

Optimalisering van de groei bij de karper (*Cyprinus carpio* L.)

– Een op de visteelt gericht onderzoek –

A study on optimal rearing conditions for
carp (*Cyprinus carpio* L.)

– with special reference to management of fish culture –

with english summary



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0092 2449

Dit proefschrift met stellingen van Elbertus Abraham Huisman, doctorandus in de biologie, geboren te Sliedrecht op 30 december 1943, is goedgekeurd door de promotoren, dr. ir. A. J. H. van Es, buitengewoon lector in de energiehuishouding der dieren, en prof. dr. A. M. Frens, hoogleraar in de dierfysiologie.

*De rector magnificus van de Landbouwhogeschool
H. A. Leniger*

Wageningen, 19 maart 1974

NM 8201

588

C

E. A. Huisman

**Optimalisering van de groei bij de karper
(Cyprinus carpio L.)**

- Een op de visteelt gericht onderzoek -

**BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN**

Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor in de landbouwwetenschappen, op gezag van de rector magnificus, prof. dr. ir. H. A. Leniger, hoogleraar in de technologie, in het openbaar te verdedigen op vrijdag 31 mei 1974 des namiddags te vier uur in de aula van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

104136-00

STELLINGEN

I

Woynarowich en Kausch suggereren ten onrechte dat de inductie van de voortplanting met behulp van hypofyse materiaal bij de karper mislukt wanneer de dieren in het donker worden gehouden.

E. Woynarowich en H. Kausch (1967). Hypophysierung und Laicherbrütung bei Karpfen.
In: Vortragsveranstaltung über neue Methoden der Fischzüchtung und -haltung am 15. Februar 1967, 66-79. Selbstverlag Max-Planck-Institut für Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg.

II

Het verdient aanbeveling de beschikbare energie in het voer van vissen te bepalen door meting van de energie aanzet en de warmteproductie.

Dit proefschrift.

III

Het verband tussen de bruto conversie efficiëntie K en de voedergift R , zoals dit door Paloheimo en Dickie werd vastgelegd in de formule $\log K = -a - bR$, is slechts van toepassing op voedergiften, groter dan de geometrisch optimale voedergift.

J. E. Paloheimo en L. M. Dickie (1966). Food and growth of fishes. III. Relations among food, body size and growth efficiency.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 23, 1209-1248.

IV

Het verdient aanbeveling in de literatuur betreffende de visteelt onderscheid te maken tussen het ammoniumion en het ammoniakmolecule.

Ch. Meske (1973). Aquakultur von Warmwasser-Nutzfischen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, p. 163.

V

Het is te betreuren dat in de discussie over de problematiek van koelwater lozingen geen aandacht wordt besteed aan de "normaal curve" van Ege en Krogh.

R. Ege en A. Krogh (1914). On the relation between the temperature and the respiratory exchanges in fishes.
Int. Rev. Hydrobiol. Hydrogr., 7, 48-55.

VI

De ziekten "infectious pancreatic necrosis (IPN)", "infectious hematopoietic necrosis (IHN)" en "infektiöse Bauchwasserzucht (IBW)" worden ten onrechte met deze namen aangeduid.

VII

Een bestrijdingswijze van waterplanten met de graskarper (*Ctenopharyngodon idella* Val.) kan in de Nederlandse wateren niet rationeel worden geacht.

Anonymus (1973). De graskarper als slotenreiniger. L. & O., 6, 6-9.

VIII

Het besluit van het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk om de meerval (*Silurus glanis* L.) op de lijst van beschermde diersoorten te plaatsen is aanvechtbaar.

IX

Bij het huidige vistoxiciteitsonderzoek, dat als basis dient voor de bescherming van de visstand tegen de schadelijke invloed van effluenten, wordt te weinig rekening gehouden met schade op lange termijn.

X

Zachte tot zeer zachte winters zijn nadelig voor de visteelt in Nederland, strenge winters daarentegen niet.

XI

Het gebruik om het jachtrecht bij een openbare inschrijving te gunnen aan diegene, die voor het hoogste bedrag heeft ingeschreven, geeft geen waarborg voor een juist jachtbeheer.

XII

Het lezen van een voorwoord bij een proefschrift kan — ten onrechte — aanleiding zijn tot het vermoeden, dat slechts de promovendus niet heeft bijgedragen aan het tot stand komen van het proefschrift.

E. A. Huisman

Optimalisering van de groei
bij de karper (*Cyprinus carpio* L.)

Aan mijn ouders

Aan Leontine

Voorwoord

Het verschijnen van dit proefschrift is voor mij een welkome gelegenheid om allen te danken die aan het tot stand komen ervan hun bijdragen hebben geleverd.

In de eerste plaats wil ik mijn ouders danken. Zij hebben niet alleen mijn studie mogelijk gemaakt, maar hebben tevens door hun voortdurende belangstelling op een uiterst waardevolle wijze hiertoe bijgedragen.

U, hoogleraren en stafleden van de subfaculteit Biologie te Utrecht, ben ik erkentelijk voor de wijze waarop U mij tot bioloog hebt gevormd.

Naar U, hooggeleerde van Genderen, gaat mijn dank uit voor de prettige tijd, die ik in het Instituut voor Veterinaire Farmacologie en Toxicologie mocht doorbrengen.

Weledelzeergeleerde van Es, hooggeachte promotor, U vooral wil ik danken voor de wijze waarop U mij bij de bewerking van dit proefschrift hebt bijgestaan. De gesprekken die ik met U heb mogen voeren over de vele aspecten van de voedingsfysiologie zijn voor mij van grote waarde geweest.

Hooggeleerde Frens, hooggeachte promotor. U dank ik voor Uw bereidwilligheid waarmee U mij steeds terzijde hebt gestaan bij het tot stand komen van dit proefschrift. Dat U als mijn promotor wilt optreden is mij een grote eer.

Zeer geachte Nijkamp. De nauwgezetheid waarmee U de analyses van vissen en voeder hebt verricht, heb ik zeer gewaardeerd.

Dit proefschrift is tot stand gekomen binnen het kader van het door de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) te Utrecht verrichte bedrijfs-onderzoek. Bestuur en Directie van de OVV ben ik zeer erkentelijk voor de mij geboden mogelijkheden en steun bij het onderzoek en bij het vastleggen van de resultaten ervan in dit proefschrift.

Zeer geachte van Drimmelen. De gesprekken die we hebben gevoerd over de visteelt in het algemeen en de visteelt in doorstroomsystemen in het bijzonder zijn de initiëring tot dit onderzoek geweest. Ik ben je zeer erkentelijk voor de grote stimulerende kracht die van je is uitgegaan tijdens het onderzoek.

Weledelgestrenge Bungenberg de Jong. Jij hebt mij de wereld van de visteelt binnen geleid. Dat je het niet bij deze introductie hebt gelaten mag enerzijds uit dit proefschrift blijken, anderzijds uit het feit dat je me tijdens de promotie bij wilt staan. Voor beide zeg ik je dank.

Zeer geachte Zumker. Voor je bemoeienissen om dit proefschrift te realiseren, je deskundige kritiek en hulp bij de uiteindelijke vormgeving ervan ben ik je zeer erkentelijk.

De bereidwilligheid en bekwaamheid waarmee alle medewerkers van de OVV hulp hebben verleend bij de veelheid van activiteiten rondom het tot stand komen van dit proefschrift wil ik met dankbaarheid memoreren. In het bijzonder gaat mijn dank uit naar de heren A. H. Janssen, chef-viskweker van het OVV-proefbedrijf te Beesd, en F. Samuels, die menig weekend voor dit onderzoek hebben opgeofferd.

Geachte van Egmond. Ook U dank ik voor Uw hulp bij de vervaardiging van het manuscript.

Geachte Baarda. Een deelte van Uw werk zult U herkennen in de illustratie van dit proefschrift.

Evenzo zult U, geachte Mejuffrouw Mourik, geachte Mejuffrouw Duim en geachte Dorrestijn, de tekst van dit proefschrift herkennen. Veel waardering heb ik voor de daadwerkelijke steun die ik van U mocht ontvangen.

Zeer geleerde van Limborgh. De inbreng die U heeft gehad in de keuze van het onderzoek en de bereidwilligheid waarmee de Firma Trouw en Co N.V. te Putten mij steeds terzijde heeft gestaan heb ik zeer gewaardeerd.

Weledelgestrengte Huisman, beste Freek, Jouw bijdrage bij de diverse berekeningen mag niet onvermeld blijven. Dat jij mij ook tijdens de promotie bij wilt staan is een bewijs van de broederlijke band die ons bindt.

Tenslotte wil ik mijn vrouw en mijn kinderen danken dat zij het mij mogelijk maakten dit proefschrift te schrijven.

Ik dank hen in het bijzonder dat zij het mij soms ook onmogelijk maakten. De ene ervaring was complementair aan de andere en beide zijn van onschatbare waarde geweest.

Inhoud

		Pag.
Hoofdstuk I	Inleiding	11
Hoofdstuk II	Methodieken en materialen	14
II : 1	Proefopstelling	14
II : 2	Proefdieren	14
II : 3	Voeders	15
II : 4	Voedermethodieken	16
II : 5	Reiniging van de bekkens	16
II : 6	Zuurstofbepalingsmethode en berekening van het zuurstofverbruik	16
II : 7	Berekening van de groeisnelheid	17
II : 8	Berekening van de correlatiecoëfficiënt	18
II : 9	Berekening van de regressielijn	18
II : 10	Berekening van de standaardafwijking	18
II : 11	Fysisch-chemische analyse van vissen en voeder	18
Hoofdstuk III	Beheersing van het tijdstip van voortplanting bij de karper	20
III : 1	Inleiding	20
III : 2	Factoren die het succes van de "hypofysatie" beïnvloeden	21
III : 2 : 1	Abiotische factoren	22
III : 2 : 2	Biotische factoren	22
III : 3	Experimenten betreffende de voortplanting bij de karper	23
III : 3 : 1	Experimenten ter verhoging van de bedrijfszekerheid inzake de voortplanting van de karper in paaivijvers	23
III : 3 : 2	Experimenten betreffende het vervroegen van het tijdstip van voortplanting	25
III : 3 : 3	Experimenten betreffende de voortplanting van de karper in de winter en de invloed van het licht daarop	26
III : 4	Bespreking van de resultaten	27
Hoofdstuk IV	Het opkweken van karperbroed	29
IV : 1	Inleiding	29
IV : 2	Experimenten inzake het opkweken van karperbroed	29
IV : 2 : 1	Experiment I. Voeding met runderlever, eidooier en nauplien van <i>Artemia salina</i>	30
IV : 2 : 2	Experiment II. Voeding van pellet aan karperbroed van verschillend levend gewicht	32
IV : 2 : 3	Experiment III. Optimalisering van de voeding met nauplien van <i>Artemia salina</i>	32
IV : 2 : 4	Enige resultaten van het kweken van jonge karper-tjes op produktieschaal	33
IV : 3	Bespreking van de resultaten	34

	Pag.
Hoofdstuk V	Groeisnelheid en zuurstofverbruik van de karper 36
V:1	Inleiding betreffende het onderzoek inzake de groeisnelheid van de karper 36
V:1:1	Experimenten betreffende de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 23° C 37
V:1:1:a	Bij karpers met een begingewicht van ca. 30 gram 37
V:1:1:b	Bij karpers met een begingewicht van ca. 1,5 gram 38
V:1:1:c	Bij karpers met een begingewicht van ca. 100 gram 38
V:1:2	Experimenten betreffende de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 17° C 40
V:1:2:a	Bij karpers met een begingewicht van ca. 30 gram 40
V:1:3	Onderzoek naar de energetische relatie tussen voedergift en groei bij de karpers bij 23° C . . . 40
V:1:4	Bespreking van de resultaten van de experimenten betreffende de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 17° C en 23° C . . 42
V:1:5	Bespreking van de resultaten van de experimenten betreffende de energetische relatie tussen voedergift en groei bij de karper bij 23° C 47
V:2	Inleiding betreffende het onderzoek inzake het zuurstofverbruik van de karper 52
V:2:1	Resultaten van de zuurstofmetingen bij vastende en groeiende karpers 57
V:2:1:a	Relatie tussen gewicht en zuurstofverbruik bij vastende karpers 57
V:2:1:b	Relatie tussen het zuurstofverbruik van de karper en de voedergift bij 17° C en 23° C 58
V:2:1:c	Resultaten tussen zuurstofgehalte van het kweekwater en de voederconversie bij 23° C 63
V:2:2	Bespreking der resultaten 64
V:3	Berekening van de onderhouds- en productie-efficiëntie en van de beschikbare en netto energie van het bij de proeven gebruikte voeder in afhankelijkheid van de voedergift 68
V:3:1	Inleiding 68
V:3:2	Resultaten van de proef betreffende de energetische relatie tussen voedergift, aanzet en zuurstofverbruik 69
V:3:3	Bespreking van de resultaten 69
Hoofdstuk VI	Slotbeschouwing 79
Samenvatting	83
Summary	86
Literatuur	89
Curriculum vitae	95

Hoofdstuk I. Inleiding

De karperteelt in Europa is aan een sterke intensivering onderhevig. De steeds groeiende vraag, zowel voor de consumptie als — met name in Nederland — ten behoeve van de hengelsport, dwingt tot vergroting van de produktie. Daarnaast mag, tegen de achtergrond van de inflatie (stijging van de arbeidskosten) in de verschillende landen, worden gesteld, dat deze intensivering tevens een economische noodzaak is.

Daar de karperteelt in vijvers een groot oppervlak vereist en mede daardoor kapitaals- en arbeidsintensief is, kan als doel van deze intensivering worden gezien de vergroting van de produktie per oppervlakte-eenheid.

Hiertoe werd in de loop der jaren reeds een scala van intensiveringsmaatregelen in de bedrijfsvoering van karperkweekbedrijven toegepast.

Aanvankelijk — en ook nu nog — werd het produceren van vis aan de natuur overgelaten, waarbij slechts werd geoogst (visserij). Nadat men was overgegaan tot het bouwen van vijvers met regelbare waterstand, was men in staat om door middel van bestandsregulatie, zowel wat aantal als wat soort(en) betreft, de visproduktie, afhankelijk van de produktie van natuurlijk voedsel in de vijver, aanzienlijk te vergroten.

In een dergelijk produktiesysteem heeft de vijver een tweetal functies. In de eerste plaats fungeert de vijver als verblijfplaats van de vis, terwijl in de tweede plaats de vijver als medium fungeert voor de produktie van voedselorganismen ten behoeve van de daarin aanwezige vis. In deze tweede functie kan de vijver worden bijgestaan door organische en anorganische bemesting, welke tot vergroting van de produktie van voedselorganismen leidt en tevens tot een vergroting van de visproduktie per oppervlakte-eenheid kan bijdragen.

Een verdere vergroting van de visproduktie kan dan slechts worden gerealiseerd door een verhoging van het voedselaanbod boven het natuurlijke produktieniveau van de vijver. Met andere woorden: buiten de vijver geproduceerd voedsel zal moeten worden toegediend ter aanvulling van de natuurlijke voedselproduktie. Afhankelijk van de relatie tussen de natuurlijke voedselproduktie van de vijver en de voedselbehoefte van het visbestand in de vijver kunnen diverse voeders worden toegepast. Bij relatief geringe bezettingsgraden (kg/ha) worden ter aanvulling van het natuurlijk voedsel in de karperteelt diverse graansoorten als bijvoeder aangeboden. In geval van zeer hoge bezettingsgraden waarbij de natuurlijke voedselproduktie van de vijver nauwelijks of in het geheel geen rol meer speelt, zullen voeders met voor de vis optimale samenstelling moeten worden verstrekt. In dit geval wordt veelal gebruik gemaakt van door de voederindustrie vervaardigde pellets (Müller en Merla, 1968^{a, b}; 1969^{a, b, c}).

Onder dergelijke omstandigheden is de vijver niet langer meer het medium voor de produktie van voedselorganismen, doch fungeert zij nog slechts als verblijfplaats, waarin de vis zich ophoudt en gezond kan groeien.

Bij voortgaande verhoging van de bezettingsgraad echter, kan de verblijfplaats eveneens een beperkende factor worden. Namelijk dan, wanneer deze verblijfplaats niet meer geschikt is voor het gezond opgroeien van vis, doordat de vissen en andere organismen in de vijver meer zuurstof verbruiken dan door het water uit de lucht opgenomen en in het water door fotosynthese geproduceerd wordt, of wanneer de verblijfplaats door uitscheidingprodukten van de vissen dusdanig wordt verontreinigd, dat visproduktie onmogelijk wordt.

De produktiviteit van natuurlijk voedsel van de vijver als beperkende factor voor de visproduktie kon worden opgeheven door voedselaanbod van buiten de vijver. Naar analogie kan worden gesteld, dat wanneer de verblijfplaats als beperkende

factor wordt ervaren, deze kan worden opgeheven door aanvoer van "verblijfplaats" van elders. Met andere woorden: het produktieplafond in vijvers met stilstaand water kan worden doorbroken wanneer men visteelt uitoefent in met water doorstroomde eenheden, zoals vijvers, bekkens e.d.

Een dergelijke kweekeenheid fungeert nog als ruimte, waarin de vis zich ophoudt en kan groeien, doch het water is niet meer dan transportmiddel, waarmee zuurstof wordt aangevoerd en metabole produkten worden afgevoerd.

Visteelt in dergelijke doorstroomde eenheden, met name wanneer zij in een afgesloten ruimte staan opgesteld, biedt vele perspectieven. Het water kan worden verwarmd, totdat een voor het betreffende type visteelt optimale temperatuur is verkregen. Tevens kan op eenvoudige wijze beluchting van het water plaatsvinden, teneinde optimale zuurstofconcentraties te handhaven. Het door de bekkens gestroomde water kan worden opgevangen, gereinigd en nogmaals gebruikt, waardoor de verwarmingskosten worden verlaagd (Burrows en Combs, 1968; Meske, 1968). Ter vermijding van ziekten kan dit water voor het gebruik worden gesteriliseerd met bij voorbeeld ozon of U.V.-straling. Regulering van lichtintensiteit en daglengte is eveneens te realiseren. Tevens bieden dergelijke relatief kleine met water doorstroomde eenheden goede mogelijkheden voor automatisering van de voedertoediening.

Door deze verre gaande regulatie van milieufactoren is men in staat de vis onafhankelijk van seizoensomstandigheden te laten groeien en (in sommige gevallen) te laten voortplanten, waardoor een meer economische exploitatie mogelijk lijkt.

Ter illustratie is in tabel I een opgave verstrekt van de visproduktie per volume-eenheid in diverse produktiesystemen. Deze gegevens werden ontleend aan interne rapporten van de viskwekerij "Lelystad" van de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij.

Tabel I. Karperproduktie in kg/m³ per jaar in diverse kweeksystemen.

kweekstelsel	produktie in kg karper per m ³
natuurlijke kweekvijver	0,010 – 0,015
kweekvijver met toediening van kunstmest	0,020 – 0,030
kweekvijver met toediening van kunstmest en voeder	0,1 – 0,2
doorstroomde kweekvijver	1,0 – 5,0 ¹
doorstroomde bekkens met regulatie van temperatuur en zuurstofgehalte	30 – 100 ¹

1. Onder experimentele omstandigheden.

Het onderzoek, dat in dit proefschrift wordt samengevat, had tot doel de mogelijkheid van karperteelt in doorstroomde eenheden te onderzoeken, alsmede de invloed van een aantal reguleerbare milieufactoren op een dergelijke vorm van karperteelt.

Hierbij zal de nadruk vallen op:

- 1e. Het verkrijgen van eieren en sperma van de karper, waarbij een overzicht van de daarop betrekking hebbende literatuur wordt gegeven, aangevuld met eigen onderzoek en resultaten (hoofdstuk III).
- 2e. Het opkweken van karperteelt.
Het probleem van een juiste voederpartikel-grootte komt hierbij ter sprake en het onderzoek naar een voor deze zeer kleine visjes (gewicht ca. 1 mg) adequate voedersoort en naar de wijze van toediening (hoofdstuk IV).

3e. Groeisnelheid en zuurstofverbruik van de karper.

Hierbij komen aspecten als voederopname en voederconversie in afhankelijkheid van de temperatuur, zuurstofverbruik in afhankelijkheid van voederopname en temperatuur, en energetische benutting van het aangeboden voeder aan de orde (hoofdstuk V).

Gedeelten van het onderzoek, vermeld in hoofdstuk V, zijn reeds eerder gepubliceerd (Huisman, 1970^{a, b}; 1972; Nijkamp en medew., 1973).

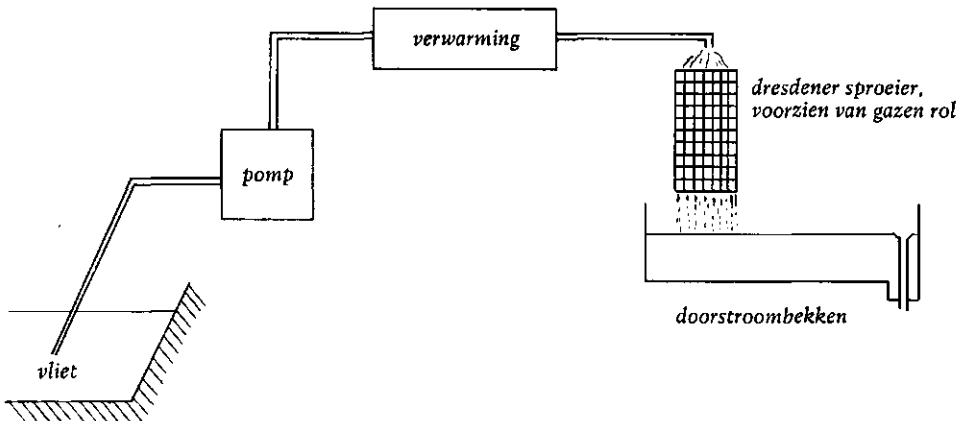
Hoofdstuk II. Methodieken en materialen

II: 1. Proefopstelling

Bijna alle in dit proefschrift beschreven experimenten met karpers werden uitgevoerd in kunststofbekkens, opgesteld in het laboratorium van het proefbedrijf "Beesd" van de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. De afmetingen van deze bekkens waren: lengte 175, breedte 73 en hoogte 65 cm. Door middel van een verstelbare overstortpijp kon het waterpeil in elk bekken naar wens worden ingesteld. De waterdiepte bij deze proeven bedroeg echter steeds 20 cm. De waterdoorstroming in deze bekkens vond plaats met oppervlaktewater, hetgeen door middel van een pomp aan de nabijgelegen vliet werd onttrokken. Met behulp van een verwarmingsinstallatie kon het water de gewenste temperatuur worden gegeven. Voordat het water in de bekkens stroomde, werd het belucht, waartoe het via zogenaamde "Dresdener" sproeiers over gazen rollen werd geleid. Op deze wijze werd het zuurstofgehalte van het aanvoerwater vrijwel steeds op 85 à 95% van het gehalte bij verzadiging gehouden. De doorstroming in de bekkens kon door middel van afsluiters in de aanvoerleidingen worden geregeld. Bij het merendeel van de experimenten werd zodanig belicht, dat een daglengte van 14 uur werd gehandhaafd. Slechts bij enkele experimenten in voorjaar en zomer werd de natuurlijke daglengte aangehouden.

De hierboven beschreven opstelling is schematisch in fig. I weergegeven. Bij een aantal experimenten (hoofdstuk III en IV) was de proefopstelling zelf punt van onderzoek. Deze proefopstellingen zullen in de desbetreffende hoofdstukken worden besproken.

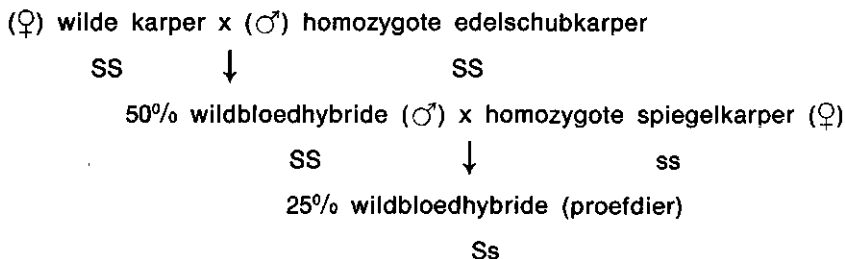
Fig. I. Proefopstelling.



II: 2. Proefdieren

Bij alle experimenten werden karpers van de bij de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij gebruikelijke kruisingscombinatie gebruikt. Zoals uit onderstaand schema (fig. 2) blijkt is hierbij de wilde karper voor een kwart ingekruist.

Fig. 2. *Kruisingsschema (S is genetische aanleg voor totale beschubbing).*



Bij de experimenten betreffende het winnen van eieren en sperma werden mannelijke 50% wildbloedhybriden en vrouwelijke homozygote spiegelkarpers gebruikt (hoofdstuk III).

II: 3. Voeders

Bij vrijwel alle proeven werd gebruik gemaakt van het commerciële forellenvoeder "Trouvit", vervaardigd door de firma Trouw & Co. N.V. te Putten. De keuze van dit voeder vond zijn oorzaak in het feit, dat vergelijkend onderzoek met diverse commerciële en experimentele voeders, uitgevoerd in samenwerking met voornoemde voederfirma, aantoonde, dat op grond van criteria groei, voederconversie, mortaliteit, karkas- en leveranalyses, dit voeder tot dusverre als het meest geschikte voeder voor de groeiende karper moet worden beschouwd. Het voeder "Trouvit" wordt in de volgende groottes geleverd:

"Trouvit" pellet nr. 000:	0,5 mm
nr. 00:	0,7 mm
nr. 0:	0,9 mm
nr. 1:	1,5 mm
nr. 2:	2,7 mm
nr. 3:	4,0 mm
nr. 4:	5,0 mm

Het gebruik van andere voeders zal ter plaatse worden toegelicht.

De samenstelling van het voeder "Trouvit" pellet nr. 3 is in tabel II weergegeven.

Tabel II. **Chemische samenstelling van het voeder "Trouvit" (opgave verstrekt door Trouw & Co. N.V. te Putten, Nederland).**

vocht	10,0 %
ruw eiwit	46,9 %
ruw vet	8,6 %
ruwe celstof	2,3 %
as	10,6 %
overige koolhydraten	21,6 %
totaal	100,0 %
calcium	1,40 %
fosfor	1,30 %
zout	1,25 %
lysine	3,17 %
methionine + cystine	1,60 %
Bruto calorische waarde	: ± 4.500 kcal/kg
Berekende omzetbare energie	: ± 2.185 kcal/kg

II: 4. Voedermethodieken

Bij alle voederproeven werd het voeder, tenzij anders vermeld, met de hand verstrekt. Hierbij werd vooraf een akoestisch signaal gegeven door middel van tikken tegen de bekkenwand. Reeds spoedig waren de vissen dusdanig gedresseerd, dat zij op dit signaal direct naar de voederplaats, centraal in het bekken, zwommen en voeder opnamen, zodat voederverlies vrijwel geen rol speelde. Per week werd er slechts gedurende 6 dagen gevoederd; op zondag werd geen voer verstrekt.

De voederhoeveelheid werd iedere week aangepast aan het totaal gewicht van de zich in het bekken bevindende vissen. Hiertoe werden de vissen op maandag juist voor de eerste voeding gewogen.

Pas dan werd met een proef begonnen, wanneer de vissen volledig aan de wijze van voedertoediening waren gewend. Als criterium hiervoor gold onmiddellijke opname van het voeder na de verstrekking zonder met het oog waarneembaar voederverlies. Veelal was dit na 1 week reeds het geval.

Het voeder werd per dag in een aantal gelijke porties verstrekt binnen een tijdsvak van 10 tot 12 uur. Het aantal voedingen zal ter plaatse worden vermeld.

II: 5. Reiniging van de bekkens

Aangezien de uitscheidingsprodukten van vissen direct en/of indirect de groei en de gezondheidstoestand van de vis negatief kunnen beïnvloeden (Burrows, 1964; Kawamoto, 1961), is het handhaven van een optimaal milieu een eerste vereiste. Hiertoe werden de bekkens iedere morgen voor de eerste voeding geleegd, zodat faeces konden worden verwijderd, terwijl iedere maandag, tijdens het wegen van de vis, de bekkens grondig werden geschrobd.

Een met het oog op de handhaving van een optimaal milieu belangrijk uitscheidingsprodukt bij vissen is ammoniumhydroxide (NH_4OH), hetgeen in waterige oplossing, afhankelijk van pH en temperatuur, in meer of mindere mate dissocieert in ammoniak (NH_3) en water. (Wuhrmann en Woker, 1948; Trussel, 1972). Een concentratie van 1,2 mg/l NH_3 remt de groei bij de karper vrijwel volledig (Kawamoto, 1961). Regelmatige bepalingen van de NH_4^+ -concentratie alsmede van de pH van het water in de bekkens werden ten behoeve van dit onderzoek uitgevoerd door de Waterleidingmaatschappij "Midden Nederland" (W.M.N.). De hoogste ammoniakconcentratie bij deze proeven bedroeg 0,09 mg/l. Op grond hiervan mag worden aangenomen, dat door de frequente reiniging der bekkens als ook door de mate van waterdoorstroming geen negatieve invloed van uitscheidingsprodukten op de groei en/of de gezondheidstoestand van de vissen aanwezig is geweest.

II: 6. Zuurstofbepalingsmethode en berekening van het zuurstofgebruik

Gedurende 1 dag (woensdag) of 2 dagen (dinsdag en donderdag) per week werd het zuurstofgehalte van het aan- en afvoerwater van ieder bekken bepaald. Aanvankelijk werd dit bepaald volgens de titrimetrische Winklermethode (Golterman, 1969), later kon worden overgegaan tot een snellere bepalingmethode met behulp van een zuurstofgevoelige elektrode (fabrikaat Electrofact, type Z 101/200 A-N).

Deze bepaling geschiedde op de volgende tijdstippen:

- 1e. een half uur voor de eerste voeding;
- 2e. een half uur na de middelste voeding;
- 3e. een half uur na de laatste voeding.

