, neemt het gewicht plotseling sterker toe en worden ze minder snel langer. Ze ontsnappen aan het viskeuze regime door snel te groeien en harder te zwemmen. Dat moet natuurlijk niet ten koste



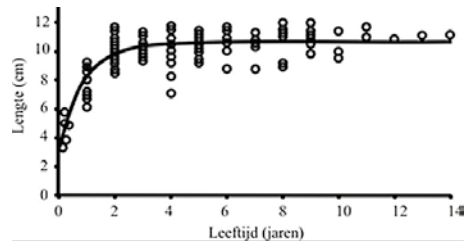
Knikpunt in de groei van haringlarven.

gaan van de witte spiervezels. Dat gebeurt ook niet. Bij karperlarven is aangetoond dat tijdens snelle groei er meer dunnere witte spiervezels ontstaan dan bij, als gevolg van slecht voedsel, langzaam groeiende larven. Bij die laatste groep was de doorsnede door de witte spier wel groter maar zaten er minder vezels in per oppervlakte eenheid. Otolieten zijn gehoorbeentjes van vissen, ze groeien voortdurend door het afzetten van groeiringen per dag. Het is mogelijk om het verloop van de groei vanaf het larvale stadium af te lezen aan de ringen. Daarbij is bij de blauwvis (*Pomatomus saltatrix*) gezien dat dieren die als larve sneller groeiden een hogere overlevingskans hebben. Er is een duidelijk verband tussen conditie, zwemprestaties en sterfte bij vissen. De sterfte is het grootst onder kleine langzaam groeiende larven die uit de kleinste eieren komen. De sterftecijfers gaan drastisch omlaag na de larvale stadia. Veel vissen groeien dan ook zo snel mogelijk door naar hun volwassen grootte. De bruinkop vliandervis (*Chaetodon larvatus*) uit het zuiden van de Rode Zee bereikt door snel te groeien binnen twee jaar de maximale lengte en leeft vervolgens nog meer dan zestien jaar door zonder verdere groei (bijzonder is dat de otolieten wél doorgroeien).

Het is duidelijk dat natuurlijke selectie gericht is op het elimineren van de kleinere en minder mobiele individuen. De kleinste eieren, larven en juvenielen worden massaal geconsumeerd door predatoren. Grotere stadia van dezelfde soort behoren ook tot die predatoren. Er zijn in elke generatie slechts enkele overlevenden die zich voort kunnen planten; de grote massa is visvoer. Dit principe zorgt voor de topkwaliteit van wilde vis. De beste vissen produceren de meeste en grootste eieren en het beste sperma. Nakomelingen van deze dieren hebben de grootste kans om ook volwassen te worden en zich voort te planten. De meeste vissoorten investeren in extreem grote hoeveelheden bevruchte eieren die ze vrij in het water of op de bodem afzetten. Deze strategie biedt de meeste kans om te overleven in een onstabiele omgeving met hoge predatiedruk. Er zijn echter ook soorten die veel minder, maar grotere eieren afzetten die vaak omgeven worden door broedzorg. De sterfte is daarbij veel geringer, maar uiteindelijk bepaalt de draagkracht van de omgeving de grootte van de volwassen populatie van een soort.

Wat kunnen viskwekers van de natuur leren?

Door kunstmatige 'natuurlijke' selectie kan het natuurlijke voortplantingsproces onder kweekomstandigheden dicht benaderd worden. De dikste eieren zijn met filtertechnieken gemakkelijk te selecteren. Die moeten vooral



Groei-curve van de bruinkop vliandervis.

