

De lauwbloedige koningsvis

Sommige vissen zijn 'lauwbloedig': ze produceren relatief veel warmte in hun lichaam, waardoor ze warmer zijn dan het koude water waarin ze leven. Welke aanpassingen hebben dergelijke vissen en hoe zijn die in de loop van de evolutie tot stand gekomen? Wetenschappers zoeken naar antwoorden.

De koningsvis (*Lampris guttatus*, afbeelding 1) is zo'n lauwbloedige (endotherme) vis. Amerikaanse visbiologen hebben ontdekt dat koningsvissen hun temperatuur in vrijwel het hele lichaam ongeveer vijf graden hoger kunnen houden dan hun omgeving. De koningsvis komt voor in alle wereldzeeën. Hij wordt tot twee meter lang en 60 kilo zwaar. Hij heeft een afgeplatte vorm en beweegt zich voornamelijk voort door bewegingen van de borstvinnen. De koningsvis ziet er misschien niet echt uit als een predator, maar hij is wel degelijk een succesvol jager.

afbeelding 1



Endothermie komt alleen bij grote vissoorten voor.

- 2p 1 Leg uit dat het voor kleine vissoorten, door hun grotere oppervlakte-inhoud verhouding, ongunstig is om endotherm te zijn.

De koningsvis is extreem gespierd en zijn spieren zijn opvallend donkerrood, door een grote hoeveelheid myoglobine.

- 2p 2 Leg uit hoe de aanwezigheid van myoglobine in de spieren bijdraagt aan het jachtsucces van de koningsvis.

De onderzoekers vingen koningsvissen vanaf een visserij-onderzoeksschip.

Bij 22 vissen werd direct na de vangst de temperatuur gemeten van de borstvinspier en van een aantal andere lichaamsgebieden.

Vier andere gevangen vissen werden uitgerust met meetapparatuur (datarecorders) en daarna weer vrijgelaten. De datarecorders verzamelden gegevens over de temperatuur van de borstvinspier, de zwemdiepte en de watertemperatuur op die diepte.

Enkele resultaten van deze metingen staan in tabel 1.

tabel 1

lichaamsgebied	gem. temperatuur (°C) ± standaardafwijking	temperatuurverschil t.o.v. zeewater (°C) ± standaardafwijking	aantal onderzochte vissen
aan dek gemeten koningsvissen			
borstvinspier	13,8 ± 1,5	3,8 ± 0,8	22
hart	13,2 ± 1,7	3,2 ± 0,7	21
schedel	16,1 ± 3,9	6,0 ± 3,0	22
buikholte	13,5 ± 1,6	3,5 ± 1,0	19
vrij zwemmende koningsvissen met datarecorder			
borstvinspier	14,4 ± 0,4	4,8 ± 1,2	4

Volgens de onderzoekers is de samentrekking van de borstvinsspieren de grootste bron van warmteproductie.

In de buikholte wordt veel minder warmte geproduceerd.

- 1p 3 Verklaar waardoor de buikholte toch vrijwel dezelfde temperatuur heeft als de borstvinspier.

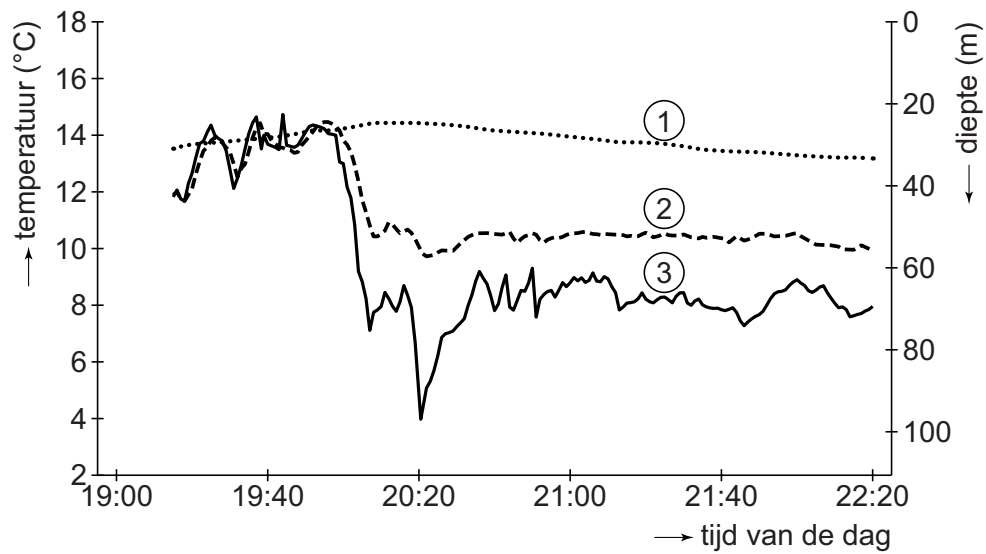
Twee uitspraken over de gegevens in tabel 1 zijn:

- 1 Naast de borstvinspier is er nog een ander gebied waar veel warmte wordt geproduceerd.
- 2 Uit de grote spreiding in de gemeten temperaturen van de schedel blijkt dat deze metingen niet valide zijn.