Tevens werd op deze tijdstippen de mate van doorstroming bepaald met behulp van maatglas en stopwatch. Aangezien echter het wateroppervlak in de bekkens

aan de lucht was blootgesteld, kon zuurstof vanuit de lucht in het water diffunderen. De mate, waarin op deze wijze zuurstofverrijking van het water plaats vond, werd in afhankelijkheid van temperatuur, debiet en zuurstofgehalte van het kweekwater in eenzelfde alleen met water gevuld bekken gemeten, zodat bij de berekening van het zuurstofverbruik per etmaal het verschil tussen zuurstofgehalte van aan- en afvoerwater met een bepaalde factor kon worden gecorrigeerd.

Met behulp van deze metingen werd volgens onderstaand voorbeeld het zuurstofverbruik berekend:

voorbeeld:

tijdstip van meting	verschil in zuurstofgehalte van aan- en afvoerwater	correctiefactor	doorstroming in l/min.
07.00	2,3 mg/l	0,3 mg/l	5,9
13.00	4,5 mg/l	0,6 mg/l	6,1
19.00	4,9 mg/l	0,6 mg/l	6,1

Het zuurstofverbruik per etmaal was dan:

$$\frac{(2,3 + 0,3)354 + (4,5 + 0,6)366}{2} \times 6 + \frac{(4,5 + 0,6)366 + (4,9 + 0,6)366}{2} \times 6 + \frac{(4,9 + 0,6)366 + (2,3 + 0,3)354}{2} \times 12 = 37.600 \text{ mg.}$$

Werd zowel op dinsdag als op donderdag gemeten, dan werd volgens dit voorbeeld het zuurstofverbruik tijdens beide etmalen berekend. Het gemiddelde van beide etmalen, vermenigvuldigd met 6, gaf dan het totale zuurstofverbruik gedurende de periode waarin werd gevoederd weer.

Het zuurstofverbruik in de periode, waarin geen voeder werd verstrekt, werd in principe op dezelfde wijze berekend. Hiertoe werd het zuurstofgehalte van aan- en afvoerwater, alsmede de doorstroming, bepaald op:

- 1e. zaterdag een half uur na de laatste voeding,
- 2e. zondag om 08.00 en 20.00 uur,
- 3e. maandag voor het wegen van de vissen om 05.00 uur.

Het zuurstofverbruik van vastende karpers werd bepaald met behulp van de metingen, uitgevoerd op zondag om 20.00 uur en op maandag om 05.00 uur.

Werd het zuurstofverbruik van de vissen gerelateerd aan het visgewicht, dan werd dit gewicht via lineaire interpolatie van de wekelijkse weegresultaten bepaald.

II: 7. Berekening van de groeisnelheid

De groeisnelheid in procenten per dag, ook wel "specifieke groeisnelheid" genoemd, werd met de volgende formule berekend:

$$G_t = G_o \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right)^t$$

- waarin G_t = gewicht op tijdstip t
 G_o = gewicht op tijdstip o
 α = groeisnelheid in procenten per dag
t = aantal dagen tussen tijdstip t en tijdstip o

De groeisnelheid werd steeds over een tijdsvak van 7 dagen berekend ($t = 7$). Wanneer een experiment meerdere weken duurde, werd de gemiddelde groeisnelheid vermeld.

II: 8. Berekening van de correlatiecoëfficiënt

De correlatiecoëfficiënt (r) werd volgens onderstaande formule berekend (Brownlee, 1949):

$$r = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \sum (y-\bar{y})^2}}$$

II: 9. Berekening van de regressielijn

De regressielijn van de waarden y voor de waarden van x werd berekend met de formule

$$y = a + b(x-\bar{x}) \quad (\text{Brownlee, 1949}).$$

$$\text{waarin: } a = \frac{\sum y}{n}$$

$$b = \frac{\sum (y-\bar{y})(x-\bar{x})}{\sum (x-\bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

II: 10. Berekening van de standaardafwijking

De standaardafwijking van de uitkomsten werd berekend met de formule:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n - 1}}$$

II: 11. Fysisch-chemische analyse van vissen en voeder

De analyses van het gehalte aan droge stof, ruw eiwit, vet en as alsmede die van de verbrandingswaarde van de vissen en het voeder werden uitgevoerd op de afdeling Fysiologie der Dieren van de Landbouwhogeschool te Wageningen. Hiertoe werden na afloop van de voederproef de vissen van iedere groep gewogen, waarna de monsters bij -20°C werden bewaard. Voor het homogeniseren werden de monsters gemalen door een met de hand bediende worstmolen, waarbij het materiaal door middel van een wormwiel door gaatjes van 4 mm werd geperst. Dit grof gemalen produkt, bleek geschikt te zijn om daarin op betrouwbare wijze het gehalte aan droge stof te bepalen. Voor de verdere analyses werd dit grof gemalen produkt in een bekerglas in een drukpan gedurende 1 uur geautoclaveerd bij een overdruk van ongeveer 1 atm. waarna het materiaal met een krachtige mixer (Ultra Turrax: Firma Jahnke en Kunkel A.G.) werd gehomogeniseerd. In dit homogenaat werden opnieuw droge stofbepalingen en analyses op stikstof, vet, as en energie verricht. Het gehalte aan totaal-N werd bepaald volgens een macro-Kjeldahl methode, waarbij een $\text{K}_2\text{SO}_4\text{-HgO}$ -mengsel werd gebruikt om de destructie door geconcentreerd zwavelzuur te versnellen.

De bepaling van het asgehalte werd uitgevoerd volgens het desbetreffende voorschrift van het Nederlands Normalisatie Instituut (NEN 3329). Bij het bepalen

van de calorische waarde moet van een afgewogen hoeveelheid materiaal een pil worden geperst, waarna deze in overmaat aan zuurstof volledig wordt verbrand. Bij vetrijk materiaal, zoals dat bij de onderzochte vismonsters meestal het geval was, is het niet mogelijk een pil te maken zonder vet uit te persen. Dit laatste bleek voorkomen te kunnen worden door toevoeging van een kleine hoeveelheid speciaal bereide silica gel (Nijkamp, 1971).

De bepaling van het koolstofgehalte werd uitgevoerd in aansluiting op de bepaling van de calorische waarde door na meting met de calorimeter de inhoud van de calorimetrische bom door een geschikt stel absorptiebuizen te leiden, waarin eerst het water en daarna het gevormde CO₂ wordt vastgelegd (Nijkamp, 1969).

Hoofdstuk III. Beheersing van het tijdstip van voortplanting bij de karper

III: 1. Inleiding

Afgezien van de academische vraag of onder visteelt ook het voortbrengen van viseieren dient te vallen of alleen het ontwikkelen van eieren en het kweken van jonge dieren, kan worden gesteld, dat beheersing van het tijdstip van de voortplanting bij een te kweken vissoort van eminent belang is.

Is van enige beheersing van het voortplantingsproces geen sprake, dan is men genoodzaakt kweekmateriaal vanuit de natuurlijke omgeving naar de viskwekerijen over te brengen, zoals dit o.a. bij de experimentele schol- en tongkwekerijen plaats vindt. Bovendien is dan genetische selectie niet mogelijk, zodat de viskweker afhankelijk is van de van nature voorkomende erfelijke eigenschappen van de populatie, welke niet altijd optimaal zijn voor het kweken van de vissoort onder de min of meer kunstmatige omstandigheden van de viskwekerij.

Ook het bestrijden van ziekten, waarbij de ziekteverwekker van het ouderdier op het nageslacht kan worden overgebracht, kan dan niet worden uitgevoerd.

Bij het onderzoek ter beheersing van het tijdstip van de voortplanting bij vissen kunnen een drietal ontwikkelingsfasen worden onderscheiden (Donaldson, 1973). In de eerste fase liet men het afrijpen van de eieren en het paaien van de vissen niet plaats vinden in de natuur, maar in speciale vijvers op het tijdstip, waarop dit in de natuur bij de betreffende vissoort ook plaats vindt.

In de karperteelt wordt voor het paaien van de teeltvissen gebruik gemaakt van speciaal voor dit doel geconstrueerde vijvers, met een oppervlakte van 50 tot 100 m². Deze zogeheten paaivijvers zijn langs de rand voorzien van een nauwe sloot — de "zwemsloot" —, welke tot een diepte van ongeveer 30 cm is uitgegraven in de vijverbodem. Het middengedeelte van de vijver wordt het "paaibed" genoemd. Het paaibed dient begroeid te zijn met een korte dichte grasmat. Deze vijvers hebben bij voorkeur een zodanige ligging, dat zij zo min mogelijk aan de wind, doch zoveel mogelijk aan de zon zijn blootgesteld. Wanneer de temperatuur van het buitenwater 17-18° C heeft bereikt, wat in ons land veelal eind mei/begin juni het geval is, en de weersvoortuizichten voor de komende dagen gunstig zijn (warm, weinig wind), worden de vijvers met dit water gevuld. Het waterpeil wordt gehandhaafd op 20-30 cm boven het paaibed. Hierna worden de tot op dat moment naar geslacht gescheiden gehouden teeltvissen in de vijver uitgezet en wel per paaivijver 1-3 vrouwelijke en 3-5 mannelijke karpers. Het afpaaien van de teeltvissen vindt dan veelal 2-5 dagen na het uitzetten plaats, waarbij de eieren over het gehele paaibed worden verspreid.

Vindt het afpaaien binnen deze periode niet plaats, dan worden water en vissen uit de vijver verwijderd teneinde de grasmat niet blijvend te beschadigen.

Deze methode is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Lang aanhoudende koude in het voorjaar kan het tijdstip van voortplanting verlaten en daarmee de groeiperiode van de jonge vis gedurende de rest van dat jaar sterk bekorten. Gedurende de winterperiode groeit de karper niet meer en valt energetisch gezien af. Het jonge dier moet dus voor het invallen van de koude periode voldoende groot zijn en over reserves kunnen beschikken om de winter met succes door te kunnen komen.

In een later deel van dit hoofdstuk zal nog nader worden ingegaan op de bedrijfszekerheid van deze manier en op de mogelijkheid de bedrijfszekerheid te verhogen met behulp van de nader te beschrijven zogenaamde hypofysatie-techniek.

In de tweede ontwikkelingsfase van het onderzoek trachtte men het tijdstip van voortplanting te vervroegen of te verlaten in vergelijking tot dat onder de natuurlijke omstandigheden. Dergelijke methoden kunnen van grote economische betekenis zijn, daar hiermee de groeiperiode van de vis in het jaar van zijn geboorte aanzienlijk kan worden verlengd, bovendien kunnen de kweekeenheden er intensiever door worden benut. De eerste experimenten die het vervroegen van de paaitijd beoogden zijn al in 1937 door Hoover bij Salmoniden uitgevoerd. Hij slaagde erin door verandering van het aantal belichtingsuren per dag het tijdstip van voortplanting 3 maanden te vervroegen.

In de derde fase heeft men getracht het tijdstip van voortplanting zodanig te beheersen, dat de voortplanting op elk gewenst moment kan worden geïnduceerd. Dit werd voor het eerst bereikt door Yamamoto en medew. (1966) bij de goudvis door middel van temperatuursregulatie van het water gecombineerd met injecties van humaan chorion gonadotropine. In de literatuur betreffende de "vasteelt worden dergelijke technieken veelal geïnduceerde voortplanting ("induced spawning"; "induced reproduction") genoemd.

Om de voortplanting te induceren worden bij de karper, evenals bij vele andere vissoorten, karperhypofysen gebruikt. De hypofysen van geslachtsrijpe karpers worden hiertoe in aceton gedroogd en ontvet en vervolgens fijn gemalen. Het aldus verkregen poeder kan droog en koel gedurende 6-10 jaren zonder activiteitsverlies worden bewaard. (Shehadeh, 1973).

Het toedienen van dit poeder wordt wel hypofysatie genoemd.

Hoewel bij de karper ook wel met zoogdiergonadotropines is geëxperimenteerd, zoals "Choriogin" (Mitterstiller en Hamor, 1961), "Prolan" (Meske en medew., 1968), P.M.S.-pregnant mare serum- (Dishkov, 1970), kan op grond van de ermee verkregen resultaten worden gesteld, dat het gebruik van deze stoffen lang niet zo bedrijfszeker is als het gebruik van karperhypofysen. Met betrekking tot de dosering, de frequentie van toediening en de bereiding van de te injecteren suspensie kunnen in de literatuur diverse varianten van hypofysatietechnieken worden gevonden (Plügge, 1956; Steffens, 1957; Woynarowich en Kausch, 1967; Meske en medew., 1968; Sassmann, 1969; Sorenson, 1971; Huisman, 1973).

De meest gebruikelijke, ook door ons toegepaste, is beschreven onder III: 3: 1.

III: 2. Factoren, die het succes van de hypofysatie beïnvloeden

Ten aanzien van de geslachtsorganen kan men volgens Suworow (1959) de volgende 4 stadia onderscheiden:

- 1°. De dieren zijn geslachtsrijp en aan het begin van de voortplantingscyclus; de geslachtsorganen zijn nog zeer klein.
- 2°. De dieren zijn in het bezit van reeds goed ontwikkelde gonaden. De eierstokken nemen ongeveer een derde van de buikholte in beslag en bevatten kleine ondoorzichtige met het blote oog waarneembare eieren. Ook de testes zijn vergroot, met name in het caudale gedeelte, en zijn roze-rood van kleur. Veelal verkeren de vissen vanaf de herfst tot het voorjaar in dit stadium.
- 3°. De geslachtsorganen zijn vrijwel volledig ontwikkeld. De ovaria nemen ongeveer tweederde van de buikholte in. De eieren zijn groot en doorzichtig. De testes zijn wit van kleur. Bloedvaten zijn aan de gonaden nauwelijks waarneembaar. Dit stadium gaat snel in het volgende over.
- 4°. De dieren zijn paairijp. De geslachtsprodukten treden door lichte druk op de buik gemakkelijk uit.

Diverse milieufactoren kunnen via interactie met het centrale zenuwstelsel dit rijpingsproces beïnvloeden. Seizoensveranderingen kunnen de neurosecretorische activiteit van de hypothalamus beïnvloeden waardoor productie en afgifte van gonadotrope hormonen uit de hypofyse kunnen worden gestimuleerd of geremd.

Op grond van het werk van Kuo en medew. (1973) en dat van Shehadeh (1973) kan worden gesteld, dat door injectie met hypofyse materiaal de stadia 3 en 4 worden beïnvloed.

Men kan de factoren, die het succes van de hypofysatie beïnvloeden, onderscheiden in abiotische en biotische.

III. 2: 1. Abiotische factoren

Over het algemeen wordt aangenomen, dat de abiotische factoren licht en temperatuur van grote invloed zijn op de ontwikkeling van de gonaden en op het tijdstip van paaien van de vissen. Daarnaast spelen ook andere factoren een rol, welke echter minder uitgebreid zijn bestudeerd, zoals zoutgehalte van het water (De Vlaming, 1972), regenval (Hyder, 1970) en barometrische druk (Peterson, 1972). Met name van deze laatste twee factoren wordt verondersteld, dat zij van invloed zijn op de synchronisatie van het paargedrag tussen de sexen onderling of binnen de groep, al naar gelang de vissen in paren of in groepsverband paaien.

Korte-dag belichting versnelde de ontwikkeling van de gonaden bij de Salmonidensoort *Oncorhynchus nerka* (Combs en medew., 1959) maar vertraagde daarentegen die bij de bronforel, *Salvalinus fontinalis* (Allison, 1951). Mede door middel van veranderingen van de temperatuur kon de goudvis, *Carassius auratus*, tot afpaaien worden gebracht (Yamamoto en medew., 1966). Ook bij de Percidensoort, *Micropterus salmoides*, bleek het afpaaien te kunnen worden geïnduceerd door middel van temperatuursveranderingen. Woynarowich en Kausch (1967) vermelden, dat hypofysatie bij de karper geen succes heeft, wanneer de vissen in het donker worden gehouden.

Volgens de literatuur is de invloed van de temperatuur op het succes van de hypofysatie tweeledig. Enerzijds bepaalt de temperatuur op het tijdstip van hypofysatie en de daaropvolgende periode de tijdsduur tussen hypofysatie en het moment, waarop de geslachtsprodukten door middel van afstrijken van de vis kunnen worden verkregen (Meske en medew., 1968; Woynarowich en Kausch, 1967; Sassmann, 1969). Anderzijds is van belang de totale warmtesom, uitgedrukt in daggraden ($^{\circ}\text{D}$)¹, welke de dieren voorafgaand aan de hypofysatie ontvingen. Voor de karper wordt vermeld, dat deze warmtesom, berekend vanaf 1 januari 1.000-1.200 $^{\circ}\text{D}$ bedraagt (Sassmann, 1969; Antalfi en Tölg, 1971).

III: 2: 2. Biotische factoren

Vermoedelijk spelen bij de karper leeftijd en gewicht afzonderlijk een rol bij het bereiken van de geslachtsrijpheid. In centraal Europa wordt de karper veelal na 3 à 4 jaar geslachtsrijp bij een gewicht van 1-3 kg. Onder natuurlijke omstandigheden zijn de mannetjes veelal 1 jaar eerder rijp dan de vrouwtjes. El-Bolock (1963) nam echter geslachtsrijpe vrouwtjes waar, die 300 gram wogen en 3-4 jaar oud waren. In een subtropisch klimaat wordt de karper reeds na 1 jaar bij een gewicht van ca. 2 kg geslachtsrijp (Laventer en medew., 1966; Pruginin en Cirilin, 1973). Wanneer voor wat de temperatuur betreft subtropische omstandigheden worden nagebootst en vissen gedurende het gehele jaar bij een temperatuur van 23 $^{\circ}\text{C}$ of hoger worden gekweekt, kan bij de mannetjes reeds na 6 maanden

1. $^{\circ}\text{D}$ = som van de gemiddelde etmaaltemperatuur, bijv. 2 etmalen bij 4 $^{\circ}\text{C}$ = 8 $^{\circ}\text{D}$.

geslachtsrijpheid optreden en bij de vrouwtjes na 15 maanden (Kossmann, 1973). Onder dergelijke omstandigheden is het tevens mogelijk de karper met behulp van hypofysatie meerdere keren per jaar tot voortplanting te brengen. De karpers zijn dan veelal bij het bereiken van een gewicht van 0,5-1,5 kg geslachtsrijp.

Sassmann (1969) wijst er op, dat de te gebruiken hypofysen van geslachtsrijpe karpers afkomstig moeten zijn. Meestal worden de hypofysen gebruikt van dieren met een gewicht van 1-2 kg.

Yashouv en medew. (1968) toonden aan, dat de werkingsgraad van de hypofysen, gewonnen van in vijvers gekweekte karpers, seizoenafhankelijk was, waar- bij in de maand mei een optimum optrad.

Aangezien slechts weinig bekend is over de voedselbehoefte tijdens de diverse fasen van de voortplantingscyclus, is het algemeen gebruikelijk de teeltvissen onder zo optimaal mogelijke omstandigheden te houden (goed onderhouden vijvers, lage bezettingsgraden etc.). Chaudhuri (1960) wijst er echter op, dat sterke vervetting de vruchtbaarheid verlaagt.

III: 3. Experimenten betreffende de voortplanting bij de karper

De met betrekking tot de hypofysatie uitgevoerde experimenten hadden tot doel de bedrijfszekerheid voor wat betreft het tijdstip van de voortplanting van de karper in paaivijvers te vergroten. Ook werd getracht het tijdstip van voortplanting in de winter te induceren. De invloed van het licht op een gedeelte van de voortplantingscyclus werd eveneens onderzocht.

III: 3: 1. Experimenten ter verhoging van de bedrijfszekerheid inzake de voortplanting van de karper in paaivijvers

Proefopzet

In de jaren 1970 t/m 1973 werd begin juni een aantal teeltdieren met hypofyse materiaal ingespoten en op paaivijvers uitgezet. De hypofysatie werd uitgevoerd volgens de hierna omschreven methode.

In een mortier fijn gemalen hypofyse materiaal werd gesuspenderd in een oplossing, welke bestond uit 70 delen van een oplossing van 0,65% NaCl in water en 30 delen glycerol (Sassmann, 1969). De vrouwelijke dieren ontvingen om 10.00 uur met behulp van een injectiespuit (Kanule nr. 12-20) een dosis van 0,3 mg hypofyse materiaal per kg levend gewicht. Na 24 uur werd een tweede dosis van 3 mg/kg aan de vrouwelijke karpers toegediend en aan de mannelijke dieren op hetzelfde tijdstip 0,3 mg/kg.

De concentratie van de hypofysesuspensie werd steeds zodanig gekozen dat nooit meer dan 2 ml per dier behoefde te worden geïnjecteerd. De injectie vond steeds plaats in de rugmusculatuur enige centimeters onder de eerste vinstraat van de rugvin.

De controledieren werden op dezelfde plaats geïnjecteerd met 1 ml NaCl-glycerol-oplossing. Direct na de injectie werden de vissen in de paaivijvers gezet en wel per paaivijver 3 vrouwtjes en 5 mannetjes.

Resultaten

In tabel III is voor de vrouwelijke dieren zowel tijdstip van afpaaien, gerekend in dagen vanaf de injectie, weergegeven als het aantal vrouwelijke exemplaren, dat aan de voortplanting deelnam. Bij de vrouwelijke karper is aan de vorm van de buik duidelijk te zien of het dier de eieren heeft afgezet. Bij de mannelijke karpers is achteraf niet waar te nemen of zij aan de voortplanting hebben deelgenomen. Wanneer in een vijver vrouwelijke exemplaren hun eieren hadden afgezet werden

echter steeds bevruchte eieren waargenomen, zodat in ieder geval minstens één mannetje aan de voortplanting moet hebben deelgenomen. Wanneer in een vijver het paaien van de vissen was waargenomen, werden om bedrijfstechnische redenen de teeltvissen op de daaropvolgende dag verwijderd. Vissen, die niet aan het eerste paaispel hadden deelgenomen, werden derhalve niet meer in de gelegenheid gesteld enige dagen later alsnog tot paaien over te gaan.

Wanneer de vissen 7 dagen na de injectie nog niet hadden gepaaid werden zij uit de vijver verwijderd.

Tabel III. De invloed van de hypofysatie op het tijdstip van paaien van vrouwelijke karpers (1970 t/m 1973).

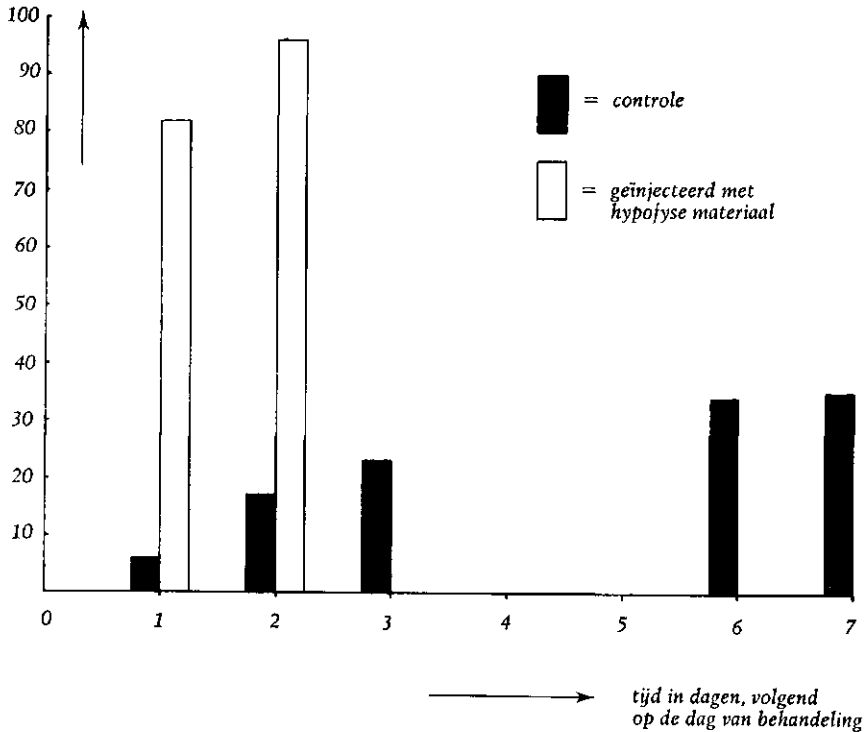
jaar	aantal ♀♀		het aantal afgepaaide vrouwelijke karpers en het tijdstip van afpaaien na de laatste injectie in dagen							
	gehypofyseerd	controle	0	1	2	3	4	5	6	7
1970	14	29		10	3					
				6	2	3				
1971	13	14		11	2					
					6	2				
1972 ¹	13	43		11						
					2				11	
1973 ¹	9	7		8						
										1

1. In de jaren 1972 en 1973 werden de mannelijke dieren niet gehypofyseerd, evenmin werden de vrouwelijke controledieren geïnjecteerd met de NaCl-glycerine-oplossing.

In fig. III is het percentuele aandeel van de afgepaaide vrouwelijke karpers in afhankelijkheid van het tijdsverloop na de injectie weergegeven.

aantal afgepaaide karpers (♀♀) in % van het totaal

Fig. III. Het percentage afgepaaide vrouwelijke karpers op verschillende dagen na de behandeling.



III: 3: 2. Experimenten betreffende het vervroegen van het tijdstip van voortplanting

Proefopzet

Zoals in de inleiding reeds werd vermeld vindt de voortplanting van de karper in ons klimaat veelal begin juni plaats. Teneinde na te gaan of door middel van hypofysatie het vervroegen van dit tijdstip mogelijk was, werd begin mei 1973 een aantal exemplaren (7 ♀♀ en 10 ♂♂) overgebracht naar het broedhuis van de O.V.B.-viskwekerij "Lelystad" en gescheiden naar geslacht in bekkens gezet. De bekkens werden met tot 23° C verwarmd water doorstroomd. Na 7 dagen werden deze dieren gehypofyseerd volgens de methode, vermeld in III: 3: 1. Eieren en homvocht werden gewonnen, waarna de eieren werden bevrucht en vervolgens bebroed in daartoe geëigende incubatoren. Voor details omtrent deze procedure wordt verwezen naar de publikatie van Huisman (1973).

Ter beoordeling van het al of niet bevrucht zijn van de eieren werden deze in het zogenaamde celkoepelstadium (morulastadium) microscopisch onderzocht.

Dit stadium, dat bij 23° C na ca. 4°D wordt bereikt, werd gekozen op grond van het feit, dat onbevuchte eieren met succes een aantal klievingsstadia kunnen doorlopen, maar voor het bereiken van het celkoepelstadium desintegreren. Onder bevruchtigingspercentage wordt danook verstaan het percentage van de eieren, dat het celkoepelstadium bereikte. Het op deze wijze geschatte bevruchtigingspercentage zal eerder onder dan boven het werkelijke percentage liggen.

Voor de vaststelling van het bevruchtigingspercentage van een hoeveelheid kuit werden ca. 250 eieren onderzocht.

Resultaten

In tabel IV zijn de resultaten weergegeven.

Tabel IV. Resultaten van de hypofysatie in mei 1973.

levend gewicht ♀ in kg	tijd in uren tussen 2e injectie en afstrijken	hoeveelheid eieren in g	bevruchtigings- percentage
7,2	11	986	98,8
7,1	13 ³ / ₄	1.200	97,8
7,3	14 ³ / ₄	855	88,6
7,0	15 ³ / ₄	747	94,0
6,3	kon na 20 uur nog niet worden afgestreeken		
7,7	13	2.127	97,6
6,0	12 ¹ / ₄	1.456	91,7

III: 3: 3. Experiment betreffende de voortplanting van de karper in de winter en de invloed van het licht daarop

Proefopzet

In de winterperiode van 1972/1973 werd een experiment uitgevoerd teneinde na te gaan of met een zekere mate van bedrijfszekerheid de karper door middel van hypofysatie tot voortplanting kon worden gebracht. Daar op grond van hetgeen in de inleiding reeds was vermeld, aangenomen mocht worden, dat het ovarium in de winter in de 2e rijpingsfase verkeerde, werd tevens onderzocht of de factor licht van invloed was op de daaropvolgende fasen. Hiertoe werd op 22 december 1972 een 20-tal teeltkarpers uit de vijvers naar het broedhuis — een glazen kas — overgebracht. Enerzijds werden vijf mannetjes en vijf vrouwtjes in geheel van het licht afgesloten bekkens uitgezet, anderzijds werd eenzelfde aantal in bekkens geplaatst, welke aan de natuurlijke daglengte waren blootgesteld. De watertemperatuur in de vijvers bedroeg op 22 december 2,5° C. Door een langzame temperatuursverhoging van 2° C per dag werd op 31 december een temperatuur van 23° C bereikt. De daaropvolgende 14 dagen werd de temperatuur op 23° C gehandhaafd, waarna de dieren alle werden gehypofyseerd op de wijze, beschreven in III: 3: 1. Eieren en homvocht werden afgestreeken waarna de eieren werden bevrucht en bebroed. De resultaten van dit experiment zijn samengevat in tabel V.

Tabel V. Resultaten van de hypofysatie in januari 1973.

gewicht ♀ in kg	behandeling ¹	tijd in uren tussen 2e injectie en afstrijken	hoeveelheid eieren in g	bevruchtungs- percentage
6,1	L	10	1.159	91,4
7,7	L	10 ^{3/4}	1.816	90,7
7,2	L	11	1.750	84,5
8,0	L	14 ^{1/4}	2.128	96,2
6,8	L	13 ^{1/4}	740	94,8
7,0	D	12 ^{1/2}	1.120	81,2
7,5	D	10 ^{1/2}	1.584	97,4
6,3	D	12	1.789	92,9
8,1	D	11 ^{1/4}	1.910	98,7
7,8	D	11 ^{3/4}	2.078	83,3

1. L = natuurlijke daglengte.

D = voortdurend in het donker.