in een zuurstofrijke omgeving en bij de juiste temperatuur gehouden worden om de embryo's de kans te geven optimaal te groeien en te bewegen in het ei. Dat bevordert immers de ontwikkeling van witte spieren. De optimale temperatuur is vergelijkbaar met die onder natuurlijke omstandigheden en kan met een serie metingen voor elke soort worden bepaald. De afgekeurde kleine eieren dienen als voedsel voor grotere larven en juvenielen in de kweek. Ze bevatten de juiste mix aan voedingsstoffen en sporenelementen die opgroeiende vissen nodig hebben. Pas uitgekomen larven worden ook onder optimale zuurstofcondities gehouden en gevoed met levend zoöplankton om een snelle ontwikkeling te bevorderen. Om levend voer te pakken te krijgen moeten de larven zwemmen en dat bevordert de ontwikkeling en training van witte spiercellen. Ook de larven worden aan een selectieprocedure onderworpen. Selectiedruk moet er voor zorgen dat de minst beweeglijke en slechtst groeiende uit de populatie verdwijnen. Dat kan in principe kunstmatig, maar het is beter om die taak te laten uitvoeren door specialisten. Dat zijn de wat grotere vislarven die van nature op dit formaat levend aas jagen. De predatordichtheid kan zo worden gekozen dat de snelst groeiende larven overleven. Grotere larven zwemmen aanvankelijk veelvuldig met de kick and glidetechniek om prooien te pakken en te ontsnappen aan predatoren. Dat moeten ze onder kweekomstandigheden ook kunnen doen om de witte spieren optimaal te oefenen en te laten groeien. Zwemmen met golvende bewegingen wordt in dit stadium steeds vaker gebruikt bij verplaatsingen van scholen kleine vis. Hierbij zijn de rode spieren actief. Gedurende de gehele ontwikkeling helpt voldoende beweging de vissen slank te houden. Gebrek aan trainingsmogelijkheden en een overmaat aan gemakkelijk verkrijgbaar voer levert korte, vette vissen op met slappe witte spieren. Kunstmatig

voer is meestal te energierijk. Te veel en te vaak voeren heeft negatieve effecten op een gezonde groei. Vissen mogen eigenlijk nooit verzadigd zijn; dat houdt ze in beweging. Neveneffecten van overmatig voeren zijn schadelijke concentraties natuurlijke chemicaliën zoals ammonia, ureum en CO₂. Ook voedselsupplementen, antibiotica en giftige chemicaliën, bijvoorbeeld PVC-weekmakers, hebben een negatief effect op ontwikkeling en groei.

Het gedrag van vissen tijdens de groei moet zoveel mogelijk lijken op dat in het wild. Stromingsgoten en kanalen of roterende waterbewegingen in kweekbassins zorgen weliswaar voor constante zwembewegingen maar die zijn zo langzaam dat uitsluitende de rode spieren gebruikt worden. Ook bij volwassen vissen dienen de witte spieren regelmatig te worden aangesproken om ze topfit te houden. Elke soort gebruikt de witte spieren anders, afhankelijk van zijn ecologische niche en zijn plaats in de voedselpiramide. Jagers vanuit een hindernis zoals de zeeduivel of de snoek zetten witte spieren in bij het grijpen van de prooi, de snoek accelereert daarbij tot vijftientig keer de versnelling van de zwaartekracht g (astronauten ondergaan 10 g bij de lanceering). De zeeduivel lokt zijn prooi met een op aas lijkend uiteinde aan een lange vinstraat op zijn kop. Als de prooi dichtbij is opent hij razendsnel zijn grote bek en zuigt hem naar binnen. Dat veroorzaakt grote krachten die hem van zijn plaats zouden gooien als hij niet met zijn grote massa witte spieren tegenkrachten genereert. Bij schrikreacties zetten vissen ook hun witte spieren in. Forellen zijn eigenlijk langeafstandszwemmers maar kunnen bij schrikreacties versnellingen halen van 10 g. Een kabeljauw jaagt van nature door op kruissnelheid te zwemmen en heel hard te remmen wanneer hij met zijn gevoelige baarddraad een prooi waarneemt. Tijdens het zwemmen gebruikt hij de rode spieren maximaal bij een snelheid



Een remmende kabeljauw.

die hij eindeloos kan volhouden. Remmen gebeurt met de witte spieren die het lichaam plotseling in een S-vorm samentrekken. Hij remt zo krachtig dat de prooi nog niet voorbijgeschoten maar halverwege zijn lichaam is, waar die na een snelle draaibeweging wordt gepakt. Ook bij die beweging zijn de witte spieren actief.

