

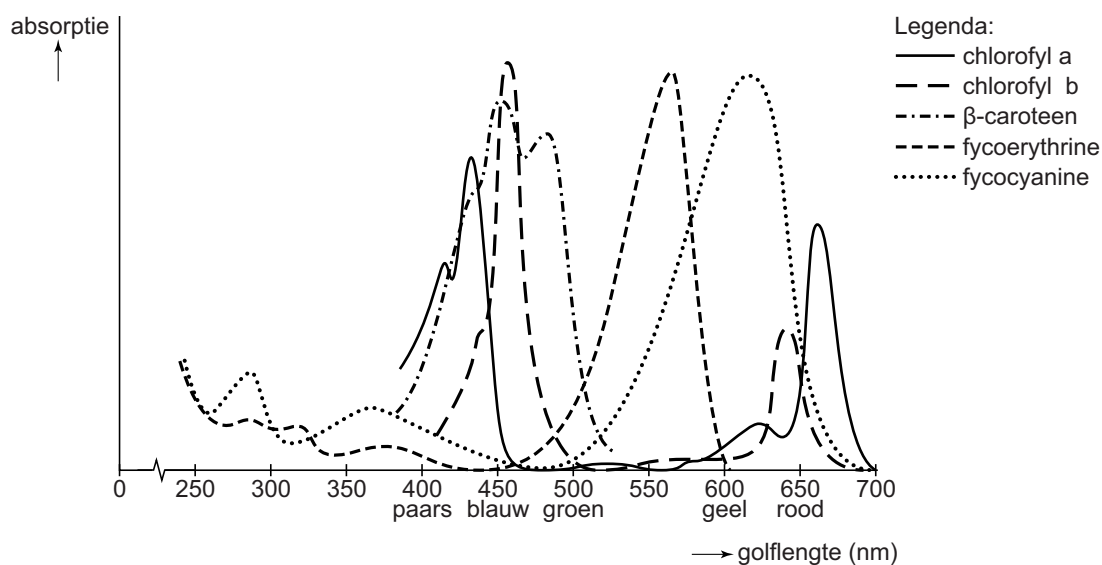
## Bloei van de blauwalg

'Blooms like it hot' was een kop in het wetenschappelijke tijdschrift Science in april 2008. De onderzoekers Hans Paerl en Jef Huisman wijzen daarmee op een toename van de algenbloei in oceanen door het versterkt broeikas effect. Zij onderzochten de blauwalgenbloei.

Een verhoging van de gemiddelde temperatuur op de aarde heeft geleid tot een exponentiële vermeerdering van onder andere blauwalgen. Bij blauwalgenbloei drijft er een laag drab van deze cyanobacteriën op het water. Ze produceren onder die omstandigheden vaak stoffen zoals microcystines en anatoxine, die bij opname giftig zijn voor (zwemmende) mensen en dieren. Symptomen van blauwalgenvergiftiging variëren van huiduitslag en maagdarmlaaijken, tot krampen en ademhalingsproblemen.

Cyanobacteriën zweven al miljarden jaren in het water en hebben bijgedragen aan het ontstaan van een zuurstofrijke atmosfeer. Cyanobacteriën worden ook wel blauwalgen genoemd vanwege hun blauwe pigment fycocyanine, dat samen met andere pigmenten, zoals chlorofyl-a, bij de fotosynthese betrokken is. Afbeelding 1 toont het absorptiespectrum van pigmenten die gevonden worden in cyanobacteriën.

afbeelding 1



Groene algen beschikken over het algemeen niet over pigmenten als fycocyanine en fycocerythrine.

- 1p 4 Welk voordeel hebben de cyanobacteriën met fycocyanine en/of fycocerythrine ten opzichte van groene algen zonder deze pigmenten?