III: 4. Bespreking van de resultaten

Uit de resultaten, samengevat in tabel III en fig. III, blijkt, dat 96% van het aantal gehypofyseerde vrouwelijke exemplaren tot paaien overging binnen twee dagen na de behandeling. Bij de controledieren bedroeg dit slechts 17%, terwijl 7 dagen nadat de vissen op de paaivijvers waren uitgezet niet meer dan 34% tot paaien was gekomen. Bovendien blijkt uit tabel III, dat het al of niet hypofyseren van de mannetjes het uiteindelijke resultaat niet beïnvloed. Tevens blijkt dat met hypofysatie een betrekkelijk nauwkeurige voorspelling omtrent het tijdstip van paaien kan worden gedaan. De eerste dag na behandeling paaiden 82% van de behandelde dieren en slechts 6% van de controledieren. Men zou hieruit kunnen afleiden, dat de hypofysatie de bij de voortplanting een rol spelende stimuli (aanwezigheid van een andere sekse, grasmat, temperatuur etc.) versterkt en/of vangt en/of de gevoeligheidsdrempel voor deze stimuli verlaagt.

Op grond van deze resultaten kan worden geconcludeerd, dat de hypofysatie bij de voortplanting van de karper in paaivijvers met succes kan worden toegepast. Verhoogde bedrijfszekerheid tengevolge van een hoger percentage aan de voortplanting deelnemende vissen, gepaard aan een nauwkeuriger voorspelling van het tijdstip van paaien kan met deze methode worden gerealiseerd. Voor de praktische bedrijfsvoering binnen de visteelt betekent dit dat met een geringer aantal paaivijvers en een kleiner teeltvissenbestand kan worden volstaan.

Uit de resultaten van de experimenten, beschreven onder III: 3: 2 blijkt, dat door middel van hypofysatie het vervroegen van het tijdstip van voortplanting zeer wel mogelijk is. Dit kan, zoals onder III: 1 reeds werd vermeld, bij de productie tot aanzienlijke voordelen leiden. Ook voor wat de tweede fase van de beheersing van de voortplanting bij de karper betreft kan de hypofysatie dus met succes worden toegepast.

Mede op grond van de resultaten, vermeld in tabel V, kan worden gesteld, dat met behulp van hypofysatie en de aan deze behandeling voorafgaande temperatuursverhoging de derde fase in de beheersing van de voortplanting — de seizoensonafhankelijkheid — is bereikt.

Uitgaande van de diverse stadia in de rijping van de gonaden, zoals Suworow (1959) die beschrijft (III: 2), moet worden aangenomen, dat de gonaden in december in het 2e stadium verkeren. Uit tabel V blijkt, dat het bevruchtingspercentage der eieren van vissen, gehouden in volledige duisternis, niet verschilt van het bevruchtingspercentage, dat bij vissen werd gevonden die aan de natuurlijke dag-

daar steeds wijzigingen en verfijningen in opstelling en voedermethodiek werden aangebracht. Een aantal experimenten, waarvan de resultaten van doorslaggevende aard waren om tot een routine-matige produktie van kleine karpertjes in de winter te komen, zullen in het hierna volgende worden weergegeven. Alvorens echter daartoe over te gaan moet worden vermeld, dat bij deze experimenten — in tegenstelling tot die bij grotere vissen (hoofdstuk V) — voederverbruik en voederbenutting niet nauwkeurig werden gemeten. Enerzijds zijn deze niet op eenvoudige wijze te meten, anderzijds zijn gegevens hierover vanuit oogpunt van produktie weinig interessant. Immers, de voederkosten, gemaakt gedurende de groei van ca. 1 mg tot 1 gram, vallen geheel in het niet vergeleken bij de kosten van de veel grotere hoeveelheden voeder, welke gedurende de groei van 1 gram tot ca. 1.250 gram worden gemaakt. Aan de criteria overlevingspercentage en groeiensnelheid werd wel aandacht geschonken, ter vergelijking met overeenkomstige gegevens, welke bekend zijn vanuit de bedrijfsvoering van vijverbedrijven.

IV: 2: 1. Experiment I. Voeding met runderlever, eidooier en nauplien van Artemia salina

Proefopzet

Uit paaivijvers werd een aantal visjes, welke kort te voren uit het ei waren gekomen, overgebracht naar het laboratorium. Een zestal polyester bekkens (lengte 212, breedte 38 en diepte 20 cm), waarbij de afvoer met behulp van een rooster over de volle breedte van het bekken plaats vond, werd bezet met 2.000 visjes per bekken. De bekkens werden doorstroomd met water van 23° C.

De doorstroming was zodanig, dat het zuurstofgehalte in de bekkens steeds boven 3,6 ml/l bleef.

De waterdiepte bedroeg 12,5 cm. Gedurende 10-12 uur per dag werd ieder half uur voedsel in geringe hoeveelheden aangeboden, zodat dit min of meer ad libitum opgenomen kon worden. Faeces en voederresten werd 2 x per dag afgeheveld.

Het voedselschema wordt in tabel VI weergegeven.

Tabel VI. Voederschema voor het eerste kweekexperiment met karperbroed.

L.H. = leverhomogenaat (rund).
 E.D. = hardgekookte eidooier (kip).
 A.S. = nauplien van *Artemia salina*.
 Tr. = "Trouvit" pellet nr. 000.

bekken nr.	1-10e dag	11-17e dag	18-24e dag	vanaf 25e dag
1	L.H.	L.H.	L.H. + Tr.	Tr.
2	L.H.	L.H. + Tr.	Tr.	Tr.
3	E.D.	E.D.	E.D. + Tr.	Tr.
4	E.D.	E.D. + Tr.	Tr.	Tr.
5	A.S.	A.S.	A.S. + Tr.	Tr.
6	A.S.	A.S. + Tr.	Tr.	Tr.

Leverhomogenaat en hardgekookte eidooier werden gekozen op grond van het feit, dat bij het opkweken van broed van andere vissoorten hiervan wel gebruik werd gemaakt. Zo wordt lever wel gebruikt bij de regenboogforel (Bohl, persoonlijke mededeling) en eidooier bij de graskarper (Antalfi en Tölg, 1971). Het runderlever homogenaat werd verkregen door verse runderlever in een huishoud-

machine (Moulinex) te malen, waarna het materiaal met een mixer (Ultra Turrax: Firma Jahnke en Kunkel A.G.) werd gehomogeniseerd. Het homogenaat werd bij -28°C bewaard. Voor de voeding werd het homogenaat ontdooid en vermengd met water van 23°C .

De hardgekookte eidooier werd voor de voeding eveneens met water van 23°C gemengd en fijn gewreven.

De naupliën van *Artemia salina* werden verkregen door eieren, welke in de handel verkrijgbaar zijn, in zout water uit te broeden.

Resultaten

Hoewel er van het leverhomogenaat in bekken 1 wel werd gegeten, was de groeisnelheid van het karperbroed gering en de sterfte, welke reeds na enkele dagen optrad, zeer aanzienlijk. Het gedrag van de visjes kenmerkte zich door rusteloos heen en weer zwemmen en door de afwezigheid van een schrikreactie. Op de 28e dag waren er nog slechts 434 visjes met een gemiddeld gewicht van 6 mg over.

In bekken 2 traden dezelfde verschijnselen op als in bekken 1. In dit bekken waren op de 28e dag nog 344 visjes met een gemiddeld gewicht van 7,4 mg over.

In bekken 3 werd de eidooier aanvankelijk zeer goed opgenomen. Na ca. 5 dagen echter begonnen de visjes sterk te vermageren, hetgeen eveneens gepaard ging met een rusteloos zwemgedrag en de afwezigheid van een schrikreactie. Op de 17e dag waren nog slechts 34 sterk vermagerde exemplaren over.

In bekken 4 traden dezelfde verschijnselen op als in bekken 3, echter in verhevigde vorm. Op de 10e dag waren nog slechts 9 sterk vermagerde exemplaren over.

De in bekken 5 aangeboden naupliën van *Artemia salina* werden zeer gretig gegeten. Opvallend hierbij was dat, wanneer veel naupliën werden aangeboden, een sterke schoolvorming onder de visjes optrad. Deze scholen trokken rustig door het bekken, waarbij ze veelal gedurende langere tijd in de hoeken van het bekken vertoefden. Onder dergelijke omstandigheden was een schrikreactie duidelijk aanwezig. Werden de naupliën in beperkte mate aangeboden, dan trad spoedig het hierboven reeds vermelde rusteloze zwemgedrag op, terwijl de visjes dan nauwelijks of in het geheel geen schrikreactie vertoonden. Vanaf de 18e dag kon worden waargenomen dat ook het pelletvoeder werd opgenomen, hoewel aan de naupliën de voorkeur werd gegeven. Op de 37e dag waren er nog 846 visjes met een gemiddeld gewicht van 28,6 mg over.

Met betrekking tot de visjes in bekken 6 kan in grote lijnen hetzelfde als hierboven worden vermeld, hoewel de overschakeling naar pelletvoeder minder gunstig verliep. Hoewel het pelletvoeder werd opgenomen, trad na enige tijd toch vermagering op. Op de 37e dag waren nog 570 visjes over met een gemiddeld gewicht van 17,7 mg.

Overigens moet worden vermeld, dat in de bekkens 5 en 6 bij dit experiment het broed slechts over geringe hoeveelheden naupliën kon beschikken.

Eenzijds werd dit veroorzaakt door een laag uitkomstpercentage van de eieren van *Artemia salina*, hetgeen het onmogelijk maakte grotere hoeveelheden te verstrekken, anderzijds doordat veel naupliën met het water afstroomden.

Een ad libitum voeding kon danook niet worden gerealiseerd.

Op grond van de bovenvermelde resultaten werd besloten geen verdere experimenten met leverhomogenaat en eidooier te verrichten, maar alle aandacht te richten op de voeding van naupliën en wel ter vaststelling van het gewicht, waarbij met gunstig gevolg op pelletvoeding zou kunnen worden overgeschakeld.

IV: 2: 2. *Experiment II. Voeding van pellet aan karperbroed van verschillend levend gewicht*

Proefopzet

In een aantal bekkens werd onderzocht bij welk gewicht van de visjes met gunstig gevolg kon worden overgeschakeld van voeding met naupliën van *Artemia salina* op voeding met pelletvoeder. Hiertoe werden met naupliën als voeder visjes tot verschillende gewichten opgekweekt, waarna hun pellet (nr. 000) werd aangeboden. Deze omschakeling van naupliën op pelletvoeder vond plaats door over een periode van 4 dagen het relatieve aandeel van het pelletvoeder in de verstrekte voederhoeveelheid geleidelijk tot 100% te verhogen. De resultaten van dit experiment zijn in tabel VII weergegeven.

Tabel VII. Resultaten van pelletvoeding bij karpertjes met verschillend levend gewicht.

bekken nr.	beginbezetting		proefduur (dagen)	eindbezetting		verlies %
	aantal	diergewicht (mg)		aantal	diergewicht (mg)	
1	1.000	13	18	441	17	56
2	1.000	27	18	751	34	25
3	1.000	72	18	969	445	3
4	1.000	104	18	981	617	2

IV: 2: 3. *Experiment III. Optimalisering van de voeding met naupliën van Artemia salina*

Proefopzet

Zoals onder IV: 2: 1 werd vermeld, was aanvankelijk om een tweetal redenen geen sprake van een ad libitum voeding met naupliën van *Artemia salina*. Enerzijds kon hierin verbetering worden gebracht door de eieren van *Artemia salina* rechtstreeks van de importeur te betrekken. Hierdoor werden grote fluctuaties in uitkomstpercentage van de eieren, welke optraden bij diverse porties, die via de detailhandel waren aangekocht, vermeden. Anderzijds werden maatregelen genomen om verlies aan naupliën met het uitstromende water tegen te gaan. Bij de experimenten met de polyester bekkens was namelijk de indruk, dat door de wijze van waterafvoer veel naupliën voor de vis verloren gingen. Teneinde de benutting van de aangeboden naupliën door de visjes te vergroten, werd de proefopstelling gewijzigd. De polyester bekkens werden vervangen door een aantal asbest aquaria (lengte 80, breedte 50 en diepte 50 cm). De waterinhoud van deze aquaria bedroeg 160 l. Deze aquaria werden voorzien van één glazen wand aan de voorzijde. Aangezien de naupliën van *Artemia salina* positief fototactisch reageren, werd de afvoer — een overlooppijpje — in het donkere gedeelte van het aquarium aan de achterzijde geplaatst. Op deze wijze werd bewerkstelligd, dat de naupliën zich sterk bij de glazen wand concentreerden en in veel geringer mate met het afvoerwater werden meegezogen dan in de polyester bekkens het geval was.

In deze aquaria werden verschillende bezettingsdichtheden met pasgeboren karperbroedjes toegepast. Een polyester bekken deed dienst als controle.

De schatting van de bezettingsaantallen vond als volgt plaats. In een plastic schaalpje, gevuld met water, werden 1.000 broedjes (geteld) gezet.

Met behulp van een fijnmazig schepnetje werden dan in identieke schaaltes zoveel visjes geschept, dat de visdichtheid op het oog dezelfde was als in het schaalte met de 1.000 getelde visjes.

Gedurende deze proef kon ad libitum worden gevoerd met nauplien van *Artemia salina*. Het levend gewicht werd bepaald door 100 visjes te tellen, gedurende 1 minuut op filterpapier te drogen en vervolgens te wegen.

Resultaten

De resultaten van dit experiment zijn in tabel VIII vermeld.

Hieruit blijkt, dat de aquaria als kweekruimte te prefereren zijn boven de polyester bakkens. Bovendien blijkt in de aquaria een relatie tussen bezettingsdichtheid en groeisnelheid op te treden. Aangezien de waterdoorstroming in deze aquaria aan de bezettingsdichtheid werd aangepast kon niet worden aangenomen dat dit verschijnsel wordt veroorzaakt door het zuurstof- of het ammoniakgehalte van het water.

Tabel VIII. Resultaten van voeding met nauplien van *Artemia salina* bij karpertjes in kweekruimten met verschillende bezettingsdichtheden.

kweekruimte	bezetting in aantal per liter watervolume	levend gewicht (mg) na 1 week
aquarium	ca. 65	32,4
aquarium	ca. 200	25,9
aquarium	ca. 400	13,4
aquarium	ca. 800	12,5
polyester bekken	ca. 200	7,0

IV: 2: 4. Enige resultaten van het kweken van jonge karpertjes op produktieschaal

Proefopzet

Op grond van de bij de diverse experimenten verkregen resultaten werd een routinematige opzet ontwikkeld voor het kweken van karpertjes op produktieschaal. Een dergelijke produktie vond plaats gedurende de winterperiode 1972/73, gedurende het voorjaar 1973 en de winterperiode 1973/74. Hiertoe werden teelt-dieren met behulp van de in hoofdstuk III omschreven hypofysatietechniek tot voortplanting gebracht. Het verkregen karpertbroed werd in de hierboven beschreven aquaria opgekweekt met nauplien van *Artemia salina*. Op grond van de resultaten, vermeld in tabel VII, werd, wanneer het broed een gemiddeld levend gewicht van ca. 70 mg had bereikt, overgeschakeld op voeding met pelletvoeder. De bezettingsdichtheid in de aquaria varieerde van 65-200 stuks per l watervolume. Deze dichtheid werd gekozen als compromis tussen de te verwachten groeisnelheid en de aantallen te kweken karpertjes. Bij een gemiddeld levend gewicht van 80-100 mg werd volledige omschakeling op pelletvoeder verkregen en werden de visjes vanuit de aquaria overgebracht naar polyester bakkens (lengte 400, breedte 100 en diepte 85 cm). In deze bakkens werd het broed verder gekweekt in een bezetting van ca. 10.000-15.000 per bekken, totdat een gewicht werd bereikt waarop uitzetting in produktie vijvers of andere produktie-eenheden kon volgen. Dit gewicht varieerde, afhankelijk voor welke produktie-eenheden het broed was bestemd, van ca. 300 mg tot ca. 5 gram.

Opgemerkt moet worden, dat behalve het pelletvoeder kleine hoeveelheden

plankton werden gevoerd (5-20%). Zowel groeisnelheid als overlevingspercentage werden hierdoor positief beïnvloed.

De pelletvoeding vond met behulp van voederautomaten, volgens het principe van de lopende band, zodanig plaats, dat steeds enige voederresten aanwezig waren, zodat van een ad libitum voeding sprake was. Voor wat de voedergifft betreft bij karpertjes met een gewicht van 1,5 gram of hoger wordt verwezen naar hoofdstuk V.

Resultaten

In de onderstaande tabel IX is de gewichtontwikkeling gedurende de eerste weken weergegeven, die optrad in de diverse perioden.

De relatief geringe groei gedurende de winterperiode 1972/73 moet worden toegeschreven aan een hardnekkige parasitaire infectie met *Costia necatrix*.

Gedurende deze drie produktieperioden werden gezamenlijk ca. 450.000 karpertjes gekweekt met een levend gewicht variërend van 300 mg tot 5 gram. De verliespercentages bij deze drie produkties bedroegen respectievelijk ca. 80 (*Costia*-infectie), 14 en 7%.

Tabel IX. Gewichtontwikkeling van karperbroed tot ca. 1 gram. De specifieke groeisnelheid, steeds gemeten over de voorafgaande week, is in de tabellen tussen haakjes geplaatst.

	produktieperiode		
	winter 1972/73	voorjaar 1973	winter 1973/74
aanvangsgewicht (mg)	1	1	1
gewicht na 1 week (mg)	13 (14,4)	26 (59,3)	32 (64,1)
gewicht na 2 weken (mg)	72 (12,8)	130 (25,9)	151 (25,8)
gewicht na 3 weken (mg)	103 (5,4)	375 (16,3)	419 (15,7)
gewicht na 4 weken (mg)	210 (10,6)	650 (8,2)	790 (9,5)
gewicht na 5 weken (mg)	350 (7,6)	1.070 (7,4)	1.310 (7,5)
gewicht na 6 weken (mg)	540 (6,4)		
gewicht na 7 weken (mg)	850 (6,7)		
gewicht na 8 weken (mg)	1.220 (5,3)		

IV: 3. Bespreking van de resultaten

Uit de resultaten van de hierboven beschreven experimenten kan de conclusie worden getrokken, dat de nauplien van *Artemia salina* als startvoeder voor een karperproductie goed voldoen.

Ook gegevens uit de literatuur bevestigen deze mening. Zo werd door Kossmann (1970) eveneens karperbroed aangevoerd met nauplien van *Artemia salina*. Na 8 weken werd door hem een gewicht van ca. 250 mg bereikt en na 10 weken van ca. 400 mg.

Deze relatief geringe gewichtstoename is vermoedelijk toe te schrijven aan de hoge bezettingsdichtheid, welke werd toegepast (1.500 stuks per liter) en de lage zuurstofgehalten, die optraden in de aquaria. Bovendien kan het zeer vroeg omschakelen — bij 10-20 mg — op pelletvoeder eveneens tot de geringe groei hebben bijgedragen. Ook Ljudskanova en Joshev (1972) maakten gebruik van voeding met nauplien van *Artemia salina* bij meerval, graskarper en gevlekte zilverkarper. De door hen vermelde verliespercentages verschillen onderling niet veel en bedroegen als gemiddelde van 6 experimenten ca. 40%, terwijl de groei in vergelijking met de hierbeschreven resultaten gering was. Zo werd na 13

dagen bij de graskarper een gewicht van 12 mg en na 11 dagen bij de gevlekte zilverkarper een van 9 mg gevonden, terwijl het gewicht van deze vissoorten bij het uitkomen uit de eieren vrijwel gelijk is aan dat van de karper. Deze enigszins povere resultaten zijn vermoedelijk veroorzaakt door de gebrekkige experimentele opstelling, welke beschikbaar was.

Een vergelijking van de resultaten, vermeld in tabel IX met die, welke in kweekvijvers werden verkregen, valt iets gunstiger uit voor de kweekvijvers. In de jaren 1972 en 1973 behaalde op kweekvijvers uitgezet karperbroed in 40 dagen een gewicht, variërend van 1,4 tot 3,9 gram met een gemiddelde van 2,2 gram. Het verliespercentage varieerde hierbij van 26 tot 41% en bedroeg gemiddeld 33%. De iets snellere groei, welke in kweekvijvers optreedt, kan het gevolg zijn van het sterk gevarieerde voedselaanbod, zodat een optimale voedselkeuze kan worden gedaan, terwijl tevens in vijvers sprake is van een — hoewel geen doorstroming plaats vindt — uiterst geringe visdichtheid (1 vis per 100 l). Toch moet worden gesteld, dat op de hier beschreven wijze gekweekte karpertjes voor verdere kweek in diverse produktie-eenheden met goede resultaten kunnen worden gebruikt, zoals uit het volgende blijkt.

In juni 1973 werden ca. 150.000 karpertjes met een gemiddeld levend gewicht van ca. 300 mg vanuit de bekkens naar kweekvijvers overgebracht. In de herfst van dat jaar werden de vijvers leeggevist en bleek het gemiddeld verliespercentage ca. 10% te bedragen. Een dergelijk verliespercentage moet als gunstig worden aangemerkt in vergelijking met die, welke normaal op viskwekerijen optreden (30-50%). Wanneer dit verliespercentage wordt vergeleken met hetgeen Kossmann en Szablewski (1971) vermelden (ca. 60%) voor op overeenkomstige wijze in een broedhuis opgekweekte karpertjes, welke vervolgens eveneens gedurende een zomerperiode op vijvers werden gekweekt, moet de conditie van de op boven beschreven wijze gekweekte visjes als goed worden beoordeeld.

De hier omschreven kweekwijze om karpertjes buiten de kweekvijver groot te brengen is met name gedurende de eerste weken zeer arbeidsintensief en vereist een duur voeder (*Artemia salina*), terwijl de groei enigszins achterblijft bij die, welke in kweekvijvers plaats. Hier tegenover staat echter, dat in combinatie met de in hoofdstuk III beschreven hypofysatietechniek onafhankelijk van seizoens- en weersomstandigheden karpertjes kunnen worden gekweekt, die als uitgangsmateriaal voor verdere kweek uitstekend voldoen.

Door een juiste integratie van de hieromschreven kweekmethode met de bedrijfsvoering in andere produktie-eenheden — o.a. vijvers — kan de driejarige omloop, benodigd voor het produceren van karpers met een gewicht van 1.000-1.500 gram worden teruggebracht tot een tweejarige omloop.

Het is niet denkbeeldig dat hierdoor een financieel aantrekkelijke karperproduktie tot stand kan komen.

Tenslotte kan worden gewezen op een nieuwe ontwikkeling in de voedertechnologie, waarbij van capsuleringstechnieken wordt gebruik gemaakt. Op deze wijze is men in staat voederpartikels ter grootte van 50 μ te vervaardigen, welke geschikt zijn om door broed van vissen, larven van garnalen e.d. te worden geconsumeerd (Meyers, 1971; Anonymus, 1973; Bkind Laboratories, 1973).

In de toekomst zou toepassing hiervan in de karperteelt mogelijkwijs een alternatief voor de arbeidsintensieve voeding van nauplien van *Artemia salina* kunnen bieden.

Hoofdstuk V. Groeisnelheid en zuurstofverbruik van de karper

In dit hoofdstuk zullen eerst een aantal proeven met betrekking tot de gewichtsaanwas in afhankelijkheid van voederaanbod en temperatuur bij karpers van verschillend levend gewicht, alsmede een onderzoek naar de energetische relatie tussen groei en voedergift worden besproken.

Daarna zal het onderzoek betreffende het zuurstofverbruik van de karpers in afhankelijkheid van voedergift en temperatuur worden ingeleid en besproken.

Tenslotte zal in het derde deel van dit hoofdstuk aan de hand van een aantal voedingsfysiologische beschouwingen het gehalte aan omzetbare en netto-energie van het hier gebruikte voeder worden berekend in afhankelijkheid van de voedergift.

V: 1. Inleiding betreffende het onderzoek inzake de groeisnelheid van de karper

Het doel van iedere vorm van *visteelt* is het *produceren* — het *doen groeien* — van vis. Het lijkt danook gerechtvaardigd hieraan een hoofdstuk te wijden.

De groei van een organisme — een *anabool proces* — is pas dan mogelijk wanneer het meer voedsel ontvangt dan voor het in stand houden van het lichaam nodig is. Dit in stand houden (*onderhoud*) vraagt voedsel, waarin onder meer eiwit en energie, dat opgenomen, verteerd en benut dient te worden: de *onderhoudstofwisseling*. Bij deze processen treden *stofwisselingsverliezen* op: *faeces*, *urine* en *warmte*.

Wanneer meer wordt opgenomen en verteerd dan voor *onderhoud* noodzakelijk is, kan *synthese* plaatsvinden. Deze *synthese* vraagt eveneens energie, zodat een deel van het verteerde voer wordt verbruikt teneinde de *synthese* te kunnen realiseren.

Kwantitatief gezien komt bij groeiende vissen de *synthese* grotendeels neer op afzetting van relatief veel vet, een matige hoeveelheid eiwit, geringe hoeveelheden mineralen en voorts van vrij veel water. De eerste twee stoffen zijn *energiedragers* en afzetting van energie is derhalve een belangrijk aspect van de *synthese*.

In de literatuur met betrekking tot de *visteelt* wordt het begrip *groei* veelal gekwantificeerd als procentuele gewichtsaanwas per dag en dan veelal specifieke groeisnelheid genoemd (LeBrasseur, 1969; Brett en medew., 1969). De groei, als *energieverrijkend proces* per tijdseenheid kan worden berekend volgens de formule van Winberg (1956): $\Delta W = pR - T$, waarin ΔW de *energieverrijking* is (in kcal per tijdseenheid), welke gelijk is aan het verschil van de voederenergie minus *faecale* en *urine-energie* (pR , in kcal per tijdseenheid) en de *warmteverliezen* (T , in kcal per tijdseenheid).

Wel moet bij het citeren van Winbergs formule worden opgemerkt, dat de vorm van zijn formule ($\frac{\Delta W}{\Delta t} = pR - T$) naar de letter afwijkt van de hier gebruikte maar niet naar de geest.

De wijze, waarop de in bovenstaande formule opgenomen parameters worden beïnvloed en elkaar beïnvloeden is voor een *productieproces* van vitaal belang.

Het onderzoek betreffende deze aspecten van de *visteelt* doorliep een aantal stadia. De eerste voederproeven werden opgezet met de bedoeling hieraan zuiver *productie-technische* gegevens te ontleen zoals *voederconversie* en *groeisnelheid*, twee belangrijke kostenfactoren in de *visteelt*. Hierbij moet worden vermeld dat vergeleken met de *productie* van de *landbouwhuisdieren* in de *visteelt* de

voederkosten een geringer aandeel (ca. 25-40%) van de totale kosten bedragen (Interne calculatie van de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij; Steffens en medew., 1969; Menzel, 1971). Ook de produktieduur, dus de groeisnelheid, bepaalt de kostprijs in zeer sterke mate.

Later uitgevoerde experimenten waren meer gericht op het verkrijgen van inzicht in het groeiproces; zij gaven het onderzoek een meer fysiologisch karakter.

Daar beide typen van onderzoek in hetzelfde systeem (doorstroombekken) en met hetzelfde voeder plaatsvonden konden ze met elkaar worden gecombineerd.

V: 1: 1. Experimenten betreffende de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 23° C

V: 1: 1: a. Bij karpers met een begingewicht van ca. 30 gram

Proefopzet

Een zevental bekkens van de proefopstelling (II: 1) werden met karpers bezet. De doorstroming werd in de bekkens 1 en 2 afgesteld op 9 l/min. en in de andere bekkens op 6 l/min. Hiermee werd bereikt, dat het zuurstofgehalte van het afvoerwater steeds boven 2,1 ml/l bleef, hetgeen, zoals uit het vervolg van dit hoofdstuk blijkt, produktie-technisch gewenst is. De voederhoeveelheden werden in relatie tot het lichaamsgewicht verstrekt, en wel per dag gelijkelijk verdeeld over een periode van 12 uur. Er werd gevoederd met pellet nummer 2.

Resultaten

De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in tabel X, waarin tevens de gegevens betreffende de bezetting der bekkens en het voederschema zijn opgenomen.

Tabel X. Relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 23° C.

bekken	voederschema ¹	beginbezetting		duur v. d. proef in dagen	eindbezetting		voederconversie ²	groeisnelheid ³
		aantal	diergew. (g)		aantal	diergew. (g)		
1	10x 1 %	56	35,8	21	56	68,1	2,31	3,1%
2	10x3/4%	56	68,1	7	56	87,8	1,55	3,7%
3	9x 1 %	33	32,4	28	33	94,1	1,74	3,9%
4	9x5/9%	33	34,1	28	33	77,1	1,28	3,0%
5	9x3/9%	33	33,5	28	33	58,2	1,18	2,0%
6	5x 1 %	33	33,1	28	33	71,7	1,38	2,8%
7	3x 1 %	33	33,1	28	33	52,3	1,44	1,6%

1. Hier is het aantal alsmede de grootte van de voedingen aangegeven. "10x1%" betekent dus 10 voedingen per dag van elk 1% van het lichaamsgewicht op de eerste dag van de proefweek.

2. g voer per g gewichtstoename.

3. Zie II: 7.

Voorts werd een aantal gelijksoortige experimenten opgezet met zwaardere zowel als met lichtere karpers. De range van voederniveaus was hierbij evenwel minder

uitgebreid. De eerste proef verschafte namelijk voldoende informatie om bij de latere met een kleiner aantal voederniveaus te kunnen volstaan. Deze experimenten zullen in het navolgende worden besproken.

V: 1: 1: b. Bij karpers met een begingewicht van ca. 1,5 gram

Proefopzet

Teneinde de mogelijkheden voor het opkweken van zeer jonge karpers na te gaan, werden diverse voederniveaus toegepast bij vissen van ca. 1,5 gram.

In principe was de proefopstelling gelijk aan die, welke in II: 1 werd beschreven. Bij dit experiment werd echter een ander type bekken gebruikt, dat in de open lucht stond opgesteld. Dit bekken was vierkant van vorm (2 x 2 meter) met enigszins afgeronde hoeken en bevatte bij de toegepaste waterstand 1.600 liter. Een drietal van deze bekkens werd bezet met ongeveer 5.000 vissen per bekken. Wekelijks werd het gemiddeld diergewicht bepaald door middel van een steekproef, welke steeds ongeveer 20% van het totale bestand omvatte. De resultaten van deze steekproef waren bepalend voor de voedergift in de daaropvolgende week. Ook bij dit experiment werd de doorstroming zodanig aan de gewichtstoename aangepast, dat het zuurstofgehalte van het afvoerwater steeds boven 2,1 ml/l bleef.

