

# Vuilproductie en -verwijdering in palingteelt systemen

L.T.N. Heinsbroek

Vakgroep Visteelt en Visserij, Landbouwniversiteit Wageningen

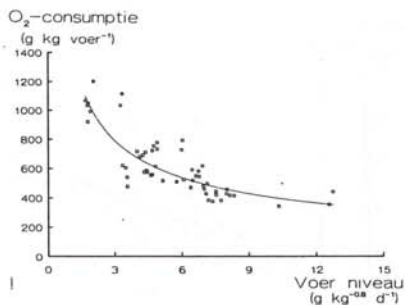
**Om succesvol vis te kunnen telen is een goede (of acceptabele) waterkwaliteit van groot belang. Indien de waterkwaliteit beneden bepaalde grenswaarden komt zullen voeropname en groeisnelheid van de vissen afnemen. Verder is het zo dat vissen tijdens deze processen van voeropname en groei zelf afvalstoffen produceren, waardoor ze continu het water waarin ze leven vervuilen.**

Om een goede waterkwaliteit in het teeltsysteem te handhaven, zullen deze afvalstoffen dan ook continu moeten worden verwijderd. Het is daarom ook van groot belang om inzicht te hebben in de aard en hoeveelheid van de vuilproductie door de vis.

Het onderzoek van de vakgroep Visteelt en Visserij richt zich o.a. op de groei van de paling. Om groei te realiseren is voeding nodig. Bij de omzetting van voer in groei treden verliezen op, welke zich uiten in de productie van afvalstoffen. Het onderzoek naar de groei van vissen levert daarom ook inzicht in de vuilproductie door de vis. De experimentele opstelling waarin dit onderzoek naar groei en vuilproductie van de paling plaatsvindt is weergegeven in figuur 1. Naast de voedergift en de groei van de paling kunnen in

deze opstelling ook de zuurstofconsumptie en de mestproductie gemeten worden. Sinds kort kunnen ook de producties van  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  en  $\text{NO}_3\text{-N}$  gemeten worden. Van deze laatste stoffen zijn echter nog geen experimentele gegevens voorhanden. De nadruk zal in deze bespreking dan ook liggen op de zuurstofconsumptie door de paling.

In de praktijk wordt de zuurstofconsumptie meestal uitgedrukt in  $\text{g O}_2$   $\text{kg voer}^{-1}$ . In figuur 2. is te zien dat de zuurstofconsumptie in  $\text{g O}_2$   $\text{kg voer}^{-1}$  afhankelijk is van het voerniveau. Bij maximale voerniveau's bedraagt de zuurstofconsumptie 450 - 500  $\text{g O}_2$   $\text{kg voer}^{-1}$ . Bij lagere voerniveau's loopt de zuurstofconsumptie op tot 1200  $\text{g O}_2$   $\text{kg voer}^{-1}$ . Deze relatie tussen zuurstofconsumptie en voerniveau kan verklaard worden uit het feit

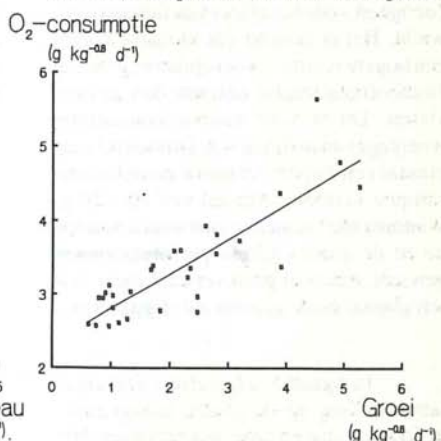
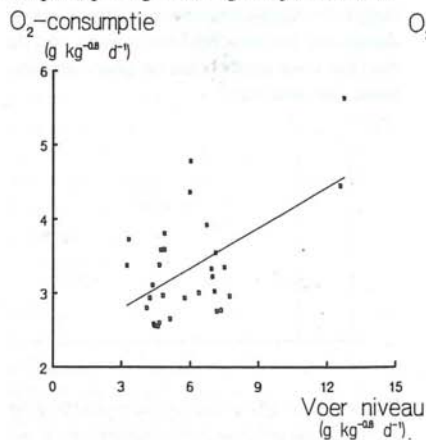


Figuur 2. Relatie tussen zuurstofconsumptie en voerniveau bij paling.