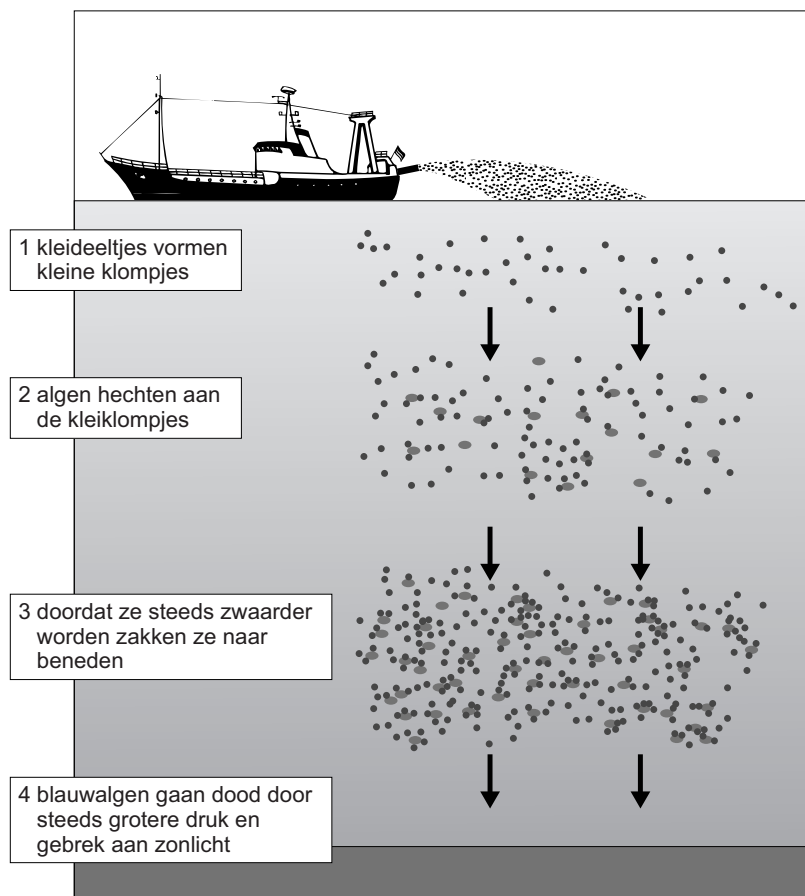
- 2p 5 Wat is de functie van fycocyanine bij de fotosynthese?
- A opvangen van lichtenergie
  - B productie van glucose
  - C productie van zuurstof
  - D productie van ATP
  - E splitsen van water

Een effect van verdere opwarming van de aarde is een plaatselijke toename van de regenval. Paerl en Huisman verwachten daardoor een grotere kans op blauwalgenbloei in de uitstroomgebieden van rivieren in zee (estuaria).

- 2p 6 Door welke verandering in het water kan meer regenval op het land leiden tot een toename van algenbloei in estuaria?
- A het water wordt minder troebel
  - B het water wordt minder zout
  - C het water wordt voedselrijker
  - D het water wordt zuurstofrijker

Men zoekt naar methoden om blauwalgenbloei tegen te gaan. Een manier is om kleideeltjes waaraan de blauwalgen hechten op het water te sproeien. De blauwalgen zakken daardoor naar de bodem (zie afbeelding 2).

### afbeelding 2



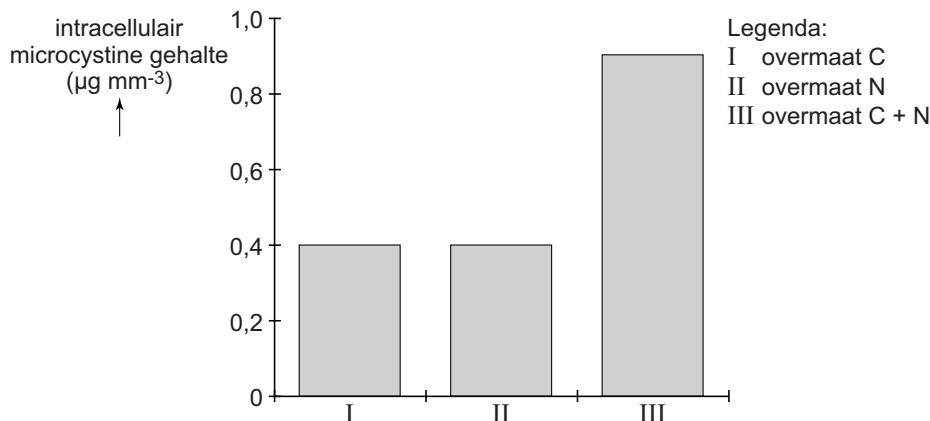
Het op deze manier (zie afbeelding 2) afzinken van blauwalgen levert ook een bijdrage aan het tegengaan van het versterkt broeikas effect.

- 2p 7 Leg uit dat deze methode bijdraagt aan het tegengaan van het versterkt broeikas effect, maar dat het mogelijk op de lange termijn geen effect heeft.

De onderzoeksgroep van Paerl en Huisman onderzocht de invloed van milieuomstandigheden op de giftigheid van de cyanobacterie *Microcystis aeruginosa*. In het laboratorium werden deze cyanobacteriën gekweekt in drie vaten waaraan respectievelijk een overmaat koolstof (in de vorm van  $\text{CO}_2$ ), een overmaat stikstof (in de vorm van  $\text{NO}_3^-$ ), of een overmaat van beide stoffen was toegevoegd. Na afloop werd het gehalte van de gifstof microcystine in de cellen bepaald.

De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 3.

