

# Het ruikt hier naar roofvis

Vissen merken aan geursporen in het water of er predatoren rondzwemmen. Ze kunnen er zelfs uit afleiden wat voor prooivoorker de rover heeft. Die chemische analyse van hun omgeving leidt bij veel vis tot verrassend slimme veranderingen in gedrag, lichaamsbouw en groeisnelheid.

Tekst Arno van 't Hoog **Fotografie** Blik onder water en Jelger Herder

Eten en gegeten worden, dat bepaalt veel in een vissenleven. De meeste vissen zijn zeker in hun jonge jaren een gewilde prooi voor roofvis - totdat hun formaat te groot is om in een vissenbek te passen. Dat geldt voor zowel witvis als voor viseters zoals baars en snoek. Vooral snoek kent kannibalistische neigingen, waardoor ook derdejaars exemplaren van 60 centimeter nog een eenhapsmaal kunnen worden.

De aanwezigheid van predatoren zorgt voor tegengestelde eisen tussen voedsel vergaren en het beperken van de kans op predatie. Dat gedrag zit tussen twee uitersten: een vis zonder oog voor risico's vergaart veel voedsel, maar loopt een grote kans tussen de kaken van een rover te eindigen. Een neurotische vis die door de aanwezigheid van predatoren nauwelijks durft te foerageren, zal verhongeren.

Standaardgedrag is dus nooit toereikend omdat de dichtheden en soortsamenstelling van predatoren kunnen verschillen. Dat geldt ook voor territoria binnen hetzelfde water: in ondiepe, plantrijke gebieden zijn er andere bedreigingen dan in open water. Vissen moeten dus doorlopend informatie over kansen (voedsel) en risico's (predatie) afwegen om een passende reactie te ondernemen. Maar hoe doen ze dat?



Hoogrugigge kroeskarpers zijn beter beschermd tegen roofvissen.

### Passend gedrag

Vissen gebruiken daarvoor alle zintuigen. Zo is van baars bekend dat ze in het zicht van een snoek hun rugvin opzetten, minder actief gaan zwemmen en meer het schoolverband van soortgenoten opzoeken. En als er toch een soortgenoot wordt gegrepen, komen er alarmstoffen vrij uit de huid, die zorgen voor een acute, veel heftigere schrikreactie.

Verder zijn er allerlei aanwijzingen gevonden voor gradaties in het antipredatorgedrag, passend bij de ernst van de dreiging. Stekelbaarslarven reageren bijvoorbeeld heftiger op de aanblik van soortgenoten naarmate het verschil in lengte toeneemt: grotere stekelbaars, grotere bek, groter gevaar → sterkere reactie. Uit evolutionair oogpunt is dat mechanisme logisch, omdat het gedrag-op-maat levert: het heeft immers geen zin om onnodig voorzichtig te zijn.

De intensiteit van de antipredatierepons hangt dus af van de grootte van het waargenomen risico. Zien is daarbij belangrijk, maar in veel water is het zicht doorgaans beperkt. Vertrouwen op zicht alleen zou dus niet voldoende zijn. Veel vissen gebruiken daarom andere bronnen van informatie: waarneming van chemische sporen die rovers in het water achterlaten.

### Hoogrug respons

Al in 1992 publiceerde de Zweedse aquatisch ecooloog Christer Brönmark in het wetenschappelijk tijdschrift *Science* als eerste over opmerkelijke observaties bij kroeskarpers, die de wetenschap op het spoor zette van deze signaalstoffen.

## *Een neurotische vis die door de aanwezigheid van predatoren nauwelijks durft te foerageren, zal verhongeren*

Ze verdeelden kroeskarper over verschillende vijvers, met en zonder snoek. Na verloop van tijd kregen de vissen in de vijvers met snoek geleidelijk een fors hogere rug.

Onderzoek in het laboratorium bevestigde deze resultaten en bracht aan het licht dat signaalstoffen in het water daarvoor verantwoordelijk zijn. De vis hoeft helemaal geen contact of zicht op de snoek te hebben gehad. Een verblijf van kroeskarper in het water van een snoekaquarium is voldoende om de vormverandering in gang te zetten.

Door deze vormverandering is de kroeskarper minder makkelijk of zelfs helemaal niet meer te verorberen. Elke snoek heeft een maximum diameter proovis die z'n bek nog net kan verstouwen. Prooi die groter is dan die diameter, is dus

veilig. En zelfs al past een vis nog net, dan heeft snoek toch een voorkeur voor een slanke prooi: die zijn makkelijker te hanteren en sneller in te slikken.

