DE ONTWIKKELING VAN EEN KUNSTVOER, GESCHIKT VOOR DE AFKWEEK VAN TONG, SOLEA SOLEA

J.W. RESINK

STATION VOOR ZEEVISSERIJ

Interne Verslagen
Nederlands Instituut voor
Onderzoek der Zee, Texel
1983-7

All rights reserved

Internal reports are not to be reprinted or cited, it is only allowed by consent of the Netherlands Institute for Sea Research.

printed by NIOZ

DE ONTWIKKELING VAN EEN KUNSTVOER, GESCHIKT VOOR DE AFKWEEK VAN TONG, SOLEA SOLEA

door

J.W. RESINK

INHOUD

Samenvatting & Summary 3-4

1. Algemeen 6

1.1 Inleiding 6

1.2 De tong in de visserij en als mogelijke kandidaat voor de aquacultuur 7

1.3 De accommodatie bij het NIOZ 10

1.4 De proefdieren 14

1.5 Ziekten en mortaliteit 15

1.6 Voer en voedermethoden 16

2. Eerste proefperiode . . . . . De groei van de tong op een zestal diëten 19

2.1 Inleiding 19

2.2 Materiaal en methode 21

2.3 Verwerking van de meetgegevens 24

2.4 Resultaten 27

2.5 Discussie en conclusies 31

3. Tweede proefperiode 42

3.1 Eerste experiment, enkele voederproeven met kleine tongen 42

3.1.1 Inleiding 42

Onderzoekproject van de Stichting voor Wetenschappelijk Onderzoek op Diervoedergebied, Trouw & Co N.V. Internationaal, Putten (Gld.). Verslag van de werkzaamheden verricht in de periode maart-augustus, 1981 op het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee te Texel, als onderdeel van de doctoraalstudie onder leiding van Prof. Dr. E.H. Huisman, Landbouwhogeschool Wageningen, Dr. M. Fonds, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel en Drs. Ing. E.W. Liewes, Stichting voor Wetenschappelijk Onderzoek op Diervoedergebied, Trouw & Co, Putten.

3.1.2 Materiaal en methode 44
3.1.3 Resultaten 44
3.1.4 Discussie en conclusies 47
3.2 Tweede experiment, de relatie voedselniveau-groei. . 50
3.2.1 Inleiding 50
3.2.2 Materiaal en methode 51
3.2.3 Resultaten 52
3.2.4 Discussie en conclusie 55
4. Derde proefperiode 74
4.1 Inleiding 74
4.2 De zuurstofmetingen 74
4.3 Eerste experiment, de energiehuishouding van de tongen 77
4.3.1 Inleiding 77
4.3.2 Materiaal en methode 79
4.3.3 Resultaten 80
4.3.4 Discussie en conclusies 80
4.4 Tweede experiment, het effect van een maaltijd op het metabolisme 84
4.4.1 Inleiding 84
4.4.2 Materiaal en methode 87
4.4.3 Resultaten van de respiratiemetingen 88
4.4.4 Discussie en conclusie (respiratiemetingen) . . 90
4.4.5 Resultaten van de ammoniakbepaling 101
4.4.6 Discussie en conclusie (ammoniakbepaling) . . . 101
4.5 Derde experiment, de zuurstofconsumptie en voedsel-opname van de tong met verschillende lichaamsgewichten 108
4.5.1 Inleiding 108
4.5.2 Materiaal en methode. 109
4.5.3 Resultaten 109
4.5.4 Discussie en conclusies 110
5. Nabespreking 120
6. Literatuur. 128

SAMENVATTING

In de periode september 1980 tot januari 1981 werden drie experimenten uitgevoerd. (1^{o}) Het effect van toevoegingen aan het standaard droogvoer op de groei van jonge tong werd gemeten bij 20^{o}C. De groei met standaard droogvoer op basis van garnalenmeel (kode S81-6) was ongeveer 1,0 cm/maand of in gewicht (W) 1% W/dag. Toevoeging van 1% visolie (kode S81-10) of 20% gist gaf een betere groei (1,1-1,2 cm/maand; 1,2-1,4 % W/dag) terwijl de beste groei werd gevonden met vers mosselvlees (1,5 cm/maand, 1,5 % W/dag). Toevoeging van methionine of vismeel gaf mindere groei (0,6-0,8 cm/m, 0,6-0,8 % W/dag). Toevoeging van fosfaat gaf een hogere beenweefsel groei (vingroei), maar geen betere gewichtsgroei. Het diëet met 1% visolie (kode S81-10) gaf wel vettere tongen, maar geen hogere eiwitaanzet dus geen "eiwitsparende" werking van de olie. (2^{o}) Groepen tongen werden bij 20^{o}C gevoerd met verschillende dagrantsoenen droogvoer (kode S81-10) oplopend van 0 (hongeren) tot maximaal gds 4-5 % W/dag ($\approx$ 6,5-7,5 % $W^{0,8}$). Hieruit volgde een lineaire relatie tussen de specifieke gewichtsgroei (α, % $W^{0,8}$/dag) en dagrantsoen (R, gds % $W^{0,8}$/dag) nl:

α (g vers) = 0,717 R-0,795 of α (gds) = 0,167 R-0,146.

Het onderhoudsniveau voor droogvoer (kode S81-10) is ongeveer gds 1 % $W^{0,8}$/dag, het optimum rantsoen (maximale bruto conversie) bij gds 3,2 % $W^{0,8}$/dag en maximale groei bij gds 5,8 % $W^{0,8}$/dag (= kcal 10 % $W^{0,8}$/dag). Ongeveer 24 % van de bruto energie waarde van het droogvoer werd omgezet in visgroei. Het droge stofgehalte van de tongen nam toe met de grootte (% d.s. = 19,22 $W^{0,059}$ g vers) en met toenemend rantsoen (22 → 24% W). Met toenemend rantsoen namen konditie en vetgehalte van de tongen toe (6 → 13% d.s.) en asgehalte af (18 → 12% d.s.) zodat de calorische waarde van de tongen een maximum bereikte (5,5 kcal/gds) bij een dagrantsoen droogvoer van gds 3,5 - 4% $W^{0,8}$/dag. Bij dit niveau waren ook de Protein Efficiency Ratio, de Protein Conversion Efficiency en de vetretentie maximaal (PER 0,3 ; PCE 0,22 - 0,27 ; vetr. 0,1 - 0,3). (3^{o}) Metingen van dagelijks voedselopname droogvoer en de dagelijkse zuurstofconsumptie m.b.v. Winkler titratie van groepen tongen in afgesloten 100 liter bakken gaf de volgende resultaten:

Opname droogvoer gds/dag = 0,042 $W^{0,76}$ g vers

Zuurstofopname groeiende vis, mg O/uur = 0,382 $W^{0,822}$

Zuurstofopname hongerende vis, mg O/uur = 0,16 $W^{0,822}$

Ammoniumuitscheiding, NH_4^+-N mg/uur = 0,0055 $W^{0,73}$.

De zuurstofconsumptie van de tongen was 's nacht hoger dan overdag, en werd na één maaltijd ongeveer 20% verhoogd gedurende twee dagen: Specific Dynamic Action (SDA) van het voedsel. De extra ademhalings energie voor Voedselvertering werd berekend als % van de energie van de maaltijd (SDA coefficient). Een vergelijking van droogvoer en mosselvlees gaf de volgende parameters in % van d.s.:

Faecesuitscheiding	: droogvoer	12-15% d.s.	Mossel	1,4-1,8% d.s.
Ammonia uitscheiding:	droogvoer	1-2 %	Mossel	0,5-2,2%
SDA coefficient	: droogvoer	6-10%	Mossel	11-22 %

Bij 20°C is de zuurstofconsumptie van jonge groeiende tong ongeveer 275 mgO_2/uur $kg^{0,8}$, de Ammoniumuitscheiding 4-5 mg NH_4-N/uur. De bezettingsdichtheid van tong en de voedergift kunnen berekend worden uit het zuurstofgehalte (O) van instromende (Oi) en uitstromend (Ou) water en de doorstroomsnelheid D in ($l \cdot s^{-1}$) uit: (Oi - Ou) × D/3,3 = kg d.s. voer/dag.

SUMMARY

In the period September 1980 to January 1981 three experiments were carried out: (1) The effect of different kinds of dry sole food on growth of soles was tested at 20°C and compared with growth with fresh musselmeat. Growth with standard dry food (code S81-6), was 1 cm/ month or in weight (W) 1% W/day. Addition of 1% fish oil (code S81-10) or 20% yeast resulted in increased growth rates (1.1-1.2 cm/month, 1.2-1.4% W/day). The best growth was observed with fresh musselmeat (1.5 cm/month, 1.5% W/day). Addition of methionine, fishmeal, or phosphate did not improve growth in weight. (2) Groups of soles were kept at 20°C at different daily rations of dry food (S81-10), increasing from 0(starvation) to 4-5% W/day (= 6.5-7.5% $W^{0.8}$). The linear relation was calculated between specific growth in weight is (α, % $W^{0.8}$/day) and ration (R, g dry % $W^{0.8}$/day) . α (g fresh) = 0.717R - 0.795 or α (g dry) = 0.167R - 0.146. The daily maintenance ration of the dry food was estimated as approx. g dry 1% $W^{0.8}$, the optimum daily ration (maximum bruto conversion) at 3.2% $W^{0.8}$. Maximum growth was found at a daily ration of 5.8% $W^{0.8}$ (= kcal 10% $W^{0.8}$/day). About 24% of the energy value of the food

was converted into fish growth. Condition of the fish, % dry weight, and % fat increased with ration size, while % ashweight decreased. A maximum calorific value of the fish (5.5 kcal/g dry) was found at a daily ration of about 4 % $W^{0.8}$. At this level the protein conversion efficiency and fat retention also reached maximum values. (3) Measurements of daily consumption of dry food and oxygen consumption, with groups of soles in closed 100 liter tanks, resulted in the following models: Food intake, g dry food/day = 0.042 $W^{0.76}$ g fresh, oxygen consumption of feeding fish mg O/hour = 0.382 $W^{0.82}$, starving fish 0.16 $W^{0.82}$. Ammonia excretion mg NH_4-N/hour 0.005 $W^{0.73}$. The oxygen consumption of the soles was higher during the night as compared to the day. It increased for about 20% over two days after one meal. The extra respiratory energy for digestion of the food (Specific Dynamic Action) was calculated as a % of the energy value of the meal (SDA coefficient). Comparison of metabolism of soles fed with dry sole food (S81-10) or mossel gives the following results in % of dry weight of food:

Faeces excretion	:	dry food 12-15%	Musselmeat 1.4-1.8%
Ammonia excretion	:	dry food 1-2 %	Musselmeat 0.5-2.2%
SDA coefficient	:	dry food 6-10%	Musselmeat 11-22 %

At 20°C the routine metabolism of growing soles is about 275 mg O_2/hour /$kg^{0.8}$, ammonia excretion 4-5 mg NH_4^+-N/hour/$kg^{0.8}$. At 20°C the density of soles in a rearing tank and the daily ration can be adjusted according to the oxygen content (O, $mg \cdot l^{-1}$) of the inflowing water (Oi), the oxygen content of the outflowing water (Ou), and waterflow rate D ($l \cdot s^{-1}$) by (Oi - Ou) × D/3.3 = kg dry food/day.

I. ALGEMEEN

1.1 Inleiding

De Stichting voor Wetenschappelijk Onderzoek op Diervoedergebied van de firma Trouw (SWO) is in 1980 gestart met een onderzoek naar de ontwikkeling van een kunstvoeder, geschikt voor de commerciële teelt van tong. Dit onderzoek vindt plaats in samenwerking met het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) en de afdeling Visteelt en Visserijkunde van de Landbouwhogeschool. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van de zeewaterrecirculatiesystemen van het NIOZ op Texel.

Het belangrijkste doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een kunstvoeder dat aantrekkelijk is voor de tongen en waarop de vissen een optimale groei vertonen. Tongen zijn zeer kieskeurig wat hun voedselkeuze betreft. Bekend is dat ze vers natuurlijk voedsel, zoals mosselvlees, zeepier en garnaal goed opnemen en hierop een prima groei vertonen.

In de periode september 1980 tot januari '81 werden door Bas Drinkwaard enkele experimenten uitgevoerd. Uitgegaan werd van een kunstvoer dat hoofdzakelijk bestond uit vismeel. De resultaten met dit meelvoeder, dat gevoerd werd in de vorm van semi-moist pellets, konden worden verbeterd door het toevoegen van mossel, zeepier of garnaal. Enerzijds werd hierdoor het voer aantrekkelijker voor de vissen, anderzijds verbeterde de binding van de pellets, zodat ze langer stabiel bleven in zeewater. Waarschijnlijk hebben beide factoren een positief effect op de voedselopname en de groei van de tong.

Een meelvoer op basis van garnalenmeel (en 0.4% luchtgedroogde mossel) gaf de beste resultaten. Met dit voer werd de relatie tussen voedselgift en groei bepaald.

In aansluiting op deze resultaten werden in de periode januari t/m augustus '81 enkele experimenten uitgevoerd waarvan dit verslag een beschrijving geeft.

Uitgaande van het meelvoeder,bestaande uit garnalenmeel en 0.6% mosselmeel (standaardvoer),werden door het SWO-Trouw een vijf-

tal andere voeders samengesteld. In het eerste experiment werd bepaald of deze veranderingen in de samenstelling van standaardvoer tot betere groei van de tongen leidden. Het beste voer werd gebruikt in de volgende proefperiode voor het bepalen van de relatie tussen voedselniveau en de groei.

Tot nu toe werd de beste groei van tongen bereikt door het voeren van natuurlijk vers voer (Fonds, 1979 en 1979-2). Daarom is voorlopig het streven deze resultaten met kunstvoer te evenaren. Om de groei met kunstvoer en natuurlijk voedsel beter te kunnen vergelijken werd in de tweede proefperiode ook de groei van tongen gevoerd met verse mossel en garnaal bepaald. Bovendien werd gekeken of toevoeging van gist (vitaminen en eiwit) of agar (als binder) tot betere resultaten leidt.

In de laatste proefperiode werden respiratiemetingen bij de tongen uitgevoerd. Deze dienden inzicht te verschaffen in de efficiëncy waarmee het kunstvoer omgezet wordt in visvlees. Tevens werden enige aspecten van de energiebalans van de tongen erdoor belicht en was het met deze metingen mogelijk veranderingen in de aktiviteit van de tongen gedurende een etmaal vast te stellen.

1.2 De tong in de visserij en als mogelijke kandidaat voor de aquacultuur

De verspreiding van de tong in zee wordt sterk bepaald door de temperatuur van het water. Temperaturen lager dan 2°C zijn lethaal voor de tong. Strenge winters kunnen aanzienlijke verliezen in een tongbestand teweegbrengen. Tongen komen voor in de Middellandse Zee, langs de Europese Atlantische kust tot in de Noordzee. Noordelijker dan de zuidkust van Noorwegen treft men geen tongen aan. Zij prefereren duidelijk hogere watertemperaturen, 's winters vindt er vrijwel geen groei plaats.

De tongen zijn aan het eind van hun derde of in het vierde levensjaar geslachtsrijp. De voortplanting vindt in de Noordzee plaats in het voorjaar (april-juni) in kustwateren bij temperaturen van 8 tot 16°C. De pelagische larven worden via de getijdestromingen in de

Waddenzee gevoerd. Na metamorphose tot bodemstadium verblijven zij daar de zomer van zowel hun eerste als tweede levensjaar. In de winter trekken de jonge tongen zich terug in diepere delen van de Noordzee waar de temperatuur van het water wat hoger is. Na hun derde levensjaar worden de tongen minder aangetroffen in de Waddenzee, blijven dan meer in diepere delen (10-30 m) van de Noordzee op zowel zandige als slibbige bodems.

Tongen zijn nachtdieren: Overdag zijn ze niet erg aktief en liggen bedekt door een laag zand op de bodem, alleen de ogen en de bovenzijde van de bek steken boven het zand uit. 's Nachts zoeken ze hun voedsel (Kruuk, 1963; Braber & de Groot, 1973). De vangst van tong in de visserij is daarom 's nachts 2 tot 4 maal zo groot als overdag. Ook de vullingsgraad van de ingewanden is 's nachts groter dan overdag.

Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit borstelwormen (polychaeten) en weekdieren (mollusken). Echter ook kreeftachtigen (crustaceeën) en een enkele maal een zandspiering worden in de magen van in zee gevangen tongen aangetroffen. Het voedsel wordt m.b.v. de reukzintuigen waargenomen. Deze bevinden zich in een neusholte. Door de adembewegingen wordt water via "neusgaten" aan de "blinde" onderzijde van de kop opgezogen, door de "neusholte" geleid en weggepompt via twee gaten voor het rechteroog. Als aanpassing aan het leven in gevangenschap leren tongen ook voedsel visueel te herkennen (Braber & de Groot, 1973).

Voor de visserij is tong een zeer belangrijke vis. Ondanks sterke fluctuaties in de vangstresultaten is de prijs van de tong op de visafslag als gevolg van de grote vraag meestal relatief hoog. Begin 1981 bedroeg de prijs voor middelgrote en grote tong ƒ 16,- tot ƒ 20,- per kg, kleine tong (slipjes) leverde op de visafslag ƒ23,- tot ƒ 25,- op.

Zowel de grote vraag naar tong als de hoge marktwaarde maken van deze vis een zeer geschikte kandidaat voor de aquacultuur. Bovendien wordt de teelt van zeevis gestimuleerd door de stijgende energiekosten waardoor de visserij minder rendabel wordt.

In het begin van deze eeuw werden pogingen ondernomen om door het uitzetten van jonge vis/vislarven de visbestanden in zee te verbeteren. Dit bleek echter vrijwel onmogelijk te zijn, het onderzoek werd daarom in 1920 stopgezet. De ervaring opgedaan met het in gevangenschap voortplanten van zeevis leidde tot interesse in de commerciële teelt van platvis. In de loop der jaren zijn er vele geslaagde pogingen ondernomen om tongen in gevangenschap voort te planten. Vooral bij de White Fish Authority in Hunterston heeft men veel ervaring op dit gebied.

Kunstmatige voortplanting d.m.v. afstrijken is nog niet mogelijk gebleken. De voortplanting vindt 's nachts plaats en de bevruchte eieren kunnen 's morgens van het wateroppervlak geschept worden. Vrouwelijke dieren rijpen spontaan in gevangenschap. Zij kunnen in één voortplantingsperiode door meerdere malen te paaien 200.000 tot 400.000 eieren produceren. Het paaien van de mannelijke dieren is vooral in bakken met een te hoge bezettingsdichtheid een groot probleem, misschien doordat de gonadenrijping geremd wordt door de hormonale produkten die door de vrouwelijke dieren via de urine uitgescheiden worden.

Het injiceren van hypofysemateriaal heeft geen effect op de rijping van de gonaden. Dwangvoeding kan de tongen echter in voortplantingsconditie brengen (Flüchter, 1972). Bij het WFA wordt momenteel onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om het moment van paaien te beinvloeden met een gewijzigd lichtregime.

Bij het WFA te Hunterston en het CNEXO te Brest zijn reeds tong-en tarbot-kwekerijen op proefschaal opgezet. Momenteel streeft men bij het WFA naar een produktie van 10 ton tong per jaar.

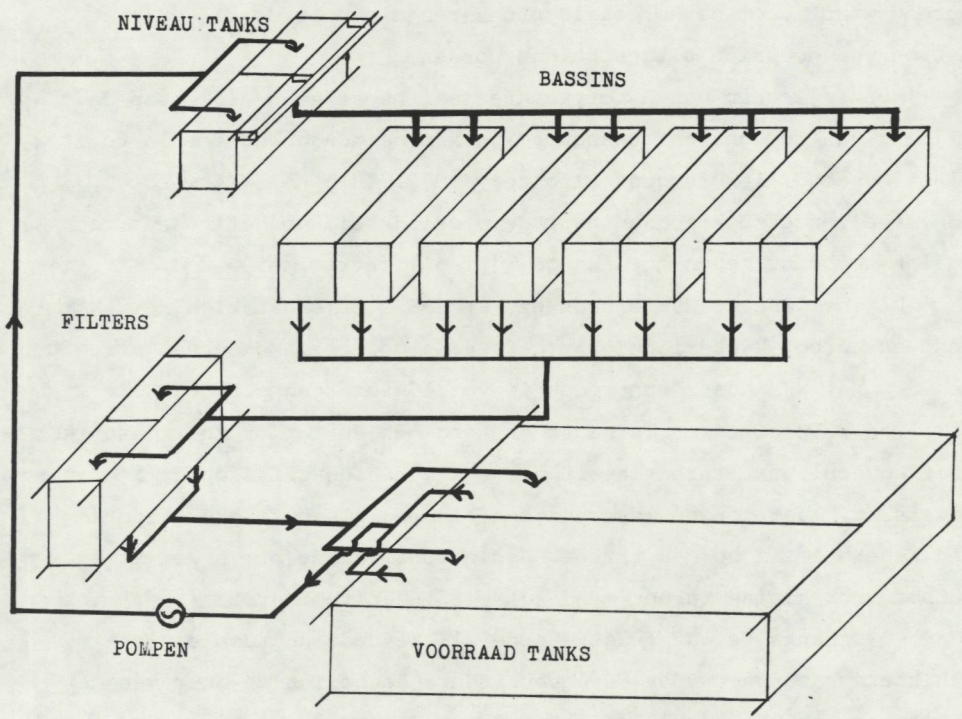
Van de platvissen is naast de tong ook de tarbot zeer geschikt voor aquacultuur. Tarbot heeft nl. ook een hoge prijs op de visafslag, maar tongen leveren toch bij een kleinere stuksgrootte een hogere prijs op dan tarbot. Begin 1981 was de prijs per kg tarbot voor kleine tarbot (< 3 kg) ƒ 15,- en voor grote ƒ 25,- tot ƒ 30,-. Ondanks de wat tragere groei lijkt de tong toch een geschiktere kandidaat voor de aquacultuur, aangezien de duur van de teelt een zeer belangrijke factor is.

Tarbot heeft echter ook een aantal voordelen. Zo kan tarbot in tegenstelling tot tong gehouden worden in kooien in zee. De optimum temperatuur ligt bij ca 15°C in plaats van 20°C. Bovendien zijn tarbotten niet zo kieskeurig wat hun voedsel betreft.

Commerciële teelt van tong zal waarschijnlijk, in verband met de watertemperatuur, in zuidelijke gebieden plaats gaan vinden. In noordelijker gebieden kan verwarmd zeewater afkomstig van electriciteitscentrales perspectieven bieden voor de teelt van tong. Er zal echter eerst een optimaal kunstvoeder ontwikkeld moeten worden voordat er sprake kan zijn van commerciële teelt.

1.3 De accommodatie bij het NIOZ

Alle experimenten werden uitgevoerd in het aquariumgebouw van het NIOZ op Texel. Hier heeft men de beschikking over recirculatiesystemen met zeewater. In onderstaande afbeelding is een schematisch overzicht gegeven van een dergelijk recirculatiesysteem.



Afbeelding 1. Schema van één van de recirculatiesystemen.

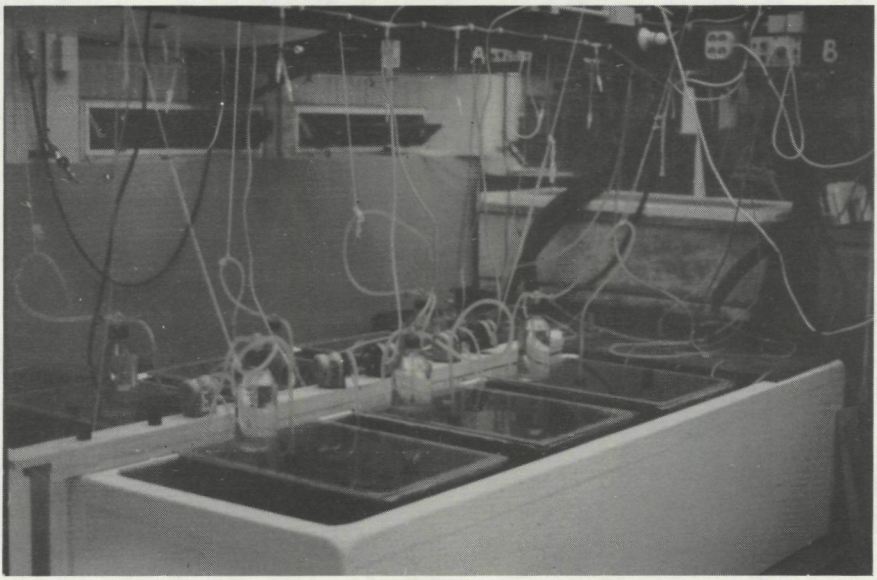
Via een vaste leiding kan gefilterd zeewater vanuit de Texelstroom in de voorraadtanks (totaal volume 60 m^3) worden gepompt. Tijdens de experimenten werd het water in de voorraadtanks om de één à twee maanden ververst. Uit deze tanks wordt het water overgepompt naar de niveautanks (volume 2.3 m^3), en van daaruit stroomt het door de zwaartekracht naar de werkvloer waar zich de bassins met vis bevinden.

Het effluent van de bassins wordt mechanisch en biologisch gezuiverd in zandfilters (volume 2.3 m^3). Vanuit de filters bereikt het water weer de voorraadtanks. Het totaal volume water in het systeem is ca 70 m^3.

De afmetingen van de bassins waar de tongen in gehouden worden zijn 250 x 65 x 55 cm (volume 0.89 m^3). De bassins bezitten dubbele wanden van polyester, waartussen polystyreen voor temperatuurisolatie.

Door een glazen dak boven de werkvloer is er een normaal dag-nacht lichtregime in de bassins. Wanneer tongen schrikken springen ze soms uit het water. Daarom werden de bassins afgedekt met lichtdoorlatend plastic en platen tempex. Toch bleken enkele tongen erin te slagen uit de bassins te springen. Ze waren zelfs in staat van het ene bassin in het andere te springen, wat de interpretatie van de meetgegevens wat moeilijker maakte. Daarom werd later deze afdekking vervangen door fijnmazige netten.

Afbeelding 2 toont de proefopstelling. Naast drie bassins zijn tevens twee asbestona bakken te zien. In deze asbestona bakken werd in de tweede proefperiode ook tongen gehouden.
Een te hoge lichtintensiteit heeft waarschijnlijk een negatieve invloed op de tongen. Ook het aanbrengen van een zandlaag op de bodem van de bassins is van groot belang. In deze zandlaag ($\pm$ 0.5 cm dik) kunnen de tongen zich ingraven. McVicar en White (1979) stelden vast dat een zandlaag op de bodem de mortaliteit door de veel bij tongen voorkomende ziekte Black Patch Necrosis (BPN) verminderde. In de derde proefperiode bleken de tongen bij de respiratiemetingen in polyester tanks als gevolg van een gladde polyester bodem onrustiger te zijn, wat mogelijk duidt op



Afb. 2. De proefopstelling, drie bassins en twee asbestona bakken.

"stress".

In de zandlaag op de bodem hoopten zich voedselresten en faeces op. Om rotting te voorkomen moest daarom regelmatig het vuil afgeheveld worden.

De waterdoorstroming is in elk bassin te regelen. De afvoer bestond uit twee over elkaar geschoven buizen. Via de gaten aan de onderzijde van de buitenste buis werd het water van de bodem afgevoerd. De binnenbuis handhaafde het waterniveau. De afvoer raakte enkele malen verstopt waardoor een bassin overstroomde. Daarom is dit systeem later vervangen door een enkele afvoerpijp met daarover een net gespannen om het ontsnappen van vissen te voorkomen.

Via een centrale luchtleiding werd het water in de bassins belucht en gemengd. Tevens werd ozon in het water gebracht met ozonisatoren (maximaal 50 mg O_3/uur). Dit heeft een duidelijk positief effect op de gezondheidstoestand van de tongen. Ozon

oxideert zowel watervervuilende stoffen als micro-organismen (bacteriën). De waterkwaliteit wordt verbeterd en het ziekterisico verminderd.

De bassins werden verwarmd met verwarmingselementen (1000 Watt) die gekoppeld waren aan een thermostaat, waardoor de temperatuur op $\pm$ 0.1°C nauwkeurig ingesteld kon worden. Alle experimenten werden uitgevoerd bij een watertemperatuur van 20°C.

Juveniele tongen houden zich in zee vooral op in kustwateren, terwijl de adulte dieren meestal te vinden zijn in diepere delen van de Noordzee. Dit verschil in levenswijze weerspiegelt zich in de optimum watertemperatuur voor de verschillende visgrootten. Voor kleinere tongen is de temperatuur waarbij een maximale voedselopname, en dus ook groei, optreedt hoger dan voor grotere tongen, zie fig. 1.

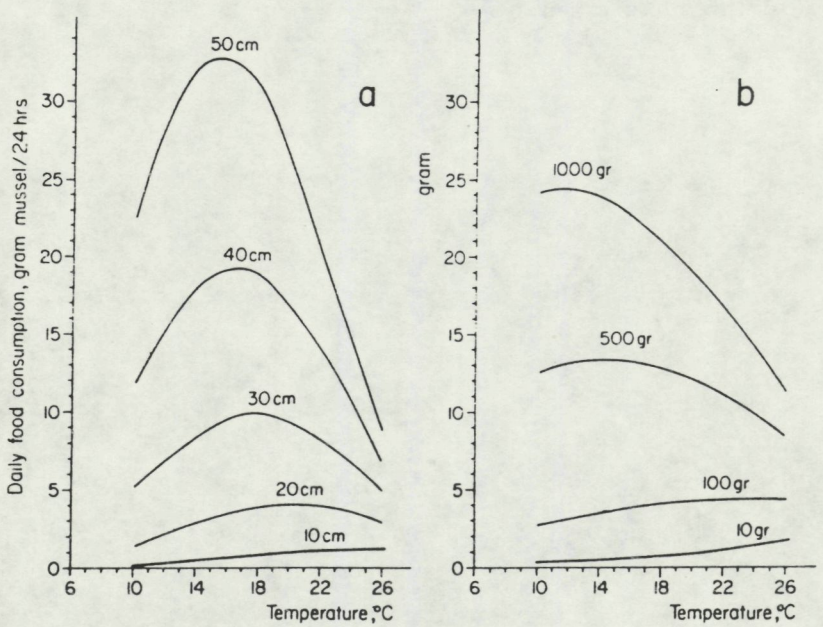


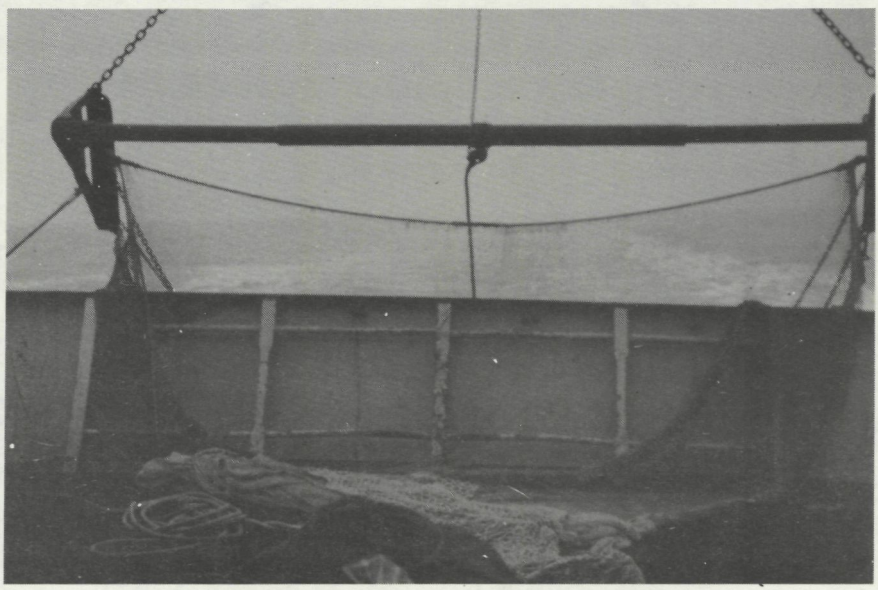
Fig. 1. De berekende dagelijkse maximale voedselconsumptie voor tongen met verschillende lengte (a), en verschillend gewicht (b), in relatie tot de temperatuur (uit Fonds, 1977).

Behalve voor de zeer kleine tongen,is een temperatuur van 20°C optimaal. Ook het WFA geeft 20°C als optimum temperatuur voor de teelt van tong (Annonymus, 1980).

Bij het verversen van de voorraadtanks kan de temperatuur sterk dalen. Bij het begin van het eerste experiment was het daarom noodzakelijk de doorstroming van de bassins te verminderen.

1.4 De proefdieren

Alle tongen die in de experimenten gebruikt werden, waren in het najaar van 1980 gevangen. Er werd enkele dagen met het NIOZ-onderzoeksschip de "Aurelia" m.b.v. een 5-m kor gevist. Bij het vissen werden de tongen voorzichtig uit de vangst gezocht en overgebracht in drums met zeewater,die regelmatig ververst werden. Vooral bij lange trekken raakte de slijmhuid van de tongen nogal beschadigd, wat later aanleiding kan zijn tot het uitbreken van bacteriële infectieziekten.



Afbeelding 3. De boomkor waarmee de tongen gevangen werden.

De proefdieren bestonden uit circa 200 stuks 0-jarige tongen (bijna 1 jaar oud, 10-15 cm lang), de overige (± 150 stuks) waren 1-jarige tongen (bijna 2 jaar oud, 13-21 cm). De meeste tongen waren reeds gebruikt bij de experimenten van Bas Drinkwaard. Vissen die weigerden kunstvoer op te nemen waren daardoor al uitgevallen. Alle bij de experimenten gebruikte tongen waren gewend aan kunstvoer.

1.5 Ziekten en mortaliteit

Ondanks de afdekking van de bassins trad er met name in de eerste proefperiode sterfte op doordat tongen kans zagen uit de bassins te springen. Ook mortaliteit ten gevolge van ziekte trad op. Wat de aard van de tijdens de experimenten voorgekomen ziekten was, is niet met zekerheid te zeggen omdat geen diagnostisch onderzoek uitgevoerd is.

Donkerkleuring van het lichaam, soms alleen aan de basis van de vinnen, begeleid door het op sommige plaatsen loslaten van het epitheel, waardoor het onderliggende weefsel blootgesteld werd aan secundaire infecties werd regelmatig gesignaleerd. Ook rode vlekken en het gedeeltelijk wegrotten van vinnen en staarten kwam voor. Wanneer de vissen honger krijgen beginnen ze elkaar in de vinnen te bijten: tongen die enige tijd geen voer ontvangen hadden kregen rafelige vinnen.

In de tweede proefperiode trad er plotseling grote sterfte op in één van de bassins. De ziekteverschijnselen werden voordien niet gesignaleerd. De vissen kregen grijze vlekken op het lichaam (schimmel?) en bloederige kieuwen. Zeer snel na het zichtbaar worden van de ziekteverschijnselen trad er sterfte op.

In de literatuur is de aard van vele ziekteverschijnselen bij de tong beschreven. De ectoparasieten *Entobdella solea* (trematode), *Lernea cocera* (copepode) en *Trichodina* (ciliaat) kunnen aanleiding zijn tot grote verliezen bij de teelt van tong. Sterfte bij de experimenten zal echter waarschijnlijk zelden een direkt gevolg zijn geweest van deze ectoparasieten.

De meeste ziekteverschijnselen wijzen op infecties van bacteriële aard. Zo is de donkerkleuring van de vissen typerend voor Black Patch Necrosis (BPN) en staart- en vinrot. De primaire oorzaak van deze ziekten is nog niet gevonden. In de wonden die ontstaan treden secundaire infecties op van *Pseudomonas* en *Aeromonas*. In de zomer komen deze ziekten frequenter voor dan 's winters.

Ook *Vibrio* kan tot grote sterfte leiden. Bij *Vibrio* treedt septicaemia op. De rode vlekken die bij enkele tongen op hun lichaam ontstonden zijn mogelijk veroorzaakt door een *Vibrio*-infectie.

Wanneer de slijmhuid van de vissen beschadigd is kunnen bacteriën het lichaam binnendringen. Beschadigingen traden tijdens de experimenten op bij het vangen, het selecteren, het meten en het wegen van de tongen. Ook door ectoparasieten, die plaatselijk de huid aantasten, en door het onderling bijten in de vinnen ontstaan aangrijpingspunten voor bacteriële infecties.

Stressverschijnselen blijken bij de tong de kans op bacteriële infecties te vergroten (McVicar & White, 1979). Een zandlaag op de bodem van de bassins en een niet al te hoge lichtintensiteit verminderen de kans op bacteriële infecties. Bij het WFA heeft men bovendien aangetoond dat het verminderen van de vervuilingsgraad van het water de mortaliteit door BPN vermindert.

Tijdens de experimenten werden de tongen zo weinig mogelijk gehanteerd. Het toepassen van een antibioticabad met Streptomycine (50 ppm) en Penicilline (50 ppm) na het meten en wegen van de tongen en de ozonisatie van het water in de bassins hebben een duidelijk positieve invloed. Het was niet mogelijk antibiotica direkt in het recirculatiesysteem te brengen omdat daardoor de biologische werking van de filters aangetast zou worden. In de eerste proefperiode werd na het meten en wegen van de vissen een week lang gevoerd met pellets waarin antibioticum verwerkt was.

1.6 Voer en voedermethode

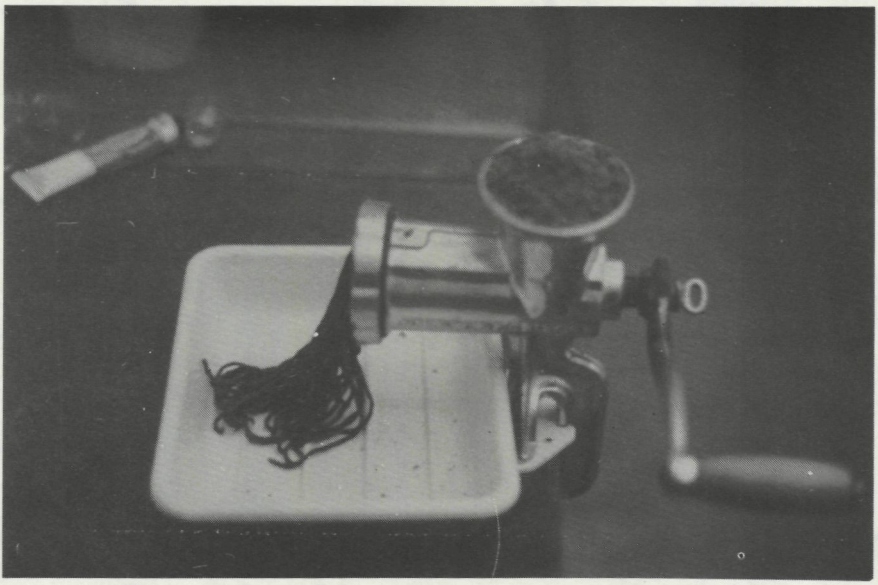
De meelvoeders, samengesteld en gefabriceerd door de firma Trouw werden verstrekt in de vorm van semi-moist pellets. Semi-moist

pellets hebben een hoger watergehalte dan de "droge" pellets (± 45% water i.p.v. ± 10%). Droge pellets hebben in de praktijk vele voordelen zoals een eenvoudiger produktie, transport en opslag. Ze zijn beter geschikt voor het gebruik in voederautomaten, geven minder vervuiling van het water (zijn meestal stabieler in water).

Bij het WFA heeft men ervaring opgedaan met het gebruik van droge pellets bij de teelt van tong (White Fish Authority, 1974). Op de lange duur leidden deze droge pellets echter tot een verminderde eetlust en groei. Deze pellets waren hoofdzakelijk opgebouwd uit vismeel. Vismeel blijkt echter de voedselopname in negatieve zin te beinvloeden. Het toepassen van droge pellets gebaseerd op het standaard voer leidt mogelijk tot betere resultaten. In ieder geval werden semi-moist pellets die in de droogstoof gedroogd werden als voedsel geaccepteerd. Bromley (1979) vond geen significant verschil in groei bij tarbot gevoerd met diëten met een verschillend watergehalte, variërend van 0 tot 74%. Zo lang het dieet aantrekkelijk is voor de vissen en nutritioneel van een goede kwaliteit, heeft het watergehalte waarschijnlijk geen invloed.