Deze karpers werden met pellet nr. 1 gevoerd.

Resultaten

De resultaten van dit experiment zijn in tabel XI samengevat, waarin tevens de gegevens betreffende de bezetting en het voederschema zijn weergegeven.

Tabel XI. Relatie tussen voedergift, voederconcentratie en groeisnelheid bij 23° C.

bekken	voeder- schema ²	beginbezetting		duur v. d. proef in dagen	eindbezetting		voeder- con- versie ²	groei- snel- heid ²
		aantal	diergew. (g)		aantal	diergew. (g)		
1	9x10/9%	4.488	1,74	28	4.471	7,46	1,41	4,8%
2	9x15/9%	4.732	1,87	28	4.698	8,61	1,93	5,7%
3	9x20/9%	5.085	1,42	21	5.065	4,52	2,17	5,6%
1 ¹	9x 8/9%	4.471	7,46	16	4.468	16,80	1,41	5,2%

1. Hier zijn de resultaten weergegeven, die in bekken 1 werden bereikt na verlenging met 16 dagen bij een voeding van 9x8/9%.

2. Voor toelichting zie tabel X.

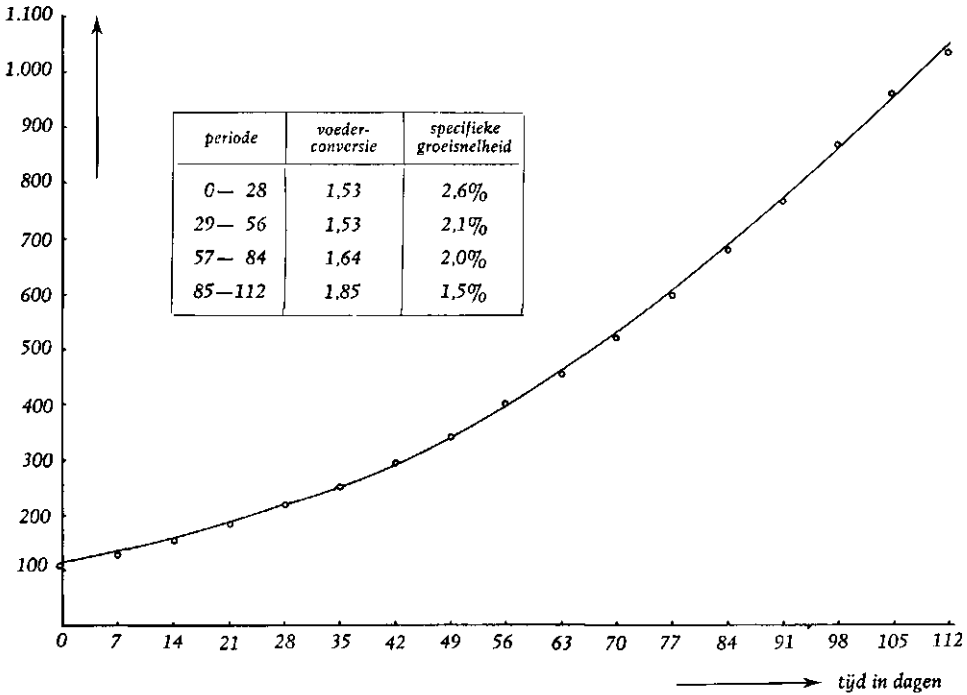
V: 1: 1: c. Bij karpers met een begingewicht van ca. 100 gram

Proefopzet

Teneinde een indruk te krijgen van de groeisnelheid bij grotere karpers werden 20 karpers met een gemiddeld diergewicht van 108 gram gedurende 16 weken in een bekken aangehouden. De proefopstelling was geheel identiek aan die welke onder II: 1 werd beschreven, terwijl ook bij dit experiment de doorstroming zo-

Fig. IV. Groeicurve van karpers bij 23° C en bij een voedergift van 5% resp. 4% per dag. (zie tekst)

gemiddeld diergewicht
in g



danig werd aangepast, dat het zuurstofgehalte van het afvoerwater steeds boven 2,1 ml/l bleef.

De eerste 4 weken werd met pellet nr. 2 9x5/9^o/o per dag gevoerd. De tweede periode van 4 weken was het voederschema 9x4/9^o/o (eveneens met pellet nr. 2). De derde en vierde periode van 4 weken werd met pellet nr. 3 9x4/9^o/o per dag gevoerd.

Resultaten

In fig. IV is het gemiddeld diergewicht tegen de tijd uitgezet. Tevens is in deze figuur opgenomen de in de diverse perioden opgetreden dagelijkse groei, uitgedrukt in % van het lichaamsgewicht, alsmede de voederconversie.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat zowel groei als voederconversie in de laatste periode van 4 weken nadelig is beïnvloed door ziekte van de vissen, waardoor de voederopname gedurende 1 week gering was, waarmee een ongunstige voederconversie gepaard ging (2,24).

V: 1: 2. Experimenten betreffende de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 17° C

V: 1: 2: a. Bij karpers met een begingewicht van ca. 30 gram

Proefopzet

De proefopzet was gelijk aan die welke werd beschreven onder V: 1: 1: a.

Resultaten

In tabel XII zijn de resultaten, alsmede de gegevens omtrent de bezetting en het voederschema, weergegeven.

Tabel XII. Relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 17° C.

bekken	voeder- schema ¹	beginbezetting		duur v. d. proef in dagen	eindbezetting		voeder- con- versie ¹	groei- snel- heid ¹
		aantal	diergew. (g)		aantal	diergew. (g)		
1	5x 1%	56	36,0	21	56	45,7	3,45	1,1%
2	5x3/4%	56	45,7	7	56	49,6	2,56	1,2%
3	3x 1%	34	30,0	28	34	41,4	2,12	1,1%
4	3x1/3%	34	29,3	28	34	31,5	3,25	0,3%

1. Voor toelichting zie tabel X.

V: 1: 3. Onderzoek naar de energetische relatie tussen voedergift en groei bij de karper bij 23° C

Proefopzet

In een zestal bekkens van de proefopstelling (II: 1) werden karpers met een gemiddeld diergewicht van ongeveer 40 gram, afkomstig uit eenzelfde vijver, gedurende 10 dagen 9x2/9% van het lichaamsgewicht per dag gevoederd. Na deze periode werd aangenomen, dat de calorische waarde per gram vis gemiddeld in alle bekkens gelijk was. Uit elk bekken werden op de elfde dag 5 vissen verwijderd. Deze vissen (30 stuks) werden als één beginmonster gehomogeniseerd en het homogenaat werd onderzocht op gehalte aan droge stof, ruw eiwit, vet, as en verbrandingswaarde. Aan de overige vissen (19 stuks per bekken) werden gedurende de 4 daarop volgende weken diverse voederhoeveelheden verstrekt. Na 4 weken werden deze vissen van elk bekken apart op dezelfde wijze geanalyseerd als het beginmonster.

Ook het aan de vissen verstrekte voeder (pellet nr. 2) werd op dezelfde wijze geanalyseerd.

De doorstroming met tot 23° C verwarmd water bedroeg in elk bekken 6 l/min., waarbij gedurende de gehele periode het zuurstofgehalte van het afvoerwater boven 2,1 ml/l bleef.

Resultaten

In tabel XIII zijn de resultaten van de vierweekse periode weergegeven, alsmede het bezettings- en voederschema.

In tabel XIV zijn de resultaten van de analyses van het beginmonster en de eindmonsters samengevat, terwijl in tabel XV de resultaten van de analyses van het voeder zijn vermeld.

Tabel XIII. Relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 23° C.

bekken	voeder- schema ¹	beginbezetting			eindbezetting		voeder- con- versie ¹	groei- snel- heid ¹
		aantal	diergew. (g)	hoeveel- heid voeder (g)	aantal	diergew. (g)		
1	9x 1 0/0	19	43,1	2.295	19	86,6	2,76	2,6 0/0
2	9x7/9 0/0	19	39,2	1.782	19	89,3	1,87	3,0 0/0
3	9x5/9 0/0	19	38,6	1.210	19	83,9	1,41	2,8 0/0
4	9x3/9 0/0	19	42,1	734	19	76,1	1,14	2,1 0/0
5	9x1/9 0/0	19	40,8	205	19	48,4	1,41	0,6 0/0
6	0 0/0	19	42,1	0	19	36,1	—	—0,5 0/0

1. Voor toelichting zie tabel X.

Tabel XIV. Analyse resultaten van beginmonster en eindmonsters.

bekken	voeder- schema	totaal levend gewicht (g)	droge stof	samenstelling in 0/0			totaal	cal/g
				in de droge stof				
				ruw eiwit	ruw vet	as		
1	9x 1 0/0	1.646	25,35	61,73	29,12	10,69	101,5	5.986
2	9x7/9 0/0	1.696	25,43	62,30	29,50	9,69	101,8	6.042
3	9x5/9 0/0	1.594	25,03	61,40	29,37	10,35	101,1	5.972
4	9x3/9 0/0	1.446	24,08	65,77	23,29	11,49	100,5	5.658
5	9x1/9 0/0	920	21,53	73,00	11,59	15,32	99,5	4.930
6	0	686	19,77	72,25	9,73	19,70	101,7	4.635
begin- monster		675	24,07	62,52	24,73	13,06	99,6	5.539

Tabel XV. Resultaten van de analyses van het voeder pellet nr. 2.

droge stof	samenstelling in 0/0					cal/g
	in de droge stof					
	ruw eiwit	ruw vet	ruwe celstof	overige kool- hydraten	as	
91,4	53,32	9,22	4,7	23,3	9,48	4.629

Met behulp van de in de tabellen XIV en XV vermelde resultaten van de analyses van beginmonster, eindmonsters en voeder is het mogelijk een aantal gegevens en resultaten, vermeld in tabel XIII op basis van kcal om te rekenen. De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel XVI.

Tabel XVI. Relatie tussen voedergift, energie-conversie en groeisnelheid bij 23° C uitgedrukt in kcal.

bekken	energie in vis bij begin (kcal)	voederniveau	verstrekte energie in voeder (kcal)	energie in vis na 4 weken (kcal)	energie-aanzet (kcal)	energie conversie	energetische groei in % per dag
1	1.091	9%	10.621	2.497	1.406	7,56	3,0
2	993	7%	8.247	2.605	1.612	5,30	3,5
3	977	5%	5.600	2.383	1.406	3,98	3,2
4	1.066	3%	3.397	1.969	903	3,76	2,2
5	1.033	1%	949	976	—57	—	—0,2
6	1.065	0%	0	628	—437	—	—1,9

V: 1. 4. Bespreking van de resultaten van de experimenten betreffende de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid bij 17° C en 23° C

De hierboven beschreven experimenten verstrekken een aantal gegevens inzake twee belangrijke kostenfactoren in de visteelt: voederconversie en groeisnelheid. Deze onderlinge relaties zijn voor karpers met een begingewicht van ca. 30 gram bij de twee onderzochte temperaturen weergegeven in de figuren V en VI. Hieruit blijkt, dat bij zeer grote voedergiften de voederconversie ongunstig wordt, evenals bij zeer geringe voedergiften. In het eerste geval kan sprake zijn van een lagere vertering, een lagere benutting van het verteerde voeder en een andere samenstelling van de groeivermeerdering. In het laatste geval wordt de in het voeder aanwezige energie hoofdzakelijk voor instandhouding van het lichaam benut, zodat slechts een gering gedeelte in groei kan worden omgezet en de voederconversie derhalve ongunstig wordt.

Wat de voederconversie in relatie tot het voederniveau betreft is er dus sprake van een zeker optimum. Dit optimum strekt zich, zoals uit fig. V blijkt, bij 23° C over een grotere range voederniveaus uit dan bij 17° C, waar het optimum scherper is afgegrensd. Ook bij andere vissoorten heeft men dit waargenomen (Brett en medew., 1969).

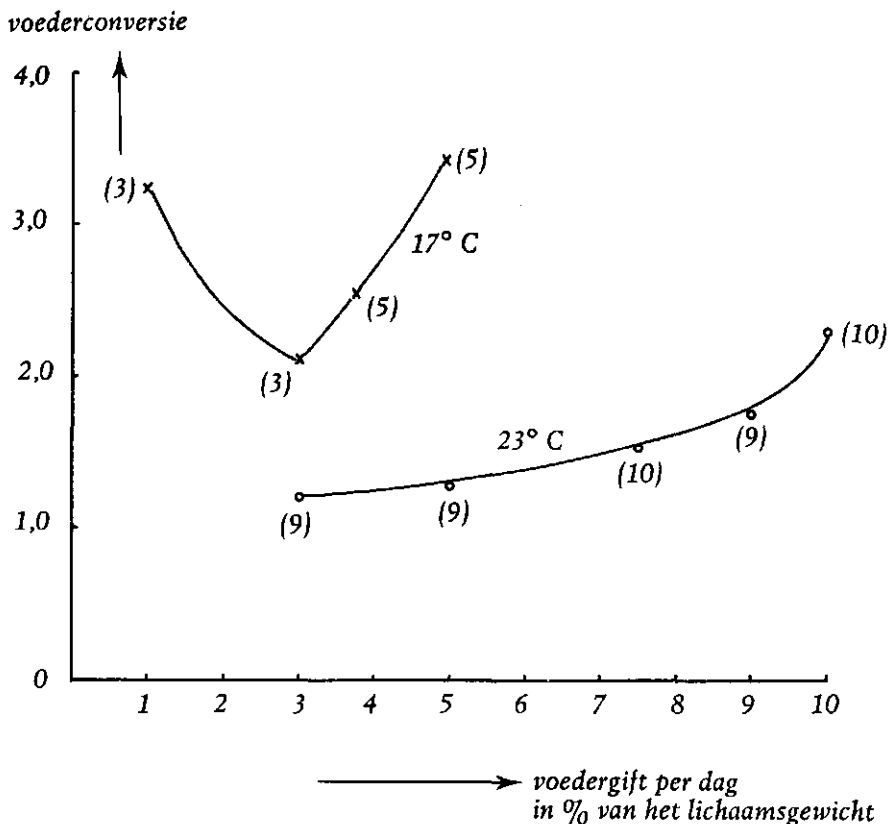
Voorts blijkt duidelijk, dat de voederconversie bij 23° C lager, dus beter is dan bij 17° C. Bij een voeding van 5 x 1% van het lichaamsgewicht per dag werd bij 17° C een voederconversie van 3,45 en bij 23° C van 1,38 gevonden. Op grond van de publikatie van Brett en medew. (1969) over de temperatuursafhankelijke groeisnelheid bij de sockey zalm (*Oncorhynchus nerka*) mag worden aangenomen dat de voederconversie niet steeds verder zal afnemen naarmate bij hogere (te hoge) temperaturen wordt gekweekt. Er is dus ook sprake van een optimum, waar het de relatie tussen voederconversie en temperatuur betreft.

Wat de visteelt betreft, kan op grond van deze gegevens worden gesteld dat binnen zekere grenzen het voederniveau bij hogere temperaturen in geringere mate van invloed is op de voederconversie, dan bij lagere temperaturen. Bij lagere temperaturen is een nauwkeuriger dosering van het voeder wenselijk dan bij hogere, daar de grootte van de voedergift dan sterk bepalend is voor de voederconversie.

Zoals onder V: 1 reeds werd gesteld is de groeisnelheid in belangrijke mate kostenbepalend. Het ligt dan ook voor de hand, dat in de visteelt gestreefd zal worden naar een hoge groeisnelheid, met andere woorden naar een korte produktieperiode.

De groeisnelheid, uitgedrukt als procentuele gewichtstoename per dag, is sterk

Fig. V. Relatie tussen voedergift en voederconversie bij 17° C en 23° C (tussen haakjes het aantal voedingen per dag).

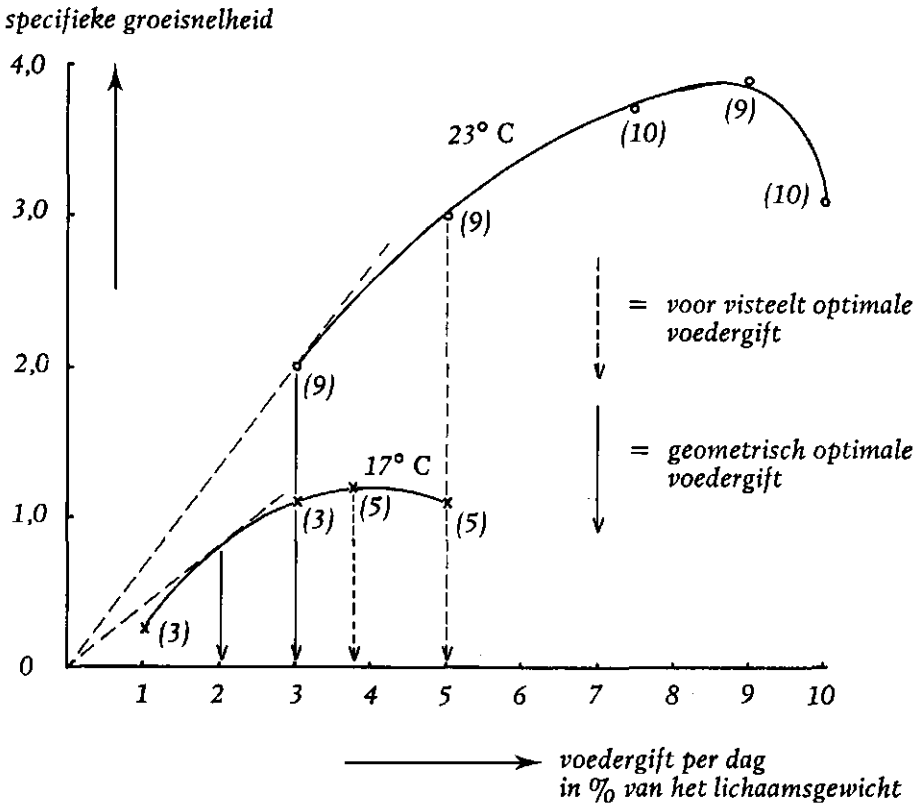


afhankelijk van de aangeboden voederhoeveelheid (Brown, 1957; Lühr, 1967) en bij eenzelfde voederhoeveelheid eveneens afhankelijk van de omgevingstemperatuur (Brett en medew., 1969; Kelso, 1972; Andrews en Stickney, 1972), hetgeen in fig. VI duidelijk tot uiting komt. Tevens blijkt uit deze figuur, dat de vis bij hogere temperaturen meer voeder per tijdseenheid kan verwerken, hetgeen samenhangt met het feit, dat de verteringssnelheid sterk afhankelijk is van de temperatuur (Windell en Norris, 1969; Brett en Higgs, 1970; Edwards, 1971).

Overigens moet worden opgemerkt, dat de groeisnelheid bij zeer grote voedergiften afneemt. Hoewel dit in de experimenten van Brett en medew. (1969) niet zo zeer tot uitdrukking komt — hetgeen mogelijk het gevolg is van een door hen toegepaste te geringe range van voederniveaus — komen ook Paloheimo en Dickie (1965) na uitgebreide analyses van en theoretische beschouwingen over verschillende voederproeven tot de conclusie dat hoge voedergiften de groeisnelheid doen afnemen.

Bij nadere beschouwing in fig. VI kan een tweetal aspecten naar voren worden gebracht. In de eerste plaats blijkt er sprake te zijn van een optimale voedergift, namelijk die voedergift waarbij de verhouding groeisnelheid tot voederniveau zo hoog mogelijk is. In de tweede plaats is er sprake van een maximale voedergift, namelijk die voedergift welke de maximale groeisnelheid tot gevolg heeft. Deze

Fig. VI. Relatie tussen voedergift en specifieke groeisnelheid bij 17° C en 23° C (tussen haakjes het aantal voedingen per dag).



beide voedergiften kunnen geometrisch worden bepaald. In het eerste geval door de raaklijn vanuit het nulpunt aan de curve te construeren, in het tweede geval door de maximale waarde van de curve te bepalen. Met behulp van de op het oog getrokken raaklijn mag worden gesteld, dat bij 23° C onder de tijdens het experiment heersende omstandigheden een optimale voedergift van 3% werd gevonden en een maximale van 9%; bij 17° C bedragen deze respectievelijk 2% en 4%. De aldus gevonden optimale voedergift zal in het vervolg "geometrisch optimale voedergift" worden genoemd.

Daar in de visteelt de groeisnelheid sterk kostenbepalend is en de voederkosten — hoewel niet onbelangrijk — toch een geringere rol spelen kan er voorts worden gesproken van een "voor visteelt optimale voedergift". Hierbij treden als criteria op de voorgrond: hoge groeisnelheid, waarbij de voederconversie evenwel niet te ongunstig mag worden, en het niet nadelig zijn van hoge voedergiften voor de vis.

Aangezien het bekend is, dat bij hoge voedergiften sterke vervetting — met name van de lever — kan optreden (Bohl, 1969), werd het vetgehalte van de

lever van een aantal dieren van bovenbeschreven proeven onderzocht.¹ Het levervetgehalte op basis van vers gewicht bij een voeding van 9% bedroeg 15,7% tegen 10,7% bij een voeding van 5%. Op grond van de publikatie van Maier (1961) mag een levervetgehalte van 10% als normaal worden beschouwd, terwijl een vetgehalte van de lever van 15%, hoewel niet als pathologisch, toch wel als ongunstig moet worden aangemerkt.

Op grond van bovenstaande mag met betrekking tot visteelt in doorstroomde eenheden worden gesteld, dat bij karpers met een gewicht van 30-100 gram een voeding van 5% van het lichaamsgewicht bij 23° C en van 3% bij 17° C een voor visteelt optimale voedergift is, onder de heersende omstandigheden voor wat betreft voerprijs en arbeidskosten.

Wel moet hierbij worden opgemerkt, dat het voorkeur verdient de voedergift zo gelijkmatig mogelijk over de gehele dag te verdelen (tabel X), hetgeen zowel groeisnelheid als voederconversie ten gunste komt. Een en ander, eveneens geconstateerd door Lühr (1967) en Ishiwata (1969), zou mogelijk verband houden met het feit, dat de karper geen maag bezit, waardoor het dier mogelijk niet in staat is grote hoeveelheden snel opgenomen voeder efficiënt te verteren.

Bij de kleine karpers wijzen de resultaten (tabel XI) op een voor visteelt optimale groeisnelheid bij een voeding van 10% per dag. Wordt meer gevoederd dan neemt de groeisnelheid slechts in geringe mate toe, terwijl de voederconversie snel ongunstiger wordt. Ook in dit experiment lijkt de groeisnelheid — zij het weinig — bij een grote voedergift (20%) af te nemen.

Aangezien bij vissen met een gewicht van 30-100 gram een voeding van 5% per dag als optimaal voor visteelt moest worden beschouwd, mag mede op grond van eerder genoemde overwegingen worden aangenomen, dat de voeding van 8% per dag aan vissen van 10-20 gram tot resultaten heeft geleid (tabel XI, bekken 1¹), die vrijwel optimaal zijn voor visteelt.

Uit fig. IV blijkt, dat voederconversie en groeisnelheid in het groeitraject 100-1.000 gram slechts weinig veranderen. Hoewel de optimale voedergift relatief kleiner wordt naarmate de vissen in gewicht toenemen (Ishiwata, 1968) en grotere vissen relatief minder eiwit aanzetten (Gerking, 1952), is het hier bestudeerde groeitraject vermoedelijk te klein geweest om dit geprononceerd tot uitdrukking te laten komen.

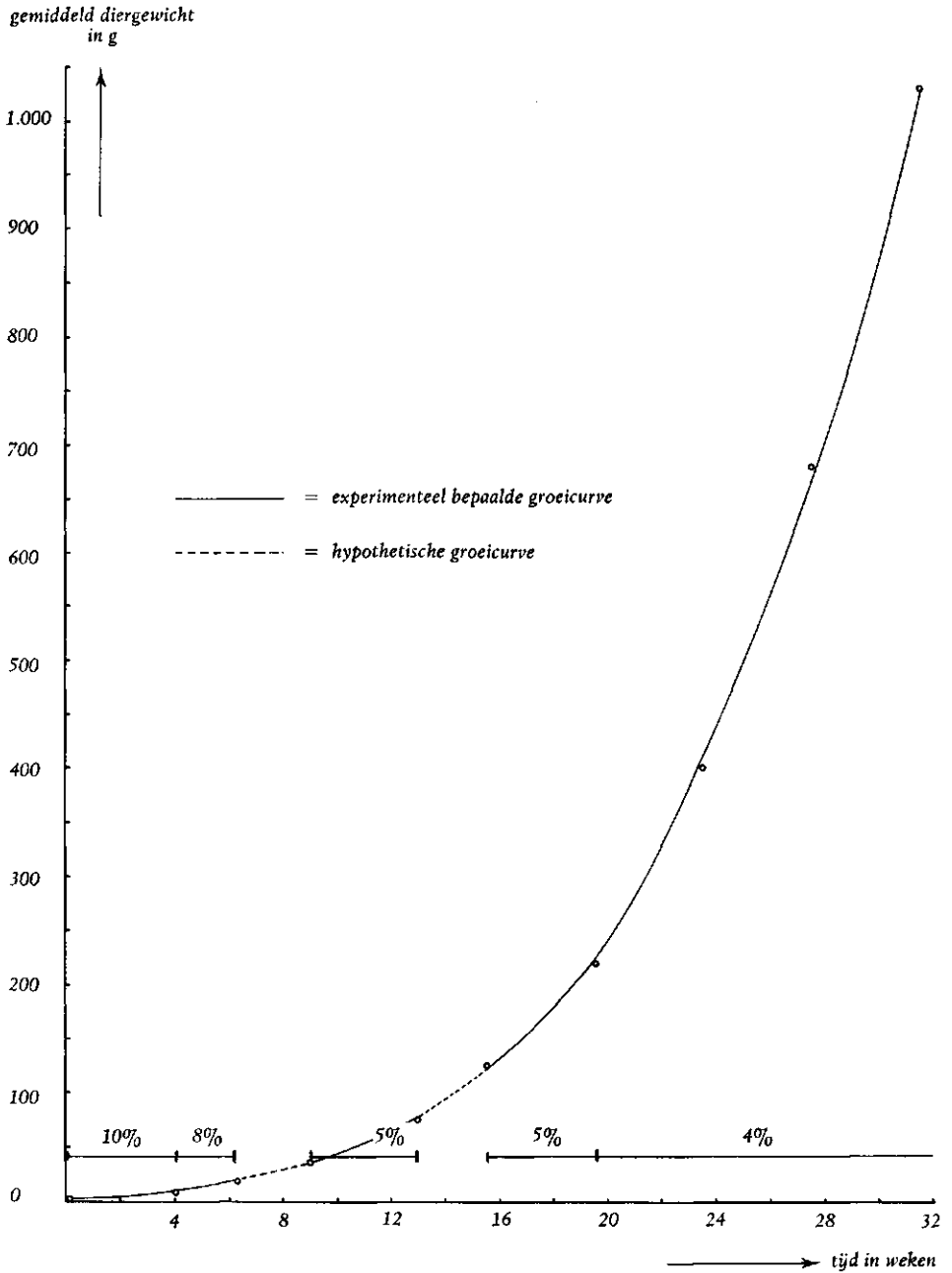
Concluderend kunnen voor de diverse gewichten van de karper de volgende voedergiften per dag worden voorgeschreven, welke uit produktietechnisch oogpunt als optimaal zijn te beschouwen bij een temperatuur van 23° C.

Voor karpers met een gewicht van 1,5 tot 7,5 gram:	10%
Voor karpers met een gewicht van 7,5 tot 17 gram:	8%
Voor karpers met een gewicht van 30 tot 100 gram:	5%
Voor karpers met een gewicht van 100 tot 1.000 gram:	4%

1. Deze analyses werden door de "Stichting voor Wetenschappelijk Onderzoek op Dier-voedergebied" te Putten uitgevoerd.

In fig. VII is de gewichtstoename in de tijd weergegeven, gebaseerd op de gecombineerde resultaten betreffende de voor visteelt optimale voedergiften van voorgaand onderzoek.

Fig. VII. Groeicurve van karper bij 23° C bij optimale voeding.
De voedergiften in % per dag zijn in de figuur vermeld.



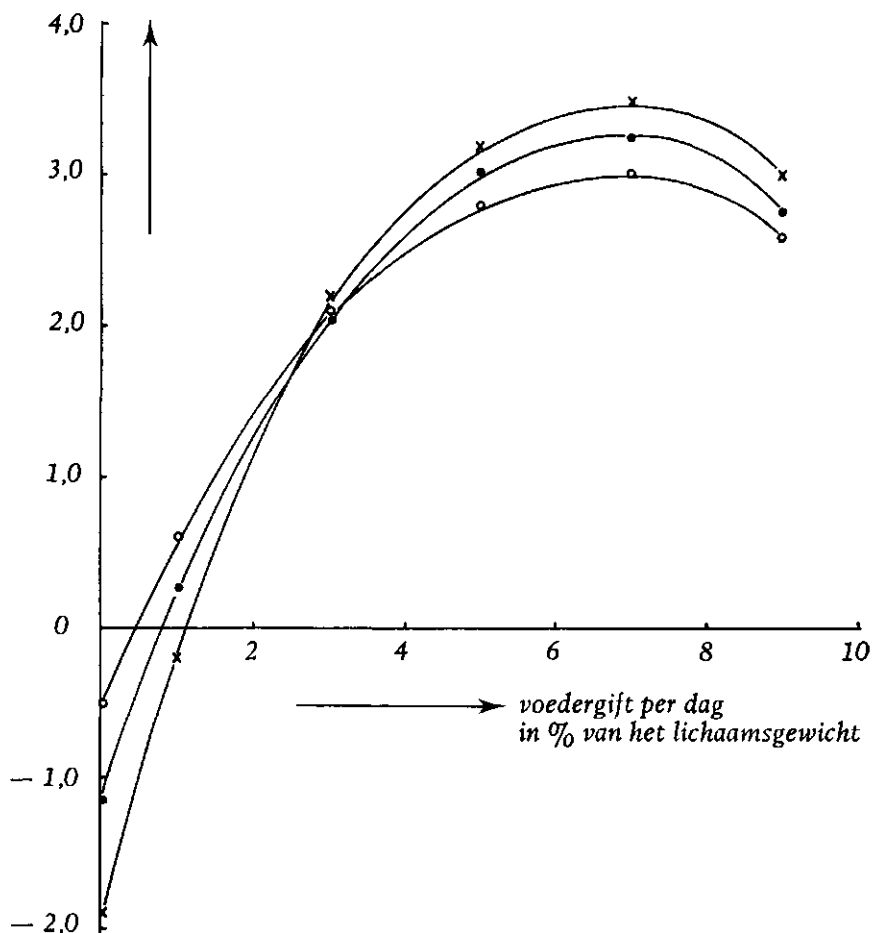
V: 1. 5. *Bespreking van de resultaten van de experimenten betreffende de energetische relatie tussen voedergift en groei bij de karper bij 23° C*

De resultaten van die proeven, waarbij bovendien de dieren werden geanalyseerd zijn samengevat in de tabellen XIII en XIV. Daaruit blijkt, dat het droge stofgehalte van de dieren afneemt naarmate de voedergift kleiner wordt. Het vetgehalte in, als ook de verbrandingswaarde van de droge stof, neemt eveneens af bij kleinere voedergiften, terwijl as- en eiwitgehalte toenemen.