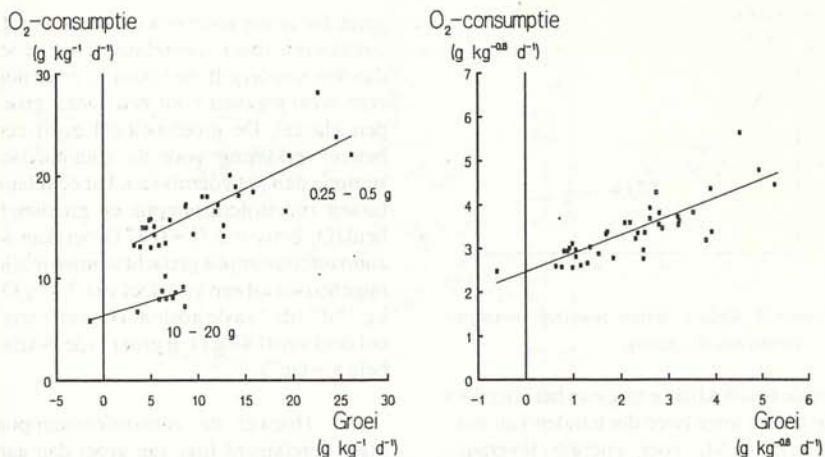
dat de beschikbare energie in het voer door de paling voor twee doeleinden kan worden gebruikt, voor energie leverantie (hetgeen neerkomt op verbranding van de organische stof en zich uit in zuurstofconsumptie) en voor energie aanzet of groei. Bij lage voerniveau's zal de beschikbare energie voornamelijk gebruikt worden om in de zogenaamde onderhouds behoefte aan energie te voorzien en zal er weinig groei plaats vinden. Het energieverbruik per kg voer nadert dan de beschikbare energieinhoud van het voer. Bij hogere voerniveau's zal een deel van de beschikbare energie worden aangezet als groei en zal het energieverbruik (=zuurstofconsumptie) per kg voer lager zijn. Uit deze

gedachtengang volgt ook dat de zuurstofconsumptie meer is gerelateerd aan groei dan aan voedergift. In figuur 3. is dit nog eens weergegeven voor een aantal groepen glasaal. De groeisnelheid geeft een betere verklaring voor de zuurstofconsumptie dan het voerniveau. Uit de relatie tussen zuurstofconsumptie en groeisnelheid ( $O_2$ -cons. =  $2.31 + 0.47$  Groei) kan de zuurstofconsumptie gedacht worden te zijn opgebouwd uit een vast deel van  $2.31 \text{ g } O_2 \text{ kg}^{-0.8} \text{ d}^{-1}$  (de "vaste kosten") en een variabel deel van  $0.47 \text{ g } O_2 \text{ g groei}^{-1}$  (de "variabele kosten").

Hoewel de zuurstofconsumptie meer gerelateerd lijkt aan groei dan aan voerniveau is groei niet vooraf te meten. Voor de praktijk blijft daarom de zuurstofconsumptie per kg voer de enige maatstaf om teeltsystemen te ontwerpen. Een belangrijke consequentie van bovengenoemde gedachtengang is wel dat een hoge vuilproductie (in dit geval een hoge zuurstofconsumptie) een indicatie kan zijn voor een hoge groeisnelheid. Omgekeerd kan een lage vuilproductie bij een gegeven voerhoeveelheid wijzen op een lage groeisnelheid, hetgeen meestal veroorzaakt wordt doordat de vissen niet al het aangeboden voer opnemen. In het navolgende



Figuur 3. Relatie tussen zuurstofconsumptie en voerniveau of groeisnelheid bij glasaal.