Jagen op voedsel en voortdurende predatiedruk zijn van groot belang bij het kweken. Kannibalisme kan hierbij een middel zijn om ervoor te zorgen dat de besten overleven. Nu wordt het nog als een plaag gezien door viskwekers. Die houden vissen vaak in dichtheden van wel duizend maal de natuurlijke. Dat heeft ernstige negatieve effecten op ontwikkeling en groei. Vissen in een natuurlijke school houden afstand van elkaar met behulp van informatie over stromingspatronen in het water die ze met hun zijlijnorgaan opvangen. Dat orgaan bestaat uit zintuigen die zich van kop tot staart langs het hele lichaam bevinden. De werking is gebaseerd op zintuigharen die beweging waarnemen en zenuwuiteinden activeren, vergelijkbaar met ons gehoor en evenwichtsorgaan. In onnatuurlijk dichte scholen is de gevoeligheid en aard van de informatie die de zenuwen doorgeven aan de hersenen niet te verwerken tot adequaat gedrag. Bij mensen leidt een dergelijke overdosis aan informatie in de hersenen tot psychose.

Praktische oplossingen

Het is de moeite waard serieus te overwegen soorten te selecteren met voornamelijk witte spieren die hun rode spieren weinig gebruiken en vrijwel niet hoeven te zwem-

men. Predatoren zoals de snoek, snoekbaars, barracuda en zeeduivel vangen hun prooi vanuit een hinderlaag en bewegen verder nauwelijks. Hun witte spieren zijn het best ontwikkeld. Ook platvissen vallen onder deze categorie.

Een deel van de productie van eieren, larven en jonge vissen wordt als voer gebruikt voor de sterkste individuen. Er zal desondanks extra voeding nodig zijn. Het gebruik van vismeel en visolie uit wilde populaties stuit op steeds meer weerstand. Meelwormen, al heel lang door hengelaars als aas gebruikt, zouden een goede eiwitbron kunnen vormen. Ze zijn gemakkelijk massaal te kweken en staan laag in de voedselpiramide, één stap boven de primaire productie. Als aanvulling op het dieet hebben meelwormen als voordeel dat ze niet vet zijn. Het bijvoeren geeft ook de mogelijkheid om competitie in te bouwen. Door op willekeurige plaatsen en tijden voedsel aan te bieden blijven vissen actief en alert. Ook hier kunnen de beste zich onderscheiden van de mindere mits er niet overmatig gevoerd wordt. Karig voeren houdt de vissen gezond en stimuleert het gebruik van snelle reflexbewegingen waarbij de witte spieren getraind worden. Het is bovendien economischer.

Een bionische aanpak van het kweken van vis kan ook op een totaal andere manier gerealiseerd worden, namelijk door vissen in een natuurlijk milieu op te laten groeien in een gecontroleerd ecosysteem met natuurlijke predatoren. In het zoete water bestaat deze aanpak al eeuwen. In de buurt van de stad Trbn in Tsjechië bijvoorbeeld wordt al sinds de Middeleeuwen in een uitgebreid systeem van grote visvijvers zoetwatervis gekweekt voor consumptie. Er worden meerdere soorten door elkaar gehouden, zoals karper, snoekbaars, voorn en Europese meerval. De aanwezigheid van natuurlijke predatoren als otters, reigers en visarenden bevordert de kwaliteit van de vissen in de vijvers. In Nederland is de kwaliteit van

het oppervlaktewater over het algemeen zo goed dat grote delen als megavisvijvers zouden kunnen worden geëxploiteerd. De Organisatie Verbetering Binnenvisserij is helaas enkele jaren geleden opgeheven. Een dergelijke semi-overheidsinstelling zou het beheer kunnen voeren en beroeps- en sportvissers in de gelegenheid stellen om op een verantwoorde manier de vangst binnen te halen. Investerings in een dergelijk grootschalig viskweekstelsel zijn gering want het houdt zichzelf in stand mits aan enkele randvoorwaarden voor een gezonde leefomgeving wordt voldaan.