Regelmatig werden semi-moist pellets voor de tongen uit het meelvoer gemaakt. Hiertoe werd het meel aangemengd met een afgemeten hoeveelheid water. Met de hand werd het mengsel goed gemixed tot een homogene rulle massa. Wanneer deze massa gemalen wordt door een gehaktmolen ontstaan er spaghetti-achtige slierten met een diameter van ca 2 mm (zie afbeelding 4). Deze semi-moist "pellets" werden voor de voedering in stukjes gebroken met een lengte van 1-4 cm.
De hoeveelheid aan het meel toegevoegd water is zeer belangrijk. Wanneer er teveel water gebruikt wordt ontstaat er een taai deeg dat moeilijk door de gehaktmolen te persen is. De pellets zijn kleverig en klonteren samen en hun stabiliteit in zeewater is slechter. Een te droge massa geeft grote problemen bij het maken van de pellets met de gehaktmolen.

De semi-moist pellets konden ca zes dagen in een koelkast worden bewaard (ongeveer -1^{o}C). Bij langere bewaartijd werd het voer ranzig. Om de vijf dagen werd daarom een nieuwe voorraad



Afbeelding 4. De gehaktmolen, uit de rullige homogene massa worden de pellets gemaakt.

voer aangemaakt. Bij het bewaren in de koelkast werd het voer de eerste twee dagen wat "gummi-achtiger", d.w.z. dat de binding van het voer verbeterde. Na vijf dagen nam de stabiliteit weer enigszins af, d.w.z. dat de pellets korreliger werden en sneller uiteen vielen in water.

Tongen in zee vertonen een duidelijke dag-nacht ritmiek. Overdag liggen ze ingegraven in het zand en tegen de avond worden ze aktief en gaan op zoek naar voedsel. Tegen de ochtend neemt de aktiviteit weer af.

Ook bij tongen die in gevangenschap leven is deze dag-nacht cyclus duidelijk waar te nemen. 's Nachts zijn de tongen aktiever dan overdag. Waarschijnlijk treedt er ook aanpassing aan de nieuwe leefomstandigheden op; de vissen blijken nl. ook overdag aangeboden voedsel te eten. Aangezien de voedselopname gecorreleerd is met de aktiviteit van de tongen (Kruuk, 1963; Braber & de Groot, 1973) is een duidelijk inzicht in het verloop van de aktiviteit van de vissen gedurende het etmaal zeer belangrijk voor het bepalen van een optimaal voederschema.

Ook de voederfrequentie is een belangrijke factor. De tongen leven in de natuur van polychaeten en de bouw van het spijsverteringskanaal is dan ook aangepast aan het frequent opnemen van kleine hoeveelheden voedsel. In de relatief kleine maag kunnen geen grote hoeveelheden opgeslagen worden zoals bij viseters. De vertering vindt plaats in het lange darmkanaal. Bij de experimenten blijken de tongen zich echter bij een voldoende groot voedselaanbod, in korte tijd, vol te kunnen eten. Het zou experimenteel vastgesteld moeten worden wat de invloed van de voederfrequentie is op de voederopname en de groei.

Aanvankelijk werden tijdens de experimenten de tongen driemaal per dag gevoerd, namelijk 's morgens 9.00 uur, 's middags 13.30 uur en 's avonds 21.00 uur. Op den duur werd echter afgezien van het voeren in de middag. De vissen aten nl. actief gedurende de ochtendvoedering, maar tijdens de daarop volgende voedering in de middag was de voedselconsumptie gering. Daarentegen hadden de tongen bij de avondvoedering vaak een geringere eetlust als gevolg van de middagvoedering. De totale hoeveelheid gegeten voer kan daardoor als gevolg van de middagvoedering afnemen. Daarom werd de voedering beperkt tot tweemaal per etmaal, nl. 's morgens en 's avonds.

2. EERSTE PROEFPERIODE
DE GROEI VAN TONGEN OP EEN ZESTAL DIËTEN

2.1 Inleiding

Met als basis het standaardvoer werden door de firma Trouw zes verschillende meelvoeders samengesteld. Uit deze meelvoeders werden moist pellets gemaakt die gedurende een maand aan zes groepen werden gevoerd. Bij de verschillende diëten werd de groei in lengte en gewicht van de vissen bepaald. Bovendien werden analyses op de lichaamssamenstelling uitgevoerd waardoor veranderingen in ruw-vet, ruw-eiwit en asgehalte konden worden vastgesteld.

Bij het ontwikkelen van de verschillende meelvoeders werden enkele produkten aan het standaardvoer toegevoegd, nl.: visolie,

fosfaat (P), vismeel, het aminozuur methionine.

Tongen zijn carnivore vissen. In de natuur bevat hun voedsel een vrij hoog eiwitgehalte. Het is daarom onwaarschijnlijk dat ze in staat zijn koolhydraten te verteren. De behoefte aan energie wordt vermoedelijk vnl. gedekt door de oxidatie van vetten en eiwitten. De vis is wel in staat extra vet op te slaan. Wanneer het aanbod van eiwit via de voeding echter de vraag naar eiwit voor de synthese en turnover van lichaamseiwit overtreft, kan het overschot niet worden opgeslagen. In dat geval worden de aminozuren gedesamineerd en de N-rest uitgescheiden. Oxidatie van de overblijvende C-keten levert de vis dan wel energie.

Het is voordeliger om de vis in plaats van aminozuren vetzuren te laten benutten voor zijn energievoorziening (Protein Sparing Action van vetten).

Het is mogelijk dat het standaardvoer een te laag vetgehalte heeft, waardoor de maximaal mogelijke eiwitaanzet (groei) van de tongen niet bereikt wordt. Er zal in dat geval te veel eiwit gebruikt worden voor de energievoorziening. Het toevoegen van visolie zou daarom het aandeel van de oxidatie van vet bij de energievoorziening kunnen verhogen, zodat er een grotere eiwitaanzet mogelijk is. Bovendien is het mogelijk dat bepaalde essentiële vetzuren in het standaardvoer in onvoldoende mate aanwezig zijn, zodat visolie deze vetzuren aan zou kunnen vullen en ook op deze wijze de groei verbeteren. De vissen kunnen echter heel goed vetten opslaan, zodat er bij een hoger vetgehalte van het voer een grotere vetaanzet te verwachten is. Wanneer het standaardvoer een te laag eiwitgehalte bevat om een maximale eiwitaanzet mogelijk te maken, zal verhoging van het eiwitgehalte van het voeder moeten leiden tot een verhoging van de eiwitaanzet. Het eiwitgehalte van het voer werd verhoogd door het toevoegen van vismeel.

Voor de tong zijn de aminozuren arginine, methionine, valine, threanine, isoleucine, leucine, lysine, histidine en phenylalanine essentieel (Cowey, Adron en Blair, 1970). Methionine treedt vaak als beperkende factor in de visvoeding op. Het is daarom niet onwaarschijnlijk dat het standaardvoer een onvoldoende gehalte aan

methionine bevat. Daarom werd één van de proefdiëten samengesteld uit standaardvoer met een verhoogd methionine-gehalte. Ook bij het dieet met een sterk verhoogd eiwitgehalte zou de groei geremd kunnen worden doordat één van de essentiële aminozuren zoals methionine ontbreekt. Daarom werd ook een voeder samengesteld met zowel een verhoogd eiwit- als methionine-gehalte.

Het standaardvoer bevat, naast een zeer geringe hoeveelheid mosselmeel, hoofdzakelijk garnalenmeel. Dit garnalenmeel bevat als gevolg van het hoge calcium-gehalte in de vellen van de garnalen een ongunstige calcium-fosfor ratio. Deze Ca:P ratio is met name van groot belang voor de aanzet van beenweefsel. Beenweefsel wordt continue opgebouwd en afgebroken en het metabolisme van Ca en P is daarom nauw met elkaar verbonden. Met standaardvoer kan mogelijk een betere groei bij tongen bereikt worden wanneer de Ca:P ratio verbeterd wordt door toevoeging van extra fosfor (fosfaat). Zowel de voedingswaarde als de fysische eigenschappen van de voeders werd onderzocht. De stabiliteit van de verschillende voeders in zeewater bleek nogal uiteen te lopen. Omdat de stabiliteit grote invloed heeft op de voedselopname van de tongen werd de stabiliteit van de verschillende diëten getest.

2.2 Materiaal en methode

De voeders die bij het experiment gebruikt werden waren (codering van SWO te Putten):

dieet S81-6: standaardvoer, garnalenmeel met 0.6% luchtgedroogde mossel;

dieet S81-7: standaardvoer waarvan het aminozuurpatroon is aangepast volgens een computernorm voor forellenvoer. Het aminozuur methionine werd toegevoegd;

dieet S81-8: standaardvoer waarbij het eiwitgehalte is verhoogd door toevoeging van 15% vismeel;

dieet S81-9: standaardvoer met aangepast aminozuur patroon (extra methionine) en met een verhoogd eiwitgehalte door toevoeging van 15% vismeel;

dieet S81-10: standaardvoer met een veranderde vetzuursamenstelling door toevoeging van 1% visolie;

dieet S81-11: standaardvoer met een veranderde Ca:P verhouding. De Ca/P ratio van het standaardvoer is nl. 5.2:1. Door toevoeging van extra P werd de Ca:P ratio gewijzigd in 2.1:1.

De samenstelling van het standaard droogvoer was:

vocht	as	ruw-vet	ruw-eiwit	Ca	P
12%	12.6%	6.1%	35.5%	3.1%	0.6%

Voor de zes verschillende diëten werden zes bassins bezet met tongen met verschillende afmetingen, die voor elk bassin ongeveer gelijk was. Door de onderlinge verschillen in afmeting van de vissen in ieder bassin was het mogelijk de individuele groei van elke vis te bepalen.

Tongen zijn vreedzame vissen en het is dan ook onwaarschijnlijk dat door de verschillen in visgrootte hiërarchische structuren zijn ontstaan waardoor de voedselopname van de kleinere vissen onderdrukt zou zijn. Van de circa 40 tongen per bassin was de helft 0-jarige tong (10-15 cm, 9-29 gram), de andere helft was 1-jarige tong (13-21 cm, 20-100 gram). Gedurende de wintermaanden werden de tongen bij 10°C gehouden. Voor de aanvang van het experiment hebben de vissen zich eerst een week aan kunnen passen aan een temperatuur van 20°C.

Op 24 maart werden de tongen over de bassins verdeeld. De proefperiode duurde 33 dagen. Aan het begin en aan het eind van de proefperiode werden de tongen gemeten en gewogen. Aangezien verschillen in vullingsgraad van de ingewanden de gewichten van de vissen kunnen beinvloeden werd minstens 2 dagen voor de meting gestopt met voeren, zodat maag en darm leeg waren.

Voor het begin van de proef werden de tongen verdeeld in grootteklassen, en hieruit werden identieke reeksen dieren geselecteerd voor het bezetten van de bassins. De tongen werden verdoofd met MS-222 (bad van 50-100 ppm, gedurende enkele minuten). De lengte werd op 1 mm nauwkeurig bepaald met een meetplank.

Direkt daarna werd met een vochtige doek het aanhangende

water zeer voorzichtig verwijderd, waarna de vissen op een bovenweger gewogen werden op 0.1 gram nauwkeurig. Om de kans op bacteriële infecties als gevolg van beschadigingen van de slijmhuid bij het hanteren van de vissen te verminderen, kregen ze na deze metingen, tijdens het bijkomen uit de verdoving, een antibioticabad (Peniciline 100.000 I.E./liter + Streptomycine 50 mgram/liter, gedurende 30 tot 60 minuten).

De tongen kregen gedurende de proefperiode 's morgens (9.00 uur) en 's avonds (21.00 uur) een afgewogen hoeveelheid voer. De eerste twee weken werd tevens 's middags (13.30 uur) een portie voer verstrekt. Aan het eind van de proefperiode werden de tongen nogmaals gemeten en gewogen.

Het voederniveau in de verschillende bassins leverde enige problemen op. Aanvankelijk werd er vanuit gegaan dat voor een goede vergelijkbaarheid van de resultaten bij de verschillende voeders de voederniveaus in alle bassins hetzelfde zou moeten zijn. Uit voorgaande onderzoeken (Fonds, Drinkwaard) was gebleken dat tongen circa 5% van hun lichaamsgewicht per dag kunnen eten, d.w.z. in droogvoer ongeveer 2.8% van het nat gewicht van de vis per dag. De eerste week werd daarom bij alle zes bassins een voederniveau van 5% (moist pellets) aangehouden. Toen echter bleek dat er verschillen in voedselopname ontstonden tussen de verschillende voeders, werd er overgeschakeld op een per bassin zo hoog mogelijk voederniveau. In alle bassins werd tweemaal per dag een lichte overmaat voer gegeven. De voedselopname mag daarom bij alle bassins, onder de gegeven omstandigheden, maximaal geacht worden.

Doordat voedselresten en faeces in het zand op de bodem accumuleerden was het noodzakelijk regelmatig (eens per week) een gedeelte van het zand op de bodem, samen met de verontreinigingen af te hevelen en te vervangen door schoon zand.

Enkele malen werd getracht de hoeveelheid voedsel die niet door de tongen opgegeten werd te schatten. Dit was echter vrijwel onmogelijk. 's Avonds werd er zo laat gevoerd dat het onmogelijk was in het donker overgebleven voer terug te hevelen, terwijl het

verlichten van de werkvloer de tongen te zeer zou verstoren. Bovendien wordt door de zwemmende vissen een deel van het voer door opwervelend zand bedekt. Het verschil tussen faeces en uiteengevallen pellets is tevens onduidelijk. Daardoor kon de'overmaat' van het voer niet bepaald worden.

Of de vervuiling van het water een negatieve invloed heeft gehad op de tongen is niet duidelijk. De samenstelling van het zeewater werd niet geanalyseerd. Waarschijnlijk zal,gezien het feit dat tongen in zee ook op de zuurstofarme bodem van vervuilde wateren voorkomen, een verminderde voedselopname en/of groeistoringen niet opgetreden zijn.

Regelmatig werd het droge stofgehalte van de gevoerde pellets bepaald, door gewogen monsters van de voeders enkele dagen bij 90°C in een droogstoof te plaatsen, waarna het gewichtsverlies bepaald werd. Bij het begin en aan het eind van het experiment werden een aantal tongen gedood (m.b.v. MS-222). Nadat het droge stofgehalte bepaald was door drogen bij 80°C, werden van deze tongen bij de SWO te Putten ruwvet-, ruweiwit- en asgehalte bepaald volgens de Weende methode.

De bindingseigenschappen van alle zes diëten werd getest met een waterstabiliteitstest voor pellets (Balars, Ross en Brooks, 1973; Jayaram en Shetly, 1980).

De bepalingen werden gedaan in polyester bakken van 55x40x50 cm. In zes bakken werden zes monsters van 10 gram van het voer gebracht. De bakken werden continue met zeewater van 20°C doorstroomd (2 liter per minuut). Na ¼, 1, 3, 7 en 9 uur werden de pellets m.b.v. een schepnetje uit het water gevist. Door de resten te drogen in een droogstoof kon de fractie van het voer dat opgelost was in zeewater bepaald worden.

2.3 Verwerking van de meetgegevens

De belangrijkste symbolen die gebruikt worden zijn:

n aantal vissen

v.c. bruto voedselconversie =

$$\frac{\text{verstrekte hoeveelheid voedsel (gram droge stof)}}{\text{gewichtsaanwas (gram nat gewicht)}}$$

$\bar{L}b$ gemiddelde lengte van de vissen aan het begin van het experiment (cm)

$\bar{L}e$ gemiddelde lengte aan het eind van het experiment (cm)

$\bar{W}b$ gemiddeld vers gewicht aan het begin van het experiment (gram)

$\bar{W}e$ gemiddeld vers gewicht aan het eind van het experiment (gram)

W lichaamsgewicht (gram, vers)

$W^{0.8}$ metabolisch gewicht (gram, vers)

s.a. standaardafwijking = $\sqrt{\text{variantie}}$

k conditiefactor

α specifieke groeisnelheid (gram gewichtsaanwas in $\%W dag^{-1}$)

β specifieke groeisnelheid (gram gewichtsaanwas in $\%W^{0.8} dag^{-1}$)

%d.s. percentage droge stof

ΔL lengte groei (cm/maand)

De groeisnelheid van de tongen en de voedselgift worden uitgedrukt als percentage van het metabolisch gewicht. Volgens Winberg (1956) is namelijk de zuurstofconsumptie van de vis, en daarmee zijn stofwisselingsniveau, gecorreleerd met het lichaamsgewicht tot de macht 0.8. Daarom zullen waarschijnlijk parameters als groei en voedselconsumptie ook afhankelijk zijn van het metabolisch gewicht. Voor verschillende visgewichten zijn daardoor de gevonden waarden beter te vergelijken.

De specifieke groeisnelheid wordt als volgt berekend:

$$\alpha = (e^{\frac{1}{t} \ln Wt/Wo} - 1) \times 100 \text{ in gram \% W dag}^{-1}$$

$$\beta = (e^{\frac{1}{t} \ln \left(\frac{W^{0.8}+\Delta W}{W^{0.8}}\right)} - 1) \times 100 \text{ in gram \% } W^{0.8} dag^{-1}$$

Beiden zijn afgeleid van de vergelijking:

$$Wt = Wo\ (1 + \alpha/100)^{t}$$ (Huisman, 1976).

Bij vissen hangt het gewicht als volgt van de lengte af:

$$W = aL^{b}$$

a, b zijn constanten, b is altijd ongeveer 3. De conditiefactor wordt berekend als:

$$K = W/\hat{W},$$

waarbij W het gemeten gewicht en $\hat{W}$ het geschatte theoretisch gewicht van de vis is, uitgaande van de bekende constanten a en b in $\hat{W} = aL^b$.

De relatie tussen gewicht en lengte van de tongen werd bepaald uit de metingen aan het begin van het experiment.

$\hat{W} = 0.0039\ L^{3.25}$ en dus

$$k = \frac{W}{0.0039\ L^{3.25}}$$

De conditiefactor is dus een maat voor de relatieve verandering in gewicht (conditie) waarbij gecompenseerd is voor veranderingen in lichaamsbouw.

Zoals vermeld was het mogelijk om de groei van elke vis te bepalen omdat in ieder bassin de lengten van de vissen onderling duidelijk verschilden. Het was daarom noodzakelijk ook gestorven vissen te meten en te wegen, zodat precies bepaald kon worden, welke vis van de lijst moest worden geschrapt. Er ontstonden enige complicaties bij het uitwerken van de gegevens toen bleek dat enkele vissen kans gezien hadden van het ene bassin in het andere te springen.

De groei van vissen die tijdens de proef andere vissen in grootte inhalen wordt onderschat, terwijl de groei van in grootte ingehaalde vissen wordt onderschat. De betrouwbaarheid van het totaal gemiddelde echter zal hierdoor niet veranderen. Doordat de groei van elke vis te bepalen is, wordt het mogelijk om met de Student's t-toets de significantie van de verschillen in groei tussen groepen vissen met verschillende voeders te toetsen.

Het meten van de tongen gebeurde op 0.1 cm nauwkeurig, het wegen op 0.1 gram. Door enkele vissen te meten en te wegen, daarna over te brengen in zeewater en direkt weer af te drogen en opnieuw te meten en te wegen is het mogelijk een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid van deze bepalingen. Dit werd uitgevoerd met

twaalf vissen van 12 tot 21 cm lengte, van 12-70 gram. De lengtemetingen aan dezelfde vissen verschilden niet significant ($P > 0.05$). Het verschil in lengte gemeten aan dezelfde vis was niet groter dan 0.5%, gemiddeld 0.15%.

In tegenstelling tot de lengtemetingen is het wegen vrij onbetrouwbaar. Het verschil tussen de gewichtsmetingen is significant ($P < 0.05$). Eén maal bedroeg dit verschil zelfs 12% (gemiddeld was het verschil 1.2%). Door het op de vissen aanwezige water worden grote fouten gemaakt bij de gewichtsmetingen. Wanneer de vissen beter afgedroogd werden, zouden de wegingen betrouwbaarder zijn. Dit zou echter gepaard gaan met grote beschadigingen van de vissen en werd daarom niet gedaan. Bij het experiment werd er gewerkt met grote aantallen vissen (ca 40 stuks per bassin), waar de fout ten gevolge van het aanhangende water bij de gemiddelde gewichten gering is.

Bij het verwerken van de resultaten van deze proef,maar ook van de andere experimenten, werd enige malen gebruik gemaakt van de relatie tussen het percentage droge stof en het lichaamsgewicht van de vis. Deze relatie werd berekend uit de droge stofgehaltes van alle tongen die tijdens de drie proefperioden gedroogd zijn:

$$\ln \% \text{ ds} = 0.0589 \ln W_{vers} + 2.956 \quad (n = 145, r = 0.924).$$

ofwel: $\% \text{ ds} = 19.22 \, W_{vers}^{0.059}$

Deze relatie is in fig. 2 weergegeven.

2.4 Resultaten

De gedurende de proefperiode verstrekte hoeveelheid voedsel, en de gemiddelde lengten en gewichten aan het begin en aan het eind van de proefperiode zijn weergegeven in tabel 1. De procentuele sterfte van de tongen ontbreekt in de tabel omdat deze gering was en uitsluitend te wijten was aan de slechte afdekking van de bassins waardoor enkele tongen kans zagen uit de bassins te springen. De mortaliteit bedroeg niet meer dan 0.3% per bassin per dag. Sterfte als gevolg van ziekte kwam vrijwel niet voor. De

Tabel 1. Resultaten van het meten en wegen van de tongen.

voeder	n	Σ voer in gram d.s.	start van het experiment			eind van het experiment		
			$\bar{W}b \pm s.a.$	$\bar{W}b^{0.8} \pm s.a.$	$\bar{L}b \pm s.a.$	$\bar{W}e \pm s.a.$	$\bar{W}e^{0.8} \pm s.a.$	$\bar{L}e \pm s.a.$
S81-6 (standaard)	41	1545	32.2±21.8	15.5±8.7	15.1±3.7	42.1±26.4	19.3±9.9	16.1±3.5
S81-7 (extra methionine)	41	1669	34.6±23.8	16.4±9.2	15.6±3.5	42.8±26.4	19.6±9.8	16.6±3.3
S81-8 (extra eiwit)	38	1330	31.4±22.0	15.2±8.6	15.1±3.1	36.9±33.4	17.4±8.9	15.7±3.1
S81-9 (extra eiwit en methianine)	40	1277	30.2±20.9	14.7±8.3	14.9±3.2	39.7±33.5	17.7±9.0	15.8±3.2
S81-10 (extra vet)	37	1371	31.1±25.8	14.9±9.9	14.8±3.7	40.9±32.8	18.6±11.8	15.7±3.6
S81-11 (extra P)	37	1546	34.2±25.0	15.6±9.8	15.1±3.8	42.5±27.6	19.1±10.4	16.3±3.6

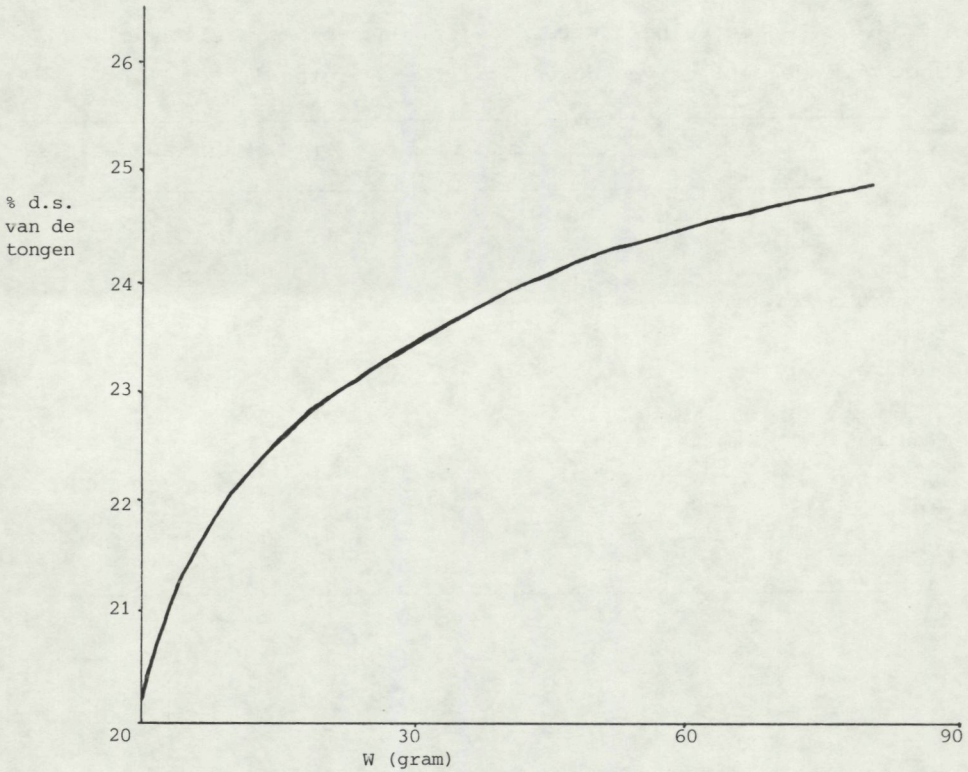


Fig. 2. De relatie tussen het versgewicht van jonge tong en het droge stof-gehalte als percentage van het natgewicht.

conditie van de tongen aan het eind van het experiment was duidelijk beter dan bij de aanvang.

De optimale hoeveelheid water die bij het maken van de pellets toegevoegd moest worden werd empirisch vastgesteld. In tabel 2 zijn deze hoeveelheden samen met het droge stof-gehalte van de pellets weergegeven. Het d.s.-gehalte van de pellets bleek nogal te fluctueren (waterverdamping in de koelkast). Deze percentages zijn daarom gemiddelden van een groot aantal bepalingen. In tabel 3 en 4 zijn de resultaten van de Weende analyses van de tongen weergegeven. De lichaamssamenstelling is afhankelijk van de visgrootte, daarom werden de tongen verdeeld in twee grootteklassen, die apart geanalyseerd werden.

Tabel 2. De hoeveelheid water toegevoegd aan het meelvoeder en het gemiddelde % ds van de verschillende diëten.

voeder	ml water per kg meelvoeder	% ds van pellets
S81-6 (standaard)	590	55.6
S81-7 (extra methianine)	610	55.3
S81-8 (extra eiwit)	610	55.3
S81-9 (extra eiwit & methianine)	590	56.6
S81-10 (extra vet)	590	55.3
S81-11 (extra P)	560	56.5

Tabel 3. De lichaamssamenstelling van de grote tongen aan het begin en aan het eind van het experiment.

voeder	n	$\bar{W}$ vis vers,gram	d.s.	ruw eiwit % van d.s.	ruw vet % van d.s.	as % van d.s.
S81-6 (standaard)	4	63.1	23.8	76.7	12.5	13.0
S81-7 (extra methiomine)	3	83.1	24.5	77.7	14.3	12.6
S81-8 (extra eiwit)	3	62.4	24.0	78.5	17.1	13.3
S81-9 (extra eiwit+meth.)	4	63.3	24.9	72.8	10.8	12.1
S81-10 (extra vet)	3	75.9	25.4	72.3	19.6	10.8
S81-11 (extra P)	6	59.3	23.9	75.6	13.4	13.7
begin van het experiment	9	43.3	24.0	76.6	12.2	14.1

Tabel 4. De lichaamssamenstelling van de kleine tongen aan het begin en aan het eind van het experiment.

voeder	n	$\overline{W}$	% d.s.	% ruw eiwit in d.s.	% ruw vet in d.s.	% as in d.s.
S81-6 (standaard)	7	17.9	22.6	78.6	12.5	12.1
S81-7 (extra meth.)	6	17.3	22.9	76.7	12.0	13.4
S81-8 (extra eiwit)	8	15.0	22.7	79.1	12.7	13.4
S81-9 (extra eiwit+meth.)	5	15.0	24.0	78.1	11.9	14.1
S81-10 (extra vet)	5	21.3	23.7	74.8	15.5	10.4
S81-11 (extra P)	4	16.8	22.2	77.7	10.0	15.6
Begin van het experiment	20	10.8	21.7	75.8	9.1	18.7

2.5 Discussie en conclusies

Pellets die een tijdje op de bodem van het bassin gelegen hebben beginnen uiteen te vallen en zijn dan niet meer aantrekkelijk voor de tong. Bovendien zal de nitritionele waarde van het voer afnemen, als gevolg van het oplossen van nutrienten. Er wordt daarom gestreefd naar een voeder met een goede binding zodat de pellets lange tijd in water stabiel blijven.

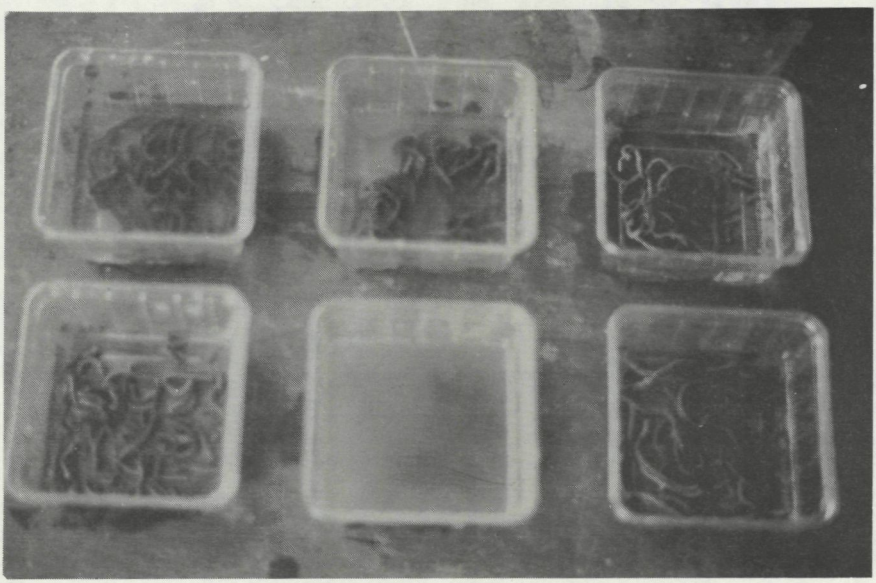
Een te sterke binding is echter waarschijnlijk ook nadelig. Tongen vinden hun voedsel voornamelijk met behulp van hun reukzintuigen. Bij een te sterke binding zullen er weinig reukstoffen in het water oplossen waardoor de tongen meer moeite hebben de pellets te vinden, of deze niet als voedsel herkennen.

Bij de stabiliteitsmetingen werd de afname in drooggewicht van de pellets bepaald, wanneer ze een bepaalde tijd in een bak met stromend water gelegen hadden. In fig. 2 zijn de resultaten van deze metingen aangegeven.

Opvallend is de slechte stabiliteit van het dieet met extra

P (S81-11). De pellets zijn zeer kleverig en vormen grote klonten. Direkt nadat het voeder in het water ligt begint het uiteen te vallen en op te lossen. Ook het toevoegen van vismeel verslechtert de binding van de pellets.

Betere resultaten worden bereikt met de overige drie voeders. Het toevoegen van methionine verslechtert de bindingseigenschappen van het standaardvoer enigszins. Ook de binding van het voer waaraan vismeel is toegevoegd is slechter wanneer extra methionine toegevoegd is. Het dieet met extra visolie (S81-10) heeft daarentegen een betere stabiliteit dan standaardvoer. Waarschijnlijk zullen de pellets als gevolg van het hoger vetgehalte een extra apolair karakter hebben (vetlaagje aan de buitenkant van de pellet), waardoor het water moeilijker in de pellet door kan dringen.



Afb. 5. De pellets nadat ze een kwartier in zeewater gelegen hebben. Van links naar rechts S81-8, S81-gen S81-9 (boven), S81-7, S81-11 en S81-10 (onder).

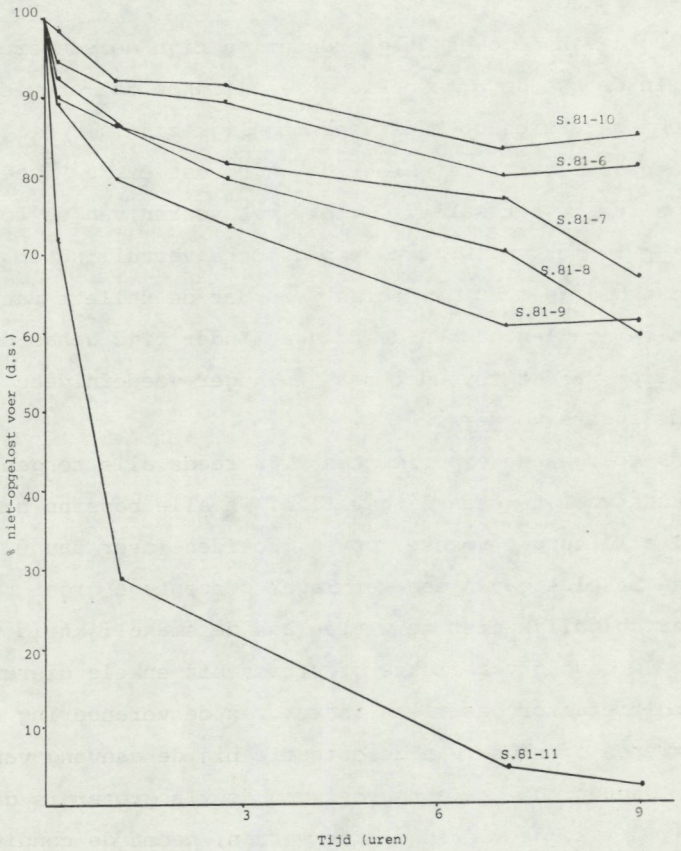


Fig. 3. Het percentage van het begingewicht van de pellets dat niet in het water is opgelost nadat de pellets een bepaalde tijd in het water hebben gelegen bij de verschillende diëten.

Afbeelding 5 illustreert het verschil in stabiliteit van de verschillende diëten.

In tabel 5 zijn voor de verschillende diëten het voederniveau gegeven en enkele parameters die een indruk geven van de groei. Het voederniveau zal bij geen van de zes diëten beperkend zijn geweest voor de voedselopname van de tongen. Het voedsel werd in een ruime overmaat verstrekt. De groei van de vissen is daarom in elk bassin onder de gegeven omstandigheden maximaal. Op het dieet na waren de omstandigheden in alle bassins vrijwel identiek zodat de groeiresultaten bij de zes verschillende diëten onderling goed

zijn te vergelijken.

Als gevolg van de overmatige voedering zijn de voederconversies hoog. In de tweede proefperiode zal blijken dat er veel betere voederconversies op kunstvoer mogelijk zijn.

Bij de stabiliteitstest bleek het voer met extra P zeer snel uiteen te vallen in het water. Ook bij het voeren van de tongen was dit duidelijk te merken. Er trad een grotere vervuiling op van het water dan bij de overige diëten. Doordat de pellets van dit voer snel uiteenvallen hebben de tongen minder tijd gehad om ze op te eten. Daarom werd dit voeder met een hoger voederniveau toegediend dat de andere voeders.

Tijdens voorgaande experimenten zijn reeds alle tongen die weigerden kunstvoer te eten uitgevallen. In alle bassins namen dan ook vrijwel alle tongen voedsel op en groeiden (meer dan 0.5 cm/maand). Twee bassins gaven een wat lager percentage groei te zien. Dit was waarschijnlijk niet te wijten aan de smakelijkheid van het voer, maar een gevolg van ziekte of stress bij enkele dieren.

De conditiefactor geeft een indruk van de verandering in lichaamsbouw ten opzichte van de situatie bij de aanvang van het experiment. Wanneer de gewichtsgroei van de vis groter is dan de lengtegroei, d.w.z. de vissen dikker worden, neemt de conditiefactor toe, terwijl de conditiefactor afneemt als de vissen vermageren ofwel t.o.v. de lengtegroei relatief minder gewichtsaanwas vertonen. Het optreden van staart- en vinrot of het aangroeien van de door staartrot aangetaste staartvinnen, kan de conditiefactor ook beinvloeden.

Zowel de specifieke groeisnelheid als de conditiefactor zijn bij standaardvoer (S81-6) en het voer met extra visolie (S81-10) significant beter ($P < 0.05$) dan bij de overige diëten. Het verschil tussen beide diëten in conditiefactor en specifieke groeisnelheid is echter niet significant ($P > 0.05$).

De lengtegroei is bij deze twee voeders ook vrij hoog, maar wordt overtroffen door dieet S81-11 (extra P). De tongen gevoed met dit dieet vertonen ook een redelijke gewichtsaanwas, doch de specifieke groeisnelheid bij S81-6 en S81-10 zijn significant

Tabel 5. Voederniveaus, groei en conditiefactoren bij de verschillende diëten.

voeder	rantsoen		voeder conversie	groei				konditie
	gds%Wdag^{-1}	gds%$W^{0.8}dag^{-1}$	gds voer / g aanwas	% groeiers (ΔL>0.1)	ΔL (cm/mnd)	α ΔW%Wdag^{-1}	β ΔW%$W^{0.8}dag^{-1}$	k
S81-6 (standaard)	3.07	6.56	3.76	100	1.0	0.93	1.51	1.09
S81-7 (extra methiomine)	3.19	6.86	4.93	100	0.9	0.80	1.24	1.04
S81-8 (extra eiwit)	3.01	6.31	6.14	97	0.6	0.63	0.94	1.07
S81-9 (extra eiwit+meth.)	2.85	5.77	4.08	100	0.8	0.81	1.26	1.05
S81-10 (extra vet)	3.12	6.70	3.74	92	1.0	0.95	1.54	1.09
S81-11 (extra P)	3.38	7.27	4.77	100	1.1	0.89	1.35	1.05

beter ($P < 0.05$). Door de sterke lengtegroei t.o.v. de geringe gewichtsaanwas is de conditiefactor van de tongen bij dieet S81-11 vrij laag.

Bij de overige drie diëten waarbij het standaardvoer verrijkt is met vismeel en/of methionine blijft de groei van de tongen duidelijk bij dat van normaal standaardvoer achter. Tijdens het experiment bleek al snel dat de voedselopname bij de twee diëten die vismeel bevatten duidelijk bij de overige achterbleven. Hieraan werden de verstrekte hoeveelheid overmaat voer aangepast. Opmerkelijk is het feit dat het aanpassen van het aminozuurpatroon bij het met vismeel "verrijkte" voer een betere groei tengevolge heeft, terwijl extra methionine toegevoegd aan standaardvoer de groei niet duidelijk verbeterde.

De groei van elke vis kon bepaald worden. In tabel 6 is de groei van drie verschillende groepen tongen weergegeven, namelijk: 1) 0-jarige tong, 2) 1-jarige tong en 3) de tien snelstgegroeide (zowel wat betreft lengte als gewichtsgroei)

Tabel 6. De groei van verschillende groepen tongen, nl. 1) kleine tongen van bijna 1 jaar oud, 2) grote tongen van bijna 2 jaar oud en 3) tien snelst gegroeide tongen.

voeder	vissen	n	$\bar{L}$ (cm)	$\bar{W}$ (gram)	ΔL (cm/mnd)	α	k
S81-6 (standaard)	klein[1)]	20	12.6	15.8	1.0	1.10	1.06
	groot[2)]	21	18.5	57.4	1.0	0.77	1.12
	snel[3)]	10	12.4	20.5	1.4	1.31	1.10
S81-7 (extra methiomine)	klein	20	13.1	18.2	1.1	1.04	1.05
	groot	21	18.9	58.2	0.8	0.57	1.03
	snel	10	13.0	17.7	1.2	1.34	1.08
S81-8 (extra eiwit)	klein	17	12.5	15.5	0.8	0.86	1.06
	groot	21	17.7	49.3	0.4	0.45	1.08
	snel	10	13.4	20.6	1.0	1.15	1.10
S81-9 (extra eiwit+meth.)	klein	19	12.5	15.6	0.9	1.00	1.04
	groot	21	17.9	50.5	0.8	0.62	1.06
	snel	10	12.3	20.3	1.1	1.20	1.08
S81-10 (extra vet)	klein	19	12.4	15.7	1.2	1.21	1.07
	groot	18	18.3	59.4	0.7	0.68	1.11
	snel	10	14.3	18.4	1.3	1.42	1.10
S81-11 (extra P)	klein	15	12.0	13.1	1.2	1.29	1.07
	groot	22	18.4	54.5	1.1	0.60	1.03

Behalve met standaardvoer is de lengtegroei van de jongere vissen wat groter dan van de oudere. Ook de specifieke groeisnelheid is voor de 0-jarige tong groter. Ook Fonds (1975) vond een grotere lengtegroei bij kleine tongen met een maximum voor vis van ca 15 cm. De lengtegroei van de grote tongen blijkt per bassin enorm te verschillen. De lengtegroei bij het dieet met extra visolie (S81-10) is gering. Bij het dieet met extra P is de lengtegroei van de grote tongen weliswaar behoorlijk groot, maar de gewichtsaanwas is achtergebleven. De 0-jarige tongen zijn op het dieet met extra P (S81-11) zowel in de lengte als in gewicht behoorlijk gegroeid.

