

Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

Koraalverbleking

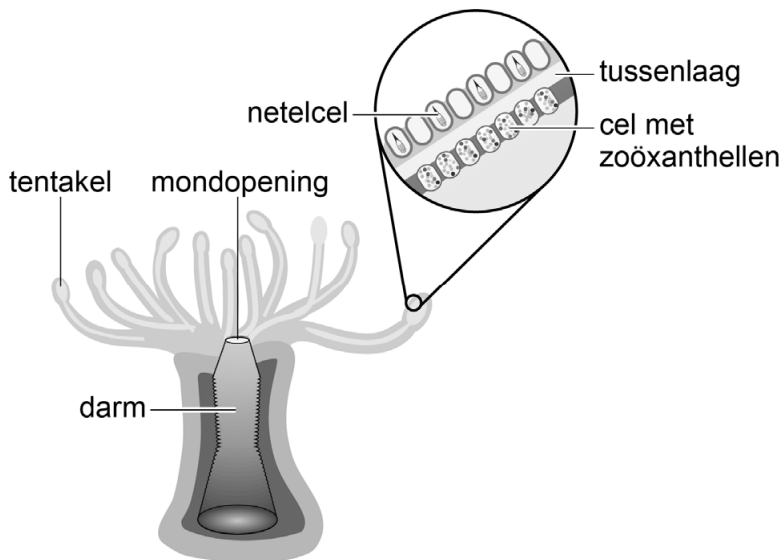
Koraalriffen in tropische oceanen zijn de grootste structuren die door organismen op aarde gevormd zijn. Deze waardevolle ecosystemen worden in hun voortbestaan bedreigd door klimaatverandering.

Koraalriffen worden opgebouwd door kolonievormende koraaldiertjes. De koraaldiertjes hebben een bekervormig uitwendig skelet van kalk (CaCO_3), waarmee ze vastgehecht zijn aan elkaar en aan de ondergrond. Het rif groeit doordat de kalkskeletten steeds boven elkaar worden afgezet.

Elk koraaldiertje heeft rondom de mondopening een ring van tentakels met netelcellen, waarmee het plankton en kleine diertjes uit het water vangt. De koraaldiertjes leven bijna allemaal in symbiose met verschillende soorten zoöxanthellen. Deze eencellige algen horen alle tot het geslacht *Symbiodinium*. Zoöxanthellen leven in cellen van de tentakels van de koraaldiertjes, en produceren daar organische stoffen en zuurstof, die door de koraaldiertjes worden gebruikt.

In afbeelding 1 is de bouw van een koraaldiertje weergegeven.

afbeelding 1



Koraalriffen komen langs de kusten van tropische oceanen voor, meestal tot een diepte van 50 meter.

- 2p 1 Leg uit waardoor koraaldiertjes die in symbiose leven met zoöxanthellen, niet dieper voor kunnen komen.

Het water rond de koraalriffen is arm aan voedingszouten. De symbiose met de koraaldiertjes levert de zoöxanthellen een competitief voordeel op ten opzichte van algen die vrij in het water leven.

Drie gegevens over het rif zijn:

- 1 Koraaldiertjes produceren anorganische stofwisselingsproducten.
- 2 Algen produceren organische verbindingen.
- 3 Op het rif leeft de doornenkroon (een zeester) die zich voedt met koraaldiertjes.
- 4 In het water rond het rif leeft zoöplankton dat zich voedt met eencellige algen.

- 2p **2** Noteer de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of het betreffende gegeven **wel** of **geen** competitief voordeel oplevert voor de zoöxanthellen ten opzichte van vrij levende algen.

De Nederlandse onderzoekers De Goeij en Van Oevelen veronderstelden dat bepaalde sponzen, die in holten tussen het koraal leven, een sleutelrol spelen in de hoge totale productiviteit van het koraalrif-ecosysteem.

Deze sponzen zouden de 'mucus' (slijm met opgeloste organische stoffen) die koraaldiertjes afgeven, opnemen en gebruiken voor de bouw van nieuwe sponscellen; oudere sponscellen worden afgestoten en vervolgens als detritus weer opgenomen door detritivoren (afvaleters).

Om hun verklaring voor de hoge totale productiviteit te onderzoeken sloten de onderzoekers enkele holten binnen het koraalrif af van het omringende water en injecteerden daarin mucus met organische stoffen verrijkt met ^{13}C . Na zes uur werd de afsluiting ongedaan gemaakt, waarna gedurende twee dagen op verschillende momenten steeds een aantal metingen werd verricht. Met deze metingen wilden de onderzoekers het bestaan van de hierboven beschreven route van organische stoffen aantonen.

