

# examen bundel

Meer dan alleen oefenexamens

Nu bij je boek  
**mijn.examenbundel.nl**  
Online oefenen, video's en meer

**2024|2025**

vwo

**Biologie**



# examen  
bundel >

Slim leren, zeker slagen



# Slim leren, zeker slagen met Examenbundel!

Oefenopgaven, samenvattingen, woordjes,  
examentips en inspiratie: op [examenbundel.nl](http://examenbundel.nl)  
vind je alles om je optimaal voor te bereiden  
op je examens.

#ikgazekerslagen #geenexamenstress [examenbundel.nl](http://examenbundel.nl)

[examenbundel.nl](https://examenbundel.nl)

# examen bundel



Meer dan alleen oefenexamens

**2024 | 2025**

M.C.C. Gommers  
A.S.P. Jansen

VWO

**Biologie**



## Colofon

**Auteurs**

M.C.C. Gommers  
A.S.P. Jansen

**Vormgeving binnenwerk**

Maura van Wermeskerken, Apeldoorn

**Opmaak**

Crius Group, Hulshout

**Redactie**

Lineke Pijnappels

**Over ThiemeMeulenhoff**

ThiemeMeulenhoff ontwikkelt slimme flexibele leeroplossingen met een persoonlijke aanpak. Voor elk niveau en elke manier van leren. Want niemand is hetzelfde.

We combineren onze kennis van content, leerontwerp en technologie, met onze energie voor vernieuwing. Om met en voor onderwijsprofessionals grenzen te verleggen. Zo zijn we samen de motor voor verandering in het primair, voortgezet en beroepsonderwijs.

**Samen leren vernieuwen.**

[www.thiememeulenhoff.nl](http://www.thiememeulenhoff.nl)

Boek ISBN 978 90 06 07395 9

Pakket ISBN 978 90 06 65075 4

Eerste druk, eerste oplage, 2024

©ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2024

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 23 augustus 1985, Stbl. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie (PRO), Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp ([www.stichting-pro.nl](http://www.stichting-pro.nl)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden. Voor meer informatie over het gebruik van muziek, film en het maken van kopieën in het onderwijs zie [www.auteursrechtenonderwijs.nl](http://www.auteursrechtenonderwijs.nl).

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Deze uitgave is volledig CO<sub>2</sub>-neutraal geproduceerd.

Het voor deze uitgave gebruikte papier is voorzien van het FSC®-keurmerk.

Dit betekent dat de bosbouw op een verantwoorde wijze heeft plaatsgevonden.

# Zo werk je met deze Examenbundel

De eerste stap om vol vertrouwen je examen voor dit vak in te gaan heb je gezet! Deze Examenbundel is namelijk de beste voorbereiding, omdat je oefent met echte examenopgaven. Kijk hoe het werkt.

## De indeling van het boek

Je Examenbundel bestaat uit verschillende delen:

- **De oriëntatietoets:** krijg snel een eerste indruk hoe je scoort op de verschillende examenonderwerpen.
- **Deel 1 - Oefenen op onderwerp:** oefen gericht met examenopgaven over de onderwerpen die jij lastig vindt.
- **Deel 2a - Examens met uitwerkingen:** oefen met hele examens met heldere uitleg van onze ervaren examendocenten.
- **Deel 2b - Examen 2024-I:** doe de generale repetitie voor het echte examen. De antwoorden en uitwerkingen staan op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl).

### Hints en uitwerkingen

#### HINTS

Weet je niet hoe je een vraag moet aanpakken? Dan zijn er hints om je op weg te helpen.

#### UITWERKINGEN

Kijk de vragen na met de uitwerkingen. Daarin staat het juiste antwoord. Maar belangrijker: je krijgt duidelijke uitleg waarom dit het juiste antwoord is en hoe je daar komt.

Zo oefen je én leer je tegelijk!!

## Online oefenen met Mijn Examenbundel

Bij dit boek hoort een online omgeving: [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl). Het boek en Mijn Examenbundel werken met elkaar samen.



Maak de balans op



Leren en oefenen



Ook handig



#### Boek

- oriëntatietoets maken
- hele examens maken

- examenopgaven oefenen per onderwerp

- onderwerpregister

#### Mijn Examenbundel

- nakijken oriëntatietoets
- nakijken hele examens

*Je scores worden bewaard!*

- uitlegvideo's per onderwerp
- extra examenopgaven per onderwerp

*Je ziet je voortgang!*

- overzicht van de examenstof
- hulpmiddelen
- examentips

*Alle belangrijke info bij elkaar!*

Om optimaal gebruik te maken van boek én website, verwijst het boek op handige plekken naar [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl).

#### Voorbeeld



Wil je weten hoe je de toets hebt gemaakt? De antwoorden staan op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl). Vul je punten in en bekijk je score per onderwerp.  
Je scores worden bewaard.



### Activeer direct je code voor Mijn Examenbundel

Ga nu naar [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) en maak meteen je account aan. Met de activatiecode die je per mail hebt ontvangen of via de ELO van je school, heb je toegang tot alle extra's die bij je boek horen.

### Gebruik ook Samengevat

Wil jij je nog beter voorbereiden op het eindexamen? Combineer Examenbundel dan met Samengevat - alle examenstof kort en bondig in één boek.

### Heel veel succes!

Namens team Examenbundel heel veel succes met je examens! #slimlereniszekerslagen

Heb je een vraag of opmerking over deze Examenbundel? Ga dan naar [examenbundel.nl/contact](https://examenbundel.nl/contact).

#### Opmerking

De overheid stelt de regels op voor het examen. Bijvoorbeeld wat de examenonderwerpen zijn, welke hulpmiddelen je mag gebruiken en wanneer het examen is. De auteurs en uitgever hebben deze Examenbundel met grote zorg samengesteld. Soms veranderen de regels van de overheid echter of worden er nieuwe afspraken gemaakt over wat die regels betekenen. Raadpleeg daarom altijd je docent of onze website [www.examenbundel.nl](https://www.examenbundel.nl) voor actuele informatie die voor jouw examen van belang is.

## Inhoud

### 7 Tips: hoe maak je examenopgaven bij biologie?

## Oriëntatietoets

### 11 Opgaven

Deel 1

## Oefenen op onderwerp

<b>1 Cellen en onderzoek doen</b>	<b>10 Vertering</b>
29 Opgaven	142 Opgaven
37 Hints - uitwerkingen	147 Hints - uitwerkingen
<b>2 Voortplanting</b>	<b>11 Transport</b>
41 Opgaven	151 Opgaven
49 Hints - uitwerkingen	159 Hints - uitwerkingen
<b>3 Genetica</b>	<b>12 Gaswisseling</b>
54 Opgaven	163 Opgaven
62 Hints - uitwerkingen	170 Hints - uitwerkingen
<b>4 DNA</b>	<b>13 Uitscheiding</b>
66 Opgaven	174 Opgaven
76 Hints - uitwerkingen	180 Hints - uitwerkingen
<b>5 Evolutie</b>	<b>14 Afweer</b>
81 Opgaven	184 Opgaven
89 Hints - uitwerkingen	194 Hints - uitwerkingen
<b>6 Regeling</b>	<b>15 Planten</b>
94 Opgaven	198 Opgaven
109 Hints - uitwerkingen	200 Hints - uitwerkingen
<b>7* Waarneming</b>	<b>16 Ecologie</b>
116 Opgaven	202 Opgaven
121 Hints - uitwerkingen	217 Hints - uitwerkingen
<b>8* Gedrag</b>	<b>17 Mens en milieu</b>
124 Opgaven	224 Opgaven
128 Hints - uitwerkingen	230 Hints - uitwerkingen
<b>9 Stofwisseling</b>	
131 Opgaven	
138 Hints - uitwerkingen	

\* Dit onderwerp is alleen bestemd voor het schoolexamen.

Deel 2a

## Examens met uitwerkingen

Examen 2023-I

- 235 Opgaven
- 257 Hints - uitwerkingen

Examen 2023-II

- 268 Opgaven
- 286 Hints - uitwerkingen

Deel 2b

## Examen 2024-I

Examen 2024-I

- 299 Opgaven

## Bijlagen

- Cijferbepaling
- Onderwerpregister
- Examen(werk)woorden

## Tips: hoe maak je examenopgaven bij biologie?

Bij het op de juiste manier oplossen van een probleem doorloop je in het algemeen drie stappen: de voorbereiding, de uitvoering en een controle.

### Voorbereiding



- Haal even rustig adem en ontspan je spieren.
- Lees steeds eerst de vraag of opdracht die achter het nummer van de opgave staat en daarna pas de informerende tekst daarboven. Kijk dan goed naar wat echt gevraagd wordt. Je kunt belangrijke zinsdelen alvast markeren op je examenblad.
- Bij open vragen moet je uitleg begrijpelijk zijn voor een leerling uit het voorgaande leerjaar.
- Blijf niet te lang bezig met een moeilijke opgave. Loop niet achter op een tijdschema van ± 15 opgaven per uur.

### Uitvoering



- Sla na ieder antwoord steeds een regel over, of reserveer voldoende ruimte als het niet (volledig) af is.
- Gebruik voor het antwoord op een meerkeuzevraag een hoofdletter en geef geen uitleg.
- Ga na of je het antwoord uit de gegeven tekst moet halen of uit Binas/ScienceData.
- Het aantal punten dat je voor een vraag kunt krijgen, geeft meestal aan uit hoeveel stappen een antwoord minstens moet bestaan.
- Indien om uitleg wordt gevraagd, mag die niet ontbreken.
- Geef niet meer antwoorden of voorbeelden dan gevraagd; als er bv. twee gevraagd worden, worden alleen de eerste twee nagekeken.
- Als bij een open vraag gerekend moet worden, zet die berekening er dan bij, ook als je die berekening niet geheel af kunt maken. Bepaalde rekenstappen leveren soms punten op.
- Gebruik geen onduidelijke uitleg, zoals: er is invloed van... (stimulerend of remmend?); het is hoger (wat hoger dan wat?); de temperatuur verandert (wordt die hoger of lager?).

### Controle



- Lees de vraag nog eens over. Is het antwoord passend op de vraag?
- Volgen de zinnen in je antwoord elkaar logisch op?
- Zijn de juiste eenheden vermeld?
- Let op het aantal cijfers, voor of na de komma. Komen deze overeen met genoemde waarden in de opgave?
- Zijn minstens alle meerkeuzevragen beantwoord?



## Oriëntatietoets

Hoe zou je het nu al doen op een examen? De oriëntatietoets geeft je een eerste indruk.



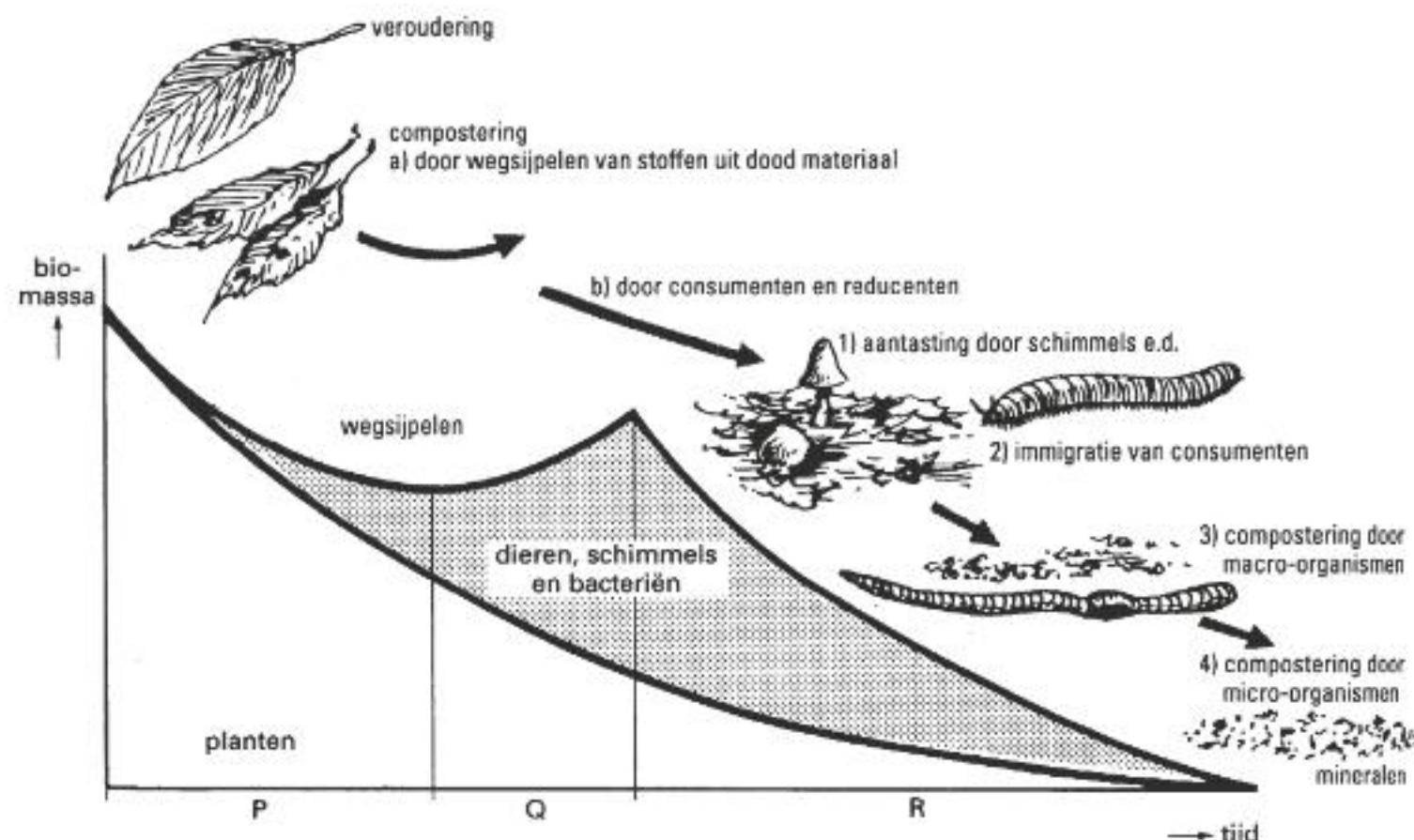


## Oriëntatietoets

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

### Kringloop van stoffen

In de kringloop van stoffen op aarde speelt compostering een belangrijke rol. Bij compostering wordt uit organisch materiaal geleidelijk anorganisch materiaal gemaakt. De afbeelding hieronder geeft de compostering op het land weer, waarbij zowel de biomassa van plantaardig materiaal, als de biomassa van dieren, schimmels en bacteriën in de loop van de tijd verandert.



In de afbeelding zijn drie perioden aangegeven met de letters P, Q en R. Voor elk van deze perioden kan worden nagegaan of

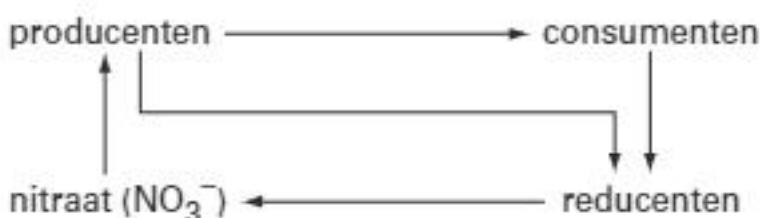
- 1 de totale biomassa af- of toeneemt,
- 2 de biomassa van het plantaardige materiaal af- of toeneemt,
- 3 de biomassa van dieren, schimmels en bacteriën af- of toeneemt.

- 3p 1 Neem onderstaande tabel over en vul in of de biomassa binnen de genoemde periode afneemt of toeneemt.

periode	biomassa		
	totaal	van planten	van dieren, schimmels, bacteriën
P	...	...	...
Q	...	...	...
R	...	...	...

## Veevoer

Vroeger werd het voer voor het vee in Nederland hoofdzakelijk in ons land geproduceerd. Gedurende de laatste decennia is steeds meer veevoer ingevoerd uit andere landen. Van het eiwit in het voer dat door het vee wordt gegeten, wordt niet alles benut door het vee. Resten van dit veevoer komen met de mest in de bodem van akkers en weilanden terecht. Hierdoor is het mineraalgehalte van deze bodems tegenwoordig anders dan vroeger. Hieronder zijn in een sterk vereenvoudigd schema enkele stikstofstromen weergegeven die in Nederland voorkomen.

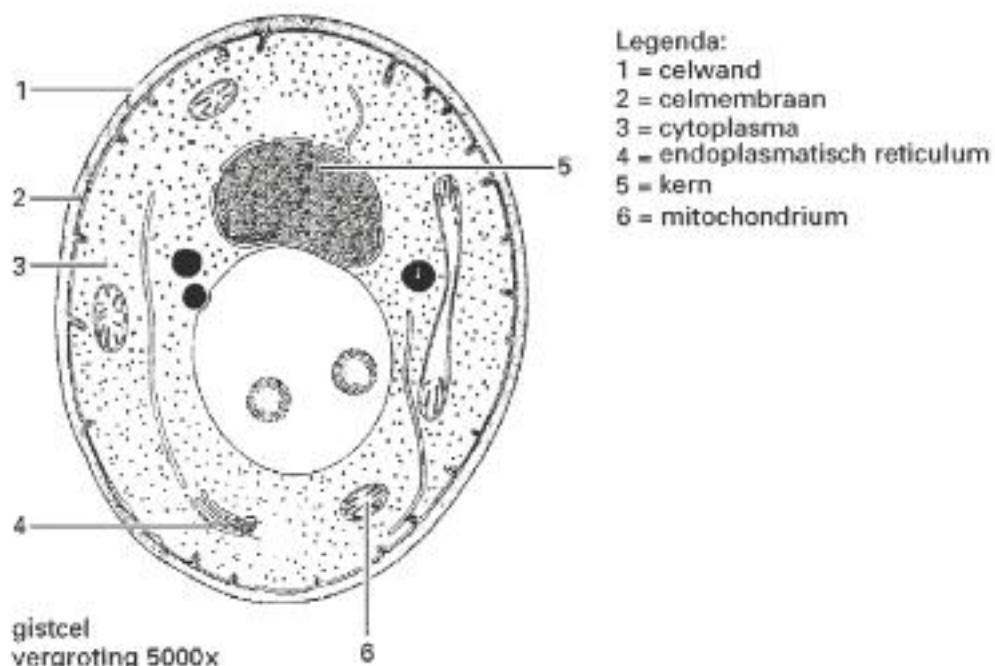


Het is niet met zekerheid te zeggen of door de beschreven veranderingen in de bodem van een weiland de groeisnelheid van de daar voorkomende producenten wel of niet toeneemt.

- 2p 2 Geef een argument voor de veronderstelling dat de groeisnelheid van de producenten wel toeneemt en een argument voor de veronderstelling dat de groeisnelheid van de producenten *niet* toeneemt.

## Alcohol

gistcel

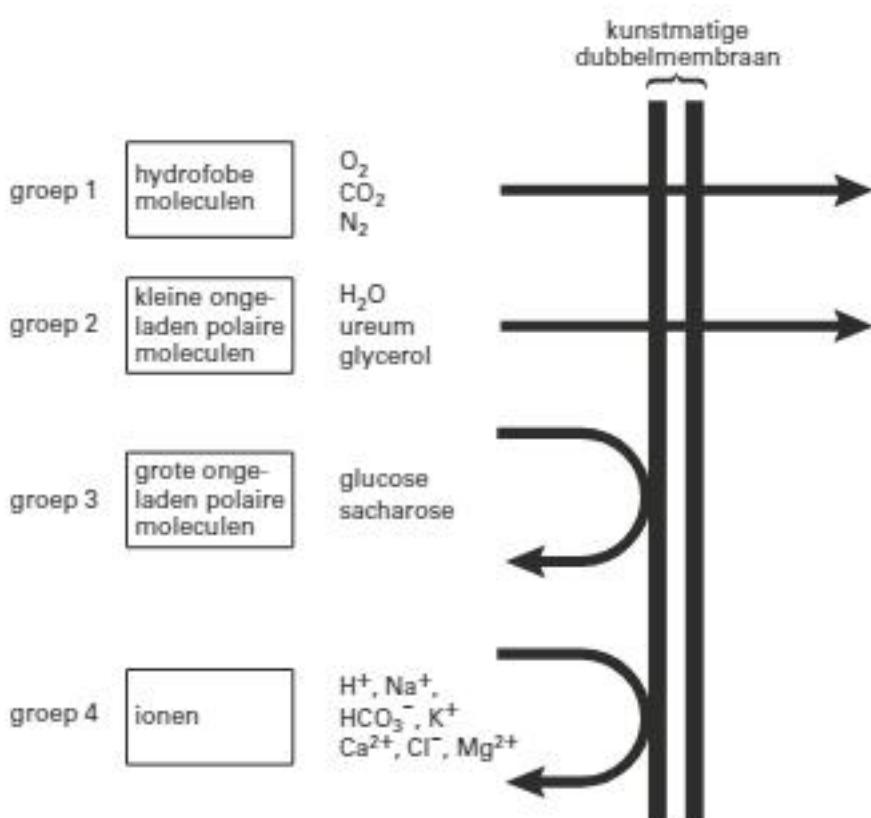


Organismen worden in het vier-rijken-systeem (schimmels, bacteriën, planten, dieren) ingedeeld op grond van combinaties van verschillende kenmerken.

- 2p 3 In welk van de vier rijken wordt gist ingedeeld?  
Noem een combinatie van drie kenmerken van gist die de indeling in dat rijk bepaalt.

De wijze van transport van stoffen door een celmembraan heen is afhankelijk van de grootte, de structuur en de polariteit van de moleculen en van de lading van de ionen. Bij het onderzoek van membranen maakt men gebruik van kunstmatige dubbelmembranen.

In de afbeelding hieronder is de permeabiliteit van een kunstmatige dubbelmembraan voor vier groepen van stoffen weergegeven.



bron: B. Alberts e.a., Molecular biology of the cell, New York & London, 1994, 508



De structuurformule van alcohol is  $H - O - C - C - H$

- 2p 4 Tot welke van deze vier groepen behoort alcohol voor wat betreft de wijze van transport door een membraan?
- A tot groep 1  
B tot groep 2  
C tot groep 3  
D tot groep 4

## Transport en stofwisseling

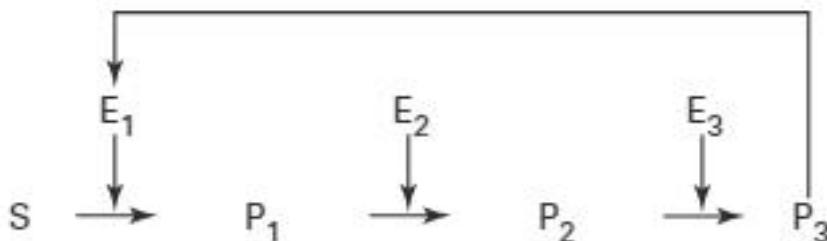
Men kan ervan uitgaan dat structuren en stoffen in cellen een functie hebben. Vier leerlingen bespreken de betekenis van de stoffen water, eiwitten, DNA en fosfolipiden in cellen.

- 2p 5 Geef voor elk van deze stoffen een reden waarom die stof onmisbaar is in cellen.

## Stofwisseling

In cellen komen veel processen voor waarbij enzymen zijn betrokken. Enzymen kunnen worden geremd. Er bestaat een vorm van enzymremming waarbij het eindproduct van een reactieketen werkt als remmer van de activiteit en één van de enzymen die aan de reactieketen deelnemen. De remmende stof bindt zich aan dat enzym waardoor het enzym tijdelijk onwerkzaam wordt. De reactie tussen remstof en enzym is een evenwichtsreactie.

Hieronder is een schema van een dergelijke reactieketen weergegeven waarin  $E_1$ ,  $E_2$  en  $E_3$  enzymen zijn en  $P_1$  en  $P_2$  en  $P_3$  reactieproducten zijn.

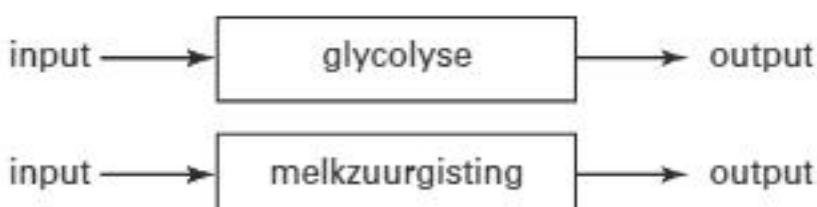


Vier gebeurtenissen in de cel, die invloed hebben op de hoeveelheid  $P_3$  die per tijdseenheid wordt geproduceerd, zijn:

- 1 het verwijderen van  $P_3$  uit de cel,
- 2 omzetten van  $P_3$  in een andere stof, die geen remstof van  $E_1$  is,
- 3 afname van de concentratie van substraat S,
- 4 toename van de concentratie van substraat S.

- 2p** **6** Tijdens welke van deze gebeurtenissen wordt de productie van  $P_3$  per tijdseenheid hoger?
- A alleen tijdens gebeurtenis 1
  - B alleen tijdens gebeurtenis 2
  - C alleen tijdens gebeurtenis 4
  - D alleen tijdens de gebeurtenissen 1 en 3
  - E alleen tijdens de gebeurtenissen 1, 2 en 3
  - F alleen tijdens de gebeurtenissen 1, 2 en 4

Processen in cellen kunnen worden voorgesteld door een zogenaamde 'black box'. De stoffen die de 'black box' ingaan, staan aan de input-kant, de stoffen die er uitgaan, staan aan de output-kant:



Voorbeelden van processen die schematisch als 'black boxes' kunnen worden weergegeven, zijn:

- 1 de glycolyse,
- 2 de melkzuurgisting.

- 1p** **7** In welk deel van een cel van de mens vindt glycolyse plaats?

- 2p 8 Bij welk of bij welke van de bovengenoemde processen staat ATP aan de outputkant?
- bij geen van deze processen
  - alleen bij de glycolyse
  - alleen bij de melkzuurgisting
  - bij de glycolyse en bij de melkzuurgisting

## Eiwitten in voeding

Er zijn essentiële en niet-essentiële aminozuren. Essentiële aminozuren moeten in de voeding voorkomen; niet-essentiële aminozuren kunnen in het lichaam worden gesynthetiseerd.

De eiwitkwaliteit van de voeding wordt vooral bepaald door de aanwezigheid van essentiële aminozuren. Een eiwit waarin alle essentiële en niet-essentiële aminozuren in voldoende mate voorkomen en in een onderlinge verhouding die weinig afwijkt van de aminozuursamenstelling van het lichaamseiwit, noemt men een eiwit met een hoge *biologische waarde* (BW).

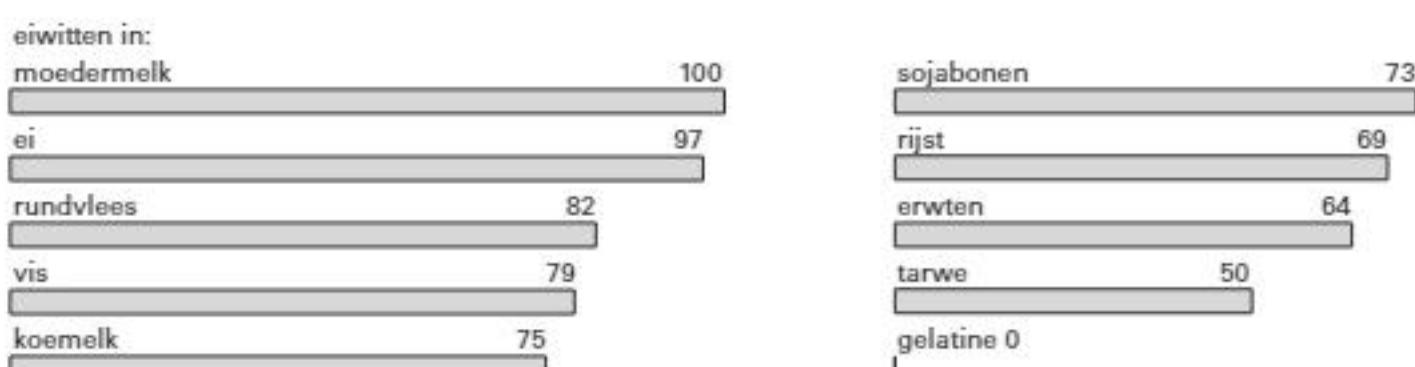
Onder de tienduizenden erfelijke afwijkingen die bij de mens kunnen voorkomen, bevinden zich eiwitstofwisselingsziekten. Bij één van deze ziekten ontbreekt de synthese van een niet-essentieel aminozuur. Deze afwijking komt bij één op de 40.000 mensen voor.

Zij zijn homozygoot (gg) voor het gen dat de ziekte veroorzaakt.

- 2p 9 Hoe groot is dan de frequentie van het gen g?
- 0,000025
  - 0,0004
  - 0,005
  - 0,02
  - 0,05

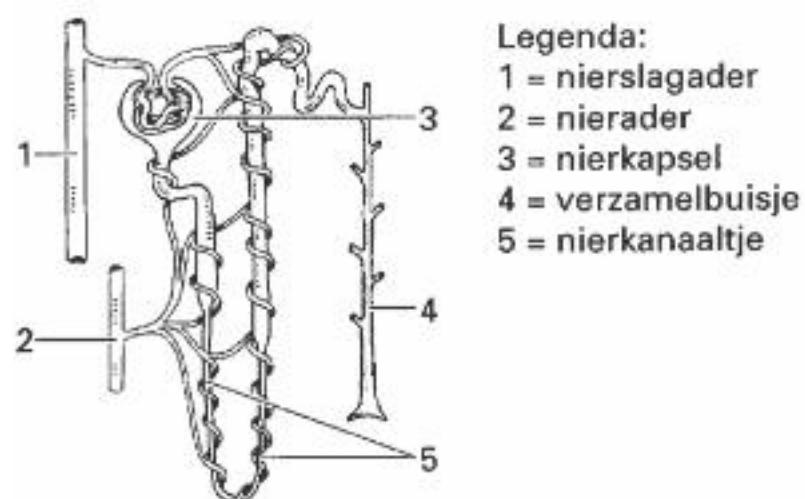
- 1p 10 In welk orgaan worden aminozuren gesynthetiseerd?

In het schema hieronder wordt de biologische waarde van eiwitten in een aantal voedingsmiddelen vergeleken met een voor de mens ideale combinatie van eiwitten zoals die voorkomt in moedermelk. De BW daarvan is op 100 gesteld.



- 2p 11 Waardoor heeft gelatine een BW van 0?
- doordat gelatine slecht verteerd wordt
  - doordat gelatine voornamelijk uit essentiële aminozuren bestaat
  - doordat gelatine bijna uitsluitend uit niet-essentiële aminozuren bestaat

## bouw van een nier



Aminozuren worden bij gezonde personen niet met de urine uitgescheiden. In onderstaande tabel zijn de gemiddelde hoeveelheden water, glucose en ureum weergegeven die per etmaal in de voorurine en in de urine van een gezonde persoon terechtkomen.

	voorurine	urine
water	180 L	1,5 L
glucose	180 g	0 g
ureum	46 g	27 g

Over ureum in de urine worden twee beweringen gedaan.

- 1 De concentratie ureum in de urine wordt mede bepaald door de mate van terugresorptie van water in de nierkanaaltjes.
- 2 De concentratie ureum in de urine wordt mede bepaald door de mate van terugresorptie van ureum in de nierkanaaltjes.

2p 12 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?

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

## Regeling

Acetylcholine is een exciterende neurotransmitter. Er bestaan stoffen die de effecten van acetylcholine tegengaan. Onder invloed van zulke stoffen stromen extra  $\text{Cl}^-$  ionen spiervezels in, waardoor de membranen van de spiervezels enigszins worden gehyperpolariseerd. Het gevolg hiervan is dat de overdracht van actiepotentialen naar deze spiervezels wordt geremd. Een stof met deze werking is aanwezig in het slaapmiddel valium®.

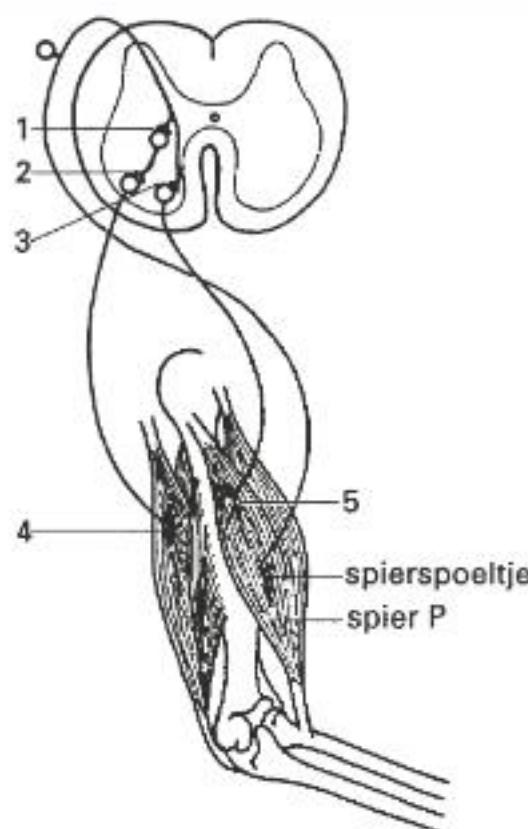
De spierziekte myasthenia gravis is een auto-immuunziekte die wordt gekenmerkt door een progressieve spierzwakte. Bij patiënten met myasthenia gravis zijn er onvoldoende acetylcholinereceptoren in de synaps beschikbaar. Het gebruik van valium® als slaapmiddel wordt deze patiënten afgeraden.

3p 13 Leg uit met behulp van bovenstaande gegevens waarom het gebruik van valium® voor deze patiënten wordt afgeraden.

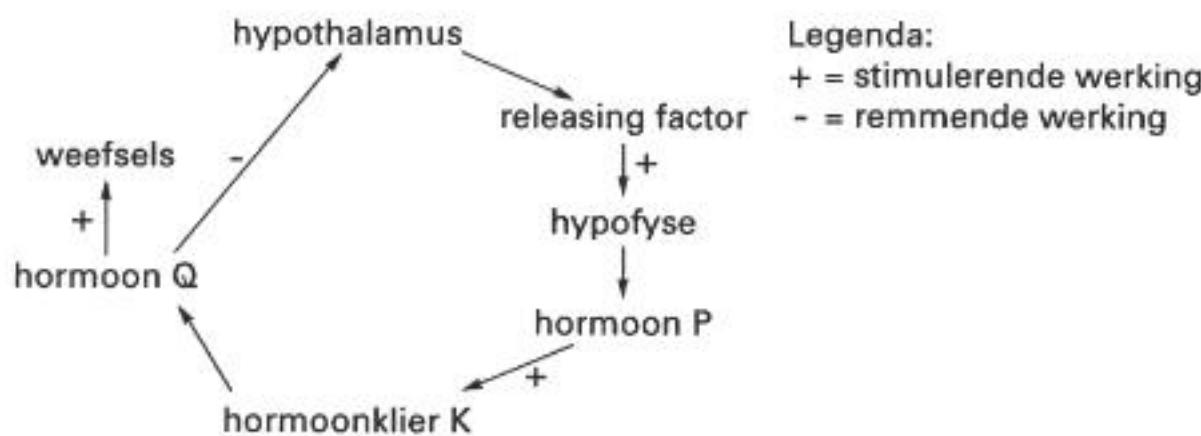
## Homeostase

Hiernaast is schematisch weergegeven op welke wijze enkele neuronen in een bepaalde reflexboog met elkaar zijn verbonden. Door uitrekking van de spier P ontstaan impulsen in de sensorische vezel verbonden met het spierspoeltje. Daarop volgt een reflex die de spier weer in de oorspronkelijke toestand brengt. Een aantal synapsen en schakelingen is genummerd.

- 1p 14 In welke van deze synapsen en schakelingen wordt tijdens deze reflex stimulerende neurotransmitter afgegeven?



In onderstaand schema is de relatie weergegeven tussen de hormoonproductie van een hormoonklier K en de reactie daarop van weefsels en organen die gevoelig zijn voor het door K geproduceerde hormoon Q. De hormonen P en Q worden in de lever afgebroken.

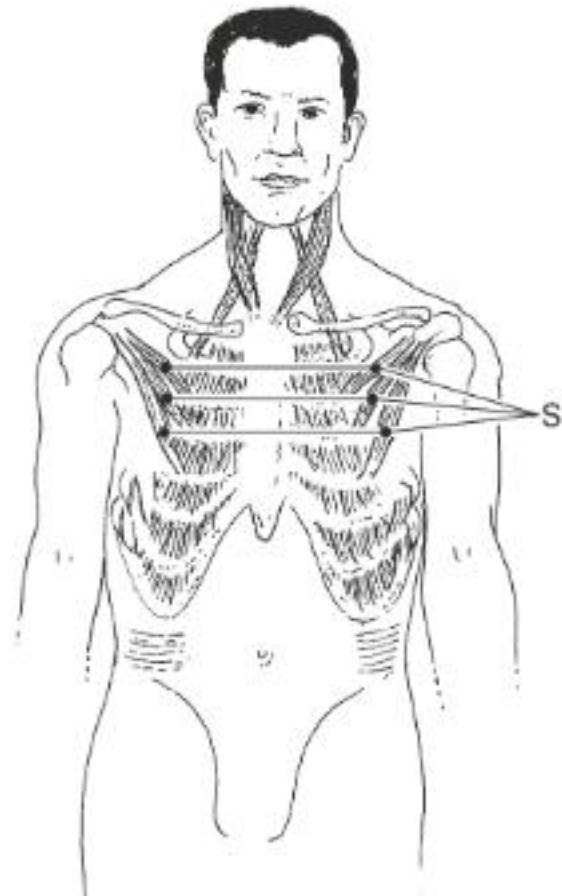


Op een bepaald moment wordt een hoeveelheid van hormonen Q in een bloedvat ingespoten.

- 2p 15 Wat gebeurt er met de concentratie van hormoon P nadat hormoon Q is ingespoten?
- Korte tijd na deze injectie neemt de concentratie van hormoon P af en blijft daarna gelijk.
  - Korte tijd na deze injectie neemt de concentratie van hormoon P af en neemt daarna weer toe tot het oorspronkelijke niveau.
  - Korte tijd na deze injectie neemt de concentratie van hormoon P toe en blijft daarna gelijk.
  - Korte tijd na deze injectie neemt de concentratie van hormoon P toe en neemt daarna weer af tot het oorspronkelijke niveau.

## Ademhaling

In de afbeelding zijn spiergroepen weergegeven die bij de ademhaling zijn betrokken.



- 2p 16 Wordt de druk in de longen lager, blijft deze gelijk of wordt deze hoger wanneer de spieren die in de afbeelding met S zijn aangegeven, zich samentrekken?
- A wordt lager
  - B blijft gelijk
  - C wordt hoger

De ademhalingsfrequentie wordt onder andere beïnvloed door het CO<sub>2</sub> gehalte van het bloed en door het autonome zenuwstelsel. Het autonome zenuwstelsel wordt verdeeld in een orthosympatisch en een parasympatisch deel.

Vier factoren die bij de mens de ademhalingsfrequentie beïnvloeden, zijn:

- 1 daling van het CO<sub>2</sub> gehalte van het bloed;
- 2 stijging van het CO<sub>2</sub> gehalte van het bloed;
- 3 stijging van de impulsfrequentie in het orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel;
- 4 stijging van de impulsfrequentie in het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel.

- 2p 17 Onder invloed van welke van deze factoren neemt de ademhalingsfrequentie toe?

## Tomaten

Bij tomaten is G het allele voor een paarse stengel en g het allele voor een groene stengel.

H is het allele voor ingesneden bladeren, h is het allele voor ‘aardappel’-bladeren. Het gen voor kleur van de stengel en het gen voor bladvorm zijn niet gekoppeld. In een steekproef uit een populatie die in (Hardy-Weinberg) evenwicht is, bevinden zich de volgende planten:

204 planten met paarse stengel en ingesneden bladeren,  
 194 planten met paarse stengel en ‘aardappel’-vormige bladeren,  
 102 planten met groene stengel en ingesneden bladeren,  
 100 planten met groene stengel en ‘aardappel’-vormige bladeren.

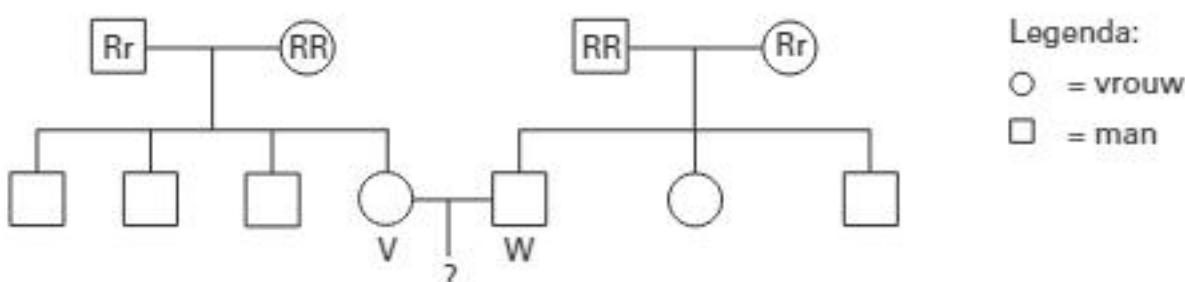
- 2p 18 Hoe groot is de frequentie van allele H (ingesneden)?

- A 0,1
- B 0,3
- C 0,5
- D 0,7
- E 0,8

## Prenataal onderzoek

De ziekte van Pompe wordt veroorzaakt door een autosomaal (= niet X-chromosomaal) gen.

Bij individuen met het recessieve genotype rr worden door een stoornis in de werking van de lysosomen de spieren aangetast. In de familie van een vrouw V én in de familie van een man W komt het recessieve gen (r) voor de ziekte van Pompe voor. In onderstaand schema zijn de genotypen in de eerste generatie van beide families weergegeven.

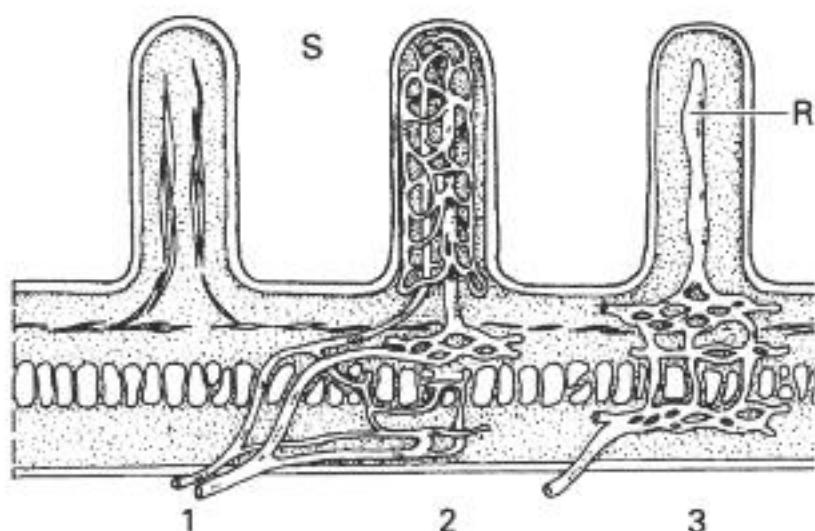


V en W krijgen samen een kind.

- 2p 19 Bereken de kans dat dit kind de ziekte van Pompe heeft.

## Transport

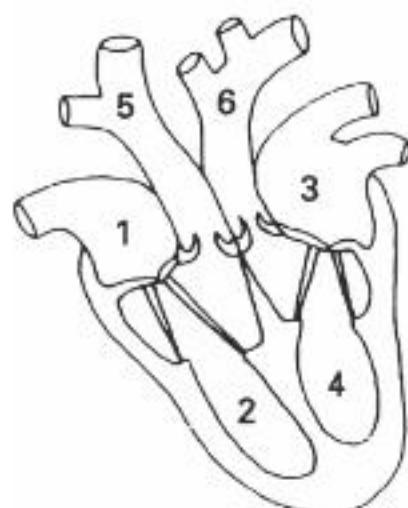
Hieronder zijn overlangse doorsneden van drie darmvlokken schematisch weergegeven. In darmvlok 1 zijn alleen spieren, in darmvlok 2 bloedvaten en lymfevaten en in darmvlok 3 alleen lymfevaten getekend. In werkelijkheid bevinden zich al deze structuren in elke darmvlok. S is de darmholte. R is een plaats in het lymfevat.



- 2p 20 Kunnen zich bij R stoffen bevinden die afkomstig zijn uit haarvaten in dezelfde darmvlok? En stoffen die afkomstig zijn uit de darmholte? Neem onderstaande tabel over en vul deze in.

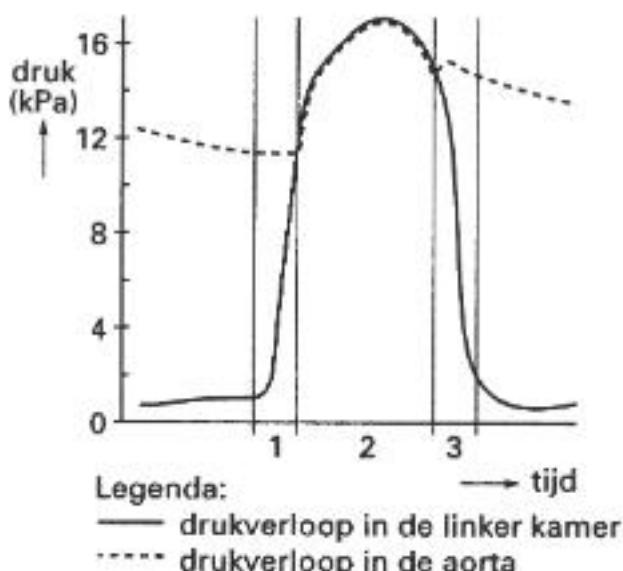
	ja/nee
stoffen uit haarvaten	...
stoffen uit darmholte	...

lengtedoorsnede van het hart



Legenda  
1 = rechterboezem  
2 = rechterkamer  
3 = linkerboezem  
4 = linkerkamer  
5 = longslagader  
6 = aorta

bloeddruk



In het diagram is het verloop van de bloeddruk in de linkerkamer en in het begindeel van de aorta tijdens één contractie van het hart van de mens weergegeven. Drie perioden gedurende deze hartslag zijn aangegeven met 1, 2 en 3.

- 2p 21 Geef van elk van de perioden aan of de kleppen aan het begin van de aorta geopend of gesloten zijn.

Hieronder zijn twee diagrammen getekend waarin de stroomsnelheid van het bloed in de grote en in de kleine bloedsomloop is weergegeven. De doorsnede van het begin van de aorta is  $4 \text{ cm}^2$ , de doorsnede van de longslagader is dan  $6 \text{ cm}^2$ . Vier plaatsen zijn met cijfers aangegeven.

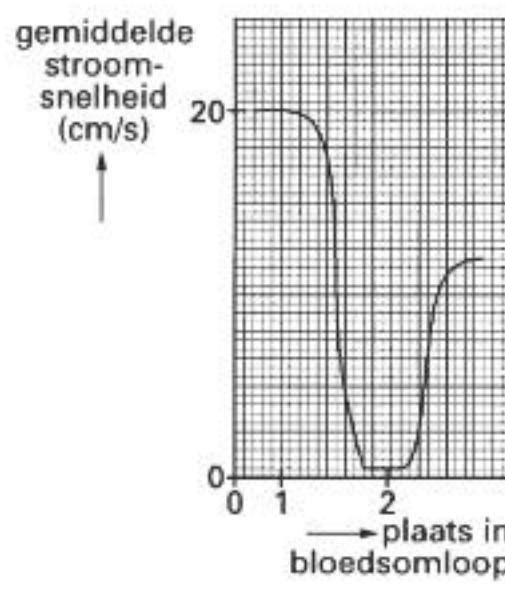


diagram 1

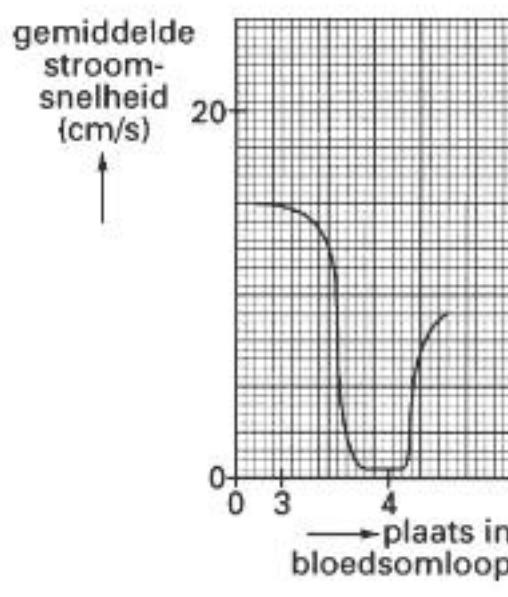


diagram 2

- 2p 22 Met welk cijfer is het haarvatennet van de longen aangegeven?
- A met cijfer 1
  - B met cijfer 2
  - C met cijfer 3
  - D met cijfer 4

## Kreupel herpesvirus

Een moleculaire scalpel: kreupel herpesvirus breekt agressieve huidtumor af.

Het gewone herpes simplex virus HSV, een dubbelstrengs DNA-virus, veroorzaakt onder andere de koortslip. Er bestaat echter een genetisch gemodificeerde variant, het HSV 1716, die een vitaal eiwit mist en daardoor alleen overleeft in snel delende cellen zoals kankergezwellen. Het virus vermeerdert zich ten koste van deze cellen. Met behulp van het HSV 1716 tracht men een therapie tegen een bepaald type huidkanker te ontwikkelen. Een kwaadaardige huidkanker die ontstaat in pigmentcellen, een melanoom, kan zich bij uitzaaiing door het hele lichaam verspreiden. De injectie van het HSV 1716 in onderhuidse tumorknobbeltjes bij een groep patiënten leidde tot een afname van de tumorgrootte. Het HSV 1716 deelde zich alleen in de tumor en werd door het immuunsysteem met rust gelaten. De patiënten hadden allemaal eerder een HSV-besmetting doorgemaakt, maar de injecties met HSV 1716 maakten geen slapende virussen wakker.

bewerkt naar: H. Dassen, Kreupel herpesvirus breekt agressieve huidtumor af, bijlage NRC, 10 maart 2001

- 2p 23 Het HSV 1716 nestelt zich alleen in tumorcellen door de herkenning van de cel als kankercel.
- Welke cellen zijn betrokken bij de herkenning van een tumorcel?
- A B-geheugencellen
  - B cytotoxische T-cellen
  - C macrofagen
  - D T-helpercellen

De patiënten die hebben meegedaan aan het onderzoek waren allen HSV-seropositief. Om dit te kunnen vaststellen, hebben de betrokken artsen de patiënten laten testen in het laboratorium van het ziekenhuis.

- 1p 24 Waarop berust een dergelijke test?

## Rode roeipootkreeftjes

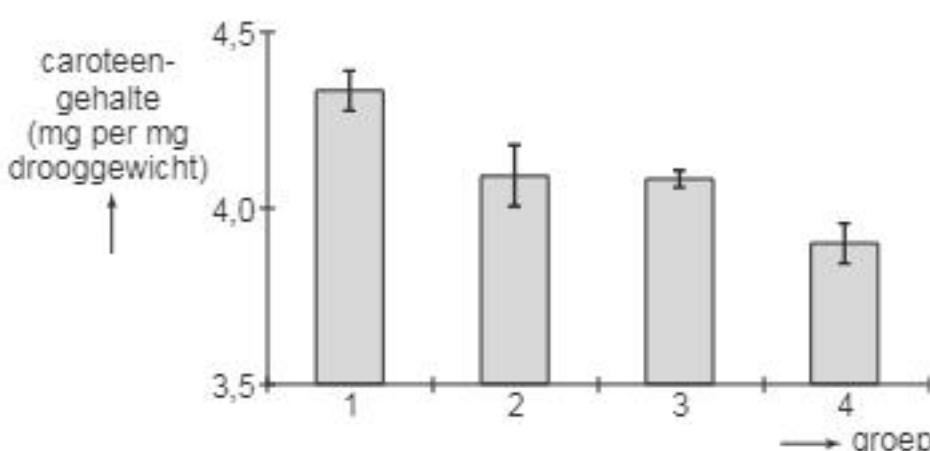
In heldere ondiepe arctische meren maken roeipootkreeftjes deel uit van een eenvoudig voedselweb met weinig vissoorten.

- 1p 25 Waardoor is het voedselweb in arctische meren eenvoudiger dan in bijvoorbeeld de Nederlandse meren?

De roeipootkreeftjes in de arctische meren zijn rood gekleurd door de aanwezigheid van het pigment caroteen. Aangenomen wordt dat dit een reactie is op UV-straling. Onderzocht werd of ook infochemicaliën, dat zijn stoffen die bijvoorbeeld vissen afgeven, van invloed zijn op de kleuring van de roeipootkreeftjes. Een groot aantal gelijkgekleurde roeipootkreeftjes werd in vier groepen verdeeld. Zij werden al of niet blootgesteld aan UV-straling en al of niet in contact gebracht met infochemicaliën uit vis (zie volgende tabel).

groep	blootgesteld aan UV-straling	in water met infochemicaliën
1	X	
2	X	X
3		
4		X

Na enige tijd werd het caroteengehalte van de roeipootkreeftjes bepaald. De resultaten zijn in onderstaand diagram weergegeven.



bewerkt naar: L.A. Hansson, Induced pigmentation in zooplankton, Proc. R. Soc., volume 267, 2000, 2327-2331

- 4p 26 Welke twee conclusies zijn te trekken uit de resultaten van het onderzoek? Geef voor elke conclusie een verklaring die wijst op het verband met de overlevingskans van de kreeftjes.

## Glucose, insuline en nierfunctie

Vier beweringen over de glucose- en de insulineconcentratie in het bloed bij de mens zijn:

- 1 Als door de dekweefselcellen van de dunne darm na een koolhydraatrijke maaltijd glucose wordt geresorbeerd, stijgt de afgifte van insuline.
- 2 Als iemand enkele uren niet heeft gegeten, stijgt de afgifte van insuline.
- 3 Als de insulineconcentratie in het bloed laag is, wordt door bepaalde organen, waaronder lever en spieren, weinig of geen glucose uit het bloed opgenomen.
- 4 Een hoge insulineconcentratie stimuleert de afgifte van glucose door de lever.

2p 27 Welke van deze beweringen zijn juist?

- A alleen de beweringen 1 en 3
- B alleen de beweringen 1 en 4
- C alleen de beweringen 2 en 3
- D alleen de beweringen 2 en 4
- E de beweringen 1, 2 en 3
- F de beweringen 2, 3 en 4

## Oorsmeer

Japanse onderzoekers hebben aangetoond dat een substitutie van één nucleotide in het genoom van de mens een merkbare verandering in de viscositeit van het oorsmeer tot gevolg heeft.

Oorsmeer wordt gevormd door klieren in de uitwendige gehoorgang. Het komt bij mensen in twee vormen voor: de natte en de droge vorm.

Nat oorsmeer is bruin en plakkerig, droog oorsmeer is meer grijs van kleur en vlokkig. Hetallel voor nat oorsmeer (N) is dominant over hetallel voor droog oorsmeer (n).

Het verschil tussen deze twee allelen is de substitutie van één nucleotide, op plaats 538 van het ABCC11-gen van chromosoom 16. Een nucleotide met de base guanine (inallel N) is daar vervangen door een nucleotide met adenine (inallel n). Deze substitutie is een 'niet-synonieme' puntmutatie. Dat houdt in dat als gevolg van deze substitutie het codon waarin deze puntmutatie heeft plaatsgevonden, voor een ander aminozuur codeert dan het oorspronkelijke.

Substitutie van het derde nucleotide in het codon 5' AGT 3' in de coderende streng (dus niet de matrijsstreng of template streng) van een willekeurig DNAmolecuul kan een synonieme of een niet-synonieme mutatie veroorzaken.

2p 28 In welk geval betreft het hier een synonieme mutatie?

Als het laatste nucleotide van dit codon verandert in een nucleotide met de base

- A adenine
- B cytosine
- C guanine

Het eiwit dat door hetallel voor nat oorsmeer gecodeerd wordt, speelt een rol bij het transport van stoffen door membranen. Ten gevolge van slechts één ander aminozuur werkt dit genproduct niet meer.

2p 29 – Leg uit hoe de verandering van slechts één aminozuur kan leiden tot een onwerkzaamheid van dit genproduct.  
– Leg uit hoe een ander type oorsmeer daarvan het gevolg kan zijn.

In onderstaande tabel is de nucleotidenvolgorde (alleen van de exons) in het DNA van het allel voor nat oorsmeer weergegeven. Onder de nucleotidenvolgorde is de aminozuurvolgorde weergegeven van het eiwit waarvoor dit allel codeert.

1	atgacttagga	agaggacata	ctgggtgcc	aactttctg	gtggcctcg	aatcgtggc
61	atcgacata	gcatgacat	gtttcagga	tttattata	aaacctata	tctccaagat
121	ggcccttgg	gtcagcaaga	gagaaatct	gaggctcag	ggagggcag	tgtcccac
181	tggggaa	atgatgtgc	tttgagaacc	atgattccct	tccgtccccaa	gcgagg
241	cctgc	agcccctgg	caatgctgg	ctgttctcc	acctcac	gtcatggc
301	accccgtca	tgtccaa	ctta	cgagg	cgcttagat	agaacaccat
361	tcagtccat	atgcctcaga	aaaaatgtc	caaaggctc	accgc	ttgg
421	gtctcaaggc	gagggattga	aaaagctca	gtgttctgg	tgtgtgag	gttccagaga
481	acaagg	tttcgatgc	acttctggc	atctgttct	gcattgccc	tgta
541	ccaaatattga	ttat	acc	tatcggaa	tattcagaag	agcagttgg
601	catggagtgg	gactctgctt	tgccctttt	ctctccgaat	gtgtgaagtc	tctgagttc
661	tcctc	ggatcatcaa	ccaa	acgcaca	gccatcagg	tccgagc
721	tttgc	agaagctcat	ccaa	attta	tctgtat	acatcac
781	atcag	tcaccgg	tgtaa	actac	ctgtt	agg
841	gtactgatca	cctgcgc	gctgg	tcat	tttgc	tttgc
901	tacactgc	ttattg	ccat	ttatgtat	ctcctgg	tccactgg
961	acaagaatgg	ctgt	gaaaggc	tca	gatctgagg	tca
1021	gtgac	cagg	aa	gttctc	ttgcatta	aa
1081	tttgc	aaaaaa	tcatt	gaa	cttaa	agg
1141	cttgc	ccaga	gc	ctg	aaac	tttgc
1201	tgggttctca	tccacacatc	ctt	aaagct	aaactc	acag
1261	ctggc	cet	tgaat	tc	gttctt	ttg
1321	ctc	acga	att	cg	tgtt	tttgc
1381	gttttctat	tcc	agacatt	aca	aaag	cc
1441	ttgtc	atggc	aac	agac	tttgc	tttgc
1501	gggc	atg	tttgc	gacc	agg	gg
1561	aacag	cctgg	gccc	agag	tttgc	tttgc
1621	aggcc	acgca	ggc	agg	tttgc	tttgc

"MTRKRTYWVPNSSGGLVNRGIDIGDDMVSGLIYKTYTLQDG	PWS
QQERNPEAPGRAAVPPWGKYDAALRTMIPFRPKPRFPAPQPLDNAGLFSYLT	LTP
LMIQSLRSRLDENTIPPLSVHDASDKNVQLHRLWEEEVSRRGIEKASVLLV	MLRFQR
TRLIFDALLGICFCIASVLGPILIIPKILEYSEEQLGNVVHGVLCFALFLSECVK	SL
SFSSSWIINQRTAIRFRAAVSSFAFEKLIQFKSVIHITSGEAISFFTGDVN	YLFE
YGPLVLITCASLVI	GVC
CSISSYFIIGYTA	TAFIAILCYLLVPLAVFMTRMAVKAQHHTSEV
SDQRIRVTSEV	LTCIKMYTWEKPF
LTCIKMYTWEKPF	AKIIEDLRRKERKLLEKCGLVQSITSITLFI
IPTVATAVWVLI	HTSI
KLKL	TASMAFSMLASINLLRLSVFFVPIAVKG
FKKFFLQE	LTNSKSAVMR
SPVFYVQTLQDPSKALV	FEATLSWQQTCPGI
FEATLSWQQTCPGI	VNGALELERNGHASEGMT
RPRDALGPEEEGN	SLGPELHKINLVVSKVALFRP
SLGPELHKINLVVSKVALFRP	RRQASCQALRT"

- 2p 30 – Leid uit de gegevens in de tabel af of de nucleotidenvolgorde is weergegeven van de coderende streng of van de daaraan complementaire matrijsstreng (template streng) van het gen.  
– Wordt deze streng gebruikt voor transcriptie?

weergave	gebruikt voor transcriptie?
A de coderende streng	ja
B de coderende streng	nee
C de matrijsstreng	ja
D de matrijsstreng	nee

Met behulp van de gegevens in de inleiding en in de tabel kan bepaald worden welk aminozuur, als gevolg van de beschreven puntmutatie in allele N, in het genproduct vervangen wordt door een ander aminozuur.

- 2p 31 Welk aminozuur wordt vervangen in het genproduct?

- A arginine
- B glycine
- C proline
- D threonine
- E valine

De Japanse genetici onderzochten een persoon Q die voor het gen voor oorsmeer heterozygoot was, en droog oorsmeer maakte. Eén van de allelen voor oorsmeer van persoon Q had een deletie van 27 nucleotiden (D27) aan de 3' kant van plaats 538. De onderzoekers veronderstelden dat daardoor het translatieproduct van dit allele onwerkzaam zou zijn.

- 1p 32 Waardoor produceert persoon Q dan droog oorsmeer?

In onderstaand schema zijn van drie ouderparen de genotypes, wat betreft de ABCC11 allelen in chromosoom 16, schematisch weergegeven. De afkortingen G en A staan voor respectievelijk Guanine en Adenine op plaats 538. Met een – teken wordt de deletie D27 in dit gen aangegeven en met een + teken de intacte nucleotidenvolgorde.

- |   |                                     |                                      |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | vader G <sup>+</sup> G <sup>-</sup> | moeder G <sup>+</sup> G <sup>-</sup> |
| 2 | vader G <sup>+</sup> A <sup>+</sup> | moeder G <sup>-</sup> A <sup>+</sup> |
| 3 | vader G <sup>-</sup> A <sup>+</sup> | moeder A <sup>+</sup> A <sup>+</sup> |

- 2p 33 Welke combinatie geeft of welke combinaties geven mogelijk de ouders van persoon Q weer?

- A alleen 1
- B alleen 2
- C alleen 3
- D 1 en 2
- E 1 en 3
- F 2 en 3

## Evolutietheorie

Darwin gebruikte bij het opstellen van zijn evolutietheorie het begrip 'survival of the fittest'. Deze uitdrukking wordt meestal vertaald met 'het overleven van de sterksten'.

- 2p 34 Welke van de onderstaande individuen worden in deze uitdrukking bedoeld met 'de sterksten'?

- A De individuen bij wie de verhouding oppervlakte/inhoud het grootst is.
- B De individuen die de meeste kracht kunnen leveren.
- C De individuen die de meeste nakomelingen krijgen.
- D De individuen die het langste leven.
- E De individuen van de soorten die boven in de voedselpiramide staan.



Wil je weten hoe je de toets hebt gemaakt? De antwoorden staan op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl). Vul je punten in en bekijk je score per onderwerp. Je scores worden bewaard.





## Deel 1

# Oefenen op onderwerp

Examenopgaven per onderwerp met hints om je op weg te helpen en uitleg bij de antwoorden.





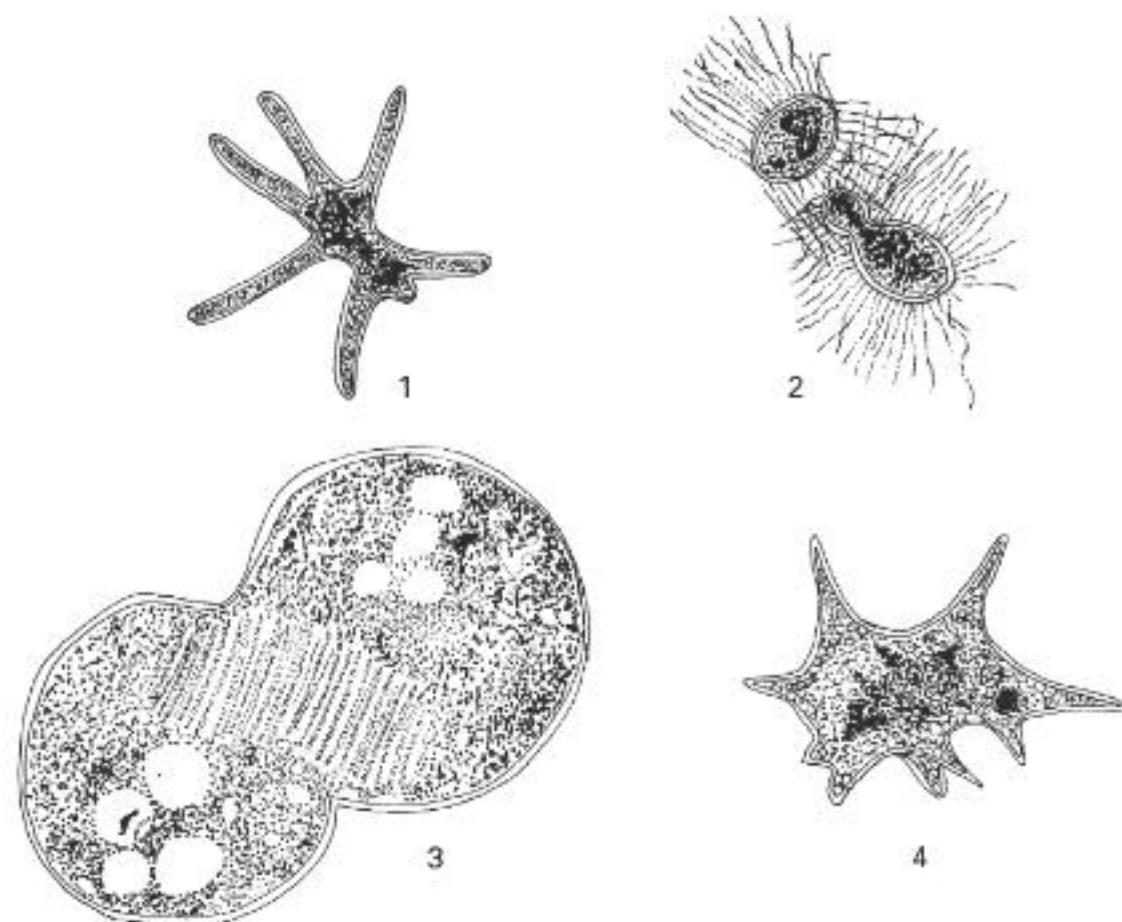
## 1 Cellen en onderzoek doen

### Caulobacter

Binnen het rijk van de bacteriën wordt een groep onderscheiden die de prosthecate bacteriën wordt genoemd. Tot deze groep behoren alle bacteriegenera die één prostheca of meer prosthecae bezitten. Een prostheca is een uitsteeksel van een cel dat cytoplasma bevat en dat omgeven is door de celwand van die cel.

In afbeelding 1 zijn vier tekeningen van foto's van elektronenmicroscopische opnamen van bacteriën weergegeven.

**afbeelding 1**



- 1 Welke van deze tekeningen geven een bacterie uit de groep van de prosthecate-bacteriën weer?  
**A** alleen 1 en 3  
**B** alleen 1 en 4  
**C** alleen 2 en 4  
**D** alleen 1, 2 en 3  
**E** alleen 2, 3 en 4  
**F** 1, 2, 3 en 4

Afbeelding 2 is een elektronenmicroscopische foto van een deel van een Caulobacter-bacterie.

**afbeelding 2**

bron: Th.D. Brock & M.T. Madigan, *Biology of microorganisms*, Englewood Cliffs, 1991, 736

Uit afbeelding 2 is af te leiden hoeveel maal de Caulobacter-bacterie op deze foto is vergroot.

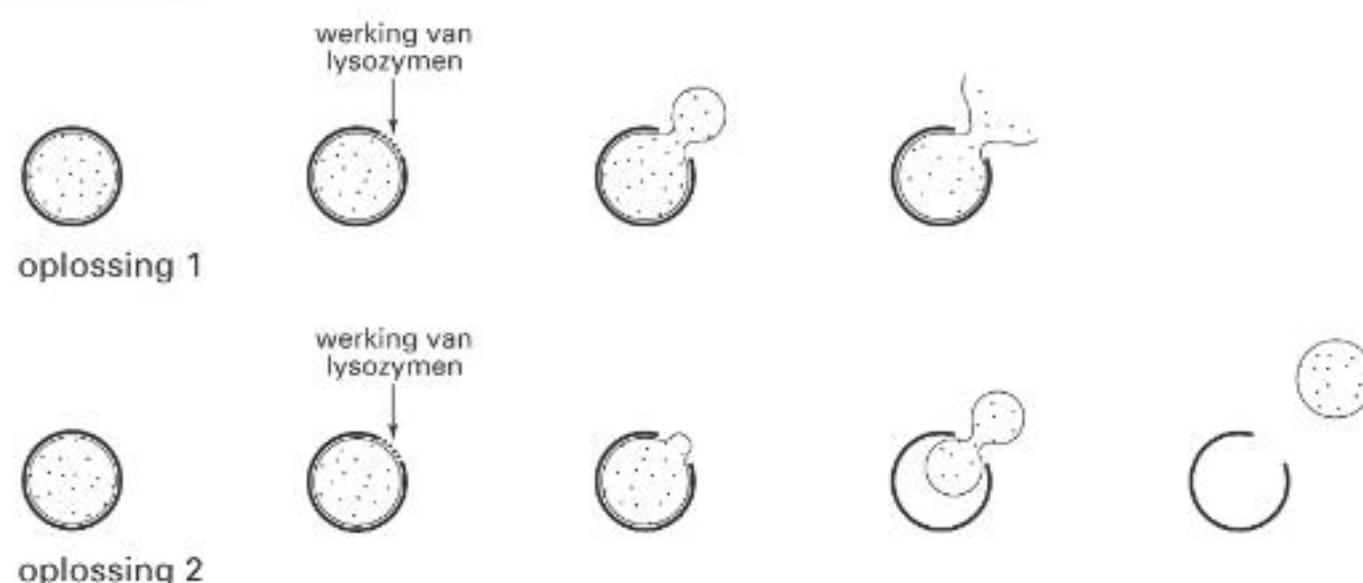
- 2** Bereken de vergrotingsfactor van deze foto.

**Bacteriën**

In een experiment worden bacteriën van dezelfde soort in twee oplossingen (1 en 2) met een verschillende osmotische waarde gelegd. In de afbeelding is het experiment schematisch weergegeven. Er is aangegeven wat in beide oplossingen met een bacterie gebeurt.

De oplossingen bevatten gelijke hoeveelheden lysozymen. Lysozymen zijn enzymen die de wand van een bacterie aantasten.

In beide oplossingen komt de bacterieinhoud vrij. In oplossing 1 barst de celmembraan, in oplossing 2 niet. De bacterieinhoud is niet isotonisch met één van beide oplossingen.

**afbeelding**

bewerkt naar: Th.D. Brock & M.T. Madigan, *Biology of microorganisms*, Englewood Cliffs, 1991, 60

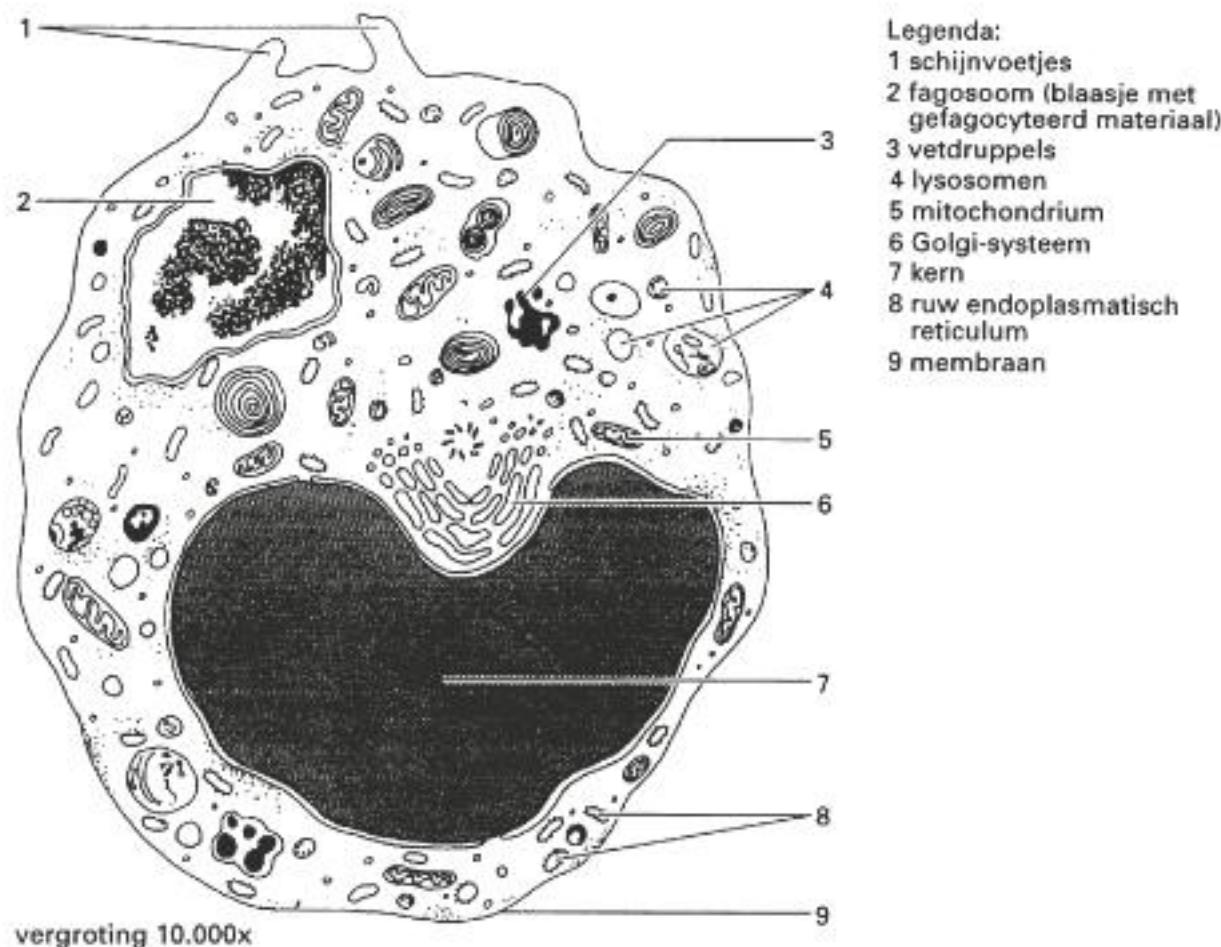
- 3** Waardoor barst de celmembraan in oplossing 1 wel en in oplossing 2 niet?
- Doordat de osmotische waarde van oplossing 1 hoger is dan die van oplossing 2 en hoger dan die van de bacterie.
  - Doordat de osmotische waarde van oplossing 1 hoger is dan die van oplossing 2, maar lager dan die van de bacterie.
  - Doordat de osmotische waarde van oplossing 1 lager is dan die van oplossing 2, maar hoger dan die van de bacterie.
  - Doordat de osmotische waarde van oplossing 1 lager is dan die van oplossing 2 en lager dan die van de bacterie.

## Cellen

De afbeelding geeft een macrofaag weer. Macrfagen zijn witte bloedcellen die door fagocytose bacteriën en dode cellen in het lichaam opruimen. Bij het opruimen van een deeltje vindt een aantal processen plaats. Deze processen zijn in willekeurige volgorde:

- 1 versmelten van een fagosoom en een lysosoom,
- 2 vorming van verterende enzymen,
- 3 vorming van een lysosoom,
- 4 exocytose (= afgeven buiten de cel) van onverteerde resten,
- 5 enzymatische vertering van het opgenomen deeltje,
- 6 transport van verterende enzymen van de plaats van vorming naar de plaats van vorming van het lysosoom.

### afbeelding

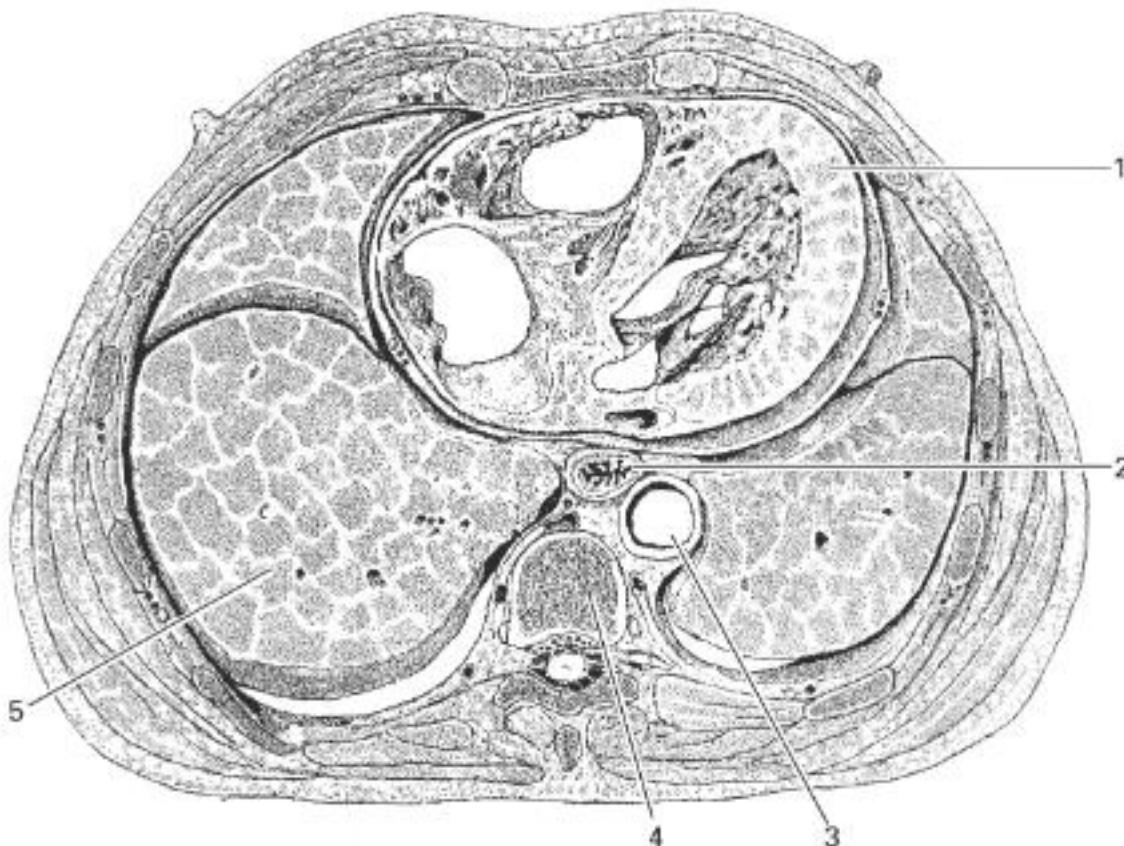


- 4 In welk van de in de afbeelding benoemde delen vindt proces 2 plaats?  
En proces 3?
- Een bacterie is in een fagosoom opgenomen.
- 5 Geef de juiste volgorde waarin de processen 1 tot en met 6 plaatsvinden te beginnen met proces 2.

## Menselijk lichaam

In de afbeelding is een dwarsdoorsnede van het bovenlichaam van de mens getekend. De afbeelding geeft een onderaanzicht weer.

### afbeelding



bron: Ray Poritsky, *Cross-sectional Anatomy to Color and Study*, Philadelphia etc., 1996, section 29

Delen van het lichaam van de mens zijn (in alfabetische volgorde):

aorta	rechterboezem
interpleurale ruimte	rechterkamer
linkerboezem	rechterlong
linkerkamer	ribben
linkerlong	ruggenmerg
luchtpijp	borstwervel
middenrif	slokdarm

Vijf van deze delen zijn in de afbeelding met cijfers aangegeven.

- 6 Neem de tabel over en geef bij elk cijfer de naam van het aangegeven deel.

### tabel

cijfer in afbeelding	deel van het lichaam
1	
2	
3	
4	
5	

- 7 Noem drie weefseltypen die voorkomen in een longkwab.

## Celstrekking

Drie transportprocessen door celmembranen zijn:

- 1 actief ionentransport;
- 2 endocytose van organische stoffen;
- 3 osmose.

- 8 Welke twee van deze transportprocessen vinden achtereenvolgens plaats bij celstrekking?
- A 1 en daarna 2  
B 2 en daarna 1  
C 1 en daarna 3  
D 3 en daarna 1  
E 2 en daarna 3  
F 3 en daarna 2

## Maagonderzoek op *Helicobacter pylori*

De bacterie *H. pylori* produceert het enzym urease, dat ureum omzet in ammoniak en CO<sub>2</sub>. Een snelle test om te onderzoeken of iemand besmet is met de bacterie, de <sup>13</sup>C-ureum ademtest, is hierop gebaseerd.

De proefpersoon krijgt, na een controle-ademmeting, een drankje met ureum dat gelabeld is met de koolstofisotoop <sup>13</sup>C. Een half uur later wordt het gehalte <sup>13</sup>C in de uitgeademde lucht bepaald.

Bij een andere test wordt een stukje weefsel (biopsie) uit de maag weggehaald, waarna de *H. pylori*-bacterie in een kweek kan worden onderzocht.

- 9 Beredeneer dat bij mensen die onderzocht worden op de aanwezigheid van *H. pylori* in de maag:
- in eerste instantie de <sup>13</sup>C-ureum ademtest of een dergelijke methode gebruikt wordt;
  - maar dat daarna ook een maagbiopsie wordt onderzocht.

## Zeegrapherstel in de Waddenzee

Zeegrasvelden zijn ecosystemen die bijdragen aan een grote biodiversiteit in kustgebieden. Van de 15.000 hectare zeegras die oorspronkelijk in de Nederlandse Waddenzee aanwezig was, is nu nog maar zo'n vijf hectare over. De Waddenvereniging, Rijkswaterstaat en Natuurmonumenten proberen nu de zeegrasvelden weer te herstellen.

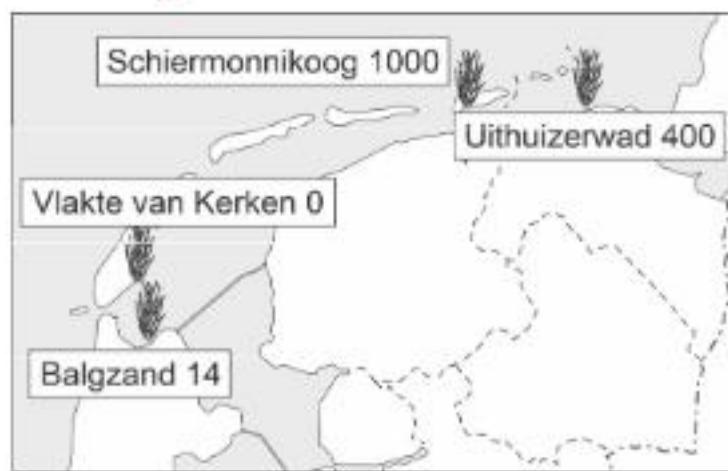
Een aantal jaren achtereen zaaiden vrijwilligers op vier percelen in de Nederlandse Waddenzee zaden van groot zeegras, geoogst uit het Duitse deel van de Waddenzee waar nog grote velden met groot zeegras zijn.

De getallen in de afbeelding geven aan hoeveel plantjes er zijn opgekomen.

De zaden ontkiemen wel, maar er vestigen zich onvoldoende planten om een zeegras-populatie te verkrijgen die zichzelf in stand kan houden.

Onderzoekers noemen als mogelijke oorzaken van het slechte resultaat: zeewier, golfslag en de aanwezigheid van wadpieren.

### afbeelding



Om informatie te krijgen over de invloed van de drie factoren in de Waddenzee (zeewier, golfslag en wadpieren), is een proefopstelling aangelegd op vier locaties met zeegras. Op elke locatie werden acht proefvlakken uitgezet: zeven proefvlakken kregen elk een andere combinatie van behandelingen; één proefvlak diende als controle (tabel 1).

**tabel 1**

	1	2	3	4	5	6	7	8
zeewier	-	+	-	-	+	+	-	+
golfslag	-	-	+	-	+	-	+	+
wadpieren	-	-	-	+	-	+	+	+

### Legenda

- + factor aanwezig
- factor tegengehouden

De verschillende behandelingen werden als volgt gerealiseerd:

- Zeewier werd tegengehouden door een kooi van fijn gaas te plaatsen.
  - Golfslag werd tegengehouden door zandzakken te leggen.
  - Wadpieren werden tegengehouden door gaas op de zeebodem aan te brengen.
- 10 - Licht toe waarom de onderzoekers in hun proefopstelling deze zeven combinaties van behandelingen hebben opgenomen.
- Noteer het nummer van de controle.

## Meldonium

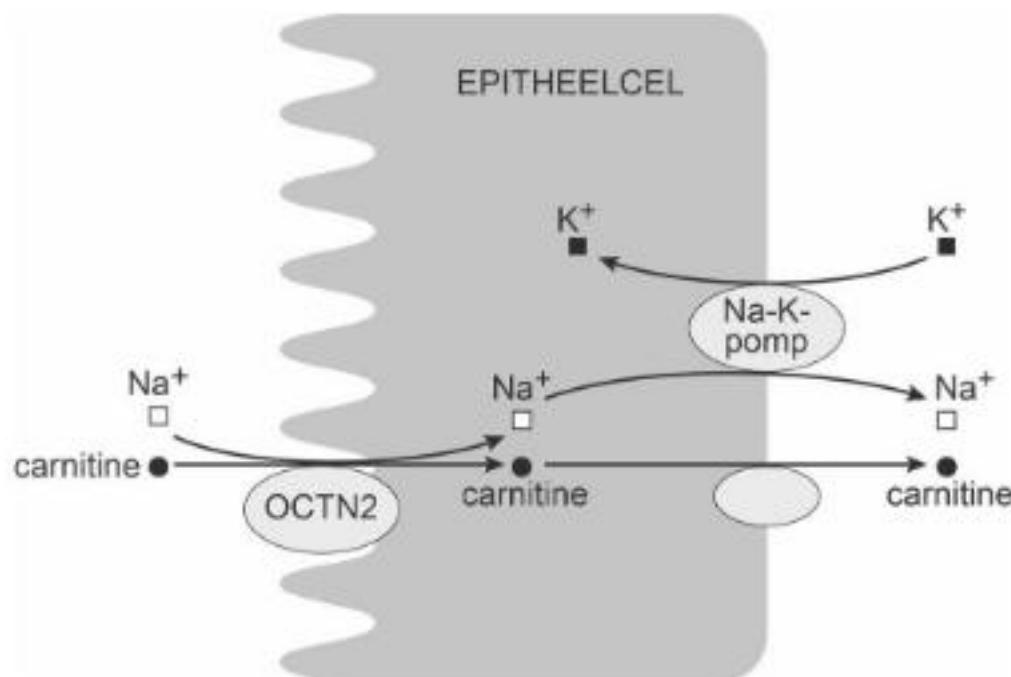
In 2016 kwam het medicijn meldonium op de dopinglijst te staan. Een aantal sporters, onder wie tennissster Maria Sjarapova, werd betrapt op het gebruik van dit middel.

Meldonium is een medicijn dat gebruikt wordt bij hartaandoeningen waarbij de doorbloeding van de hartspier aangetast is. De werking van meldonium berust op de verlaging van de hoeveelheid carnitine in het lichaam. Carnitine is een klein organisch molecuul dat een rol speelt bij het transport van vetzuren de mitochondriën in, en bij het dissimilieren van vetzuren. Carnitine wordt door het lichaam aangemaakt, maar het merendeel krijgen we binnen door het eten van dierlijk voedsel.

Meldonium remt zowel de synthese van carnitine als het transport van carnitine via transportenzymen.

Na het eten van dierlijk voedsel kan er al na twee uur carnitine worden teruggevonden in de urine. In afbeelding 1 is weergegeven hoe het transportenzym OCTN2 in de epitheliecel van het nierbuisje reabsorptie van carnitine uit de voorurine bewerksteltigt. OCTN2 is een symporter: carnitine wordt alleen de cel in getransporteerd als er ook een  $\text{Na}^+$ -ion via OCTN2 de cel in stroomt. Dit transport verloopt passief: OCTN2 verbruikt geen ATP.

**afbeelding 1**



- Leg uit, aan de hand van afbeelding 1, dat reabsorptie van carnitine in de nieren toch ATP kost.

## Domesticatiesyndroom

Het was Charles Darwin al opgevallen dat onze huisdieren een verzameling eigenschappen vertonen die je niet ziet bij hun wilde verwanten. Dit wordt het domesticatiesyndroom genoemd. Een internationale groep evolutiebiologen denkt hiervoor de verklaring te hebben gevonden.

Domesticatie is het proces waarmee de mens door selecteren en kruisen de eigenschappen van dieren heeft veranderd, zodat deze dieren steeds geschikter zijn voor het leven dicht bij en in dienst van de mens.

Gedomesticeerde dieren (huisdieren) zijn tam: zij hebben geen angstige of agressieve reacties op hun menselijke verzorgers. Gedomesticeerde dieren delen echter ook eigenschappen waar in eerste instantie niet op geselecteerd was. Ze hebben vaak witte vlekken in de vacht (afbeelding 1), kleine tanden, een korte snuit, hangoren en/of een krulstaart; eigenschappen die hun wilde soortgenoten niet hebben.

### afbeelding 1



Darwin veronderstelde dat het domesticatiesyndroom verband houdt met de milde abiotische omstandigheden en de ruime voedselvoorziening van huisdieren.

Uit Darwins veronderstelling volgt de verwachting dat nakomelingen van ontsnapte huisdieren hun typische witte vlekken binnen enkele generaties in het wild weer zullen verliezen. Om te weten te komen of dit echt zo is, zouden de eigenschappen van nakomelingen van ontsnapte huisdieren onderzocht moeten worden. Dit is lastig, want huisdieren die ontsnappen en verder leven in het wild komen maar weinig voor.

Andere problemen van zo'n onderzoek zouden zijn:

- 1 Ontsnapte huisdieren kunnen ook paren en nakomelingen krijgen met wilde soortgenoten.
  - 2 Er zullen maar weinig nakomelingen van ontsnapte huisdieren teruggevonden worden.
  - 3 Dieren met witte vlekken vallen eerder ten prooi aan predatoren. Goed onderzoek is betrouwbaar en valide.
- 12 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende probleem invloed heeft op de **betrouwbaarheid** of op de **validiteit** van zo'n onderzoek.

## Hints bij hoofdstuk 1

- 1 Elk uitsteeksel moet een celwand hebben. Het antwoord alleen 1, 3 en 4 zit er niet bij.
- 2 Het streepje naast de foto is 7 mm.
- 3 Als de omgeving een hogere osmotische waarde heeft, wordt de celinhoud kleiner.
- 4 Hoe heten de organellen waar de eiwitsynthese zich afspeelt? Een lysosoom is een blaasje.
- 5 Het verband tussen eiwit/enzymsynthese en de vorming van lysosomen door het Golgi-systeem wordt in Binas en ScienceData afgebeeld.
- 6 De afbeelding geeft een onderaanzicht weer, dus het hoofd zit er nog 'achter'.
- 7 Kijk in Binas of ScienceData.
- 8 Water volgt ionen die een semi-permeabel membraan passeren.
- 9 Een van de twee onderzoeken is veel minder belastend.
- 10 Bij een controlegroep vindt er geen interventie plaats: er zijn geen factoren die worden tegengehouden.
- 11 Passief transport verloopt met het concentratieverval mee.
- 12 –

# Uitwerkingen bij hoofdstuk 1

## Caulobacter

- B** In tekening 1 zijn zes uitsteeksels te zien die omgeven zijn door de celwand. De uitsteeksels bij tekening 2 liggen buiten de celwand; het zijn geen prosthecae. Tekening 3 geeft een delende cel weer. Bij tekening 4 zijn negen prosthecae te zien.
- De meetwaarde (streepje van  $0,5 \mu\text{m}$ ) is 7 mm.  
De vergrotingsfactor is  $7 \times 1000 : 0,5 = 14.000$ .  
*Liniaal gebruiken; 1 mm = 1000  $\mu\text{m}$ .*

## Bacteriën

- D** In oplossing 1 neemt de inhoud van de bacterie toe. De bacterie heeft door osmose vocht opgenomen; dus de osmotische waarde van oplossing 1 is lager dan die van de bacterie.  
De inhoud van de bacterie in oplossing 2 wordt kleiner. De osmotische waarde van oplossing 2 is dus iets hoger dan die van de bacterie aan het begin van het experiment.  
*Liniaal gebruiken.*

## Cellen

- proces 2 in het ruw endoplasmatisch reticulum / 8, proces 3 in het golgi-systeem / 6.  
*Enzymen zijn (grotendeels) eiwitten. Eiwitten worden gevormd aan de ribosomen met behulp van informatie uit mRNA. De ribosomen waaraan proces 2 (vorming van verterende enzymen) plaatsvindt, bevinden zich op het endoplasmatisch reticulum. Een lysosoom wordt gevormd door afsnoering van een dictyosoom. Dictyosomen zijn blaasjes die gezamenlijk het golgi-systeem vormen. (Binas 79D, ScienceData 14.3de)*
- De volgorde is: 2 – 6 – 3 – 1 – 5 – 4.  
*Nadat een bacterie door fagocytose (insluiting door het celmembraan) in een macrofaag is opgenomen, wordt deze in een fagosoom verteerd. Deze vertering is mogelijk doordat bovengenoemde processen achtereenvolgens plaatsvinden.*

## Menselijk lichaam

6 cijfer in afbeelding	deel van het lichaam
1	linkerkamer
2	slokdarm
3	aorta
4	borstwervel
5	rechter long

*De doorsnede is een onderaanzicht van de borstkas. De kleinere linkerlong is rechts te zien. Ook de dikke linkerhartkamerwand en de aortadoorsnede naast de luchtpijp zijn daardoor rechts te zien. Een borstwervel is een ruggenwervel op borsthoogte; er zitten ribben aan vast.*

**7 Drie van de volgende weefseltypen:**

- dekweefsel
- spierweefsel
- zenuwweefsel
- bindweefsel
- kraakbeen

*Longen staan getekend in Binas 83A, ScienceData 21.2. Daarbij staan een aantal weefsels aangegeven.*

*Let op dat je geen onderdeel noemt dat uit meer dan één type cellen bestaat.*

**Celstrekking****8 C Celstrekking vindt plaats door turgor, druk van de cel op de celwand, waardoor deze uitgerekt wordt. Turgor is het gevolg van osmose, opname van water die groter wordt als de concentratie van vooral ionen in een cel toeneemt.**  
*Endocytose betreft opname van stoffen in een cel via blaasjes, die van de celmembraan naar binnen worden afgesnoerd. Organische stoffen hebben minder of geen invloed op osmose, omdat organische moleculen groter zijn en meestal in lagere concentraties voorkomen.***Maagonderzoek op Helicobacter pylori**

- 9**
- Om te onderzoeken of iemand besmet is met de bacterie, is de eenvoudige ademtestmethode voldoende / heeft een minder invasieve (belastende, pijnlijke) methode de voorkeur.
- 
- Bij dit onderzoek ging het om het analyseren van het DNA van de maagzweerbacteriën, en die zullen zijn verkregen uit een maagbiops / en daarvoor is een bacteriekweek nodig.

**Zeegrapherstel in de Waddenzee****10 Voorbeelden van een juist antwoord:**

- Met behandeling 5, 6 en 7 wordt bepaald wat het effect is van het weghalen van één factor apart. Met nummer 1, 2, 3 en 4 wordt bepaald wat het effect is van het weghalen van meerdere factoren tegelijkertijd. Nummer 8 is de controlebehandeling.
- Zo kan bepaald worden wat de invloed is van elke factor apart en wat de interactie is tussen factoren.  
8 is de controle.

*Proef 8 is de controle, omdat daar geen behandeling werd uitgevoerd.*

## Meldonium

- 11 – Voor de gezamenlijke opname van carnitine en  $\text{Na}^+$  moet de concentratie  $\text{Na}^+$  in de cel laag gehouden worden / moet een concentratiegradiënt voor  $\text{Na}^+$  aanwezig zijn,  
– waarbij de Na-K-pomp / het transport van  $\text{Na}^+$  de cel uit en  $\text{K}^+$  de cel in ATP verbruikt.

*$\text{Na}^+$  kan alleen samen met carnitine passief de cel in worden getransporteerd als de concentratie  $\text{Na}^+$  in de cel lager is dan buiten de cel. Om de concentratie  $\text{Na}^+$  in de cel laag te houden pompt de Na-K-pomp  $\text{Na}^+$  naar buiten. Hierdoor ontstaat een ladingverschil tussen de binnenkant en de buitenkant van de cel, dat de Na-K-pomp compenseert door  $\text{K}^+$  de cel in te pompen. De Na-K-pomp is een ionenpomp die ionen tegen het concentratieverval in de cel in of uit transporteert. Daarvoor is energie nodig in de vorm van ATP.*

## Domesticatiesyndroom

- 12 1 validiteit  
2 betrouwbaarheid  
3 validiteit

*De betrouwbaarheid van een onderzoek neemt toe naarmate er meer metingen worden verricht. Validiteit betekent dat de resultaten die tijdens het onderzoek zijn verkregen ook echt betrekking hebben op de onderzoeks vraag.*

- 1 *Om te weten te komen of ontsnapte huisdieren binnen enkele generaties in het wild hun typische witte vlekken weer zullen verliezen moet je de eigenschappen van nakomelingen van ontsnapte huisdieren onderzoeken. Dat kan niet wanneer ontsnapte huisdieren paren en nakomelingen krijgen met wilde soortgenoten.*
- 2 *Voor betrouwbare gegevens moeten er veel nakomelingen van ontsnapte huisdieren teruggevonden worden.*
- 3 *Wanneer dieren met witte vlekken eerder ten prooi vallen aan predatoren krijgen ze geen nakomelingen. Je kunt dan de eigenschappen van de nakomelingen van ontsnapte huisdieren niet of minder goed onderzoeken.*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.

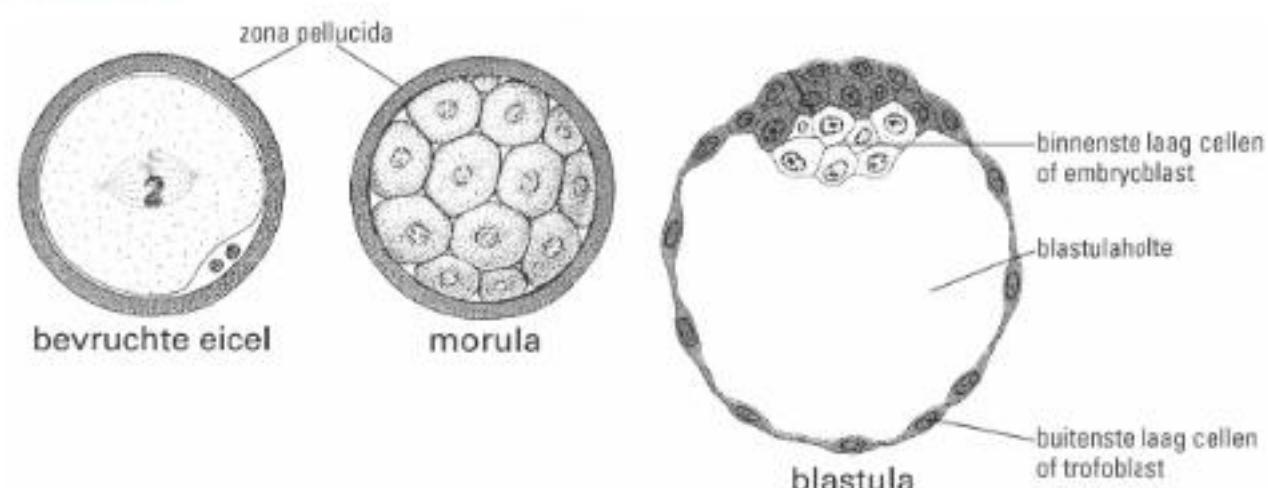


## 2 Voortplanting

### In-vitrofertilisatie

Bij in-vitrofertilisatie (IVF) worden eicellen buiten het lichaam bevrucht door spermacellen. Een bevruchte eicel ontwikkelt zich en wordt vervolgens meestal in een meercellig stadium, bijvoorbeeld in het morulastadium, in de baarmoeder geïmplanteerd. In de afbeelding zijn drie embryonale stadia, waaronder de morula, weergegeven.

#### afbeelding



bron: T.W. Sadler, *Langman's medische embryologie*, Utrecht/Antwerpen, 1988, 30-31

De voorkeur voor implantatie van embryo's in het morulastadium berust op de mening dat andere stadia minder geschikt zijn voor implantatie.

- 1 Noem een reden waarom men een bevruchte eicel minder geschikt vindt voor implantatie in de baarmoeder.  
En noem een andere reden waarom men een blastula minder geschikt vindt voor implantatie in de baarmoeder.

Er worden meestal meer eicellen bevrucht dan er uiteindelijk worden gebruikt voor implantatie. De meningen over wat men kan en mag doen met de niet-gebruikte embryo's zijn verdeeld. Sommige onderzoekers zijn van oordeel dat deze niet-gebruikte embryo's voor wetenschappelijk onderzoek kunnen worden benut. Anderen zijn van oordeel dat niet-gebruikte embryo's nooit voor wetenschappelijk onderzoek mogen worden toegepast.

In deze discussie worden ethische, godsdienstige en natuurwetenschappelijke argumenten door elkaar heen gebruikt.

- 2 Welk van deze standpunten moet je kiezen als je alleen natuurwetenschappelijke argumenten wilt gebruiken? Geef een natuurwetenschappelijk argument voor het standpunt dat je hebt gekozen.

Een studente noemt vier criteria waarop, voorafgaande aan de implantatie, de levensvatbaarheid van een embryo zou kunnen worden vastgesteld:

- 1 de aanwezigheid van delende kernen;
  - 2 de beweeglijkheid van het embryo;
  - 3 de grootte van de cellen;
  - 4 het aantal mitochondriën per cel.
- 3 Welk van deze criteria geeft de meeste informatie over de kans op een succesvolle ontwikkeling van het embryo?  
**A criterium 1**                                   **C criterium 3**  
**B criterium 2**                                   **D criterium 4**

## Vruchtbaarheid

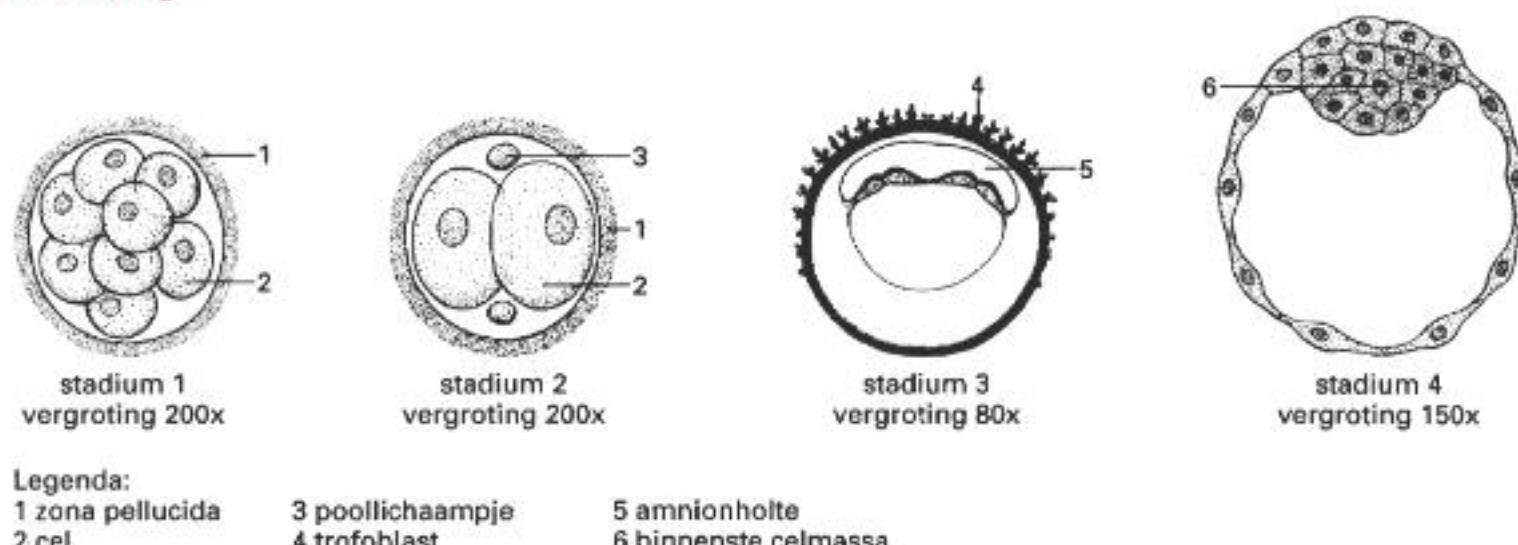
Het komt voor dat een vrouw ook vóór de menopauze geen kinderen kan krijgen. Als zowel de man als de vrouw genoeg gezonde voorplantingscellen produceren, is het tegenwoordig mogelijk de bevruchting buiten het lichaam van de vrouw te laten plaatsvinden. Men spreekt dan van IVF (in-vitrofertilisatie). Eicellen van de vrouw worden operatief uit één van de eierstokken gehaald en buiten het lichaam bevrucht. Na bevruchting ontwikkelen zich jonge embryo's. Enkele van deze embryo's worden in de baarmoeder van de vrouw ingeplant. Na 9 maanden kunnen één of meer 'reageerbuisbaby's' op de normale wijze geboren worden.

De volgende verschijnselen bij de vrouw kunnen ongewenste kinderloosheid tot gevolg hebben:

- 1 Tijdens het begin van de zwangerschap wordt het baarmoederslijmvlies afgestoten.
- 2 In de eileiders zijn verstoppingen aanwezig die de doorgang voor een eicel blokkeren.
- 3 Er treedt een sterke afweerreactie op tegen het embryo.
- 4 Bij welke van deze afwijkingen is de beschreven IVF-behandeling voor de vrouw mogelijk een oplossing om toch zwanger te worden?
  - A bij verschijnsel 1
  - B bij verschijnsel 2
  - C bij verschijnsel 3

In de afbeelding zijn in willekeurige volgorde vier verschillende stadia van de embryonale ontwikkeling weergegeven.

### afbeelding



- 5 Uit welke van de getekende stadia kan een eeneiige tweeling ontstaan?
  - A alleen tijdens stadium 2
  - B alleen tijdens stadia 1 en 2
  - C alleen tijdens de stadia 1 en 4
  - D alleen tijdens de stadia 3 en 4
  - E alleen tijdens de stadia 1, 2 en 3
  - F tijdens de stadia 1, 2, 3 en 4

## Geslachtsorganen

Cellen nemen uit het bloed stoffen op die worden gebruikt voor de synthese van celmateriaal. De opname van stoffen (per gram weefsel per maand) door cellen in verschillende organen van het voortplantingsstelsel van een vrouw van twintig jaar wordt vergeleken. De vrouw is niet in verwachting.

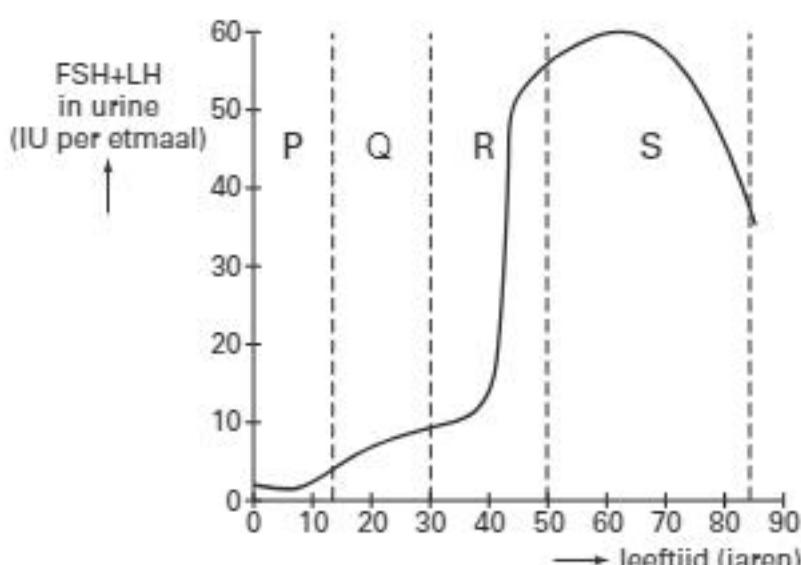
Enkele organen (van het voortplantingsstelsel) zijn: baarmoeder, eierstokken, eileiders en vagina.

- 6 In welk(e) van deze organen is de opname van stoffen voor de synthese van celmateriaal gemiddeld het grootst?

De mate van afgifte van geslachtshormonen verandert gedurende het leven van een vrouw.

In het diagram van de afbeelding is de totale concentratie van de hormonen FSH + LH per etmaal in de urine van een vrouw weergegeven. Vier perioden in haar leven zijn aangegeven met P, Q, R en S.

### afbeelding



bron: A.C. Guyton & J.E. Hall, *Textbook of medical physiology*, Philadelphia, 1996, 1028

- 7 Gedurende welke van deze perioden is de concentratie van oestradiol in haar bloed gemiddeld het hoogst?  
**A** gedurende periode P  
**B** gedurende periode Q  
**C** gedurende periode R  
**D** gedurende periode S

## Anticonceptiepil

De hormonale anticonceptie zoals de 'pil' en de prikpil, beïnvloeden de hypothalamus-hypofyse waardoor ovulatieremming optreedt ten gevolge van toediening van oestrogene en progestagene stoffen. Deze stoffen onderdrukken de FSH- en LH-productie in de hypofyse waardoor zich geen follikels ontwikkelen. Veranderingen in het baarmoederslijmvlies door gebruik van de pil verhinderen innesteling van een embryo. Bovendien vormt het als gevolg van pilgebruik verdikte slijm in de baarmoederhals een barrière voor de spermien. Tijdens de pilvrije periode wordt het endometrium door de menstruatie afgestoten.

bewerkt naar: W.G. Burgerhout e.a., *Fysiologie, Leerboek voor paramedische opleidingen*, 1998, 333

De afbeelding geeft een aantal gebeurtenissen weer die aan de geboorte van een kind voorafgaan. De cijfers geven plaatsen en processen aan waar kan worden ingegrepen om een zwangerschap te voorkomen.

### afbeelding



- 8** Waar kan volgens de tekst de anticonceptiepil ingrijpen? Geef de nummers van de betreffende pijlen in de afbeelding.

## Zwangerschap

Zwangerschapsdiabetes is een vorm van suikerziekte die tijdens de zwangerschap ontstaat, meestal tussen de 24ste en 28ste week van de zwangerschap. Deze vorm van diabetes wordt veroorzaakt door insulineresistentie en lijkt op diabetes type 2. Bij zwangerschapsdiabetes is het de veranderde hormoonhuishouding die de cellen in het lichaam ongevoeliger maakt voor insuline. Doordat stoffen uit vetcellen de insulinegevoeligheid eveneens verminderen, komt zwangerschapsdiabetes vaker voor bij vrouwen met overgewicht.

De grootste boosdoener is een antagonist van insuline, het placentahormoon HPL. De productie van HPL is in de tweede helft van de zwangerschap veel hoger dan in de eerste helft. Een meer bekend placentahormoon is HCG, dat bij een prille zwangerschap een belangrijke rol speelt. Het is onwaarschijnlijk dat dit hormoon bijdraagt aan het ontstaan van zwangerschapsdiabetes, omdat de HCG-productie na de eerste drie maanden van de zwangerschap juist afneemt.

- 9**
- Noteer welk orgaan door HCG wordt beïnvloed en wat de functie daarvan is voor de instandhouding van de zwangerschap.
  - Waardoor is HCG na drie maanden hiervoor niet meer nodig?

Een baby van een moeder met zwangerschapsdiabetes moet de eerste twee dagen na de bevalling goed in de gaten worden gehouden vanwege het risico op hypoglycemie, een te lage bloedsuikerspiegel.

- 10** Leg uit hoe deze hypoglycemie na de geboorte kan ontstaan. Betrek daarbij de glucose-opname van de baby vóór en ná de geboorte.

## Celdeling

Hieronder is een aantal begrippen genoemd (1 tot en met 11) dat wordt gebruikt bij het beschrijven van de celcyclus. Van negen van deze begrippen zijn de beschrijvingen opgenomen (a tot en met i).

### *begrip*

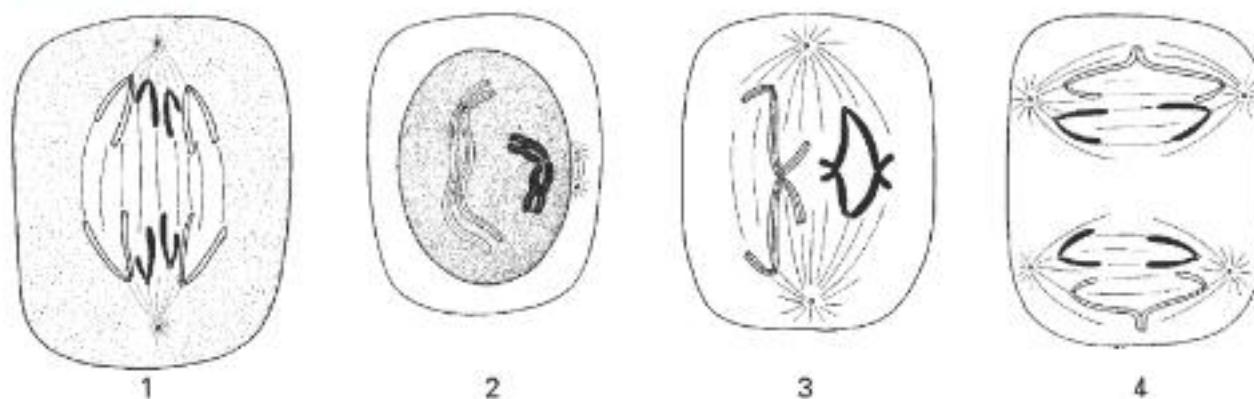
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1 mitose      | 7 haploïd       |
| 2 equatorvlak | 8 kernspoel     |
| 3 polen       | 9 spiralisatie  |
| 4 telofase    | 10 centromeer   |
| 5 metafase    | 11 DNA-synthese |
| 6 diploïd     |                 |

### *beschrijving*

- a Trek- en steundraden vormen samen deze figuur.
  - b De aanhechtingsplaats van chromatiden aan elkaar.
  - c Het begrip dat aangeeft dat chromosomen paarsgewijs in de cel voorkomen.
  - d In dit stadium bevinden zich van elk chromosoom twee identieke chromatiden in het equatorvlak.
  - e Het deel van de celcyclus waarin de kerndeling plaatsvindt.
  - f Bij plantencellen vormt zich in dit stadium de eerste aanleg van de celwand.
  - g Door dit proces veranderen de chromosomen van vorm waardoor ze goed van elkaar te onderscheiden zijn.
  - h Vanuit deze positie worden de chromosomen naar de polen bewogen.
  - i Dit proces moet plaatsvinden vóór de mitose.
- 11 Noteer de letters van de beschrijvingen a t/m i en plaats daarbij het cijfer van het bijbehorende juiste begrip.

In de afbeelding zijn vier cellen (1, 2, 3 en 4) weergegeven waarin verschillende delingsstadia zichtbaar zijn. De cellen zijn afkomstig van hetzelfde organisme dat vier chromosomen per diploïde cel heeft.

### *afbeelding*



Over deze delingsstadia worden de volgende beweringen gedaan.

- 1 Deze delingsstadia kunnen alle in hetzelfde orgaan van dit organisme voorkomen.
  - 2 Deze delingsstadia zijn allemaal stadia van de mitose.
- 12 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- A geen van beide beweringen
  - B alleen bewering 1
  - C alleen bewering 2
  - D beide beweringen

- 13 Is de hoeveelheid DNA in cel 1 kleiner dan, gelijk aan of groter dan die in cel 3?
- A kleiner
  - B gelijk
  - C groter

## Seksualiteit

- 14\* Tussen man en vrouw zijn een aantal verschillen waarneembaar, zoals:
- 1 verschil in primaire geslachtskenmerken
  - 2 verschil in secundaire geslachtskenmerken
  - 3 verschil in gedrag, waartoe ook rolpatronen behoren
  - 4 verschil in gevoel van geslachtsidentiteit
- Welke verschillen hebben betrekking op het begrip gender?
- 15\* SOA is een afkorting voor seksueel overdraagbare aandoening.
- Welk van de volgende aandoeningen is geen SOA?
- A Chlamydia
  - B Ebola
  - C AIDS
  - D Herpes genitalis
- 16\* Een SOA wordt doorgaans overgedragen door seksueel contact.
- Enkele voorbeelden van SOA's zijn aids, chlamydia en trichomonas.
- De veroorzakende ziekteverwekkers van de genoemde SOA's behoren tot de virussen, bacteriën, schimmels of zijn dierlijke cellen.
- Geef van elke genoemde SOA aan tot welke groep ziekteverwekkers deze behoort.
- 17\* Bij menselijke relaties speelt seksualiteit een belangrijke rol.
- Hier volgen twee uitspraken.
- 1 Het transseksueel zijn wordt bepaald door een afwijkende groei van de hersenen onder invloed van hormonen voor de geboorte.
  - 2 Tijdens de levensloop veranderen de concentraties geslachtshormonen in het lichaam en daarmee het gedrag ten opzichte van mogelijke seksuele partners.
- Kunnen deze uitspraken juist zijn?
- A alleen uitspraak 1 kan juist zijn
  - B beide uitspraken kunnen juist zijn
  - C alleen uitspraak 2 kan juist zijn
  - D beide uitspraken kunnen onjuist zijn
- 18\* De term transseksueel lijkt een meer gevorderde, stabielere toestand aan te geven dan de term transgender.
- Een transseksueel is iemand die
- A zich seksueel aangetrokken voelt tot individuen van het eigen geslacht.
  - B gevoelsmatig tot een andere geslacht behoort, dan zijn of haar lichamelijke bouw.
  - C lichamelijke kenmerken heeft van beide geslachten.
  - D zich aangetrokken voelt tot individuen van beide geslachten.
  - E geen enkele seksuele gevoelens heeft.

\* Deze vraag gaat over stof uit het schoolexamen.