In tabel 3 en 4 zijn het water-, ruw vet-, ruw-eiwit- en asgehalte van de vissen aan het begin en aan het eind van het experiment weergegeven. Het is een bekend fenomeen dat bij het ouder worden van de vis het watergehalte afneemt en het vetgehalte toeneemt. Eiwitgehalte en asgehalte worden niet zo sterk door de visgrootte bepaald. Dit blijkt ook het geval te zijn als we tabel 3 en 4 met elkaar vergelijken.

Fig. 4 geeft de gemiddelde waarden voor grote en kleine tongen, uitgedrukt als percentages van het versgewicht van de vissen. Duidelijk blijkt dat het dieet een grote invloed heeft op de lichaamssamenstelling van de tongen. Tongen gevoerd met de twee diëten waarvan het eiwitgehalte is verhoogd m.b.v. vismeel (S81-8 en S81-9) hebben een hoger eiwitgehalte in hun lichaam dan de overige tongen. Alleen de grote tongen bij voeder S81-9 hebben een lager eiwitgehalte, mogelijk als gevolg van een analysefout? Bij tongen die extra P in hun voer kregen is het asgehalte relatief hoog, mogelijk als gevolg van een vergrote beenweefselaanzet. Extra vetzuren in het dieet veroorzaakt een hoger vetgehalte bij de tongen. De aanzet van de verschillende lichaamscomponenten wordt zowel bepaald door veranderingen in de samenstelling van de tongen als door de groei. In tabel 7 is een overzicht gegeven van de aanzet van r-eiwit, r-vet en as bij de verschillende diëten.

Het asgehalte van de kleine tongen bij de aanvang van de proef is onwaarschijnlijk hoog. Bij alle diëten zou de hoeveel-

heid as per vis afnemen, wat bijna onmogelijk is. Daarom werd een schatting gemaakt door de asgehalten van de kleine tongen bij alle overige diëten te middelen.

Aangezien de gewichtsaanwas met standaardvoer en het met visolie verrijkte voer groter was dan bij de overige voeders, is het niet verwonderlijk dat zowel de r-eiwit- als de r-vetaanzet

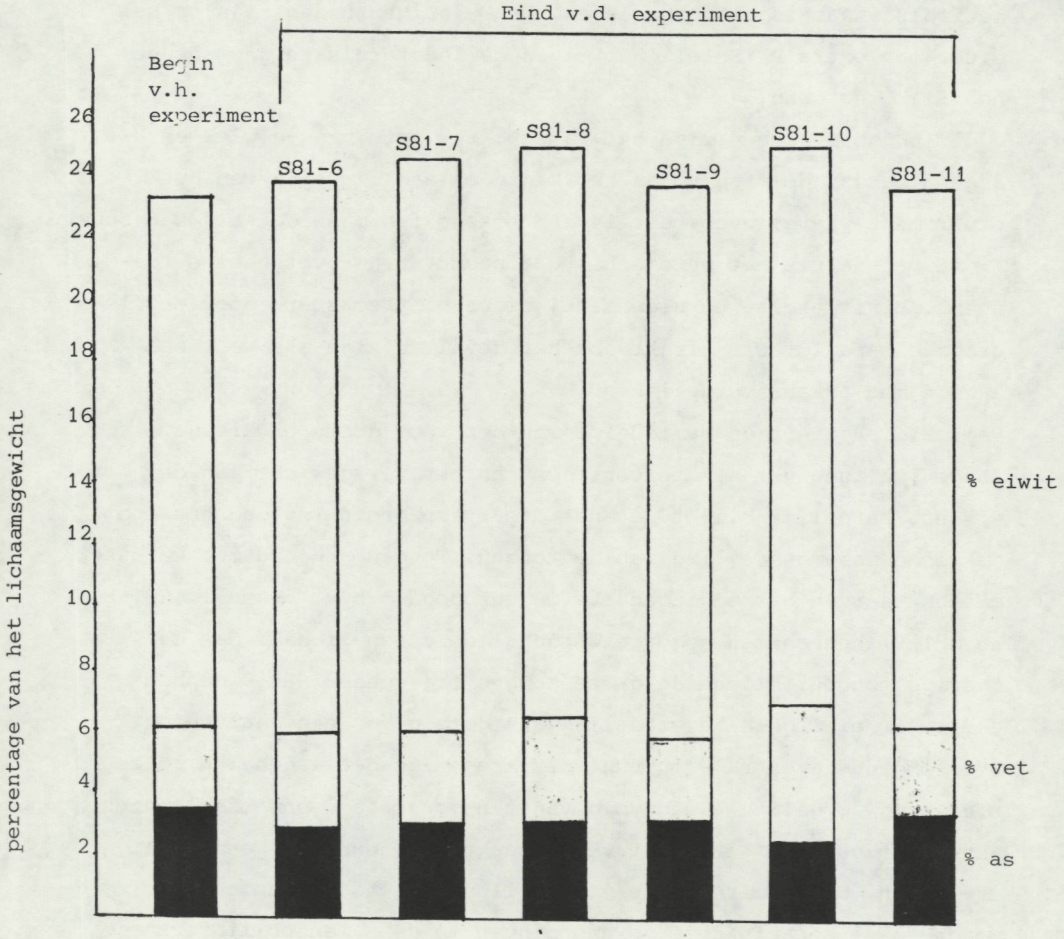


Fig. 4. De samenstelling van de tongen aan het begin en aan het eind van het experiment.

Tabel 7. De aanzet van lichaamscomponenten gedurende de proefperiode bij de verschillende diëten.

voeder	$\overline{Wb}$	$\overline{We}$	eiwitaanzet (gram/vis)		vetaanzet (gram/vis)		asaanzet (gram/vis)	
			klein	groot	klein	groot	klein	groot
S81-6 (standaard)	32.2	42.1	2.21	1.74	0.53	0.33	0.17	0.21
S81-7 (extra methianine)	34.6	42.8	1.86	1.77	0.16	0.47	0.29	0.15
S81-8 (extra eiwit)	31.4	36.9	1.46	1.20	0.44	0.60	0.17	0.11
S81-9 (extra eiwit+meth.)	30.4	37.7	1.72	1.27	0.41	0.14	0.30	0.10
S81-10 (extra vet)	31.1	40.9	2.14	1.80	0.89	1.14	0.09	0.05
S81-11 (extra P)	34.2	42.5	1.70	1.40	0.25	0.37	0.46	0.24

bij beide voeders relatief groot is. De vetaanwas bij voeder S81-10 (extra vet) is echter opvallend groot.

Typerend is ook de grote aanzet van anorganisch materiaal (as) bij voeder S81-11. Het toevoegen van extra-P stimuleert kennelijk de aangroei van beenweefsel. Zoals vermeld is het eiwitgehalte van de tongen gevoerd met dieet S81-8 en -9 (resp. extra eiwit en extra eiwit + methionine) duidelijk toegenomen. Aangezien de groei bij beide voeders echter gering was is het niet verwonderlijk dat zowel eiwit als vetaanzet relatief klein zijn.

Zowel de aanzet van r-eiwit, r-vet en as, als de samenstelling van de verschillende diëten zijn bekend. Daardoor is het mogelijk de conversie van eiwit, vet en as te berekenen in de vorm van Protein Efficiency Ratio (PER), vetretentie, en Protein Conversion Efficiency (PCE). Maar aangezien er overmaat gevoerd werd, vallen al deze waarden te hoog uit en hebben verder geen betekenis, Ze zijn ook onderling moeilijk te vergelijken.

Concluderend kan worden opgemerkt dat zowel wat betreft lengtegroei en gewichtsgroei van de vissen als wel de stabiliteit in zeewater, de beste resultaten worden bereikt met standaardvoer (S81-6) en standaardvoer met extra visolie (S81-10). Daarbij

is het voer met extra visolie te verkiezen boven standaardvoer. Weliswaar verschilt de groei niet significant, doch de stabiliteit in zeewater is groter. Bovendien is de vetaanzet bij voeder S81-10 duidelijk groter (eiwitaanzet identiek). Het is de vraag of tongen met een hoger vetgehalte als consumptievis hoger gewaardeerd worden dan normale tongen.

Ook bij het belang van de stabiliteit in zeewater zijn vraagtekens te plaatsen. Tijdens de experimenten bleken de tongen zich binnen een kwartier vol te kunnen eten. Alle gebruikte pellets, behalve die van voeder S81-11 (extra P), zijn na een kwartier nog redelijk stabiel.

Het belang van de stabiliteit van de pellets moet gezien worden in samenhang met de snelheid van voedselopname. De snelheid van voedselopname is afhankelijk van een zeer groot aantal factoren, zoals de watertemperatuur, het voederschema, het voederniveau, de bezettingsdichtheid, de visgrootte en de samenstelling van het voer (maagpassagesnelheid).

Het toevoegen van extra P aan het voer heeft een grote lengtegroei tot gevolg, de gewichtsaanwas van de vissen blijft echter achter. Bij dit dieet treedt er een duidelijk verschil op in groei bij de twee verschillende visgroottes. Zowel de kleine als de grote tongen vertonen een grote lengtegroei. Terwijl echter de gewichtsaanwas bij de grote tongen achterblijft, vertonen de kleine tongen ook een behoorlijke toename in gewicht. Deze groei is een gevolg van een gestimuleerde beenweefselaanwas. Het aandeel van de beenweefselgroei in de totale gewichtsaanwas is nl. bij kleine vissen relatief groot. De asaanzet is ten opzichte van de eiwit- en vetaanzet aanzienlijk. De kleine tongen hebben een extra grote P-behoefte en profiteren in hoge mate van een hoger P-gehalte. Helaas zijn de pellets van dit voer zeer kleverig en klonteren snel aanelkaar, Nutritioneel is dit voer meer geschikt voor de opkweek van kleine tong. Wanneer grotere vissen dit dieet verstrekt wordt, ontstaan er mogelijk relatief lange magere vissen die vermoedelijk voor de consumptie minder waardevol zijn.

Extra P verbeterde de Ca/P ratio in het voer. Het is echter de

vraag in hoeverre het Ca^{2+},dat zich voornamelijk bevindt in de vellen van de garnalen,verteerd wordt door de tongen. De faeces van met kunstvoer gevoerde tongen blijken hoofdzakelijk te bestaan uit stukjes onverteerbaar garnalenvel.

Het is bekend dat mariene vissen veel Ca-ionen uit het water kunnen opnemen. Bij een te hoge P-opname zal de vis waarschijnlijk de Ca:P ratio in het bloed kunnen optimaliseren door een verhoogde Ca^{2+}-opname uit het zeewater.

Zoals vermeld wordt een overmaat eiwit in de voeding niet opgeslagen in het lichaam. Eiwit dat niet voor de turn-over of synthese van lichaamseiwit wordt gebruikt, wordt gedesamineerd en geoxideerd. Niet alleen bij een overmaat eiwit maar ook bij een tekort aan vet wordt eiwit gebruikt voor de energievoorziening. In dat geval wordt de optimale potentiële eiwitaanzet niet bereikt. Verhogen van het vetgehalte in het voer zal de eiwitaanzet doen toenemen ("Protein Sparing Action").

Voedering met dieet S81-10 (extra vet) geeft eenzelfde eiwitaanzet als bij standaardvoer. Protein Sparing Action treedt dus niet op, het voedsel bevat kennelijk genoeg energie in de vorm van vet.

Toevoeging van het essentiële aminozuur methionine doet de groei niet toenemen. De groei van standaardvoer met vismeel en extra methionine is echter wel groter dan wanneer alleen vismeel toegevoegd is. Blijkbaar is het methioninegehalte van vismeel voor de tongen niet optimaal.

De slechte groei bereikt met de twee voeders waaraan vismeel toegevoegd werd om het eiwitgehalte te verhogen bevestigen de resultaten van Bas Drinkwaard. Vismeel bevat hoge concentraties trimethylamine (TMA) en trimethylamineoxide (TMAO). De laatste stof kan de voedselopname remmen (med. E.W. Lieuwes). Vismeel vermindert de eetlust van de vissen waardoor de groei achterblijft. Dit kan natuurlijk ook veroorzaakt worden door de kwaliteit van het meel, aangezien vismeel gauw ranzig wordt.

Ondanks de slechte groei bij deze twee vismeel bevattende diëten is de eiwitaanzet behoorlijk. Vergeleken met het natuur-

lijke voedsel van de tong bevat standaardvoer, ook in relatie tot het energiegehalte, weinig eiwit. Het standaardvoer had een eiwitgehalte van 40% van de droge stof, verse garnaal 67%, mossel ± 70%, zeepier ± 50%.

Het zou daarom nuttig zijn om in plaats van vismeel andere produkten te zoeken, zoals b.v. gist, om het eiwitgehalte van het standaardvoer te verhogen. Deze toevoegingen mogen niet, zoals het vismeel, storend werken op de eetlust van de tongen.

3. TWEEDE PROEFPERIODE

In deze proefperiode werden twee experimenten uitgevoerd. Bij het eerste experiment werd de groei van kleine tongen bepaald op verschillende diëten. Het tweede experiment verschaft inzicht in de relatie tussen voedselniveau en de groei van de tongen.

3.1 Eerste experiment, enkele voederproeven met kleine tongen

3.1.1 Inleiding

In dit experiment werd het antwoord gezocht op een aantal vragen:

a. Uit de proeven in de eerste proefperiode bleek het kunstvoer met de meest gunstige resultaten (standaardvoer en standaardvoer met visolie) nog geen optimale samenstelling te hebben. Met name verhoging van het eiwitgehalte zou mogelijk tot betere resultaten kunnen leiden. De beste groei van de tongen kan verwacht worden op natuurlijk voedsel.

Uit de resultaten van de experimenten van Fonds (1975) blijkt dat bij tongen van 15 cm,met mosselvlees gevoerd in asbest-beton bakken, bij een watertemperatuur van 20°C, een specifieke groeisnelheid van 1,68 en een lengtegroei van 2 cm/maand mogelijk is (zie figuur 5). Deze groeisnelheden hebben echter betrekking op een aantal snel groeiende tongen. Gemiddeld werd een lengtegroei van ca 1,3 cm/maand en een specifieke groeisnelheid van ±`0.90 bij 20°C gemeten. Toch blijven de groeiresultaten van tongen,

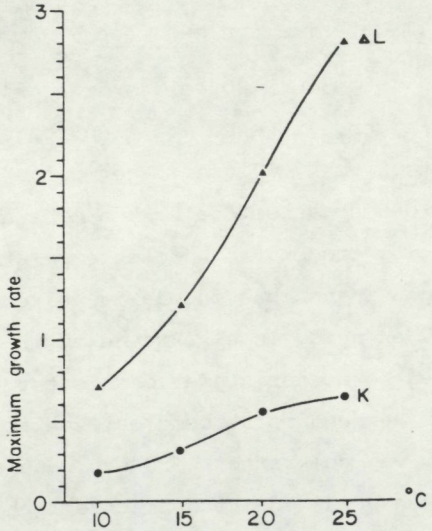


Fig. 5. De relatie tussen de waargenomen maximale groeisnelheid (ΔL in cm/maand, K als d ln W per maand) en de watertemperatuur.

gevoerd met kunstvoer achter bij die met natuurlijk vers voedsel. Wordt dit veroorzaakt door de huisvesting, de gebruikte tongen of het kunstvoer?

b. Het garnalenmeel wordt gemaakt uit gekookte garnalen. Koken leidt tot precipitatie van eiwitten. Is hierdoor het eiwit van de semi-moist pellets complexer en moeilijker verteerbaar dan dat van verse garnaal?

c. Gist is zeer rijk aan vitaminen (B-complex, folinezuur, panthoteinzuur en choline) en bevat een redelijk hoog eiwitgehalte (± 45% op d.s.-basis). Het staat dan ook bekend om zijn stimulerende werking op de groei van vissen. Kan door het toevoegen van gist aan het standaardvoer de groeisnelheid van de tongen verhoogd worden?

d. Agar staat bekend als een dure maar zeer goede binder. Is de stabiliteit van de pellets door het toevoegen van agar te verbeteren? En leidt dit tot een betere voedselopname?

3.1.2 Materiaal en methoden

Vier plastic kratjes (60 x 50 x 20 cm) en drie asbest-beton bakken (120 x 60 x 30 cm) werden elk bezet met tien tongen, variërend in grootte van 9 tot 13 cm (7-17 gram). Met een verwarmingselement van 75 Watt werden de asbestona bakken op een temperatuur van $\pm$ 20°C gehouden (er traden vrij grote temperatuurfluctuaties op). De kratjes hingen in een bassin waarin de temperatuur nauwkeurig op 20°C gehouden werd. In elk kratje en in elke bak werd er belucht m.b.v. een borrelaar zonder ozonisator. Zowel kratjes als asbestona bakken werden doorstroomd met zeewater. Op de gladde plastic bodem van de kratjes werd een zandlaag aangebracht. In de asbestona bakken werden de tongen echter gehouden zonder zandlaag op de bodem, omdat de korrelige structuur van de ruwe bodem mogelijk voldoende is om stress bij de tongen te voorkomen.

Asbestbak 1. Deze tien tongen kregen elke namiddag een portie mosselvlees. Het verse mosselvlees werd uit de schelpen gehaald, fijngesneden, schoongespoeld en tussen doeken gedroogd. Er werd een overmaat gevoerd. Na een dag werd het niet opgegeten voer uit de bak gehaald, gedroogd in de droogstoof en teruggewogen. Van zowel gevoerde mossel als het restant niet opgegeten voer is steeds het d.s.-gehalte bepaald. Gedurende de nacht lost ca 15% van de mossel in water op (Fonds & Saksena, 1979). Hiermee werd bij de berekening van de hoeveelheid opgegeten voedsel rekening gehouden.

Asbestbak 2. Dezelfde procedure werd gevolgd met gesneden verse garnaal. Er werd echter voor garnaal geen correctiefactor bepaald voor de hoeveelheid in water opgelost voer.

Asbestbak 3. Hierin werden de tongen 's morgens (ca 9.00 uur) en 's avonds (ca 21.00 uur) gevoerd met moist pellets van standaardvoer met een veranderd vetzuurgehalte (S81-10). Aangezien dit voer in de eerste proefperiode de beste resultaten opleverde, werd in de daaropvolgende twee proefperioden gewerkt met dit voer. Wat in de rest van het verslag aangeduid zal worden met de algemene term "kunstvoer".

Kratje 1. Hierin werd gevoerd met luchtgedroogde garnalen waaraan gist is toegevoegd (20%). Aangemaakt met iets water kunnen hieruit m.b.v. een gehaktmolen semi-moist pellets gedraaid worden. Het luchtdrogen van de garnalen was vrij problematisch, doordat in de garnalen snel rottingsprocessen optraden. Het drogen moest daarom snel en effectief gebeuren, terwijl er toch tijdens het droggn een donkerkleuring van de garnalen plaatsvond.

Kratje 2. Kunstvoer (S81-10) werd met gist gemengd (20%) en juist zoveel water toegevoegd dat er een vrij redelijke waterstabiele pellet van gemaakt kon worden.

Kratje 3. Het meelvoeder werd aangemengd met een agaroplossing (3%). Uit het mengsel konden semi-moist pellets gemaakt worden, die aan de tongen gevoerd werden.

Kratje 4. De tongen werden gevoerd met het kunstvoer (S81-10).

Tabel 8. Samenstelling van het voedsel(-componenten).

	mossel	garnaal	kunstvoer	gist
% d.s.	20.1-28.0	22.2	57.8	-
% r. eiwit in d.s.	65.9-73.6	66.7	35.5	45
% r. vet in d.s.	7.0-12.8	4.5	7.1	7
% as in d.s.	8.8-10.9	20.7	12.6	6
Ca:P	0.1	4.9	5.2	-

Evenals bij het vorige experiment werden de toegevoegde hoeveelheden water bij het maken van de pellets, empirisch bepaald. Het d.s.-gehalte van de droogvoerpellets was ongeveer 60% bij alle gebruikte voeders. In de laatste dagen van het experiment ontstonden er in de asbest bak waarin verse garnaal gevoerd werd problemen als gevolg van een ziekte. De tongen kregen aan de rugzijde grijze plekken en de kieuwen werden bloederig. Zeer snel na het zichtbaar worden van de ziekteverschijnselen stierven vier van de tien tongen. Dit vond plaats korte tijd voor het beëindigen

Tabel 9. Meetgegevens van de tongen aan het begin en aan het eind van het experiment.

bak en voeder	aantal vissen n	Σ voer gram d.s.	Start van het experiment			Eind van het experiment		
			$\bar{L}b \pm s.a.$	$\bar{W}b \pm s.a.$	$\bar{W}b^{0.8} \pm s.a.$	$\bar{L}e \pm s.a.$	$\bar{W}e \pm s.a.$	$\bar{W}e^{0.8} \pm s.a.$
asbestbak 1 (mossel)	9	80.8[1)]	10.6±0.9	9.2±3.1	5.9±1.6	12.1±1.5	15.0±5.8	8.6±2.7
asbestbak 2 (garnaal)	9	103.3[1)]	11.3±0.9	11.8±3.8	7.1±1.9	12.0±1.4	15.1±6.1	8.6±2.9
asbestbak 3 (kunstvoer)	8	125.3	12.3±1.2	14.4±4.4	8.4±2.1	11.9±1.3	15.8±6.3	9.0±2.8
kratje 1 (gedroogde garnaal met gist)	8	137.2	10.6±0.8	13.2±3.9	7.8±1.9	13.0±1.5	21.9±8.4	11.7±3.6
kratje 2 (kunstvoer met 20% gist)	10	152.2	10.8±1.0	9.8±2.8	6.1±1.3	11.9±1.3	15.4±5.4	8.8±2.5
kratje 3 (kunstvoer met agar)	10	155.2	10.6±0.8	9.5±2.4	6.0±1.4	11.5±0.6	14.1±5.4	8.3±1.2
kratje 4 (kunstvoer)	10	134	11.1±1.2	10.9±3.7	6.7±1.9	12.5±1.4	16.8±6.6	9.4±3.1

1) Dit is de door de tongen opgegeten hoeveelheid voedsel. Bij mossel werd bovendien gecorrigeerd voor het gedeelte van het voer dat in het water oplost (15%).

van het experiment, daarom werden de resultaten van deze vier tongen toch in de berekeningen verwerkt.

In de andere bakken en kratjes trad op drie gevallen van staart- en vinrot na, geen grote sterfte op. Wel zagen vier tongen kans uit de asbestona bakken te springen.

3.1.4 Discussie en conclusies

In tabel 11 is de groei van de tongen voor de verschillende bakken en kratjes weergegeven. Alle diëten werden goed gegeten behalve het kunstvoer in de asbestona bak 3. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de lage bezettingsdichtheid in deze bakken. Tien tongetjes van elk $\pm$ 14 gram werden gehouden op een oppervlak van 0.72 m^2, d.w.z. een bezettingsdichtheid van 0.2 kg/m^2. Door deze geringe bezettingsdichtheid kunnen de tongen moeite gehad hebben om het voedsel op te sporen voordat de pellets uiteenvielen en niet meer aantrekkelijk waren. Gesneden verse mossel en garnaal, die ook in astbestona bakken gevoerd werden, blijven voor de tongen lange tijd eetbaar omdat vers, natuurlijk voedsel langer stabiel blijft in het water. De tongen die mossel en garnaal kregen vertoonden dan ook een goede voedselopname.

Zoals te verwachten was vertonen de tongen gevoerd met mosselvlees een goede gewichtsaanwas en een grote lengtegroei. Waarschijnlijk als gevolg van de ziekte die optrad is de groei van de tongen gevoerd met verse garnaal beneden de verwachtingen gebleven.

De groepen gevoerd met mossel en verse garnaal vertoonden een relatief sterke lengtegroei t.o.v. de gewichtsgroei. Vergeleken met de conditiefactoren van de tongen gevoerd met moist-pellets zijn de conditiefactoren bij vers voedsel daardoor relatief laag. Mossel heeft een kleine Ca:P ratio (zie tabel 8). Bij het eerste experiment bleek een kleine Ca:P ratio kennelijk de aanwas van beenweefsel te stimuleren, waardoor de lengtegroei toeneemt.

Verse garnaal heeft een hoge Ca:P ratio, maar het meeste calcium bevindt zich in de vellen van de garnalen, die de tongen grotendeels niet opeten. Het wel opgegeten garnalenvlees zal daardoor een lagere Ca:P ratio hebben. Wanneer de tongen pellets

Tabel 10. Rantsoen, groei en voedselconversie

bak en voeder	rantsoen		voederconversie voer (gds)	groei				$K^{2)}$
	gds % $Wdag^{-1}$	gds % $W^{0.8}dag^{-1}$	groei(g vers)	% groeiers (>0.1cm/mnd)	ΔL	α	β	
bak $1^{1)}$ (mossel)	2.27	4.16	1.54	100	1.5	1.47	2.09	1.06
bak $2^{1)}$ (garnaal)	2.45	4.10	3.27	100	0.7	0.75	1.16	1.07
bak 3 (kunstvoer)	3.14	5.46	11.21	50	-0.3	0.28	0.46	1.17
kratje 1 (luchtgedroogde garnaal en gist)	2.96	5.34	1.93	100	1.2	1.53	2.37	1.22
kratje 2 (kunstvoer en gist)	3.74	6.28	2.69	100	1.1	1.39	1.99	1.15
kratje 3 (kunstvoer en agar)	3.99	6.58	3.35	90	0.9	1.19	1.38	1.23
kratje 4 (kunstvoer)	3.10	6.70	2.92	100	1.0	1.06	1.03	1.17

1) Rantsoen en v.c. hebben niet betrekking op de hoeveelheid gevoerd maar op de hoeveelheid gegeten voer.

2) Voor het berekenen van de conditiefactor werd de relatie gewicht-lengte aan het begin van het experiment bepaald: $W = 0.0052L^{3.15}$.

eten die uit garnalenmeel bestaan, worden de vellen die door het voer gemalen zijn wèl gegeten. Welliswaar bestaan de faeces dan vnl. uit stukjes onverteerbaar vel (chitine), maar er is vermoedelijk in het maag-darmkanaal dan toch relatief veel Ca opgenomen.

Opvallend zijn de bijzonder goede resultaten die bereikt worden met de twee diëten die gist bevatten. Met name het voer dat bestaat uit luchtgedroogde verse garnaal met 20% gist geeft een goede lengtegroei en een prima gewichtsaanwas, die de aanwas bij de tongen gevoerd met mossel overtreft.

Het verschil in groeisnelheid tussen de diëten bestaande uit luchtgedroogde verse garnaal met gist en standaardvoer met gist kan veroorzaakt zijn door twee factoren, namelijk:

a. luchtgedroogde verse garnaal heeft vermoedelijk een betere voederwaarde (eiwit hogere biologische waarde) dan garnalenmeel;
b. luchtgedroogde verse garnaal is vermoedelijk smakelijker voor de tongen dan garnalenmeel, waardoor een grotere voedselopname en betere groei.

Door het toevoegen van agar als bindmiddel aan het voer ontstaat er een "stijve" pellet (minder "gummi-achtig"). De stabiliteit in zeewater is ook beter dan van standaardvoer. Doch de groeisnelheden die tongen op dit voer vertonen zijn niet beter dan met standaardvoer.

In de asbestona bakken was er geen zandlaag op de bodem aanwezig zodat de tongen zich niet met zand konden bedekken. Op een gladde polyester bodem veroorzaakt dit allerlei stress-verschijnselen. Doordat de bodem in de asbestona bakken tamelijk ruw is, zou het misschien mogelijk zijn tongen zonder extra stress-verschijnselen op een niet met zand bedekte bodem te houden. Met een zandlaag op de bodem vindt er vaak ophoping plaats van faeces en voedselresten, waardoor vervuiling van het water sneller optreedt.

Tijdens het experiment bleek niet duidelijk of de tongen aan extra stress blootstaan op een ruwe betonbodem. Het optreden van de ziekte bij de tongen gevoerd met verse garnalen en de

slechte voedselopname in de asbestona bak waarin kunstvoer werd gevoerd, zouden een gevolg kunnen zijn van stress. Bij stress is ook de kans op BPN vergroot (McVicar & White, 1979). Daartegenover staat dat het gedrag van de tongen in de asbest bakken niet merkbaar verschilde van het gedrag van de tongen in de kratjes. Ook de goede groei van de tongen die gevoerd werden met mosselvlees in een asbestona bak doet vermoeden dat er geen sprake was van extra stress bij de tongen, als gevolg van het ontbreken van een zandlaag op de bodem.

Resumerend kan worden opgemerkt:

a. Gist gemengd door het voer geeft goede resultaten. De groei van tongen gevoerd met kunstvoer dat gist bevat doet niet onder voor de groei van de tongen gevoerd met vers natuurlijk voedsel.
b. Toevoeging van agar aan het standaardvoer geeft weliswaar een in zeewater stabielere pellet, doch de groei van de tongen gevoerd met dit voer is niet verbeterd t.o.v. standaardvoer.
c. Met verse mossel als voer vertonen de tongen een prima groei. Met name de lengtegroei is relatief groot, waarschijnlijk als gevolg van de lage Ca:P ratio.
d. Door het koken van de garnalen bij de bereiding van garnalenmeel, neemt mogelijk de smakelijkheid of de voedingswaarde van het voer af. De groei van tongen gevoerd met luchtgedroogde garnalen is beter dan met kunstvoer (beide met gist).
e. Tijdens het experiment is niet duidelijk gebleken of het toepassen van een ruwe bodem (asbest-beton e.d.) vooral op de langere termijn geen nadelige gevolgen heeft voor de gezondheid, de eetlust en de groei van de tongen.

3.2 Tweede experiment, de relatie voedselniveau-groei

3.2.1 Inleiding

Een proef waarbij de groei van de vissen wordt bepaald bij verschillende rantsoenen, kan inzicht verschaffen in de benutting van het voedsel door de vissen.

Een maximale groeisnelheid wordt bereikt bij een bepaald

voederniveau, het "maximale rantsoen". Bij hogere voederniveaus kan de groeisnelheid afnemen of constant blijven. Beide typen rantsoen groeicurven zijn bij vissen aangetoond.

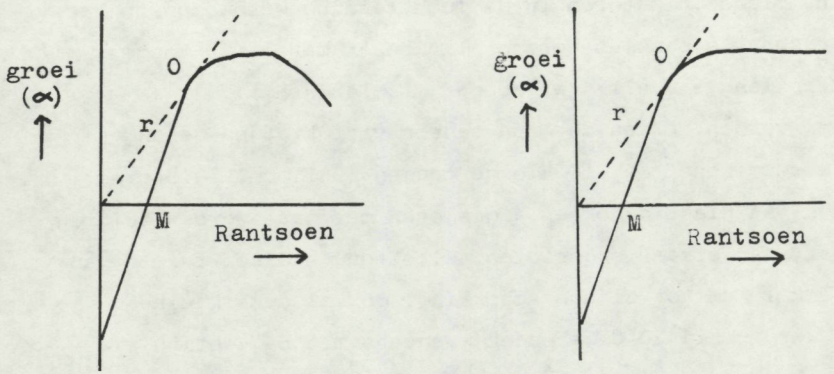


Fig. 6. De twee mogelijke rantsoen-groeicurves.

Bij het optimale voederniveau is de voedselconversie minimaal, d.w.z. dat het voedsel het meest efficient in lichaamsweefsel wordt omgezet. Het optimale voedselniveau (0) kan bepaald worden door de raaklijn (r) aan de curve uit de oorsprong te trekken, in dit raakpunt begint de rantsoengroeicurve af te buigen.

In het snijpunt van de curve met de x-as (M) is de specifieke groeisnelheid nul, d.w.z. de vissen eten nog wel maar groeien niet. Door dit onderhoudsniveau (maintenance level) te bepalen is het mogelijk de bruto produktie-efficiency bij de verschillende voederniveaus te berekenen.

De analyse van de lichaamssamenstelling van de tongen geeft een indruk van de efficiency waarmee r-eiwit, r-vet en as bij de verschillende voedselniveaus omgezet wordt in lichaamsweefsel. Aangezien het standaardvoer waaraan visolie toegevoegd was (S81-10) in de vorige proefperiode de beste groei gaf, werd ook in dit experiment dit dieet gebruikt (aangeduid met "kunstvoer").

3.2.2 Materiaal en methode

Zes grote bassins werden ingericht zoals bij het eerste experiment. De afdekking werd echter vervangen door een raamwerk waarover een fijnmazig net gespannen werd. Bovendien werd het fijne zand

op de bodem vervangen door grof zand (korrelgrootte 1-3 mm), dat minder snel vervuild raakte.

De temperatuur werd op 20°C gehouden, de doorstroming was ca 4 l/min. Via ozonisatoren in de luchtleiding werd ozon in het water gebracht. De bassins werden alle bezet met ca 25 tongen, variërend in lengte van 13 tot 26 cm (15-140 gram).

Tevens werden in een zevende bassin vijf kratjes gehangen. Elk kratje werd bezet met 10 kleine tongen (9-13 cm, 5-15 gram). In een doos van plastic hokjes afgesloten met gaas werden twintig tongen apart van elkaar opgesloten. Elke tong had een ruimte van ca 10 x 10 x 10 cm tot zijn beschikking. Ook al deze kleine tongetjes werden bij 20°C gehouden eveneens met beluchting via een ozonisator.

Het voedsel werd wederom in twee porties per dag verstrekt, 's morgens (ca 9.00 uur) en 's avonds (ca 21.00 uur). Zowel in de kratjes als in de vijf bassins van de zes bassins werden verschillende voederniveaus aangehouden. De tongen in één van de grote bassins, en de kleine tongetjes die ieder afzonderlijk opgesloten zaten in de doos met vakken kregen geen voedsel. De proefperiode duurde 33 dagen (26 mei tot 28 juni). Het as-gehalte van de pellets werd regelmatig bepaald. Aan het begin en aan het eind van het experiment werden weer enkele tongen opgeofferd voor de Weende-analyse, die uitgevoerd werd bij de SWO te Putten. Voor de verwerking van de gegevens werd dezelfde werkwijze gebruikt als bij het eerste experiment.

3.2.3 Resultaten

De gemiddelde waarden en de standaard afwijkingen van de meetgegevens verzameld bij dit experiment zijn weergegeven in tabel 12. Naast de groeiresultaten van de tongen in de bassins en kratjes zijn tevens de resultaten van B. Drinkwaard in de tabel opgenomen (deze betreffen metingen van groei bij verschillende rantsoenen standaardvoer).

De mortaliteit gedurende de proefperiode was gering. Alleen in het bassin waarin een voederniveau van 1.11 gram d.s.% $Wdag^{-1}$

aangehouden werd, trad enige sterfte op als gevolg van waarschijnlijke BPN en staart- en vinrot, de mortaliteit bedroeg 0.5% per dag. In de overige bassins trad vrijwel geen sterfte op, de mortaliteit was niet meer dan 0.1% per dag. Wel ontstonden er problemen toen bleek dat enkele tongen kans gezien hadden via de afvoerpijp in het filter te komen.

Interessant is het feit dat de standaardafwijking van het gemiddelde eindgewicht van de tongen in de meeste gevallen toeneemt bij een hogere voedergift. Waarschijnlijk ontstaan er grote verschillen in groeisnelheid bij hogere voederniveaus als gevolg van een grotere variatie in voedselopname. Blijkbaar benutten niet alle tongen bij hogere voederniveaus het extra voer. Het optreden van verschillen in voedselopname zou men eerder verwachten bij lagere voedselniveaus (bijv. als gevolg van concurrentie).

De resultaten van de Weende-analyses zijn weergegeven in tabel 13. Het aantal tongen dat voor de analyses gebruikt werd was vrij gering. Hierdoor komen de gemiddelde gewichten van de proefmonsters voor Weende-analyse niet geheel overeen met de gemiddelde gewichten van de tongen in de bijbehorende bassins of kratjes.

Met name bij de hogere voederniveaus treden er grote verschillen op in individuele groeisnelheid van de tongen. Voor het doen van betrouwbare uitspraken over de lichaamssamenstelling van de tongen bij de verschillende voederniveaus zouden daarom een groter aantal tongen geanalyseerd moeten worden dan bij de experimenten het geval was.

Om een betere en betrouwbaarder analyse uit te kunnen voeren werden de tongen van de twee hoogste voederniveaus gezamenlijk geanalyseerd (tongen uit de bassins en uit de kratjes weliswaar gescheiden).
Ditzelfde werd gedaan bij de twee, op het hongerniveau na, laagste voederniveaus.

De calorische waarde van de vissen werd indirekt via het eiwit- en vetgehalte berekend. Hiervoor werd aangenomen dat 1 gram r. eiwit overeenkomt met 5.65 kcal en 1 gram r. vet met 9.45 kcal. Deze twee calorische waarden worden veel toegepast om de

Tabel 12. Meetresultaten bij het begin en aan het eind van het experiment.

	n	Σ voer gram d.s.	Start van het experiment			Eind van het experiment		
			$\bar{L}b \pm s.a.$	$\bar{W}b \pm s.a.$	$\bar{W}b^{0.8} \pm s.a.$	$\bar{L}e \pm s.a.$	$\bar{W}e \pm s.a.$	$\bar{W}e^{0.8} \pm s.a.$
grote tongen in de bassins	21	-	17.0±2.7	43.8±20.5	20.2±7.7	16.9±2.5	27.6±17.5	17.9±6.6
	24	245	17.6±3.1	49.9±27.1	22.3±9.6	17.8±3.1	49.9±27.5	22.3±9.9
	19	406	17.5±3.5	48.1±28.3	21.6±10.4	18.0±3.7	54.6±32.8	24.8±11.7
	24	738	17.4±3.2	49.6±31.3	22.0±11.1	18.5±3.2	65.1±38.1	27.0±13.6
	21	1121	18.0±3.5	55.8±33.7	24.3±11.9	19.1±3.3	71.8±40.3	29.8±13.4
	23	1366	17.6±3.0	49.9±27.1	22.3±9.7	19.0±3.0	70.4±33.7	29.5±11.4
kleine tongen in kratjes	16	-	12.1±2.5	16.4± 9.9	9.1±4.6	12.0±2.5	14.2± 8.8	8.1±4.2
	10	36	10.7±1.0	9.4± 2.8	6.0±1.4	11.1±1.1	10.6± 3.3	6.6±1.6
	9	54	11.0±0.9	9.8± 2.6	6.2±1.3	11.4±1.2	13.4± 5.3	7.4±2.2
	10	101	11.5±1.5	12.2± 4.8	7.3±2.3	12.5±1.8	18.0± 7.8	10.0±3.5
	10	134	11.1±1.2	10.9± 3.7	6.7±1.9	12.5±1.4	16.8± 6.6	9.4±3.1
	10	139	10.2±0.7	8.0± 1.7	5.3±0.9	11.2±0.9	11.8± 3.0	7.2±1.5
berekend uit de resultaten van B. Drinkwaard	40	-	10.6±1.1	8.8± 3.3	5.7	10.5±1.1	7.7± 3.0	5.1
	46	133	10.4±1.1	8.2± 3.1	5.4	10.9±1.1	9.7± 3.5	6.2
	50	331	40.6±1.1	8.5± 3.2	5.5	11.5±1.1	12.0± 4.3	7.3
	43	431	10.5±1.1	8.1± 2.7	5.3	11.4±1.2	11.2± 4.2	6.9
	46	641	10.4±1.1	8.3± 3.4	5.4	11.4±1.2	12.2± 4.6	7.4

Tabel 13. De lichaamssamenstelling van de tongen bij de rantsoen-groeiproeven.