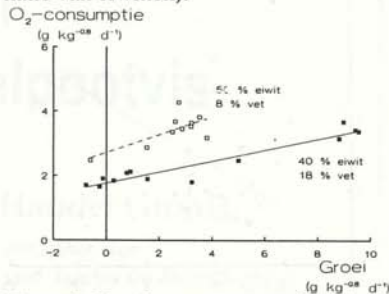
Figuur 4. Relatie tussen zuurstofconsumptie en groei voor twee groepen paling van verschillend gewicht, uitgedrukt per gewicht en per metabolisch gewicht.

zal nog wat dieper worden ingegaan op de relatie tussen zuurstofconsumptie en groei aan de hand van een tweetal voorbeelden.

In de voorgaande figuren zijn voerniveau, groei en zuurstofconsumptie telkens uitgedrukt per kg metabolisch gewicht ( $\text{kg}^{0.8}$ ) per dag. In de praktijk drukt men deze grootheden meestal uit in  $\text{g kg}^{-1} \text{d}^{-1}$  of in  $\% \text{d}^{-1}$ . De reden voor het gebruik van metabolisch gewicht is dat men hiermee corrigeert voor het effect van lichaamsgewicht. Het is bekend dat kleinere vissen een hogere relatieve voeropname, groei en zuurstofconsumptie hebben dan grotere vissen. Dit is voor zuurstofconsumptie weergegeven in figuur 4.a. Duidelijk is dat glasaal een hogere relatieve zuurstofconsumptie vertoont dan aal van 10 - 20 g. Wanneer men echter de zuurstofconsumptie en de groei uitdrukt per metabolisch gewicht, dan is er geen verschil meer tussen glasaal en de grotere aal (figuur 4.b.).

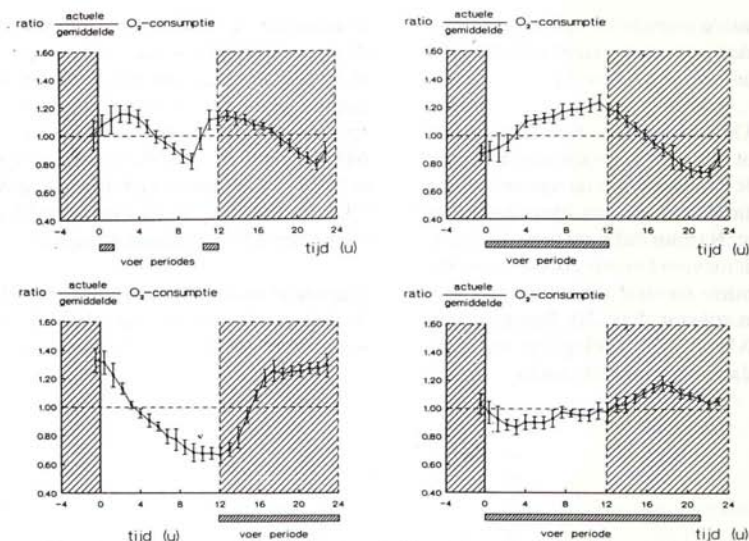
In figuur 5 is het effect van voersamenstelling op de relatie tussen zuurstofconsumptie en groei weergegeven. Het

blijkt dat een voer met 40 % eiwit en 18 % vet in vergelijking met een voer met 50 % eiwit en 8 % vet zowel een lagere onderhoudsbehoefte aan energie geeft als een lagere energiebehoefte per gram groei. Dit houdt in dat de vissen die gevoerd worden met het voer met een lager eiwitgehalte bij een gelijkblijvend energieverbruik (=zuurstofconsumptie) een hogere groei kunnen realiseren. Blijkbaar dienen de vissen die worden gevoerd met het voer met een hoger eiwitgehalte meer energie te spenderen aan het beschikbaar maken van de energie voor onderhoud en groei (deaminatie van eiwitten).