## Evolutie van de menstruatie

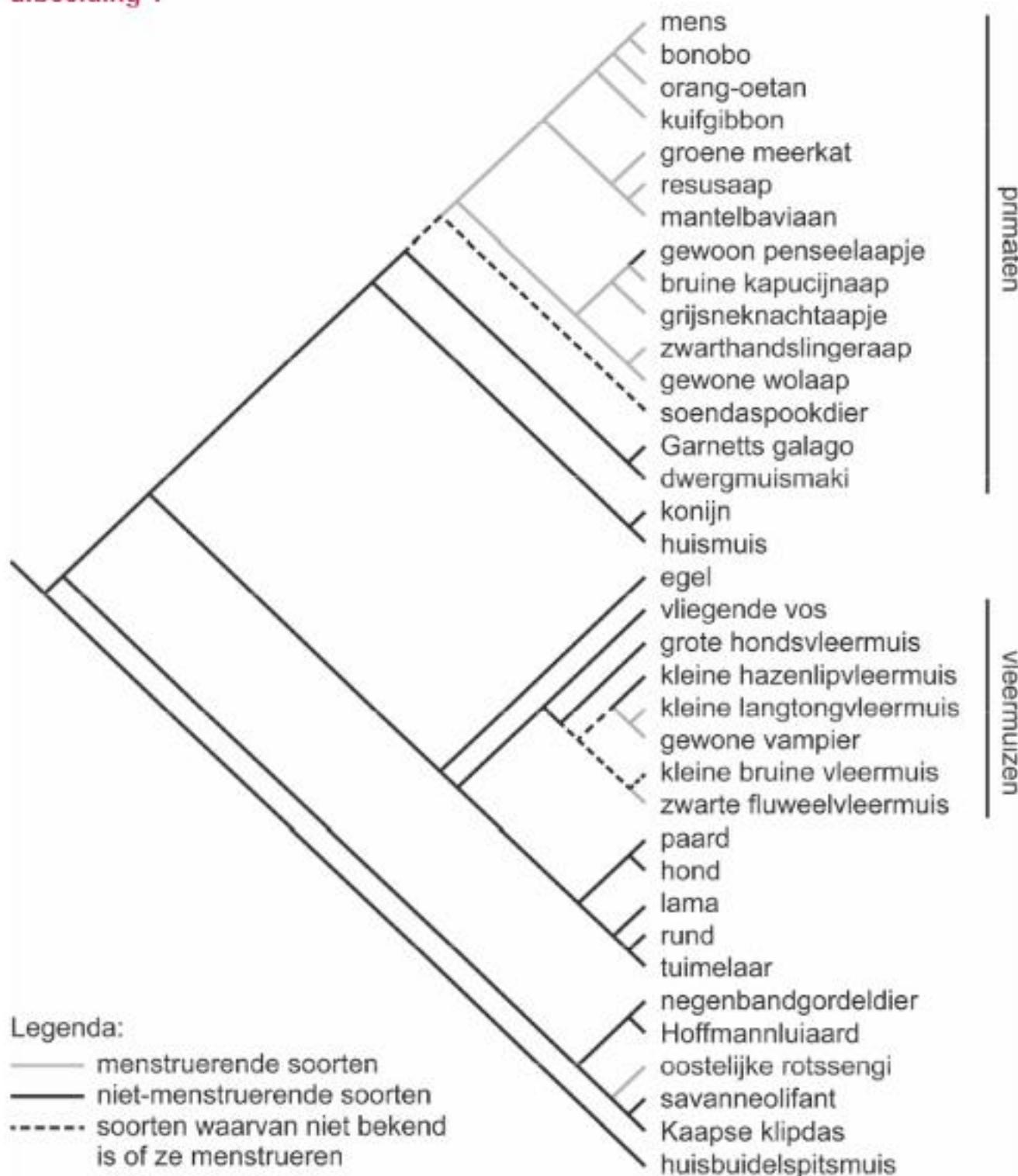
De mens is een van de weinige zoogdieren die menstrueert. Evolutiebiologen onderzoeken hoe dit in de evolutie is ontstaan.

Bij zoogdieren wordt tijdens de rijping van eicellen in de eierstokken het baarmoederslijmvlies dikker door de invloed van oestrogeen. Het gereedmaken van het verdikte baarmoederslijmvlies voor de innesteling van een embryo wordt bij niet-menstruerende zoogdieren pas in gang gezet als een embryo in de baarmoeder aanwezig is. De baarmoederslijmvliescellen van de moeder worden dan aangezet tot decidualisatie. Dit is het vormen van een cellaag (de decidua) waarin het embryo zich kan innestelen. Als de innesteling uitblijft, wordt dit verdikte baarmoederslijmvlies niet afgestoten maar geabsorbeerd. Er volgt dus geen menstruatie.

Bij menstruerende zoogdieren begint de vorming van de decidua 'vanzelf': het progesteron dat door het geel lichaam wordt afgegeven, veroorzaakt de celdifferentiatie in het baarmoederslijmvlies. Dit wordt spontane decidualisatie genoemd. Bij de menstruatie wordt de decidua afgescheiden.

Menstruatie is relatief recent in de evolutie ontstaan. In afbeelding 1 is in een fylogenetische stamboom van een groot aantal zoogdieren aangegeven of ze wel of niet menstrueren of dat dat niet bekend is.

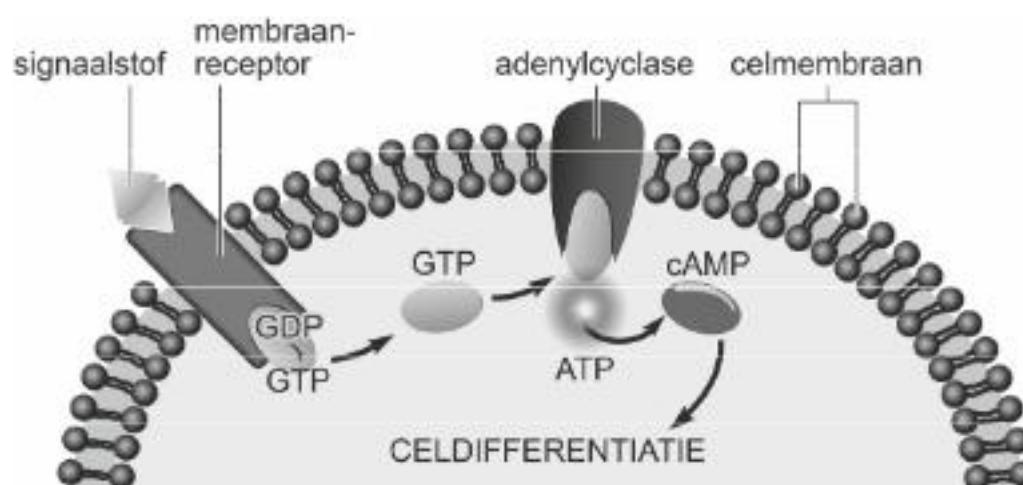
**afbeelding 1**



De vorming van de decidua wordt bij niet-menstruerende zoogdieren veroorzaakt doordat het embryo via een aantal tussenstappen zorgt voor een toename van de second messenger cAMP in de cellen van het baarmoederslijmvlies, die daardoor differentiëren tot decidua-cellen. Bij menstruerende zoogdieren leidt progesteronproductie tijdens de maandelijkse cyclus tot de toename van cAMP en de daaropvolgende celdifferentiatie van de baarmoederslijmvliescellen.

In afbeelding 2 is deze signaalcascade schematisch weergegeven.

### afbeelding 2



Drie uitspraken die de werking van progesteron bij menstruerende zoogdieren in verband brengen met een toename van cAMP in baarmoederslijmvliescellen zijn:

- 1 Progesteron vormt met de membraanreceptor een complex dat aan het DNA bindt en zo de expressie van cAMP verhoogt.
  - 2 Progesteron zet bepaalde cellen aan tot de afgifte van een signaalstof die bindt aan de membraanreceptor op baarmoederslijmvliescellen.
  - 3 Progesteron veroorzaakt in baarmoederslijmvliescellen verminderde expressie van het enzym adenylcyclase.
- 19** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **wel** of **niet** juist kan zijn.

Tijdens de zwangerschap en de daaropvolgende zoogperiode ligt de menstruatiecyclus van menstruerende zoogdieren stil. Het zuigen van het jong beïnvloedt de afgifte van GnRH en LH bij het moederdier.

- 20** Wordt door het zogen de afgifte van GnRH bij de moeder gestimuleerd of geremd? En wordt de afgifte van LH dan gestimuleerd of geremd?

	GnRH-productie	LH-productie
A	gestimuleerd	gestimuleerd
B	gestimuleerd	geremd
C	geremd	gestimuleerd
D	geremd	geremd

## Hints bij hoofdstuk 2

- 1 Ga van elk stadium na waar het zich zonder ingrijpen van de mens zou bevinden.
- 2 Kies een standpunt waarvoor je een natuurwetenschappelijk argument kunt bedenken.
- 3 Hoe verandert de grootte van cellen tijdens de embryonale ontwikkeling?
- 4 Bij welke verschijnselen is er altijd een probleem?
- 5 Bij een van de stadia moet zich een eeneiige tweeling ontwikkelen.
- 6 Denk aan de menstruatiecyclus.
- 7 Denk aan negatieve terugkoppeling.
- 8 Zet een pijl bij drie in de tekst genoemde plaatsen.
- 9 Zoek HCG op in Binas of ScienceData.
- 10 Een hypo kan ontstaan door een hoog insulinegehalte van het bloed.
- 11 Diplo betekent twee, haplo betekent enkel. Gespiraliseerde chromosomen zijn zichtbaar.
- 12 In welke organen kan meiose plaatsvinden (zie meiose in Binas of ScienceData)?
- 13 Tel het aantal chromatiden.
- 14 Een rolpatroon is het gedrag dat maatschappelijk, cultureel of religieus bepaald wordt.
- 15 Welke ziekte kun je krijgen door seksueel contact?
- 16 Welke SOA kun je niet met antibiotica bestrijden?
- 17 Hoe verandert het lichaam in de loop van het leven?
- 18 Het voorvoegsel trans (Latijn) betekent letterlijk 'aan de andere zijde'.
- 19 Gebruik Binas 89A,B of ScienceData 28.6.
- 20 Gebruik Binas 89A of ScienceData 15.10a.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 2

### In-vitrofertilisatie

- 1 Voorbeelden van redenen waarom men een bevruchte eicel minder geschikt vindt:
- In dit stadium is het nog onzeker of de cel zich goed zal ontwikkelen.
  - In dit stadium is het nog onzeker of de cel zich zal gaan delen.
  - Dit stadium komt niet overeen met het stadium waarin het embryo in de normale situatie in de baarmoeder komt.
- Voorbeelden van redenen waarom men een blastula minder geschikt vindt:
- In dit stadium is de differentiatie van het embryo reeds te ver gevorderd.
  - In dit stadium ontbreekt de bescherming door de zona pellucida.
  - In dit stadium kan het embryo zich misschien niet meer innestelen.
- 2 Het standpunt dat embryo's voor wetenschappelijk onderzoek kunnen worden benut. Voorbeelden van een argument bij dit standpunt:
- Hierdoor kan meer kennis over de embryonale ontwikkeling van de mens worden verkregen (die niet op andere wijze kan worden verkregen).
  - Hierdoor kan meer kennis worden verkregen die kan worden gebruikt bij de behandeling van vrouwen die ongewenst kinderloos zijn.
- of:
- Het standpunt dat embryo's nooit voor wetenschappelijk onderzoek mogen worden gebruikt. Voorbeeld van een argument bij dit standpunt:
- Verbetering van techniek, heeft als gevolg dat er nog meer van gebruik gemaakt wordt: nog meer baby's met afwijkingen.

- 3 A Als cellen delen, kunnen er meer cellen ontstaan en kan het embryo zich ontwikkelen.
- Een embryo in het morulastadium kan zich nog niet bewegen.
- De celgrootte is in het begin afhankelijk van het ontwikkelingsstadium (4-cellig, 8-, enz.). Het aantal mitochondriën is heel moeilijk vast te stellen (cel in plakjes onder electronenmicroscoop).

### Vruchtbaarheid

- 4 B Bij een IVF-behandeling gaan eicellen niet door eileiders. IVF is dus effectief, want hierdoor wordt de blokkade omzeild.
- Als het baarmoederslijmvlies wordt afgestoten tijdens het begin van de zwangerschap, zullen ook de na IVF ingeplante embryo's daarin meegaan.
- Een sterke afweerreactie tegen het embryo verandert niet door IVF.
- 5 F De chronologische volgorde van de stadia is:
- stadium 2, na één dag;  
stadium 1, na drie dagen;  
stadium 4, na vier dagen;  
stadium 3, na vijftien dagen.
- Zolang er geen specialisatie is opgetreden kan er een eeneiige tweeling ontstaan. In stadium 3 is al wel specialisatie opgetreden, maar er is een ontwikkelingsstadium van een eeneiige tweeling getekend.

## Geslachtsorganen

- 6 In de baarmoeder worden meer stoffen opgenomen.  
*Het slijmvlies van de baarmoeder wordt iedere menstruatiecyclus vernieuwd.*
- 7 B FSH en LH stimuleren de ovaria die oestradiol produceren (Binas 86C, 89A, ScienceData 15.10 en 28.5,6). Door negatieve terugkoppeling remt oestradiol de productie van FSH door de hypofyse. Een lage concentratie van FSH + LH duidt op een hoge concentratie oestradiol.  
*In periode P, voor de puberteit, worden nauwelijks geslachtshormonen geproduceerd.*  
*In periode R, tot de menopauze, neemt de activiteit van de ovaria sterk af.*  
*In periode S, na de menopauze, zijn de ovaria niet meer actief.*

## Anticonceptiepil

- 8 De anticonceptie pil grijpt in bij de pijlen 1, 3 en 5.  
*Proces 1, ontwikkeling van oöcyt tot ovulatie; de tekst vermeldt dat de FSH- en LH-productie worden geremd (FSH stimuleert ontwikkeling oöcyt tot eicel in rijpe follikel, LH stimuleert de ovulatie, zie Binas 86C, 89A, ScienceData 15.10 en 28.5,6).*  
*Proces 3, zaadcellen zwemmen naar de eileider door de baarmoeder; de tekst vermeldt dat verdikt slijm in de baarmoederhals een barrière vormt.*  
*Proces 5, innesteling in de baarmoeder; de tekst vermeldt dat nidatie (innesteling) wordt verhinderd.*

## Zwangerschap

- 9 HCG bevordert instandhouding van het geel lichaam zodat er voldoende progesteron geproduceerd wordt (om het baarmoederslijmvlies intact te houden). Na drie maanden neemt de placenta deze functie over (en verdwijnt het geel lichaam).  
*Binas 89A, ScienceData 28.6*
- 10 Vóór de geboorte is de glucose-aanvoer (via de moeder met zwangerschapsdiabetes) hoog en daardoor is de insulineproductie in de baby hoog. Na de geboorte stopt deze (rechtstreekse) glucose-aanvoer plotseling (en wordt er wel glucose verbruikt), terwijl (in de baby) het insulinegehalte van het bloed nog hoog is / maar langzaam daalt.  
Dit brengt de bloedsuikerspiegel nog verder omlaag (waardoor een te laag bloedsuikergehalte kan ontstaan).

## Celdeling

- 11 a = 8, b = 10, c = 6, d = 5, e = 1, f = 4, g = 9, h = 2, i = 11  
*Twee begrippen zijn niet gebruikt. De beschrijvingen hiervan zijn:*  
*Polen: de beide zijden van de cel van waaruit de spoelfiguur met trek- en steunraden wordt gevormd.*  
*Haploid: de chromosomen zijn enkelvoudig aanwezig, van ieder type chromosoom één.*  
*Binas 76B, ScienceData 14.10,11*

- 12 B** Het organisme heeft 4 chromosomen per diploïde cel ( $2n = 4$ ) (zie Binas 76B1 en 2, ScienceData 14.10,11).  
*Delingstadium 1 is de anafase van de mitose, waarbij de centromeren delen en de chromatiden uiteengaan. Delingstadium 2 is de profase van meiose I, waarin crossing-over plaatsvindt. Delingstadium 3 is de anafase van meiose I, waarbij de dubbelstrengs chromosomen (bestaande uit twee chromatiden) verdeeld worden over de celpolen; de centromeren delen zich niet. Delingstadium 4 is de anafase van meiose II, waarbij van het haploïde aantal ( $n$ ) chromosomen de chromatiden uiteengaan.*
- 13 B** DNA is het bestanddeel van de chromosomen. De hoeveelheid DNA komt overeen met het aantal enkel-strengs chromosomen of chromatiden. Cel 1 bevat 8 losse chromatiden. Cel 3 bevat 4 chromosomen, ieder bestaande uit 2 chromatiden.
- ### Seksualiteit
- 14** Verschillen 3 en 4.  
Gender staat voor gedrags- en identiteitsaspecten, in tegenstelling tot biologische aspecten, van sekse. Gender betreft ook het gevoel tot het andere geslacht te behoren dan de bouw van je geslachtsorganen aangeeft. Een rolpatroon is het gedrag dat maatschappelijk, cultureel of religieus bepaald wordt.  
*Primaire geslachtskenmerken betreft de bouw van geslachtsorganen zoals bij de geboorte aanwezig.*  
*Secundaire geslachtskenmerken ontstaan in de puberteit onder invloed van geslachthormonen, bv. lichaamsbeharig, borstvorming bij de vrouw en zwaardere stem bij de man.*
- 15 B** Een SOA is een seksueel overdraagbare aandoening, die (vooral) overgedragen wordt door contact tussen slijmvliezen van geslachtsorganen. De overdracht via andere wegen wordt meestal verhinderd door afkoeling en door uitdroging; het ziekteverwekkende organisme is zo kwetsbaar dat het buiten de gastheer niet overleeft.  
Ebola wordt veroorzaakt door een virusbesmetting. Het is geen SOA omdat het (ook) wordt overgedragen door alle lichaamssappen en geïnfecteerde cellen na aanraking.  
*Chlamydia wordt veroorzaakt door een bacterie die ontsteking van de vrouwelijke geslachtsorganen veroorzaakt. De bacterie wordt overgedragen via geslachtsorganen; buiten het lichaam sterven deze bacteriën doorgaans door afkoeling.*  
*Aids wordt veroorzaakt door HIV, een virus dat zich in het afweersysteem nestelt. Hierdoor wordt het afweersysteem verzwakt en kunnen allerlei infecties niet effectief bestreden worden. Zonder medicijnen is de ziekte dodelijk.*  
*Herpes genitalis (genitaliëن = geslachtsorganen) wordt veroorzaakt door een virus; buiten het lichaam kan het virus niet overleven.*
- 16** Aids wordt door HIV (virus) veroorzaakt.  
Chlamydia is een bacterie.  
Trichomonas is een (eencellig) diertje.
- 17 B** 1 Voor de geboorte zijn ontwikkelende hersenen gevoelig voor zowel de eigen hormonen, als voor de hormonen van de moeder.  
2 Tijdens het leven neemt de productie van geslachtshormonen in de puberteit eerst toe en later af (menopauze) en daardoor ook de libido/geslachtsdrift (behoefte aan seksuele intimiteit).

- 18 B** Een transseksueel voelt zich opgesloten in het verkeerde lichaam. De man wil vrouw zijn, de vrouw wil man zijn. Om daadwerkelijk chirurgisch een geslachtsverandering te ondergaan, moet je lange tijd leven als het andere geslacht en veel hormonen slikken. Bovendien krijgen veel transseksuelen te maken met vooroordelen of weerstand van mensen in hun omgeving.  
Bij een transgender is de drang tot geslachtsverandering minder sterk of minder definitief (of tijdelijk).

*Homoseksuelen voelen zich aangetrokken tot individuen van het eigen geslacht.*  
*Hermafrodieten zijn mensen (en andere organismen) die beide geslachtskenmerken hebben.*  
*Biseksuelen voelen zich aangetrokken tot individuen van beide geslachten.*

### Evolutie van de menstruatie

- 19** 1 niet  
2 wel  
3 niet
- 1. Progesteron is een steroïdhormoon (Binas 89A en B en ScienceData 28.6) en bindt aan receptoren in het cytoplasma en niet aan membraanreceptoren. Er wordt dan een hormoon-receptorcomplex gevormd door een hormoon met een receptoreiwit in het cytoplasma (en dus niet met een membraanreceptor).*
  - 2. Bij menstruerende zoogdieren leidt progesteronproductie tijdens de maandelijkse cyclus tot een toename van cAMP (zie tekstkader en afbeelding 2). cAMP wordt gevormd wanneer een signaalstof bindt aan een membraaneiwit. Het is dus mogelijk dat progesteron zorgt voor de afgifte van een signaalstof die bindt aan de membraanreceptor op baarmoederslijmvliescellen, waardoor er een toename is van cAMP.*
  - 3. Adenylcyclase zet ATP om in cAMP. Een verminderde expressie van adenylcyclase leidt tot minder productie van cAMP. Progesteronproductie leidt juist tot een toename van cAMP.*

- 20 D** Door het zogen wordt de afgifte van GnRH en LH geremd.  
*GnRH is een releasinghormoon dat de hypofyse stimuleert om FSH en LH af te geven (Binas 89A en ScienceData 15.10a). LH zet aan tot ovulatie. Om de menstruatiecyclus stil te leggen, moet de LH-productie geremd worden. Dit komt tot stand door de remming van GnRH.*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



### 3 Genetica

#### Katten

Bij katten wordt de kleur en het patroon van de vacht bepaald door minstens tien verschillende genen. X-chromosomaal zijn de allelen  $X^D$  voor oranje en  $X^d$  voor zwarte vachtkleur. Bij een heterozygoot vrouwtje ( $X^DX^d$ ) wordt tijdens de embryonale ontwikkeling in sommige cellen het  $X^D$ -chromosoom uitgeschakeld, in andere cellen het  $X^d$ -chromosoom. Hierdoor krijgt de vacht een vlekkenpatroon van oranje en zwarte vlekken. Het precieze vlekkenpatroon is afhankelijk van het stadium van de embryonale ontwikkeling waarin een X-chromosoom is uitgeschakeld.

Een oranje kater paart met een homozygoot-zwarte poes. Zij krijgen een nest met vier poesjes. Deze poesjes zijn vrouwtjes. Ze zien er als volgt uit:

- poes 1 is oranje,
- poes 2 is zwart,
- poes 3 is voor ongeveer 2/3 deel oranje; het oranje wordt afgewisseld met 5 zwarte kleurvelden,
- poes 4 is voor ongeveer 2/3 deel zwart; het zwart wordt afgewisseld met 5 oranje kleurvelden.

- 1 Bij welke van de poesjes 1, 2, 3 en 4 zal het  $X^D$ -chromosoom in de cel die de vachtkleur bepaalt, het vroegst in de embryonale ontwikkeling zijn uitgeschakeld?  
**A** bij poes 1  
**B** bij poes 2  
**C** bij poes 3  
**D** bij poes 4

De vachtkleur wordt bovendien beïnvloed door een niet X-chromosomaal allelenpaar: in aanwezigheid van het allele S heeft de vacht witte vlekken, een homozygoot recessieve kat (ss) heeft geen witte vlekken. Lapjespoezen hebben oranje, zwarte en witte vlekken.

In een buurt lopen poesjes en katers met de volgende genotypen:

Minet met genotypte  $X^DX^D ss$ ;  
Guusje met genotype  $X^dX^d Ss$ ;  
Tommie met genotype  $X^DY ss$ ;  
Max met genotype  $X^dY SS$ ;  
Pluis met genotype  $X^DY Ss$ ;  
Rasta met genotype  $X^dY Ss$ .

Al deze poesjes en katers kunnen met elkaar paren en ze zijn allemaal even vruchtbaar.

- 2 Welke poes moet paren met welke kater om een nest te krijgen met zoveel mogelijk lapjespoezen?  
En hoe groot is dan de kans dat een vrouwtje in zo'n nest een lapjespoes is?

Bij katten komen onder andere de volgende drie allelenparen voor: P,p; Q,q; R,r. Deze allelenparen zijn niet gekoppeld. Alleen het allelenpaar Q,q is X-chromosomaal. Van een groot aantal gameten van een mannelijk dier van deze soort worden de combinaties met betrekking tot deze allelen bepaald. Daarin worden de volgende allelencombinaties aangetroffen:

p, q, R;  
P, q , R;  
P, q, r;  
p, q, r.

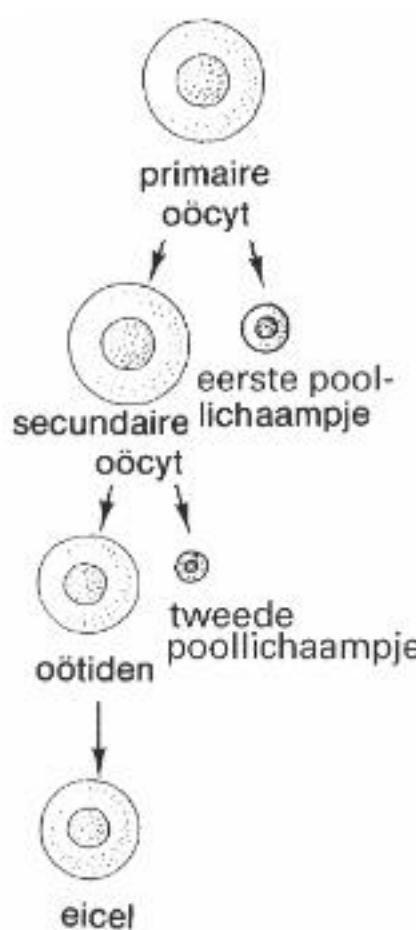
- 3 Hoe groot is de kans dat bij dit dier een gameet ontstaat met de allelen p, Q, r?  
Aangenomen wordt dat er geen mutaties optreden.
- A 0  
B 1/16  
C 1/8  
D 1/4

## Erfelijke afwijkingen

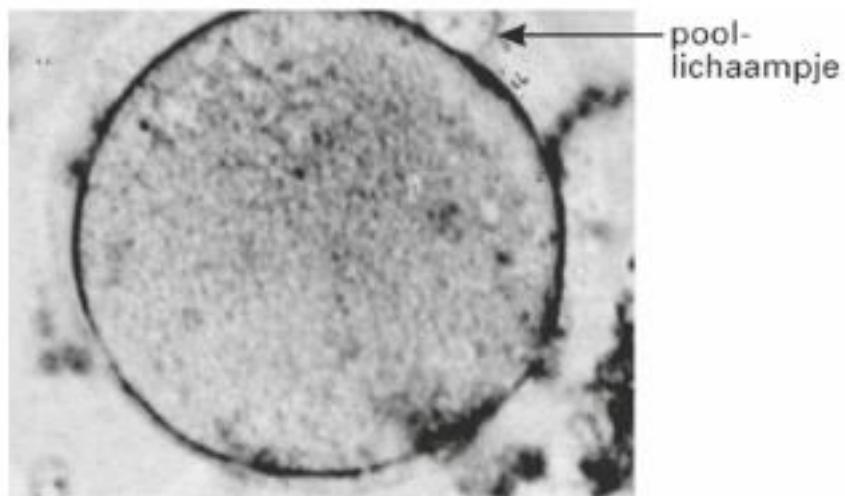
### informatie 1 in-vitrofertilisatie

Een procedure voor in-vitrofertilisatie:

Een rijpe eicel wordt uit een van de eierstokken van een vrouw gehaald en in een voedingsmedium geplaatst. Hierin gaat de ontwikkeling van de eicel verder. Als meiose I heeft plaatsgevonden, wordt het poollichaampje dat is gevormd, van de eicel losgemaakt en het genetisch materiaal ervan onderzocht. Op grond van de resultaten van dit onderzoek wordt besloten om de eicel al dan niet te laten bevruchten door een spermacel. Daartoe worden spermacellen bij de eicel in het voedingsmedium gebracht. Als de bevruchte eicel zich normaal ontwikkelt, kan het embryo in de baarmoeder van de vrouw worden geïmplanteerd.

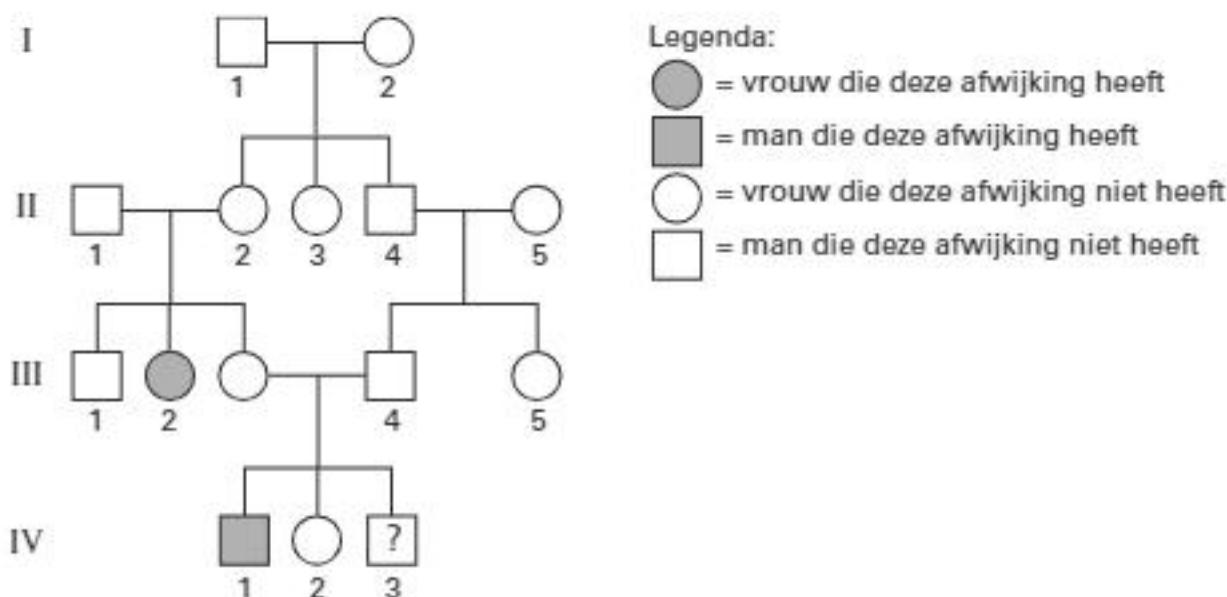


embryo's worden in vers kweekmedium overgebracht

**informatie 2** ontwikkeling van de bevruchte eicel

opname (250x) van een menselijke eicel met een poollichaampje

In de familie van een vrouw (IV-2) komt een bepaalde erfelijke afwijking voor. Familieleden met deze afwijking zijn verstandelijk gehandicapt. De stamboom van deze familie is weergegeven in de afbeelding.

**afbeelding**

Deze vrouw (IV-2) heeft een broer (IV-3).

Aangenomen wordt dat geen mutaties optreden.

- 4 Hoe groot is de kans dat de broer deze afwijking heeft?

- A 1/16
- B 1/8
- C 1/6
- D 1/4
- E 1/2
- F 1

Deze vrouw (IV-2) wil niet dat zij een kind zal krijgen met deze afwijking. Zij besluit tot IVF (in-vitrofertilisatie).

Bij onderzoek blijkt dat zich in het eerstgevormde poollichaampje het afwijkende gen bevindt. Er wordt gesteld dat er geen crossing-over en geen mutaties plaatsvinden.

- 5 Bevindt zich in de bijbehorende secundaire oöcyt dan geen afwijkend gen, wel een afwijkend gen of is dat niet te bepalen?

- A geen afwijkend gen
- B wel een afwijkend gen
- C dat is niet te bepalen

## Fenotype en genotype

Bij een bepaalde plant zijn de kroonbladeren rood en breed. Deze plant wordt gekruist met een plant met witte en smalle kroonbladeren. Hieruit ontstaan talrijke nakomelingen (de  $F_1$ ). Al deze nakomelingen hebben rode en smalle kroonbladeren. Twee individuen uit de  $F_1$  worden gekruist. Hieruit ontstaat een  $F_2$  die eveneens talrijk is. In de  $F_2$  komen drie fenotypen voor. De helft van de individuen uit de  $F_2$  heeft hetzelfde fenotype als de planten in de  $F_1$ .

- 6 Van welk percentage van de  $F_2$  is op grond van deze gegevens het genotype bekend?
- A van 25% van de  $F_2$
  - B van 50% van de  $F_2$
  - C van 75% van de  $F_2$
  - D van 100% van de  $F_2$

Bij een haverras komen planten met zwarte, planten met witte en planten met grijze kafjes voor. Deze eigenschap wordt veroorzaakt door twee paar genen die onafhankelijk overerven. Planten met een allel E of een combinatie van allel E met allel F hebben zwarte kafjes. Planten met alleen een allel F zonder een allel E hebben grijze kafjes. Planten die voor beide genen homozygoot recessief zijn, hebben vruchtkruidjes met witte kafjes. Een kruising van twee haverplanten (H en I), beide met zwarte kafjes, levert de volgende nakomelingen: 613 planten met zwarte kafjes, 160 planten met grijze kafjes, 54 planten met witte kafjes.

- 7 Wat is het genotype van de plant H en wat is het genotype van plant I?

## X-chromosomale inactivatie

"Elke vrouw is een mozaïek", zegt Anton Grootegoed, hoogleraar aan het Erasmus MC te Rotterdam. "Ze heeft groepjes cellen waarin het X-chromosoom dat van haar vader komt is uitgeschakeld, en groepjes waarin dat van haar moeder is uitgeschakeld."

Zijn afdeling ontdekte de moleculaire schakelaar die in vrouwelijke embryonale cellen één van beide X-chromosomen uitzet.

Lichaamscellen van mannelijke en vrouwelijke zoogdieren bezitten een ongelijk aantal X-chromosomen. De genexpressie van X-chromosomale genen is echter ongeveer gelijk doordat bij vrouwen al tijdens de embryonale ontwikkeling in de cellen willekeurig één van beide X-chromosomen wordt geïnactiveerd. Hierdoor vindt geen transcriptie plaats van genen gelegen op dit X-chromosoom, ook niet bij de dochtercellen die hieruit ontstaan.

Bij een lapjeskat (altijd een vrouwtje, zie de afbeelding) is in de vachtkleur het effect van de X-chromosomale inactivatie duidelijk zichtbaar.

Er zijn drie genen die bij katten deze vachtkleur bepalen.

De combinaties van allelen en het resulterende fenotype met betrekking tot deze drie genen zijn gegeven in de tabel.

### afbeelding



tabel

genen vachtkleur	genotype	fenotype
gen voor een donkere kleur (autosomaal)	BB, Bb, of Bb <sup>l</sup>	zwarte vacht
	bb of bb <sup>l</sup>	bruine vacht
	b <sup>l</sup> b <sup>l</sup>	lichtbruine vacht
gen voor rode kleuring (X-chromosomaal)	X <sup>R</sup> X <sup>R</sup> of X <sup>R</sup> Y	alle zwarte en bruine vachtdelen worden rood uitgevoerd
	X <sup>R</sup> X <sup>r</sup>	sommige zwarte en/of bruine vachtdelen worden rood
	X <sup>r</sup> X <sup>r</sup> of X <sup>r</sup> Y	zwarte en/of bruine vachtdelen veranderen niet
gen voor witte vlekken (autosomaal)	SS	veel witte vlekken
	Ss	een aantal witte vlekken
	ss	nauwelijks of geen witte vlekken

De lapjeskat in de afbeelding heeft zwarte, rode en witte vachtdelen.

- 8 Welk X-chromosomaal allele is in deze vachtdelen **niet** actief?

zwarte delen	rode delen	witte delen
A X <sup>R</sup>	X <sup>r</sup>	niet te zeggen
B X <sup>r</sup>	X <sup>R</sup>	niet te zeggen
C niet te zeggen	X <sup>R</sup>	X <sup>r</sup>
D niet te zeggen	X <sup>r</sup>	X <sup>R</sup>
E niet te zeggen	X <sup>R</sup>	niet te zeggen
F niet te zeggen	X <sup>r</sup>	niet te zeggen

Een lapjeskat met zwarte, rode en een aantal witte vlekken heeft gepaard met een volledig bruine kater.

- 9 Hoe groot is de kans dat het eerste kitten dezelfde vachtkleuren heeft als de moederpoes?

Afhankelijk van het genotype van de moederpoes is de kans:

- A 1/4 of 1/8
- B 1/8 of 1/16
- C 1/16 of 1/32
- D 1/4 of 1/8 of 1/16
- E 1/8 of 1/16 of 1/32

## Gespierder door gendoping

Het overdragen van genetisch materiaal naar menselijke cellen voor de behandeling van ziektes bevindt zich nog in een experimenteel stadium. Deze techniek zou ook gebruikt kunnen worden als gendoping bij sporters. Het is inmiddels al gelukt om muizen door gendoping supergespierd te maken.

Een goede kandidaat voor gendoping is een gemuteerd gen voor myostatine. Myostatine remt de activatie van satellietcellen. Dat zijn cellen in de spieren die kunnen delen en differentiëren naar myoblasten, de voorlopers van spiervezels.

Onder leiding van Dr. Schuelke, kinderneuroloog bij het UMC te Berlijn, is onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van spiermassa bij kinderen.

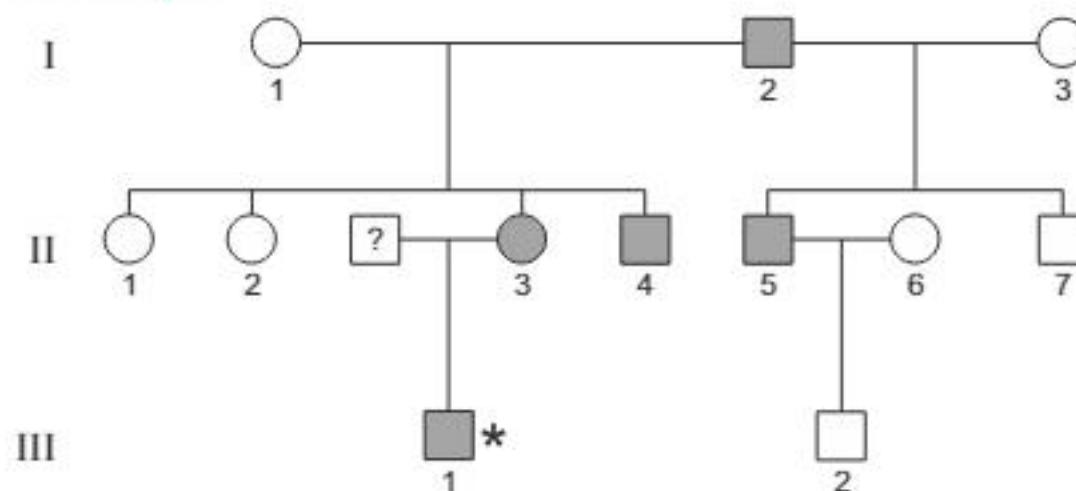
Aan een Duits jongetje met een gemuteerd myostatine-gen is te zien wat het resultaat van deze mutatie is (afbeelding 1).

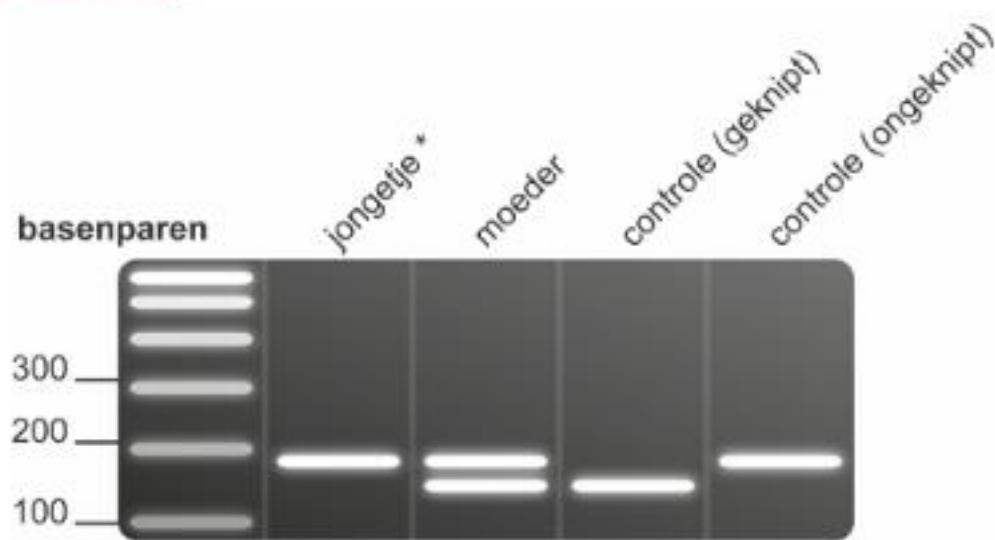
**afbeelding 1**



Schuelke onderzocht de familiestamboom van het jongetje (nummer III-1 in afbeelding 2). Zowel de opa van het jongetje als twee ooms waren bijzonder sterk en gespierd. Ook moeder oogde gespierd, maar niet zo gespierd als haar zoon. Over de vader van het jongetje is dit niet bekend. Voor genetisch onderzoek was alleen materiaal van het jongetje en zijn moeder beschikbaar. Van beiden werd een fragment van 166 basenparen van het myostatine-gen vermenigvuldigd met PCR. Een restrictie-enzym werd gebruikt om de mutatie op te sporen. Alleen in het wild-type gen knipt het enzym dit fragment in twee delen: een van 135 bp en een van 31 bp. Het mutantgen wordt door dit restrictie-enzym niet geknipt. Met gel-elektroforese werden de fragmenten op lengte gescheiden. Het resultaat van de elektroforese is weergegeven in afbeelding 3. Kleine fragmenten van 31 bp zijn hierin niet te zien.

**afbeelding 2**



**afbeelding 3**

Uit de familiestamboom, gecombineerd met het genetisch onderzoek, is af te leiden hoe gespierdheid als gevolg van een mutant-myostatine-gen overerft.

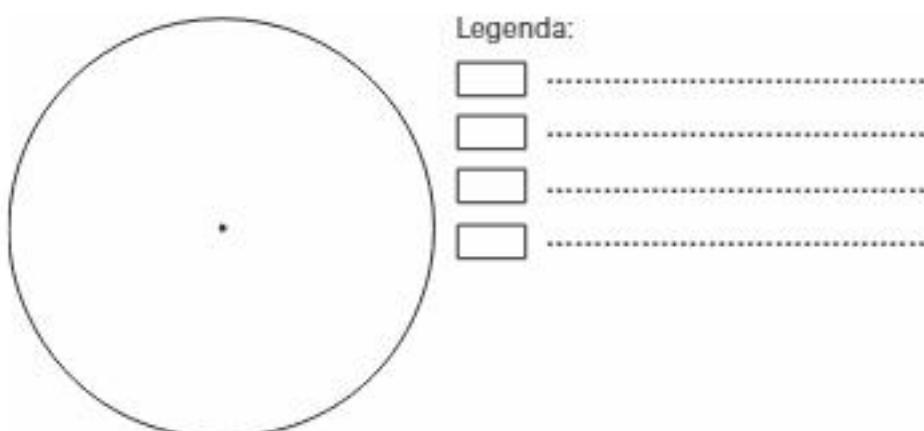
- 10** Hoe erft de eigenschap over?
- autosomaal onvolledig dominant
  - autosomaal recessief
  - X-chromosomaal onvolledig dominant
  - X-chromosomaal recessief

## Genetica

Bij cavia's komen verschillende kleuren van de vacht (wit en zwart) en van de vorm van de haren van de vacht (ruig en glad) voor. De allelen Q en q coderen voor de vachtkleur, de allelen R en r voor de vorm van de haren.

Een aantal cavia's met hetzelfde genotype (de oudergroep) paart. Zij krijgen een groot aantal nakomelingen. De meeste van deze nakomelingen hebben een zwarte, ruigharige vacht; een klein aantal heeft een witte, gladharige vacht. Bovendien zijn er ongeveer evenveel nakomelingen met een witte, ruigharige vacht als met een zwarte, gladharige vacht.

- 11** Wat is het genotype van de cavia's in de oudergroep? Gebruik de gegeven letters voor de allelen.

**afbeelding cirkel**

- 12** Maak van de cirkel in de afbeelding een sectordiagram. Construeer daarin nauwkeurig de theoretisch juiste verdeling van de vachtsoorten van de nakomelingen. Vul de legenda in.

## Genetisch materiaal

Bij de mens worden de chromosomen in de lichaamscellen met de nummers 1 tot en met 23 aangegeven. In de lichaamscellen kan een afwijkend aantal chromosomen voorkomen. De aanwezigheid van drie in plaats van twee chromosomen nummer 21 noemt men trisomie 21.

Eeneiige tweelingen van gezonde ouders vertonen óf beiden óf geen van beiden het verschijnsel trisomie 21.

Bij twee-eiige tweelingen van gezonde ouders blijkt dat als trisomie 21 voorkomt, dit bij één van beide kinderen het geval is.

Over trisomie 21 worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 trisomie 21 ontstaat onder invloed van milieufactoren,
- 2 voor het ontstaan van trisomie 21 bij tweelingen is een gemeenschappelijke placenta nodig,
- 3 trisomie 21 is meestal het gevolg van een fout in een meiose bij één van de ouders.

13 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?

- A alleen bewering 1
- B alleen bewering 2
- C alleen bewering 3
- D alleen de beweringen 1 en 2
- E alleen de beweringen 2 en 3
- F de beweringen 1, 2 en 3

In de westerse wereld is de kans dat een baby trisomie 21 heeft ongeveer 1/600.

14 Hoe groot is de kans dat beide kinderen van een eeneiige tweeling trisomie 21 hebben?

- A 1/300
- B 1/600
- C 1/1200
- D 1/360.000

Tot voor kort werd aangenomen dat elk eiwit wordt gecodeerd door één enkel gen. Californische onderzoekers hebben echter ontdekt dat er bij de mens twee genen, E en F, betrokken zijn bij de opbouw van het eiwit G6PD (= glucose-6-fosfaatdehydrogenase). Gen E ligt op het zesde chromosoom en codeert voor een deel van het te vormen eiwit. Gen F, dat de rest van de informatie voor dit te vormen eiwit bevat, ligt op het X-chromosoom.

Individuen die van beide of één van beide genen geen dominante allelen hebben, kunnen geen G6PD synthetiseren.

Een vrouw met het genotype  $EeX^F X^f$  en een man met het genotype  $EeX^F Y$  krijgen een kind.

15 Hoe groot is de kans dat dit eerstgeboren kind een jongen is die het eiwit G6PD niet kan maken?

- A 3/16
- B 1/4
- C 5/16
- D 3/8
- E 7/16
- F 9/16

## Hints bij hoofdstuk 3

- 1 Hoe eerder de informatie voor oranje uitgeschakeld is, des te zwaarter de poes.
- 2 De nakomelingen moeten het gen  $X^D$  hebben om oranje vlekken te krijgen,  $X^d$  om zwarte vlekken te krijgen en S voor witte vlekken; dus ten minste  $X^D X^d S$ .
- 3 Let op welke X-chromosomale allelen worden aangetroffen.
- 4 Controleer met generatie II en III of de afwijking X-chromosomaal is.
- 5 Uit vraag 4 blijkt dat de vrouw heterozygoot is.
- 6 Koppeling speelt hier een rol.
- 7 Bepaal eerst wat er bekend is van genotypen bij planten met zwarte, grijze en witte kafjes. Ga per kenmerk na wat de genotypen van de ouderplanten zijn.
- 8 In potentie zwarte vachtdelen worden door een actief  $X^R$  gen rood.
- 9 Alleen poezen (vrouwelijke katten) kunnen zwarte én rode vachtdelen hebben.
- 10 Uit afbeelding 3 blijkt dat het jongetje alleen onknipbaar myostatine-DNA heeft.
- 11 Alle combinaties van eigenschappen komen in de nakomelingen voor.
- 12 Verdeel de cirkel in 16 stukken en werk met breuken. Theoretisch betekent: volgens de kansberekening.
- 13 Bij trisomie zijn de chromosomen verkeerd verdeeld over de voortplantingscellen.
- 14 Kijk bij hetgeen gezegd wordt over eeneiige tweelingen van gezonde ouders.
- 15 Bereken voor elk genenpaar afzonderlijk de 'verkeerde' combinatie en tel deze kansen op. Het gaat om een jongen.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 3

### Katten

- 1 B** Een oranje kater heeft het genotype  $X^D Y$ . Een homozygote zwarte poes  $X^d X^d$ . De jonge poesjes hebben dan het genotype  $X^D X^d$ . Ze zijn oranje voorzover het  $X^D$ -chromosoom niet is uitgeschakeld. Naarmate het  $X^D$ -chromosoom eerder in de embryonale ontwikkeling is uitgeschakeld, wordt een groter deel van de vacht zwart. *Bij het zwarte poesje was al bij de eerste cel van de cellijn, waaruit de huid werd gevormd, het  $X^D$ -chromosoom uitgeschakeld.*
- 2** Paring van poes Minet met kater Max geeft een nest waarin alle vrouwtjes lapjespoezen zijn, dus met een kans van 100% (1).  
*Jonge lapjespoesjes zijn heterozygoot voor kleur en voor vlekkenpatroon ( $X^D X^d Ss$ ). Overigens aangenomen dat uitschakeling van  $X^D$  plaatsvindt, en wel in een niet al te vroeg embryonaal stadium. Twee vrouwtjes kunnen met vier mannetjes paren. Alleen een paring van de genotypen  $X^D X^D ss$  (Minet) met  $X^d YSS$  (Max) of  $X^d YSs$  (Rasta), of een paring van  $X^d X^d Ss$  (Guusje) met  $X^D Yss$  (Tommie) of  $X^D YSs$  (Pluis) kunnen dubbel heterozygote poeszen voortbrengen.*  
*De kans op nakomelingen met  $Ss$  (heterozygoot) is 100% als beide ouders homozygoot zijn en wel  $SS$  met  $ss$ .*
- 3 A** Het allelenpaar Qq is X-chromosomaal; daarvan komt in een mannelijk dier slechts één allele voor. In een groot aantal onderzochte gameten werd alleen q aangetroffen. Het allele Q kan hier dan niet meer voorkomen.

### Erfelijke afwijkingen

- 4 D** Beide ouders van de vrouw hebben de afwijking niet. Zij moeten dus heterozygoot zijn en de afwijking is recessief. De broer met de afwijking is homozygoot recessief. De kans op een homozygoot recessieve nakomeling bij twee heterozygote ouders is  $\frac{1}{4}$ , ook voor iedere volgende nakomeling.  
 Uit de nakomelingen van II-1 en II-2 blijkt dat de afwijking niet X-chromosomaal is.
- 5 A** Bij de vrouw komt in het poollichaampje het afwijkende gen voor. Zij is dus heterozygoot (draagster). Het allelenpaar is bij de meiose I uiteengegaan. De secundaire oöcyt bevat dan het gen voor 'geen afwijking' voor deze verstandelijke handicap.

### Fenotype en genotype

- 6 D** Uit de uniforme  $F_1$  volgt dat rood en smal dominant zijn en beide ouders homozygoot. Gebruik A = allele voor rood; r = wit; B = smal en b = breed. Dan is de P-generatie  $AAbb$  en  $aaBB$  en  $F_1$  is  $AaBb$ . De  $F_2$  heeft maar 3 fenotypen; dat kan bij gekoppelde genen: A met b en a met B. Voor wat het eerste genenpaar betreft zijn de nakomelingen in de  $F_2$ : AA, Aa en aa.  
 Na toevoeging van de gekoppelde genen:  $AAbb$ ,  $AaBb$  en  $aaBB$ .  
*Bij ongekoppelde genen levert een heterozygote  $F_1$  4 fenotypen nakomelingen in de verhouding 9 : 3 : 3 : 1.*

- 7** Het genotype van H is EeFf. Het genotype van I is EeFf.  
*Uit de gegevens volgt: genotype met E<sup>+</sup> = zwart; met eeF<sup>-</sup> = grijs; eeff = wit.*  
*De verhouding waarin de genotypen voorkomen met de allelen E<sup>+</sup> en ee = 613 : (160 + 54) = 613 : 214 = 3 : 1. Deze verhouding in de fenotypen van de nakomelingen geldt voor ouders die voor dit kenmerk beiden heterozygoot zijn.*  
*De verhouding waarin de genotypen met F<sup>+</sup> en ff voorkomen volgt uit de groep met de allelen ee: F<sup>+</sup> en ff = 160 : 54 = 3 : 1. Ook in dit geval moeten beide ouders heterozygoot (Ff) zijn.*

### X-chromosomale inactivatie

- 8 A** De lapjeskat is een vrouwtje en heeft dus twee X-chromosomen. Door het geactiveerde X<sup>R</sup>-allel worden in aanleg zwarte delen rood uitgevoerd (volgens tabel 1), dus bij de zwarte delen van een lapjeskat is X<sup>R</sup> inactief.  
 In de huiddelen waar X<sup>r</sup> geactiveerd is, blijven de in aanleg zwarte delen van de huid zwart. Het genotype van de poes is dus X<sup>R</sup>X<sup>r</sup>.  
 Waarschijnlijk heeft de poes het genotype Ss voor witte vlekken. Omdat aan de witte huiddelen niet gezien kan worden of daar X<sup>R</sup> of X<sup>r</sup> geactiveerd is, weet je niet welk allele daar actief is.
- 9 B** De moederpoes is een lapjeskat en haar genotype is volgens tabel 1: BB of Bb en Ss X<sup>R</sup>X<sup>r</sup>. De bruine kater heeft volgens tabel 1 genotype: bbssX<sup>r</sup>Y. Het genotype van het eerste kitten kan zijn X<sup>R</sup>X<sup>r</sup>, X<sup>r</sup>X<sup>r</sup>, X<sup>R</sup>Y of X<sup>r</sup>Y. Alleen X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> kan een lapjeskat worden. De kans op een voor alle allelen heterozygote kitten is: voor Ss 50%, voor X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> 25%, en voor Bb 100% (als de moeder BB is), totaal een kans van 1/8.  
 Als de moeder het genotype Bb heeft, is de kans op een Bb-kitten 50%, totaal wordt dan de kans dat het eerste kitten dezelfde vachtkleuren heeft als de moeder 1/16.

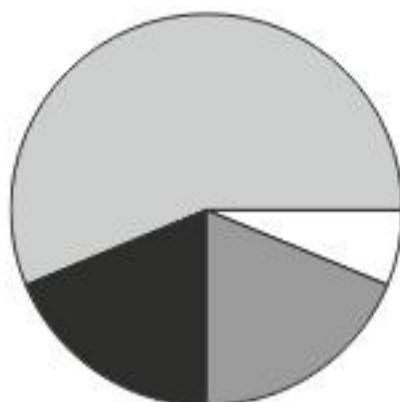
### Gespierder door gendoping

- 10 A** Het gen erft autosomaal over omdat de bijzonder sterk gespierde grootvader I-2 aan zijn bijzonder sterk gespierde zonen II-4 en II-5 geen X-chromosoom heeft doorgegeven (deze zonen zijn van verschillende moeders en het is onwaarschijnlijk dat beide moeders een gemuteerd gen doorgaven).  
 Uit afbeelding 3 blijkt dat het jongetje\* alleen onknipbaar DNA heeft en dus homozygoot is voor het mutant-myostatine-gen. Zijn gespierde moeder heeft zowel knipbaar als onknipbaar DNA en is dus heterozygoot voor het myostatine-gen; de eigenschap is dus dominant. De moeder oogde minder gespierd dan haar zoon; het gen erft dus onvolledig dominant over.  
*Afbeelding 3 geeft meer zekerheid dat de eigenschap niet autosomaal recessief overerft (antwoord B). Dat is theoretisch mogelijk als beide oma's heterozygoot zijn en de vader heterozygoot of zelfs homozygoot.*

### Genetica

- 11 QqRr**  
*Er zijn veel zwarte maar ook witte cavia's. De ouders moeten dus heterozygoot zijn voor vachtkleur, met zwart (Q) dominant. Er zijn veel ruigharige maar ook gladde cavia's. De ouders moeten dus ook heterozygoot zijn voor de vorm van de haren, met ruig (R) dominant. De nakomelingen die worden genoemd, komen bij een dihybride heterozygote kruising voor in een vaste getalsverhouding van 9 : 3 : 3 : 1.*

12



Legenda	
■	zwart ruigharig
■	zwart gladharig
■	wit ruigharig
■	wit gladharig

Bij een dihybride heterozygote kruising komen de aantallen voor in een vaste getalsverhouding van 9 : 3 : 3 : 1 (opgeteld 16). Het makkelijkst is de cirkel in 16 gelijke punten te verdelen. Een volledige cirkel heeft 360 graden.

Per verhoudingseenheid is dat  $360/16 = 22,5^\circ$ .

Zo wordt dan bijvoorbeeld de eerste sector  $9 \times 22,5^\circ = 202,5^\circ$ .

De juiste verdeling is van 9 : 3 : 3 : 1 is  $202,5^\circ : 67,5^\circ : 67,5^\circ : 22,5^\circ$ .



### Genetisch materiaal

- 13 C Door het niet uiteengaan van chromosomenpaar 21 in de meiose I, of doordat chromosoom 21 niet splitst in de meiose II, kan in een geslachtscel twee keer het chromosoom 21 terechtkomen. Bij de bevruchting ontstaat dan trisomie 21 in de eerste lichaamscel.

Dat de fout niet in een eerder stadium van ontwikkeling tot geslachtscellen optreedt, bv. in voorafgaande mitose van ovariumcellen, blijkt uit het feit dat bij tweeiige tweelingen van gezonde ouders, trisomie 21 slechts bij één van de kinderen voorkomt. Trisomie 21 is dus meestal het gevolg van een fout in één meiose bij één van de ouders  $\Rightarrow$  bewering 3 juist.

*Bij een verandering in het fenotype onder invloed van milieufactoren blijft het genotype gelijk. Bij trisomie 21 is het genotype gewijzigd.*

*Eeneiige tweelingen hebben al vanaf de eerste lichaamscel (bevruchte eicel) waaruit beide individuen voortkomen hetzelfde genotype. Ook in de placentacellen komt dan trisomie 21 voor. Het hebben van een gemeenschappelijke placenta heeft geen invloed op het ontstaan van trisomie bij tweelingen.*

- 14 B Eeneiige tweelingen hebben hetzelfde genotype. De kans dat beide kinderen van een eeneiige tweeling trisomie 21 hebben, is even groot als die van een ander kind, dus  $\frac{1}{600}$ .

- 15 C Het eerst of later geboren worden heeft geen invloed op de kans op een bepaald genotype. Het gen F is X-chromosomaal. De beide genen E en F zijn gelegen op verschillende chromosomenparen en erven dus onafhankelijk van elkaar over. Individuen die van één van de genen geen dominant allel hebben kunnen geen G6PD synthetiseren. De kans op een jongen is  $\frac{1}{2}$ . Een jongen die geen G6PD kan maken door het ontbreken van gen F heeft het genotype  $X^fY$ . Van een moeder met  $X^FX^f$  en een vader met  $X^FY$  is de kans op een jongen met  $X^fY$   $\frac{1}{4}$ .

Ook de kans op een jongen met  $X^fY$  is  $\frac{1}{4}$ . Hiervan kan een deel geen G6PD maken door het ontbreken van het gen E. De beide ouders zijn voor het gen E heterozygoot (Ee). De kans op een kind dat homozygoot recessief (ee) is voor dit gen, is dan  $\frac{1}{4}$ . De kans op een jongen met  $X^fY$  en ee is  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ .

De kans dat het eerstgeboren kind een jongen is die het eiwit G6PD niet kan maken, is  $\frac{1}{4} + \frac{1}{16} = \frac{5}{16}$ .

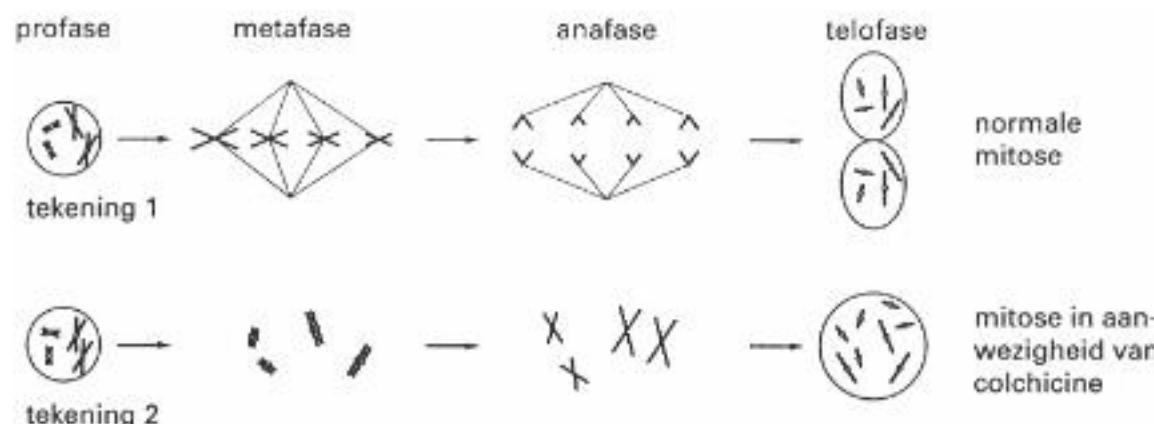
Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## 4 DNA

### DNA-rePLICATIE

informatie deling onder invloed van colchicine



In een experiment gebruikt een onderzoeker plantaardige cellen die zich vlak vóór de S-fase van de celcyclus bevinden. Deze cellen plaatst hij in een compleet medium dat tevens gelabeld thymine en colchicine bevat. Colchicine is een stof die de vorming van de spoelfiguur tijdens de metafase van de kerndeling verhindert.

In dit medium treedt éénmaal replicatie van het DNA op. Daarna worden de cellen overgebracht in een tweede medium met colchicine, maar nu met ongelabeld thymine. In het tweede medium treedt weer éénmaal replicatie van DNA op. Bij deze tweede replicatie wordt geen gelabeld thymine gebruikt.

- 1\* Welk percentage van de DNA-strengen in één cel is na afloop van de tweede replicatie gelabeld?
- A 25%
  - B 50%
  - C 75%
  - D 100%

### Erfelijk materiaal

Een student doet onderzoek naar de nucleotidensamenstelling van een bepaald stuk dubbelstrengs DNA. Hij gebruikt hiervoor het mRNA dat gevormd is door transcriptie van dit bepaalde stuk DNA. Dit mRNA bestaat voor 45% uit adenine, voor 15% uit cytosine, voor 25% uit guanine en voor 15% uit uracil. Op grond van deze gegevens kan de nucleotidensamenstelling van het corresponderende DNA worden afgeleid.

- 2 Wat is de procentuele verdeling van de verschillende nucleotiden in dit stuk DNA?

	% nucleotiden			
	adenine	cytosine	guanine	thymine
A	20	30	30	20
B	25	45	15	15
C	30	20	20	30
D	45	15	25	15

\* Deze vraag gaat over stof uit het schoolexamen.

De hoeveelheid DNA in een kern na meiose I en de hoeveelheid DNA in een kern na meiose II worden vergeleken met de hoeveelheid DNA in een kern van een rustende cel voorafgaande aan de meiose. De hoeveelheid DNA in de kern van de rustende cel in de G1-fase wordt op p gesteld.

- 3 Is na meiose I de hoeveelheid DNA in een kern  $\frac{1}{2}p$ , p of  $2p$ ?  
En is na meiose II de hoeveelheid DNA in een kern  $\frac{1}{2}p$ , p of  $2p$ ?

## Aandoening van de darm

Men weet inmiddels dat de regulatie van de celcyclus onder invloed staat van vele factoren. Wanneer er fouten in deze regulatie optreden, kan een tumor, een gezwel, ontstaan.

Bij de regulatie van de celgroei zijn in ieder geval twee typen genen van belang:

- 1 proto-oncogenen: dit zijn genen die betrokken zijn bij de normale, gecontroleerde groei en deling van cellen; door mutatie kunnen ze veranderen in oncogenen; oncogenen bevorderen het ontstaan van tumoren;
- 2 tumorsuppressor-genen: dit zijn genen waarvan de producten waarvoor ze coderen, bijdragen aan remming van de celdeling.

Bij het ontstaan van polyposis coli (poliepen in de dikke darm die meestal leiden tot kanker) zou het gen p53 een rol spelen. Het gen p53 telt 393 codons.

Het ongemuteerde gen p53 (=wildtype) heeft tumorsuppressor-kwaliteit.

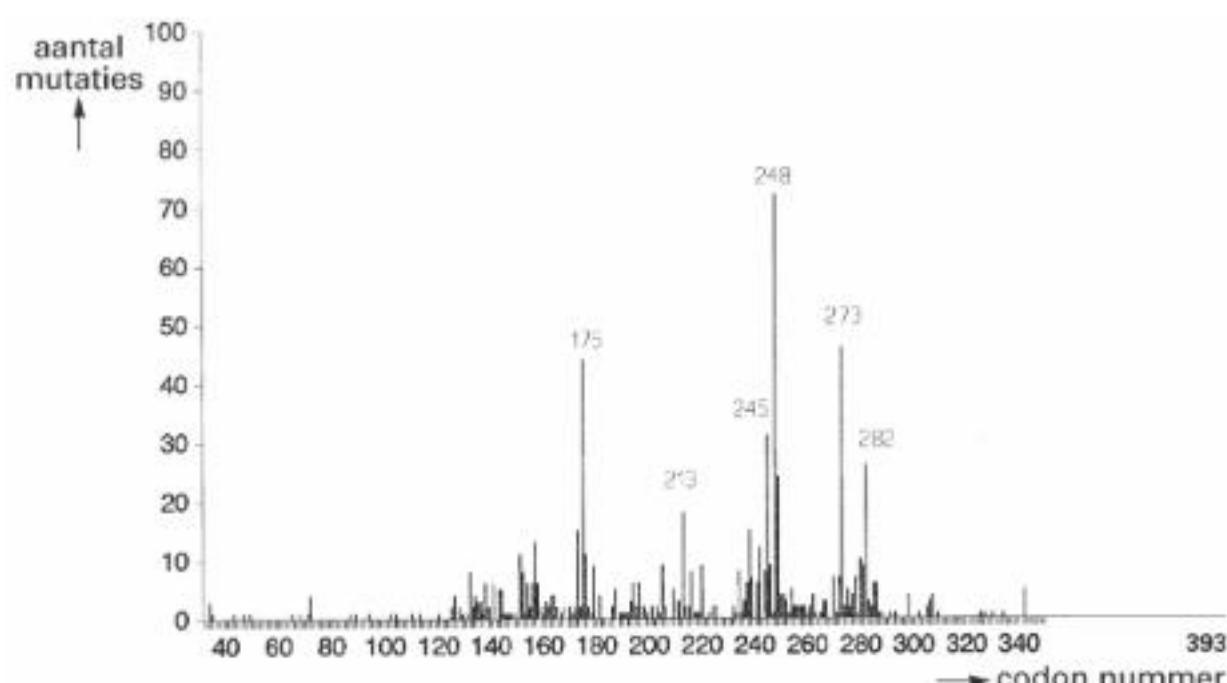
Mutanten van het gen p53 hebben oncogene eigenschappen. Een onderzoeker veronderstelt dat 'wanneer een wildtype-gen p53 en een gemuteerd gen p53 samen aanwezig zijn, het product van het gemuteerde gen p53 het product van het wildtype-gen p53 kan inactiveren'.

- 4 Welk van de begrippen aminozuur, DNA, eiwit, mRNA en tRNA komt het meest in aanmerking voor het woord 'product' dat de onderzoeker noemt?

- A** een aminozuur
- B** DNA
- C** een eiwit
- D** mRNA
- E** tRNA

In de afbeelding is het mutatiespectrum van gen p53 weergegeven. Het mutatiespectrum toont het aantal mutaties in verschillende codons op een totaal van 771 mutaties. 75% van de mutaties zijn puntmutaties.

### afbeelding



bron: J.C. Pronk, e.a., *Medische genetica*, Utrecht, 1994, 264

Over het effect van een puntmutatie in een p53-gen, zoals aangegeven in de afbeelding, worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 als gevolg van de puntmutatie wordt een ander aminozuur gevormd,
  - 2 als gevolg van de puntmutatie is in een codon een ander nucleotide aanwezig,
  - 3 als gevolg van de puntmutatie verandert p53 in een oncogen.
- 5 Welke van deze beweringen is zeker juist?
- A bewering 1
  - B bewering 2
  - C bewering 3

Onderzoekers hebben een model voor het ontstaan van polyposis coli ontwikkeld. In dit model gaan zij uit van een serie opeenvolgende veranderingen in proto-oncogenen en tumorsuppressor-genen. Zij veronderstellen dat vooral ten gevolge van de accumulatie van mutaties uiteindelijk tumoren ontstaan. Zij onderscheiden in willekeurige volgorde de volgende stadia:

- 1 versnelde deling van de cellen van de poliepen die daardoor veel groter worden,
  - 2 vorming van kleine uitgroeiels van de darmwand (poliepen),
  - 3 eerste toename van celgroeい en -deling,
  - 4 er ontstaat uitzaaiing (metastase), waardoor zich kwaadaardige tumoren in andere delen van het lichaam vormen,
  - 5 de uitgroeiente poliepen worden kwaadaardige tumoren.
- 6 Plaats deze stadia in een volgorde zodat een model wordt beschreven dat toepasbaar is op de ontwikkeling van polyposis coli en kanker die daaruit ontstaat.

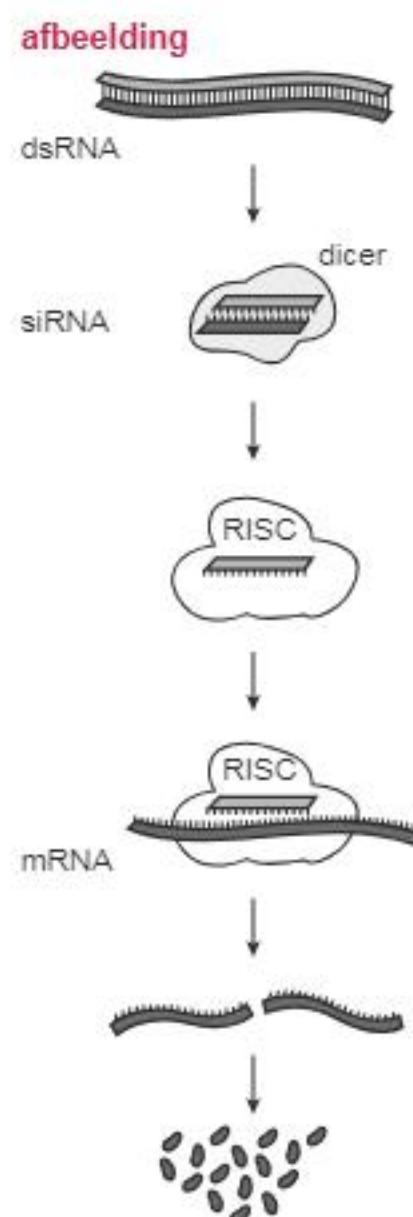
## RNA-interferentie in rijst voor nierpatiënt

Bepaalde nierpatiënten hebben belang bij voedingsmiddelen met een laag eiwitgehalte en een hoge energetische waarde. Sinds de jaren 70 van de vorige eeuw wordt voor deze doelgroep een rijstmutant verbouwd met een verlaagd eiwitgehalte. Japanse onderzoekers hebben ontdekt dat de betreffende mutatie het gevolg is van RNA-interferentie.

RNA-interferentie (RNAi) is een manier om de expressie van genen te regelen.

Het RNAi-proces verloopt in een aantal stappen (zie afbeelding).

- 1 Het remmen van genexpressie wordt geactiveerd door dubbelstrengs RNA (dsRNA), dat op verschillende manieren in het cytoplasma terecht kan komen.
- 2 Het lange dsRNA molecuul wordt door het enzym 'dicer' in korte stukjes dubbelstrengs RNA geknipt, die siRNA (small interfering RNA) worden genoemd.
- 3 De siRNA's worden vervolgens opgenomen in het eiwitcomplex RISC (RNA-induced silencing complex) in het cytoplasma. Daar wordt de 'sense' streng verwijderd, terwijl de 'anti-sense' streng aan RISC gebonden blijft.
- 4 Deze 'anti-sense'-streng is complementair aan een bepaald stukje rijp mRNA, waardoor dit in het RISCcomplex specifiek gebonden wordt. Het mRNA wordt er in onbruikbare stukjes geknipt.



Gevolg is dat het gen waarvan het mRNA afkomstig is tijdelijk niet tot expressie komt.

Hieronder staan drie schematische weergaven van een dubbelstrengs nucleïnezuur.

1 ATGCA  
TACGT

1 ATGCA  
TUCGT

1 AUGCA  
UACGU

- 7 Met welk nummer is een fragment dsRNA weergegeven?
- A 1  
B 2  
C 3

Drie processen die plaatsvinden bij het tot expressie komen van een gen zijn:

- 1 splicing
- 2 transcriptie
- 3 translatie

- 8 Als de expressie van een bepaald gen door aanwezigheid van siRNA wordt geremd, welk van deze processen wordt of welke worden op basis van de informatie in de afbeelding dan verhinderd?
- A alleen 1
  - B alleen 2
  - C alleen 3
  - D 1 en 2
  - E 1 en 3
  - F 2 en 3
- 9 Beschrijf hoe wetenschappers RNAi kunnen gebruiken om de functie van genen te bepalen.
- 

*Bij de volgende opgave moet je informatie 1 gebruiken.*

## Tomaten-gouden-mozaïek-virus

Via internet is informatie te verkrijgen over genen die coderen voor bepaalde eiwitten. In de internetinformatie is slechts één streng van DNA uitgeschreven.

De nucleotidenvolgorde van het mRNA kan uit de nucleotidenvolgorde van het DNA worden afgelezen.

Een leerling 'surft' op internet en komt daar de stikstofbasenvolgorde tegen van DNA van het 'Tomato golden mosaic virus'. Deze internetinformatie is weergegeven in informatie 1.

Er bestaan virussen met enkelstrengs en met dubbelstrengs DNA.

- 10 Is op grond van de internetinformatie te bepalen of het 'tomaten-gouden-mozaïek-virus' enkelstrengs of dubbelstrengs DNA bevat?
- A Nee, dat is daaruit niet te bepalen.
  - B Ja, daaruit is af te leiden dat het enkelstrengs DNA bevat.
  - C Ja, daaruit is af te leiden dat het dubbelstrengs DNA bevat.

In de internetinformatie wordt bij 'ORIGIN' van 2524 basen de volgorde gegeven. Te beginnen met base 460 tot en met base 1230 codeert het DNA voor een eiwit.

- 11 Wat is in de internetinformatie het triplet in het DNA dat codeert voor het eerste aminozuur van het eiwit?  
Voor welk aminozuur codeert dit triplet?

Bij de vermenigvuldiging van het virus in een cel van een tomatenplant vinden onder meer replicatie, transcriptie en translatie plaats.

Processen in een cel van een tomatenplant zijn:

- p: vermeerdering van het aantal virale DNA-moleculen,
- q: vorming van virale eiwitten,
- r: vorming van mRNA dat codeert voor virale eiwitten.

- 12 Geef bij replicatie, transcriptie en translatie aan welk van de processen p, q of r daarbij hoort.

### **informatie 1 'tomaten-gouden-mozaïek-virus' van Internet**

ORGANISM Tomato golden mosaic virus  
 Viridae; nonenveloped viruses;  
 REFERENCE 1 (bases 1 to 2524)  
 AUTHORS von Arnim, A.G. and Stanley, J.  
 TITLE Symptom determinants of tomato golden mosaic virus are encoded on  
 DNA B  
 JOURNAL Unpublished (1991)  
 COMMENT NCBI gi: 332216  
 FEATURES Location/Qualifiers  
 source 1..2524  
 /organism="Tomato golden mosaic virus"  
 /sequenced\_mol="DNA"  
 CDS 460..1230  
 /gene="DNA B"  
 /note="ORF B1; NCBI gi: 332217"  
 /codon\_start=1  
 /db\_xref="PID:g332217"  
 /translation="MYSTKYRRGLLANQRRGYPRHSTGKRSHNVSRIDFKRSSLKYVH  
 GNDDSKMANQRIHENQFGPEFVMVNTAISTFITFPSLKGTEPSRSRSYIKLKRLRFK  
 GTVKIERVHVVDLSMDGPSPKIEGVESLVVVVDRQPHLSPTGCLHTFDELFGARIHSHG  
 NLAIISSALKDRFYIRHVFKRVISVEKDSTMIDLEGTSFTNRRFNCWSAFKDFDRQAC  
 NGVYGNISKNAILVYYCWMMSDIVSKASTFVSDLDYVG"  
 BASE COUNT 737 a 473 c 543 g 771 t  
 ORIGIN  
 1 qaggcgatgg cattttgtta attaagaggc ttactaccaa ttgaggaggc gctccaaaag  
 61 ttatatagtat tgtagttaaag gtagcttta tatattagaa gttccctaagg ggcacgtggc  
 121 ggcacatccgt ttaatattac cggatggccg cgcgatcgcc ctccccgaccc gtgtccgcga  
 181 attgcgcgcg attgtcggcc acttggcggt gtcccccalgt gttAACCAAT catatttcag  
 241 ctgcagagtc ttgttatttc tgcactcatt aactggccc tttaatttga aatatctta  
 301 gatattgcgg tggacgtca ttgataacga catatccaac tttgtttctt ttgacgtgga  
 361 ccagttacat tatggcgtgg aagccaaat agcaacatcat gcaagaggaa ttttatatat  
 421 aaattccata tttaattttag caggatatta taagttaata tggactcaac aaagtatcga  
 481 cgaggattat tagctaatac acgacgggt tttccgttc attcaactgg gaaacgttca  
 541 cataatgtta gcccataaga ttttaaacgt cgatcaagta agtatgttca tggcaatgtat  
 601 gatagtaaaa tggccaaacca gcgtatacat gagaaccagt ttggccaga attcggtat  
 661 gtccataata cagccatatac tacgttattt acattccccca gtctggcaa gactgaacca  
 721 agccgttcaa ggtcatatata taagttaaaa cgtttacgtt tcaaaggatc tgtcaagatt  
 781 gaacgtgtgc acgttgatct tagcatggat gggccttctc caaagattga aggctgtatt  
 841 tctcttggtg ttgttagttga tcggcaacca catctcgtc caactggatg tctccacac  
 901 tttgatgagc tattggcgc caggatccat agtcatggaa atttagctat aagttctgcg  
 961 ttgaaggacc gttttacat tcggcatgtg tttaaacgag tgatatctgt tgagaaggat  
 1021 tctacgtatga ttgaccttga aggaacgaca tttttacta ataggcgtt taattttgg  
 1081 tcagcattta aggattttga tcgacaagca tggatggag tttatggcaa cataagcaag  
 1141 aacgccccat tagttacta ttgttgatg tcggatattt tggatggatc atcgacattt  
 1201 gtatcattt accttgatata tggatgttgc ataataacaa ttattctgt aataatgtca  
 1261 tacttaagcc aatttggaaac aagcaataac atgtaatatc atcacatata ataataatgt  
 1321 gatattttt gcaacgtttt gggctgtgc ggagtacaat ttgtttaat gcactcttgg  
 1381 acgtcgccc ttacaatttgc gtttactgg accatcgaca ttgtgatatt ggattggat  
 1441 ctctctgccc caatttttgc tgcagactct cctgggtcta agatgggtg tcccaaccta  
 1501 ttaagggtgt tatacgatg cattgcattcc ccctgatcag atcccgata tggatggctt  
 1561 ggtcctatacg tactccttgc ggcccaagat tctccaggcc ttaattctat tggccctgtg  
 1621 agcccaatag tggatgttgc ggcggatctg atcatttttgc tttccattt cccatataccc  
 1681 acgtggctga aatcgacatc ttatctgttgc aattgtttgg acaatatttt gacagtgggt  
 1741 gccccggaaag ggtatcaac ggagtgttgc gctgtgcata atttcagttt ccctttgaat  
 1801 ttgcggaaat ggttgcatttgc gtggatggatc ggttgcataa ctttgcataa tagtttccat  
 1861 gggattgggt ctgttgcatttgc ggttgcatttgc ggttgcataa ctttgcataa tagtttccat  
 1921 ctcactggaa aagtccatgc cgttgcatttgc gtttgcatttgc ctttgcataa tagtttccat  
 1981 atctccacgc ccacggatcc ttttgcatttgc atcggatggatc ggttgcataa ctttgcataa  
 2041 cagtggctga ttttgcatttgc gtttgcatttgc atcggatggatc ggttgcataa ctttgcataa  
 2101 ggaaacttgc ggttgcatttgc atcggatggatc ggttgcataa ctttgcataa tagtttccat  
 2161 tcaatgtatgc ttttgcatttgc ggttgcatttgc atcggatggatc ggttgcataa ctttgcataa  
 2221 ctggccctgc agggcagcg ttttgcatttgc aataataacgc caagagaata gtttgcataa  
 2281 tcaaggcatttgc ctgcaggcag caacggatcg aaaaatatttgc ttttgcataa tagtttccat  
 2341 attcaacccttgc cgttgcatttgc agttaaggaaac ttttgcataa acagataata atcggatggat  
 2401 aaaaataaaaaa ggttgcatttgc agttaaggaaac ttttgcataa agttagctaa ttttgcataa  
 2461 aagagagaat tatcatatatac ttttgcatttgc ggttgcatttgc ttttgcataa ttttgcataa  
 2521 taat

## Blaauwalg

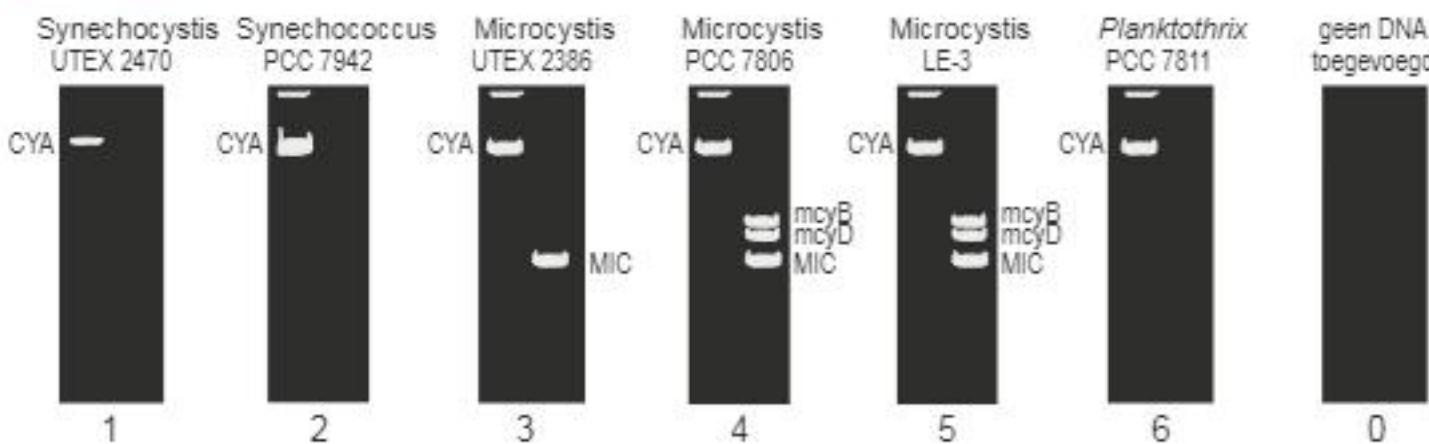
Wanneer er cyanobacteriën in zwemwater worden gevonden, is het belangrijk om snel uitsluitsel te krijgen over de giftigheid ervan. Dat kan door een genetische analyse uit te voeren. Alleen cyanobacteriën met een mcy-gen, dat codeert voor het enzym microcystine synthase, kunnen microcystines produceren.

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 de afbeelding weergegeven.

### afbeelding



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

- 13** Waardoor zijn menselijke DNA-polymerases niet bruikbaar bij de vermenigvuldiging van DNA door middel van PCR?

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

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

- 14** 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 controlemuster in de gelelektroforese geanalyseerd. Aan dit controlemuster is geen DNA toegevoegd, maar er is wel PCR toegepast.

- 15** Waardoor maakt deze controlebepaling de analyse betrouwbaarder?

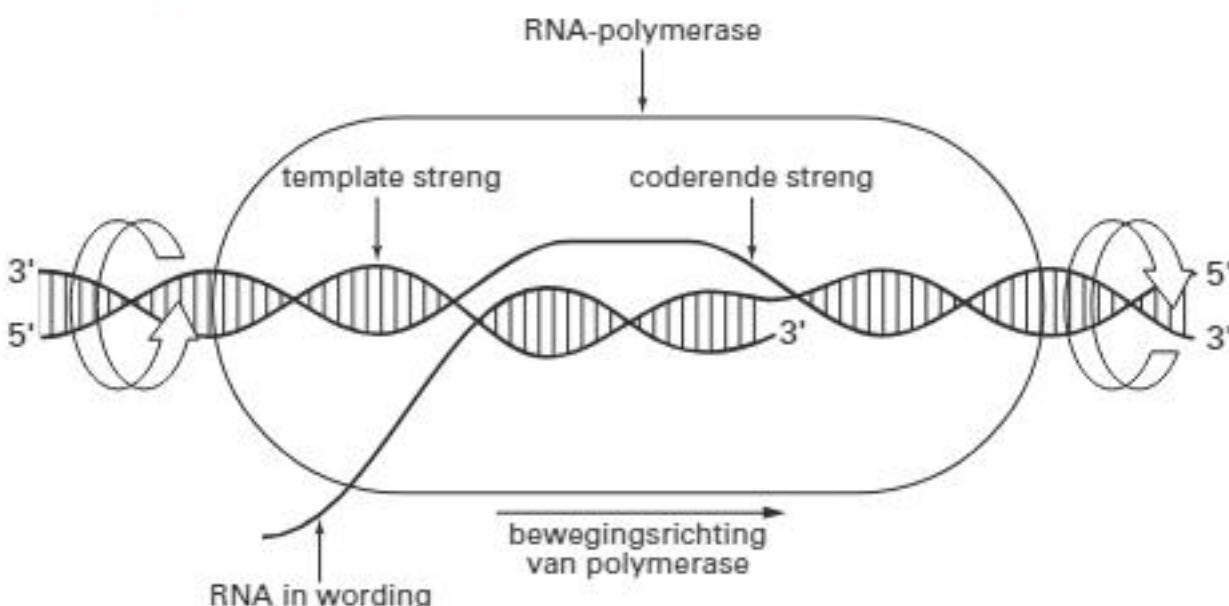
Met behulp van de analyse van genetisch materiaal met gebruik van PCR (zie de afbeelding) kan een alarmsysteem ontwikkeld worden waardoor overheden vroegtijdig gewaarschuwd worden in welke wateren er mogelijk bloei met giftige blauwalgen kan ontstaan.

- 16** 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.

## DNA en RNA

De afbeelding geeft een schema van de transcriptie weer. Het middenstuk van de spiraal in de afbeelding wordt een 'RNA-DNA hybride helix' genoemd, omdat de spiraal uit één streng RNA en één streng DNA bestaat. RNA-polymerase is het enzym met behulp waarvan RNA wordt gesynthetiseerd langs een DNA-matrijs.

### afbeelding



De twee strengen van het DNA worden de 'coderende streng' en de 'template streng' genoemd. De 'template streng' is de streng waaraan door middel van basenparing het mRNA wordt gevormd.

- 17 Welk verschil bestaat er tussen de basen van de 'template streng' en die van het gevormde mRNA?

Een bepaald eiwit bevat onder andere het aminozuur serine (= Ser).

- 18 Geef alle tripletten die in het mRNA voor het aminozuur Ser mogelijk zijn.

Door een mutatie verandert de middelste base in het triplet dat in het DNA het aminozuur tryptofaan (= Trp) codeert.

- 19 Welk aminozuur kan of welke aminozuren kunnen dan in plaats van Trp in de eiwitketen worden ingebouwd?

Een heterotrofe bacterie wordt gekweekt op een voedingsbodem waarin zich alleen stikstofverbindingen met  $^{14}\text{N}$  bevinden. Deze bacterie wordt voorafgaande aan de duplicatie overgebracht op een andere voedingsbodem waarin zich alleen stikstofverbindingen met  $^{15}\text{N}$  bevinden. Bij duplicatie kan de bacterie daardoor alleen nucleotiden met  $^{15}\text{N}$  in zijn DNA inbouwen.

Na drie delingen uitgaande van deze ene bacterie wordt bepaald hoe de verhouding is tussen bacteriën met DNA met uitsluitend  $^{14}\text{N}$ , bacteriën met DNA met zowel  $^{14}\text{N}$  als  $^{15}\text{N}$  en bacteriën met DNA met uitsluitend  $^{15}\text{N}$ . Er wordt van uitgegaan dat geen crossing-overs en recombinaties optreden. Er gaan geen bacteriën dood.

- 20 Wat is deze verhouding na de duplicatie voorafgaande aan de vierde deling?
- A  $^{14}\text{N}/^{14}\text{N} : ^{14}\text{N}/^{15}\text{N} : ^{15}\text{N}/^{15}\text{N} = 0 : 1 : 7$   
 B  $^{14}\text{N}/^{14}\text{N} : ^{14}\text{N}/^{15}\text{N} : ^{15}\text{N}/^{15}\text{N} = 0 : 7 : 1$   
 C  $^{14}\text{N}/^{14}\text{N} : ^{14}\text{N}/^{15}\text{N} : ^{15}\text{N}/^{15}\text{N} = 1 : 7 : 0$   
 D  $^{14}\text{N}/^{14}\text{N} : ^{14}\text{N}/^{15}\text{N} : ^{15}\text{N}/^{15}\text{N} = 7 : 1 : 0$

## Gevaarlijk afslankmiddel

In tegenstelling tot wat veel mensen denken, zijn natuurgeneesmiddelen niet altijd veilig. Zo kunnen sommige Chinese kruidenpreparaten met *Aristolochia* ernstige nierschade veroorzaken.

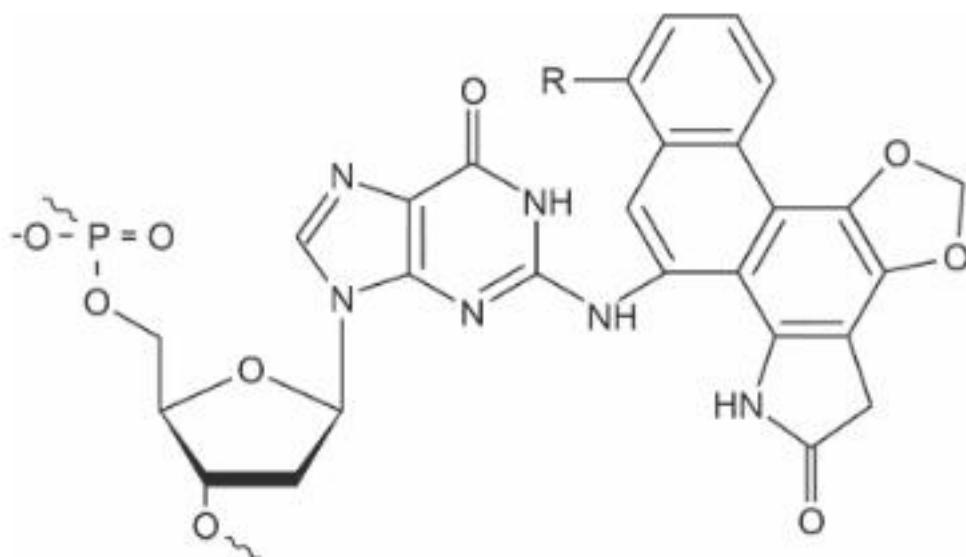
Ruim honderd Belgische vrouwen die in de jaren 90 een bepaald afslankmiddel op basis van kruiden hadden gebruikt, ontwikkelden ernstig nierfalen. De oorzaak was aristolochiazuur, afkomstig van de *Aristolochia*-plant die in het middel verwerkt was. Bij sommige vrouwen was de nierschade zo groot dat een niertransplantatie nodig was. Bij anderen werden jaren later tumoren in de urinewegen aangetroffen.

Van aristolochiazuur is bekend dat het mutaties kan veroorzaken. Daarom was het aannemelijk dat de tumoren in de nieren van de Belgische vrouwen te wijten waren aan het gebruik van het afslankmiddel met *Aristolochia*.

Aristolochiazuur wordt door cellen van de nier, maar ook door levercellen, omgezet in de stof aristolactam, dat bindt aan bepaalde basen van het DNA. Zo'n stof die gebonden is aan het DNA wordt een DNA-adduct genoemd. Op de plaats van zo'n adduct kan bij replicatie een verkeerde base worden ingebouwd in de nieuwe DNA-streng.

Hieronder is een DNA-nucleotide afgebeeld met daaraan gebonden een DNA-adduct dat ontstaat door gebruik van *Aristolochia*.

- 21 – Omcirkel het adduct in de afbeelding.  
 – Noteer onder de afbeelding de naam van de stikstofbase waaraan dit adduct gebonden is.



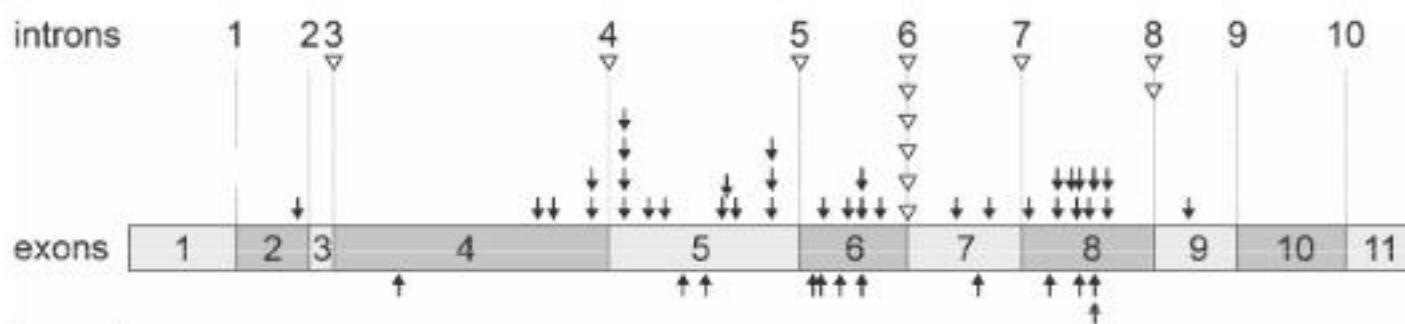
naam stikstofbase: .....

Wanneer DNA-adducten aan basen van proto-oncogenen of tumorsuppressor-genen binden, kan kanker ontstaan. Een van de genen die werd onderzocht bij de Belgische vrouwen is het *TP53*-gen, dat codeert voor tumorsuppressor p53. Dit eiwit is betrokken bij de controle van het DNA tijdens de celcyclus. Indien er grote schade aan het DNA ontstaat, zet p53 aan tot apoptosis.

- 22 Leg uit dat het risico op kanker sterk toeneemt in een cellijn waarin het *TP53*-gen defect is.

Het *TP53*-gen omvat 11 exons en 10 introns. Afbeelding 1 geeft de locaties weer van alle mutaties die gevonden zijn in het *TP53*-gen in niertumoren van 42 patiënten die kruidenpreparaten met Aristolochia gebruikt hebben. Er werden 47 mutaties gevonden in de exons, vooral in basenkoppel A-T, maar ook in het koppel G-C. Deze mutaties zijn weergegeven met gesloten pijlen. De plaats van de introns is in de afbeelding alleen met een nummer aangegeven, met daarbij als driehoekjes de 12 mutaties die werden gevonden in de splice-plaatsen van introns. Splice-plaatsen markeren het begin en eind van een intron. Mutaties binnen de introns zelf zijn niet onderzocht.

#### afbeelding 1



- 23 – Verklaar waarom mutaties binnen de introns zelf **niet** zijn onderzocht.  
 – Verklaar waarom mutaties op de splice-plaatsen van de introns **wel** zijn onderzocht.

Over de resultaten in afbeelding 1 worden drie beweringen gedaan:

- 1 De mutaties in de exons zijn allemaal puntmutaties.
- 2 De mutaties in de exons zijn allemaal het gevolg van aristolochiazuur.
- 3 De introns zijn korter dan de exons.

- 24 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **wel** of **niet** kan worden afgeleid uit afbeelding 1.

## Hints bij hoofdstuk 4

- 1 De kern wordt twee keer gedeeld zonder celdeling.
- 2 RNA is enkelstrengs en DNA dubbelstrengs.
- 3 In de G1-fase heeft nog geen replicatie plaatsgevonden.
- 4 Waarin worden genen uiteindelijk vertaald?
- 5 Welk van de beweringen gaat over de kleinste verandering (punt)?
- 6 Een tumor begint met een enkele cel.
- 7 De nucleotiden waaruit DNA en RNA opgebouwd zijn verschillend.
- 8 Er moet eerst mRNA gevormd zijn, voor het door siRNA wordt bewerkt.
- 9 Met RNAi kun je een gen uitschakelen.
- 10 In de internetinformatie is een streng van het DNA uitgeschreven.
- 11 Transcriptie van mRNA begint altijd met een startcodon AUG (code voor Met).
- 12 Transcriptie is 'overschrijven', translatie is 'vertalen'.
- 13 Waar leven de bacteriën, waaruit de gebruikte DNA-polymerase komt, van nature?
- 14 Alleen met mcy-genen zijn de cyanobacteriën giftig.
- 15 Bij een inbraak wordt ook het DNA van de bewoners onderzocht.
- 16 In een zeer vroeg stadium van algenbloei is microcystine lastig te vinden.
- 17 Het mRNA bestaat uit Cytosine, Guanine, Uracil en Adenine.
- 18 Zoek dit op in Binas 71, ScienceData 16.9.
- 19 Als in een triplet van DNA de middelste base verandert, dan verandert in het bijbehorende triplet van mRNA ook de middelste base.
- 20 Maak een schema van een startbacterie met alleen een  $^{14}\text{N}$ -dubbelspiraal die een aantal malen gaat delen in een  $^{15}\text{N}$ -omgeving.
- 21 Gebruik Binas 71C of ScienceData 16.3ab.
- 22 Het TP53-gen codeert voor een eiwit dat aanzet tot celdood bij grote DNA-schade.
- 23 Gebruik Binas 71H of ScienceData 16.6.
- 24 Door welke invloeden kunnen mutaties worden veroorzaakt?

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 4

### DNA-replicatie

- 1 A** Door colchicine volgt na de eerste replicatie geen celdeling. In het eerste medium treedt éénmaal replicatie van het DNA op. Eén van de beide strengen bevat nu DNA met gelabeld thymine. Beide strengen worden dan gerepliceerd in een medium zonder gelabeld thymine. De beide nieuwgevormde strengen zijn niet met thymine gelabeld.

### Erfelijk materiaal

- 2 C** Bij transcriptie van DNA naar mRNA komt voor thymine uracil in de plaats. In de streng van het stuk mRNA is het percentage adenine + uracil:  $15 + 45\% = 60\%$ . Dus in de DNA-streng is het percentage adenine + thymine 60%. Doordat in het dubbelstrengs DNA adenine gekoppeld is aan thymine en guanine aan cytosine, is het percentage adenine gelijk aan dat van thymine en het percentage guanine gelijk aan dat van cytosine.
- 3** Hoeveelheid DNA na meiose I is p.  
Hoeveelheid DNA na meiose II is  $\frac{1}{2} p$ .  
*In de G1-fase is het DNA nog niet gerepliceerd. Voorafgaand aan de meiose I vindt replicatie plaats. Ieder chromosoom bestaat dan uit 2 chromatiden. De hoeveelheid DNA wordt dan 2p.*  
*Doordat na de meiose I het aantal chromosomen is gehalveerd, is de hoeveelheid DNA weer p.*  
*Na de meiose II bestaat ieder chromosoom nog maar uit één chromatide.*

### Aandoening van de darm

- 4 C** Met het product van een gen wordt datgene bedoeld waarvoor dat gen codeert. Een gen codeert voor productie van een eiwit.
- 5 B** Een gen bestaat uit zeer veel codons die een unieke volgorde voor de codering van de vele aminozuren van een eiwit hebben. Het p53-gen heeft een andere codonvolgorde dan het proto-oncogen.  
Bij een puntmutatie wordt een nucleotide in het chromosomaal DNA gewijzigd.  
*De wijziging van één nucleotide is niet altijd voldoende om het codon zo te wijzigen dat het voor een ander aminozuur codeert.*  
*Het p53-gen is een tumorsuppressoren en geen proto-oncogen. Een gewijzigd aminozuur in een eiwit leidt nog niet altijd tot een geheel andere werking van het eiwit.*
- 6** De volgorde is: 3 - 2 - 1 - 5 - 4.  
*Mogelijke uitzaaiing is altijd de laatste fase in een kankerontwikkeling.*

### RNA-interferentie in rijst voor nierpatiënt

- 7 C** RNA bevat Guanine (G), cytosine (C), adenine (A) en uracil (U), geen thymine (T). DNA bevat Guanine (G), cytosine (C), adenine (A) en thymine (T), geen uracil.

- 8 C** Het mRNA is ontstaan door transcriptie en splicing. (Binas 71H, E, ScienceData 16.6) Het siRNA remt de expressie doordat het met behulp van RISC het mRNA in onbruikbare stukjes knipt. De stukjes mRNA kunnen dan niet meer door de ribosomen vertaald worden (translatie) naar eiwit.  
*Splicing heeft al voor dit proces plaatsgevonden, omdat er in stap 4 sprake is van rijp mRNA, dus geen pre-mRNA dat nog splicing moet ondergaan.*
- 9** Als door middel van RNAi een bepaald gen uitgeschakeld wordt, blijkt (doordat er iets mis gaat in het functioneren van het organisme) welke functie het gen(product) heeft.

### Tomaten-gouden-mozaïek-virus

- 10 A** Er wordt alleen informatie gegeven over één reeks nucleotiden. Er staat niet bij of er nog een complementaire streng is. Het is dus niet te bepalen.
- 11** ATG (460 - 461 - 462); codeert voor methionine / Met / M.  
*Te beginnen met 460, zijn de eerste nucleotiden die coderen voor het eiwit: 460 - 461 - 462, dus ATG.*  
*Transcripnie van mRNA begint altijd met het startcodon AUG dat ook voor methionine (M) codeert. Ook in de internetinformatie staat bij 'translation' dat het eerste (start)aminozuur met 'M' is aangeduid.*  
*Het corresponderende DNA-triplet, waarvan AUG overgeschreven is, is TAC.*  
*Het eerste triplet ATG dat in de informatie is weergegeven, is dus niet van de streng die werd overgeschreven, maar van de gekoppelde DNA-streng (volgens de afbeelding de coderende streng).*
- 12** replicatie = p; transcriptie = r; translatie = q

### Blauwalg

- 13** Door de hoge temperatuur tijdens de PCR denatureert een menselijke DNA-polymerase / wordt een menselijke DNA-polymerase onwerkzaam.  
*De PCR-techniek wordt uitgevoerd met behulp van enzymen verkregen uit bacteriën die leven in hete geisers van vulkanisch actieve gebieden.*
- 14 A** Uit de tekst valt af te leiden dat alleen door algen met het mcy-gen gif wordt geproduceerd. Alleen bij testresultaten 4 en 5 wordt het mcy-gen aangetoond. Het controle-gen MIC komt alleen voor in *Mycrocystus*-soorten en wordt in deze proef niet aangetoond in *Planktothrix*; dit was te verwachten en de proef is dus hierdoor niet onbetrouwbaar.
- 15** Hiermee kan worden uitgesloten dat / worden gecontroleerd of tijdens het onderzoek (PCR en elektroforese) monsters met DNA (mcyB en mcyD) zijn verontreinigd.
- 16** Voorbeelden van een juist antwoord:
  - Door PCR-analyse kunnen lagere concentraties giftige blauwalgen worden gevonden, waardoor preventieve maatregelen genomen kunnen worden voordat de zwemmers gevaar lopen.
  - Uit de genetische analyse blijkt of er potentieel giftige blauwalgen zijn, voordat er al zo veel gifstoffen zijn geproduceerd dat het gevaarlijk is voor de mensen.*Uit de argumentatie moet blijken dat door het in een vroeg stadium aantonen van de potentiële giftigheid een (voor de gezondheid) gevaarlijke situatie wordt voorkomen.*

## DNA en RNA

- 17** De template streng heeft T in plaats van U.

In RNA komt geen thymine zoals in DNA voor, maar in plaats daarvan uracil. In DNA is bij de basenparing thymine gekoppeld aan adenine. Aan adenine in de template streng van DNA wordt in de mRNA-streng uracil gekoppeld.

- 18** UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC.

In Binas 71G, ScienceData 16.9 kunnen de tripletten worden opgezocht van alle aminozuren. Ser (serine) komt hierin zes keer voor. Vier keer met als eerste base U, tweede base C, en derde basen U, C, A, G. En twee keer met als eerste base A, tweede base G, en derde basen U en C.

- 19** Ser (serine) en Leu (leucine).

In Binas 71G, ScienceData 16.9 kan het triplet in mRNA van Trp worden opgezocht: UGG. De template streng dient als een mal van de coderende streng. De mRNA die daarop wordt gevormd, krijgt daardoor een overeenkomstige basevolgorde als de coderende streng, maar daarin is thymine vervangen door uracil. UGG komt daardoor overeen met AGG in de coderende streng van DNA. Als hierin de middelste base door een mutatie verandert, zal ook de tweede base in de mRNA-code gewijzigd zijn (U?G). In mRNA kan U?G behalve voor Trp, ook de genetische code zijn voor Leu, Ser en STOP (= einde translatie).

- 20** **A** Vóór de eerste deling vormen zich twee chromosomen met elk een  $^{14}\text{N}$ -keten en een  $^{15}\text{N}$ -keten. Na de eerste deling zijn er 2 bacteriën met elk  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ .

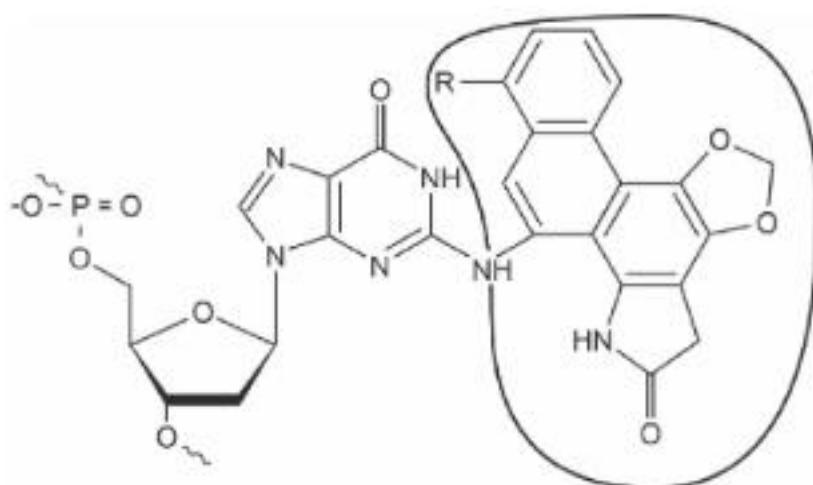
Na de tweede deling zijn er 4 bacteriën: 2 met  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  en 2 met  $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$ .

Na de derde deling zijn er 8 bacteriën: 2 met  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  en 6 met  $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$ .

Nu vindt duplicatie plaats voorafgaande aan de vierde deling. Er zijn dan geen DNA-moleculen met  $^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$ , 2 DNA-moleculen met  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  en 14 met  $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$ .

## Gevaarlijk afslankmiddel

- 21** Voorbeeld van een juist aangevulde tekening:



- voor het juist omcirkelen van het adduct (met of zonder het H-atoom van de aminogroep)
- voor guanine of G

Wanneer het N-atoom van de aminogroep bij het adduct is omcirkeld én daarbij de stikstofbase hypoxanthine of I is genoteerd: in totaal [1p].

In de afbeelding zie je de fosfaatgroep ( $\text{OPO}_3^{2-}$ ) en de suikergroep (vijfhoek met bovenin een O) van de nucleotide. Aan de suikergroep zit weer een vijf- en zeshoek met de O naar boven, waaraan het adduct verbonden is. De vijf- en zeshoek is de base guanine (Binas 71C en ScienceData 16.3ab). Adenine heeft ook een vijf- en zeshoek, maar deze base heeft een  $\text{NH}_2$ -groep naar boven. Aan de guanine-base zit het DNA-adduct.

- 22 – Cellen met een defect TP53-gen blijven (ondanks DNA-schade) delen / gaan niet dood,  
– waardoor mutaties zich ophopen / steeds meer DNA-schade aanwezig is in volgende generaties cellen / (potentiële) kankercellen zich ongeremd kunnen gaan delen.

*Kanker ontstaat doordat replicatiefouten in het DNA niet meer hersteld worden, wat ervoor zorgt dat cellen zich ongeremd gaan delen. Normaal zorgt het p53-eiwit bij ernstige DNA-schade voor apoptose, zodat deze cellen doodgaan en niet meer delen. Bij een defect TP53-gen wordt er geen p53-eiwit gemaakt. Daardoor kunnen cellen met veel DNA-schade (mutaties) zich blijven delen, waardoor er steeds meer dochtercellen met DNA-schade ontstaan. Deze cellen gaan ook ongeremd delen waardoor kanker kan ontstaan.*

- 23 – Mutaties binnen een intron komen niet tot expressie / introns worden vóór de translatie uit het RNA geknipt.  
– Een mutatie op een splice-plaats kan leiden (tot afwijkende splicing en daarmee) tot afwijkende genexpressie / tot een afwijkend eiwit.

*Introns worden uit het pre-mRNA geknipt en komen niet in het mRNA terecht. Daardoor worden ze niet door ribosomen afgelezen en wordt er van introns ook geen (deel van een) eiwit gevormd. Mutaties binnen introns komen daardoor niet tot expressie. Exons komen wel in het mRNA terecht en komen wel tot expressie (Binas 71H en ScienceData 16.6). Door een mutatie op een splice-plaats tussen een intron en een exon kan de plaats van splicing veranderen. Dit kan leiden tot een langer of korter exon. Exons worden door ribosomen afgelezen en vertaald in een eiwit. Een verandering in een exon kan leiden tot een ander eiwit.*

- 24 1 wel  
2 niet  
3 niet
1. *Een puntmutatie is een verandering in één nucleotidepaar. In de afbeelding staat dat het hier gaat om mutaties in basenkoppel A-T of G-C.*
  2. *Aristolochiazuur veroorzaakt mutaties, maar er zijn ook andere factoren die mutaties kunnen veroorzaken (zoals straling of andere chemische stoffen).*
  3. *In de afbeelding zijn de introns alleen met een nummer aangegeven. Ze zijn dus niet op lengte getekend. Hierdoor kun je niet weten of ze korter of langer zijn dan de exons.*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## 5 Evolutie

### Meteoriet voor dinosauriërs geen geschenk uit de hemel!

Ongeveer 65 miljoen jaar geleden stierven de dinosauriërs in een relatief korte tijd uit. Over dit uitsterven zijn verschillende hypothesen opgesteld.

De hypothese die op dit moment het meest waarschijnlijk wordt geacht, is dat de dinosauriërs als gevolg van de inslag van een reusachtige meteoriet (diameter 10 tot 20 kilometer) zijn uitgestorven. De bij de inslag ontstane stof- en aswolken zouden het zonlicht dusdanig hebben geblokkeerd dat de aarde in een diepe duisternis werd gehuld. Bovendien daalde de temperatuur drastisch. Een groot deel van het leven op aarde – ongeveer 70% – werd door deze ramp gedood. Ook dinosauriërs overleefden de inslag niet.

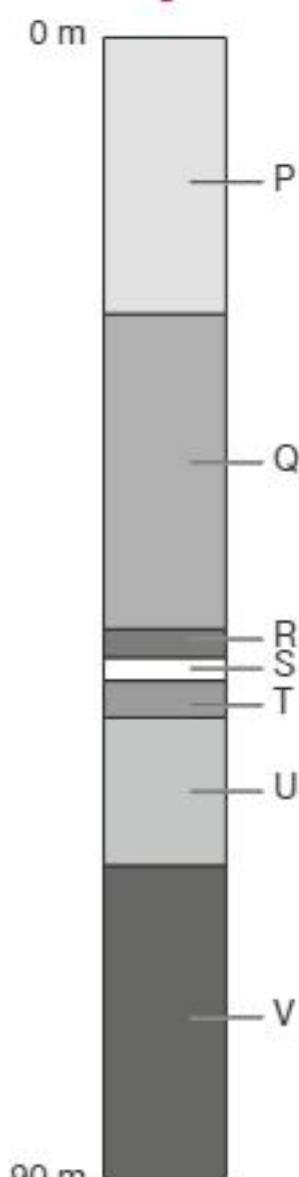
Onlangs heeft het team van Richard Norris, verbonden aan de Nationale Amerikaanse Wetenschapsstichting (NSF) in drie boormonsters in de Golf van Mexico onmiskenbaar sporen van de meteoriet zelf en van de gevolgen van de inslag gevonden. Het team van Norris meent voldoende gegevens te hebben verzameld om de boven genoemde hypothese te kunnen bevestigen.

De wetenschappers hebben 90 meter diep in de bodem van de zee geboord. In de afbeelding is schematisch een boorprofiel van het onderzochte gebied weergegeven. De verschillende lagen zijn daarbij *niet* op schaal getekend. Zowel in laag Q als in laag U worden fossielen gevonden. In laag Q zijn hierbij geen fossielen van dinosauriërs, in laag U wel.

- Leg uit waarom deze waarneming een ondersteuning is voor de hypothese dat de meteoriet oorzaak is geweest van het uitsterven van de dinosauriërs.
- Direct na de inslag waren vrijwel alle organismen dood in de zee die nu de Golf van Mexico heet. In kleilaag Q worden veel verschillende fossielen aangetroffen. Hieruit werd geconcludeerd dat er na enige tijd weer veel leven was in dit gebied. Over het opnieuw voorkomen van verschillende soorten in dit gebied in de periode na de inslag van de meteoriet worden de volgende beweringen gedaan:
- Organismen zijn geïmmigreerd uit andere gebieden.
  - Er is evolutie opgetreden.

- Welke bewering kan of welke kunnen juist zijn?  
**A** geen van beide  
**B** alleen bewering 1  
**C** alleen bewering 2  
**D** de beweringen 1 en 2

afbeelding



Legenda:  
P = bovenste laag aarde  
Q = kleilaag met fossielen  
R = kleilaag zonder fossielen  
S = laag van verpulverd materiaal van de meteoriet  
T = laag van gesmolten materiaal zonder fossielen  
U = laag met fossielen  
V = onderste laag

Na de inslag van de meteoriet zijn in een periode van 65 miljoen jaar soorten ontstaan die voor de inslag op aarde niet voorkwamen.

Hierover worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 De nieuwe soorten zijn ontstaan doordat de overlevende individuen zich fenotypisch aanpasten aan de nieuwe omstandigheden.
  - 2 Door mutaties konden uit de soorten die de inslag hadden overleefd, nieuwe soorten ontstaan.
  - 3 Geografische isolatie is een belangrijke factor geweest bij het ontstaan van nieuwe soorten uit soorten die de inslag hadden overleefd.
- 3 Welke van deze beweringen is of welke zijn volgens de (neo-)darwinistische evolutietheorie juist?
- A alleen bewering 1
  - B alleen bewering 2
  - C de beweringen 1 en 2
  - D de beweringen 1 en 3
  - E de beweringen 2 en 3
  - F de beweringen 1, 2 en 3

## Fokken met Siamese katten

Siamezen zijn geliefd om hun unieke vachttekening. Fokkers kiezen soms opzettelijk voor intelect, ook als de populatie groot genoeg is.

- 4 Wat is het voordeel van opzettelijke intelect voor een fokker?

Om een ras gezond te houden is het belangrijk te fokken met een grote groep, en intelect te vermijden. Dat lukt niet altijd door gebrek aan voldoende geschikte raskatten. De fokker moet ook rekening houden met 'genetic drift': verandering van allelfrequenties binnen een populatie door toevalsfluctuaties.

Drie beweringen in verband hiermee zijn:

- 1 Intelect leidt in een populatie tot afname van de heterozygotie;
- 2 Door genetic drift kan in een populatie verlies van allelen optreden;
- 3 Hoe kleiner de populatie, hoe groter het effect van genetic drift.

- 5 Welke van deze beweringen is of zijn juist?

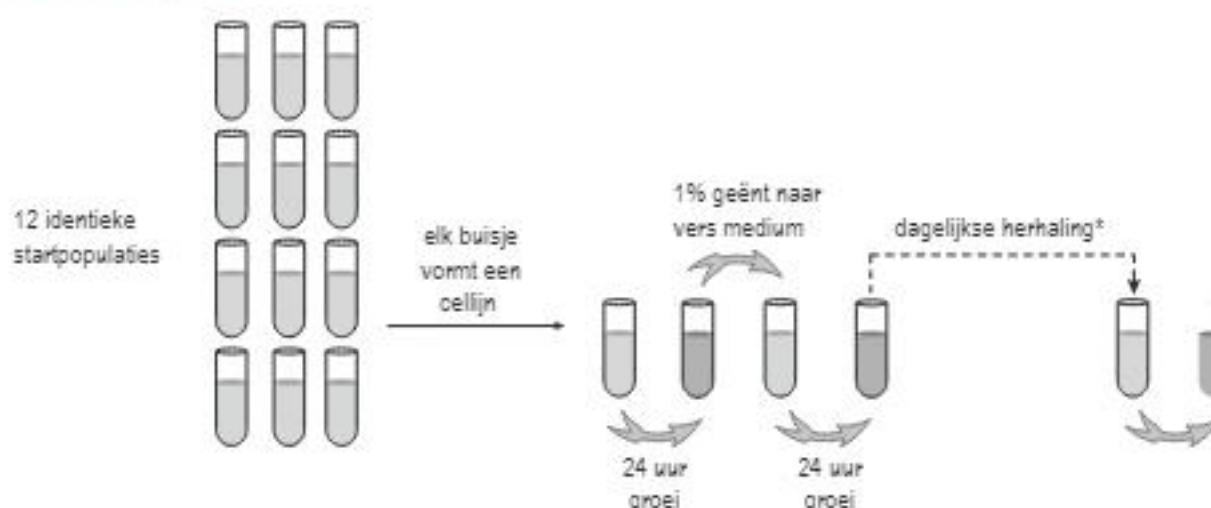
Zet de nummers 1 tot en met 3 onder elkaar op je antwoordblad en noteer erachter of de betreffende bewering juist of onjuist is.

## Evolutie in een flesje

In 1988 begon Dr. Lenski van de Michigan State University een langlopend experiment om meer te weten te komen over de snelheid van evolutionaire processen en de herhaalbaarheid daarvan. Dit experiment loopt nog steeds en vormt een belangrijke bijdrage aan de verdere ontwikkeling van de evolutietheorie.

Lenski begon met één bacterie *Escherichia coli*, die hij tot een kolonie liet uitgroeien. Daarna verdeelde hij de bacteriën uit deze kolonie over twaalf buisjes met voedingsmedium (zie afbeelding 1). Dat waren de startpopulaties van 12 cellijnen. Elke dag entte hij één procent ( $\pm 5 \cdot 10^8$  bacteriën) van iedere cellijn in een nieuw buisje met vers voedingsmedium. Van elke 500ste generatie werd steeds een deel ingevroren bij  $-80^\circ\text{C}$ . Deze bevroren 'fossielen' kunnen weer geactiveerd en onderzocht worden.

## afbeelding 1

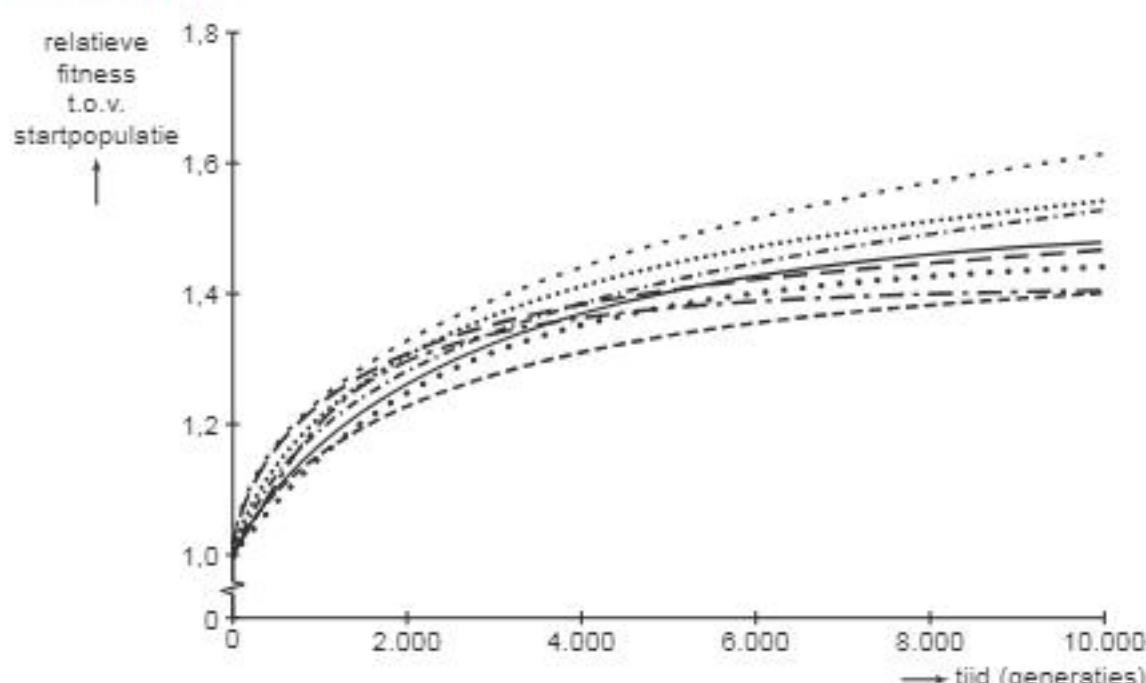


\* steeds na 500 generaties wordt een deel ingevroren

In Lenski's experiment ontstaat er gemiddeld elke 3,5 uur een nieuwe generatie. In zijn laboratorium zijn al meer dan 50.000 generaties *E. coli* gekweekt.