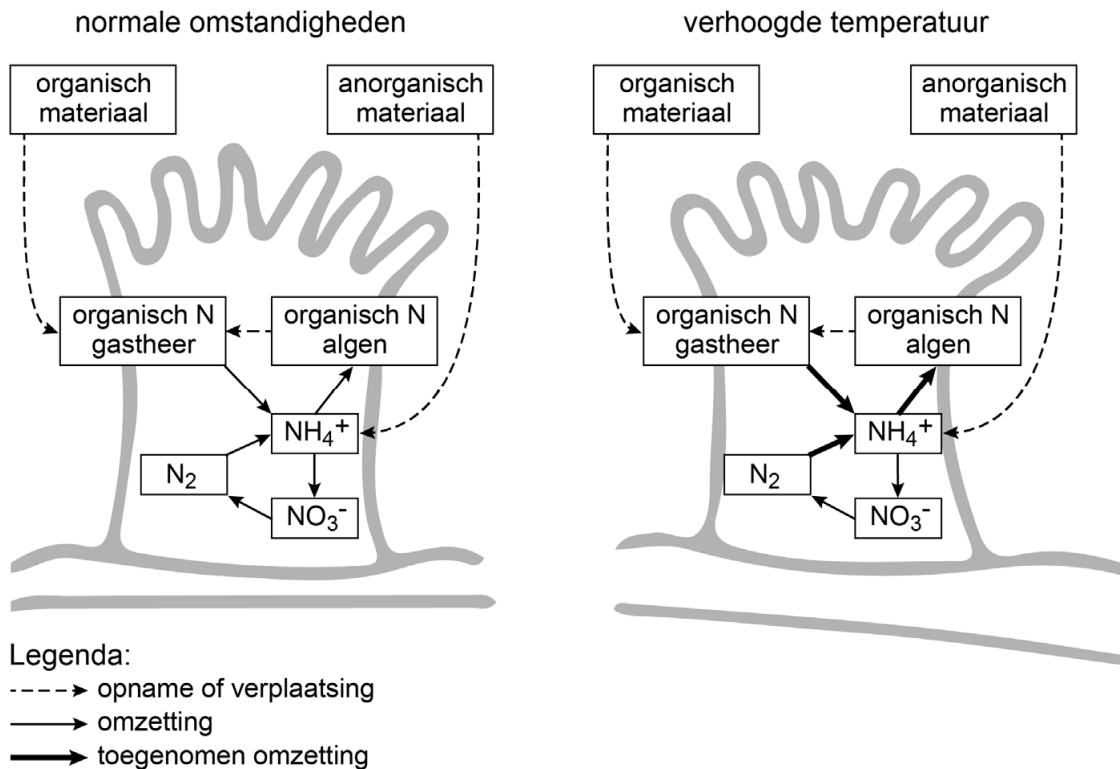
- 2p **3**
- Noteer welke metingen moesten worden gedaan.
 - Beschrijf welke resultaten het bestaan van deze route bevestigen.

- 2p **4** Welke rol hebben de sponzen in het voedselweb op basis van de gegevens over het koraalrif?

- A alleen consument van de 1e orde en hoger
- B alleen consument van de 2e orde en hoger
- C alleen consument van de 1e orde en producent
- D alleen consument van de 2e orde en producent
- E alleen consument van de 1e orde en reductent
- F alleen consument van de 2e orde en reductent

Koraaldiertjes zijn ook gastheren voor andere symbionten, zoals bacteriën die een rol spelen in de stikstofkringloop. Als de temperatuur van het zeewater stijgt, wordt de groei van zoöxanthellen bevorderd. In afbeelding 2 is weergegeven welke veranderingen in dat geval optreden bij de opname en omzetting van stikstofverbindingen in de koraaldiertjes met hun symbionten.

afbeelding 2



Enkele processen in de stikstofkringloop zijn:

- 1 nitrificatie
- 2 denitrificatie
- 3 stikstoffixatie
- 4 stikstofassimilatie

2p 5 Noteer de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar op je antwoordblad en schrijf erachter of het proces **wel** of **niet** toeneemt in koraaldiertjes met hun symbionten als de watertemperatuur stijgt.

De versnelde groei van de zoöxanthellen houdt geen stand. Langdurige stijging van de watertemperatuur leidt uiteindelijk tot verbleking ('bleaching') van het koraal: de zoöxanthellen verdwijnen, waardoor het witte kalkskelet van de koraaldiertjes zichtbaar wordt. Er is onderzocht welke processen op cellulair niveau leiden tot bleaching. Een hogere watertemperatuur beschadigt enzymen die betrokken zijn bij de fotosynthese. Zo is op het thylakoïdmembraan de elektronen-transportketen verstoord, waardoor verschillende schadelijke zuurstofverbindingen ontstaan.