In fig. VIII zijn gewichtstoename, en toename in droge stof zowel als in verbrandingswaarde, uitgedrukt in gemiddelde procentuele toename per dag, uitgezet tegen de voedergift in procenten van het lichaamsgewicht per dag. Deze curves snijden elkaar bij een voeding van iets minder dan 3% van het lichaamsgewicht

Fig. VIII. *Relatie tussen voedergift en specifieke groeisnelheid bij 23° C*

specifieke groeisnelheid per dag:
 in % van het gewicht O—O
 in % van de calorische waarde X—X
 in % van het droge stof gehalte ●—●



per dag. Bij een dergelijke voedergift is dus de procentuele toename op basis van vers gewicht, droge stof en verbrandingswaarde gelijk. Op grond van hetgeen in de vorige paragraaf werd besproken, lijkt het gerechtvaardigd aan te nemen, dat deze identieke procentuele toename van vers gewicht, droge stof en verbrandingswaarde optreedt bij de "geometrisch optimale voedergift". Bij een geringere voedergift is de toename van vers gewicht groter dan de toename van de verbrandingswaarde, hetgeen bij een voeding van 1% van het lichaamsgewicht per dag tot gevolg heeft, dat op basis van vers gewicht een procentuele toename per dag van 0,6% optreedt, terwijl op basis van de verbrandingswaarde de procentuele toename negatief (-0,2%) is. Een en ander is het gevolg van de aanzet van eiwit met bijbehorend water en de vermindering van de vetreserve van het lichaam. Immers uit de analyses (tabellen XIII en XIV) bleek, dat de eiwit-aanzet bij een voeding van 1% per dag 28 gram bedroeg, waarin $28 \times 5,7 = 159,6$ kcal. De totale aanzet was volgens tabel XVI -57 kcal, zodat 216,6 kcal vet werden verbruikt, hetgeen in overeenstemming is met de analyseresultaten, waaruit blijkt, dat 22,5 gram vet werd verbruikt. Hierbij moet dan worden aangenomen dat de verbrandingswaarde van het verbruikte vet $216,6 : 22,5 = 9,6$ kcal/g bedraagt, hetgeen alleszins aanvaardbaar mag worden geacht.

Bij een voedergift groter dan 3% is de procentuele energie aanzet groter dan de procentuele groei op basis van vers gewicht. Dit komt overeen met in tabel XIV vermelde resultaten, waaruit blijkt dat bij een voederniveau hoger dan 3% het vetgehalte sterker toeneemt dan het gehalte aan droge stof. Met andere woorden: bij een voeding hoger dan 3% treedt in sterkere mate vervetting op, hetgeen tot een relatief geringere toename van het levend gewicht leidt, welke echter calorisch aanzienlijk is terwijl bij voedingen kleiner dan 3% het water en eiwit een grotere rol gaan spelen.

Met behulp van de analyse-resultaten, zoals die worden vermeld in de paragraaf V: 1: 3, kunnen de parameters voedergift en aanzet in eenzelfde eenheid worden uitgedrukt (droge stof; verbrandingswaarde). Het lijkt danook van belang de hierbij verkregen resultaten te vergelijken met die publikaties, waarin men zich niet zozeer met de productie-technische aspecten van de relatie voedergift-aanzet (kg voeder - kg visvlees), maar meer met de voedingsfysiologische aspecten van deze relatie bezig houdt (droge of organische stof of energie van het voeder - droge of organische stof of energie van de aanzet). In dergelijke publikaties wordt in plaats van de term "voederconversie", welke een direct productie-technische betekenis heeft, de term "(bruto) conversie efficiëntie" gebruikt. Deze term wordt veelal "factor K" genoemd en is gedefinieerd als $K = \frac{G}{V}$, waarin G en V respectievelijk de aanzet en de voedergift zijn, uitgedrukt in bijvoorbeeld droge stof of verbrandingswaarde.

De factor K zou sterk afhankelijk zijn van het type aangeboden voeder en eveneens van de hoeveelheid aangeboden voedsel (Paloheimo en Dickie, 1965, 1966^b; Brown, 1957; Brett en medew., 1969) en in mindere mate van het lichaamsgewicht (Kleiber, 1947, 1961; Paloheimo en Dickie, 1966^b; Kelso, 1972).

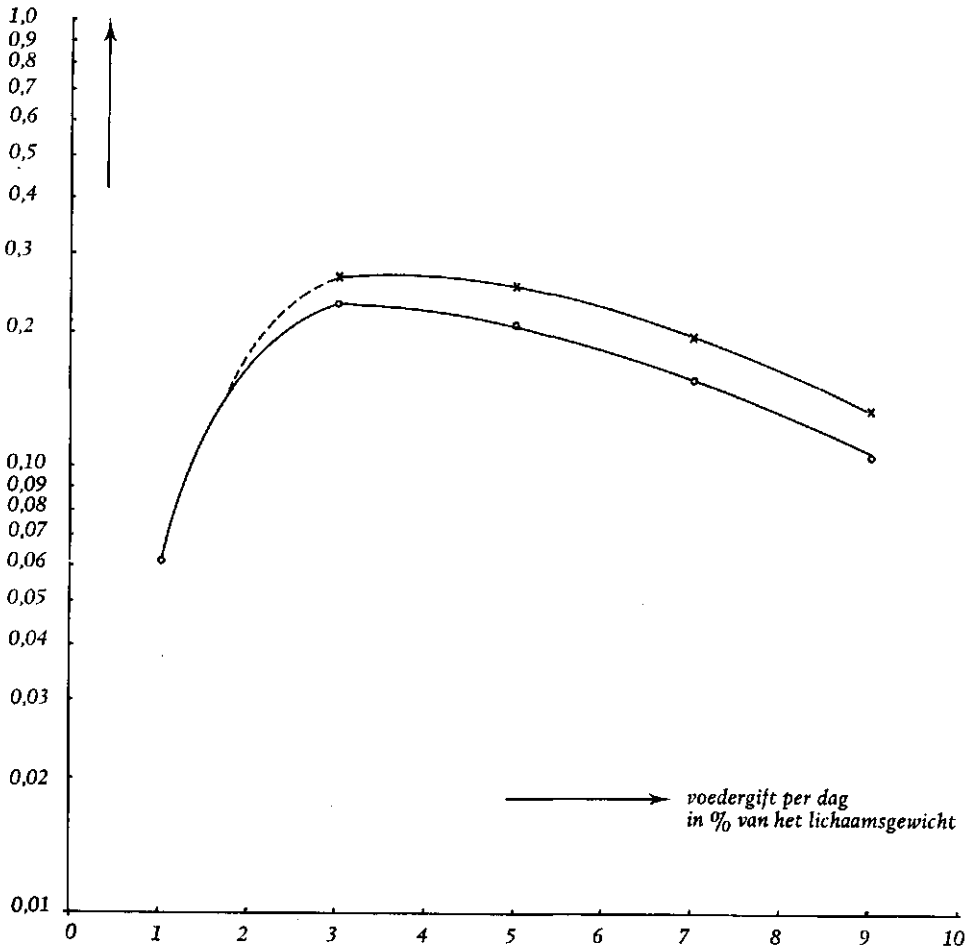
De literatuur omtrent de invloed van de temperatuur op de conversie-efficiëntie bij vissen is tegenstrijdig. Enerzijds wordt geen invloed aan de temperatuur toegeschreven (Winberg, 1956; Paloheimo en Dickie, 1966^b; Kerr, 1971; Kelso, 1972), anderzijds wordt wel een temperatuursinvloed gevonden door Menzel (1960), door Brett en medew. (1969), en door Kilambi en medew. (1970). Brett en medew. (1969) hebben een groot aantal voederniveaus bij diverse temperaturen toegepast.

Fig. IX. Relatie tussen voedergift en K-factor bij 23° C

K-factor

op basis van: drooggewicht O—O

: cal. waarde X—X

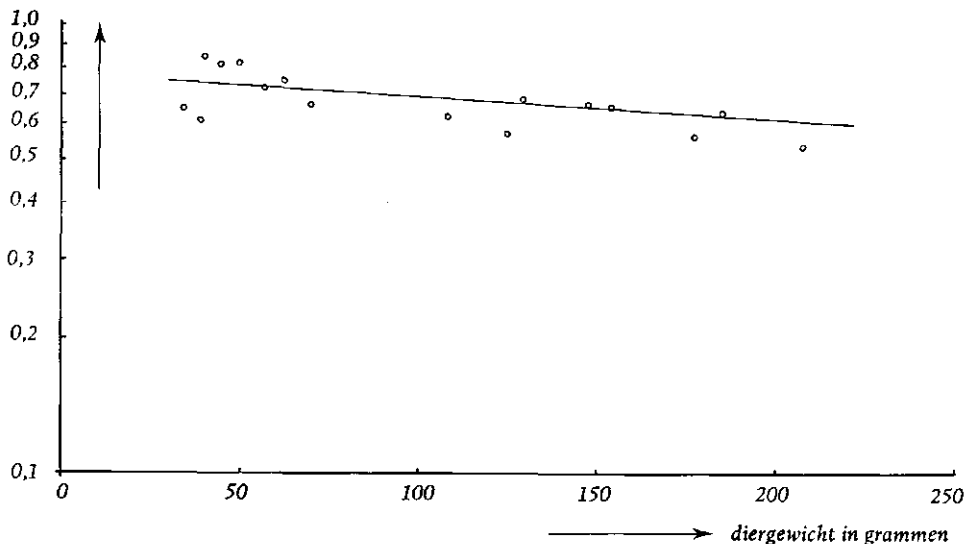


Zij schrijven het feit dat andere auteurs geen temperatuursinvloed vonden dan ook toe aan het feit dat deze auteurs een te geringe temperatuurrange dan wel een te smalle range voederniveaus bestudeerden. Aangezien het hiervoor beschreven onderzoek werd uitgevoerd met diverse voederniveaus (1 tot 10% van het lichaamsgewicht per dag bij 23° C en 1 tot 5% bij 17° C) en met 2 verschillende temperaturen, lijkt het van belang de beïnvloeding van de factor K door voederniveau, temperatuur en visgrootte bij de karper na te gaan. Aangezien Paloheimo en Dickie (1966^b) een lineair verband vonden tussen log K enerzijds en de voedergift anderzijds zal ook in de hierna volgende figuren de waarde van de factor K logaritmisch worden uitgezet.

Slechts bij gebruikmaking van de resultaten vermeld onder V: 1: 3 kan de waarde van factor K op basis van drooggewicht zowel als op basis van verbrandingswaarde worden berekend. De relaties tussen de — op deze beide wijzen berekende — factoren en de voedergift in procenten van het lichaamsgewicht per dag zijn weergegeven in fig. IX.

Fig. X. Relatie tussen K-factor en diergewicht van de karper bij 23° C

K-factor
op basis van versgewicht



In fig. X is de relatie tussen de factor K en het gewicht van de karper bij 23° C en bij een voeding van 5% van het lichaamsgewicht per dag weergegeven, ten behoeve waarvan de waarden werden ontleend aan de wekelijkse waarnemingen betreffende het totaalgewicht van de vissen bij de proeven, beschreven onder V: 1: 1: a, V: 1: 1: c en V: 1: 3.

Uit de resultaten, weergegeven in de figuur IX, blijkt duidelijk, dat de conversie-efficiëntie sterk afhankelijk is van het voederniveau, hetgeen in overeenstemming is met de bovengenoemde literatuur.

Hoewel Kelso (1972) vrijwel geen invloed van het voederniveau op de conversie efficiëntie kon aantonen, lijkt het reëel te veronderstellen, zoals ook de auteur zelf doet, dat dit zijn oorzaak vindt in de geringe range van voederniveaus in zijn materiaal.

Voorts blijkt uit de resultaten (fig. IX) dat de relatie tussen factor K en voeder-gift een optimum vertoont, hetgeen eveneens door Brett en medew. (1969) werd gevonden. Brown (1957) zegt in een samenvatting van haar eigen werk en dat van andere onderzoekers, dat het voederniveau van allergrootste invloed is op de conversie efficiëntie en komt tot de conclusie, dat deze hoger wordt naarmate het voederniveau meer het onderhoudsniveau nadert.

Echter bij een voederniveau gelijk aan het onderhoudsniveau is de groei per definitie nul, zodat op dit niveau de conversie efficiëntie eveneens nul is. De curve, welke de relatie tussen factor K en voeder-gift weergeeft, heeft dus een stijgend en een dalend gedeelte (Brett en medew., 1969; Kerr, 1971^a).

Uit de gegevens, weergegeven in fig. IX blijkt echter, dat het optimum van deze z.g. K-lijn bij 23° C bij een voeding van 3% van het lichaamsgewicht per dag ligt. Dit geldt voor de K-lijn, welke op basis van droge stof werd berekend, terwijl

bij de K-lijn, berekend op basis van verbrandingswaarde, eenzelfde verloop kon worden verwacht (stippellijn in fig. IX).

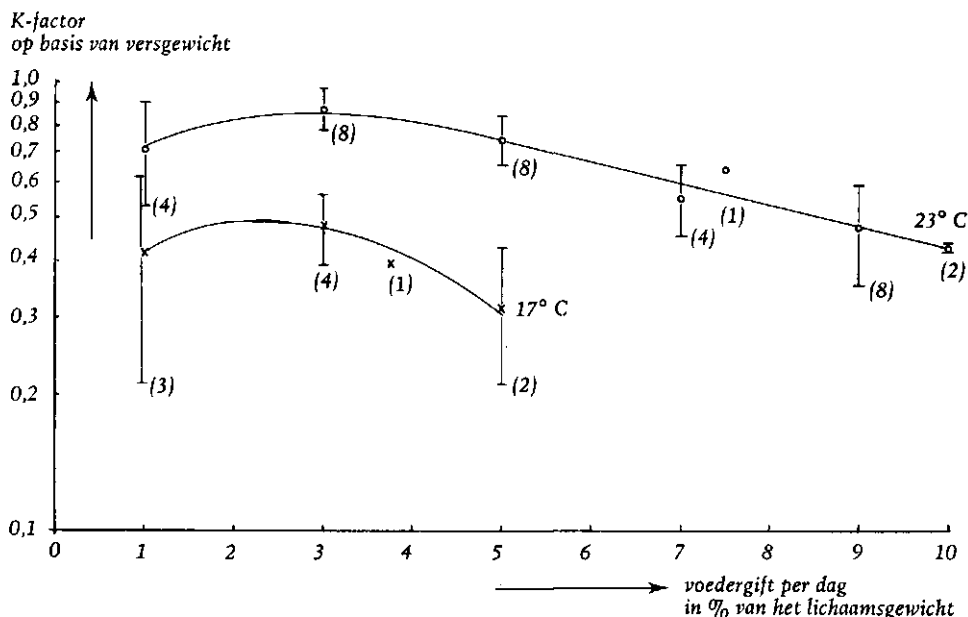
Aangezien op grond van de in de figuren VI en VIII weergegeven resultaten mag worden gesteld, dat de "geometrisch optimale voeding" ongeveer 3% van het lichaamsgewicht bedraagt bij 23° C, mag worden aangenomen, dat maximale conversie efficiëntie optreedt bij "geometrisch optimale voedergiften". Hoewel Brett en medew. (1969) in hun publikatie aan dit feit voorbij gaan, wijzen hun resultaten (fig. 6 en 15 van hun publikatie) ook in deze richting. Paloheimo en Dickie (1966^b) leidden de volgende relatie af tussen conversie efficiëntie K en de voeding R : $\log K = -a - bR$, waar a een constante en b de regressie-coëfficiënt is.

Het is, gezien het voorgaande duidelijk dat deze relatie niet geldt voor een gehele range voederniveaus, maar slechts voor dat deel ervan, dat boven de geometrisch optimale voeding ligt.

Hoewel uit het voorgaande reeds bleek, dat bij de berekening van de factor K de aanzet en de voeding in eenzelfde eenheid (droge stof, kcal) behoren te worden uitgedrukt is in fig. XI bij de berekening van de K-factor toch uitgegaan van aanzet en voeding op basis van vers gewicht. De in deze fig. XI weergegeven waarden werden ontleend aan de wekelijkse waarnemingen betreffende het totaal gewicht van de vissen bij de proeven, beschreven onder V: 1: 1: a en V: 1: 3. Ook op basis van vers gewicht blijkt de relatie tussen voeding en factor K een optimum te vertonen bij een voeding van 3% per dag.

Bovendien mag op grond van de curves in fig. XI worden aangenomen, dat de conversie efficiëntie temperatuursafhankelijk is. Hoewel geen bepaling van de verbrandingswaarde van de vissen voor en na de proef bij 17° C werd verricht, mag deze aanname als juist worden verondersteld, hetgeen hieronder nader zal worden toegelicht. De hoogste waarde van factor K op basis van vers gewicht werd

Fig. XI. Relatie tussen voeding en K-factor (\pm standaardafwijking) bij 17° C en 23° C (tussen haakjes het aantal waarnemingen).



bij 17° C gevonden bij een voeding van 3% en bedroeg 0,47. De waarde van factor K, berekend op basis van verbrandingswaarde, bij een voeding van 3% bij 23° C bedroeg 0,27 (fig. IX). Deze waarde zou bij 17° C slechts dan kunnen worden gevonden, indien de aanzet van de vissen (388 g vers gewicht) bij 17° C en bij een voeding van 3% (822 g voeder werd in totaal verstrekt) een verbrandingswaarde van ca. 10.500 cal/g droge stof zou bedragen ($\frac{0,822 \times 4629 \times 0,27}{0,25 \times 0,388}$). Aangezien de hoogste verbrandingswaarde van de aanzet, welke bij een voeding van 7% bij 23° C (tabel XIV) werd gevonden, 6.400 cal/g droge stof bedroeg, mag een waarde van 10.500 cal/g droge stof voor de aanzet bij 17° C sterk worden betwijfeld.

Op grond van deze overweging mag worden verondersteld dat de temperatuur op de conversie efficiëntie in het hier bestudeerde temperatuurtraject bij de karper van grote invloed is.

De opvatting van Paloheimo en Dickie (1966^b), dat het lichaamsgewicht geen direct bepalende factor inzake de conversie efficiëntie is vindt bijval in de resultaten, weergegeven in fig. X, waaruit blijkt, dat een verviervoudiging van het gewicht slechts een geringe verlaging van de factor K op basis van vers gewicht veroorzaakt. Daar bij deze proeven met voederniveaus werd gewerkt, die niet al te ver boven de geometrisch optimale voedergift lagen zal voor log K op basis van drooggewicht of verbrandingswaarde ongeveer hetzelfde gelden.

Samenvattend kan worden gesteld, dat bij de geometrisch optimale voedergift een identieke procentuele toename van vers gewicht, droge stof en verbrandingswaarde plaatsvindt.

Voorts mag worden gesteld, dat de lijn, die de relatie tussen conversie efficiëntie en voedergift aangeeft, een stijgend en een dalend gedeelte bezit, waarbij het maximum samenvalt met de geometrisch optimale voedergift.

Tenslotte werd aannemelijk gemaakt, dat in tegenstelling tot vele literatuurgegevens van een temperatuursinvloed op de conversie efficiëntie sprake is.

V: 2. Inleiding betreffende het onderzoek inzake het zuurstofverbruik van de karper

De stofwisseling is zoals reeds aangeduid onder V: 1 een energievergend proces. Het stofwisselingsniveau weerspiegelt de intensiteit, waarmee de vitale processen zich afspelen en bepaalt de energiebehoefte van het dier. Slechts een gering deel van de opgenomen energie blijft in het dier achter. Het merendeel wordt als warmte afgegeven en in faeces en urine uitgescheiden. Het stofwisselingsniveau bepaalt dus ook de mate van de energie afgifte.

Kwantitatieve gegevens omtrent de stofwisseling van vissen zijn nodig voor het berekenen van de gewenste grootte van het voederaanbod, voor het scheppen van de juiste omstandigheden tijdens transport van levende vissen, voor het berekenen van de mate van waterdoorstroming in doorstroomcultures e.d. Kortom, gegevens omtrent de stofwisseling van vissen zijn van belang voor de visteelt, de visserij en het visstandsbeheer.

Het stofwisselingsniveau van dieren wordt veelal weergegeven als warmteproductie per tijdseenheid of, daar stofwisseling sterk is gekoppeld aan zuurstofverbruik, in zuurstofverbruik per tijdseenheid.

Tussen warmteproductie tijdens vasten of bij stofwisselingsevenwicht enerzijds en het lichaamsgewicht anderzijds blijkt een relatie te bestaan (Kleiber, 1947). Deze relatie kan worden weergegeven in de formule:

$$T = \alpha G^\gamma$$

of in lineaire vorm:

$$\log T = \log \alpha + \gamma \log G,$$

waarin T de totale warmteproductie weergeeft, terwijl α en γ bepaalde parameters zijn, welke respectievelijk het stofwisselingsniveau en de gewichtsexponent worden genoemd.

Deze door Kleiber gehanteerde formule is slechts van toepassing bij basale of vrijwel basale omstandigheden, waarbij het dier uit zijn reserves aan vet en eiwit put voor zijn energie- en N-voorziening.

Warmteproductie per ml zuurstofverbruik

Vastende vissen teren vrijwel volledig op hun vetreserves (V: 1: 5), zodat gesteld kan worden dat het respiratoirquotiënt 0,7 bedraagt. Volgens de formule van Brouwer (1964) bedraagt de warmteproductie onder deze omstandigheden $(3,866 \times 1) + (1,200 \times 0,7) = 4,706$ cal per ml geconsumeerde zuurstof.

Kleibers formule is tevens van toepassing op — rustige — dieren, die op onderhoudsniveau worden gevoederd. Onder deze omstandigheden wordt geen reservevet maar verteerd voedsel voor de verbranding gebruikt. Afhankelijk van de samenstelling van het voer zal een verschillend respiratoirquotient worden gevonden, daar het de volledige oxydatie betreft van koolhydraten en vetten tot CO_2 en H_2O en een gedeeltelijke oxydatie van eiwit tot CO_2 , H_2O , NH_3 , ureum en/of urinezuur. Bij verwerking van verteerde koolhydraten, verteerd eiwit en van verteerd vet bedraagt het respiratoirquotient respectievelijk 1,0, 0,8 en 0,7, zodat de warmteproductie respectievelijk $(0,3866 \times 1,0) + (1,200 \times 1,0) = 5,066$ cal; $(3,866 \times 1,0) + (1,200 \times 0,8) = 4,826$ cal en $(3,866 \times 1,0) + (1,200 \times 0,7) = 4,706$ cal per ml geconsumeerde zuurstof bedraagt.

Ook als het dier arbeid verricht geldt bovenstaande afleiding.

Wordt meer gevoederd dan voor onderhoud nodig is, zodat groei plaats vindt, dan wordt het respiratoirquotient mede bepaald door de hoeveelheid en de samenstelling van de synthese.

Boven onderhoud geeft synthese van vet om stöchiometrische redenen uit koolhydraten een respiratoirquotient van 1,3, uit eiwit ca. 1,2 en uit vet 1,0.

In overeenstemming met hetgeen in paragraaf V: 1: 5 en hierboven vermeld werd bij vastende en — met eiwitrijk voeder — op onderhoudsniveau gevoerde vissen een respiratoirquotient van respectievelijk 0,7 en 0,85 gevonden.¹

Bij groeiende vissen zal het respiratoirquotient dichter tot waarden nabij 1,0 stijgen, naarmate de energie-aanzet hoger is, zodat de warmteproductie en zuurstofverbruik sterk gecorreleerd zijn.

Warmteproductie tijdens groei

Bij groeiende vissen is de totale warmteproductie afkomstig van een tweetal bronnen: van de onderhoudsstofwisseling, welke evenredig is met αG^γ kcal en van de produktiestofwisseling, welke evenredig is met de hoogte ervan en met de efficiëntie van de omzetting van de beschikbare energie (voederenergie minus energie in faeces en urine) van de betreffende produktie. Wordt vet geproduceerd, dan zal deze efficiëntie ca. 75% bedragen en bij de eiwitproduktie van groeiende dieren ca. 50%, zodat de warmteproductie onder die omstandigheden 33% respectievelijk 100% van de aangezette energie bedraagt (van Es, 1971).

1. Resultaten van experimenten, verricht op de afdeling Fysiologie der Dieren van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

De warmteproductie (T) van groeiende dieren kan dus als volgt worden weergegeven:

$$T = \alpha G^\gamma + (1,0 \text{ à } 0,33) \text{ EB,}$$

waarin EB de energie-aanzet weergeeft.

Basale, routine en maximale stofwisseling

Wordt de stofwisseling gekwantificeerd in warmteproductie per tijdseenheid, dan kan worden gesteld, dat deze bij vastende warmbloedige dieren onder standaardomstandigheden (rust) 70 kcal/kg^{0,75}/dag bedraagt.

Wordt de stofwisseling gekwantificeerd in zuurstofverbruik per tijdseenheid, dan kan bij vastende vissen onder standaardomstandigheden eveneens de formule

$T = \alpha G^\gamma$ worden toegepast. In de literatuur betreffende de stofwisseling bij vissen wordt T veelal uitgedrukt in ml zuurstofverbruik per vis per uur, terwijl het gewicht (G) wordt uitgedrukt in grammen.

In een uitgebreid literatuuroverzicht komt Winberg (1956) tot de conclusie, dat de waarde γ — gewichtsexponent genoemd — bij vissen gemiddeld 0,8 bedraagt. De waarde van α bij 20° C bedraagt volgens deze auteur voor vastende, niet in hun bewegingen belemmerde, vissen uit de gematigde zone 0,3. Het zuurstofverbruik (T) in ml per dier per uur bedraagt bij 20° C derhalve $T = 0,3 G^{0,8}$ (G in grammen) ofwel $75 G^{0,8}$ (G in kg). (Bij warmbloedige dieren bedraagt dit $620 G^{0,75}$, waarin G in kg).¹

De stofwisseling onder deze omstandigheden wordt door Winberg in navolging van Job (1955) de routine stofwisseling ("routine metabolism") genoemd. Job toonde aan dat de routine stofwisseling hoger ligt, dan de basale stofwisseling, welke wordt gemeten bij inactieve dieren, en bij *Salvelinus fontinalis* ongeveer 50% van de maximale stofwisseling (maximaal zuurstofverbruik per tijdseenheid) bedroeg.

Bij vissen uit de tropische zone is de routine stofwisseling lager dan bij die uit de gematigde zone (Schollander en medew., 1953; Rao en Bullock, 1954; Winberg, 1961; Edwards en medew., 1971). Zo werd bij een tweetal tropische platvissen bij 28° C de volgende relatie gevonden tussen zuurstofverbruik (T in ml/uur) en levend gewicht (G in g); $T = 0,34 G^\gamma$. Bij vissen uit de arctische en antarctische gebieden daarentegen wordt een wat hogere routine stofwisseling gevonden; bij 15° C $T = 0,3 G^\gamma$ (Brett, 1972).

Factoren, die de stofwisseling beïnvloeden

Op grond van de publikaties van Barlow (1961), Beamish (1964) en Zeissberger (1961) omtrent de beïnvloeding van de stofwisseling door de fysiologische toestand der vissen in de verschillende seizoenen kan worden geconcludeerd, dat van een beïnvloeding van de waarde van de gewichtsexponent (γ) vrijwel geen sprake is. De waarde van de gewichtsexponent wordt tevens vrijwel niet beïnvloed door de mate waarin arbeid wordt verricht door de vis, noch door de temperatuur (Job, 1955), noch door de mate waarin voeder wordt verteerd (Paloheimo en Dickie, 1966⁸). Het werk van Graham (1949), Job (1955), Beamish (1964) en Beamish en Mookherjee (1964), alsmede de russische literatuur, samengevat door Winberg (1956) laat er geen twijfel over bestaan, dat onafhankelijk van een scala

1. Het zuurstofverbruik van een vis met een levend gewicht van 100 g bedraagt bij 20° C volgens de formule $T = 0,3 G^{0,8}$: 11,94 ml/uur en volgens de formule $T = 0,3 G^{0,75}$: 9,49 ml/uur.