Al snel na het begin van het experiment, gedurende de eerste 2000 generaties, bleek er sprake te zijn van overeenkomstige veranderingen van de bacteriën in de buisjes. In alle twaalf cellijken was een aanzienlijke toename van de fitness waar te nemen: alle bacteriën werden groter en de gewenningsperiode (tijd tot de eerste deling na het overenten) van de bacteriën werd steeds koper. De toename van de fitness ten opzichte van de startpopulatie (de relatieve fitness) van een aantal cellijken is weergegeven in afbeelding 2.

## afbeelding 2



In het diagram van afbeelding 2 zijn globaal twee fasen te onderscheiden: de relatieve fitness stijgt aanvankelijk snel (de eerste 2000 generaties) en daarna steeds minder snel (tot aan de 10.000ste generatie).

- 6 Leg uit in drie stappen waardoor de gewenningsperiode van de bacteriën in de verschillende cellijken gedurende de eerste 2.000 generaties steeds koper werd.
- 7 Verklaar waardoor de gewenningsperiode bij latere generaties minder sterk verandert.
- 8 Geef een verklaring voor het onderlinge verschil in relatieve fitness van de verschillende cellijken na 10.000 generaties.

In de loop van een etmaal daalt de concentratie glucose in het medium: halverwege de dag ontstaat er als het ware een hongersnood voor de bacteriën. Het door Lenski gebruikte voedingsmedium bevat naast glucose ook een overmaat aan citroenzuur, dat in de regel onder aerobe omstandigheden niet door *E. coli* gebruikt kan worden als energiebron. Doordat de buisjes constant geschud worden, is er altijd voldoende zuurstof in het medium. In de 33.000ste generatie bleek een van de cellijken een grote hoeveelheid van een *E. coli* variant te bevatten die wél onder aerobe omstandigheden citroenzuur kan gebruiken. Deze variant wordt *Cit<sup>+</sup>* genoemd. De *Cit<sup>+</sup>*-variant was al in de 31.500ste generatie ontstaan.

Het team van Lenski heeft met behulp van de ingevroren bacteriën achteraf kunnen bepalen dat de *Cit<sup>+</sup>*-variant in deze cellijn in de 31.500ste generatie voor het eerst aanwezig was.

- 9 Beschrijf een mogelijke werkwijze voor deze bepaling. Geef aan:
- welke generaties ingevroren bacteriën in ieder geval geactiveerd zijn;
  - welk voedingsmedium gebruikt kan zijn;
  - wat het resultaat was.
- Na het ontstaan van de *Cit<sup>+</sup>*-variant in de 31.500ste generatie duurde het enige tijd voordat de uitbreiding van deze *E. coli* variant in de 33.000ste generatie zichtbaar werd door de hogere populatiedichtheid.
- 10 Hoeveel maanden duurde dat ongeveer?
- A 4  
B 7  
C 20  
D 26  
E 55
- In het experiment van Lenski is in één van de cellijken een *Cit<sup>+</sup>*-variant talrijk geworden. Door de opzet van het experiment van Lenski heeft het founder effect (stichter effect) hierbij een rol gespeeld.
- 11 Beschrijf hoe de snelle toename van de *Cit<sup>+</sup>*-variant in één van de cellijken toegeschreven kan worden aan het founder effect.

## Kou en selectiedruk bij inktvissen

Gewone octopussen (*Octopus vulgaris*) komen voor in de drie grote oceanen in gematigd tot zeer warm water. Antarctische octopussen (*Pareledone sp.*) leven rond de Zuidpool in water tot -1.8°C. De twee geslachten *Octopus* en *Pareledone* zijn uit een gemeenschappelijke voorouder ontstaan, hebben kleine verschillen in de bouw en werking van hun K<sup>+</sup>-kanalen.

Charles Darwin schreef rond 1859 zijn theorie over de gemeenschappelijke afstamming van soorten in het boek 'On the origin of species'.

Drie (onvolledige) beschrijvingen van het ontstaan van de twee hierboven beschreven octopusgeslachten zijn:

- 1 Tussen de vele nakomelingen van de gemeenschappelijke octopus- voorouder is er een strijd om het bestaan. Door natuurlijke selectie blijven in een bepaald gebied alleen diegenen over die het best aangepast zijn aan de omgeving.
- 2 Sommige octopussen konden door een mutatie beter tegen koud water dan andere. Rond Antarctica overleefden vooral de nakomelingen van de octopussen die bestand tegen de kou waren; de minder goed aangepaste octopussen in het gebied verdwenen op den duur.

- 3 Doordat de octopussen in koude wateren zich steeds beter aanpasten aan de koude omstandigheden, en ze niet meer in contact kwamen met octopussen in warme wateren, veranderden de genotypes zo sterk in beide populaties dat er uiteindelijk geen onderlinge voortplanting meer mogelijk was.
- 12 Welke van deze beschrijvingen zou Darwin, met de kennis van toen, kunnen hebben gebruikt om het ontstaan van deze twee soorten octopussen uit een gemeenschappelijk voorouder te verklaren? Schrijf de drie nummers onder elkaar op je antwoordblad en zet erachter 'wel' of 'niet'.

## Puntnmutatie Gly83 in het CLCNKA-gen

Mensen die homozygoot zijn voor het allele Gly83, maar ook mensen die hiervoor heterozygoot zijn, hebben een grotere kans op hartfalen. De groep Nederlanders die dit risico loopt is groot, want de allelfrequentie van het Gly83-allel is 0,5 in de Noord-Europese bevolkingsgroep. Dit gegeven zou gebruikt kunnen worden om de grotere kans op hartfalen als gevolg van de Gly83-mutatie van deze fractie Nederlanders te berekenen.

Twee kenmerken van Nederlanders uit de Noord-Europese bevolkingsgroep zijn:

- 1 Zij leven niet in een geïsoleerde voortplantingspopulatie;
- 2 De mensen met het Gly83-allel hebben een verhoogde sterftekans.

- 13 Door welk kenmerk of welke kenmerken mag de wet van Hardy-Weinberg strikt genomen niet worden gebruikt voor het berekenen van de grotere kans op hartfalen als gevolg van de Gly83-mutatie van deze fractie Nederlanders?
- A alleen door 1  
 B alleen door 2  
 C door beide kenmerken

## Tasmaanse duivel

Het grootste carnivore buideldier, de Tasmaanse duivel (*Sarcophilus harrisii*), dreigt ten onder te gaan aan een besmettelijke vorm van aangezichtskanker: Devil Facial Tumour Disease (DFTD). Biologen van verschillende disciplines zoals immunologen, genetici en natuurbeheerders, verenigd in het 'Save the Tasmanian Devil' programma, werken samen om de Tasmaanse duivel voor uitsterven te behoeden.

Tasmaanse duivels kwamen vroeger in heel Australië voor. Toen twaalfduizend jaar geleden de zeespiegel steeg, werd de populatie op Tasmanië geïsoleerd van die op het Australische vasteland. Op het vasteland zijn ze nu uitgestorven.

Door deze gebeurtenissen in het verleden is er nu een geringe genetische diversiteit in de populatie Tasmaanse duivels.

- 14 – Geef een verklaring voor het verlies van diversiteit aan de hand van het flessenhals (bottleneck) effect.  
 – Verklaar waardoor sindsdien de diversiteit gering gebleven is.

## rRNA

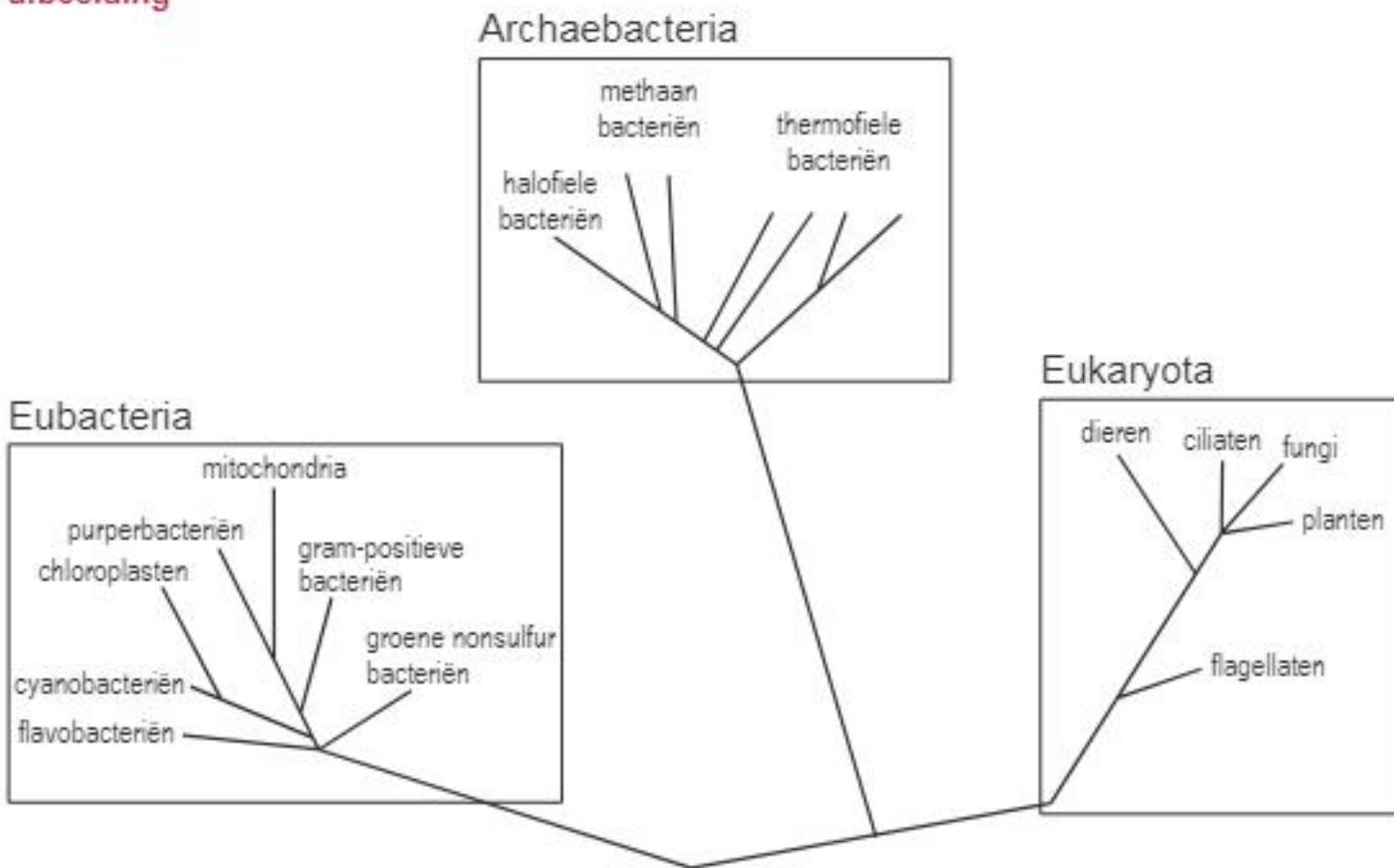
De genetische overeenkomst van soorten kan mede worden bepaald op grond van de aminozuurvolgorde van bepaalde homologe eiwitten. Of andere macromoleculen hiervoor geschikt zijn, hangt af van de diversiteit en de evolutionaire stabiliteit van deze macromoleculen. Ribosomaal RNA (rRNA) is voor dit doel geschikt.

- 15** Is rRNA geschikt doordat de moleculen een geringe of een grote diversiteit vertonen?  
Is rRNA geschikt doordat de moleculen een geringe of een grote evolutionaire stabiliteit hebben?

- A door een geringe diversiteit en een geringe evolutionaire stabiliteit
- B door een geringe diversiteit en een grote evolutionaire stabiliteit
- C door een grote diversiteit en een geringe evolutionaire stabiliteit
- D door een grote diversiteit en een grote evolutionaire stabiliteit

Organismen kunnen op grond van onder andere anatomische kenmerken worden ingedeeld in vier rijken. Op grond van rRNA-onderzoek worden organismen ook wel ingedeeld in drie domeinen: eubacteria, archaeabacteria en eukaryota. In de afbeelding is de indeling in deze domeinen weergegeven.

### afbeelding



naar: T.D. Brock en M.T. Madigan, *Biology of microorganisms*, 1991, 688

Binnen de drie domeinen kun je bepaalde kenmerken vergelijken. In de onderstaande tabel zijn een aantal kenmerken gegeven.

- 16** Vul onderstaande tabel volledig in op grond van de gegevens in de afbeelding.

domein	wel of geen kernmembraan <sup>1</sup>	wel of geen celwand <sup>1</sup>	autotroof of heterotroof <sup>1</sup>	wel of geen cellulaire compartimentering <sup>1</sup>
Archaeabacteria	geen	wel	beide	geen
Eubacteria	...	...	...	...
Eukaryota	...	...	...	...

<sup>1</sup> Vul in 'beide' als binnen het domein sommige organismen dit kenmerk wel hebben en andere organismen niet.

## Zwart door springend gen

Het schoolvoorbeeld van natuurlijke selectie is de kleurverandering van de berkenspanner. Britse biologen hebben aangetoond dat de donkere kleur wordt veroorzaakt door een springend stukje DNA: een transposon.

De berkenspanner (*Biston betularia*) is een nachtvlinder die overdag rust op de zwart-witte stammen van berkenbomen. Door een mutatie ontstond in de negentiende eeuw in Engeland een zwarte variant van deze nachtvlinder. Toen tijdens de industriële revolutie de berkenstammen in industriegebieden volledig donker kleurden door roetaanslag, nam de frequentie van de zwarte vorm in deze gebieden sterk toe. De oorspronkelijke vorm wordt *typica* genoemd, de zwarte vorm *carbonaria* (afbeelding 1). De kleurverandering blijkt veroorzaakt te zijn door een specifieke mutatie in het cortex-gen, dat een rol speelt in de vleugelaanleg van de berkenspanner.

**afbeelding 1**



*Biston betularia f. typica*

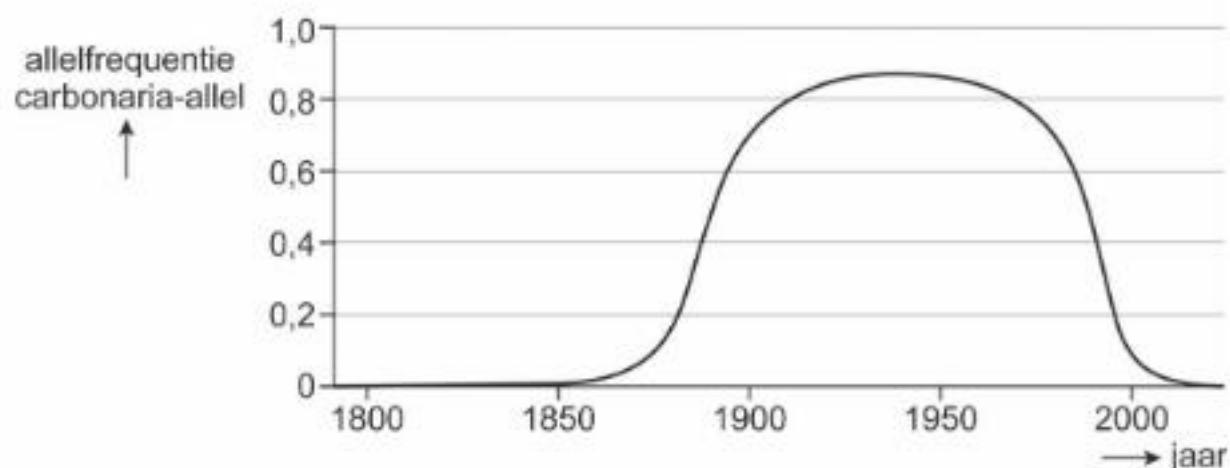
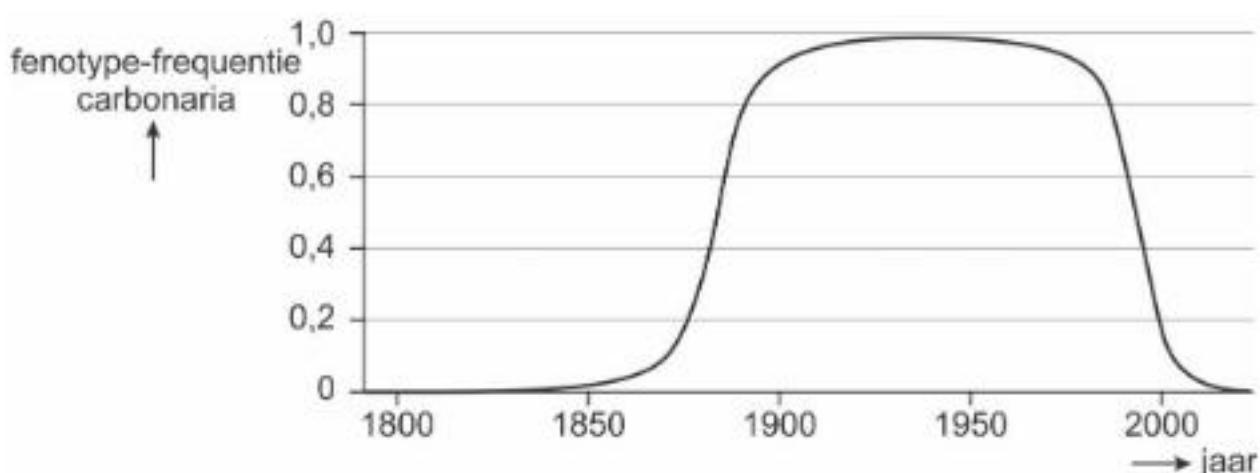


*Biston betularia f. carbonaria*

- 17 Leg uit waardoor de frequentie van de carbonaria-vorm in de populatie sterk toenam in industriegebieden.

De veranderingen in de frequentie van het carbonaria-fenotype en het carbonaria-allel zijn weergegeven in afbeelding 2. De grafieken zijn het resultaat van simulaties op basis van enkele tellingen.

**afbeelding 2**



Met de informatie uit afbeelding 2 en de aanname dat de regel van Hardy-Weinberg van toepassing is, is af te leiden of het carbonaria-allel dominant of recessief is.

- 18 – Bereken aan de hand van de allelfrequentie in 1900 wat de fenotypefrequentie van *carbonaria* zou zijn, ervan uitgaande dat het allele recessief is. Noteer je berekening en geef je antwoord in twee decimalen nauwkeurig.
- Bereken zo ook wat de fenotypefrequentie zou zijn, ervan uitgaande dat het allele dominant is.
- Licht toe, gebruikmakend van deze berekeningen en afbeelding 2, of het allele recessief of dominant is.

Uit de informatie is af te leiden dat het discutabel is dat er in 1900 sprake was van een hardy-weinberg-evenwicht in de populatie in de industriegebieden. Daarom zou de regel van Hardy-Weinberg eigenlijk niet toegepast mogen worden.

- 19 Licht toe waardoor er in 1900 waarschijnlijk geen sprake was van een hardy-weinberg-evenwicht.

## Hints bij hoofdstuk 5

- 1 Welke laag is het oudst?
- 2 Wat zie je na verloop van tijd op een nieuw vulkanisch eiland?
- 3 Volgens de neodarwinistische evolutietheorie veranderen genotypen in de loop van de tijd.
- 4 Voor een fokker is het makkelijker als de nakomelingen er steeds hetzelfde uitzien.
- 5 Kinderen van neef en nicht hebben minder overgrootouders.
- 6 Erfelijke informatie is de basis van eigenschappen van organismen.
- 7 Hoeveel kun je je cijfer nog verbeteren als je al een heel hoog cijfer hebt?
- 8 Bij veel soorten zijn verschillende rassen ontstaan.
- 9 Ook de 31.000ste generatie is getest.
- 10 Hoe lang duren 15 generaties? Hoeveel dagen zitten er in een maand?
- 11 Tijdens het experiment vond elke dag met elke stam een enting plaats.
- 12 Het woord gen en ook het begrip daarvan bestonden niet tijdens Darwins leven.
- 13 Alleen allelen die geen voor- of nadeel opleveren voor de soort vallen onder deze wet.
- 14 In een grotere groep van een soort is er in het algemeen grotere variatie aan genen.
- 15 De overeenkomst van soorten blijkt uit de overeenkomst van mRNA.
- 16 Zoek indelingscriteria op in Binas of ScienceData.
- 17 De best aangepaste individuen hebben een grotere kans op (meer) nakomelingen.
- 18 Gebruik Binas tabel 93D.3 of ScienceData 1.8.
- 19 Bij een hardy-weinberg-evenwicht blijven de allelfrequenties binnen een populatie constant.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 5

### Meteoriet voor dinosauriërs geen geschenk uit de hemel!

- 1 Laag U is van vóór de inslag en laag Q van daarna.  
*In laag Q, die is gevormd na laag S, komen geen fossielen van dinosauriërs meer voor.*
- 2 D De zee die nu Golf van Mexico heet staat in open verbinding met andere wateren waar vanuit immigratie mogelijk is.  
Bij de eventueel overlevende organismen en de geïmmigreerde organismen kan in de loop van de tijd evolutie zijn opgetreden.
- 3 E Volgens de evolutietheorie kunnen nieuwe soorten ontstaan doordat een soort geïsoleerd raakt. Als er door mutatie andere genotypen ontstaan, kunnen die vervolgens door natuurlijke selectie uiteindelijk als nieuwe soort overblijven.  
*Fenotypische veranderingen zijn niet erfelijk en leiden dus niet tot nieuwe soorten.*

### Fokken met Siamese katten

- 4 Door met verwanten te kruisen is de kans groter dat de nakomelingen homozygoot zijn voor de (voor het ras / voor de vachtkleur) gewenste genen.
- 5 1 juist ; 2 juist ; 3 juist  
*Door inteelt komen genen bij elkaar die uit dezelfde voorouder voortkomen. De kans dat daardoor homozygotie voor bepaalde genen ontstaat is daardoor groter.*  
*Door genetic drift veranderen de genfrequenties in een populatie; er zijn genen die vaker gaan voorkomen en andere waarvan de frequenties dalen of zelfs verdwijnen.*  
*Voortplanting en erfelijkheid berusten grotendeels op toeval. Het gemiddelde genotype van een soort zal, in de loop van de tijd, weinig veranderen in een grote populatie.*

### Evolutie in een flesje

- 6 Door mutatie 'begonnen' bepaalde bacteriën na overenten sneller met delen / hadden een kortere gewenningsperiode dan de andere bacteriën.  
Deze bacteriën kregen daardoor (in een etmaal) relatief meer 'nakomelingen' / konden zich sneller voortplanten / konden zich vaker delen.  
Daardoor werd hun aandeel in de populatie/cellijn steeds groter.
- 7 Voorbeelden van een juist antwoord:
  - De bacteriën zijn na verloop van tijd zo goed aangepast aan de omstandigheden van de proefopstelling, dat een verandering van het genotype geen grote verbetering van de fitness oplevert.
  - Doordat de bacteriën met de kortste gewenningsperiode steeds in grotere aantallen aanwezig waren bij het overenten hebben de populaties een zodanig korte gewenningsperiode gekregen dat deze niet meer te verbeteren is.
- 8 Niet in elke cellijn hebben dezelfde mutaties (die leiden tot een grotere relatieve fitness of een kortere gewenningsperiode) plaatsgevonden / de mutaties die plaatsvonden in de cellijken waren onderling verschillend (met een onderling verschil in relatieve fitness of gewenningsperiode tot gevolg).  
*Minder juist antwoord: Door toeval bij het overenten hadden soms bepaalde genotypes uit de cellijken (bacteriën met een al of niet grote relatieve fitness of korte gewenningsperiode) de overhand.*

- 9** – Bacteriën van generaties 31.000 tot en met 33.000 ontdooien en inzetten in een medium met alleen citroenzuur.  
 – Gekeken wordt of de bacteriën er kunnen groeien.  
 – Alleen bacteriën van generatie 31.500 en latere generaties vormen kolonies.
- 10 B** De variant werd zichtbaar na  $33.000 - 31.500 = 1500$  generaties. In de tekst onder afbeelding 3 staat dat elke 3,5 uur een nieuwe generatie ontstaat. 1500 generaties duurt dus  $1500 \times 3,5 = 5250$  uur, dus  $5250 : 24 = \pm 219$  dagen. Dit komt overeen met  $219 : 30 = \pm 7$  maanden.
- 11 Voorbeelden van een juist antwoord:**
- In het experiment wordt steeds slechts 1% van een cellijn overgezet, de founder populatie. Toevallig zaten daar een keer relatief veel bacteriën van de nieuwe variant in, die vervolgens in die cellijn de overhand kregen.
  - De cyclus begint in elk buisje met een relatief kleine populatie. Snel na het overzetten is de Cit<sup>+</sup>-mutatie opgetreden in één buisje, waardoor de frequentie van Cit<sup>+</sup>-bacteriën alleen in die cellijn toenam.

### Kou en selectiedruk bij inktvissen

- 12** 1: wel, 2: niet, 3: niet.
- Beschrijving 2 is op zichzelf juist, maar Darwin had geen kennis van genen en mutaties daarin.*
- Beschrijving 3 is onjuist omdat volgens dit antwoord een tijdens het leven verworven eigenschap in het genotype vastgelegd wordt. Ook het begrip genotype was toen onbekend en kan niet door Darwin gebruikt zijn.*

### Puntnutatie Gly83 in het CLCNKA-gen

- 13 C** Twee van de voorwaarden waaraan een Hardy-Weinberg-populatie moet voldoen, zijn: De populatie is geïsoleerd van andere populaties; er mag geen migratie plaatsvinden.
- Elk genotype heeft een gelijke kans op overleven (er mag geen selectie optreden). *Andere voorwaarden zijn: de populatie is groot; paringen zijn zuiver willekeurig; elk genotype heeft gelijke kansen op nakomelingen; er vinden geen mutaties plaats en meiose vindt normaal plaats.*

### Tasmaanse duivel

- 14 Voorbeelden van een juist antwoord:**
- Slechts een klein deel van de oorspronkelijke populatie en dus een kleine variatie van genen bleef op het eiland over (bottleneck effect).
    - Bij gebrek aan migratie lijken de duivels van nu genetisch sterk op deze groep voorouders.
  - Een kleine groep duivels en hun genenpool heeft zich op het eiland afgescheiden van de grote groep. / Een kleine groep duivels en hun genenpool is op het eiland geïsoleerd geraakt van de grote groep (bottleneck effect).
    - De tijd (12.000 jaar) is te kort geweest om in deze kleine populatie de diversiteit merkbaar te doen toenemen.
  - Door toeval zijn bepaalde genotypes van Tasmanische duivels op Tasmanië beland (en andere genotypes niet: flessenhalseffect).
    - Door intelect zijn de genotypes van de nakomelingen meer op elkaar gaan lijken.

**rRNA**

- 15 B** Er wordt gesteld dat ribosomaal RNA geschikt is. Dit kan alleen als er niet te veel variatie is in de bouw hiervan; bovendien mogen er niet te veel mutaties in optreden, omdat dan geen genetische overeenkomst tussen soorten kan worden waargenomen.

- 16 Juist ingevulde tabel:**

domein	wel of geen kernmembraam	wel of geen celwand	autotroof of heterotroof	wel of geen cellulaire compartimentering
Archaeabacteria	geen	wel	beide	geen
Eubacteria	geen	beide	beide	geen
Eukaryota	wel	beide	beide	wel

De Eubacteria omvatten ook chloroplasten en mitochondria; deze hebben geen celwand en daarom staat 'beide' in de tabel bij Eubacteria. Zie ook Binas 78, 79A, ScienceData 36.1.

**Zwart door springend gen**

- 17** – Zwarte berkenspanners hadden op zwartgekleurde berkenstammen een grotere overlevingskans doordat ze een betere schutkleur hadden / minder last hadden van predatoren,  
– waardoor zwarte berkenspanners een hogere fitness hadden / een selectievoordeel hadden / meer nakomelingen kregen.

Een zwarte berkenspanner (*carbonaria*-vorm) valt op een zwartgekleurde berkenboom minder op dan een witte. De witte berkenspanners werden daardoor vaker gevangen door vogels. Er overleefden meer zwarte berkenspanners die zich voortplantten en zwarte nakomelingen kregen. Hierdoor nam in industriegebieden de frequentie van de *carbonaria*-vorm in de populatie sterk toe.

- 18 Voorbeeld van een juist antwoord:**

De allelfrequentie in 1900 = 0,70. Indien het *carbonaria*-allel recessief is, bestaat het zwarte fenotype alleen uit homozygoot recessieve individuen en is de frequentie dus  $0,70^2 = 0,49$ .

Indien het *carbonaria*-allel dominant is, bestaat het zwarte fenotype uit homozygoot dominante én heterozygote individuen en is de frequentie dus  $0,70^2 + 2 \times 0,30 \times 0,70 = 0,91$ . Uit grafiek a blijkt dat de fenotypfrequentie van *carbonaria* in 1900 ongeveer 0,9 is, dus is het *carbonaria*-allel dominant.

- Voor een juiste berekening van de frequentie van het recessieve fenotype, gebruikmakend van  $q^2$ .
- Voor een juiste berekening van de frequentie van het dominante fenotype, gebruikmakend van  $p^2 + 2pq$  of  $1 - q^2$ .
- Voor een juiste conclusie gebaseerd op een vergelijking van de (afgelezen) fenotypfrequentie in 1900 met de berekende fenotypfrequenties.

Lees in afbeelding 2 de allelfrequentie van het *carbonaria*-allel af in 1900. Dat is 0,7. Bepaal dan de allelfrequentie volgens de regel van Hardy-Weinberg, ervan uitgaande dat het *carbonaria*-allel recessief is ( $q$ ). Gebruik hierbij Binas tabel 93D.3 of ScienceData 1.8.

	$p (0,3)$	$q (0,7)$
$p (0,3)$	$p^2 (0,09)$	$pq (0,21)$
$q (0,7)$	$pq (0,21)$	$q^2 (0,49)$

In dit geval hebben de zwarte fenotypen twee carbonaria-allelen ( $q^2$ ), want alleen een dominant allele komt tot uiting bij een heterozygoot genotype. De fenotypefrequentie is dus 0,49.

Bepaal vervolgens de frequentie van het carbonaria-allel volgens de regel van Hardy-Weinberg, ervan uitgaande dat het carbonaria-allel dominant is ( $p$ ).

	$p (0,7)$	$q (0,3)$
$p (0,7)$	$p^2 (0,49)$	$pq (0,21)$
$q (0,3)$	$pq (0,21)$	$q^2 (0,09)$

In dit geval kunnen de zwarte fenotypen homozygoot ( $p^2$ ) of heterozygoot ( $pq$ ) zijn. De frequentie van het zwarte fenotype is dus:  $0,49 + 0,21 + 0,21 = 0,91$ . Volgens afbeelding 2 is de fenotypefrequentie in 1900 ongeveer 0,9. Hieruit kun je de conclusie trekken dat het carbonaria-allel dominant is.

- 19 Er trad selectie op / de frequentie van het carbonaria-allel nam toe.

De regel van Hardy-Weinberg geldt alleen als er geen factoren zijn die de allelfrequenties beïnvloeden. De verhouding van allelen in een populatie blijft dan gelijk van generatie op generatie. Dat was in 1900 niet het geval. Volgens afbeelding 2 nam de frequentie van het carbonaria-allel toe en er was sprake van selectiedruk doordat berkenbomen volledig donker kleurden door roetaanslag.

Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## 6 Regeling

### Blauwalgen

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 maagdarmklachten, tot krampen en ademhalingsproblemen.

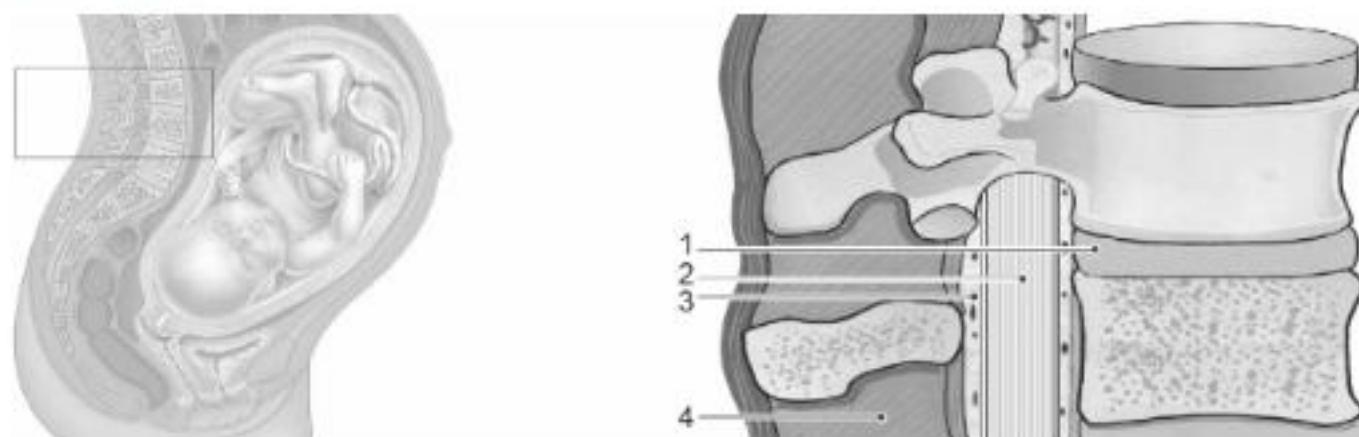
Als cyanobacteriën geen microcystines kunnen produceren wil dat nog niet zeggen dat ze onschadelijk zijn. Er zijn ook cyanobacteriën die het gevaarlijke en snelwerkende anatoxine-a maken. Deze stof activeert acetylcholinereceptoren van skeletspieren. Anatoxine-a kan echter niet worden afgebroken door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

- 1 – 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?

### Pijnbestrijding tijdens bevalling

In de regel wordt in Nederlandse ziekenhuizen bij pijnbestrijding tijdens de bevalling gekozen voor epidurale anesthesie (de ruggenprik). Dit is een vorm van plaatselijke verdoving waarbij anesthetica, stoffen die tijdelijke gevoelloosheid voor pijnprikkels veroorzaken, worden ingebracht in de epidurale ruimte die het ruggenmerg omgeeft (zie afbeelding 1).

**afbeelding 1**



In afbeelding 1 is in de uitvergroting schematisch het ruggenmerg en de directe omgeving weergegeven.

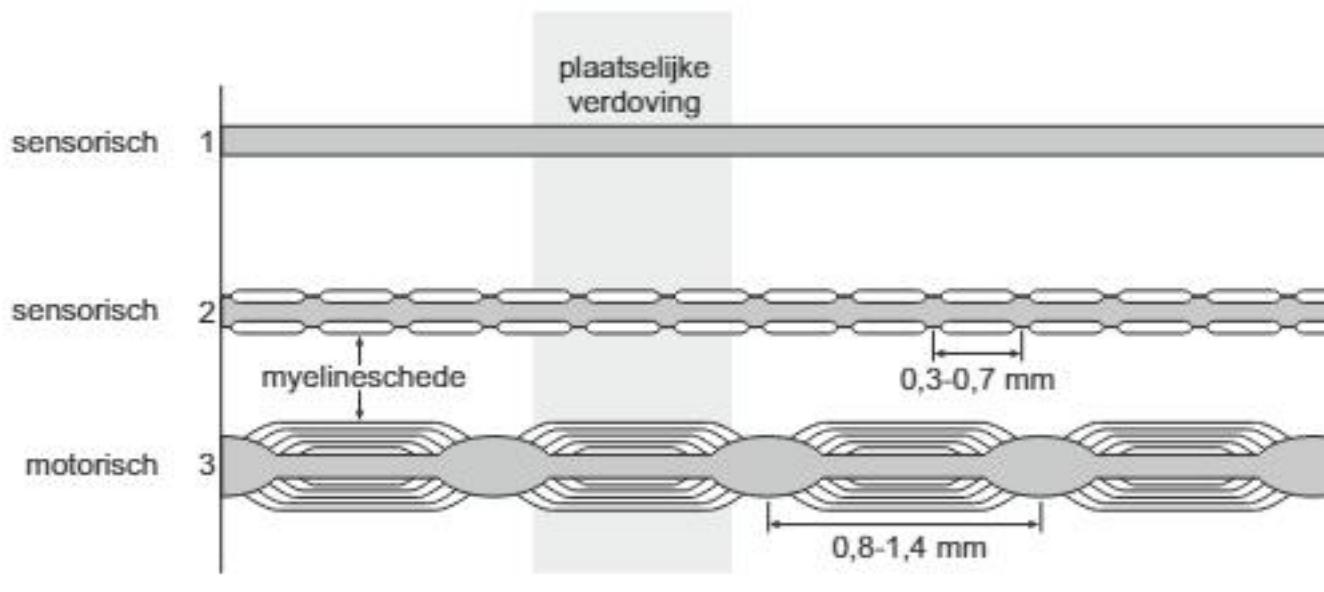
- 2 Met welk nummer is de positie van de naaldpunt bij epidurale anesthesie juist aangegeven?  
**A** 1  
**B** 2  
**C** 3  
**D** 4

De anesthetica die bij plaatselijke verdoving gebruikt worden, zorgen voor de blokkade van  $\text{Na}^+$ -poorten in het celmembraan.

- 3 Welk proces in de neuronen wordt hierdoor als eerste voorkomen?
- depolarisatie
  - hyperpolarisatie
  - instandhouden van de rustpotentiaal
  - repolarisatie

De inwerking van plaatselijke verdoving op uitlopers van drie verschillende typen neuronen is in afbeelding 2 schematisch weergegeven.

**afbeelding 2**



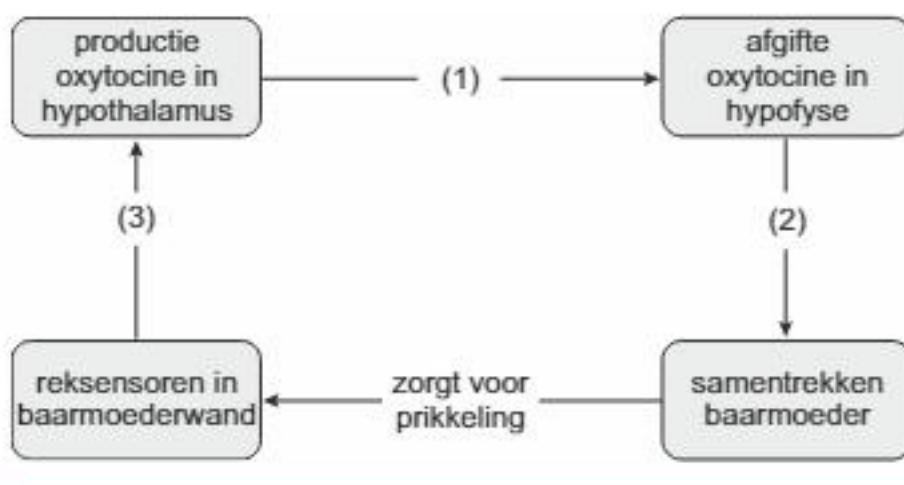
Artsen maken onderscheid tussen scherpe (snelle) en brandende (trage) pijn.

- 4 Welk type neuronen (zie afbeelding 2) is betrokken bij de sensatie van scherpe pijn?  
Noteer het nummer en licht je keuze toe.

Een zwangere vrouw die een ruggenprik tijdens de bevalling overweegt, wordt geïnformeerd door haar verloskundige dat bij epidurale pijnbestrijding mogelijk extra oxytocine moet worden toegediend tijdens de bevalling.

In afbeelding 3 is de invloed van oxytocine op het verloop van de bevalling weergegeven.

**afbeelding 3**



In afbeelding 3 zijn vier processen aangegeven die elkaar beïnvloeden.

Op drie plaatsen is deze beïnvloeding met een cijfer aangeduid.

- 5 Waar vindt de beïnvloeding plaats via neuronen?
- A alleen bij 1 en 2
  - B alleen bij 1 en 3
  - C alleen bij 2 en 3
  - D bij 1, 2 en 3

## Evolutie van lichtreceptoren

Er zijn grote verschillen in de bouw en werking van ogen van ongewervelde en gewervelde dieren. Onderzoek naar overeenkomsten en verschillen tussen lichtreceptoren (lichtzintuigcellen) werpt een licht op de evolutionaire ontwikkeling ervan.

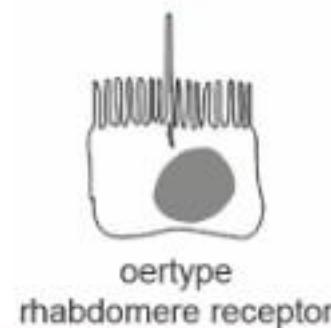
Lichtreceptoren vangen licht (fotonen) op met behulp van pigmenten in geplooide membranen. Deze prikkels worden in

**afbeelding**

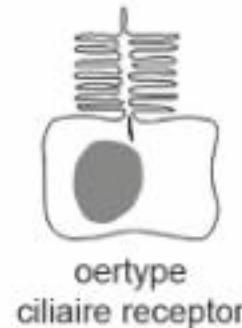
het zenuwstelsel omgezet in impulsen.

Er zijn twee oertypen lichtreceptoren: rhabdomere en ciliaire receptoren (zie afbeelding).

De rhabdomere receptoren lijken kenmerkend voor ongewervelden, de ciliaire voor gewervelden.



oetype  
rhabdomere receptor



oetype  
ciliaire receptor

Lichtreceptoren hebben grote overeenkomsten met zenuwcellen.

Zo zijn ze negatief geladen ten opzichte van het omringende milieu en is de intracellulaire  $\text{Na}^+$ -concentratie lager dan in het omringende milieu.

Lichtprikkels leiden tot een verandering van de membraanpotentiaal in lichtreceptoren.

In rhabdomere receptoren openen daardoor de  $\text{Na}^+$ -kanalen. In ciliaire receptoren, zoals de staafjes in ons netvlies, leidt dit juist tot het sluiten van  $\text{Na}^+$ -kanalen.

- 6 Zijn belichte staafjes negatiever geladen of minder negatief geladen dan staafjes in het donker? En vindt bij staafjes in het licht depolarisatie of hyperpolarisatie plaats?

Belichte staafjes zijn:

Depolarisatie of hyperpolarisatie?

- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| A negatiever geladen      | depolarisatie    |
| B negatiever geladen      | hyperpolarisatie |
| C minder negatief geladen | depolarisatie    |
| D minder negatief geladen | hyperpolarisatie |

Het handhaven van een rustpotentiaal kost energie en gebeurt in ciliaire en rhabdomere receptoren op gelijke wijze.

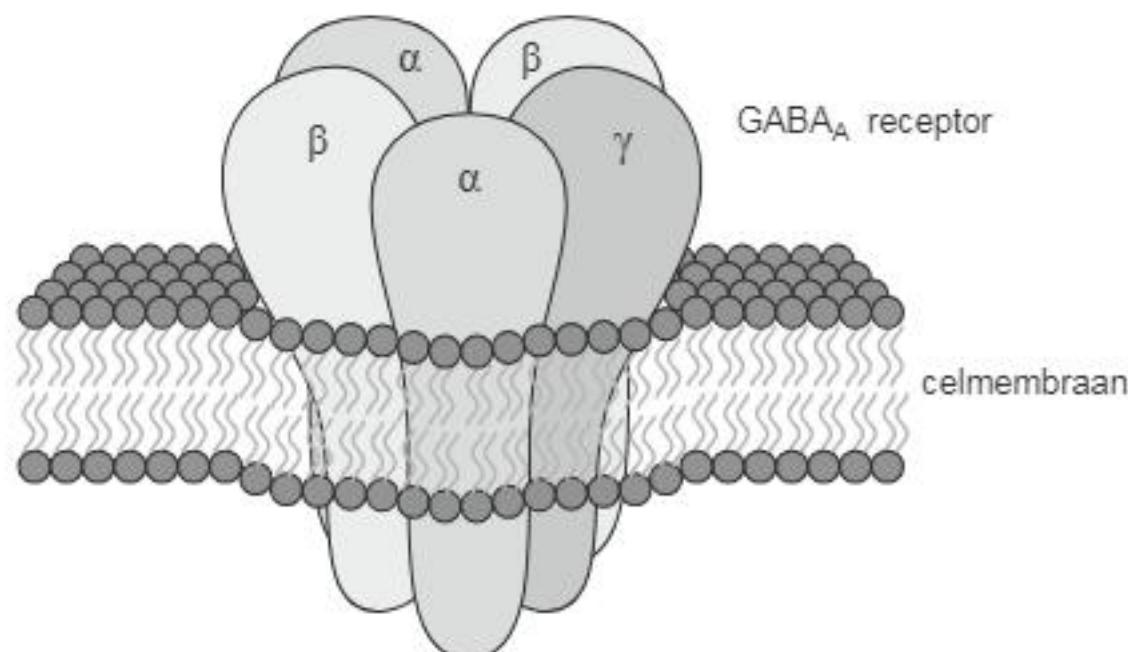
- 7 Welk membraaneiwit verbruikt veel energie bij het handhaven van een rustpotentiaal?

## Benzodiazepinen

Uit gezondheidsoverwegingen wordt in Nederland geprobeerd het gebruik van bepaalde kalmerende middelen, de benzodiazepinen, terug te dringen door ze niet meer te vergoeden via de zorgverzekering. Probleem is dat bij langdurig gebruik van benzodiazepinen, zoals valium, gewenning en zelfs verslaving optreden.

Een GABA<sub>A</sub>-receptor bestaat uit vijf verschillende eiwitketens. Er zijn twee bindingsplaatsen voor GABA en er is een aparte bindingsplaats voor benzodiazepinen. In afbeelding 1 is de receptor schematisch weergegeven.

**afbeelding 1**



Door de binding van GABA aan de receptor wordt de centraal gelegen opening wijder, waarna selectief Cl<sup>-</sup>-ionen kunnen passeren. Binding van benzodiazepinen aan de receptor leidt niet tot het wijder worden van de centrale opening, maar leidt er wel toe dat bij dezelfde GABA-concentratie meer Cl<sup>-</sup>-ionen doorgelaten worden.

GABA is een remmende neurotransmitter in het centrale zenuwstelsel. Als GABA bindt aan GABA<sub>A</sub>-receptoren in het membraan van een neuron, verplaatsen Cl<sup>-</sup>-ionen zich door het celmembraan.

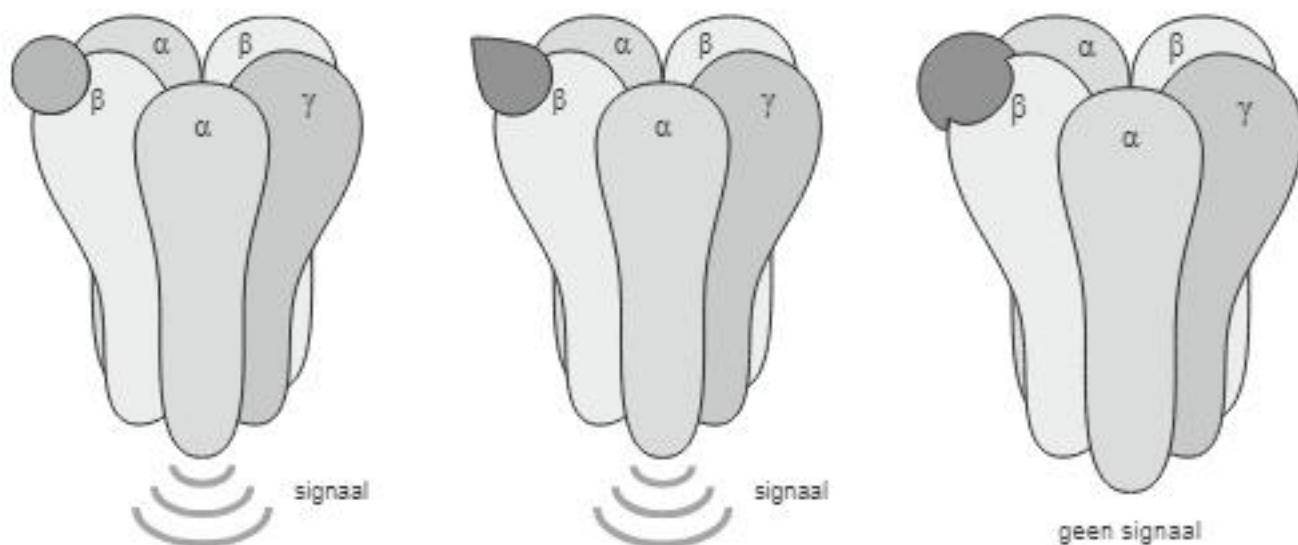
- 8 In welke richting gaat de netto verplaatsing van Cl<sup>-</sup>-ionen? En welk effect heeft dit op het potentiaalverschil over het membraan?

richting Cl <sup>-</sup> -transport	effect op potentiaalverschil
A naar buiten	potentiaalverschil wordt kleiner
B naar buiten	potentiaalverschil wordt groter
C naar binnen	potentiaalverschil wordt kleiner
D naar binnen	potentiaalverschil wordt groter

De werking van benzodiazepinen verschilt van die van klassieke kalmerende middelen doordat benzodiazepinen op een andere plek aan de receptor binden. Wanneer lichaamseigen boedschappermoleculen binden aan de actieve bindingsplaats van een membraanreceptor, volgt doorgaans een signaal in de cel. Andere stoffen die aan deze actieve plaats binden en ook dit signaal veroorzaken, worden agonisten genoemd. Middelen die aan de actieve bindingsplaats hechten, en de signaaloverdracht blokkeren, heten antagonisten (zie afbeelding 2).

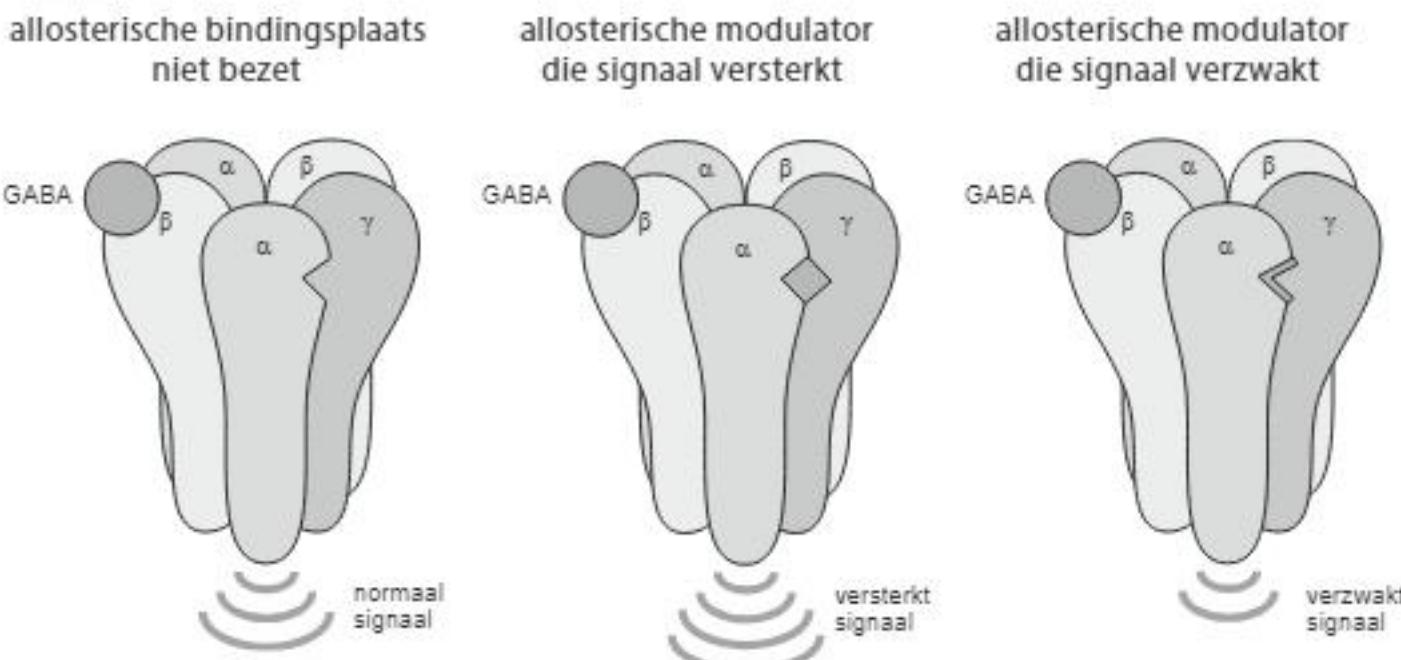
### afbeelding 2

lichaamseigen boedschapper      agonist      antagonist



Middelen die niet aan de actieve bindingsplaats maar elders hechten, kunnen het signaal versterken of verzwakken. Deze stoffen worden allosterische modulatoren genoemd (zie afbeelding 3).

### afbeelding 3



Klassieke kalmerende middelen zijn veelal agonisten.  
Benzodiazepinen horen bij de groep versterkende modulatoren.

Stoffen die de effectiviteit van neurotransmitters beïnvloeden, zijn geneesmiddelen die alleen op recept verkrijgbaar zijn. Voor een goede dosering is advies van een arts nodig.

Allosterische modulatoren blijken in geval van een overdosering minder gevaarlijk te zijn dan de meeste agonisten of antagonisten.

- 9 Geef hiervoor een verklaring.

In de loop van de evolutie zijn door het optreden van mutaties verschillende varianten ontstaan van receptoren die reageren op dezelfde signaalmoleculen.

- 10 Leg uit dat er tussen deze receptoren meer variatie te verwachten is in bindingsplaatsen voor allosterische modulatoren, dan in de bindingsplaatsen van agonisten en antagonisten.

Bij langdurig gebruik van benzodiazepinen is een hogere dosis nodig voor hetzelfde effect. Deze gewenning kan toegeschreven worden aan veranderingen in en rondom neuronen. Drie veranderingen zijn:

- 1 Toename van het aantal GABA<sub>A</sub>-receptoren in het presynaptische neuron;
- 2 Afname van het aantal GABA<sub>A</sub>-receptoren in het postsynaptische neuron.
- 3 Toename van het aantal GABA-transporteiwitten in het presynaptische neuron voor heropname van GABA.

- 11 Welke van deze veranderingen kan of welke kunnen een verklaring zijn voor de gewenning aan benzodiazepinen?

- A** alleen 1
- B** alleen 2
- C** alleen 3
- D** zowel 1 als 2
- E** zowel 1 als 3
- F** zowel 2 als 3

Ook al zijn ze veiliger bij overdosering, benzodiazepinen zijn medicijnen met een kalmerende en slaapbevorderende werking, die in het dagelijks leven tot problemen kunnen leiden. De overheid in New York probeert daarom het gebruik van benzodiazepinen terug te dringen.

Een van de problemen is het mogelijk verhoogd risico op het oplopen van botbreuken door een ongeval binnen- of buitenhuis.

- 12 Verklaar het verhoogd risico op een ongeval aan de hand van het effect van benzodiazepinen op twee delen van het centrale zenuwstelsel.

## Hormonen en vruchtbaarheid

Wanneer een vrouw in de menopauze komt, houden de maandelijkse ovulaties op doordat er geen of bijna geen follikels meer in de eierstokken aanwezig zijn. De menopauze gaat vaak gepaard met klachten. Naast lichamelijke klachten, kunnen dit ook psychische klachten zijn, zoals een depressief gevoel. Deze klachten hangen samen met de daling van de concentratie oestradiol (ook wel oestrogeen genoemd).

### tekst

Door onderzoek bij ratten weten hersenonderzoekers nu meer over de heilzame werking van oestrogeen. Het hormoon blijkt de geestelijke gesteldheid niet direct te beïnvloeden, maar indirect via een andere onmisbare stof: serotonine.

In de hersenen werkt serotonine als neurotransmitter, een chemische boodschapper die een rol speelt bij de impulsoverdracht tussen zenuwcellen. Daarbij hecht serotonine zich aan zogenaamde serotonine-receptoren. Als er onvoldoende serotonine in de hersenen kan aanhechten aan de receptoren, kunnen verschillende mankementen optreden.

Bij gebrek aan oestrogeen blijken er minder van die receptoren aanwezig te zijn. Kennelijk stimuleert het hormoon oestrogeen de vorming van deze serotonine-receptoren. Dat gebeurt bij ratten vooral in bepaalde hersengebieden. In vergelijkbare hersengebieden bij de mens blijken de emotionele en mentale functies te zijn geconcentreerd.

Verder lijkt oestrogeen ook een gen te activeren waardoor een stof gevormd wordt die het serotonine transporteert.

naar: Trouw, 2 oktober 1996

In de tekst worden twee wegen aangegeven waarlangs oestrogeen de werking van serotonine in de hersenen zou beïnvloeden. Dit kan in een schema worden weergegeven.

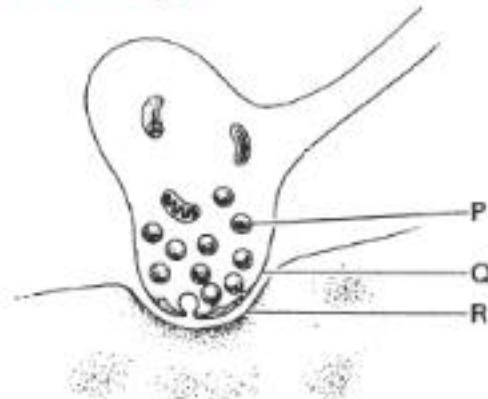
- 13 Geef een schema van de hormonale werking met daarin vijf namen en vier pijlen. Kies er vijf uit de volgende zes: gen, ovaria, serotonine, serotonine-receptor, stof voor serotonine-transport, oestradiol.

In de afbeelding is schematisch een synaps weergegeven, waarin serotonine de functie van neurotransmitter heeft.

### afbeelding

- 14 Op welke plaats of plaatsen bevinden zich serotonine-receptoren?

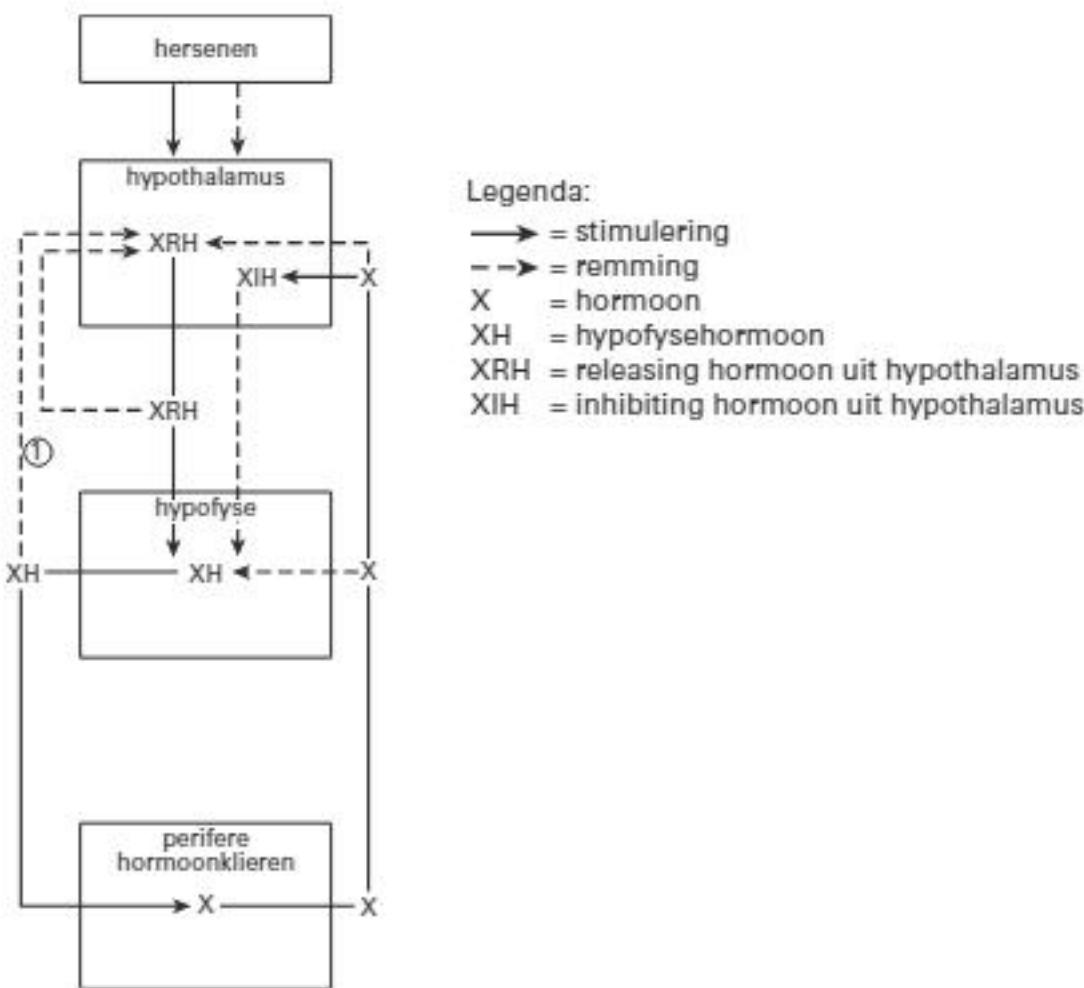
- A alleen op plaats P
- B alleen op plaats Q
- C alleen op plaats R
- D op de plaatsen P en Q
- E op de plaatsen P en R
- F op de plaatsen Q en R



## Regeling

De afbeelding geeft een theoretisch model weer van de regulatie van de secretie van hormonen.

### **afbeelding**



bron: R.M. Berne & M.N. Levy, Physiology, St. Louis, 1993, 900

*Bij de volgende vragen kun je informatie 1 op de vorige pagina gebruiken.*

- 15 Noem twee perifere hormoonklieren waarvan de regulatie van de activiteit in overeenstemming met de gegevens in dit schema plaatsvindt.

Op een bepaald moment is het XH gehalte van het bloed verhoogd. Route 1 kan een bijdrage leveren aan het weer normaal worden van het XH gehalte in het bloed.

16 Beschrijf in de juiste volgorde de gebeurtenissen die via route 1 leiden tot een normaal XH gehalte van het bloed. Begin je beschrijving bij de invloed van XH op de hypothalamus.

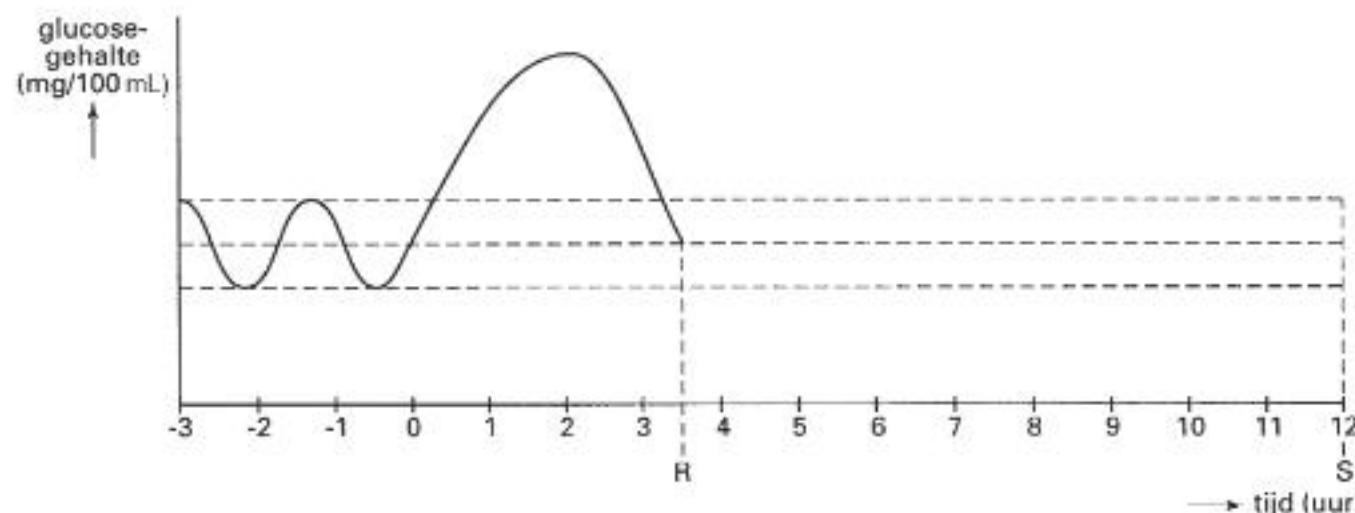
### **Adrenaline**

- 17 – Welke reactie treedt op wanneer hartspiercellen in het hart worden blootgesteld aan adrenaline?  
– Wat is de functie van deze reactie van de hartspiercellen voor het lichaam?

## Glucosegehalte

In een onderzoek wordt bij een proefpersoon in rust het verloop van het glucosegehalte van zijn bloed bepaald voor en na het nuttigen van een koolhydraatrijke maaltijd. De resultaten zijn weergegeven in het diagram van afbeelding 1. Tijdstip 0 is het tijdstip waarop hij deze maaltijd heeft beëindigd. Hij eet niet meer tot tijdstip S.

**afbeelding 1**



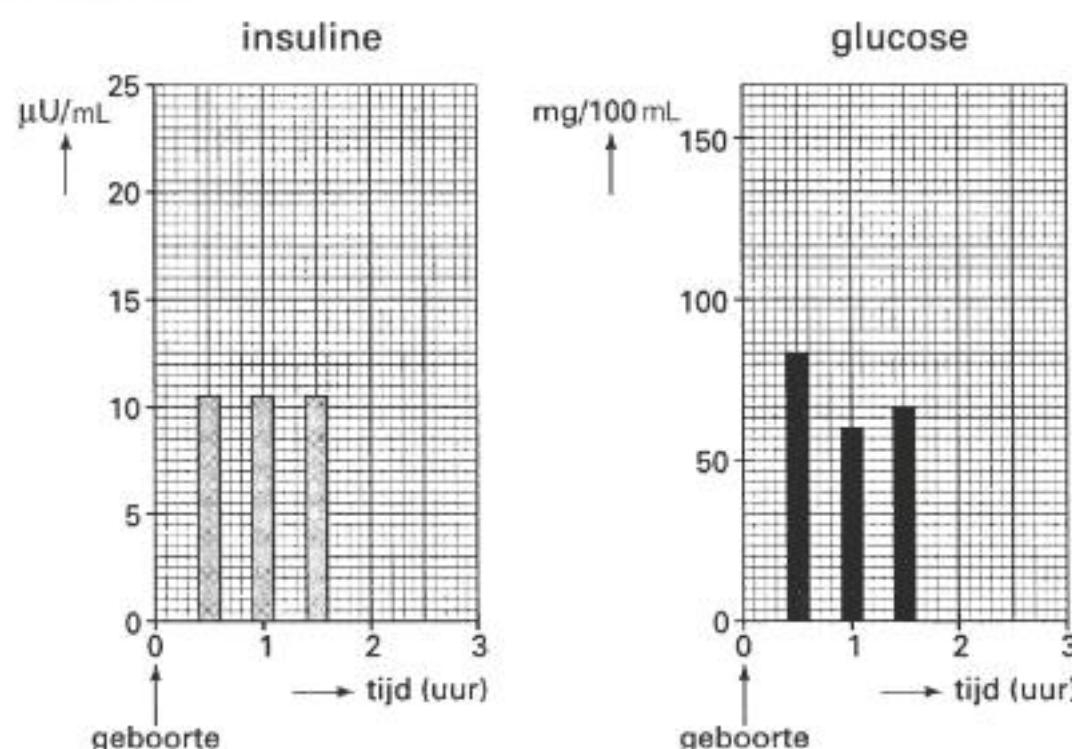
- 18 Teken in afbeelding 1 het verdere verloop van de grafiek in het traject R-S.

Het glucosegehalte in traject R-S wordt geregeld door insuline en glucagon.

- 19 Hoe veranderen de concentraties van deze hormonen in de eerste twee uur na tijdstip R?

Bij een baby worden gedurende de eerste uren na de geboorte het glucosegehalte en het insulinegehalte van het bloed bepaald. De baby krijgt gedurende deze tijd nog geen voeding. Enkele resultaten zijn weergegeven in het diagram van afbeelding 2.

**afbeelding 2**



Vier leerlingen geven een verklaring voor de daling van het glucosegehalte van het bloed zoals die in afbeelding 2 is weergegeven.

Leerling 1 zegt: 'Het glucosegehalte daalt doordat de glucose-aanvoer uit de placenta ophoudt.'

Leerling 2 zegt: 'Het glucosegehalte daalt doordat in de lever nog te weinig glycogeen is gevormd.'

Leerling 3 zegt: 'Het glucosegehalte daalt doordat de productie van adrenaline nog niet op gang is gekomen.'

Leerling 4 zegt: 'Het glucosegehalte daalt doordat het energieverbruik van de baby na de geboorte stijgt.'

- 20** Welke van deze leerlingen geeft of welke geven een verklaring waarin één of meer juiste oorzaken voor de daling van het glucosegehalte van het bloed zijn genoemd?

- A alleen leerling 2
- B alleen leerling 4
- C alleen de leerlingen 1 en 4
- D alleen de leerlingen 2 en 3
- E alleen de leerlingen 1, 3 en 4
- F de leerlingen 1, 2, 3 en 4

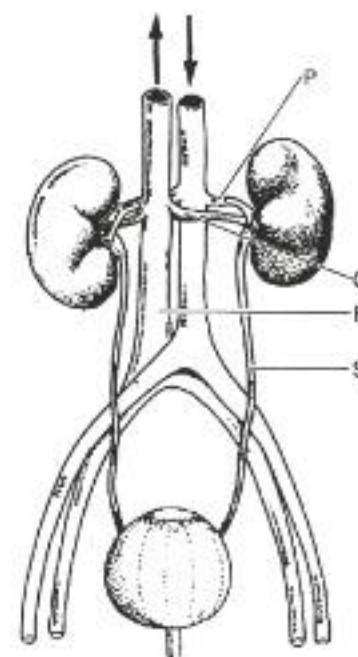
**afbeelding 3**

In afbeelding 3 zijn de nieren van de mens schematisch weergegeven met aan- en afvoerende vaten. Vier plaatsen zijn aangeduid met P, Q, R en S.

Bij een persoon wordt de gemiddelde glucoseconcentratie op de aangegeven plaatsen vergeleken.

- 21** Tussen welke twee plaatsen is het verschil in glucoseconcentratie het grootst?

- A tussen de plaatsen P en Q
- B tussen de plaatsen P en R
- C tussen de plaatsen P en S
- D tussen de plaatsen Q en R
- E tussen de plaatsen R en S



## Een bloedtransfusie voor je hond

Sophia belde in paniek haar dierenarts. Haar hond Max, een levendige boxer (zie afbeelding), was plotseling in elkaar gezakt en kwam niet meer overeind.

Dierenarts Yin onderzocht het bloed van de hond en daaruit bleek dat Max acute hemolytische anemie had, een vorm van bloedarmoede. De oorzaak was een zakje gedroogde uien dat Max een paar dagen daarvoor had leeggegeten. Uien bevatten stoffen die bij honden de rode bloedcellen beschadigen.

**afbeelding**



Om anemie te verhelpen wordt vaak het hormoon EPO toegediend.

- 22** – Hoe verhelpt EPO anemie?  
– In welk weefsel bevinden zich de doelwitcellen van dit hormoon?

## Voortplantingsgedrag

De afbeelding geeft een kanarie weer.

Over het voortplantingsgedrag bij vrouwtjeskanaries is het volgende bekend:

- 1 het voortplantingsgedrag is het gevolg van de toename van de daglengte,
  - 2 het optreden van het voortplantingsgedrag wordt gestimuleerd door de aanwezigheid van mannetjes,
  - 3 het voortplantingsgedrag kan worden opgewekt door het injecteren van gonadotrope hormonen (FSH en LH).
- 23** Wordt de daglengteverandering *geregistreerd* door het centrale zenuwstelsel, door de hypofyse of door de ogen?
- A door het centrale zenuwstelsel
  - B door de hypofyse
  - C door de ogen

### afbeelding



Ga ervan uit dat bij de kanarie dezelfde hormonen worden gevormd als bij de mens, zodat je informatie 1 kunt gebruiken. Neem aan dat het voortplantingsgedrag direct afhankelijk is van de activiteit van de ovaria.

- 24** Teken een terugkoppelingsschema dat de regulatie van het voortplantingsgedrag bij een vrouwelijke kanarie weergeeft. Geef in het schema een plaats aan:
- de hypothalamus
  - hormonen uit de hypothalamus
  - de hypofyse
  - oestrogenen
  - progesteron
  - de ovaria
  - FSH
  - LH
  - voortplantingsgedrag.

**informatie 1****Hormonen van de mens**

herkomst	naam van het hormoon	voornaamste werking (tenzij anders genoemd, stimulering van ...)
hypothalamus	diverse stimulerende en remmende hormonen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regeling secretie van de hypofyse-hormonen</li> </ul>
hypofyse (achterkwab)	oxytocine antidiuretisch hormoon (ADH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- samentrekking baarmoederwand; melkafgifte door melkklieren</li> <li>- terugresorptie water in de nieren</li> </ul>
hypofyse (voorkwab)	groeihiormoon (GH) thyreotroop hormoon (TSH) follikelstimulerend hormoon (FSH)  luteïniserend hormoon (LH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- groei, ontwikkeling en stofwisseling</li> <li>- afgifte van thyroxine door schildklier</li> <li>- bij ♀♀: groei en rijping van follikels in ovaria; secretie van oestradiol door ovaria</li> <li>- bij ♂♂: vorming van spermacellen in testes</li> <li>- bij ♀♀: ovulatie; vorming en handhaving van het gele lichaam in ovaria</li> <li>- bij ♂♂: secretie van testosteron door testes</li> </ul>
eilandjes van Langerhans	insuline  glucagon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- omzetting van glucose in glycogeen in lever en spieren; omzetting van glucose in vetten en eiwitten; verhoging permeabiliteit van celmembramen voor glucose</li> <li>- omzetting van glycogeen in glucose</li> </ul>
bijniermerg	adrenaline	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verwijding bloedvaten naar o.a. skeletspieren en hersenen; verhoging hartslagfrequentie; verwijding bronchiën; afgifte glucose aan bloed door de lever</li> </ul>
ovaria	oestrogenen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ontwikkeling van de geslachtsorganen (follikel en secundaire geslachtskenmerken; geel lichaam); groei van het baarmoederslijmvlies; remming van hypofyse en hypothalamus</li> </ul>
ovaria	progesteron	<ul style="list-style-type: none"> <li>- secretie door baarmoederslijmvlies; (geel lichaam) remming van hypofyse en hypothalamus; handhaving baarmoederslijmvlies; ontwikkeling melkklieren; remming samentrekking baarmoederwand</li> </ul>
testes	testosteron	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ontwikkeling van de geslachtsorganen en secundaire geslachtskenmerken; remming secretie van LH door de hypofyse; vorming van spermacellen</li> </ul>
placenta	progesteron	(zie bij ovaria)

## Hooikoorts

Hooikoorts is een allergische reactie op stuifmeelkorrels (pollen) van bepaalde planten. Mensen met een genetische aanleg daarvoor kunnen een allergie ontwikkelen tegen pollen.

Een effectief middel tegen de allergische reactie is een neusspray met corticosteroïde, een chemische variant van een bijnierschorshormoon. Dit middel kan plaatselijk de immuunrespons langdurig onderdrukken doordat het de expressie van bepaalde genen in doelwitcellen beïnvloedt.

- 25**
- Bevindt de receptor voor het corticosteroïde zich in het cytoplasma of op het celmembraan van de doelwitcel?
  - Wordt vervolgens de expressie van genen in de celkern beïnvloed door het hormoonreceptorcomplex, of door een of meer biochemische omzettingen (second messengers)?

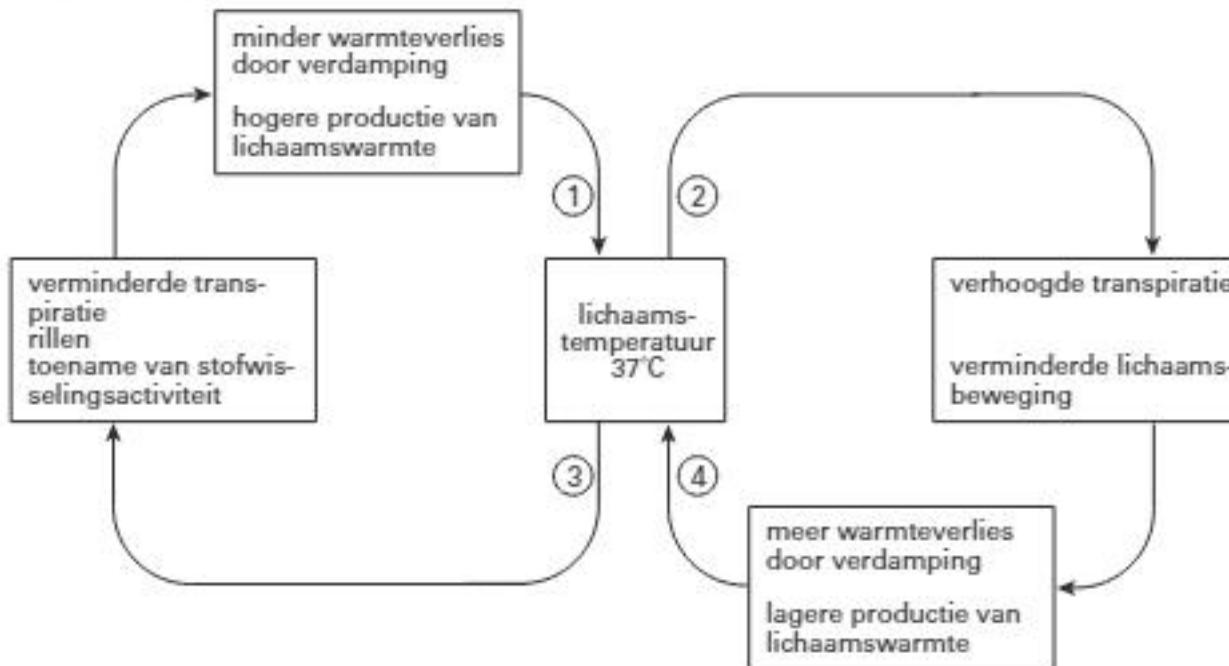
## Regelmechanismen

In afbeelding 1 is de regulatie van de lichaamstemperatuur weergegeven.

Bij de regulatie van de lichaamstemperatuur verandert de stofwisselingsactiviteit.

De stofwisselingsactiviteit staat onder invloed van het hormoon thyroxine.

**afbeelding 1**



- 26** Welke twee van de pijlen 1, 2, 3 en 4 in afbeelding 1 geven aan dat de lichaamstemperatuur zal stijgen tot 37 °C?  
En welke twee van de pijlen 1, 2, 3 en 4 in afbeelding 1 geven aan dat de lichaamstemperatuur zal dalen tot 37 °C?

De thyroxineconcentratie wordt via een negatieve terugkoppeling aangepast aan de omstandigheden. Hierbij zijn de mate van afgifte van het schildklierstimulerend hormoon (TSH) door de hypofyse en van de TSH-releasing factor door de hypothalamus van belang.

- 27 Welke gebeurtenissen doen zich achtereenvolgens voor om de lichaamstemperatuur van 37 °C te herstellen wanneer de lichaamstemperatuur daalt?
- A Het stofwisselingsniveau daalt – de thyroxineconcentratie van het bloed stijgt – de afgifte van TSH-releasing factor stijgt – de TSH-concentratie van het bloed daalt – de thyroxineconcentratie van het bloed stijgt.
  - B De afgifte van TSH-releasing factor stijgt – de TSH-concentratie van het bloed stijgt – de thyroxineconcentratie van het bloed stijgt – het stofwisselingsniveau stijgt.
  - C De thyroxineconcentratie van het bloed daalt – het stofwisselingsniveau daalt – de afgifte van TSH-releasing factor daalt – de TSH-concentratie van het bloed daalt – de thyroxineconcentratie van het bloed daalt.
  - D De TSH-concentratie van het bloed stijgt – de thyroxineconcentratie van het bloed stijgt – het stofwisselingsniveau stijgt – de afgifte van TSH-releasing factor stijgt.

Bij sommige schildklierafwijkingen bij de mens produceert de schildklier te weinig thyroxine (= hypothyreoidie), bij andere afwijkingen produceert de schildklier teveel thyroxine (= hyperthyreoidie). Thyroxine bevat het element jood.

Bij drie personen wordt de werking van de schildklier onderzocht.

Persoon 1 heeft hypothyreoidie, die niet wordt veroorzaakt door joodgebrek.

Persoon 2 heeft een normaal werkende schildklier.

Persoon 3 heeft hyperthyreoidie.

Bij dit onderzoek wordt de schildklieractiviteit bepaald met behulp van radio-actief jodide ( $^{131}\text{I}$ ). Na het drinken van een oplossing met radio-actief jodide (tijdstip 0) wordt gedurende 48 uur het percentage radio-actief jodide in het thyroxine bepaald. Tevens wordt bepaald welk percentage van het toegediende  $^{131}\text{I}$  in de urine terechtgekomen is. De resultaten van deze bepalingen zijn weergegeven in diagrammen 1 en 2 in afbeelding 2.

### afbeelding 2

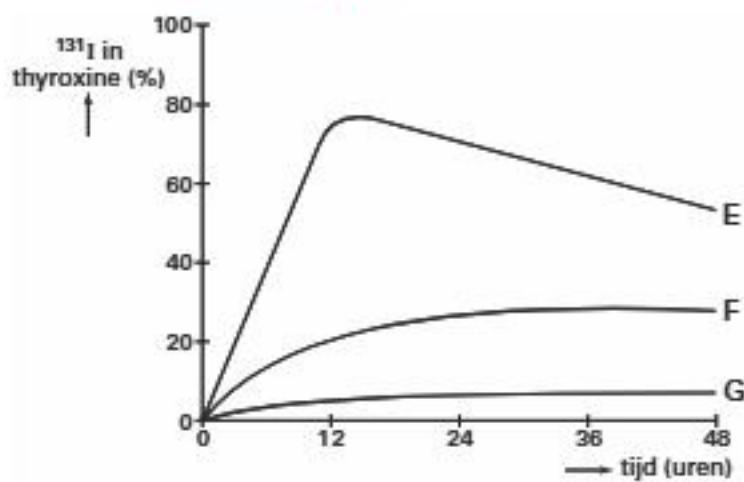


diagram 1

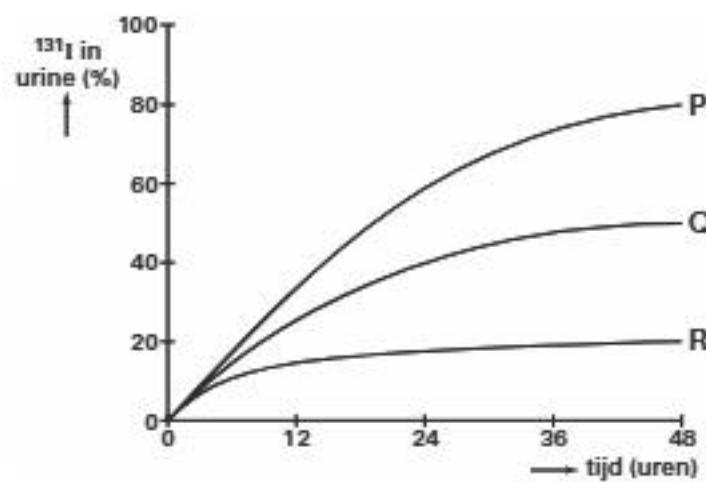


diagram 2

Grafiek F in diagram 1 en grafiek Q in diagram 2 zijn de resultaten van de metingen bij persoon 2.

- 28 Welke grafieken geven de metingen bij persoon 1 weer?

- A de grafieken E en P
- B de grafieken E en R
- C de grafieken G en P
- D de grafieken G en R

## Domesticatiesyndroom

Bij veel gedomesticeerde dieren ontbreekt de 'stressrespons' (de fysiologische reactie op een stressprikkel) bij contact met mensen vrijwel geheel. De stressrespons bestaat uit een snelle respons en een langzamere respons.

De snelle respons leidt tot de afgifte van een hormoon onder invloed van het autonome zenuwstelsel.

- 29 – Noteer de naam van dit hormoon.  
– Noteer de naam van het deel van het autonome zenuwstelsel dat de afgifte van dit hormoon stimuleert.

De langzamere respons leidt tot de afgifte van het hormoon cortisol. De afgifte hiervan gebeurt onder invloed van de hypothalamus en de hypofyse.

- 30 – Noteer de naam van het hormoon dat door de hypothalamus wordt afgegeven om uiteindelijk de afgifte van cortisol te stimuleren.  
– Verklaar waardoor bij de stressrespons de afgifte van cortisol langzamer op gang komt dan de afgifte van het hormoon van de snelle respons.

## Hints bij hoofdstuk 6

- 1 Wat is de functie van acetylcholinesterase?
- 2 De epidurale ruimte omgeeft het ruggenmerg.
- 3 Zoek de gebruikte termen op in Binas 88F of ScienceData 25.2.
- 4 Snelle signalen worden doorgegeven door zenuwvezels met een myelineschede.
- 5 Oxytocine is een hormoon. Zie ook Binas 89C of ScienceData 28.3,5.
- 6 Hyper betekent meer of extra.
- 7 Deeltjes worden door membranen verplaatst met enzympompen.
- 8 GABA is een remmende neurotransmitter: remt de vorming van een actiepotentiaal.
- 9 Een modulator stuurt bij; een antagonist kan een proces stopzetten.
- 10 Natuurlijke selectie ruimt niet-functionerende systemen op.
- 11 Een presynaptische membraan bevat geen receptoren voor de eigen transmitters.
- 12 Welke delen van het CZS zijn betrokken bij lopen?
- 13 Oestrogeen doet twee dingen.
- 14 Neurotransmitters moeten terechtkomen op de volgende cel.
- 15 Controleer je antwoord met behulp van Binas 89A of ScienceData 28.5,6.
- 16 Bij stimulering en remming is sprake van een regelkring met negatieve terugkoppeling.
- 17 Zoek de werking van adrenaline op in Binas 89A. De werking van adrenaline komt overeen met die van het sympathisch zenuwstelsel.
- 18 Let op de veranderingen in het glucosegehalte vóór het eten.
- 19 Waardoor wordt de insuline-productie 'aangezet'?
- 20 Waar komt bij een ongeboren baby de glucose vandaan, waaraan een voortdurende behoefte is?
- 21 Het zijn niet allemaal bloedvaten die aangegeven zijn met de letters.
- 22 Zoek de werking van EPO op in Binas of ScienceData.
- 23 Er staat 'registreren' en niet 'waarnemen'.
- 24 Zie ook de afbeelding bij vraag 4.
- 25 Het betreft een steroidhormoon; zie Binas 89B of ScienceData 28.1.
- 26 Kies de processen die de lichaamstemperatuur laten stijgen bij de eerste vraag.
- 27 Wat staat bovenaan in de aansturing van thyroxine?
- 28 Hypo betekent te weinig, hyper betekent te veel. Wat blijft over?
- 29 Gebruik Binas tabel 88L of ScienceData 27.7 en 27.8.
- 30 Gebruik Binas tabel 89A of ScienceData 28.5 en 28.6.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 6

### Blauwalgen

- 1** – Er ontstaat wel depolarisatie in de spiervezel, maar geen repolarisatie (doordat de neurotransmitter niet wordt afgebroken).  
 – Daardoor blijven spieren samenge trokken.  
*Voorbeelden van gevaarlijke gevallen:*  
 – Het kan leiden tot ademnood als het de ademhalingsspieren betreft.  
 – Uitputting door stuip trekkingen / algehele verkramping.

### Pijnbestrijding tijdens bevalling

- 2 C** In de tekst is aangegeven dat de epidurale ruimte het ruggenmerg omgeeft.  
 1 geeft een tussenwervelschijf aan.  
 2 geeft het ruggenmerg aan.  
 4 geeft spierweefsel tussen de doornuitsteeksels van twee wervels aan.
- 3 A** Depolarisatie ontstaat door  $\text{Na}^+$ -influx via de  $\text{Na}^+$ -poorten; hierop volgt repolarisatie door  $\text{K}^+$ -efflux via de  $\text{K}^+$ -poorten. (Binas 88F; ScienceData 25.2).  
*Hyperpolarisatie ontstaat juist door  $\text{Na}^+$ -efflux.*  
*De rustpotentiaal wordt in stand gehouden door de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pomp die zorgt dat naar binnen gediffundeerde  $\text{Na}^+$ -ionen naar buiten worden gepompt; naar buiten gediffundeerde  $\text{K}^+$ -ionen worden naar binnen gepompt.*  
*Als de  $\text{Na}^+$ -poorten worden geblokkeerd kan geen depolarisatie plaatsvinden en geen (pijn) signaal naar de hersenen worden doorgegeven.*  
*Repolarisatie kan pas plaatsvinden na depolarisatie.*
- 4** Neuron type 2; het betreft een (sensorisch) neuron waarlangs sprongsgewijze impulsgeleiding plaatsvindt / waarlangs een myelineschede aanwezig is.  
*Neuronen met een myelineschede geleiden impulsen sneller.*  
*Een motorisch neuron begint niet een bij zintuigcel, maar loopt van het centraal zenuwstelsel naar een spier of een klier.*
- 5 B** Oxytocine is een neurohormoon; het wordt geproduceerd in neuronen die lopen van de hypothalamus naar de hypofyse waar ze worden afgegeven aan het bloed (Binas 89A,C; ScienceData 28.3,5).  
 Reksensoren in de baarmoederwand geven impulsen af aan sensorische neuronen die ze doorgeven aan schakelcellen in het ruggenmerg; de schakelcellen leiden de impulsen naar de hersenen.  
*De door de hypofyse afgegeven oxytocine gaat met het bloed naar de baarmoederwand.*

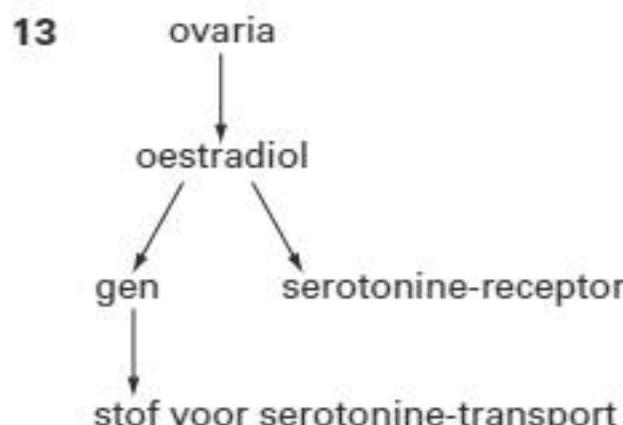
### Evolutie van lichtreceptoren

- 6 B** Bij ciliaire receptoren is de terugvorming afhankelijk van hulpcellen waarin enzymen mogelijk een beperkende factor worden bij fel licht.  
*Bij rhabdomere receptoren is ook de terugvorming afhankelijk van licht en zal bij fel licht ook toenemen. Juist door de snelle regeneratie zullen er bij rhabdomere receptoren niet meer opsines nodig zijn voor een gelijke prikkelwaarneming.*
- 7** Na/K-ATPase / de natrium-kaliumpomp / (minder juist: 'pompenzym')  
*Binas 88E, ScienceData 14.5*

## Benzodiazepinen

- 8 **D** GABA is een remmende neurotransmitter, dus daardoor ontstaat hyperpolarisatie. (Binas 88F5, hier is  $\text{Cl}^-$  niet aangegeven, ScienceData 25.2). Bij hyperpolarisatie wordt de rustpotentiaal (Binas 88D, ScienceData 25.2) groter, dus er gaan meer negatieve  $\text{Cl}^-$ -ionen naar de negatief geladen binnenkant van de cel.
- 9 Een overdosering aan agonisten of antagonisten leidt tot overmatige/ ongecontroleerde stimulering of remming van een receptor (en dus van de reactie op het signaal), terwijl een overdosering bij allosterische modulatoren een versterkende of verzwakkende werking heeft op de natuurlijke reactie van de receptor op een impuls (en dat is minder gevaarlijk).
- GABA zorgt voor hyperpolarisatie, doordat meer  $\text{Cl}^-$  de cel in gaat (blijkt uit de tekst onder afbeelding 2), hetgeen betekent dat er minder vaak een impuls de cel verlaat. Dus met het woord signaal bij afbeelding 3 wordt kennelijk extra opname van  $\text{Cl}^-$  bedoeld (waardoor hyperpolarisatie kan ontstaan). Het ligt aan hoeveel stimulerende synapsen die op de postsynaptische cel een signaal afgeven voor depolarisatie, naast het aantal remmende synapsen die een signaal afgeven voor hyperpolarisatie, welke reactie in de postsynaptische cel optreedt.*
- 10 Bij veranderingen in bindingsplaatsen van allosterische modulatoren kunnen de receptoren nog steeds functioneren (waardoor invloeden op de overlevingskansen gering kunnen zijn); daardoor kunnen deze veranderingen vaker voorkomen. Een verandering in de bindingsplaats van agonisten of antagonisten zou direct kunnen leiden tot niet-functionele receptoren (en daardoor tot verlaagde overlevingskansen); die verandering zal daarom zelden voorkomen.
- 11 **F** Als er minder  $\text{GABA}_A$ -receptoren in het postsynaptisch membraan aanwezig zijn, kan er minder transport van ionen plaatsvinden waardoor het langer duurt voor maximale hyperpolarisatie (maximale signaalwerking) bereikt wordt. Benzodiazepinen versterken de werking van GABA, dus als er minder GABA aanwezig is in de synaptische spleet door een verhoogde heropname in het presynaptische neuron, dan zal een hogere concentratie benzodiazepine het effect van de verhoogde heropname deels te niet doen.  
*Een zenuwcel heeft geen receptoren voor de eigen neurotransmitter ( $\text{GABA}_A$ ).*
- 12 Voorbeelden van een juist verband aan de hand van een deel van het centrale zenuwstelsel, waarvan je er twee moet geven:
- Door de dempende werking op de grote hersenen is de verwerking van signalen afkomstig van de zintuigen minder goed dan normaal.
  - Doordat de sensorische schors minder goed werkt, kan iemand minder goed zien wat er om hem of haar heen gebeurt.
  - Als de kleine hersenen trager werken, worden bewegingen niet goed gecoördineerd en kan iemand sneller struikelen.

## Hormonen en vruchtbaarheid



Binas 89A, ScienceData 28.6

- 14 C Serotonin werkt als neurotransmitter. Transmitterstof wordt door blaasjes (P) vervoerd naar de synapsknopjes aan de uiteinden van zenuwceluitlopers. Door versmelting met het presynaptisch membraan Q wordt de transmitterstof afgegeven en beïnvloedt receptoren op het postsynaptisch membraan R van een andere zenuwcel aan de andere zijde van de synapsspleet.

## Regeling

- 15 Te noemen hormoonklieren zijn:
- schildklier (secretie van thyroxine)
  - ovarium (secretie van oestrogenen en progesteron)
  - testis (secretie van testosterone)
  - bijnierschors (secretie van cortisol)

Binas 89A, ScienceData 28.6; inhibiting = remmend

- 16 Achtereenvolgende gebeurtenissen:
- Door een verhoogd XH gehalte wordt de afgifte van XRH in de hypothalamus geremd.
  - Door een verlaging van het XRH gehalte vermindert (de stimulering van) de afgifte van XH door de hypofyse.

*Er is sprake van negatieve terugkoppeling.* Binas 89C, ScienceData 28.4.

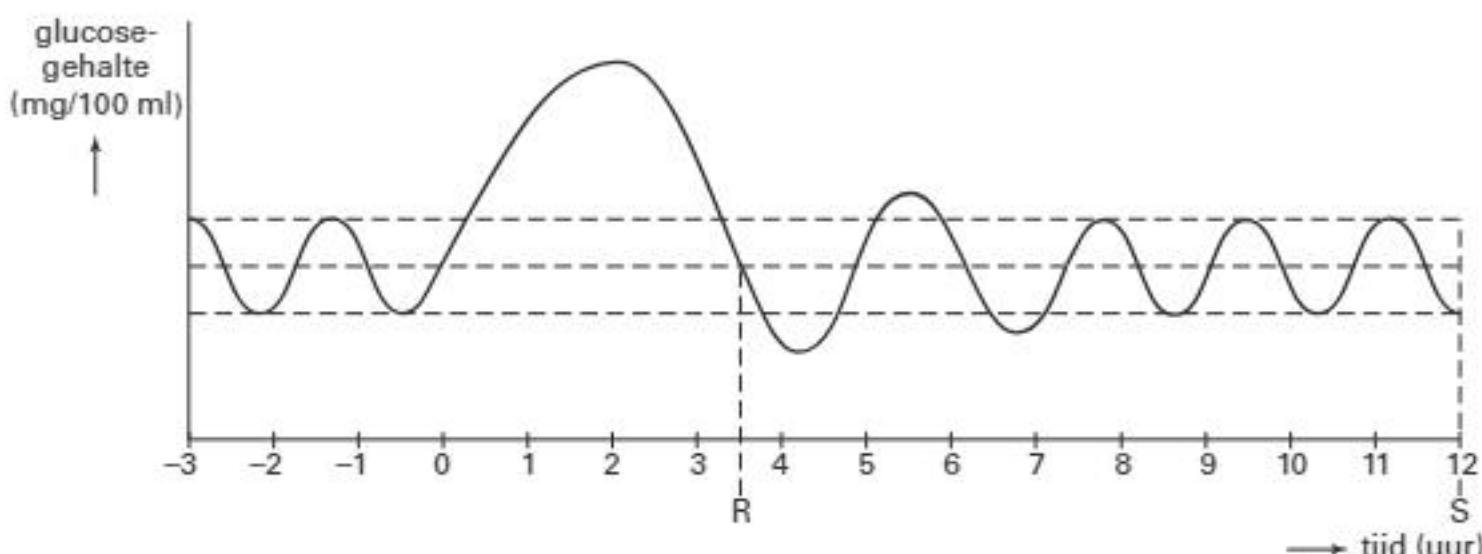
## Adrenaline

- 17 Voorbeelden van een juist antwoord:
- De hartspiercellen gaan sneller samentrekken, waardoor er meer zuurstof/bloed gaat naar cellen (elders in het lichaam) die in actie komen (Binas 89A, ScienceData 28.6).
  - Ze trekken krachtiger samen zodat meer glucose/brandstof vervoerd wordt naar spiercellen in het lichaam.

*Een antwoord over de functie van adrenaline dat niet over de werking van het hart gaat, bv. verhogen van bloedsuikerspiegel of verwijden bronchiën, is niet correct.*

## Glucosegehalte

- 18 Een voorbeeld van een juist getekende grafiek is:



*De daling direct na R gaat duidelijk onder de onderste gestreepte lijn uit.*

*De lijn schommelt rond een gemiddelde.*

*Na de maaltijd brengt de grote stijging van het glucosegehalte een grote insulineafgifte teweeg, waardoor het glucosegehalte sterk zal dalen en zal doorschieten onder de ondergrens van de evenwichtswaarde (onderste gestreepte lijn). Binas 89A, ScienceData 28.6.*

- 19 De concentratie van insuline neemt af en de concentratie van glucagon neemt toe.  
*Door het afnemende glucosegehalte vermindert de insulineafgifte via terugkoppeling. Door versterkte glucagon afgifte neemt het glucosegehalte toe. Binas 89A, ScienceData 28.6.*
- 20 C Glucose gaat van het bloed van de moeder via de placenta naar het bloed van het kind.  
 Het energieverbruik stijgt doordat de baby energie nodig heeft om warm te blijven.  
 De moeder zorgt nu niet meer voor een constante temperatuur van 37 °C in de directe omgeving van de foetus. Binas 84B, ScienceData 15.8.  
*De glycogeenvoorraad in de lever zal ook al vóór de geboorte zijn opgebouwd en er zal vooral bij en vlak na de geboorte gebruik van gemaakt worden.*  
*De productie van adrenaline kan al op gang komen zodra de bijnieren zijn gevormd.*
- 21 C P is de nierslagader met een vrij constante glucoseconcentratie, op peil gehouden door de lever. Q is de nierader waarin, door verbruik door de nier, de glucoseconcentratie lager is. De onderste holle ader R zal door verbruik in de benen een lage glucoseconcentratie hebben. De urineleider S bevat bij gezonde mensen geen glucose. Binas 84A, ScienceData 20.1.

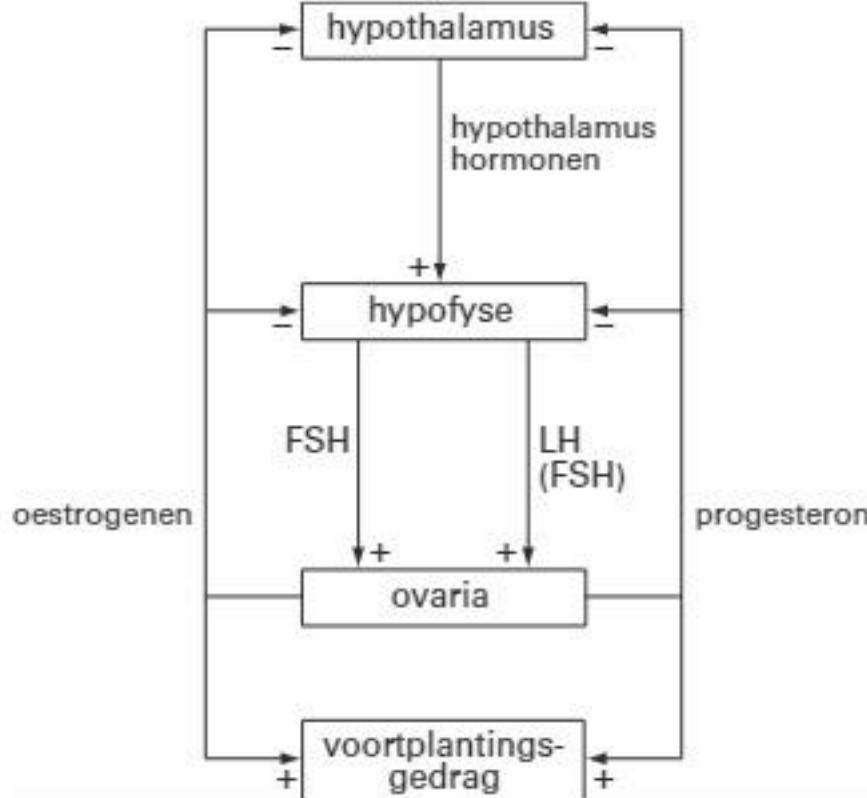
## Een bloedtransfusie voor je hond

- 22 EPO stimuleert de productie van (extra) rode bloedcellen in het (rode) beenmerg / sponsachtig bot.  
*Binas 89A, ScienceData 28.6*

## Voortplantingsgedrag

- 23 A** Via de hersenstam worden impulsen naar het gezichtscentrum in de grote hersenen geleid waar informatie wordt verwerkt. Ook daglengteverandering wordt doorgegeven door middel van impulsen en geregistreerd in de grote hersenen. Deze vormen een onderdeel van het centrale zenuwstelsel.  
*De hypofyse is een hormoonklier gelegen onder de hypothalamus midden onder de hersenen. In de hypofyse kan geen gecompliceerde informatie verwerkt worden.*  
*Licht wordt in de ogen in impulsen omgezet die naar het centrale zenuwstelsel worden geleid. In de ogen is geen opslag van informatie mogelijk die nodig is om verschillen in daglengte te kunnen registreren. Binas 88C2, 89A,C, ScienceData 27.4b, 28.6 en 28.3.*

- 24** Voorbeeld van een juist terugkoppelingschema:



*De hypothalamus stimuleert d.m.v. hormonen de hypofyse: pijl met +teken voor hypothalamushormonen van hypothalamus naar hypofyse.*

*De hypofyse stimuleert d.m.v. FSH en LH de ovaria: pijlen met +teken voor FSH en LH van hypofyse naar ovaria.*

*Voortplantingsgedrag is het gevolg van de activiteit van de ovaria. Ovaria produceren oestrogenen en progesteron die voortplantingsgedrag stimuleren: pijlen met +teken voor oestrogenen en progesteron met +teken van ovaria naar voortplantingsgedrag.*

*Oestrogenen en progesteron hebben een remmende invloed op de hypofyse en hypothalamus: pijlen met -teken voor oestrogenen en progesteron, van ovaria naar hypothalamus en hypofyse. Binas 89A,C, ScienceData 28.4, 5 en 6.*

## Hooikoorts

- 25** Hydrocortison (cortisol) is een steroïdhormoon (Binas 89A, ScienceData 28.6). Steroïdhormonen zijn vetoplosbaar en kunnen daardoor het celmembraan passeren (Binas 89B, ScienceData 28.1b3). Ze werken door middel van een hormoonreceptorcomplex dat zich bindt aan DNA, waarna expressie van genen in de celkern beïnvloed wordt.  
*Peptidehormonen zijn niet oplosbaar in vet en binden zich aan receptoren op het celmembraan. Na binding aan een receptor wordt in het cytoplasma een second messenger geactiveerd die zich bindt aan DNA, waarna expressie van genen in de celkern beïnvloed wordt (Binas 89B, ScienceData 28.1b3).*

## Regelmechanismen

- 26** Pijlen 1 en 3 (stijgen), en pijlen 2 en 4 (dalen).  
*Gevraagd wordt welke pijlen aangeven of de lichaamstemperatuur zal stijgen tot, of dalen tot 37 °C. Het uitgangspunt voor de pijlen 2 en 3 is dus een afwijkende lichaamstemperatuur, dus niet die van 37 °C zoals het schema suggereert. De lichaamstemperatuur van 37 °C is alleen het gevolg van de genoemde processen voor pijlen 1 en 4. Verminderde transpiratie veroorzaakt minder warmteverlies door verdamping. Rillen en toename van de stofwisselingsactiviteit veroorzaken hogere productie van lichaamswarmte en daardoor zal de lichaamstemperatuur stijgen (pijlen 3 en 1). Verhoogde transpiratie en verminderde lichaamsbeweging veroorzaken meer warmteverlies door verdamping en lagere productie van lichaamswarmte (pijlen 2 en 4). Gevolg: de lichaamstemperatuur zal dalen.*
- 27** **B** TSH-releasing factor stimuleert de hypofyse. TSH stimuleert de schildklier. Thyroxine stimuleert de stofwisseling (maar remt de hypothalamus en hypofyse). Alle drie genoemde stoffen worden via bloed getransporteerd. Stijging van het stofwisselingsniveau zal de lichaamstemperatuur herstellen. *Binas 89C.*
- 28** **C** Persoon 1 produceert te weinig, persoon 2 normaal en persoon 3 te veel thyroxine. Het percentage vastgelegde radio-actieve jodide van personen 1, 2 en 3 komt dus respectievelijk overeen met de grafieken G, F en E. Naarmate er minder radio-actief jodide in thyroxine wordt vastgelegd zal er meer met de urine worden uitgescheiden.

## Domesticatiesyndroom

- 29** – (nor)adrenaline  
 – orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel  
*Voor het antwoord 'grensstreng' krijg je ook een punt.*  
*Bij een stressreactie wordt (nor)adrenaline afgegeven aan het bloed. Die afgifte wordt gestimuleerd door het orthosympatische deel van het autonome zenuwstelsel. Dit beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam activiteiten kan verrichten waar energie voor nodig is. Bijvoorbeeld om te vluchten of vechten. Het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam in een toestand van rust en herstel komt.*
- 30** – CRH/ACTH-RH  
 – Het transport van de hormonen verloopt via het bloed / deze route heeft meerdere stappen in vergelijking met de adrenaline-afgifte die via het zenuwstelsel wordt gereguleerd.  
*CRH uit de hypothalamus stimuleert de hypofyse om ACTH-RH af te geven aan het bloed. ACTH-RH stimuleert de bijnierschors om cortisol af te geven aan het bloed. De afgifte van cortisol vereist dus drie stappen. De afgifte van (nor)adrenaline gebeurt direct na de stressreactie door beïnvloeding van het orthosympatische zenuwstelsel.*

Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.

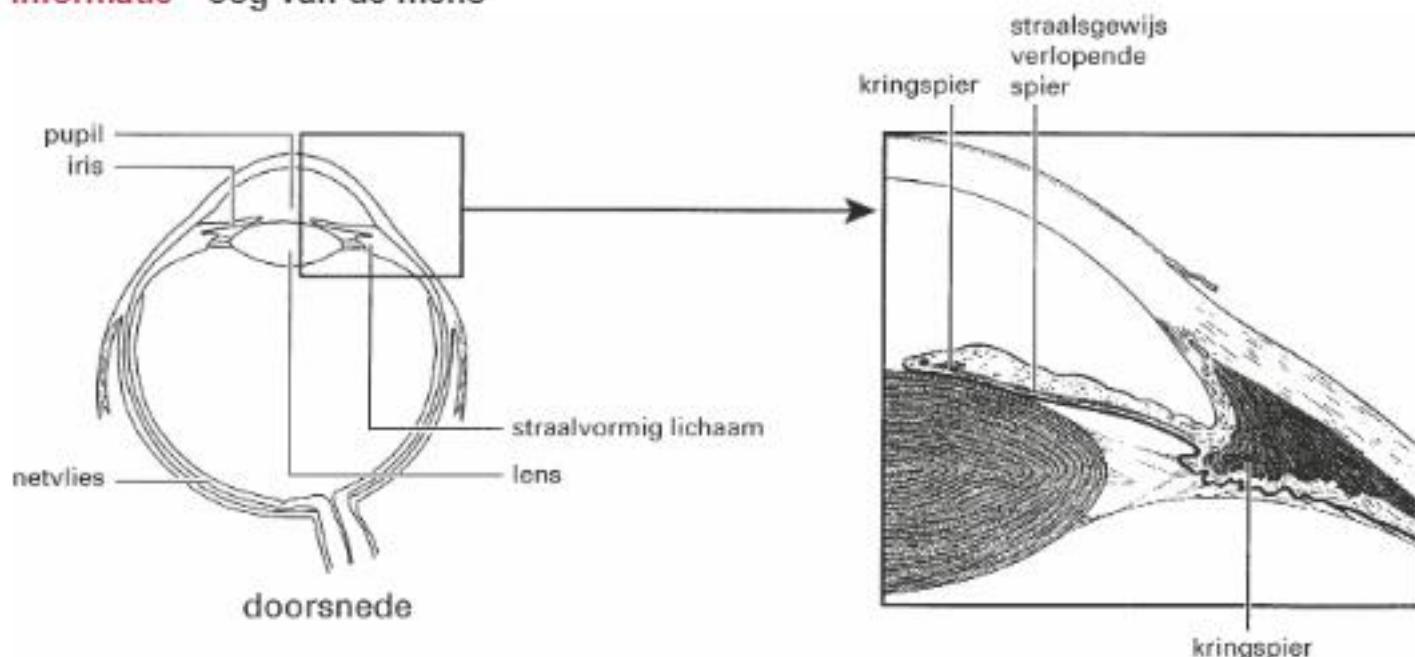


## 7\* Waarneming

### Ziekte van Alzheimer

De ziekte van Alzheimer is een vorm van ouderdoms-dementie. Amerikaanse onderzoekers hebben onlangs een test beschreven waarmee de ziekte van Alzheimer kan worden vastgesteld. Ze druppelen tropicamide in een oog van de te onderzoeken persoon. Bij Alzheimer-patiënten leidt dit tot een aanzienlijk grotere verwijding van de pupil dan bij andere mensen. Tropicamide wordt gewoonlijk toegepast door oogartsen die via de pupil het netvlies willen bekijken.

#### informatie oog van de mens



De wijdte van de pupil wordt geregeld via de pupilreflex.

- 1\* Waardoor wordt de pupil verwijd?
  - A door het samentrekken van de kringspier in de iris
  - B door het samentrekken van de kringspier in het straalvormig lichaam
  - C door het samentrekken van de straalsgewijs verlopende spier in de iris
- 2\* Welke prikkel leidt onder normale omstandigheden tot het verwijden van de pupil?
  - A een onscherp beeld in de iris
  - B een onscherp beeld op het netvlies
  - C te weinig licht op de iris
  - D te weinig licht op het netvlies

Het is bekend dat in de hersenen van patiënten met de ziekte van Alzheimer eenzelfde type storing optreedt als bij mensen met het syndroom van Down. Mensen met het syndroom van Down zijn vaak overgevoelig voor tropicamide. Daardoor ontstond het idee om tropicamide te gebruiken als indicator voor de ziekte van Alzheimer.

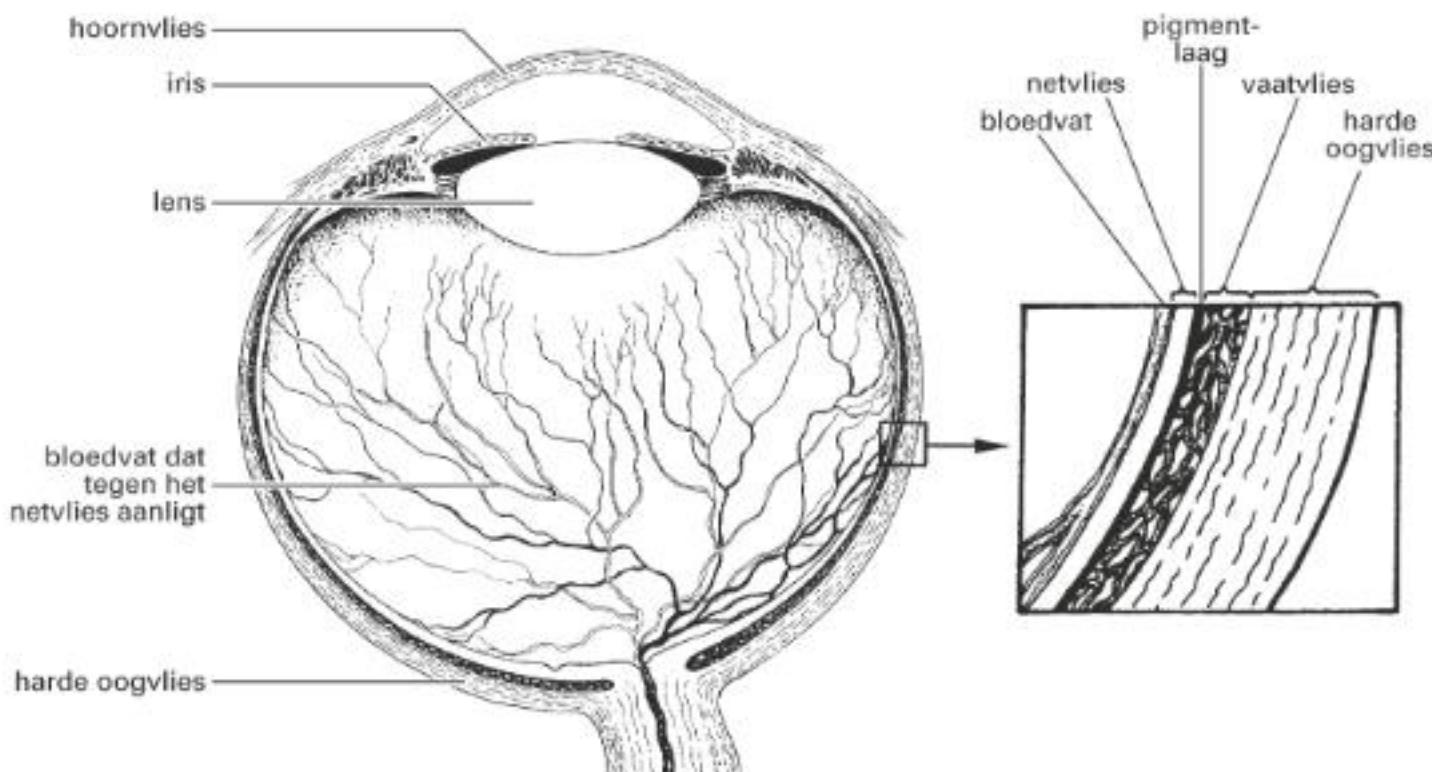
Om na te gaan of tropicamide inderdaad bruikbaar is als indicator, werd deze stof aan Alzheimer-patiënten toegediend. Hierbij werd een controlegroep gebruikt.

- 3\* Bestond deze controlegroep uit mensen met het syndroom van Down of juist niet? Leg je antwoord uit.

\* Dit hoofdstuk is alleen bestemd voor het schoolexamen.

## Flitsfoto's

Als binnenshuis een foto gemaakt wordt met gebruik van een flitser, hebben de mensen op de afdruk vaak rode ogen. Het rood van de ogen op de foto is het gevolg van de terugkaatsing van het flitslicht tegen de binnenzijde van de ogen. Hieronder is schematisch weergegeven hoe een doorgesneden oog er van binnen uitziet.



- 4\* Door welk van de aangegeven delen wordt de rode kleur van het weerkaatste licht veroorzaakt?
- door de bloedvaten die tegen het netvlies aanliggen
  - door de iris
  - door de pigmentlaag
  - door het harde oogvlies
  - door het hoornvlies

Sommige fotoapparaten geven mogelijkheid voor het maken van de opname een extra flits. Daarna wordt nogmaals geflitst en gelijktijdig de foto gemaakt.

- 5\* Leg uit waardoor er dan minder kans is dat de ogen op de foto er rood uitzien.

## Lenzen

Wanneer bij iemand het hoornvlies van een oog niet overal even dik is, heeft het gezichtsvermogen daarvan ernstig te lijden. Een dergelijke afwijking is met een bril of contactlenzen meestal niet te corrigeren, maar met de in de 19e eeuw ontwikkelde en nu vernieuwde scleralens is tachtig procent van de patiënten te helpen.

De scleralens is een hoedvormige lens, waarvan de rand op het oogwit rust en het bolle gedeelte zich voor het hoornvlies bevindt. Deze hoed wordt gevuld met een zoutoplossing van een bepaalde concentratie die het licht in dezelfde mate afbuigt als het hoornvlies.

De zoutoplossing blijft op zijn plaats doordat de rand van de scleralens exact op het oogwit aansluit. Het hoornvlies bestaat uit levende cellen, is niet doorbloed en neemt zuurstof uit de lucht op.

Door de scleralens is het hoornvlies voortdurend in contact met de zoutoplossing.

Dit stelt een bepaalde eis aan de concentratie van deze zoutoplossing.

- 6\*** Aan welke eis moet de concentratie van deze zoutoplossing voldoen?  
Geef een verklaring voor je antwoord.

Vroeger werden deze lenzen van glas gemaakt. Vanwege gezondheidsredenen konden deze lenzen slechts korte tijd per dag gedragen worden. Nu kunnen de scleralenzen, door de introductie van nieuwe, poreuze kunststoffen, veel langer achter elkaar worden gedragen.

- 7\*** Welk probleem ontstaat als glazen scleralenzen gedurende een langere periode worden gedragen? Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.

## Scherp zien

Persoon P kijkt naar een voorwerp dat zich op 8 meter afstand van zijn ogen bevindt en daarna kijkt hij naar een voorwerp dat zich op 1 meter van zijn ogen bevindt.

- 8\*** Gaan er bij deze verandering impulsen naar het straalvormig lichaam in zijn ogen?  
Zo ja, neemt daardoor de spanning in de lensbandjes af of toe?  
**A** Nee.  
**B** Ja, daardoor neemt de spanning in de lensbandjes af.  
**C** Ja, daardoor neemt de spanning in de lensbandjes toe.

Terwijl persoon P naar het voorwerp op 1 meter afstand van zijn ogen kijkt, verandert er iets in zijn omgeving waardoor de kringspieren van de irissen van zijn ogen zich samentrekken.

- 9\*** Welke verandering kan dat zijn geweest?

Persoon Q kan alleen voorwerpen op een afstand van ongeveer 8 meter scherp zien. Voorwerpen die dichterbij of verder weg zijn, kan hij niet scherp zien.

Q krijgt vanwege zijn beroep een bril met speciale glazen. Deze zijn zo geslepen dat de bovenste helften van de glazen de werking hebben van bolle lenzen en de onderste helften die van holle lenzen.