- 2p 4 Welke van deze uitspraken wordt of worden ondersteund door de gegevens in tabel 1?
- A geen van beide
 - B alleen 1
 - C alleen 2
 - D zowel 1 als 2

In afbeelding 2 staan de resultaten van een meetperiode van ruim drie uur bij één van de vrij zwemmende koningsvissen, uitgerust met een datarecorder.

afbeelding 2



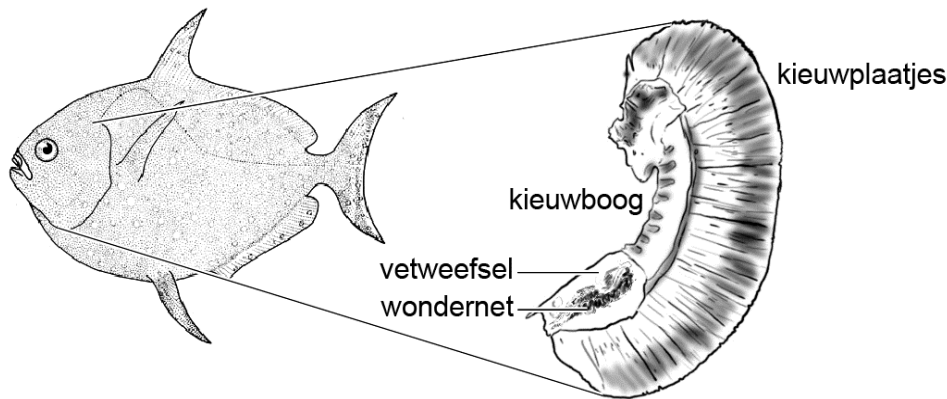
De drie genummerde lijnen in het diagram hebben betrekking op metingen van de zwemdiepte, de watertemperatuur op die diepte en de temperatuur van de borstvinspier.

- 1p 5 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter welke gemeten grootte (zwemdiepte, watertemperatuur of temperatuur van de borstvinspier) bij de betreffende lijn hoort.

Net als zeehonden en pinguïns hebben ook koningsvissen een onderhuidse vetlaag om warmteverlies in koud water te reduceren. Vissen hebben echter een enorm 'warmtelek' in de kieuwen, waar het bloed door een haarvatennet in nauw contact komt met het koude water. Zonder aanpassingen zouden endotherme vissen hierdoor het overgrote deel van de geproduceerde warmte verliezen.

Afbeelding 3 toont schematisch de bouw van een kieuw. Achter het kieuwdeksel zitten honderden dunne kieuwplaatjes aan halfronde kieuwbogen van bot. Dwars op elk kieuwplaatje staan weer honderden kleine lamellen met haarvaatjes waarin zuurstof uit het passerende water wordt opgenomen en koolstofdioxide uit het bloed wordt afgegeven.

afbeelding 3



De onderzoekers vonden bij koningsvissen twee aanpassingen die het warmteverlies in de kieuwen beperken.