Figuur 5. Het effect van voersamenstelling op de relatie tussen zuurstofconsumptie en groei bij paling.





Figuur 6. Variatie in zuurstofconsumptie, uitgedrukt als de ratio actuele / gemiddelde zuurstofconsumptie, gedurende het etmaal voor vier voederregimes.

Voor het ontwerp van teeltsystemen is naast de absolute hoogte van de zuurstofconsumptie ook de variatie in zuurstofconsumptie gedurende het etmaal van belang. Deze variatie blijkt sterk afhankelijk van de gebruikte voermethode. In figuur 6 is voor een viertal voerregimes de variatie in zuurstofconsumptie gedurende het etmaal, uitgedrukt als de ratio actuele/gemiddelde zuurstofconsumptie ( $d$ ), weergegeven. Afhankelijk van het voerregime blijkt de actuele zuurstofconsumptie gedurende het etmaal te variëren van 80 - 120 % van de gemiddelde zuurstofconsumptie (bij continue voeding gedurende de 24 uur) tot 60 - 140 % van de gemiddelde zuurstofconsumptie (bij 12 uur voeren gedurende de nacht).

Voor het systeemontwerp is van belang dat men bij de berekening van de doorstroming van de visbakken, welke is gebaseerd op de zuurstofconsumptie van de vis, rekening moet houden met deze variatie in zuurstofconsumptie gedurende het etmaal. De benodigde doorstroming

van de visbakken kan men berekenen met de volgende formule

$$Q_{\text{vis}} = d_{\text{max}} * P_{\text{O}_2} / (C_{\text{in}} - C_{\text{uit}})$$

waarbij

$Q_{\text{vis}}$  = doorstroming visbakken ( $\text{m}^3 \text{d}^{-1}$ )

$d_{\text{max}}$  = maximale variatie in  $\text{O}_2$ -consumptie

$P_{\text{O}_2}$  = zuurstofconsumptie ( $\text{g d}^{-1}$ )

$C_{\text{in}}$  = zuurstofconcentratie ingaand water ( $\text{g m}^{-3}$ )

$C_{\text{ui}}$  = zuurstofconcentratie uitgaand water ( $\text{g m}^{-3}$ )

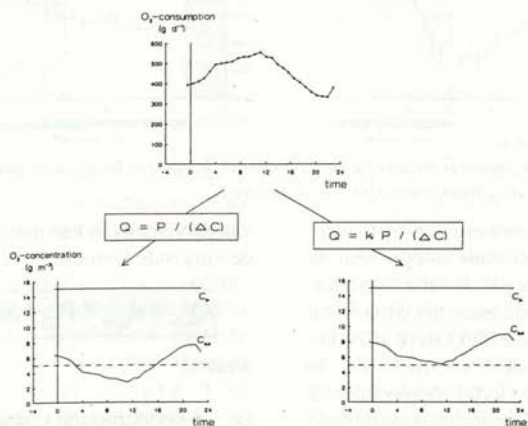
Indien men geen rekening houdt met de variatie in zuurstofconsumptie gedurende het etmaal bij de berekening van de doorstroming van de visbakken, dan zal de zuurstofconcentratie in de visbakken gemiddeld wel rond de gekozen mini-

mumwaarde schommelen, maar gedurende een deel van de dag lager zijn dan deze minimumwaarde (figuur 7).

Ook voor de overige afvalstoffen geldt dat voor het systeemontwerp zowel de totale productie als de variatie in die productie gedurende het etmaal van belang zijn. Na zuurstof is de tweede limiterende factor voor hergebruik van het water ammonium, meestal uitgedrukt als ammonium-stikstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). Berekeningen aan de  $\text{NH}_4\text{-N}$  huishouding zijn wat complexer dan voor zuurstof omdat

a) de output van de visbakken gelijk is aan de input van het biologisch filter. Variatie in de concentratie van  $\text{NH}_4\text{-N}$  in het uitgaande water van de visbakken heeft direct gevolgen voor de verwijdering van  $\text{NH}_4\text{-N}$ , daar de  $\text{NH}_4\text{-N}$  verwijderingssnelheid van het biologisch filter afhankelijk is van de  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentratie (althans in een bepaald concentratie traject).

b) een deel van de piek productie van  $\text{NH}_4\text{-N}$  gedurende het etmaal tijdelijk kan worden "opgeslagen" in het systeem.