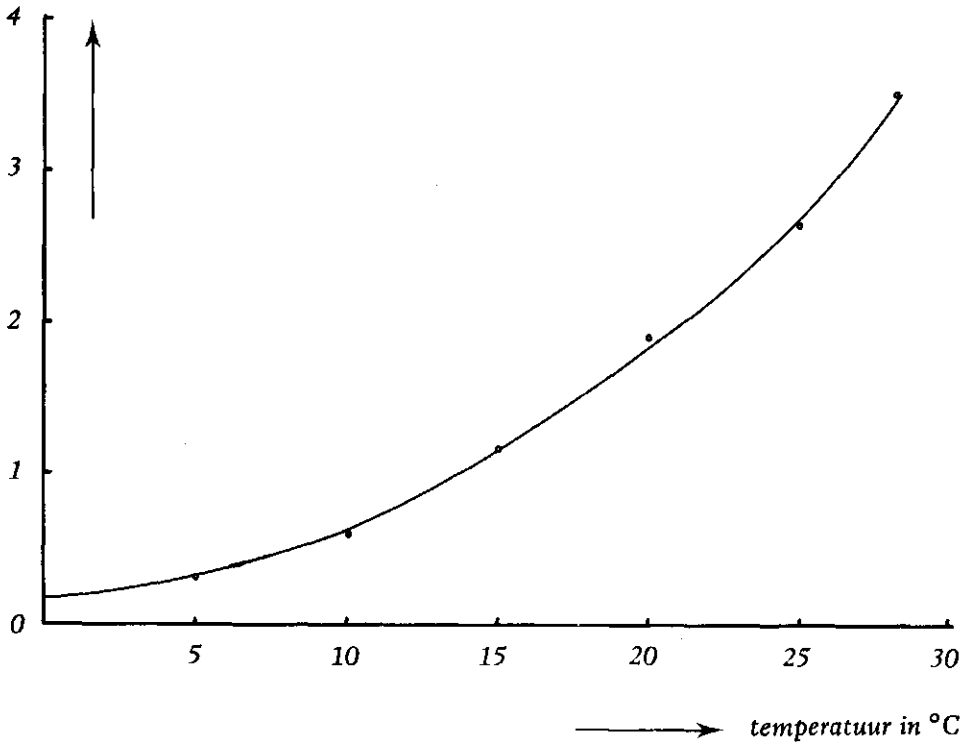
van omstandigheden een gemiddelde waarde van 0,8 voor de exponent γ de relatie tussen levend gewicht en zuurstofverbruik juist weergeeft. Bij vissen wijkt deze waarde dus vrijwel of in het geheel niet af van die, welke algemeen als juist wordt beschouwd voor warmbloedige dieren (Kleiber, 1947).

In tegenstelling tot de waarde γ , wordt de α -waarde wel en in sterke mate beïnvloed door diverse factoren. De mate waarin arbeid wordt verricht heeft grote invloed op het metabolismeniveau (de α -waarde). De temperatuur is eveneens van grote invloed, zoals reeds in 1914 bleek uit het werk van Ege en Krogh, die de invloed van de temperatuur op het stofwisselingsniveau van de goudvis kwantitatief weergaven in hun z.g. normaalcurve. Latere publikaties van diverse auteurs tonen aan, dat deze normaalcurve (fig. XII) de relatie tussen zuurstofverbruik en temperatuur juist weergeeft (Gardner, 1926; Wells, 1935; Haugaard en Irving, 1943; Paloheimo en Dickie, 1965; Brett en Glass, 1973).

Winberg benadrukt in zijn publikatie (1956), dat deze relatie niet in een gemakkelijk te hanteren formule is weer te geven, en heeft deze relatie voor diverse temperatuurtrajecten benaderd met de in de tabel XVII vermelde Q_{10} -waarden, welke de factor weergeven waarmee de stofwisseling wordt versneld bij een temperatuursverhoging van 10° C.

Fig. XII. De „normaalcurve” naar Ege en Krogh (1914).

zuurstofverbruik
in ml/kg/min.



Tabel XVII. Q_{10} -waarden in afhankelijkheid van de temperatuurtrajecten (naar Winberg, 1956).

Temperatuurtraject	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30° C
Q_{10} -waarden	10,9	3,5	2,9	2,5	2,3	2,2

Met behulp van de normaalcurve kunnen resultaten verkregen bij verschillende temperaturen ter onderlinge vergelijking tot waarden behorende bij een standaardtemperatuur worden omgerekend (tabel XVIII).

Tabel XVIII. Factoren (q), ter omrekening van het zuurstofverbruik naar 20° C, gebaseerd op de normaalcurve (naar Winberg, 1956).

Temp. in ° C	q	Temp. in ° C	q
5	5,19	18	1,20
6	4,55	19	1,09
7	3,98	20	1,00
8	3,48	21	0,920
9	3,05	22	0,847
10	2,67	23	0,779
11	2,40	24	0,717
12	2,16	25	0,659
13	1,94	26	0,609
14	1,74	27	0,563
15	1,57	28	0,520
16	1,43	29	0,481
17	1,31	30	0,444

Behalve door de temperatuur, wordt het stofwisselingsniveau eveneens beïnvloed door de activiteit, welke het dier ontplooit. Het is dan ook duidelijk, dat ook de grootte van de voeding van invloed kan zijn op de waarde.

De "scope for activity"

Fry (1947) noemde het verschil tussen de maximale en de basale stofwisseling "scope for activity". Job (1955) toonde bij *Salvelinus fontinalis* aan dat de "scope for activity" groter werd naarmate de temperatuur steeg, hoewel deze tendens afnam bij stijgend diergewicht. Dickson en Kramer (1971) toonden dit eveneens aan bij de regenboogforel (*Salmo gairdneri*). De "scope for activity" begrenst als het ware de activiteitsmogelijkheden van de vissen, onverschillig of deze activiteit bestaat uit vluchten, fourageren of verwerking van opgenomen voedsel (Beamish en Dickie, 1967).

De stofwisseling en derhalve de factor α is eveneens afhankelijk van het zuurstofgehalte van het water, waarin de vis zich bevindt. Wanneer het zuurstofgehalte beneden een bepaalde kritische waarde zinkt, vermindert het zuurstofverbruik der vissen proportioneel met de verlaging van het zuurstofgehalte (Graham, 1949). Deze kritische waarde is echter niet gefixeerd, maar is afhankelijk van het activiteitsniveau van de vis. Naarmate dit hoger ligt, zal deze kritische waarde bij een hoger zuurstofgehalte in het water optreden (Winberg, 1956; Job, 1955; Graham, 1949).

De "scope for activity" is dus niet alleen afhankelijk van temperatuur, maar zal binnen bepaalde grenzen eveneens worden bepaald door het zuurstofgehalte van

het water, waarin de vis zich bevindt. Dit laatste is met name voor de visteelt van belang, daar dit betekent, dat voeding niet alleen in afhankelijkheid van visgrootte en temperatuur, maar tevens in afhankelijkheid van het heersende zuurstofgehalte moet plaatsvinden.

Het is dus zaak in de visteelt het voedsel dusdanig te verstrekken, dat de totale som van de energie, benodigd voor de processen, beginnend met voederopname en eindigend met de assimilatie van het voeder, de "scope for activity" niet overtreft. Dit geldt met name wanneer visteelt in doorstroomde eenheden wordt bedreven, daar hierbij alle voeder van buiten het kweekstelsel wordt aangevoerd en bovendien voor een belangrijk deel de kostprijs van het produkt bepaald.

Kennis en bestudering van de stofwisseling bij vissen is dan ook niet alleen vanuit vergelijkend fysiologisch oogpunt van belang maar kan ook voor de praktische visteelt van veel nut zijn.

Vanuit deze overtuiging zijn een aantal aspecten van de stofwisseling bestudeerd met betrekking tot activiteitsniveaus, welke karakteristiek zijn voor de omstandigheden, waarin de vis zich tijdens diverse stadia van het kweekproces bevindt. Deze aspecten van de stofwisseling zijn bestudeerd door middel van metingen van het zuurstofverbruik. Deze metingen zijn bij alle experimenten, weergegeven onder V: 1, uitgevoerd op de wijze beschreven onder II: 6. Hieronder zullen eerst de resultaten worden vermeld, gevolgd door een bespreking daarvan.

V: 2: 1. Resultaten van de zuurstofmetingen bij vastende en groeiende karpers

V: 2: 1: a. Relatie tussen het gewicht en het zuurstofverbruik bij vastende karpers

In tabel XIX is het gemeten zuurstofverbruik van karpers 24 uur na de laatste voeding bij 17° C en 23° C weergegeven. Deze waarden werden bepaald tijdens de proeven, vermeld onder V: 1: 1: a, b, c; V: 1: 2 en V: 1: 3. Tevens wordt in deze tabel het zuurstofverbruik per kg^{0,8} per uur vermeld. Voor de gewichtsexponent werd een waarde van 0,8 gekozen op grond van de grafisch weergegeven resultaten in fig. XIII. Bij 17° C werd eveneens een gewichtsexponent van 0,8 aangenomen.

Tabel XIX. Zuurstofverbruik van vastende karpers bij 17° C (A) en 23° C (B).

A. bij 17° C.

gewicht g	zuurstofverbruik	
	ml/uur	ml/kg ^{0,8} /uur
29	2,8	30,9
30	3,8	39,6
31	3,8	38,6
32	3,2	31,8
32	3,9	38,8
35	3,7	34,9
38	4,1	35,0
38	4,1	35,0
40	4,1	33,9
42	4,5	35,9
44	5,2	40,0
44	5,5	42,3
48	6,3	45,0
50	6,6	45,8
gemiddeld		37,7

B. bij 23° C.

gewicht g	zuurstofverbruik	
	ml/uur	ml/kg ^{0,8} /uur
1,7	0,6	62,2
2,5	0,8	96,5
3,8	1,0	87,0
5,3	1,3	86,1
7,5	2,0	100,0
10,5	2,7	65,2
13,7	3,0	58,6
40	8,0	66,1
42	8,1	64,3
50	9,5	66,0
51	9,4	63,9
63	11,1	63,8
64	10,9	61,9
77	15,4	75,5
77	15,1	74,0
128	18,3	94,8
148	21,8	95,6
155	20,2	87,8
177	24,1	96,4
185	24,1	93,1
207	30,2	106,3
226	30,1	99,0
239	34,7	109,1
252	34,1	102,7
270	39,1	111,4
294	38,1	101,3
313	42,4	107,3
339	41,5	98,6
357	42,5	96,8
393	48,2	97,2
410	50,4	102,9
455	51,2	96,1
466	54,4	100,2
521	60,2	101,3
528	60,8	101,3
598	65,3	98,5
680	71,4	97,1
765	80,8	100,1
864	90,1	101,2
957	93,6	97,0

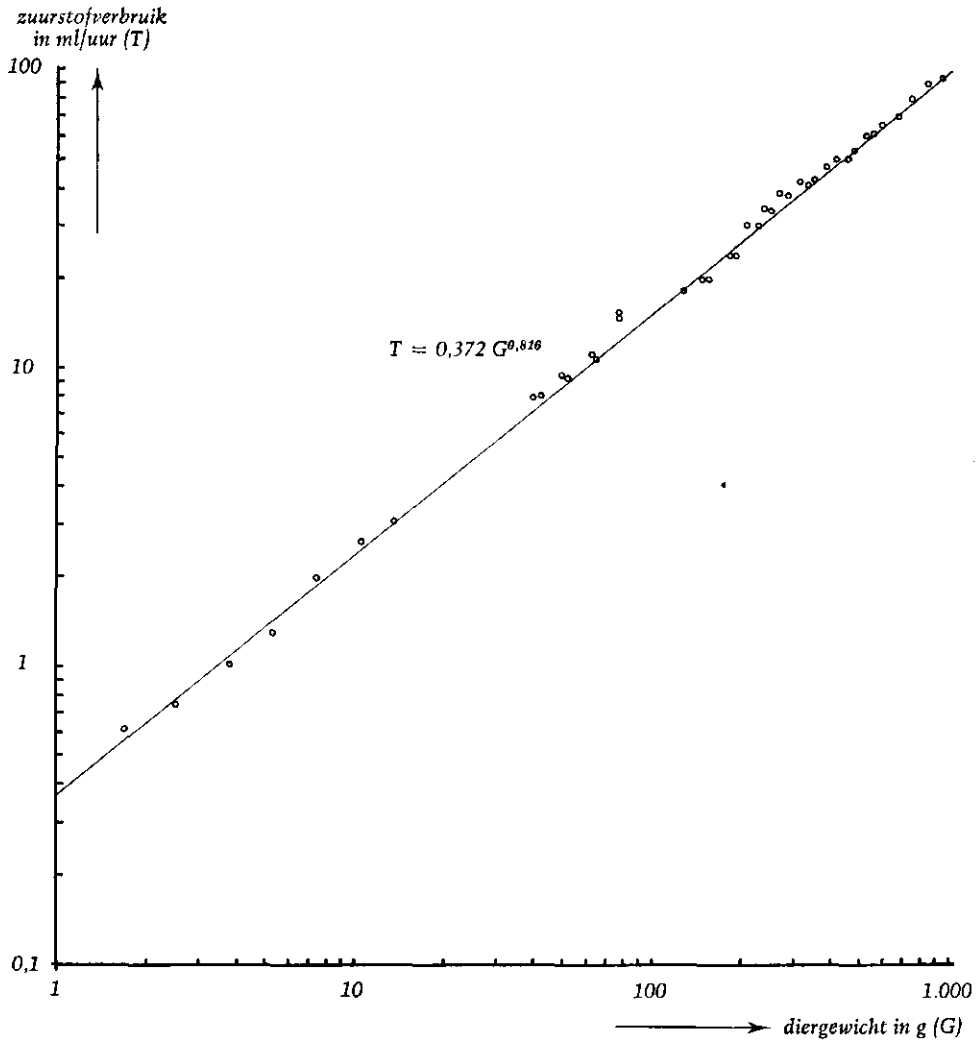
V: 2: 1. b. Relatie tussen het zuurstofverbruik van de karper en de voedergift bij 17° C en 23° C

In de tabellen XX, XXI, XXII en XXIII is het zuurstofverbruik van karpers van diverse gewichten tijdens voeding vermeld. Deze waarden zijn ontleend aan de proeven, beschreven onder V: 1: 1: a, b, c; V: 1: 2 en V: 1: 3.

Zoals in de inleiding werd gesteld, bedraagt de warmteproductie bij groeiende vissen $T = \alpha G^{\gamma} + (1,0 \text{ à } 0,33) \text{ BE}$. Evenzo is de zuurstofconsumptie bij groeiende dieren samengesteld uit de consumptie tengevolge van de onderhoudsstofwisseling en die van de produktiestofwisseling.

Vooruitlopend op hetgeen in de paragraaf V: 3 zal worden behandeld, mag worden opgemerkt, dat de warmteproductie bij 23° C bij karpers, die op onderhoudsniveau worden gevoerd, 110,4 kcal/kg^{0,8}/week bedraagt. Omgerekend op zuurstofconsumptie betekent dit een consumptie van 139,8 ml O₂/kg^{0,8}/uur.

Fig. XIII. Relatie tussen zuurstofverbruik en diergewicht bij de vastende karper bij 23° C ($r = 0,999$).



Gecorrigeerd naar 17° C zal de zuurstofconsumptie bij onderhoud 83,1 ml O₂/kg^{0,8}/uur bedragen (tabel XVIII). De extra zuurstofconsumptie tengevolge van de produktiestofwisseling kan derhalve in afhankelijkheid van diverse voedergiften worden berekend. Uitgaande van het feit, dat de gewichtsexponent bij vastende en groeiende vissen vrijwel hetzelfde is (Paloheimo en Dickie, 1966^a; Figuur XIII en XVI van dit proefschrift) werd bij alle voederniveaus de zuurstofconsumptie berekend per kg^{0,8}. Een en ander is in fig. XIV weergegeven voor karpers met een gewicht van 29 tot 88 gram (ontleend aan tabel XX en XXII).

Tabel XXII. Relatie tussen zuurstofverbruik en voeding bij 23° C bij karpers met een gewicht van 31 tot 88 gram.

voeding (% lichaams- gewicht/dag)	gewicht g	ml/uur	zuurstofverbruik ml/kg ^{0,8} /uur
10	40	14,3	187,7
10	40	16,2	212,6
10	47	16,7	192,8
10	49	18,1	202,0
10	57	18,9	187,1
10	61	20,4	190,7
9	39	14,6	195,7
9	48	12,8	145,3
9	50	20,1	220,9
9	59	18,5	177,9
9	67	25,9	225,2
9	70	21,6	181,5
9	81	24,0	179,1
9	88	30,3	211,9
7 1/2	71	27,2	225,7
7 1/2	77	27,7	214,7
7	45	13,0	155,3
7	46	18,6	218,3
7	68	18,9	162,9
7	82	23,7	175,6
5	37	14,4	201,1
5	37	13,3	185,8
5	42	12,7	160,4
5	46	16,2	190,1
5	46	16,8	197,2
5	51	17,9	193,5
5	56	21,4	214,6
5	58	20,4	198,1
5	64	18,2	164,0
5	67	23,3	202,6
5	72	23,9	195,9
5	77	22,2	172,1
3	32	6,4	100,5
3	35	9,9	144,7
3	36	9,8	140,0
3	36	9,6	137,1
3	39	11,2	150,1
3	41	12,0	154,4
3	42	10,7	135,1
3	44	13,0	158,2
3	46	13,1	153,8
3	48	13,7	155,5
3	48	14,0	158,9
3	50	14,1	154,9
3	54	17,0	175,6
3	55	16,4	167,0
3	63	17,7	160,9
3	72	18,0	147,5
1	42	8,9	112,4
1	44	10,4	126,5
1	46	12,4	145,5
1	47	12,7	146,7
0	zie tabel XIX		

Tabel XXIII. Relatie tussen zuurstofverbruik en voedergift bij 23° C bij karpers met een met een gewicht van 123 tot 924 gram.

Voedergift (% lichaams- gewicht/dag)	gewicht g	zuurstofverbruik	
		ml/uur	ml/kg ^{0,8} /uur
5	123	32,4	173,3
5	140	41,5	200,5
5	146	37,6	175,2
5	167	46,0	192,5
5	175	40,7	164,1
5	197	54,2	198,8
5	210	46,8	163,1
5	234	54,9	175,4
4	246	50,6	155,4
4	269	58,4	166,9
4	280	60,6	166,5
4	289	69,6	183,2
4	325	70,9	174,2
4	342	81,2	191,5
4	376	90,5	198,0
4	393	92,0	194,1
4	432	96,6	189,0
4	446	111,0	211,8
4	499	104,5	182,4
4	506	117,4	202,4
4	576	125,1	194,6
4	661	141,0	196,4
4	744	151,0	191,4
4	830	160,9	186,7
4	924	171,3	182,4
0	zie tabel XIX		

V: 2: 1: c. Relatie tussen zuurstofgehalte van het kweekwater en de voederconversie bij 23° C

Proefopzet

Zoals in de inleiding werd gesteld, bepaalt de "scope for activity" de grenzen, waarbinnen de vis zijn activiteiten kan ontplooiën. Het is duidelijk, dat wanneer het zuurstofgehalte van het kweekwater laag is, of wanneer in een doorstroomstelsel in verhouding tot het visbestand of het voederniveau te weinig zuurstofaanvoer wordt gegeven, minder activiteit mogelijk is en/of een optimale verwerking van het aangeboden voeder niet meer plaatsvindt.

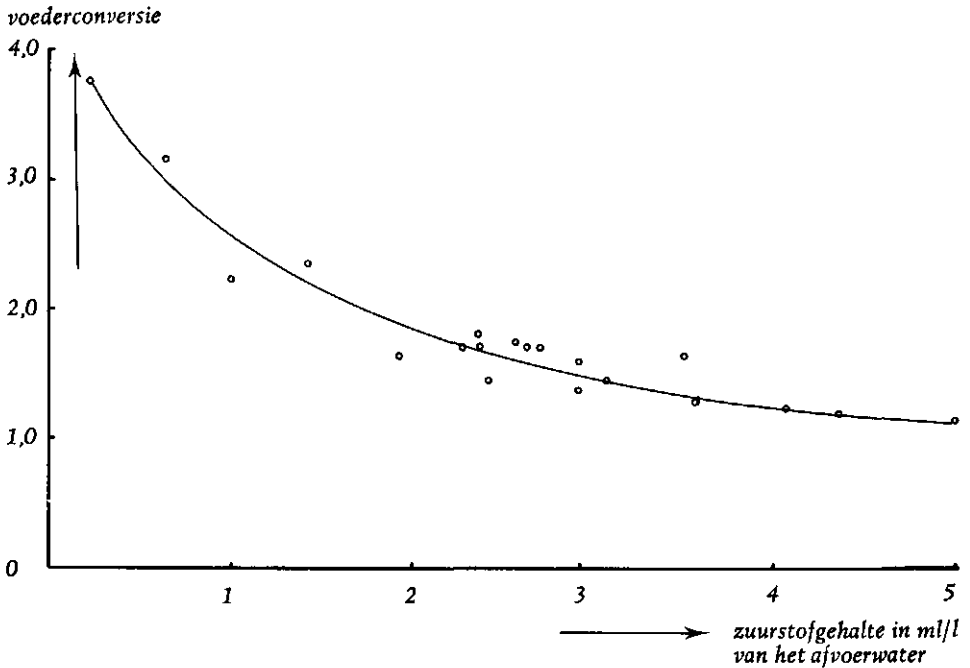
Teneinde bij een optimale voeding deze kritische zuurstofconcentratie te bepalen werd het volgende experiment uitgevoerd. Vijf bekkens werden bezet met vissen van gemiddeld 35 gram levend gewicht. De vissen werden 5% van het lichaamsgewicht per dag gevoerd, verdeeld over 9 gelijke porties. De temperatuur bedroeg 23° C. De doorstroming in de bekkens werd iedere week gevarieerd. Gedurende een wekelijkse periode, waarin de doorstroming constant werd gehouden, werd het zuurstofgehalte van het afvoerwater op twee dagen per week bepaald, direct na de laatste voeding.¹ Tevens werd de voederconversie gedurende die week bepaald. De toegepaste doorstromingen varieerden van 6 l/min. tot 0,7 l/min. per kg in het bekken aanwezige vis.

1. Het zuurstofverbruik werd bij deze proef niet gemeten.

Resultaten

De resultaten, weergegeven in fig. XV, tonen aan, dat de voederconversie duidelijk gecorreleerd is met het zuurstofgehalte, dat in het afvoerwater werd gevonden.

Fig. XV. Relatie tussen voederconversie en zuurstofgehalte van het afvoerwater.



V: 2: 2. Bespreking der resultaten

Zuurstofverbruik bij vastende karpers

Het zuurstofverbruik van vastende karpers werd steeds minimaal 24 uur na de laatste voeding bepaald. Bij sectie op een tiental exemplaren van ca. 50 gram, die 5% van het lichaamsgewicht voeder per dag ontvingen werd 24 uur na de laatste voeding een leeg darmkanaal aangetroffen, hetgeen op grond van literatuurgegevens betreffende een aantal andere vissoorten was te verwachten (Windell en Norris, 1969; Brett en Higgs, 1970; Edwards, 1971).

Bij een op een later tijdstip uitgevoerde sectie op een vijftal vissen van ca. 600 gram, die 4% van het lichaamsgewicht per dag werden gevoerd, waren 24 uur na de laatste voeding nog enige voederresten in het darmkanaal aantoonbaar. Dit komt overeen met het hoger zuurstofverbruik van de zwaardere vissen, zoals dit is vermeld in tabel XIX.

Het lijkt op grond van bovenstaande wel gerechtvaardigd aan te nemen, dat de zuurstofconsumptie voor vissen van 40-77 gram, vermeld in tabel XIX, overeenkomt met de zuurstofconsumptie tijdens dat stofwisselingsniveau, dat door Job (1955) het routine metabolisme wordt genoemd, hetgeen hij 12-36 uur na de laatste voeding bepaalde. Winberg (1956) toonde aan, dat het niveau van de stofwisseling (α -waarde) bij 20° C onder deze omstandigheden bij de karper 0,34 bedroeg (0,34 G^{0.6}).

De door hem gevonden gewichtscoefficiënt van 0,8 was gelijk aan die, welke door ons werd afgeleid (0,816 in fig. XIII).

Door omrekening van de resultaten, vermeld in tabel XIX werd bij 23° C een gemiddelde α -waarde van $0,40 \pm 0,05$ verkregen, wanneer een gewichtsexponent van 0,8 werd aangenomen. Na correctie naar 20° C (tabel XVIII) geeft dit een waarde van 0,32, hetgeen vrijwel overeenstemt met die, vermeld door Winberg. Bij 17° C werd een α -waarde van $0,24 \pm 0,03$ gevonden. Deze α -waarde zou gecorrigeerd naar 20° en 23° C respectievelijk 0,31 en 0,40 bedragen.

Hieruit blijkt, dat de temperatuurcorrectiefactoren, zoals die door Winberg (1956) werden bepaald aan de hand van de zg. normaalcurve van Ege en Krogh (1914) met succes kunnen worden toegepast en tevens blijkt, dat de gevonden α -waarde bij vastende karpers overeenkomen met die waarden, welke door een aantal reeds genoemde auteurs representatief worden geacht voor de routine-stofwisseling.

Zuurstofverbruik bij groeiende karpers

Uit figuur XIV blijkt, dat de extra zuurstofconsumptie veroorzaakt door de produktie stofwisseling gecorreleerd is met de grootte van de voeding. Voorts blijkt, dat bij karpers van deze grootte bij 23° C een voeding boven 5% van het lichaamsgewicht per dag nauwelijks aanleiding geeft tot verhoging van de zuurstofconsumptie als gevolg van de produktie stofwisseling. Bij 17° C lijken de verzamelde gegevens er op te duiden, dat bij een voeding boven ca. 3½% van het lichaamsgewicht per dag geen verhoging van het zuurstofverbruik meer plaatsvindt.

Zowel bij 17° C als bij 23° C blijkt de maximale zuurstofconsumptie tijdens de produktie stofwisseling ongeveer 3 x zo hoog te zijn als tijdens de routine stofwisseling. Deze maximale zuurstofconsumptie treedt op bij die voeding, welke in de vorige paragraaf als "voor visteelt optimale voeding" werd gedefinieerd.

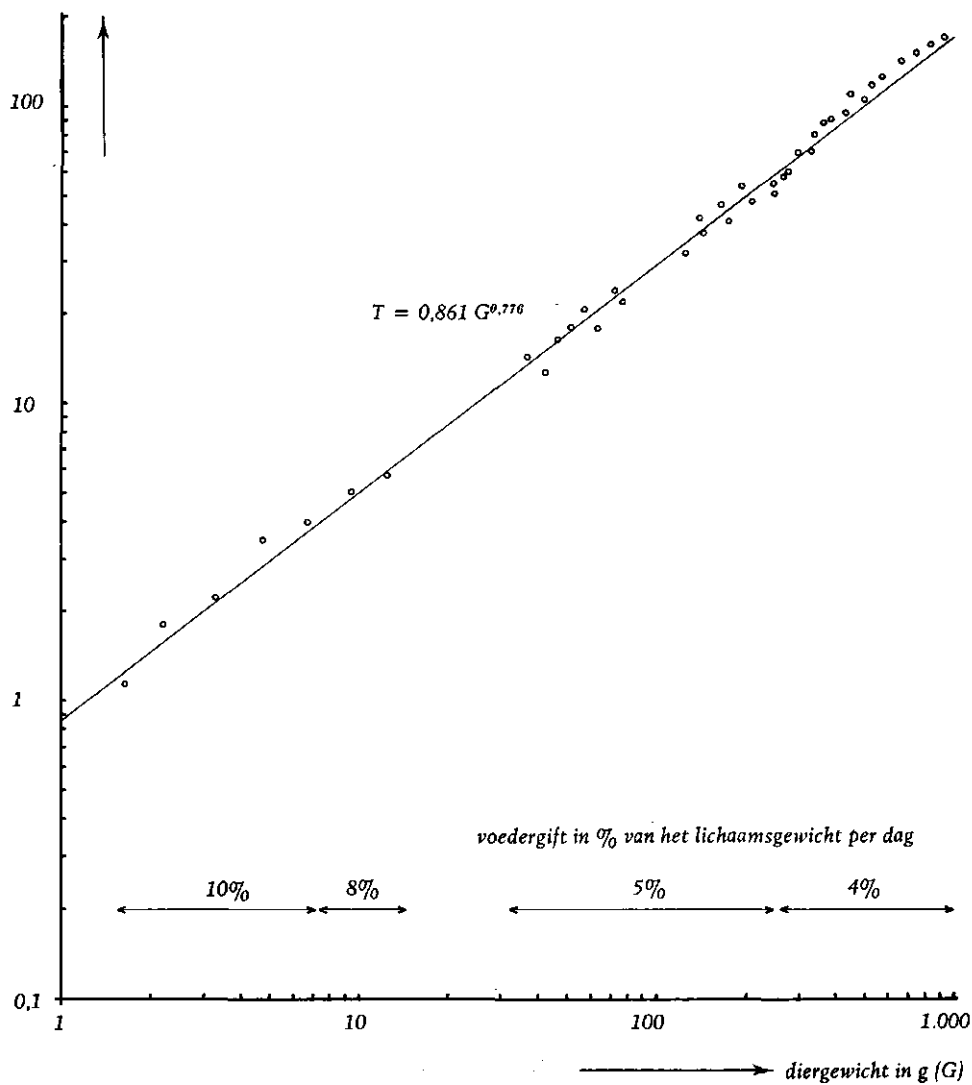
Zuurstofverbruik bij een voor visteelt optimale voeding

In de paragraaf V: 1 werd afgeleid welke voederniveaus optimaal waren voor de karperteelt in doorstroombekkens voor diverse trajecten van levend gewicht. In figuur XVI werden de logaritmen van het zuurstofverbruik, gemeten in de proeven vermeld in de tabellen XXI, XXII en XXIII bij optimale voederniveaus, uitgezet tegen de logaritmen van het levend gewicht. De ontstane curve blijkt te voldoen aan de formule pG^q , waarbij de waarde van q eveneens op 0,8 mag worden gesteld. Op grond van deze resultaten mag worden gesteld, dat niet alleen de zuurstofconsumptie bij vasten of bij onderhoud maar tevens de zuurstofconsumptie als gevolg van de produktie stofwisseling bij optimale voederniveaus gecorreleerd is met de macht 0,8 van het gewicht.

Deze vergelijking is nuttig voor de voorspelling van het zuurstofgebruik bij voor visteelt optimale voederniveaus. Eveneens is het van interesse te weten hoeveel zuurstof karpers van diverse gewichten consumeren per kg aangeboden voeder in afhankelijkheid van voederniveau en temperatuur. In onderstaande tabel XXIV zijn de resultaten van deze berekeningen weergegeven.