In het mariene milieu is dit systeem niet toepasbaar. Toch is het ook daar mogelijk om vissen te laten opgroeien onder natuurlijke omstandigheden en ze vervolgens te oogsten. De

zeevisserij is er nu op gericht om zoveel mogelijk consumptievissers dood aan de wal te brengen. De bijvangst van te kleine vis, van verkeerde soorten en van tonnen ongewervelde dieren vormen een steeds groter probleem. Vrijwel alles wat in de netten terecht komt overleeft het niet. Wat niet bruikbaar is of niet aangeland mag worden, wordt overboord gezet. Ook daar zou met de huidige technische mogelijkheden een koersverandering kunnen worden ingezet, bijvoorbeeld door de ontwikkeling van vangmethoden waarbij vis zonder bijvangst levend aan boord komt. Die levende vissen zouden vlak bij de kust in grote kooien gehouden kunnen worden tot het moment waarop ze naar de afslag gaan. Met de tonijn in het Middellandse Zeegebied rond Gibraltar gebeurt iets dergelijks al. Die tonijnen steken elk jaar vanuit het Caraïbische gebied de oceaan over en zwemmen op grote diepte de Straat van Gibraltar door op weg naar Sicilië om er te paaien. Op de terugweg volgen ze de kustlijnen ondiep en worden ze voor een deel door staande netten in grote kooien geleid. Ze zijn dan mager en worden er vervolgens vetgemest met hoogwaardige vis. Dat is niet nodig: een eiwitrijk dieet op

basis van meelwormen zou ze minstens zo gemakkelijk op gewicht kunnen krijgen. De witte spiervezels van deze volwassen dieren zijn immers al volledig ontwikkeld. Deze tonijnen zijn bestemd voor de export naar Japan waar ze tegen torenhoge prijzen vers verkocht worden.

Het is duidelijk dat een bionische aanpak een cultuuromslag vergt in de visindustrie. Massaproductie is niet langer het hoofddoel. In plaats daarvan gaat het om de kwaliteit van de vis op het bord met duurzaamheid als bonus. De praktische uitwerking van een natuurlijke aanpak bij het kweken van consumptievissers zal hoge eisen stellen aan de inventiviteit van de kwekers, maar met de fundamentele lessen uit de natuur in het achterhoofd moet het nieuwe doel grotendeels te verwezenlijken zijn.

De voordelen zijn:

1. Een kweekproduct van uitstekende kwaliteit dat meer geld per kilo opbrengt. Sterk gereduceerde voerkosten en betere kwaliteit duurzaam voer.
2. Lagere investeringen in voersupplementen en medicijnen. Sterke vermindering van de vervuiling van het milieu.
3. Gezondere en minder gestreste vis.
4. Ook elders in de bio-industrie kunnen natuurlijke productiemethoden leiden tot verbetering van het eindproduct: het welzijn van de dieren en duurzaamheid. Dit in tegenstelling tot wat megastallen kunnen bieden. De noodzakelijke biologische kennis is voorhanden, het is een kwestie van durf en de wil om nieuwe wegen in te slaan.

Dit artikel is, met toestemming en medewerking van de auteur overgenomen uit: J.J. Videler (2010); "Bionica: Leren van de natuur"; Uitg Atlas Contact: 132 pp; ISBN 9045017016;). Deze studie bevat secties met ideeën die toegepast zouden kunnen worden in de aquacultuur. De twee overgenomen delen vormen Hoofdstuk 4 van dit boek .