Figuur 7. De berekening van de benodigde waterdoorstroming van de visbakken dient te worden gebaseerd op zowel de absolute hoogte van de zuurstofconsumptie als op de variatie van die zuurstofconsumptie gedurende het etmaal.

De formules voor het berekenen van de benodigde doorstroming van het biofilter en het benodigde biofilter oppervlak zijn

$$Q_{\text{filter}} = k * P_N / (C_{\text{max}} - C^* - P_{\text{acc}} / V)$$

$$A = k * P_N / r$$

waarbij

$Q_{\text{filter}}$  = doorstroming biologisch filter ( $\text{m}^3 \text{d}^{-1}$ )

$k$  = factor ter (gedeeltelijke) correctie voor de variatie in  $\text{NH}_4\text{-N}$  productie

$P_N$  =  $\text{NH}_4\text{-N}$  productie ( $\text{g d}^{-1}$ )

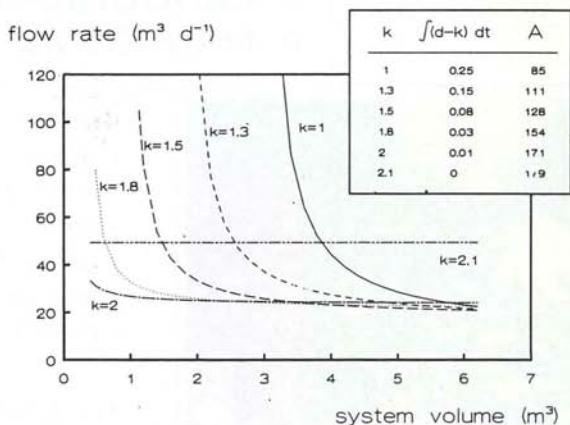
$C_{\text{max}}$  = maximum  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentratie voor de vis ( $\text{g m}^{-3}$ )

- $C^*$  =  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentratie in het biofilter waarbij maximale verwijdering plaatsvindt ( $\text{g m}^{-3}$ )
- $P_{\text{acc}}$  = gedeelte van de  $\text{NH}_4\text{-N}$  productie die tijdelijk wordt opgeslagen in het systeem
- $V$  = systeemvolume ( $\text{m}^3$ )
- $A$  = specifiek oppervlak biologisch filter ( $\text{m}^2$ )
- $r$  = specifieke  $\text{NH}_4\text{-N}$ -verwijderingssnelheid biologisch filter ( $\text{g N m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )

Uit deze formules volgt dat de capaciteit van het systeem ( $\text{kg voer d}^{-1}$ ) met betrekking tot  $\text{NH}_4\text{-N}$  bepaald wordt door de combinatie van  $Q_{\text{filter}}$ ,  $V$  en  $A$ . Dit is nog eens weergegeven in figuur 8. Uit deze figuur blijkt dat bij een gegeven systeemvolume de keuze van  $k$  zowel de benodigde doorstroming door het biologisch filter als het benodigd filter oppervlak bepaalt. Het optimale systeemvolume (per  $\text{kg voer}$ ) zal i.h.a. een economisch gegeven zijn.