In een groep kroeskarpers van dezelfde lengte zijn exemplaren met een relatief hoge rug in theorie dus minder kwetsbaar voor predatie. Dat bleek ook uit predatie-experimenten: slanke kroeskarpers uit water zonder snoek zijn in een experimentele situatie kwetsbaarder voor predatie dan hun 'deep body' soortgenoten uit snoekrijke wateren.

### Groeispurt

Een 'deep body' kroeskarper heeft nog een nuttige eigenschap: meer spiermassa. Dat levert de hoogruggen een belangrijk voordeel op bij de korte sprint. Ze kunnen veel sneller accelereren en draaien. Ze zijn kortom beter in staat om te vluchten bij een aanval door snoek. De kroeskarper heeft dankzij de twee verschillende lichaamsvormen meer flexibiliteit: in wateren met weinig of zelfs zonder predatoren, is een hoge rug een zinloze en kostbare energieverspilling, omdat het bij het zwemmen meer weerstand ➤

Baarsen zijn zowel prooivis als predator.



oplevert. In wateren met rovers loont die investering echter wel.

Inmiddels is duidelijk dat veel meer vissoorten zoals karpers, goudvis, baars en stekelbaars, op geursporen van predatoren reageren met veranderingen in hun lichaamsbouw: de ratio lengte-hoogte verandert. De chemische dreigingsanalyse levert dus naast informatie voor gedragsveranderingen ook een impuls voor morfologische aanpassingen en zelfs aanpassing in groeisnelheid. Wie namelijk in zijn eerste levensjaar snel groeit, kan zijn kans op predatie verlagen. Zo blijkt jonge stekelbaars op de geur van forel te reageren door fors sneller te groeien. Die groei-acceleratie is binnen een paar dagen zichtbaar en verdwijnt direct weer zodra onderzoekers de forelgeur verwijderen. Het verschil in



lengte die een paar dagen groeisprint oplevert – zo'n 1,3 millimeter – heeft al een forse invloed op de overleving in een predatie-experiment.

### Verteerde prooi

Onderzoek in de twee decennia na Brönmarks publicatie heeft meer inzicht gebracht in de aard en werking van die signaalstoffen, al blijven nog veel vragen onbeantwoord. Het blijkt dat het dieet van de rover een cruciale invloed heeft op de geur die in het water wordt achtergelaten en dus de reactie van prooivissen.

Lange tijd werd vermoed dat alarmstoffen in de vissenhuid daarvoor verantwoordelijk waren (zie Visionair 17, 2010 over de werking van alarmstoffen). Alarmstoffen komen vrij als cellen dieper in de vissenhuid

beschadigd raken, bijvoorbeeld door de tanden van een snoek. Waarneming van die alarmstoffen (zoals hypoxantine-3N-oxide) leidt bij veel vissen direct tot antipredatorgedrag zoals samscholen en verminderde zwemactiviteit.

Veel onderzoekers dachten dat deze alarmstoffen na vertering van de prooi via het darmkanaal van de roofvis worden verspreid. In 2010 concludeerden Noorse onderzoekers dat dit geen waarschijnlijke verklaring kan zijn. Ze stelden kroeskarpers bloot aan een extract van vernalen vissenhuid van soortgenoten. De kroeskarpers reageerden op de alarmstoffen met acuut angstgedrag, maar na twee maanden herhaaldelijke blootstelling zagen de onderzoekers geen spoor van verandering in lichaamsbouw.

De onderzoekers concluderen daarom dat er andere stoffen in het spel moeten zijn. Vermoed wordt dat bacteriën in de darmen van predatoren bepaalde stoffen uit de prooivissen omzetten in specifieke signaalstoffen.

### Geur van lichaamsvorm

Waarschijnlijk is er sprake van een mix van verschillende signaalstoffen, want de chemische waarneming blijkt veel complexer dan aanvankelijk gedacht. Karperachtigen kunnen bijvoorbeeld in het water waarnemen of een snoek voorkomt voor slanke of hoogrugge soortgenoten. De Canadese onderzoeksgroep onder leiding van Maud Ferrari, ontdekte dit in experimenten met de aan de kroeskarpers verwante goudvis, die eveneens z'n lichaamsvorm kan aanpassen als reactie op geursporen van predatoren. De Canadezen gebruikten hiervoor vier in het wild gevangen kleine snoeken van ongeveer 20 centimeter lengte. Zij kregen eerst een maand dikkopelrits te eten om eventuele verschillen in geurprofiel op te heffen. Vervolgens kregen twee snoeken gedurende negen dagen hoogrug goudvis te eten en de twee andere snoeken slanke goudvis. Na het verorberen van de laatste

goudvis werden de snoeken gehouden in een klein aquarium met 74 liter schoon leidingwater. Na 24 uur werd dit water met snoekgeur ingevroren voor later gebruik in gedragsexperimenten.