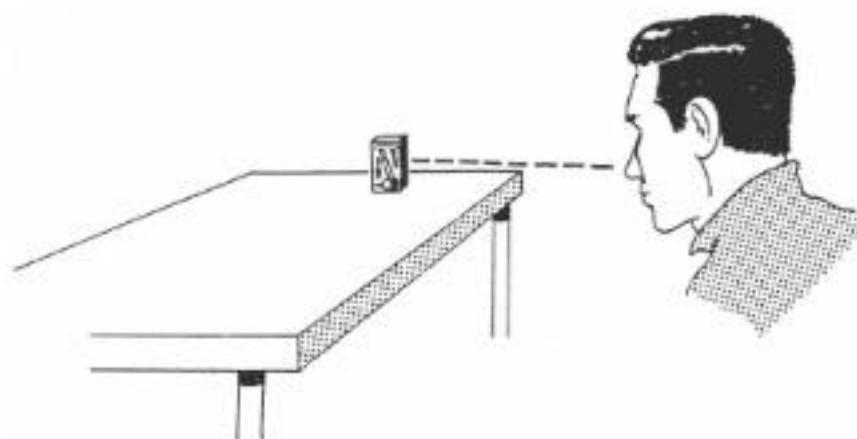
Persoon Q heeft zijn bril op. Hij verplaatst zijn blik van een voorwerp dat zich op 1 meter afstand bevindt en dat hij scherp ziet, naar een voorwerp op 20 meter afstand. Beide voorwerpen bevinden zich op dezelfde hoogte.

- 10\*** Welke beweging moet hij maken zodat hij het voorwerp op 20 meter afstand scherp kan zien?  
**A** Hij moet zijn hoofd naar achteren kantelen.  
**B** Hij moet zijn hoofd naar voren kantelen.  
**C** Hij moet zijn oogleden neerslaan.  
**D** Hij moet zijn ogen half dichtknijpen.

## Kijken met twee ogen

Een proefpersoon kijkt met beide ogen naar een lucifersdoosje dat in het verlengde van zijn neus op een afstand van 30 cm staat (zie afbeelding).

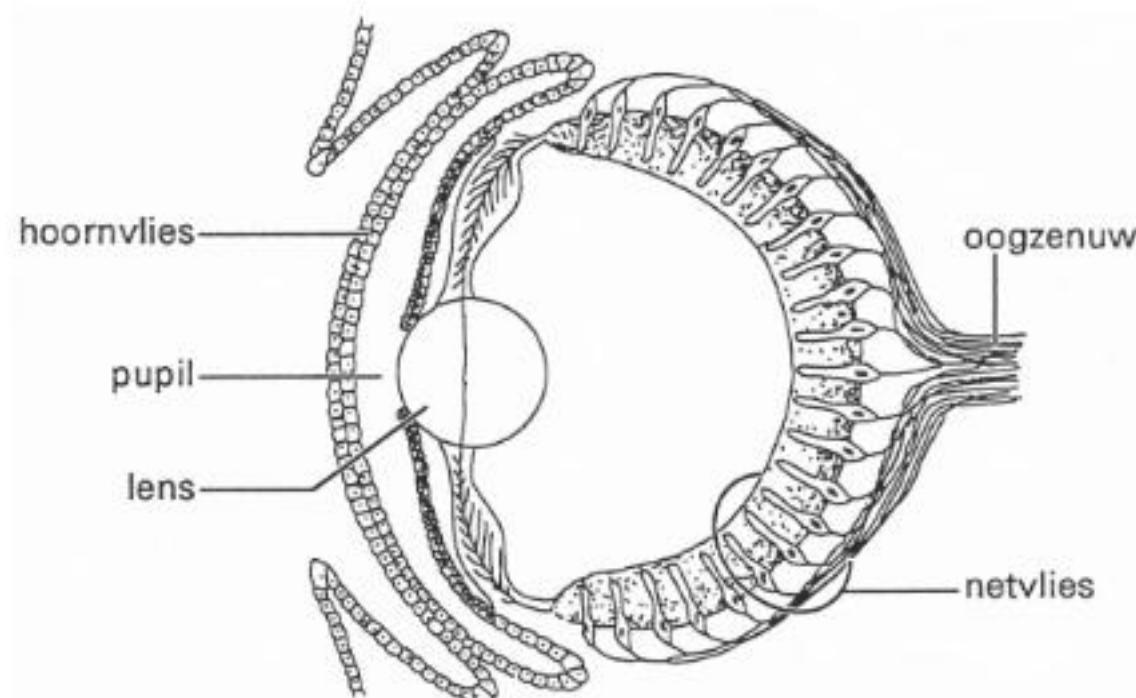
### afbeelding



- 11\* Is het beeld van het lucifersdoosje op het netvlies van het rechteroog hetzelfde als het beeld op het netvlies van het linkeroog?
- Zo ja, wat is daarvoor de verklaring?
- Zo nee, hoe komt het dan dat hij niet dubbel ziet?
- A Ja, het beeld is hetzelfde, want de afstand van het lucifersdoosje tot het linker en tot het rechter oog is gelijk.
- B Ja, het beeld is hetzelfde, want op deze korte afstand valt het beeld van het lucifersdoosje in beide ogen op de gele vlek.
- C Nee, het beeld is niet hetzelfde, maar hij ziet niet dubbel door processen in de grote hersenen.
- D Nee, het beeld is niet hetzelfde, maar hij ziet niet dubbel doordat afwisselend impulsen van het linker en van het rechteroog naar de grote hersenen gaan.

## Oog van inktvis

Onderstaande afbeelding geeft schematisch een doorsnede van het oog van een inktvis weer.



Dit type oog komt in een aantal opzichten overeen met de ogen van de mens, maar er zijn ook belangrijke verschillen. Over het oog worden drie beweringen gedaan:

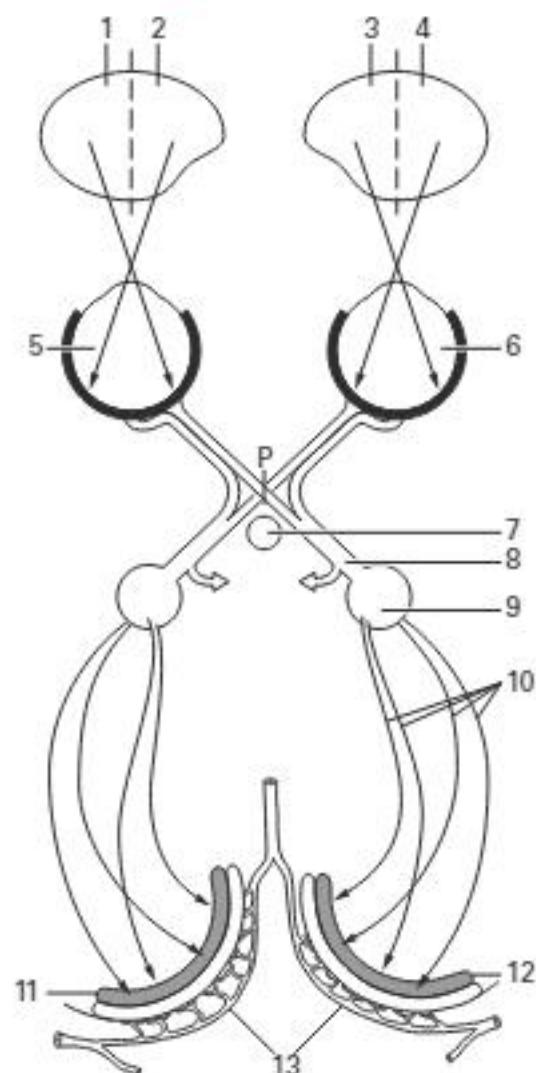
- 1 Bij het oog van de mens passeert het licht eerst een laag zenuwcellen en uitlopers voordat het licht op de zintuigcellen valt. Bij het oog van de inktvis is dat andersom.
- 2 In dit type oog is ook een blinde vlek aanwezig.
- 3 Omdat dit oog onder water wordt gebruikt, is de lichtbreking aan het hoornvlies minder dan bij de mens.

**12\*** Welke bewering of welke beweringen zijn juist?

## Oogzenuwen

Bij een bepaalde patiënt is de kruising van de oogzenuwen beschadigd. De hierdoor ontstane blokkade is in de afbeelding aangegeven met P. De gezichtsvelden van beide ogen zijn getekend. Het gezichtsveld van een oog van een mens is het deel van de omgeving dat met één oog wordt waargenomen.

### afbeelding



#### Legenda:

- 1 de linkerhelft van het gezichtsveld van het linkeroog
- 2 de rechterhelft van het gezichtsveld van het linkeroog
- 3 de linkerhelft van het gezichtsveld van het rechteroog
- 4 de rechterhelft van het gezichtsveld van het rechteroog
- 5 linkeroog
- 6 rechteroog
- 7 hypofyse
- 8 zenuwbaan
- 9 zenuwknoop
- 10 zenuwbanen naar de hersenen
- 11 linkerdeel van de hersenschors
- 12 rechterdeel van de hersenschors
- 13 bloedvaten

Bij deze patiënt wordt het effect van deze blokkade onderzocht. Hij heeft beide ogen geopend.

- 13\*** Uit welke van de delen 1, 2, 3 en 4 van de gezichtsvelden ontvangt deze proefpersoon volgens de afbeelding weinig of geen informatie?
- A alleen uit de delen 1 en 2
  - B alleen uit de delen 1 en 4
  - C alleen uit de delen 2 en 3
  - D alleen uit de delen 3 en 4
  - E uit de delen 1, 2, 3 en 4

## Hints bij hoofdstuk 7

- 1 Bestudeer de rechterafbeelding van informatie.
- 2 Waar zitten de zintuigcellen voor licht?
- 3 Een controlegroep mag slechts in één factor verschillen van de onderzoeksgroep.
- 4 Welk van de genoemde onderdelen is rood?
- 5 Wat is een prikkel voor een pupilreflex?
- 6 De cellen van het hoornvlies moeten hun natuurlijke grootte behouden.
- 7 Poreuze lenzen laten ook gassen door.
- 8 Lensbandjes zijn geen spieren. Door impulsen trekken spieren samen.
- 9 Wanneer verandert jouw iris?
- 10 Als je oogbol naar beneden draait, gebruik je het onderste deel van de bril.
- 11 Houd een boek zoals het luciferdoosje vast en breng het naar je neus toe.
- 12 Vergelijk met de afbeeldingen in Binas 87C of ScienceData 26.3.
- 13 Kijk vanuit P welke delen van de netvliezen geen informatie kunnen doorgeven.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 7

### Ziekte van Alzheimer

- 1 **C** De iris bevat een kringspier en een straalsgewijs verlopende spier die door samentrekking de pupil respectievelijk kleiner en groter maken.  
*De functie van de kringspier in het straalvormig lichaam is accommodatie, het scherpen stellen van het beeld op het netvlies.*
- 2 **D** Met de pupilreflex wordt de hoeveelheid licht geregeld die optimaal is voor de werking van de lichtzintuigcellen. Door verwijding valt er meer licht op het netvlies.
- 3 Juist niet. Mensen met syndroom van Down hebben dezelfde storing (en zullen dus vergelijkbaar op de stof reageren).  
*of*  
Men wil Alzheimer-patiënten onderscheiden van gezonde personen (en niet van mensen met het Down-syndroom).  
*of*  
Een controlegroep mag slechts in één opzicht verschillen van de onderzochte groep (in dit geval de ziekte van Alzheimer).

### Flitsfoto's

- 4 **A** Het licht dringt het oog binnen door hoornvlies, pupil, lens, glasachtig lichaam en netvlies. Uiteindelijk wordt het door de pigmentlaag van het netvlies geabsorbeerd. Door een overmaat aan licht wordt niet alles geabsorbeerd, maar een deel wordt onmiddellijk teruggekaatst. Dit ziet rood vanwege de bloedvaten die aan de binnenkant tegen het netvlies aanliggen.
- 5 De pupillen worden nauwer, waardoor minder (rood) licht wordt teruggekaatst.  
*De pupil in de iris wordt kleiner naarmate meer licht op het netvlies valt. De extra flits vooraf veroorzaakt een vernauwing van de pupil, waardoor minder licht het oog binnenkomt. Daardoor wordt minder licht weerkaatst en daarvan komt minder rood licht door de vernauwde pupil naar buiten.*

### Lenzen

- 6 De concentratie (van de zoutoplossing) moet gelijk zijn aan de concentratie (van het cytoplasma) in de cellen / het traanvocht / het bloed.  
Om te voorkomen dat er door osmose drukveranderingen in de cellen optreden.  
*Er kan vochtafgifte of vochtopname plaatsvinden bij de hoorncellen. De dikte van het hoornvlies verandert dan en er kan onscherpte optreden.*
- 7 Het hoornvlies raakt geïrriteerd / sterft af door gebrek aan zuurstof.  
*De levende hoornvliescellen hebben zuurstof nodig die normaal voor een deel uit de lucht komt.*

### Scherp zien

- 8 **B** Door het straalvormig lichaam wordt de bolling van de lens geregeld en daarmee het scherpstellen (accommoderen).  
Voor het dichterbij zien is sterkere lichtbreking en dus een bollere lens nodig.  
Om dit te bereiken trekt de accommodatiespier in het straalvormig lichaam zich samen. De spanning in de lensbandjes tussen de spier en de lens neemt af, waardoor de lens in een bollere vorm terugveert.

- 9** De belichting is sterker geworden.  
*De iris regelt de grootte van de pupil en daarmee hoeveelheid licht die wordt doorgelaten.*  
*De kringspier in de iris verkleint de pupil, doordat er meer licht in het oog in valt.*
- 10 A** Voor een voorwerp op grotere afstand is een minder bolle of zelfs holle lens nodig. Hij gebruikt hiervoor het onderste deel van zijn brillenglazen.  
*Let op, bij een normale combinatiebril (multifocus) zit het bollere deel om te lezen aan de onderzijde.*

### Kijken met twee ogen

- 11 C** Met linker en rechter oog ziet hij de linker en rechterkant van het doosje. Naarmate het doosje dichterbij staat wordt dat verschil groter; dieptewaarneming ontstaat door het combineren van de beelden, gevormd in beide ogen. Het beeld valt bij beide ogen op de gele vlek.

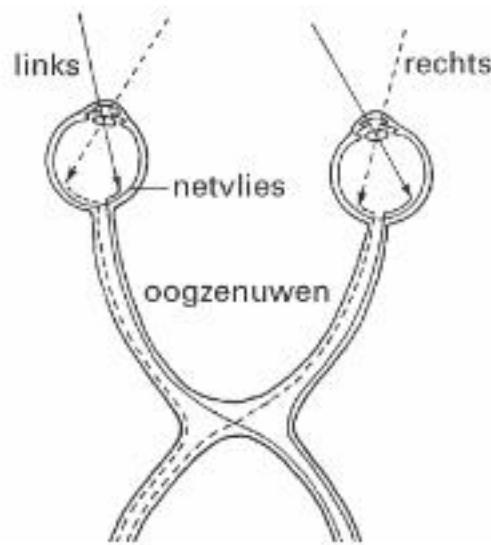
### Oog van inktvis

- 12** Beweringen 1 en 3 zijn juist. Vergelijk de afbeeldingen in Binas 87C2, ScienceData 26.3. De lichtbreking is sterker naarmate het verschil in dichtheid van het medium groter is. Het verschil tussen zeewater en lichaamsvloeistof (hoornvlies inktvis) is kleiner dan tussen lucht en lichaamsvloeistof (hoornvlies mens).  
*Doordat de uitlopers van de zenuwcellen vanaf de zintuigcellen achter het netvlies langs naar de oogzenuw lopen, ontstaat er geen blinde vlek zoals bij de mens (Binas 87C2, ScienceData 26.3).*

### Oogzenuwen

- 13 B** Door de loop van de oogzenuwen komt informatie van de rechterhelft (2 en 4) van het gezichtsveld terecht in de linker hersenhelft (11) en die uit de linker gezichtshelft (1 en 3) in de rechter hersenhelft (12). Informatie over de gezichtshelften 1 en 4 wordt naar de hersenen geleid via zenuwbanen die bij P kruisen en daar bij deze patiënt geblokkeerd zijn.

*loop van de oogzenuwen*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## 8\* Gedrag

### Lerende koolmezen

#### tekst

1 In 1930 veronderstelde R.A.Fisher dat waarschuwingskleuren in combinatie met 2 oneetbaarheid ('eet mij niet, ik ben giftig') ontstaan zijn in verschillende populaties van 3 bij elkaar levende organismen. Als een predator één dier met een waarschuwingskleur 4 doodt en vervolgens als oneetbaar beschouwt, zal hij de andere dieren met dezelfde 5 kleur met rust laten. Op grond daarvan kan het voor andere diersoorten voordelig zijn 6 diezelfde waarschuwingskleuren te hebben.  
7 Leren predatoren van generatie op generatie de kleuren steeds opnieuw of is de afkeer 8 van prooien met bepaalde kleuren genetisch vastgelegd?  
9 Daarnaar is onderzoek bij koolmezen gedaan. Op kleine stukjes roggestro werden 10 twee verschillende stippenpatronen (P en Q) aangebracht. Het stro werd gevuld met 11 vet. In de strootjes met patroon P was kinine (een bittere stof waar koolmezen niet van 12 houden) aan het vet toegevoegd. Aan de strootjes met patroon Q was slechts bij één 13 derde deel kinine toegevoegd.  
14 Na de eerste dag lieten de koolmezen de strootjes met patroon P liggen. De andere 15 aten ze op.  
16 Even grote stukjes amandel werden ook van de stippenpatronen P en Q voorzien.  
17 Koolmezen lieten stukjes amandel met patroon P liggen; de andere stukjes aten ze op.

- 1\* Op welk type leergedrag berust het laten liggen van stukjes roggestro met kinine?

- A operant conditioning
- B gewenning
- C imitatie
- D inprinting
- E inzicht
- F proefondervindelijk leren

Het beschreven onderzoek met de koolmezen geeft slechts gedeeltelijk antwoord op de gestelde onderzoeksraag (r. 7 en 8). Deze vraag bleek onzorgvuldig te zijn gesteld.

- 2\* Formuleer een onderzoeksraag waarop het beschreven onderzoek wel antwoord geeft.
- 3\* Beschrijf een werkplan waarmee onderzocht wordt of de afkeer van bepaalde prooien bij koolmezen genetisch vastligt.

\* Dit hoofdstuk is alleen bestemd voor het schoolexamen.

## Zeeschildpadden

Zeeschildpadden van de soort *Caretta caretta* leggen hun eieren op het strand. Na het leggen verlaat het vrouwtje de eieren. Wanneer de jonge zeeschildpadden uit het ei komen, bewegen zij zich naar het water. De tocht over het strand duurt ongeveer 2 minuten.

Ze duiken het water in en zwemmen door het ondiepe water naar de diepe oceaan. In de oceaan groeien zij uit tot volwassen zeeschildpadden.

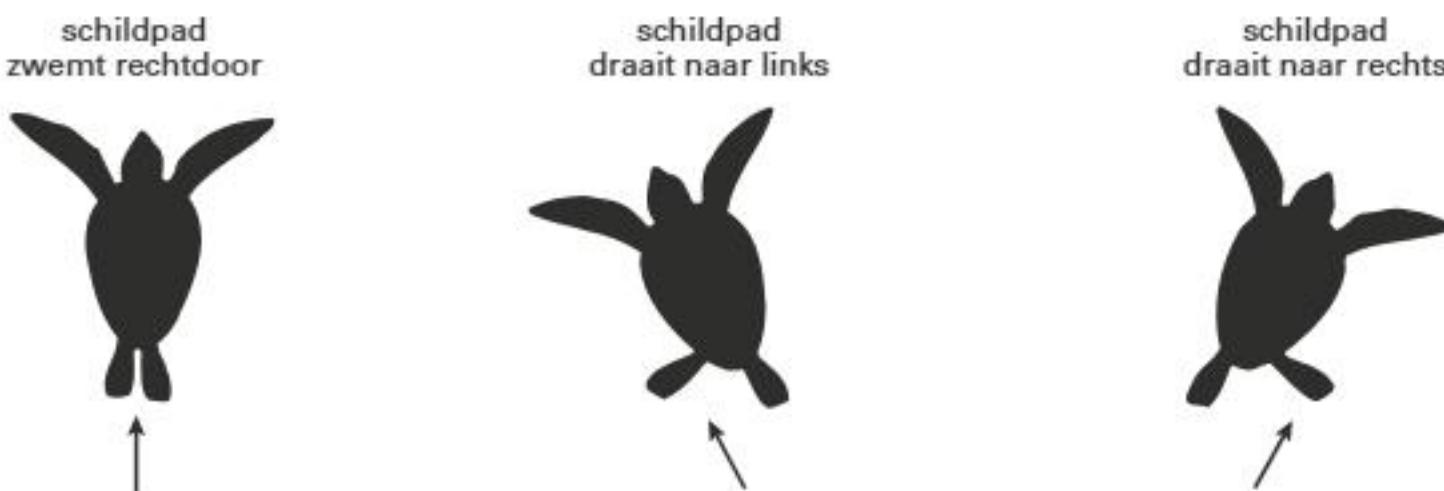
Zodra de jonge zeeschildpadden in het ondiepe water zijn gekomen, zwemmen ze altijd in de richting van de oceaan. Het is de vraag op welke wijze de jonge zeeschildpadden zich in het water oriënteren.

Stel dat de temperatuur van het water de richting beïnvloedt waarin de zeeschildpadden zwemmen.

- 4\*** Beschrijf een experiment waarmee je deze hypothese kunt toetsen. Beschrijf de waarnemingen die deze hypothese bevestigen.

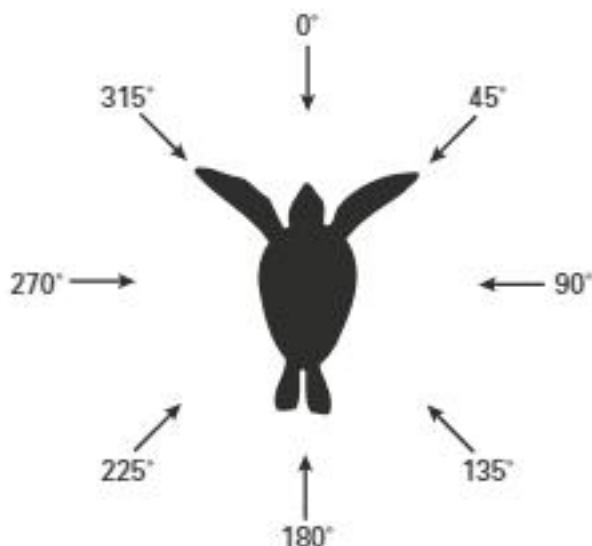
De zeeschildpad zwemt door het bewegen van de voorpoten, de achterpoten gebruikt hij als 'roer'. Met gestrekte achterpoten zwemt een zeeschildpad rechtuit. Om naar links te draaien steekt hij zijn linkerachterpoot uit. Om naar rechts te draaien steekt hij zijn rechterachterpoot uit. Deze bewegingen zijn weergegeven in afbeelding 1.

**afbeelding 1**

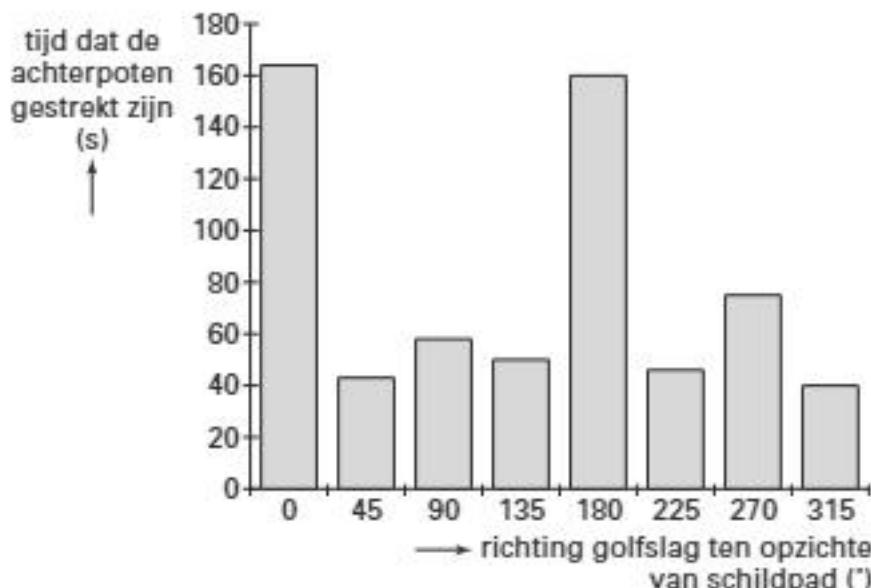


bron: K.J.Lohmann, A.W. Swartz & C.M.F. Lohmann, Perception of ocean wave direction by sea turtles, *The Journal of Experimental Biology* 198, 1995, 1079-1085

Een tweede hypothese is dat de jonge zeeschildpadden zich in het water oriënteren op de richting van de golven. Om dit te onderzoeken wordt een golfsimulator gebruikt. In de golfsimulator kunnen golven van verschillende kanten op de zeeschildpad, die met een klemmetje op de plaats wordt gehouden, afkomen. Golven komen van voren, van rechts, van achteren of van links (zie afbeelding 2).

**afbeelding 2**

Van elke schildpad wordt gedurende drie minuten de stand van de achterpoten bij één van deze golfrichtingen geregistreerd. De tijd dat de achterpoten gestrekt zijn is weergegeven in afbeelding 3.

**afbeelding 3**

Over het zwemgedrag van de jonge zeeschildpadden wordt een aantal beweringen gedaan:

- 1 Jonge zeeschildpadden reageren op de sterkte van de golfslag.
  - 2 Jonge zeeschildpadden reageren op de hoek waaronder de golfslag hun lichaam treft.
  - 3 Jonge zeeschildpadden laten zich drijven als de golfslag van achteren komt.
  - 4 Jonge zeeschildpadden leren tijdens hun tocht door het water te reageren op de hoek waaronder de golfslag hun lichaam treft.
- 5\* Welke van deze beweringen wordt of welke worden ondersteund door de resultaten, weergegeven in afbeelding 3?
- A alleen bewering 1
  - B alleen bewering 2
  - C alleen bewering 3
  - D alleen bewering 4
  - E de beweringen 1 en 4
  - F de beweringen 2 en 3

## Gedrag bij duiven

Bij het operant conditioneren van dieren wordt de respons (= reactie) beloond. Wanneer men ophoudt de respons te belonen, zal extinctie (= uitdoving) van de geconditioneerde respons optreden. Het verschijnsel extinctie wordt bij duiven in de volgende twee experimenten bestudeerd. In beide experimenten wordt een duif geconditioneerd om op een schakelaartje te pikken (= de respons). Als beloning ontvangt het dier een graankorrel.

### experiment 1

- gedurende drie dagen wordt de duif geconditioneerd; hij krijgt een beloning direct na elke vijfde respons
- de vierde dag wordt de duif niet meer beloond
- resultaat: de extinctie is na tien uur bijna volledig

### experiment 2

- gedurende drie dagen wordt de duif geconditioneerd; hij krijgt een beloning na een steeds wisselend aantal responsen
- de vierde dag wordt de duif niet meer beloond
- resultaat: de extinctie is na een week nog niet volledig

Over operant conditioneren worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 de mate van extinctie van de geconditioneerde respons is afhankelijk van het patroon van beloningen geven,
- 2 wanneer er geen vast moment van beloning is, ontstaat ook geen geconditioneerde respons.

**6\*** Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?

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

## Gedrag bestuderen

### tekst

In het diepste geheim werden twee weken geleden zenders geplakt op tien gewone zee-honden (*Phoca vitulina*). De wilde dieren werden gevangen onder het Waddeneilandje Rottumerplaat, ze kregen een satellietzender in hun nek en werden weer losgelaten in de Waddenzee.

Marien biologe drs. Sophie Braseur: 'De minicomputer meet om de tien seconden hoe diep de zeehond zwemt, op welke tijd hij een duik neemt en hoe lang de zeehond op een bepaalde diepte blijft. Iedere zes uur worden de gegevens weggeschreven. Per zes uur krijg ik een gegevenspakketje'. De verwachting is dat deze zeehonden in het gebied zullen blijven en goed zijn te volgen.

bron: Hélène van Beek, Schattig, een zeehond met zender, *De Gelderlander*, 21 maart 1998

Drie gedragssystemen zijn: paringsgedrag, voedselzoekgedrag en zorg voor de jongen.

**7\*** Op welk van deze gedragssystemen heeft de informatie die Sophie Braseur zegt te ontvangen, vooral betrekking?

## Hints bij hoofdstuk 8

- 1 Er is sprake van 'trial and error'.
- 2 Erfelijkheid werd niet in het onderzoek opgenomen.
- 3 Leereffecten moeten door de wijze van proefopstelling uitgeschakeld worden.
- 4 Twee groepen die maar in één factor verschillen.
- 5  $0^\circ$  en  $180^\circ$  staan tegenover elkaar. Is de sterkte van de golfslag een variabele in het onderzoek?
- 6 In beide experimenten is sprake van extinctie.
- 7 Hebben de zeehonden een relatie met elkaar?

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 8

### Lerende koolmezen

- 1 F** De koolmezen hebben de ervaring opgedaan dat ze niet van de strootjes met patroon P houden. Leren door ervaring is proefondervindelijk (trial and error). *Bij operant conditionering wordt bepaald gedrag geleerd door beloning en/of straf. Gewenning is het niet (meer) reageren op herhaling van een prikkel. Imitatie is het nadoen van gedrag, bv. van de ouders. Inprenting is een snel verlopend leerproces in de eerste levensfase, waarvan het geleerde niet meer wordt vergeten. Inzicht is het combineren van verschillende ervaringen bij het vinden van een oplossing.*
- 2 Voorbeelden van juiste onderzoeksvragen:**
- Speelt het stippenpatroon / een leerproces een belangrijke rol bij de prooikeuze van koolmezen?
  - Kunnen koolmezen het 'bittere stippenpatroon' onthouden?
- De oorspronkelijke onderzoeksvraag is onzorgvuldig omdat er geen proef met nakomelingen wordt gedaan, dus over erfelijkheid van dit gedrag is niets te zeggen.*
- 3 Het werkplan bevat de volgende elementen:**
- Jongen geïsoleerd laten opgroeien.
  - Nagaan hoe de jongen reageren op prooien die de ouders niet eten.
  - Nagaan hoe de jongen reageren op prooien die de ouders wel eten (als controle).

### Zeeschildpadden

- 4 Voorbeeld van een beschrijving van het experiment:**
- Ik neem twee gelijke groepen schildpadden die allemaal net uit het ei zijn gekomen. Ik heb een bak water waarin ik de temperatuur op verschillende plaatsen kan regelen. Eerst houd ik de temperatuur overal hetzelfde. Ik zet dieren van groep 1 in het midden en noteer in welke richting ze zwemmen. Dan maak ik aan één kant de temperatuur wat lager en aan de andere kant de temperatuur wat hoger. Ik zet groep 2 in het midden van het water en noteer in welke richting ze zwemmen.
- Waarnemingen die de hypothese bevestigen:*
- Als groep 2 in de richting van het warmere of koudere water zwemt en groep 1 alle kanten uit zwemt dan weet ik dat de watertemperatuur invloed heeft op de richting waarin jonge zeeschildpadden zwemmen.
- Eén van de groepen krijgt geen temperatuurgradiënt en de andere groep wel, of de temperatuurgradiënt van de ene groep is tegengesteld aan die van de andere groep.*
- 5 B** De poten zijn meer dan 2 minuten gestrekt als de golfslag van voor ( $0^\circ$ ) of van achter ( $180^\circ$ ) komt. Dat is ongeveer twee keer zo lang als wanneer de golven van opzij bij de schildpadden komen.
- De overige gedragingen zijn niet specifiek gemeten.*

### Gedrag bij duiven

- 6 B** De mate van extinctie is in beide experimenten verschillend als gevolg van het patroon van beloning.
- In beide experimenten treedt extinctie op, d.w.z. dat in beide experimenten een geconditioneerde respons was ontstaan.*
- In experiment 2 zorgt de onvoorspelbaarheid van de beloning voor het aanleren van een 'pik maar door'-gedrag. De duif weet nooit of er nog een korreltje komt.*

## Gedrag bestuderen

### 7 Voedselzoekgedrag

*Zeehonden eten vis en moeten daarvoor regelmatig duiken; de computer meet frequentie, diepte en tijd.*

*De computer meet geen gegevens over contact met andere zeehonden, zoals bij paargedrag of zorg voor jongen.*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## 9 Stofwisseling

### Yoghurt en kefir

*Lactobacillus bulgaricus* is een bacteriesoort die gebruikt kan worden voor de productie van yoghurt uit melk. Bacteriën van deze soort dissimilieren glucose zoals in het schema van afbeelding 1 op de volgende bladzijde is weergegeven.

De bacteriesoort *Leuconostoc mesenteroides*, die wordt gebruikt voor de bereiding van kefir uit melk, dissimileert glucose zoals in het schema van afbeelding 2 is weergegeven.

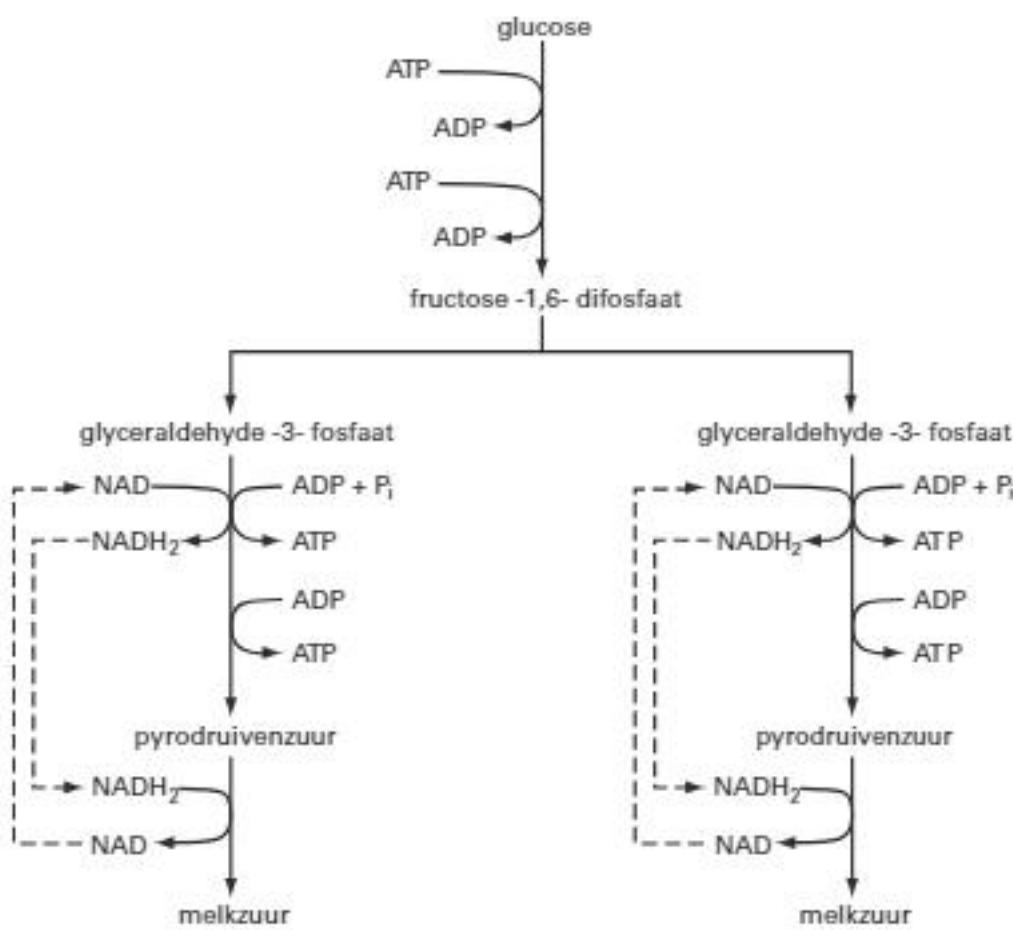
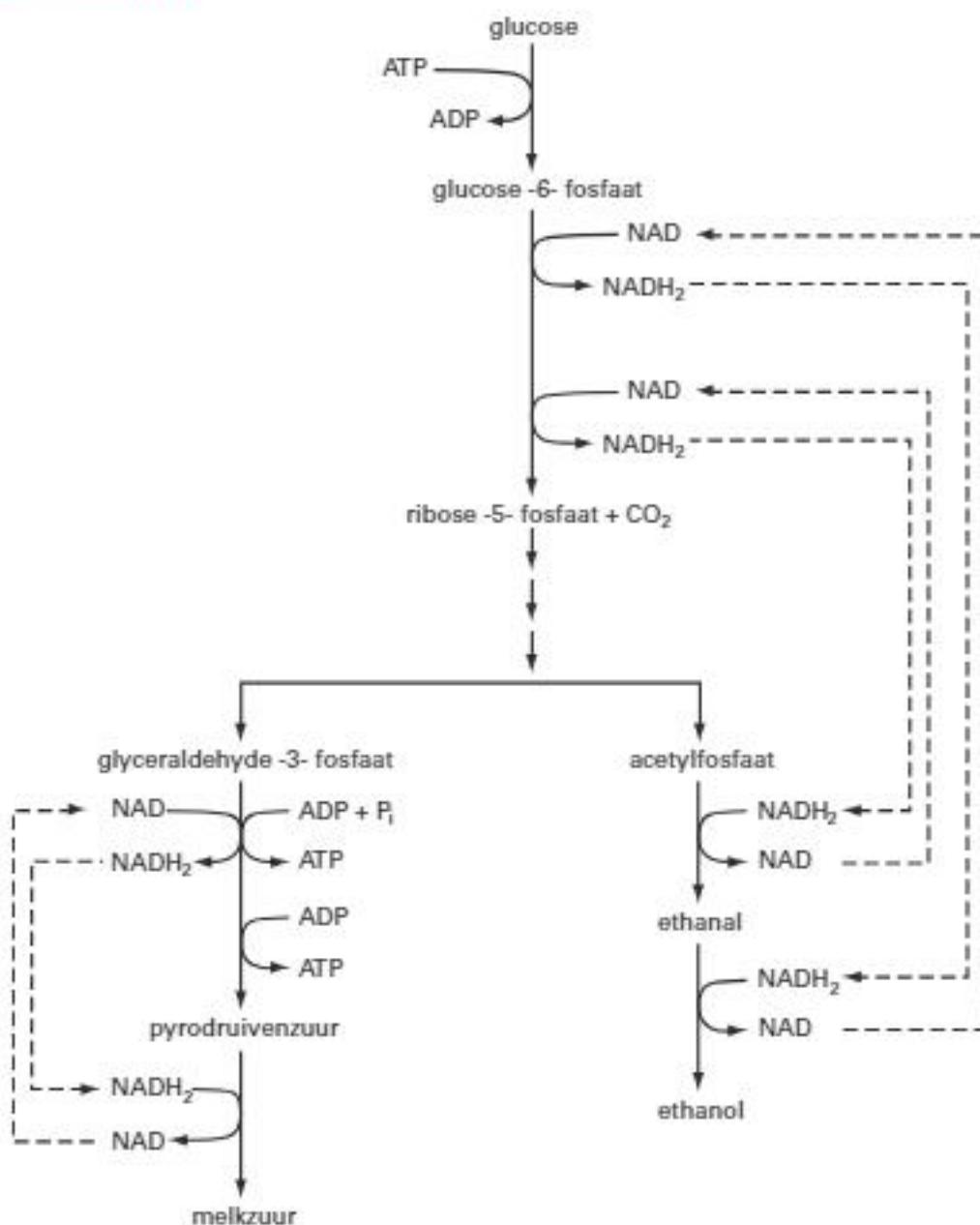
Bij beide bacteriesoorten verloopt de dissimilatie volledig anaeroob.

Je krijgt twee reageerbussen: de ene buis bevat *Lactobacillus bulgaricus*, de andere buis *Leuconostoc mesenteroides*. Je weet niet welke bacteriën in welke buis zitten. Je gaat dit onderzoeken door de bacteriën van beide soorten verder te kweken in petrischaaltjes op agar-agar-voedingsbodems.

- 1 Welke voedingsstof moeten alle voedingsbodems zeker bevatten?  
Wat moet je in ieder geval waarnemen om te kunnen concluderen welke kweek van *Lactobacillus bulgaricus* is en welke van *Leuconostoc mesenteroides*?

*Leuconostoc mesenteroides* vormt uit glucose (C<sub>6</sub>), via ribose (C<sub>5</sub>), melkzuur (C<sub>3</sub>) en ethanol (C<sub>2</sub>).

- 2 Leg uit dat *Leuconostoc mesenteroides* alleen melkzuur kan vormen als gelijktijdig ethanol wordt gevormd.  
Gebruik in je uitleg het schema in afbeelding 2.  
Voor het vermelden van gegevens uit de tekst (aantallen C-atomen) worden geen punten gegeven.
- 3 Is in het schema van afbeelding 1 een proces weergegeven dat netto ATP levert?  
En in het schema van afbeelding 2?  
**A** in geen van beide schema's  
**B** alleen in schema van afbeelding 1  
**C** alleen in schema van afbeelding 2  
**D** in beide schema's

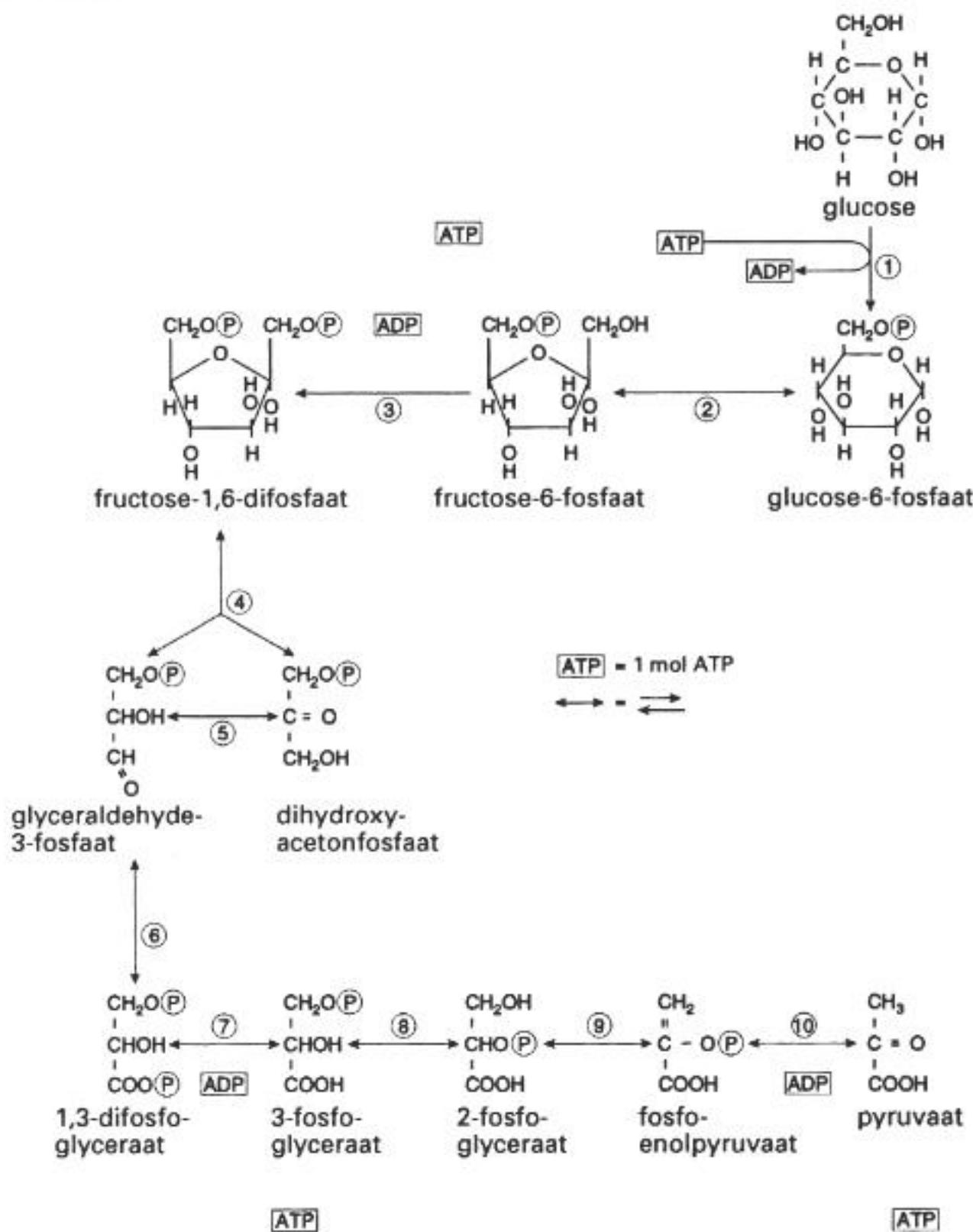
**afbeelding 1** *Lactobacillus bulgaricus***afbeelding 2** *Leuconostoc mesenteroides*

naar: Th.D. Brock & M.T. Madigan, *Biology of microorganisms*, 1991, 772

## Glycolyse

In de afbeelding zijn reacties van de glycolyse weergegeven. De reacties zijn genummerd in de volgorde waarin ze plaatsvinden. Bij een aantal van deze reacties vindt omzetting van ATP in ADP of van ADP in ATP plaats. Alleen bij reactie 1 is de omzetting van ATP in ADP met een pijl aangegeven. Op andere plaatsen ontbreken pijlen. Er worden twee typen pijlen gebruikt: met → wordt een bepaalde richting van het reactieproces aangegeven, met ↔ wordt aangegeven dat de reactie in beide richtingen kan verlopen.

### afbeelding



Nadat de reacties 4 en 5 hebben plaatsgevonden, moet per glucosemolecuul elke volgende reactie twee keer plaatsvinden.

- Leg uit, op grond van een analyse van de reacties 4 en 5, waardoor de reacties 6 t/m 10 per glucosemolecuul twee keer plaatsvinden.

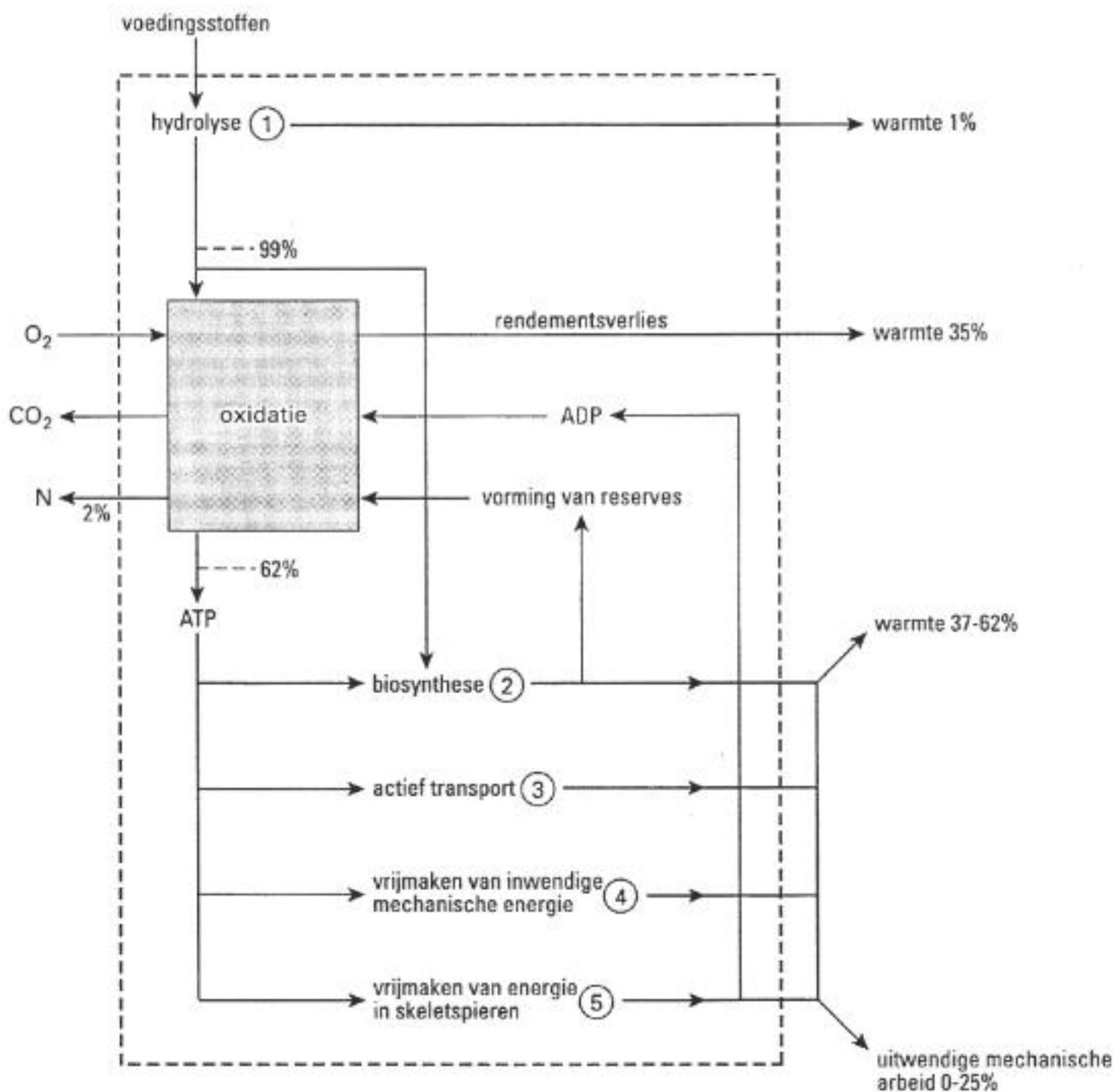
Op een aantal plaatsen ontbreken de pijlen die moeten aangeven of er een omzetting van ATP in ADP of van ADP in ATP plaatsvindt.

- 5 Teken in de afbeelding de ontbrekende pijlen ( $\rightarrow$  of  $\leftrightarrow$ ) tussen ATP en ADP.
- 6 Laat met een berekening zien of er in de glycolyse netto per mol glucose ATP wordt verbruikt of gevormd. Geef de uitkomst van je berekening.

## Arbeid

In de afbeelding is schematisch weergegeven welke energie-omzettingen in het menselijk lichaam plaatsvinden en voor welke vormen van arbeid energie wordt gebruikt. Vijf processen zijn met cijfers aangegeven.

### afbeelding



bron: W.G. Burgerhout e.a., *Fysiologie. Leerboek paramedische opleidingen*, 1995, 278

- 7 Noem een orgaan waarin oxidatie, zoals die in bovenstaand schema wordt aangeduid, plaatsvindt.

Drie processen in het lichaam zijn:

- proces p: het transport van  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$  ionen door een celmembraan met behulp van de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATP-ase-pomp;
- proces q: de vertering van disachariden tot monosachariden;
- proces r: de vorming van glycogeen uit glucose.

- 8 Van welk van de vijf cijfers in de afbeelding maken de processen p, q en r deel uit?  
Noteer je antwoord als volgt:

proces	cijfer in afbeelding
p	...
q	...
r	...

In de afbeelding is N aangegeven.

- 9 Welke van de stoffen DNA,  $\text{N}_2$ , nitraat en ureum kan met N zijn bedoeld?

- A DNA
- B  $\text{N}_2$
- C nitraat
- D ureum

## Stofwisseling

Tijdens een onderzoek naar de processen bij spieractiviteit werden de volgende gegevens verzameld:

- Een spier verbruikt zuurstof en produceert koolstofdioxide. Opname van zuurstof en productie van koolstofdioxide nemen toe tijdens het proces van samentrekking. Tijdens dit proces wordt glycogeen verbruikt.
- Een spier kan onder anaërobe omstandigheden werken, maar heeft in dat geval een langere hersteltijd dan onder aërobe omstandigheden, voordat hij zich opnieuw kan samentrekken. Onder anaërobe omstandigheden neemt de hoeveelheid melkzuur in de spier toe.

Uit de bovenstaande gegevens trekt een leerling de volgende conclusies over de spiercontractie:

- 1 zuurstof is niet nodig voor spiercontractie;
- 2 zuurstof is nodig voor het herstel van de spier na de contractie;
- 3 glycogeen is de enige energieleverancier voor de spiercontractie.

- 10 Welke van deze conclusies is of welke zijn terecht getrokken op grond van deze gegevens?

- A alleen conclusie 1
- B alleen conclusie 2
- C alleen conclusie 3
- D de conclusies 1 en 2
- E de conclusies 1 en 3
- F de conclusies 2 en 3

## De ziekte van Leigh

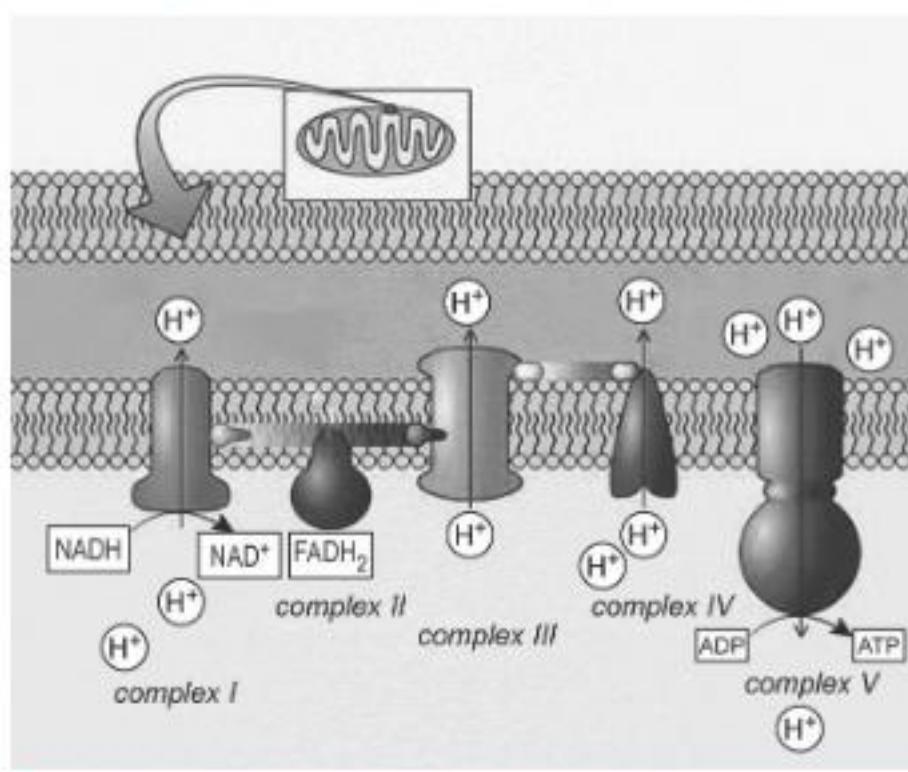
De Tim Foundation werd opgericht door de ouders van Tim Polderman. Tim heeft de ziekte van Leigh: zijn mitochondriën functioneren niet goed. De Tim Foundation steunt het onderzoek naar deze stofwisselingsziekte.

De eerste symptomen van de ziekte van Leigh doen zich vaak al op jonge leeftijd voor: een slechte motorische ontwikkeling, groeiachterstand en stijve spieren. Later komen daar problemen met ademen en eten bij.

De levensverwachting van patiënten is laag en er bestaat nog geen medicijn tegen de ziekte. Oorzaken van de ziekte van Leigh zijn één of meer afwijkingen in de mitochondriale ademhalingsketen: een deficiëntie in complex I, complex II, complex IV en/of complex V (ATP-synthase), of een afwijking in het pyruvaat dehydrogenase complex (betrokken bij de vorming van acetyl-coöenzym A uit pyrodruienvuur).

In de afbeelding is de mitochondriale ademhalingsketen weergegeven.

### afbeelding



In de ademhalingsketen worden de energierijke moleculen NADH en FADH<sub>2</sub> omgezet.

- 11 Bij welke (deel)processen zijn NADH en FADH<sub>2</sub> ontstaan?

NADH

- A glycolyse
- B glycolyse
- C glycolyse en citroenzuurcyclus
- D glycolyse en citroenzuurcyclus

FADH<sub>2</sub>

- citroenzuurcyclus
- glycolyse en citroenzuurcyclus
- citroenzuurcyclus
- glycolyse en citroenzuurcyclus

- 12 Wat is de bijdrage van de ademhalingsketen aan de netto ATP-opbrengst van de aerobe dissimilatie van glucose?

- A ongeveer 70%
- B ongeveer 75%
- C ongeveer 90%
- D bijna 100%

Bij Leigh-patiënten is er soms een verhoogd lactaatgehalte (melkzuurgehalte) in het bloed. Patiënten met een variant van de ziekte van Leigh, die veroorzaakt wordt door een deficiëntie in het pyruvaat dehydrogenase complex, kunnen gebaat zijn bij een dieet dat arm is aan koolhydraten en rijk is aan vet.

- 13 – Leg uit waardoor een koolhydraatrijk dieet niet geschikt is voor deze Leigh-patiënten.  
– Waardoor kunnen ze wel gebaat zijn bij een dieet met veel vet?

## Fosfietbemesting in strijd tegen onkruid

Sinds het ontstaan van de landbouw strijden boeren tegen onkruid: planten die zonlicht, voedingsstoffen en water 'wegkapen' van de geteelde gewassen. Naast de bekende methoden van onkruidbestrijding is er nu een nieuwe methode ontwikkeld: uithongeren.

In de reguliere landbouw is het toedienen van herbiciden (onkruidbestrijdingsmiddelen) de meest gebruikte methode om groei van onkruid tegen te gaan. Herbiciden worden ingedeeld op hun werking. Zo zijn er bijvoorbeeld fotosysteem-II-remmers (PSII-remmers).

PSII-remmers verstören de lichtreactie doordat het elektronentransport in fotosysteem II wordt geblokkeerd.

Drie beweringen over fotosysteem II zijn:

- 1 Fotosysteem II bevindt zich op het buitenmembraan van chloroplasten.
- 2 Een blokkade van het elektronentransport in fotosysteem II leidt tot een verminderde splitsing van water.
- 3 Een remming van fotosysteem II zal leiden tot een remming van de donkerreactie.

- 14 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering **juist** of **onjuist** is.

Er zijn ook herbiciden die het enzym EPSPS remmen. Een plant heeft dit enzym nodig om aromatische aminozuren te synthetiseren. Het biotechnologisch bedrijf Monsanto introduceerde de EPSPS-remmer glyfosaat onder de naam Roundup. Gebruik van dit middel is toegenomen nadat Monsanto genetisch gemodificeerde landbougewassen op de markt bracht waarin resistentie tegen glyfosaat was ingebouwd.

In planten zonder glyfosaat-resistentie zorgt glyfosaat voor een remming van bijna alle stofwisselingsprocessen.

- 15 Verklaar deze remming.

## Hints bij hoofdstuk 9

- 1 Welke grondstof wordt gebruikt voor de dissimilatie? Welke stoffen ontstaan bij de verschillende bacteriesoorten?
- 2 Kijk naar de opname en afgifte van  $H_2$  in de reactieketens.
- 3 Wat is het doel van deze processen?
- 4 Let op reactie 5 in het totaal.
- 5 Let op de grote pijlen in de afbeelding; hieruit blijkt welk type pijl je moet gebruiken bij elke reactie.
- 6 Na reactie 6 telt alles twee keer (zie vraag 10).
- 7 Een organel kan zuurstof benutten.
- 8 Proces q betreft vertering; proces q is een vorm van assimilatie.
- 9 In het grijze vlak staat oxidatie.
- 10 Lees goed wat er over de hersteltijd staat in de gegevens voor de vraag.
- 11 Zoek dissimilatie op in Binas of ScienceData.
- 12 Zoek glycolyse/ademhalingsketen met ATP-opbrengst op in Binas of ScienceData.
- 13 Glucose is een koolhydraat.
- 14 Gebruik Binas tabel 69B of ScienceData 13.8d.
- 15 Enzymen zijn eiwitten die stofwisselingsprocessen versnellen.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 9

### Yoghurt en kefir

- De voedingsbodem moet glucose bevatten.  
Je moet waarnemen dat alleen *Leuconostoc mesenteroides* een gas/CO<sub>2</sub>/ethanol vormt.  
(of: *Lactobacillus bulgaricus* geeft een lagere pH in de voedingsbodem bij een gelijk glucoseverbruik.)
- In het schema van afbeelding 2 wordt bij de vorming van ribose-5-fosfaat NAD omgezet in NADH<sub>2</sub>. Bij de omzetting van acetylfosfaat in ethanol ontstaat opnieuw NAD. Deze stof is nodig om de waterstof op te nemen die ontstaat bij de omzetting van glucose-6-fosfaat in ribose-5-fosfaat. Indien er geen NAD beschikbaar is, dan is er geen vorming van ribose-5-fosfaat en dus ook geen vorming van glyceraldehyde-3-fosfaat waaruit melkzuur kan ontstaan.
- D** In het schema van afbeelding 1 wordt 2 ATP gebruikt en 4 ATP gevormd.  
In het schema van afbeelding 2 wordt 1 ATP gebruikt en 2 ATP gevormd.

### Glycolyse

- Een juiste uitleg is tweeledig:  
Fructose 1,6-difosfaat wordt gesplitst in twee C3-verbindingen (glyceraldehyde-3-fosfaat en dihydroxy-acetonfosfaat); deze producten kunnen in elkaar worden omgezet.  
Uit elk glucosemolecuul ontstaan 2 moleculen glyceraldehyde-3-fosfaat (die uiteindelijk worden omgezet in pyruvaat).
- ter hoogte van reactie 3: ATP → ADP  
ter hoogte van reactie 7: ATP ↔ ADP  
ter hoogte van reactie 10: ATP ↔ ADP.
- Bij ieder van de reacties 1 en 3 wordt 1 mol ATP verbruikt.  
Bij ieder van de reacties 7 en 10 wordt 1 mol ATP gevormd.  
De reacties 7 en 10 verlopen twee keer per molecuul glucose.  
Er wordt netto 2 mol ATP gevormd per molecuul glucose.

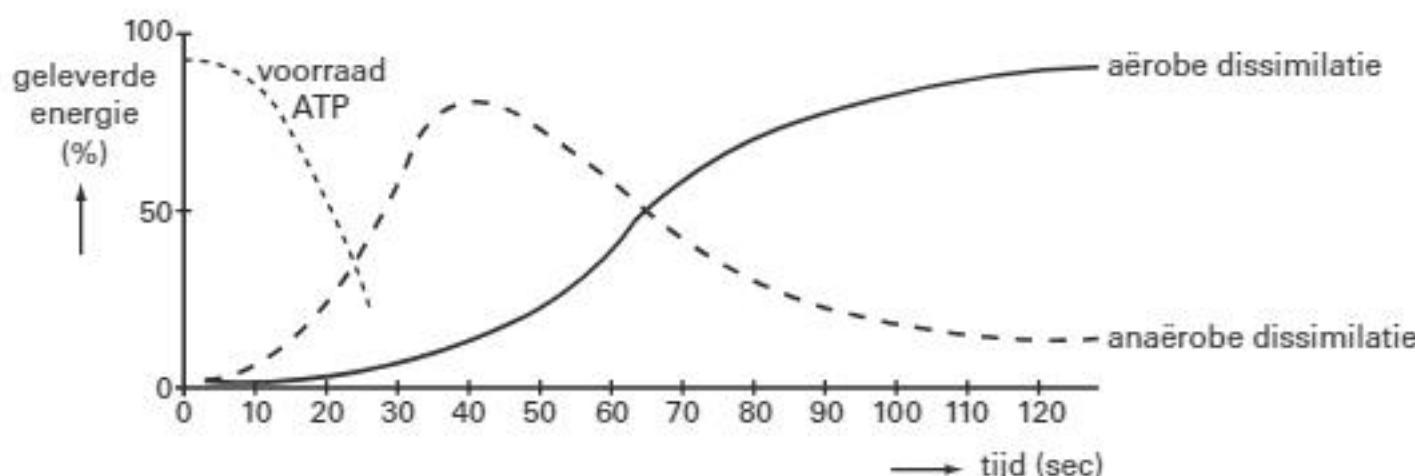
### Arbeid

- mitochondrium
- proces cijfer in de afbeelding  

p	3
q	1
r	2
- D** Twee aminogroepen van aminozuren worden in de lever gecombineerd met CO<sub>2</sub> tot ureum.  
*N<sub>2</sub> en nitraat behoren niet tot de eindproducten van de eiwitafbraak bij de mens.*  
*DNA is geen eindproduct van oxidatie.*

## Stofwisseling

- 10 A** Volgend diagram geeft weer welke energiebronnen in de loop van de inspanning van een spier worden gebruikt. ATP is een stof die bij dissimilatie wordt gevormd en waaruit direct (zonder zuurstofopname) energie kan worden gevormd. In een cel kan een voorraadje ATP aanwezig zijn. (zie ook Binas 90A of ScienceData 29.3)



Uit het tweede gegeven: 'Een spier kan onder anaërobe (= zuurstofloze) omstandigheden samentrekken, maar ...', kan worden geconcludeerd dat zuurstof niet nodig is voor spiercontractie  $\Rightarrow$  conclusie 1 is hieruit terecht getrokken.

*Uit het tweede gegeven blijkt dat de hersteltijd onder anaërobe omstandigheden langer is dan onder aërobe omstandigheden. Daaruit blijkt dat er geen zuurstof nodig is voor herstel. Uit het gegeven: 'Tijdens dit proces wordt glycogeen verbruikt', blijkt niet dat glycogeen de enige energieleverancier is (ATP of vet kunnen ook energie leveren).*

## De ziekte van Leigh

- 11 C** Zowel bij glycolyse als citroenzuurcyclus (Binas 68B en C, ScienceData 13.9c,e) komt NADH vrij, maar alleen bij de citroenzuurcyclus ontstaat ook FADH<sub>2</sub>.
- 12 C** Aerobe dissimilatie levert 36 ATP per glucosemolecuul. Hiervan wordt 2 ATP geleverd door de glycolyse en maximaal 34 ATP door de ademhalingsketen (94%).
- 13** • Bij dissimilatie van koolhydraten ontstaat pyrodruivenzuur, dat bij deze patiënten niet/nauwelijks wordt omgezet in acetyl-coöenzym A (voor de citroenzuurcyclus). Daardoor kan verzuring (door melkzuurgisting) optreden / daardoor wordt weinig energie vrijgemaakt.  
• Bij dissimilatie van vetten (vetzuren) ontstaat rechtstreeks acetyl-coöenzym A en kan volledige verbranding plaatsvinden (Binas 68E, ScienceData 13.9h).

**Fosfietbemesting in strijd tegen onkruid****14** 1 onjuist

2 juist

3 juist

1 *Fotosysteem II bevindt zich in de membranen van de thylakoïden in de chloroplasten.*2 *De lichtreacties beginnen in fotosysteem II met de splitsing van water. De elektronen die hierbij ontstaan worden energierijk gemaakt met lichtenergie. De energie wordt gebruikt door enzymen in de elektronentransportketen om extra waterstofionen vanuit het stroma naar het lumen te transporteren. Als PSII-remmers het elektronentransport blokkeren, wordt er geen water meer gesplitst voor de vorming van elektronen.*3 *Als PSII-remmers het elektronentransport blokkeren, worden er geen elektronen doorgegeven aan fotosysteem I. Er kunnen dan geen NADPH<sub>H+</sub>-moleculen worden gevormd. Deze moleculen leveren de energie die nodig is voor het laten verlopen van de donkerreacties. Zonder NADPH<sub>H+</sub> verlopen de donkerreacties niet.***15** Aromatische aminozuren zijn nodig als bouwstenen voor eiwitten die de stofwisseling mogelijk maken / voor enzymen.*Enzymen zijn eiwitten die stofwisselingsprocessen versnellen. Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren, waaronder aromatische aminozuren. Zonder aromatische aminozuren kunnen enzymen die stofwisselingsprocessen versnellen niet worden gemaakt, waardoor remming van bijna alle stofwisselingsprocessen optreedt.*Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.

## 10 Vertering

### Vetvertering

In melk komt onder andere vet voor. Dit melkvet wordt in de darm van de mens verterd onder invloed van het enzym lipase dat zich in het alvleessap bevindt. Om de mate waarin de vetvertering in een experiment plaatsvindt te kunnen waarnemen, kun je gebruikmaken van de kleuromslag van de zuur-base indicator fenolftaleïne. Fenolftaleïne is bij pH < 8,2 kleurloos en bij pH > 8,2 roze tot paars-rood. De pH van volle melk is lager dan 8,2.

Je gaat onderzoeken wat de invloed is van gal op de snelheid waarmee melkvet wordt verterd. Je voert de proef als volgt in duplo uit:

- je vult buis 1 en 2 met melk, alvleessap, gal;
- je vult buis 3 en 4 met melk, alvleessap, water;
- aan elke buis voeg je evenveel fenolftaleïne toe;
- je maakt de pH van de buizen gelijk door toevoeging van NaOH;
- je controleert de pH met pH-papier.

De hoeveelheden melk, alvleessap, gal of water kies je niet willekeurig.

- 1 Aan welke voorwaarden moeten deze hoeveelheden in de buizen 1 en 3 voldoen?
  - A Alleen de hoeveelheden melk moeten in beide buizen hetzelfde zijn.
  - B Alleen de hoeveelheden alvleessap moeten in beide buizen hetzelfde zijn.
  - C Alleen de hoeveelheid gal moet in buis 1 hetzelfde zijn als de hoeveelheid water in buis 3.
  - D De hoeveelheden melk moeten in deze buizen hetzelfde zijn, de hoeveelheden alvleessap moeten in deze buizen hetzelfde zijn en de hoeveelheid gal in buis 1 moet hetzelfde zijn als de hoeveelheid water in buis 3.
  - E In elke buis moeten de hoeveelheden melk gelijk zijn aan die van alvleessap en gal of alvleessap en water.
- 2 Welke waarde moet de pH in de buizen hebben na toevoeging van NaOH?
  - A een waarde iets boven 8,2
  - B de waarde 8,2
  - C een waarde iets onder 8,2

### Diarree

Van bedorven vlees kun je ernstige diarree krijgen.

Hierover worden twee beweringen gedaan:

- 1 Bacteriën in bedorven vlees produceren stoffen die de darmen irriteren of beschadigen;
  - 2 De darmen reageren op de bacteriën uit bedorven vlees door een verminderde peristaltiek, waardoor er meer waterabsorptie plaatsvindt.
- 3 Welke van deze beweringen kan of welke kunnen een verklaring zijn voor de optredende diarree?
    - A geen van beide
    - B alleen 1
    - C alleen 2
    - D beide

## Speekselamylase

De afgifte van speekselamylase komt bij het eten meteen op gang.

- 4 Waardoor wordt de snelle afgifte van speekselamylase geregeld?
- Zintuigcellen in de mond activeren het orthosympatisch zenuwstelsel.
  - Zintuigcellen in de mond activeren het parasympatisch zenuwstelsel.
  - De productie van gastrine leidt tot het activeren het orthosympatisch zenuwstelsel.
  - De productie van gastrine leidt tot het activeren het parasympatisch zenuwstelsel.

## Taaislijmziekte

Taaislijmziekte of cystic fibrosis (CF) is een ernstige en veelvoorkomende erfelijke aandoening. CF-patiënten produceren slijm dat abnormaal taai is. Dit zorgt ervoor dat onder andere de alvleessapafgifte is belemmerd. Daardoor is de omzetting van bepaalde bestanddelen in de voeding beperkt.

Bram slikt daarom enzymesupplementen, zodat deze omzettingen wel goed kunnen plaatsvinden.

Drie omzettingen in het darmkanaal van een gezond persoon zijn:

- glycogeen → maltose
- dipeptiden → aminozuren
- triglyceriden → monoglyceriden

- 5 Zet de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en noteer erachter of de betreffende omzetting **wel** of **niet** door enzymen uit alvleessap wordt bewerkstelligd.

De enzymesupplementen die Bram bij elke maaltijd slikt werken goed maar toch is zijn vetvertering niet optimaal: hij heeft een vettige ontlasting.

- 6 Leg uit waardoor de ontlasting bij CF-patiënten vaak vettig is.

## Onderzoek naar de vertering van melkvet

In melk komt onder andere vet voor. Dit melkvet wordt in de darm van de mens verteerd.

Je wilt onderzoeken welke invloed gal heeft op de snelheid waarmee melkvet in het verteringskanaal wordt verteerd. Gal wordt in de twaalfvingerige darm aan de verteringssappen toegevoegd en emulgeert vetten.

In je onderzoek gebruik je de volgende materialen:

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| – volle melk                            | – een oplossing met pH = 6,2          |
| – een bepaalde indicator                | – reageerbuisjes                      |
| – een bepaald verteringssap             | – maatpipetten van 10 cm <sup>3</sup> |
| – gal (pH = 6,2)                        | – druppelpipet                        |
| – NaOH oplossing                        | – stopwatch                           |
| – een waterbad met temperatuurregulatie |                                       |

De pH van volle melk is ongeveer 6,5. Een NaOH-oplossing gebruik je om de pH van een oplossing te verhogen. De mate van de vetvertering wordt gemeten door de kleuromslag van een zuur-base-indicator. Bij deze vetvertering treden pH-veranderingen op. Het experiment wordt niet in duplo uitgevoerd.

- 7 Welk of welke verteringssap(pen) kun je voor je onderzoek gebruiken? Verklaar je antwoord.

**informatie zuur-base-indicatoren**

indicator	kleur bij lage pH	omslagtraject in pH	kleur bij hoge pH
kresolrood	rood	0,2 – 1,8	geel
methylrood	rood	4,4 – 6,2	geel
neutraalrood	rood	6,8 – 8,0	oranje-geel
fenolftaleïne	kleurloos	8,2 – 10,0	paars-rood

- 8 Welke van de indicatoren uit informatie kies je voor je onderzoek? Geef met behulp van de informatie een toelichting op je keuze.
- 9 Beschrijf de opzet en de uitvoering van een experiment waarmee je de invloed van gal meet op de snelheid waarmee vet, aanwezig in volle melk, wordt verterd door verteringssap.  
Beschrijf je handelingen in de juiste volgorde.  
Gebruik alle genoemde materialen en geef van elk aan waarvoor je het gebruikt.

**Cystische fibrose (CF)**

CF wordt ook wel taaislijmziekte genoemd, omdat het slijm dat onder andere in de luchtwegen wordt afgescheiden abnormaal taai is. Daardoor wordt het moeilijker afgevoerd uit de longen.

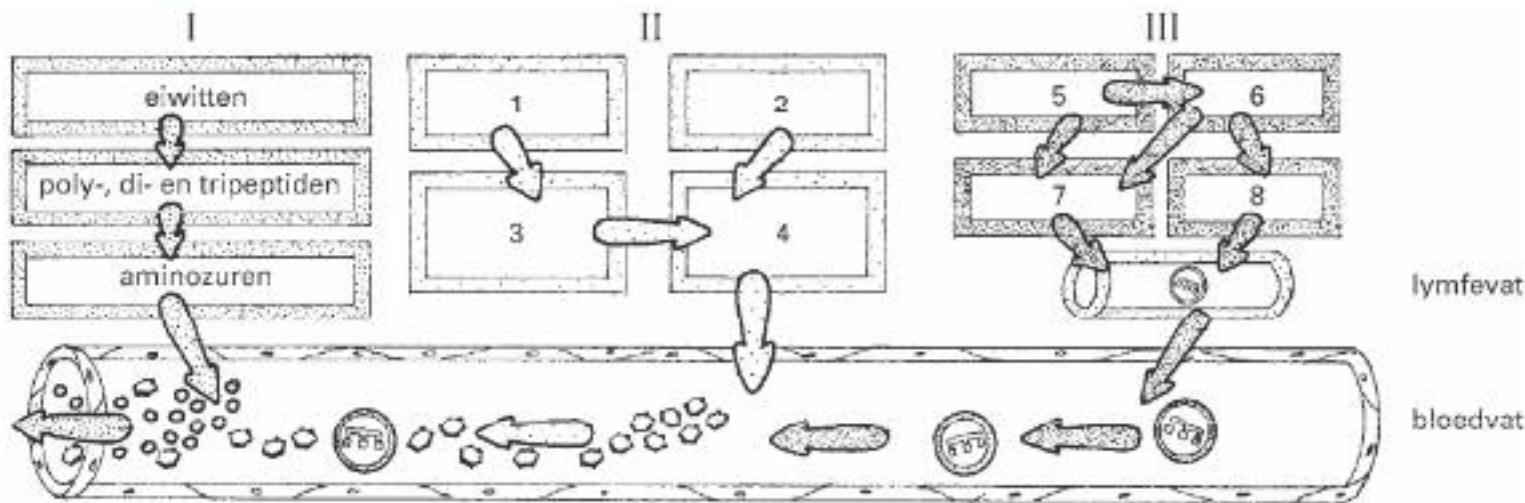
Taai slijm veroorzaakt niet alleen een probleem in de luchtwegen maar ook in het verteringsstelsel van mensen met CF. Doordat afvoergangen naar de twaalfvingerige darm verstopt raken, lopen jonge kinderen vaak een groeiachterstand op.

- 10 Leg uit hoe een groeiachterstand kan ontstaan bij een kind met CF aan de hand van processen die in de twaalfvingerige darm anders verlopen dan bij een gezond kind.

## Vertering

Afbeelding 1 geeft een vereenvoudigd overzicht van de vertering van voedsel en van de opname van een aantal verteringsproducten in bloed- en lymfevaten. Niet alle namen van voedingsstoffen en hun verteringsproducten zijn ingevuld.

**afbeelding 1**



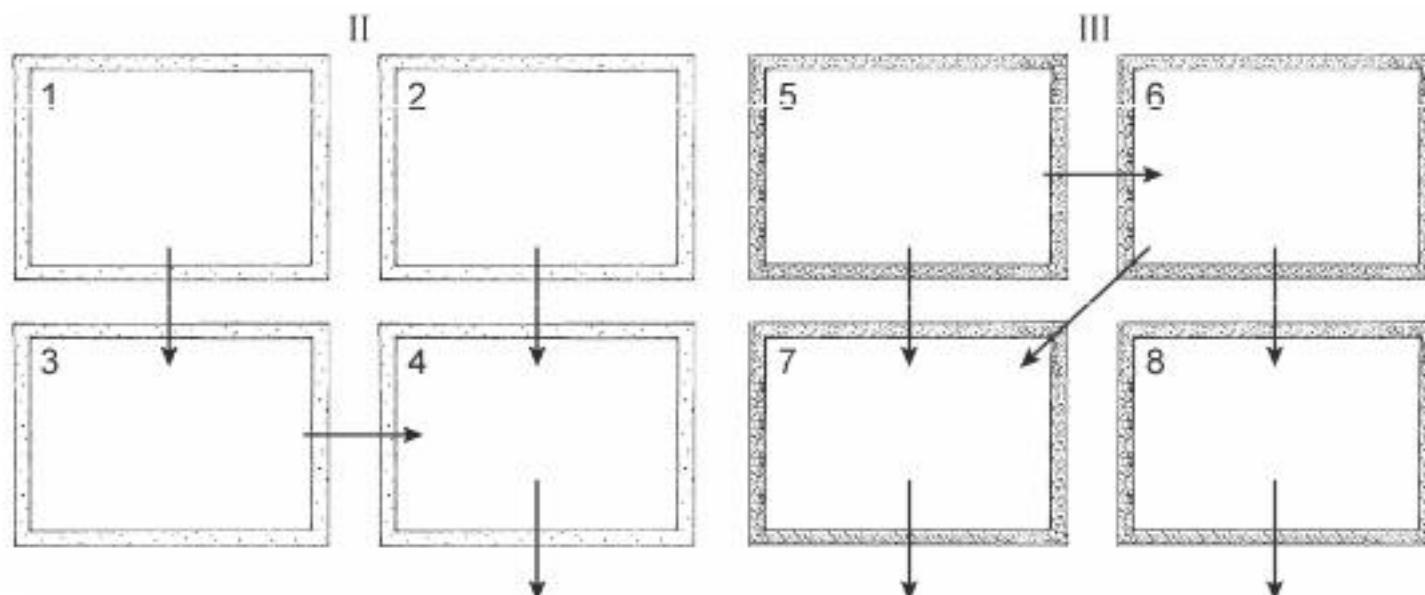
Legenda:

→ omzetting of transport

bewerkt naar: W. Kapit e.a., *The Physiology Coloring Book*, Cambridge, 1987, 67

Niet ingevuld zijn onder andere de volgende twaalf namen van voedingsstoffen en verteringsproducten: fructose, galactose, glucose, glycerol, lactose, maltose, monoglyceride, linolzuur, lipiden, palmitinezuur, sacharose en zetmeel.

- 11 Geef aan in het schema hieronder waar deze twaalf namen moeten worden ingevuld.



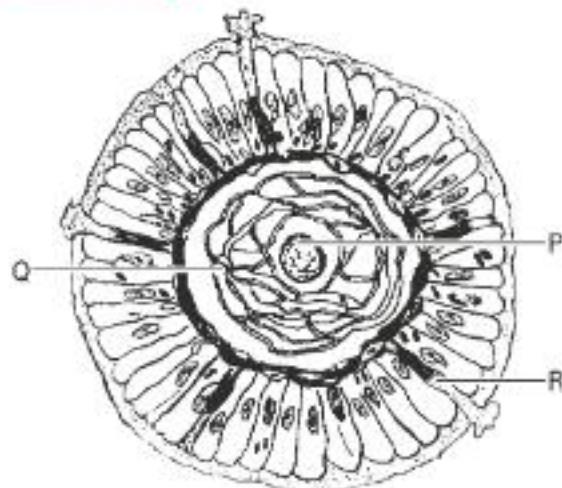
Bij de hydrolyse van peptiden wordt een bepaald type chemische binding verbroken.

- 12 Teken de binding die bij deze omzetting wordt verbroken.

Sommige voedingsstoffen worden vanuit de dunne darm eerst in de lymfevaten opgenomen en vervolgens afgevoerd naar de grote bloedsomloop.

- 13 In welk van onderstaande bloedvaten worden deze voedingsstoffen het eerst aangetroffen?
- in de bovenste holleader
  - in de leverader
  - in de onderste holleader
  - in de poortader
- In afbeelding 2 is een dwarsdoorsnede van een darmvlok getekend. Drie delen zijn met de letters P, Q en R aangeduid.

**afbeelding 2**



bewerkt naar: A.C. Guyton en J.E. Hall, *Textbook of Medical Physiology*, Philadelphia, 1996, 838

- 14 Wat stellen de letters P, Q en R voor?

P	Q	R
A bloedvat	lymfevat	spiercel
B bloedvat	zenuwceluitloper	lymfevat
C lymfevat	bloedvat	slijmproducerende cel
D lymfevat	zenuwceluitloper	spiercel
E spiercel	bloedvat	lymfevat
F spiercel	lymfevat	slijmproducerende cel

Over het transport van verteringsproducten in darmvlokken worden de volgende beweringen gedaan.

- de verteringsproducten die in het bloed worden opgenomen, zijn in het algemeen beter oplosbaar in water dan verteringsproducten die in de lymfe worden opgenomen;
  - een deel van de verteringsproducten wordt via diffusie en een deel via actief transport uit dekweefselcellen van de dunne darm in het bloed opgenomen;
- 15 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- alleen bewering 1
  - alleen bewering 2
  - geen enkele bewering
  - beweringen 1 en 2

## Hints bij hoofdstuk 10

- 1 Bij een vergelijking in een experiment mag er maar één factor verschillend zijn.
- 2 Hoe verandert de pH bij de te onderzoeken verteringsreactie?
- 3 Bij diarree verlies je relatief veel water.
- 4 Zoek de werking van gastrine op in Binas of ScienceData.
- 5 Gebruik Binas 82F en 82G of ScienceData 22.7 en 22.9.
- 6 Naast enzymen is nog een andere stof belangrijk voor de vertering van vetten.
- 7 Let op de pH waarbij de verteringssappen werken.
- 8 Kijk wat de pH van alvleessap is en kies daarbij de indicatoren die een passend omslagtraject hebben.
- 9 Let op dat alle factoren, behalve gal, gelijk zijn in de controlebuis. Zorg dat de indicator bruikbaar is.
- 10 Wat stroomt er door de afvoergangen naar de twaalfvingerige darm?
- 11 Zie Binas 82G, ScienceData 22.9.
- 12 Zie Binas 67H2, ScienceData 13.7c.
- 13 Zie bloedsomloop en lymfestelsel in Binas of ScienceData.
- 14 Zoek darmvlok op in Binas of ScienceData.
- 15 De grotere vetzuren worden via de lymfe opgenomen.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 10

### Vetvertering

- 1 **D** De invloed van gal wordt onderzocht. Alleen de hoeveelheid gal mag verschillend zijn. De hoeveelheden van de verschillende stoffen en de totale hoeveelheid in elke buis zijn van invloed op de concentratie van de verschillende stoffen. In plaats van gal wordt daarom evenveel water in buis 3 gedaan.
- 2 **A** Bij de vertering van vet ontstaan vetzuren die de pH verlagen. Om dit te kunnen waarnemen moet de pH in de buizen iets boven het omslagpunt van de indicator fenolftaleïne worden gebracht.

### Diarree

- 3 **B** Rottingsbacteriën produceren zwavelverbindingen en amines; deze kunnen de darmen irriteren.  
*Als er meer waterresorptie plaatsvindt, blijft er minder vocht in de ontlasting met kans op verstopping (obstipatie, constipatie), dus het omgekeerde van diarree.*

### Speekselamylase

- 4 **B** De spijsvertering wordt gestimuleerd via het parasympathisch zenuwstelsel (Binas 88L, ScienceData 27.7).  
*Gastrine activeert de maagsapproductie, niet speekselproductie. (Binas 89A, ScienceData 28.6).*

### Taaislijmziekte

- 5 1 wel  
2 niet  
3 wel

*In Binas 82F en ScienceData 22.8 en 22.9 staat dat alvleessap amylase bevat (voor de vertering van o.a. glycogeen in maltose) en lipase (voor de vertering van vet in glycerol en vetzuren). Het bevat geen dipeptidase (voor de vertering van dipeptiden in aminozuren). Dipeptidasen worden door de dunne darmwand afgegeven.*

- 6 – De galafvoer is belemmerd of er is minder gal (in de twaalfvingerige darm).  
– Doordat het vet minder geëmulgeerd wordt, verloopt de vetvertering langzamer, waardoor er minder vet wordt opgenomen.

*In de tekst staat dat door het taaie slijm de afvoergangen van organen verstopt raken, onder andere in het spijsverteringsstelsel.*

*Bij de vetvertering speelt gal een belangrijke rol, doordat gal het vet emulgeert. Het oppervlak van vet(bulletjes) wordt daardoor groter, waardoor enzymen beter en sneller vet afbreken. Bij verstopte afvoergangen hoort ook die van de galafvoer. Dat betekent dat er minder gal wordt afgegeven, waardoor het vet minder geëmulgeerd wordt en dus minder snel verteert. Daardoor is de ontlasting nog vettig.*

*Het antwoord dat de enzymen deels in de maag worden verteerd is half goed.*

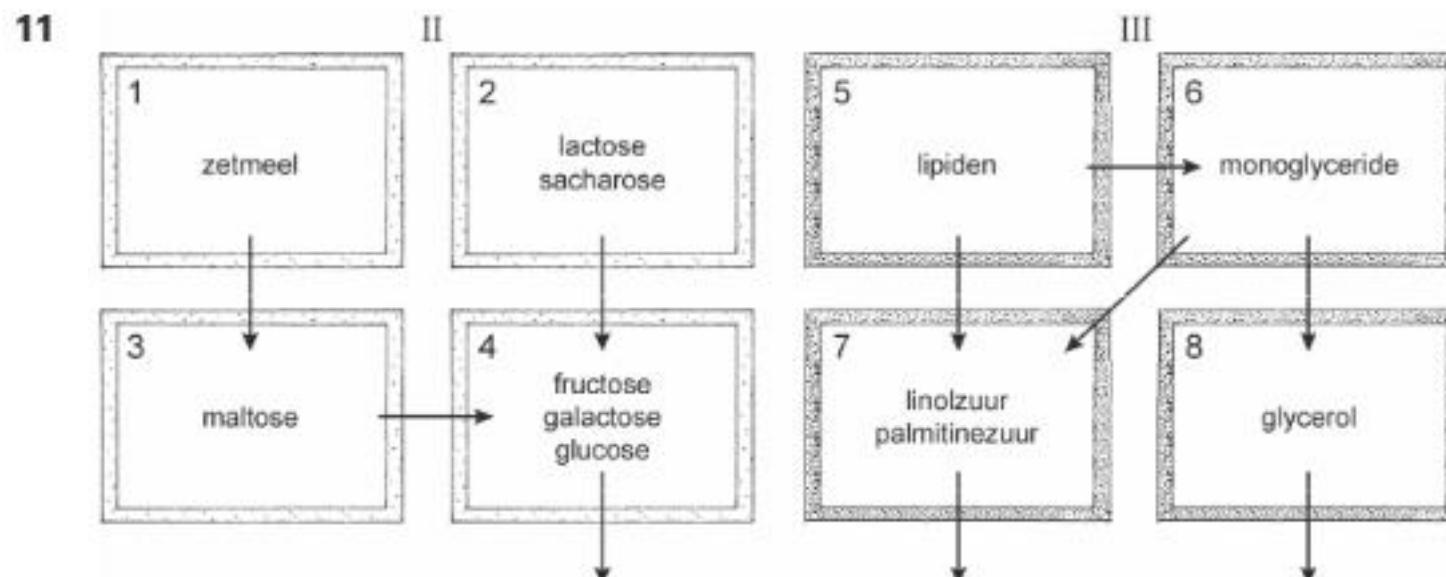
## Onderzoek naar de vertering van melkvet

- 7 Je kunt alvleessap gebruiken want dit bevat lipase. Dit lipase heeft een hoog pH-optimum (van 9) / maaglipase heeft een optimum bij een te lage pH.
- 8 De indicator fenoltaleïne of neutraalrood.  
*Bij de vertering van vetten komen vetzuren vrij waardoor de pH daalt; het omslagtraject van de indicator moet het pH-gebied bestrijken waarin de vetvertering plaatsvindt / moet liggen rond het optimum van lipase.*
- 9 *De opzet en uitvoering van het experiment omvat de volgende onderdelen:*  
 Uitgangscondities: bij het begin van het experiment zijn alle stoffen op dezelfde temperatuur ( $37^{\circ}\text{C}$ ) gebracht in het waterbad; overige omstandigheden worden gelijk gehouden.  
 De vulling van de buizen met de pipetten: buis 1 met melk, gal; buis 2 met melk, oplossing met pH = 6,2.  
 Gelijke hoeveelheden in de buizen 1 en 2 (melk gelijk, gal gelijk aan oplossing met pH = 6,2) en evenveel indicator toevoegen met de druppelpipet. *of:*  
 Steeds monsters uit het reactiemengsel trekken en daaraan (pas) de indicator toevoegen.  
 De pH van de buizen wordt gelijk gemaakt tot juist voorbij het omslagtraject van de gekozen indicator door toevoeging van NaOH.  
 Evenveel alvleessap toevoegen aan buis 1 en 2 en met de stopwatch de tijd meten die verloopt tussen de toevoeging van het alvleessap en de kleuromslag.

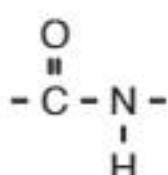
## Cystische fibrose (CF)

- 10 Er is minder toevoer van alvleessap waardoor de vertering van vetten/koolhydraten/ eiwitten slechter zal verlopen. Door de verminderde aanvoer van gal vindt ook het emulgeren van vetten minder plaats. Als gevolg van beide processen wordt minder brandstof/bouwstof (voor de groei) opgenomen in de dunne darm.

## Vertering



- 12 Voorbeeld van een juist getekende (peptide)binding:



- 13 A** Zie bloedsomloop en lymfestelsel in Binas 84A en N, ScienceData 20.1, 20.7. Vanuit het lymfe-systeem komt lymfe terug in de bloedsomloop bij de linker sleutelbeenader. Deze mondt uit in de bovenste holle ader.
- 14 C** Zie darmvlok in Binas 82C, ScienceData 22.5c. Midden in de darmvlok bevindt zich een lymfevat, dat komt overeen met P. Daar omheen lopen haervaten die overeenkomen met Q. R is een epitheelcel, die slijm produceert.
- 15 D** De grotere vetzuren en monoglyceriden worden na opname in de darm-epitheelcellen omgezet in triglyceriden en vervolgens via endoplasmatisch reticulum en Golgisysteem in de vorm van vetdruppeltjes aan de lymfevaten in de darmvlokken afgegeven.  
Andere, beter in water oplosbare, voedingsstoffen worden door de haervaten opgenomen in het bloed dat naar de poortader gaat.  
Voedingsstoffen zoals zouten worden ook via diffusie of via actief transport (denk aan Na/K pomp) opgenomen. Andere stoffen zoals glucose en aminozuren worden ook via actief transport opgenomen, omdat ze tegen een concentratiegradiënt in moeten worden opgenomen of omdat de moleculen te groot zijn.  
*De grotere vetzuurmoleculen worden niet via bloedvaten maar via lymfevaten opgenomen.*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## 11 Transport

### Grote bloedsomloop

In diagram 1 in afbeelding 1 is het drukverval in de grote bloedsomloop weergegeven. Langs de X-as is een aantal delen van de grote bloedsomloop aangegeven. In diagram 2 van afbeelding 1 is de drukverandering op plaats R van diagram 1 uitgezet tegen de tijd.

afbeelding 1

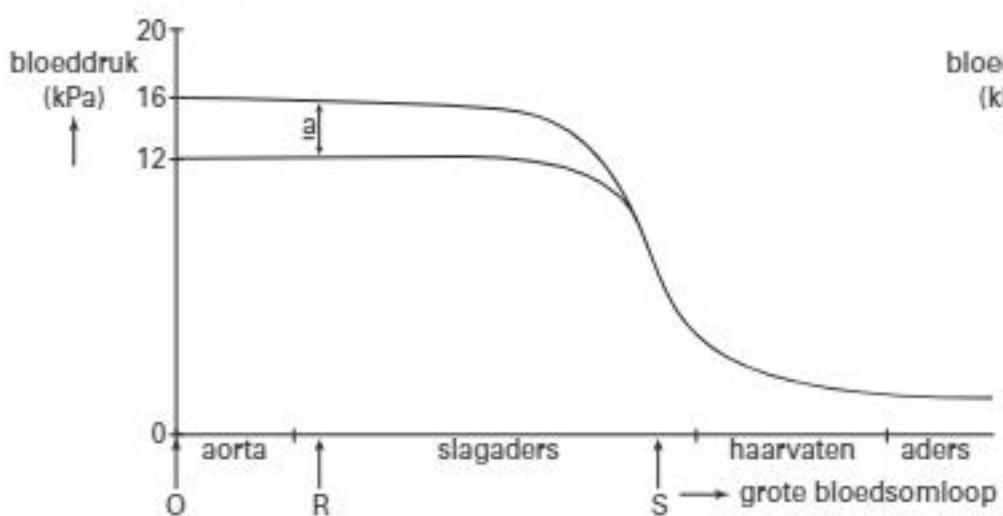


diagram 1

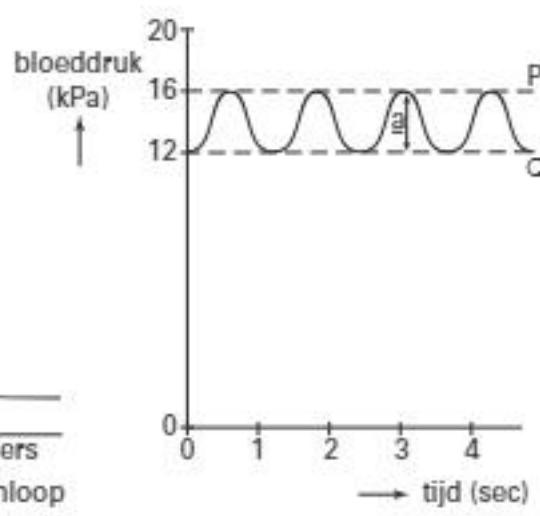


diagram 2

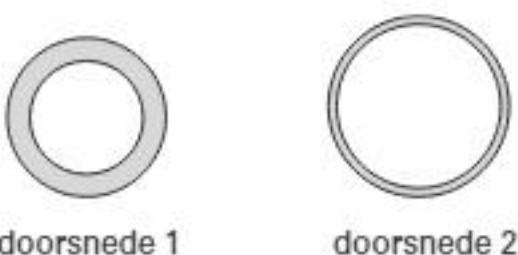
De druk op plaats R verandert voortdurend (zie diagram 2). Deze verandering in de bloeddruk wordt veroorzaakt door de hartwerking.

Het verschil tussen de hoogste drukwaarde P en de laagste drukwaarde Q (in het diagram aangegeven met a) is gemeten bij een bepaalde vrouw op de leeftijd van 20 jaar en op de leeftijd van 70 jaar. Uit de meting blijkt dat a op de leeftijd van 70 jaar groter is dan op de leeftijd van 20 jaar.

Hierover worden twee beweringen gedaan:

- 1 a wordt met het toenemen van de leeftijd groter doordat de elasticiteit van de wand van de slagaders afneemt,
  - 2 a wordt met het toenemen van de leeftijd groter doordat de kracht waarmee de linkerkamer zich samentrekt, afneemt.
- 1 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- A geen van beide beweringen
  - B alleen bewering 1
  - C alleen bewering 2
  - D beide beweringen

In afbeelding 2 is bij dezelfde vergroting de dwarsdoorsnede van de slagader op plaats R in diagram 1 op twee opeenvolgende tijdstippen schematisch weergegeven. Eén van de doorsneden komt overeen met de situatie waarin druk P van diagram 2 (afbeelding 1) heerst.

**afbeelding 2**

- 2** Welke van de twee doorsneden is gemaakt op het tijdstip dat bloeddruk P heerst? Verklaar je antwoord.

Op de horizontale as in diagram 1 zijn de plaatsen O, R en S aangegeven.

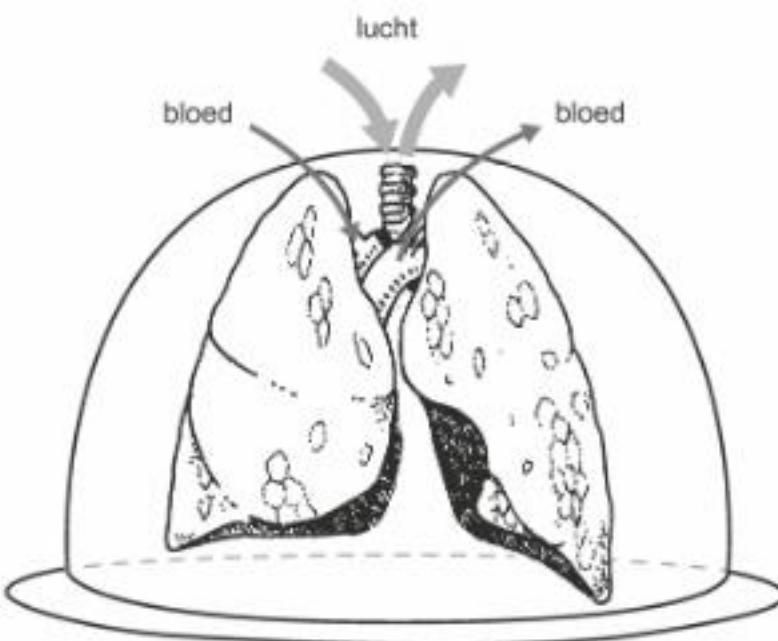
De bloeddruk bij S is lager dan die bij R. Hierover worden twee beweringen gedaan:

- 1 De bloeddruk bij S is lager dan die bij R, doordat op plaats S de totale oppervlakte van de doorsneden van de slagaders in de grote bloedsomloop kleiner is dan die op plaats R.
  - 2 De bloeddruk bij S is lager dan die bij R, doordat de weerstand in het traject O – S groter is dan die in het traject O – R.
- 3** Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- A geen van beide beweringen
  - B alleen bewering 1
  - C alleen bewering 2
  - D beide beweringen

## Meer donorlongen

Er is een tekort aan donorlongen, en van de potentiële donorlongen is een groot deel onbruikbaar doordat ze na uitname onherstelbare schade oplopen. Canadese wetenschappers denken een oplossing voor dit probleem te hebben gevonden.

Dr Cypel en zijn collega's ontwikkelden een systeem om donorlongen 12 uur lang bij 37 graden Celsius te bewaren. Daartoe plaatsten zij de longen onder een glazen stolp waarbij met behulp van een ventilator gezuiverde lucht in en uit de longen werd gepompt. Door de longbloedvaten wordt kunstbloed (een speciale vloeistof met voedingsstoffen en rode bloedcellen) gepompt. In de longcapillairen vindt dan gaswisseling plaats.

**afbeelding**

De onderzoekers proberen met dit systeem de omstandigheden die de longen normaal in het lichaam ondervinden, na te bootsen.

In de tabel zijn gegevens over de normale omstandigheden te vinden.

**tabel**

	pO <sub>2</sub>	vol %	pCO <sub>2</sub>	vol %	pN <sub>2</sub>	vol%	pH <sub>2</sub> O	ptotaal
inademingslucht	19,9	20,9	0	0,03	75,1	79,0	6,3	101,3
uitademingslucht	15,4	16,2	3,7	3,9	75,9	79,8	6,3	101,3
lucht in longblaasjes	13,3	14,0	5,3	5,6	76,4	80,4	6,3	101,3
bloed dat de longhaarvaten binnentkomt	5,3		6,1		77,1		6,3	94,8
bloed dat de longhaarvaten verlaat	12,6		5,3		77,1		6,3	101,3
weefsels	<5,3	-	>6,1	-	-	-	-	-
buitenlucht (droog)	21,1	20,9	0	0,03	80,1	79,0		101,3

In een afgesloten ruimte wordt buiten de stolp een gasmengsel langs het kunstbloed geleid, zodat er gassen kunnen worden uitgewisseld.

De bedoeling is om zo kunstbloed met een normale pO<sub>2</sub> en pCO<sub>2</sub> in de longslagader te krijgen.

- 4 Welke samenstelling heeft het gasmengsel om dit te bereiken?

CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
A 0,03%	20,9%
B 4%	16%
C 5,3%	13,5%
D 8%	6%

## Kweekvlees

Volgens de FAO (Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties) zal de wereldwijde vleesproductie de komende jaren verdubbelen. De veeteelt staat echter in de top drie van de veroorzakers van milieuproblemen.

Wetenschappers van de universiteiten van Amsterdam, Utrecht en Eindhoven werken aan een mogelijk alternatief. Samen zijn ze erin geslaagd om kleine lapjes kweekvlees te produceren in het laboratorium.

Er wordt geëxperimenteerd met verschillende voedingsmedia. Aanvankelijk werd als medium een dierlijk bloedproduct gebruikt.

- 5 Welk bloedproduct is voor myoblasten het meest geschikt als voedingsmedium: volbloed, bloedplasma of bloedserum?

- A volbloed
- B bloedplasma
- C bloedserum

## Hartfalen

Een oorzaak van hartfalen is een verhoogde bloeddruk.

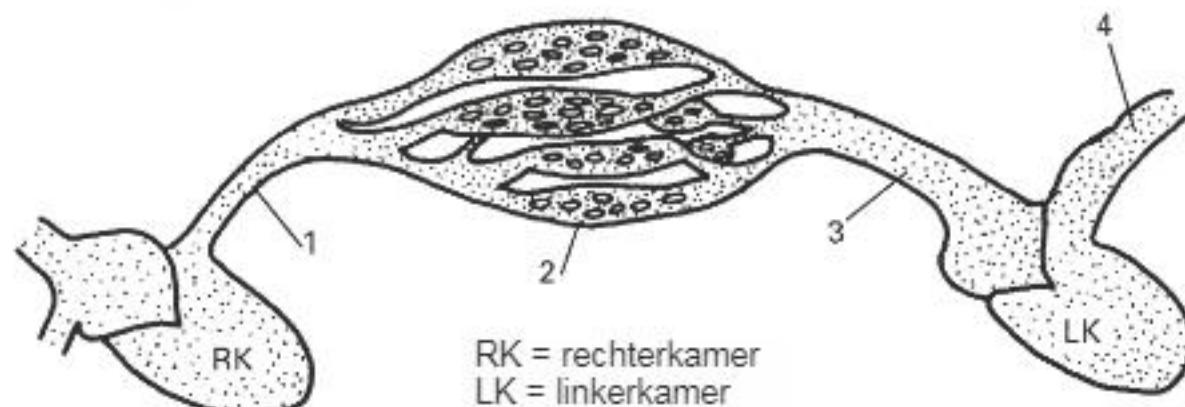
Met behulp van een bloeddrukmeter kan een arts de systolische en de diastolische bloeddruk van een patiënt meten.

- 6 Van welk bloedvat wordt de systolische druk en van welk bloedvat wordt de diastolische druk op deze wijze gemeten?

	systolische drukmeting	diastolische drukmeting
A	aorta	aorta
B	aorta	holleader
C	holleader	aorta
D	armslagader	armslagader
E	armslagader	armader
F	armader	armslagader

In afbeelding 1 is een deel van de bloedsomloop schematisch weergegeven op een bepaald moment in de hartcyclus. Vier plaatsen zijn met cijfers aangegeven. Op deze plaatsen wordt de bloeddruk op dat moment gemeten.

afbeelding 1



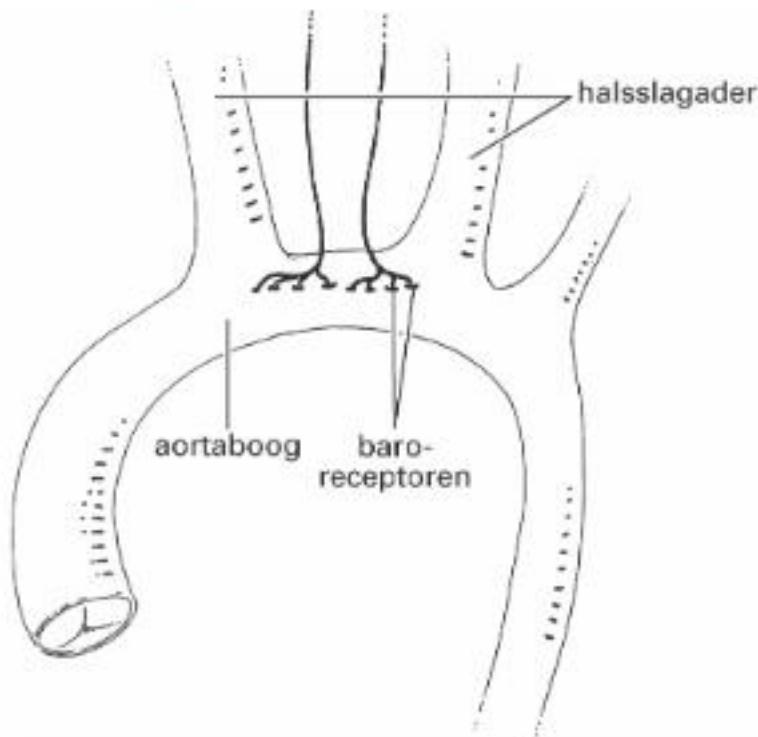
bewerkt naar: W.F. Ganong, *Review of medical physiology*, Los Altos, Cal., 1969, 527

De plaatsen 1 t/m 4 worden op volgorde gezet, te beginnen met de plaats waar de laagste bloeddruk heerst en eindigend met de plaats waar de hoogste bloeddruk heerst.

- 7 Welke van de onderstaande volgorden is dan juist?
- A 1 – 2 – 3 – 4
  - B 2 – 3 – 1 – 4
  - C 3 – 1 – 2 – 4
  - D 3 – 2 – 1 – 4
  - E 4 – 2 – 3 – 1
  - F 4 – 3 – 2 – 1
- 8 Welk bloedvat in afbeelding 1 heeft de laagste stroomsnelheid en welk heeft het laagste zuurstofgehalte?

Onder andere in de aortaboog liggen rekgevoelige zintuigcellen, de zogenoemde baroreceptoren (zie afbeelding 2). Deze zintuigcellen registreren voortdurend de uitrekking van de wand van de aorta. Impulsen vanuit deze receptoren worden doorgegeven aan de hersenstam. Vanuit de hersenstam kan vervolgens onder andere de hartslagfrequentie worden aangepast.

**afbeelding 2**



- 9 Welke invloed heeft de uitrekking van de wand van de aorta op de hartslagfrequentie en de bloeddruk?
- A Door de uitrekking daalt de hartslagfrequentie zodat de bloeddruk wordt verlaagd.
  - B Door de uitrekking blijft de hartslagfrequentie gelijk zodat de bloeddruk gelijk blijft.
  - C Door de uitrekking stijgt de hartslagfrequentie zodat de bloeddruk wordt verhoogd.

Een verhoogde bloeddruk leidt op termijn tot bloedvatschade. Daarom wordt bij mensen met hartfalen met behulp van medicijnen ingegrepen in de osmoregulatie. Veel gebruikt zijn ACE-remmers: stoffen die het Angiotensine Converting Enzyme (ACE) remmen.

ACE zet angiotensine I om in angiotensine II en wordt met name door endotheelcellen in de longen gevormd.

De bloeddruk verandert onder andere door:

- 1 het vernauwen van slagaderjes;
- 2 het verhogen van de  $\text{Na}^+$ -reabsorptie (terugresorptie) in de nieren.

- 10 Door welk of welke van deze processen wordt bij gebruik van ACE-remmers de bloeddruk verlaagd?
- A door geen van beide
  - B alleen door 1
  - C alleen door 2
  - D door beide processen

Patiënten met hartfalen krijgen vaak plaspillen voorgeschreven, waardoor ze meer urine produceren.

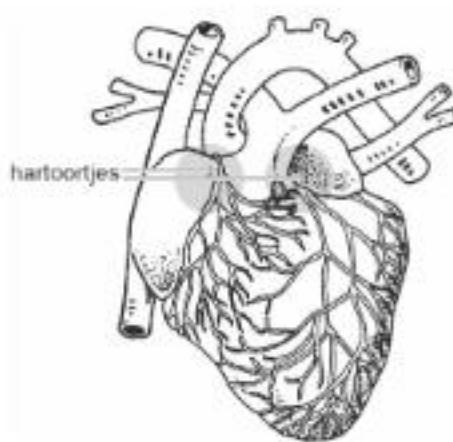
- 11 Leg uit hoe een verhoogde urineproductie de ernst van hartfalen kan verminderen.

## Hartoortjes leveren nieuwe hartcellen

Patiënten die na een hartinfarct rondlopen met een verzwakte hartspier, dragen de oplossing voor hun aandoening mogelijk bij zich in hun eigen lichaam. In hun hart zelfs.

De hartoortjes (zie afbeelding), twee holle flapjes aan de linker- en rechterboezem, bevatten stamcellen die in het laboratorium kunnen worden gestimuleerd tot het produceren van vervangend hartweefsel. Dat ontdekten onderzoekers, werkzaam bij het Universitair Medisch Centrum Utrecht en het Hubrecht Instituut.

### afbeelding



Bij een hartinfarct worden de beschadigde hartspiercellen over het algemeen niet vervangen door nieuwe hartspiercellen, maar door een ander type cellen.

Er ontstaat een litteken en dat leidt tot verlies van hartfunctie.

- 12** Uit welk type weefsel bestaat dit litteken vooral?

- A bindweefsel
- B dekweefsel
- C glad spierweefsel
- D vetweefsel

Als bij een patiënt een bloedstolsel ontstaat in één van de twee hartoortjes en dit losraakt, loopt deze patiënt het risico op een hersenbeschadiging.

- 13** In welk hartoortje is het stolsel dan ontstaan? Welk orgaan loopt door dit stolsel ook een risico op beschadiging?

stolsel ontstaan in	risico op beschadiging van
A linker hartoortje	hart
B linker hartoortje	linkerlong
C linker hartoortje	beide longen
D rechter hartoortje	hart
E rechter hartoortje	rechterlong
F rechter hartoortje	beide longen

Verzuring van spieren kan de zuurstofafgifte vanuit het bloed stimuleren. Hiervoor worden twee verklaringen gegeven:

- 1 Bij verzuring van het bloed verschuift het evenwicht  $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$  naar links;
- 2 Door een lage pH van het bloed stijgt de ademfrequentie waardoor er meer zuurstof wordt aangevoerd.

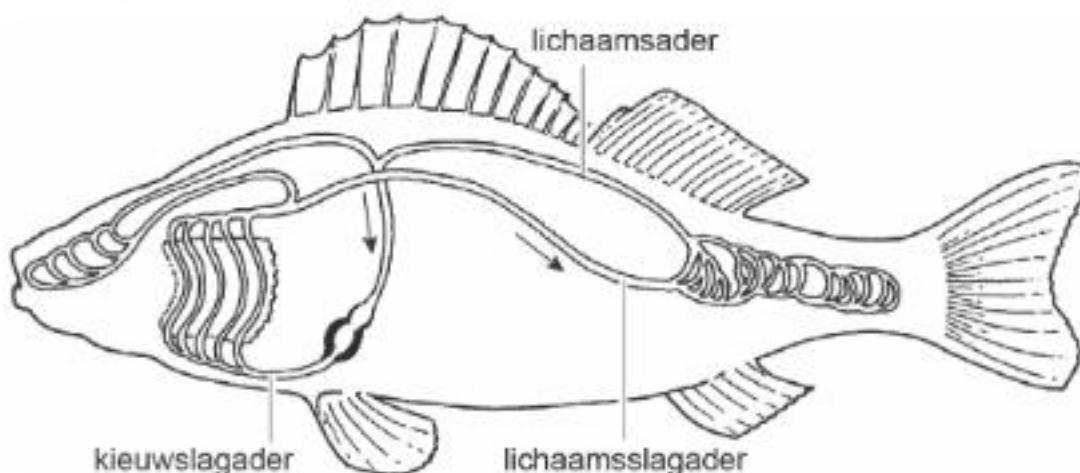
- 14** Welke van deze verklaringen is of welke zijn juist?

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

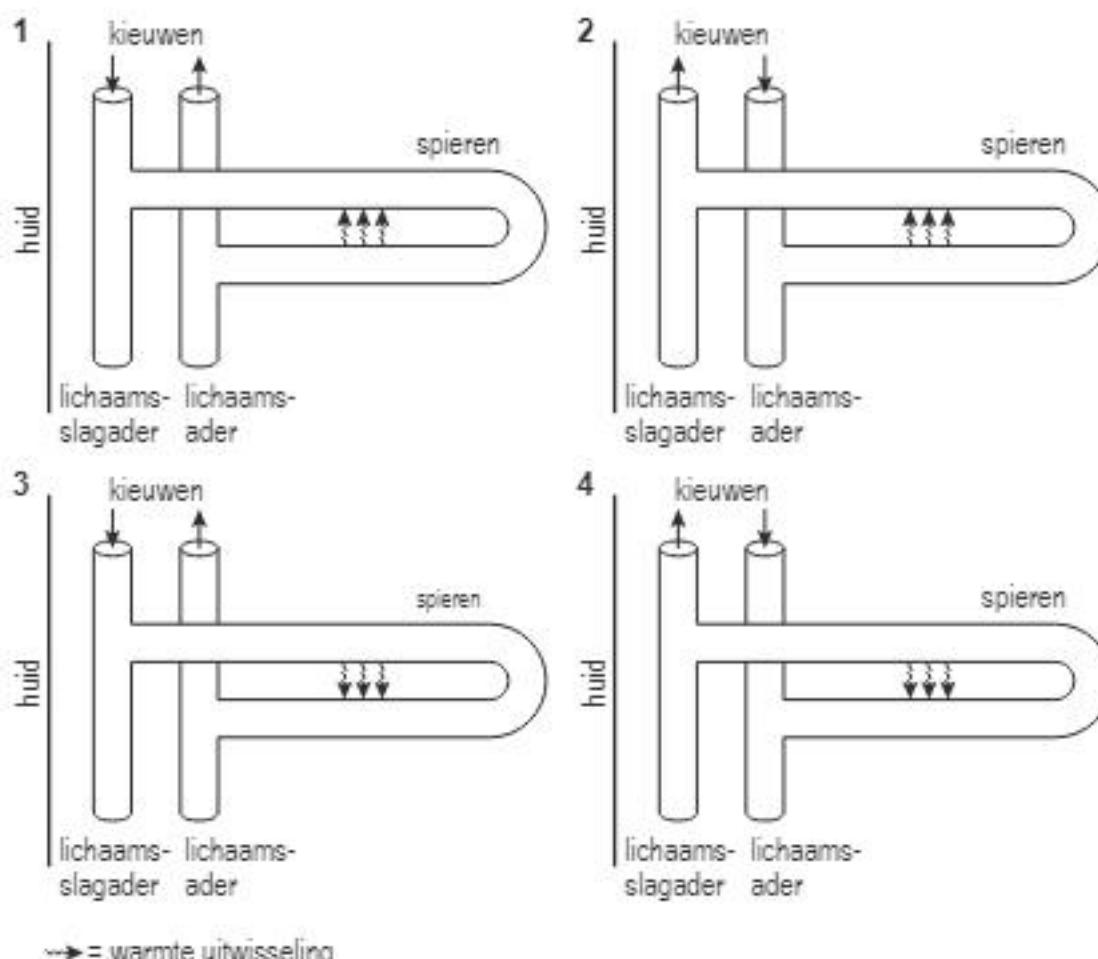
## Temperatuurregeling

Tonijnen zijn in tegenstelling tot de meeste vissen endotherm; zij kunnen hun lichaamstemperatuur reguleren. De grote lichaamsbloedvaten van endotherme tonijnen liggen vlak onder de huid. Een speciaal netwerk van kleine bloedvaatjes (wondernet) in het spierweefsel maakt het mogelijk om de warmte die in de spieren geproduceerd wordt, beter vast te houden en het warmteverlies via de kieuwen te beperken. In de afbeelding is schematisch de bloedsomloop van een vis weergegeven.

### afbeelding



In een schema kan de warmte-uitwisseling in het wondernet weergegeven worden. Vier schema's zijn:



- 15 In welk schema is de stroomrichting van het bloed en de warmte-uitwisseling in het wondernet juist weergegeven?
- schema 1
  - schema 2
  - schema 3
  - schema 4

## Orgaanschade bij sikkcelcelanemie

Normaal hemoglobine is goed oplosbaar. Het afwijkende hemoglobine vormt in zuurstofarme omstandigheden lange ketens van onoplosbare hemoglobinepolymeren, waardoor de rode bloedcel de karakteristieke sikkeltvorm krijgt. Sikkeltvormige bloedcellen zijn minder flexibel en kunnen in allerlei organen verstoppingen in de haartaten veroorzaken. Als dit optreedt spreekt men van een 'crisis' die voor sikkcelpatiënten zeer pijnlijk kan zijn.

Door sikkeltvormige rode bloedcellen kunnen organen beschadigd raken.

- 16** Beschrijf hoe deze orgaanschade ontstaat.