Rantsoen	Aantal vissen	W_{vers} (gram)	% ds	samenstelling als %Wdrg			Cal per gram d.s.
				%r.eiwit	%r.vet	% as	
grote tongen							
0	2	49.3	22.9	80.1	5.8	17.3	5076
1.92	2	98.3	23.9	76.6	11.3	14.5	5394
3.87	2	88.1	23.9	74.5	12.6	15.6	5671
6.19	3	80.0	24.1	77.3	13.0	13.8	5576
start exp.	8	48.3	24.4	76.2	14.3	12.3	5663
kleine tongen							
0	14	10.8	21.8	75.5	8.0	18.4	5013
2.02	8	17.2	22.3	77.1	9.6	15.0	5248
3.53	3	16.1	23.5	76.0	11.9	13.7	5427
6.78	8	21.2	23.2	77.1	12.5	13.5	5536
start exp.	8	16.0	22.8	77.8	11.1	14.1	5422
Bas Drinkwaard							
0	13	7.0	20.8	76.8	6.2	17.0	4846
1.79	12	9.4	22.1	77.0	10.0	13.0	5287
3.68	10	11.5	23.2	77.1	10.3	12.6	5337
5.92	10	11.3	22.3	76.2	11.7	12.4	5409
7.43	10	12.4	23.0	76.9	11.3	11.8	5416
start exp.	30	8.0	22.3	78.4	6.9	14.7	4852

energetische waarde van het voer te bepalen. Elliot (1976) vond geen significant verschil tussen de op deze wijze indirekt berekende calorische waarde van beekforellen en direkte bepalingen volgens een z.g. natte oxidatie methode. We mogen daarom aannemen dat de hier gebruikte methode ook een goede benadering geeft van de energetische waarde van het lichaam van de tong.

3.2.4 Discussie en conclusies

Tabel 14 toont de groei, de voederconversies en de conditiefactoren van de tongen bij de verschillende voederniveaus. In fig. 7 is grafisch het effect van de rantsoengrootte op de specifieke groeisnelheid weergegeven. Hierbij zijn de gegevens van de kleine tongen in de kratjes gecombineerd met de resultaten van B. Drinkwaard tot één curve (de gemiddelde visgewichten komen redelijk overeen).

Bij hogere voederniveaus vertonen de kleine tongen een betere groei dan de grote tongen. Het optimale voederniveau wordt gevonden door een raaklijn vanuit de oorsprong te trekken. Voor de kleine tongen is het optimale voederniveau 1.8 gds % $Wdag^{-1}$, voor de grote tongen 1.6 gds % $Wdag^{-1}$. Bij dit voederniveau wordt het voedsel het meest efficient omgezet in groei, d.w.z. dat de voedselconversie in dit punt minimaal is.

In fig. 8 is het verband tussen de rantsoengrootte (gds voer % $Wdag^{-1}$) en de voedselconversie aangegeven. Bij een bepaalde voedergift hebben de kleinere tongen een gunstiger voedselconversie. De vertering van het voedsel is efficienter bij kleinere tongen. Bovendien neemt de voedselconversie bij kleinere tongen minder snel toe wanneer het voedselniveau sterk van het optimale rantsoen afwijkt.

Bij voederniveaus kleiner dan het optimum rantsoen is de relatie rantsoen-specifieke groeisnelheid vrijwel lineair. Hierdoor is het mogelijk voor beide curves het snijpunt met de x-as te berekenen. In dit punt (het onderhoudsniveau of "maintenance-level") neemt het lichaamsgewicht van de tongen toe noch af. Groei vindt niet plaats, de lichaamssamenstelling kan zich echter

wel wijzigen.

Ook uit de gegevens van Fonds en Saksena (1979),die de groei van tongen gevoerd met mosselvlees bepaalden, kan men op deze wijze een maintenance-niveau berekenen:

kleine tongen: $\alpha = 0.8515R - 0.4475 (r = 0.990)$ (1)

onderhoudsniveau = 0.5256 gds %Wdag^{-1}

grote tongen: $\alpha = 0.7918R - 0.4734 (r = 0.999)$ (2)

onderhoudsniveau = 0.5979 gds %Wdag^{-1}

Fonds & Saksena: $\alpha = 2.039R - 0.4840 (r = 0.999)$ (3)

onderhoudsniveau = 0.2375 gds %Wdag^{-1}

Uit de richtingscoëfficient en het onderhoudsniveau blijkt de rantsoen-groeicurve bij het voeren van mossel 2.2 tot 2.3 maal

Tabel 14. Rantsoen, groei, voedselconversie en conditiefactoren bij de verschillende voederniveaus.

Rantsoen		v.c.	Groei			K[1)]
gds %Wdag^{-1}	gds %W$^{0.8}$dag^{-1}		ΔL	α	β	
Grote tongen in bassins						
0	0	-	-0.2	-0.46	-1.10	0.88
0.61	1.36	61.0	0.2	0.01	0.00	0.96
1.11	2.47	3.36	0.4	0.33	0.80	0.99
1.62	3.87	1.98	1.0	0.82	1.63	1.10
2.36	5.55	3.15	1.0	0.75	1.54	1.10
2.96	6.83	2.93	1.3	1.01	2.00	1.12
kleine tongetjes in kratjes						
0	0	-	-0.1	-0.48	-0.83	0.88
1.08	1.72	3.00	0.4	0.36	0.55	0.99
1.47	2.32	2.01	0.4	0.73	1.40	1.07
2.02	3.53	1.74	0.8	1.16	1.79	1.15
3.10	6.79	2.92	1.0	1.06	1.93	1.17
4.24	6.76	3.96	1.0	1.15	1.65	1.09
berekend uit de resultaten van Drinkwaard						
0	0	-	-0.1	-0.48	-0.76	
1.16	1.79	1.93	0.5	0.60	0.88	
2.31	3.68	1.86	0.9	1.24	1.30	
3.74	5.92	3.22	0.9	1.16	1.66	
4.65	7.43	3.25	1.0	1.39	1.96	

1) De relatie gewicht-lengte aan het begin van het experiment was: $W = 0.0052\ L^{3.15}$ (klein)
$W = 0.0046\ L^{3.21}$ (groot)

sterker te stijgen. Eén gram drooggewicht mossel geeft een even grote groei als 2-3 gram drooggewicht kunstvoer (voederniveau beneden optimaal). De efficiency van het kunstvoer t.o.v. mosselvlees is 30-50% op d.s.-basis. Dit is niet verwonderlijk aangezien het kunstvoer een grote fractie onverteerbaar materiaal bevat. Het eiwit- en vetgehalte van mossel is hoger dan die van kunstvoer.

Paloheimo en Dickie (1965) stelden een model op dat geldig is wanneer de groeisnelheid bij voedselniveaus boven het maximale rantsoen afneemt. Volgens dit model is er voor supra optimale rantsoenen een lineair verband tussen de logaritme van de conversie efficiency (K_1) en het voedselniveau:

$$K_1 = \frac{1}{vc} = \frac{\text{gewichtsaanzet (gram)}}{\text{rantsoengrootte(gram d.s.)}}$$

In dit model is er sprake van de geconsumeerde hoeveelheid voedsel. Bij de tongen treedt er met name bij de hogere voedselniveaus tamelijk veel vermorsing van voedsel op. Toch kan m.b.v. dit model vergelijkingen voor de rantsoen-groeicurves opgesteld worden die redelijk overeenkomen met de gevonden meetpunten. In de figuren 9 en 10 is deze relatie tussen de conversie-efficiency en de rantsoengrootte voor kleine en grote tongen weergegeven. De conversie-efficiency is maximaal bij de optimale rantsoengrootte. Bij grotere voedergiften is er, vooral bij de kleine tongen, een duidelijk negatief lineair verband. In het gebied waar K_1 exponentieel met het voederniveau (R) afneemt is het mogelijk m.b.v. lineaire regressie een verband tussen K_1 en R te geven:

grote tongen: $\ln K_1 = -0.287R - 0.315 \quad (r = 0.768)$

$$\rightarrow \alpha = R/e^{0.287R+0.315} \qquad (4)$$

maximale groei als: $R = 0.287 = 3.48$ gds %Wdag^{-1}

kleine tongen: $\ln K_1 = -0.295R - 0.011 \quad (r = 0.929)$

$$\rightarrow \alpha = R/e^{0.295+0.011} \qquad (5)$$

maximale groei als $R = \frac{1}{0.295} = 3.39$ gds %Wdag^{-1}

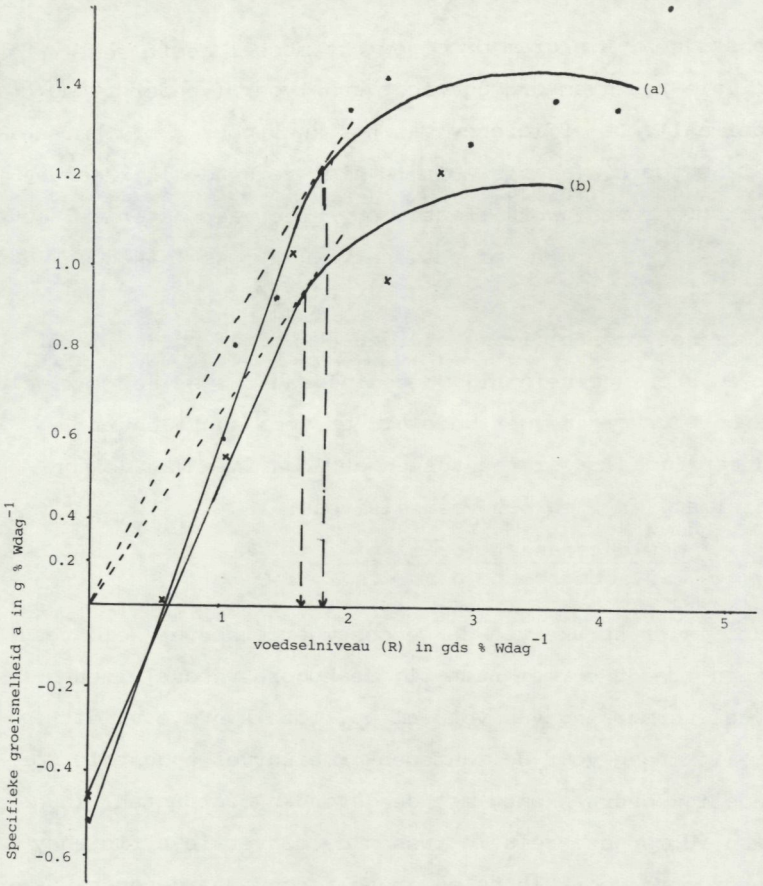


Fig. 7. De relatie voederniveau en specifieke groeisnelheid. (a) . . . . meetpunten 12-grams tong, (b) x x x x meetpunten 50-grams tong.

De redelijke correlatie bij de kleine tongen is een aanwijzing dat het model van Paloheimo & Dickey geldig is en dat de rantsoen-groeicurve inderdaad een maximum vertoont. Deze curve kunnen we bij de kleine tongen beschrijven met vergelijking (1) voor voedselgiften onder het optimale rantsoen en vgl. (5) voor boven het optimale rantsoen. Idem voor de grote tongen met respectievelijk vgl. (2) en (4).

In fig. 11 is de specifieke groeisnelheid en de rantsoen-grootte uitgedrukt als % $W^{0.8}$ dag^{-1} weergegeven. Zoals te ver-

wachten overlappen de curves voor de grote en kleine tongen elkaar vrijwel geheel, daarom is een gezamenlijke curve weergegeven.

Het optimale voederniveau in gram droge stof per dag, bepaald m.b.v. een raaklijn vanuit de oorsprong, is 3.2% $W_{vis}^{0.8}$. Het onderhoudsniveau is 1.1% $W_{vis}^{0.8}$.

$\alpha = 0.717 \times R - 0.795$ $(r = 0.968)$ (6)

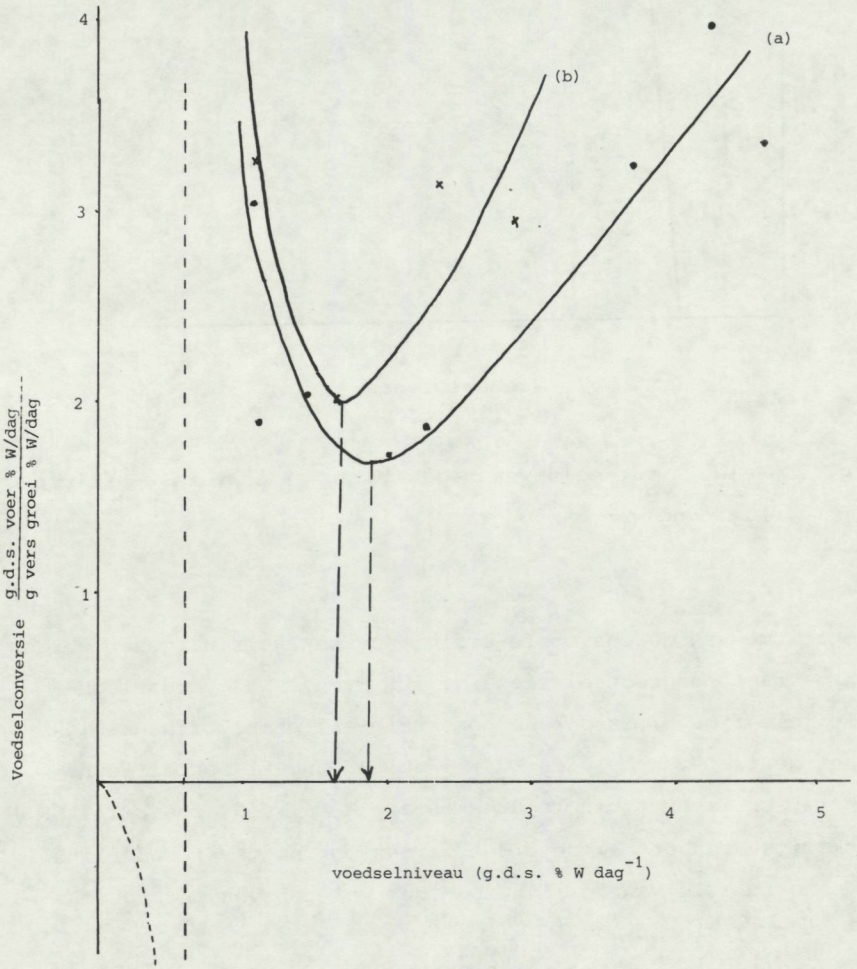


Fig. 8. Verband tussen het voedselniveau en de voederconversie bij 12-grams tongen (a) en 50-grams tongen (b).

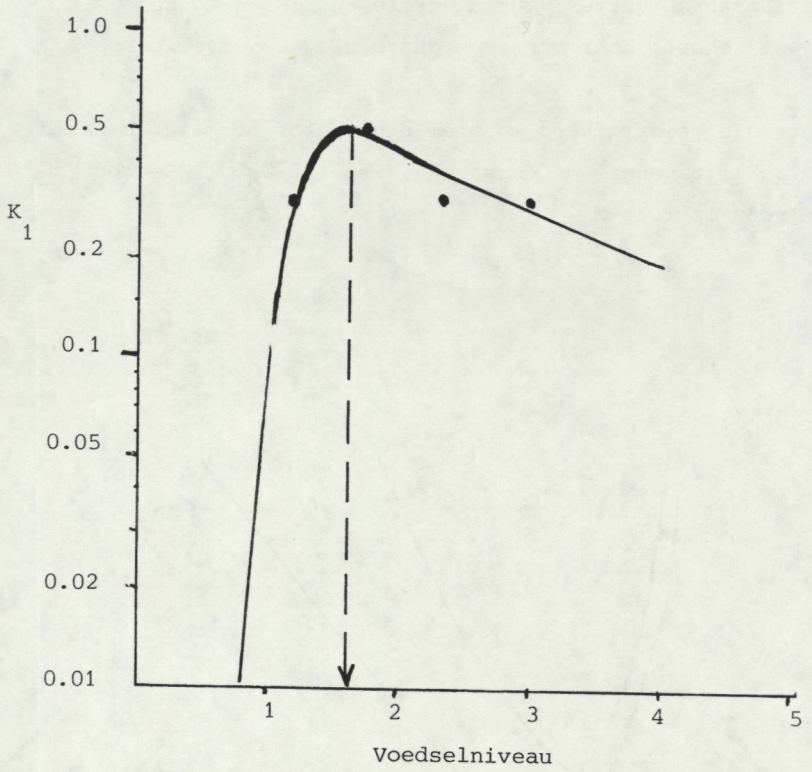


Fig. 9. Relatie voedselniveau (gds %Wdag^{-1}) conversie-efficiency bij tong van ca 50 gram.

De logaritme van de conversie-efficiency kan weer uitgezet worden tegen de rantsoengrootte, zie fig. 10. Evenals de voedselconversie (zie fig. 8) is ook de conversie-efficiency afhankelijk van het gewicht van de vis ($K_1 = 1/vc$). K_1 heeft echter geen dimensie, en is niet uit te drukken als % $W^{0.8}$dag, dus blijft K_1 afhankelijk van het gewicht. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de correlatie van de lijn door de punten boven het optimumrantsoen vrij slecht is.

$$\ln K_1 = -0.138\ R - 0.382 \quad (r = 0.8712) \qquad (7)$$

$$\rightarrow \alpha = R/e^{0.138\ R + 0.382}$$

maximale groei als R (d.s.) $= \frac{1}{0.138} = 7.27\%\ W^{0.8}dag^{-1}$

Met de vergelijkingen (6) en (7) is de rantsoen-groeicurve te beschrijven, die in principe, onafhankelijk van de grootte van de vis is.

Echter het d.s.-gehalte van de tongen is zowel afhankelijk van de visgrootte als het voedselniveau. Een betere indruk van de benutting van het voer bij de verschillende voedselniveaus wordt daarom verkregen, wanneer groei en rantsoengrootte uitgedrukt worden in respectievelijk: gds-gewichtsaanwas en gds-voer als % $W^{0.8}$/dag. Dit is in fig. 13 weergegeven:

$\alpha = 0.167\ R - 0.1456$ (n = 11, r = 0.975)

onderhoudsniveau = 0.874 gds % $W^{0.8}$ dag^{-1}

Paloheimo & Dickie: $\alpha = R/e^{0.1718R+1.468}$

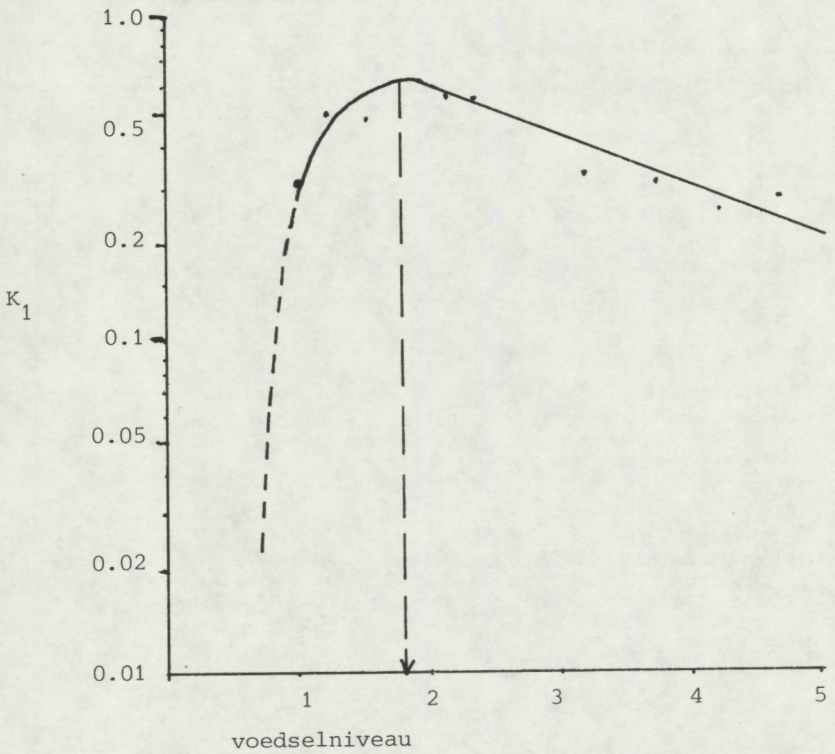


Fig. 10. Relatie voedselniveau, (gds %Wdag^{-1}) conversie-efficiency bij tong van ca 12 gram.

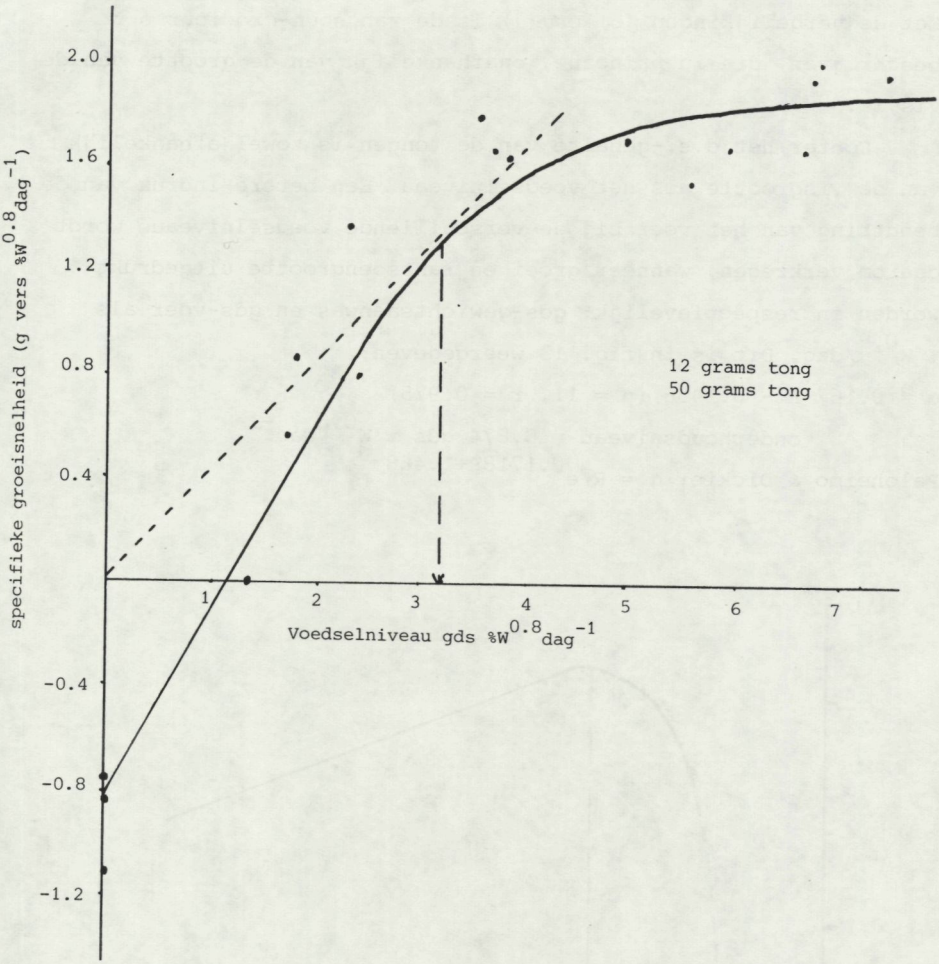


Fig. 11. De relatie specifieke groeisnelheid - voedselniveau bij zowel de 12- als de 50-grams tong.

maximale groei als R = 5.82 gds % $W^{0.8}$/dag.

Een veel gebruikte parameter is de bruto produktie-efficiency:

$$Kg = \frac{\text{gewichtsaanwas}}{\text{rantsoen-onderhoudsrantsoen}} \times 100$$

Dit is een maat voor de efficiency waarmee het gedeelte van het voedsel dat niet voor de onderhoudsstofwisseling gebruikt wordt, omgezet wordt in groei. Huisman (1976) vindt voor karper en forel een lineair verband tussen de bruto produktie-efficiency

en de rantsoengrootte (alles uitgedrukt in kcal). Bij tongen is dit verband niet lineair. Er is eerder sprake van een exponentieel verband:

$\ln Kg = -0.909 \ln R + 5.220$ ($n = 13$, $r = 0.938$) $\rightarrow Kg = 185\ R^{-0.909}$

Dit geldt alleen voor superoptimale rantsoenen, en als er aangenomen wordt dat het meerdere voer niet verkruimelde en oploste maar wèl echt opgegeten werd.

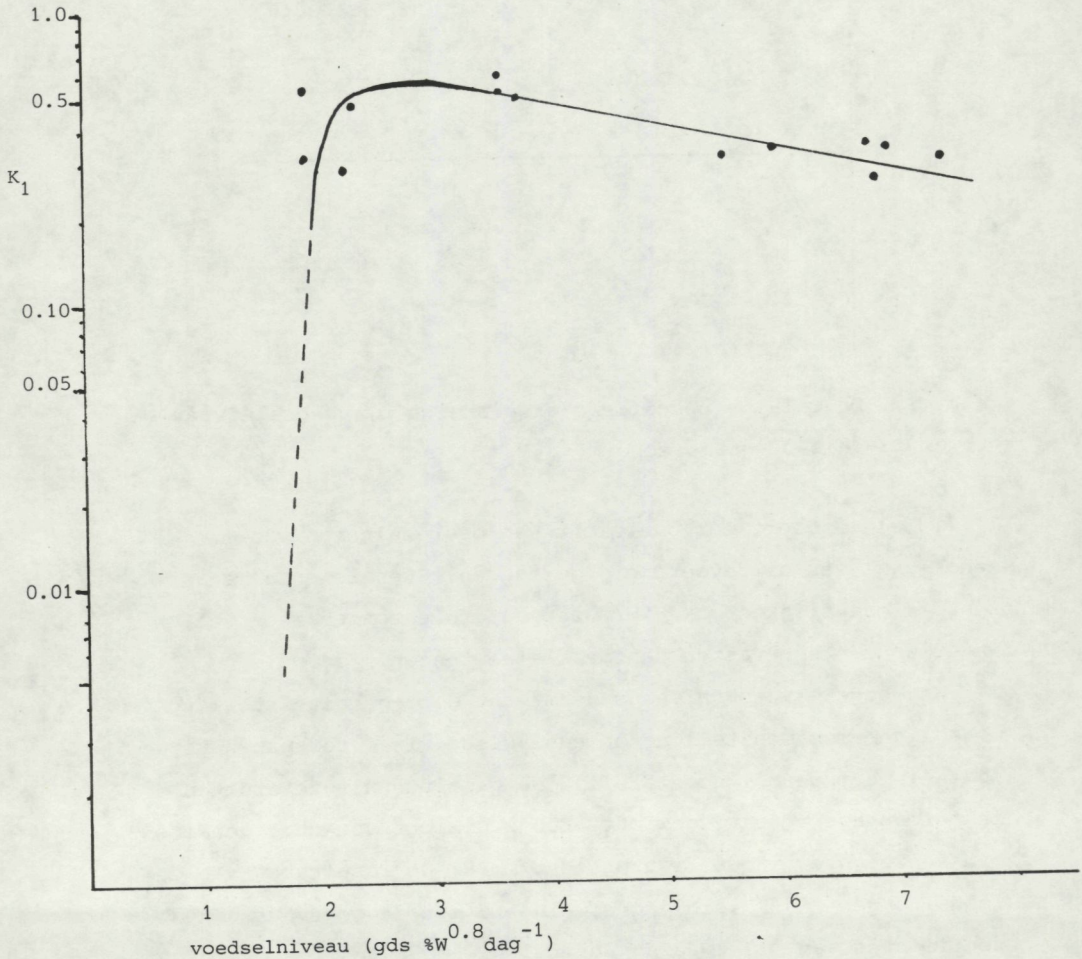


Fig. 12. De relatie tussen de conversie-efficiency en voedselniveaus voor zowel 12- als 50-grams tong.

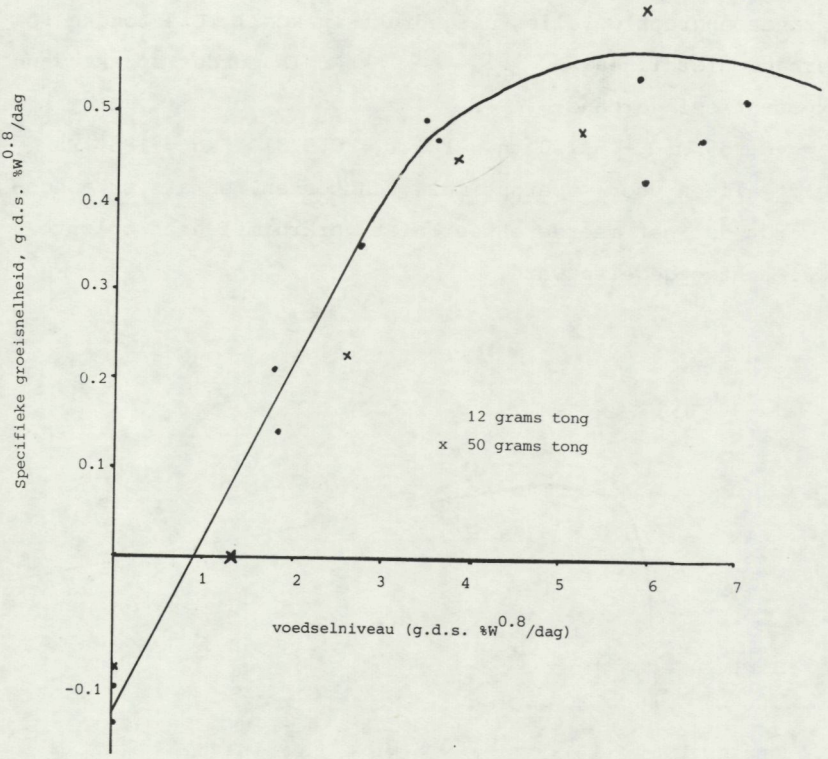


Fig. 13. De relatie specifieke groeisnelheid, voedselniveau bij zowel 12- als 50-grams tong.

Tabel 13 geeft een overzicht van de resultaten van de Weende-analyses uitgevoerd bij de tongen. Evenals in de eerste proefperiode blijken ook hier weer de grote tongen meer vet en minder water te bevatten dan de kleine tongen.

Bij hogere voederniveaus neemt het d.s.-gehalte sterk toe. Om de lichaamssamenstelling op een juiste wijze te kunnen vergelijken is het daarom noodzakelijk de gehaltes uit te drukken als percentage vers visgewicht. Een overzicht van deze gehaltes zijn weergegeven in de figuren 14 t/m 18. De resultaten van de kleine tongen zijn hierbij gecombineerd met de gegevens uit de experimenten van Drinkwaard. Bovendien werden voor de overzichtelijkheid de resultaten bij enkele voederniveaus gemiddeld en in de figuren aangegeven door één punt. De tongen werden,voor de aan-

vang van het experiment,lange tijd (eerste proefperiode) bij een hoog voederniveau gehouden. Daarom was de conditie van de tongen aan het begin van het experiment zeer goed. Dit is duidelijk te zien aan het hoge vet- en eiwitgehalte, en de hiermee samenhangende hoge energetische waarde van de tongen aan het begin van het experiment.

Doordat het eiwitgehalte en het vetgehalte van de tongen bij hogere voederniveaus toeneemt, neemt ook de calorische waarde per gram lichaamsgewicht toe. Het asgehalte neemt af bij toenemende rantsoengrootte. Het verloop van de rantsoen-groeicurve is in al deze figuren terug te berekenen. De grootste veranderingen in lichaamssamenstelling van de tongen treedt op bij lagere voederniveaus. Bij voedselniveaus groter dan 3-4 gram d.s. voer % $W^{0.8}$ dag^{-1} treden er geen grote veranderingen meer op. De samenstelling van het kunstvoer is bekend (zie blz. 17), zodat de hoeveelheid ruw-eiwit, ruw-vet en as in het voedsel vergeleken kan worden met de aanzet van de tongen (zie tabel 15).

Er kan bij hongerende vissen toch sprake zijn van een toename van de hoeveelheid as in het lichaam omdat de vissen in staat zijn mineralen, zoals Ca^{2+} uit het water op te nemen. De eiwitaanzet blijkt het grootste te zijn. Ook de asaanzet is behoorlijk. De vetaanzet is gering. Uit deze gegevens kunnen een aantal veel gebruikte parameters berekend worden zoals:

Protein efficiency ratio: $PER = \frac{\text{gewichtstoename(gram)}}{\text{eiwitconsumptie(gram)}}$

Protein conversion efficiency: $PCE = \frac{\text{toename eiwitgehalte vis(gram)}}{\text{eiwitconsumptie(gram)}} \times 100$

vetretentie$= \frac{\text{toename vetgehalte van de vissen(gram)}}{\text{vetconsumptie(gram)}}$

Net protein utilization: $NPU = \frac{\text{eiwitgehalte v.d. vissen-eiwitgehalte vastende vissen(gram)}}{\text{eiwitconsumptie(gram)}}$

Deze variabelen zijn weergegeven in de figuren 19 t/m 23. Tevens zijn de conditiefactoren bij de verschillende rantsoengroottes weergegeven. Zowel PER, PCE als NPU geven een indruk van de efficiency waarmee eiwit in lichaamsweefsel (PCE: lichaamseiwit)

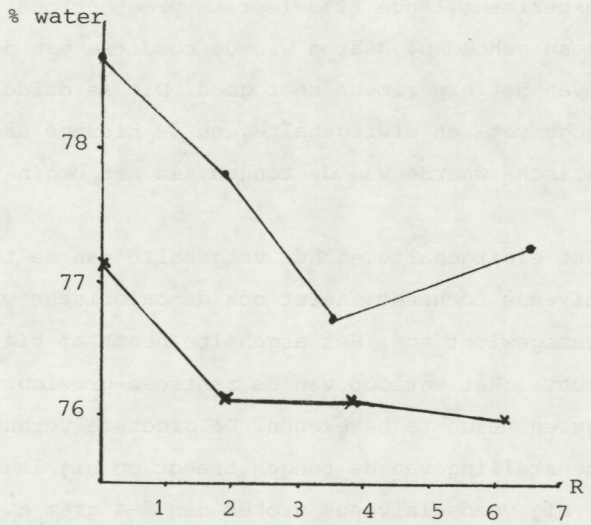


Fig. 14. De relatie tussen het voedselniveau (R, ds % $W^{0.8}$ dag^{-1}) en % water van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

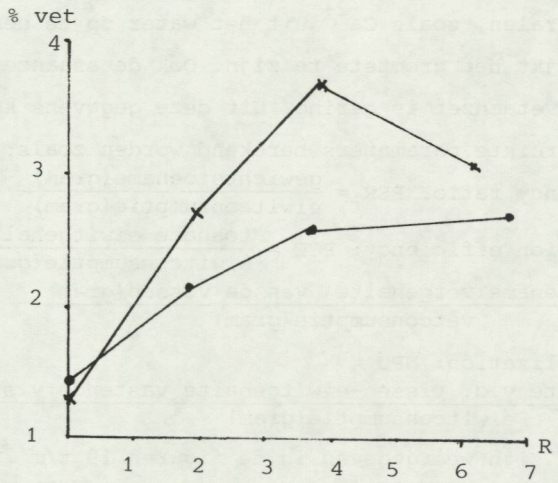


Fig. 15. De relatie tussen het voedselniveau (R, ds % $W^{0.8}$ dag^{-1}) en % vet van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

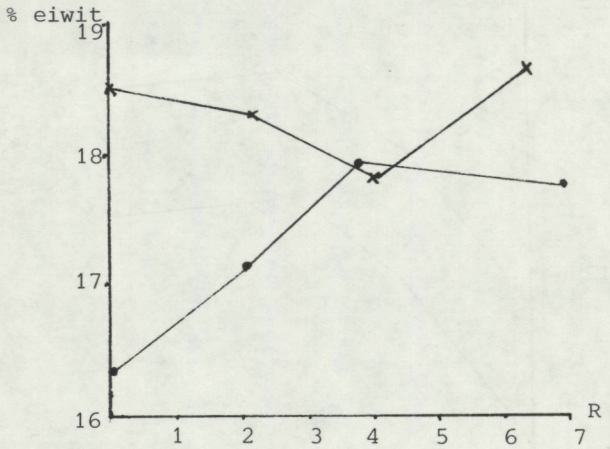


Fig. 16. De relatie tussen het voedselniveau (R, ds % $W^{0.8}$ dag^{-1}) en % eiwit van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

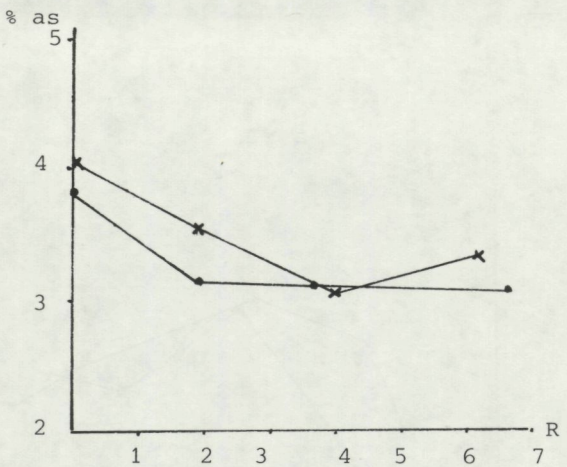


Fig. 17. De relatie tussen het voedselniveau (R, ds % $W^{0.8}$ dag^{-1}) en % as van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

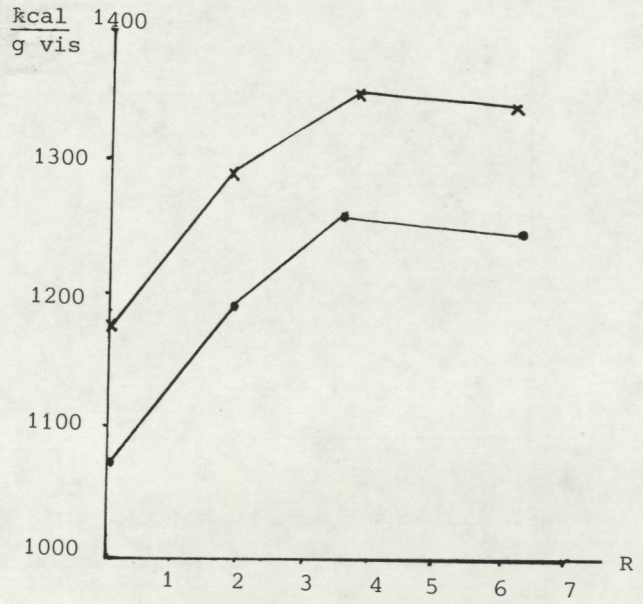


Fig. 18. De relatie tussen het voedselniveau (R, ds % $W^{0.8}$ dag^{-1}) en % kcal per gram versgewicht van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

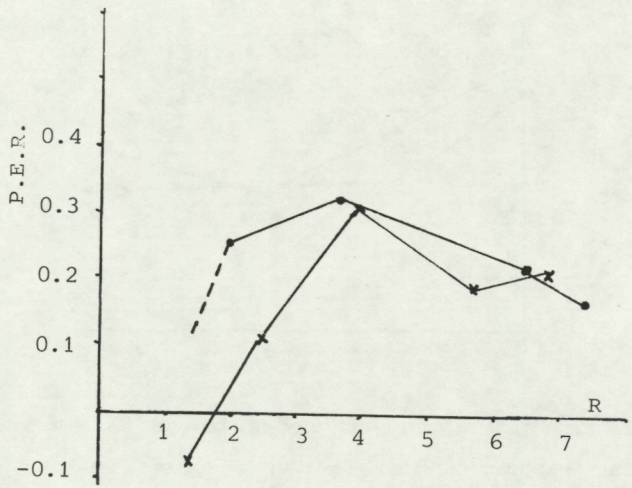


Fig. 19. De relatie tussen het voedselniveau (R, gds %$W^{0.8}$ dag^{-1}) en protein efficiency ratio van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

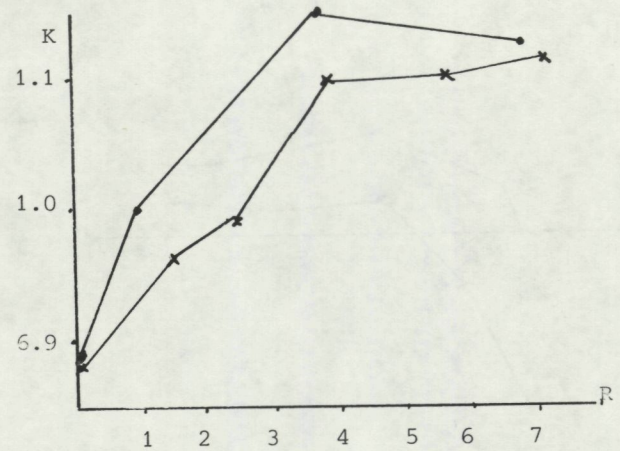


Fig. 20. De relatie tussen het voedselniveau (R, gds $\%W^{0.8}dag^{-1}$) en conditiefactor van 50-grams tong (x——) en 12-grams tong (.——.).