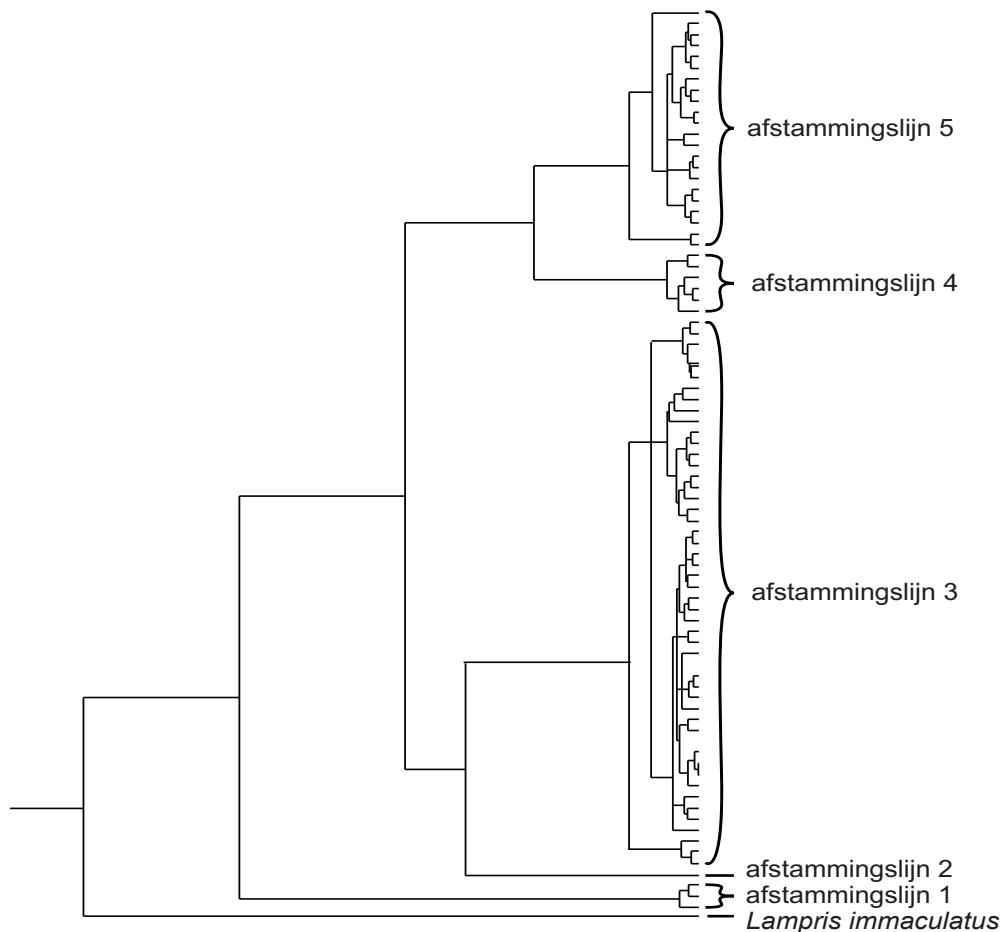
- 1 In de kieuwbogen ligt een 'wondernet': een kluwen van verstrengelde bloedvaatjes waarin het bloed dat naar de kieuwplaatjes gaat steeds vlak naast het bloed stroomt dat vanaf de kieuwplaatjes terug naar het lichaam gaat.
 - 2 Rond de kieuwbogen zit een laagje vetweefsel.
- 3p 6 – Leg uit hoe de tegengestelde stromingsrichtingen van het bloed in de bloedvaatjes van het wondernet het warmteverlies bij de koningsvis beperkt.
- Wat is de toegevoegde waarde van het vetweefsel op die plaats?

Een werknemer van een visgroothandel in Hawaii merkte op dat sommige koningsvissen grotere ogen hadden dan andere. Dat leidde bij geraadpleegde visbiologen tot de hypothese dat de koningsvis niet één soort is. Om dat te onderzoeken sequensten de visbiologen het mtDNA van 480 koningsvissen uit alle wereldzeeën en van de verwante soort *Lampris immaculatus*.

Op grond van variaties in het CO1-gen (dat codeert voor cytochroom c oxidase1) van de verschillende individuen concludeerden de onderzoekers dat er vijf afstammingslijnen zijn van de koningsvis *Lampris guttatus*.

Dit is weergegeven in het cladogram van afbeelding 4.

afbeelding 4



Op basis van dit cladogram worden drie beweringen gedaan:

- 1 *Lampris immaculatus* is de gemeenschappelijke voorouder van alle koningsvissen.
- 2 Afstammingslijn 2 is meer verwant met 4 dan met 1.
- 3 Afstammingslijn 3 is meer verwant met 4 dan met 5.

2p 7 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of de betreffende bewering **wel** of **niet** juist is.

Op de website van het tijdschrift *National Geographic* staat een bericht over de warmbloedige koningsvis. Donald reageert daarop: “Ik geloof dit niet! Als deze vis warmbloedig is, is hij dan geëvolueerd uit een zoogdier?”

Op school bespreken leerlingen het idee van Donald.

Drie reacties zijn:

- 1 Als lauwbloedige vissen, net zoals walvissen, uit zoogdieren zouden zijn geëvolueerd, dan zouden ze longen hebben en geen kieuwen.
- 2 Er heeft co-evolutie plaatsgevonden, waardoor zowel de koningsvissen als de zeezoogdieren endotherm werden en hierin op elkaar lijken.
- 3 Koningsvissen zijn de lauwbloedige evolutionaire schakel tussen de koudbloedige vissen en de warmbloedige zoogdieren.

2p 8 Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of de betreffende reactie **wel** of **niet** juist is.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.