## Hints bij hoofdstuk 11

- 1 Na elke hartslag wordt de diameter van de bloedvaten uit het hart plaatselijk groter. Deze vergroting verplaatst zich langs de slagaders (polsslag).
- 2 In welke doorsnede bevindt zich het meeste bloed?
- 3 Hoe langer een buis, hoe meer de totale weerstand is.
- 4 De  $pCO_2$  in een longblaasje is 5,3 kPa; het bijbehorende vol % is 5,6%.
- 5 Stollen van bloed is lastig bij experimenten.
- 6 Tijdens de systole trekken de spieren van de hartkamers samen.
- 7 Let bij de nummers 1, 2 en 3 op de richting van de bloedstroom.
- 8 Welk bloedvat is met nummer 1 aangegeven?
- 9 Er is hier sprake van negatieve terugkoppeling om een constante druk te handhaven.
- 10 Mensen met een hoge bloeddruk worden op een zoutarm dieet gezet.
- 11 Hoge bloeddruk is op den duur slecht voor het hart.
- 12 Littekens zijn er in de eerste plaats om weefsel bij elkaar te houden.
- 13 Volg de stroming van het bloed door het bloedvatenstelsel (zie Binas 84A, ScienceData 20.1).
- 14 Zie zuurstofverzadigingsdiagrammen in Binas of ScienceData.
- 15 In de afbeelding van de vis gaat het bloed van de kieuwen naar de lichaamsslagger.
- 16 De sikkellellen verstoppen haarvaten.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 11

### Grote bloedsomloop

- 1 **B** De slagaders worden wijder als het hart een bloedgolf in de slagaders stuwt. Als de elasticiteit van de slagaders afneemt, kan het volume van de slagaders minder toenemen en neemt de bloeddruk toe.  
*Als de kracht van het samentrekken van het hart afneemt, neemt de juist af.*
- 2 Doorsnede 2 is gemaakt op het tijdstip dat bloeddruk P heerst. Doordat bij P de bloeddruk het hoogst is, is de slagader verwijd.
- 3 **C** Door de vele parallelle kleinere slagaders is de totale doorsnede groter dan de doorsnede van de slagaders waarin het bloed wordt aangevoerd. De druk en de stroomsnelheid worden daardoor lager. (Binas 84E1, ScienceData 20.11)  
*Naarmate het traject groter is, neemt de weerstand toe.*

### Meer donorlongen

- 4 **D** Door de longslagader stroomt zuurstofarm bloed naar de longhaarvaten. In de tabel staan de normale waarden van de te bereiken partiële druk in de longhaarvaten:  $pO_2 = 5,3 \text{ kPa}$  en  $pCO_2 = 6,1 \text{ kPa}$ ; de waarden van (kunst)bloed dat de longen verlaat:  $pO_2 = 12,6 \text{ kPa}$  en  $pCO_2 = 5,3 \text{ kPa}$ . Bij lucht in de longblaasjes staat dat  $pCO_2 = 5,3$  komt overeen met 5,6 volume%. Om door diffusie de  $pCO_2$  van 5,3 op 6,1 kPa te brengen moet het gasmengsel waarschijnlijk kunstbloed geleid worden dus (minstens 15%) meer dan 5,6%  $CO_2$  bevatten. Bij lucht in de longblaasjes staat dat  $pO_2 13,3 \text{ kPa}$  overeenkomt met 14,0 volume%. Om  $pO_2$  van 12,6 naar 5,3 kPa terug te brengen, moet het gasmengsel waarschijnlijk kunstbloed geleid worden minder dan de helft van 14,0%  $O_2$  bevatten.

### Kweekvlees

- 5 **C** Bloedserum is bloed zonder fibrinogeen en bloedplaatjes en zal daardoor niet stollen.  
*Volbloed is onbehandeld bloed en zal buiten de bloedvaten snel stollen.*  
*Bloedplasma is de bloedvloeistof, dus zonder bloedcellen en bloedplaatjes. Ook bloedplasma kan door de aanwezigheid van fibrinogeen en een weefselfactor stollen.* (Binas 84O en ScienceData 19.6)

### Hartfalen

- 6 **D** De bloeddruk wordt gemeten met een oppompbare band waarmee de bloedvaten in de arm worden dichtgedrukt. Tijdens het leeglopen van de band wordt geluisterd met een stethoscoop naar geluiden van de armslagader. Als er een bloedgolfje door de armslagader kan lopen, is er vervolgens een klop hoorbaar van het dichtklappen van de armslagader: dan wordt de bovendruk (systole) afgelezen. Als het bloed ononderbroken kan doorstromen, houdt het geluid op en wordt de onderdruk (diastole) gemeten.  
*De druk in de aorta kan alleen in de aorta zelf gemeten worden.*  
*De druk in een armader (en onderste holle ader) is veel lager dan in een armslagader en kan met deze methode niet worden waargenomen.*

- 7 **D** De linker kamer levert de hoogste druk in 4, de aorta.  
De kleine bloedsomloop, 1, 2 en 3, heeft een lagere druk. Het bloed stroomt van de rechter kamer naar de linker boezem, namelijk van een plaats met een hoge druk naar een plaats met een lage druk. Hiervan heeft 1, de longslagader de hoogste druk. Gevolgd door de longhaarvaten, 2 en tenslotte de longader, 3.
- 8 Bloedvat nummer 2 heeft de laagste stroomsnelheid en bloedvat nummer 1 heeft het laagste zuurstofgehalte.  
*Er gaat evenveel bloed door 1, 2, 3 en 4 terwijl de totale diameter van de haarraten bij 2 groter getekend is. Daardoor moet de stroomsnelheid in 2 lager zijn.*  
*Bloedvat nummer 1 komt uit de rechterkamer en moet dus de longslagader zijn. Bloedvat nummer 3 komt met opgenomen zuurstof uit in de linkerboezem.*  
(Binas 84A,E1; ScienceData 20.1,11)
- 9 **A** Door toename van de hartslagfrequentie stijgt de bloeddruk en rekelt de wand van de aorta uit. Met aanpassing van de hartslagfrequentie wordt negatieve terugkoppeling bedoeld. Als de baroreceptoren rekken registreren zal de hartslagfrequentie dalen.
- 10 **A** Als slagadertjes vernauwen, ondervindt het bloed dat in de aorta wordt gepompt meer weerstand om verder door te stromen. De bloeddruk loopt daardoor op. Als er meer  $\text{Na}^+$  wordt gereabsorbeerd, neemt de osmotische waarde van het bloed toe. Daardoor wordt het bloedvolume hoger met als gevolg een hogere bloeddruk (Binas 85D; ScienceData 19.11).
- 11 Door de verhoogde urineproductie verminderd het bloedvolume waardoor de (verhoogde) bloeddruk lager wordt.

### Hartoortjes leveren nieuwe hartcellen

- 12 **A** Littekenweefsel wordt gevormd uit weinig gespecialiseerde cellen van het bindweefsel in de omgeving van het beschadigde spierweefsel.  
*Dekweefsel in de huid en dekweefsel als begrenzing van organen bestaat uit reeds gespecialiseerde cellen en deze kunnen (gespecialiseerde) hartspiercellen dus niet vervangen.*  
*Hartspierweefsel bestaat uit dwarsgestreepte spiercellen; glad spierweefsel komt wel voor in bloedvaten.*  
*Vetweefsel is een vorm van bindweefsel, gespecialiseerd in vetopslag.*
- 13 **A** Een stolsel dat losraakt uit het linker hartoortje kan via de aorta en halsslagader terechtkomen in de hersenen. Het kan ook via de kransslagader in een slagadertje van het hart vast komen te zitten (zie Binas 84A,C1 / ScienceData 20.1,3).  
*Een stolsel dat losraakt uit het rechter hartoortje loopt vast in een longslagadertje. Het kan niet door de longhaarvaten en komt dus nooit via de linker harthelft terecht in de hersenen.*
- 14 **D** Binas 83D en ScienceData 19.8 geven de binding van  $\text{O}_2$  bij verschillende pH's weer. Bij een lage pH is de bindingskracht kleiner en wordt dus meer zuurstof afgegeven.  
De ademfrequentie neemt toe als gevolg van een hogere  $\text{CO}_2$ -concentratie, door een lage pH (koolzuur en melkzuur) en uiteindelijk ook door een lage  $\text{O}_2$ -concentratie.

## Temperatuurregeling

- 15 A** In de afbeelding van de vis is weergegeven dat het bloed in de lichaamsslagerader uit de kieuwen komt, zoals weergegeven in schema 1 en 3. Het bloed in deader van de spier bevat de geproduceerde warmte, deze wordt overgedragen naar het bloed in de lichaamsslagerader. Daardoor stroomt er bloed met een lagere temperatuur naar het hart (en de kieuwen) terug.

## Orgaanschade bij sikkcelanemie

- 16** De sikkcelen lopen vast in haarvaten/bloedvaten in een orgaan waardoor als gevolg van gebrek aan voedingsstoffen/zuurstof weefsel kan beschadigen/afsterven.



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.

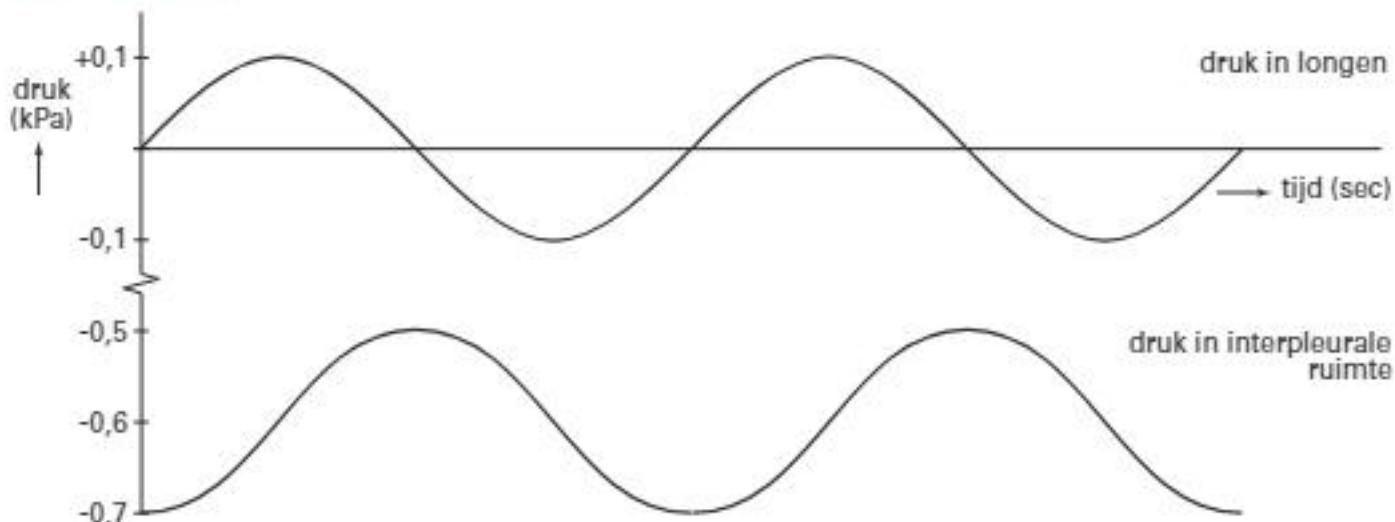


## 12 Gaswisseling

### Lucht in de longen

In afbeelding 1 is het verloop van de druk in de longen en het verloop van de druk in de interpleurale ruimte (de ruimte tussen longvlies en borstvlies) weergegeven tijdens de ademhaling. Eén ademhaling bestaat uit een inademing en een uitademing.

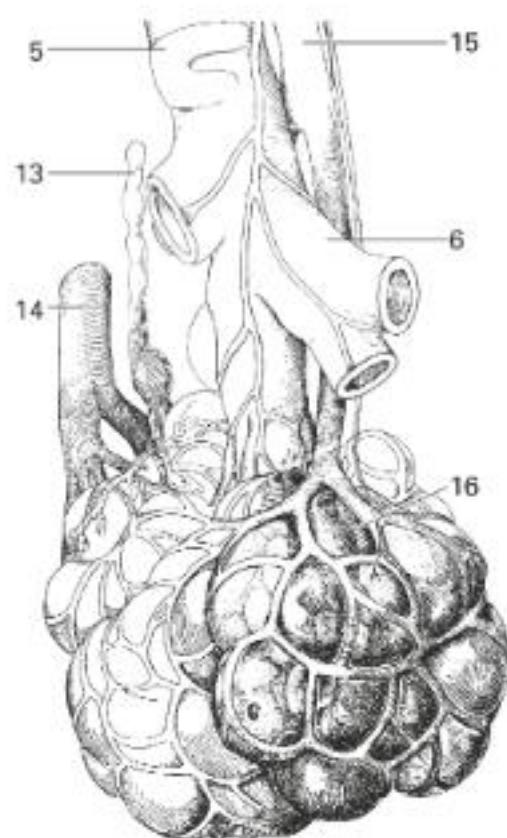
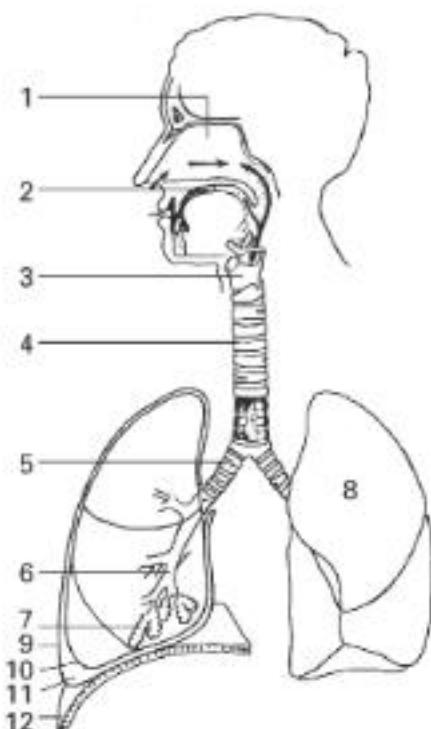
afbeelding 1



- 1 Wordt de druk in de interpleurale ruimte tijdens een inademing lager, blijft deze gelijk of wordt deze hoger?  
A lager  
B gelijk  
C hoger

#### informatie 1 bouw van longen en luchtwegen

- 1 neusholte
- 2 mondholte
- 3 strottenhoofd
- 4 luchtpijp
- 5 bronchus
- 6 bronchiole
- 7 longtrechtertje
- 8 long
- 9 borstvlies
- 10 longvlies
- 11 interpleurale ruimte
- 12 middenrif
- 13 lymfevat
- 14 longader
- 15 longslagader
- 16 longblaasje



Bij een mens wordt de gemiddelde samenstelling van de ingeademde lucht, van de uitgeademde lucht en van de lucht in de longblaasjes bepaald; de partiële drukken van de gassen hierin zijn weergegeven in de tabel in mm Hg, zoals in medische literatuur nog gebruikelijk is.

**tabel**

buitenlucht		lucht in longblaasjes		uitgeademde lucht	
	mm Hg		mm Hg		%
N <sub>2</sub>	597,0	78,62	569,0	74,9	74,5
O <sub>2</sub>	159,0	20,84	104,0	13,6	15,7
CO <sub>2</sub>	0,3	0,04	40,0	5,3	3,6
H <sub>2</sub> O	3,7	0,50	47,0	6,2	6,2
totaal	760,0	100,0	760,0	100,0	100,0

Bij de volgende vraag kun je ook informatie 1 gebruiken.

Over de verschillen in samenstelling van de lucht (zie tabel) worden twee beweringen gedaan.

- 1 Het percentage H<sub>2</sub>O van de lucht in de longblaasjes is hoger dan dat van de ingeademde lucht, doordat H<sub>2</sub>O uit het bloedplasma aan de lucht in de longen wordt afgegeven.
  - 2 Het percentage CO<sub>2</sub> van de lucht in de longblaasjes is hoger dan dat van de uitgeademde lucht, doordat uitgeademde lucht een mengsel is van lucht uit de longblaasjes en lucht uit andere delen van de luchtwegen.
- 2 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- A De beweringen 1 en 2 zijn beide juist.
  - B Alleen bewering 1 is juist.
  - C Alleen bewering 2 is juist.
  - D De beweringen 1 en 2 zijn geen van beide juist.

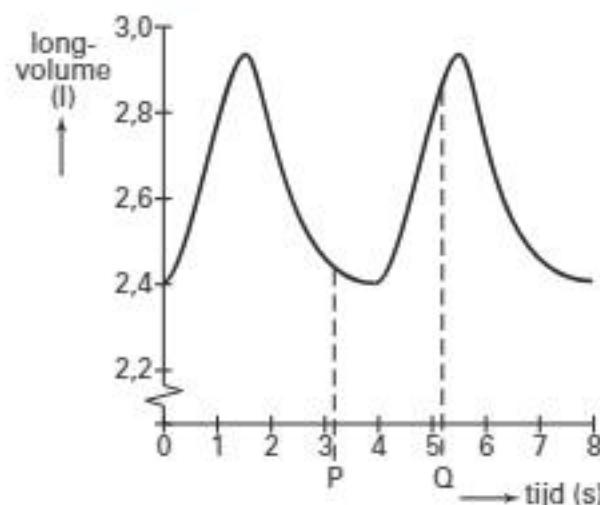
In de longen van de mens vindt diffusie plaats van O<sub>2</sub> uit de lucht in de longblaasjes naar het bloedplasma in de longhaarvaten. Met betrekking tot dit gegeven worden de volgende feiten genoemd:

- 1 Er vindt ventilatie van longlucht plaats.
  - 2 In rode bloedcellen is hemoglobine aanwezig.
  - 3 De longblaasjes hebben een groot oppervlak.
  - 4 O<sub>2</sub> rijk bloed wordt uit de longen afgevoerd.
- 3 Van welk of van welke van deze feiten is de diffusiesnelheid van O<sub>2</sub> uit de longlucht naar het bloed afhankelijk?
- A alleen van 1 en 3
  - B alleen van 2 en 3
  - C alleen van 2 en 4
  - D alleen van 1, 2 en 3
  - E alleen van 1, 3 en 4
  - F van 1, 2, 3 en 4

Het longvolume van een rustig ademende persoon wordt gedurende enige tijd gemeten.

De resultaten van deze metingen zijn uitgezet in het diagram van afbeelding 2. Bij de adembewegingen trekken de middenrifspieren en bepaalde tussenribspieren zich samen.

### afbeelding 2



De tijdstippen P en Q worden met elkaar vergeleken ten aanzien van de volgende aspecten:

- 1 de  $pCO_2$  in de luchtpijp,
  - 2 de luchtdruk in de luchtpijp,
  - 3 de toestand van de tussenribspieren die de ribben omhoog bewegen,
  - 4 de toestand van de middenrifspieren.
- 4 Geef van elk van deze aspecten aan hoe de situatie op tijdstip P is in vergelijking met de situatie op tijdstip Q. Gebruik bij de aspecten 1 en 2 de begrippen 'lager', 'gelijk' of ' hoger', bij de aspecten 3 en 4 de begrippen 'gespannen' of 'ontspannen'.

## Koolstofmono-oxide

Er wordt een experiment gedaan over de binding van CO (koolstofmono-oxide) aan hemoglobine in de rode bloedcellen. CO en  $O_2$  zijn in competitie voor dezelfde bindingsplaatsen in een hemoglobinemolecuul. Een proefpersoon verblijft op zeeniveau en ademt een bepaalde hoeveelheid CO in. Enkele uren later ademt hij dezelfde hoeveelheid CO in op een hoogte van 5000 m. CO is in beide gevallen aan de omgevingslucht toegevoegd. In de tabel zijn enkele verschillen tussen zeeniveau en 5000 m hoogte opgenomen.

### tabel

	zeeniveau	5000 m
luchtdruk (kPa)	101,0	54,0
partiële $pO_2$ in ingeademde lucht (kPa)	19,8	10,0
partiële $pO_2$ in longblaasjes (kPa)	14,0	5,6

- 5 Is bij de proefpersoon de maximale hoeveelheid CO per ml bloed op zeeniveau kleiner dan, gelijk aan of groter dan die op 5000 m hoogte?
- A kleiner  
B gelijk  
C groter

## De eerste ademteug

De eerste ademteug na de geboorte is een spannend moment. Vooral bij een te vroeg geboren baby gaat ademhalen moeilijk en vaak moet dan worden beademd (afbeelding 1).

Nieuwe behandelingen vergroten de overlevingskans van een te vroeg geboren baby.

**afbeelding 1**



Na de geboorte vindt er bij een baby een grote verandering in de manier van gaswisseling plaats. Vóór de geboorte werden zuurstof en koolstofdioxide via de placenta uitgewisseld. Meteen na de geboorte worden de longblaasjes voor het eerst volgezogen met lucht en gaat er meer bloed naar de longen.

Het duurt vaak even voordat een pasgeboren baby ademt.

In die korte tijd neemt de ademprikkel steeds meer toe, waarna de ademhaling op gang komt.

- 6 Door welke veranderde bloedwaarde(n) wordt de ademprikkel sterker?  
Waar wordt deze verandering gemeten door de chemoreceptoren?

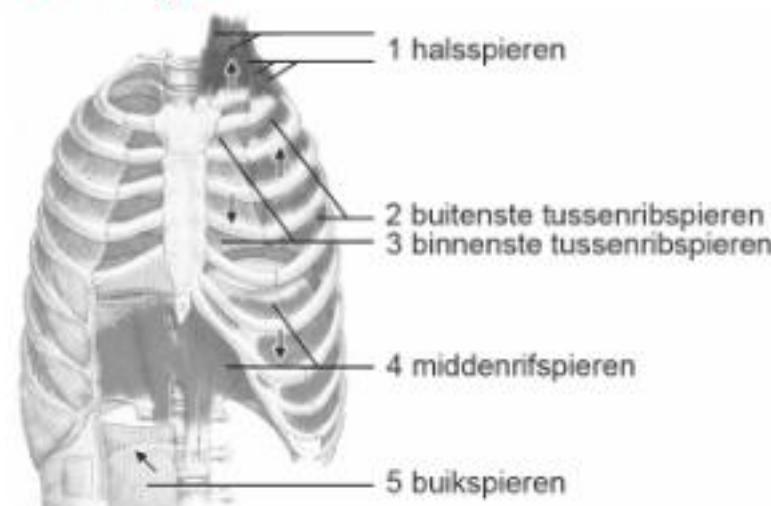
veranderde bloedwaarde(n)	plaats chemoreceptoren
A alleen afname pO <sub>2</sub>	in de aorta
B alleen afname pO <sub>2</sub>	in de longaders
C toename pCO <sub>2</sub> en afname pO <sub>2</sub>	in de aorta
D toename pCO <sub>2</sub> en afname pO <sub>2</sub>	in de longaders

Enkele spieren die betrokken zijn bij de longventilatie zijn in afbeelding 2 met een nummer aangeduid.

Met pijlen is aangegeven in welke richting de ribben bewegen als deze spiergroepen samentrekken.

Ook de richting waarin het middenrif beweegt als de middenrifspieren samentrekken, is met een pijl aangegeven.

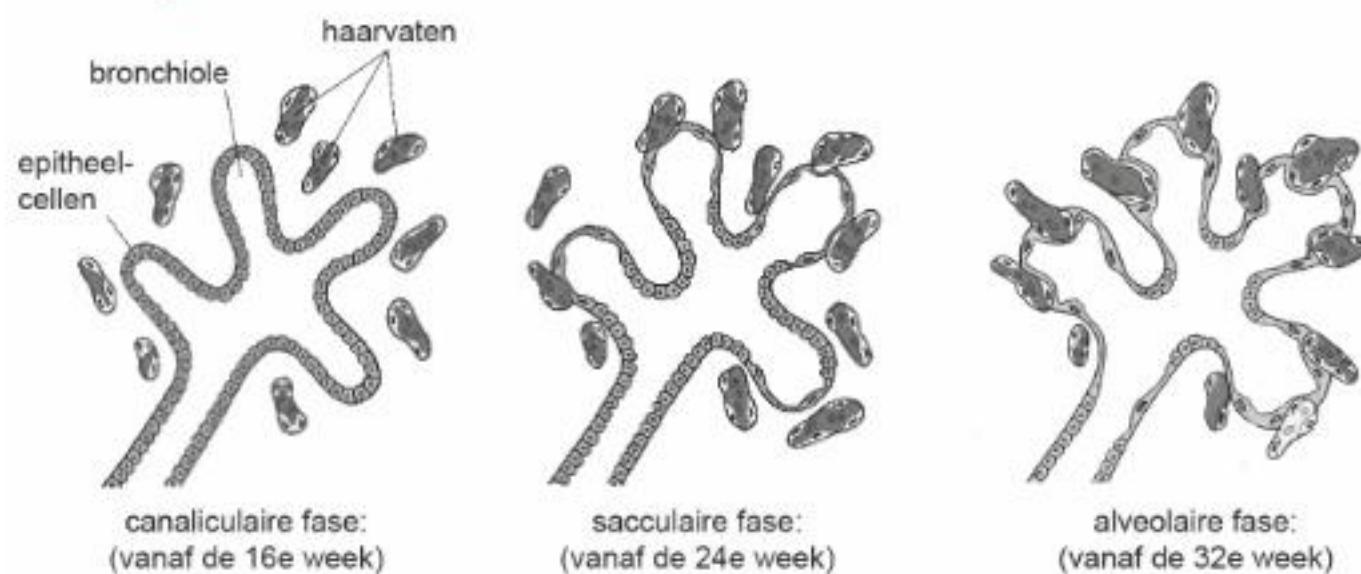
**afbeelding 2**



- 7 Welke van deze ademhalingsspieren leveren een grote inspanning bij de eerste ademteug van een pasgeboren baby?
- A alleen 1 en 2
  - B alleen 3 en 4
  - C alleen 3 en 5
  - D alleen 1, 2 en 4
  - E alleen 1, 2 en 5
  - F alleen 3, 4 en 5

Hoe goed de gaswisseling verloopt na de geboorte is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de longen. In afbeelding 3 zijn de anatomische veranderingen van bronchioli (waaruit zich de longblaasjes ontwikkelen) in verschillende ontwikkelingsfasen weergegeven.

**afbeelding 3**



Vanaf de 26e week van de embryonale ontwikkeling wordt in de bronchioli een steeds grotere hoeveelheid surfactant geproduceerd. Surfactant is een mengsel van lipiden en eiwitten dat ervoor dient om de oppervlaktespanning in de longblaasjes te verlagen. Daardoor kunnen de longblaasjes makkelijker open blijven.

Bij een vroeggeboorte zijn de overlevingskansen voor een baby waarvan de longen in de sacculaire fase verkeren groter dan wanneer de longen nog in de caniculaire fase zijn.

Een verklaring hiervoor is de verbeterde gaswisseling door veranderingen in de bouw van het longweefsel.

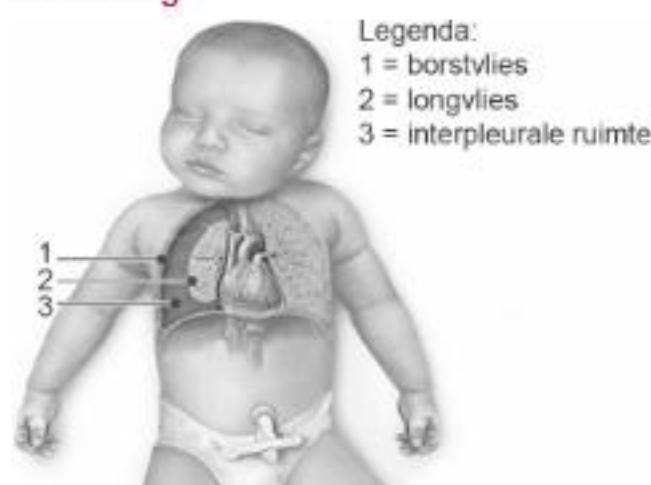
- 8 Noteer twee veranderingen in de bouw van het longweefsel (afbeelding 3) die leiden tot een verbeterde gaswisseling in de sacculaire fase.

Een te vroeg geboren baby met ernstige ademhalingsproblemen wordt behandeld met behulp van een mechanisch beademingsapparaat.

De klassieke manier van beademen is dat de longen worden volgepompt en weer leeggezogen. Bij het leegzuigen kunnen longblaasjes dichtklappen. Ook bij het volpompen kan er schade ontstaan aan de tere longblaasjes.

Mogelijke gevolgen van de klassieke mechanische beademing zijn dat longblaasjes knappen en het longvlies wordt geperforeerd. Hierdoor laat het longvlies los van het borstvlies. Er is dan een klaplong ontstaan (afbeelding 4).

**afbeelding 4**



Enkele longwaarden zijn:

- 1 restvolume
- 2 totale longvolume
- 3 vitale capaciteit

9 Welke waarde is of welke waarden zijn bij een klaplong verminderd?

- A alleen 1
- B alleen 2
- C alleen 3
- D alleen 1 en 3
- E alleen 2 en 3
- F 1, 2 en 3

Om beschadiging van de nog niet goed ontwikkelde longen te voorkomen, wordt bij voorkeur CPAP (continuous positive airway pressure, afbeelding 1) toegepast: via een maskertje wordt continu lucht met een licht verhoogde luchtdruk naar de longen gevoerd.

CPAP-beademing vergemakkelijkt het vullen van de longblaasjes. Het belangrijkste effect heeft het inblazen van de lucht echter tijdens de uitademing: er is minder risico op beschadiging aan de longblaasjes van vroeggeborenen dan bij klassieke beademing.

10 Waardoor voorkomt CPAP-beademing met name tijdens de uitademing schade?

## Cystische fibrose (CF)

CF wordt ook wel taaislijmziekte genoemd, omdat het slijm dat onder andere in de luchtwegen wordt afgescheiden abnormaal taai is. Daardoor wordt het moeilijker afgevoerd uit de longen en blijft er meer slijm achter in de longblaasjes en vermindert de uitwisseling van gassen. Dat leidt tot een voortdurend gevoel van benauwdheid.

Factoren die van invloed zijn op de snelheid van de gaswisseling zijn de diffusieconstante ( $D$ ), het diffusie-oppervlak ( $O$ ), het drukverschil ( $p_1 - p_2$ ) en de afstand of diffusieweg ( $A$ ), zoals beschreven in de Wet van Fick:

$$\text{diffusiesnelheid} = D \cdot O \cdot (p_1 - p_2) / A$$

11 Geef een verklaring voor de benauwdheid van een CF-patiënt aan de hand van de verandering van één van deze factoren die invloed hebben op de gaswisseling.

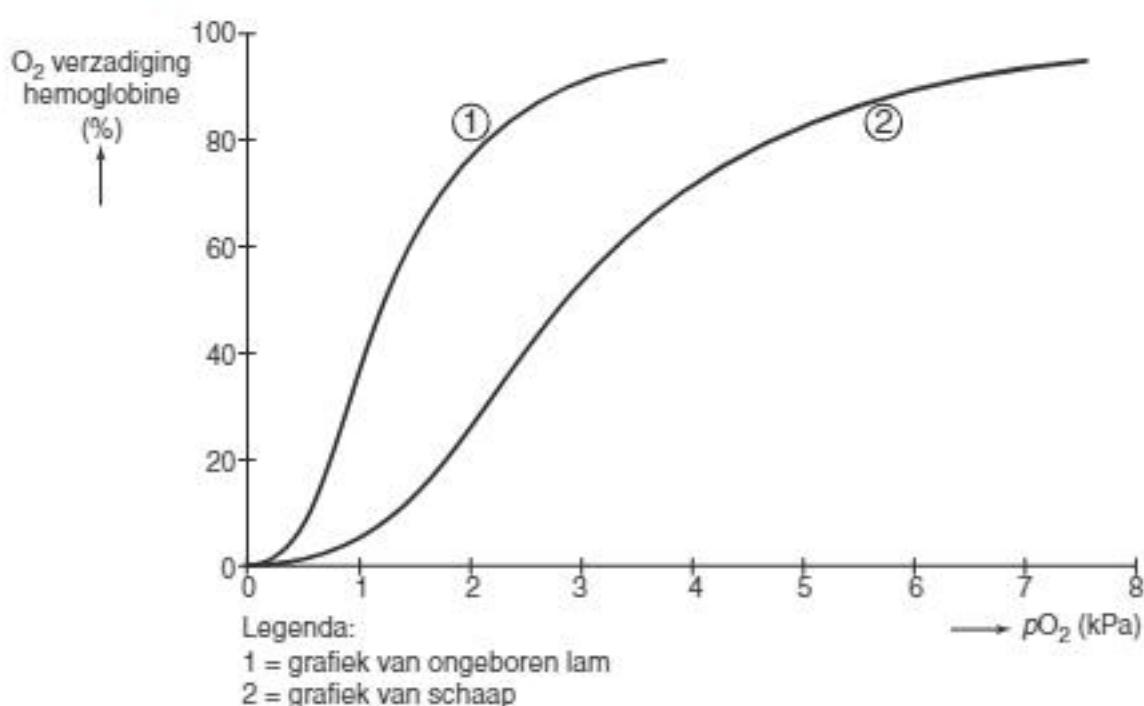
12 Welke bepaling geeft onderzoekers het beste inzicht in het functioneren van donorlongen na transplantatie?

- A de maximale uitblaassnelheid
- B de vitale capaciteit
- C het  $\text{CO}_2$ -gehalte van bloed in de longslagader
- D het  $\text{O}_2$ -gehalte van bloed in de aorta

## Zuurstofverzadiging

De gemiddelde levensduur van rode bloedcellen is ongeveer drie maanden. Voor een onderzoek naar de zuurstofverzadiging van het hemoglobine vóór en na de geboorte zijn lammetjes gebruikt. In de afbeelding zijn resultaten van dit onderzoek bij een moederschaap en bij haar lam vlak voor de geboorte weergegeven.

### afbeelding



- 13 Schets in de afbeelding het mogelijke verloop van een curve die het zuurstofverzadigingspercentage van hemoglobine bij toenemende pO<sub>2</sub> in het bloed van het jonge lam één maand na de geboorte weergeeft.

## Hints bij hoofdstuk 12

- 1 De grafieken zijn niet nodig voor het beantwoorden van deze vraag.
- 2 Beantwoord eerst de vraag en kijk bij twijfel naar de bijbehorende tabel 1.
- 3 Diffusiesnelheid is onder meer afhankelijk van de grootte van het concentratieverschil.
- 4 Moment P is tijdens een uitademing.
- 5 Dezelfde hoeveelheid CO wordt op 5000 meter ingeademd. Vergelijk de  $pO_2$  waarden.
- 6 De ademfrequentie neemt toe naarmate de pH van het bloed lager wordt.
- 7 De samentrekking van deze spieren zorgt voor een (maximale) vergroting van de borstkas.
- 8 Welke factoren vergroten de diffusiesnelheid?
- 9 De inhoud van een klaplong is (veel) kleiner dan die van een gezonde long.
- 10 Bij CPAP wordt continu lucht met een licht verhoogde luchtdruk naar de longen gevoerd en worden de longen niet leeggezogen.
- 11 Een longblaasje bevat een dikkere laag slijm dan normaal bij CF.
- 12 Denk aan de laatste reactie van de ademhalingsketen.
- 13 Na een maand is nog niet al het foetale bloed van voor de geboorte vervangen.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 12

### Lucht in de longen

- 1 A** Tijdens een inademing neemt door de spierbeweging de omvang van de borstkas toe. Daardoor ontstaat toename van de onderdruk (= lagere druk) in de interpleurale ruimte en vervolgens een onderdruk in de longen. De lucht gaat daardoor van buiten de longen in.
- 2 A** Het percentage  $H_2O$  van de buitenlucht van 0,50 neemt na inademing in de longblaasjes toe tot 6,2. Bij een hogere temperatuur in de longen kan de lucht meer waterdamp bevatten en zal de lucht meer water opnemen uit de vochtige wand van de longblaasjes. Dit vocht is afkomstig uit het bloedplasma  $\Rightarrow$  bewering 1 juist. Het percentage  $CO_2$  van de lucht in de longblaasjes van 5,3 is hoger dan dat van de uitgeademde lucht met 3,6%  $CO_2$ . Bij uitademing van lucht uit de longblaasjes vindt vermeniging plaats met lucht in andere delen van de luchtwegen (dode ruimte). Deze lucht bevat 0,04%  $CO_2$ . Door deze menging is het percentage  $CO_2$  van de uitgeademde lucht lager  $\Rightarrow$  bewering 2 ook juist.
- 3 F** De diffusiesnelheid is onder meer afhankelijk van het diffusieoppervlak en het concentratieverschil.  
Door diffusie van  $O_2$  uit de longlucht naar het bloed wordt de  $O_2$ -concentratie in de longen lager en in het bloedplasma hoger. Het concentratieverschil neemt daardoor af, en daarmee de diffusiesnelheid. Door ventilatie van longlucht blijft de  $O_2$ -concentratie in de longblaasjes hoog  $\Rightarrow$  feit 1, en door afvoer van  $O_2$ -rijk bloed uit de longen blijft de  $O_2$ -concentratie in het bloed laag  $\Rightarrow$  feit 4.  
De afvoer van  $O_2$  uit het bloedplasma in de longhaarvaten wordt bevorderd doordat veel  $O_2$  zich aan hemoglobine bindt  $\Rightarrow$  feit 2.  
Naarmate het oppervlak van de longblaasjes groter is, zal de diffusiesnelheid groter zijn  $\Rightarrow$  feit 3.
- 4** De  $pCO_2$  in de luchtpijp is op tijdstip P hoger (dan op tijdstip Q).  
De luchtdruk in de luchtpijp is op tijdstip P hoger (dan op tijdstip Q).  
De tussenribspieren die de ribben omhoog bewegen, zijn op tijdstip P ontspannen (en op tijdstip Q gespannen).  
De middenrifspieren zijn op tijdstip P ontspannen (en op tijdstip Q gespannen).  
*Uit het diagram (afbeelding 2) blijkt dat het longvolume op tijdstip P afneemt en op tijdstip Q toeneemt. Tussen P en Q wordt dus nog een beetje uitgeademd en vervolgens ingeademd. Door inademing komt buitenlucht met een lagere  $pCO_2$  in de luchtpijp. Daardoor daalt de  $pCO_2$ .*  
*Tijdens de uitademing wordt longlucht naar buiten geperst doordat op tijdstip P de druk in de longen relatief hoog is. Tijdens de inademing stroomt buitenlucht door onderdruk naar binnen, dus tijdens tijdstip Q is de druk in de longen relatief laag.*  
*Bij de uitademing op tijdstip P bewegen de ribben omlaag door ontspanning van de tussenribspieren die op tijdstip Q de ribben omhoog bewegen bij de inademing. Bij de uitademing beweegt het middenrif omhoog door ontspanning en tijdens de inademing omlaag door samentrekking.*

### Koolstofmono-oxide

- 5 A** CO en  $O_2$  zijn in competitie voor dezelfde bindingsplaatsen in een hemoglobine-molecuul, terwijl de aangeboden hoeveelheid CO gelijk blijft bij verschillende hoogten. De hoeveelheid  $O_2$  en dus binding van zuurstof is afhankelijk van de partiële druk; die is op zeeniveau hoger dan op 5000 meter hoogte. Daardoor wordt op zeeniveau meer  $O_2$  gebonden en dus minder CO.

## De eerste ademteug

- 6 C De ademprikkel wordt sterker bij een toename van de  $pCO_2$  en een afname van de  $pO_2$ . De druk van beide gassen wordt waargenomen met de chemoreceptoren in de aorta.

*De ademhaling wordt voornamelijk beïnvloed door de  $pCO_2$ . In de hersenstam, de wand van de halsslagaders en de aorta liggen zintuigcellen waarmee de  $pCO_2$  van het bloed wordt waargenomen. Vanuit de chemoreceptoren gaan impulsen via zenuwen naar het ademcentrum.*

*De  $pO_2$  van het bloed beïnvloedt indirect chemoreceptoren voor koolstofdioxide. Een lage  $pO_2$  maakt de chemoreceptoren gevoeliger voor een hogere  $pCO_2$  van het bloed.*

- 7 D Bij een pasgeborene leveren de halsspieren (1), de buitenste tussenribspieren (2) en de middenrifspieren (4) een grote inspanning.

*Door de inhoud van de borstkas te vergroten, wordt er ingeademd. Dit gebeurt door de borstkas omhoog te bewegen (buitenste tussenribspieren trekken dan samen, zie afbeelding 2) en het middenrif omlaag te bewegen (door samentrekking van deze spier, waardoor deze korter wordt en afvlakt). De buikspieren leveren geen inspanning, omdat zij juist ontspannen. Het samentrekken van de halsspieren zorgt ervoor dat de borstkas extra omhoog wordt getrokken, waardoor er meer ruimte in de borstkas ontstaat en de longen dus groter worden. Daardoor wordt de onderdruk in de longen groter en wordt er meer lucht naar binnen gezogen.*

- 8 Voorbeelden van juiste veranderingen, waarvan je er twee moet noemen:

- De haarvaten liggen steeds dichter bij de longblaasjes (1).
- De epithelialcellen worden dunner (2).
- Er komen meer bloedvaten (3).
- De haarvaten worden wijder (4).
- Er is een oppervlaktevergrotting van de longblaasjes (5).

*Uitwisseling van gassen in het lichaam vindt plaats door diffusie. De gaswisseling wordt verbeterd door:*

- de diffusieafstand te verkleinen (1 en 2);
- het diffusieoppervlak te vergroten (3, 4 en 5);
- het drukverschil of concentratieverschil maximaal te houden.

- 9 F Bij een klaplong nemen het restvolume, het totale longvolume en de vitale capaciteit af.

*Bij een klaplong laat het longvlies los van de binnenkant van de borstkas. De long schrompelt in elkaar, waardoor het volume van de long afneemt. Door de afname van het longvolume neemt ook het restvolume af (lucht die in alle gevallen in de longen achterblijft). De vitale capaciteit (de hoeveelheid lucht die na een maximale inademing kan worden uitgeademd) neemt af doordat het longvolume is afgenomen. (Binas 83B of ScienceData 21.3)*

- 10 Door de licht verhoogde druk bij CPAP-beademing wordt het dichtklappen van de longblaasjes (tijdens de uitademing) voorkomen.

*Door het inblazen van lucht met een licht verhoogde luchtdruk tijdens de uitademing blijft er lucht in de longblaasjes achter. Deze licht verhoogde druk voorkomt dat de longblaasjes bij uitademing dichtklappen, zoals kan gebeuren bij de klassieke manier van beademing (waarbij de longen ook nog worden leeggezogen).*

## Cystische fibrose (CF)

**11 Voorbeelden van een mogelijk juiste verklaring:**

- Door de slechte ventilatie wordt het concentratieverschil tussen  $O_2$  in de longblaasjes en  $O_2$  in de longhaarvaten ( $p_1-p_2$ ) kleiner en gaat de diffusie langzamer.
- De zuurstof moet door de slijmlaag over een langere afstand (A) diffunderen, waardoor er (in een bepaalde tijd) minder  $O_2$  in het bloed kan worden opgenomen.
- Doordat een deel van de longblaasjes (en/of bronchiolen) met slijm verstopt raakt, wordt (door het afgenoemde aantal effectieve longblaasjes) het oppervlak (O) voor gaswisseling kleiner, waardoor diffusie van zuurstof en koolstofdioxide afneemt.
- De diffusieconstante (D) wordt kleiner, doordat de diffusie (behalve door de wanden van het longblaasje en longhaarvat) door taaier slijm moet plaatsvinden. Daardoor (is er een lagere diffusiesnelheid en) kan minder zuurstof opgenomen worden.

Aangezien de  $CO_2$  de belangrijkste ademprikkel is, veroorzaakt eigenlijk de hoge  $CO_2$ -concentratie benauwdheid.

**12 D De functie van de longen is gaswisseling: zuurstof in het bloed te brengen (en  $CO_2$  af te voeren). Het  $O_2$ -gehalte in het bloed van de aorta geeft aan of dat gebeurt.**

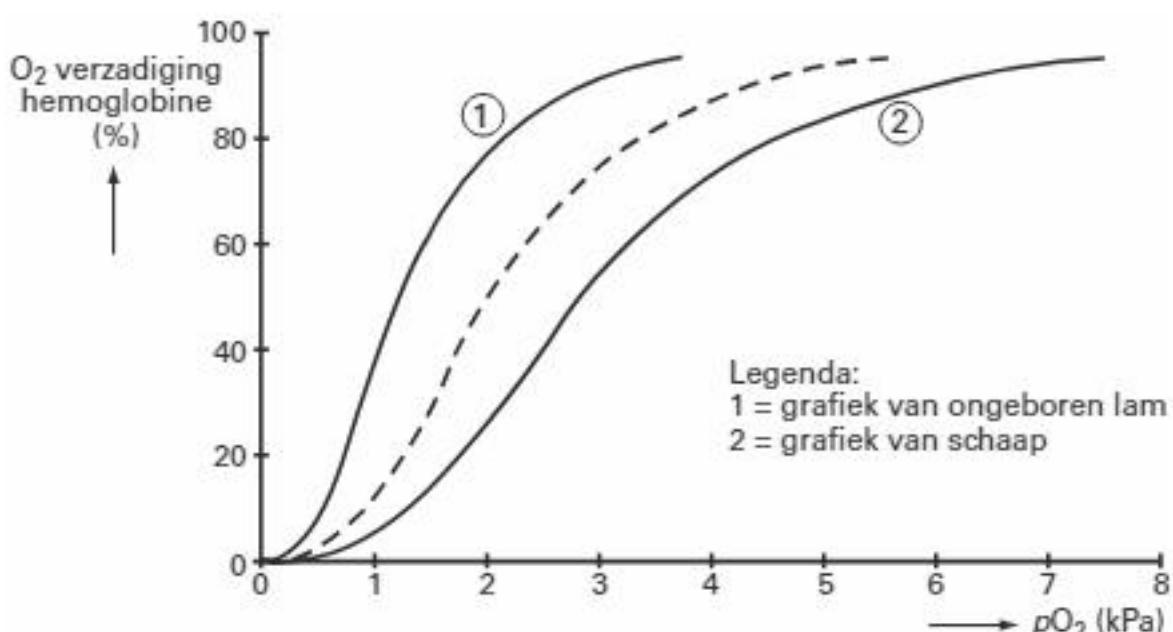
*De uitblaassnelheid geeft geen directe informatie over zuurstofopname.*

*De vitale longcapaciteit geeft het volumeverschil van de longen weer tussen de maximale in- en uitademingstoestand. (Binas 83B, ScienceData 21.3b).*

*De longslagader voert bloed naar de longen toe; het  $CO_2$ -gehalte van het bloed in de longslagader wordt bepaald door de activiteit in het lichaam.*

## Zuurstofverzadiging

**13 Voorbeeld van een juiste curve:**



In een ongeboren zoogdier dat zuurstof opneemt via de placenta, wordt een ander type Hb gevormd. Dit heeft een hogere affiniteit tot  $O_2$ , waardoor het Hb meer  $O_2$  bindt dan dat van een volwassen schaap bij eenzelfde  $pO_2$ . Een maand na de geboorte is een deel van de rode bloedcellen afgestorven en vervangen door rode bloedcellen met een Hb als van een volwassen schaap. De gevraagde curve zal daarom liggen tussen de grafiek van het ongeboren lam en die van het schaap. Door een overal gelijke verhouding in afstand tot de beide grafieken, krijgt ook deze curve een s-vormig verloop.

Zie Binas 83D, ScienceData 19.8.

Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.

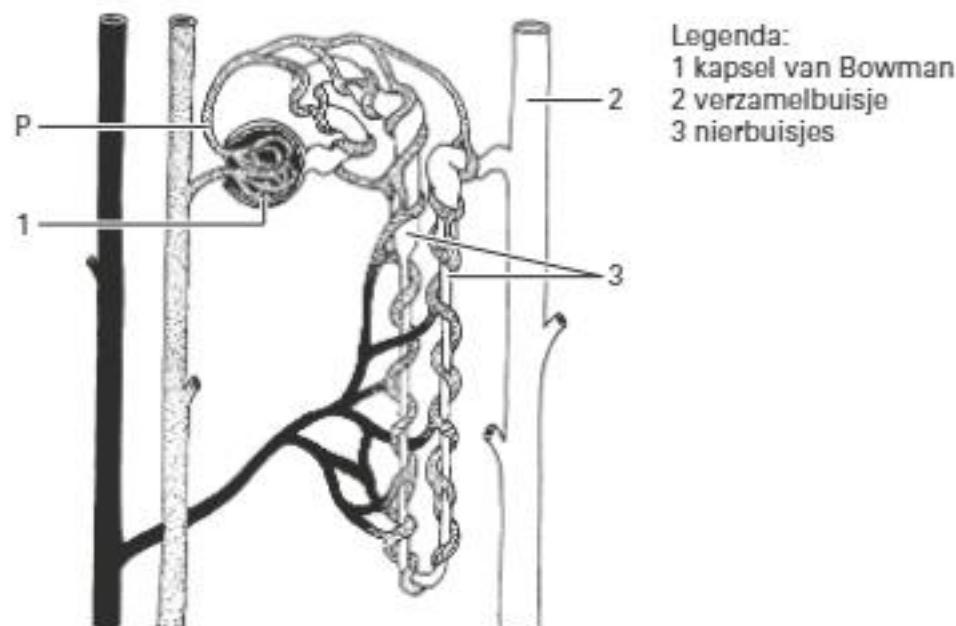


## 13 Uitscheiding

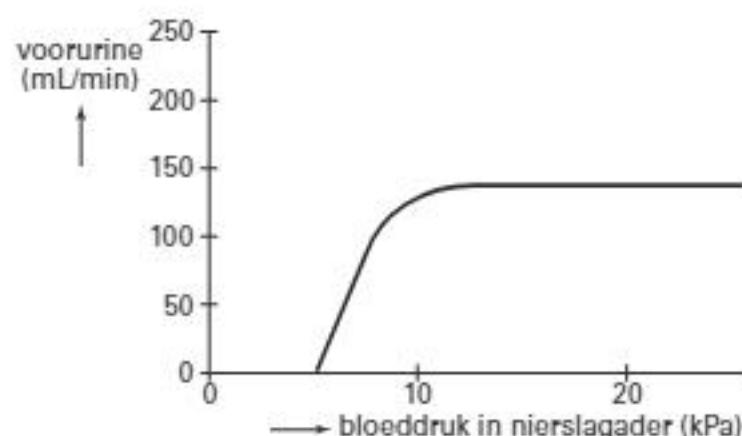
### Uitscheiding

In afbeelding 1 is een niereenheid van de mens getekend met aanvoerende en afvoerende bloedvaten. In het diagram in afbeelding 2 is het verband weergegeven tussen de bloeddruk in de nierslagader en de hoeveelheid per minuut gevormde voorurine.

afbeelding 1



afbeelding 2



In de nieren is sprake van autoregulatie van de hoeveelheid geproduceerde voorurine. Met autoregulatie wordt bedoeld dat in de nieren zelf regelmechanismen aanwezig zijn. Twee leerlingen doen op grond van het diagram een bewering over het bestaan van deze autoregulatie.

Leerling 1 zegt: 'Het bestaan van deze autoregulatie kan worden geconcludeerd uit het gegeven dat bij een lage bloeddruk minder voorurine wordt gevormd dan bij een hoge bloeddruk'.

Leerling 2 zegt: 'Het bestaan van deze autoregulatie kan worden geconcludeerd uit het gegeven dat boven een bloeddruk van ongeveer 10 kPa de hoeveelheid per minuut geproduceerde voorurine gelijk blijft'.

- 1 Welke van deze leerlingen doet of welke doen een juiste bewering over het bestaan van deze autoregulatie?
- A geen van beide leerlingen
  - B alleen leerling 1
  - C alleen leerling 2
  - D beide leerlingen

In de wand van bloedvat P bevinden zich kringspieren die de diameter van het bloedvat kunnen verkleinen.

Iemand gaat liggen waardoor de bloeddruk in de nierslagaders daalt van 14 kPa naar 12 kPa (zie afbeelding 2).

- 2 Trekken op dat moment de kringspieren in de wand van P zich samen, ontspannen deze spieren zich of veranderen ze niet? Geef een verklaring voor je antwoord.

Over stoffen in de voorurine worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 een deel van de glucose uit het bloedplasma dat door de nierslagaders stroomt, komt in de voorurine terecht;
  - 2 alle ureum uit het bloedplasma dat per dag door de nierslagaders stroomt, komt gedurende die dag in de voorurine terecht;
  - 3 een deel van de glucose die in de voorurine aanwezig is, wordt door de cellen van de nierbuisjes verbruikt.
- 3 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- A alleen bewering 1
  - B alleen bewering 2
  - C alleen bewering 3
  - D alleen de beweringen 1 en 2
  - E alleen de beweringen 1 en 3
  - F de beweringen 1, 2 en 3

## Zwangerschapsdiabetes

Zwangerschapsdiabetes is een vorm van suikerziekte die tijdens de zwangerschap ontstaat, meestal tussen de 24ste en 28ste week van de zwangerschap. Deze vorm van diabetes wordt veroorzaakt door insulineresistentie en lijkt op diabetes type 2. Bij zwangerschapsdiabetes is het de veranderde hormoonhuishouding die de cellen in het lichaam ongevoeliger maakt voor insuline. Doordat stoffen uit vetcellen de insulinegevoeligheid eveneens verminderen, komt zwangerschapsdiabetes vaker voor bij vrouwen met overgewicht.

De grootste boosdoener is een antagonist van insuline, het placentahormoon HPL.

De productie van HPL is in de tweede helft van de zwangerschap veel hoger dan in de eerste helft.

- 4 Welke verstoring op celniveau treedt op bij vrouwen met zwangerschapsdiabetes?
- A Cellen van de eilandjes van Langerhans produceren geen insuline.
  - B Door de vele vetcellen wordt te veel glucose opgeslagen.
  - C Levercellen en spiercellen nemen te weinig glucose op.
  - D Niercellen scheiden glucose pas bij een hoge bloedsuikerspiegel uit.

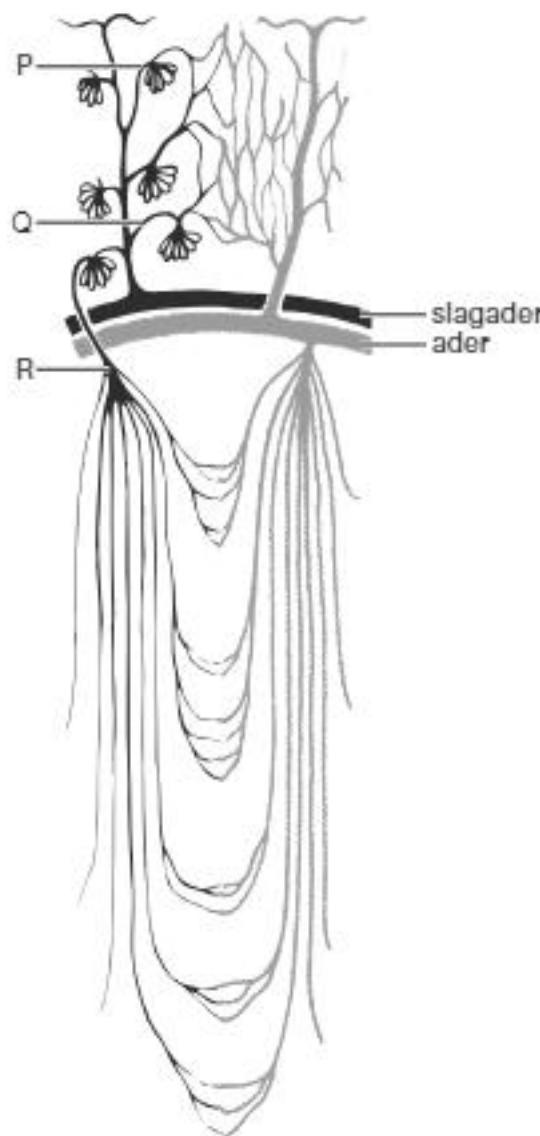
Een ouderwetse methode voor de diagnose van diabetes is het aantonen van glucose in de urine. Bij zwangere vrouwen kan de nierdrempel (de bloedwaarde waarboven glucose in de urine komt) voor glucose echter verlaagd zijn, waardoor deze methode niet geschikt is.

- 5 Wat houdt in dit geval 'een verlaagde nierdrempel' in?
- Door de nierbuisjes wordt minder glucose dan normaal gereabsorbeerd (teruggeresorbeerd).
  - Glucose wordt dan actief uitgescheiden door de nierbuisjes.
  - Via het kapsel van Bowman komt meer glucose dan normaal in de voorurine terecht.

## Nieren

In afbeelding 1 is schematisch de bloedvoorziening van een deel van het niermerg en van de nierschors weergegeven. Drie plaatsen in bloedvaten zijn aangegeven met P, Q en R.

**afbeelding 1**



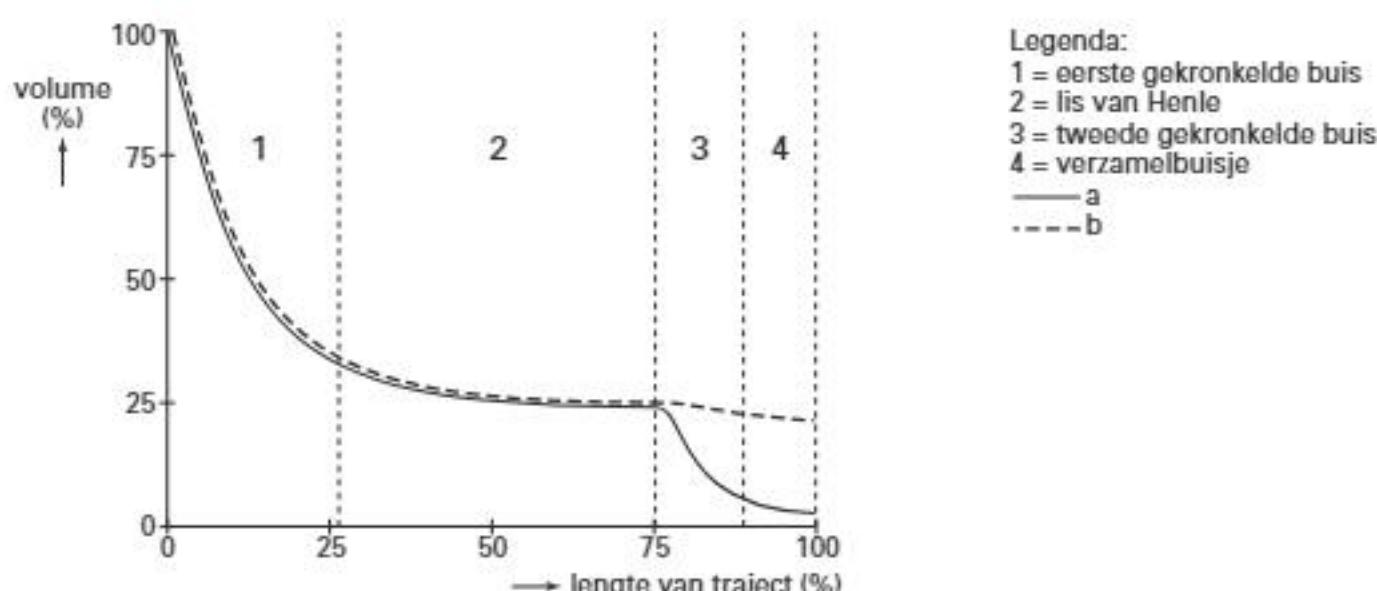
bewerkt naar: R.F. Schmidt & G. Thews (red.),  
Physiologie des Menschen, Berlin, 1987, 778

- 6 Op welke van de aangegeven plaatsen bevat het bloed de grootste hoeveelheid zuurstof per mL?
- op plaats P
  - op plaats Q
  - op plaats R

De osmotische waarde van het bloed in de slagaders wordt gemeten door osmoreceptoren in de hypothalamus. De osmotische waarde van het bloed wordt onder andere geregeld door het hormoon ADH.

In afbeelding 2 is op de X-as het traject weergegeven dat de vloeistof in een nefron doorloopt van het kapsel van Bowman tot aan het nierbekken. Op de Y-as is het volume van de vloeistof in dit traject weergegeven als percentage van de in het kapsel van Bowman gevormde voorurine.

**afbeelding 2**



bewerkt naar: R.F. Schmidt & G. Thews (red.), *Physiologie des Menschen*, Berlin, 1987, 787

Het volume van de (voor-)urine in het nefron is bij een sporter in twee situaties bepaald:

- situatie P: voordat de sporter met de training begint;
- situatie Q: na een uur waarin de sporter heeft getraind en hij flink heeft getranspireerd.

- 7 Leg uit welke van de grafieken a en b (zie afbeelding 2) situatie Q weergeeft en gebruik daarbij de begrippen osmotische waarde, ADH, wateropname en uitscheiding.

## Lever

Op een bepaald moment bevindt zich bij iemand meer glucose per mL bloed in de leverslagader dan in de leverader.

Drie processen zijn:

- 1 vorming van glycogeen in de lever
- 2 een geringe aanvoer van glucose via de poortader
- 3 desaminering van aminozuren

- 8 Welk van deze processen kan of welke kunnen het genoemde verschil in glucosegehalte veroorzaken?

- A alleen proces 1
- B alleen proces 2
- C alleen proces 3
- D alleen de processen 1 en 2
- E alleen de processen 2 en 3
- F de processen 1, 2 en 3

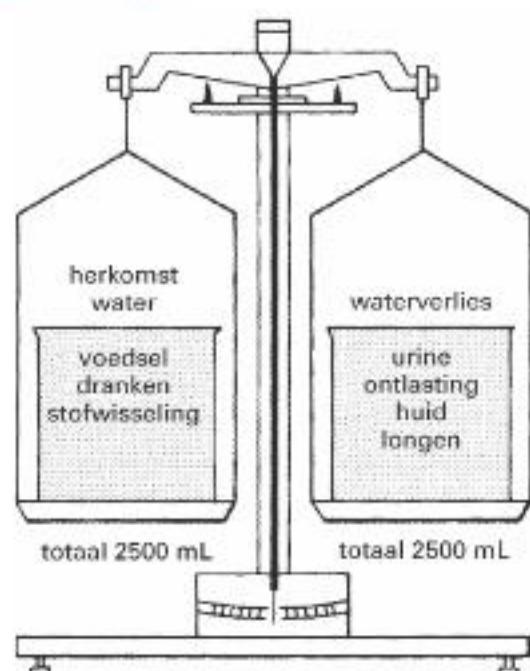
## Waterverlies

Het lichaam van een mens bestaat voor ongeveer 60% uit water. In de afbeelding is de waterbalans bij de mens schematisch weergegeven.

Waterverlies vindt plaats door diffusie via de huid, met ontlassing, met urine, door verdamping in luchtwegen en door zweten. In de tabel is het waterverlies in mL per dag onder verschillende omstandigheden weergegeven.

In de tabel ontbreken gegevens over de aard van het waterverlies.

### afbeelding



bewerkt naar: J.A. Bernards en L.N. Bouman, *Fysiologie van de mens*, Houten, 1994, 455

### tabel

		waterverlies in mL per dag		
buitentemperatuur	activiteit	20 °C weinig	30 °C weinig	20 °C veel
1 diffusie via de huid		350	350	350
2		350	250	650
3		100	100	100
4		200	1500	5000
5		1500	1300	600

- 9 Met welke nummers worden ontlassing en watervlief met urine aangegeven?

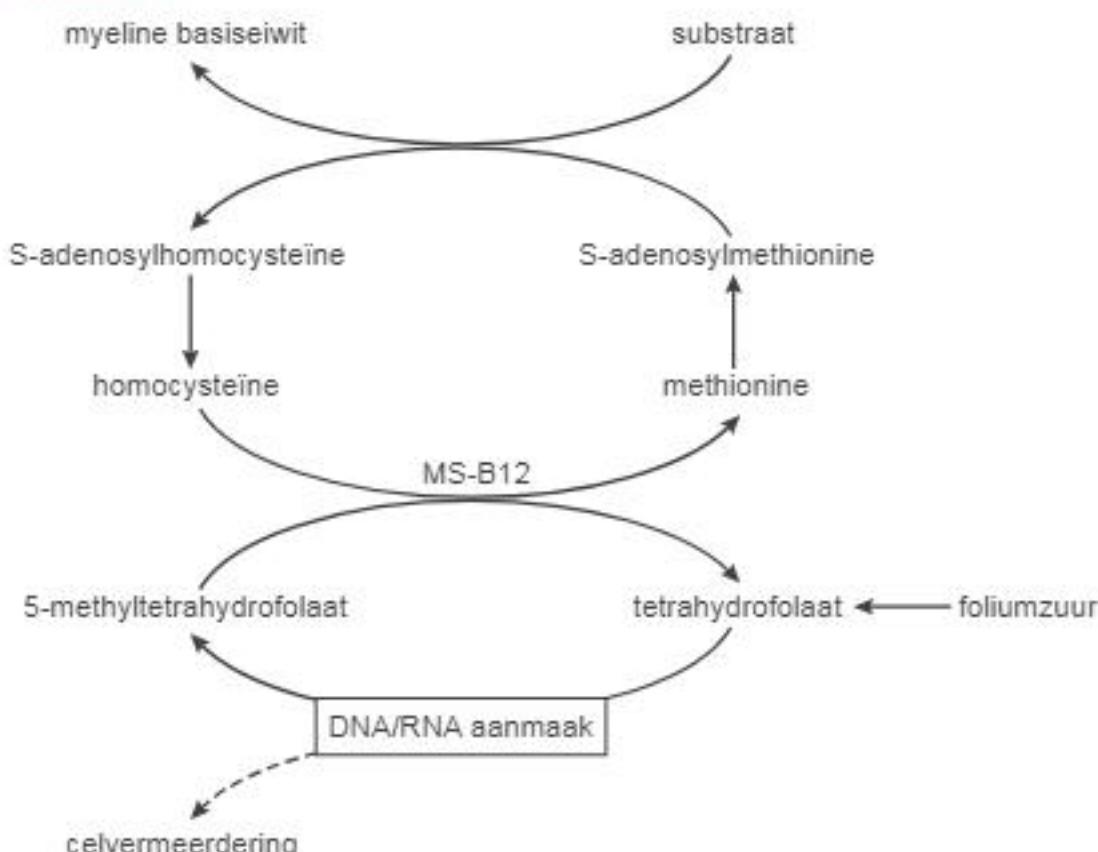
	ontlastung	urine
A	2	4
B	2	5
C	3	2
D	3	5
E	4	5
F	5	2

## Foliumzuur / methionine

De van foliumzuur afgeleide stof tetrahydrofolaat is nodig voor de aanmaak van DNA en RNA in delende cellen, zoals de bloedcelvormende stamcellen in het beenmerg. Vitamine B12 is als co-factor van methioninesynthase (MS B12 complex) in de lever betrokken bij de vorming van methionine, dat onder andere nodig is voor de vorming van myeline.

In de afbeelding worden processen weergegeven waarbij vitamine B12 en foliumzuur een rol spelen.

### afbeelding



Twee gegevens zijn:

- 1 Methionine wordt gerekend tot de essentiële aminozuren;
  - 2 In de lever wordt methionine-synthase (MS) gevormd. Deze twee gegevens lijken tegenstrijdig te zijn.
- 10**
- Wat houdt het begrip essentieel aminozuur in?
  - Waarom is het tweede gegeven daarmee tegenstrijdig?
  - Onder welke omstandigheid kunnen beide gegevens toch juist zijn?

## Lever en gal

Bij de afbraak van het hemoglobine uit de rode bloedcellen ontstaat een stof die vanuit de milt in het bloed terechtkomt en vervolgens actief uit het lichaam verwijderd wordt.

- 11** Welke stof is dat en via welk orgaan of welke organen wordt deze uit het lichaam verwijderd?

stof	orgaan/organen
A albumine	nieren
B albumine	lever
C bilirubine	nieren
D bilirubine	lever

## Hints bij hoofdstuk 13

- 1 (Auto)regulatie veronderstelt dat een bepaalde factor constant gehouden wordt.
- 2 Uitgangspunt is dat dezelfde hoeveelheid voorurine geproduceerd wordt.
- 3 Bewering 1 en 2 kunnen niet tegelijkertijd waar zijn.
- 4 Bij zwangerschapdiabetes blijft glucose in het bloed zitten.
- 5 Voorurine wordt gevormd door ultrafiltratie.
- 6 Het bloed wordt tijdens zijn gang ontdaan van een deel van de vloeistof.
- 7 ADH is een hormoon (zie Binas of ScienceData). Door vochtverlies verandert de osmotische waarde van de vloeistoffen in het lichaam.
- 8 Glucose wordt onder invloed van insuline omgezet in glycogeen.
- 9 Het waterverlies door longen, huid en nieren en de wateropname door de dikke darm is niet allemaal afhankelijk van activiteit of temperatuur.
- 10 Methionine kan alleen maar gerecycled worden.
- 11 Bij afbraak van bilirubine ontstaat in de darm een bruine kleurstof.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 13

### Uitscheiding

- 1 C** Uit het diagram blijkt dat bij een bloeddruk tussen ongeveer 5 kPa en 10 kPa de hoeveelheid geproduceerde voorurine evenredig is aan de bloeddruk. Dat boven een bloeddruk van ongeveer 10 kPa de hoeveelheid geproduceerde voorurine niet verder toeneemt, kan worden toegeschreven aan het bestaan van zelfregelmechanismen  $\Rightarrow$  de bewering van leerling 2 is juist.  
*Dat bij een lage bloeddruk minder voorurine wordt gevormd dan bij een hoge bloeddruk is een logisch gevolg van het feit dat voorurine in de kapsels van Bowman ontstaat door filtratie onder invloed van de bloeddruk. Daaruit kan niet het bestaan van autoregulatie worden geconcludeerd.*
- 2** De kringspieren trekken zich samen. Bij een daling van de bloeddruk moet dezelfde hoeveelheid voorurine worden gevormd / de filtratiesnelheid gelijk blijven, en daarom mag de filtratiedruk niet dalen als gevolg van het gaan liggen.  
*Voorurine wordt gevormd onder invloed van de bloeddruk (filtratiedruk) in de kapsels van Bowman. Zoals uit vraag 1 blijkt, wordt door autoregulatie de hoeveelheid voorurine die door filtratie gevormd wordt, constant gehouden bij verandering van de bloeddruk boven 10 kPa. Door samentrekking van kringspieren in bloedvat P ontstaat een verminderde afvoer van bloed uit het kapsel van Bowman en wordt de bloeddruk daar hoger. Een bloeddrukdalting in de nierslagader kan zo worden gecompenseerd.*
- 3 E** 1 In de kapsels van Bowman wordt voorurine gevormd: een klein deel van het bloedplasma dat door de bloedvaten van een glomerulus stroomt, komt via poriën in de kapsels terecht en vervolgens in de nierbuisjes (Binas 85, ScienceData 24). De poriën zijn voor de meeste opgeloste stoffen (bv. glucose en ureum) permeabel, met uitzondering van bijna alle eiwitten.  
 3 Veel stoffen waaronder alle glucose worden door cellen van nierbuisjes teruggeresorbeerd vanuit de voorurine en naar het bloed gebracht door actief transport. Voor de benodigde energie wordt een deel van de heropgenomen glucose direct gedissimileerd.  
 2 *Het meeste bloedplasma met onder andere opgelost ureum, komt niet in de voorurine terecht maar stroomt verder.*

### Zwangerschapsdiabetes

- 4 C** Bij zwangerschapsdiabetes zijn cellen ongevoeliger voor insuline (zie tekstkader). Insuline verhoogt de permeabiliteit van celmembranen voor onder meer glucose (Binas 89A; ScienceData 28.6).
- 5 A** De niedremppel is het glucosegehalte dat de cellen van de nierbuisjes nog kunnen terug resorberen naar het bloed. Normaal wordt alle glucose gereabsorbeerd. Maar als het glucosegehalte in de voorurine hoger is dan de niedremppel of de niedremppel verlaagd is, blijft er glucose in de voorurine en uiteindelijk ook in de urine (Binas 85A,B; ScienceData 24.1,3).  
 B *Glucose wordt niet actief uitgescheiden.*  
 C *De vorming van voorurine is een passief proces. Het glucosegehalte in de voorurine is gelijk aan dat van bloedplasma; dit geldt voor alle opgeloste stoffen in het bloed die uit kleine moleculen bestaan (Binas 85A; ScienceData 24.1).*

## Nieren

- 6 **C** Zuurstofrijk slagaderlijk bloed komt eerst in Q; daarna in P, een glomerulus in een nierkapsel. Daar wordt weinig zuurstof gebruikt. Het stroomt verder via R, een afvoerend zuurstofrijk slagadertje. Dit voert bloed van de glomerulus naar het nierkanaaltje en lis van Henle voordat het naar deader gaat. Omdat een deel van het bloedplasma uit de glomerulus wordt geperst, blijven er in het bloed (bij R) in verhouding meer rode bloedlichaampjes met zuurstof per volume-eenheid achter.

- 7 Grafiek a geeft situatie Q weer.

*Voorbeeld van een juiste uitleg:*

De sporter heeft veel getranspireerd en daarmee water verloren, waardoor de osmotische waarde van het bloed hoog is. Dit leidt tot (een hoge) ADH-afgifte. Hierdoor vindt meer wateropname in het nierkanaaltje plaats en is er weinig uitscheiding van urine.

## Lever

- 8 **D** De glucose die door de leverslagader en poortader wordt aangevoerd, kan in de lever in glycogeen worden omgezet.  
Het glucosegehalte in de leverslagader kan, na vermenging met bloed met een gering glucosegehalte uit de poortader, leiden tot een geringer glucosegehalte in de leverader.  
*Bij desaminering van aminozuren ontstaan (naast ureum) stoffen die als brandstof kunnen worden gebruikt. Uit deze stoffen kan glucose gevormd worden.*

## Waterverlies

- 9 **D** De hoeveelheid water in ontlasting (mate van indikking) is niet afhankelijk van de omgevingstemperatuur of activiteit.  
Als er elders in het lichaam meer waterverlies optreedt, reageren de nieren hierop door minder water uit te scheiden.  
*Nummer 2 geeft de longen aan; minder ventilatie bij warmer weer, meer bij veel activiteit.  
Nummer 4 geeft zweten aan; lichte toename in een warmere omgeving, sterke toename bij veel activiteit.*

## Foliumzuur / methionine

- 10 – Een essentieel aminozuur moet via de voeding verkregen worden / kan door het lichaam niet zelf gemaakt worden / kan niet door transaminering (in de lever) gevormd worden.  
– De tegenstrijdigheid is dat methionine blijkbaar (met behulp van methionine-synthase) wel kan worden gesynthetiseerd.  
– Als er consequent te weinig methionine wordt gevormd (door omzetting van homocysteïne in methionine) moet het dus ook in de voeding voorkomen.  
*Methionine kan alleen maar gerecycled worden. Tekort kan alleen vanuit de voeding worden aangevuld.*

## Lever en gal

- 11 D Bij de afbraak van rode bloedcellen wordt hemoglobine afgebroken tot bilirubine in de milt. Bilirubine is slecht oplosbaar in bloed en wordt daarom gekoppeld aan albumine naar de lever vervoerd. Daar wordt bilirubine met gal uitgescheiden naar de dunne darm. In de dikke darm wordt bilirubine omgezet tot het bruine stercochine, dat kleur geeft aan de feces.

*Albumine is het eiwitmolecuul dat het meest in het bloedplasma voorkomt. Omdat het niet uit de bloedhaarvaten kan treden, bepaalt het grotendeels de colloïd-osmotische waarde (en de waterpotentiaal) van het bloed (Binas 84G; ScienceData 20.6).*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



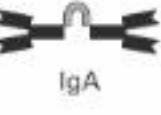
## 14 Afweer

### Antistoffen en resusfactor

Na de geboorte wordt soms bij kinderen de ziekte HZPG (= hemolytische ziekte bij pasgeborenen) vastgesteld. Bij HZPG worden rode bloedcellen van het kind afgebroken doordat de moeder antistoffen heeft gevormd tegen antigenen in de membraan van de rode bloedcellen van het kind.

- 1 Tot welke van de in tabel 1 genoemde hoofdklassen behoren deze antistoffen?

tabel 1 enkele eigenschappen van de hoofdklassen van antistoffen

	IgG	IgA	IgM	IgD	IgE
molecuulgewicht	150.000	385.000	900.000	185.000	200.000
% van totale hoeveelheid antistoffen	80	13	6	0-1	0,002
voorkomen/kenmerk	in lichaamsvloeistoffen, vooral buiten de vaten	in slijm en andere afscheidingsproducten	in lichaamsvloeistoffen, bevordert de klontering	aan het oppervlak van lymphocyten	in lichaamsvloeistoffen
kan door placenta heen	ja	nee	nee	nee	nee
binding aan macrofagen	+	±	-	-	-
structuur	 IgG	 IgA	 IgM	 IgD	 IgE

Meestal ontstaat HZPG door resusantagonisme. Het aantal gevallen van HZPG is sinds 1969 sterk afgenomen. Toen werd het mogelijk om Rh<sup>+</sup>-vrouwen met antistoffen (anti-D) in te spuiten: de resusprophylaxe. Het doel van de profylaxe is te voorkomen dat de moeder antistoffen gaat vormen wanneer antigenen van het kind in haar bloed komen.

In tabel 2 zijn bloedgroepen van het AB0- en het Rh-systeem gegeven met de bijbehorende antigenen en de antistoffen die in het bloed aanwezig kunnen zijn.

tabel 2

bloedgroep	antigeen	antistof
A	A	B
B	B	A
AB	A en B	—
O	—	A en B
Rh <sup>+</sup>	D	—
Rh <sup>-</sup>	—	— (anti-D)

Over de uitvoering van de resusprofylaxe worden de volgende beweringen gedaan:

- 1 een resusnegatieve vrouw wordt ingespoten met anti-D bij het begin van elke zwangerschap als haar man resusnegatief is,
  - 2 kort voor de bevalling wordt een resusnegatieve vrouw ingespoten met anti-D als haar man resuspositief is,
  - 3 direct na de bevalling wordt een resusnegatieve vrouw ingespoten met anti-D als haar man resusnegatief is,
  - 4 direct na de bevalling wordt een resusnegatieve vrouw ingespoten met anti-D als het kind resuspositief is,
  - 5 direct na de bevalling wordt een resusnegatieve vrouw ingespoten met anti-D als het kind resusnegatief is.
- 2 Welke van deze beweringen is juist?
- A bewering 1
  - B bewering 2
  - C bewering 3
  - D bewering 4
  - E bewering 5

In zeldzame gevallen kan HZPG ontstaan als de AB0-bloedgroep van de moeder anders is dan die van het kind dat geboren wordt.

- 3 Bij welke van de volgende combinaties van bloedgroepen is de kans op HZPG bij het kind het grootst?
- A Als de moeder bloedgroep B heeft en het kind bloedgroep A.
  - B Als de moeder bloedgroep B heeft en het kind bloedgroep B.
  - C Als de moeder bloedgroep B heeft en het kind bloedgroep O.

## De ziekte van Pfeiffer

Op een internetforum plaatst Nicky het volgende bericht (afbeelding 1).

### afbeelding 1

Auteur Topic: Pfeiffer? (gelezen 179 keer)  
Nicky « Gepost op: 3 juli 2016, 15:35 »  
  
Hallo allemaal,  
Een week geleden kreeg ik heel veel last van mijn keel en later kreeg ik koorts.  
Nu ga ik morgen naar de dokter toe om bloed te prikken, want ze weten bijna  
zeker dat ik Pfeiffer heb. Nou zal het me eigenlijk niets verbazen als ik het heb.  
Mijn vraag is aan jullie is: Hoe snel ben je weer van Pfeiffer af?  
En blijf je lang besmettelijk?  
Liefs!

De ziekte van Pfeiffer wordt veroorzaakt door het Epstein-Barr-virus (EBV). Meer dan 90 procent van de bevolking is zonder het te merken drager van dit virus dat door speekselcontact (bijvoorbeeld zoenen) wordt overgedragen.

Van een eerste besmetting word je na ongeveer 4 tot 7 weken ziek en daarna blijf je levenslang drager. Bij jonge kinderen verloopt de ziekte vaak ongemerkt, maar bij jongvolwassenen, zoals Nicky (afbeelding 1), is het verloop heftiger.

De eerste symptomen van de ziekte van Pfeiffer zijn vermoeidheid, keelpijn en koorts en na een week komen daar keelontsteking en gezwollen lymfklieren bij. De vermoeidheid kan maanden duren.

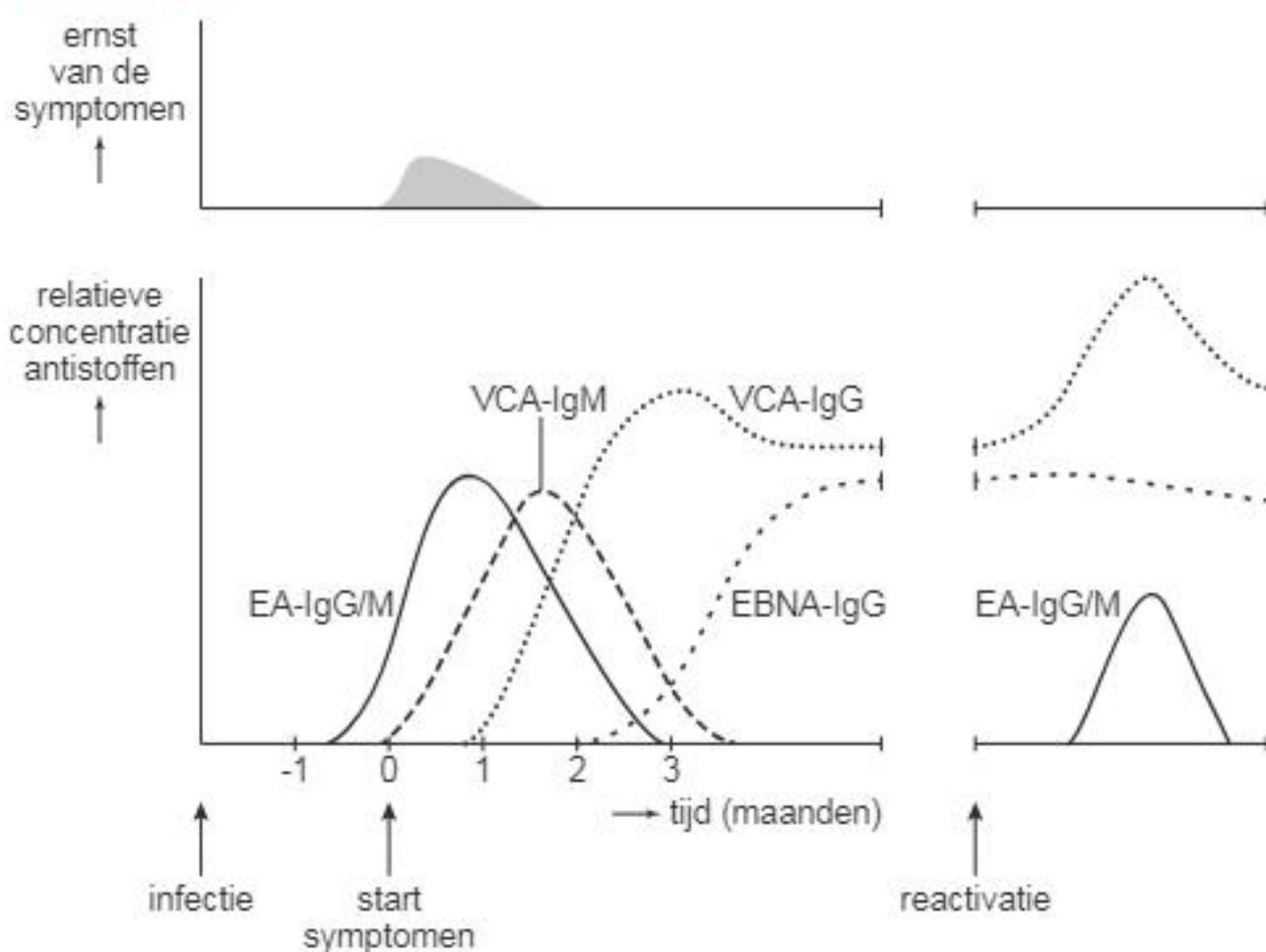
De huisarts zal bij het eerste onderzoek voelen of bij Nicky de lymfklieren in de hals, en eventueel ook die in de oksels en liezen, gezwollen zijn.

Het volume van de lymfklieren kan voelbaar toenemen als gevolg van de activatie van de specifieke afweer.

- 4 Waardoor zwollen bij de ziekte van Pfeiffer vooral de lymfknopen van de hals op?

Het EBV bezit een aantal specifieke antigenen (EA, VCA en EBNA) waartegen antistoffen worden gemaakt die in het bloed aangetoond kunnen worden. Op internet vindt Nicky een diagram (afbeelding 2) dat het verloop toont van de concentratie van verschillende antistoffen in combinatie met de ernst van de symptomen na een eerste besmetting en na reactivatie, een periode waarin opnieuw virusdeeltjes worden geproduceerd. De drager merkt zelf doorgaans niets van deze reactivatie.

**afbeelding 2**



De dag na haar forumbericht laat Nicky bloed afnemen voor onderzoek.

- 5 Welke uitslag van de antistoffentest past bij Nicky als na het bloedprikken inderdaad blijkt dat ze de ziekte van Pfeiffer heeft?

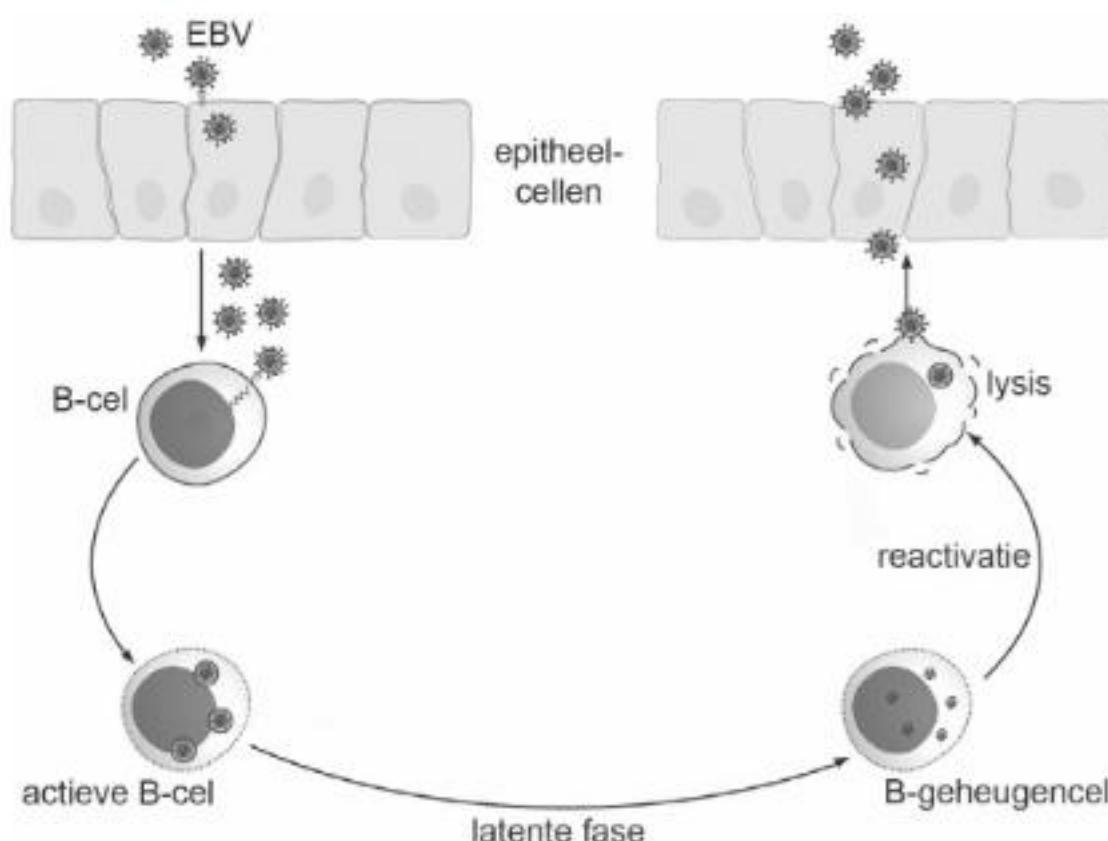
	VCA-IgM	VCA-IgG	EBNA-IgG
A	-	+	-
B	-	+	+
C	+	+	-
D	+	-	-

- 6 Waarom geeft alleen een verhoogd EA-IgG/M gehalte **niet** voldoende informatie voor de diagnose van de ziekte van Pfeiffer bij Nicky?

De sterke reactie van het immuunsysteem na een eerste besmetting is de oorzaak van de vermoeidheid bij de ziekte van Pfeiffer.

Als je door bijvoorbeeld een zoen voor het eerst besmet wordt met EBV raken eerst de epithelialcelen van de mond- en keelholte geïnfecteerd (zie afbeelding 3).

### afbeelding 3



Deze epithelialcellen gaan virusdeeltjes produceren die op hun beurt B-cellen infecteren in het lymfweefsel van de keelholte. Door expressie van de virusgenen delen deze B-cellen en differentiëren in geheugencellen. Een groot deel van deze cellen blijft latent geïnfecteerd, dat wil zeggen dat het virusgenoom wel aanwezig is, maar er worden geen virussen geproduceerd. Zo nu en dan gaat een van deze cellen de lytische fase in (reactivatie) en kunnen er weer virusdeeltjes vrijkomen. Die komen in het speeksel terecht en kunnen worden overgedragen aan een volgende gastheer.

B-cellen hebben een receptor op het celoppervlak waarvan het EBV gebruikmaakt. Deze receptor, in combinatie met een MHC-II molecuul als co-receptor, maakt fusie met het celmembraan van de gastheercel mogelijk.

MHC-II moleculen zijn niet bedoeld om virussen de cellen in te laten.

- 7 – Wat is wél de functie van MHC-II op celniveau?  
– En op organismeniveau?

Geïnfecteerde B-cellen worden door het virus 'onsterfelijk' gemaakt doordat een viraal eiwit BHRF1 wordt gevormd dat analoog is aan het menselijk BCL-2-eiwit dat celdood (apoptose) remt.

- 8 Hoe wordt door dit BHRF1-eiwit apoptose van de cel geremd?  
 A Het activeert procaspase.  
 B Het functioneert als survival factor (overlevingsfactor).  
 C Het inactiveert de death receptor.  
 D Het remt Bak en Bax.

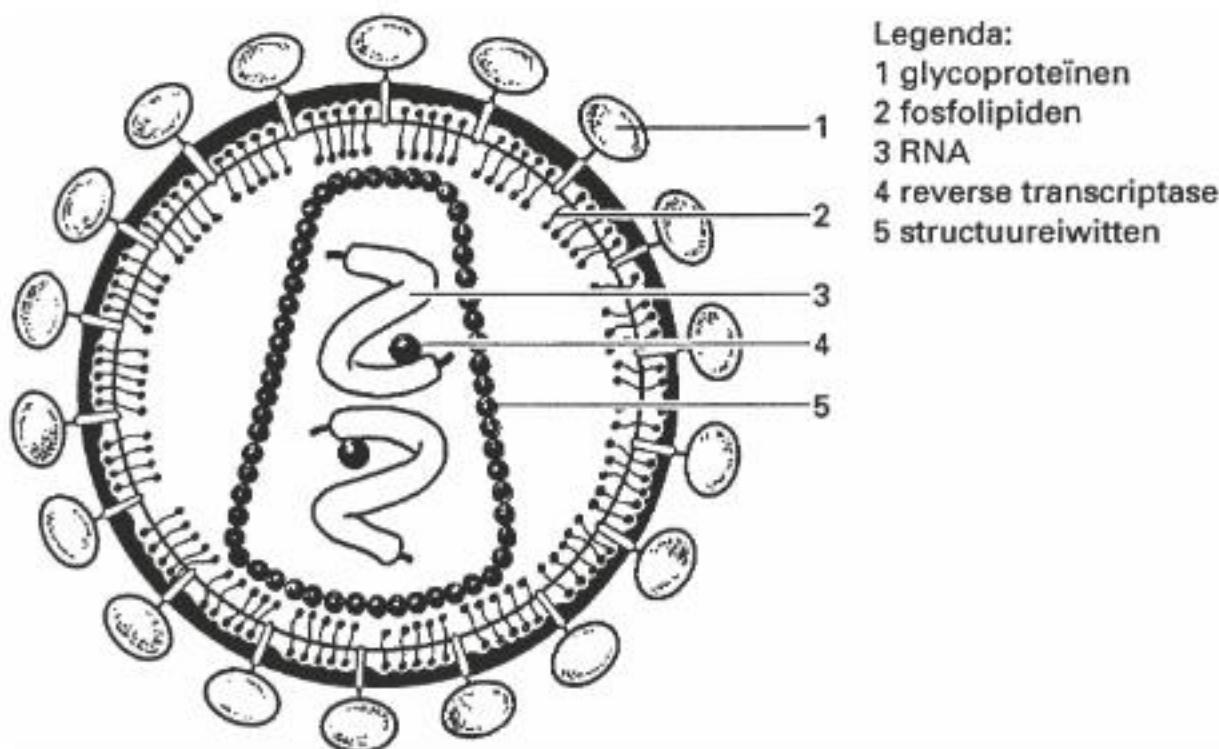
## Vaccinatie tegen aids?

In de jaren tachtig was men op zoek naar een vaccin waardoor bescherming tegen een infectie met HIV zou worden verkregen. Een werkzaam vaccin zou onder andere moeten voldoen aan de volgende voorwaarden:

- het moet de productie van voldoende hoeveelheden antistoffen opwekken, zodat HIV zich niet blijft vermeerderen,
- het moet de anti-HIV-respons van cytotoxische T-cellen verbeteren.

Aanvankelijk heeft men vooral getracht om een vaccin te maken uit bepaalde delen van het virus.

**afbeelding** bouw van HIV



Enkele delen van het HIV zijn: fosfolipiden uit de virale envelop, glycoproteïnen uit de virale envelop, RNA.

- 9 Welk van deze delen zal zijn gebruikt bij het produceren van de eerste proefvaccins?
- fosfolipiden uit de virale envelop
  - glycoproteïnen uit de virale envelop
  - RNA

Eén van de oorzaken waardoor het niet lukte een werkzaam vaccin te produceren, was gelegen in de hoge mutatiesnelheid van het HIV.

- 10 Waardoor zijn mutaties van het HIV er een oorzaak van dat een anti-HIV-vaccin, zoals dat vroeger werd bereid, geen goede bescherming kan bieden?
- door veranderingen van de gastheereiwitten die door de mutaties worden veroorzaakt
  - door veranderingen van de fosfolipiden die door de mutaties worden veroorzaakt
  - door veranderingen van de glycoproteïnen die door de mutaties worden veroorzaakt
  - door veranderingen van de structuureiwitten die door de mutaties worden veroorzaakt

Later probeerde men langs een andere weg immuniteit tegen HIV op te wekken. Hierbij werd gebruik gemaakt van een 'recombinant-vector'. Als drager (= vector) werd een voor de mens onschuldig virus gebruikt. In dit virus werd door recombinatie HIV-materiaal ingebouwd. De recombinant-vector werd in menselijke cellen ingebracht. Onder invloed van de recombinant-vector produceerden deze menselijke cellen een antigeen. Dit antigeen werkt op dezelfde wijze als het HIV-antigeen.

- 11 Leg uit dat bij deze methode niet van vaccinatie in de klassieke betekenis kan worden gesproken.

Reeds lang bekende vormen van immunisatie zijn: kunstmatig of natuurlijk, actief of passief.

- 12 Hoe moet volgens deze indeling de immunisatie met de 'recombinant-vector' worden genoemd?

- A kunstmatig actief
- B kunstmatig passief
- C natuurlijk actief
- D natuurlijk passief

## Feline Neonatale Isoerythrolyse (FNI)

Bij het fokken van raskatten is het belangrijk om te letten op de bloedgroepen van de dieren. Bloedgroepantistoffen kunnen namelijk sterfte onder pasgeboren kittens veroorzaken. Deze aandoening wordt Feline Neonatale Isoerythrolyse (FNI) genoemd.

Katten hebben een eigen bloedgroepsysteem waarbij twee allelen betrokken zijn, een allele voor bloedgroep A en een allele voor bloedgroep B. Bij overerving is het allele voor A dominant over het allele voor B.

Met de bloedgroepantistoffen van katten is iets bijzonders aan de hand: katten met bloedgroep B hebben veel antistoffen tegen antigeen A, maar katten met bloedgroep A hebben van nature weinig antistoffen tegen antigeen B. Na de geboorte geeft de moeder met de eerste melk antistoffen tegen allerlei infectieziekten, zoals niesziekte aan de kittens.

Daarmee komen ook bloedgroepantistoffen van de moeder in de bloedsomloop van het jonge katje.

FNI-kittens zijn bij de geboorte nog gezond, maar na enkele uren tot dagen stoppen ze met drinken en produceren roodbruine urine. Ze krijgen bloedarmoede, te zien aan de bleke slijmvliezen, en door een stof in het bloed kleurt de huid gelig (geelzucht). Soms zie je niets aan de kittens en gaan ze toch in enkele dagen dood.

Tegen niesziekte zijn kittens de eerste weken vaak beschermd door antistoffen van hun moeder in de moedermelk.

- 13 Noem twee manieren waarop de moederpoes zelf immuun kan zijn geworden tegen niesziekte.

Kittens met FNI hebben onder andere bloedarmoede en hiermee gepaard gaande geelzucht.

- 14 – Verklaar het optreden van bloedarmoede als gevolg van FNI.  
– Verklaar de daarmee gepaard gaande geelzucht bij kittens met FNI.

FNI treedt soms op bij kittens met bloedgroep B als de moeder bloedgroep A heeft. Dit is echter alleen het geval als deze moederpoes al eerder nestjes heeft gehad met kittens met bloedgroep B. Bij latere nestjes wordt dat probleem steeds groter doordat de moeder steeds sneller antistoffen maakt.

- 15 – Waardoor komt bij de moederpoes de eerste afweerreactie tegen bloedgroep B tot stand?  
– Waardoor komen er bij latere nestjes steeds sneller antistoffen tegen bloedgroep B vrij?

Bij mensen kan een soortgelijke bloedgroepenverdraaglijkheid voorkomen die pas bij een tweede kind optreedt.

- 16 Bij welke bloedgroepencombinatie van moeder en (eerste en tweede) kind is dit het geval?

moeder	kind
A bloedgroep 0	bloedgroep A
B bloedgroep B	bloedgroep 0
C resus positief	resus negatief
D resus negatief	resus positief

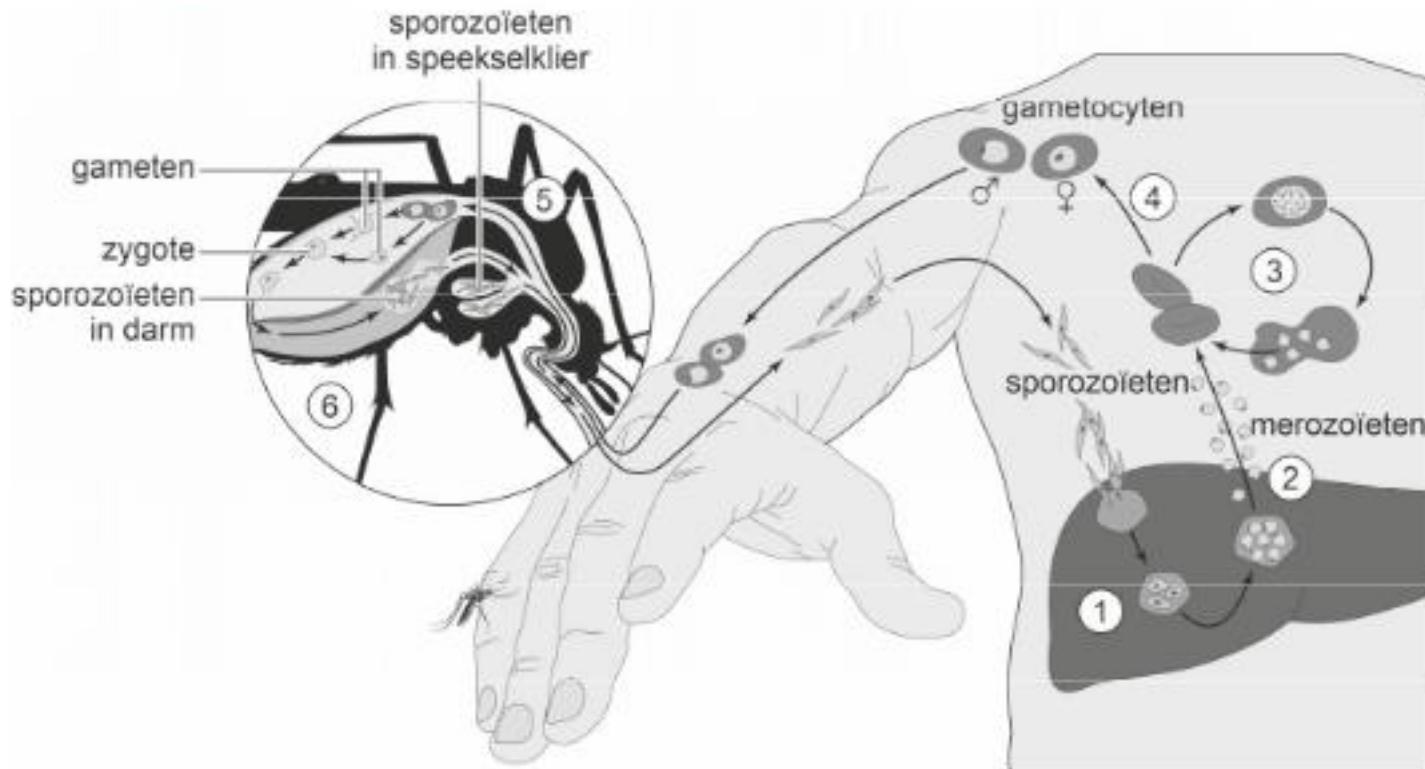
In zeldzame gevallen kan *Plasmodium* ook van mens tot mens overgedragen worden.

## Gene drive voor malariabestrijding

Jaarlijks krijgen meer dan 200 miljoen mensen malaria en sterven er bijna een miljoen mensen aan. Onderzoekers proberen vanuit verschillende invalshoeken methoden te ontwikkelen om deze ziekte uit te bannen. Een nieuwe techniek is het genetisch veranderen van de malariamug.

Malaria bij de mens wordt veroorzaakt door vijf verschillende soorten van het geslacht *Plasmodium*. Dit zijn eencellige eukaryoten die worden overgedragen door geïnfecteerde vrouwelijke muggen, vooral van het geslacht *Anopheles*. De muggen hebben geen voordeel of nadeel van een infectie met 1. De levenscyclus van *Plasmodium* vindt gedeeltelijk plaats in de malariamug en gedeeltelijk in de mens (afbeelding 1).

**afbeelding 1**



- 1 Sporozoïeten vermenigvuldigen zich in levercellen van de mens en ontwikkelen zich tot merozoïeten.
- 2 Merozoïeten komen vrij en infecteren rode bloedcellen.
- 3 Merozoïeten vermenigvuldigen zich in de rode bloedcellen en komen vrij. Bij het vrijkommen ontstaan ziektesymptomen en worden nieuwe rode bloedcellen geïnfecteerd.
- 4 Een klein deel van de merozoïeten ontwikkelt zich tot gametocyten.
- 5 Gametocyten komen terecht in een muggendarm.
- 6 In de geïnfecteerde mug versmelten de gameten tot zygoten. Deze zygoten ontwikkelen zich tot sporozoïeten die naar de speekselklier van de mug migreren.

In zeldzame gevallen kan *Plasmodium* ook van mens tot mens overgedragen worden.

- 17 Noteer een situatie waarin dit kan gebeuren.

*Plasmodium* heeft verschillende strategieën ontwikkeld om de effectiviteit van de menselijke immuunrespons te verminderen. Twee voorbeelden hiervan zijn:

- 1 Bij infectie met *Plasmodium* zijn de rijping en activiteit van macrofagen verminderd.
  - 2 Doordat de eiwitten aan de buitenkant van *Plasmodium* steeds veranderen, wordt *Plasmodium* niet herkend door bepaalde afweercellen.
- 18 Welk van deze voorbeelden beïnvloedt de werking van het specifieke (verworven) immuunsysteem?
- A geen van beide  
B alleen 1  
C alleen 2  
D zowel 1 als 2

De afweer tegen *Plasmodium* wordt verder bemoeilijkt doordat geïnfecteerde levercellen meestal niet worden herkend door cytotoxische T-cellen. Sporozoïeten in levercellen onderdrukken namelijk de aanmaak van MHC-I-moleculen.

- 19 Beschrijf hoe MHC-I-moleculen mogelijk maken dat geïnfecteerde cellen herkend worden door cytotoxische T-cellen.

## Hints bij hoofdstuk 14

- 1 De antistoffen zijn bij het ongeboren kind gekomen.
- 2 Het kind wekt resus-antistoffen op bij de moeder.
- 3 Bij welke combinatie ouder-kind komen verschillende antigenen voor?
- 4 In de inleiding staat dat het om specifieke afweer gaat.
- 5 De tijd op de x-as wordt in maanden aangegeven.
- 6 Zie de tweede grafiek van afbeelding 2 (bij reactivatie).
- 7 Zie Binas of ScienceData bij specifieke afweer.
- 8 Zoek apoptose op in Binas of ScienceData.
- 9 Eiwitten hebben een specifieke individuele structuur.
- 10 Eiwitten hebben een specifieke individuele structuur. De lichaamsvreemde stoffen moeten herkend kunnen worden.
- 11 Waaruit bestaat een klassieke entstof?
- 12 Worden bij deze vorm van immunisatie antistoffen in het lichaam gevormd of gebracht?
- 13 Aanmaak van antistoffen start na opname antigenen.
- 14 Bij bloedarmoede is het gehalte aan hemoglobine te laag.
- 15 Moederpoes reageert op antigenen van ongeboren jong.
- 16 Iemand die resus negatief is, heeft geen resusantigenen op de rode bloedcellen.
- 17 De overdracht kan ook op een niet-natuurlijke manier gebeuren.
- 18 Antigeen presenterende cellen activeren het verworven immuunsysteem.
- 19 Gebruik Binas 84L.1 of ScienceData 32.8c.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 14

### Antistoffen en resusfactor

- 1 IgG**  
*Antistoffen van de moeder kunnen alleen de rode bloedcellen van het kind bereiken als ze door de placenta heen kunnen (tabel 1).*
- 2 D** Resusantagonisme treedt alleen op als een Rh<sup>-</sup>-moeder een Rh<sup>+</sup>-kind krijgt.  
 De resusantistof van de moeder breekt Rh<sup>+</sup>-bloedcellen van het kind af.  
 Infectie van het moederbloed met Rh<sup>+</sup>-bloed van het kind vindt direct plaats na de bevalling, als de placenta loskomt van het baarmoederslijmvlies. Daarin blijven dan vlokken met haarvaten achter.  
*Eerder inspuiten met anti-D is minder effectief omdat anti-D dan al (deels) is afgebroken. Bovendien kan het kind Rh<sup>-</sup> zijn, als de vader heterozygoot is.*  
*Rh<sup>+</sup> wordt veroorzaakt door een dominant allele. Bij een Rh<sup>-</sup>-moeder kan alleen een Rh<sup>+</sup>-kind ontstaan als de man Rh<sup>+</sup> is.*
- 3 A** Personen met bloedgroep B hebben ook anti-A in hun bloed. Deze antistof breekt bloedcellen van bloedgroep A af.  
*Bloedcellen kunnen de placenta niet passeren, de antistoffen wel.*  
*Bloedantistoffen van de moeder vormen geen probleem bij een kind met bloedgroep 0, doordat deze geen antigenen op zijn/haar rode bloedcellen heeft.*

### De ziekte van Pfeiffer

- 4** Virussen/antigenen/immuuncellen bereiken/activeren vanuit de keel (waar de ontsteking zich bevindt via de lymfvaten) het eerst de lymfknoten in de hals.  
*De inleiding op de vraag noemt als oorzaak activatie van de specifieke afweer. Daarbij zijn hoofdzakelijk de lymfocyten in de lymfknoten actief (Binas 84J, ScienceData 32.7).*  
*Een antwoord als 'de lymfknoten van de hals liggen dichter bij de keelontsteking' is maar half goed.*
- 5 D** In het forumbericht schrijft Nicky al een week symptomen te hebben. In het diagram is dat enkele millimeters rechts van 'start symptomen'. Er is dan alleen een lage concentratie VCA-IgM en een hoge concentratie EA-IgG/M aanwezig (op de laatstgenoemde antistoffen wordt het bloed van Nicky niet getest).  
*IgG, IgM en de combinatie IgG/M zijn immunoglobulinen waarover details in Binas 84K en ScienceData 32.11 staan.*
- 6** EA-IgG/M kan ook wijzen op reactivering (zonder ziekteverschijnselen) / de symptomen kunnen het gevolg zijn van een andere infectie / deze antistoffen worden ook aangetroffen als je ooit Pfeiffer hebt gehad.
- 7** – celniveau: Presentatie van antigenen (aan T-helpercellen).  
 – organismeniveau: Activatie van het immuunsysteem / op gang brengen van een afweerreactie.  
*Het antwoord 'het activeren van cytotoxische T-cellen' is niet juist omdat dit gebeurt door antigenen in combinatie met MHC-I moleculen van antigenpresenterende, geïnfecteerde cellen. Binas 84L1, ScienceData 32.8c, 9*

- 8 **D** BHRF1-eiwit remt analoog aan BCL-2-eiwit de cel dood. Als Bak- en Bax eiwitten in groepjes clusteren vormen zij poortjes waardoor cytochrome-c het mitochondrium verlaat en in het cytoplasma de caspasekettingreactie veroorzaakt (Binas 71L, ScienceData 14.9). Het gevolg daarvan is de afbraak van noodzakelijke celonderdelen. *Procaspsa wordt gestimuleerd door uit het mitochondrium vrijgekomen cytochrome-c; het gevolg is dan juist apoptose.*  
*Survivalfactoren hechten aan receptoren op het celoppervlak.*  
*De deathreceptor is ontvankelijk voor invloeden van buiten de cel (o.a. T-killercel = cytotoxische T-cel).*

### Vaccinatie tegen aids?

- 9 **B** Glycoproteïnen zijn eiwitten. Van veel eiwitten is de bouw specifiek voor het virus/een organisme. Lichaamsvreemde eiwitten hebben een antigene werking.  
*Fosfolipiden en RNA hebben een weinig specifieke, algemene structuur. Bovendien bevindt RNA zich binnen het virus, waardoor herkenning moeilijker wordt.*
- 10 **C** De bouw van de glycoproteïnen van het virus zijn specifiek voor het virus en hebben een antigene werking. Deze eiwitten zitten aan de buitenkant van het virus, waardoor het virus herkenbaar is en aangepakt kan worden.
- 11 **Klassieke vaccinatie** gebeurt met (een deel van) de (verzwakte / gedode) ziekteverwekker met een antigene werking, terwijl bij deze vorm van vaccinatie het antigeen door menselijke cellen wordt geproduceerd.
- 12 **A** Kunstmatig omdat HIV-genen in menselijke cellen worden ingebracht.  
De mens maakt dan de antigenen op commando van de HIV-genen.  
Actief omdat het lichaam van het geïnfecteerde individu de antistoffen zelf maakt.

### Feline Neonatale Isoerythrolyse (FNI)

- 13 Door vaccinatie (met een vaccin tegen niesziekte).  
Door een eerdere besmetting.
- 14 – De verklaring voor bloedarmoede is dat als gevolg van de aanwezigheid van FNI-bloedgroepantistoffen rode bloedcellen worden afgebroken / hemoglobine wordt afgebroken.  
– De verklaring voor geelzucht is dat een afbraakproduct daarvan / bilirubine/galkleurstof, in het bloed circuleert (en resulteert in een gelige huidskleur).  
*Normaal worden verouderde rode bloedcellen afgebroken; hierbij ontstaat ook bilirubine. Bij geelzucht kan de lever niet snel genoeg bilirubine met de gal afvoeren. Daardoor komt er een overschot aan bilirubine in het bloed en worden huid en ogen gelig.*
- 15 – Voor/tijdens de geboorte van het eerste nestje is er bloedcontact geweest tussen de moederpoes (met bloedgroep A) en kittens met bloedgroep B / is antigeen B uit een kitten in de bloedsomloop van de moeder terechtgekomen (met als gevolg het vormen van antistoffen tegen B).  
– Vervolgens zijn geheugencellen gevormd die worden geactiveerd bij herhaald bloedcontact / bij een volgende zwangerschap/bevalling (waardoor er sneller antistoffen tegen antigeen B vrijkomen).

- 16 D** Een resusnegatieve moeder kan in aanraking komen met resuspositief bloed door een transfusie of een (zwangerschap en) bevalling van een resuspositief kind. Haar geactiveerde  $\beta$ -lymfocyten produceren daardoor antiresus. Deze antistof komt via de placenta in de foetale bloedsomloop bij een volgende zwangerschap.  
*Als moeder en kind een gelijke resusfactor hebben ontstaan er geen problemen.*  
*Een resuspositieve moeder zal geen antistof vormen tegen een resusnegatief kind (het bloed van het kind bevat geen antigenen).*  
*ABO-Bloedgroep-antistoffen zijn groter dan resus-antistof en kunnen niet door de placenta naar het foetale bloed. Zie Binas 84K; ScienceData 32.11.*

### Gene drive voor malariabestrijding

- 17** Voorbeelden van een juist antwoord:
- via een bloedtransfusie
  - via orgaantransplantatie
  - via besmette injectienaalden
  - tijdens de zwangerschap
- 18 D** Zowel de rijping en activiteit van macrofagen als de veranderende eiwitten aan de buitenkant van Plasmodium beïnvloeden de werking van het specifieke (verworven) immuunsysteem.  
*Macrofagen veranderen in antigenpresenterende cellen nadat ze lichaamsvreemde cellen hebben opgenomen. Antigenpresenterende cellen activeren vervolgens het verworven (specifieke) immuunsysteem. Veranderende eiwitten aan de buitenkant van Plasmodium zijn antigenen. Antigenen worden herkend door T- en B-lymfocyten. Deze lymfocyten maken deel uit van het verworven immuunsysteem.*
- 19** Antigenen / fragmenten van de ziekteverwekker worden (door middel van MHC-I) gepresenteerd (waardoor bepaalde cytotoxische T-cellen kunnen binden).  
*Indringers worden herkend aan antigenen. Antigenen zijn moleculen die het afweersysteem activeren. MHC-I-moleculen komen voor op de buitenkant van alle lichaamscellen met een celkern en op bloedplaatjes. Antigenen van sporozoïeten worden bij het binnendringen van een levercel aan een MHC-I-molecuul van de levercel gebonden. Cytotoxische Tcellen herkennen deze antigenen en ruimen de geïnfecteerde cel op.*



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.

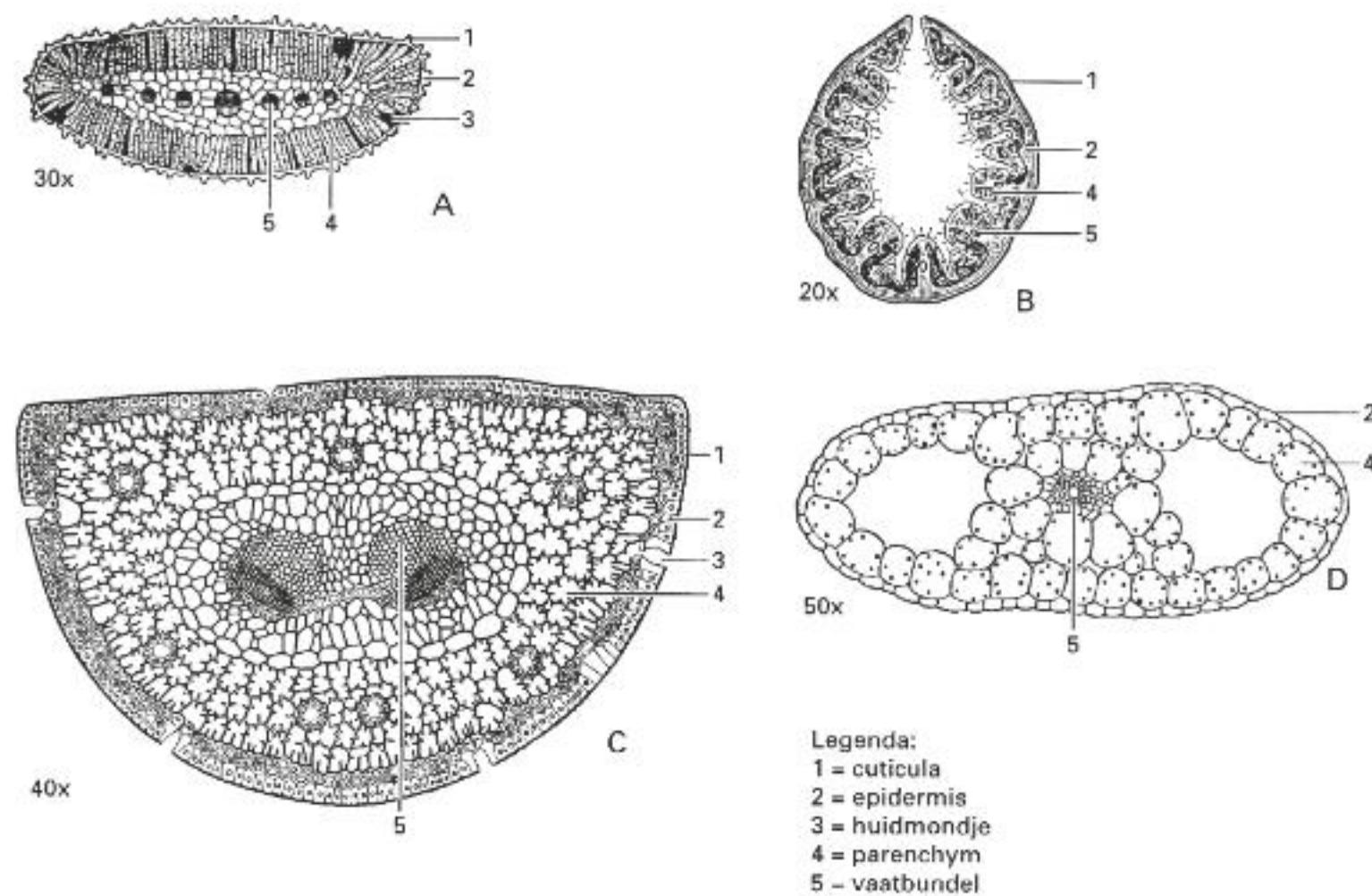


## 15 Planten

### In sloot en plas

Ondergedoken waterplanten die in sloten en plassen leven, zijn aangepast aan het milieu onder water. Dit is onder meer te zien aan de bouw van de bladeren van ondergedoken waterplanten. In de afbeelding zijn vier dwarsdoorsneden van bladeren van verschillende soorten planten gegeven. De planten zijn in willekeurige volgorde: een ondergedoken waterplant, een naaldboom, een grassoort en een uitheemse soort.

#### afbeelding



- 1 Welk van deze bladeren is het blad van een ondergedoken waterplant?  
Noem twee kenmerken van de bouw van het blad waaraan je dat kunt zien.

### Verdamping

Twee leerlingen hebben een meningsverschil over de directe oorzaak waardoor de spleetbreedte van de huidmondjes groter wordt bij toenemende lichtintensiteit.

Leerling 1 beweert dat dit komt doordat de turgor in de sluitcellen bij toenemende lichtintensiteit hoger wordt.

Leerling 2 beweert dat dit komt doordat de CO<sub>2</sub> concentratie in de intercellulaire ruimten bij toenemende lichtintensiteit lager wordt.

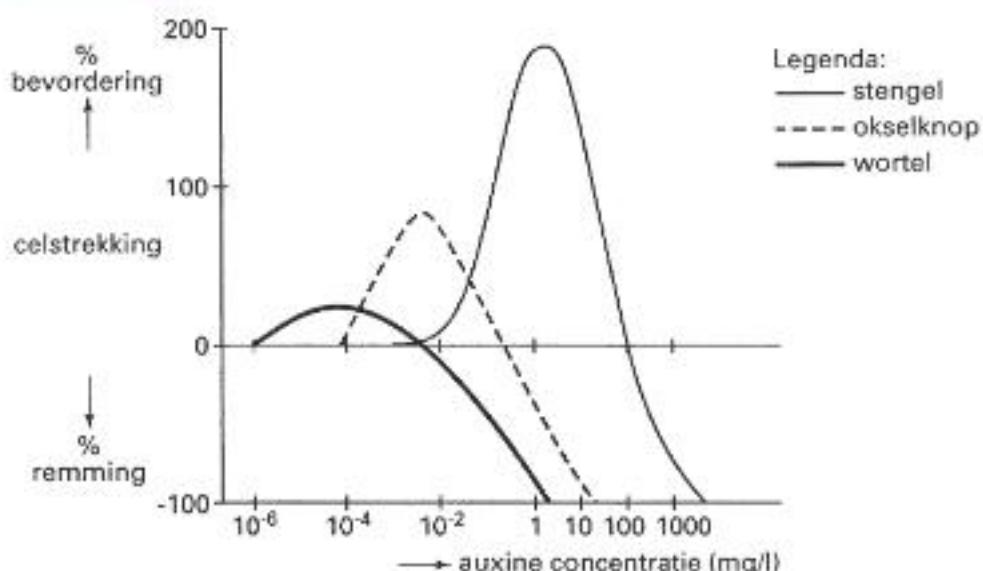
- 2 Welke van deze leerlingen heeft of welke hebben gelijk?  
**A** geen van beide leerlingen  
**B** alleen leerling 1  
**C** alleen leerling 2  
**D** beide leerlingen

## Groei bij planten

De groei van planten wordt gestimuleerd door groeistoffen zoals auxine. Auxine bevordert de celstrekking.