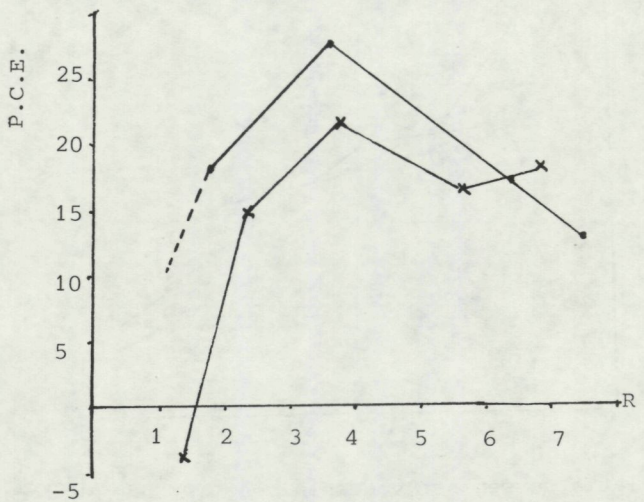


Fig. 21. De relatie tussen het voedselniveau (R, gds $\%W^{0.8}dag^{-1}$) en protein conversion efficiency van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

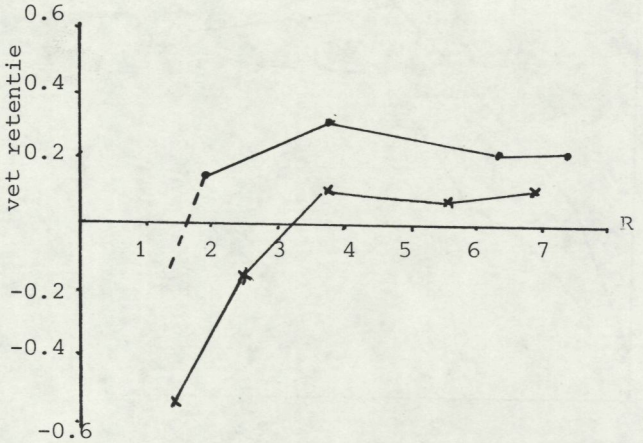


Fig. 22. De relatie tussen het voedselniveau (R, gds $\%W^{0.8}dag^{-1}$) en vetretentie van 50-grams tong (x——x) en 12-grams tong (.——.).

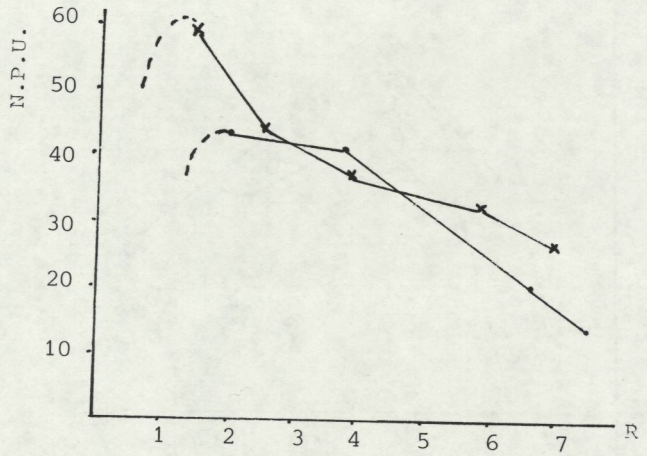


Fig. 23. De relatie tussen het voedselniveau (R, gds $\%W^{0.8}dag^{-1}$) en net protein utilization van 50-grams tong (x——x) en 50-grams tong (.——.).

Tabel 15. De hoeveelheid r. eiwit, r. vet en as in het rantsoen en de aanzet van de tongen bij de verschillende voedselniveaus.

Rantsoen			Groei		
r.eiwit gds %Wdag^{-1}	r. vet gds %Wdag^{-1}	as gds %Wdag^{-1}	r. eiwit gds %Wdag^{-1}	r. vet gds %Wdag^{-1}	as gds %Wdag^{-1}
grote tongen in de bassins					
0	0	0	-0.091	-0.0077	0.019
0.217	0.043	0.077	0.009	-0.024	0.025
0.394	0.079	0.140	0.062	0.012	0.047
0.575	0.115	0.240	0.127	0.011	0.047
0.838	0.168	0.297	0.143	0.13	0.070
1.051	0.210	0.373	0.193	0.22	0.083
kleine tongen in de kratjes					
0	0	0	-0.111	-0.033	0.004
0.383	0.077	0.136	0.026	-0.004	0.007
0.522	0.104	0.185	0.149	0.010	0.013
0.717	0.143	0.255	0.212	0.040	0.019
1.101	0.220	0.391	0.235	0.047	0.017
1.505	0.301	0.534	0.212	0.044	0.011
berekend uit de resultaten van B. Drinkwaard					
0	0	0	-0.133	-0.021	-0.002
0.412	0.082	0.146	0.084	0.036	0.004
0.820	0.164	0.291	0.230	0.056	0.007
1.328	0.266	0.471	0.205	0.063	0.010
1.651	0.330	0.586	0.245	0.067	0.006

wordt omgezet. De NPU is in het geval van de kleine tongen moeilijk toe te passen, aangezien het gemiddeld visgewicht van de hongergroep aanzienlijk van de resterende proefgroepen verschilde. Daarom werd voor de berekeningen het eiwitgehalte van de hongerende tongen uit de experimenten van B. Drinkwaard genomen.

De efficiency waarmee eiwit en vet omgezet worden in lichaamsweefsel wordt duidelijk bepaald door de grootte van de vis. De kleine tongen hebben zowel een efficientere eiwit- als vetomzetting. Het verloop van de rantsoen-groeicurve weerspiegelt zich in alle getekende curves. Zoals te verwachten is de opname van voedseleiwit en vet het beste bij de optimale rantsoengrootte ($R = 3.2\% \cdot W^{0.8} dag^{-1}$). Opvallend is dat de kleine tongen een hogere conditiefactor hebben dan de grotere tongen.

De specifieke groeisnelheid kan ook berekend worden, door in plaats van het lichaamsgewicht, het eiwitgehalte in te vullen.

$$\alpha_{eiw.} = \left(e^{\ln \frac{We \times \% \text{ eiw. (eind)}}{Wb \times \% \text{ eiw. (begin)}}} - 1\right) \times 100$$

In fig. 21 is deze specifieke groeisnelheid voor eiwit uitgezet tegen het rantsoen (uitgedrukt in gram eiwit % $W^{0.8}$ dag^{-1}). Maintenance en optimale rantsoen worden weer op dezelfde wijze als bij de normale specifieke groeisnelheid bepaald. Ook blijkt het model van Paloheimo en Dicke toe te passen:

$\ln K_1$ (eiwit) = -0.302 R - 1.113 (r = 0.950)

In tabel 16 is voor kleine en grote tongen het dagelijks rantsoen in eiwit aangegeven, waarbij optimale en maximale eiwitaanzet bij de vis plaats vindt.

Tabel 16. De hoeveelheid eiwit in het rantsoen bij verschillende voederniveaus voor grote en kleine tongen.

visgewicht	onderhoud	optimaal	maximaal
12 grams tong	0.41gram %$W^{0.8}$/dag (0.26g %W/dag)	1.0gram %$W^{0.8}$/dag (0.63g %W/dag)	3.6gram %$W^{0.8}$/dag (2.27g %W/dag)
50 grams tong	0.55gram %$W^{0.8}$/dag (0.25g %W/dag)	1.4gram %$W^{0.8}$/dag (0.64g %W/dag)	2.6gram %$W^{0.8}$/dag (1.19g %W/dag)

Met de bij dit experiment uitgevoerde metingen en de resultaten van de experimenten van B. Drinkwaard, is het mogelijk een redelijk nauwkeurige rantsoen-groeicurve te geven voor 12- en 50-grams tong. Door zowel de specifieke groeisnelheid als het voederniveau uit te drukken in het metabolische gewicht is het in principe mogelijk voor tal van lichaamsgewichten de groei en voederconversie te bepalen bij verschillende voederniveaus.

De maximaal bereikte specifieke groeisnelheid fluctueert tussen 1.0 en 1.4. De maximale "netto"-voedselconversie was 1.7 tot 2.0, afhankelijk van het visgewicht.

In de eerste proefperiode bleek dat de samenstelling van de tongen (eiwit, vet, as) gecorreleerd was met de samenstelling

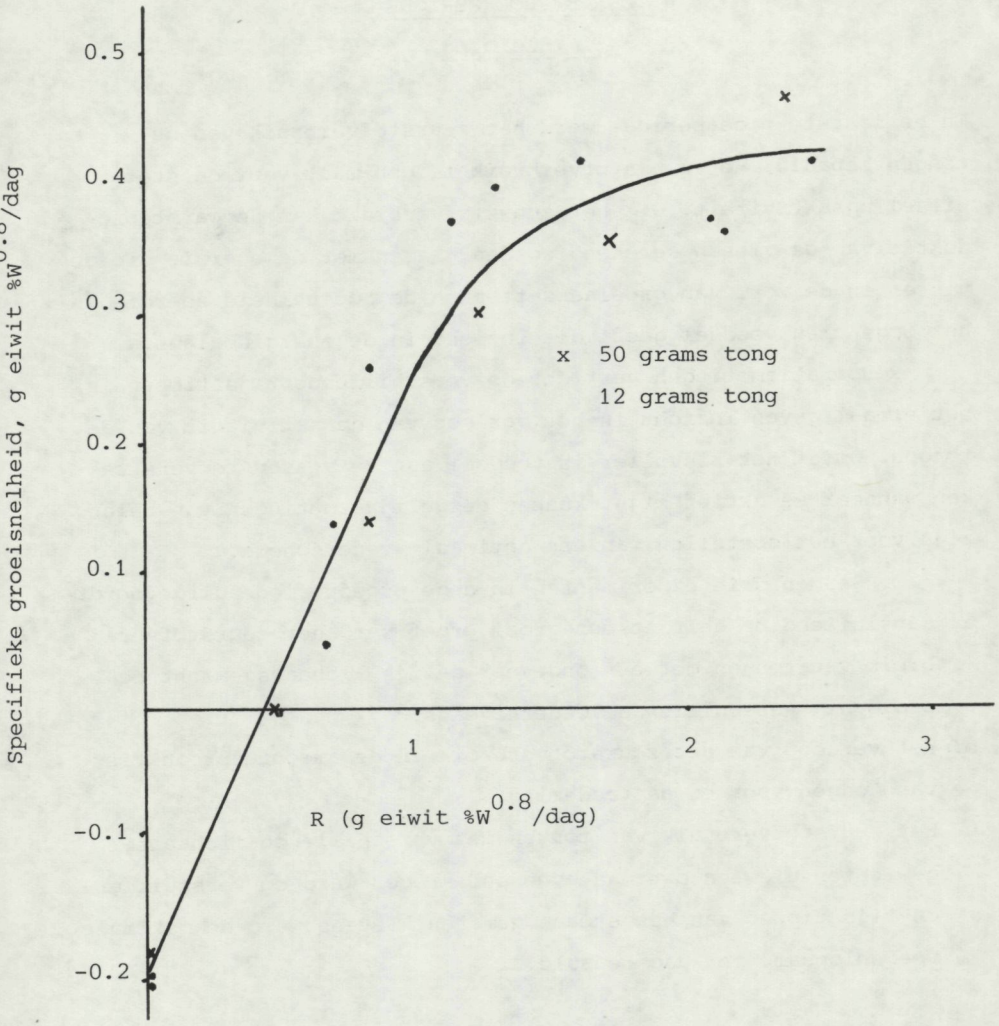


Fig. 24. De relatie tussen de hoeveelheid eiwit in het rantsoen (R, g eiwit $\%W^{0.8}$/dag) en de specifieke groeisnelheid d (g eiwit $\%W^{0.8}$/dag).

van het dieet. Uit de resultaten bij dit experiment blijkt het voedselniveau ook bepalend te zijn voor de lichaamssamenstelling. Bij het optimale voederniveau zijn PER (ca 0.3), PCE (ca 25) en vetretentie (ca 0.2) maximaal.

4. DERDE PROEFPERIODE

4.1 Inleiding

In de laatste proefperiode werd het zuurstofverbruik van de tongen bepaald. Het zuurstofverbruik is een maat voor de stofwisselingsaktiviteit. Uit het zuurstofverbruik kan de warmteproduktie van de vissen berekend worden. Samen met de energie die de vissen in de vorm van groeiaanzetten en de hoeveelheid energie in het opgenomen voedsel geeft dit inzicht in de energiebalans.

Respiratiemetingen verricht op verschillende tijdstippen in het etmaal geven inzicht in het verloop van de aktiviteit van de tongen. Omdat het zinvoller is voedsel aan de vissen te verstrekken wanneer ze aktief zijn, kunnen dergelijke metingen van belang zijn voor het opstellen van een optimaal voederschema.

Er werden drie experimenten in deze proefperiode uitgevoerd:

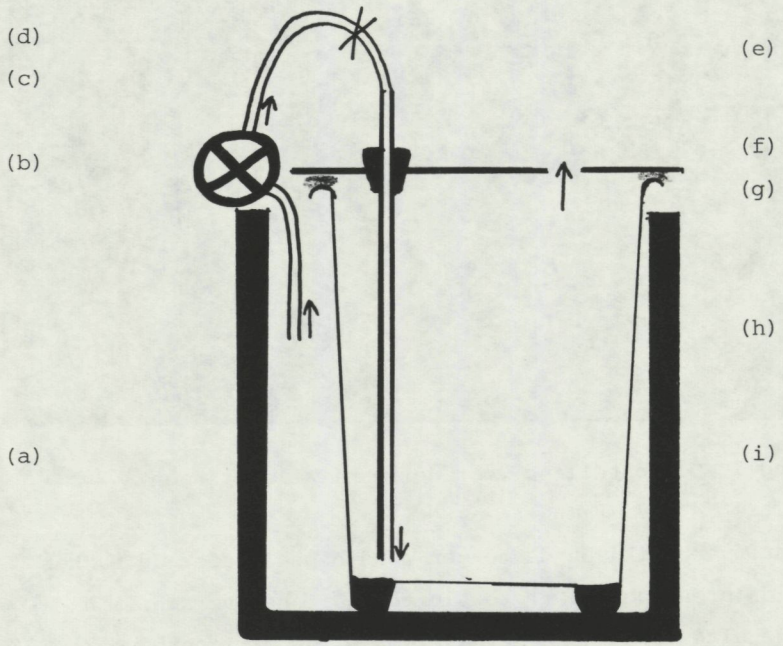
a. aansluitend op de rantsoen-groei proef werd het zuurstofverbruik van tongen met een ongeveer gelijk lichaamsgewicht bepaald bij verschillende voederniveaus.
b. het verloop van het zuurstofverbruik en de ammoniakproduktie van tongen vóór en nà voedering.
c. Het zuurstofverbruik van tongen met verschillende lichaamsgewichten die een overmaat voedsel kregen werd op verschillende tijdstippen van het etmaal gemeten. Tevens werd de maximale voedselopname per dag bepaald.

4.2 De zuurstofmetingen

Bij de zuurstofverbruikmetingen werd gebruik gemaakt van zes respiratiebakken. Deze werden in de bassins, die ook bij de voederproeven gebruikt werden, geplaatst (drie respiratiebakken per bassin).

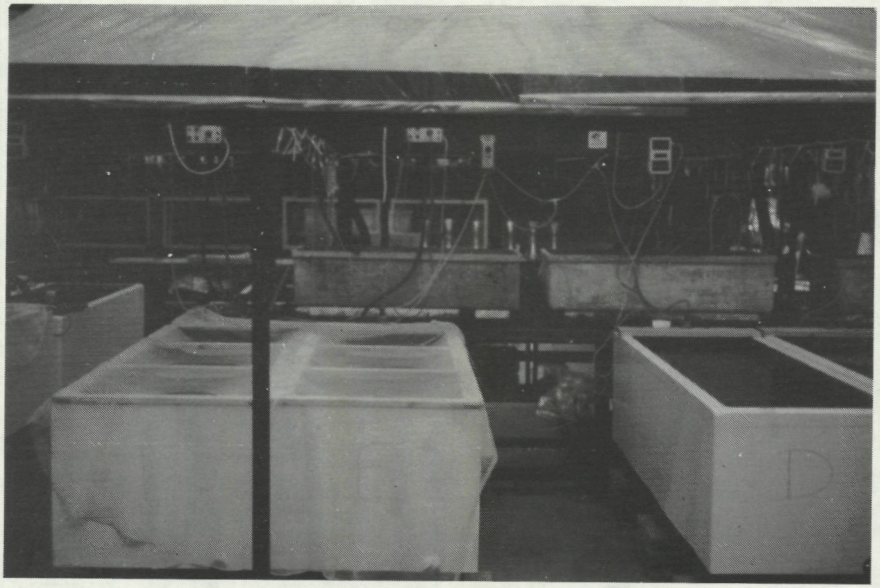
De respiratiebakken hadden elk een volume van 100 liter. Zij werden m.b.v. stopverf en een glasplaat luchtdicht afgesloten. De doorstroming (2 l/min) vond plaats met een waterpomp. Water uit

het bassin werd in de bak gepompt waar het via een rond gat in de glasplaat weer uitstroomde. Het water in de bassins werd ook ververst (± 4 l/min). De temperatuur in het bassin werd m.b.v. een thermostaat op 20°C gehouden



Afbeelding 6. Schema van de opstelling voor de respiratiemetingen. (a) perspex kunststof buis, (b) waterpomp (Eheim), (c) siliconen-rubber slang, (e) uitstroomopening, (f) glazen plaat, (g) stopverf, (h) respiratiebak, (i) bassin.

Op de bodem van de respiratiebakken werd geen zandlaag aangebracht. Voedselresten, faeces en micro-organismen zouden zich vnl. hierin kunnen gaan ophopen en daardoor de zuurstofmetingen sterk kunnen beinvloeden. De tongen moesten dus genoegen nemen met een gladde polyester bodem en konden zich niet met zand bedekken. Dit kan wel tot enige stress geleid hebben.



Afbeelding 7. De opstelling voor de respiratiemetingen.

Het zuurstofverbruik van de tongen werd bepaald door de bakken enige tijd (uren) geheel af te sluiten. Uit het verschil in zuurstofgehalte voor en na het afsluiten, gecorrigeerd voor het eigen verbruik van het zeewater, kan het zuurstofverbruik van de tongen berekend worden.

Voor het afsluiten van de bakken werden eventueel aanwezige vuildeeltjes (faeces, voedselresten) verwijderd waarna het water goed geroerd werd. Daarna werden drie monsterflesjes (50 ml) gevuld met water uit iedere bak, en de respiratiebakken gesloten. Een monster werd afgesloten in het grote bassin geplaatst voor het bepalen van het "eigen verbruik" (B.O.D.) van het water. Van de twee andere monsters werd direkt het O_2-gehalte d.m.v. Winkler-titratie bepaald. Na enige uren werden de bakken geroerd en weer geopend om duplo monsters te nemen die, samen met het "eigen verbruik"-monster direkt getitreerd werden.

Bij het afsluiten van de bakken werd de doorstroming stop-

gezet, de slang afgesloten met een klem, en de uitstroomopening afgesloten met een kurk. Het zuurstofgehalte werd bepaald met de titrimetrische methode van Winkler: een ml $MnSO_4$ (3 m). oplossing en één ml NaOH-NaJ (8 N) oplossing worden in het monsterflesje gebracht. Er ontstaat dan na schudden een wit neerslag van $Mn(OH)_2$, dat met de aanwezige zuurstof reageert tot MnO_2 (bruin). Na aanzuren met H_2SO_4 (10 N) vind er een redox reactie plaats tussen MnO_2 en J^-, waardoor er J_2 ontstaat. De vrijgekomen Jodium kan met een gestelde thiosulfaatoplossing (0.01 N) getitreerd worden, en is evenredig met de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid zuurstof in het water. De duplobepalingen verschilden meestal niet meer dan 0,5%. Daarom werd ook enige malen met monobepalingen gewerkt.

De respiratiebakken werden zodanig met tongen bezet dat het zuurstofverzadigingspercentage in de meetperiode (1 tot 3 uur) niet beneden de 80% daalde. Voor de respiratiemetingen werden de tongen 3 à 4 dagen geacclimatiseerd in de bakken. In deze periode werden ook proefmetingen gedaan om te bepalen in welke grootte orde het zuurstofverbruik lag.

De zuurstofmetingen werden zowel overdag als 's nachts (in het donker) uitgevoerd. De O_2-gehalten werden steeds direkt na de monstername bepaald. Het voeren van de tongen vond dagelijks plaats via het uitstromingsgat in de glasplaat 's morgens om 9.00 uur en 's avonds om 21.00 uur. Een half uur na voeren werden de voedselresten afgeheveld. In het tweede experiment kregen de vissen na enige dagen vasten één maaltijd.

4.3 Eerste experiment, de energiehuishouding van de tongen

4.3.1 Inleiding

In het vorige experiment is de groei bij verschillende voederniveaus bepaald. Bij ieder voederniveau kan berekend worden wat de energetische aanzet van de tongen is en hoeveel energie in de vorm van voedsel hiervoor gebruikt is.

Voor zowel het voer als voor de tongen kunnen we een

gemiddelde calorische waarde aannemen van 5.65 kcal per gram eiwit en 9.45 kcal per gram vet. Energie in de vorm van koolhydraten kan verwaarloosd worden. In visvlees is nl. het gehalte aan koolhydraten erg gering terwijl de energiewaarde van koolhydraten (4.1) niet sterk verschilt van eiwit. Aangenomen mag worden dat de koolhydraten die als binders en dragers in het kunstvoer voorkomen niet door de tongen kunnen worden opgenomen. Volgens de zgn. "balanced energy equation" van Winberg (1956) bestaat er het volgende verband tussen de energie in het voedsel en de energetische aanzet van de vis:

$$\Delta W = pR - T$$

ΔW = energetische aanzet van de vis, T = warmteprodukten, R = bruto-energie van het voer, P = fysiologisch opneembare deel van de energie van het voer, d.w.z. na aftrek van faeces en andere excretieprodukten, pR = beschikbare energie van het voer.

Wanneer de warmteproduktie bekend is, bij de verschillende voederniveaus, is het mogelijk de beschikbare energie van het voedsel te berekenen, en daarmee een indruk geven van de efficiency wanneer het kunstvoer verteerd wordt. De warmteproduktie (T) is een gevolg van de stofwisselingsaktiviteit van het organisme. Zij hangt volgens Brouwer (1964) als volgt samen met de ademhaling:

$$T = 3.866\ O_2 + 1.200\ CO_2$$

T = warmteproduktie (cal), O_2 = zuurstofconsumptie (ml) en CO_2 = koolzuurproduktie in ml.

Bij hongerende vissen wordt aanvankelijk vooral lichaamsvet verbrand om aan de energiebehoefte te voldoen ($RQ^{*} = 0.7$). (* respiratiequotient = $\frac{CO_2\text{-produktie}}{O_2\text{-consumptie}}$). Bij het onderhoudsniveau worden vnl. voedercomponenten voor de verbranding gebruikt. De RQ bij de verbranding van koolhydraten is 1, die van eiwit 0.8. Aangezien tongen waarschijnlijk vrijwel alleen het eiwit in het voer kunnen benutten werd een RQ van 0.8 aangenomen. Vissen gevoerd boven onderhoudsniveau gaan lichaamsweefsel aanzetten. Energetisch is de vetaanzet het belangrijkste waardoor de RQ 1 zal zijn (Huisman, 1976).

Per ml geconsumeerd zuurstof kan de warmteproduktie daarom geschat worden voor vastende tongen als 4.71 cal, bij onderhoudsstofwisseling 4.83 cal en bij groeiende tongen 5.07 cal.
Omdat het beter is in plaats van volume-eenheden gewichtseenheden zuurstof te gebruiken (deze zijn nl. onafhankelijk van de temperatuur en de druk) worden deze waarden omgerekend tot:

3.29 cal per mg O_2 bij vasten,
3.38 cal per mg O_2 bij onderhoud en
3.55 cal per mg O_2 bij groeiende vis.

4.3.2 Materiaal en methode

Het bepalen van de respiratie van de tongen direkt in de bassins waarin de rantsoengroeiproeven werden uitgevoerd was niet mogelijk. Daarom werd het zuurstofverbruik van de tongen naderhand gemeten in de respiratiebakken.

Direkt na afloop van de rantsoengroeiproeven werden van elk voederniveau vier tongen van ongeveer hetzelfde gewicht overgebracht in een respiratiebak. In elk van de 6 respiratiebakken werd de tongen een hoeveelheid voedsel verstrekt die overeenkwam met het voedselniveau waarop zij één maand lang tijdens het vorige experiment gehouden werden. Ook het gewicht van de tongen kwam overeen met het gemiddelde gewicht bij het vorige experiment.

Vijf dagen hadden de tongen de tijd om zich aan te passen aan de nieuwe omgeving. De zesde dag (12 juli) werd gestart met de respiratiemetingen.

Er werd getracht om de faeces apart van de voedselresten af te hevelen. Zowel voedselresten als faeces werden gefiltreerd over voorgedroogde en gewogen papierfilters. Na drogen in de droogstoof kon de hoeveelheid opgegeten voedsel en geproduceerde faeces bepaald worden. Helaas bleek deze methode niet al te nauwkeurig te zijn. Door het gebruik van de papieren filters worden veel fouten geintroduceerd.

De zuurstofmetingen werden zowel overdag als 's nachts uitgevoerd. Overdag werd omstreeks twaalf uur (dus 3 uur na voeren)

de respiratiebakken voor ± 2 uur afgesloten. Ook 's nachts werden zij om ca 24 uur voor ± 2 uur afgesloten. Er werden in totaal 4 dag- en 4 nachtmetingen uitgevoerd. Na afloop werden de tongen niet weer gewogen, omdat dit een extra belasting zou zijn voor de gezondheid (stress, slijmhuid beschadiging etc.). Bovendien is de groei in een dergelijke korte periode van enige dagen zeer gering en niet goed te meten.

4.3.3 Resultaten

Gegevens over de afmetingen van de tongen, het rantsoen, de voedselopname, de faecesproduktie en de ademhaling zijn weergegeven in tabel 17. Ook het zuurstofverbruik van de tongen is hierin vermeld. Wanneer de respiratiebakken doorstroomd worden met zeewater wordt er een groot gedeelte van de faeces van de vissen meegevoerd met het uitstromende water. Daarom is het onmogelijk een nauwkeurige schatting te geven van de hoeveelheid geproduceerde faeces. Bij de respiratiebepaling zijn tussen haakjes de minimum en de maximum gemeten O_2-consumpties vermeld.

4.3.4 Discussie en conclusies

Vooral bij de hogere voederniveaus wordt een groot gedeelte van het verstrekte voedsel niet opgegeten. Zelfs bij een voederniveau van 2,5 g ds % $W^{0.8}$ dag^{-1} laten de vissen nog meer dan een kwart van het voedsel liggen. De hoeveelheid opgenomen voer is bij dit voederniveau zeker niet maximaal. Bij hogere voederniveaus wordt meer voedsel opgegeten, behalve bij het hoogste voedselniveau waar de voedselopname om onbepaalde reden (stress?) zeer laag was.

In de tweede proefperiode bleek de bezettingsdichtheid een grote rol te spelen bij de voedselopname van de tong. Bij te lage dichtheden konden de vissen het voedsel moeilijk vinden (of werden niet geaktiveerd tot het zoeken van voedsel). Mogelijk speelt een dergelijk effect hier ook een rol.

Wanneer de vissen hongerig zijn, zal het aangeboden voedsel

Tabel 17. Visgrootte, rantsoen, faecesproduktie en respiratie van de tongen.

Rantsoen gds%$W^{0.8}dag^{-1}$	Voedsel-opname gds%$W^{0.8}dag^{-1}$	faeces gds%$W^{0.8}dag^{-1}$	$\bar{L}_b \pm$ s.d. (cm)	$\bar{W}_b \pm$ s.d. (gram)	$W_b^{0.8} \pm$ s.d. (gram)	Respiratie (mg O_2 per vis per uur) dagmeting	nachtmeting	O_2 cons. gr/dag	cons. %$W^{0.8}$
0	0	-	18.8±0.6	49.7±4.8	22.7±1.7	3.87 (3.6-4.3)	5.68 (4.5-6.8)	0.115	0.51
1.36	1.36	± 0.9	19.1±0.4	56.2±7.2	25.1±2.6	5.82 (4.4-6.9)	8.32 (6.6-11.2)	0.170	0.68
2.47	1.78	± 1.0	18.4±0.4	50.9±7.6	23.1±2.8	8.69 (2.5-10.8)	9.12 (8.6-10.3)	0.214	0.93
3.87	2.20	± 1.3	18.5±0.7	57.3±9.2	25.3±2.7	9.78 (6.8-11.8)	10.88 (8.3-12.8)	0.248	0.98
5.55	3.03	± 1.5	17.9±0.9	57.6±10.7	25.5±3.8	10.11 (6.75-12.2)	12.48 (0.85-15.4)	0.271	1.07
6.80	2.79	± 1.3	17.9±0.6	52.1±6.9	23.6±2.5	7.33 (6.2-8.4)	8.86 (7.7-9.7)	0.195	0.83

direkt geconsumeerd worden. Wanneer echter een bepaalde verzadigingsgraad bereikt is, zal het opnemen van voedsel afhankelijk zijn van een groot aantal factoren. Bij het vorige experiment trad er vooral bij hogere voederniveaus een grote spreiding op in groeisnelheid, waarschijnlijk als gevolg van verschillen in voedselopname tussen de tongen.

Factoren die de voedselopname bij vooral hogere voedselniveaus beinvloeden zijn de bezettingsdichtheid, verstoring van de tongen (stress), smakelijkheid van het voer. Maar ook de hoeveelheid voer/m^2 in relatie tot de bezettingsdichtheid is van belang. Bij hogere voedselniveaus zullen de tongen sneller in contact komen met de pellets en de kans dat een pellet opgenomen zal worden is groter.

Figuur 25 toont het zuurstofverbruik van de tongen overdag en 's nachts. De getekende curve geeft het gemiddelde zuurstofverbruik over het etmaal bij de verschillende voedselniveaus weer. Het zuurstofverbruik bij het hoogste rantsoen is buiten beschouwing gelaten, omdat de voedselopname van deze tongen abnormaal laag was. De nachtmetingen vallen steeds hoger uit als de dagmetingen, kennelijk doordat de tongen 's nachts aktiever zijn dan overdag. De warmteprodukties kunnen vrij eenvoudig uit het zuurstofverbruik berekend worden. Deze waarden zijn te vinden in tabel 18. Hierin staan eveneens de energetische aanzet van de tongen en de hoeveelheid energie in het voedsel bij de verschillende voederniveaus vermeld. Het voer bevat ca 12% vocht, 7.1% vet, 32.8% koolhydraten en 35.5% eiwit. De energiewaarde van het voer is dus bij benadering:
$\frac{1}{88}$x7.1x9.5+$\frac{1}{88}$x35.5x5.7+$\frac{1}{88}$x32.8x4.2=4.6 kcal/g droge stof.
Nu de bruto-energie van het verstrekte voedsel, de warmteproduktie en de energie-aanzet van de tongen bij de verschillende voederniveaus bekend zijn, is het mogelijk m.b.v. de "balanced energy equation" het percentage beschikbare energie uit te rekenen. Deze waarden zijn tegen het voedselniveau uitgezet in figuur 26. Bij een voedselniveau van 10,19 kcal%$W^{0.8}$dag (2.2 gds%$W^{0.8}$dag) wordt het voedsel optimaal omgezet in groei en warmte (optimum voedselniveau uit groeicurve was 3.2 gds%$W^{0.8}$dag.

Tabel 18. Energetische waarde van het rantsoen, de groei, de warmteproduktie en het percentage beschikbare energie bij de zes verschillende voederniveaus.

Rantsoen kcal%$W^{0.8}dag^{-1}$	Groei kcal%$W^{0.8}dag^{-1}$	Warmteproduktie kcal%$W^{0.8}dag^{-1}$	% beschikbare energie in het voer
0	-2.67	1.67	0
6.29	-0.63	2.28	26.0
8.24	0.17	3.28	41.9
10.19	2.44	3.48	58.1
14.31	2.17	3.78	42.4
12.92	3.00	2.93	45.9

In de respiratiebakken waren de bodems niet bedekt met zand. Hierdoor is er bij de tongen waarschijnlijk sprake geweest van extra stressverschijnselen, waardoor men zou mogen verwachten dat de warmteproduktie bij de respiratiemetingen niet overeenkomt met de warmteproduktie van de tongen bij de rantsoen-groei proef.

Extra aktiviteit als gevolg van stress zou de warmteproduktie van de tongen vermoedelijk verhogen. Dit blijkt echter niet uit fig. 27 waar de warmteproduktie in de respiratie-opstelling en de energieaanzet van de tongen bij de voedsel-groeiproef beide uitgezet werden tegen de verstrekte rantsoenen(bij de voedsel-groeiproef werd de opgenomen hoeveelheid voedsel niet bepaald). Bij vastende vissen zal alle energie die de vissen verbruiken, omgezet worden in warmte. De warmteproduktie zal dus bij vasten gelijk moeten zijn aan het energieverlies van de vissen. De berekende warmteproduktie is echter 1 kcal lager dan verwacht zou mogen worden. Bij het onderhoudsniveau verbruiken de tongen 6.3 kcal/ % $W^{0.8}dag^{-1}$ aan bruto voederenergie.

Bij een voedselniveau van ca 10.2 kcal %$W^{0.8}dag^{-1}$ is het percentage bruto energie van het voer dat door de vis omgezet wordt in beschikbare energie maximaal. Voor een 50-grams tong komt dit overeen met een optimum rantsoen van 46.6 kcal/kg/dag. Hierbij is de

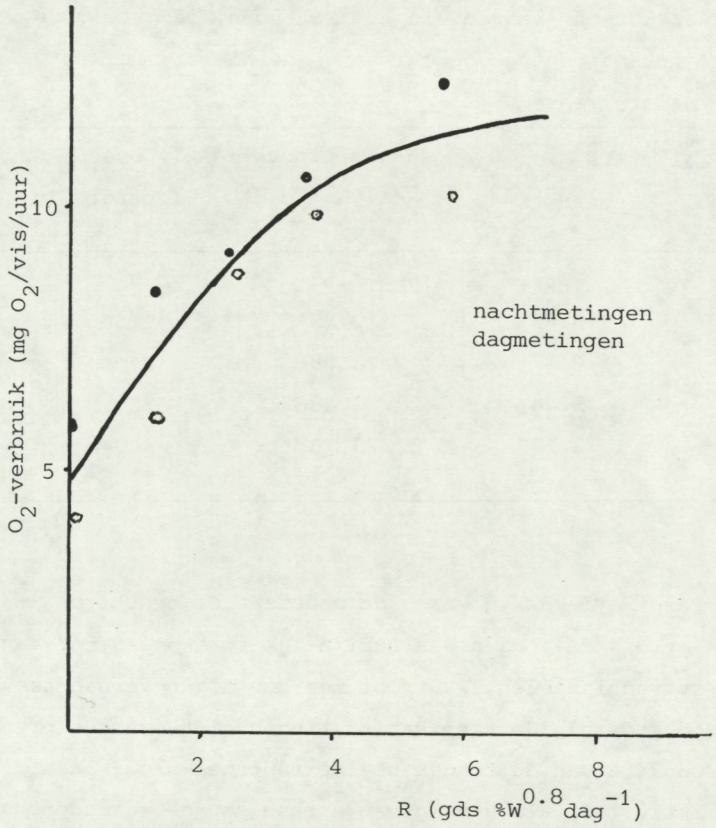


Fig. 25. De zuurstofconsumptie van ca 54 grams tongen bij verschillende voedselniveaus (R, gds%$W^{0.8}$ dag^{-1}); nachtmetingen (●) en dagmetingen (o).

aanzet 11.2 kcal/kg/dag. Bij de optimale rantsoengrootte wordt ca 24% van de bruto energie van het voer omgezet in energie van de vis.

4.4 Tweede experiment, het effect van een maaltijd op het metabolisme

4.4.1 Inleiding

Wanneer vastende vissen een maaltijd consumeren veroorzaakt dit een toename in het zuurstofverbruik. Het zuurstofverbruik bij het routine metabolisme wordt verhoogd met een extra zuurstofconsumptie aangeduid met "Specific Dynamic Action" (SDA).

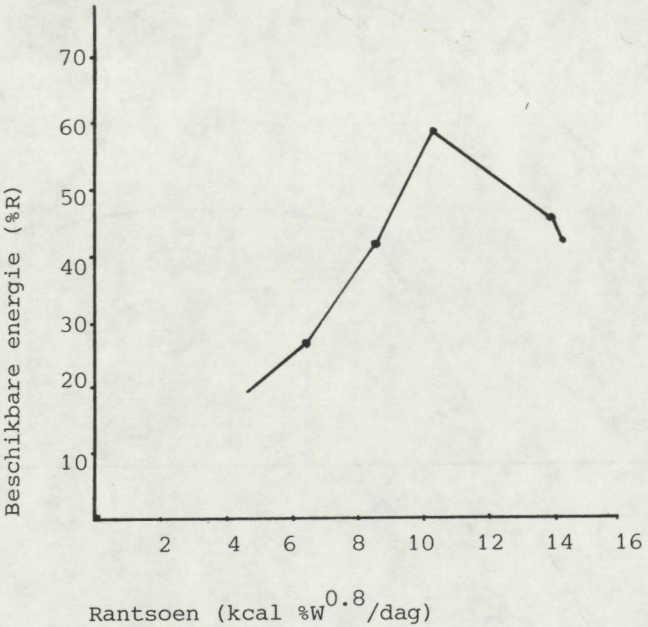


Fig. 26. Het percentage beschikbare energie in het voer van ca 54-grams tong, bij verschillende voedselniveaus.

De fysiologische processen waarop deze verhoogde stofwisselingsaktiviteit berust zijn niet geheel bekend. Meestal wordt aangenomen dat het voornamelijk veroorzaakt wordt door de desaminering van aminozuren. Wanneer meer aminozuren door de vis opgenomen worden dan gebruikt kunnen worden voor de eiwitsynthese en-turnover, wordt de overmaat aan aminozuren gedesamineerd. De koolstofketens worden in de vorm van vet opgeslagen of ze worden geoxideerd, terwijl stikstof wordt uitgescheiden.