- 1p 6 In welke verbinding komt een elektron dat via fotosysteem II en I getransporteerd wordt terecht onder normale omstandigheden?
- A in ATP
 - B in H₂O
 - C in NADPH
 - D in O₂

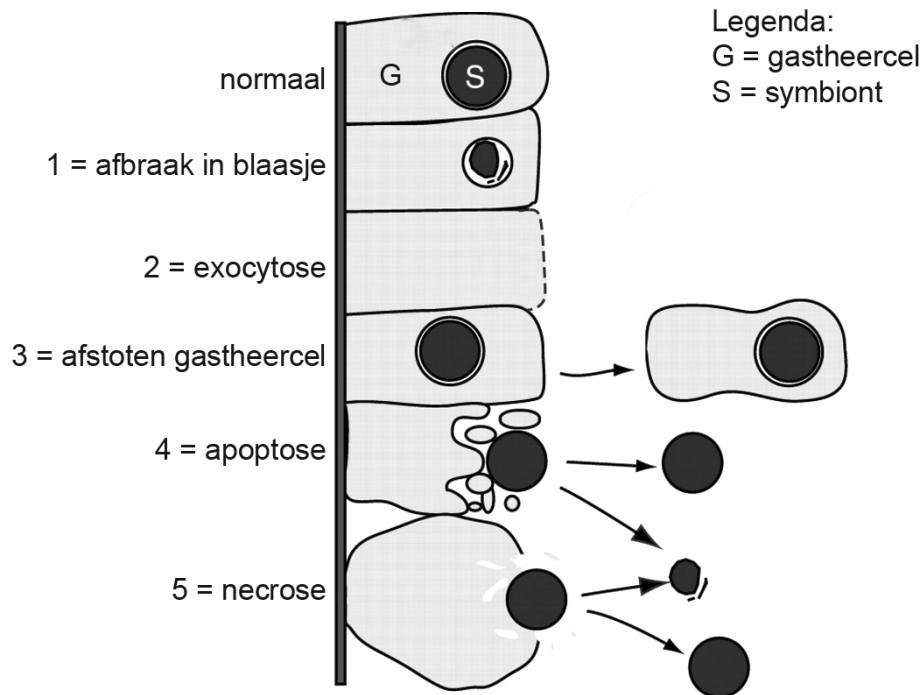
Ook enzymen van de donkerreactie zijn beschadigd.

- 1p 7 Licht toe dat er zonder donkerreactie geen lichtreactie kan plaatsvinden.

De verstoring van de fotosynthese leidt tot een ophoping van schadelijke zuurstofverbindingen, zoals H₂O₂, waardoor de koraalcellen hun zoöxanthellen afstoten om celbeschadiging te voorkomen.

Er zijn verschillende manieren waarop koraaldiertjes hun schadelijke zoöxanthellen kunnen verwijderen (afbeelding 3). De afbeelding is niet compleet: de tekening laat nog niet zien hoe de exocytose van de symbiont (nummer 2) gaat.

afbeelding 3



- 2p 8 Neem de schets van nummer 2 over op je antwoordblad en maak de tekening af. Hanteer dezelfde stijl als gebruikt bij de andere tekeningen.

Het is niet duidelijk in hoeverre de verbleekte koraalriffen zich in de toekomst zullen herstellen. Een natuurlijk herstelmechanisme dat wordt waargenomen, is een verschuiving in de symbiose met de zoöxanthellen. Temperatuurgevoelige *Symbiodinium*-soorten worden vervangen door meer temperatuurtolerante *Symbiodinium*-soorten, waardoor de temperatuurtolerantie van het koraal 1 tot 1,5 °C verschuift. Sommige wetenschappers stellen dat deze aanpassing een vorm van evolutie is.

- 2p 9 – Geef een argument **vóór** deze stelling.
 – En geef een argument **tegen** deze stelling.

Antivrieseiwitten

De Amerikaanse onderzoeker Arthur DeVries ontdekte dat poolvissen aanpassingen hebben die voorkómen dat ze bevroren in het ijskoude water. In afbeelding 1 is een antarctisch baarsje omringd door ijskristallen weergegeven.

afbeelding 1



Rond Antarctica, waar de watertemperatuur gemiddeld -1,9 °C is, vormen zich ijskristallen in het water. In dit ijskoude water zijn aangepaste vissen te vinden, met antivrieseiwitten in hun lichaam. Zonder deze antivrieseiwitten zouden in het lichaam van deze koudbloedige vissen ijskristallen ontstaan die schade aanrichten doordat ze membranen van cellen kapot prikken.

IJsvorming in het bloedplasma kan leiden tot osmotische problemen voor de bloedcellen, omdat ijskristallen veel minder zout bevatten dan vloeibaar water.

- 2p 10 Wordt het bloedplasma bij ijsvorming hyper- of hypotoon ten opzichte van het cytoplasma van de bloedcellen? En wat is het gevolg van deze osmotische verandering voor de bloedcellen?

het bloedplasma wordt

de bloedcellen

- | | | |
|---|-----------|---------|
| A | hypertoon | knappen |
| B | hypertoon | krimpen |
| C | hypotoon | knappen |
| D | hypotoon | krimpen |