**afbeelding 3**



- 3p 8 Leg uit dat de door mensen veroorzaakte eutrofiëring, gecombineerd met de uitstoot van broeikasgassen, de giftigheid van de cyanobacteriën *Microcystis aeruginosa* kan vergroten.

Als cyanobacteriën geen microcystines kunnen produceren wil dat nog niet zeggen dat ze onschadelijk zijn. Er zijn ook cyanobacteriën die het gevaarlijke en snelwerkende anatoxine-a maken. Deze stof activeert acetylcholinereceptoren van skeletspieren. Anatoxine-a kan echter niet worden afgebroken door acetylcholinesterase.

- 3p 9
- Wat gebeurt er op celniveau wanneer anatoxine-a terechtkomt in synapsen van motorische eindplaatjes? Gebruik in je antwoord de termen depolarisatie en repolarisatie.
  - Wat is het gevolg hiervan op orgaanniveau?
  - Waardoor kan dit gevaarlijk zijn op organismeniveau?

Wanneer er cyanobacteriën in zwemwater worden gevonden, is het belangrijk om snel uitsluitsel te krijgen over de giftigheid ervan. Dat kan door een genetische analyse uit te voeren. Alleen cyanobacteriën met een *mcy*-gen, dat codeert voor het enzym microcystine synthase, kunnen microcystines produceren.

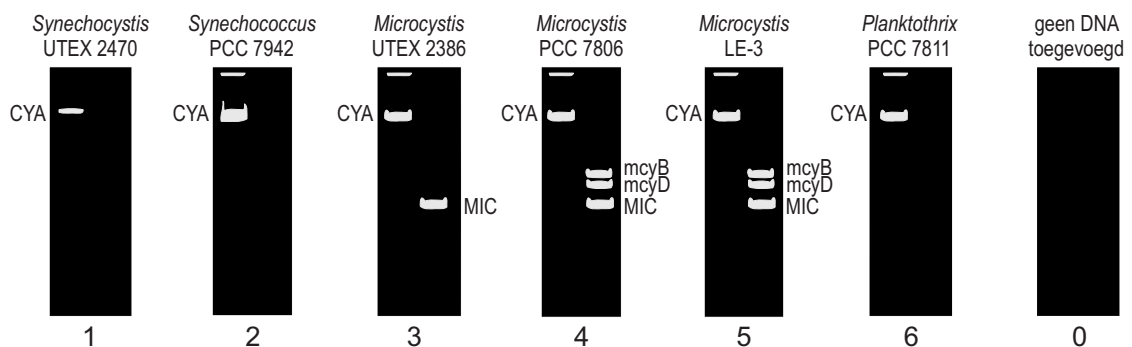
Van zes verschillende stammen cyanobacteriën wordt in een laboratorium de aanwezigheid van de genen *mcyB* en *mcyD* onderzocht.

Als controlegenen gebruiken de onderzoekers het *CYA*-gen dat alle soorten cyanobacteriën bezitten, en het *MIC*-gen dat alleen voorkomt in *Microcystis* soorten.

Met behulp van de Polymerase Ketting Reactie (PCR) wordt het DNA van de genfragmenten vermenigvuldigd. De PCR-producten worden geanalyseerd door gelelektroforese.

Het resultaat daarvan is in afbeelding 4 weergegeven.

**afbeelding 4**



Bij de PCR-techniek wordt gebruikgemaakt van DNA-polymerases, geïsoleerd uit speciale bacteriën.

- 1p 10 Waardoor zijn menselijke DNA-polymerases niet bruikbaar bij de vermenigvuldiging van DNA door middel van PCR?

Over de resultaten van de gelelektroforese (afbeelding 4) worden twee beweringen gedaan:

- 1 Alle *Microcystis* cyanobacteriën uit de test zijn giftig;
- 2 Het resultaat van *Planktothrix* is onbetrouwbaar omdat het controlegen *MIC* ontbreekt.

- 2p 11 Welke bewering wordt of welke beweringen worden door de resultaten ondersteund?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D beide beweringen

Bij dit onderzoek is ook een controlemonster in de gelelektroforese geanalyseerd. Aan dit controlemonster is geen DNA toegevoegd, maar er is wel PCR toegepast.

1p **12** Waardoor maakt deze controlebepaling de analyse betrouwbaarder?

Met behulp van de analyse van genetisch materiaal met gebruik van PCR (zie afbeelding 4) kan een alarmsysteem ontwikkeld worden waardoor overheden vroegtijdig gewaarschuwd worden in welke wateren er mogelijk bloei met giftige blauwalgen kan ontstaan.

2p **13** Beargumenteer waardoor een dergelijke analyse van mcyB en mcyD geschikter is voor een alarmsysteem dan methoden die zich richten op het vinden van de giftige microcystines.

---

#### **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.*