Accumulatie van aminozuren en N-bevattende metabolische produkten is giftig voor de vis. Daarom is het redelijk om te veronderstellen dat het niveau van deze stoffen in het bloed de voedselopname van de vis reguleert. De grootte van het SDA-effect hangt samen met het gehalte aan N-houdende stofwisselingsprodukten in het bloed, en zou daarom een afspiegeling zijn

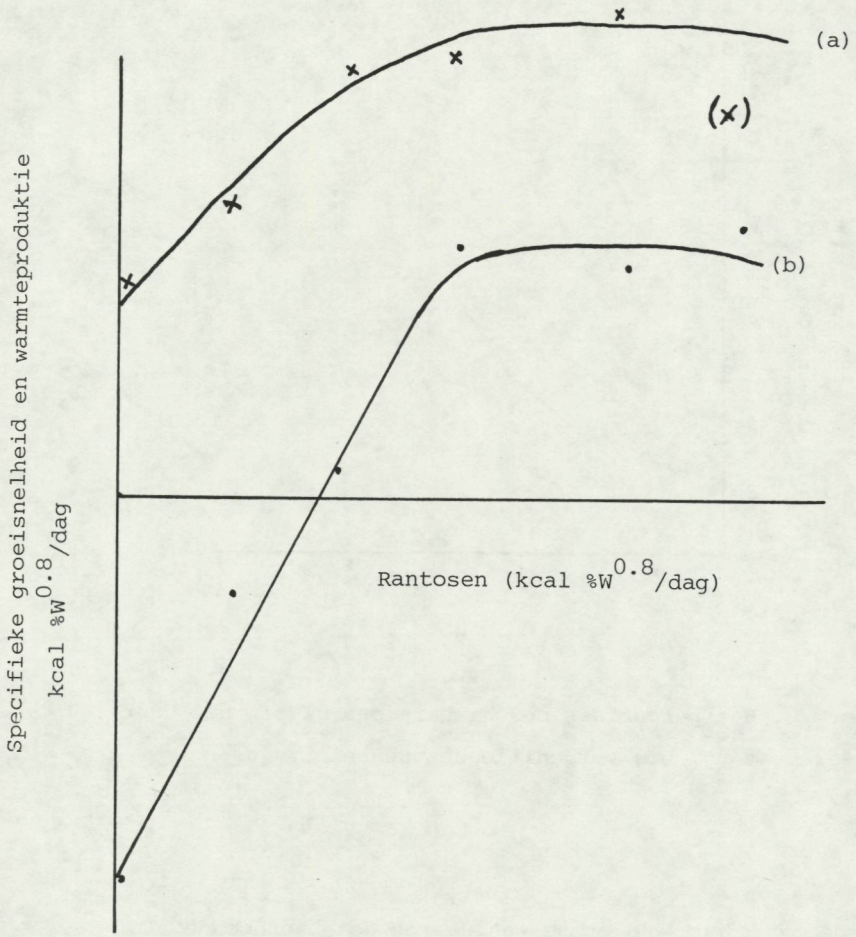


Fig. 27. De relatie tussen resp. de warmteproduktie (a) in kcal $\%W^{0.8}$/dag, de specifieke groeisnelheid (b), ook in kcal $\%W^{0.8}$/dag en het verstrekte voedselniveau (R, kcal $\%W^{0.8}$/dag).

van de mate waarin negatieve terugkoppeling van de metabolieten in het bloed op de voedselopname optreedt (Vahl, 1979).
De maaltijdgrootte wordt bepaald door de vullingsgraad van de maag. De vissen zouden echter worden geremd in het opnemen van voedsel, volgens deze theorie, zo lang het zuurstofverbruik ten gevolge van de vorige maaltijd nog boven een bepaald niveau is.

Samenhangend met het verhoogde zuurstofverbruik na het nuttigen van een maaltijd zal ook de uitscheiding van N-houdende

excretieprodukten toenemen. Ammonium is het belangrijkste excretieprodukt bij zeevissen, het wordt voornamelijk via de kieuwen uitgescheiden. Naast ammonium worden ook in kleine hoeveelheden ureum, urinezuur, creatine, creatinine, amines en aminozuren uitgescheiden. Bij jonge schol vond Jobling (1980) een ammonium-N excretie die 75-85% van de totale N-excretie bedroeg. De ammoniumuitscheiding is te splitsen in een exogene en endogene excretie. De uitscheiding van endogeen NH_3^+ is een gevolg van de turn-over en het catabolisme van lichaamseiwitten. Terwijl exogene NH_3 afkomstig is van eiwit uit het voedsel.

Vastende tongen scheiden alleen NH_3 uit als gevolg van endogene processen. Na het nuttigen van een maaltijd wordt de NH_3^+-uitscheiding verhoogd met exogeen ammonium.

4.4.2 Materiaal en methode

Zes respiratiebakken werden bezet met tongen. In drie daarvan werden 100-grams tongen gebracht (een tong per bak). De overige drie werden bezet met 15-grams tongen (vijf tongen per bak). Na vijf dagen vasten kregen alle tongen één portie voedsel. Van zowel de grote als de kleine tongen kreeg één bak een grote portie kunstvoer, één bak een half zo grote portie en één bak een portie mosselvlees. Vijf dagen later kregen de tongen wederom eenzelfde portie voer. De invloed van de visgrootte, de samenstelling van het voer (mossel contra kunstvoer) en de grootte van de maaltijd op zowel het zuurstofverbruik, de ammoniumexcretie als de faecesproduktie werd bepaald.

De zuurstofmetingen zijn beschreven op blz. 64-66. De respiratiebakken werden bezet met slechts enkele vissen. Hierdoor konden de bakken lange tijd (5 à 6 uur) afgesloten worden zonder dat de zuurstofverzadiging zakte tot onder de 80%. De invloed van storende fluctuaties in de loop van de tijd worden daardoor verkleind.

De faeces werden elke dag en elke nacht voordat er een

respiratiemeting verricht werd uit de bakken geheveld. Nadat de deeltjes bezonken waren, kon een groot deel van het water afgegoten worden waarna m.b.v. een vacuümfilter de faeces werden afgefiltreerd. De gebruikte membraan filterpapiertjes werden voordien gedroogd in een droogstoof (100°C) en gewogen. Na drogen in de droogstoof kon het drooggewicht van de faeces bepaald worden.

Bij het nemen van de monsters voor het bepalen van het zuurstofgehalte van het water werden ook enige malen in plastic flesjes monsters van het water genomen om het ammoniumgehalte te bepalen. Om bacteriële omzettingsprocessen te voorkomen werd aan de flesjes enkele druppels chloroform toegevoegd en werden de flesjes in de diepvries bewaard. In het begin van het experiment werd enkele malen de chloroform pas toegevoegd na het ontdooien van de flesjes, dus vlak voor de ammoniakbepaling.

De ammoniakbepalingen vonden plaats volgens een NIOZ-recept, d.i. een gewijzigde versie van de fenolhypochloriet-methode van Koroleff en Solarzano (Laane, 1973). Deze methode berust op de vorming van een blauwe kleur wanneer ammoniak reageert met fenol en hypochloriet, met als katalysator natrium-nitroprusside. In basisch milieu wordt zo indofenol gevormd.

Als gevolg van dit basisch milieu wordt al het NH_4^+ omgezet in NH_3 wat als reactieprodukt optreedt. De extinctie van de oplossing wordt bepaald met als blanco ammoniak vrij water. Met een standaardoplossing van ammoniumsulfaat werd een ijklijn bepaald. Het minimum gehalte NH_3-N dat met deze methode aangetoond kan worden is 5 µg/l. Aan het eind van het experiment werden alle ammoniakmonsters geanalyseerd.

4.4.3 Resultaten van de respiratiemetingen

In tabel 18 zijn de gewichten en de lengten van de tongen aan het begin en aan het eind van de proefperiode weergegeven. De proefperiode duurde 10 dagen (3-13 augustus). Alle tongen ontvingen in de proefperiode slechts twee maaltijden. Dit was niet genoeg om aan de onderhoudsbehoefte te voldoen, zodat ze dan

ook in gewicht afnamen. In bak B1 wist één tong uit het uitstroomgat te ontsnappen.

Tabel 18. Meet- en weeggegevens van de tongen aan begin en eind van het experiment en de specifieke groeisnelheid.

code bak	aantal vis n	$\bar{L}_b$	$\bar{W}_b$	$\bar{W}_b^{0.8}$	$\bar{L}_e$	$\bar{W}_e$	$\bar{W}_e^{0.8}$	α
A1	1	22.3	101.8	40.4	22.5	97.0	38.9	-0.27
A2	1	21.7	98.8	39.4	21.7	90.2	36.7	-0.50
A3	1	22.2	103.3	40.9	22.2	98.3	39.3	-0.28
B1	4	12.3	13.9	8.2	12.2	12.8	7.7	-0.46
B2	5	12.2	15.0	8.7	12.1	13.8	8.2	-0.48
B3	5	12.9	17.2	9.7	12.7	16.7	9.5	-0.16

Tabel 19. Gevoerde en opgegeten hoeveelheden kunstvoer en mossel bij de twee voederingen.

code	5 augustus			10 augustus		
bak	gevoerd	opgegeten		gevoerd	opgegeten	
voedsel	vers gram	vers gram	gds%Wdag^{-1}	vers gram	vers gram	gds%Wdag^{-1}
A1 kunstvoer	1.50	0.63	0.90	0.63	0.63	0.90
A2 kunstvoer	3.00	1.69	2.50	1.69	1.64	2.43
A3 mossel	6.00	4.46	2.92	4.50	4.46	2.92
B1 kunstvoer	1.50	1.22	2.15	1.22	1.17	2.06
B2 kunstvoer	3.00	1.39	1.74	1.39	1.35	1.69
B3 mossel	6.00	4.53	2.48	4.50	4.50	2.46

4.4.4 Discussie en conclusies van de respiratiemetingen

De tongen werden 5 en 10 augustus gevoerd. Zoals vermeld was het de bedoeling van de kleine en grote tongen, één groep een grote portie kunstvoer te laten eten, één groep een portie die de helft kleiner was en één groep een portie mossel.

Helaas waren de tongen niet zo hongerig als we verwacht hadden (stress?) . Daardoor bleef er in alle bakken een gedeelte van het voer liggen (zie tabel 19). Naarmate er meer gevoerd werd, vond er een grotere voedselopname plaats. De tongen aten veel meer mossel dan kunstvoer (in natgewicht). Blijkbaar is de vullingsgraad van de maag geen beperkende factor bij de opname van kunstvoer.

De totale hoeveelheid faeces die verzameld is, wordt vermeld in tabel 20. Twee dagen na het voeren werden vrijwel geen faeces meer geproduceerd. De faecesproduktie per gram voer is onderschat, een deel van de faeces werd door het uitstromende water meegevoerd.

Het standaardvoer bevat een hoog percentage chitinedeeltjes afkomstig van de vellen van de garnalen. De hoeveelheid uitgescheiden faeces van de tongen was in verhouding tot de hoeveelheid opgegeten voer groter wanneer meer voedsel opgenomen werd. Bij de grote tongen was dit effect zeer duidelijk.

Wanneer de geproduceerde hoeveelheid faeces uitgezet wordt tegen de tijd na voedering ontstaan de figuren 29 en 30. Wanneer er mossel gevoerd wordt, is de faecesproduktie regelmatiger over de tijd verdeeld. Van het kunstvoer wordt het grootste gedeelte korte tijd na het voeren uitgescheiden. Mossel verblijft langer in het maag-darmkanaal. Wanneer de maaltijdgrootte toeneemt, neemt de hoeveelheid faeces als percentage van de gegeten hoeveelheid voedsel toe. Ook de snelheid waarmee het voedsel het maagdarmkanaal passeert is ook groter naarmate het rantsoen groter is. Dus de efficientie van de vertering neemt af naarmate de hoeveelheid gegeten voedsel toeneemt. Bij de kleine tongen is dit effect

Tabel 20. De faecesproduktie 2 dagen na het voeren.

bakcode (voedsel)	geproduceerde hoeveelheid faeces, mg d.s. per vis		opgenomen voer	$\frac{\text{d.s.faeces}}{\text{d.s. voer}} \times 100\%$
	5 aug	10 aug	mg d.s./vis	
A1 (kunstvoer)	44	61	710	7.4
A2 (kunstvoer)	140	108	738	13.2
A3 (mossel)	16	16	1172	1.4
B1 (kunstvoer)	25.5	26.5	168	15.4
B2 (kunstvoer)	15.8	21.8	154	12.2
B3 (mossel)	4.4	4.0	237	1.8

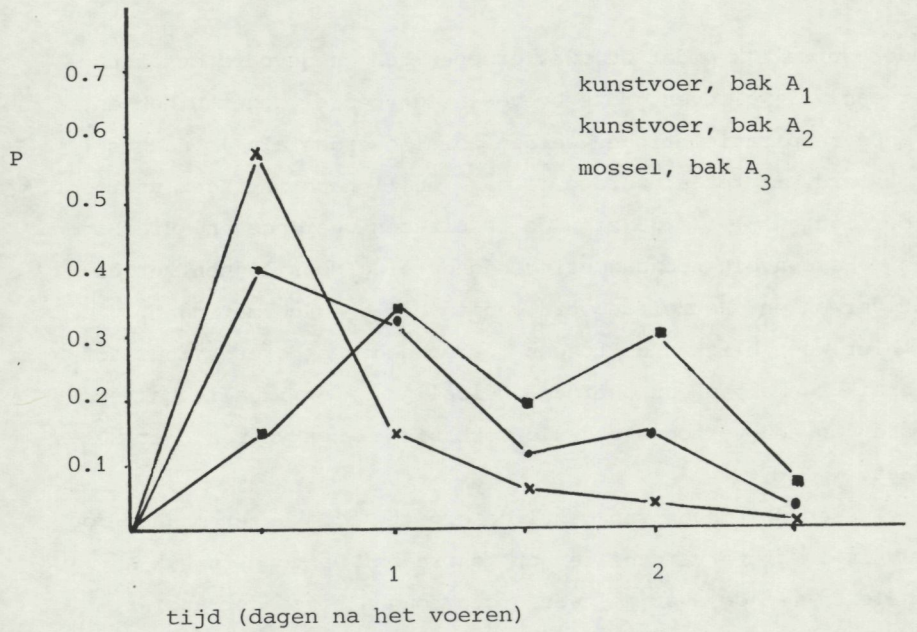


Fig. 29. Deel van de totale hoeveelheid uitgescheiden faeces a.g.v. een maaltijd in $\pm$ ½ dag uitgescheiden, een bepaalde tijd na het nuttigen van de maaltijd van ca 100 grams tong.

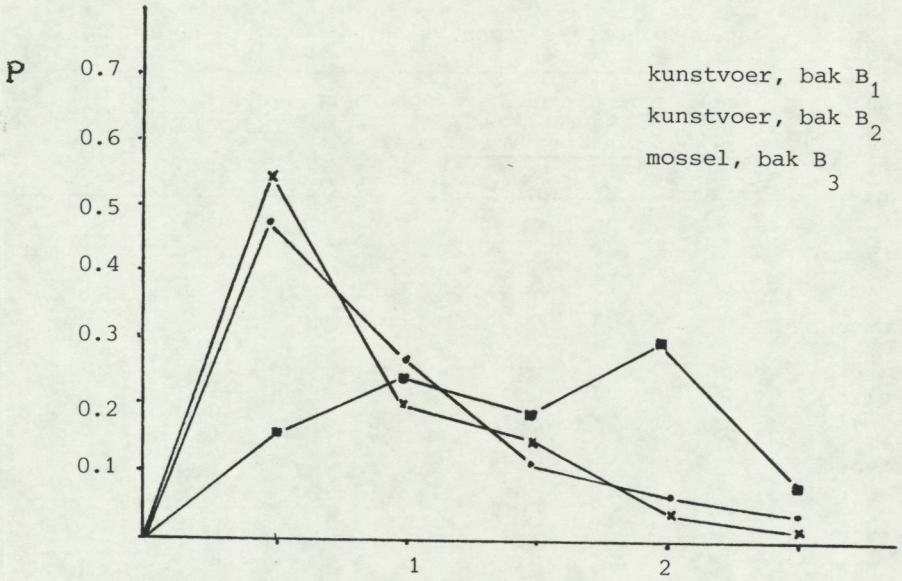


Fig. 30. Zelfde als figuur 29, voor ca 15 grams tong.

minder duidelijk omdat de twee groepen tongen gevoerd met kunstvoer een vrijwel even grote hoeveelheid voedsel gegeten hebben.

De respiratiemetingen werden zowel overdag als 's nachts uitgevoerd. In totaal werden 11 dag- en 11 nachtmetingen verricht. In de figuren 31 t/m 36 zijn de resultaten weergegeven. Hierbij zijn de opeenvolgende dagmetingen onderling door lijnen met elkaar verbonden. Hetzelfde werd gedaan bij de nachtmetingen. Ook hier weer blijken de tongen in de nacht een groter zuurstofverbruik te hebben dan overdag. Duidelijk is er in alle bakken sprake van een verhoogd zuurstofverbruik na het voeren, het SDA-effect.

Tussen de tongen van dezelfde grootte blijken er in het routine niveau grote verschillen op te treden. De tong in bak A2 was vergeleken met de overige twee grote tongen bijzonder aktief. Hij blijkt dan ook een hogere zuurstofconsumptie te hebben. Wanneer het dag-nacht effect op het zuurstofverbruik wordt uitgeschakeld ontstaan de figuren 37 en 38. De oppervlakte onder de grafieken kan m.b.v. regressieanalyse en integraalrekenen be-

rekend worden. In tabel 21 is de omvang van het extra zuurstofverbruik na het nuttigen van een maaltijd aangegeven samen met een aantal andere belangrijke gegevens. Gemiddeld is het zuurstofverbruik 2 dagen verhoogd als gevolg van het voeren. Ook het voedsel passeert het maagdarmkanaal bij de tongen in twee dagen (twee dagen na het voeren wordt er geen faeces meer uitgescheiden). In de periode dat het voedsel het maagdarmkanaal doorloopt worden voedselcomponenten opgenomen in het lichaam, wat aanleiding geeft tot een extra groot O_2-verbruik (desaminatie van aminozuren).

Bij de kleine tongen vertoont de duur van het SDA-effect minder variatie dan bij de grotere tongen. Jobling & Davies (1980-1) vonden bij de schol (bij 20°C) een variatie in de duur van het SDA-effect van 24 tot 72 uur. Dit komt overeen met de gevonden waarden bij de tong.

Uit de resultaten blijkt niet duidelijk of bij de grotere tongen het SDA-effect langer duurt dan bij de kleinere tong of omgekeerd. Ook in de literatuur heerst er verwarring over de vraag wat de invloed van de visgrootte op de duur van het SDA-effect en de maagpassagesnelheid is. De omvang van het SDA-effect komt overeen met de oppervlakte onder de "pieken". Uit de hoeveelheid extra zuurstofverbruik kan het energieverbruik ten gevolge van de maaltijd berekend worden.

Uit de specifieke groeisnelheid blijkt dat het stofwisselingsniveau van de tongen tussen vasten en onderhoud in ligt. Dus de respiratiequotiënt ligt tussen de 0.7 en 0.8. Het extra energieverbruik komt daarom overeen met 4.77 cal. per ml O_2 = 3.34 cal. per mg O_2. Om een vergelijkbare maatstaf voor het SDA-effect te hebben, heeft men de SDA-coëfficient ingevoerd:

$$\text{SDA-coëff.} = \frac{\text{warmte-energie die de vis verliest a.g.v. SDA-effect} \times 100\%}{\text{energie in maaltijd die het SDA-effect veroorzaakt}}$$

De hoeveelheid extra zuurstofverbruik als gevolg van het SDA-effect wordt enerzijds bepaald door de maaltijdgrootte en anderzijds door de voedselcomponenten waaruit de maaltijd is samengesteld. De hoeveelheid verteerbaar eiwit (desaminering) is daarbij

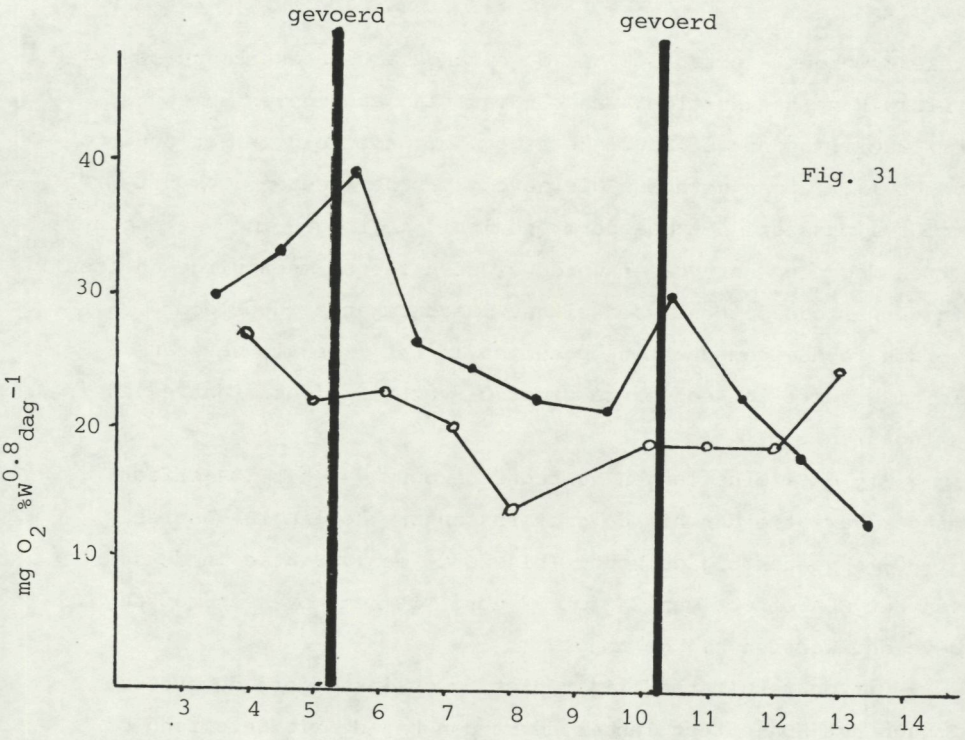

gevoerd
gevoerd
40
30
20
10
mg O_2 %$W^{0.8}$ dag^{-1}
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
tijd (dagen, aug.)

Fig. 31

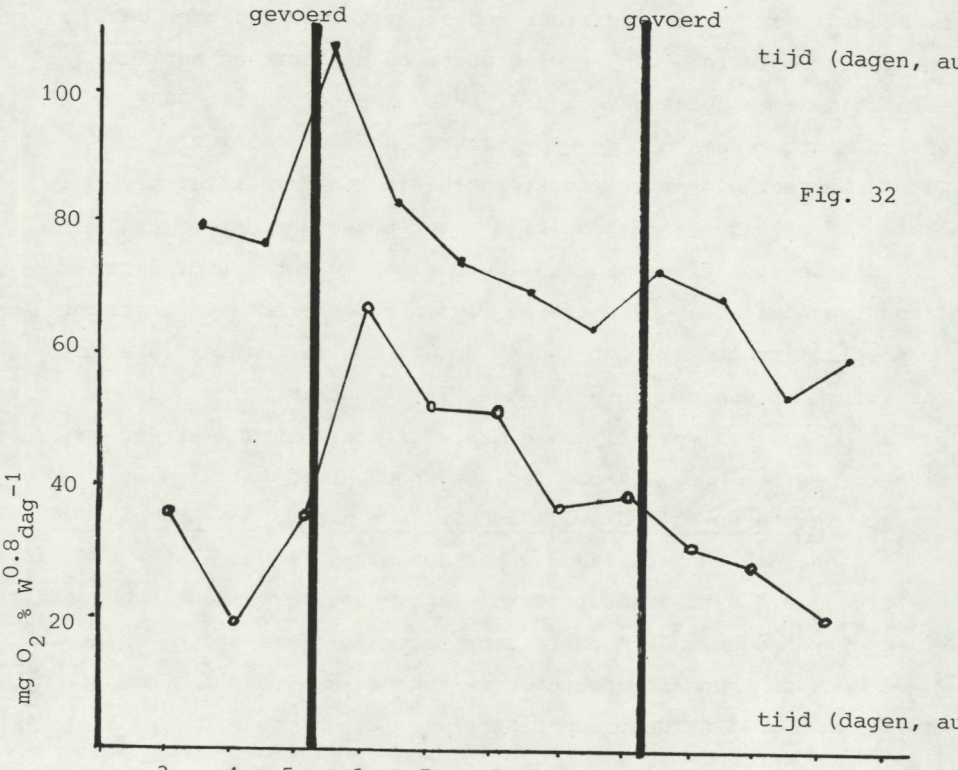

gevoerd
gevoerd
100
80
60
40
20
mg O_2 % $W^{0.8}$ dag^{-1}
tijd (dagen, aug.)

Fig. 32

Fig. 31. De zuurstofconsumptie van de ca 100 grams tongen in de periode 3-13 augustus in bak A1 gevoerd met kunstvoer: nachtmetingen (●——●) en dagmetingen (o——o).

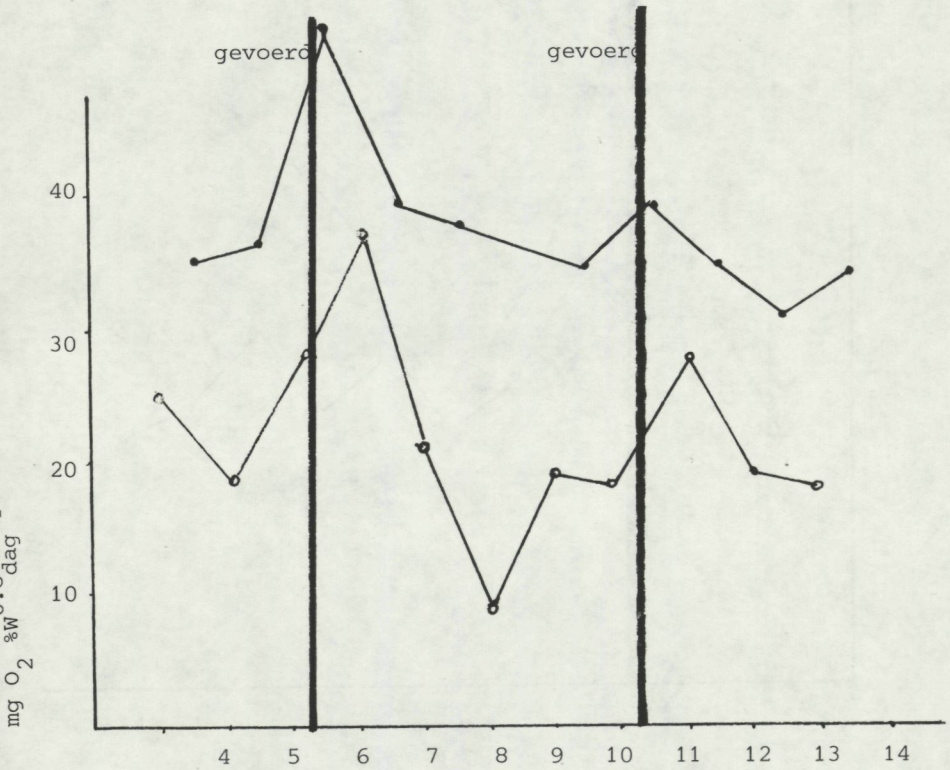


Fig. 33. De zuurstofconsumptie in de periode 3-13 augustus van de ca 15 grams tongen in bak B1, gevoerd met kunstvoer: nachtmetingen (●——●) en dagmetingen (o——o).

Fig. 32. De zuurstofconsumptie van de ca 100 grams tongen in de periode 3-13 augustus in bak A2 gevoerd met kunstvoer: nachtmetingen (●——●) en dagmetingen (o——o).

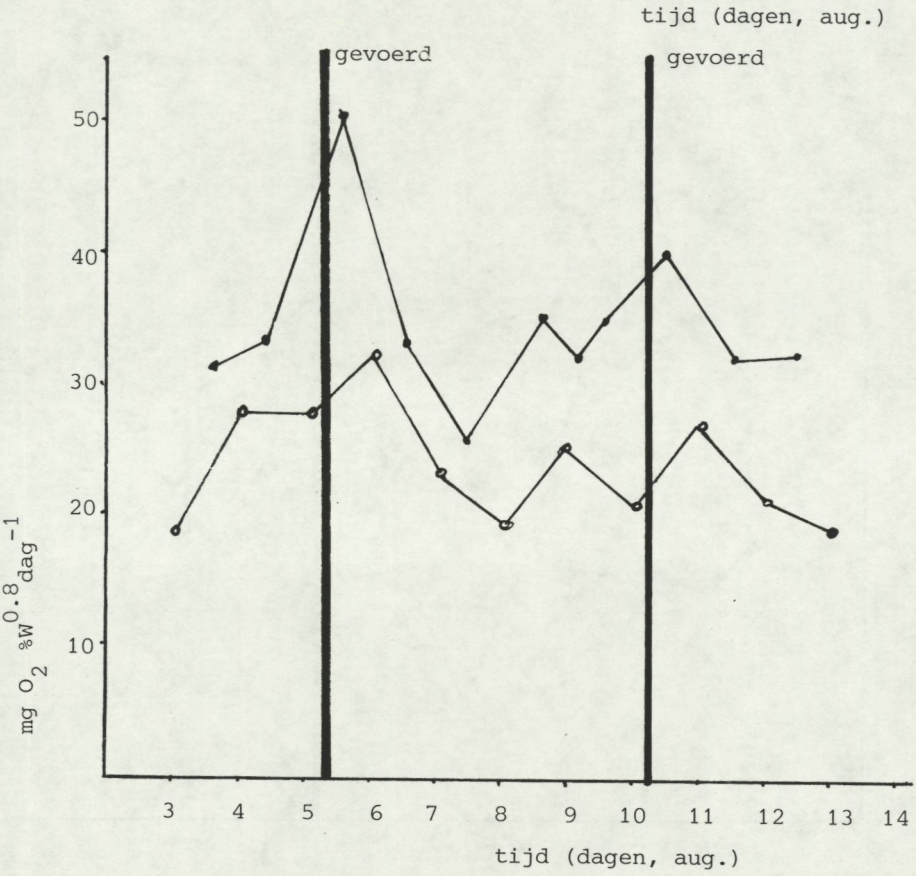


Fig. 34. De zuurstofconsumptie in de periode 3-13 augustus van de ca 15 grams tongen in bak B2, gevoerd met kunstvoer: nachtmetingen (●——●) en dagmetingen (o——o).

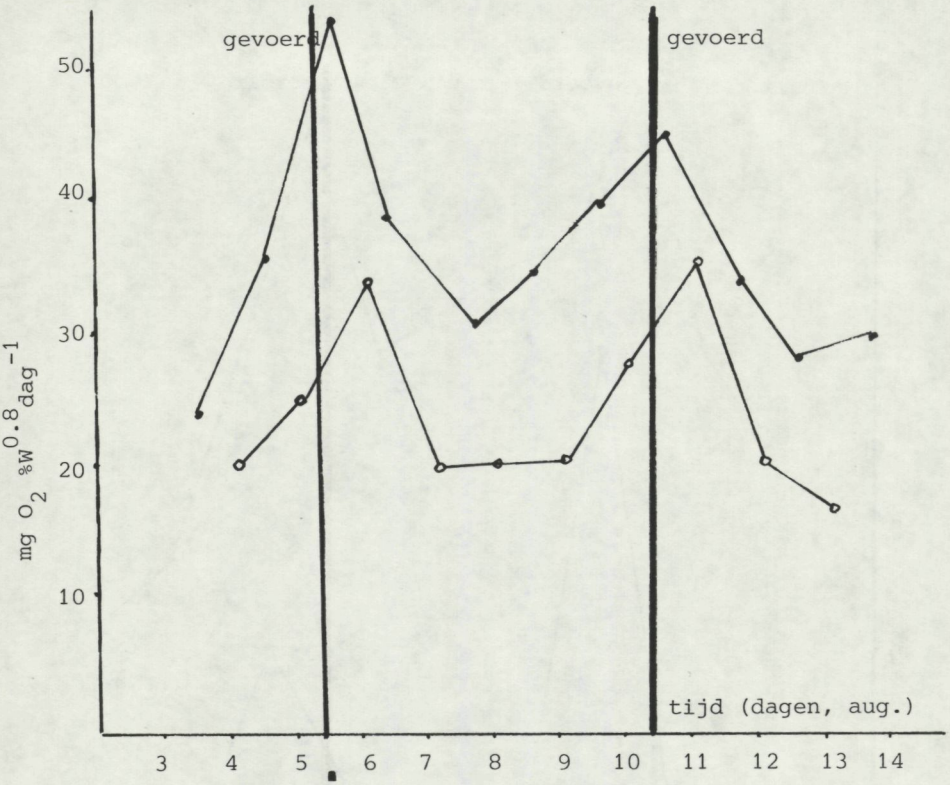


Fig. 35. De zuurstofconsumptie in de periode 3-13 augustus in bak B3, ca 15 grams vis.

vooral van groot belang (M. Jobling, 1980-3). Er treedt geen duidelijk verschil op in de aanvang van het SDA-effect (uitgedrukt als kcal/kg$^{0.8}$) als gevolg van de visgrootte. Wanneer een grotere hoeveelheid kunstvoer opgenomen wordt neemt de omvang van het SDA-effect toe. Dit is het duidelijkst bij de grote tongen. Mossel heeft een duidelijk groter SDA-effect tot gevolg dan kunstvoer. Waarschijnlijk is dit een gevolg van een grotere opname van verteerbaar eiwit. Een grotere maaltijd heeft echter een kleinere SDA-coëfficient tot gevolg. Hieruit blijkt weer dat een kleinere maaltijd efficienter verteerd wordt. Mossel wordt beter verteerd dan kunstvoer (grotere SDA-coëfficient). Bij de kleinere tongen is dit minder duidelijk.

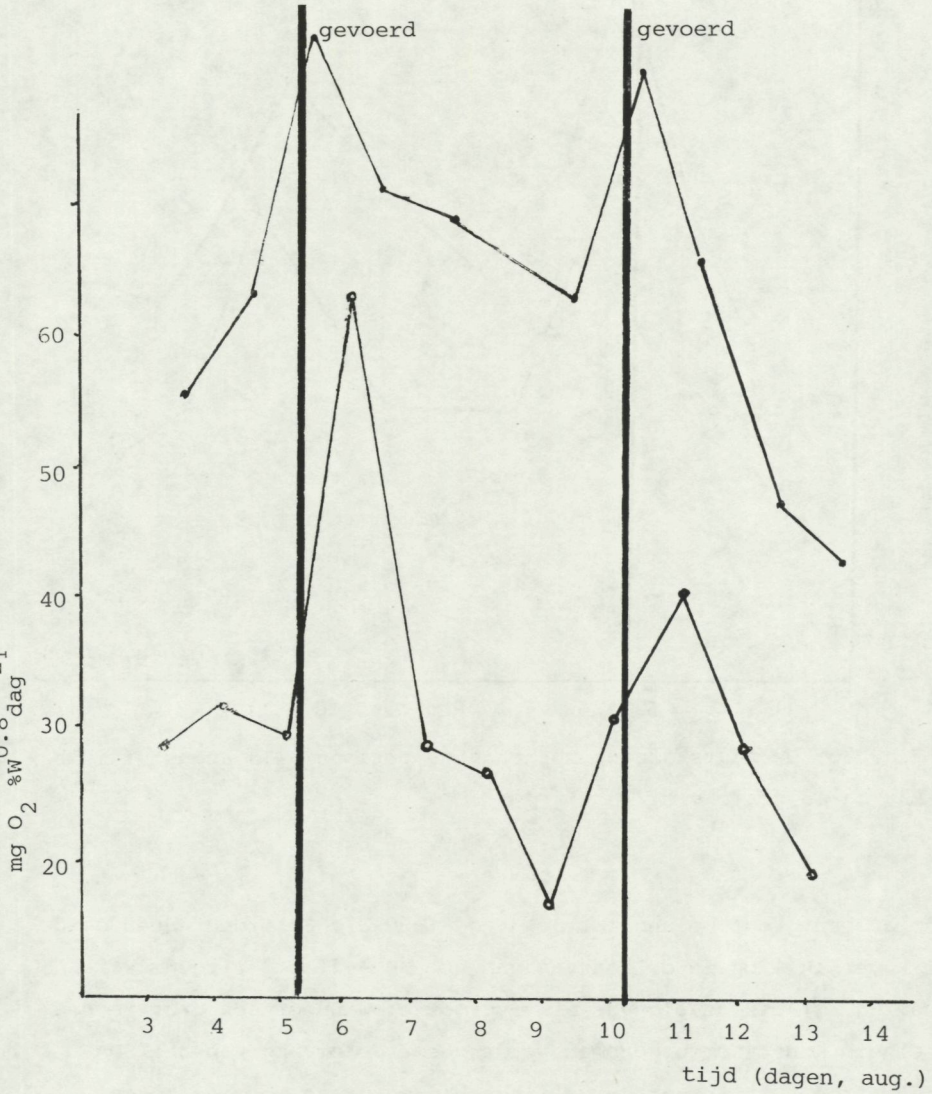


Fig. 36. De zuurstofconsumptie in de periode 3-13 augustus in bak A3, ca 100 gram vis.

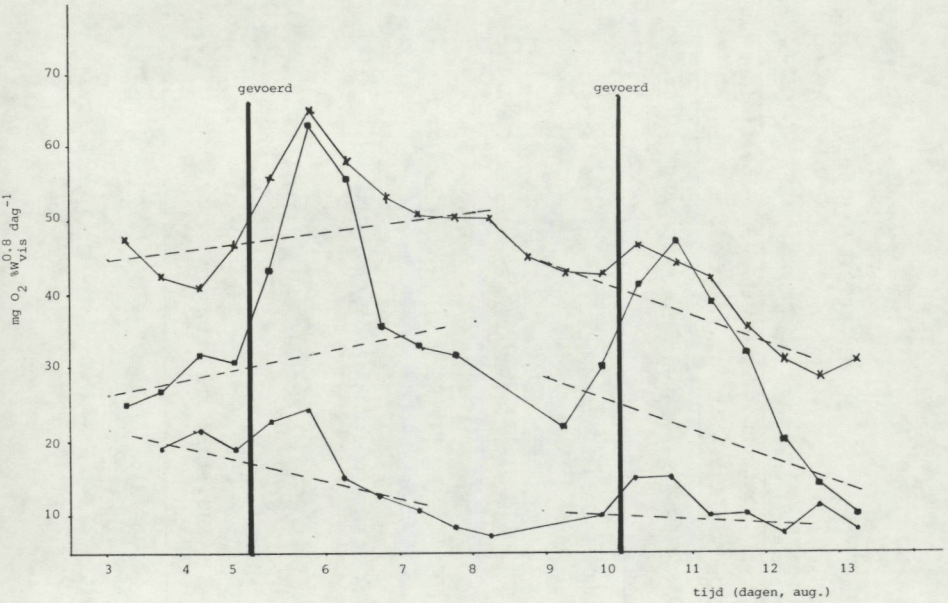


Fig. 37. De zuurstofconsumptie van ca 100 grams tong in de periode 3-13 augustus; bak A1 (●——●; kunstvoer), bak A2 (x——x; kunstvoer), bak A3 (■——■; mossel).

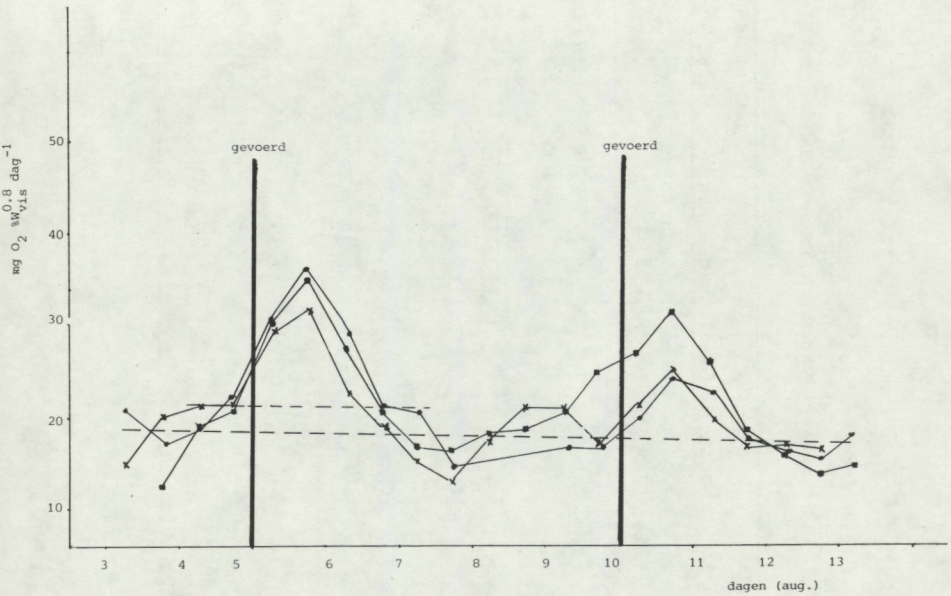


Fig. 38. De zuurstofconsumptie van ca 15 grams tong in de periode 3-13 augustus; bak B1 (●——●; kunstvoer), bak B2 (x——x; kunstvoer), bak B3 (■——■; mossel).