Auxine wordt vooral gevormd in de stengeltopmeristem en van daaruit getransporteerd naar andere delen van de plant. De gevoeligheid van verschillende delen van de plant voor auxine is niet dezelfde. In de afbeelding is deze gevoeligheid voor auxine van stengel, okselknop en wortel weergegeven.

### afbeelding



In een bepaalde plant wordt de auxineconcentratie gemeten. Deze blijkt 1 mg/L te zijn. Vervolgens worden van deze plant de stengeltopmeristem verwijderd.

- Leg uit, met gebruikmaking van de informatie in de afbeelding, wat daarvan het effect is op de okselknoppen.

## Hints bij hoofdstuk 15

- 1 Ondergedoken plantendelen hebben geen bescherming tegen uitdroging nodig.
- 2 Directe staat in de inleidende tekst gecursiveerd.
- 3 De curve voor de okselknop ligt links van die van de stengel.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 15

### In sloot en plas

**1 Blad D.** Voorbeelden van te noemen kenmerken:

- ontbreken van huidmondjes
- ontbreken van een (dikke) cuticula
- aanwezigheid van (lucht)holtes.

Huidmondjes hebben een functie bij gaswisseling (van  $O_2$  en  $CO_2$ ), die door de cuticula (waslaag) onvoldoende aan het bladoppervlak kan plaatsvinden. De cuticula voorkomt uitdroging van de bladeren. Omdat onder water geen uitdroging plaatsvindt, hebben ondergedoken waterplanten geen cuticula. De  $CO_2$  kan uit het water worden opgenomen via het gehele oppervlak: ondergedoken waterplanten hebben dan ook geen huidmondjes (zie Binas 91A , ScienceData 17.2).

Zowel blad A, B, als C hebben een cuticula en huidmondjes.

Blad A is van een (sub)tropische soort en heeft een dikke cuticula.

Blad B is van een grassoort dat oprolt bij droogte.

Blad C is van een naaldboom, bv. een den.

Ondergedoken waterplanten hebben vaak luchtholtes voor het drijfvermogen en zuurstofvoorziening van de wortels.

### Verdamping

**2 B** Doordat de turgor toeneemt, krijgt de sluitcel een gebogen vorm waardoor de spleetbreedte groter wordt.

*Het celmembraan is permeabel voor  $CO_2$ . Daardoor heeft  $CO_2$  geen osmotisch effect.*

### Groei bij planten

**3 De uitleg is tweeledig:**

Door het wegnemen van de stengeltopmeristemēn daalt de concentratie auxine in de plant (en dus ook in de okselknoppen).

Bij een lagere auxineconcentratie wordt de celstrekking van cellen in de okselknoppen bevorderd (en gaan de okselknoppen uitlopen).



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



### Brand als beheermaatregel?

In augustus 1995 verbrandde op het Millingerzand bij Kootwijk (zie afbeelding 1) honderd hectare bos. Het maakte deel uit van een bosvegetatie met grove dennen op zeer voedselarme stuifzanden.

Onderzoekers van Alterra (Universiteit Wageningen) hadden net een onderzoek naar het effect van begrazing op het vergrassen in dit bos afgerond. Door de brand werd het mogelijk om de effecten van bosbrand op de lange termijn te onderzoeken. Uit het onderzoek kan blijken of gecontroleerd afbranden kan worden ingezet als beheermaatregel.

Vóór de brand kampte het bos met verzuring, vermeesting en een verminderde biodiversiteit. De dikke strooisellaag van naalden, takjes en resten van afgestorven planten was steeds voedselrijker geworden door de uitstoot van ammoniak uit de veehouderij en door stikstofoxiden afkomstig van industrie en verkeer.

Deze vermeesting verkleinde de overlevingskansen voor planten en dieren die op voedselarme grond gedijen.

Onder de grove dennen had zich een permanente monocultuur van grassen gevestigd. Onderzoeker Rolf Kemmers legt uit waarom brand een alternatief voor begrazing kan zijn: "Als na een bosbrand het kale stuifzand bovenkomt, vestigen zich er opnieuw grove dennen met een ondergroei van korstmossen, struikheide en kruiden.

Bovendien trekken dode bomen veel houtetende insecten aan, die op hun beurt aantrekkelijk zijn voor bijvoorbeeld spechten."

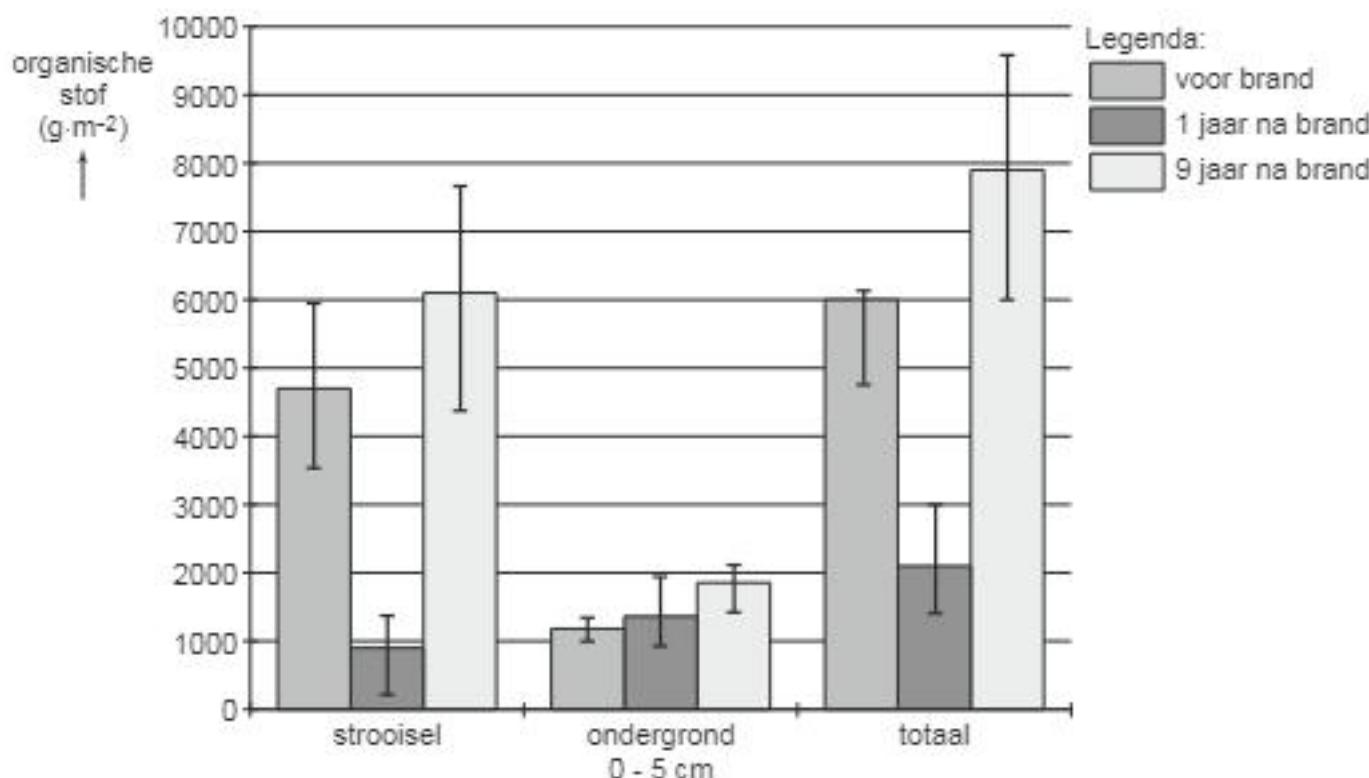
afbeelding 1



- 1 Waardoor verkleint vermeesting in het algemeen de overlevingskans van plantensoorten die op arme zandgrond gedijen?
- 2 Waardoor wordt ook de overlevingskans van dieren die vooral op arme zandgrond gedijen, verkleind door vermeesting?

De brand bij Kootwijk bood een unieke gelegenheid om het effect van een bosbrand op en in de bodem te onderzoeken. Door de brand veranderde de hoeveelheid organische stof in de strooisellaag en werd de bodemlaag onder het strooisel verrijkt met mineralen.

Tijdens het onderzoek is de hoeveelheid organische stof op twee plaatsen gemeten: in de strooisellaag en in de eerste 5 cm van de ondergrond (het zand) onder deze strooisellaag. Er zijn waarden beschikbaar van vóór de brand, van één jaar na de brand en van negen jaar na de brand. In afbeelding 2 zijn deze resultaten weergegeven.

**afbeelding 2**

- 3 Leg uit waardoor er een jaar na de brand meer uitspoeling van mineralen zal plaatsvinden dan daarvoor. Gebruik bij je antwoord de gegevens uit afbeelding 2.
- 4 Geef een verklaring voor de sterke toename van de hoeveelheid organische stof in de strooisellaag (zie afbeelding 2) in de negen jaar na de brand.

**Katten**

Een leerling heeft toestemming om de zwerfkattenpopulatie in een bepaalde wijk (een gebied van ca. 300 bij 1800 meter) te onderzoeken. Hij pootst op vier willekeurige plaatsen in de wijk vangkooien met lokaas. Hij pootst de kooien op een zondag van 9.00 tot 21.00 uur.

Om het uur controleert hij de kooien. In totaal vangt hij 18 verschillende katten. Hij merkt de gevangen katten en laat iedere kat die dag na 21.00 uur weer los. De volgende zondag herhaalt hij deze opzet. Dan vangt hij 16 verschillende katten waarvan er twee gemerkt zijn.

Op grond van deze gegevens maakt hij een voorlopige schatting van het aantal katten in deze wijk uitgaande van de volgende aannames:

- de eerste 18 katten die hij ving, hebben zich weer homogeen in de populatie verdeeld
- het vangen en merken heeft geen invloed op het terugvangen

- 5 Bereken uit hoeveel katten de populatie in die wijk op grond van bovenstaande gegevens bestaat.
- 6 Noem drie veranderingen van zijn proefopzet waardoor deze leerling de nauwkeurigheid van de schatting van de populatiegrootte kan verbeteren. De beide aannames dat de katten zich weer homogeen verdelen en dat het vangen en merken geen invloed heeft, moeten blijven gelden.

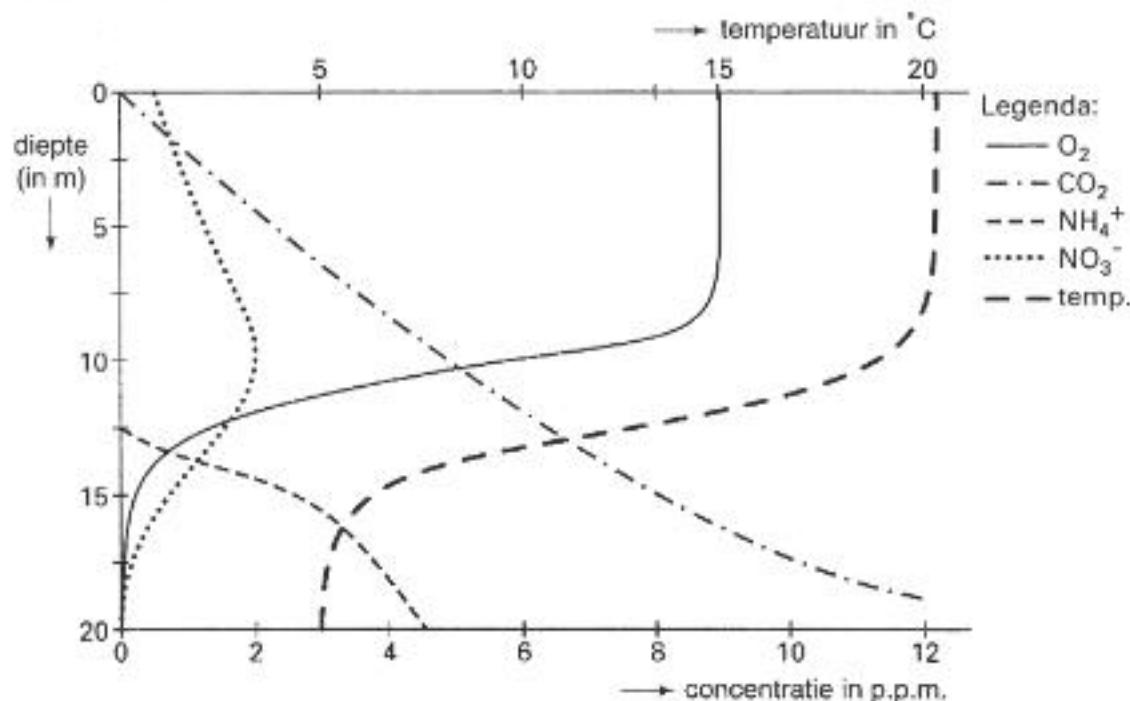
Deze leerling leest vervolgens dat je bij het vaststellen van de populatiegrootte rekening moet houden met de invloed die de werkwijze heeft op het gedrag van de dieren. Hij vraagt zich af of zijn aannames wel juist waren. Misschien had de eerste vangst toch invloed op de aantallen die hij bij de tweede vangst heeft gevonden. Hij legt zijn vraag voor aan zijn docente die de volgende veronderstelling formuleert: Een kat die al eens eerder gevangen is, zal moeilijker te vangen zijn dan een kat die niet eerder gevangen is.

- 7 Als de veronderstelling van de docente juist is, is dan de werkelijke kattenpopulatie kleiner dan, gelijk aan of groter dan het door de leerling gevonden aantal?
- kleiner
  - gelijk
  - groter

## Meren

In een gematigd klimaat op het Noordelijk halfrond wordt een onderzoek gedaan naar de concentraties van  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $NO_3^-$  (nitraat) en  $NH_4^+$  (ammonium) op verschillende diepten in een meer. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 1. Tevens is de temperatuur op verschillende diepten in het meer weergegeven. De metingen zijn gedaan tijdens de zomermaanden. In het meer bestaat een stabiel ecosysteem.

**afbeelding 1**

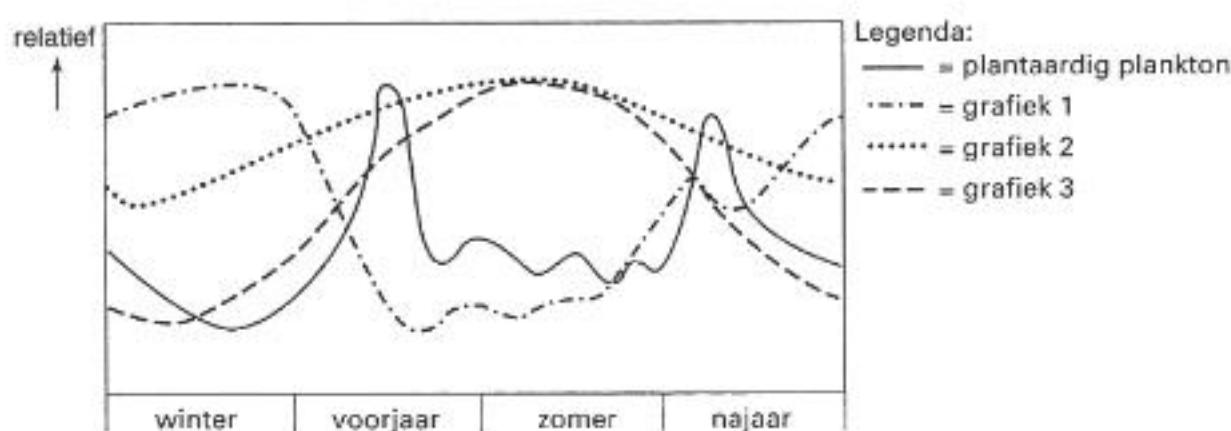


Over het feit dat op 20 m diepte geen nitraat voorkomt, maar wel ammonium, worden de volgende beweringen gedaan:

- op 20 m diepte is geen zuurstof aanwezig zodat nitrificerende bacteriën niet in staat zijn tot de omzetting van ammonium in nitraat;
  - op 20 m diepte is de temperatuur zo laag dat alle stofwisselingsprocessen worden beperkt en geen nitraat uit ammonium kan worden gevormd.
- 8 Welke van deze beweringen is of welke zijn juist?
- geen van beide beweringen
  - alleen bewering 1
  - alleen bewering 2
  - beide beweringen

In ditzelfde meer wordt op een bepaalde diepte het verloop van de hoeveelheid mineralen gemeten gedurende één jaar. Het resultaat van deze metingen is weergegeven in afbeelding 2. Ook is ook het verloop van de concentratie fytoplankton (= plantaardig plankton) en van twee andere factoren weergegeven.

### afbeelding 2



- 9 Welke van de grafieken 1, 2 en 3 geeft het verloop van de hoeveelheid mineralen weer?
- A grafiek 1  
B grafiek 2  
C grafiek 3

Van vijf verschillende meren werden dagelijks de biomassa (B) en de productiviteit (P) van het fytoplankton berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 1.

tabel 1

meer	diepte van meer in m	productiviteit (P) in kJ/m <sup>2</sup> per dag	biomassa (B) in kJ/m <sup>2</sup>
1	215	21,0	84,0
2	151	16,8	12,6
3	84	25,2	100,8
4	46	33,6	21,0
5	16	46,2	42,0

De verhouding tussen deze grootheden B en P levert een waarde op die men de turnovertijd noemt. Deze turnovertijd geeft weer hoe lang het zou duren voor de biomassa van de producenten vernieuwd is.

Op grond van de turnovertijd kan men een uitspraak doen over de verhouding tussen nanoplankton en netplankton in een meer. Nanoplankton bestaat uit soorten fytoplankton met zeer kleine individuen die niet in een fijnmazig net achterblijven. Netplankton bestaat uit soorten fytoplankton met grotere individuen die wel in een fijnmazig net achterblijven.

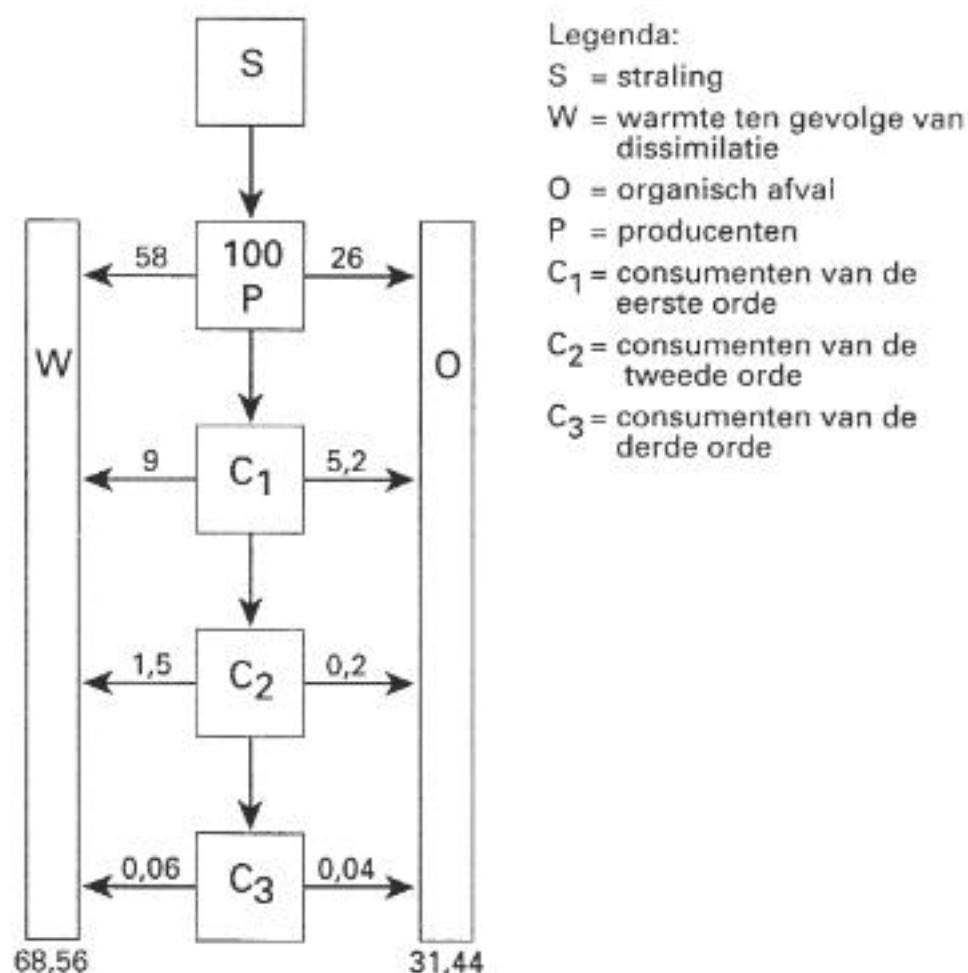
Nanoplankton deelt zich sneller dan netplankton.

In een zesde meer bleek de turnovertijd 1,75/dag te zijn.

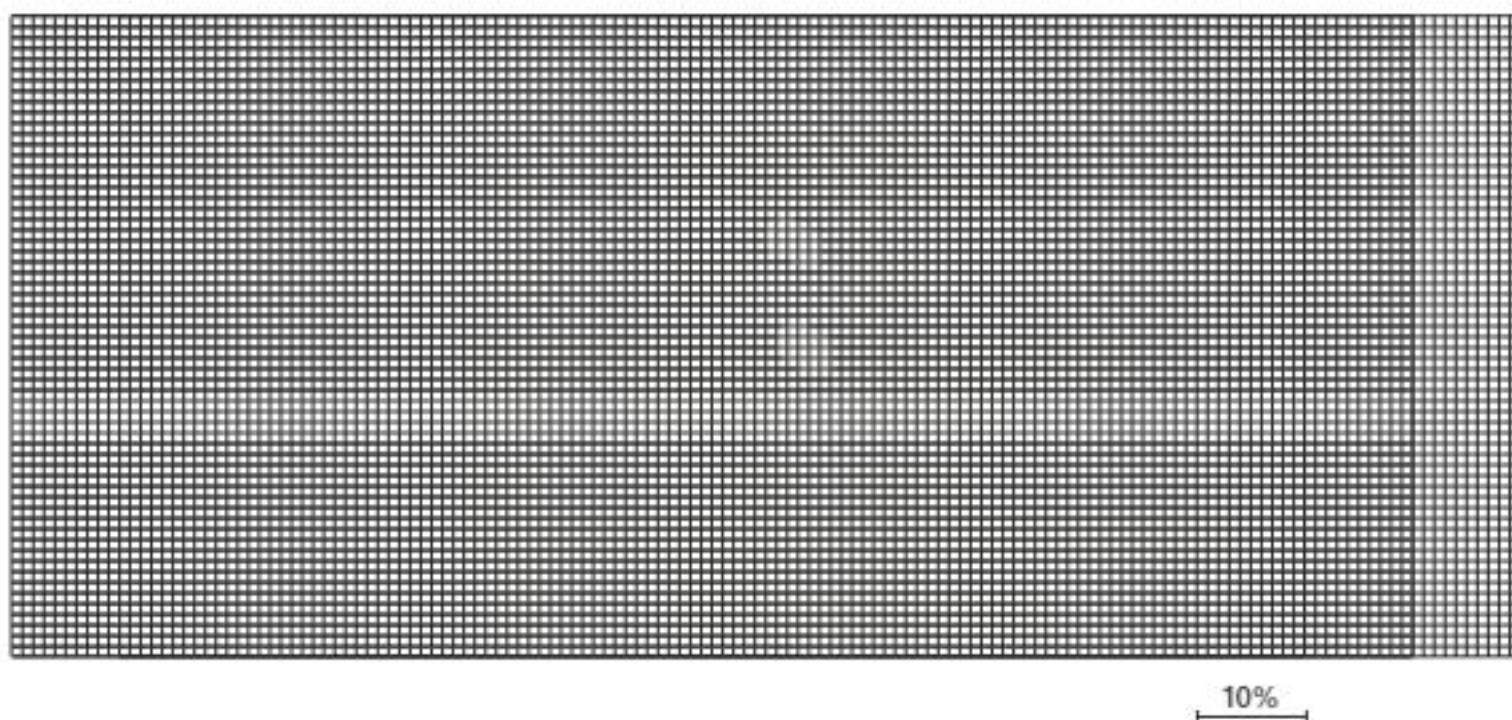
- 10 Bereken in welk of in welke van de meren 1 t/m 5 zich in verhouding meer netplankton bevindt dan in meer 6.

In afbeelding 3 zijn kwantitatieve gegevens vermeld voor energiestromen in een ecosysteem in een meer; alle getallen geven procenten aan. De in de producenten vastgelegde energie is gesteld op 100%.

**afbeelding 3**



- 11 Teken in de bijlage hieronder met behulp van de gegevens uit afbeelding 3, nauwkeurig op schaal, een piramide van energie die in de trofische niveaus P, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> en C<sub>3</sub> aanwezig is.



## Bos-ecosystemen

Voor drie verschillende bos-ecosystemen in de Verenigde Staten, een gemengd loofbos, een dennenbos en een sparrenbos, is de kringloop van koolstof onderzocht. Enkele resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in de tabel.

**tabel**

soort bos	totale biomassa in planten <sup>1</sup>	netto primaire productie <sup>2</sup>	dissimilatie autotrofe organismen <sup>2</sup>	dissimilatie heterotrofe organismen <sup>2</sup>
gemengd loofbos	175,2	14,5	28,7	13,4
dennenbos	141,2	36,0	41,3	13,9
sparrenbos	870,4	10,9	150,0	7,6

<sup>1</sup> in tonnen koolstof per hectare

<sup>2</sup> in tonnen koolstof per hectare per jaar

bewerkt naar: R.H. Waring en W.H. Schlesinger, *Forest ecosystems*, 1985, 48

- 12 Hoe groot is de bruto primaire productie van het ecosysteem dennenbos (in tonnen koolstof per hectare per jaar)?
- A 55,2  
 B 77,3  
 C 91,2  
 D 177,2  
 E 218,5  
 F 232,4

De verhouding tussen de bruto primaire productie en de dissimilatie van de autotrofe plus die van de heterotrofe organismen verandert in de loop van de tijd. Van twee soortgelijke sparren-bossen (P en Q) is deze verhouding berekend. Bij bos P is de waarde 1,1 en bij bos Q is de waarde 1,5. Ga ervan uit dat er geen verstoring is opgetreden.

- 13 Leg uit welk sparrenbos ouder is.

## Gradiënt-ecosystemen zijn belangrijk voor de biodiversiteit

De meeste planten- en diersoorten zijn niet geëvolueerd in homogene landschappen, maar in complexe, heterogene leefgebieden. Geleidelijke overgangen in milieufactoren gaan daar gepaard met een geleidelijke verandering in soortensamenstelling. In een dergelijk 'gradiëntecosysteem' is er vaak een grote diversiteit aan planten en dieren.

Ecologische gradiënten zijn daardoor waardevol voor het voortbestaan van veel soorten.

Een voorbeeld van een ecologische gradiënt vind je in het noorden en het oosten van Nederland, op kwelgevoede zandgronden. Dat zijn zandgronden waar het kalkrijke grondwater uit de bodem omhoog komt (kwel).

Naast elkaar komen daar twee ecosystemen met een eigen vegetatietype voor: de 'heischrale graslanden' en de 'kalkmoerassen'. In het overgangsgebied tussen deze twee ecosystemen is het vegetatietype 'blauwgrasland' te vinden, een gradiënt-ecosysteem dat nog maar zelden voorkomt.

Zowel abiotische als biotische factoren bepalen voor een belangrijk deel welk type vegetatie op een bepaalde plaats ontstaat. Op de kwelgevoede zandgronden zijn het vooral de zuurgraad en kalkrijkdom van de bodem die het vegetatietype bepalen.

Het zijn met name de biotische factoren die bepalen of er heischraal grasland of blauwgrasland ontstaat. Een daarvan is de factor 'grazers'.

Grazers kunnen in een grasland:

- 1 de bodem bemesten;
- 2 de planten betreden;
- 3 van de planten eten.

14 Door welke van deze activiteiten kan de vegetatie van samenstelling veranderen?

- A alleen 1
- B alleen 3
- C alleen 1 en 2
- D alleen 2 en 3
- E 1, 2 en 3

Ook het maaibeheer (hoe vaak en wanneer er gemaaid wordt, en of het maaisel blijft liggen of niet) is van invloed op het ontstaan van een heischraal grasland of blauwgrasland.

15 Leg aan de hand van een voorbeeld van maaibeheer uit wat het gevolg ervan is op de ontwikkeling van de vegetatie in het betreffende gebied.

Op veel plaatsen is, door de afname van de kalkrijke kwel, het ecosysteem kalkmoeras verdwenen. Als deze situatie lang voortduurt, neemt ook de biodiversiteit van de kwelgevoede zandgronden af.

Door beheermaatregelen kunnen de lokale abiotische omstandigheden zo aangepast worden dat er in de loop van de tijd opnieuw het vegetatietype kalkmoeras kan ontstaan. Voorwaarde is de lokale aanwezigheid van blauwgrasland als gradiënt-ecosysteem.

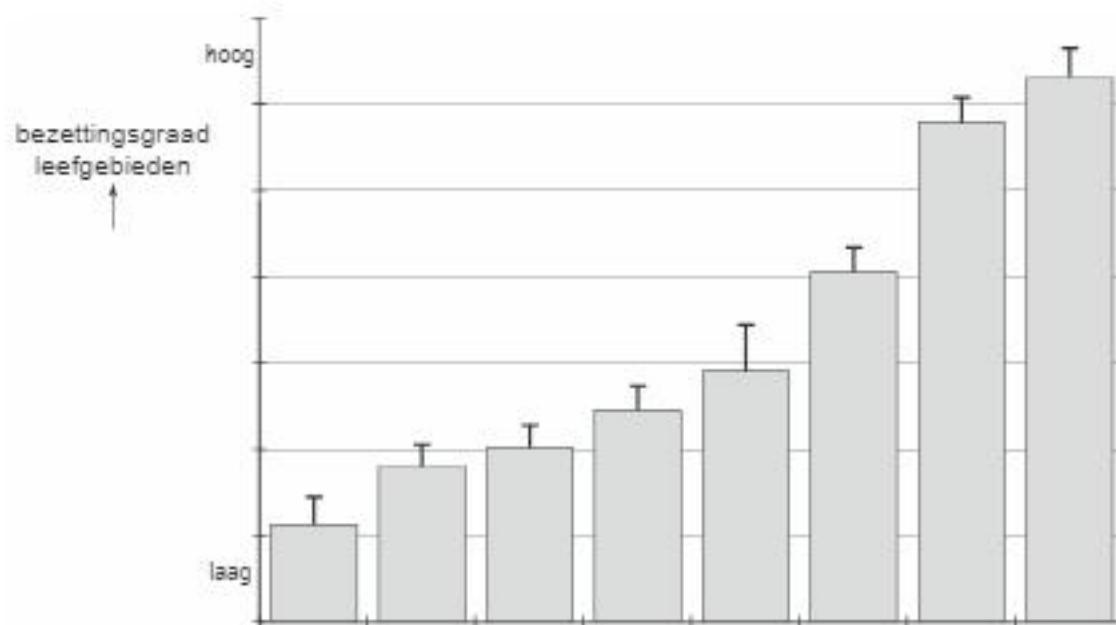
16 Leg uit wat de rol is van het aanwezige blauwgrasland bij het opnieuw ontstaan van het vegetatietype kalkmoeras.

Bij het overwegen van beheermaatregelen wordt onder andere de 'bezettingsgraad' van plantensoorten betrokken. Dat is de mate waarin de plant zich, op de plaats waar de soort zich van nature blijvend zou kunnen vestigen (de potentiële ecologische nis), daadwerkelijk gevestigd heeft.

De bezettingsgraad is onder andere afhankelijk van de mate waarin planten zich via zaden kunnen verspreiden (dispersiecapaciteit), de levensduur van de planten en die van de zaden.

In afbeelding 1 is de relatie weergegeven tussen drie eigenschappen van planten en de bezettingsgraad.

### afbeelding 1



- 17 Welke van deze eigenschappen bevordert het bezetten van de ecologische nis het meest, en welke het minst?

	meeste invloed	minste invloed
A	dispersiecapaciteit	levensduur plant
B	dispersiecapaciteit	levensduur zaad
C	levensduur plant	dispersiecapaciteit
D	levensduur plant	levensduur zaad

De concurrentie tussen verschillende plantensoorten kan een reden zijn dat bepaalde planten hun potentiële ecologische nis niet kunnen bezetten.

Dit geldt vooral voor planten waarvan de zaden een korte levensduur hebben.

- 18 Geef een verklaring voor het feit dat de levensduur van de zaden de bezettingsgraad van de plant kan beïnvloeden.

Bij het beheer van de hogere zandgronden speelt instandhouding van gradiënt-ecosystemen een belangrijke rol.  
Het behoud van voldoende blauwgraslanden is voor bijvoorbeeld de zeer zeldzame, beschermde knotszegge *Carex buxbaumii* (zie afbeelding 2) van levensbelang.

### afbeelding 2



De ecologische nis van knotszegge is zeer sterk gebonden aan dit gradiëntecosysteem en de soort heeft een beperkte dispersiecapaciteit.

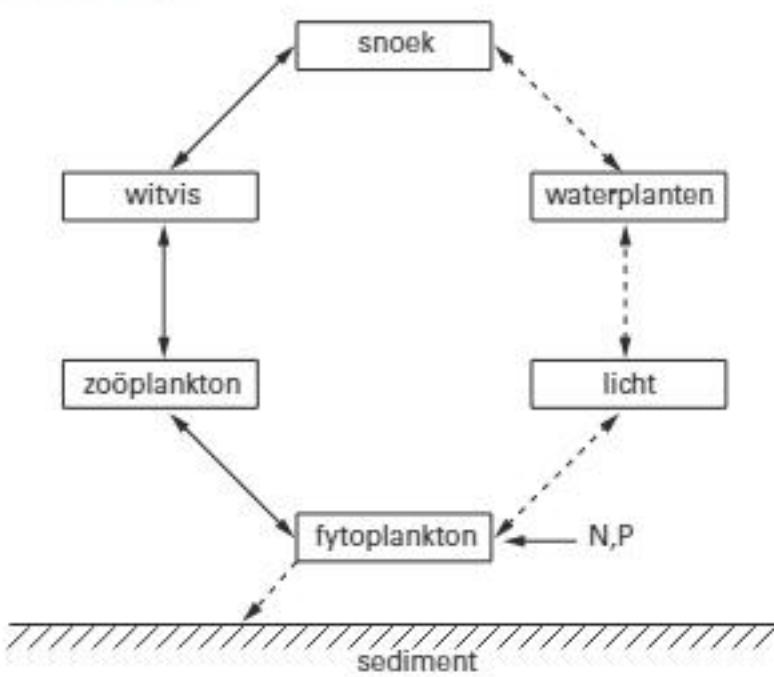
- 19 Leg uit dat door de combinatie van deze twee eigenschappen, de knotszegge zonder adequate beheermaatregelen een bedreigde plantensoort zal blijven.

## In sloot en plas

De tekst en afbeelding zijn afkomstig uit een artikel over de relaties in een zoetwaterecosysteem.

### tekst

De diverse onderdelen van de voedselkringloop houden elkaar in evenwicht in water dat een relatief lage belasting met voedingsstoffen ondervindt (zie afbeelding). De hoeveelheid fytoplankton (= plantaardig plankton) is een resultante van productie, consumptie en mineralisatie. Consumptie kan zeer belangrijk zijn, want ook in voedselrijker water kan zooplankton (= dierlijk plankton) de hoeveelheid algen reguleren. Het water is helder en licht dringt ver door, waardoor hogere planten en kranswieren op de bodem kunnen groeien. De waterplanten bieden een schuilplaats voor het zooplankton, dat daardoor niet volledig wordt gegeten door witvis (= kleinere vissen zoals voorn). Daarnaast bieden de waterplanten een schuilplaats voor de snoek. Snoeken eten vrijwel alle soorten vis.

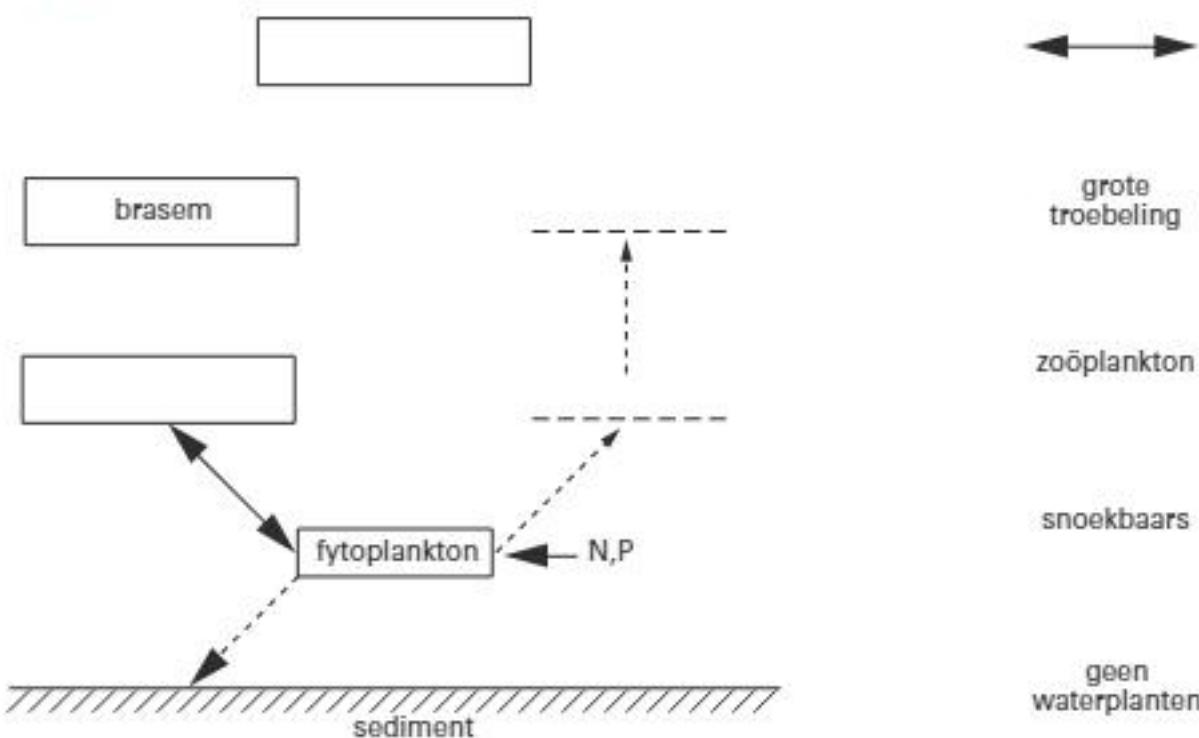
**afbeelding**

In de afbeelding geven de getrokken pijlen voedselrelaties aan en de onderbroken pijlen andere soorten relaties. Met N en P zijn respectievelijk stikstofverbindingen en verbindingen met fosfor (fosfaten) bedoeld.

Door eutrofiëring verandert het beschreven zoetwaterecosysteem. Vissen die zich beter kunnen handhaven in geëutrofieerd water, vervangen de oorspronkelijke soorten. Brasem en snoekbaars verdringen witvis en snoek. Brasem is, beter dan de meeste andere soorten, in staat om kleine voedselorganismen te benutten. Snoekbaars, een consument van de tweede orde die de snoek verdringt, eet geen brasem maar wel witvis.

Van de situatie die dan ontstaat, wil een leerling voor zichzelf een schema tekenen. Zij komt niet verder dan een opzet die in de bijlage hieronder is opgenomen. In haar schema ontbreken nog vijf gegevens, die naast het schema zijn geplaatst.

- 20 Maak het schema in de bijlage af door deze vijf ontbrekende gegevens op de juiste plaats te zetten.

**bijlage**

De Loosdrechtse Plassen zijn een sterk geëutrofieerd zoetwaterecosysteem. Ter vermindering van de P-concentratie in de Loosdrechtse Plassen werden de volgende maatregelen overwogen: baggeren, dat is het wegscheppen van bodemmateriaal; biomanipulatie door het ingrijpen in de voedselketen; chemomanipulatie door bepaalde P-bindende stoffen aan het water toe te voegen; doorspoelen met P-arm water.

Bij biomanipulatie grijpt men in de predator-prooi-regulatie in. In de Loosdrechtse Plassen zijn grote hoeveelheden brasem weggevangen, terwijl tegelijkertijd jonge snoeken werden uitgezet.

- 21** Leg uit dat het wegvangen van brasem in combinatie met het uitzetten van jonge snoek een betere maatregel is ter verbetering van het evenwicht in het zoetwaterecosysteem dan alleen het wegvangen van brasem.

In het geëutrofieerde zoetwaterecosysteem van de Loosdrechtse Plassen komen andere soorten fytoplankton en zoöplankton voor dan in voedselarme zoetwater-ecosystemen. In het fytoplankton worden groenwieren verdronken door blauwwieren, die niet of nauwelijks eetbaar zijn. In het zoöplankton neemt vooral het aantal watervlooien af en daarvoor in de plaats komen kleinere soorten zoöplankton. In de tabel zijn de gemiddelde concentraties gegeven van zoöplankton en seston (= fytoplankton, bacteriën, detritus, opgeweld veen) in 1955 en 1986.

#### tabel

	1955	1986
zoöplankton ( $> 150 \text{ mm}$ ), mg L $^{-1}$ drooggewicht	0,15	0,6
seston ( $< 150 \text{ mm}$ ), mg L $^{-1}$ drooggewicht	0,5	29

Twee leerlingen formuleren een bewering naar aanleiding van bovenstaande gegevens.

Leerling 1 zegt: 'De totale hoeveelheid zoöplankton stijgt, doordat het aandeel van het fytoplankton in het seston toeneemt'.

Leerling 2 zegt: 'De totale hoeveelheid zoöplankton stijgt naar verhouding minder dan de totale hoeveelheid seston, doordat het seston een lagere voedselkwaliteit krijgt'.

- 22** Welke van deze leerlingen heeft of welke hebben een juiste bewering gedaan?
- A geen van beide leerlingen
  - B alleen leerling 1
  - C alleen leerling 2
  - D beide leerlingen

## Experiment

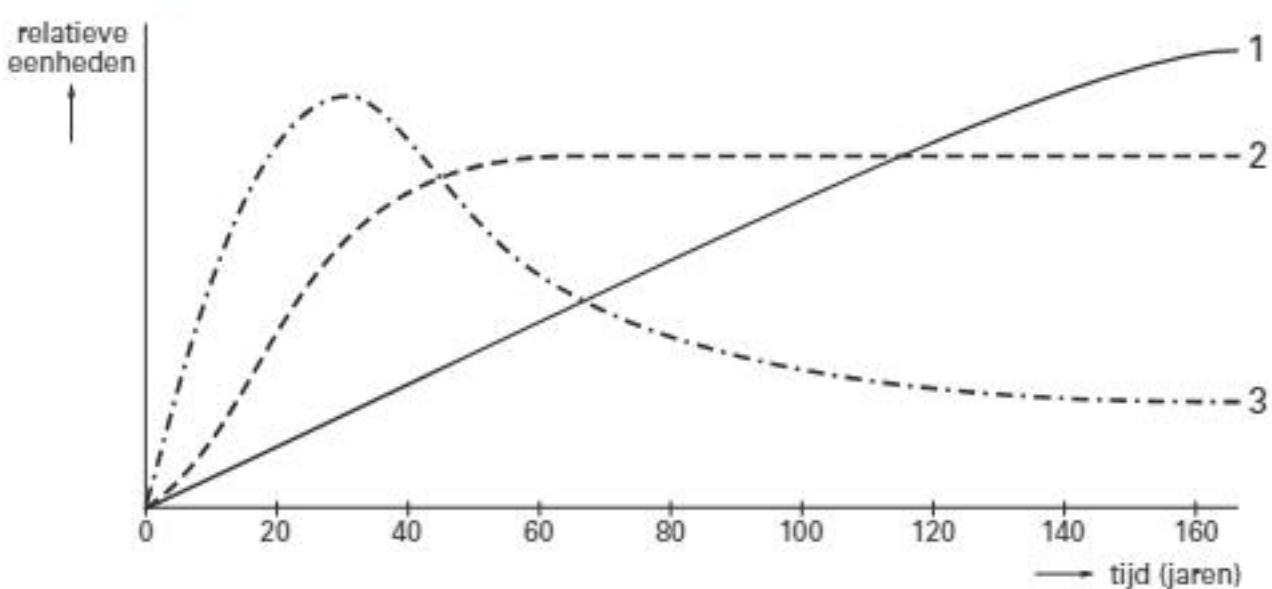
In een beheerexperiment wordt het braak liggen van akkers bestudeerd. De onderzoeker laat een akker gedurende vijf jaar braak liggen. Na deze vijf jaar constateert hij dat op deze akker successie heeft plaatsgevonden. Zijn constatering berust op zijn waarneming van de diversiteit aan soorten en het aantal gespecialiseerde nissen.

- 23** Noem vier andere kenmerken van successie.

## Biomassa

De biomassa van een bos waarin de mens niet ingrijpt, is afhankelijk van het stadium van de successie waarin het bos zich bevindt. In het diagram van de afbeelding zijn drie grafieken getekend. Eén van deze grafieken geeft de biomassa (in kg drooggewicht per  $m^2$ ) weer.

### afbeelding



- 24 Welke van de grafieken geeft het verloop van de biomassa tijdens successie weer? Leg je antwoord uit. Geef in je uitleg de reden waarom je de grafiek hebt gekozen en geef de redenen waarom je de twee andere grafieken niet hebt gekozen.

Een tropisch regenwoud bevindt zich in een climaxstadium.

- 25 Noem drie kenmerken van een climaxstadium.

## Tijgermuggen

Al jarenlang lift de tijgermug mee op bamboeplanten en autobanden die vanuit Azië geïmporteerd worden. Kan deze overbrenger van virusziekten zoals chikungunya, ook in Nederland problemen geven?

De Aziatische tijgermug (*Aedes albopictus*) komt oorspronkelijk uit Oost-Azië, maar heeft zich inmiddels gevestigd in delen van Noord- en Zuid-Amerika, Afrika en Zuid-Europa. In gematigde streken overleven volwassen tijgermuggen de winter niet. Toch kan de soort daar overleven omdat tijgermugvrouwtjes voor de winter diapauze-eitjes kunnen leggen. Diapauze-eitjes komen niet snel uit en kunnen kou en droogte overleven.

De eitjes worden afgezet vlak boven een klein waterreservoir dat dode plantenresten bevat. In het voorjaar komen de larven uit de eitjes en leven van de plantenresten in het water. Afbeelding 1 toont de oorspronkelijke larvenbroedplaats: holle bamboestengels in Azië. Afbeelding 2 toont een nieuwe larvenbroedplaats: plastic containers in Frankrijk.

**afbeelding 1**



**afbeelding 2**



Volwassen mannetjes en vrouwtjes leven van nectar uit bloemen. In mei beginnen de vrouwtjes met het steken van zoogdieren en vogels om extra voedingstoffen te krijgen voor het leggen van gewone eitjes. Onder gunstige omstandigheden ontstaat er zo elke drie weken een nieuwe generatie tijgermuggen.

Tijdens haar levenscyclus behoort een tijgermugvrouwtje tot verschillende trofische niveaus. Enkele trofische niveaus zijn:

- 1 consument van de 1e orde
- 2 consument van de 2e orde
- 3 consument van de 3e orde
- 4 producent
- 5 reducent

- 26 Tot welk of welke van deze trofische niveaus kan de tijgermug behoren als larve? En als volwassen vrouwtje?  
Schrijf larve en volwassen vrouwtje onder elkaar en noteer het juiste nummer of de juiste nummers erachter.

Twee abiotische factoren die kunnen wijzen op het invallen van de winter, zijn daglengte en temperatuur. Tijgermuggen blijken vooral de daglengte te gebruiken om het moment te bepalen waarop ze diapause-eitjes gaan leggen.

- 27 Licht toe dat daglengte een betrouwbaardere stimulus is voor het leggen van diapause-eitjes dan temperatuur.

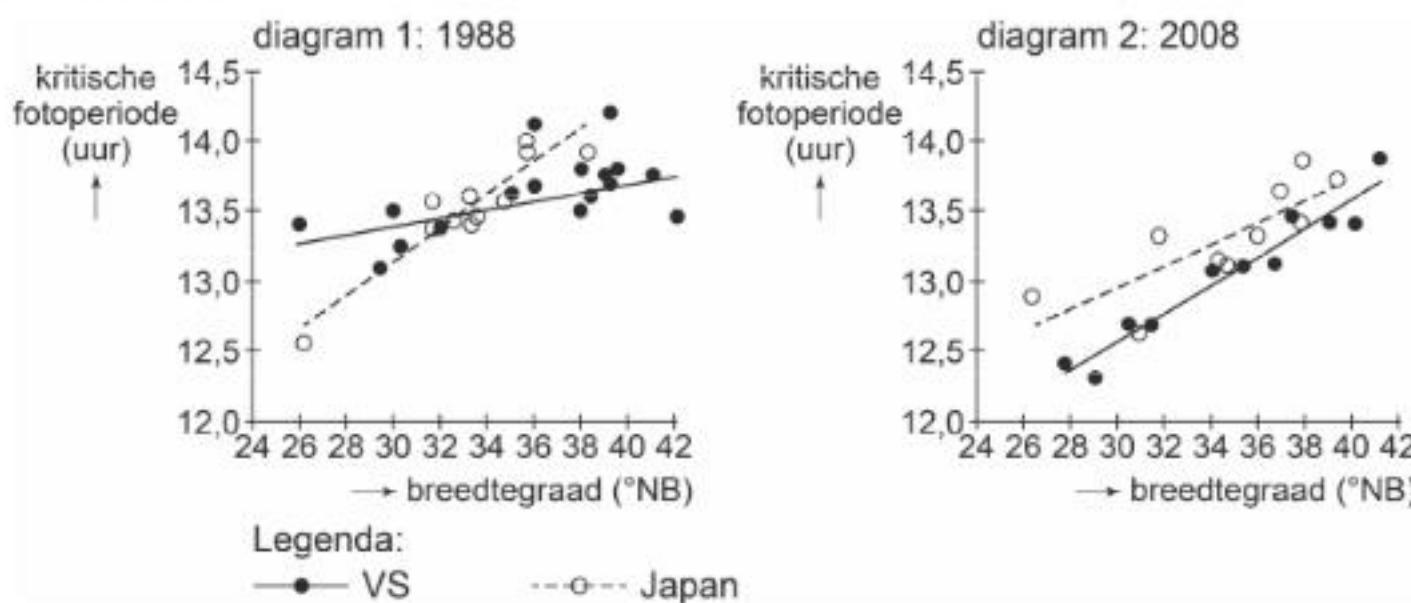
In 1985 werd voor het eerst een grote hoeveelheid tijgermuggen gezien in Texas (VS), vermoedelijk afkomstig uit een container autobanden uit Japan. Geholpen door het transport van de autobanden kon de tijgermug zich over een groot deel van Noord-Amerika verspreiden.

Kort na deze invasie in Noord-Amerika hebben onderzoekers de 'kritische fotoperiode' bepaald van tijgermugpopulaties uit de VS en Japan. De kritische fotoperiode is de daglengte die in het najaar bij 50% van de vrouwtjes leidt tot de productie van diapause-eitjes.

In beide landen werden tijgermuggen verzameld in een gebied dat zich uitstrekt van zuid naar noord (van 26° tot 42° noorderbreedte). De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in afbeelding 3, diagram 1.

Twintig jaar later is het onderzoek opnieuw uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in diagram 2.

### afbeelding 3



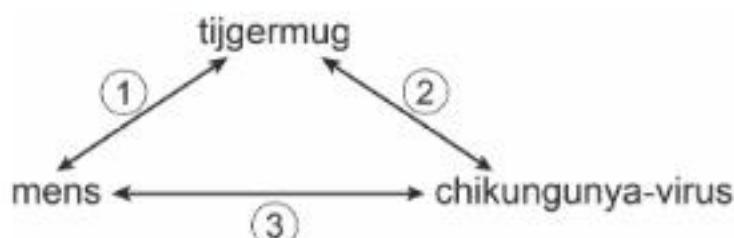
Over de resultaten van de onderzoeken worden drie beweringen gedaan:

- 1 In 2008 legden tijgermuggen in de VS gemiddeld later in het jaar diapause-eitjes dan in 1988.
  - 2 Populaties die in Noord-Amerika of Japan zuidelijker leven dan 26° NB kunnen geen diapause-eitjes leggen.
  - 3 De Noord-Amerikaanse tijgermuggen zijn afstammelingen van een Japanse populatie uit een gematigde regio, noordelijker dan 30° NB.
- 28 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer bij elk nummer of de betreffende bewering **wel** of **niet** wordt ondersteund door de gegevens in afbeelding 3.
- 29 Geef een verklaring voor de geringe variatie in kritische fotoperiode van de Amerikaanse populaties in 1988.

Als een tijgermug bloed zuigt bij iemand die het chikungunya-virus draagt, dan wordt deze mug drager van het virus. De mug heeft hier geen last van. Het virus kan vervolgens met het muggenspeeksel in elke persoon terechtkomen die daarna door de mug gestoken wordt. Op deze manier is het virus sinds 2013 in het Caribisch deel van ons koninkrijk verspreid en leidt daar tot uitbraken van de ziekte chikungunya, die ernstig is voor mensen.

In afbeelding 4 zijn de symbiotische relaties tussen mens, tijgermug en het chikungunya-virus weergegeven met nummers.

**afbeelding 4**



- 30 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer bij elke relatie welke vorm van symbiose hier het meest passend is.

## Hints bij hoofdstuk 16

- 1 Brandnetels groeien heel goed (gedijen) op vermeste (voedselrijke) grond.
- 2 Deze dieren zijn meestal gespecialiseerd op bepaalde planten.
- 3 Wat verdwijnt er vooral door de brand?
- 4 Waaruit bestaat strooisel?
- 5 1/8 deel van de teruggevangen katten is gemerkt.
- 6 Alle veranderingen betreffen uitbreidingen.
- 7 Hij vangt dan minder dan 1/8 deel van de gemerkte katten terug.
- 8 Bij bewering twee staat 'beperkt'.
- 9 Fytoplankton heeft voor zijn ontwikkeling mineralen nodig.
- 10 Hoe meer netplankton (groter fytoplankton) hoe langer de turnovertijd.
- 11 Werk vanuit C<sub>3</sub> naar boven.
- 12 Alle door fotosynthese vastgelegde energie vormt de bruto primaire productie.
- 13 In een jong bos is er weinig dood hout.
- 14 Er zijn kwetsbare plantensoorten en planten die tegen een stootje kunnen.
- 15 Op termijn verandert maaisel in humus.
- 16 In de overgang (gradiënt) kunnen soorten van beide ecosystemen leven.
- 17 Vergelijk de invloed van één factor, terwijl de overige factoren gelijk blijven.
- 18 Hoe langer je kunt wachten, hoe groter de kans op een gunstige situatie.
- 19 Dispersie betekent verspreiding, dus de nakomelingen staan niet ver weg.
- 20 Snoekbaars eet geen brasem. Veel fytoplankton geeft troebel water.
- 21 Snoeken eten vrijwel alle soorten vis.
- 22 Het seston (fytoplankton, bacteriën, detritus en opgewerveld veen) neemt toe.
- 23 Hoe verandert het aantal groene cellen ten opzichte van het totaal aantal cellen?
- 24 Het verloop wordt tijdens successie aangegeven.
- 25 De groei is eruit.
- 26 Vogels en zoogdieren kunnen planteneters en/of vleeseters zijn.
- 27 De daglengte wordt bepaald door de stand van de aarde ten opzichte van de zon.
- 28 De kritische fotoperiode is de daglengte waarbij 50% van de vrouwtjes diapause-eitjes legt.
- 29 De eerste Amerikaanse populatie ontstond in 1985.
- 30 Parasitisme, commensalisme en mutualisme zijn vormen van symbiose.

## Uitwerkingen bij hoofdstuk 16

### Brand als beheermaatregel?

- 1 *Voorbeelden van een juist antwoord:*
  - In een voedselrijk milieu worden planten die gedijen (goed kunnen leven) op voedselarme grond, weggeconcurreerd door andere planten.
  - Bij verusting kunnen de tolerantiegrenzen voor voedselrijkdom voor bepaalde planten, die op voedselarme bodems leven, worden overschreden.  
*Brandnetels en grassen groeien heel goed op veruste grond.*
- 2 *Een juist antwoord bevat een correct verband tussen een algemeen gevolg van verusting voor (de samenstelling van) de levensgemeenschap, en de overlevingskans van bepaalde dieren.*  
*Voorbeelden van een juist antwoord:*
  - Deze dieren hebben zich blijkbaar gespecialiseerd op het leven van de vegetatie van voedselarme bodems en kunnen in een eutroof milieu (voor planten voedselrijk milieu) hun voedsel niet meer vinden.
  - Door de verandering van de vegetatie wordt het ecosysteem bevolkt door andere dieren, die de oorspronkelijke dieren wegconcurren.
  - Sommige dieren vinden hun schuilplaats of nestgelegenheid in een bepaalde vegetatie, die door verusting verdwijnt.
- 3 Na de brand is de strooisellaag (met dode en levende organismen) deels verdwenen / is de hoeveelheid organische stof (in en op de bodem) verminderd. Daardoor worden mineralen niet meer goed vastgehouden / zijn mineralen vrijgekomen.  
*Het antwoord: er is minder vegetatie waardoor er minder mineralen worden opgenomen, is niet juist.*
- 4 *Voorbeelden van een juist antwoord:*
  - Er is nieuwe vegetatie gegroeid waarvan bladeren in de strooisellaag terecht zijn gekomen.
  - In de loop van de jaren zijn halfverbrachte delen van bomen in kleine stukjes verbrokken in de strooisellaag terechtgekomen.

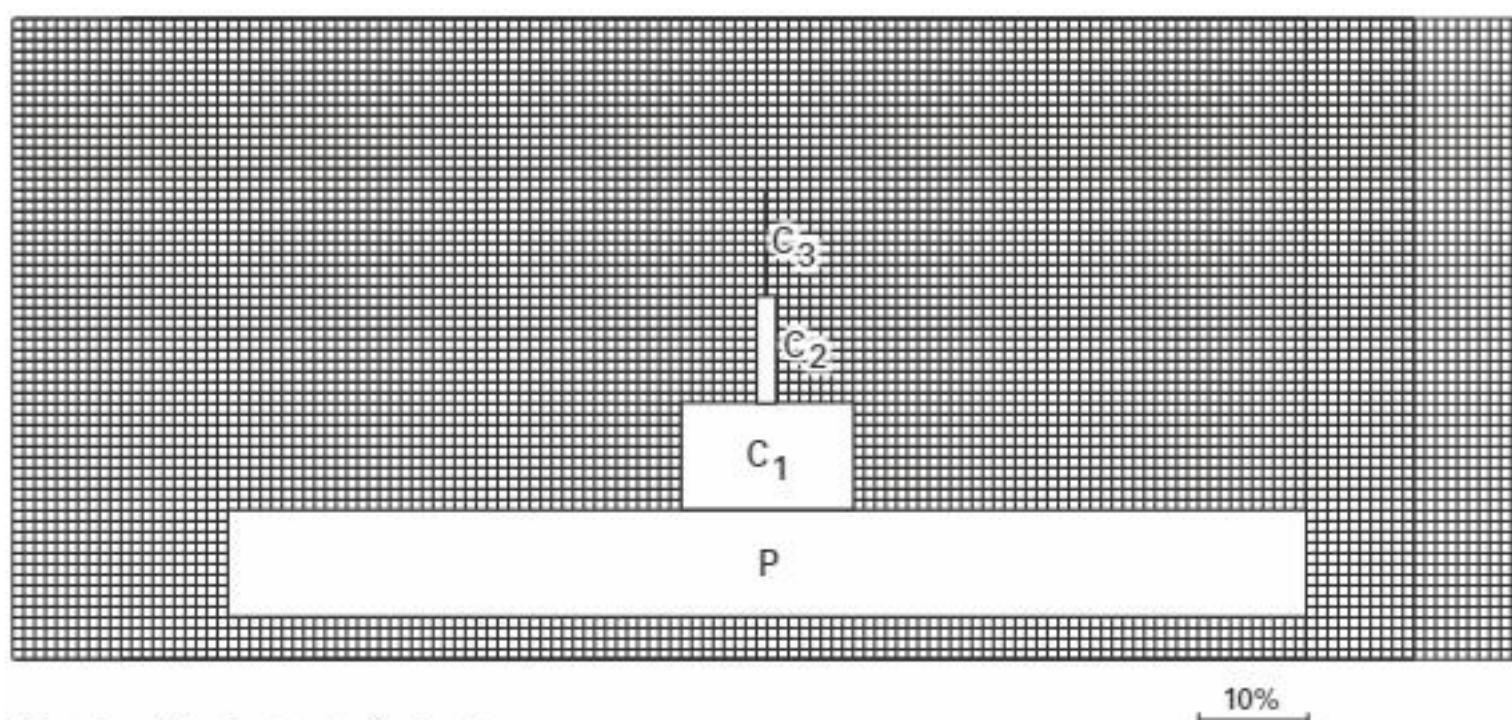
### Katten

- 5 *Een voorbeeld van een juiste berekening is:*
  - totale terugvangst : gemerkt deel terugvangst = 16 : 2  
(Van de gemerkte dieren is  $\frac{2}{18} = \frac{1}{9}$  teruggevangen. De totale terugvangst is dus  $\frac{1}{9}$  van de totale populatie.)
  - geschatte populatie = 9 x het aantal teruggevangen dieren (16) = 144.  
of  
(Van de terugvangst blijkt  $\frac{1}{8}$  deel te zijn gemerkt.)  
geschatte populatie = 8 x het totaal aantal gemerkte dieren (18) = 144.
- 6 *Voorbeelden van te noemen veranderingen zijn:*
  - op meer plaatsen vangkooien zetten
  - met een andere/betere vangmethode werken
  - langer vangen / ook 's nachts vangen
  - vaker terugvangen

- 7 A** In de tweede vangst is het aantal eerder gevangen dieren door toegenomen vluchtgedrag naar verhouding kleiner. De vermenigvuldigingsfactor wordt daardoor groter. De berekende populatie is dan te groot.

### Meren

- 8 B** In een zuurstofarm milieu vindt geen nitrificatie plaats maar denitrificatie.  
*Op 20 meter diepte is de zuurstof verbruikt door allerlei andere stofwisselingsprocessen. Dit verklaart ook de toename van CO<sub>2</sub> naarmate het dieper wordt. Een lage temperatuur vertraagt stofwisselingsprocessen, maar voorkomt ze niet.*
- 9 A** Voor de groei van plantaardig plankton worden mineralen verbruikt. In het voorjaar neemt de concentratie mineralen daardoor af, en in het najaar bij afsterven van het plankton weer toe. Ook in de zomer groeit het plantaardige plankton sterk maar er wordt veel van gegeten door zooplankton.  
*Mogelijk geeft grafiek 2 de hoeveelheid licht aan en grafiek 3 de temperatuur.*
- 10** In meren 1 en 3.  
 Berekening van de turnovertijden (B : P) 84 : 21 = 4 en 100,8 : 25,2 = 4  
*Een langere turnovertijd betekent dat er relatief weinig sneldelende nanoplankton producenten zijn t.o.v. de grotere langzamer delende netplankton producenten.*
- 11** Een voorbeeld van een juiste piramide is:



De piramide bestaat uit vierlagen.

De aangegeven schaal toepassen op de producenten.

Alle consumentenbalken centreren ten opzichte van de producentenbalk.

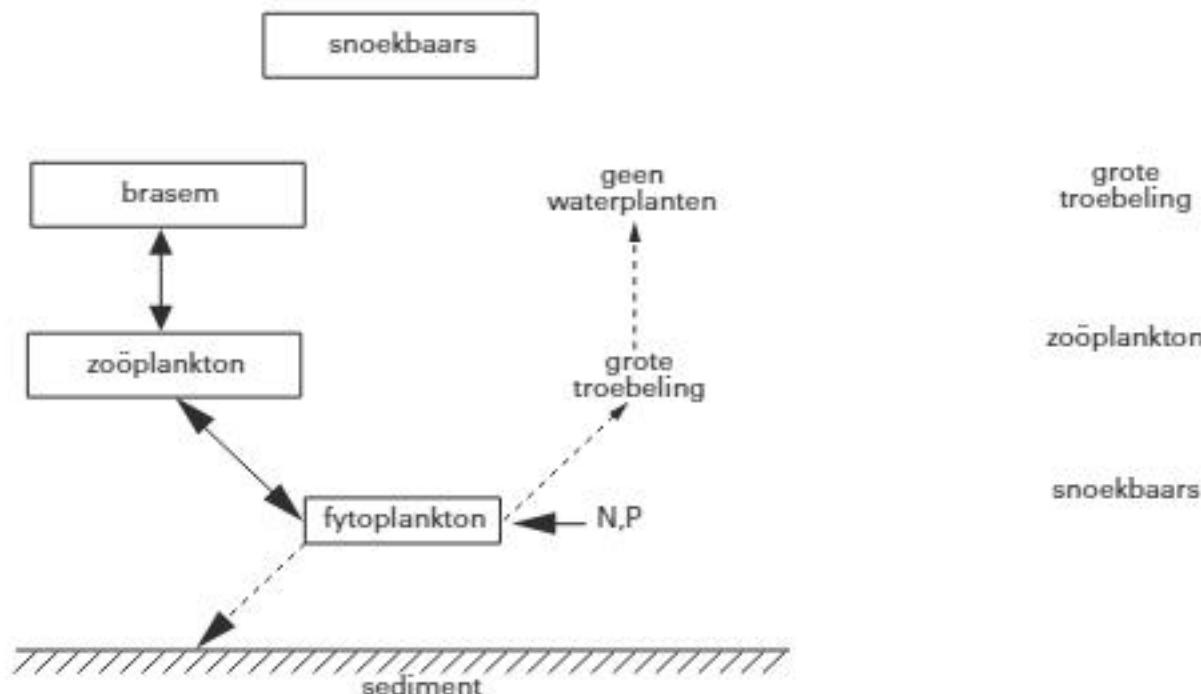
Alle drie consumentenbalken zijn juist ten opzicht van de producentenbalk (0,1; 1,8; 16)

### Bos-ecosystemen

- 12 B** De bruto primaire productie komt overeen met de fotosynthese. Dat is de netto primaire productie (36,0) plus de dissimilatie (41,3). Deze getallen betreffen de dennen in het dennenbos.
- 13** Er is in bos P sprake van een stabielere situatie (climax-ecosysteem). De totale dissimilatie is bijna gelijk aan de bruto primaire productie en de biomassa neemt minder toe dan in bos Q. Dit is het geval bij een ouder bos.

**Gradiënt-ecosystemen zijn belangrijk voor de biodiversiteit**

- 14 E** Door bemesten worden soorten die alleen op voedselarme grond kunnen leven weggeconcurrererd.  
Kwetsbare planten (bv. orchideeën) hebben meer nadeel van betreding dan robuuste planten (weegbree, varkensgras).  
Grazers hebben een voorkeur voor bepaalde planten; ontkiemde boomzaadjes worden in een weiland door grazers tussen het gras weggegeten.
- 15** Voorbeelden van een antwoord met een juist gevolg van een bepaald maaibeheer en een juiste beschrijving van de invloed daarvan op de vegetatie:
  - Door maaien en afvoeren van het maaisel treedt verschralling (verarming aan voedingsstoffen) op. Soorten die daaraan aangepast zijn, kunnen andere soorten wegconcurren.
  - Als na het maaien het maaisel niet wordt verwijderd, kan eutrofiëring (verrijking aan voedingsstoffen) plaatsvinden en kunnen snel woekerende soorten de overhand krijgen.
  - Door te maaien vóór zaadvorming van eenjarige planten kunnen deze soorten verdwijnen en blijven vooral de twee- en meerjarige planten over.
  - Als er weinig gemaaid wordt, verandert het microklimaat en krijg je een geleidelijke successie naar plantensoorten die daaraan beter aangepast zijn.
- 16** Plantensoorten uit het verdwenen kalkmoeras kunnen (een tijdlang, in kleine aantallen) in de blauwgraslanden overleven.  
Zij kunnen, wanneer de (abiotische) omstandigheden gunstig worden gemaakt, zich er snel vestigen. / Zij kunnen bijdragen aan het ontstaan van een kalkmoeras in het (door de beheermaatregelen) geschikt gemaakte gebied.
- 17 B** Vergelijk steeds van één eigenschap (laag/hoog of kort/lang) de invloed op de bezettingsgraad. Dit kan alleen als andere twee eigenschappen gelijk zijn.  
Het verschil in lage en hoge dispersiecapaciteit blijkt dus uit vergelijking van staaf 1 met 5; 2 met 6, 3 met 7 en 4 met 8, en is 2 tot 4 strepen.  
Het verschil in bezettingsgraad, afhankelijk van een korte of lange levensduur van planten, blijkt uit staaf 1 en 3; 2 en 4; 5 en 7; 6 en 8, en is 1 tot 3 strepen.  
Het verschil in bezettingsgraad door planten met zaden die een korte of lange levensduur hebben, blijkt uit staaf 1 en 2; 3 en 4; 5 en 6; 7 en 8, en varieert van een  $\frac{1}{2}$  tot 1 streep.
- 18** Voorbeelden van een juiste verklaring:
  - Zaden met een lange levensduur kunnen lange tijd in de bodem 'wachten' tot de omstandigheden gunstig zijn om te ontkiemen.
  - Voor zaden met een korte levensduur moet er snel een nis vrijkomen, willen ze er ontkiemen en zich vestigen.
  - Van zaden met een lange levensduur komen er steeds meer in de bodem, waardoor de kans dat ze een keer een vrijgekomen nis kunnen bezetten groter wordt.Het begrip nis (niche) en (micro)habitat overlapt, zoals hier gebruikt, sterk.
- 19** Doordat er nog maar weinig blauwgrasland is, komt de plant maar op weinig plaatsen voor en kan de plant (als ze al ergens voorkomt) door de lage dispersiecapaciteit de andere blauwgraslanden (vrijwel) niet bereiken.

**In sloot en plas****20**

Zooplankton leeft alleen van fytoplankton. Brasem blijkt goed in staat kleine voedselorganismen, dus zooplankton, te benutten. Door eutrofivering neemt de hoeveelheid fytoplankton toe, dat het water troebel maakt. Grote troebeling houdt licht tegen, waardoor er geen waterplanten op de bodem kunnen groeien.

Er zijn geen relaties gegeven met betrekking tot snoekbaars.

**21** In een juiste uitleg zijn de volgende elementen te onderscheiden:

- Alleen wegvangen van brasem heeft een tijdelijk effect; op langere termijn herstelt de populatie zich weer.
- Toevoegen van snoek veroorzaakt een blijvende afname van de populatie brasems, want snoek eet (jonge) brasem.

Door het wegvangen van brasems kan het zooplankton zich uitbreiden; dat eet het fytoplankton op, zodat het water helderder wordt. Er kunnen dan weer waterplanten groeien, waartussen het zooplankton zich gedeeltelijk schuil kan houden.

Gegeven is dat snoeken vrijwel alle soorten vis eten, dus ook (jonge) brasem.

**22 C** Het zooplankton leeft van het seston. De hoeveelheid zooplankton is gestegen van 0,15 naar 0,6 mg per liter; ongeveer 4 keer zo veel. Het seston is gestegen van 0,5 naar 29 mg per liter; ongeveer 50 keer zoveel. Daarbij zijn groenwieren vervangen door blauwwieren die nauwelijks eetbaar zijn. Doordat het seston een lagere voedselkwaliteit krijgt, stijgt de hoeveelheid zooplankton naar verhouding minder dan de totale hoeveelheid seston  $\Rightarrow$  de bewering van leerling 2 is juist.

Seston bestaat uit fytoplankton, bacteriën, detritus en opgewerveld veen. Uit een toename van de hoeveelheid seston (tabel 1) kan daarom niet worden bepaald of ook het aandeel fytoplankton is toegenomen.

## Experiment

23 Voorbeelden van vier te noemen kenmerken:

- De kringloop wordt gesloten.
- De biomassa neemt (steeds langzamer) toe.
- De gelaagdheid neemt toe.
- Het voedselweb wordt ingewikkelder.
- De productie wordt gelijk aan de afbraak.
- De hoeveelheid cellen met bladgroen wordt minder in verhouding tot het totaal aantal cellen.

*Er ontstaat geleidelijk een climaxstadium, dat is een tamelijk stabiele toestand.*

## Biomassa

24 grafiek 1 = biomassa

Bij het ouder worden van bomen neemt de biomassa steeds toe (zodat de grafiek in de aangegeven periode een constante stijging moet vertonen).

Bomen worden ouder dan 50 jaar, daarom komt grafiek 2 niet in aanmerking en bomen blijven doorgroeien, daarom komt grafiek 3 niet in aanmerking.

*Gevraagd wordt het verloop ‘tijdens successie’. Er is dan nog geen climax (evenwicht) opgetreden, en dus is grafiek 2 onjuist.*

25 Kenmerken van een climaxstadium zijn (noem er drie):

- gesloten kringlopen
- grote biomassa
- gelaagdheid
- grote diversiteit
- gespecialiseerde nissen/niches
- ingewikkeld voedselweb
- productie gelijk aan afbraak
- successie verloopt langzaam

## Tijgermuggen

26 – larve: 1

– volwassen vrouwtje: 1, 2, 3

*Larven leven van plantenresten en zijn dus consumenten van de 1e orde.*

*Volwassen vrouwtjes leven van nectar (van planten), (bloed van) vogels en zoogdieren.*

*Omdat vogels en zoogdieren zowel planteneter als vleeseter kunnen zijn, kunnen de volwassen vrouwtjes tot de consumenten van de 2e en 3e orde behoren.*

27 De daglengte verandert elk jaar volgens een vast patroon en de temperatuur niet.

*De aarde draait in één dag om haar as en in één jaar rond de zon. De schuine stand waarmee de aarde om de zon draait verandert niet. Daardoor neemt de daglengte op het noordelijk halfrond na 21 december heel voorspelbaar toe en na 21 juni weer af. De temperatuur is niet ieder jaar hetzelfde op een bepaalde dag.*

**28** 1 wel

2 niet

3 wel

1. De kritische fotoperiode is de daglengte die in het najaar bij 50% van de vrouwtjes leidt tot de productie van diapause-eitjes. In 2008 is de daglengte waarbij vrouwtjes deze eitjes legden afgenomen ten opzichte van 1988. Dit ondersteunt de bewering dat de vrouwtjes later in het jaar diapause-eitjes leggen.

2. In de studie is gekeken naar een gebied tussen 26° tot 42° noorderbreedte. Over populaties die zuidelijker leven dan 26° NB is geen informatie beschikbaar.

3. De Japanse muggenpopulaties hebben boven de 30e breedtegraad een kritische fotoperiode van 13,1 uur of hoger (zie de stippellijn in diagram 1). De muggenpopulaties in Noord-Amerika hebben tussen breedtegraad 26 en 42 een kritische fotoperiode van 13,1 of hoger. De kritische fotoperiode van de Noord-Amerikaanse populaties uit de zuidelijke regio's (26e tot 30e breedtegraad) is in 1988 dus langer dan je op grond van de breedtegraad zou verwachten, en komt overeen met de kritische fotoperiode van Japanse populaties boven de 30e breedtegraad.

**29** Voorbeelden van een juist antwoord:

- Alle Amerikaanse tijgermuggen zijn nakomelingen van slechts een klein aantal individuen.
- Alle Amerikaanse tijgermuggen zijn nakomelingen van een aantal muggen uit een bepaalde regio.
- Dit is het gevolg van het foundereffect / stichtereffect.

De kritische fotoperiode is erfelijk bepaald. Een geringe variatie in kritische fotoperiode geeft aan dat er weinig genetische variatie is. Dat komt doordat alle Noord-Amerikaanse muggen afstammen van dezelfde kleine populatie Japanse muggen (uit de container met autobanden).

**30** 1 parasitisme

2 commensalisme

3 parasitisme

1. Het ene organisme (tijgermug) heeft voordeel (bloed zuigen met voedingsstoffen), het andere organisme (de mens) heeft nadeel (verliest bloed met voedingsstoffen aan de mug).

2. Het ene organisme (tijgermug) heeft geen voor- of nadeel, het andere organisme (chikungunya-virus) heeft voordeel, doordat het door de mug wordt verspreid.

3. Het ene organisme (chikungunya-virus) heeft voordeel (gebruikt mens als gastheer), het andere organisme (de mens) heeft nadeel (wordt ernstig ziek).



Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



### Brand als beheermaatregel?

In augustus 1995 verbrandde op het Millingerzand bij Kootwijk (zie afbeelding 1) honderd hectare bos. Het maakte deel uit van een bosvegetatie met grove dennen op zeer voedselarme stuifzanden.

Onderzoekers van Alterra (Universiteit Wageningen) hadden net een onderzoek naar het effect van begrazing op het vergrassen in dit bos afgerond. Door de brand werd het mogelijk om de effecten van bosbrand op de lange termijn te onderzoeken. Uit het onderzoek kan blijken of gecontroleerd afbranden kan worden ingezet als beheermaatregel.

Vóór de brand kampte het bos met verzuring, vermeesting en een verminderde biodiversiteit. De dikke strooisellaag van naalden, takjes en resten van afgestorven planten was steeds voedselrijker geworden door de uitstoot van ammoniak uit de veehouderij en door stikstofoxiden afkomstig van industrie en verkeer.

Deze vermeesting verkleinde de overlevingskansen voor planten en dieren die op voedselarme grond gedijen. Onder de grove dennen had zich een permanente monocultuur van grassen gevestigd. Onderzoeker Rolf Kemmers legt uit waarom brand een alternatief voor begrazing kan zijn: "Als na een bosbrand het kale stuifzand bovenkomt, vestigen zich er opnieuw grove dennen met een ondergroei van korstmossen, struikheide en kruiden.

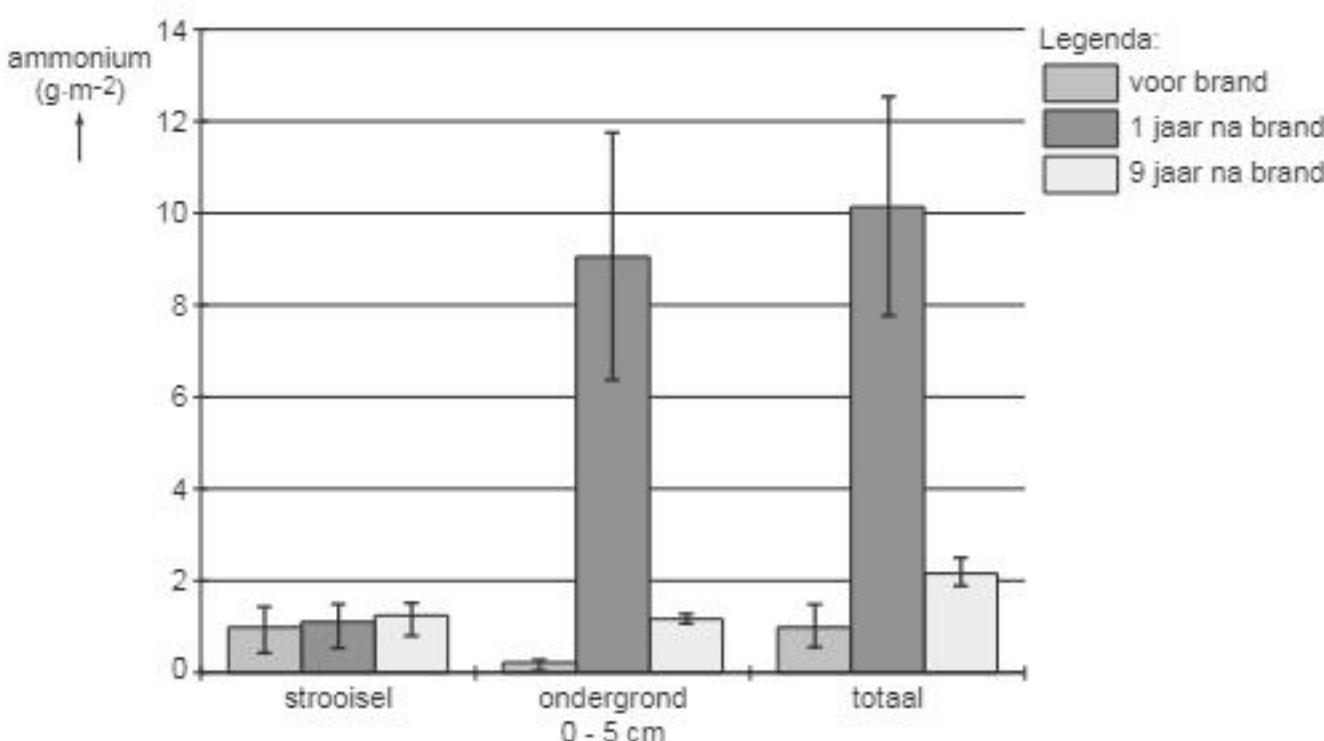
Bovendien trekken dode bomen veel houtetende insecten aan, die op hun beurt aantrekkelijk zijn voor bijvoorbeeld spechten."

afbeelding 1



Tijdens een bosbrand vinden er verschillende chemische processen plaats. De in de biomassa en strooisellaag aanwezige stikstofverbindingen worden deels omgezet in ammoniumzouten die na verloop van tijd weer uit de bodem verdwijnen (zie afbeelding 2).

**afbeelding 2**



Om een verklaring te vinden voor de verlaging van het ammoniumgehalte tussen het eerste en het negende jaar na de brand, worden drie processen genoemd die het ammoniumgehalte in de bodem beïnvloeden:

- 1 activiteit van rottingsbacteriën;
- 2 nitrificatie;
- 3 uitspoeling.

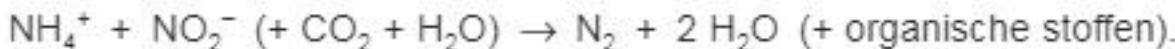
- 1 Welke van deze processen kunnen het ammoniumgehalte in de bodem verlagen?
  - A alleen 1 en 2
  - B alleen 1 en 3
  - C alleen 2 en 3
  - D 1, 2 en 3

Gecontroleerd afbranden van een deel van een bos zou als beheermaatregel kunnen worden ingezet om in het gebied verzuring, verusting en stagnante successie tegen te gaan. Verzuring wordt in ieder geval enige tijd teruggedrongen, zo is gebleken uit het onderzoek.

- 2 Beargumenteer in hoeverre gecontroleerd afbranden wel of niet effectief is als beheermaatregel tegen verusting. Je kunt daarbij gebruikmaken van de gegevens uit de beschreven (deel)onderzoeken.

## Anammox

In de Zwarte Zee verloopt de stikstofkringloop anders dan altijd is aangenomen. Daar vindt op zo'n 90 meter diepte de anammox-reactie plaats die door bacteriën wordt veroorzaakt. In deze anammoxreactie wordt ammonium geoxideerd in een reactie met nitriet. Op basis van onderzoek wordt aangenomen dat de reactievergelijking als volgt is:



De anammox-reactie wordt onder laboratoriumomstandigheden aangetoond door anammoxbacteriën ammonium aan te bieden waarin de gewone stikstofisotoop ( $^{14}\text{N}$ ) is vervangen door de isotoop  $^{15}\text{N}$ .

Vervolgens wordt de vrije stikstof opgevangen en de verhouding  $^{14}\text{N} / ^{15}\text{N}$  daarin bepaald.

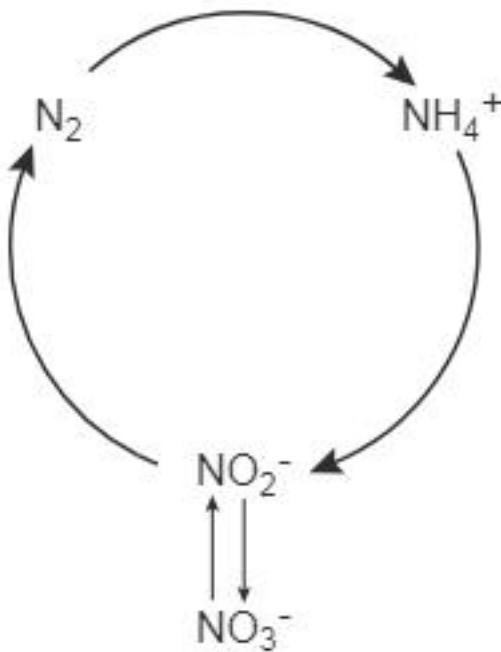
- 3 Bij welke verhouding tussen  $^{14}\text{N}$  en  $^{15}\text{N}$  kan worden aangenomen dat de anammox-reactie heeft plaatsgevonden?

De meeste autotrofe organismen, zoals planten, zijn foto-autotroof.

- 4 Leg uit met behulp van de gegevens in de inleiding dat de anammoxbacterie *chemo-autotroof* is.

De bacteriële stikstofkringloop kan in een model worden weergegeven, zie de afbeelding.

### afbeelding



De anammox-reactie kan opgenomen worden in deze stikstofkringloop.

- 5 Voeg in de afbeelding op de juiste manier de anammox-reactie in.

In het model wordt een aantal omzettingen met een pijl aangegeven.

- 6 Welke van de volgende omzettingen is in het model niet aangegeven?

- A biologische N-fixatie
- B denitrificatie
- C fotochemische N-fixatie
- D nitrificatie

Anammoxbacteriën kunnen worden gebruikt in waterzuiveringsinstallaties.

- 7 Noem een nuttig effect van het gebruik van deze bacterie bij de afvalwaterzuivering.

## Bloei van blauwalg

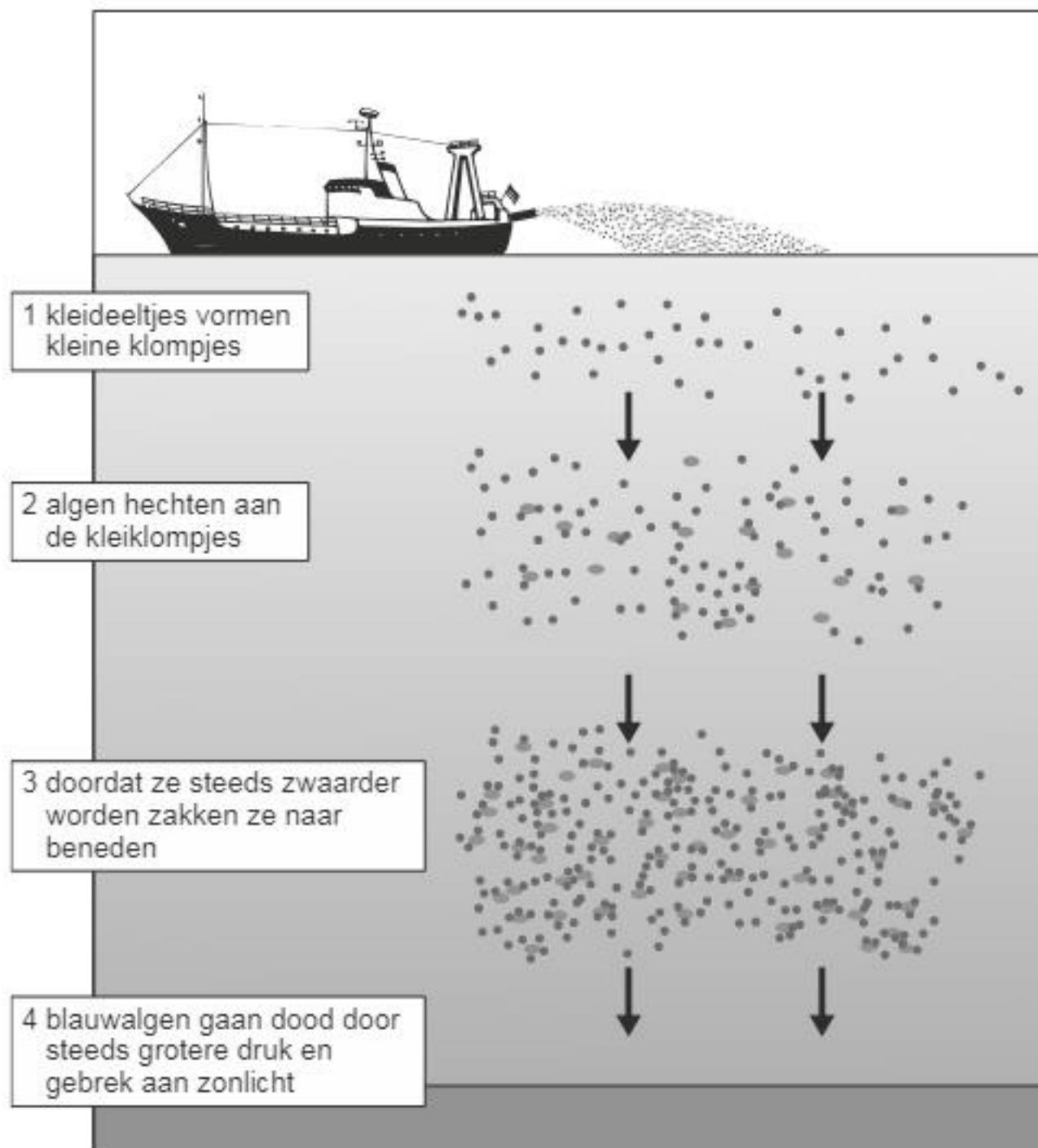
Een effect van verdere opwarming van de aarde is een plaatselijke toename van de regenval. Paerl en Huisman verwachten daardoor een grotere kans op blauwalgenbloei in de uitstroomgebieden van rivieren in zee (estuaria).

- 8 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 1).

**afbeelding 1**



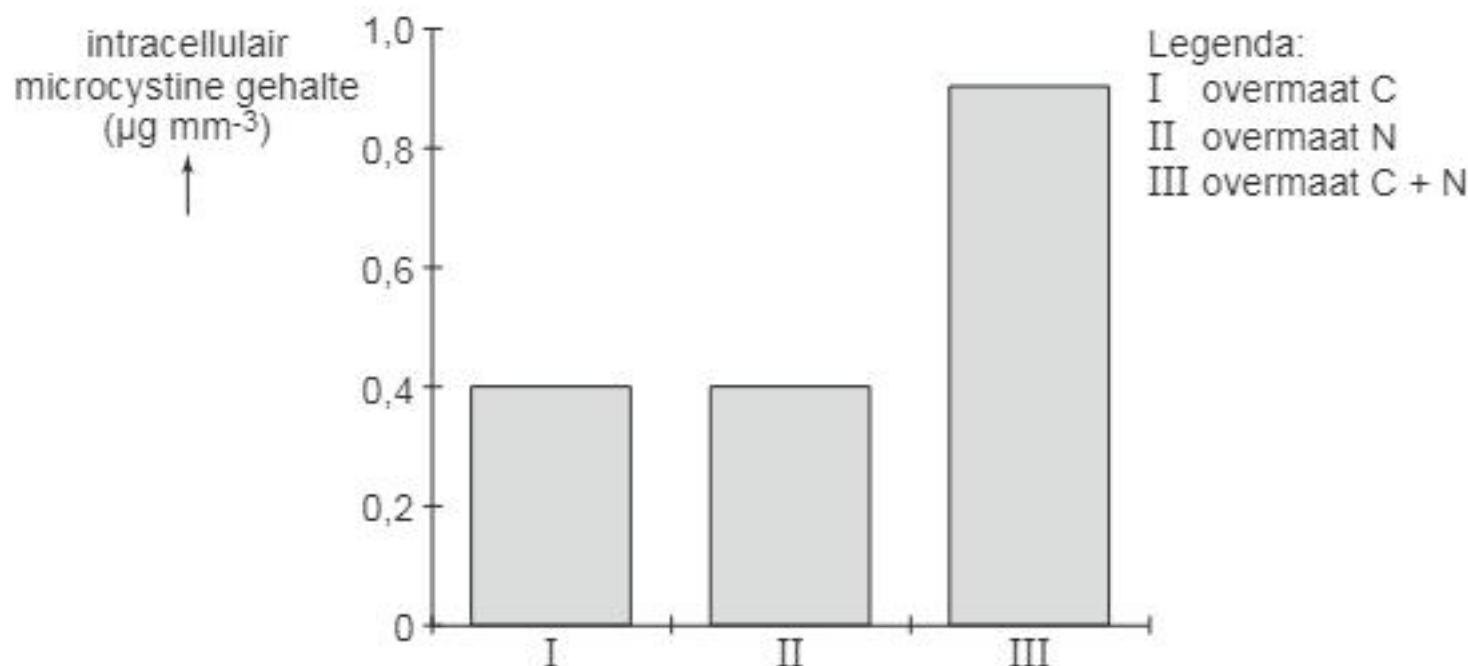
Het op deze manier (zie afbeelding 1) afzinken van blauwalgen levert ook een bijdrage aan het tegengaan van het versterkt broeikaseffect.

- 9 Leg uit dat deze methode bijdraagt aan het tegengaan van het versterkt broeikaseffect, maar dat het mogelijk op de lange termijn geen effect heeft.

De onderzoeks groep 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 2.

afbeelding 2



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

## Onderdompelgen maakt rijstrassen 'waterproof'

Het is maar een simpel gen, maar wel één dat bij miljoenen mensen honger kan voorkomen. Plantenveredelaar David Mackill van het International Rice Research Institute is erin geslaagd om uit een laag productief Indiaas rijstras het 'onderdompelgen' Sub1A in te kruisen in veel gebruikte commerciële rijstrassen. Dankzij dit onderdompelgen kan rijst langdurige overstromingen doorstaan.

De nieuwe rijstrassen, die langdurige overstroming moeten weerstaan, worden door Indiase boeren uitgetest (zie de afbeelding). De resultaten zijn hoopgevend. Bij langdurige onderdompeling is de opbrengst vijf tot tien keer hoger dan die van soortgelijke rassen zonder het onderdompelgen.  
De veldproeven die vereist zijn voor nieuwe gewassen, zijn nodig om te onderzoeken of het gewas de nieuwe eigenschap bezit en er geen belangrijke andere eigenschappen verloren zijn gegaan. Maar ook, en dat geldt vooral voor transgene gewassen, om bepaalde negatieve effecten van deze gewassen op de omgeving uit te sluiten.

### afbeelding



- 11 Beschrijf twee mogelijke negatieve effecten van een genetisch gemodificeerde rijstvariant op de omgeving, die uit veldproeven kunnen blijken.

## Hints bij hoofdstuk 17

- 1 Zoek in Binas of ScienceData wat er gebeurt bij nitrificatie en wat rottingsbacteriën doen.
- 2 Waar komen de ver mestende stoffen vandaan?
- 3 In welke verhouding wordt  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_2^-$  in de reactievergelijking verbruikt?
- 4 Het begrip autotroof verwijst naar de bron van energie van een organisme.
- 5 Twee pijlen zijn voldoende. Het gevormde  $\text{H}_2\text{O}$  is niet aangeven.
- 6 Zie stikstofkringlopen in Binas of ScienceData.
- 7 Nitriet is schadelijk. Nitraat stimuleert algengroei.
- 8 Op luchtfoto's is de uitstroom van grote rivieren anders van kleur dan het zeewater.
- 9 Blauwalgen gebruiken stoffen uit hun omgeving voor fotosynthese.
- 10 Wat is de door mensen veroorzaakte bron van C en N?
- 11 In een omgeving komen altijd andere organismen voor.

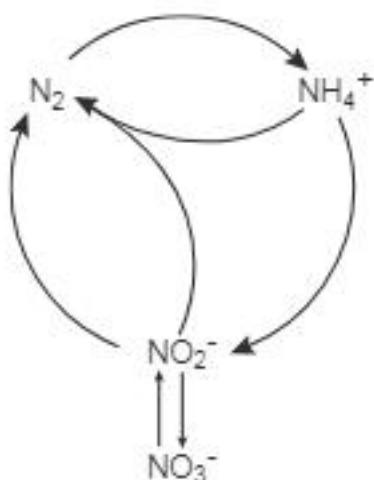
## Uitwerkingen bij hoofdstuk 17

### Brand als beheermaatregel?

- 1 C** Door nitrificatie wordt ammonium omgezet in nitraat dat kan worden opgenomen door planten en deels wordt uitgespoeld (Binas 93G, ScienceData 34.5). Door uitspoeling stroomt ammonium met water naar omringende sloten en oppervlaktewater.  
*Door rottingsbacteriën worden eiwitten omgezet in ammonium; hierdoor stijgt het ammoniumgehalte (Binas 93G, ScienceData 34.5).*
- 2** Voorbeelden van een juist antwoord waarin een juist gegeven (uit de teksten en/of diagrammen) is gebruikt met een juist effect daarvan op de vermeting:
- Het is maar tijdelijk effectief: na negen jaar is er weer minstens zoveel stikstof in de bodem als voor de brand.
  - Het is niet effectief zolang de uitstoot van ammoniak uit veehouderijen in de omgeving door blijft gaan. Daardoor wordt het bos ook bemest.
  - Het is maar deels effectief, want stikstofoxiden afkomstig van het verkeer komen via de lucht toch in het bos terecht.
  - Een jaar na de brand is er veel meer ammonium en na negen jaar is er nog steeds meer dan vóór de brand. Het is dus niet effectief.  
*Zie stikstofkringloop Binas 93G, ScienceData 34.5.*

### Anammox

- 3** De verhouding  $^{14}\text{N} : ^{15}\text{N} = 1 : 1$ .  
*Volgens de gegeven reactievergelijking komt in ieder opgevangen  $\text{N}_2$  molecuul een N van  $\text{NH}_4^+$  en een N van  $\text{NO}_2^-$ . De overige (organische) stoffen worden hierbij buiten beschouwing gelaten.*
- 4** Autotroof, want de bacterie zet anorganische stof ( $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ ) om in organische stof. Chemo-autotroof, want de energie hiervoor komt uit een chemische omzetting namelijk de anammox-reactie.
- 5** Voorbeeld van een juist aangevulde kringloop:  
*Volgens de anammox-reactie worden  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_2^-$  omgezet in  $\text{N}_2$ . Het gevormde  $\text{H}_2\text{O}$  wordt in de kringloop niet weergegeven.*



- 6 C** Bij fotochemische N-fixatie wordt  $N_2$  omgezet in  $NO_3^-$  tijdens onweer (Binas 93G, ScienceData 34.5).
- A: Biologische N-fixatie geeft aan dat  $N_2$  door organismen wordt vastgelegd in een andere stikstofverbinding (hier  $NH_4^+$ ).
- B: Denitrificatie (in zuurstofarm milieu) is de omzetting van  $NO_2^-$  naar  $N_2$ .
- D: Nitrificatie is de omzetting in zuurstofrijk milieu van  $NH_4^+$  in  $NO_2^-$  en  $NO_2^-$  in  $NO_3^-$

**7 Voorbeelden van een nuttig effect:**

- De bacterie zet (het schadelijke) ammonium/nitriet in het water om in (het onschadelijke)  $N_2$ .
- De bacterie verwijdert nitriet uit het water en verhindert daarmee omzetting tot nitraat.

Minder van toepassing bij een waterzuiveringsinstallatie: 'De bacterie verbruikt het broeikasgas  $CO_2$ '. Ook al omdat bij het afsterven van de bacterie de vastgelegde  $CO_2$  weer vrijkomt.

### Bloei van blauwalg

- 8 C** Met voedselrijker worden hier voedingszouten bedoeld die vrijkomen door erosie. Bodemmateriaal dat door erosie van het land met regenwater mee naar zee stroomt maakt het water minder helder waardoor de algen minder licht krijgen. Zeezout wordt weliswaar door regenwater verduld, maar door verhoogde erosie worden meer voedingszouten aangevoerd. Antwoord C geeft dit duidelijk weer. Algen hebben voor hun groei geen zuurstof nodig, die produceren ze zelf. Een tekort aan zuurstof ontstaat soms bij massale aanwezigheid van algen gedurende de nacht.
- 9** Door het afzinken wordt vastgelegd  $CO_2$  aan de kringloop onttrokken; indien echter de restanten worden omgezet (door reducenten), komt de eerder vastgelegde  $CO_2$  weer terug in de atmosfeer.
- 10** Er is bij eutrofiëring in het water meer stikstof beschikbaar. Door het versterkt broeikaseffect wordt het zeewater (plaatselijk) warmer. / Door meer broeikasgassen/  $CO_2$  in de atmosfeer / Door meer  $HCO_3^-$  in het zeewater is er meer koolstof beschikbaar. Daardoor kunnen er (door meer cyanobacteriën en/of per cyanobacterie) meer microcystines geproduceerd worden.

### Onderdompelgen maakt rijstrassen 'waterproof'

- 11 Voorbeelden van negatieve effecten, waarvan je er twee moet geven:**
- Het gen kan bij (wind)bestuiving overgaan op andere planten.
  - De plant kan schadelijk zijn voor dieren.
  - De plant kan een snellere uitputting van de bodem veroorzaken.
  - Een hogere methaanuitstoot van het rijstveld (met als gevolg een versterking van het broeikaseffect).
  - De rijst kan andere gewassen in de omgeving overwoekeren.

Vind je dit onderwerp lastig? Bekijk een uitlegfilmpje op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl) of oefen met extra examenopgaven.



## Deel 2a

# Examens met uitwerkingen

Oefenen met hele examens, met hints om je op weg te helpen en uitleg bij de goede antwoorden.



**Bronvermelding**

*Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift op [mijn.examenbundel.nl](http://mijn.examenbundel.nl).*

## Examen 2023-I

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

### Maarten van der Weijden zwemt de Elfstedentocht

In 2018 deed olympisch zwemkampioen Maarten van der Weijden zijn eerste poging om de 200 kilometer lange Elfstedentocht te zwemmen om geld in te zamelen voor onderzoek naar de behandeling van kanker (afbeelding 1). Deze poging slaagde net niet, maar een jaar later lukte het wel.

afbeelding 1



Gedurende een intensieve trainingsperiode heeft Maarten zijn lichaam voorbereid op deze uitzonderlijke inspanning. Door de training is zijn maximale zuurstofopname vergroot. Dit is op weefselniveau te verklaren doordat de concentratie van rode bloedcellen in het bloed verhoogd is.

Ook op andere organisatieniveaus zijn als gevolg van training veranderingen opgetreden die leiden tot een vergroting van de maximale zuurstofopname uit de lucht.

- 1p 1 Noteer zo'n verandering op orgaanniveau.

Door de training is ook het aantal haartjes in Maartens skeletspieren toegenomen. Hierdoor kan in de skeletspieren meer aerobe dissimilatie plaatsvinden.

- 2p 2 Leg dit uit aan de hand van de wet van Fick.

Spiervezels kunnen worden ingedeeld op type. In tabel 1 staan enkele eigenschappen van twee typen spiervezels.

tabel 1

	type I-spiervezels	type II-spiervezels
aantal mitochondriën	groot	klein
voorraad glycogeen	groot	klein
myoglobinegehalte	hoog	laag
dichtheid myofibrillen	laag	hoog

- 2p 3 Type I-spiervezels zijn voor Maarten essentieel bij zijn zwemprestaties.  
3 Kies **twee** eigenschappen van type I-spiervezels uit tabel 1 en licht voor elke eigenschap toe waarom deze functioneel is voor Maarten bij zijn Elfstedentocht.

Tijdens de Elfstedentocht zwom Maarten op een rustig tempo om het risico op de ophoping van melkzuur in de spieren zo laag mogelijk te houden.

Stofwisselingsprocessen waarbij ATP wordt gevormd zijn:

- 1 glycolyse
- 2 citroenzuurcyclus
- 3 oxidatieve fosforylering

**2p** **4** Van welke situatie is sprake bij ophoping van melkzuur in spiercellen?

- A Proces 1 vindt meer plaats dan 2 en 3.
- B Processen 1 en 2 vinden meer plaats dan 3.
- C Proces 2 vindt meer plaats dan 1 en 3.
- D Processen 2 en 3 vinden meer plaats dan 1.
- E Proces 3 vindt meer plaats dan 1 en 2.

Halverwege zijn eerste Elfstedentocht was Maarten het dieet van koolhydraatrijke energierepen en sportsnacks even zat. Door een oproepje via sociale media kon hij binnen een half uur van een pizza genieten. Een pizza bevat veel vet (triglyceriden) en koolhydraten (zetmeel).

Over het verschil tussen vertering van triglyceriden en van zetmeel worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De vertering van zetmeel start eerder in het spijsverteringsstelsel.
- 2 Voor de vertering tot opneembare producten zijn bij zetmeel minder verschillende enzymen nodig.
- 3 Een deel van de opgenomen verteringsproducten van triglyceriden wordt via een andere route naar het bloed vervoerd.

**2p** **5** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Voorafgaand aan zijn Elfstedentocht had Maarten een thermometerpil ingeslikt. Daardoor kreeg zijn coach continu informatie over Maartens kerntemperatuur. Als die onder de 35 °C zou komen, zou er sprake zijn van onderkoeling en zou Maarten moeten stoppen.

Verschillende processen, aangestuurd door het autonome en het animale zenuwstelsel, zorgden er tijdens het zwemmen voor dat Maartens lichaamstemperatuur niet te snel daalde.

**1p** **6** Noteer zo'n proces dat direct aangestuurd wordt door het animale zenuwstelsel.

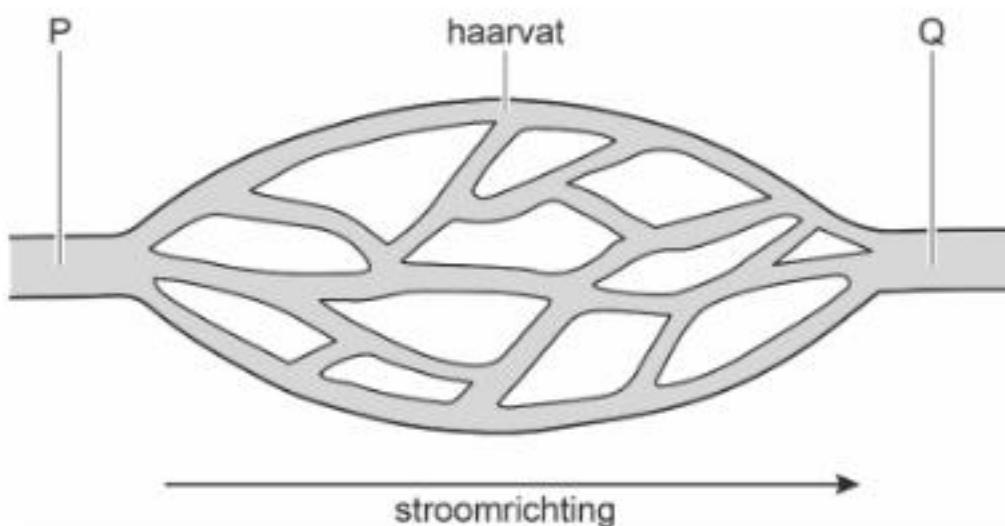
Bij zijn eerste poging moest Maarten van zijn arts enkele kilometers voor Dokkum het water verlaten. In de media verschenen al gauw de foto's van zijn handen en voeten, die een bizarre uiterlijk hadden gekregen (afbeelding 2). De rimpels zijn het resultaat van een reactie van het zenuwstelsel die ervoor zorgt dat de hoeveelheid weefselvloeistof in de huid afneemt.

### afbeelding 2



In afbeelding 3 is een haarvatennetwerk in de huid van een teen schematisch weergegeven. Twee bloedvaten zijn met P en Q aangegeven.

afbeelding 3



De afname van de hoeveelheid weefselvloeistof in de huid wordt veroorzaakt door een verandering van de filtratie in het weefsel. Deze veranderde filtratie wordt veroorzaakt door een toename van de spierspanning in een van de bloedvaten (P of Q).

- 2p 7 Is de filtratie in het weefsel toegenomen of afgenomen? En in welk bloedvat heeft de toename van de spierspanning plaatsgevonden?

filtratie	bloedvat
A afgenomen	P
B afgenomen	Q
C toegenomen	P
D toegenomen	Q

## De kip als draagmoeder

Onderzoekers van het Roslin-instituut in Edinburgh zijn erin geslaagd haantjes zo te modifieren dat zij dochters krijgen die onvruchtbaar zijn. Deze hennen kunnen daardoor als 'draagmoeder' fungeren voor zeldzame kippenrassen zoals Rumpless Game (afbeelding 1).

**afbeelding 1**



Het transgeen maken van vogels is erg moeilijk. Genetisch gemodificeerde embryo's kunnen bijvoorbeeld niet geïmplanteerd worden in een ei. Daarom wordt nu onderzoek gedaan naar het genetisch modifieren van de embryonale stamcellen van vogels.

Vroeg in de embryonale ontwikkeling zijn bij vogels twee typen embryonale stamcellen aanwezig. Het ene type kan zich differentiëren tot alle celtypen behalve geslachtscellen. Het andere type, de primordiale geslachtscel (PGC), kan zich juist alleen ontwikkelen tot geslachtscellen. Beide typen stamcellen kunnen in een vroeg stadium uit kippenembryo's gehaald worden en genetisch gemodificeerd worden.

De Schotse onderzoekers wilden genetisch gemodificeerde embryonale stamcellen inbrengen bij kippenembryo's, om deze kippen – als ze volwassen zijn – transgeen nageslacht te laten produceren.

De Schotse onderzoekers kozen ervoor om PGC's te modifieren, en niet het andere type embryonale stamcellen.

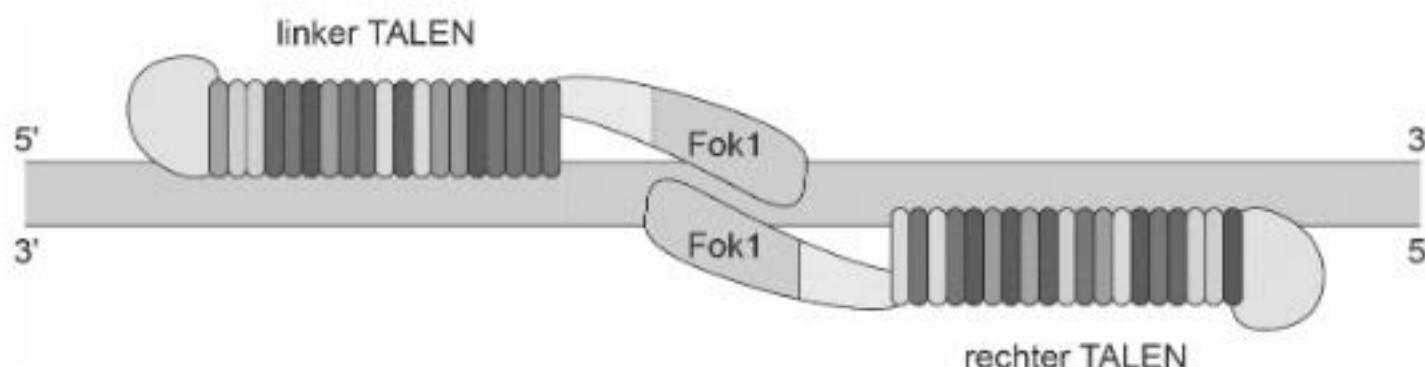
- 1p 8 Licht toe waarom in dit onderzoek is gekozen voor embryonale stamcellen die zich kunnen ontwikkelen tot geslachtscellen.

Om de PGC's genetisch te modifieren, werkten de onderzoekers van het Roslin-instituut met een genetische techniek die gebruikmaakt van TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases).

TALEN zijn eiwitten die het DNA op een specifieke plaats kunnen knippen. Zo'n eiwit is opgebouwd uit twee delen: een herkenningssequentie die bindt aan een bepaald stuk DNA en een endonuclease (Fok1).

Om het DNA te knippen zijn twee TALEN-eiwitten nodig: een linker en een rechter. De twee Fok1-delen van deze eiwitten maken de knip (afbeelding 2). Op de knipplaats kan vervolgens een gewenst nieuw stuk DNA ingebouwd worden.

### afbeelding 2



Een TALEN-eiwit bindt op dezelfde manier aan DNA als de transcriptiefactor die bindt aan de TATA-box.

Over de binding van deze transcriptiefactor worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De transcriptiefactor bindt aan het DNA door middel van basenparing.
- 2 De transcriptiefactor bindt aan de promotor van een gen.
- 3 De transcriptiefactor bindt aan een stukje niet-coderend DNA.

- 2p 9 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Om haantjes te verkrijgen die onvruchtbare dochters krijgen, probeerden de onderzoekers in PGC's het DDX4-gen uit te schakelen. Het DDX4-gen codeert voor een eiwit dat noodzakelijk is voor de ontwikkeling van PGC's tot geslachtscellen.

Het DDX4-gen ligt op het Z-chromosoom. Het Z-chromosoom is een van de twee geslachtschromosomen bij vogels. Vrouwtjes hebben een Z-chromosoom en een W-chromosoom. Mannetjes hebben twee Z-chromosomen.

Vrouwtjes waarbij het DDX4-gen is uitgeschakeld, zijn onvruchtbaar. Mannetjes waarbij slechts één allele is uitgeschakeld, zijn nog wel vruchtbaar. De onderzoekers bouwden met behulp van TALEN-eiwitten in het DDX4-gen een genconstruct in. Het genconstruct (afbeelding 3) codeert voor twee eiwitten: voor het groen fluorescerende eiwit GFP en voor een eiwit dat resistentie geeft tegen de gifstof puromycine (Pu). Het construct eindigt met een sequentie (PA) waardoor de transcriptie stopt.

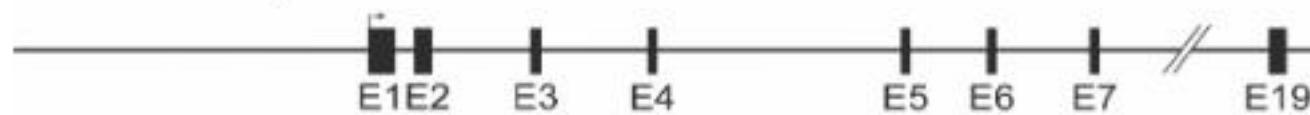
#### afbeelding 3



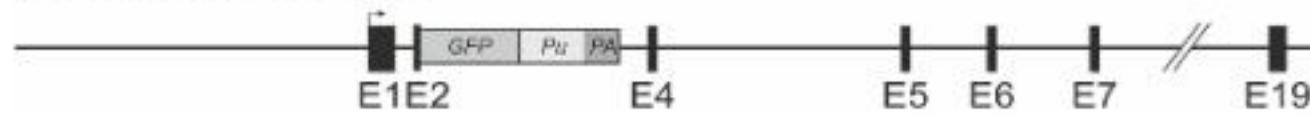
In afbeelding 4 zijn het normale DDX4-gen en het gemodificeerde DDX4-gen schematisch weergegeven, met daarin de exons aangegeven als blokjes (E1, E2 enzovoorts).

#### afbeelding 4

##### normaal DDX4-gen



##### gemodificeerd DDX4-gen



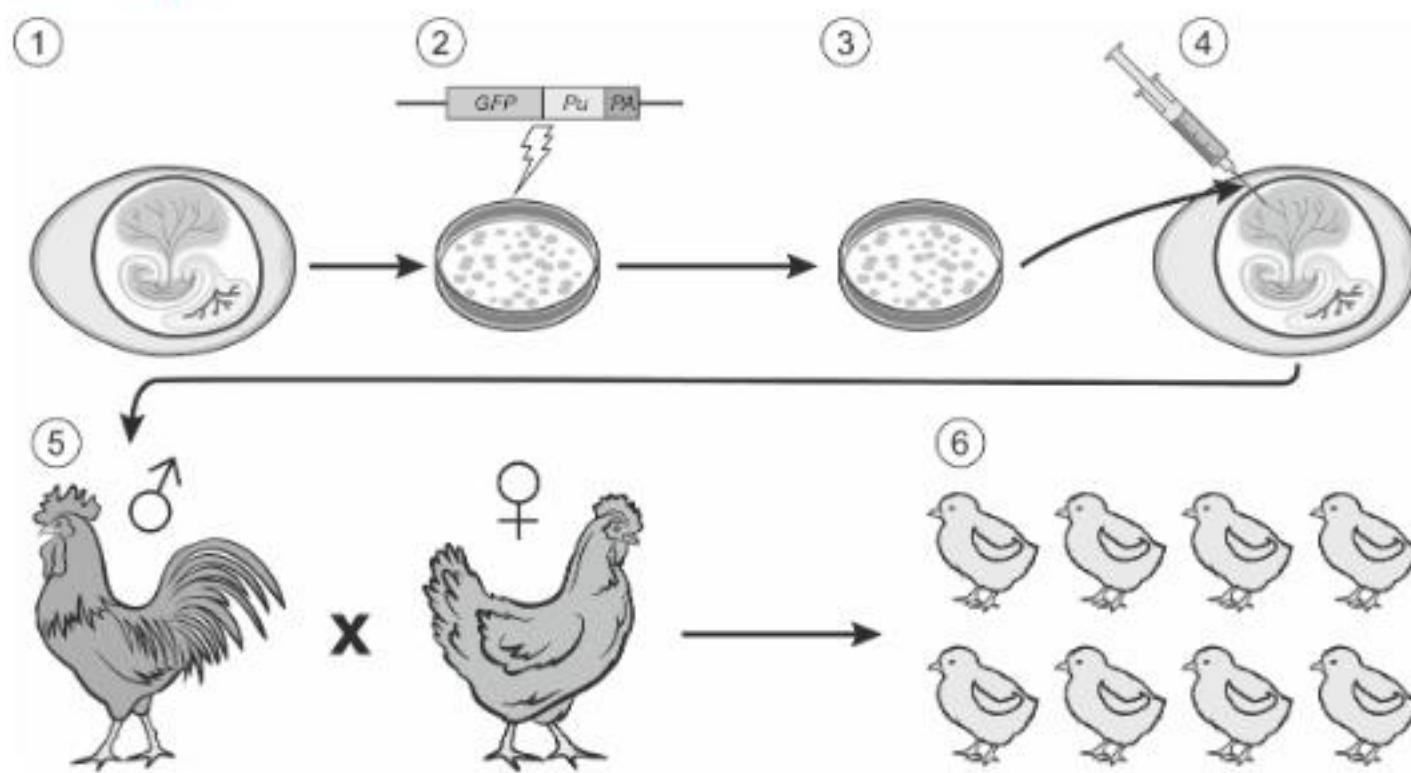
Over het gemodificeerde DDX4-gen worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De transcriptie stopt na E4 (exon 4).
- 2 Exon 3 ontbreekt in het mRNA.
- 3 Er treedt geen splicing op van het pre-mRNA.

- 2p 10** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

In afbeelding 5 zijn de stappen weergegeven die de onderzoekers uitvoerden om onvruchtbare hennen te verkrijgen.

**afbeelding 5**



- stap 1: isolatie van PGC's uit het bloed van embryo's in een vroeg stadium
- stap 2: inbrengen van het genconstruct in het DDX4-gen van de PGC's met behulp van TALEN-eiwitten
- stap 3: selectie en vermeerdering van transgene PGC's door middel van een voedingsmedium
- stap 4: injectie van transgene heterozygote PGC's in de bloedsomloop van embryo's
- stap 5: kruising van de uitgekomen haantjes met een niet-gemodificeerde hen
- stap 6: screening van de nakomelingen op de expressie van het GFP-gen

Om PGC's te selecteren waarin het genconstruct tot expressie is gekomen, werden alle behandelde PGC's gekweekt in een speciaal voedingsmedium (afbeelding 5, stap 3).

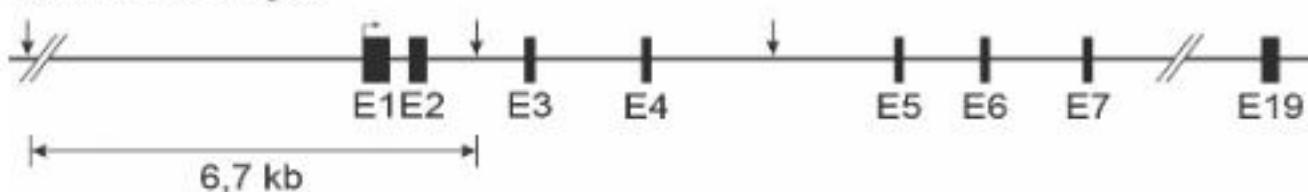
- 2p 11 Moet het voedingsmedium GFP bevatten? En moet het de gifstof puromycine bevatten?