Fig. XVI. Relatie tussen zuurstofverbruik en diergewicht bij gevoerde karper bij 23° C ($r = 0,998$).

zuurstofverbruik
in ml/uur (T)



Tabel XXIV. Hoeveelheid door de karper geconsumeerde zuurstof per kg voeder in afhankelijkheid van lichaamsgewicht, voedergift en temperatuur.

gewicht in g	voedergift in % v. h. lich.gew. per dag	temp. °C	aantal waarnemingen	hoeveelheid zuurstof in l (± standaardafwijking)
1,8-6,8	20	23	4	81 ± 6
	10 ¹	23	5	168 ± 18
9,5-15,7	8 ¹	23	3	136 ± 8
31-88	10	23	6	86 ± 6
	9	23	8	91 ± 11
	7,5	23	2	119 ± 6
	7	23	4	102 ± 9
	5 ¹	23	11	161 ± 16
	3	23	12	223 ± 21
	1	23	4	593 ± 34
123-234	5	23	8	124 ± 11
246-924	4 ¹	23	17	132 ± 11
31-47	5	17	6	103 ± 16
	3,75	17	2	134 ± 3
	3 ¹	17	4	139 ± 11
	1	17	4	339 ± 23

1. Voor visteelt optimale voedergift.

Op grond van de in tabel XXIV vermelde resultaten kan het volgende worden geconcludeerd.

- 1e. Vergroting van de procentuele voedergift leidt tot verminderde zuurstofconsumptie per kg aangeboden voeder, daar de beschikbare energie in het voeder bij voedergiften kleiner of gelijk aan het onderhoudsniveau in zijn geheel in warmte wordt omgezet, terwijl bij voedergiften boven onderhoud een gedeelte van de beschikbare energie in aanzet wordt vastgelegd en de beschikbare energie derhalve voor een geringer percentage in warmte (zuurstofconsumptie) wordt omgezet. Bij zeer hoge voedergiften resorbeert het dier bovendien minder van het opgenomen voedsel.
- 2e. Bij een optimale voedergift (met ¹ aangeduid in tabel XXIV) blijkt de hoeveelheid geconsumeerde zuurstof per kg aangeboden voeder onafhankelijk van het gewicht van de karper en eveneens onafhankelijk van de temperatuur te zijn. Deze hoeveelheid bedraagt gemiddeld 147 liter zuurstof.

Op grond van deze resultaten kan voor een kweekeenheid met een gegeven waterdoorstroming de maximaal door karper te verwerken hoeveelheid voeder per dag worden uitgerekend met behulp van een eenvoudige formule aannemende dat men in afhankelijkheid van temperatuur en lichaamsgewicht van de vissen een optimale voedergift verstrekt.

Deze formule luidt dan als volgt:

$$(O_i - O_u) \cdot \frac{86,4}{147} \cdot D = \text{kg voeder per dag.}$$

hierin is: O_i = zuurstofgehalte van het aanvoerwater in ml/l

O_u = zuurstofgehalte van het afvoerwater in ml/l

86,4 = aantal m³ aanvoerwater per dag bij een doorstroming van 1 l per seconde

147 = zuurstofverbruik per kg voeder in l

D = waterdoorstroming in l/sec.

Op grond van de resultaten, vermeld in fig. XV, kan de waarde voor O_u bij de karpers op 2,1 ml/l zuurstof worden gesteld, daar zoals uit de vermelde gegevens blijkt de voederconversie bij zuurstofconcentraties beneden 2,1 ml/l snel ongunstig wordt. Deze invloed van het zuurstofgehalte op de voederconversie werd eveneens aangetoond door Chiba (1965), Albrecht (1970), Muir en Niimi (1972) en Andrews en medew. (1973).

De bovenstaande formule werd niet gecorrigeerd voor de reëratie van het water vanuit de lucht. Deze bedroeg in onze experimenten ten hoogste ca. 15%. Deze formule is derhalve van praktisch nut, met name voor die kweekbedrijven, waar water een beperkende factor is, doordat weinig water ter beschikking staat, ofwel een kostenverhogende waterbehandeling (verwarming, pompen, desinfectie e.d.) noodzakelijk is. Met behulp van deze formule kan de waterdoorstroming vrij nauwkeurig worden gedoseerd, zodat verspilling van water of van voeder kan worden voorkomen.

Willoughby (1968) geeft voor forellen een vrijwel gelijke formule, evenwel zonder details over de afleiding er van. Daar door hem een ander voeder werd gebruikt, mag worden verondersteld dat ook bij gebruik van andere voeders de hierboven afgeleide formule kan worden toegepast.

Samenvattend kan worden gesteld, dat het zuurstofverbruik bij vastende karpers overeenkomt met het zuurstofverbruik, dat door andere auteurs bij andere vissoorten werd gemeten en door hen zuurstofverbruik tijdens "routine metabolism" wordt genoemd.

Het zuurstofverbruik bij groeiende karpers was sterk gecorreleerd met de grootte van de voedergift bij voedergiften gelijk aan of kleiner dan de voor visteelt optimale voedergift. Bij hogere voedergiften bleek het zuurstofverbruik niet verder toe te nemen.

Tenslotte bleek het zuurstofverbruik bij voor visteelt optimale voedergiften per kg aangeboden voeder onafhankelijk van temperatuur en lichaamsgewicht van de vissen te zijn. Hierdoor kon een eenvoudige formule worden afgeleid ter kwantificering van de hoeveelheid voeder en derhalve eveneens van de hoeveelheid vis, welke bij een gegeven waterdoorstroming gevoederd respectievelijk gekweekt kan worden.

V: 3. Berekening van de onderhouds- en produktie-efficiëntie en van de beschikbare en netto energie van het bij de proeven gebruikte voeder in afhankelijkheid van de voedergift

V: 3: 1. Inleiding

Zoals onder V: 1 werd vermeld, kan de groei als een energieverrijkend proces worden beschouwd, waarbij de energieverrijking (ΔW , kcal per tijdseenheid) kan worden berekend met de formule van Winberg (1956) $\Delta W = pR - T$, uitgaande van de bruto energie van het voer (R , kcal per tijdseenheid : p , aandeel beschikbare energie) en de warmteproductie (T , kcal per tijdseenheid).

De energie-aanzet is op eenvoudige wijze te bepalen door van overeenkomstige groepen dieren bij aanvang en na verstrekking van bekende hoeveelheden voeder gewicht en verbrandingswaarde te bepalen. De warmteproductie kan worden afgeleid uit het zuurstofverbruik. Elke ml geconsumeerde zuurstof tijdens produktiestofwisseling mag worden gelijkgesteld met een warmteproductie van 4,9 cal, en tijdens vasten met een warmteproductie van 4,7 cal (Winberg, 1956; Paloheimo en Dickie, 1966^a; Kerr, 1971^a; dit proefschrift paragraaf V: 2).

De bruto energie van het aangeboden voeder kan eveneens calorimetrisch wor-

den bepaald. De parameter p in de formule geeft aan hoeveel beschikbare energie (BE) de bruto energie van het voeder bevat.

Voor de proef, beschreven in de paragraaf V: 1: 3 werden deze berekeningen uitgevoerd, uitgaande van de gegevens over gewicht en energiegehalte van voeder en vissen en die over het zuurstofverbruik.

V: 3: 2. Resultaten van de proef betreffende de energetische relatie tussen voedergift, aanzet en zuurstofverbruik

In tabel XXV zijn de resultaten van deze proef, welke onder V: 1: 3 reeds werd beschreven nog eens weergegeven. Aangezien in elk bekken 19 vissen aanwezig waren en de proef 4 weken duurde, werd de hoeveelheid voeder, de warmteproductie en de aanzet in kcal per dier per week omgerekend (tabel XXVI). De week werd voor deze berekening als eenheid gekozen en niet de dag, omdat slechts 6 dagen per week voeder werd verstrekt.

Tabel XXV. Proefresultaten.

bekken	voeder-gift (% lichaams-gew./dag)	energie in de vis (kcal)		energie in voer (kcal)	gemiddeld diergew.		zuurstof-verbruik l
		begin	na 4 weken		kg	kg ^{0,8}	
1	9	1.091	2.497	10.621	0,0648	0,1120	230,1
2	7	993	2.605	8.247	0,0642	0,1112	233,1
3	5	977	2.383	5.600	0,0612	0,1070	217,3
4	3	1.066	1.969	3.397	0,0591	0,1041	208,9
5	1	1.033	976	949	0,0446	0,0830	141,6
6	0	1.065	628	0	0,0391	0,0748	91,1

Tabel XXVI. Verstrekt voeder, warmteproductie en aanzet omgerekend in kcal per dier en per kg^{0,8} per week.

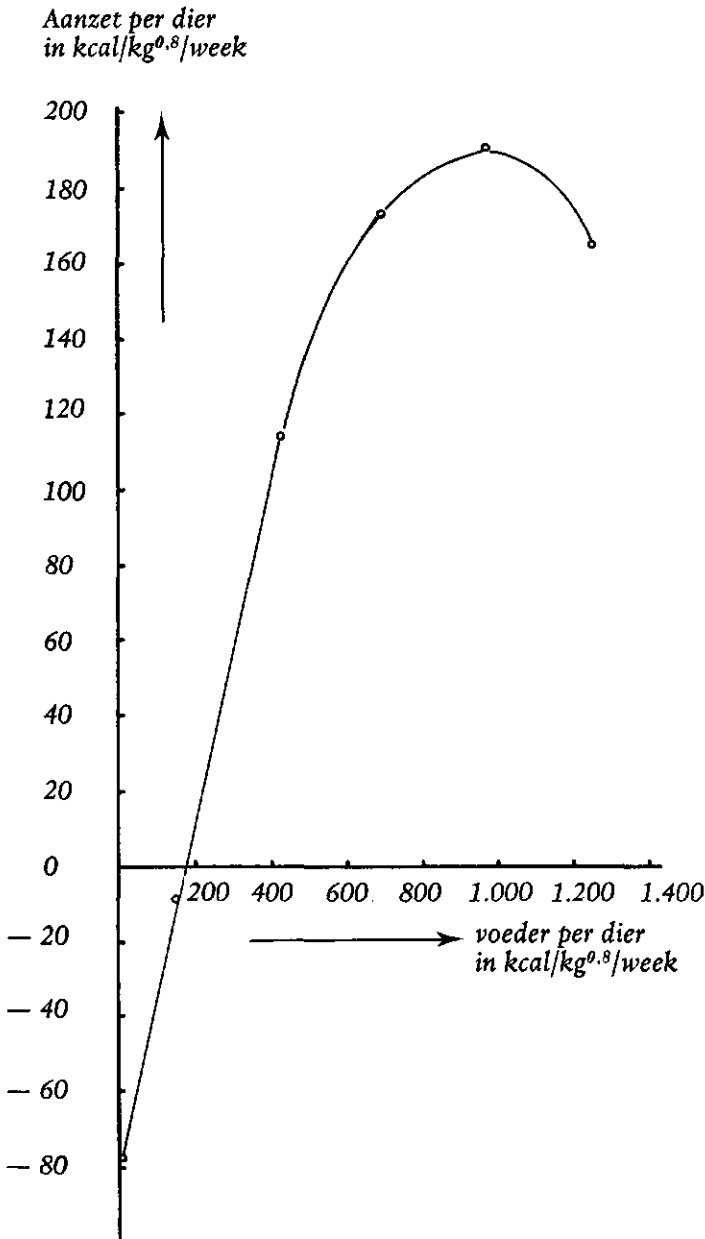
bekken	voeder in kcal per		warmteproductie ¹ in kcal per		aanzet in kcal per	
	dier/week	kg ^{0,8} /week	dier/week	kg ^{0,8} /week	dier/week	kg ^{0,8} /week
1	139,8	1.247,8	14,8	132,1	18,5	165,2
2	108,5	975,8	15,0	134,9	21,2	190,6
3	73,7	688,6	14,0	130,8	18,5	172,9
4	44,7	429,4	13,5	129,7	11,9	114,3
5	12,5	150,4	8,8	106,0	—0,8	—9,6
6	0	0	5,6	74,9	—5,8	—77,5

1. Afgeleid uit de meting van het zuurstofverbruik:
 bij productie stofwisseling $4,9 \times$ zuurstofverbruik (l) = warmteproductie (kcal); bij vastende en op of beneden onderhoudsniveau gevoerde vissen $4,7 \times$ zuurstofverbruik (l) = warmteproductie (kcal).

V: 3: 3. Bespreking van de resultaten

In fig. XVII is de relatie tussen het aangeboden voeder en de daarop verkregen aanzet per dier in kcal/kg^{0,8}/week weergegeven. De onderhoudsbehoefte (bij aanzet = 0) bedraagt 171,6 kcal bruto energie per kg^{0,8} per week (zie vervolg).

Fig. XVII. Relatie tussen aangeboden voeder en de daarop verkregen aanzet bij de karper bij 23° C.



Gedurende 4 weken vasten bedroeg de aanzet $-77,5$ kcal/kg^{0,8}/week (bekken 6), zodat de onderhoudsefficiëntie op basis van bruto energie $\frac{77,5}{171,6} \times 100\% = 45,2\%$ bedraagt.

Wanneer meer voeder wordt genuttigd dan voor onderhoud noodzakelijk is, kan

groei plaatsvinden. De efficiëntie waarmee dit plaats vindt wordt produktie-efficiëntie genoemd en op basis van bruto energie als volgt gedefinieerd:

$$\text{produktie-efficiëntie} = \frac{\text{aanzet (kcal)}}{\text{opgenomen voeder (kcal)} - \text{onderhoudsvoeder (kcal)}} \times 100\%$$

De produktie-efficiëntie op basis van bruto energie bij de voederniveaus 3, 5, 7 en 9% bedraagt respectievelijk 44,1, 33,3, 23,7 en 15,3%.

Het is niet uitgesloten, dat de onderhoudsbehoefte bij vastende dieren lager is dan bij dieren die op of boven het stofwisselingsevenwicht verkeren, doordat de dieren hun activiteit aanpassen aan de mate van voedselopname. Dit lijkt des te meer waarschijnlijk daar op het oog duidelijk kon worden waargenomen, dat de vastende dieren minder actief waren dan de dieren welke werden gevoerd. Verschillen in activiteiten tussen de vissen met verschillende voederniveaus waren ogenschijnlijk niet aanwezig. Dit betekent dat de berekende onderhouds-efficiëntie in werkelijkheid hoger zal zijn.

De beschikbare energie (BE) is de bruto energie van het voeder, verminderd met de energie van de uit dat voeder ontstane faeces en urine. Bij vissen zijn faeces en urine niet op eenvoudige wijze kwantitatief te verzamelen, zodat de BE in ons geval, niet uit dit verschil is berekend. De BE kan ook worden berekend uit energie van de verkregen aanzet, vermeerderd met de warmteproduktie, welke in ons geval werd afgeleid uit een aantal metingen van het zuurstofverbruik van de karpers, zoals dit in de vorige paragraaf werd gegeven. In de formule van Winberg ($\Delta W = pR-T$) geeft p aan over welk deel (% BE) het dier kan beschikken — de beschikbare energie — voor onderhoud en groei. Het dier kan immers van het voedsel alleen de beschikbare energie omzetten in aanzet en warmte.

Het % BE op of bij onderhoudsniveau kan als volgt worden benaderd.

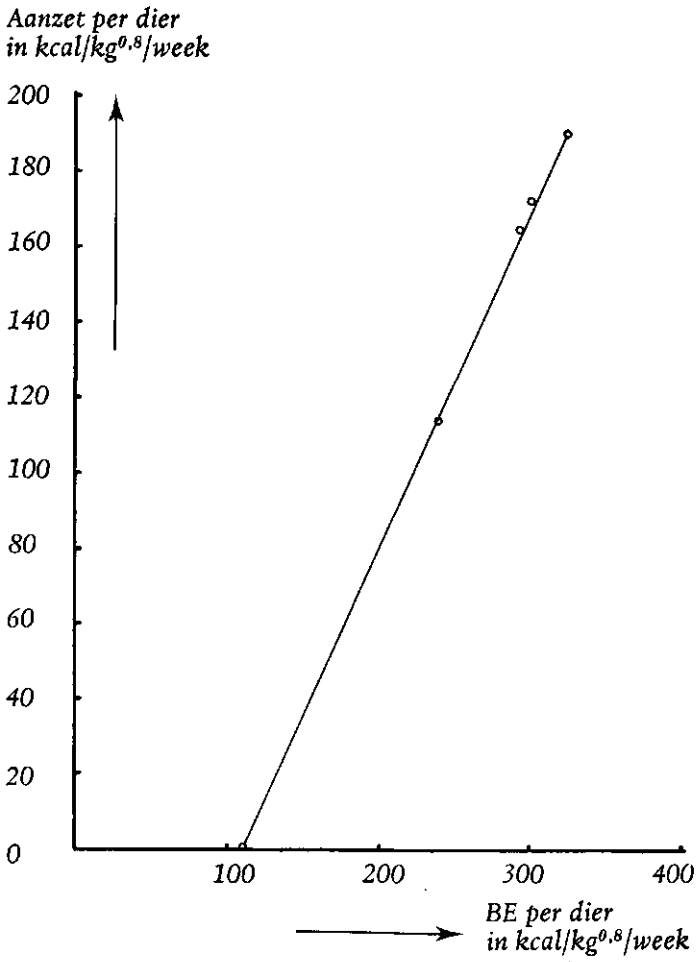
Bij 1% voeding was de aanzet —9,6 kcal/kg^{0,8}/week. Aangezien de onderhoudsefficiëntie 45,2% bedraagt, mag worden aangenomen, dat wanneer 21,2 kcal/kg^{0,8}/week meer was gevoerd de energie-aanzet nul zou zijn geweest. Met behulp van de zuurstofmeting werd bij de 1%-voeding een warmteproduktie van 106,0 kcal/kg^{0,8}/week gevonden, zodat er bij een extra voeding van 21,2 kcal/kg^{0,8}/week een extra warmteproduktie van ongeveer $\frac{21,2}{150,4} \times (106,0 - 74,9) = 4,4$ kcal/kg^{0,8}/week geweest zou zijn. De totale warmteproduktie op onderhoudsniveau kan dus worden geschat op 110,4 kcal/kg^{0,8}/week. Daar bij onderhoud bruto 171,6 kcal/kg^{0,8}/week moet worden gevoerd bedraagt het % BE bij onderhoud dus $\frac{110,4}{171,6} \times 100\% = 64,3\%$.

Bij vasten bedroeg de aanzet —77,5 kcal/kg^{0,8}/week, zodat de conversie van de BE bij onderhoud $\frac{77,5}{110,4} \times 100\% = 70,2\%$ bedraagt. Zoals reeds werd vermeld wordt dit percentage iets hoger indien de activiteit van de vastende dieren was verlaagd. Het % BE, berekend uit $\frac{\text{warmte} + \text{energie-aanzet}}{\text{voederenergie}} \times 100\%$, onder produktieomstandigheden bedraagt bij de voederniveaus 3, 5, 7 en 9% respectievelijk 56,8, 44,1, 33,4 en 23,8%.

De waarden voor het % BE bij laag voederniveau zijn van dezelfde grootte orde als die, welke worden gevonden bij een aantal eenmagige landbouwhuisdieren (Veevoedertabel van het Centraal Veevoederbureau in Nederland, 1973).

Op grond van de op het oog getrokken curves van fig. XVIII mag worden aangenomen, dat het verband tussen dagelijks voedergift en de produktie-efficiëntie

Fig. XIX. Relatie tussen de BE en de aanzet per dier in kcal/kg^{0.8}/week.



Tabel XXVII. Relatie tussen diergewicht, voederopname en aanzet bij *S. vitreum vitreum* (omgerekend naar tabel I van Kelso, 1972).

voedergift (% lichaams- gewicht/dag)	diergewicht		voeder in kcal per		aanzet in kcal per	
	kg	kg ^{0,8}	dier/week	kg ^{0,8} /week	dier/week	kg ^{0,8} /week
8,53 (2,06)	0,1624	0,2332	98,4	422,0	10,6	45,5
8,20 (1,98)	0,1707	0,2423	97,8	403,6	10,3	42,5
6,16 (1,48)	0,1465	0,2145	67,8	316,1	8,6	40,1
5,69 (1,37)	0,1533	0,2227	65,3	293,2	8,5	38,2
4,17 (1,00)	0,1463	0,2145	51,1	238,2	7,3	34,0
4,16 (1,00)	0,1369	0,2070	51,1	246,9	7,3	35,3
3,98 (0,96)	0,1618	0,2332	47,6	204,1	6,2	26,6
3,96 (0,95)	0,1668	0,2389	48,1	201,3	6,2	26,0
3,32 (0,80)	0,2001	0,2760	47,6	172,5	6,3	22,8
3,32 (0,80)	0,2050	0,2815	48,9	173,7	6,4	22,7
2,50 (0,60)	0,1601	0,2309	28,7	124,3	3,5	15,2
2,48 (0,60)	0,1629	0,2332	29,2	125,2	3,5	15,0

Tabel XXVIII. Relatie tussen voederniveau, beschikbare energie, warmteproductie en zuurstofverbruik¹ (omgerekend naar tabel I van Kelso, 1972).

voedergift (% lichaams- gewicht/dag)	BE in kcal per		warmteprod. in kcal per		zuurstofverbr. in ml	
	dier/week	kg ^{0,8} /week	dier/week	kg ^{0,8} /week	dier/uur	kg ^{0,8} /uur
8,53 (2,06)	94,7	406,1	84,1	360,6	102,2	438,3
8,20 (1,98)	94,2	388,8	83,9	346,3	101,9	420,6
6,16 (1,48)	65,3	304,4	56,7	264,3	68,9	321,2
5,69 (1,37)	62,9	282,4	54,4	244,3	66,1	296,8
4,17 (1,00)	49,2	229,4	41,9	195,3	50,9	237,3
4,16 (1,00)	49,2	237,7	41,9	202,4	50,9	245,9
3,98 (0,96)	45,9	196,8	39,7	170,3	48,2	206,7
3,96 (0,95)	46,1	193,0	39,9	167,0	48,5	203,0
3,32 (0,80)	45,9	166,3	39,6	143,5	48,1	174,3
3,32 (0,80)	47,1	167,3	40,7	144,6	49,4	175,5
2,50 (0,60)	27,7	120,0	24,2	104,8	29,4	127,3
2,48 (0,60)	28,1	120,5	24,6	105,5	29,9	128,2

1. Het zuurstofverbruik werd berekend op basis van warmteproductie (cal) : 4,9 = zuurstofverbruik (ml).

te klein aantal metingen werd berekend, of dat door de relatief geringe verschillen in het zuurstofgehalte van aan- en afvoerwater in de berekening van de warmteproductie een systematische fout kan zijn opgetreden. Het lijkt dan ook nuttig het % BE alsook de produktie-efficiëntie op basis van BE te berekenen bij een verhoging van de warmteproductie, vermeld in tabel XXVI, van 50%. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in tabel XXIX.

Tabel XXIX. % BE en de produktie-efficiëntie in afhankelijkheid van het voederniveau bij een verhoging van de warmteproductie, vermeld in tabel XXVI, met 50%.

voederniveau % v. h. lichaams- gewicht/dag	warmteproductie kcal/kg ^{0,8} /week	% BE	produktie- efficiëntie op BE-basis
9	198,2	29,1	83,5
7	202,4	40,3	83,8
5	196,2	53,6	85,0
3	194,6	71,9	79,7
1	159,0		
0	112,4		
onderhoud	165,5	97,4	

Uit tabel XXIX blijkt, dat bij verhoging van de warmteproductie weliswaar het % BE hoger wordt, doch dat de produktie-efficiëntie op BE-basis slechts weinig verandert.

Bovendien wordt het % BE kleiner, ook bij gewijzigde warmteproductie, naarmate de voedergift groter wordt. Het lijkt aannemelijk, dat dit laatste vooral moet worden gezocht in de achteruitgang van de benutting van de bruto energie, zoals uit fig. XVIII blijkt.

Bij Kelso's experimenten is evenals bij de experimenten van Warren en Davis (1967) geen sprake van achteruitgang van het % BE bij hogere voederniveaus.

De oorzaak van de hierboven vermelde discrepantie lijkt te moeten worden gezocht in de verschillende experimentele benadering. In het hier beschreven onderzoek bij de karper werd het % BE bepaald als

$$\frac{\text{warmteproductie (kcal)} + \text{aanzet (kcal)}}{\text{voederenergie (kcal)}} \times 100\%$$

terwijl door de reeds genoemde auteurs het % BE werd bepaald als

$$\frac{\text{voederenergie (kcal)} - \text{faeces (kcal)}}{\text{voederenergie (kcal)}} \times 100\%$$

Gelet op de bij dit onderzoek verkregen resultaten, de vergelijking ervan met gegevens betreffende eenmagige landbouwhuisdieren, de kritiek op het werk van Kelso (1972) en de resultaten van Ivlev (1939) betreffende de energie in opgeloste en onopgeloste uitscheidingsprodukten, mag worden gesteld, dat het aanbeveling verdient het % BE bij vissen te bepalen uit meting van de voederenergie, de energie-aanzet en de warmteproductie.

Hoofdstuk VI. Slotbeschouwing

In de inleiding werd gesteld, dat de karperteelt in Europa de laatste jaren een sterke intensivering ondergaat, enerzijds ten gevolge van de groeiende vraag naar karpers, anderzijds uit economische noodzaak. Het lijkt danook nuttig tot slot na te gaan hoe de bij dit onderzoek verkregen resultaten in een bedrijfsvoering van een viskwekerij kunnen worden toegepast.

Visteelt onder kunstmatige omstandigheden behoeft kwantitatieve informatie over groeisnelheid, voederbehoefte en -conversie en hun onderlinge verbanden alsmede de invloed van de temperatuur daarop. Voorts over zuurstofbehoefte en mate van vervuiling van het water door excrementen. Op al deze punten heeft het onderzoek informatie kunnen verstrekken, hetgeen slechts mogelijk bleek door de diverse factoren in hun onderling fysiologische verband te bestuderen.

Door de relatief kleine oppervlakten, nodig voor doorstroomsystemen, is opstelling daarvan in kleine ruimten mogelijk. In deze ruimten is het met behulp van de techniek — waterbehandeling, lichtregulatie e.d. — mogelijk om vissen onafhankelijk van seizoen en weersomstandigheden voort te laten planten, zoals in hoofdstuk III werd aangetoond. Ook het karperbroed kan onafhankelijk van deze factoren worden opgekweekt tot gewichten rond 1-5 gram. Uit hoofdstuk IV bleek, dat een karper met een dergelijk gewicht net zo geschikt is om als uitgangsmateriaal te worden gebruikt bij daarop volgende produktiestadia in kweekvijvers, als karpertjes, welke op de tot dusverre gebruikelijke methoden op visvijvers worden gekweekt.

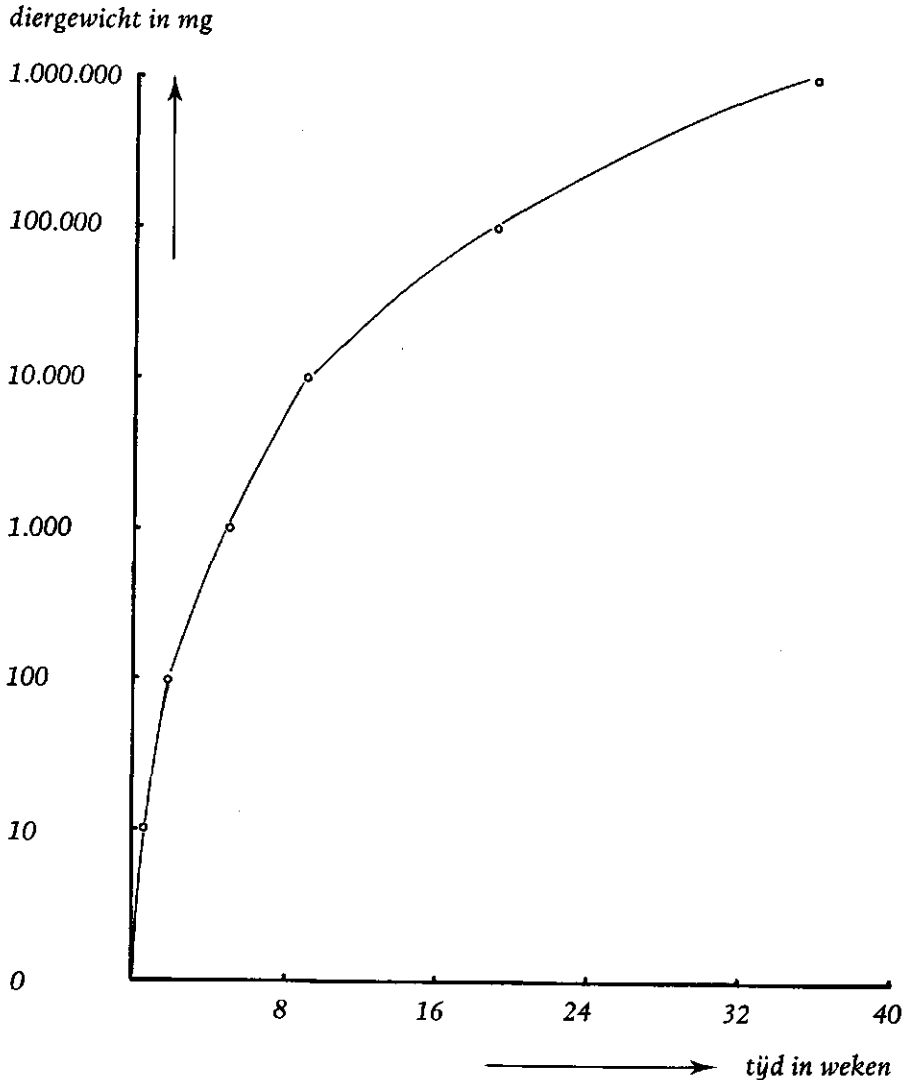
Op grond hiervan en van hetgeen in hoofdstuk V met betrekking tot de groei bij grotere karpers aan de orde is gesteld, kan worden geconcludeerd, dat het doel van de karperteelt — een karper met een levend gewicht van ca. 1 kg — in doorstroomsystemen kan worden bereikt met gebruikmaking van ander voedsel dan onder natuurlijke omstandigheden door de karper wordt geconsumeerd. In hoofdstuk V werd aangetoond, dat een dergelijke vorm van visteelt, welke in navolging van het gebruik in de buitenlandse literatuur kunstmatige visteelt ("künstliche Fischzucht"; "artificial fish culture") genoemd zou kunnen worden, sterk afhankelijk is van een aantal milieufactoren. Van deze factoren werden temperatuur en zuurstofgehalte van het water onderzocht, welke in hoge mate van invloed bleken te zijn zowel op de groeisnelheid als op de voederconversie.