Tabel 21. Zuurstofverbruik bij routine metabolisme, omvang van het SDA-effect, rantsoengrootte en de SDA-coefficient van de tongen in de verschillende respiratiebakken.

code bak (voedsel)	O_2 verbruik routine metabol.		SDA-effect						rantsoen		g eiwit/	SDA-coefficient	
			g $O_2/kg^{0.8}$		kcal/$kg^{0.8}$		duur(uren)		kcal/$kg^{0.8}$		maaltijd		
	mgO_2/ $kg^{0.8}$uur	kcal/ $kg^{0.8}$uur	5 aug	10 aug	5 aug	10 aug	5 aug	10 aug	5 aug	10 aug		5 aug	10 aug
A1 (kunstvoer)	221	0.74	1.22	0.98	4.06	3.26	41	48	41.44	41.44	0.413	7.8	8.9
A2 (kunstvoer)	458	1.53	2.91	2.14	9.69	6.97	54	48	115.91	111.26	0.378	5.5	6.2
A3 (mossel)	322	1.08	9.23	9.24	30.79	30.83	49	62	142.52	142.52	0.818	21.7	21.6
B1 (kunstvoer)	278	0.93	3.85	1.86	12.85	6.21	42	44	100.09	96.03	0.271	6.5	9.6
B2 (kunstvoer)	278	0.93	2.35	1.61	7.84	5.36	36	48	85.84	83.39	0.311	6.4	7.8
B3 (mossel)	275	0.93	3.06	4.02	13.21	13.41	42	48	120.94	120.13	0.828	11.2	11.1

4.4.5 Resultaten van de ammoniakbepalingen

In tabel 22 zijn de NH_4^+-N-gehalten, die bepaald werden, weergegeven. Zowel in de respiratiebakken als in de bassins waarin de respiratiebakken stonden zijn monsters voor de ammoniakbepalingen genomen. De toename van het ammoniakgehalte (werd berekend uit het verschil in concentratie) voor en na het afsluiten van de bakken. Enkele malen werd vóór het afsluiten geen monster uit de respiratiebakken genomen. Als beginwaarde werd in die gevallen het NH_4^+-gehalte in het grote bassin genomen.
Uit de respiratiemetingen bleek dat enkele dagen na de voederingen de stofwisseling van de vissen zich weer op het routineniveau bevond. Daarom werd aangenomen dat in de periode tussen de voederingen ook geen belangrijke veranderingen in de NH_4^+-produktie voordeden en werden er geen metingen verricht.

4.4.6 Discussie en conclusies ammoniakbepalingen

Verwacht zou mogen worden dat er, evenals bij het zuurstofverbruik, na het voeren van de tongen een verhoogde NH_4^+-produktie plaats zou vinden. In de figuren 39 t/m 44 is de NH_4^+-produktie voor de verschillende respiratiebakken in de loop der tijd weergegeven.

Inderdaad treedt er enkele malen een verhoogde NH_4^+-produktie op na het voeren. Bij de kleinere tongen is dit effect echter in het geheel niet duidelijk. Ook is het vreemd dat in de meeste gevallen de NH_4^+-produktie vóórdat het voedsel verstrekt werd, al verhoogd is.

De meeste veranderingen in de NH_4^+-produktie zijn géén gevolg van de voederingen. In de periode tussen de twee voederingen waarin geen metingen werden verricht kunnen zich nog aanzienlijke fluctuaties voorgedaan hebben in de NH_4^+-produktie. Mogelijk spelen ook hier weer stresseffecten een belangrijke rol. Ook Jobling (1980-4) vond een verhoogde NH_4^+-produktie wanneer schollen gehanteerd werden. Als gevolg van stress bij de vissen wordt waarschijnlijk de diurese verhoogd.

Tabel 22. Het ammoniakgehalte (mmol/L) voor (1) het afsluiten van de bakken en nadat (2) de bakken enige uren afgesloten zijn geweest.

bak		4	4-5	5	5-6	6	6-7	7	7-8	9-10	10	10-11	11	11-12	12
	voor(1)		0.273				0		0	0		0		0	
A1	na (2)	0.755	0	0.554	0.153	0.434	0.353	0	0	2.280	1.277	2.683	1.559	0.353	0.112
	produktie	0.755	0	0.554	0.153	0.434	0.353	0	0	2.280	1.165	2.217	1.359	0.353	0.112
	voor		0.233		0.956		0.153		0	0		1.639		0.112	
A2	na	2.041	1.840	1.036	2.241	0	0.137	0.816	0.715	1.840	1.966	4.812	0.072	0.434	0.313
	produktie	2.041	1.607	1.036	1.763	0	0.060	0.816	0.715	1.840	1.848	3.527	0.072	0.322	0.313
	voor		0.112		1.157		0		0	0		1.157		0	
A3	na	0.755	1.237	0.715	3.688	2.643	0.233	0.358	0	0.094	1.438	4.732	2.201	1.639	0.353
	produktie	0.755	1.125	0.715	3.110	2.643	0.233	0.358	0	0.094	1.326	3.688	2.201	1.639	0.353
	voor		0.237		0		0		0.193	0		1.639		0	
B1	na	1.318	0.715	1.157	1.318	0	0.47	0.398	0.113	2.041	3.085	1.960	0.795	0.032	0.795
	produktie	1.318	0.597	1.121	1.282	0	0.117	0.398	0.016	2.041	2.169	0.361	0.795	0.032	0.795
	voor		0.273		0.514		0.595		-	0.675		2.282		1.117	
B2	na	0.554	1.880	2.161	1.920	0.273	0	0.398	0.635	2.201	0.956	1.639	0.996	1.157	1.759
	produktie		1.744	2.125	1.627	0.273	0	0.398	0.635	1.526	0.040	0	0.996	0.040	1.759
	voor		-		0.996		0.273		-	0		0.755		0.153	
B3	na	2.241	1.800	1.920	2.603	2.161	0.112	0.595	0.233	2.442	2.282	0	2.567	1.318	0.755
	produktie	2.241	1.800	1.884	2.567	2.161	0.137	0.595	0.233	2.442	1.366	0	3.567	1.165	0.755
bassin A		0	(2.041)	0	0	0	0	0	0		0.112	0.932	0		0
bassin B		0	0	0.072	0.072	0	0	0	0		0.916	1.559	0		0
tijd (uren)		6.0	7.5	5.0	5.0	5.1	5.0	6.0	5.1	5.8	6.0	5.0	5.5	5.0	5.5

In de respiratiebakken B_1 en B_2 is er geen sprake van een verhoogde NH_4^+-produktie na het nuttigen van de maaltijd. In de resterende bakken is enigszins een schatting te maken van de exogene NH_4^+-produktie door de oppervlak onder de "pieken" te berekenen.

Een standaardmethode om de energetische waarde van de excretie te berekenen berust op de vormingswarmte van ammonium. De waarde 5.94 cal/mg NH_4^+-N kan gebruikt worden om het gewicht van uitgescheiden NH_4^+ om te rekenen naar energetische eenheden (Elliot & Davison, 1975). In tabel 23 zijn deze schattingen weergegeven. De exogene uitscheiding van NH_4^+ als gevolg van het opnemen van een maaltijd bedraagt bij deze metingen slechts 0.5 tot 3.3% van de bruto energie in het voer. Waarschijnlijk zal de uitscheiding van ureum en andere energiedragers in de urine niet onaanzienlijk zijn. De metingen zijn niet betrouwbaar genoeg om te kunnen bepalen of de grootte van de maaltijd of de nutritionele waarde van het voer (mossel - kunstvoer) de NH_4^+ produktie beinvloedt.

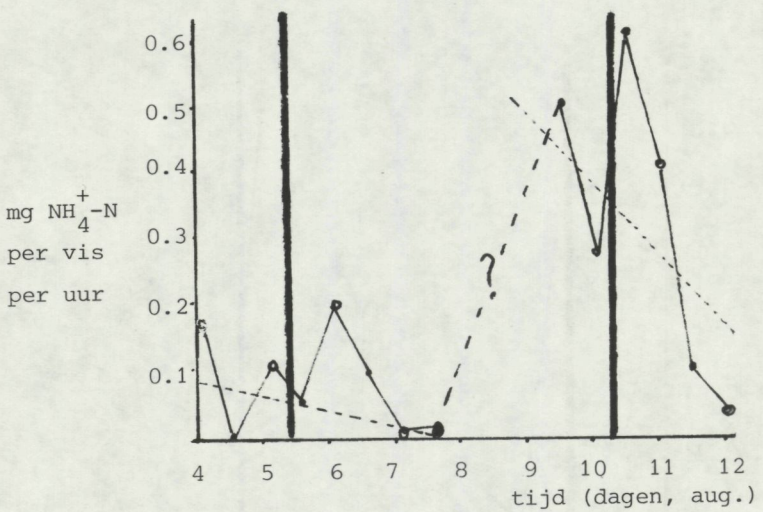


Fig. 39. De NH_4^+-produktie van ca 100-grams tongen gevoerd met kunstvoer in bak A1 in de periode 4-12 augustus; dagmeting (-o-), nachtmeting (-●-).

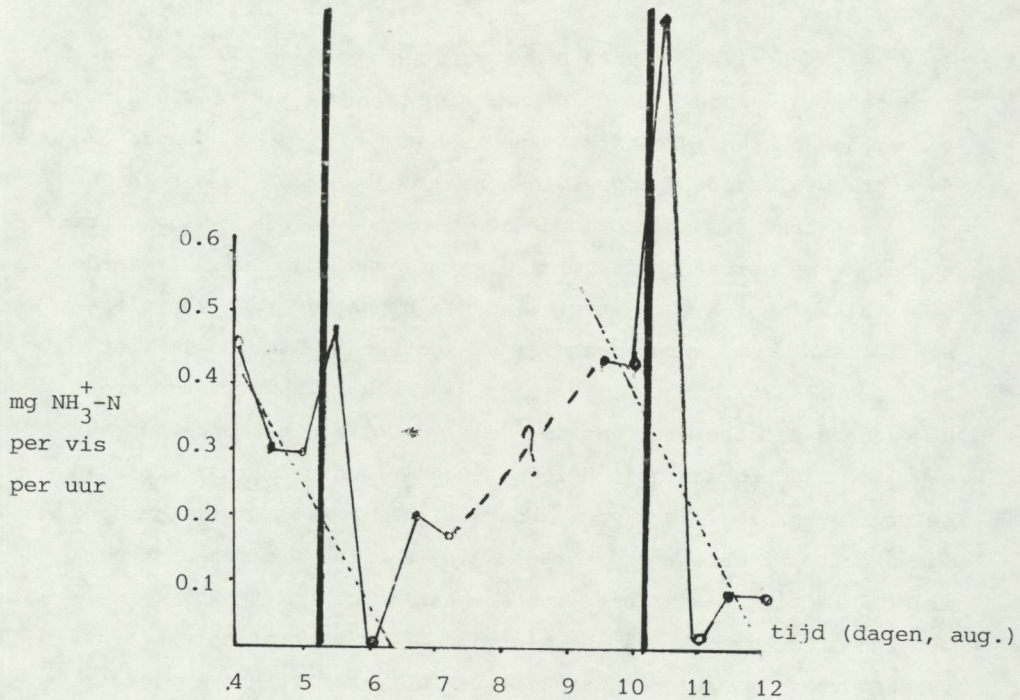


Fig. 40. De NH_4^+-produktie van ca 100-grams tongen gevoerd met kunstvoer in bak A2 in de periode 4-12 augustus; dagmeting (-o), nachtmeting (-●).

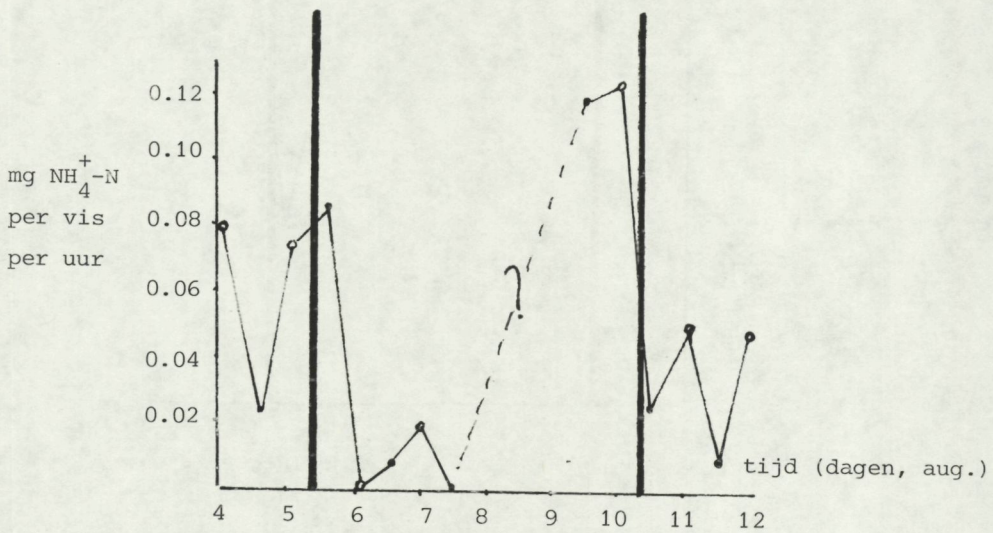


Fig. 41. De NH_4^+-produktie van ca 15-grams tongen gevoerd met kunstvoer in bak B1 in de periode 4-12 augustus; dagmeting (-o), nachtmeting (-●-).

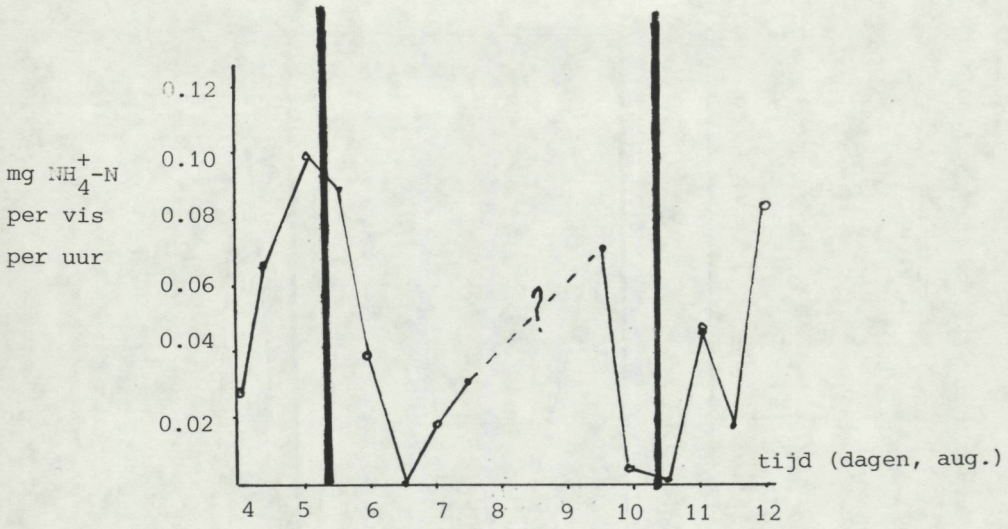


Fig. 42. De NH_4^+-produktie van ca 15-grams tongen gevoerd met kunstvoer in bak B2 in de periode 4-12 augustus; dagmeting (-o-), nachtmeting (-●-).

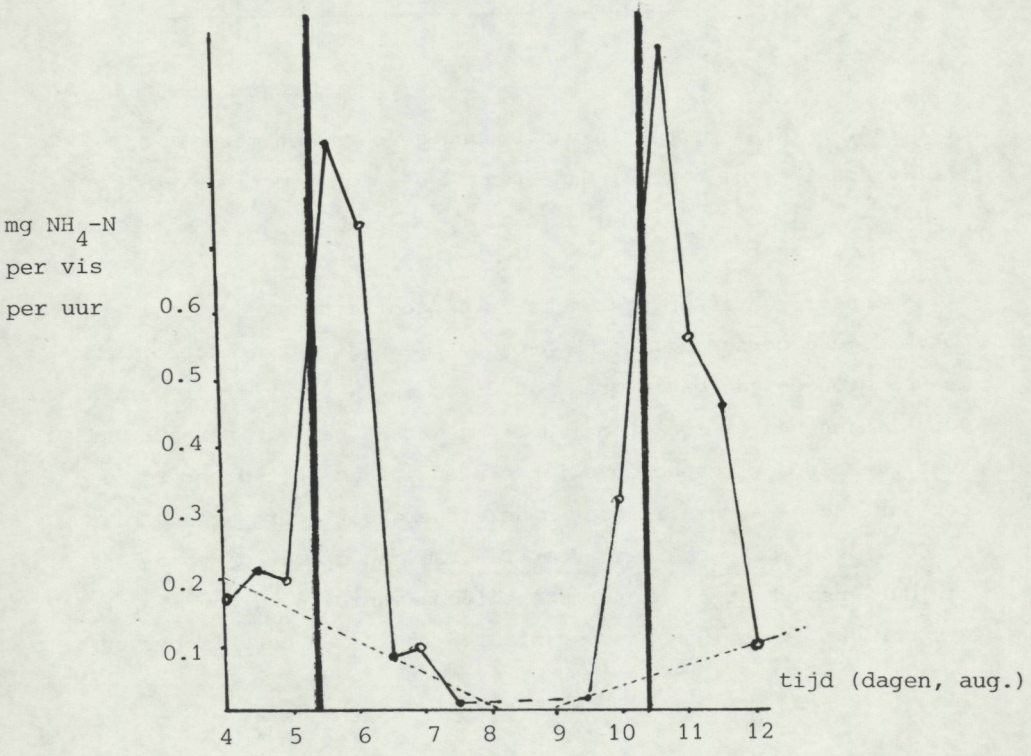


Fig. 43. De NH_4^+-produktie van tongen gevoerd met mossel, ca 100-grams tongen, bak A3; dagmeting (-o-), nachtmeting (-●-).

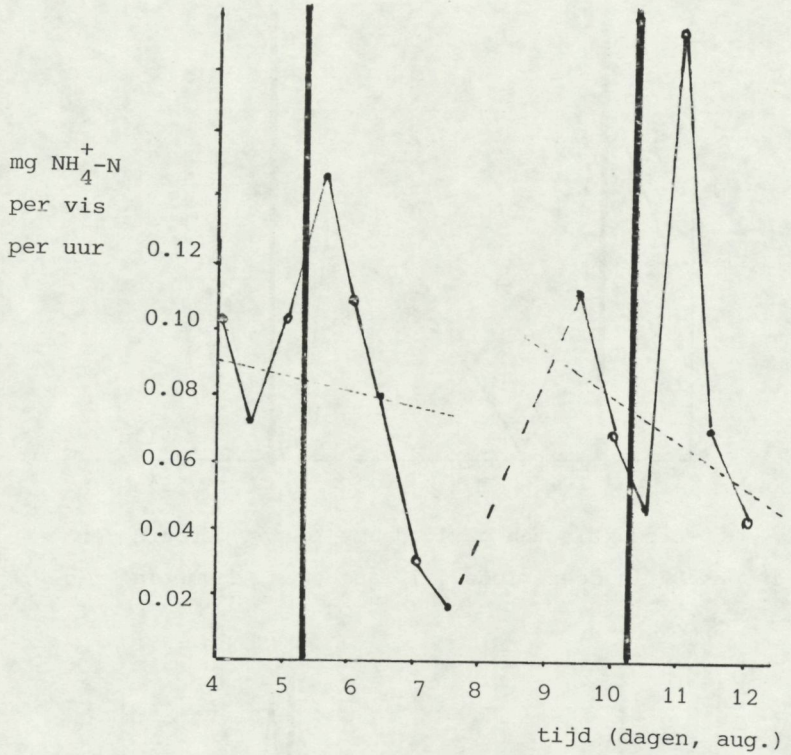


Fig. 44. De NH_4^+-produktie van tongen gevoerd met mossel, ca 100-grams tongen, bak B3; dagmeting (-o-), nachtmeting (-●-).

Wanneer de vissen vasten is de uitgescheiden NH_4^+ uitsluitend van endogene oorsprong. De NH_4^+-produktie bij routinemetabolisme is voor tongen van ca 15 gram ± 0.04 mg NH_4-N per vis per uur, voor tongen van ca 100 gram ± 0.16 mg NH_4^+-N per vis per uur*. Dit komt overeen met respectievelijk 4,9 en 4,1 mg NH_4^+-N per $kg^{0.8}$ per uur. Deze waarden liggen in dezelfde grootte orde als Jobling (1980-4) vond bij schollen. Voor 15-grams schol (20°C) vond hij een NH_4^+-produktie bij het routineniveau van 0,13 mg NH_4^+-N per vis per uur, voor 100-grams schol 0,25 mg NH_4^+-N per vis per uur.

* d.i. $0{,}0055W^{0.73}$

Tabel 23. De geschatte extra NH_4^+-produktie na het voeren in mg NH_4^+-N/vis, cal/vis en als percentage van de bruto voederenergie.

respiratie-	datum voeren	gevoerd cal/vis	exogene NH_4^+-produktie		exogene NH_4^+ produktie als % bruto energie
			mgNH_4^+-N/vis	cal/vis	
A1	5 aug	1644	3.08	18	1.1
kunstvoer	10 aug	1644	5.98	36	2.2
A2	5 aug	4427	2.81	17	0.4
kunstvoer	10 aug	4296	6.48	39	0.9
A3	5 aug	5719	14.28	84	1.5
mossel	10 aug	5719	21.24	126	2.2
B3	5 aug	1163	1.01	6	0.5
mossel	10 aug	1155	0.98	6	0.5

Resumerend kan het volgende worden opgemerkt:

a. Mossel wordt zowel in gewichteenheden (natgew. en gram d.s.) als in energetische waarde beter door de tongen gegeten dan kunstvoer. Kunstvoer passeert het maag-darmkanaal sneller. Bij het voeren van kunstvoer zullen de tongen sneller weer hongerig zijn dan bij het voeren van mossel.

b. In de nacht zijn de tongen aktiever en wordt er meer zuurstof verbruikt. De dagwaarden van de gemeten ammoniumproduktie verschillen niet duidelijk van de nachtwaarden.

c. Bij routinemetabolisme wordt ca 275.0 mg O_2 per $kg^{0.8}$ per uur verbruikt en ca 4.5 mg NH_4^+-N per $kg^{0.8}$ per uur geproduceerd.

d. Het voeren van de tongen veroorzaakt een duidelijke stijging in het zuurstofverbruik. Een toename van de ammoniumproduktie is niet in alle respiratiebakken even duidelijk.

e. Het SDA-effect houdt gemiddeld 2 dagen aan bij 20°C. Ook het voedsel verblijft dan ca 2 dagen in het maag-darmkanaal Twee dagen na het nuttigen van de maaltijd wordt geen faeces meer uitgescheiden.

f. De grootte van het SDA-effect (de hoeveelheid zuurstof die als gevolg van een maaltijd extra verbruikt wordt) wordt waarschijnlijk voornamelijk bepaald door de hoeveelheid verteerbaar eiwit in het dieet. Een grotere maaltijd veroorzaakt een groter SDA-effect. Mossel bevat een hoger percentage eiwit en wordt in een grotere hoeveelheid opgegeten dan kunstvoer. Het zuurstofverbruik van de tongen na het eten van mossel is dan ook duidelijk groter.

g. De extra warmteproduktie als gevolg van het SDA-effect is aanzienlijk, namelijk 8-22% van de bruto-energie van de maaltijd. Daarentegen is de energie die verloren gaat door de excretie van ammonium zeer gering, nl. 0.5 tot 3.3% van de bruto energie in de maaltijd. Vermoedelijk verliezen de tongen een aanzienlijk deel van hun energie door excretie van andere N-houdende stoffen in de urine.

4.5 Derde experiment, de zuurstofconsumptie en voedselopname van tongen met verschillend lichaamsgewicht

4.5.1 Inleiding

In voorgaande experimenten werden enkele malen belangrijke parameters, zoals de groeisnelheid, de zuurstofconsumptie en de ammoniumproduktie uitgedrukt in het metabolische gewicht ($W^{0.8}$). Winberg (1960) stelde vast dat bij zeer veel vissen de zuurstofconsumptie, d.w.z. het stofwisselingsniveau, gerelateerd is aan $W_{vis}^{0.8}$. De gewichtsexponent (0.8) varieert van 0.71 (Cyprinodonten) tot 0.85 (tropische mariene vissoorten en karper). Door het bepalen van de zuurstofconsumptie van tongen met verschillende grootten was het mogelijk de gewichtsexponent voor de tong te bepalen. Tevens werd op verschillende tijdstippen in het etmaal de zuurstofconsumptie gemeten. Hierdoor kan een beeld van het verloop van de aktiviteit van de tongen in de loop van een etmaal verkregen worden.

Alle tongen werden tijdens dit experiment ad libitum gevoerd. Zoals ook bij vrijwel alle voorgaande experimenten werd

's morgens 9.00 uur en 's avonds 21.00 uur een portie voer verstrekt. Bij dit voederregime en onder de gegeven omstandigheden kon zo de maximale voederopname afhankelijk van het visgewicht bepaald worden.

4.5.2 Materiaal en methode

De respiratiebakken werden bezet met tongen van verschillende gewichten, variërend van 14 tot 173 gram. Elke bak werd met een zodanig aantal tongen (met ongeveer gelijk gewicht) bezet, dat bij de metingen de doorstroming $\pm$ 1½ uur stopgezet zou kunnen worden zonder dat het O_2-verzadigingspercentage beneden de 80% daalde. De tongen konden 3 dagen aan de respiratiebakken wennen. Hierna werden in de loop van 7 dagen 13 zuurstofmetingen verricht, op zes verschillende tijdstippen in het etmaal met tijdintervallen van 4 uur. Op elk tijdstip werd in alle bakken een duplo bepaling uitgevoerd (om 11.00 uur een triplo).

Iedere dag ontvingen de tongen 's morgens (9.00 uur) en 's avonds (21.00 uur) een ruime overmaat kunstvoer. Het voedsel dat niet opgenomen werd door de tongen werd een half uur na voeren afgeheveld, met een schepnetje gescheiden van het water en gedroogd in de droogstoof. Na wegen kon dan de hoeveelheid opgegeten voer berekend worden. Omdat het gewichtsverschil t.g.v. groei tijdens de korte proefperiode gering is en om onnodige beschadigingen van de tongen te voorkomen werden de tongen slechts éénmaal gemeten en gewogen, namelijk aan het begin van het experiment.

4.5.3 Resultaten

In tabel 24 zijn de aantallen, lengten en gewichten van de tongen die bij het experiment gebruikt werden, vermeld. Tabel 25 geeft een overzicht van de zuurstofconsumptie in de verschillende bakken op verschillende tijdstippen gemeten.

4.5.4 Discussie en conclusies

Er was een zeer sterke fluctuatie in de voedselopname in de loop van de tijd. Dit blijkt duidelijk uit de figuren 45 en 46 waarin de voedselopname van de tongen in de verschillende respiratiebakken is weergegeven. Deze grote fluctuatie in voedselopname zal bij maximale voedering aanleiding zijn tot grote verspilling van voedsel.

Tabel 24. Lengte en gewicht van de tongen in de zes verschillende respiratiebakken.

code bak	aantal vis	$L_b \pm$s.a.	$W_b \pm$s.a.	$W_b^{0.8} \pm$s.a.
A1	2	25.6±0.1	173.4±4.9	61.8±1.4
A2	3	21.5±0.3	93.8±6.1	37.8±2.0
A3	3	19.9±0.2	81.1±6.6	33.7±2.2
B1	4	17.3±0.3	50.1±3.5	22.9±1.3
B2	5	14.8±6.4	28.5±3.0	14.9±1.3
B3	10	11.7±0.7	14.0±2.6	8.2±1.2

Opvallend is de synchroniteit die optreedt in de voedselopname van de tongen in de bakken A1, A2 en A3 en die in de bakken B1, B2 en B3. Dit suggereert dat bepaalde milieufactoren verantwoordelijk kunnen zijn voor deze overeenkomst in voedselopname in de verschillende respiratiebakken. Zo zouden misschien variaties in de watersamenstelling (zuurstofgehalte, saliniteit), veranderingen in het weer (lichtintensiteit) of verstoring van de tongen (lopen langs de respiratie-opstelling, het nemen van zuurstofmonsters) de voedselopname kunnen beinvloeden. Vermoedelijk zullen bij lagere voederniveaus minder grote schommelingen optreden. Bovendien kan de invloed van storende factoren op de voedselopname vergroot zijn doordat de tongen als gevolg van de huisvesting in polyester bassins zonder zand onrustiger zijn. Het is natuurlijk ook mogelijk dat de tongen een bepaald intrinsiek ritme

vertonen waardoor de voedselopname beinvloed wordt.

De gemiddelde hoeveelheid opgegeten voedsel is in tabel 25 vermeld. De voedselopname is bij de avondvoedering gemiddeld 20% hoger dan bij de voedering 's morgens. Dit is in overeenstemming met de natuurlijke levenswijze van de tong in zee. Kruuk (1963) vond bij in zee gevangen tongen lege magen aan het eind van de middag, terwijl kort na zonsondergang de magen gevuld waren. De tongen nemen kennelijk vooral 's avonds voedsel op.

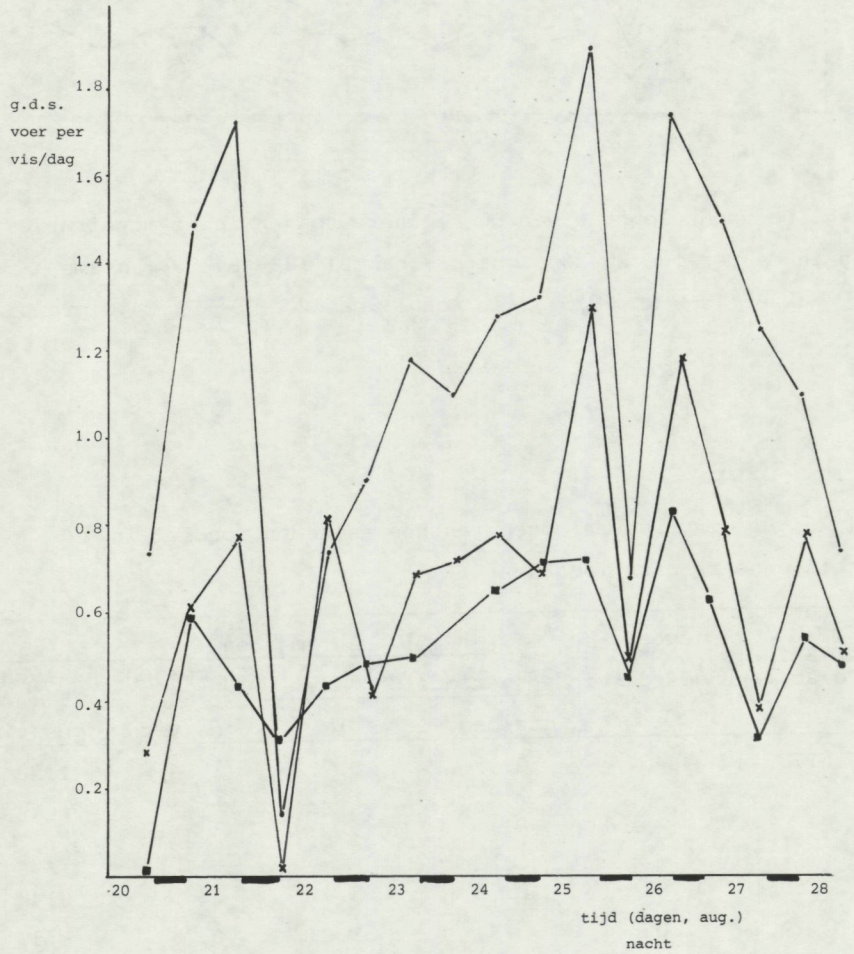


Fig. 45. De voedselopname van de grotere tongen in de respiratiebakken in de periode 20-28 augustus; bak A1 (●——●, 173,4-grams tong), bak A2 (x——x, 93,8 grams tong), bak A3 (□——□, 81.1 grams tong).

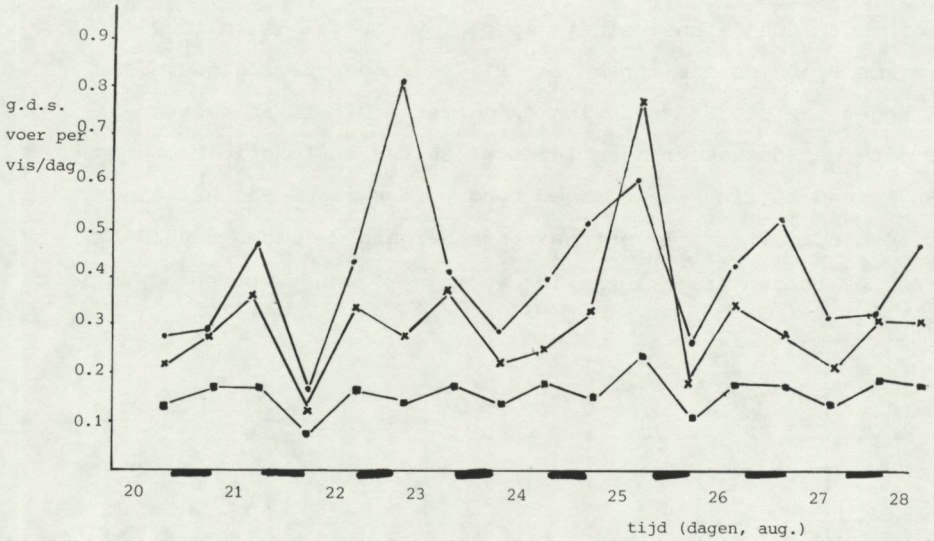


Fig. 46. De voedselopname van de kleinere tongen in de respiratiebakken in de periode 20-28 augustus; bak B1 (●——●, 50,1 grams tong), bak B2 (x——x, 28,5 grams tong), bak B3 (□——□, 14,0 grams tong).

Tabel 25. De gevoerde en opgegeten hoeveelheden voedsel in de verschillende respiratiebakken.

code bak	$\bar{W}_{vis}$ gram, vers	gevoerd gds/dag/vis	gegeten			
			gemiddeld		's morgens	's avonds
			gds/dag/vis	$\%W^{0.8}$	gds/vis	gds/vis
A1	173.4	4.40	2.33	3.77	1.04	1.28
A2	93.8	2.86	1.34	3.54	0.58	0.75
A3	81.1	2.40	1.08	3.20	0.54	0.54
B1	50.1	1.63	0.78	3.41	0.35	0.43
B2	29.2	1.05	0.58	3.83	0.25	0.33
B3	14.0	0.58	0.32	3.90	0.14	0.18

Bij het eerste experiment was de hoogste voedselopname niet meer dan 3.03 gds $\%W^{0.8}$ per dag^{-1}. Dit doet vermoeden dat de tongen in het eerste experiment geremd waren in hun voedselopname mogelijk t.g.v. stress. In figuur 47 is de gemiddelde voedselopname als functie van het visgewicht uitgezet. De relatie tussen voedselopname (gram d.s. per vis per dag) en visgewicht W (gram vers gewicht) is exponentieel:

$$\text{voedselopname} = \alpha\ W^{\gamma}$$

Uit de lineaire regressie van ln voedselopname tegen ln gewicht volgt:

$$\ln \text{voedselopname} = 0.762 \ln W - 3.169 \quad (n = 6,\ r = 0.995)$$

ofwel:

$$\text{voedselopname (gds/dag)} = 0.042\ W_{vis,vers}^{0.76}$$

De veronderstelling dat de voedselopname gecorreleerd is aan het metabolisch gewicht van de vissen is kennelijk juist. Uit tabel 25 blijkt dat ze in d.s. globaal 3.6% van hun metabolisch gewicht ($W_{vers}^{0.8}$) per dag eten. Fonds & Saksena (1977) vonden bij tongen gevoerd met vers mosselvlees de volgende relatie:

bij $18^{o}C$: $C = 0.178\ W^{0.687}$

bij $20^{o}C$: $C = 0.326\ W^{0.589}$

Het d.s. gehalte van mosselvlees is ongeveer 22%. Hier wijkt de gewichtsexponent dus meer af van de 0.8.

De resultaten van de zuurstofbepalingen uit tabel 25 zijn uitgezet in figuur 48.

Bij het vorige experiment bleek de zuurstofconsumptie van de tongen aanzienlijk toe te nemen nà het nuttigen van een maaltijd. Dit SDA-effect had gedurende gemiddeld twee dagen een verhoogde zuurstofconsumptie tot gevolg.

Wanneer continue om de 12 uur gevoerd wordt, treedt het SDA-effect uiteraard ook op maar er zal een minder grote fluctuatie in de zuurstofconsumptie zijn. De magen van de tongen zijn dan nl. continue gevuld, zodat er daardoor minder variatie zal zijn in de aanvoer van nutrienten in het bloed.

De fluctuaties die optreden zijn daarom hoofdzakelijk het gevolg van veranderingen in de aktiviteit van de tongen. Zoals

Tabel 25. De zuurstofconsumptie in mg O_2 per vis per uur in de verschillende respiratiebakken, op verschillende tijdstippen gemeten.

tijdstip	3.05 uur		7.25 uur		11.25 uur			15.15 uur		18.00 uur		22.25 uur		gem.	±s.d.	gO_2
datum	25/7	29/7	21/7	23/7	20/7	21/7	23/7	21/7	23/7	25/7	28/7	21/7	27/7	mg O/ uur		dag
bak A1 $\bar{W}_b$=173.4g	27.89	32.88	21.62	22.46	19.87	24.99	23.66	23.95	20.58	27.28	35.22	30.98	29.74	26.2	4.9	0.63
bak A2 $\bar{W}_b$=93.8g	17.12	20.53	15.73	17.36	14.83	17.97	20.20	17.47	16.61	15.23	17.58	17.44	19.52	17.5	1.8	0.42
bak A3 $\bar{W}_b$=81.1g	15.68	18.53	-	13.34	11.31	14.21	15.87	15.98	16.58	11.36	15.82	17.17	14.58	15.0	2.2	0.36
bak B1 $\bar{W}_b$=50.1g	6.59	10.70	-	8.13	7.79	8.85	6.56	6.56	7.04	5.71	6.53	10.26	9.87	7.88	1.68	0.19
bak B2 $\bar{W}_b$=28.5g	6.50	8.21	-	6.54	6.02	6.43	5.95	4.40	5.60	4.37	5.87	7.38	6.18	6.12	1.08	0.15
bak B3 $\bar{W}_b$=14.0g	3.70	4.20	-	3.87	3.06	3.26	3.97	2.90	3.87	2.94	3.12	3.58	-	3.50	0.46	0.08

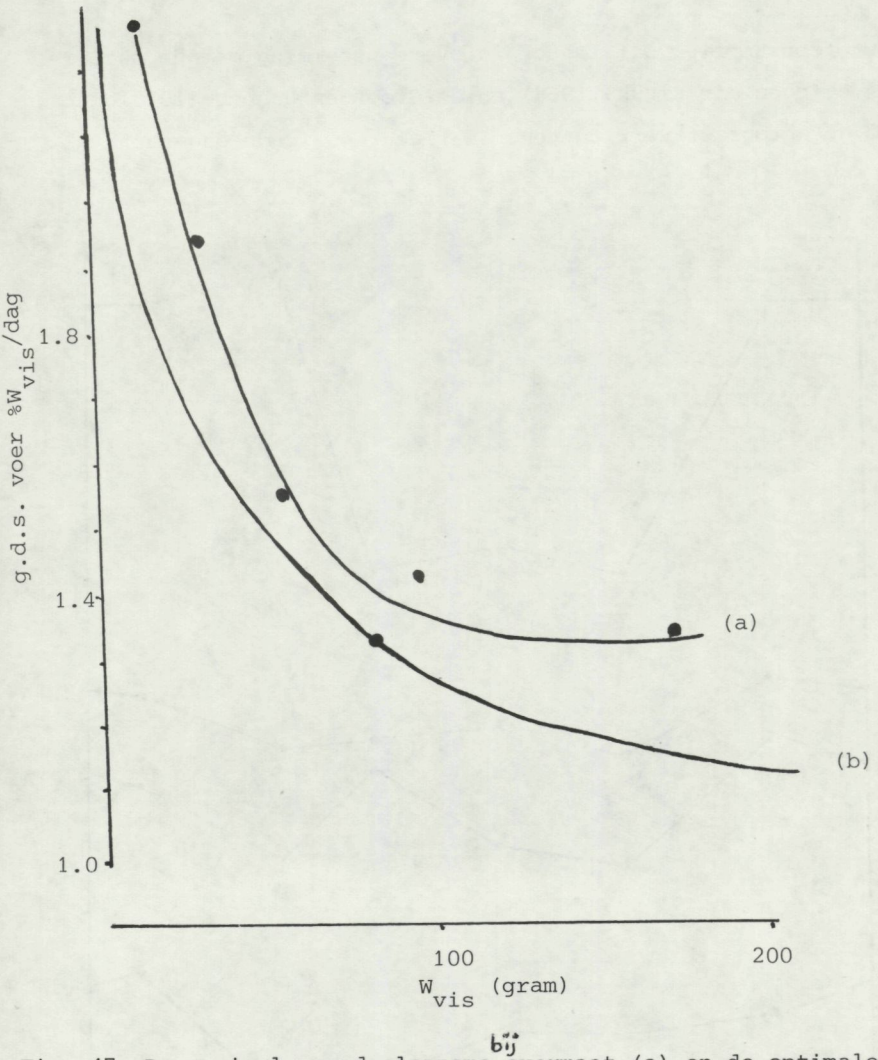


Fig. 47. De maximale voedselopname overmaat (a) en de optimale voedergift (b), berekend als 3.2 gds $\%W^{0.8}$ dag^{-1} (blz.61), van tongen met verschillende gewichten.

reeds enkele malen is vermeld is de tong een nachtdier. 's Nachts zijn de vissen aktiever dan overdag waardoor er ook een hogere zuurstofconsumptie is gedurende de nacht.