Vervolgens werden individuele goudvissen met beide lichaamsvormen in een experimenteel aquarium onderzocht op antipredatorgedrag in reactie op een portie snoekwater. Zo werd duidelijk dat goudvissen de sterkste antipredatorrespons vertonen als ze worden blootgesteld aan de geur van snoek die gelijkvormige soortgenoten heeft gegeten. Slanke goudvis reageert paniekeriger op de geur van snoek die slanke goudvis heeft gegeten.

### Prooidiefstal

Goudvis kan dus de morfologie detecteren van onfortuinlijke 'vormgenoten' waarmee de chemosensorische inschatting van het predatierisico een onverwacht niveau van verfijning blijkt te bezitten. Uit ander onderzoek blijkt dat dikkopelrits via het predator-geurprofiel in het water ook informatie kan afleiden over het formaat en de nabijheid van aanwezige rovers.

Die gradaties in antipredatorreactie zijn ook in de vrije natuur te zien. Amerikaanse onderzoekers vingen jonge karpers in tien verschillende meren, met uiteenlopende dichtheden aan predatoren. In water met de hoogste dichtheden aan roofvissen hadden jonge karpers een gemiddeld hogere rug- en langere rug- en borstvinnen. Bovendien waren de hoogrugvormen in predatie-experimenten het lastigst te verorberen door forelbaars. Zelfs volwassen snoek – rover en prooi – gebruikt geurinformatie van aanwezige soortgenoten om zijn gedrag aan te passen. Geur van andere snoeken leidt ertoe dat snoek zijn prooi minder lang in zijn bek vasthoudt en eerder begint met slikken. Bovendien zwemt de snoek meer tijdens het hanteren van de prooivissen. Vermoedelijk is dit gedrag een adaptatie tegen kleptoparasitisme (prooidiefstal) en kannibalisme door grotere soortgenoten. Met een volle bek is snoek kwetsbaar als er veel soortgenoten rondzwemmen: hoe korter de maaltijd duurt, hoe beter.

### Chemische cocktail

Vissen krijgen dus uit verschillende bronnen informatie over de aanwezigheid van predatoren. Die signalen kunnen elkaar versterken. Snoekbroed van 9 millimeter vertoont bijvoorbeeld mild antipredatorgedrag in reactie op de geur van baars die jonge snoek heeft gegeten. Ze jagen minder op water-vlooien en zoeken sneller dekking in de vegetatie. In combinatie met de aanblik van een baars is die reactie veel sterker. Waarschijnlijk gebruiken vissen de geurstoffen voor een basisniveau van alertheid, maar is de aanblik van een predator nodig om een concrete inschatting van het risico te maken.

In veel wateren zwemmen verschillende predatoren die een mix aan prooi-soorten eten, met een dieetvoorkeur die door het seizoen kan veranderen. Het water bevat daardoor een in samenstelling en concentratie voortdurend wisselende cocktail van chemische informatie over risico's van predatie.

Onderzoek laat zien dat het wereldbeeld van vis een belangrijke biochemische component heeft. Maar het onderzoek is tot nu toe vooral vanuit de ecologie en ethologie verricht. Rest nog een batterij aan vraagtekens over de aard van deze stoffen en de moleculaire- en fysiologische mechanismen in de vis die leiden tot veranderingen in morfologie en gedrag. **V**

### Geraadpleegde Literatuur

Douglas P. Chivers, Xiaoxia Zhao & Maud C. O. Ferrari (2007) Linking Morphological and Behavioural Defences: Prey Fish Detect the Morphology of Conspecifics in the Odour Signature of their Predators. *Ethology* 113: 733–739.

Weber MJ, Rounds KD, Brown ML (2012) Phenotypic variation and associated predation risk of juvenile common carp *Cyprinus carpio*. *J Fish Biol* 80 (1): 49-60.

Snoeken passen hun gedrag aan als ze de geur van grotere soortgenoten waarnemen.