Wanneer de resultaten van tabel IX en figuur VII worden samengevoegd blijkt de karper bij 23° C ongeveer 38 weken na de geboorte een gewicht van ca. 1 kg te kunnen bereiken. In deze periode vindt dus een vermillioenvoudiging van het gewicht plaats, zoals uit figuur XXI blijkt.

De kunstmatige visteelt biedt danook zeker perspectieven wanneer in aanmerking wordt genomen dat de groeisnelheid een sterk kosten bepalende factor is. Wel moet hierbij worden opgemerkt, dat in de kunstmatige visteelt andere kostenfactoren een belangrijke rol kunnen spelen. Zoals uit hoofdstuk V bleek, worden groeisnelheid en voederconversie sterk door de temperatuur beïnvloed. Met name bij een kunstmatige karperteelt, waarbij watertemperaturen van 23° C of hoger gewenst zijn, kunnen de verwarmingskosten aanzienlijk zijn.

Om deze redenen is het danook niet mogelijk het gehele produktieproces onder kunstmatige omstandigheden te laten verlopen. Men moet zich derhalve tot een aantal onderdelen van het produktieproces beperken, die wel op een financieel aantrekkelijke wijze ten uitvoer te brengen zijn. De kunstmatige visteelt beperkt zich daarom veelal tot dat gedeelte van de levenscyclus van de vis, dat onder

Fig. XXI. Groeicurve van de karper bij 23° C.



natuurlijke omstandigheden het meest kwetsbaar is. Dit heeft in de visteelt aanleiding gegeven tot het bouwen van zg. broedhuizen, waarin milieufactoren, zoals temperatuur, zuurstofgehalte van het water, licht e.d. worden geoptimaliseerd en gereguleerd. Dergelijke broedhuizen bouwt men vrijwel uitsluitend voor dure vissoorten zoals Salmoniden.

Interne berekeningen van de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij leiden tot de conclusie dat een gedeeltelijk kunstmatige karperteelt alleen dan financieel aantrekkelijk kan zijn, wanneer grote aantallen kleine karpertjes worden gekweekt. Hierbij moet dan bovendien nog de eis worden gesteld, dat het eindprodukt van een dergelijke teelt voor de vijverbedrijven beschikbaar moet zijn aan het begin van het groeiseizoen. Hierdoor kan, zoals in hoofdstuk IV reeds

werd uiteengezet, de totale produktieduur worden bekort, hetgeen een intensiever gebruik van de vijvers mogelijk maakt. Alleen door een juiste integratie van een kunstmatige teelt van karpertjes met een levend gewicht tot ca. 5 gram enerzijds, met een daarop aansluitende teelt onder meer natuurlijke omstandigheden in visvijvers anderzijds, zou een financieel acceptabel totaal resultaat kunnen worden verkregen.

Bij de huidige relatie tussen kost- en marktprijzen lijkt een kunstmatige teelt van grotere karpers (vanaf ca. 5 gram levend gewicht), waarbij ten behoeve van deze teelt water wordt verwarmd, niet realiseerbaar. Slechts wanneer gebruik gemaakt kan worden van verwarmd water, dat door industrieën of electriciteitscentrales is gebruikt als koelwater en wordt geloosd, kan afhankelijk van de kwaliteit van dit water, de situering e.d. kunstmatige teelt van grotere karpers aantrekkelijk zijn.

Zo werd door de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) in het koelwater-uitstroomkanaal van de "Flevocentrale" bij Lelystad een experimentele produktie-eenheid in gebruik genomen (N.V. PGEM, KEMA en OVV, 1973). Deze eenheid bestaat uit een aantal van drijvers voorziene netten die continu met verwarmd water worden doorstroomd. Daar de watertemperatuur gedurende de periode medio april - medio oktober in dit kanaal varieert van 20-28° C vindt een snelle groei van de in de netten uitgezette karper plaats. Bovendien kunnen met in acht neming van de resultaten, vermeld in hoofdstuk V, met betrekking tot de voeding in relatie tot het diergewicht, de voederfrequentie en het zuurstofverbruik in relatie tot temperatuur, diergewicht en voeding, gunstige voederconversies worden verkregen. In deze experimentele produktie-eenheid konden eindbezettingsdichtheden worden behaald van 156 kg karper per m³ netvolume, waarbij de reële produktie [afwissingsgewicht (kg) — bezettingsgewicht (kg)] gedurende 4 maanden 121 kg m³ netvolume bedroeg. Daar kosten voor verwarming van water hierbij geen rol behoeven te spelen kunnen eveneens grotere karpers worden gekweekt.

Het lijkt op grond van fig. XXI aannemelijk, dat wanneer medio april karpertjes van ca. 5 gram naar deze netten worden overgebracht, deze in de herfst een gewicht van ca. 1 kg zullen kunnen bereiken. Op deze wijze zou het eindprodukt van de karperteelt in een éénjarige omloop kunnen worden gerealiseerd. Wel wordt de voederconversie ongunstiger naarmate het levend gewicht van de karper toeneemt, zoals uit de figuren IV en X blijkt. Het is daarom dan ook aantrekkelijker de netten in één zomer-halfjaar 2 x te gebruiken, zodat medio juni een karper van ca. 100 gram en medio oktober een karper van ca. 200 gram ter beschikking van de vijverbedrijven zou kunnen komen. Aan het eind van de zomer van het daarop volgende jaar zouden beide produkten een gewicht van ca. 1 kg kunnen bereiken. Hiertoe is het noodzakelijk de voortplanting van de karper te induceren in januari en in april, hetgeen met behulp van verwarming van teeltdieren en injectie met hypofyse materiaal mogelijk is.

Samenvattend kan dan ook worden geconcludeerd, dat door beheersing van het tijdstip van voortplanting bij de karper en door het opkweken van karperbroed in een broedhuis onafhankelijk van seizoens- en weersomstandigheden kleine karpers kunnen worden geproduceerd, die hetzij in visvijvers op meer extensieve wijze, hetzij in netten, geplaatst in verwarmd stromend water, op zeer intensieve wijze kunnen worden gekweekt.

Een op deze drie typen van visteelt afgestemde bedrijfsvoering kan tot een wezenlijke intensivering in de karperteelt bijdragen.

Bij het onderzoek kwam een aantal problemen naar voren, die nadere studie vragen. Zo valt het op, dat de karpers hun voedsel bij hogere voederniveaus zo slecht benutten. Dit lijkt vooral een gevolg van de geringe mate van vertering van

het voedsel in het darmkanaal. Studie van de oorzaak hiervan zou er toe kunnen leiden, dat een gunstiger voederconversie kan worden verkregen door het voedsel anders samen te stellen of er verteringsenzymen aan toe te voegen.

In vergelijking tot de voederverwerking bij warmbloedigen valt de hoge eiwitbehoefte van groeiende karpers op en de volgens dit onderzoek vermoedelijk zeer hoge benutting van de beschikbare energie tijdens de groei. Onderzoek naar de oorzaken van deze hoge eiwitbehoefte — suboptimale activiteiten van verteringsenzymen? — lijkt zinvol gezien de hoge prijs van voedereiwit.

Groeiende warmbloedigen vertonen een relatief lage benutting van de beschikbare energie, hetgeen vermoedelijk wordt veroorzaakt door een tijdens het groeiproces versnelde vervanging van reeds bestaand eiwit, energetisch een kostbaar proces. Meting van de mate van deze vervanging bij de karper lijkt dan ook zinvol en wel in afhankelijkheid van de lichaamstemperatuur. De verkregen resultaten kunnen mogelijk een nuttige bijdrage leveren voor het ontwikkelen van methoden ter verlaging van de energetische kosten van de eiwitsynthese bij warmbloedige dieren.

Ook bij groeiende micro-organismen (Stouthamer en Bettenhausen, 1973) en planten (Penning de Vries, 1973) wordt aan dit belangrijke aspect van de eiwitsynthese steeds meer aandacht besteed.

Samenvatting

In de karperteelt, welke reeds sedert de Middeleeuwen in Europa wordt uitgeoefend, zijn in de loop der jaren reeds diverse intensiveringsmaatregelen toegepast, zoals bemesting van en voeding in vijvers. Bovendien is de mechanisering in de bedrijfsvoering de laatste jaren zeer belangrijk gebleken. Doel van deze maatregelen is steeds een verhoging van de verhouding van de grootte van de produktie tot die van de kosten (arbeid, investeringen e.d.).

Het in dit proefschrift beschreven onderzoek had tot doel na te gaan in hoeverre karperteelt in doorstroomsystemen tot deze intensivering kan bijdragen. Hierbij werd aandacht geschonken aan, zo mogelijk kwantitatief vastgestelde, fysiologische eigenschappen van de karpers, zoals de voortplanting, het opkweken van karperbroed en het kweken van grotere karpers.

In hoofdstuk I werden de intensiveringsmaatregelen, zoals deze in de bedrijfsvoering van karperkwekerijen werden toegepast, kort toegelicht.

In hoofdstuk II werden de proefopstelling, de proefdieren en de toegepaste methodieken en berekeningen beschreven, voor zover deze niet in de daaropvolgende hoofdstukken aan de orde werden gesteld.

In hoofdstuk III werd de mogelijkheid onderzocht om de voortplanting van de karper te induceren met behulp van injecties met hypofyse-materiaal. Uit de resultaten bleek, dat deze techniek als aanvulling op de gebruikelijke voortplantingsmethode in paai-vijvers tot een grotere mate van bedrijfszekerheid aanleiding gaf (fig. III). Voorts bleek de voortplanting van de karpers met succes te kunnen worden geïnduceerd onafhankelijk van het seizoen (tabellen IV en V). Hiertoe werden de karpers in verwarmd water gehouden en vervolgens geïnjecteerd met hypofyse-materiaal. Tijdens deze procedure kon geen invloed van het licht worden waargenomen. De totaal benodigde warmtesom uitgedrukt in daggraden, alvorens de voortplanting met succes kon worden geïnduceerd was afhankelijk van de hoogte van de temperatuur. Deze afhankelijkheid van de temperatuur bleek analoog aan de temperatuursafhankelijkheid van de stofwisseling, zoals deze werd beschreven door Ege en Krogh (1914) en door Winberg (1956).

In hoofdstuk IV werd een methode beschreven om karperbroed op te kweken met voedsel, dat onder natuurlijke omstandigheden gewoonlijk niet door de karper wordt geconsumeerd en dat onafhankelijk van seizoens- en weersomstandigheden kan worden verkregen. Het karperbroed werd in met 23° C verwarmd water doorstroomde aquaria gevoerd met naupliën van *Artemia salina*. Bij een diergewicht van ca. 70 mg kon worden overgeschakeld op voeding van een commercieel pelletvoeder (tabel VII). Bovendien kon worden aangetoond, dat de aldus gekweekte karpertjes met succes als uitgangsmateriaal konden worden gebruikt voor een karperteelt in vijvers of in andere produktie-eenheden.

Hoofdstuk V behandelt het kweken van grotere karpers in doorstroomsystemen. Aangezien dit gedeelte van de karperteelt een lange periode omvat en grote hoeveelheden voeder vereist en daardoor sterk kostenbepalend is voor de karperteelt als geheel, werd aan dit onderwerp vrij veel aandacht besteed. De eerste paragraaf van dit hoofdstuk handelt voornamelijk over de groeisnelheid van de karper. Bij 23° C werd de relatie tussen voedergift, voederconversie en groeisnelheid onderzocht bij karpers van verschillend levend gewicht (1,5-10; 30-90 en 100-1.000 gram). Tevens werd dezelfde relatie onderzocht bij 17° C bij karpers met een diergewicht van ca. 30 gram (figuren V en VI). Uit de relatie tussen specifieke groeisnelheid en voedergift per dag kon de zg. "geometrisch optimale voedergift" worden bepaald. Gezien vanuit de relatie tussen aangeboden voedergift en daarop verkregen aanzet is dit de meest efficiënte voedergift. De "voor

visteelt optimale voedergift" werd vanuit andere — met name kostenbepalende — criteria benaderd, zoals hoge groeisnelheid gepaard aan een niet te ongunstige voederconversie en het niet nadelig zijn voor de vis van de daaruit voortvloeiende hoge voedergiften.

Voorts werd de energetische relatie tussen voedergift en aanzet bij 23° C onderzocht. De specifieke groeisnelheid tengevolge van de "geometrisch optimale voedergift" bleek op basis van levend gewicht dezelfde als die op basis van calorische waarde en droge stofgehalte (fig. VIII). De conversie-efficiëntie (K) vertoonde een optimum bij de "geometrisch optimale voedergift", onverschillig of K werd berekend op basis van droge stofgehalte, calorische waarde of levend gewicht (figuren IX en XI). Op grond hiervan werd stelling genomen tegen het feit dat Paloheimo en Dickie (1966^b) de relatie tussen log K en de voedergift als een rechte lijn weergeven. Voorts bleek K — zij het in geringe mate — af te nemen, naarmate het levend gewicht van de karpers toenam (fig. X). Tenslotte werd aan de hand van de verkregen resultaten aangetoond dat van een temperatuursbeïnvloeding op K sprake is.

In de tweede paragraaf van dit hoofdstuk werden de resultaten van de zuurstofmetingen bij vastende en groeiende karpers met verschillend levend gewicht uitgewerkt. De relatie tussen zuurstofverbruik (T, in ml/uur) en diergewicht (G, in grammen) bleek bij vastende karpers bij 23° C te kunnen worden beschreven met de formule $T = 0,372 G^{0,816}$ (fig. XIII). De invloed van de temperatuur op het zuurstofverbruik bleek in overeenstemming te zijn met de resultaten van Ege en Krogh (1914). Tevens werd bij groeiende karpers de relatie onderzocht tussen het zuurstofverbruik (ml/kg^{0,8}/uur) en de voedergift (fig. XIV). Bij stijgende voedergift bleek het zuurstofverbruik aanvankelijk toe te nemen, echter bij voedergiften, hoger dan de "voor visteelt optimale voedergift", nam het zuurstofverbruik niet verder toe. De relatie tussen zuurstofverbruik in ml/uur en het diergewicht in grammen bij "voor visteelt optimale voedergiften" kon worden beschreven met de formule $T = 0,861 G^{0,776}$ (fig. XVI). Voorts werd aangetoond, dat bij "voor visteelt optimale voedergiften" de geconsumeerde hoeveelheid zuurstof per kg aangeboden voeder gemiddeld 147 l bedroeg onafhankelijk van het diergewicht en de temperatuur (tabel XXIII). Op grond hiervan kon de volgende formule worden afgeleid tussen het zuurstofgehalte van het aanvoerwater (O_i , in ml/l) en van het afvoerwater (O_u , in ml/l) van een met water doorstroomde kweekruimte, de doorstroming (D, in l/sec.) en de hoeveelheid per dag te verstrekken voeder in kg:

$$(O_i - O_u) \cdot D \cdot \frac{86,4}{147} = \text{kg voeder per dag.}$$

Op grond van de onderzochte relatie tussen voederconversie en zuurstofgehalte van het water, kon de parameter O_u in de formule op 2,1 ml/l worden gesteld, daar bij lagere zuurstofwaarden de voederconversie zeer ongunstig werd (fig. XV).

In de derde paragraaf van dit hoofdstuk werden, op grond van de in de vorige paragrafen verkregen resultaten, de onderhouds- en produktie-efficiëntie op basis van de beschikbare en de netto energie in het voeder berekend. De onderhouds-behoefte van de karpers bleek 171,6 bruto kcal/kg^{0,8}/week te bedragen en de onderhoudsefficiëntie op basis van bruto energie bedroeg 45,2%. Het percentage beschikbare energie (% BE) werd bepaald door meting van de voederenergie, de energie-aanzet en de warmteproduktie, welke laatste werd berekend uit het zuurstofverbruik. Het % BE en de produktie-efficiëntie op basis van bruto energie namen lineair af bij verhoging van het voederniveau en varieerden respectievelijk van 23,8 tot 56,8% en van 15,3 tot 44,1% (fig. XVIII). De BE voor onderhoud bedroeg 110,4 kcal/kg^{0,8}/week. De produktie-efficiëntie op BE-basis was voor alle toegepaste voederniveaus vrijwel gelijk en bedroeg 85,6 - 89,4%. De bij deze

experimenten gevonden waarden voor het % BE zijn veelal aanzienlijk lager dan die in de literatuur worden vermeld bij vissen die met natuurlijk voedsel worden gevoerd. Echter bij nagenoeg alle gepubliceerde onderzoeken werd het % BE bepaald via meting van de calorische waarde van het voeder en de faeces. Aan de hand van de uitvoerige publikatie van Kelso (1972) kon worden aangetoond, dat door deze bepalingswijze een sterke afwijking wordt verkregen.

In hoofdstuk VI werd nagegaan in hoeverre de verkregen inzichten in de praktische bedrijfsvoering van karparkwekerijen kunnen worden toegepast ten-einde bij te dragen tot een verdere intensivering in de karperteelt dan tot dus-verre het geval was.

However, most of those data in the literature have been calculated by measuring the calorific value of the food ration and of the faecal material. The analysis of the detailed study of Kelso (1972) suggested that a large error is introduced by this method for calculating the ME content for the consumed food (table XXVII and XXVIII).

In chapter VI methods have been described by which the results obtained by this study can be put into practice in carp culture. Integration of the above mentioned nursery procedures in hatcheries with cage culture of carp in warm water discharges and with conventional pond farming appears to be an excellent way to improve the efficiency and intensification of carp culture.

Literatuur

- Albrecht, M. L.** (1970). Wassererneuerung und Wasserqualität in ihrer Bedeutung für die Futtermittelverwertung des Karpfens. Dtsch. Fisch. Ztg., 17, 122-124.
- Allison, L. N.** (1951). Delay of spawning of eastern brook trout by means of artificial prolonged light intervals. Progr. Fish Cult., 13, 111-116.
- Andrews, J. W. en Stickney, R. R.** (1972). Interactions of feeding rates and environmental temperature on growth, food conversion and body composition of channel cat fish. Trans. Am. Fish. Soc., 101, 94-99.
- Andrews, J. W. en medew.** (1973). The influence of dissolved oxygen on the growth of channel cat fish. Trans. Am. Fish. Soc., 102, 835-838.
- Anonymus.** (1973). Capsulation techniques, development of diets for larval and post larval aquatic animals reported. Feedstuffs, 46, 35.
- Antalfi, A. en Tölg, J.** (1971). Grasskarpfen - Pflanzenfressende Fische. Donau-Verlag, Günzburg, 207 p.
- Armstrong, D. G.** (1969). Cell bioenergetics and energy metabolism. In: Handbuch der Tierernährung I, 385-414, Parey-Verlag. Hamburg und Berlin.
- Barlow, G. W.** (1961). Intra- and interspecies differences in rate of oxygen-consumption in gobiidfishes of the genus *Gillichthys*. Biol. Bull., 121, 209-229.
- Beamish, F. W. H.** (1964^a). Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption II. Influence of weight and temperature on respiration of several species. Can. J. Zoöl., 42, 177-188.
- Beamish, F. W. H.** (1964^b). Seasonal changes in the standard rate of oxygen consumption of fishes. Can. J. Zoöl., 42, 189-194.
- Beamish, F. W. H.** (1970). Oxygen consumption of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in relation to swimming speed and temperature. Can. J. Zoöl., 48, 1221-1228.
- Beamish, F. W. H. en Dickie, L. M.** (1967). Metabolism and biological production in fish. In: The biological basis of fresh water fish production, 215-242, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Beamish, F. W. H. en Mookherjee, P. S.** (1964). Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. I. Influence of weight and temperature on respiration of gold fish, *Carassius auratus*. Can. J. Zoöl., 42, 161-175.
- Bkind Laboratories** (1973). — Capsulation — New concepts in micropackaging. Publicatie van Bkind Laboratories, Yellow Springs, Ohio, 10 p.
- Bohl, M.** (1969). Forellenfütterungsversuche mit Futtermitteln unterschiedlicher Nährstoffzusammensetzung und verschiedener Fütterungstechnik. Alg. Fish. Ztg., 94, 287-290.
- Brett, J. R.** (1965). The relation of size to rate of oxygen consumption and sustained swimming speed of sockeye salmon. (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 22, 1491-1501.
- Brett, J. R.** (1972). The metabolic demand for oxygen in fish, particularly salmonids, and comparison with other vertebrates. Resp. Physiol., 14, 151-170.
- Brett, J. R. en Glass, N.R.** (1973). Metabolic rates and critical swimming speeds of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to size and temperature. J. Fish. Res. Bd. Canada, 30, 379-387.
- Brett, J. R. en Higgs, D. A.** (1970). Effect of temperature on the rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon. J. Fish. Res. Bd. Canada, 27, 1767-1779.
- Brett, J. R. en medew.** (1969). Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to temperature and ration size. J. Fish. Res. Bd. Canada, 26, 2363-2394.
- Brouwer, E.** (1965). Report of the subcommittee on constants and factors. In: Energy metabolism, 441-443. Academic Press, London en New York.

- Brown, M. E. (1957). The physiology of fishes I. Metabolism. Academic Press., New York, 447 p.
- Brownlee, K. A. (1949). Industrial experimentation. Her Majesty's Stationary Office, London, 194 p.
- Burrows, R. E. (1964). Effects of accumulated excretory products on hatchery-reared salmonids. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Research report no. 66, 12 p.
- Burrows, R. E. en Combs, B. D. (1968). Controlled environments for salmon propagation. Progr. Fish Cult., 30, 123-136.
- Carlson, A. R. en Hale, J. G. (1972). Successful spawning of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, under laboratory conditions. Trans. Am. Fish. Soc., 101, 539-542.
- Chaudhuri, H. (1960). Experiments on induced spawning of indian carps with pituitary extracts. Ind. J. Fish., 7, 20-48.
- Chiba, K. (1965). A study on the influence of oxygen consumption on the growth of juvenile common carp. Bull. Freshw. Fish. Res. Lab. Tokyo, 15, 35-47.
- Combs, B. D. en medew. (1959). The effect of controlled light on the maturation of adult blueback salmon. Progr. Fish Cult., 21, 63-69.
- De Vlaming, V. L. (1972). Environmental control of teleost reproduction cycles: a brief review. J. Fish Biol., 4, 131-140.
- Dickson, W. en Kramer, R. H. (1971). Factors influencing scope for activity and active and standard metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 28, 587-596.
- Dishkov, A. (1970). Induced breeding. FAO aquacult. Bull., 3,3.
- Donaldson, E. M. (1973). Physiological and physicochemical factors associated with maturation and spawning. In: Report of the EIFAC workshop on controlled reproduction of cultivated fishes. Hamburg. In druk.
- Edwards, D. J. (1971). Effect of temperature on rate of passage of food through the alimentary canal of the plaice, *Pleuronectes platessa* L. J. Fish Biol., 3, 433-439.
- Edwards, R. R. C. en medew. (1971). Feeding, metabolism and growth of tropical flatfish. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 6, 279-300.
- Ege, R. en Krogh, A. (1914). On the relation between the temperature and the respiratory exchanges in fishes. Int. Rev. Hydrobiol. Hydrogr., 7, 48-55.
- El-Bolock, R. M. (1963). Auffallend kleine reife Rogner beim Karpfen. Fischwirt, 3, 79-84.
- Es, A. J. H. van. (1972). Der Energieaufwand bei der Eiweissbildung im Tierkörper. In: 4. Hülsenberger Gespräche 1971, 10-19. Verlagsgesellschaft für tierzüchterische Nachrichten mbH., Hamburg.
- Fry, F. E. J. (1947). Effects of the environment on animal activity. Univ. Toronto Stud., Biol. Ser. No. 55. Publ. Ontario Fish. Res. Lab., No. 68. 62 p.
- Gardner, J. A. (1926). Report on the respiratory exchange in fresh water fish, with suggestions as to further investigations. Fish. Invest. Ser., 1, 3, 1-17.
- Gerking, S. D. (1952). The protein metabolism of sunfishes of different ages. Physiol. Zoöl., 25, 358-372.
- Golterman, H. L. (1969). Methods for chemical analysis of fresh water. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh, 172 p.
- Graham, J. M. (1949). Some effects of temperature and oxygen pressure on the metabolism and activity of the speckled trout, *Salvelinus fontinalis*. Can. J. Res., D, 27, 270-288.
- Haugaard, N. en Irving, L. (1943). The influence of temperature upon the oxygen consumption of the cunner (*Tautogalobrus adspersus*, Walbaum). J. Cell. Comp. Physiol., 21, 19-26.

- Hoover, E. E. (1937). Experimental modification of the sexual cycle in trout by control of light. *Science*, 86, 425-426.
- Huisman, E. A. (1970^a). Een onderzoek naar de kweekmogelijkheden van karper in doorstroombekkens. Jaarverslag 1968/1969. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, 81-123.
- Huisman, E. A. (1970^b). Einige Prinzipien der intensiven Warmwasseraufzucht von Karpfen. *Fischwirt*, 20, 210-218.
- Huisman, E. A. (1972). Mathematische Parameter insbesondere von Sauerstoff und Temperatur in bezug auf die Fütterung. In: *Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie*, Band 23, 137-146. R. Oldenbourg. München.
- Huisman, E. A. (1973). Hatchery and nursery operations. In: Report of the EIFAC workshop on controlled reproduction of cultivated fishes. Hamburg. In druk.
- Hyder, M. (1970). Gonadal and reproductive patterns in *Tilapia leucostia* (Teleostei: Cichlidae) in an equatorial lake, Lake Naivasha (Kenya). *J. Zoöl., Lond.*, 162, 179-195.
- Ishiwata, N. (1968). Ecological studies on the feeding of fishes V. Size of fish and satiation amount. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 34, 781-784.
- Ishiwata, N. (1969). Ecological studies on the feeding of fishes VIII. Frequency of feeding and growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 35, 985-990.
- Ivlev, V. S. (1939). (Energy balance of carp). *Zoöl. Zh.*, 18, 303-318 (Russisch met Engelse samenvatting).
- Ivlev, V. S. (1960). Bestimmungsmethoden der von dem wachsenden Fisch ausgenutzten Futtermengen. *Ztschr. Fischerei, N.F.*, 9, 281-289.
- Job, S. V. (1955). The oxygen consumption of *Salvelinus fontinalis*. *Univ. Toronto Biol. Ser.*, No. 61. *Publ. Ontario Fish. Res. Lab.*, No. 73, 39 p.
- Kawamoto, N. Y. The influence of excretory substances of fishes on their own growth. *Progr. Fish Cult.*, 23, 70-75.
- Kelso, J. R. (1972) Conversion, maintenance and assimilation for walleye, *Stizostedion vitreum vitreum*, as affected by size, diet and temperature. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 29, 1181-1192.
- Kerr, S. R. (1971). Analysis of laboratory experiments on growth efficiency of fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 28, 801-808.
- Kilambi, R. V. *en medew.* (1970). Influence of temperature and photoperiod on growth, food consumption and food conversion efficiency of channel catfish. *Proc. 24th Conf. Southeastern Ass. Game and Fish. Comm.*, 519-531.
- Kleiber, M. (1947). Body size and metabolic rate. *Physiol. Rev.*, 27, 511-531.
- Kleiber, M. (1961). *The fire of life*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 454 p.
- Kossmann, H. (1970). Versuch zur Erhöhung der Zuwachsleistung von Karpfen in Teichwirtschaften durch gezielte Brutzerzeugung im Warmwasser. 1. Mitteilung. Die Anzucht von vorgestreckter Karpfenbrut im Warmwasserhaus. *Fischwirt*, 20, 255-263.
- Kossmann, H. (1971). Versuch zur Erhöhung der Zuwachsleistung von Karpfen in Teichwirtschaften durch gezielte Brutzerzeugung im Warmwasser. 2. Mitteilung. Die Weiterentwicklung der vorgestreckter Karpfenbrut unter Praxisbedingungen und die Ergebnisse der K₁-Abfischung. *Fischwirt*, 21, 49-53.
- Kossmann, H. (1973). Reproduction experiments on carps (*Cyprinus carpio*). In: Report of the EIFAC workshop on controlled reproduction of cultivated fishes. Hamburg. In druk.
- Kuo, C. M. *en medew.* (1973). Induced spawning of captive grey mullet (*Mugil cephalus* L.) females by injection of human chorionic gonadotropin (H.C.G.). *Aquaculture*, 1, 429-432.
- Laventer, H. *en Perah, Z.* (1966). Preliminary observations on late-spawning of carp. *Bamidgeh*, 18, 31-36.

- Wuhrmann, K. en Woker, H.* (1948). Experimentelle Untersuchungen über die Ammoniak- und Blausäurevergiftung. Schweiz. Ztg. Hydrol., 11, 210-244.
- Yamamoto, K. en medew.* (1966). A method to induce artificial spawning of goldfish all through the year. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 32, 977-983.
- Yashouv, A. en medew.* (1968). Relative potencies of carp pituitaries collected for spawning induction. Bamidgeh, 20, 125-127.
- Zeisberger, E.* (1961). Die Abhängigkeit des Standardmetabolismus vom Gewicht der Fische. Ztschr. Fischerei N.F., 10, 203-219.

Curriculum vitae

De schrijver van dit proefschrift behaalde het einddiploma Gymnasium-B aan het Chr. Lyceum te Utrecht in 1962.

Vervolgens studeerde hij een jaar Chemische Technologie aan de Technische Hogeschool te Delft.

In 1963 werd begonnen met de studie Biologie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht. In april 1968 werd het doctoraal examen afgelegd. Hierna was hij gedurende korte tijd verbonden aan het Instituut voor Veterinaire Farmacologie en Toxicologie van de Faculteit der Diergeneeskunde te Utrecht.

In november 1968 trad hij in dienst van de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij te Utrecht.