Vrijwel tegelijkertijd neemt het zuurstofverbruik bij alle tongen van verschillende grootte bij zonsopgang af tot een lager niveau, dat gedurende de gehele dag hetzelfde blijft. 's Avonds bij zonsonderdag worden alle tongen weer aktief en stijgt de

zuurstofconsumptie. Dit is ook in overeenstemming met de aktiviteitsmetingen die Kruuk (1963) en de Groot en Braber (1973) met de z.g. actograaf verrichtten. In figuur 49 is de dag-nacht

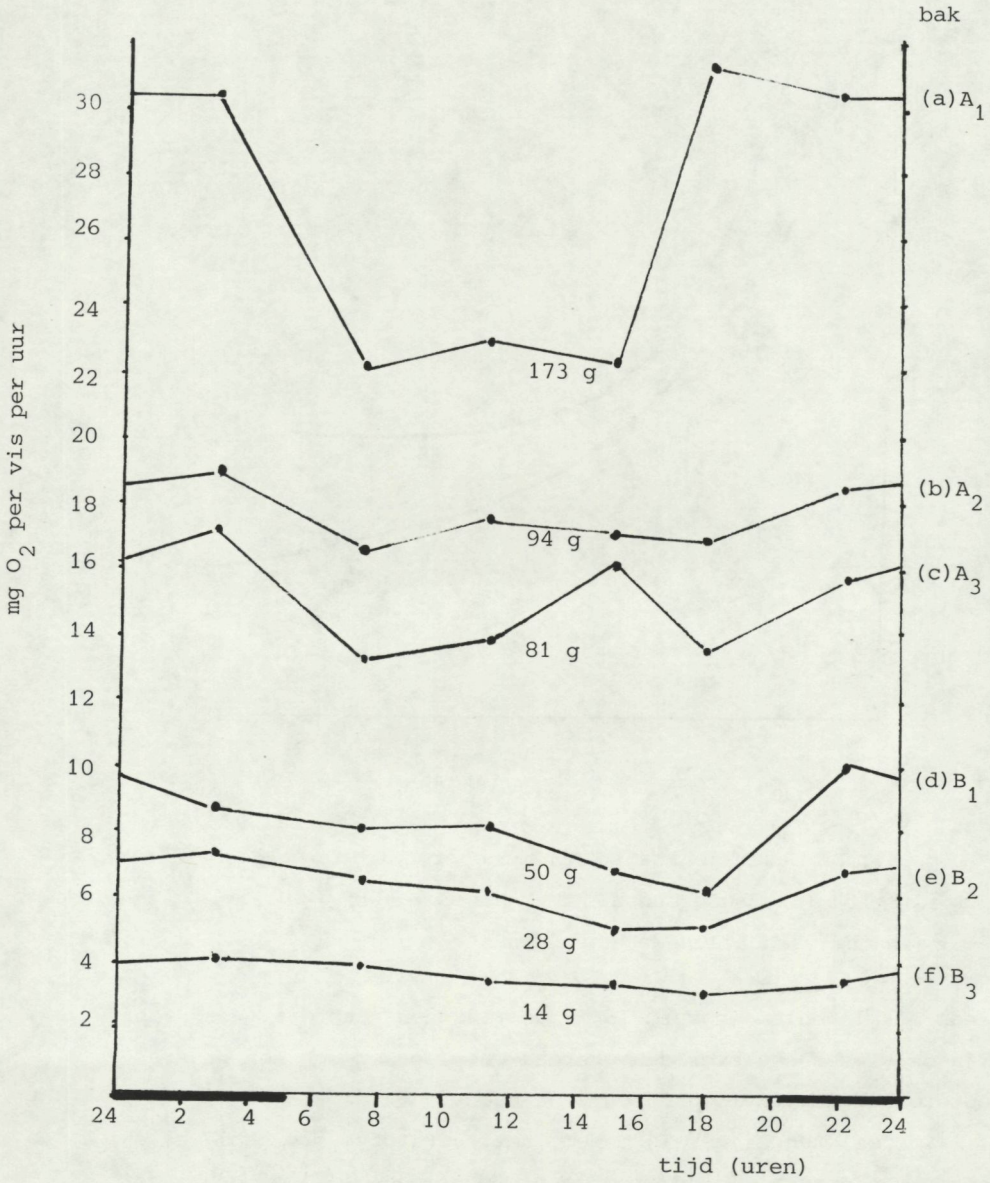


Fig. 48. Zuurstofverbruik op verschillende tijdstippen van de dag en de nacht.

cyclus die de Groot en Braber vonden weergegeven. Zij maakten onderscheid tussen de aktiviteit van de tongen op de bodem en het zwemmen op 1,5 m boven de bodem. Met name het zwemmen neemt toe gedurende de nacht. De grotere tongen van gemiddeld 173.4 gram onderscheidden zich van de overige kleinere tongen doordat ze al in de namiddag aktief werden. Bovendien vertoonden deze grote tongen een relatief groter verschil in dag-en nachtaktiviteit dan de kleinere dieren. Dit is in overeenstemming met de situatie in zee waar de jonge tongen vooral in de kustgebieden te vinden zijn, terwijl de grotere tongen voornamelijk in open zee verblijven. De aktiviteit van de kleine tongen kan meer afhankelijk zijn van het getij: bij hoogwater is er nl. voor jonge platvis veel voedsel te vinden op ondiepe, bij laagwater droogvallende platen. Het voedselzoekgedrag zou daarom bij kleinere tongen minder sterk beinvloed worden door het dag-nacht ritme en meer door de eb- en vloedbeweging.

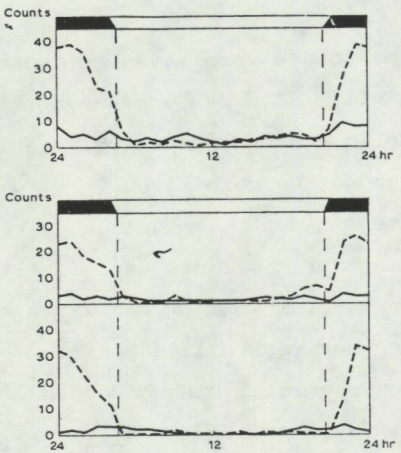


Fig. 49. De dagelijkse verandering in de activiteit van 8 tongen in een bassin gemeten in 1967. Bij natuurlijke dag en nachtcyclus in de periode 5 tot 19 juli (boven) en 1 tot 14 augustus (midden). Onder: dezelfde 8 tongen onder een kunstmatige dag- en nachtcyclus van 26 tot 31 augustus. De getrokken lijn geeft de activiteit op de bodem, de gestippelde lijn de activiteit 1,5 meter boven de bodem.

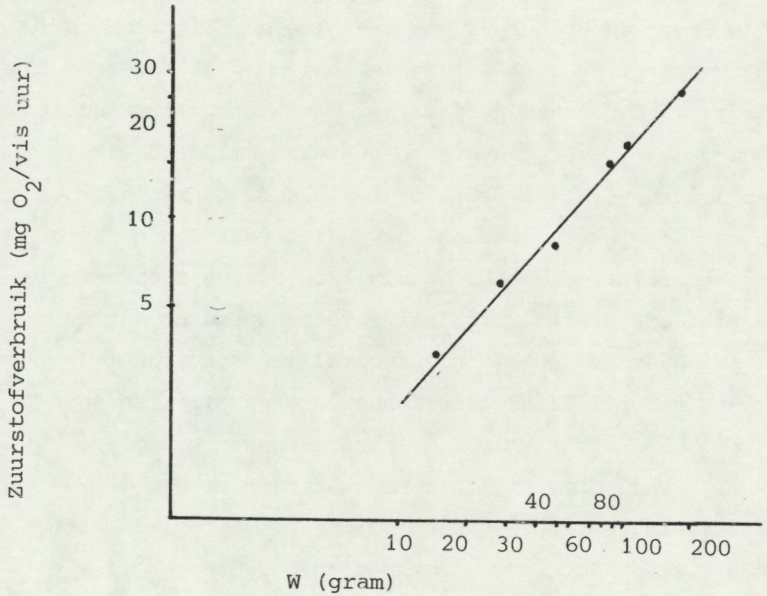


Fig. 50. De relatie visgewicht (gram) en zuurstofconsumptie (mg O_2 per vis per uur).

Driejarige geslachtsrijpe tongen verblijven op grotere diepten (10-30 meter). Waarschijnlijk zijn de tongen van 173 gram (± 26 cm , 2-3 jaar oud) reeds in een stadium waarbij ze in zee hoofdzakelijk in de diepere gedeelten verblijven.

Uit de meetresultaten is het ook mogelijk de relatie tussen de gemiddelde zuurstofconsumptie per dag en het versgewicht van de vis te bepalen (figuur 49). Er blijkt een exponentiële relatie die bij log/log uitzetten een rechte lijn geeft. M.b.v. lineaire regressie wordt de volgende vergelijking gevonden:

$$\ln O_2 \text{ cons.}(mgO_2/vis/uur) = 0{,}8224 \ln W_{vis,\ g\ vers} - 0{,}9617$$

(n = 6, r =0.982)

ofwel:

$$O_2 \text{ consumptie}(mg\ O_2/vis/uur) = 0.382 \times W^{0.822}$$

Volgens Winberg (1960) wordt de zuurstofconsumptie bij vastende vissen beschreven als $T = \alpha W^{\gamma}$. In tegenstelling tot de "metabolic level" (α) wordt de gewichtsexponent (γ) niet of nauwelijks be-

invloed door het verstrekken van voedsel aan de vissen (Paloheimo & Dickie, 1965).

Bij de twee voorgaande experimenten werd de zuurstofconsumptie bij vastende vissen bepaald. Aangezien de exponent γ berekend werd als 0,82 wordt het mogelijk de factor α te berekenen.

Uit het eerste experiment (voor een 49,7 grams vis):

routinemetabolisme: 4.78 mg O_2 per uur per vis. Hieruit volgt:

$4.78 = \alpha\ 49.7^{0.82}$ waaruit: $\alpha = 0.17$.

Uit het tweede experiment (bakken A1, A2, A3, 98,2 grams vis):

T = 6.52 mg O_2 per uur per vis

$6.52 = \alpha\ 98.2^{0.82} \Rightarrow \alpha = 0.15$

(bakken B1, B2, B3, 11,9 grams vis):

T = 1.20 mg O_2 per uur per vis

$1.20 = \alpha\ 11.9^{0.82} \Rightarrow \alpha = 0.16$

De zuurstofconsumptie (mg O_2 per vis per uur) van niet gevoerde (vastende) tongen is dus afhankelijk van het visgewicht, volgens de vergelijking:

$T = 0.16\ W^{0.82}$ (T, O_2cons. mg O_2/vis uur, W, g vers visgewicht)

ofwel:

$T = 0.11\ W^{0.82}$ (T, O_2cons. ml O_2/vis uur, W, g vers visgewicht)

In navolging van Willoughy (1968) uit Huisman, 1979) kan de "carrying capacity" voor tongen gevoerd met kunstvoer berekend worden. Hiertoe is de zuurstofconsumptie per gram droogvoer bepaald (tabel 26).

Wanneer aangenomen wordt dat de zuurstofconsumptie per gram d.s. voer onafhankelijk van de visgrootte ongeveer 0.287 is, kunnen we de volgende vergelijking opstellen:

$$(O_i - O_u) \times \frac{86.4}{287} \times D = \text{kg d.s. voer per dag}$$

O_i = O_2-gehalte in mg/l van de wateraanvoer

O_u = O_2-gehalte in mg/l van de waterafvoer

86.4 = kubieke meter wateraanvoer bij een doorstroming van 1 liter per seconde

287 = grammen O_2 nodig voor de vertering van 1 kg d.s. kunstvoer door tongen

Tabel 26. Gram zuurstofverbruik per gram d.s. voer bij de verschillende visgewichten.

visgewicht	voeder g d.s./vis/dag	gemiddeld O_2-verbruik g O_2/vis/dag	g O_2-verbruik per gram d.s. voer
173.4	2.33	0.63	0.309
93.9	1.34	0.42	0.314
81.1	1.08	0.36	0.326
50.1	0.78	0.19	0.247
29.2	0.58	0.15	0.260
14.0	0.32	0.08	0.267

D = doostroming in liters per seconde.

$$\frac{O_i - O_u}{3.3} \times D = \text{kg d.s. voer/dag}$$

Wanneer voor O_u het minimum O_2-gehalte waarbij tongen nog een redelijke groei vertonen ingevuld wordt, en O_i en D gemeten worden, kan men berekenen hoeveel kg voer per dag kan worden verstrekt. Bij een bepaald waterniveau (b.v. optimaal) is zodoende de potentiële bezettingsdichtheid in kg vis per m^2 of m^3 te berekenen.

De experimenten waren erop gericht een zo groot mogelijke groei te bereiken met kunstvoer. De groei van de vissen is gecorreleerd met de voedselopname, die afhankelijk is van een groot aantal factoren. Vooral bij hogere voederniveaus wordt de groei sterk beinvloed door de smakelijkheid van het voer, de bezettingsdichtheid, het voederniveau e.d.

De grote variatie in individuele groeisnelheid van de tongen bij hogere voederniveaus kan hiervan een gevolg zijn. De tongen verschilden kennelijk onderling sterk in het vermogen om bij een hogere voedselgift van het extra voer te profiteren. Dit is niet

verwonderlijk aangezien het geen homogene groep vissen was; niet alleen de visgrootte, maar vermoedelijk ook de genetische aanleg was zeer variabel. Door het in gevangenschap voortplanten van de tongen en selectie op groeisnelheid zouden betere resultaten verkregen kunnen worden met een meer homogene populatie van "snelle groeiers".

De voedselopname is duidelijk gecorreleerd met de aktiviteit van de vissen. Dat het van zeer groot belang is, het voederschema aan te passen aan de aktiviteit van de tongen, blijkt zeer duidelijk uit een experiment uitgevoerd door de WFA. Tongen die 's nachts gevoerd werden bleken 1,6 maal zo snel te groeien als tongen die dezelfde hoeveelheid voedsel verspreid over 24 uur kregen (Anonymus, 1980).

Door het verrichten van zuurstofmetingen bij tongen van verschillende afmetingen op verschillende momenten van het etmaal werd aangetoond dat vissen tot een gewicht van 94 gram bij zonsondergang aktief worden terwijl 's morgens bij zonsopgang de aktiviteit weer sterk afneemt. Tongen van 174 gram vertoonden een groter verschil in aktiviteit tussen dag en nacht en ze werden eerder aktief dan de kleinere tongen. Een interessant gegeven is ook het feit dat bij de avondvoedering 20% meer voedsel opgenomen werd dan bij de ochtendvoedering.

Dit alles heeft consequenties voor het opstellen van een optimaal voederschema. Tevens is belangrijk te weten hoe frequent er gevoerd moet worden om een optimale groei te bereiken. Het verteringssysteem bij de tong is aangepast aan het frequent opnemen van kleine hoeveelheden. De tongen blijken echter zeer goed in staat te zijn om zich binnen een kwartier "vol" te eten. Het is niet mogelijk uit dit onderzoek te concluderen wat gunstiger resultaten geeft; zo vaak mogelijk voeren of het minder vaak verstrekken van grotere porties.

Bij vastende tongen die één maaltijd kregen bleef het zuurstofverbruik ca twee dagen verhoogd. Na twee dagen zijn ook alle faeces uitgescheiden. Het zuurstofverbruik bereikt een maximum 7 uur na het voeren. Volgens Vahl (1979) is de zuurstofconsumptie

van de vis na een maaltijd een afspiegeling van de hoeveelheid metabolieten (vooral N-resten door desaminering) in het bloed. Als de hoeveelheid metabolieten boven een bepaald niveau stijgt wordt de voedselopname geremd. Dus zolang het zuurstofverbruik boven een bepaald niveau ligt zal de vis geen nieuw voedsel opnemen. De tongen namen echter binnen 7 uur wèl weer voedsel op.

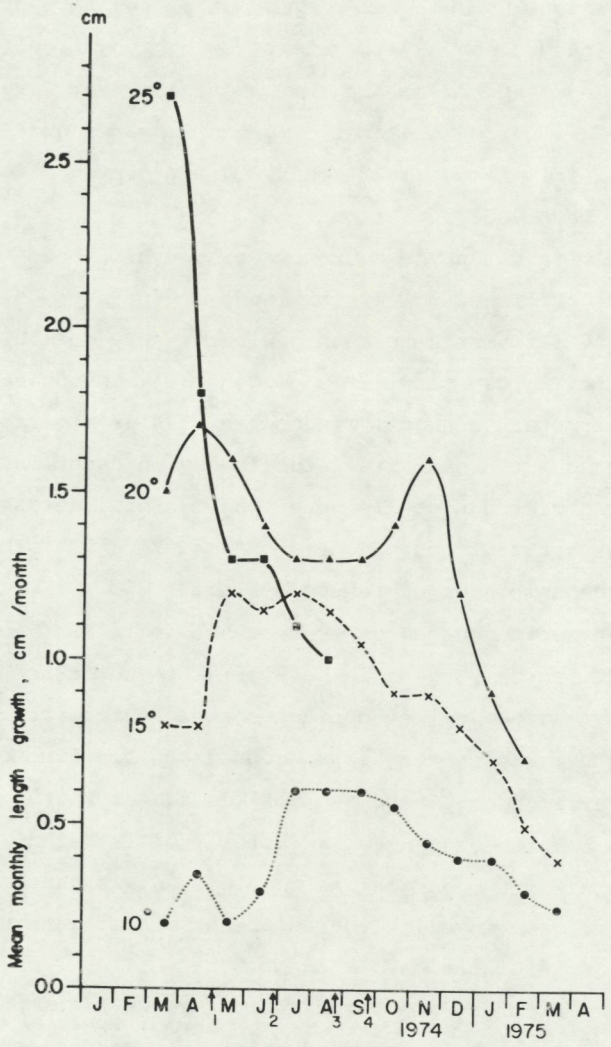


Fig. 51. De variatie in de groeisnelheid in lengte (cm per maand) van tongen gekweekt bij 10, 15, 20 en 25 °C (uit FONDS, 1975).

Aangezien er geen metingen verricht werden tussen het voeren en de zuurstofmeting 7 uur later, is het mogelijk dat het maximale O_2-verbruik binnen 7 uur na eten optrad. Een andere mogelijke verklaring is dat de zuurstofconsumptie (metabolietengehalte in het bloed) niet een dergelijk hoog niveau bereikt dat de voedselopname geremd wordt.

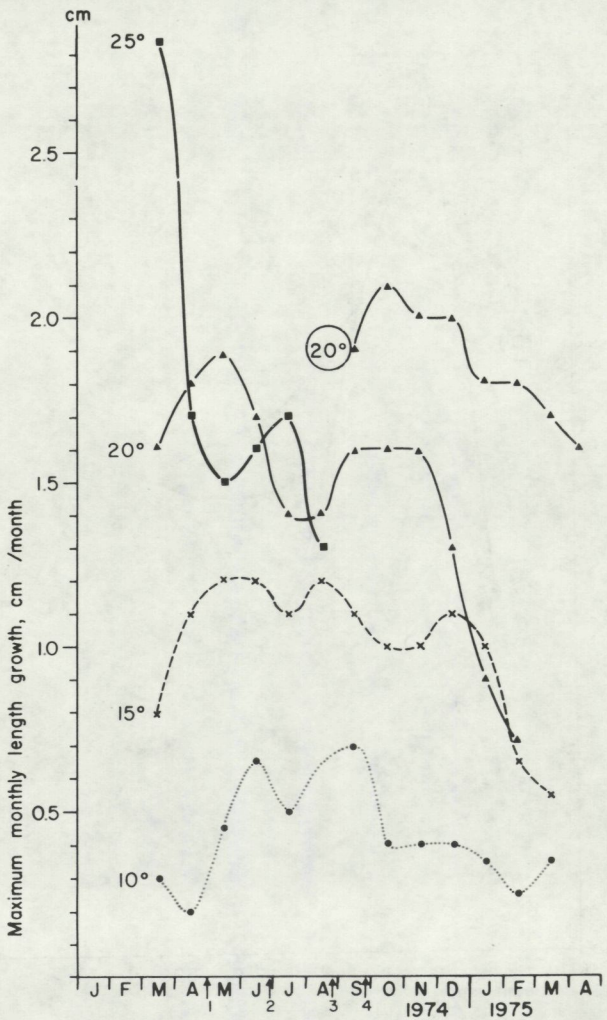


Fig. 52. De variatie in de groeisnelheid in lengte (cm per maand) van de vier grootste vissen in ieder bassin (uit FONDS, 1975).

Uit de figuren 51, 52 en 53 uit Fonds (1975) blijkt dat zowel de visgrootte als de tijd van het jaar (seizoen) invloed te hebben op de groei van tongen. De maximale groei treedt op bij een visgrootte van ± 15 cm, terwijl bij constante temperatuur de groei 's zomers duidelijk beter is dan in de winter.

De voedselopname en daarmee de groei bleek ook afhankelijk te zijn van de bezettingsdichtheid in relatie tot het voederniveau

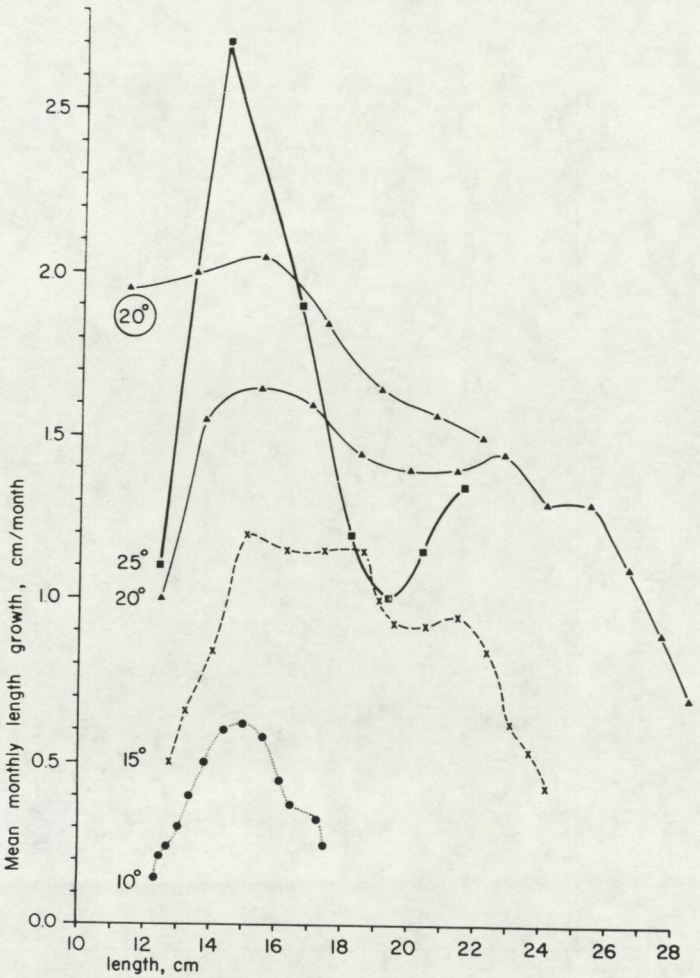


Fig. 53. De groeisnelheid in lengte (cm per maand) uitgezet tegen de gemiddelde grootte van de vissen opgekweekt bij 10, 15, 20 en 25 °C (uit FONDS, 1975).

en de frequentie van voedering. Door een hogere bezettingsdichtheid wordt de kans dat de tong in contact komt met het voer toe. Bij het WFA wordt daarom gewerkt met zeer hoge bezettingsdichtheden van 20-30 kg vis per m^3 (ter vergelijking: eerste proefperiode $\pm$ 1.4 kg/m^3, tweede proefperiode (bassin) $\pm$ 1.2 kg/m^3). Bij hogere bezettingsdichtheden zal de stabiliteit van de kunstvoerpellets van minder groot belang zijn, de tongen eten het voer toch wel snel en efficient op.

Uit dit alles blijkt wel dat het zeer moeilijk is de groeisnelheden van tongen bij verschillende onderzoeken te vergelijken. Behalve de nutritionele waarde en de smakelijkheid van het voer zijn er vele factoren die de groei van de tongen beinvloeden. De resultaten bereikt met natuurlijk voedsel, die als streefwaarden aangehouden werden, worden goed benaderd met het kunstvoer. Als gevolg van een lagere Ca:P ratio is de lengtegroei met mossel als voer beter. De gewichtsaanwas is met kunstvoer echter ook zeer goed. Bij voedering met kunstvoer ontstaan dikkere vissen dan bij voedering met mossel. Aangezien mossel ook een hoog vetgehalte heeft is dit waarschijnlijk niet een gevolg van een grotere vetaanzet.

Kunstvoer bevat een hoog percentage vrijwel onverteerbaar materiaal in de vorm van stukjes garnalenvel maar ook in de vorm van binders en dragers (koolhydraten). Mosselvlees is beter verteerbaar en heeft een hoger eiwit- en vetgehalte. Het is daarom niet verwonderlijk dat bij lage voederniveaus, wanneer er een lineair verband is tussen de voedselgift en de groei, de efficiency van de omzetting van gram d.s. voer in gewichtsaanwas bij kunstvoer 30-50% bedraagt, t.o.v. de efficiency in omzetting van mosselvlees.

De maximaal bereikte groeisnelheid werd tijdens de experimenten bereikt met een pellet gemaakt van luchtgedroogde garnaal met gist. De specifieke groeisnelheid van ca 13-grams tong was 1.5 (voedselconversie = 1.93).

Met kunstvoer bestaande uit standaardvoer met visolie werd de relatie voedselniveau-groei bepaald. Een optimale groei vindt

plaats bij een niveau van 3.2-grams d.s. voer $\%W^{0.8}$ dag^{-1}, waarbij een groei in vers gewicht van de vis van 1.3 $\%W^{0.8}$ dag^{-1} verkregen wordt. De voedselconversie is hierbij 1.9 tot 2.0. De voedselconversie (gram voer:gram vis) neemt met name bij grotere vissen sterk toe wanneer de rantsoengrootte meer afwijkt van het optimumniveau.

Bij het optimum niveau is de efficiency de omzetting van voedseleiwit in lichaamseiwit (PER) $\pm$ 30%,die van het vet (vetretentie) $\pm$ 15%, en die van energie $\pm$ 20%.

De maximale voederopname bij overmaat voedering werd in relatie tot het lichaamsgewicht bepaald en bedroeg:

$$\text{opname (gram d.s. voer per dag per vis)} = 0.042\ W^{0.76}_{\text{vis, g. vers}}$$

Deze voedselopname werd bepaald in de respiratie-opstelling. Als gevolg van de niet met zand bedekte bodem is mogelijk de voedselopname iets afgenomen als gevolg van stresseffecten.

Ook de zuurstofmetingen zijn waarschijnlijk enigszins verstoord door het feit dat de tongen in de respiratie-opstelling onrustiger waren. Het percentage beschikbare energie in het kunstvoer bij de verschillende voedselniveaus werd daardoor mogelijk overschat.

Het zuurstofverbruik is bij maximale voedering als volgt gecorreleerd met het visgewicht:

$$O_2\text{cons (in mg } O_2 \text{ per vis per uur)} = 0.38\ W^{0.82}_{\text{vis, g vers}}$$

Bij routinestofwisseling:

$$O_2\text{cons (in mg } O_2 \text{ per vis per uur)} = 0.16\ W^{0.82}_{\text{vis, g vers}}$$

Dus het zuurstofverbruik is ongeveer 2,3 maal zo groot bij gevoerde dan bij vastende tongen. Het zuurstofverbruik ligt gemiddeld 's nachts 19% hoger dan overdag. Dit verschil is bij tongen van 173 gram groter (30%) dan bij kleinere tongen (10-20%) Waarschijnlijk zal het 's nachts voeren voor grote tongen van groter belang zijn dan voor kleinere tongen.

Er wordt per gram d.s. voer ongeveer 0.57 gram O_2 verbruikt. Met dit gegeven is het mogelijk een vuistregel te geven om de voedergift en daaruit de bezettingsdichtheid te berekenen:

$$\frac{(O_i - O_u)}{3.3} \times D = \text{kg d.s. voer per dag}$$

O_u is het minimum O_2-gehalte voor de tong (mg/l), O_i is het O_2-gehalte van de wateraanvoer, D is de doorstroming (l/sec).

Mogelijk als gevolg van stress bij de tongen fluctueerde de ammoniakuitscheiding enorm. Daardoor was de extra ammoniakuitscheiding na het opnemen van een maaltijd nauwelijks aan te tonen. Bij routine stofwisseling is de uitscheiding van ammoniak ca 4,5 mg NH_4-N/$W^{0.8}_{vis,\ v}$ per uur. Dat is voor een 15-grams tong 0.04mg NH_4^+-N per vis per uur en voor een 100-grams tong 0.16 mg NH_4^+-N per vis per uur.

Er werden verschillende diëten uitgetest op nutritionele waarde, voedselopname en stabiliteit in zeewater. Er werd uitgegaan van een standaard voer, bestaande uit garnalenmeel waaraan 0.6% luchtgedroogde mossel is toegevoegd. Het nut van het toevoegen van extra mosselmeel is twijfelachtig.

Een verbeterde Ca:P ratio in standaardvoer (extra P) geeft een extra lengtegroei bij de vissen. Vooral kleine vissen die een relatief grote beenweefselaanzet hebben, profiteren van extra P. Ten opzichte van deze lengtegroei blijft bij grotere tongen de gewichtsaanwas echter sterk achter.

Door toevoeging van visolie aan het standaardvoer werd een pellet verkregen met een betere stabiliteit, waarmee de vissen extra veel vet aanzetten.

Er is geen duidelijk tekort aan het essentiële aminozuur methionine in standaardvoer. Wordt er aan het standaardvoer vismeel toegevoegd dan vertonen de tongen echter wel een grotere gewichtsaanwas wanneer het methionine-gehalte verhoogd wordt. Vismeel remt de voedselopname van de tongen, waardoor de groei op standaardvoer waaraan vismeel is toegevoegd, gering is. Daar staat tegenover dat het eiwitgehalte van de tongen,gevoerd met standaardvoer waarvan het percentage eiwit d.m.v. vismeel verhoogd werd, relatief hoog was. Hieruit blijkt dat het verhogen van het eiwitgehalte in het standaardvoer zeer nuttig is, mits de voedselopname van de tongen niet geremd wordt. Het voer moet

aantrekkelijk blijven voor de tong. Toevoegen van gist in plaats van vismeel heeft meer succes.

6. LITERATUUR

Anonymus, 1980-1. Dover sole is ready for the fish farm. Fish Farmer 3(2): 32-33.

Anonymus, 1980-2. All out to bring Dover sole to the farm. Fish Farmer 3(3): 24-27.

Balars, G.H., Brooks, C.C. & Ross, E., 1973. Preliminary studies on the preparation and feeding of crustacean diets. Aquaculture 2: 369-377.

Birkett, L., 1969. The nitrogen balance in plaice, sole and perch. J. Exp. Biol. 50: 375-386.

Braber, L. & Groot, S.J. de, 1973. The food of five flatfish species (Pleuronectiformes) in the southern North Sea. Neth. J. Sea Res. 6(1-2): 163-172.

Brafield, A.E. & Solomon, D.J., 1972. Oxycaloric coefficients for animals respiring nitrogenous substratus. Comp. Biochem. Physiol. A 43: 837-841.

Bromley, P.J., 1977. Methods of weaning juvenile hatchery reared sole from live food to prepared diets. Aquaculture 12: 337-347.

Bromley, P.J., 1980. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of turbot. Aquaculture 20: 91-99.

Cowey, C.B., Adron, J. & Blair, A., 1970. Studies on the nutrition of marine flatfish. The essential amino acid requirements of plaice and sole. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 50: 87-95.

Deniel, C., 1976. Growth of 0-group turbot fed on artificial diets. Aquaculture 8: 115-128.

Drinkwaard, B., 1981. De ontwikkeling van een kunstvoer geschikt voor de afkweek van tong. Doctoraal verslag visteelt. L.H. Wageningen.

Elliott, J.M., 1974. The growth rate of brown trout fed on maximum rations. Anim. Ecol. 44: 805-821.

Elliott, J.M. & Davison, W., 1975-1. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. Oecologia (Berl.) 19: 195-201.

Elliott, J.M., 1975-2. The growth rate of brown trout fed on reduced rations. J. Anim. Ecol. 44: 823-842.

Elliott, J.M., 1976. Body composition of brown trout in relation to temperature and ration size. J. Anim. Ecol. 45(1): 273-289.

Flowerdew, M.W. & Grove, D.J., 1979. Some observations of the effects of body weight, temperature, mealsize and quality on gastric emptying time in the turbot using radiography. J. Fish. Biol. 14: 229-238.

Flowerdew, M.W. & Grove, D.J., 1980. An energy budget for juvenile thick lipped mullet. J. Fish. Biol. 17: 395-410.

Flüchter, J., 1979. Identification and treatment of diseases in the common sole. Aquaculture 16: 271-274.

Flüchter, J. & Trommschov, J.H., 1974. Nutritive stimulation of spawning in common sole. Ber. dt. wiss. Kommn., Meeresforsch. 23: 352-359.

Fonds, M., 1975. The influence of temperature and salinity on growth of young sole. 10th European symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, Sept. 17-23, 1975, 1: 109-125.

Fonds, M., 1977. The daily food intake of young soles in relation to their size and the water temperature. 3rd Meeting of the ICES Working Group on Mariculture, Brest, France. May 10-13, 1977. Actes de Colloques du CNEXO 4: 51-58.

Fonds, M., 1979-1. Laboratory observations on the influence of temperature and salinity on development of the eggs and growth of the larvae of *Solea solea*. Mar. Ecol. (Progr. Ser.) 1: 91-99.

Fonds, M., 1979-2. A seasonal fluctuation in growth rate of young plaice and sole in the laboratory at constant temperatures and a natural daylight cycle. In: Cyclic phenomena in marine plants and animals. Eds: Naylor E. and R.G. Hartnoll. Publ. Pergamon Press, Oxford and New York.

Fonds, M. & Saksena, V.P., 1979. Influence of temperature on the daily food intake of young soles. In: Fishes and fisheries of the Wadden Sea 132-138.

Groot, S.J. de , 1971. On the interrelationship between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfishes (Pleuronectiformes). Neth. J. Sea Res. 5(2): 121-196.

Gwyther, D. & Grove, D.J., 1981. Gastric emptying in *Limanda limanda* and the return of appetite. J. Fish. Biol. 18: 245-259.

Halver, J.E. (ed.), 1972. Fish nutrition. Academic Press. New York & London.

Hoar, W.S., Randall, D.J. & Brett, J.R. (eds), 1979. Fish Physiology (vol. VIII, Bioenergetics and growth). Academic Press, New York & London.

Huisman, E.A., 1976. Food conversion efficiencies at maintenance and production levels for carp and rainbowtrout. Aquaculture 9: 259-273.

Huisman, E.A., Plichter, C.J.J. & Hogendoorn, H., 1979. College-dictaat visteelt. L.H. Wageningen.

Huisman, E.A. & Valentijn, P., 1980. Conversion efficiencies in grass carp using a feed for commercial production. Aquaculture 22: 279-288.

Jayazam, M.G. & Shetty, H.P.C., 1981. Formulation processing and water stability of two new pelleted fish feeds. Aquaculture 23: 355-359.

Jobling, M. & Spencer Davies, P., 1980-1. Effects of feeding on metabolic rate and the Specific Dynamic Action in plaice. J. Fish. Biol. 16: 629-638.

Jobling, M., 1980-2. Gastric evacuation in plaice, effects of dietary energy level and food composition. J. Fish. Biol. 17: 187-196.

Jobling, M., 1980-3. Gastric evacuation in plaice, effects of temperature and fish size. J. Fish. Biol. 17: 547-551.

Jobling, M., 1980-4. Some effects of temperature, feeding and body weight on nitrogenous excretion in young plaice. J. Fish Biol. 18: 87-96.

Jobling, M., 1980-5. The influence of feeding on the metabolic rate of fishes. J. Fish. Biol. 18: 385-400.

Jobling, M., 1981. Dietary digestibility and the influence of food components on gastric evacuation in plaice. J. Fish. Biol. 19: 29-36.

Kruik, H., 1963. Diurnal periodicity in the activity of the common sole. Neth. J. Sea Res. 2: 1-28.

Liewes, E.W., 1980. A review of the culture- and feeding-techniques of some commercially important flatfish species. Institute for scientific research in the field of animal nutrition, Trouw & Co. N.V. International, Putten.

Mackie, A.M., Adron, J.W. & Grant, P.T., 1980. Chemical nature of feeding stimulants for the juvenile Dover sole. J. Fish. Biol. 16: 701-708.

McVicar, A.H. & White, P.G., 1979. Fin and shin necrosin of cultivated Dover sole. J. Fish Disease 2: 557-562.

Paloheimo, J.E. & Dickie, L.M., 1965. Food and growth of fishes. A growth curve derived from experimental data. J. Fish. Res. Board of Can. 22: 522-541.

Purdom, C.E., Jones, A. & Lincoln, R.T., 1972. Cultivation trials with turbot. Aquaculture 1: 213-230.

Shelbourne, J.E., 1964. The artificial propagation of marine fish. Adv. Mar. Biol. 2: 1-83.

Vahl, O., 1979. An hypothesis on the control of food intake in fish. Aquaculture 17: 221-229.

Veen, J.F. de, 1976. On changes in some biological parameters in North Sea sole. J. Cons. Int. Expl. Mer 37(1): 60-90.

White Fish Authority, 1974. Sea fish farming progress. A white Fish Authority Special Report. pp. 7. WFA, 10 Young Street, Edinburgh, U.K.

Winberg, G.G., 1956. Rate of metabolism and food requirements of fishes. Transl. Fish. Res. Bd. Canada, No. 194.