Als voorbeeld: bij een systeemvolume van  $2.5 \text{ m}^3 \text{ kg voer}^{-1}$  kan men kiezen tussen o.a. een  $Q_{\text{filter}}$  van  $26 \text{ m}^3 \text{ kg voer}^{-1} \text{ d}^{-1}$  en een  $A$  van  $171 \text{ m}^2 \text{ kg voer}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ( $k = 2.0$ ) en een  $Q_{\text{filter}}$  van  $55 \text{ m}^3 \text{ kg voer}^{-1} \text{ d}^{-1}$  en een  $A$  van  $111 \text{ m}^2 \text{ kg voer}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ( $k = 1.3$ ). Dit houdt in dat men per  $\text{m}^3$  biofilter 1.2 tot 2  $\text{kg voer}$  per dag kan voeren, afhankelijk van de doorstroming van dat biofilter.

Aan de hand van de bovenstaande berekeningsmethodes kan uit de systeemkarakteristieken  $Q_{\text{vis}}$ ,  $Q_{\text{filter}}$ ,  $V$  en  $A$  een schatting gemaakt worden van de capaciteit ( $\text{kg voer d}^{-1}$ ) van bestaande bedrijven. Berekeningen aan door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek verzamelde getallen voor een aantal palingteeltbedrijven laten zien dat met betrekking tot zuurstof de geschatte werkelijke capaciteit van deze bedrijven gemiddeld slechts 65% (range 35 - 85%) van de ontwerpcapaciteit bedraagt. Hierbij is uitgegaan van een maximale zuurstofconcentratie in het ingaande water van  $20 \text{ g m}^{-3}$ . Bij een nog hogere ingaande zuurstofconcentratie in het ingaande water zou theoretisch de benodigde doorstroming door de visbakken nog wel wat kunnen worden gereduceerd, maar



Figuur 8. De verwijdering van  $\text{NH}_4\text{-N}$  is afhankelijk van de combinatie van de waterdoorstroming door het biologisch filter, het oppervlak aan filtermateriaal en het systeemvolume. In deze figuur is uitgegaan van  $P_N = 47 \text{ g kg voer}^{-1}$ ,  $C_{\text{max}} = 6 \text{ g m}^{-3}$ ,  $C^* = 2 \text{ g m}^{-3}$  en  $r = 0.5 \text{ g N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .  $Q_{\text{filter}}$ ,  $A$  en  $V$



dan zullen andere factoren zoals CO<sub>2</sub> en vaste deeltjes limiterend gaan worden. Met betrekking tot NH<sub>4</sub>-N is de situatie iets beter; de geschatte werkelijke capaciteit bedraagt gemiddeld 75 % (range 50 - 115 %) van de ontwerpcapaciteit.

Wat de gevolgen zijn van deze te krappe dimensionering is op dit moment nog moeilijk te zeggen. Ook in de hier gebruikte rekenmethodes zitten nog de nodige aannames en onzekerheden. Zo zijn de effecten van waterkwaliteit en overige houderij aspecten op voeropname en groei van de paling nog niet voldoende bekend. In deze fase van de ontwikkeling van de palingteelt in Nederland lijken met name deze houderij aspecten (het mana-

gement van de vis) limiterend voor de productie. Met betrekking tot de waterzuivering lijken de zuurstof- en NH<sub>4</sub>-N-huishouding redelijk beheersbaar te zijn. Aan de verwijdering van vaste deeltjes, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> en mogelijk geurstoffen (schrik- of alarmstoffen en stoffen afkomstig van bedervend niet opgenomen voer en van mest) dient echter nog de nodige aandacht te worden besteed.

Concluderend kan worden gesteld dat er nog veel onderzoek moet worden verricht aan zowel de paling als aan de zuiveringssystemen voordat we het ontwerp en management van recirculatiesystemen voor intensieve palingteelt volledig onder de knie hebben.

# Catvis



## VISTEELT

- ☆ SYSTEMEN
- ☆ BENODIGDHEDEN
- ☆ MANAGEMENT



- \* paling
- \* glasaal
- \* meerval
- \* forel
- \* garnalen
- \* zeebaars
- \* zeebrasem

AAL-SORTERING

Catvis Veemarktkade 8 5222 AE 's-Hertogenbosch NL tel: 073-213323 fax: 073-214612