	GFP	puromycine
A	niet	niet
B	niet	wel
C	wel	niet
D	wel	wel

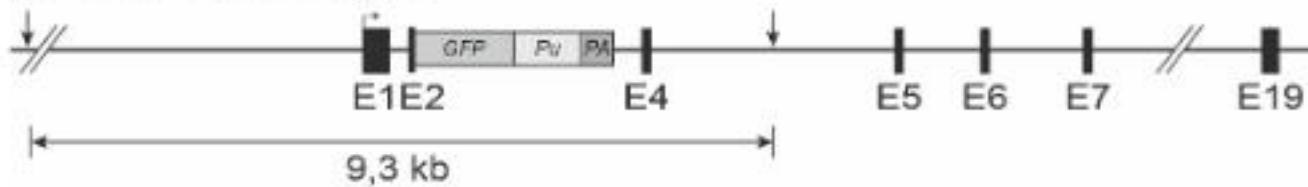
De onderzoekers wilden vervolgens aantonen dat de TALEN-eiwitten het genconstruct op de juiste plaats in het DDX4-gen hadden aangebracht. Daarvoor isoleerden ze het DNA uit een aantal transgene PGC's uit stap 3 en knipten het DNA met het restrictie-enzym Mfe1. In afbeelding 6 zijn de knipplaatsen van het enzym Mfe1 in het DDX4-gen weergegeven.

### afbeelding 6

normaal DDX4-gen



gemodificeerd DDX4-gen



Legenda:

↓ knipplaats enzym Mfe1      kb = kilobase

Vervolgens werden de DNA-fragmenten met het genconstruct en de DNA-fragmenten zonder het genconstruct gesorteerd op lengte door middel van gel-elektroforese. Als controle werden niet-gemodificeerde PGC's gebruikt. Het resultaat is te zien in afbeelding 7.

### afbeelding 7



De onderzoekers concludeerden dat het genconstruct op de juiste plaats was ingebouwd.

- 1p 12 Licht toe hoe deze conclusie kan worden getrokken aan de hand van de gel in afbeelding 7.

De transgene hennetjes die ontstonden uit de kruising (afbeelding 5, stap 6) bleken geen eicellen te ontwikkelen en zijn dus onvruchtbaar. Hiermee werd aangetoond dat de methode werkt.

De transgene haantjes die ontstonden uit deze kruising, kunnen worden gekruist met een wild-type hen om een volgende generatie onvruchtbare hennetjes te produceren.

- 2p 13 – Maak van deze laatste kruising een kruisingstabel. Gebruik daarbij  $Z^-$  voor het Z-chromosoom met het normale DDX4-gen, en  $Z^+$  voor het Z-chromosoom met het gemodificeerde DDX4-gen.  
– Omcirkel in de tabel het genotype van de **onvruchtbare** hennetjes.

De onvruchtbare hennen kunnen dienen als 'draagmoeder' voor kuikens die genetisch niet van hen zijn. Zo zouden hennen van het veel-voorkomende ras barnevelder gebruikt kunnen worden om kuikens van het zeldzame ras Rumpless Game voort te brengen.

Met de beschreven techniek zou een barnevelder hen eicellen kunnen vormen die genetisch van het Rumpless Game-ras zijn.

Om dit te bereiken moeten PGC's van Rumpless Game-embryo's worden ingebracht bij een vrouwelijk barnevelder embryo.

- 2p 14 Zullen de PGC's van Rumpless Game-embryo's transgeen of niet-transgeen zijn?  
En het vrouwelijke barnevelder embryo?

PGC's Rumpless Game	vrouwelijk barnevelder embryo
A transgeen	transgeen
B transgeen	niet-transgeen
C niet-transgeen	transgeen
D niet-transgeen	niet-transgeen

De onderzoekers willen PGC's van zeldzame kippenrassen opslaan als een 'frozen aviary' (bevroren volière), die is te vergelijken met de zaadbanken van plantenrassen.

- 1p 15 Beschrijf wat het belang kan zijn van deze frozen aviary.

## Koorts en ziek zijn

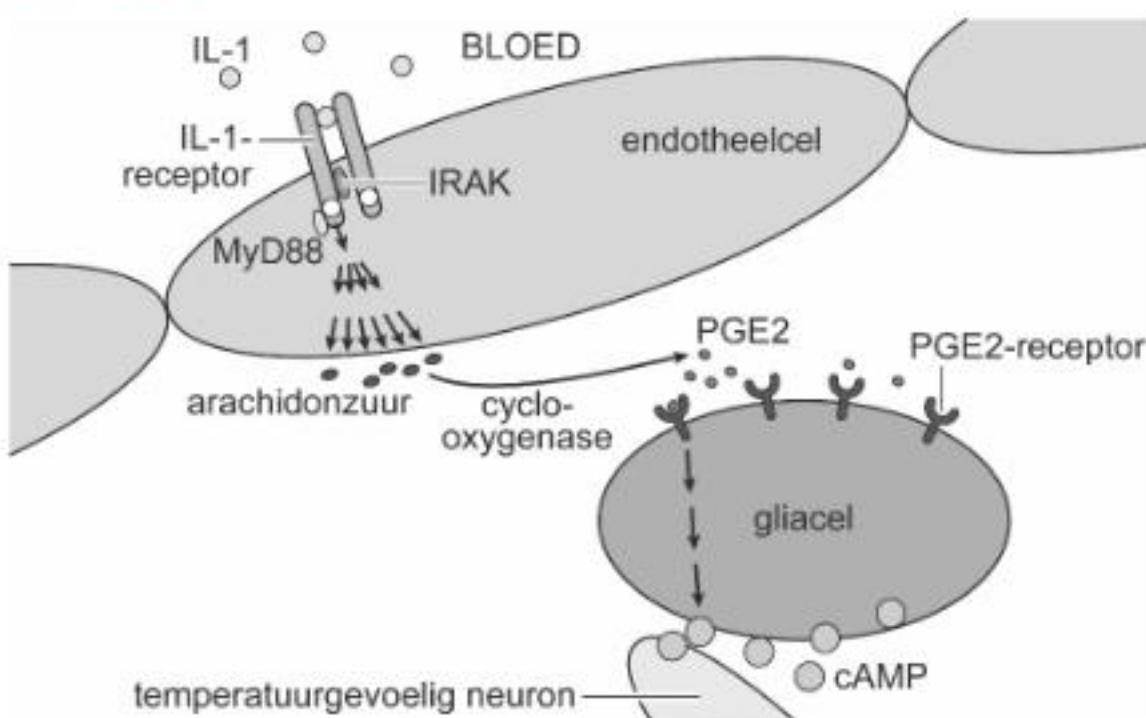
Australische wetenschappers hebben onderzocht hoe cellen tegengaan dat schade optreedt door koorts.

Als bij de mens de lichaamstemperatuur (kerntemperatuur) ten gevolge van een infectie boven 38,3 °C stijgt, wordt dat koorts genoemd.

Koorts begint met een verhoging van de normtemperatuur in de hypothalamus. Die verhoging kan worden veroorzaakt door macrofagen als zij in reactie op ziekteverwekkers bepaalde stoffen (pyrogenen) afgeven. Een voorbeeld van zo'n pyrogeen is interleukine-1 (IL-1).

Afbeelding 1 laat zien hoe IL-1 in de hypothalamus een reactie in de temperatuurgevoelige neuronen veroorzaakt.

**afbeelding 1**



- 1 IL-1 bindt aan een IL-1-receptor op een endotheelcel.
- 2 IRAK en MyD88 activeren een reeks aan enzymatische omzettingen.
- 3 Er komt een grote hoeveelheid arachidonzuur vrij.
- 4 Cyclo-oxygenase zet arachidonzuur om in PGE2.
- 5 PGE2 bindt aan een PGE2-receptor op een gliacel.
- 6 De gliacel geeft cAMP af.
- 7 Het temperatuurgevoelig neuron geleidt impulsen naar het temperatuurcentrum.

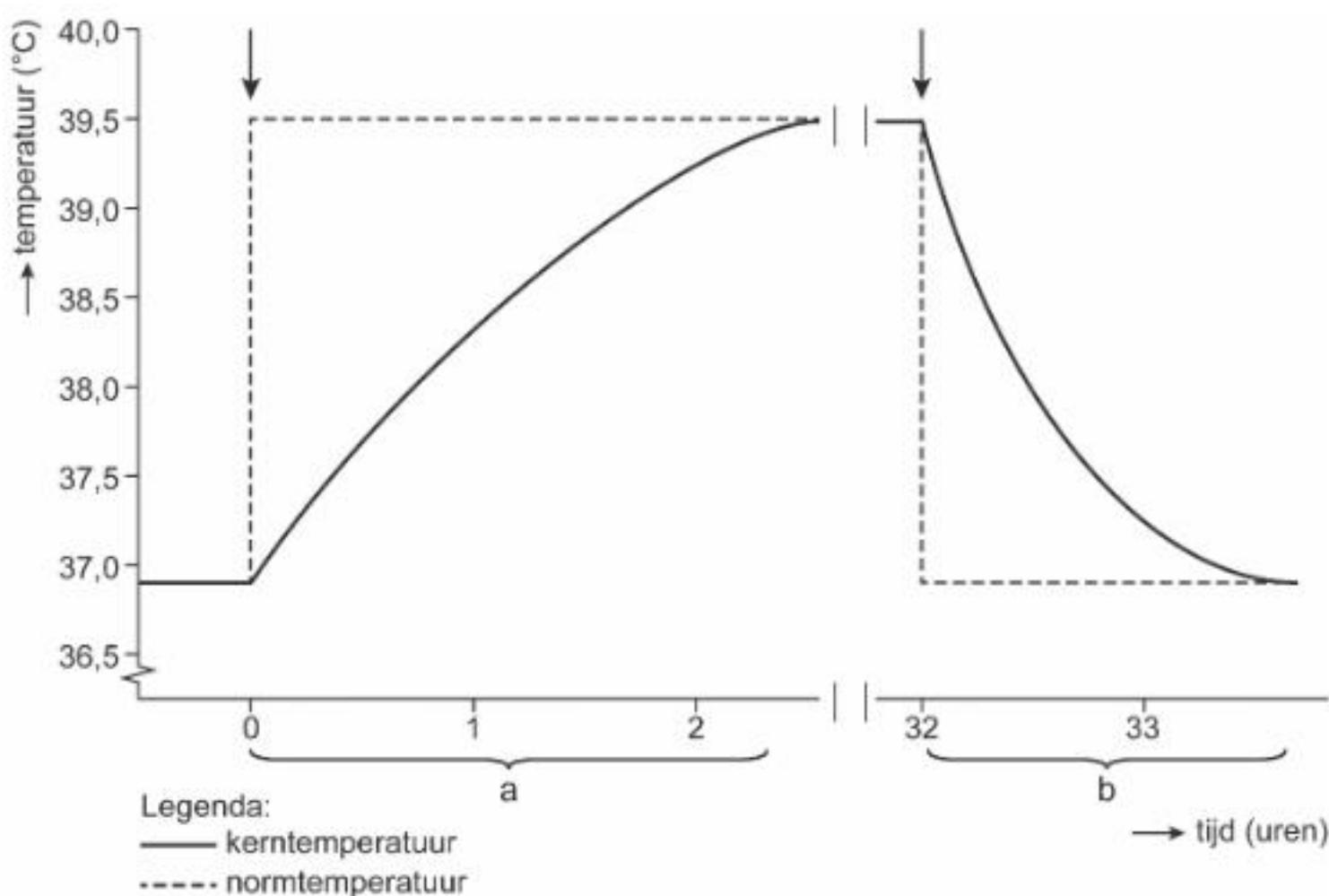
Over de rol van de stoffen in de celcommunicatie in afbeelding 1 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Activatie van IRAK en MyD88 zet een signaalcascade in gang.
- 2 Arachidonzuur is het substraat van cyclo-oxygenase.
- 3 PGE2 is een second messenger.

- 2p 16 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

De stijging van de temperatuur bij koorts en de daling na afloop zijn schematisch weergegeven in afbeelding 2. Twee perioden zijn aangegeven met de letters a en b. Op twee tijdstippen, aangegeven met pijltjes, treden veranderingen op in de instelling van de normtemperatuur in de hypothalamus.

afbeelding 2



In de perioden a en b vinden processen plaats die de kerntemperatuur beïnvloeden:

- 1 toename van de zweetproductie
- 2 verhoogde afgifte van schildklierhormoon
- 3 verwijding van de bloedvaten van de huid

- 2p 17 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende proces bijdraagt aan de verandering van de kerntemperatuur tijdens **periode a** of tijdens **periode b**.

Enkele effecten van koorts zijn:

- 1 toename van de differentiatie van cytotoxische T-cellen
- 2 verhoging van de activiteit van fagocyten
- 3 verhoging van de activiteit van natural-killercellen (NK-cellen)
- 4 verhoging van de productie van antistoffen

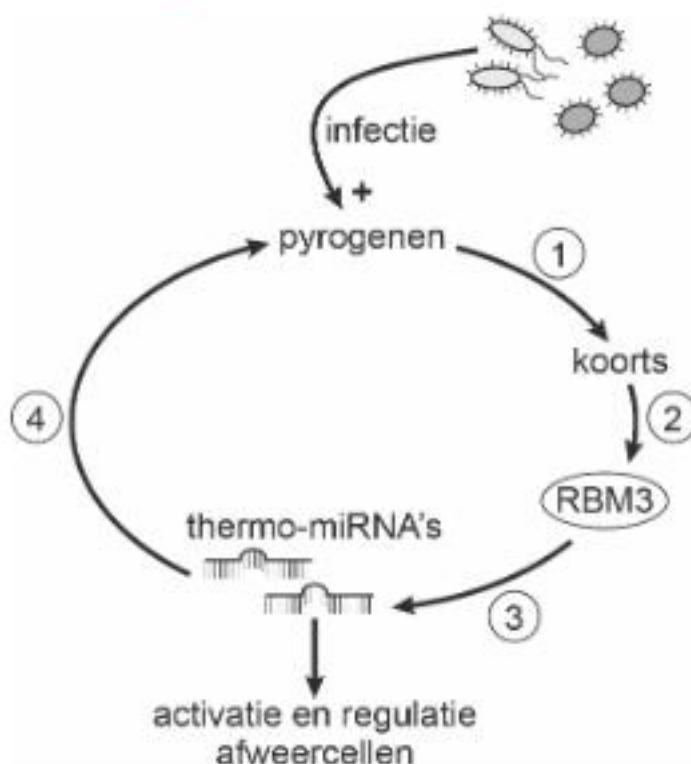
- 2p 18 Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende effect onderdeel is van het **aangeboren** (aspecifieke) afweersysteem of van het **verworven** (specifieke) afweersysteem.

- Langdurig hoge koorts is schadelijk voor het lichaam.
- 1p 19 Verklaar hoe hoge koorts leidt tot celschade.

De Australische wetenschappers ontdekten dat bij temperatuurverhoging de productie van het eiwit RBM3 in macrofagen wordt verlaagd. RBM3 remt normaal gesproken de aanmaak van temperatuurgevoelige micro-RNA's (thermo-miRNA's). Thermo-miRNA's veroorzaken RNA-interferentie in het cytoplasma en remmen zo de productie van pyrogenen.

Uit de resultaten van dit onderzoek kan een terugkoppelingsssysteem afgeleid worden. In afbeelding 3 is dit terugkoppelingsssysteem gedeeltelijk weergegeven.

**afbeelding 3**



In afbeelding 3 zijn vier plaatsen genummerd.

- 2p 20 Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of op de betreffende plaats in de regelkring stimulering (+) of remming (-) optreedt.

De thermo-miRNA's grijpen in op de productie van pyrogenen.

- 1p 21 Op welk moment grijpen de thermo-miRNA's in?
- A tussen transcriptie en splicing  
 B tussen splicing en translatie  
 C tussen translatie en eiwitvouwing

## Sorghum als alternatief voor mais

In Nederland wordt snijmais op grote schaal geteeld als veevoer.

Onderzoekers bekijken of de problemen die samenhangen met de grootschalige teelt van mais kunnen worden vermeden door de introductie van sorghum (afbeelding 1).

afbeelding 1



Een van de problemen bij maisteelt is de maisstengelboorder, de rups van de nachtvlinder *Ostrinia nubilalis*. Deze rups vreet gangen in de stengels en kolfstelen van de maisplanten, met als gevolg uitgeholde en geknikte stengels en een verminderde groei van de maiskolven.

De maisstengelboorder komt oorspronkelijk uit Zuid-Europa. Vanaf het begin van de twintigste eeuw komt hij voor in Noord-Amerika, en sinds 2010 wordt hij ook in Nederlandse maisvelden waargenomen.

De maisstengelboorder wordt in Noord-Amerika als exoot beschouwd, maar in Nederland niet.

- 1p **22** Geef een argument waarom de maisstengelboorder in Nederland niet als exoot wordt beschouwd.

De vraat van de maisstengelboorder leidt ertoe dat de schimmel *Fusarium graminearum* gemakkelijk maisplanten kan infecteren. De schimmelinfestatie heeft tot gevolg dat de maiskolven zich niet volledig ontwikkelen. Bovendien kunnen maisstengelboorders zich sneller ontwikkelen in maisplanten die geïnfecteerd zijn met *F. graminearum*.

- 1p **23** Noteer welk type afweer door de maisstengelboorder wordt verminderd.

- 1p **24** Noteer de naam van de vorm van symbiose tussen de maisstengelboorder en *F. graminearum*.

Onderzoekers van het Louis Bolk Instituut onderzochten of sorghum (*Sorghum bicolor*) een geschikt alternatief is voor mais. Op een aantal proefvelden werden mais en twee sorghumrassen geteeld.

Van de geoogste gewassen werden het versgewicht per hectare en het droge-stofgehalte (ds) bepaald (tabel 1), zodat de productie van droge stof per hectare kon worden berekend.

tabel 1

	versgewicht (ton/ha)	droge- stofgehalte (g/kg)
mais	44,6	354
sorghum HHD2	63,2	315
sorghum C7	62,5	341

Een van de twee sorghumrassen produceert per hectare veel meer droge stof dan mais.

- 2p 25 Bereken van het meest productieve sorghumras hoeveel meer droge stof per ha dit ras oplevert ten opzichte van mais. Noteer je berekening.

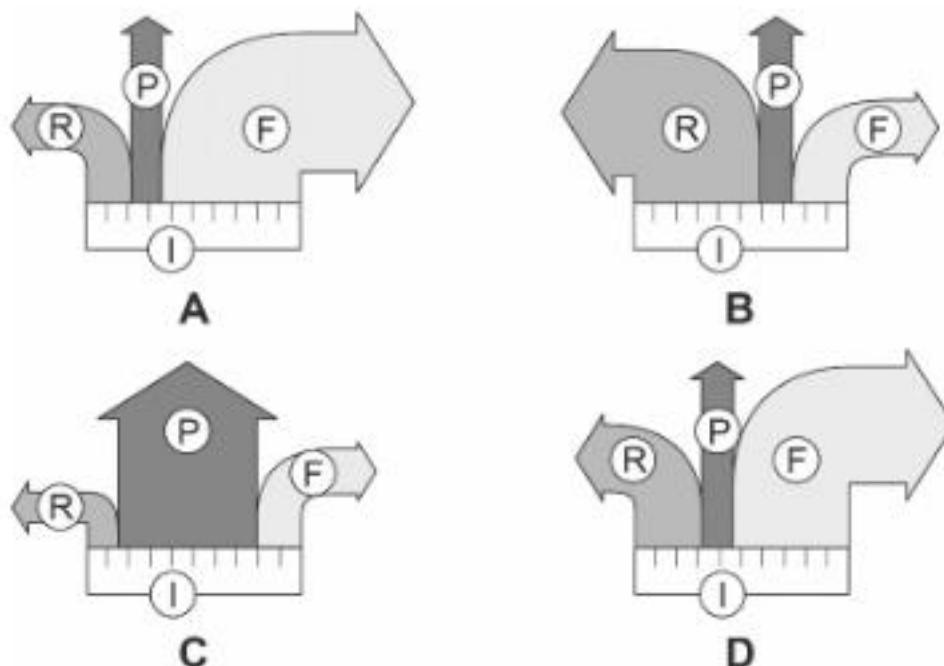
De onderzoekers bepaalden ook hoeveel procent van de droge stof van mais en van sorghum door het verteringsstelsel van runderen kan worden geresorbeerd (VCOS: verteringscoëfficiënt van de organische stof, tabel 2).

tabel 2

	VCOS (%)
mais	76
sorghum HHD2	75,3
sorghum C7	73,8

De energie die via voeding is ingenomen (I) is op te delen in drie energiestromen: P (productiviteit), F (energieverlies in de vorm van feces) en R (energieverlies door dissimilatie).

- 2p 26 Welk energiestroomschema past bij runderen die met sorghum C7 gevoerd zijn?



Behalve de hogere opbrengst hebben de sorghumrassen nog een voordeel ten opzichte van mais: de melkproductie en vleesproductie van runderen die met sorghum gevoerd worden, nemen toe. Dit is te verklaren door het hogere percentage eiwitten in sorghum (tabel 3).

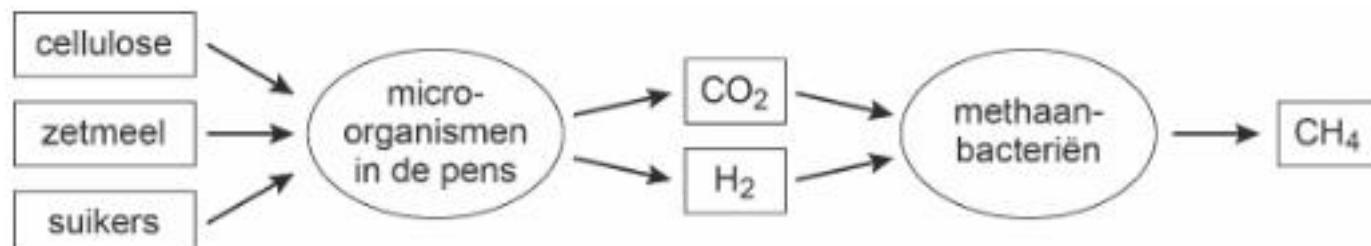
**tabel 3**

	eiwit (g/kg ds*)
mais	71
sorghum HHD2	76
sorghum C7	77

\* ds = droge stof

In het spijsverteringsstelsel van runderen leven de micro-organismen van koolhydraten uit het voer. Hierbij ontstaat methaan (afbeelding 2).

**afbeelding 2**



De omzetting door methaanbacteriën leidt ertoe dat de rundveeteelt een sterke bijdrage levert aan klimaatverandering.

- 1p 27 Verklaar hoe methaan bijdraagt aan klimaatverandering.

Mogelijk zou het gebruik van sorghum als veevoer in plaats van mais, kunnen leiden tot een verlaging van de uitstoot van methaan door runderen.

- 1p 28 Verklaar hoe gebruik van sorghum als veevoer kan leiden tot vermindering van de uitstoot van methaan door een rund.

## Vergiftigen pijlgifkikkers zichzelf niet?

Pijlgifkikkers gebruiken gif als verdediging tegen predatoren. Rebecca Tarvin van de University of Texas onderzocht hoe het komt dat de kikkers zichzelf niet vergiftigen.

Als een pijlgifkikkertje zoals *Epipedobates tricolor* (afbeelding 1) belaagd wordt, scheiden gifklieren in de huid een dodelijk neurotoxine uit. Een veelvoorkomend neurotoxine bij pijlgifkikkers is epibatidine. In het lichaam van een predator bindt epibatidine aan de acetylcholine-receptoren op het postsynaptisch membraan van neuronen. Net als acetylcholine veroorzaakt epibatidine het openen van  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes.

afbeelding 1



Over de invloed van epibatidine op het postsynaptisch neuron worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Door binding van epibatidine aan de receptor wordt de drempelpotentiaal verlaagd.
- 2 Door binding van epibatidine aan de receptor treedt depolarisatie op.
- 3 Epibatidine werkt als antagonist van acetylcholine.

2p 29 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

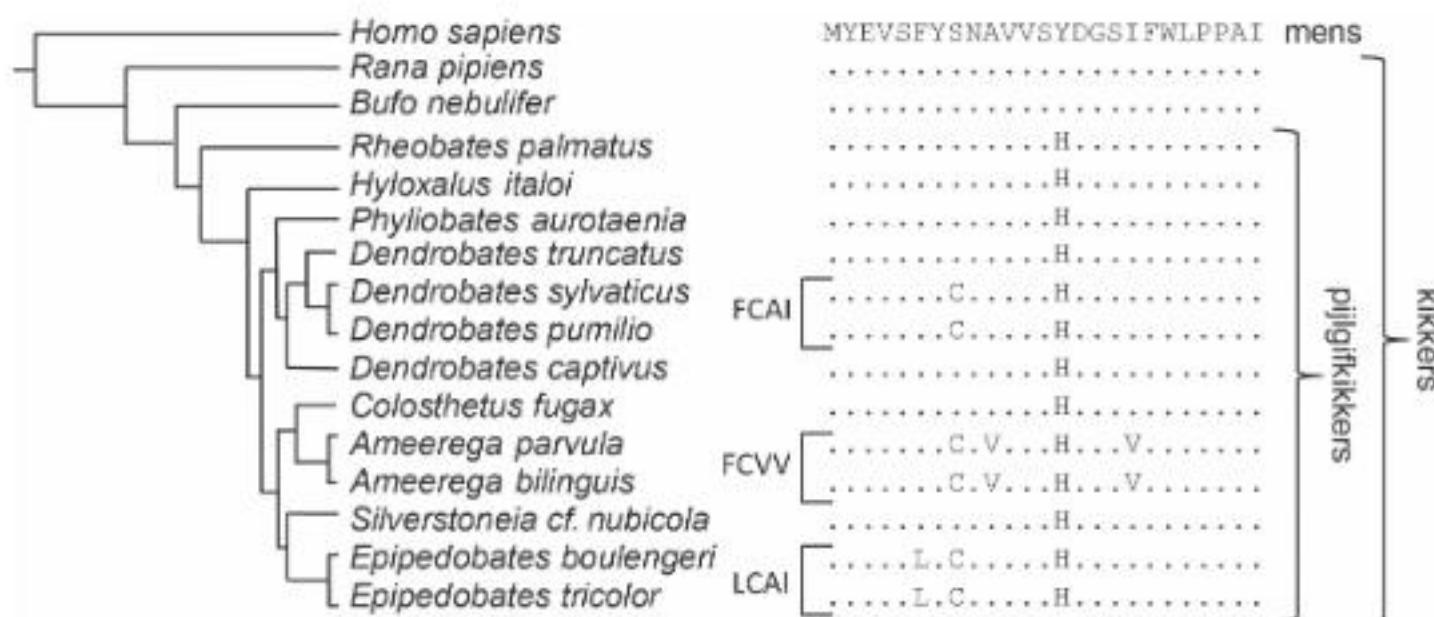
In vergelijking met binding van acetylcholine blijven bij binding van epibatidine de  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes in de synaps veel langer openstaan, zelfs bij zeer lage concentraties.

1p 30 Geef een mogelijke verklaring waardoor de  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes langer open blijven staan in aanwezigheid van epibatidine.

De onderzoeksgroep van Tarvin vergeleek de genen die coderen voor de acetylcholine-receptoren van verschillende soorten kikkers met die van de mens. De onderzoekers vonden bij de kikkers verschillende puntmutaties die mogelijk ongevoeligheid voor epibatidine veroorzaken.

In afbeelding 2 is naast een cladogram de aminozuurvolgorde weergegeven van een deel van de humane acetylcholine-receptor. Bij kikkers zijn in de loop van de evolutie mutaties opgetreden die hebben geleid tot verschillende varianten van de acetylcholine-receptor, onder andere FCAI en LCAI. Bij de kikkers zijn alleen de aminozuren weergegeven die verschillen van die bij de mens.

## afbeelding 2



Tarvin beweert dat sommige veranderingen van de receptor door convergente evolutie zijn ontstaan. Dit wil zeggen dat dezelfde adaptaties onafhankelijk van elkaar zijn ontstaan.

- 2p 31** Bij welke aminozuurveranderingen (afbeelding 2) is er waarschijnlijk sprake geweest van convergente evolutie?

  - A S → C in *Dendrobates sylvaticus* en *Ameerega parvula*
  - B A → V in *Ameerega parvula* en *Ameerega bilinguis*
  - C Y → H in *Epipedobates tricolor* en *Dendrobates sylvaticus*

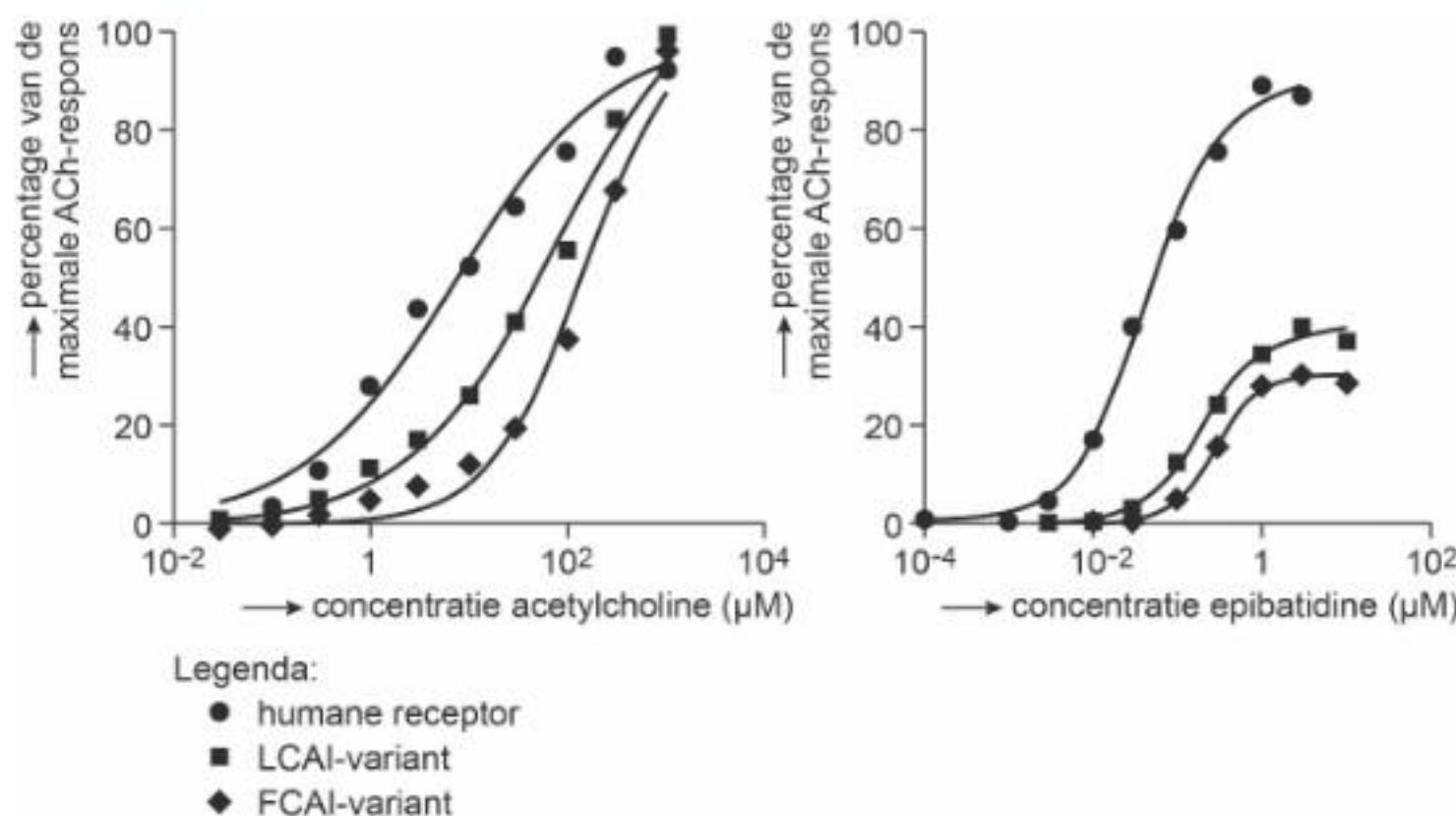
Om aan te tonen dat de mutaties bij pijlgifkikkers verantwoordelijk zijn voor de epibatidine-ongevoeligheid, bouwden de onderzoekers deze mutaties in het gen voor de humane acetylcholine-receptor in. Zo maakten ze een FCAI-variant en een LCAI-variant.

- 2p **32** – Noteer welke aminozuurveranderingen er moeten worden aangebracht in de humane acetylcholine-receptor om de FCAI-variant te verkrijgen.

– Noteer het minimale aantal nucleotiden dat in totaal veranderd moet worden in de coderende streng van het gen voor de receptor om deze aminozuurveranderingen te bewerkstelligen.

De onderzoekers analyseerden de gevoeligheid voor acetylcholine en voor epibatidine van de humane receptor, van de FCAI-variant en van de LCAI-variant. Ze bouwden de genen voor deze receptoren in verschillende cellen in en bepaalden vervolgens de mate van depolarisatie van deze cellen bij verschillende concentraties acetylcholine en epibatidine. In afbeelding 3 is deze respons weergegeven als percentage van de maximale respons op acetylcholine van de humane receptor.

**afbeelding 3**



Over de resultaten die zijn weergegeven in de diagrammen van afbeelding 3 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Bij cellen met een humane receptor is de respons op acetylcholine sterker dan die op een gelijke concentratie epibatidine.
- 2 De humane receptor is gevoeliger voor epibatidine dan de FCAI-variant en de LCAI-variant.
- 3 De FCAI-mutatie vermindert de gevoeligheid voor acetylcholine.

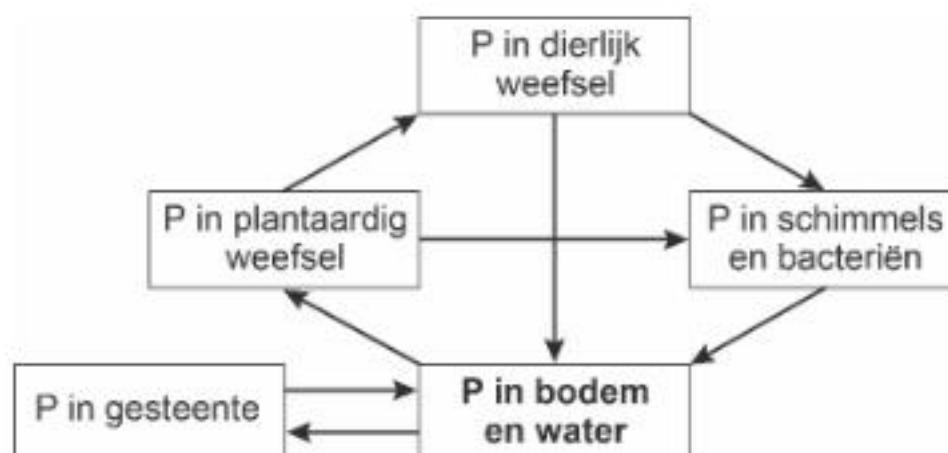
- 2p 33 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

## Fosfor in een lekkende kringloop

Onderzoekers van de Universiteit Twente hebben in samenwerking met andere wetenschappers de wereldwijde kringloop van het element fosfor in kaart gebracht. Ze ontdekten dat de hoeveelheid fosfor die in het oppervlaktewater terechtkomt op veel plaatsen te hoog is.

Het element fosfor (P) komt vrij bij verwering van gesteente en wordt gewonnen in fosfaatmijnen. Fosfor kan in de vorm van fosfaat door planten worden opgenomen. Een deel van de fosforverbindingen die in het water terechtkomen, slaat neer en kan op de lange termijn weer onderdeel worden van gesteente. In afbeelding 1 is de fosforkringloop vereenvoudigd weergegeven.

**afbeelding 1**



Fosfaat wordt opgenomen door planten.

- 2p 34 Via welk type vaten komt het opgenomen fosfaat terecht bij cellen waar het wordt ingebouwd in een organische stof? En hoe wordt het proces genoemd waarbij deze organische stof wordt gevormd?

type vaten	proces
A bastvaten	koolstofassimilatie
B bastvaten	voortgezette assimilatie
C houtvaten	koolstofassimilatie
D houtvaten	voortgezette assimilatie

Fosfor is onderdeel van verschillende organische stoffen die deel uitmaken van de lichtreactie en de donkerreactie in chloroplasten.

- 1p 35 Noteer de twee fosforhoudende stoffen die ontstaan bij de lichtreactie én worden gebruikt in de donkerreactie.

In afbeelding 2 is een grote mondiale stroom van fosfor weergegeven. Voor de productie van kunstmest wordt gebruikgemaakt van fosfaaterts uit China. Deze kunstmest wordt onder andere gebruikt op sojaplantages in Brazilië. Een groot deel van de soja die daar geproduceerd wordt, komt in Nederland terecht als varkensvoer. Varkensvlees uit Nederland wordt geëxporteerd naar China.

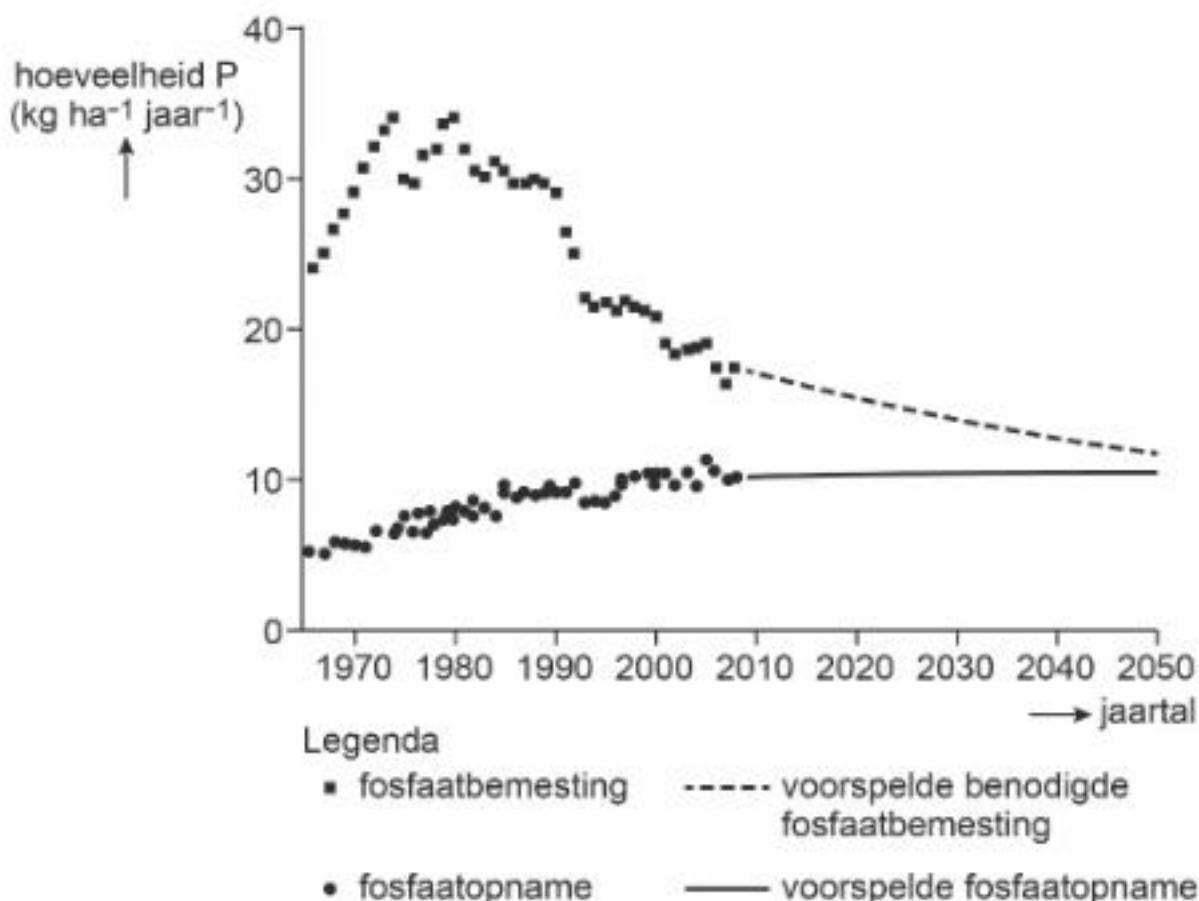
**afbeelding 2**



- 2p 36 Leg uit aan de hand van afbeelding 2 hoe in Nederland een verhoogd fosfaatgehalte van het oppervlaktewater kan ontstaan.

Omdat de hoeveelheid fosfaaterts beperkt is, werd enkele jaren geleden een tekort aan fosfaat voorspeld. Uit berekeningen van de Wageningen Universiteit blijkt echter dat het meevalt: in West-Europa zal de fosfaatopname door gewassen weliswaar tot 2050 licht stijgen, maar de benodigde fosfaatbemesting daalt (afbeelding 3).

**afbeelding 3**



- 1p 37 Noteer een mogelijke oorzaak waardoor er toch een afname van de benodigde fosfaatbemesting kan zijn ondanks de toenemende fosfaatopname.

Het toegediende fosfaat kan in het oppervlaktewater terechtkomen en bijdragen aan algenbloei.

Hierover worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Fosfaat draagt alleen bij aan algenbloei als de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater een beperkende factor voor de groei van algen is.
  - 2 Algenbloei treedt op als de maximumtolerantiegrens van algen voor fosfaat wordt overschreden.
- 2p 38 Welk van deze uitspraken is juist?
- A geen van beide
  - B alleen 1
  - C alleen 2
  - D zowel 1 als 2

Om het fosfaatprobleem bij de bron aan te pakken moet de fosfaatbemesting worden beperkt en moet fosforhoudend afvalwater worden gezuiverd. Om de gevolgen van het probleem aan te pakken, zijn er andere methoden. Een voorbeeld hiervan is het verlagen van de fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater, door slib met neergeslagen fosfaat te verwijderen uit sloten en kanalen.

Een andere manier is de oogstmethode, waarbij waterplanten worden geoogst uit meren. Waterplanten nemen namelijk fosfaat op uit het water.

Onderzoekers willen weten in hoeverre waterplanten in staat zijn een hoge fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater te verlagen.

Hiervoor ontwerpen ze een experiment. Ze hebben de beschikking over een aantal aangelegde vijvers die even groot en even diep zijn.

- 3p **39** Beschrijf de proefopzet van dit experiment. Geef aan:
- waarin de behandeling van de vijvers overeenkomt;
  - waarin de behandeling van de vijvers verschilt;
  - welke metingen moeten worden gedaan.



Je kunt dit examen nakijken met de uitwerkingen hierna óf online op mijnexamenbundel.nl. Je ziet dan je totaalscore en je score per onderwerp. Deze worden bewaard.



## Hints bij examen 2023-I

- 1 Welk orgaan speelt een belangrijke rol bij de zuurstofopname?
- 2 Gebruik Binas 83A of ScienceData 1.8.
- 3 Er is veel energie en zuurstof nodig voor Maartens zwemprestatie.
- 4 Gebruik Binas 68B of ScienceData 13.9f.
- 5 Gebruik Binas 82F en G of ScienceData 22.7 en 22.9.
- 6 Het animale zenuwstelsel stuurt skeletspieren aan.
- 7 Weefselvloeistof wordt gevormd doordat de bloeddruk in de haarvaten hoger is dan de druk in het omliggende weefsel.
- 8 Wat kunnen geslachtscellen doorgeven aan nakomelingen en lichaamscellen niet?
- 9 Gebruik Binas 71F of ScienceData 16.7.
- 10 Het construct is ingebouwd tussen E2 en E4 en eindigt met een sequentie PA.
- 11 De PGC's waarin het genconstruct is opgenomen worden door het medium geselecteerd.
- 12 Het genconstruct is 9,3 kb groot.
- 13 Een transgen haantje bezit twee Z-chromosomen en is heterozygoot. Een wild-type hennetje bezit het genconstruct niet.
- 14 PGC's (stamcellen) van Rumpless Game-embryo's worden ingebracht in onvruchtbare barnevelder hennen.
- 15 Het ene kippenras kan als draagmoeder fungeren voor een ander kippenras.
- 16 Heeft PGE2 een rol in de cel of buiten de cel?
- 17 Periode a is het begin van koorts. Periode b is het einde van koorts.
- 18 Gebruik Binas 84J of ScienceData 32.3.
- 19 Enzymen zijn eiwitten.
- 20 Lees de tekstkaders 1 en 2.
- 21 Gebruik Binas 71H of ScienceData 16.6.
- 22 Een exoot is een soort die door menselijk handelen terecht is gekomen in een leefgebied waar hij van oorsprong niet voorkomt.
- 23 De maisstengelboorder komt via het dekweefsel de plant binnen.
- 24 Welke drie vormen van symbiose zijn er?
- 25 Bereken eerst welk sorghumras meer droge stof per ha oplevert. Trek dan de hoeveelheid droge stof van mais af van de hoeveelheid droge stof van het meest productieve sorghumras.
- 26 73,8% van de droge stof van sorghum C7 wordt door het verteringsstelsel opgenomen, 26,2% wordt via de feces uitgescheiden.
- 27 –
- 28 Welke voedingsstof kan bij runderen worden omgezet in methaan?
- 29 Door instroom van  $\text{Na}^+$ -ionen neemt de elektrische lading af tot de drempelwaarde is bereikt.
- 30 Door binding van epibatidine aan acetylcholinereceptoren gaan  $\text{Na}^+$ -kanaaltjes open.

- 31 In het cladogram stellen de T-splitsingen een gemeenschappelijke voorouder voor.
- 32 Gebruik Binas 71G of ScienceData 16.9.
- 33 Vergelijk de schaal op de x-as van de diagrammen met elkaar.
- 34 Fosfaat is een anorganische stof.
- 35 Gebruik Binas 69B en C of ScienceData 13.8d en e.
- 36 Fosfor uit kunstmest is afkomstig uit China.
- 37 In de jaren 70, 80 en 90 is er veel bemest met fosfaat.
- 38 De beperkende factor bepaalt de snelheid van de groei doordat er slechts een beperkte hoeveelheid van een abiotische factor is.
- 39 Bij een proefopzet heb je minimaal twee groepen, worden alle factoren gelijk gehouden behalve de te onderzoeken factor en noteer je je resultaten.

# Uitwerkingen bij examen 2023-I

## Maarten van der Weijden zwemt de Elfstedentocht

1p 1 Voorbeelden van een juist antwoord:

- Het hart is sterker geworden.
- toename van de doorbloeding van de longen
- een grotere vitale capaciteit
- groter longvolume
- Het aantal longblaasjes is toegenomen.
- Het diffusieoppervlak van de longen neemt toe.
- De ademhalingsspieren worden sterker.
- toename van het hartminuutvolume
- De longen worden groter.
- Het hart wordt groter.

*Het antwoord 'grotere spiermassa' is niet specifiek genoeg. Meer spiermassa in de benen of armen leidt niet tot een vergroting van de maximale zuurstofopname uit de lucht.*

*Het antwoord 'De ademhalingsfrequentie neemt toe', is niet juist. Dit is geen verandering op orgaanniveau, maar op organismeniveau. Door een toename van het longvolume neemt de ademhalingsfrequentie (bij dezelfde inspanning) bovendien af.*

2p 2 –  $\Delta x$  / de diffusieafstand / de afstand tussen het bloed en de spiercellen is kleiner of  $A$  / het diffusieoppervlak is groter, [1p]

- (waardoor) de diffusiesnelheid van zuurstof groter wordt / de hoeveelheid zuurstof die (per tijdseenheid) diffundeert groter wordt (waardoor meer aerobe dissimilatie kan plaatsvinden). [1p]

*Door een toename van het aantal haarvaten in skeletspieren wordt de afstand tussen het bloed in de haarvaten en de spiercellen kleiner. Een toename van het aantal haarvaten zorgt ook voor een toename van het diffusieoppervlak van de haarvaten. Een kortere diffusieafstand en een groter diffusieoppervlak leiden tot een toename van de diffusiesnelheid van zuurstof.*

2p 3 Voorbeelden van eigenschappen met juiste toelichting:

- aantal mitochondriën groot: veel aerobe dissimilatie mogelijk
- veel mitochondriën zodat meer ATP kan worden geproduceerd
- voorraad glycogeen groot: glycogeen kan worden omgezet in glucose
- veel glycogeen dat als brandstofvoorraad dient
- myoglobinegehalte hoog: bij heel lage zuurstofspanning komt extra zuurstof beschikbaar
- een hoog myoglobinegehalte waardoor veel zuurstof in de spieren gebonden kan worden
- dichtheid myofibrillen laag: een hoge dichtheid zou leiden tot een hoger gewicht van de spieren
- weinig myofibrillen: minder ATP-verbruik per beweging

[per eigenschap met juiste toelichting: 1p]

*Zuurstof bindt sterker aan myoglobine dan aan hemoglobine. Daardoor is er in type I-spiervezels meer zuurstof beschikbaar.*

- 2p 4 A** De glycolyse vindt meer plaats dan de citroenzuurcyclus en de oxidatieve fosforylering. Hierdoor is er sprake van ophoping van melkzuur in spiercellen. Bij intensieve inspanning bestaat de kans dat er niet op tijd voldoende zuurstof kan worden aangevoerd naar de spieren. De oxidatieve fosforylering stopt dan, want daar is zuurstof voor nodig. De glycolyse verloopt anaeroob, maar levert slechts 2 ATP op. Hierdoor wordt er in korte tijd veel glucose omgezet in pyrodruivenzuur en NADH $H^+$ . De NADH $H^+$  moet worden omgezet in NAD $^+$  anders stopt de glycolyse. Door pyrodruivenzuur en NADH $H^+$  om te zetten in melkzuur komt NAD $^+$  weer beschikbaar om waterstofatomen op te nemen en kan de glycolyse weer plaatsvinden. Door het melkzuur verzuren de spieren (Binas 68B en ScienceData 13.9f). Doordat pyrodruivenzuur is omgezet in melkzuur, is het niet meer beschikbaar voor de citroenzuurcyclus. Die kan daardoor niet meer plaatsvinden.
- 2p 5** 1 juist  
2 onjuist  
3 juist  
[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]
- 1 De vertering van zetmeel start in de mond door amylase in speeksel, die van triglyceriden start in de twaalfvingerige darm door lipase in alvleessap (Binas 82F en ScienceData 22.7).
- 2 Voor de vertering van zetmeel tot opneembare producten (glucose) zijn twee enzymen nodig: amylase en (iso)maltase. Voor de vertering van triglyceriden in glycerol, vetzuren en monoglyceriden is alleen lipase nodig (Binas 82G en ScienceData 22.9).
- 3 Glucose wordt vanuit de darmepitheelcellen opgenomen in het bloed. Vetzuren, monoglyceriden en glycerol worden in de darmepitheelcellen weer omgezet in triglyceriden en omgeven door een mantel van fosfolipiden en eiwitten (lipoproteïnen). Ze worden afgegeven aan de intercellulaire ruimten tussen de darmepitheelcellen en opgenomen in de lymfevaten.
- 1p 6** (zwem)bewegingen / rillingen  
Het animale zenuwstelsel stuurt skeletspieren aan. Voor (zwem)bewegingen, rillen en klappertanden gebruik je skeletspieren. Kippenviel wordt niet veroorzaakt door het samentrekken van skeletspieren, maar door spiertjes in de huid die worden aangestuurd door het autonome zenuwstelsel.
- 2p 7 A** De filtratie in het weefsel is afgenoem door de toename van de spierspanning in bloedvat P.  
Weefselvloeistof wordt gevormd doordat de bloeddruk aan het begin van de haartakken hoger is dan de druk in het omliggende weefsel. Bloedplasma wordt hierdoor voor een deel uit de bloedvaten geperst (filtratie) en wordt weefselvloeistof. Een toename van de spierspanning in bloedvat P leidt tot vernauwing van dit bloedvat, waardoor er minder bloed naar het weefsel stroomt. Hierdoor wordt de bloeddruk lager en vermindert de filtratie in het weefsel. Toename van de spierspanning in bloedvat Q zorgt ervoor dat bloed uit het weefsel minder snel kan worden afgevoerd. Dit verhoogt de bloeddruk in de haartakken in het weefsel. Dit leidt tot een verhoogde filtratie en tot de vorming van meer weefselvloeistof in het weefsel.

### De kip als draagmoeder

- 1p 8** Alleen hiermee kan de (genetische) aanpassing aan een volgende generatie worden doorgegeven / kan genetisch gemodificeerd/transgenen nageslacht ontstaan. De onderzoekers wilden de kippen transgenen nageslacht laten produceren. Dat kan alleen door geslachtscellen te modificeren. Alleen via geslachtscellen kunnen genetische aanpassingen doorgegeven worden aan nakomelingen.

2p **9** 1 onjuist

2 juist

3 juist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

1 Een transcriptiefactor is een eiwit. Eiwitten bezitten geen basen waarmee ze zich kunnen binden aan het DNA.

2 Transcriptiefactoren binden aan de promotor van een gen (Binas 71F en ScienceData 16.7)

3 Een promotor is een stukje niet-coderend DNA waaraan een transcriptiefactor bindt (Binas 71F en ScienceData 16.7).

2p **10** 1 onjuist

2 juist

3 onjuist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

1 In de tekst staat dat de transcriptie stopt bij PA. PA ligt voor E4.

2 Het genconstruct is ingebouwd op de plaats van E3 (zie afbeelding 4). E3 is in het gemodificeerde DDX4-gen niet meer aanwezig.

3 Het gemodificeerde DDX4-gen bestaat uit twee exonen (E1 en E2) met daartussen een intron. Het intron wordt door middel van splicing uit het pre-mRNA verwijderd.

2p **11** **B** Het voedingsmedium moet geen GFP bevatten, maar wel de gifstof puromycine. PGC's waarbij het genconstruct succesvol is ingebouwd coderen voor het fluorescerende eiwit GFP en voor een eiwit dat resistentie geeft tegen de gifstof puromycine. De gifstof puromycine in het medium doodt de PGC's waarin het genconstruct niet tot expressie is gekomen. Het fluorescerend eiwit GFP wordt pas gevormd na transcriptie en translatie in de lichaamscellen van transgene nakomelingen en hoeft dus niet in het medium te zitten.

1p **12** In de gemodificeerde PGC's is het fragment van 9,3 kb / het bovenste bandje aanwezig.

of

Het betreffende fragment/bandje is bij de mannetjes aanwezig.

Volgens de afbeelding is het DNA-fragment zonder het genconstruct 6,7 kb groot.

Het DNA-fragment met het genconstruct is 9,3 kb groot. Het genconstruct ligt op het Z-chromosoom. Vrouwelijke cellen hebben een Z-chromosoom en een W-chromosoom en mannelijke cellen hebben twee Z-chromosomen. Vrouwelijke cellen hebben daardoor alleen maar Z-chromosomen met het genconstruct. Mannelijke cellen hebben op een van hun Z-chromosomen het genconstruct en op het andere een normaal DDX4-gen. Daarom zie je bij mannen een bandje bij 6,7 kb en een bandje bij 9,3 kb en bij vrouwelijke cellen alleen bij 9,3 kb.

2p **13** Voorbeeld van een juist antwoord:

	Z <sup>+</sup>	Z <sup>-</sup>
Z <sup>-</sup>	Z <sup>+</sup> Z <sup>-</sup>	Z <sup>-</sup> Z <sup>-</sup>
W	(Z <sup>+</sup> W)	Z <sup>-</sup> W

– voor een juiste kruisingstabel [1p]

– voor het genotype van de onvruchtbare hennetjes omcirkeld [1p]

Een transgenen haantje bezit twee Z-chromosomen. Hij is heterozygoot doordat een van deze Z-chromosomen het genconstruct (+) bevat. Zijn genotype is Z<sup>+</sup>Z<sup>-</sup>. Een wild-type hennetje bezit het genconstruct niet en haar genotype is dus Z<sup>-</sup>W.

Als je voor de kruising uitgaat van mannetjes met genotype Z<sup>+</sup>Z<sup>+</sup> (die onvruchtbaar zijn), wordt dit niet goed gerekend. Als je het genotype van de vrouwtjes aanduidt met Z<sup>+</sup>– en Z<sup>-</sup>–, wordt dit goed gerekend.

- 2p 14 C** De PGC's van Rumpless Game-embryo's zijn niet-transgeen en het vrouwelijke barnevelder embryo is wel transgeen.  
*Transgeen betekent dat een organisme DNA bezit dat afkomstig is van een andere soort. De PGC's (stamcellen) van Rumpless Game-embryo's worden ingebracht bij een vrouwelijk barnevelder embryo. In deze stamcellen wordt genetisch niets veranderd. Ze zijn daarom ook niet transgeen. Barnevelder hennen hebben een soortvreemd gen van transgene haantjes ontvangen waardoor ze onvruchtbaar zijn. Ze zijn daarom wel transgeen.*

- 1p 15** Voorbeelden van een juist antwoord:
- Zo hou je een grote variatie aan genotypen in stand.
  - Zo kun je voorkomen dat rassen uitsterven.
  - Zo kun je op verzoek extra nakomelingen van zeldzame kippenrassen verkrijgen.  
*Als je 'soort' in plaats van 'ras' gebruikt, krijg je geen punt.*

### Koorts en ziek zijn

- 2p 16** 1 juist  
 2 juist  
 3 onjuist  
 [drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]
- 1 *Een signaalcascade is een opeenvolging van chemische reacties in een cel of in het extracellulaire milieu als reactie op een stimulus. Activatie van IRAK en MyD88 leidt tot een reeks enzymatische omzettingen en reacties.*
  - 2 *Substraat is de stof waarop een enzym inwerkt. Cyclo-oxygenase is een enzym (eindigt op -ase) dat arachidonzuur omzet in PGE2.*
  - 3 *Een second messenger is een signalmolecuul dat in de cel wordt gevormd of geactiveerd wanneer een extracellulair signalmolecuul bindt aan een receptor in het celmembraan van de cel. Het signaal wordt op deze manier doorgegeven. PGE2 bindt extracellulair aan een receptor in het celmembraan van de gliacel en is niet in de gliacel gevormd of geactiveerd.*

- 2p 17** 1 periode b  
 2 periode a  
 3 periode b  
 [drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]
- Periode a is het begin van koorts, want de normtemperatuur is verhoogd. Het lichaam produceert extra warmte en beperkt de warmteafgifte. Periode b is het einde van de koorts. De normtemperatuur is lager dan 37 °C. Het lichaam geeft meer warmte af dan het produceert.*
- 1 *Een toename van de zweetproductie zorgt voor extra afkoeling van het lichaam. Lichaamswarmte wordt aan het zweet afgegeven, waardoor zweet verdampst en de lichaamstemperatuur daalt.*
  - 2 *Een verhoogde afgifte van het schildklierhormoon zorgt voor een verhoogde stofwisseling (Binas 89A en ScienceData 28.6). Hierdoor komt extra energie vrij in de vorm van warmte, waardoor de lichaamstemperatuur toeneemt.*
  - 3 *Bloedervoert warmte. Door verwijding van de bloedvaten in de huid stroomt er extra veel bloed door deze bloedvaten. Hierdoor wordt via de huid extra warmte afgegeven aan de omgeving en daalt de lichaamstemperatuur.*

- 2p **18** 1 verworven / specifieke  
2 aangeboren / aspecifieke  
3 aangeboren / aspecifieke  
4 verworven / specifieke

[vier nummers juist: 2p; drie nummers juist: 1p; minder dan drie nummers juist: 0p]

- 1 *Cytotoxische T-cellen zijn onderdeel van het verworven afweersysteem (Binas 84J of ScienceData 32.3).*
- 2 *Fagocyten zijn onderdeel van het aangeboren afweersysteem (Binas 84J of ScienceData 32.3).*
- 3 *NK-cellen zijn onderdeel van het aangeboren afweersysteem (Binas 84J of ScienceData 32.3).*
- 4 *Antistoffen zijn onderdeel van het verworven afweersysteem (Binas 84J of ScienceData 32.3).*

- 1p **19** Voorbeelden van een juist antwoord:

- De eiwitten denatureren.
- Enzymen raken beschadigd.
- Er ontstaan meer schadelijke zuurstofradicalen.
- Membranen raken beschadigd.
- Er is een afname van de eiwitsynthese.
- Enzymen werken minder goed.

*Bij hoge temperatuur gaan enzymen (eiwitten) denatureren. Het actieve centrum vervormt, waardoor chemische reacties minder goed of niet verlopen. Hierdoor verlopen processen in de cellen minder goed of niet. Dit kan voor celschade zorgen.*

- 2p **20** 1 stimulering / +  
2 remming / –  
3 remming / –  
4 remming / –

[vier nummers juist: 2p; drie nummers juist: 1p; minder dan drie nummers juist: 0p]

- 1 *In tekstkader 1 staat dat pyrogenen, zoals interleukine-1, de normtemperatuur in de hypothalamus verhogen, waardoor koorts ontstaat (+; tekstkader 1).*
- 2 *Bij temperatuurverhoging (koorts) wordt de productie van het eiwit RBM3 verlaagd (–; tekstkader 2).*
- 3 *RBM3 remt normaal gesproken de aanmaak van temperatuurgevoelige micro-RNA's (thermo-miRNA's) (–; tekstkader 2).*
- 4 *Thermo-miRNA's remmen de productie van pyrogenen (–; tekstkader 2).*

- 1p **21** **B** Thermo-miRNA's grijpen in tussen splicing en translatie.

*mRNA is gevormd door transcriptie en splicing. miRNA bindt aan het mRNA, waardoor er geen translatie kan plaatsvinden en dus ook geen productie van pyrogenen (eiwitten).*

### Sorghum als alternatief voor mais

- 1p **22** De maisstengelboorder is op eigen kracht / door migratie / door klimaatverandering in Nederland gekomen.  
of  
De soort heeft zich nog niet gevestigd / is als dwaalgast aanwezig.  
*Een exoot is een soort die door menselijk handelen terecht is gekomen in een leefgebied waar hij van oorsprong niet voorkomt. De maisstengelboorder kan zich zelfstandig via land hebben verspreid vanuit Zuid-Europa en zo in Nederland terecht zijn gekomen.*

## 1p 23 fysische/mechanische (afweer)

of

aspecifieke/aangeboren (afweer)

*De maisstengelboorder vreet gangen in de stengel van een maisplant, waardoor het dekweefsel (de buitenste laag cellen) van deze plant beschadigt en schimmels gemakkelijker maisplanten kunnen infecteren. Onder mechanische afweer bij planten vallen alle uiterlijke aanpassingen die vraat en infectie kunnen voorkomen.*

## 1p 24 mutualisme

*Bij mutualisme hebben beide soorten voordeel. Door vraat van de maisstengelboorder kan de schimmel gemakkelijk maisplanten infecteren. Maisstengelboorders kunnen zich sneller ontwikkelen in door de schimmel geïnfecteerde maisplanten.*

## 2p 25 Voorbeelden van een juiste berekening:

- opbrengst mais per ha  $\frac{44,6 \times 354}{1000} = 15,8 \text{ ton}$

opbrengst sorghum C7 per ha:  $\frac{62,5 \times 341}{1000} = 21,3 \text{ ton}$

verschil: 5,5 ton

- $\frac{62500 \times 341}{1000} - \frac{44600 \times 354}{1000} = 5524 \text{ kg}$

– voor de juiste gegevens van mais en sorghum C7 geselecteerd [1p]

– voor een juiste berekening (op basis van de geselecteerde gegevens) met de bijbehorende uitkomst [1p]

*Je moet eerst de eenheden gelijkmaken. Reken terug van ton naar kg of omgekeerd.*

*Sorghum C7 produceert meer droge stof per hectare dan sorghum HHD2:*

*HHD2:  $63,2 \text{ ton} \times 1000 = 63\,200 \text{ kg}$  versgewicht per hectare*

*hoeveelheid droge stof =  $315 \times 63\,200 = 19\,908\,000 \text{ gram/hectare}$*

*C7:  $62,5 \times 1000 = 62\,500 \text{ kg}$  versgewicht per hectare*

*hoeveelheid droge stof =  $341 \times 62\,500 = 21\,312\,500 \text{ gram/hectare}$*

*Mais:  $44,6 \times 1000 = 44\,600 \text{ kg}$  versgewicht  $\times 354 \text{ g/kg droge stof} = 15\,788\,400 \text{ gram droge stof per hectare}$*

$$21\,312\,500 - 15\,788\,400 = 5\,524\,100 \text{ gram} = \frac{5\,524\,100}{1000} = 5\,524,1 \text{ kg}$$

*Sorghum levert 5524,1 kg meer droge stof per hectare op dan mais.*

*Als je antwoordt dat sorghum C7 1,35 keer zoveel of 35% meer droge-stof-productie heeft in plaats van het verschil te benoemen, is dit ook juist.*

## 2p 26 B Energiestroomschema B past bij runderen die met sorghum C7 gevoerd zijn.

*Bij elk energiestroomschema is het totaal van R, P en F 100%.*

*73,8% van de droge stof van sorghum C7 wordt door het verteringsstelsel opgenomen (geresorbeerd) en gebruikt voor de productiviteit en voor dissimilatie.*

*26,2% ( $100 - 73,8$ ) wordt in de vorm van feces (F) uitgescheiden.*

## 1p 27 Methaan is een broeikasgas / methaan zorgt in de atmosfeer voor reflectie van warmte(straling) naar de aarde.

*Het antwoord 'methaan wordt omgezet in CO<sub>2</sub>' is niet juist, omdat methaan een sterker broeikasgas is dan CO<sub>2</sub>. De omzetting van een krachtiger broeikasgas naar een minder krachtig broeikasgas leidt niet tot een sterke klimaatverandering.*

- 1p **28** (Doordat sorghum relatief meer eiwit bevat) hoeft het dier minder voer te krijgen / worden er minder koolhydraten gegeten die kunnen worden omgezet in methaan (waardoor de methaanuitstoot afneemt).

*Sorghum bevat meer gram eiwitten per kg droge stof, waardoor de koe minder koolhydraten eet. Micro-organismen in de pens zetten daardoor minder koolhydraten om in CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>. Methaanbacteriën zetten daardoor minder CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub> om in methaan.*

### Vergiftigen pijlgifkikkers zichzelf niet?

- 2p **29** 1 onjuist  
2 juist  
3 onjuist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

- 1 De drempelpotentiaal (drempelwaarde) voor het ontstaan van een actiepotentiaal in een neuron heeft een vaste waarde. Epibatidine zorgt voor de instroom van Na<sup>+</sup>-ionen en daarmee voor een verlaging van de rustpotentiaal.
- 2 Binding van epibatidine aan een receptor zorgt voor de instroom van Na<sup>+</sup>-ionen waardoor er depolarisatie optreedt. Bij een toenemende depolarisatie wordt de drempelwaarde bereikt en ontstaat er een actiepotentiaal.
- 3 Een antagonist zorgt voor een tegengesteld effect. Epibatidine zou dan geen reactie moeten veroorzaken door te binden aan een receptor. Epibatidine veroorzaakt echter net als acetylcholine een reactie door het openen van Na<sup>+</sup>-kanaaltjes. Het heeft dus een vergelijkbare werking als acetylcholine.

- 1p **30** Voorbeelden van een juist antwoord:

- Epibatidine bindt sterker aan de receptor.
- Epibatidine blijft langer aan de receptor gebonden.
- Er is geen enzym dat epibatidine afbreekt.
- Er is geen transportenzym dat epibatidine afvoert.

- 2p **31** A Bij de aminozuurverandering van S naar C in *Dendrobates sylvaticus* en *Ameerega parvula* is er waarschijnlijk sprake geweest van convergente evolutie. In het cladogram stellen de T-splitsingen een gemeenschappelijke voorouder voor. De *Dendrobates sylvaticus* en *Ameerega parvula* hebben samen geen recente gemeenschappelijke voorouder. Toch komt er bij beide soorten een mutatie voor waarbij het aminozuur S in C veranderde. Deze adaptaties moeten dus onafhankelijk van elkaar zijn ontstaan. Bij *Ameerega parvula* en *Ameerega bilineata* komt een mutatie voor waarbij aminozuur A is veranderd naar V. Deze soorten hebben die mutatie geërfd van hun gemeenschappelijke voorouder. Bij de gemeenschappelijke voorouder van alle pijlgifkikkers is een mutatie opgetreden waarbij aminozuur Y is veranderd in H. Deze verandering is doorgegeven aan alle nieuwe soorten die uit deze voorouder zijn ontstaan en is niet door convergente evolutie ontstaan.

- 2p **32** – ser(ine) → cys(cysteïne); tyr(osine) → his(tidine) of S → C ; Y → H [1p]  
– twee (veranderingen) [1p]

Twee aminozuren in de humane acetylcholine-receptor verschillen met de aminozuren van de FCA1-variant: cysteïne en histidine. Voor de verandering van serine naar cysteïne moet een nucleotide (de eerste base A) worden vervangen door een U: AGU/AGC → UGU/UGC. Voor de verandering van tyrosine naar histidine moet een nucleotide (de eerste base U) worden vervangen door een C: UAU/UAC → CAU/CAC.

**2p 33** 1 onjuist

2 juist

3 juist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

1 Bij de diagrammen verschilt de schaal op de x-as. Bij de concentratie van 1  $\mu\text{M}$  acetylcholine is bij cellen met een humane receptor het percentage van de maximale ACh-respons ongeveer 30%. Bij de concentratie van 1  $\mu\text{M}$  epibatidine is het percentage van de maximale ACh-respons ongeveer 80%.

2 Bij gelijke concentraties epibatidine is het percentage van de maximale ACh-respons bij de humane receptor hoger dan dat van beide varianten. Bijvoorbeeld: bij een concentratie van 1  $\mu\text{M}$  epibatidine is het percentage van de maximale ACh-respons bij de humane receptor ongeveer 90%, bij de LCAI-variant ongeveer 35% en bij de FCAI-variant ongeveer 30%.

3 Het percentage van de maximale ACh-respons bij een concentratie van 1  $\mu\text{M}$  acetylcholine is bij de FCAI-variant minder dan 10%. Bij de humane receptor zonder de mutaties is dat bij deze concentratie meer dan 20%.

### Fosfor in een lekkende kringloop

**2p 34 D** Opgenomen fosfaat komt via de houtvaten in de cellen terecht en wordt daar via voortgezette assimilatie ingebouwd in een organische stof.

Houtvaten vervoeren vooral water en anorganische stoffen (voedingszouten) van de wortels via de stengels naar de bladeren. Bastvaten vervoeren water en assimilatieproducten van de bladeren naar alle delen van de plant (organische sapstroom). Bij voortgezette assimilatie is de organische stof glucose grondstof voor de vorming van andere koolhydraten, vetten, eiwitten, DNA en andere organische moleculen. Voor de vorming van DNA en ATP bijvoorbeeld is fosfor nodig. Koolstofassimilatie is de vorming van glucose uit koolstofdioxide en water.

**1p 35** NADPH én ATP  
of

NADPH $\text{H}^+$ , NADPH $_2$

Het element fosfor (P) komt voor in NADPH en ATP. Tijdens de lichtreactie wordt NADPH gevormd in fotosysteem I. Hierbij neemt een molecuul NADP $^+$  twee elektronen en twee waterstofionen op. ATP wordt gevormd doordat H $^+$ -ionen met het concentratieverval mee via ATP-synthase terugstromen van lumen naar stroma (Binas 69B of ScienceData 13.8d). Tijdens de donkerreactie staan NADPH én ATP hun energierijke elektronen en waterstofionen af bij de vorming van glycerinezuur-1,3-difosfaat, glyceraldehyde-3-fosfaat en ribulose-1,5-difosfaat (Binas 69C of ScienceData 13.8e).

**2p 36** Uit het antwoord moet blijken dat:

- door de geïmporteerde soja / door het geïmporteerde varkensvoer in Nederland een toename ontstaat aan (organische) fosfor(verbindingen); [1p]
- (door gebruik in de landbouw) fosfaat/fosforverbindingen uit de urine/mest/uitwerpselen van de varkens kan/kunnen uitspoelen (naar het oppervlaktewater). [1p]

Fosfaat afkomstig uit China komt via kunstmest in varkensvoer (soja) terecht. De soja wordt gegeten door varkens en voor een deel verteerd. Onverteerd voedsel met fosfor in de ontlasting van varkens komt op akkers en weilanden terecht. Door uitspoeling kan fosfor via het grondwater terechtkomen in oppervlaktewater. Door deze extra toevoer van fosfor uit het buitenland kan in Nederland een verhoogd fosfaatgehalte van het oppervlaktewater ontstaan.

Het antwoord dat fosfor via menselijke consumptie en het riool in het oppervlaktewater terechtkomt, is niet juist, omdat het in de afbeelding gaat over varkens en varkensvoer.

1p 37 Voorbeelden van een juist antwoord:

- De fosfaatbemesting wordt efficiënter (bijvoorbeeld door het tijdstip van bemesting beter af te stemmen op de groeiperiode van het gewas).
- De bodem is verrijkt met fosfaat (door fosfaatbemesting in het verleden).
- Door veredeling zijn planten beter in staat het beschikbare fosfaat uit de bodem op te nemen.
- Er is een afname van de uitspoeling van fosfaat.
- Er worden meer gewasresten op de akker achtergelaten.

2p 38 B Fosfaat draagt alleen bij aan algenbloei als de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater een beperkende factor voor de groei van algen is.

*Bij algenbloei of waterbloei is het aantal algen in oppervlaktewater sterk toegenomen.*

*Dit wordt mede veroorzaakt door een hoge concentratie fosfaat. Fosfaat is normaal gesproken de beperkende factor doordat er slechts weinig van aanwezig is. Dit beperkt de snelheid van de groei. Wanneer de fosfaatconcentratie toeneemt, is fosfaat niet langer de beperkende factor en zal dat zorgen voor een snellere toename van het aantal algen. Als de maximumtolerantiegrens van algen voor fosfaat wordt overschreden, groeien algen niet meer. Het aantal neemt dan niet toe.*

3p 39 In de proefopzet worden de volgende aspecten omschreven:

- Alle vijvers krijgen evenveel fosfaat toegediend / krijgen een gelijke concentratie fosfaat (en alle overige omstandigheden zijn gelijk). [1p]
- Er zijn vijvers met en vijvers zonder waterplanten. / De vijvers verschillen in hoeveelheid (aangeplante) waterplanten. [1p]
- In het water van elke vijver wordt (vooraf en) aan het eind van het experiment / regelmatig de concentratie (beschikbaar) fosfaat (in het water) gemeten. [1p]

*Opmerking*

*Onderzoekers willen weten in hoeverre waterplanten in staat zijn een hoge fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater te verlagen. Daarom worden bij verschillende vijvers gelijke concentraties fosfaat (de overeenkomst in behandeling) aan een verschillend aantal waterplanten aangeboden (verschil in behandeling). Bij de meting (punt 3) is alleen een meting van het fosfaatgehalte van de planten noemen niet voldoende, omdat het onderzoek gaat over het vermogen van waterplanten om de hoge fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater te verlagen.*

## Examen 2023-II

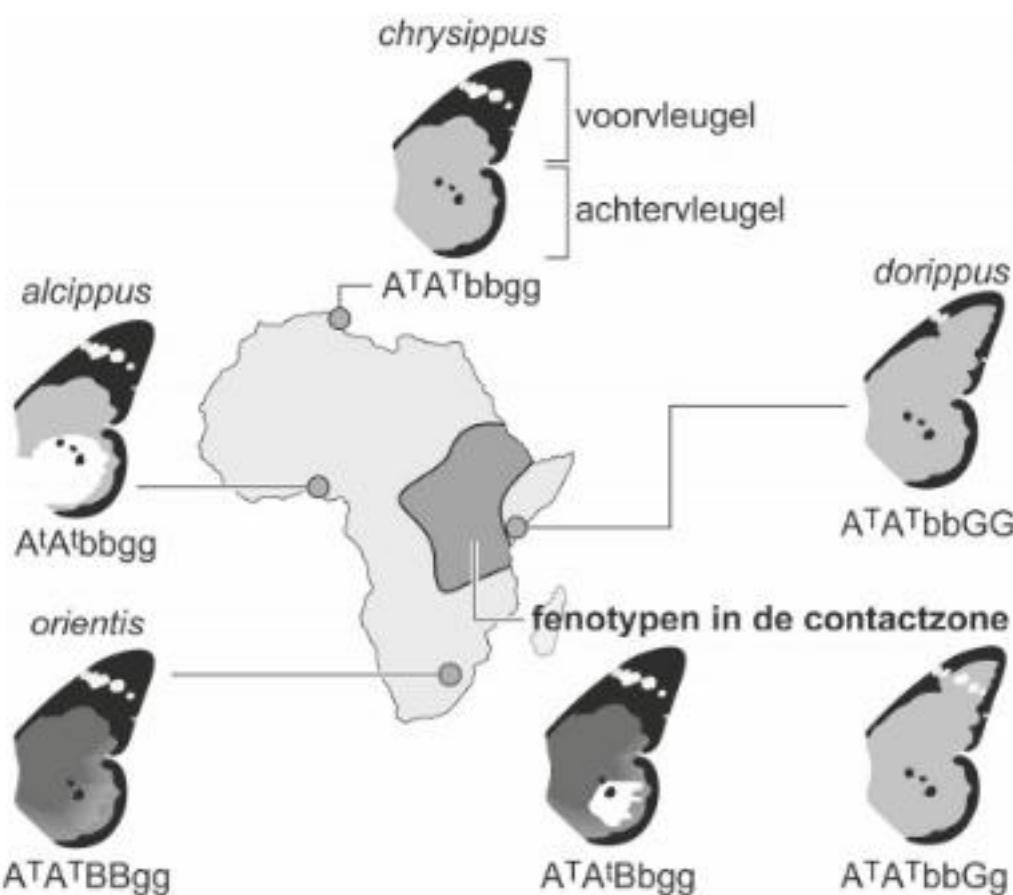
Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

### Kleurpatroon van de kleine monarchvlinder

De kleine monarchvlinder is een vlindersoort waarbij veel variatie aanwezig is in het kleurpatroon van de vleugels. In één gebied in Afrika is het kleurpatroon gekoppeld aan het geslacht. Onderzoekers hebben aangetoond dat deze koppeling wordt veroorzaakt door een chromosoommutatie én een bacterie.

Van de kleine monarchvlinder (*Danaus chrysippus*) zijn vier ondersoorten bekend (*D. c. alcippus*, *D. c. chrysippus*, *D. c. dorippus* en *D. c. orientis*), die in Afrika en delen van Azië voorkomen. In Oost-Afrika overlappen de leefgebieden en kunnen de vlinders zich onderling voortplanten.

afbeelding 1



Alleen in deze contactzone (het omliggende gebied in afbeelding 1) blijkt het kleurpatroon van de voorvleugels gekoppeld te zijn aan het geslacht. Bij de kleine monarchvlinder wordt het kleurpatroon van de vleugels bepaald door drie genen:

- gen A op chromosoom 4
- gen B op chromosoom 15
- gen G op chromosoom 15

Deze drie genen coderen voor de intensiteit van de oranje kleur (donker of licht), voor een zwarte vleugeltip op de voorvleugel (groot of klein) en voor een witte vlek op de achtervleugel (wel of geen). In de afbeelding is het oranje deel van de vleugels met licht- of donkergrijs aangegeven.

Drie fenotypen zijn:

- 1 een grote zwarte vleugeltip op de voorvleugel
- 2 een witte vlek op de achtervleugel
- 3 een donker oranje kleur

- 2p 1 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter door welkallel het betreffende fenotype wordt bepaald. Kies steeds uit **A<sup>T</sup>**, **A<sup>t</sup>**, **B**, **b**, **G** of **g**.

- 2p 2 Behoren de *alcippus*-, *chrysippus*-, *dorippus*- en *orientis*-vlinders elk tot een apart geslacht (genus)? En elk tot een aparte soort?

	aparte geslachten	aparte soorten
A	ja	ja
B	ja	nee
C	nee	ja
D	nee	nee

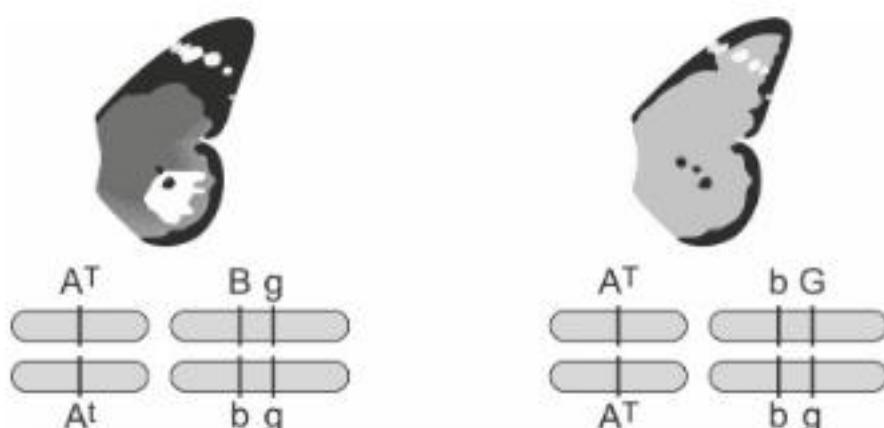
Over de monarchvlinders in de contactzone worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Er is reproductieve isolatie tussen de ondersoorten.
- 2 Er treedt allopatrische soortvorming op.
- 3 Er vindt gene flow plaats.

- 2p 3 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

In afbeelding 2 zijn twee genotypen van vlinders uit de contactzone met de bijbehorende fenotypen weergegeven.

#### afbeelding 2



- De genen B en G liggen zo dicht bij elkaar, dat ze vrijwel altijd gekoppeld overerven.
- 2p 4 Hoe groot is de kans dat een nakomeling van twee vlinders met de genotypen uit afbeelding 2 genotype ATAtBbGg heeft? En zou als de genen niet gekoppeld waren, deze kans kleiner, even groot of groter zijn?

	kans	deze kans is bij niet-gekoppelde genen
A	$\frac{1}{4}$	kleiner
B	$\frac{1}{4}$	even groot
C	$\frac{1}{4}$	groter
D	$\frac{1}{8}$	kleiner
E	$\frac{1}{8}$	even groot
F	$\frac{1}{8}$	groter

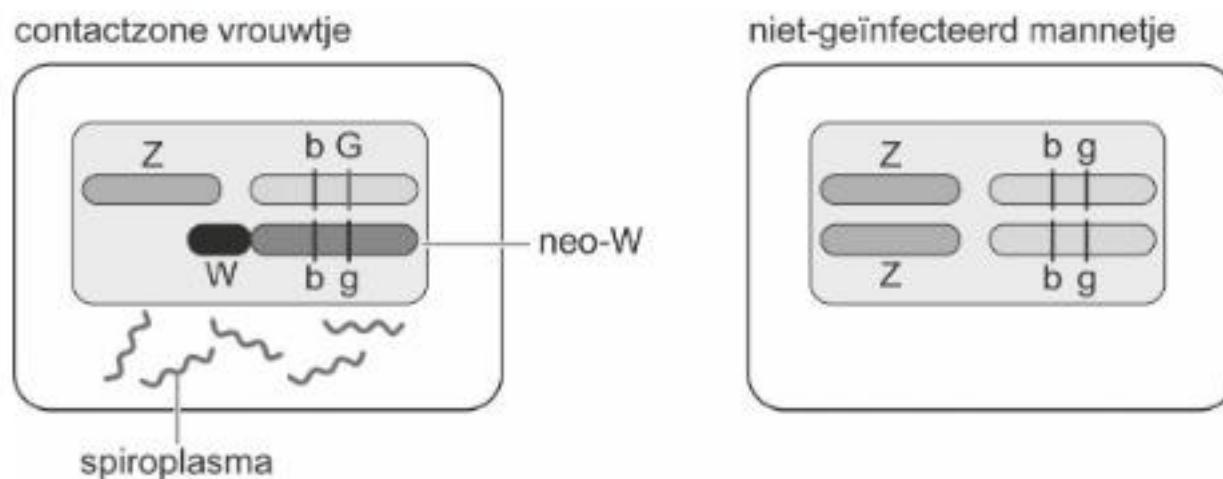
- 1p 5 Noteer de naam van het proces dat tijdens meiose kan optreden, waardoor gekoppelde genen ontkoppeld kunnen worden.

Bij vlinders komen de geslachtschromosomen W en Z voor. Vrouwtjes hebben WZ, mannetjes ZZ. Bij vlinders die permanent in de contactzone verblijven, is het W-geslachtschromosoom echter gefuseerd met chromosoom 15. Dit gefuseerde chromosoom wordt het neo-W-chromosoom genoemd. Het is ongeveer 2200 jaar geleden ontstaan en wordt telkens onveranderd doorgegeven aan het nageslacht. Onderzoekers hebben aangetoond dat in dezelfde periode dat het neo-W-chromosoom ontstond, de kleine monarchvlinder in dit gebied ook geïnfecteerd is geraakt met een *Spiroplasma*-bacterie. Deze bacterie is aanwezig in alle cellen van de vlinder en wordt via de eicel doorgegeven.

De bacterie is dodelijk voor mannelijke rupsen en komt daardoor uitsluitend voor bij vrouwelijke vlinders met het neo-W-chromosoom. Vrijwel alle vrouwtjes met het neo-W-chromosoom dragen de bacterie.

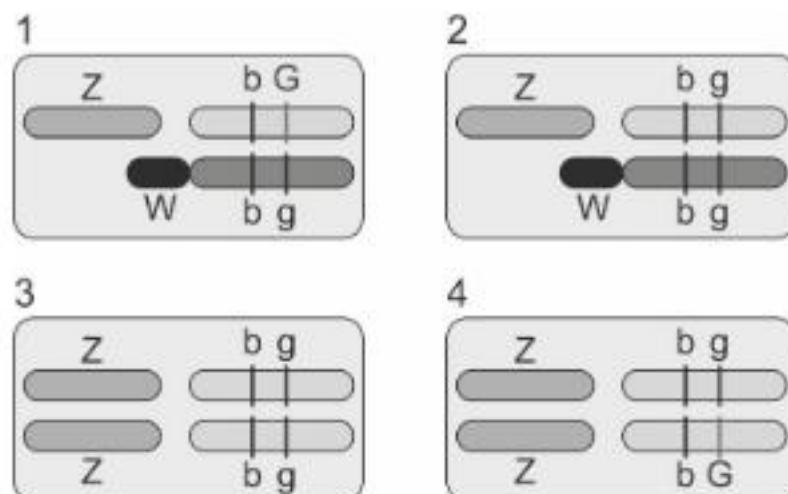
In afbeelding 3 zijn een cel van een vrouwtje en een cel van een mannetje schematisch weergegeven.

**afbeelding 3**



In afbeelding 4 zijn vier genotypen weergegeven:

**afbeelding 4**



- 2p 6 Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende genotype **wel** of **niet** voor kan komen bij **volwassen** vlinders die zijn ontstaan uit de kruising van de vlinders uit afbeelding 3.

## Onderzoek naar medicijnen tegen ebola

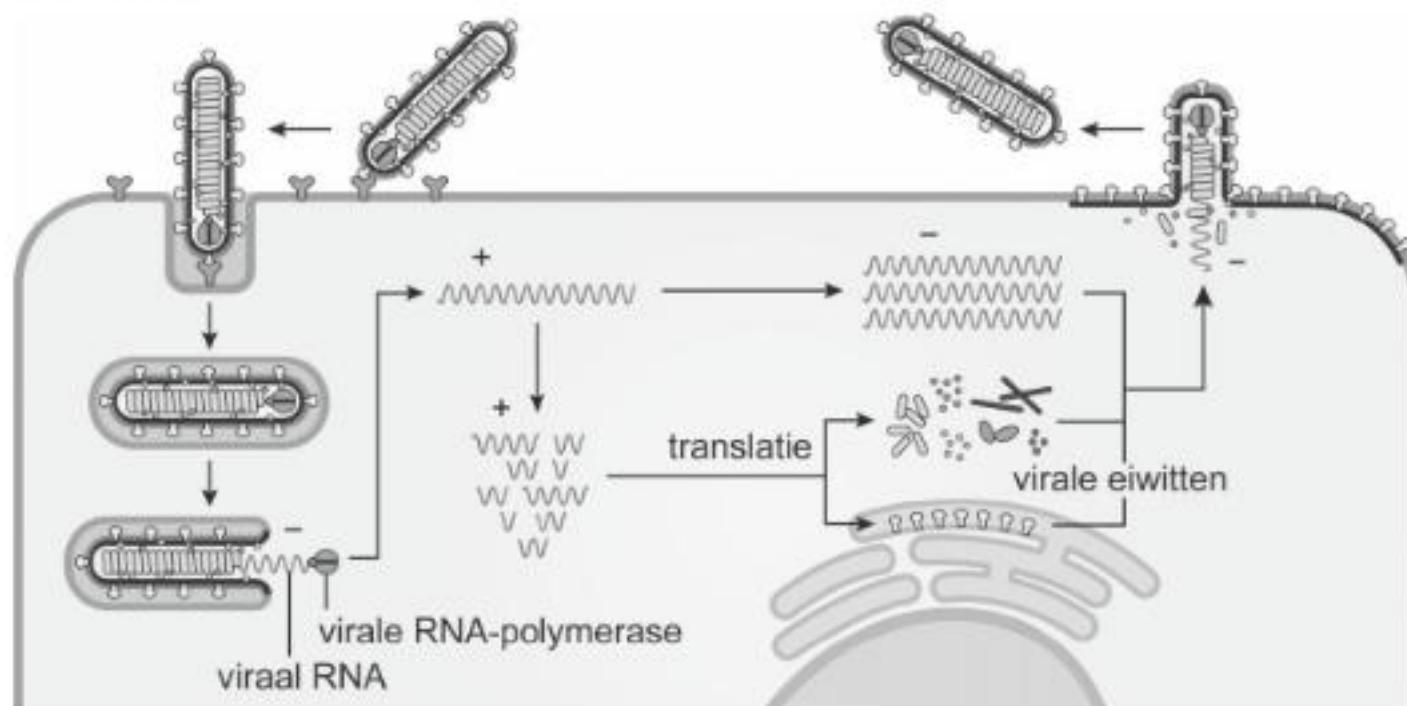
Tussen 2010 en 2020 vonden in Afrika twee uitbraken plaats van de zeer besmettelijke virusziekte ebola. Onderzoekers hebben een aantal medicijnen getest om de uitbraken in te dammen en toekomstige ebola- epidemieën te voorkomen.

Ebola is een van de meest dodelijke virusziekten bij mensen. Het ebolavirus is een enkelstrengs RNA-virus dat van mens op mens kan worden overgedragen via lichaamsvloeistoffen.

Enkelstrengs RNA-virussen worden verdeeld in twee categorieën: positief-sense en negatief-sense. Positief-sense betekent dat de virale RNA-streng de coderende basenvolgorde bevat. Negatief-sense betekent dat de virale RNA-streng een basenvolgorde heeft die complementair is aan de coderende basenvolgorde. Het ebolavirus is negatief-sense.

In afbeelding 1 is de infectie en de daarop volgende stappen van de vermenigvuldiging van het ebolavirus in een menselijke cel schematisch weergegeven. Hierin is het negatief-sense RNA aangegeven met – en positief-sense met +.

**afbeelding 1**

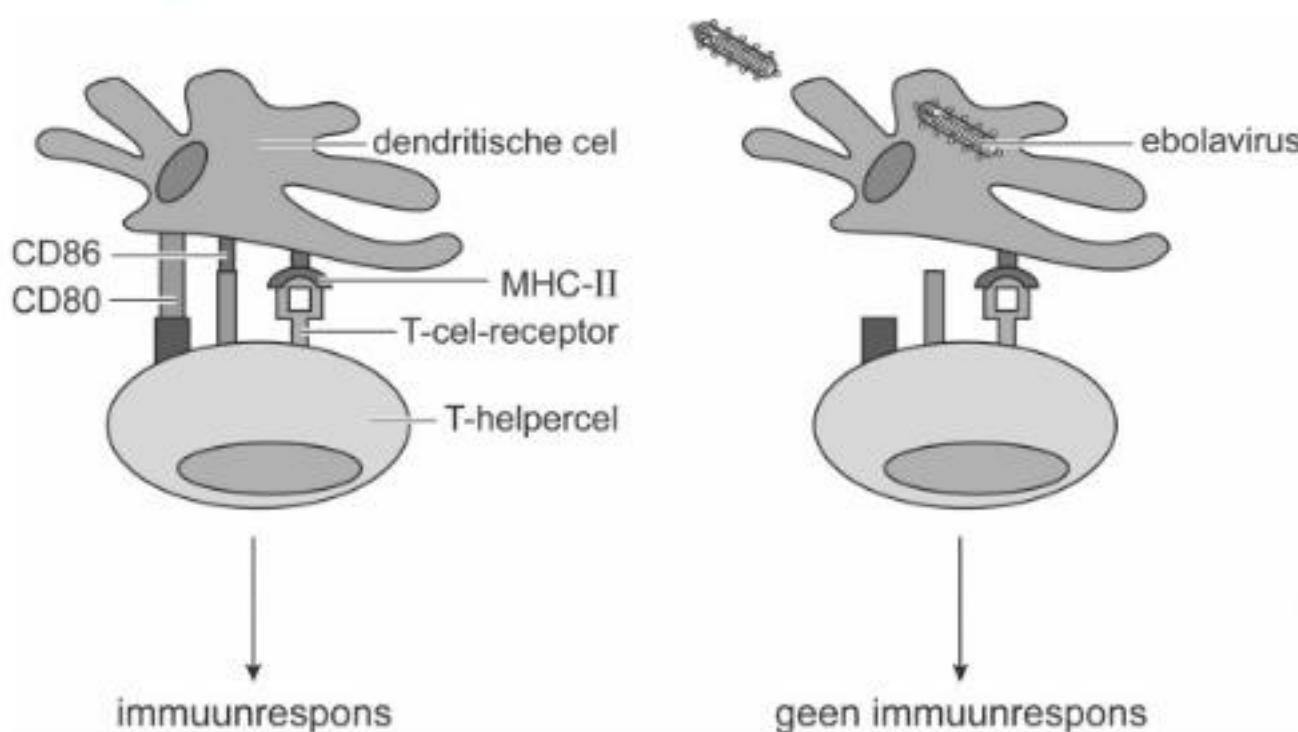


Over het ebolavirus en de infectie van een menselijke cel door dit virus worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Het negatief-sense RNA wordt gebruikt als mRNA voor de productie van virale eiwitten.
  - 2 De membraan van de virale envelop wordt gevormd uit de membraan van de gastheercel.
  - 3 De translatie waarbij de virale membraaneiwitten worden gevormd, vindt plaats in het golgi-systeem.
- 2p 7 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Het ebolavirus infecteert aanvankelijk vooral afweercellen: dendritische cellen, monocyten en macrofagen. Geïnfecteerde dendritische cellen rijpen dan niet meer, waardoor ze een aantal membraaneiwitten niet meer produceren. Als gevolg hiervan kunnen deze dendritische cellen het specifieke afweersysteem niet meer activeren. Afbeelding 2 geeft links een normale immuunrespons weer en rechts de gevolgen van een ebola-infectie.

**afbeelding 2**



- 2p 8 Hoe verhindert de ebola-infectie van een dendritische cel dat een T-helpercel geactiveerd wordt? En wordt als gevolg hiervan de cellulaire en/of de humorale respons geblokkeerd?

ebola verhindert	type respons dat wordt geblokkeerd
A antigeenpresentatie	alleen de cellulaire respons
B antigeenpresentatie	alleen de humorale respons
C antigeenpresentatie	zowel de cellulaire als de humorale respons
D celkoppeling	alleen de cellulaire respons
E celkoppeling	alleen de humorale respons
F celkoppeling	zowel de cellulaire als de humorale respons

Als virusdeeltjes vrijkomen uit de geïnfecteerde afweercellen, verspreiden ze zich naar andere organen zoals de lever. Als gevolg hiervan raakt de lever beschadigd, waardoor de productie van stollingseiwitten afneemt. Dit veroorzaakt hevige bloedingen.

Een ander symptoom is de vorming van stolsels in de bloedbaan. Die ontstaan als gevolg van een ontstekingsreactie van de bloedvatwand waarbij een bepaald eiwit wordt afgegeven.

Drie eiwitten zijn: collageen, fibrinogeen en de stollingsfactor tromboplastine.

- 2p 9 – Van welk eiwit neemt de concentratie in bloedplasma **af** waardoor hevige bloedingen optreden?  
 – Van welk eiwit neemt de concentratie in bloedplasma toe waardoor stolsels ontstaan?

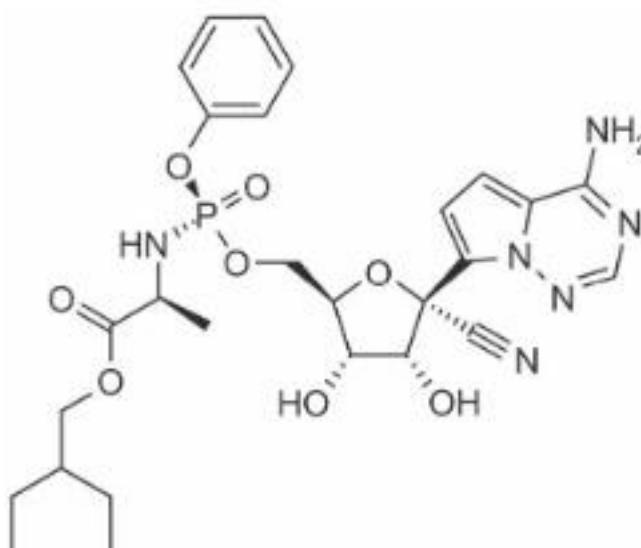
Noteer je antwoord als volgt:

neemt af: ...

neemt toe: ...

In 2016 kregen onderzoekers toestemming om de virusremmer remdesivir te testen. Dit is een nucleotide-analoog: een stof die lijkt op een bepaalde nucleotide. Deze stof verstoort de werking van het virale RNA-polymerase. Als een remdesivirmolecuul wordt ingebouwd door de virale RNA-polymerase, is verdere verlenging van dit RNA-molecuul niet mogelijk. Afbeelding 3 toont de structuurformule van remdesivir.

**afbeelding 3**



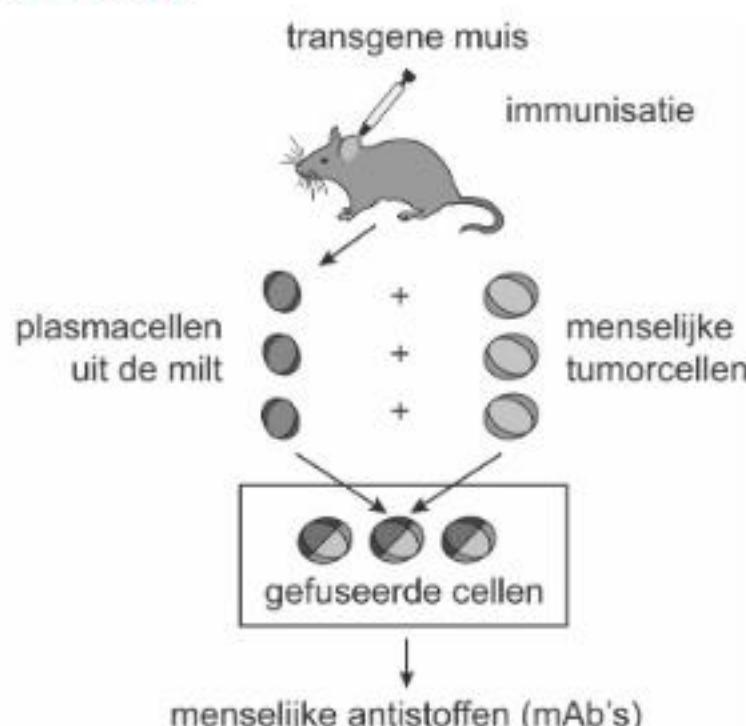
Een deel van het remdesivir-molecuul vertoont een grote overeenkomst met een bepaalde stikstofbase.

- 1p 10 Noteer de naam van deze stikstofbase.

Enkele farmaceutische bedrijven werkten aan de ontwikkeling van antistoffen die gebruikt kunnen worden als geneesmiddel tegen ebola.

Een bedrijf ontwikkelde een cocktail die bestaat uit drie verschillende monoklonale antistoffen. Deze monoklonale antistoffen (mAb's) zijn afkomstig van plasmacellen van een transgene muis die in het laboratorium gefuseerd waren met menselijke tumorcellen (afbeelding 4).

**afbeelding 4**

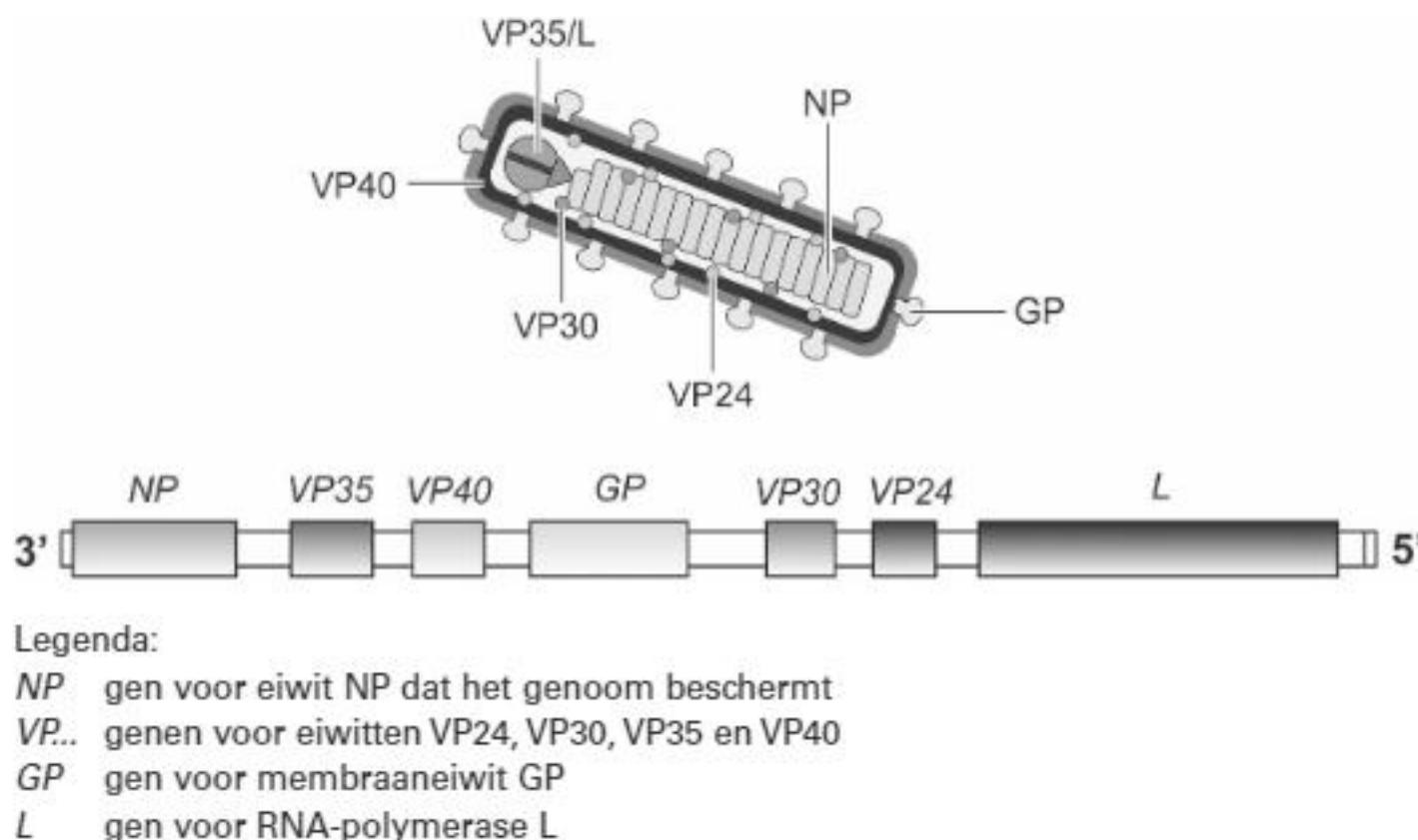


Bij de ontwikkeling werd een plasmacel van een muis gefuseerd met een tumorcel.

- 1p 11 Verklaar dat deze cel fusie nodig is om langdurige productie van antistoffen op grote schaal mogelijk te maken.

In oktober 2019 werd het eerste vaccin tegen ebola goedgekeurd. Dit vaccin bestaat uit een verzwakt, ander type virus, waaraan een gen van het ebolavirus is toegevoegd. In afbeelding 5 zijn de verschillende eiwitten van het ebolavirus weergegeven, met daaronder de plaats van de plaats van de bijbehorende genen op het genoom.

**afbeelding 5**



- 1p 12 Welk gen van het ebolavirus is aan het verzwakte virus toegevoegd?

- A NP
- B VP30
- C GP
- D L

De drie methodes om ebola te bestrijden (remdesivir, mAb's en het vaccin), hebben verschillende kenmerken.

Enkele van deze kenmerken zijn:

- 1 De methode gebruikt kunstmatige passieve immunisatie.
- 2 De methode dient als behandeling van ebola-patiënten.
- 3 Een doel van de methode is dat er B-geheugencellen worden gevormd.

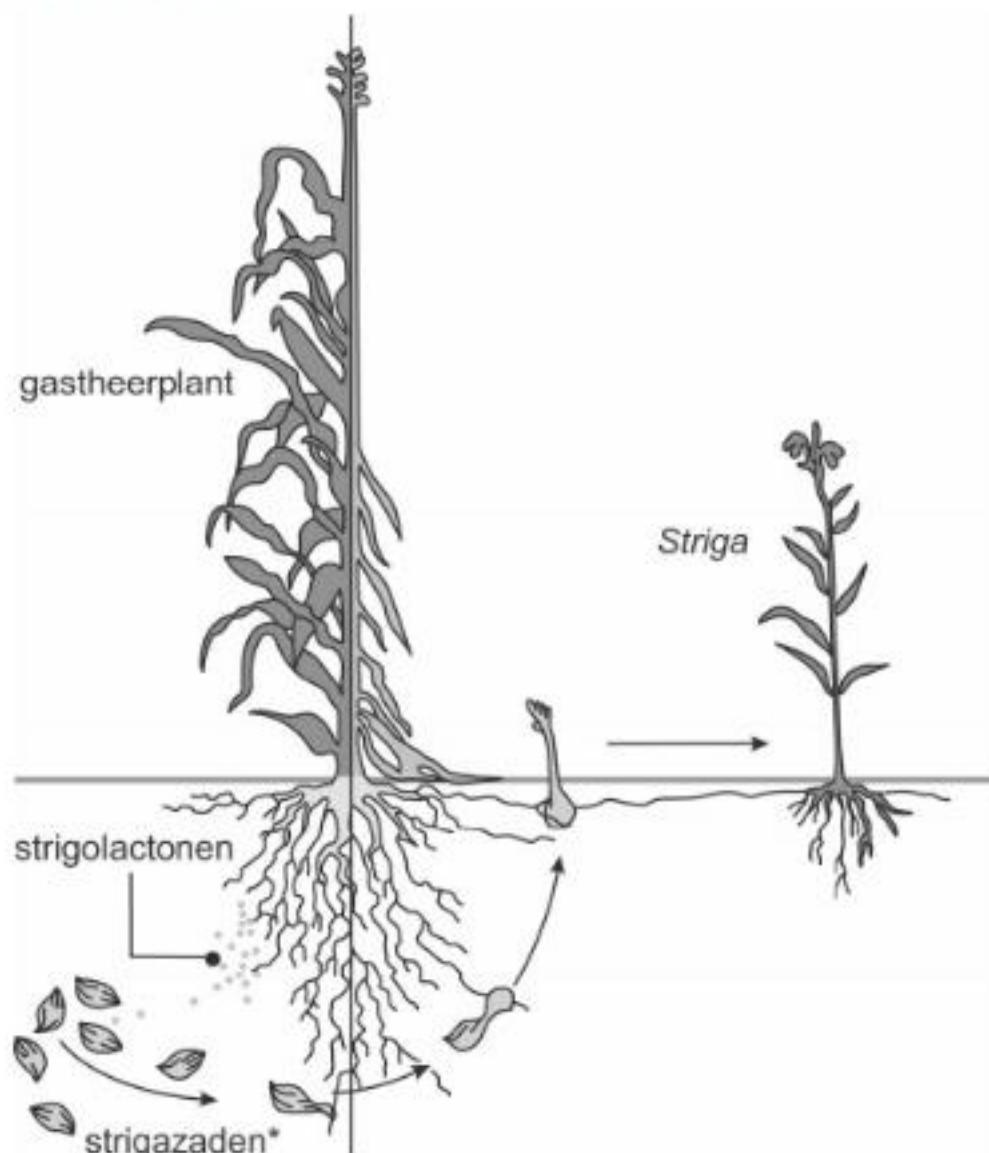
- 2p 13 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende kenmerk geldt voor **remdesivir**, voor de **mAb's** en/of voor het **vaccin**. Per kenmerk kunnen meerdere methodes juist zijn.

## Strijden tegen Striga

In grote delen van Afrika ten zuiden van de Sahara wordt de voedselproductie in toenemende mate bedreigd door parasitaire planten van het geslacht *Striga*. Door een infectie met *Striga* kan een gehele oogst verloren gaan. Meer kennis over deze parasiet kan helpen om maatregelen te treffen die het verlies aan opbrengst door *Striga* beperken.

*Striga*-soorten komen voornamelijk in Afrika en Azië voor. De planten hechten zich aan de wortels van voedselgewassen als mais, sorghum, gierst en rijst. *Striga*-planten produceren een grote hoeveelheid kleine zaden die wel tien jaar kiemkrachtig blijven. Zaden van *Striga* kiemen alleen in aanwezigheid van bepaalde hormonen – strigolactonen – die door de wortels van de gastheerplant worden uitgescheiden (afbeelding 1). De pijlen in afbeelding 1 geven de ontwikkeling van *Striga* aan.

afbeelding 1



\* strigazaden niet op schaal afgebeeld

- 1p 14 Noteer een eigenschap van *Striga* waaruit blijkt dat de *Striga*-soorten **geen** climaxsoorten zijn.

Planten zoals sorghum produceren strigolactonen en trekken daarmee mycorrhiza-schimmels aan. Zo kan een symbiose ontstaan waarvan beide organismen profiteren. De hoeveelheid strigolactonen die planten produceren, is afhankelijk van de hoeveelheid fosfaat in de bodem. Hoe armer de grond aan fosfaat, hoe meer strigolactonen worden geproduceerd. *Striga*-infectie vindt daardoor vooral plaats op voedselarme gronden.

- 3p 15 Leg uit hoe door evolutie is ontstaan dat kieming van *Striga* alleen plaatsvindt in aanwezigheid van strigolactonen.

Over de symbiose tussen **mycorrhiza-schimmels** en **sorghum** worden twee uitspraken gedaan:

- 1 Alleen water en zouten worden uitgewisseld.
- 2 De mycorrhiza-schimmels zijn in deze symbiose autotroof.

- 2p 16 Welke uitspraak is juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

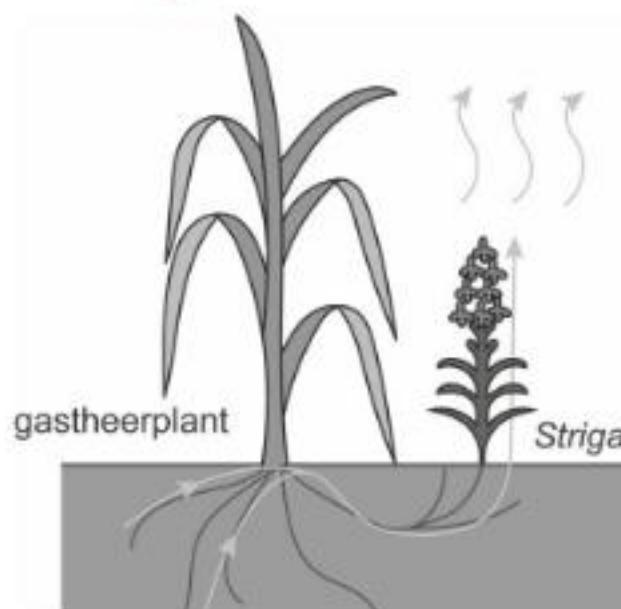
Het kiemplantje van *Striga* hecht zich aan de gastheerplant en ontwikkelt zich eerst vier tot zeven weken ondergronds. In deze fase verkrijgt het anorganische en organische stoffen van de gastheerplant.

Tijdens deze ontwikkeling is de hoeveelheid organische stoffen die door de gastheerplant wordt afgegeven, veel groter dan de netto toename ervan in *Striga*.

- 1p 17 Verklaar dit.

Na de eerste weken groeit *Striga* bovengronds verder. Bovengronds is *Striga* niet meer afhankelijk van de organische stoffen van de gastheer. Ondanks de meestal droge en warme omstandigheden op de akkers, staan de huidmondjes van *Striga* wijd open. In afbeelding 2 is met pijlen de richting van het watertransport door de gastheerplant en *Striga* schematisch weergegeven.

**afbeelding 2**



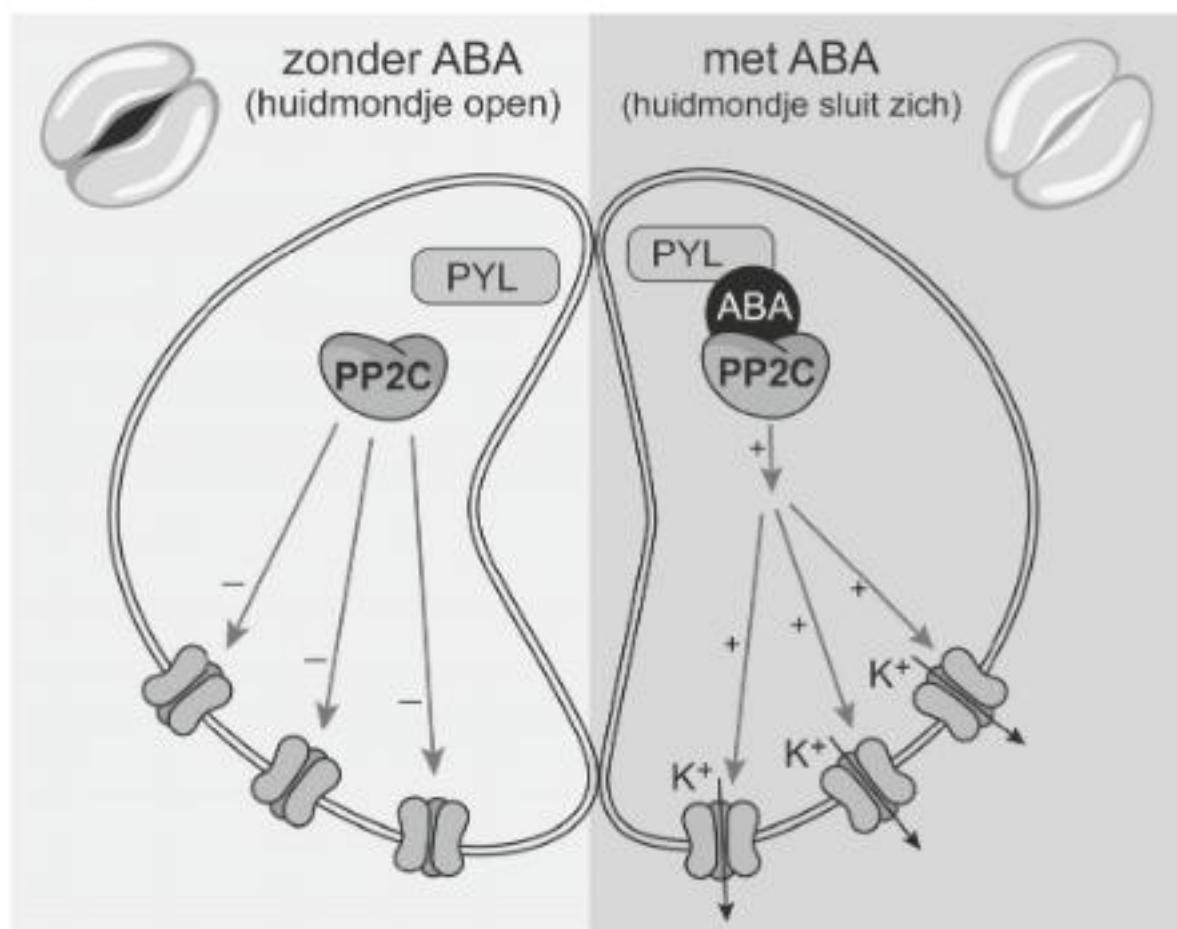
- 2p 18 Leg uit dat openhouden van de huidmondjes een voordeel oplevert voor *Striga* bij opname van stoffen via de gastheerplant.

Op de plaats waar de *Striga*-plant en de gastheerplant contact maken, staat bepaald vaatweefsel van de *Striga*-plant direct in verbinding met hetzelfde type vaatweefsel van de gastheerplant.

- 1p 19 Noteer de naam van het vaatweefsel dat verantwoordelijk is voor het watertransport weergegeven in afbeelding 2.

Bij droogtestress produceren veel planten het hormoon abscisinezuur (ABA). In de sluitcellen van de huidmondjes bindt ABA aan de receptor PYL. Vervolgens bindt het eiwit PP2C aan het receptor-complex ABA-PYL, waardoor een signaalcascade in werking treedt die uiteindelijk leidt tot het sluiten van de huidmondjes (afbeelding 3).

**afbeelding 3**



Onderzoekers van Kobe University in Japan hebben mutaties in het PP2C-gen ontdekt, waardoor de ABA-signaalcascade in *Striga* niet in gang wordt gezet. Als gevolg hiervan blijven de huidmondjes altijd openstaan.

- 2p 20 Welk gevolg heeft de mutatie in het PP2C-gen bij *Striga*? En welk gevolg heeft dit voor de sluitcellen van de huidmondjes?

gevolg van mutatie	gevolg voor sluitcellen
A PP2C bindt niet aan ABA-PYL	blijven geplasmolyseerd
B PP2C bindt niet aan ABA-PYL	blijven turgescent
C PP2C bindt sterker aan ABA-PYL	blijven geplasmolyseerd
D PP2C bindt sterker aan ABA-PYL	blijven turgescent

Het inzicht van de Japanse onderzoekers kan op termijn leiden tot een manier om *Striga* te bestrijden. Voorlopig is echter in grote delen van Afrika mechanische bestrijding (onkruid wieden) de enige manier om groei van *Striga* enigszins tegen te gaan.

- 2p **21** Geef twee redenen waarom het wieden van *Striga* weinig effectief zal zijn bij de bestrijding van *Striga*.

Een veelgebruikte manier om *Striga*-infectie te voorkomen is het jaarlijks zaaien van vlinderbloemige gewassen. Op akkers met sorghum waarop ook vlinderbloemigen groeien, komt minder *Striga* voor. Waardoor dit komt is onbekend, mogelijk zijn de omstandigheden voor *Striga* ongunstig door de aanwezigheid van vlinderbloemigen.

Door het jaarlijks zaaien van vlinderbloemigen groeit er minder *Striga*, waardoor de opbrengst van sorghum hoger is.

- 1p **22** Geef nog een oorzaak waardoor de opbrengst van sorghum hoger zal zijn op akkers waar jaarlijks vlinderbloemigen groeien.

Onderzoekers willen door middel van een veld-experiment bepalen in hoeverre het jaarlijks zaaien van vlinderbloemigen de netto primaire productie van sorghum beïnvloedt.

- 2p **23**
- Beschrijf de opzet van het veld-experiment.
  - Noteer welke metingen moeten worden gedaan om de netto primaire productie te bepalen.

Wetenschappers menen dat er een combinatie van strategieën ingezet moet worden om *Striga*-infecties te voorkomen of onder controle te krijgen. Er wordt onderzoek gedaan naar twee strategieën:

strategie P: kieming van *Striga*-zaden remmen of voorkomen

strategie Q: *Striga*-zaden voortijdig laten ontkiemen

Mogelijke maatregelen hierbij zijn:

- 1 Fosfaat-houdende meststoffen op het land brengen.
- 2 Meerdere seizoenen gewassen inzaaien die kieming van *Striga*-zaden stimuleren, maar die zelf niet geïnfecteerd worden.
- 3 Stoffen in de grond brengen die dezelfde werking hebben als strigolactonen voorafgaande aan het zaaien van het voedingsgewas.

- 2p **24** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende maatregel hoort bij strategie **P** of bij strategie **Q**.

## Nieuwe behandelmethodes voor sikkcelanemie

Sikkcelanemie is een erfelijke bloedziekte, waarbij afwijkend hemoglobine wordt aangemaakt. De normale vorm van rode bloedcellen kan daardoor veranderen in een sikkelform. Wereldwijd wordt onderzoek gedaan naar nieuwe behandelingen voor deze ziekte.

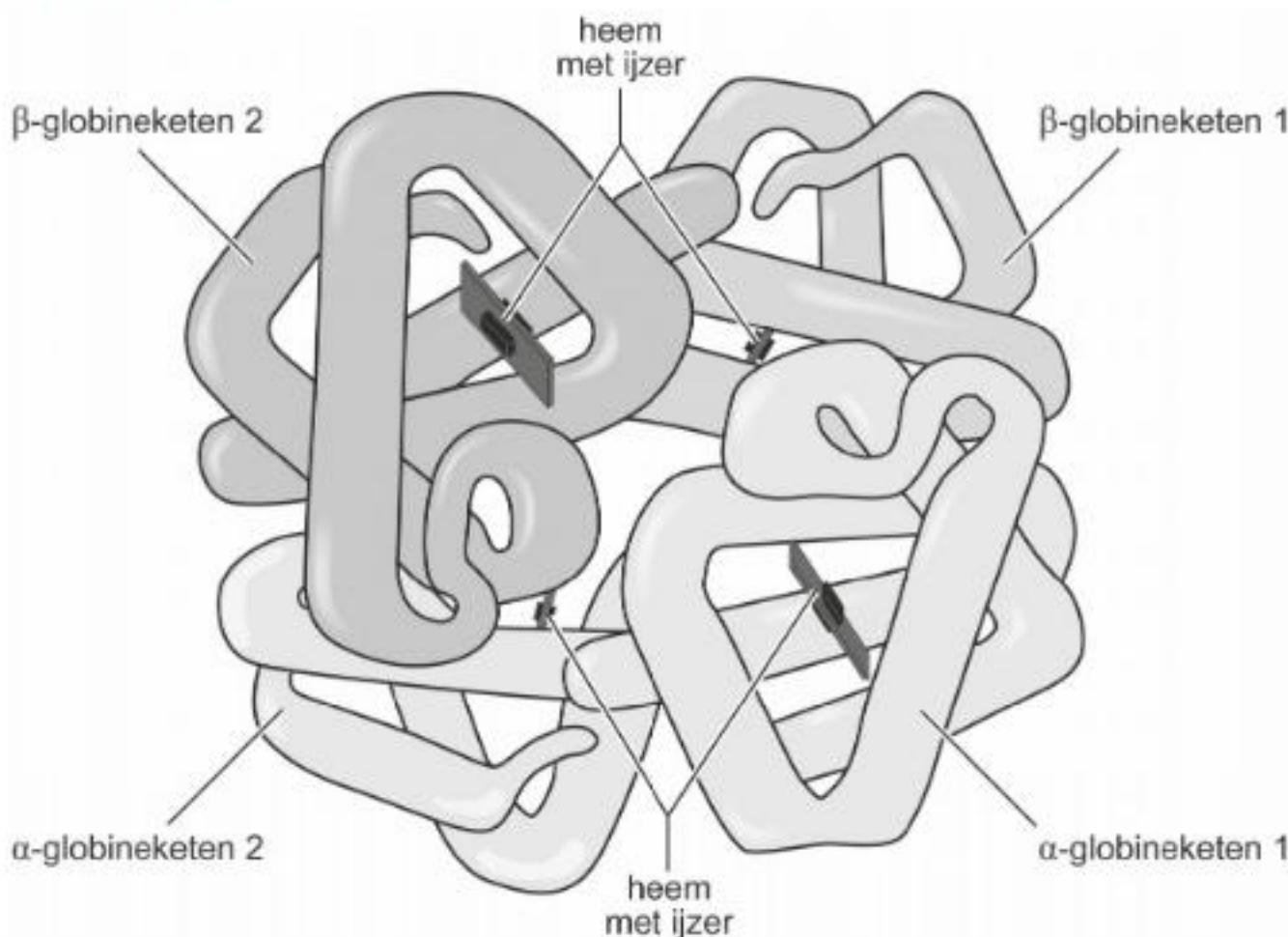
Hemoglobine bestaat uit twee  $\alpha$ - en twee  $\beta$ -globineketens.

Sikkcelanemie wordt veroorzaakt door een puntmutatie in het gen dat codeert voor de  $\beta$ -globineketen. In een van de tripletten is een A vervangen door een T, en als gevolg hiervan is in de  $\beta$ -globine-keten glutaminezuur vervangen door valine.

De ziekte ontstaat alleen als deze mutatie in beide allelen voor  $\beta$ -globine aanwezig is.

In afbeelding 1 is normaal hemoglobine weergegeven.

afbeelding 1



Over de mutatie in het  $\beta$ -globine-gen en gevallen ervan worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De mutatie kan in een intron hebben plaatsgevonden.
  - 2 De mutatie veroorzaakt een verschuiving van het leesraam.
  - 3 Van de  $\beta$ -globineketen is de primaire structuur veranderd.
- 2p 25 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Bij sikkcelanemie vormen de afwijkende  $\beta$ -globineketens – na afgifte van zuurstof – lange vezels die zich hechten aan de celmembraan van de rode bloedcel. Dit veroorzaakt de typische sikkcelvorm. Door deze vormverandering gaat de rode bloedcel sneller kapot (hemolyse). Bij mensen met sikkcelanemie is de gemiddelde levensduur van een rode bloedcel daardoor slechts 20 dagen in plaats van 120 dagen. Ook is er een verhoogde activiteit van witte bloedcellen en worden er bloedplaatjes geactiveerd. Daardoor ontstaat een ontstekingsreactie in het endotheel van de bloedvaten. De verstoppingen die hierdoor kunnen ontstaan, veroorzaken zuurstofgebrek in botten en organen. Dit leidt tot pijn en beschadiging van organen.

In de bloedvaten van de longen kan ook door een lage zuurstofspanning vaatverstopping optreden, waardoor de bloeddruk in die vaten stijgt. Dit kan leiden tot verwijding van één van de hartkamers.

- 2p 26 In welk type vaten in de longen vindt deze blokkade plaats? En welke hartkamer wordt verwijd door de hoge bloeddruk in de longen?

	type vaten	verwijde hartkamer
A	adertjes	linker
B	adertjes	rechter
C	slagadertjes	linker
D	slagadertjes	rechter

Bij mensen met sikkcelanemie komen vaak galstenen voor. Galstenen ontstaan in de galblaas door een verhoogde concentratie van de stof bilirubine, die vrijkomt bij de afbraak van rode bloedcellen. Galstenen leiden tot problemen als ze de galblaas verlaten en de galbuis blokkeren.

Deze blokkade kan leiden tot een ontsteking van de lever en tot problemen met de spijsvertering.

- 2p 27 Leg uit welk gevolg een verstopping van de galbuis heeft voor de spijsvertering.

De behandeling van sikkcelanemie bestaat voornamelijk uit pijnbestrijding en herhaalde bloedtransfusies.

Over het effect van bloedtransfusies worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 De bloedtransfusie gaat tijdelijk een tekort aan rode bloedcellen tegen.
- 2 Het aandeel sikkcelen neemt in de weken na een bloedtransfusie geleidelijk af.

- 2p 28 Welke uitspraak is juist?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D zowel 1 als 2

Een van de medicijnen tegen sikkcelanemie is hydroxycarbamide. Dit medicijn remt de productie van de witte bloedcellen en bloedplaatjes, en verhoogt de productie van foetaal hemoglobine. Foetaal hemoglobine heeft een grotere affiniteit voor zuurstof dan adult hemoglobine en heeft twee  $\gamma$ -globineketens in plaats van twee  $\beta$ -globineketens. Normaal neemt de expressie van het gen voor  $\gamma$ -globine na de geboorte af.

Over hydroxycarbamide worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Het is werkzaam in het rode beenmerg.
- 2 Door gebruik ervan treedt minder sikkcelvorming op.
- 3 Door gebruik ervan wordt het ontstaan van ontstekingen in het endotheel van bloedvaten onderdrukt.

2p 29 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Recent is een nieuw medicijn (voxelotor) goedgekeurd dat specifiek bindt aan de  $\alpha$ -globineketen van hemoglobine waardoor de affiniteit van hemoglobine voor zuurstof groter wordt.

2p 30 Is de zuurstofverzadigingscurve van hemoglobine dan naar links of naar rechts verschoven? En wordt er in actieve weefsels bij een gelijke zuurstofspanning dan meer of minder zuurstof afgegeven?

	curve verschoven naar	zuurstofafgifte
A	links	meer
B	links	minder
C	rechts	meer
D	rechts	minder

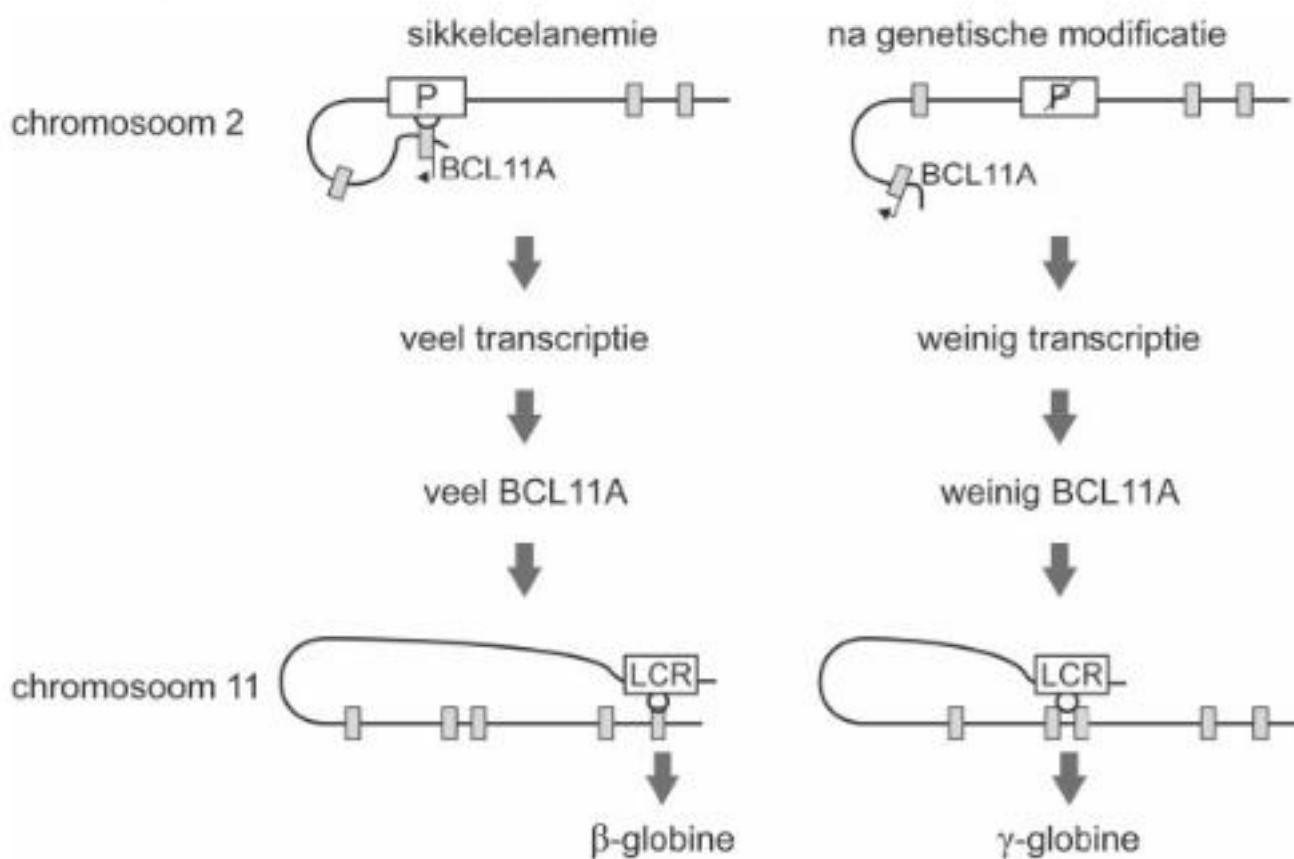
Om sikkcelanemie blijvend te genezen ontwikkelden onderzoekers van Harvard University een gentherapie. Ze isoleerden beenmergcellen van een patiënt en modificeerden die met de CRISPR-Cas-techniek, zodat de expressie van het BCL11A-gen in deze cellen werd verminderd. Het BCL11A-eiwit reguleert de expressie van de globinegenen. Nadat de achtergebleven beenmergcellen van de patiënt waren gedood, werden de gemodificeerde beenmergcellen terug in het lichaam gebracht.

Het terugplaatsen van de eigen gemodificeerde beenmergcellen heeft als voordeel dat de kans op het ontstaan van een specifieke afweerreactie veel kleiner is dan bij het injecteren van beenmergcellen van een donor. Bij een specifieke afweerreactie tegen beenmergcellen van een donor zijn een bepaald type T-cellen betrokken.

3p 31 – Noteer om welk type T-cel het hier gaat.  
 – Beschrijf op molecuulniveau hoe de herkenning van de beenmergcel door de T-cel plaatsvindt.  
 – Beschrijf op celniveau welk effect dit heeft voor de beenmergcel.

In afbeelding 2 is het BCL11A-gen op chromosoom 2 weergegeven: de grijze blokjes zijn de exons; deel P is een regulerende sequentie van dit gen. Ook is weergegeven hoe het BCL11A-eiwit de expressie van de globinegenen op chromosoom 11 reguleert. LCR is de regulerende sequentie van de globinegenen. De linkerkant van de afbeelding toont de situatie in de beenmergcellen van een patiënt met sikkcelanemie. De rechterkant toont de situatie in beenmergcellen waarbij met de CRISPR-Cas-techniek de regulerende sequentie van het BCL11A-gen is bewerkt.

### afbeelding 2



- 2p 32 Is deel P een activatoreiwit of een enhancer (versterker)? En is BCL11A een RNA-polymerase of een transcriptiefactor?

deel P	BCL11A
A activatoreiwit	RNA-polymerase
B activatoreiwit	transcriptiefactor
C enhancer (versterker)	RNA-polymerase
D enhancer (versterker)	transcriptiefactor

Met de CRISPR-Cas-techniek werd de expressie van het BCL11A-gen verminderd. In het beschreven onderzoek gebruikten de wetenschappers ter vergelijking ook cellen waarvan het BCL11A-gen volledig was uitgeschakeld.

- 1p 33 Wat is biologische term voor het uitschakelen van een gen met behulp van genetische technieken?
- A apoptose  
B knock-out  
C methylering  
D recombinant DNA

## Doping in rioolwater

Op verzoek van het World Anti-Doping Agency (WADA) hebben wetenschappers van de Universiteit van Amsterdam onderzoek gedaan naar dopinggebruik in de sport. Zij analyseerden het rioolwater in drie Nederlandse steden voor, tijdens en na een groot sportevenement.

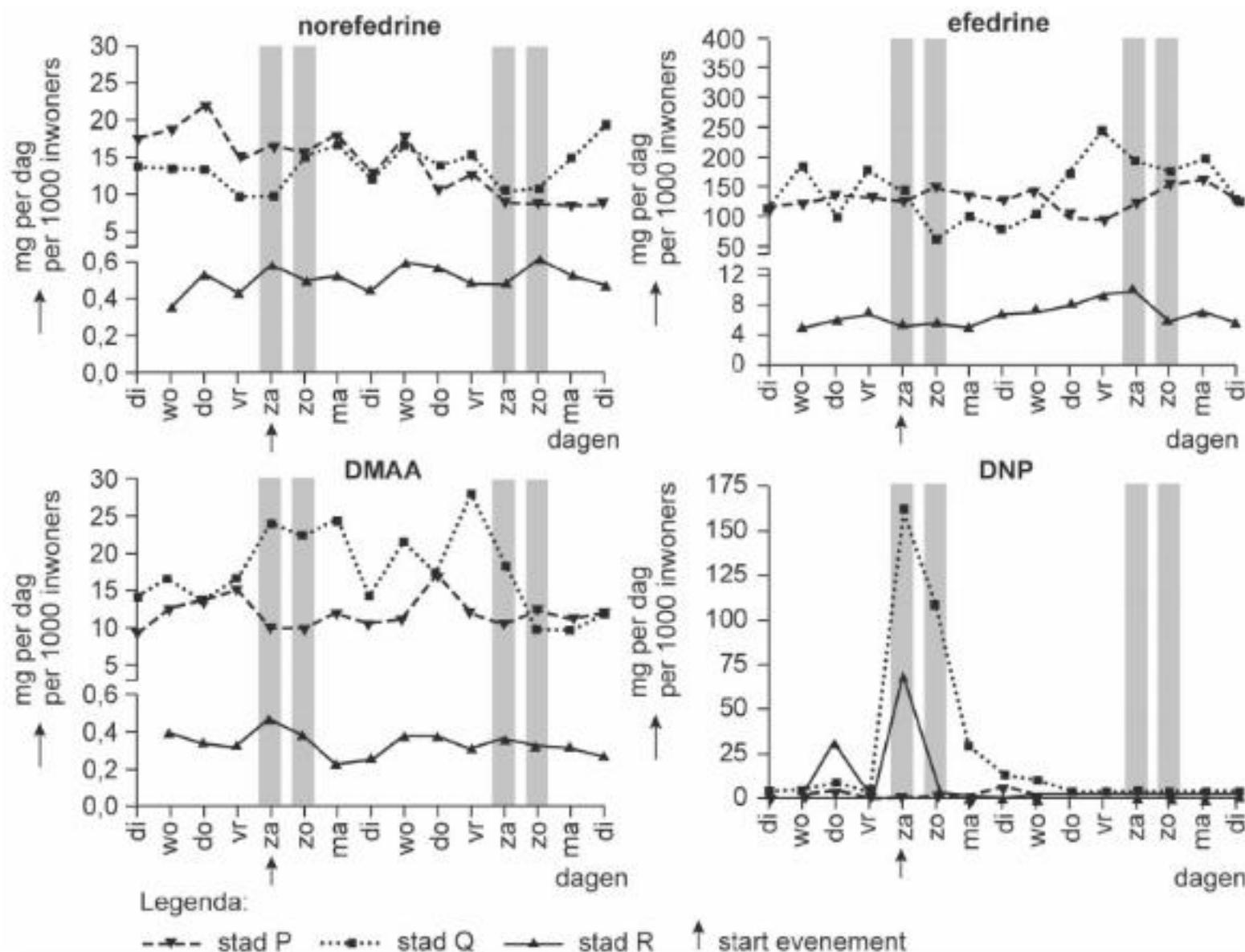
De concentratie van doping in rioolwater van een stad is een goede maat voor het gebruik van doping in die stad. In drie steden werd twee weken lang, dagelijks, meerdere keren per uur, een beetje rioolwater verzameld. Op de zaterdag van het eerste weekend van de onderzoeksperiode begon in elke stad een groot sportevenement:

- in stad P, een grote stad, een atletiekevenement van vijf dagen voor professionele sporters
- in stad Q, een middelgrote stad, een tweedaags bodybuilding- evenement voor amateurs
- in stad R, een kleine stad, een eendaags bodybuildingevenement voor amateurs

Het rioolwater werd in het laboratorium getest op verschillende stoffen.

Afbeelding 1 toont de resultaten voor efedrine, norefedrine, DMAA (methylhexanamine) en DNP (2,4-dinitrofenol).

**afbeelding 1**



Efedrine, norefedrine en DMAA zijn voor sporters verboden om te gebruiken. De werking van deze stoffen komt overeen met die van (nor)adrenaline, maar met een sterker effect. Norefedrine ontstaat ook als afbraakproduct na het gebruik van amfetamine, een harddrug.

DNP wordt gebruikt om af te vallen. De stof is verboden voor consumptie.

Efedrine, norefedrine, DMAA en DNP worden snel uitgescheiden, en komen via urine in het rioolwater terecht.

De onderzoeksperiode besloeg twee weken (afbeelding 1). Bij een dergelijk onderzoek kan geen controlegroep worden gemaakt. Als controle worden daarom de metingen uit het tweede weekend van de onderzoeksperiode gebruikt.

- 2p 34 Licht toe dat van de metingen die zijn gedaan bij stad Q, die uit het tweede weekend het meest geschikt zijn als controle bij stad Q.

Over het rioolonderzoek en het resultaat ervan worden drie uitspraken gedaan:

- 1 De geteste middelen worden gebruikt door professionele atleten tijdens het evenement in stad P.
- 2 In stad P is het drugsgebruik per inwoner gemiddeld groter dan in stad R.
- 3 De maximale concentratie DNP in het rioolwater tijdens het evenement in stad Q is meer dan 20 keer zo hoog als normaal.

- 2p 35 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **wel** of **niet** ondersteund wordt door de resultaten van het rioolonderzoek.

DMAA is een synthetische drug die door sommige sporters wordt gebruikt voor prestatieverbetering. DMAA heeft echter veel negatieve bijwerkingen, soms zelfs met dodelijke afloop. DMAA heeft eenzelfde werking als (nor)adrenaline en koppelt aan dezelfde receptoren, maar blijft daar langer aan gebonden.

Sporters gebruiken doping om verschillende effecten te bereiken, zoals:

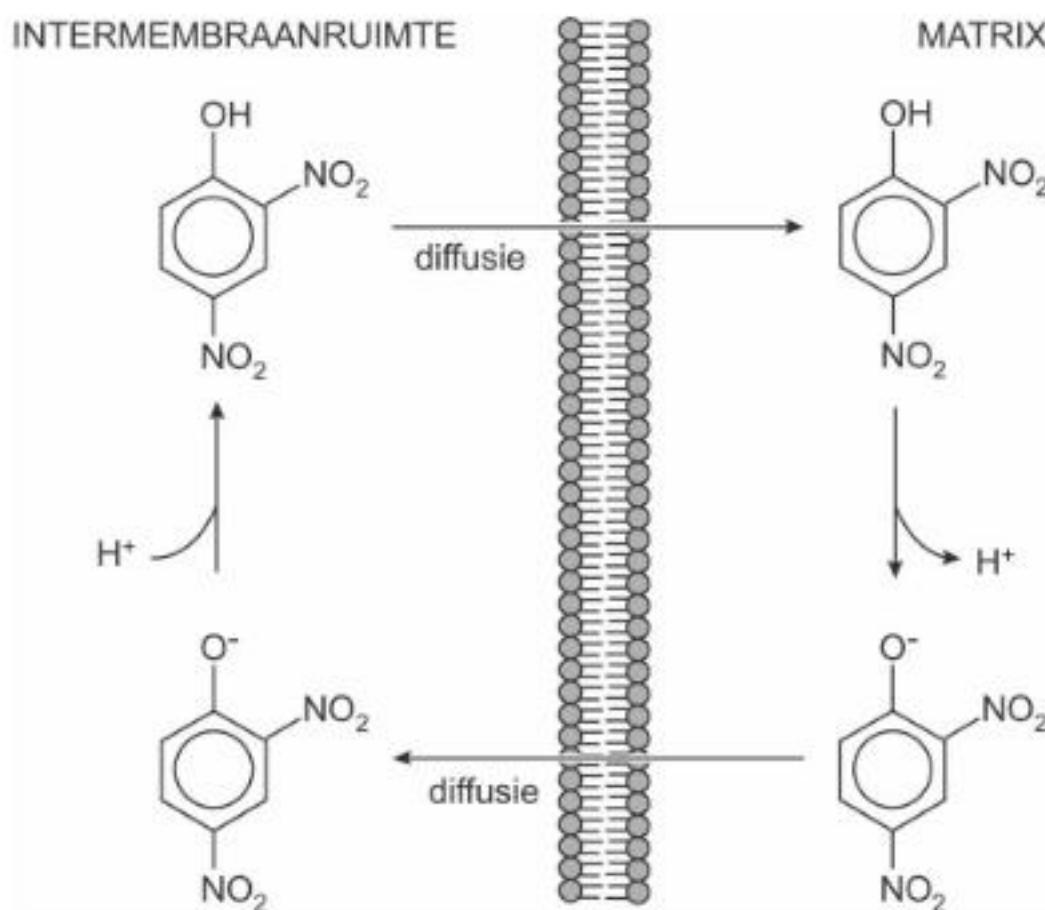
- 1 verwijding van de bronchiolen
- 2 vergroting van de alertheid
- 3 toename van de spiermassa

- 2p 36 Welk effect kan verwacht worden van het gebruik van DMAA?

- A alleen 1
- B alleen 2
- C alleen 3
- D zowel 1 als 2
- E zowel 1 als 3
- F zowel 2 als 3

Het meest verontrustend was de vondst van DNP in het rioolwater. Gebruik van DNP kan namelijk ernstige gevolgen hebben voor de sporter. Deze stof bindt H<sup>+</sup>-ionen in de intermembraanruimte, tussen de binnenmembraan en de buitenmembraan van de mitochondriën, en transporteert ze vervolgens door de binnenmembraan (afbeelding 2). Als gevolg hiervan wordt de synthese van ATP sterk verminderd.

**afbeelding 2**



- 2p **37** Leg uit hoe de ATP-opbrengst door het gebruik van DNP verlaagd wordt.

Sommige bodybuilders gebruiken DNP om hun hoeveelheid lichaamsvet te verminderen.

- 1p **38** Verklaar dat het gebruik van DNP leidt tot een afname van de hoeveelheid lichaamsvet.

Bij gebruik van DNP kan de lichaamstemperatuur oplopen tot boven 42 °C. Dit heeft geleid tot dodelijke slachtoffers.

- 2p **39**
  - Noteer een proces op molecuulniveau – veroorzaakt door de hoge temperatuur – dat schade aanricht.
  - Verklaar dat door deze schade processen in de cel minder goed verlopen.

 Je kunt dit examen nakijken met de uitwerkingen hierna óf online op mijnexamenbundel.nl. Je ziet dan je totaalscore en je score per onderwerp. Deze worden bewaard.



## Hints bij examen 2023-II

- 1 De witte vlek op de achtervleugel is bij twee ondersoorten verschillend in grootte.
- 2 De wetenschappelijke naam bestaat uit de geslachtsnaam en de soortnaam en heeft soms als derde naam de naam van de ondersoort.
- 3 In de contactzone overlappen de leefgebieden van de monarchvlinders en kunnen ze zich onderling voortplanten.
- 4 Wat zijn de allelencombinaties in de geslachtscellen van de vlinders als de allelen B en G niet gekoppeld zijn?
- 5 Gebruik Binas 76B2 of ScienceData 14.11.
- 6 De bacterie wordt via de eicel doorgegeven en is dodelijk voor mannelijke rupsen.
- 7 Welk type RNA wordt gebruikt voor translatie?
- 8 Gebruik Binas 84L of ScienceData 32.10.
- 9 Gebruik Binas 84O of ScienceData 19.6.
- 10 Is de stikstofbase groot of klein? Gebruik Binas 71C of ScienceData 16.3.
- 11 Wat is een eigenschap van tumorcellen?
- 12 Waaraan herkent het afweersysteem een lichaamsvreemde cel?
- 13 Gebruik Binas 84L of ScienceData 32.9.
- 14 Wat zijn de eigenschappen van planten die groeien in een pionierecosysteem?
- 15 Welke *Striga*-planten hebben de grootste overlevingskans?
- 16 Kan het organisme anorganische stoffen omzetten in organische stoffen?
- 17 Wat gebeurt er met een deel van de organische stoffen in een organisme?
- 18 Water beweegt van een hogere waterpotentiaal naar een lagere waterpotentiaal.
- 19 Het vaatweefsel vervoert water met anorganische stoffen vanaf de wortels.
- 20 De ABA-signalcascade leidt tot het sluiten van de huidmondjes.
- 21 *Striga* produceert zaden die wel tien jaar kiemkrachtig blijven.
- 22 Gebruik Binas 93G of ScienceData 34.5.
- 23 Bij een veldexperiment zijn er minimaal twee groepen, worden alle factoren gelijk gehouden behalve de te onderzoeken factor en worden de resultaten genoteerd.
- 24 *Striga*-zaden die voortijdig ontkiemen, kunnen geen gastheerplant parasiteren.
- 25 Introns zijn niet-coderende stukken DNA.
- 26 De longslagader vervoert zuurstofarm bloed. Gebruik Binas 84A of ScienceData 20.1.
- 27 Gebruik Binas 82E of ScienceData 22.7.
- 28 Door een bloedtransfusie wordt de puntmutatie in het DNA niet ongedaan gemaakt.
- 29 Hydroxycarbamide remt de productie van witte bloedcellen en bloedplaatjes en verhoogt de productie van foetaal hemoglobine.
- 30 Door voxelotor bindt hemoglobine zuurstof sneller.
- 31 Gebruik Binas 84L of ScienceData 32.9.
- 32 Gebruik Binas 71F of ScienceData 16.7.
- 33 –

- 34 Bij een controle-onderzoek is de onderzochte factor afwezig.
- 35 Bestudeer de resultaten van de metingen in afbeelding 1.
- 36 Gebruik Binas 89A of ScienceData 27.8.
- 37 Gebruik Binas 68D of ScienceData 13.9g.
- 38 Gebruik Binas 68E of ScienceData 13.9h.
- 39 Eiwitten (enzymen) regelen stofwisselingsprocessen in de cel.

## Uitwerkingen bij examen 2023-II

### Kleurpatroon van de kleine monarchvlinder

- 2p **1** 1 (allel) g  
2 (allel) At  
3 (allel) B  
[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]  
Als je, in plaats van de allelen, de bij de fenotypen horende genotypen juist noteert (1: gg 2: A<sup>T</sup>A<sup>t</sup> én A<sup>t</sup>A<sup>t</sup> 3: BB én Bb) krijg je in totaal 1 punt.  
1 *Vlinders met een grote zwarte vleugeltip op de voorvleugel hebben het genotype gg. Vlinders met genotype Gg hebben geen grote zwarte vleugeltip op de voorvleugel. Allel G is dominant voor het niet hebben van een zwarte vleugeltip. Allel g is recessief voor het hebben van een zwarte vleugeltip en komt alleen tot uiting als het genotype homozygoot is voor deze eigenschap (gg).*  
2 *Vlinders met een witte vlek op de achtervleugel hebben A<sup>t</sup>A<sup>t</sup> (grote witte vlek) of A<sup>T</sup>A<sup>t</sup> (kleine witte vlek) als genotype. Dit genotype is intermediair. Bij vlinders met A<sup>T</sup>A<sup>T</sup> ontbreekt de witte vlek op de achtervleugel. Hieruit kun je afleiden dat het allel A<sup>t</sup> het fenotype bepaalt.*  
3 *Vlinders met een donkere oranje kleur hebben het genotype BB of Bb. Vlinders met een lichte oranje kleur hebben het genotype bb. Het dominante allel B bepaalt de donkere oranje kleur.*
- 2p **2** **D** De *alcippus*-, *chrysippus*-, *dorippus*- en *orientis*-vlinders behoren niet tot een apart geslacht (genus) en niet tot een aparte soort.  
*De wetenschappelijke naam voor organismen bestaat uit twee delen: de geslachtsnaam en de soortnaam. Soms is er een derde naam: de naam van de ondersoort. Bij alle vlinders zijn de geslachtsnaam en de soortnaam gelijk. Ze behoren dus allemaal tot hetzelfde geslacht en dezelfde soort. Omdat de derde naam bij alle vlinders anders is, gaat het om verschillende ondersoorten.*
- 2p **3** 1 onjuist  
2 onjuist  
3 juist  
[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]  
1 *Bij reproductieve isolatie vindt er voor een lange tijd geen voortplanting plaats tussen individuen van één soort uit verschillende populaties. Door mutatie, natuurlijke selectie en andere evolutionaire factoren kunnen dan na verloop van tijd nieuwe soorten ontstaan. In de tekst staat dat de leefgebieden van de monarchvlinders in Oost-Afrika overlappen en dat de vlinders daar onderling voortplanten. Er is dus geen sprake van reproductieve isolatie.*  
2 *Bij allopatrische soortvorming zijn twee of meer populaties van één soort geografisch van elkaar gescheiden waardoor ze niet meer met elkaar voortplanten. Door mutatie, natuurlijke selectie en andere evolutionaire factoren kunnen dan na verloop van tijd nieuwe soorten ontstaan.*  
3 *Door gene flow worden allelen die in een populatie voorkomen overgedragen naar een populatie waarbij deze allelen niet voorkomen. De genenpool van beide populaties raakt vermengd. Dit voorkomt soortvorming.*

- 2p 4 E De kans dat een nakomeling van twee vlinders met de genotypen  $A^T A^t Bbgg$  en  $A^T A^t bbGg$  genotype  $A^T A^t BbGg$  heeft is  $1/8$ . Als de genen niet gekoppeld waren, zou deze kans even groot zijn.

Het kruisingsschema van vlinders met de genotypen  $A^T A^t Bbgg$  en  $A^T A^t bbGg$  is:

	$A^T Bg$	$A^t bg$	$A^t Bg$	$A^t bg$
$A^t bG$	$A^T A^T BbGg$	$A^T A^t bbGg$	$A^T A^t BbGg$	$A^T A^t bbGg$
$A^t bg$	$A^T A^T Bbgg$	$A^T A^t bbgg$	$A^T A^t Bbgg$	$A^T A^t bbgg$

Hieruit blijkt dat de kans op nakomelingen met het genotype  $A^T A^t BbGg$   $1/8$  (of  $12,5\%$ ) is. Als de genen *B* en *G* niet gekoppeld zouden zijn, blijven de allelencombinaties die kunnen voorkomen in de geslachtscellen van de vlinders die worden gekruist hetzelfde. Dan zou de kans op een nakomeling met  $A^T A^t BbGg$  even groot zijn.

- 1p 5 crossing-over

Bij crossing-over wisselen homologe chromosomen delen van chromatiden uit (zie Binas 76B2 of ScienceData 14.11). De koppeling van allelen kan hierdoor ongedaan worden gemaakt.

- 2p 6 1 niet

2 wel

3 niet

4 niet

[vier nummers juist: 2p; drie nummers juist: 1p; minder dan drie nummers juist: 0p]

- 1 Bij dit genotype kan *Wbg* afkomstig zijn van het vrouwtje, maar het niet-geïnfecteerde mannetje kan geen *ZbG* leveren (alleen *Zbg*).
- 2 *Wbg* is afkomstig van het vrouwtje. Het niet-geïnfecteerde mannetje kan *Zbg* leveren.
- 3 De mannelijke ouder kan wel *Zbg* leveren, maar het vrouwtje kan geen *Zbg* leveren (alleen *ZbG*). Dit genotype is dus niet mogelijk.
- 4 Bij dit mannelijke genotype kan *ZbG* afkomstig zijn van het vrouwtje en *Zbg* van het mannetje. Maar in cellen van de vrouwelijke vlinder is de bacterie aanwezig en die wordt via de eicel doorgegeven aan alle nakomelingen. Omdat de bacterie dodelijk is voor mannelijke rupsen, kan uit een bevruchte eicel met dit genotype geen volwassen vlinder ontstaan.

## Onderzoek naar medicijnen tegen ebola

- 2p 7 1 onjuist

2 juist

3 onjuist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

- 1 Het negatief-sense RNA (viraal RNA) wordt door het virale RNA-polymerase eerst omgezet in positief-sense RNA. Na splicing wordt dit als mRNA gebruikt voor de productie van virale eiwitten.
- 2 Nadat virale membraaneiwitten zijn ingebouwd in het membraan van de gastheercel wordt hieruit de virale envelop gevormd.
- 3 De translatie vindt plaats in het ruw endoplasmatisch reticulum. Hierop bevinden zich ribosomen die met behulp van mRNA eiwitten kunnen vormen. Ook ligt het endoplasmatisch reticulum tegen de celkern aan (zoals in de afbeelding). Op het golgisysteem komen geen ribosomen voor en het golgisysteem ligt niet tegen de celkern aan.

- 2p 8 F** De ebola-infectie verhindert de celkoppeling van een dendritische cel en een T-helpercel. Als gevolg hiervan worden zowel de cellulaire als de humorale respons geblokkeerd.  
*Volgens de afbeelding vindt er wel antigeenpresentatie plaats via het MHCII-molecuul en de T-cel-receptor, maar doordat de CD8-koppelings eiwitten ontbreken, kan er geen celkoppeling plaatsvinden. Hierdoor worden T-helpercellen niet geactiveerd en ontwikkelen deze cellen zich niet tot onder andere cytotoxische T-cellentypen die geïnfecteerde cellen opruimen. Ook worden er door T-helpercellen geen stoffen gemaakt die de ontwikkeling van B-cellentypen stimuleren. Hierdoor komt de verworven (of specifieke) afweer niet op gang.*
- 2p 9**
  - neemt af: (alleen) fibrinogeen [1p]
  - neemt toe: (alleen) stollingsfactor/tromboplastine [1p]*Bij beschadiging van een bloedvat wordt fibrinogeen na een keten van reacties omgezet in fibrinedraden. In fibrinedraden blijven bloedcellen hangen waardoor de wond wordt afgesloten. Wanneer er minder fibrinogeen aanwezig is in het bloedplasma, kan er niet voldoende fibrine worden gevormd om wonden af te sluiten, waardoor bloedingen ontstaan. Tromboplastine wordt door de weefsels van bloedvatwandelen afgegeven wanneer deze beschadigen door ontstekingen. Tromboplastine is een stollingsfactor die onder andere bloedplaatjes laat samenklonteren. Wanneer er meer tromboplastine wordt gevormd, zullen er meer bloedplaatjes samenklonteren en ontstaat er een stolsel.*
- 1p 10 adenine of A**  
*Zie Binas 71C of ScienceData 16.3. Het deel van het remdesivir-molecuul dat lijkt op een stikstofbase zit rechtsboven. Het bestaat uit een vijf-ring en een zes-ring. Daarmee lijkt dit deel van het molecuul op adenine en guanine. Adenine heeft net als dit deel een NH<sub>2</sub>-groep, terwijl guanine daar een O-atoom heeft.*
- 1p 11** De gefuseerde cel kan zich (blijven) delen / tumorcellen kunnen zich (blijven) delen / (volwassen) plasmacellen kunnen zich niet delen. Voor het antwoord: 'Plasmacellen hebben een beperkte levensduur', krijg je geen punt.  
*Door kunstmatige immunisatie wordt het verworven afweersysteem van een transgene muis geactiveerd en produceren de plasmacellen antistoffen. Een eigenschap van tumorcellen is dat ze zich ongeremd kunnen delen. Door de plasmacellen te laten fuseren met tumorcellen, blijven de cellen zich delen en worden er constant antistoffen geproduceerd.*
- 1p 12 C** Aan het verzwakte virus is het gen voor membraaneiwit (GP) toegevoegd. Witte bloedcellen kunnen onderscheid maken tussen lichaamseigen en lichaamsvreemde cellen door antigenen. Dat zijn vaak eiwitten die zich op celmembranen bevinden. De antigenen activeren het verworven afweersysteem, waardoor er antistoffen worden gemaakt.
- 2p 13**
  - 1 (alleen) mAb's
  - 2 (alleen) mAb's en remdesivir
  - 3 (alleen) vaccin

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

  - 1 mAb's zijn monoklonale antistoffen die aan een ebola-patiënt worden toegediend. De antistoffen worden niet door de patiënt zelf gemaakt.
  - 2 Bij een ebola-patiënt maken mAb's het virus onschadelijk door te binden aan de antigenen op het celmembraan van het virus. De virusremmer remdesivir voorkomt dat er mRNA kan worden gevormd. Hierdoor kunnen er geen nieuwe virale eiwitten en strengen negatief-sense RNA worden gesynthetiseerd voor de vorming van nieuwe virussen.
  - 3 Door het toedienen van een vaccin maakt een ebola-patiënt zelf antistoffen en geheugencellen aan. Bij een volgende besmetting met ebola worden de B-geheugencellen direct geactiveerd en ontwikkelen ze zich tot plasmacellen die antistoffen tegen het ebolavirus maken.

## Strijden tegen Striga

- 1p 14 Voorbeelden van een juist antwoord:
- grote hoeveelheid zaden
  - lange kiemkracht zaden
  - De plant groeit op akkers.
  - Ze behoren niet tot de climaxsoorten, omdat ze parasiteren op gastheren die dat ook niet zijn.
- 3p 15 • Er was genetische variatie in vereiste omstandigheden voor kieming (van *Striga*). [1p]  
• Zaden (van *Striga*) die (alleen) kiemen in aanwezigheid van strigolactonen treffen een gastheerplant (voor hun ontwikkeling) / die kiemen in afwezigheid van strigolactonen hebben geen gastheerplant (waardoor ze sterven / minder goed groeien). [1p]  
• Planten die ontkiemd zijn in aanwezigheid van strigolactonen geven de eigenschap door aan de volgende generatie / hebben een hogere fitness. [1p]
- Door mutaties en recombinatie is genetische variatie ontstaan bij *Striga*. Zaden van *Strigaplanten* die ontkiemen wanneer een gastheerplant strigolactonen afgeeft, hebben een grotere kans om te overleven en zich voort te planten (natuurlijke selectie). Zij geven deze eigenschap door aan hun nakomelingen.*
- 2p 16 A Geen van beide uitspraken is juist.  
*Bij de symbiose tussen mycorrhiza-schimmels en sorghum hebben beide soorten voordeel. Wanneer er alleen water en zouten worden uitgewisseld tussen beide soorten, heeft alleen sorghum daar voordeel van. Alleen autotrofe organismen (sorghum) kunnen anorganische stoffen omzetten in organische stoffen. Schimmels zijn heterotrofe organismen.*
- 1p 17 In *Striga* vindt dissimilatie plaats.  
*Een deel van de organische stoffen die de gastheerplant levert wordt gebruikt als brandstof voor dissimilatie. De energie die daarbij ontstaat is nodig voor celprocessen die leiden tot groei en ontwikkeling van *Striga*. Een ander deel wordt bij de voortgezette assimilatie omgezet in de organische stoffen waaruit de plant is opgebouwd.*
- 2p 18 • (Door openblijven van huidmondjes van *Striga*) vindt veel verdamping plaats / is de zuigkracht van de bladeren hoog / is de waterpotentiaal laag, [1p]  
• (waardoor) er voortdurend transport is van (water met) mineralen / anorganische stoffen (naar *Striga*). [1p]
- Oplossingen in levende cellen hebben een negatieve waterpotentiaal ten opzichte van zuiver water. Door verdamping van water uit de luchtholten van de huidmondjes verliezen de celwanden en cellen in de buurt van de huidmondjes water. Hierdoor wordt de waterpotentiaal van deze cellen negatiever. Water beweegt in plantencellen van een hogere waterpotentiaal naar een lagere waterpotentiaal en stroomt daardoor vanuit de houtvaten de cel in. Ook het watertekort in de celwanden wordt aangevuld vanuit de houtvaten. Hierdoor ontstaat er een onderdruk in de houtvaten, waardoor water wordt aangezogen vanuit de wortels en er een verdampingsstroom ontstaat die water en anorganische stoffen opwaarts transporteert.*
- 1p 19 houtvaten / xyleem / hout  
*De houtvaten vervoeren water met anorganische stoffen (zouten, bijvoorbeeld nitraat) vanaf de wortels via de stengels naar de bladeren (opwaarts). Deze sapstroom wordt ook wel de anorganische sapstroom genoemd.*

- 2p 20 B** De mutatie heeft tot gevolg dat het PP2C-gen niet bindt aan ABA-PYL en daardoor blijven de sluitcellen van de huidmondjes turgescernt.

Een signaalcascade is een opeenvolging van chemische reacties in een cel of in het extracellulaire milieu als reactie op een stimulus. Omdat het eiwit PP2C niet bindt aan het receptor-complex ABA-PYL wordt de signaalcascade bij *Striga* niet afgerond en behouden de huidmondjes hun turgor. Hierdoor blijven ze open. Het openen en sluiten van de huidmondjes gebeurt door vormverandering van de sluitcellen. Bij afname van de turgor door watertekort (plasmolyse) sluiten de sluitcellen, waardoor de plant minder vocht verliest. Bij turgescernte cellen (maximale turgor) zorgen de sluitcellen ervoor dat de huidmondjes open staan.

- 2p 21** Voorbeelden van juiste redenen:

- *Striga* heeft al schadelijke effecten als hij nog onder de grond leeft.
- De zaden van *Striga* blijven lange tijd kiemkrachtig.
- De ondergrondse delen kunnen overleven op de wortel van de gastheer.

[per juiste reden 1p, max. 2p]

- 1p 22** Vlinderbloemigen leggen stikstofverbindingen vast die door sorghum worden opgenomen. (Hiervoor moeten de planten eerst zijn ondergeploegd en door reducenten worden afgebroken.)

De meeste vlinderbloemigen leven in mutualistische symbiose met stikstofbindende bacteriën. Vlinderbloemigen zijn daardoor een stikstofbron. Wanneer vlinderbloemige planten worden ondergeploegd, worden de eiwitten in het dode organische materiaal door reducenten afgebroken tot ammonium ( $NH_4^+$ ) en door nitrificerende bacteriën eerst omgezet in nitriet ( $NO_2^-$ ) en dan in nitraat ( $NO_3^-$ ). Nitraat kan door de wortels van sorghum worden opgenomen. De stikstof uit nitraat wordt door sorghum gebruikt om bij de voortgezette assimilatie eiwitten te vormen. Door een toename van nitraat is de opbrengst van sorghum hoger.

- 2p 23** In de opzet van het veldexperiment zijn de volgende aspecten omschreven:

- Twee groepen van meerdere akkers / stukjes land / proefvlakken: een groep waar (jaarlijks) vlinderbloemigen worden gezaaid (tussen sorghum); een groep waar dat niet gedaan wordt (de overige omstandigheden worden zoveel mogelijk gelijk gehouden). [1p]
- De hoeveelheid droge/organische stof / biomassa (per oppervlakte-eenheid) van sorghum wordt bepaald / de geoogste sorghum wordt gedroogd en gewogen. [1p] Je hoeft bij de beschreven meting geen rekening te houden met de ondergrondse biomassa of met de asfractie.

De onderzoekers willen door middel van een veldexperiment bepalen in hoeverre het jaarlijks zaaien van vlinderbloemigen de netto primaire productie van sorghum beïnvloedt. Daarom worden op een akker (of proefvlak) vlinderbloemigen gezaaid tussen sorghum en op de andere akker niet. Alle omstandigheden zijn verder gelijk. Na de oogst wordt per akker de biomassa (gewicht – water = alle organische stoffen) van de sorghum bepaald en worden de resultaten vergeleken.

- 2p 24** 1 (strategie) P

2 (strategie) Q

3 (strategie) Q

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

1 *Striga*-infectie vindt vooral plaats op voedselarme gronden. Hoe armer de grond aan fosfaat, hoe meer strigolactonen worden geproduceerd. Door fosfaat-houdende meststoffen op het land te brengen, zal de ontkieming van *Striga* worden geremd, omdat er weinig strigolactonen worden geproduceerd.

2 Door gewassen in te zaaien die zelf niet geïnfecteerd worden maar die kieming van *Striga*-zaden stimuleren, ontkiemen de *Striga*-zaden voortijdig. Er blijven dan minder

*zaden over die ontkiemen als er gewassen worden ingezaaid die wel geïnfecteerd kunnen worden. Hierdoor raken minder van deze planten geïnfecteerd.*

**3** *Door stoffen in de grond te brengen die dezelfde werking hebben als strigolactonen, ontkiemen de Striga-zaden voortijdig. Er blijven minder zaden over die ontkiemen als er gewassen worden ingezaaid die geïnfecteerd kunnen worden. Hierdoor raken minder van deze planten geïnfecteerd.*

### Nieuwe behandelmethodes voor sikkcelanemie

- 2p **25** 1 onjuist  
2 onjuist  
3 juist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

- Introns zijn niet-coderende stukken DNA. Na transcriptie worden die uit het pre-mRNA geknipt (splicing). De overgebleven exons vormen het mRNA waarmee ribosomen de eiwitten voor hemoglobine maken. De mutatie heeft dus plaatsgevonden in een exon.*
- De mutatie is een substitutie: A is vervangen door T. Hierdoor codeert het triplet waarin de mutatie heeft plaatsgevonden voor een ander aminozuur. Het leesraam verschift niet. Dat gebeurt alleen wanneer een extra nucleotide wordt toegevoegd aan het DNA (insertie) of een nucleotide wordt verwijderd (deletie).*
- De primaire structuur van de β-globineketens wordt bepaald door de volgorde van de aminozuren in de keten. Doordat een aminozuur is vervangen door een ander aminozuur is de aminozuurvolgorde van de primaire keten veranderd.*

- 2p **26** **D** Deze blokkade vindt plaats in slagaderjes. De rechterhartkamer wordt wijder door de hoge bloeddruk in de longen.

*In het bloed dat naar de longen toe stroomt is de zuurstofspanning laag. Het bloed stroomt naar de longen toe via slagaderjes. Door vaatverstopping en een hoge bloeddruk in de slagaderjes kan niet al het bloed uit de rechterkamer in de slagaderjes worden gepompt. De toevoer van bloed naar de rechterkamer blijft hetzelfde. Hierdoor komt er meer bloed in de rechterkamer en zal deze wijder worden.*

- 2p **27** Uit het antwoord moet blijken dat:

- (geen/minder gal in de twaalfvingerige darm terechtkomt waardoor) emulgatie (van vetten door gal) niet/minder plaatsvindt, [1p]
- (waardoor) minder afbraak van vetten plaatsvindt (door lipase) / minder vetvertering plaatsvindt. [1p]

Als je hebt geantwoord dat de afvoer van alvleessap wordt verhinderd waardoor de vertering van voedingsstoffen minder plaatsvindt, krijg je het tweede scorepunt.

*Door een verstopping van de galbuis kan geen gal worden afgegeven aan de voedselbij in de twaalfvingerige darm. Gal emulgeert vetten. Doordat dat niet gebeurt kan het enzym lipase uit alvleessap minder goed vetten verteren. De afvoergangen van de galblaas en de alvleesklier komen samen en monden als één afvoergang uit in de twaalfvingerige darm. Hierdoor kunnen galstenen ook de afvoergang van de alvleesklier afsluiten, waardoor alvleessap niet kan worden afgevoerd naar de voedselbij en de enzymen geen voedingsstoffen kunnen verteren.*

- 2p **28** **B** Alleen uitspraak 1 is juist. De bloedtransfusie gaat tijdelijk een tekort aan rode bloedcellen tegen.

*Bij een bloedtransfusie ontvangt iemand met sikkcelanemie bloed met gezonde rode bloedcellen van een donor. Doordat rode bloedcellen na enige tijd afsterven en iemand met sikkcelanemie afwijkende β-globineketens blijft aanmaken, zal het aandeel sikkcelen in de weken na een bloedtransfusie geleidelijk toenemen.*

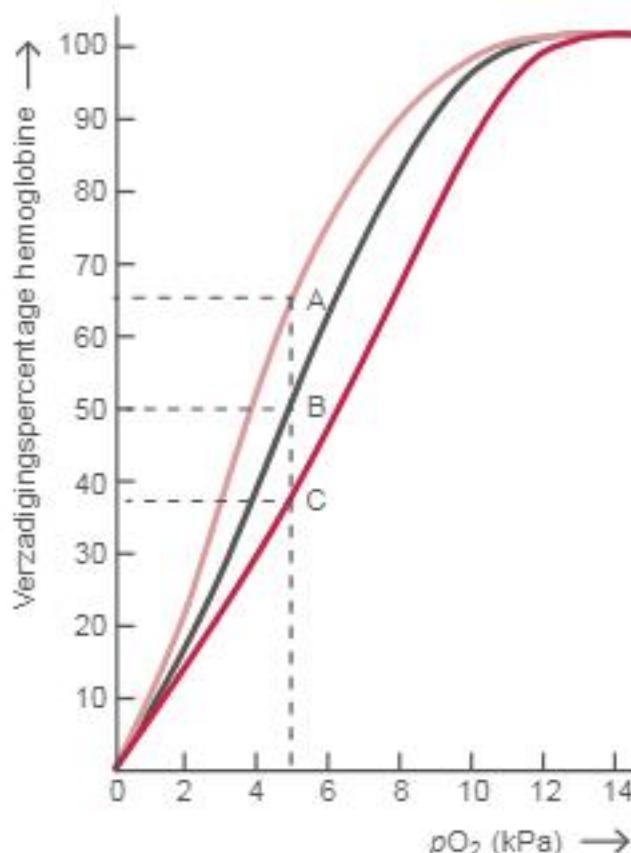
- 2p 29** 1 juist  
2 juist  
3 juist

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

- 1 Hydroxycarbamide remt de productie van witte bloedcellen en bloedplaatjes en verhoogt de productie van foetaal hemoglobine. Bloedcellen en bloedplaatjes ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg.
- 2 Door gebruik van hydroxycarbamide treedt minder sikkcelvorming op, omdat er meer foetaal bloed wordt aangemaakt. Hemoglobine in foetale rode bloedcellen heeft twee  $\gamma$ -globineketens in plaats van  $\beta$ -globineketens.
- 3 Bij mensen met sikkcelanemie is er een verhoogde activiteit van witte bloedcellen en worden er bloedplaatjes geactiveerd. Daardoor ontstaan ontstekingsreacties in het endotheel van de bloedvaten. Hydroxycarbamide remt de productie van witte bloedcellen en bloedplaatjes, waardoor de kans op het ontstaan van ontstekingsreacties afneemt.

- 2p 30 B** De zuurstofverzadigingscurve van hemoglobine is dan naar links verschoven en in actieve weefsels wordt dan bij een gelijke zuurstofspanning minder zuurstof afgegeven.

Door voxelator wordt de affiniteit van hemoglobine voor zuurstof groter. Zuurstof wordt dan sneller gebonden. De zuurstofverzadigingscurve verschuift dan naar links (zie Binas 83D of ScienceData 19.8). Als de curve naar links verschuift neemt de zuurstofverzadiging bij gelijke  $pO_2$  toe van 50% (B) naar 65% (A) (zie de afbeelding). Als de affiniteit van hemoglobine voor zuurstof is toegenomen, zal zuurstof bij een gelijke zuurstofspanning minder snel worden afgegeven in actieve weefsels.



- 3p 31**
- Bij een specifieke afweerreactie tegen beenmergcellen zijn Tc-cellen (cytotoxische T-cellen) betrokken. [1p]
  - Tc-cellen herkennen de beenmergcel doordat de T-cel-receptor bindt met een MHC(I)-molecuul (antigeen) van de beenmergcel. [1p]
  - De beenmergcel lyseert / raakt lek / loopt leeg / sterft / ondergaat apoptose. [1p]
- Na activatie van T-lymfocyten ontstaan twee typen dochtercellen: T-helpercellen en cytotoxische T-cellen. Een cytotoxische T-cel bindt met de receptor op zijn celmembraan aan het antigeen van de beenmergcel. Deze wordt vervolgens vernietigd doordat de cytotoxische T-cel stoffen afgeeft (zie Binas 84L of ScienceData 32.9).

- 2p 32 D** Deel P is een enhancer (versterker) en BCL11A is een transcriptiefactor. Enhancers zijn specifieke sequenties in het DNA die de transcriptie reguleren. Na binding van transcriptiefactoren aan de enhancer buigt het DNA. De transcriptiefactoren die binden aan enhancers noem je activatoreiwitten of activators (zie Binas 71F of ScienceData 16.7). Wanneer het DNA buigt kunnen ook andere transcriptiefactoren binden en vormen ze samen met de enhancer, activators en promotor een complex waar RNA-polymerase aan kan binden om de transcriptie te beginnen. Dit enzym bindt vrije nucleotiden uit het kernplasma door complementaire basenparing aan de DNA-nucleotiden van de templatestreng om pre-mRNA te vormen. De promotor ligt voor een gen en is de sequentie in het DNA waar RNA-polymerase kan starten met de transcriptie als alle transcriptiefactoren zijn gebonden. Door transcriptie van het BCL11A-gen en translatie van het mRNA wordt de transcriptiefactor BCL11A gevormd. Vóór de genetische modificatie wordt veel BCL11A gevormd. Dat maakt de transcriptie van β-globine mogelijk doordat de enhancer LCR dan met behulp van transcriptiefactoren bindt aan de promotor van het gen voor β-globine. Ná de genetische modificatie wordt er weinig BCL11A gevormd. LCR bindt dan met behulp van transcriptiefactoren aan de promotor van het gen voor γ-globine.

- 1p 33 B** De biologische term voor het uitschakelen van een gen met behulp van genetische technieken is knock-out. Apoptose is geprogrammeerde celdood: een cel laat zichzelf afsterven. Bij methylering binden methylgroepen aan de stikstofbasen in het DNA en dat beïnvloedt de genexpressie. Recombinant DNA is ontstaan door genetische modificatie. In het DNA van een organisme is DNA ingebracht dat afkomstig is van een ander individu.

### Doping in rioolwater

- 2p 34** Voorbeelden van een juist antwoord:
- In het tweede weekend zijn de sporters weer naar huis, verder is dan alles ongeveer hetzelfde.
  - Hoewel er doordeweeks ook geen evenement is, zijn de omstandigheden anders dan in het weekend.
- Uit het antwoord moet blijken dat:
- er in het tweede weekend geen (bodybuilding-)evenement is, [1p]
  - de overige omstandigheden dan (ongeveer) gelijk zijn / doordeweeks anders zijn. [1p]
- Met de controle kun je bepalen of de resultaten die je hebt waargenomen het gevolg zijn van wat je hebt onderzocht, of dat ze het gevolg zijn van andere factoren. Bij een controle zijn alle omstandigheden hetzelfde als tijdens het onderzoek. Alleen de onderzochte factor is dan afwezig. De beste optie voor stad Q is om het weekend waarin een tweedaags bodybuildingevenement voor amateurs plaatsvond, te vergelijken met het volgende weekend zonder een evenement. Op doordeweekse dagen zijn de omstandigheden anders dan in het weekend. Mensen gaan dan bijvoorbeeld niet zo vaak uit en gebruiken dan bijvoorbeeld minder drugs.

- 2p 35**
- 1 niet
  - 2 wel
  - 3 wel

[drie nummers juist: 2p; twee nummers juist: 1p; minder dan twee nummers juist: 0p]

1 Het is niet met zekerheid te zeggen dat de geteste middelen tijdens het atletiekevenement in stad P worden gebruikt door professionele atleten. Wanneer de concentratie van een middel in het rioolwater is toegenomen, zegt dat niets over wie het middel heeft gebruikt. Uit afbeelding 1 blijkt ook dat de concentraties van de meeste middelen in het rioolwater van stad P in het volgende weekend ongeveer hetzelfde zijn. Alleen van norefedrine is de concentratie in het weekend van het atletiekevenement duidelijk hoger.

- 2 Uit afbeelding 1 blijkt dat de gemiddelde concentratie van alle geteste middelen in het rioolwater van stad P vrijwel altijd hoger is dan in het rioolwater van plaats R. Je kunt hieruit de conclusie trekken dat het drugsgebruik in stad P per inwoner gemiddeld groter is dan in stad R.
- 3 Normaal is de concentratie DNP in het rioolwater van stad Q ongeveer 5 mg per dag per 1000 inwoners. Tijdens het eendaagse bodybuildingevenement voor amateurs is het ongeveer 165 mg per dag per 1000 inwoners. Dat is meer dan 20 keer ( $\frac{165}{5} = 33$ ) zo hoog als normaal.

- 2p 36 D** Door het gebruik van DMAA zullen de bronchiolen verwijden en neemt de alertheid toe.  
De werking van DMMA is vergelijkbaar met de werking van (nor)adrenaline. DMAA stimuleert het orthosympatische zenuwstelsel (zie Binas 89A of ScienceData 27.8). De spiermassa neemt toe onder invloed van middelen waarvan de werking overeenkomt met die van testosteron
- 2p 37** • H<sup>+</sup>-ionen (met DNP) lekken weg (uit de intermembraanruimte) / De H<sup>+</sup>-gradiënt (van intermembraanruimte naar matrix) wordt minder groot / De H<sup>+</sup>-concentratie in de intermembraanruimte neemt af, [1p]  
• (waardoor) er minder transport van H<sup>+</sup>-ionen via ATP-synth(et)ase plaatsvindt (en er dus minder ATP gevormd wordt). [1p]  
Bij de oxidatieve fosforylering worden energierijke elektronen van NADH<sub>H<sup>+</sup></sub> en FADH<sub>2</sub> in een keten van reacties doorgegeven aan verschillende elektronenacceptoren die achter elkaar liggen in het binnennemraan van de mitochondriën (de elektronentransportketen, zie Binas 68D of ScienceData 13.9g).  
Bij elke overdracht wordt een beetje van de energie van de elektronen gebruikt om actief H<sup>+</sup>-ionen door het binnennemraan van een mitochondrium naar de vloeistof in het intermembraan te transporteren. Er ontstaat dan een grote concentratie van waterstofionen in het intermembraan. De waterstofionen gaan door het concentratieverschil vanuit het intermembraan door het binnennemraan naar de matrix. Het enzym ATP-synth(et)ase in het binnennemraan gebruikt deze verplaatsing van waterstofionen om ATP te vormen uit ADP en P<sub>i</sub>. Wanneer er minder H<sup>+</sup>-ionen in het intermembraan terechtkomen, kan ATP-synth(et)ase minder ATP vormen.
- 1p 38** Om de lagere ATP-opbrengst te compenseren neemt de (aerobe) dissimilatie (verbranding) toe. Vet dient dan als brandstof.  
Vetten worden gesplitst in glycerol en vetzuren. Glycerol wordt omgezet in pyrodruienvuur en aeroob gedissimileerd. Van de vetzuren worden steeds moleculen afgesplitst met twee C-atomen. Die worden omgezet in acetyl-CoA dat in de citroenzuurcyclus kan worden gedissimileerd (zie Binas 68E of ScienceData 13.9h).

- 2p 39** Processen op molecuulniveau:  
– denaturatie / vervorming (structuur van) eiwitten  
– vorming van zuurstofradicalen  
Voorbeelden van een juiste verklaring:  
– Enzymen werken niet.  
– Eiwitten verliezen hun functie.  
– Reacties in de cel verlopen minder goed.  
– Het DNA raakt beschadigd door de zuurstofradicalen.  
• voor een juist proces op molecuulniveau [1p]  
• voor een daarbij passende juiste verklaring [1p]  
Bij hoge temperatuur gaan enzymen (eiwitten) denatureren. Het actieve centrum vervormt, waardoor chemische reacties minder goed of niet verlopen. Hierdoor verlopen processen in de cellen minder goed of niet. Dit kan voor celschade zorgen. Zuurstofradicalen ontstaan wanneer zuurstof een extra elektron opneemt. Zuurstofradicalen kunnen alle delen van een cel (waaronder het DNA) beschadigen.

Deel 2b

## Examen 2024-I

Oefenen met het examen van 2024-I.



**Bronvermelding**

*Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift op [mijnexamenbundel.nl](http://mijnexamenbundel.nl).*

## Examen 2024-I

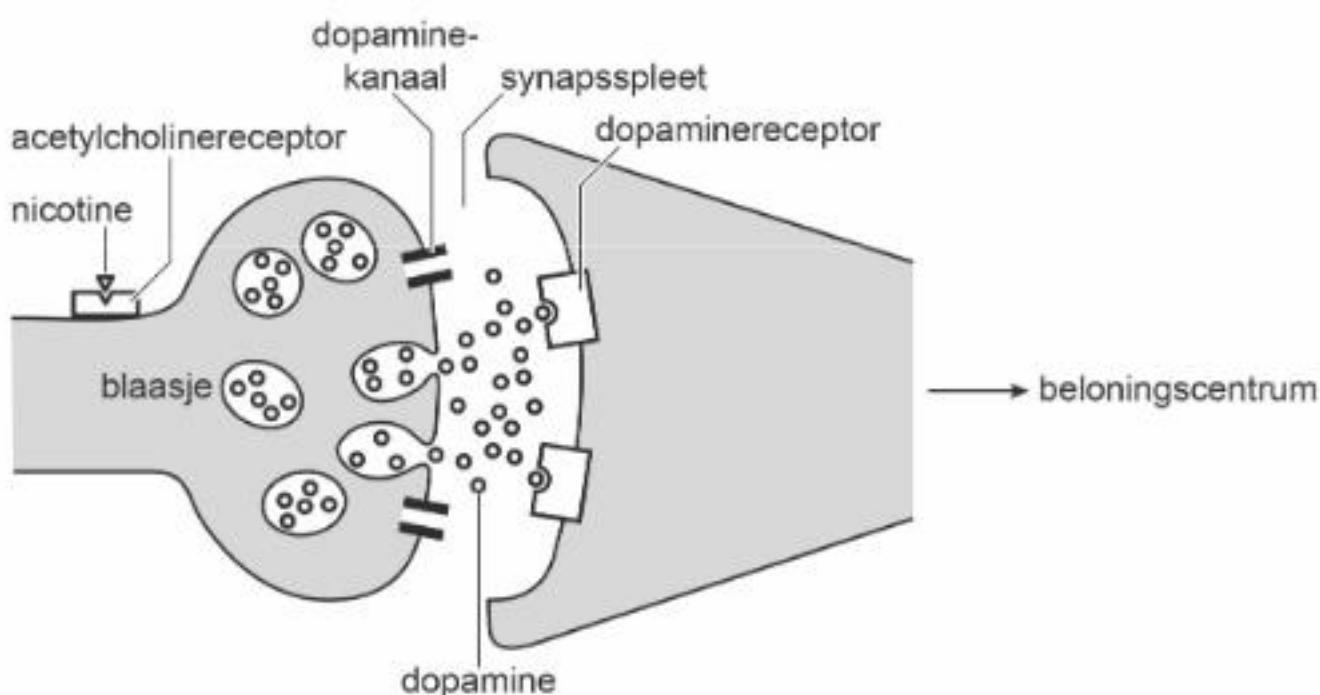
Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties en gezonde organismen.

### Nicotine tijdens de vroege embryonale ontwikkeling

Het is al lang bekend dat roken tijdens de zwangerschap kan leiden tot een miskraam, een laag geboortegewicht, vroeggeboorte en nadelige gezondheidseffecten bij de baby. Amerikaanse wetenschappers van de Stanford University School of Medicine hebben een model ontwikkeld om te onderzoeken hoe nicotine een embryo beïnvloedt.

Nicotine is een gifstof met verslavende en verdovende effecten. In het beloningscentrum van de grote hersenen bindt nicotine aan acetylcholinereceptoren die zich bevinden op de axonen van dopamineproducerende neuronen. Zowel na binding van acetylcholine als na binding van nicotine, neemt de dopamine-afgifte in de synaps toe, waardoor het beloningscentrum actiever wordt. Dopamine wordt heropgenomen in het presynaptisch neuron (afbeelding 1).

**afbeelding 1**



Over afbeelding 1 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Nicotine is een antagonist van acetylcholine.
- 2 Dopamine komt via endocytose in de synapsspleet terecht.
- 3 Heropname van dopamine vindt plaats door dopaminereceptoren.

- 2p 1 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Nicotine wordt niet afgebroken door acetylcholinesterase, dat in de weefselvloeistof aanwezig is.

- 3p 2 Leg uit dat in aanwezigheid van nicotine het beloningscentrum meer geactiveerd wordt dan in aanwezigheid van acetylcholine.

De gifstof nicotine wordt gemaakt door planten van de familie Solanaceae. In deze familie worden de grootste hoeveelheden nicotine geproduceerd door de planten van het geslacht *Nicotiana*.

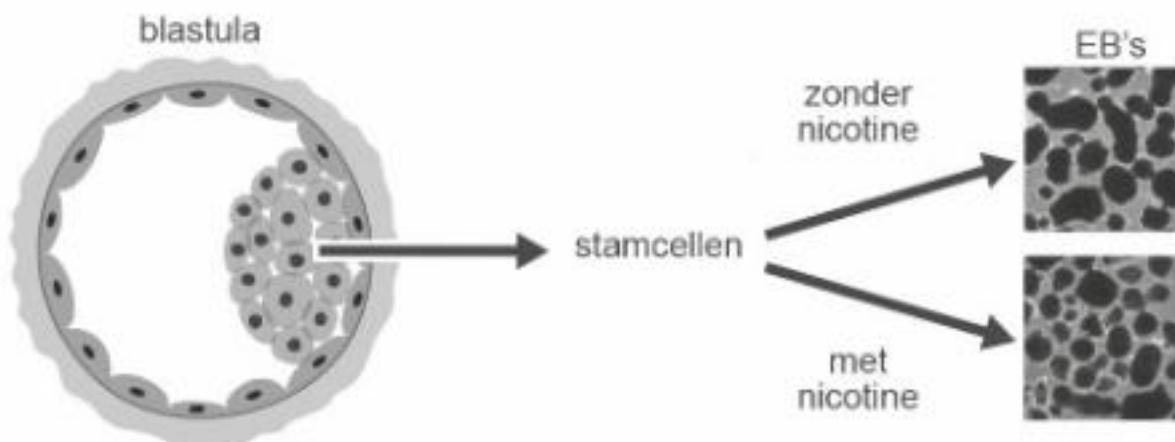
- 1p 3 Noteer wat de functie is van de aanmaak van nicotine door planten.

*Nicotiana*-soorten die gebruikt worden voor de productie van tabak hebben hogere gehalten aan nicotine dan wilde tabaksplanten. Dit komt door een bepaald proces waarbij door middel van kruisingen en selectie een hogere aanmaak van nicotine in deze productiesoorten is verkregen.

- 1p 4 Noteer de naam van dit proces.

De Amerikaanse wetenschappers wilden onderzoeken hoe nicotine de verschillende celtypen in een embryo beïnvloedt. Onderzoek doen aan menselijke embryo's is in veel landen niet toegestaan of mag alleen onder zeer strikte voorwaarden. Daarom gebruikten de wetenschappers stamcellen afkomstig uit een menselijk embryo van vijf dagen oud (blastula). Een kweek van deze stamcellen vormt spontaan bolletjes die 'embryoid bodies' (EB's) worden genoemd. Om het effect van nicotine op de ontwikkeling van deze stamcellen te onderzoeken, voegden de wetenschappers nicotine toe aan het kweekmedium. De opzet van het onderzoek is in afbeelding 2 weergegeven.

### afbeelding 2



Stamcellen hebben een bepaalde potentie.

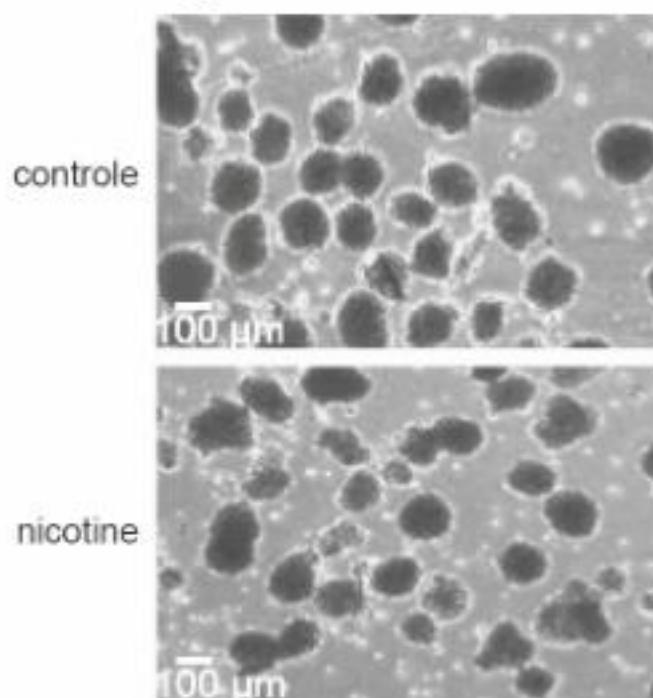
- 2p 5 Welke potentie hebben de stamcellen bij de start van het onderzoek? En welke potentie hebben ze na 21 dagen ontwikkeling?

	start onderzoek	na 21 dagen
A	multipotent	pluripotent
B	multipotent	totipotent
C	pluripotent	multipotent
D	pluripotent	totipotent
E	totipotent	multipotent
F	totipotent	pluripotent

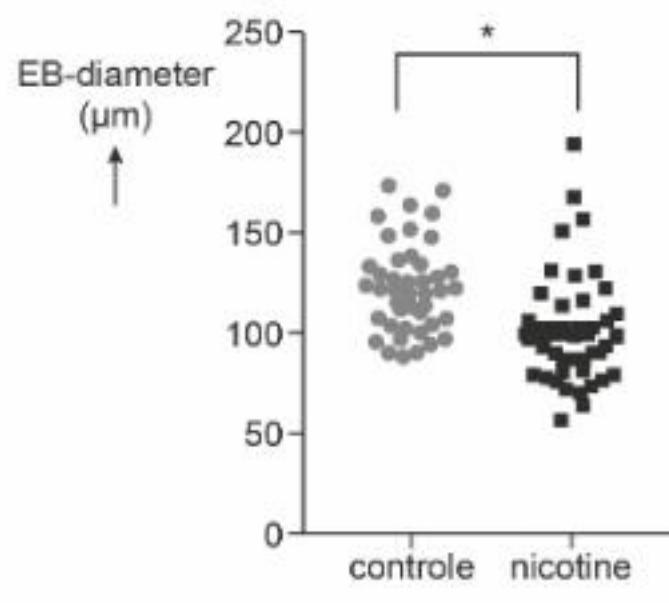
De concentratie nicotine van het kweekmedium was gelijk aan de gemiddelde concentratie in het bloed van embryo's waarvan de moeder rookt. Na 21 dagen incubatie werd de diameter van de EB's bepaald. De diameter is een maat voor het aantal cellen in de EB's.

Afbeelding 3 toont een microscopisch beeld van EB's die aan nicotine zijn blootgesteld en van controle-EB's. De EB's zijn als donkere vlekken zichtbaar. In afbeelding 4 zijn de metingen van de diameter van de EB's in de twee groepen weergegeven.

**afbeelding 3**



**afbeelding 4**



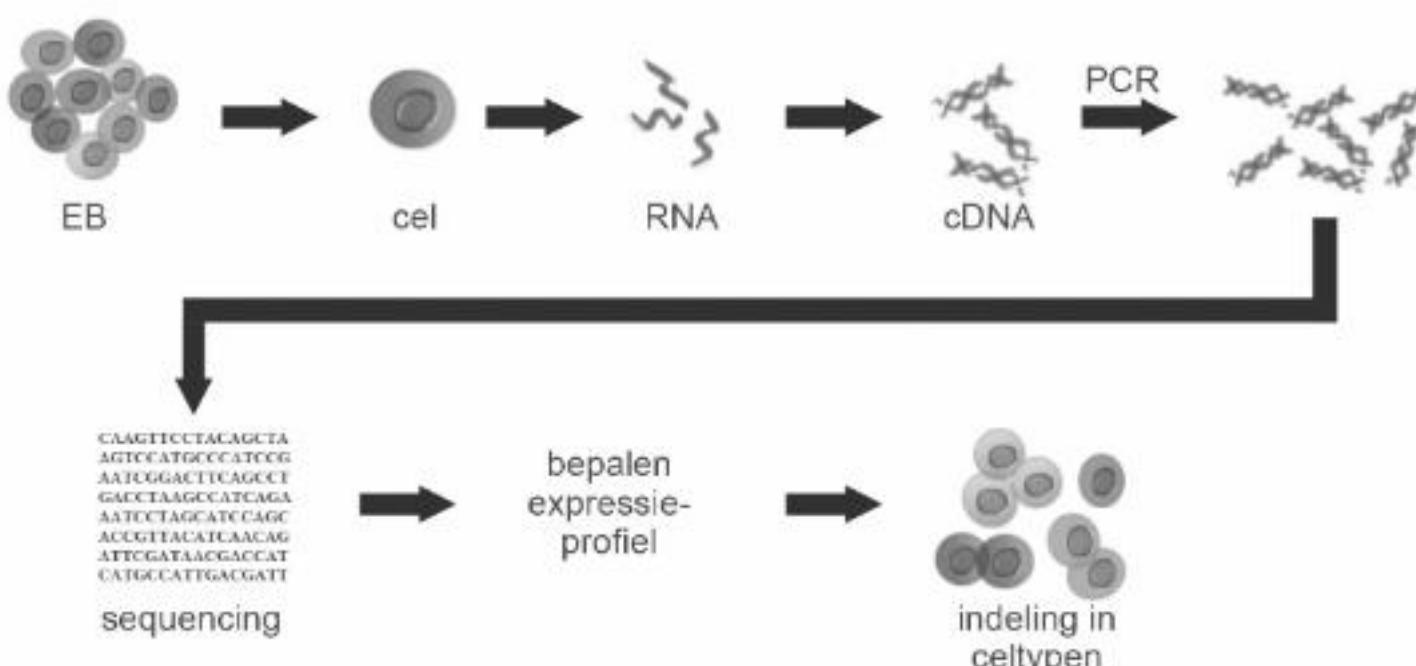
\* significant verschil in  
gemiddelde diameter

Over het resultaat worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Het aantal cellen in een controle-EB is gemiddeld groter dan in een EB die aan nicotine is blootgesteld.
  - 2 Het verschil in gemiddelde diameter tussen de twee groepen EB's berust op toeval.
- 2p 6 Welke uitspraak wordt ondersteund door de gegevens?
- A geen van beide
  - B alleen 1
  - C alleen 2
  - D zowel 1 als 2

De onderzoekers hebben ook het effect van nicotine op de genexpressie van de EB's onderzocht. Om de verschillen in expressie tussen verschillende celtypen te onderzoeken, werd de genexpressie van afzonderlijke cellen bepaald.

Om de genexpressie te bepalen werd – op basis van al het RNA – cDNA gemaakt, dat vervolgens werd vermenigvuldigd met de PCR-techniek. Aan de hand van de gevonden genexpressie werd een expressieprofiel opgesteld waarmee de cellen konden worden ingedeeld in verschillende celtypen. Afbeelding 5 toont de stappen van dit deel van het onderzoek.

**afbeelding 5**

Over de stappen in afbeelding 5 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Om cDNA te maken, zijn andere enzymen nodig dan bij de PCR.
  - 2 Om cDNA te maken, zijn andere nucleotiden nodig dan bij de PCR.
  - 3 Bij de PCR in dit onderzoek wordt in totaal één kenmerkend gen vermenigvuldigd.
- 2p 7 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

In de tabel hieronder zijn twee celtypen genoemd waarvan de genexpressie was veranderd door nicotine, met het bijbehorend effect op de embryonale ontwikkeling.

	<b>celtype</b>	<b>effect van nicotine</b>
1	epitheelcellen	toename van celdeling
2	endotheelcellen	verminderde vorming van haarvaten

Kinderen van wie de moeder rookte tijdens de zwangerschap, hebben op latere leeftijd een grotere kans op longproblemen.

- 2p 8 Schrijf de nummers 1 en 2 onder elkaar en licht voor elk celtype uit de tabel toe hoe het betreffende effect van nicotine kan leiden tot problemen bij de gaswisseling op latere leeftijd. Doe dit aan de hand van een factor uit de wet van Fick.

Het is niet ideaal om EB's te gebruiken als een model om de gevolgen van nicotinegebruik tijdens de zwangerschap op de ontwikkeling van het embryo te onderzoeken. Een voorbeeld van een tekortkoming is dat een EB geen echt embryo is en effecten voor de latere periode van de zwangerschap dus niet bestudeerd kunnen worden.

- 1p 9 Noteer een andere tekortkoming van EB's als model in het onderzoek naar effecten van nicotine op de embryonale ontwikkeling.

## Spitsbergenrendier verandert zijn dieet

Door klimaatverandering wordt de vegetatie in arctische gebieden 's winters steeds vaker door een ijslaag bedekt. De Noorse bioloog Brage Bremset Hansen en zijn collega's hebben aangetoond dat het dieet van Spitsbergenrendieren dan verandert. Dit veroorzaakt een verandering in de nutriëntenkringloop in het ecosysteem.

Rendieren komen voor op de toendra's in het gebied rondom de Noordpool. Het Spitsbergenrendier (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) is de kleinste van de zeven ondersoorten en komt alleen voor op Spitsbergen, een eilandengroep in de Noordelijke IJszee (afbeelding 1). Het Spitsbergenrendier heeft korte poten, een relatief kleine, ronde kop en een dikke vacht (afbeelding 2).

**afbeelding 1**



**afbeelding 2**



Spitsbergenrendieren eten grassen, mossen en dwergstruikjes. In de zomerperiode slaan ze overtollige energie uit het voedsel op in een dikke vetlaag. Om in de winter bij hun voedsel te komen, schrapen ze sneeuw weg met hun hoeven.

Een aantal aanpassingen maakten deze ondersoort geschikt om te overleven in de kou op Spitsbergen. Zo hebben ze een dikke vacht, waardoor ze minder energie verbruiken om warm te blijven, en door hun korte poten is hun oppervlakte-inhoudsverhouding gunstig.

- 2p 10 – Licht toe hoe kortere poten de oppervlakte-inhoudsverhouding beïnvloeden.  
– Licht toe hoe dit leidt tot een lager energieverbruik.

De poten van het Spitsbergenrendier zijn kort, maar ook de rest van zijn lichaam is klein vergeleken met ondersoorten die op andere plaatsen leven. Een mogelijke verklaring hiervoor is de afwezigheid van predatoren zoals de wolf. Kleinere dieren vallen daardoor niet vaker ten prooi aan wolven dan grotere exemplaren. Selectiedruk door andere factoren leidde tot de kleine ondersoort op Spitsbergen.

- 3p 11 Leg uit hoe op Spitsbergen een ondersoort kon ontstaan die kleiner is dan andere ondersoorten.

Onderzoekers hebben geconstateerd dat temperatuurstijging als gevolg van klimaatverandering in de arctische gebieden een hogere productiviteit van de vegetatie veroorzaakt.

Een aantal effecten van temperatuurstijging zijn:

- 1 De dissimilatie door plantencellen neemt toe.
- 2 De periode waarin reducenten in de bodem actief zijn, wordt langer.
- 3 De stikstofassimilatie verloopt sneller.

- 2p 12 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de netto primaire productie **wel** of **niet** zal toenemen door het betreffende effect.

De populatiegrootte van sommige soorten herbivoren neemt toe door een hogere productiviteit van de vegetatie.

- 1p 13 Verklaar waardoor de populatiegrootte van andere soorten herbivoren juist kan afnemen.

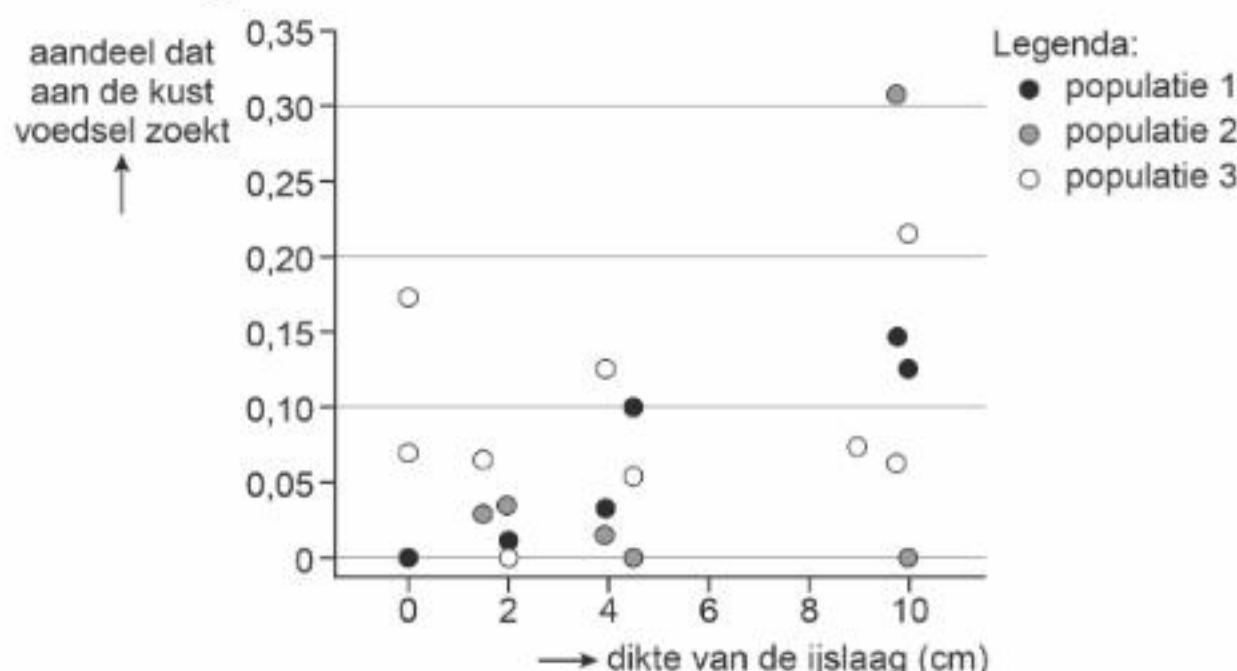
In de winter is de vegetatie op Spitsbergen bedekt met sneeuw. Wanneer er regen valt op het sneeuwdek, vormt zich een ijslaag over de vegetatie. Hierdoor kunnen herbivoren minder makkelijk aan voedsel komen. Deze ijslagen komen door klimaatverandering vaker voor.

Hansen en collega's onderzochten wat het effect hiervan is op het dieet van Spitsbergenrendieren. Hun hypothese was dat als landplanten onbereikbaar zijn, Spitsbergenrendieren zeewier eten dat is aangespoeld op de kust.

De onderzoekers bepaalden negen jaar lang de ruimtelijke spreiding van Spitsbergenrendieren en de gemiddelde dikte van de ijslaag die ontstaat door regen-op-sneeuw.

In afbeelding 3 is de relatie weergegeven tussen de dikte van de ijslaag en het aandeel Spitsbergenrendieren dat aan de kust voedsel zoekt. Elk bolletje stelt het gemiddelde voor van één jaar van een bepaalde populatie.

### afbeelding 3



Over afbeelding 3 worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Alleen wanneer er een ijslaag aanwezig is, zoeken Spitsbergenrendieren voedsel aan de kust.
- 2 Het aandeel Spitsbergenrendieren dat aan de kust voedsel zoekt in populatie 1 wordt gemiddeld groter naarmate de ijslaag dikker is.
- 3 Als de ijsdikte meer dan 9 cm is, zoekt 31% van de Spitsbergenrendieren uit populatie 2 voedsel aan de kust.

- 2p 14 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Met een onderzoek aan de uitwerpselen toonden de onderzoekers aan dat het dieet van Spitsbergenrendieren inderdaad is veranderd: Spitsbergenrendieren blijken nu ook zeewier te eten.

Het veranderde dieet heeft invloed op de lokale stikstofkringloop.

- 1p 15 Verklaar hoe het veranderde dieet van de Spitsbergenrendieren de stikstofkringloop op de toendra van Spitsbergen beïnvloedt.

## Koolmezen dood door bestrijding buxusmot?

In het voorjaar van 2018 kwamen er verontrustende berichten over opvallend veel dode koolmeesjongen in nestkasten. Ook Henriëtte had zo'n nestje met dode koolmezen in de tuin.

De koolmees (*Parus major*, afbeelding 1) is een veelvoorkomende broedvogel in Nederland. De koolmees leeft van zaden en insecten. Totdat jonge koolmezen het nest verlaten, worden ze door hun ouders gevoerd met kleine insecten zoals de rupsen van de buxusmot.

### afbeelding 1



In 2018 en 2019 hadden veel Nederlandse tuineigenaren last van de rupsen van de buxusmot. Ook Henriëttes buxus-heg werd kaalgevreten. In het tuincentrum haalde ze toen een middel om de buxusmot te bestrijden. Henriëtte vraagt zich nu af of het nestje dode koolmeesjes in haar tuin misschien het gevolg was van dit bestrijdingsmiddel.

Veel insectenbestrijdingsmiddelen behoren tot de pyrethroïden. Deze stoffen verhinderen het sluiten van de spannings-afhankelijke  $\text{Na}^+$ -kanalen in de uitlopers van neuronen.

Over het effect van pyrethroïden op een neuron worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 Door pyrethroïden ontstaan er constant nieuwe impulsen in de axonen.
  - 2 Doordat de  $\text{Na}^+$ -kanalen niet sluiten, treedt hyperpolarisatie op.
  - 3 De oorspronkelijke rustpotentiaal wordt niet meer bereikt.
- 2p 16 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

In het voorjaar van 2019 hebben onderzoekers van het Centrum voor Landbouw en Milieu 41 nesten met dode jonge koolmezen onderzocht op aanwezigheid van diverse bestrijdingsmiddelen in de koolmezen. Er waren nesten uit stedelijke gebieden waar bestrijdingsmiddelen tegen de buxusmot waren gebruikt, uit stedelijke gebieden waar dit niet was gebeurd, en uit bossen. In **geen** van de 41 onderzochte nesten werden de insecticiden aangetroffen die werden gebruikt tegen de buxusmot. In tabel 1 zijn de bestrijdingsmiddelen weergegeven die **wel** werden aangetroffen in de dode koolmezen op de verschillende plaatsen.

tabel 1

werkzame stof	type middel	aantal nesten		
		stad (wel bestrijding)	stad (geen bestrijding)	bos
DDT	insecticide	9	9	4
DEET	insecticide	-	-	3
bifenyl-2-ol	fungicide	1	5	3
fipronil	insecticide	6	2	1
fluralaner	insecticide	1	1	1
fluroxypyrr meptyl	herbicide	-	1	-
imidacloprid	insecticide	1	-	-
permethrin	insecticide	4	3	4
insecticide: gifstof die insecten doodt fungicide: gifstof die schimmels doodt herbicide: gifstof die planten doodt				

Verontrustend was de aanwezigheid van DDT in veel van de dode jonge koolmezen. DDT is al meer dan 50 jaar een verboden stof in Nederland. Deze gegevens laten zien hoe slecht afbreekbaar dit gif is.

- 1p 17 Noteer de term die wordt gebruikt voor zo'n slecht afbreekbare gifstof.

De onderzoekers troffen in de koolmezen uit één nest de herbicide fluroxypyrr meptyl aan.

- 1p 18 Verklaar hoe een herbicide in de jonge koolmezen terecht kan komen.

Veel van de insecticiden uit tabel 1 worden gebruikt als bestrijdingsmiddel tegen vlooien en teken bij honden en katten. Henriëtte ontvlooit haar hond elke vier weken met zo'n middel. Misschien hebben jonge koolmezen in haar tuin de gifstoffen via de huid opgenomen na contact met de haren van de hond. Koolmezen gebruiken haren namelijk als binnenbekleding van het nest (afbeelding 2).

### afbeelding 2



Gifstoffen kunnen echter veel gemakkelijker via de darm worden opgenomen dan via de huid.

- 2p 19 – Noteer een eigenschap op orgaanniveau waardoor opname via de darm makkelijker verloopt.  
– Noteer een eigenschap op celniveau waardoor opname via de darm makkelijker verloopt.

Het Centrum voor Landbouw en Milieu heeft ook de haren uit nestjes met dode koolmeesjongen onderzocht. De gevonden haren bleken permethrin, DEET, fipronil en imidacloprid te bevatten. Een landelijk dagblad publiceerde na dit onderzoek een artikel met de volgende kop:

**"Koolmeesjes sterven massaal door vlooien- en tekengif"**

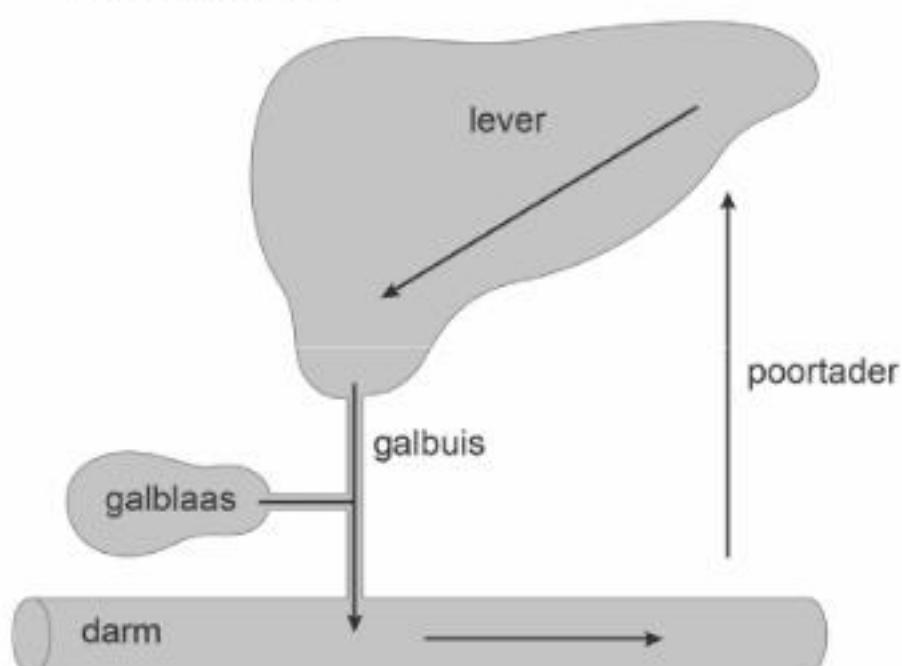
Toen Henriëtte dat las voelde ze zich weer schuldig aan de dood van de koolmeesjongen.

- 1p 20 Beargumenteer dat de onderzoekers deze kop **niet** als conclusie zullen hebben gepresenteerd.

## Drop

Anna heeft last van een hoge bloeddruk. Als ze voor controle naar haar huisarts gaat, vraagt de huisarts of ze vaak drop eet of zoethoutthee drinkt. Bepaalde stoffen in deze voedingsmiddelen kunnen namelijk een hoge bloeddruk veroorzaken.

**afbeelding 1**



Drop en zoethoutthee bevatten glycyrrhizine (GL). Deze stof zorgt voor de typische dropsmaak en heeft een grote zoetkracht. GL wordt in de darmen door darmbacteriën gehydrolyseerd. Hierbij ontstaat glycyrrhetinezuur (GA), dat wordt opgenomen in het bloed. In de lever wordt een gedeelte van het GA omgezet in een aantal verschillende stoffen die via de gal worden afgevoerd.

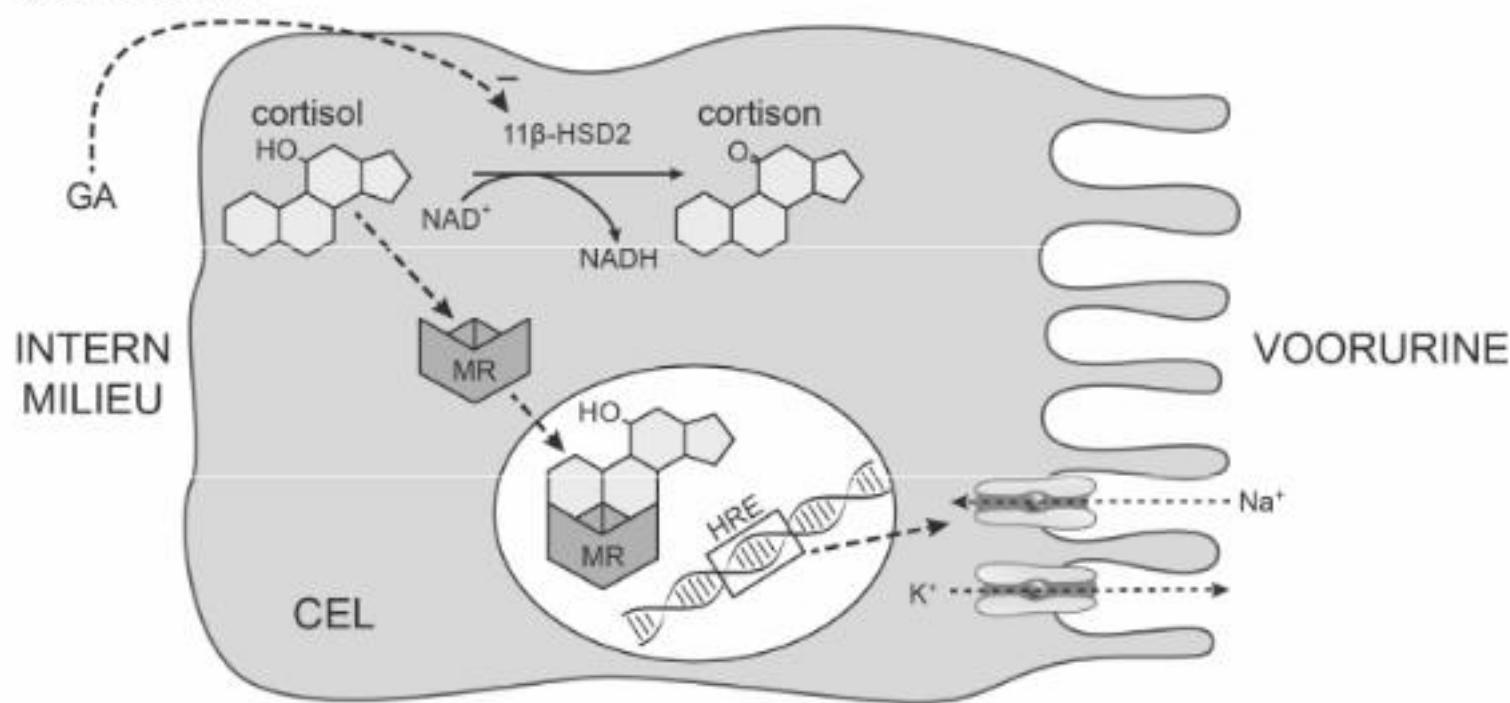
Een gedeelte daarvan wordt in de darm weer omgezet in GA en vervolgens opgenomen en getransporteerd naar de lever. Deze cyclus heet de enterohepatische circulatie (afbeelding 1).

Over de aanwezigheid van GA in het lichaam worden de volgende uitspraken gedaan:

- 1 GA komt alleen terecht in de lever via de poortader.
- 2 Door de enterohepatische circulatie duurt het langer voordat GA volledig uit het lichaam is verwijderd.
- 3 Een trage passage van de voedselbrij in de darm verlaagt de hoeveelheid GA in het lichaam.

2p 21 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

GA heeft effect op bepaalde cellen in de nierbuisjes (afbeelding 2). In het grondplasma van deze cellen bevinden zich mineralocorticoïd-receptoren. Door binding van cortisol wordt een mineralocorticoïd-receptor (MR) geactiveerd. De geactiveerde MR verplaatst zich naar de kern, waar dit complex bindt aan een hormoon-respons-element (HRE). Daardoor komen bepaalde genen tot expressie, wat leidt tot de synthese van  $\text{Na}^+$ -kanalen die in het celmembraan terechtkomen. GA verhindert de werking van het enzym  $11\beta$ -HSD2 in deze nercellen. Dit enzym zet normaliter cortisol om in cortison. Cortison kan niet binden aan de MR.

**afbeelding 2**

De geactiveerde MR is als transcriptiefactor betrokken bij de synthese van  $\text{Na}^+$ -kanalen.

- 1p 22 Welke functie heeft de geactiveerde MR bij de transcriptie? Gebruik je informatieboek.
- activator
  - enhancer (versterker)
  - promotor
  - repressor

De opname van GA leidt tot een toename van de osmotische waarde van het bloed.

- 2p 23 Leg dit uit aan de hand van afbeelding 2.

De toename van de osmotische waarde leidt tot een hoge bloeddruk. Dit kan oedeem veroorzaken.

- 1p 24 Verklaar hoe een hoge bloeddruk oedeem kan veroorzaken.

De hoeveelheid glycyrrhizine in drop wordt aangegeven met het GA gehalte. Het advies voor de hoeveelheid drop die je per dag veilig kan eten, gaat uit van een 'no effect level' van 2,0 mg GA per kilogram lichaamsgewicht per dag. Mensen die een hoge bloeddruk hebben zoals Anna, moeten deze waarde door 10 delen.

Hieronder is het GA gehalte van verschillende soorten drop vermeld. Een dropje weegt gemiddeld 5 gram.

soort drop	GA gehalte (mg/kg)
zoete drop	1259
mild-zoute drop	801
dubbelzoute drop	343

- 2p 25 Bereken het maximale aantal zoete dropjes dat Anna per dag mag eten volgens bovenstaand advies. Ga ervan uit dat Anna 70 kg weegt.

## Bonenziekte

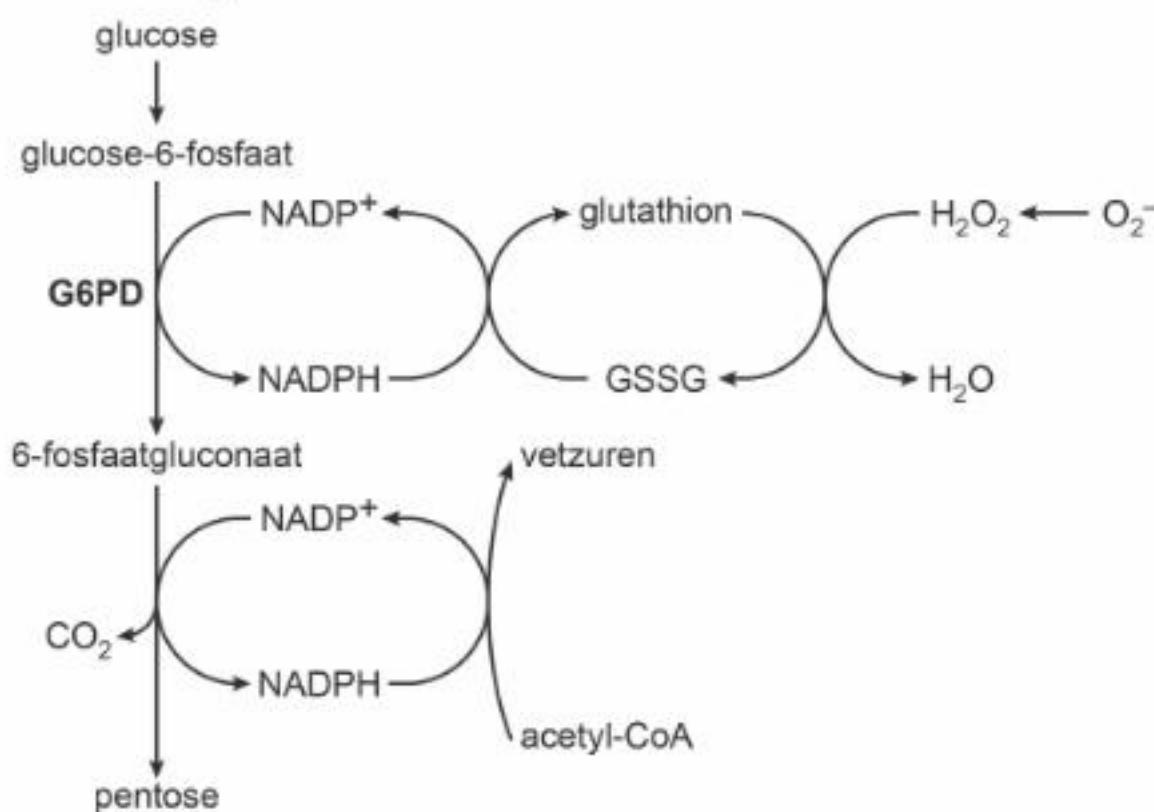
De burgemeester van een Italiaans dorp heeft het verbouwen van tuinbonen verboden vanwege Fabio, een jongen uit het dorp die lijdt aan bonenziekte (favisme). Het eten van tuinbonen of het inademen van pollen van tuinboonplanten leidt bij Fabio tot een versnelde afbraak van rode bloedcellen, waardoor een levensbedreigende situatie kan ontstaan.

Bonenziekte is het gevolg van een mutatie in het gen dat codeert voor het enzym glucose-6-fosfaatdehydrogenase (G6PD). Hierdoor is bij Fabio dit enzym minder goed werkzaam. G6PD katalyseert de eerste reactie in de pentose-fosfaatweg ('pentose phosphate pathway' of PPP).

De PPP (afbeelding 1) is een stofwisselingsroute waarbij glucose-moleculen worden omgezet in pentosemoleculen (C5-moleculen). Hierbij worden ook NADPH-moleculen gevormd.

NADPH (bekend van de fotosynthese bij planten) is in menselijke cellen nodig bij de productie van bepaalde organische stoffen zoals glutathion. Glutathion kan schadelijke reactieve zuurstofmoleculen zoals  $O_2^-$  onschadelijk maken (afbeelding 1).

**afbeelding 1**



In de PPP wordt NADPH gevormd.

- 2p 26 Kan NADPH energierijke elektronen afstaan of opnemen? En bij welk type stofwisselingsproces wordt NADPH dan verbruikt?

energierijke elektronen	type stofwisselingsproces
A afstaan	assimilatie
B afstaan	dissimilatie
C opnemen	assimilatie
D opnemen	dissimilatie

De PPP is betrokken bij de productie van vetzuren. Met behulp van afbeelding 1 kan worden afgeleid wat het gevolg is voor de productie van vetzuren als G6PD onwerkzaam is.

- 1p 27 Wat gebeurt er met de productie van vetzuren als G6PD onwerkzaam is?
- Die neemt toe.
  - Die neemt af.
  - Die verandert niet.

In de rode bloedcellen wordt normaal ongeveer 30% van de glucose via de PPP gedissimileerd. Zo ontstaat er voldoende glutathion om reactieve zuurstofmoleculen onschadelijk te maken. Reactieve zuurstofmoleculen kunnen ontstaan door infecties, door gebruik van bepaalde medicijnen en ook door stoffen in tuinboonplanten.

Doordat er bij Fabio te weinig G6PD-activiteit is in zijn rode bloedcellen, is er een tekort aan glutathion. Als Fabio tuinbonen eet of pollen van tuinboonplanten inademt, hopen reactieve zuurstofmoleculen zich op in zijn rode bloedcellen en veroorzaken ze oxidatie van hemoglobine.

Hierdoor denatureert de hemoglobine en vormt klonten. Doordat de rode bloedcellen vervolgens openbarsten (hemolyse), ontstaat bloedarmoede.

In de andere cellen van Fabio wordt de ophoping van reactieve zuurstofmoleculen beter bestreden, doordat extra G6PD wordt aangemaakt als er te weinig G6PD-activiteit is.

- 1p 28 Verklaar dat aanmaak van extra G6PD niet kan plaatsvinden in rode bloedcellen.

Symptomen die Fabio kan krijgen na het eten van tuinbonen, zijn een gele huid en geelverkleuring van zijn oogwit.

- 2p 29 Leg uit hoe hemolyse leidt tot deze geelverkleuring.

Nadat Fabio een keer tuinbonen had gegeten, veranderden zijn ademhaling en hartslag.

- 2p 30 Zal zijn ademhalingsfrequentie zijn verhoogd of verlaagd? En zijn hartslagfrequentie?

	ademhalingsfrequentie	hartslagfrequentie
A	verhoogd	verhoogd
B	verhoogd	verlaagd
C	verlaagd	verhoogd
D	verlaagd	verlaagd

Er zijn verschillende mutaties van het G6PD-gen bekend. Het zijn met name puntmutaties en kleine deleties, die leiden tot een minder goed werkzaam G6PD-enzym.

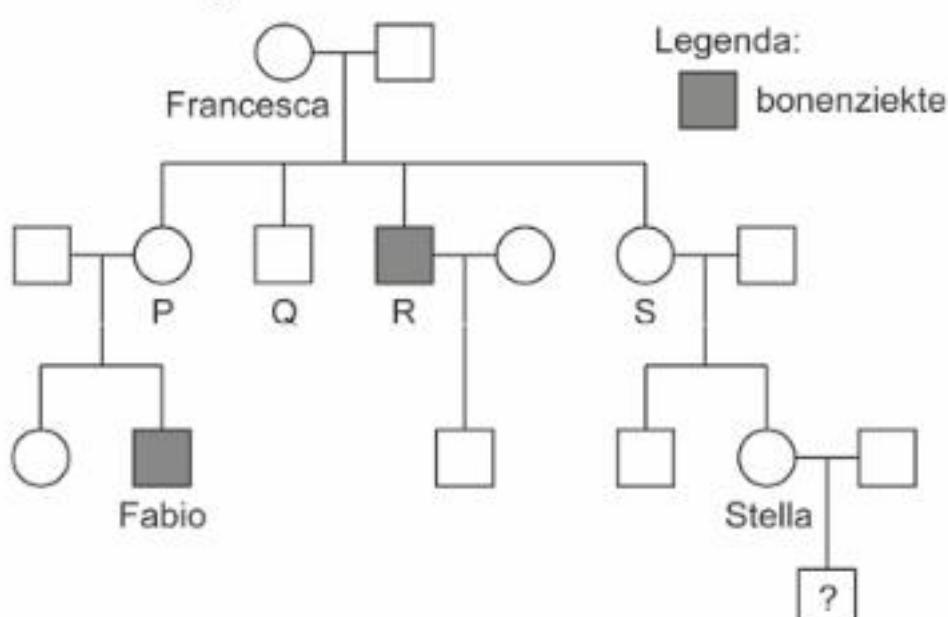
Over mutaties worden de volgende uitspraken gedaan:

- Een deletie van één basenpaar in een exon leidt tot verandering van het leesraam.
- Elke puntmutatie in een exon heeft effect op de werkzaamheid van het eiwit waarvoor wordt gecodeerd.
- Een puntmutatie in een exon kan de afwezigheid van het eiwit waarvoor wordt gecodeerd tot gevolg hebben.

- 2p 31 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende uitspraak **juist** of **onjuist** is.

Fabio is niet de enige in zijn familie met bonenziekte. In afbeelding 2 is een stamboom weergegeven van zijn familie. Het gen voor G6PD ligt op het X-chromosoom. Fabio's oma Francesca is drager van het gemuteerde G6PD-allel. De kinderen van Francesca zijn in de stamboom met een letter aangegeven.

**afbeelding 2**



Francesca heeft de ziekte niet, maar is wel drager. Dat betekent dat ze heterozygoot is. Ook uit het fenotype van een van de kinderen van Francesca blijkt dat Francesca **niet** homozygoot kan zijn voor het gemuteerde G6PD-allel.

- 2p 32 Noteer de letter van deze persoon. Licht je antwoord toe.

Bij vrouwen die drager zijn van het gemuteerde G6PD-allel kan soms toch een tekort aan werkzaam G6PD ontstaan, doordat in de voorlopercellen van rode bloedcellen een van de X-chromosomen geïnactiveerd wordt.

- 1p 33 Licht toe dat de inactivatie van het X-chromosoom een vorm van epigenetica is.

- Fabio's nicht Stella is in verwachting van een jongen.
- 2p 34 Hoe groot is de kans dat de baby het gemuteerde G6PD-allel erft?
- A 0
  - B  $\frac{1}{16}$
  - C  $\frac{1}{8}$
  - D  $\frac{1}{4}$
  - E  $\frac{1}{2}$

Bonenziekte komt relatief veel voor in bepaalde gebieden in Afrika. In een populatie in Nigeria heeft het gemuteerde G6PD-allel een frequentie van 20%.

- 2p 35 Hoeveel procent van de vrouwen en hoeveel procent van de mannen in deze populatie heeft bonenziekte? Ga ervan uit dat de wet van Hardy-Weinberg van toepassing is en laat epigenetische processen buiten beschouwing.

Noteer je antwoord als volgt:

vrouwen: ...%

mannen: ...%

Met name op plaatsen waar malaria heerst, blijkt het G6PD-allel een hoge frequentie te hebben. Dat komt waarschijnlijk doordat rode bloedcellen die een kleinere hoeveelheid werkzaam G6PD hebben, minder gevoelig zijn voor infectie door de malariaparasiet.

- 1p 36 Hoe kan de hogere frequentie van het gemuteerde G6PD-allel in malariagebieden het best worden verklaard?

- A door gene-flow
- B door het flessenhalseffect (bottleneck-effect)
- C door het stichtereffect (foundereffect)
- D door migratie
- E door natuurlijke selectie

Op verschillende websites wordt de bonenziekte ook wel bonenallergie genoemd.

- 1p 37 Beargumenteer dat bonenziekte **geen** allergische reactie is.

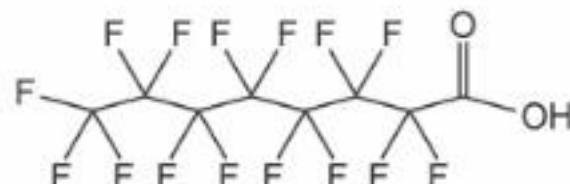
## PFAS in groentetuintjes

In Nederland ontstond grote ophef toen PFAS (poly- en perfluoralkylstoffen) werden aangetroffen in afvalwater, oppervlaktewater en zelfs drinkwater. PFAS leveren namelijk risico's op voor de volksgezondheid en het milieu. Wetenschappers van het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) onderzochten of PFAS via besmette groentetuintjes terecht kunnen komen in voedsel voor mensen.

PFAS zijn synthetische stoffen die onder andere worden gebruikt voor de productie van waterafstotende kleding en verpakkingsfolies. Een van deze stoffen is PFOA (perfluorooctaanzuur, afbeelding 1).

Onderzoek bij proefdieren heeft aangetoond dat PFOA onder andere lever- en niertumoren kan veroorzaken. Ook tast de stof het immuunsysteem aan. Het gebruik van PFOA is daarom nu verboden.

## afbeelding 1



PFOA wordt nauwelijks afgebroken of uitgescheiden door het lichaam van de mens. Voor PFOA is de grenswaarde een dagelijkse inname van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Deze waarde is afgeleid van de waarde van 750 ng/kg lichaamsgewicht per dag die uit onderzoek bij ratten kwam.

- 2p 38 Waarom is deze waarde voor mensen lager dan voor ratten?

  - A Mensen behoren tot een ander trofisch niveau dan ratten.
  - B Mensen hebben relatief meer vetweefsel dan ratten.
  - C Mensen leven langer dan ratten.
  - D Mensen zijn groter dan ratten.

PFOA wordt nauwelijks uitgescheiden doordat veel PFOA-moleculen binden aan plasma-eiwitten in het bloed. De PFOA-moleculen die niet gebonden zijn, kunnen wel worden uitgescheiden.

- 1p 39 Verklaar waardoor de binding van PFOA aan plasma-eiwitten de uitscheiding van PFOA belemmert.

Hoewel PFOA geen mutagene effecten heeft, wordt in proefdieren toch een verhoogd aantal tumoren gevonden.

Tumoren kunnen – onder invloed van mutagene factoren – ontstaan door mutaties in bepaalde genen die een regulerende functie hebben bij celdeling.

- 1p 40 Noteer de naam van een bepaald type genen dat door mutatie een verhoogde kans op tumoren geeft.

De toename van het aantal tumoren bij de proefdieren zou een gevolg kunnen zijn van een verminderde hoeveelheid T-lymfocyten.

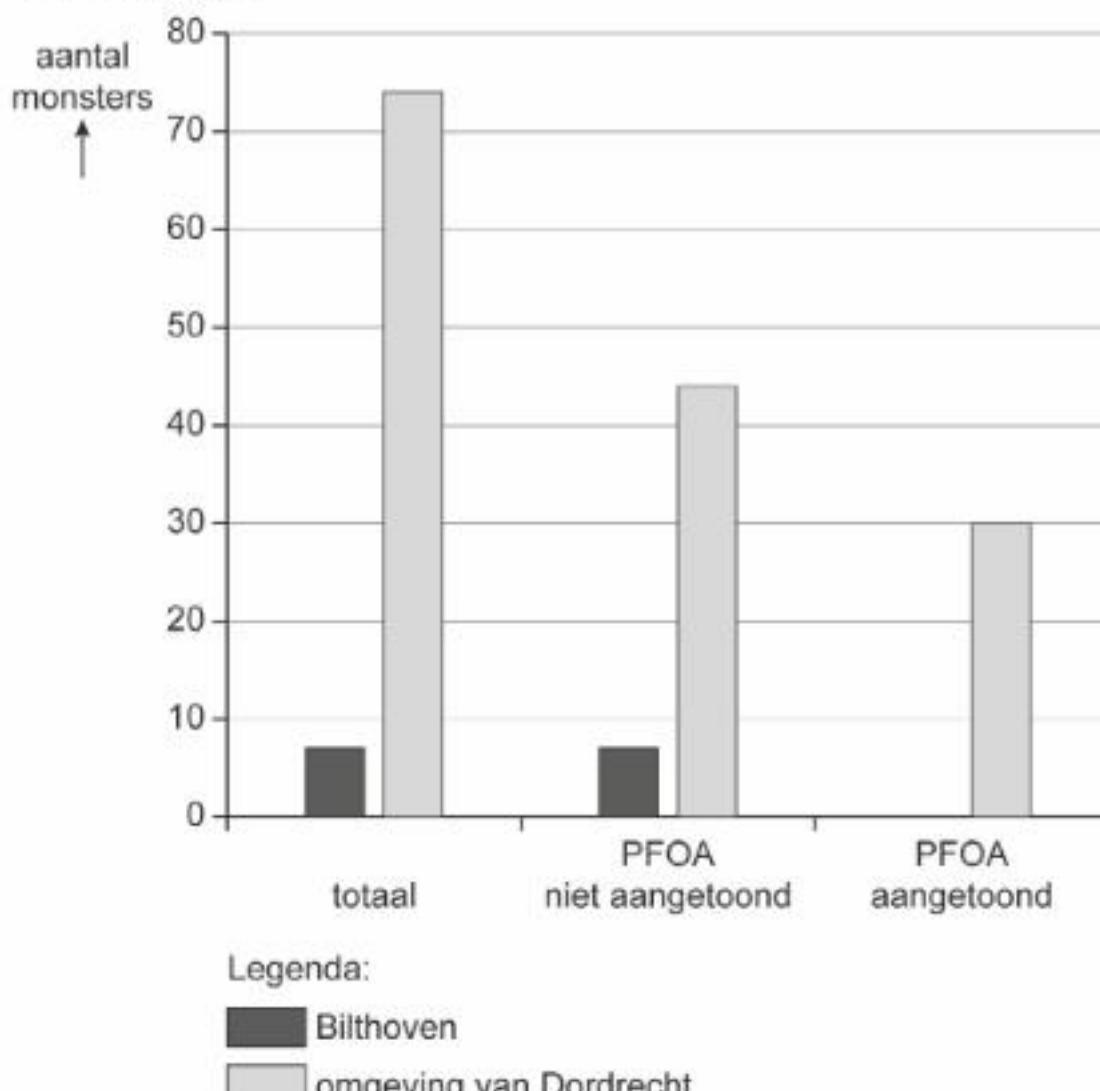
- 2p 41 Wordt een kankercel herkend aan MHC-I of aan MHC-II? En worden kankercellen gedood door fagocytose of door lysis?

herkenning aan	doding door
A MHC-I	fagocytose
B MHC-I	lysis
C MHC-II	fagocytose
D MHC-II	lysis

Door de besmetting van grond- en oppervlaktewater met PFAS zouden deze stoffen terecht kunnen komen in voedselgewassen die in de directe omgeving geteeld worden. Om te onderzoeken of dit werkelijk gebeurt, werden groenten uit volkstuintjes in de omgeving van een groot chemiebedrijf in Dordrecht getest op aanwezigheid van PFOA.

Behalve groenten uit volkstuintjes in de omgeving van het chemisch bedrijf in Dordrecht werden ook groenten uit volkstuintjes in Bilthoven, dat 60 km verderop ligt, getest op de aanwezigheid van PFOA. De resultaten staan in afbeelding 2.

### afbeelding 2



- 1p 42 Licht toe waarom er ook groenten uit Bilthoven getest werden.

Wil je weten hoe je dit examen hebt gemaakt? Kijk het na met de antwoorden en uitwerkingen op [mijnexamenbundel.nl](https://mijnexamenbundel.nl). Je ziet dan je totaalscore en je score per onderwerp. Deze worden bewaard.





## Bijlagen



## Cijferbepaling

2023-I

2023-II

punten	cijfer	punten	cijfer	punten	cijfer	punten	cijfer
0	1,0	46	7,5	0	1,0	46	7,2
1	1,1	47	7,6	1	1,3	47	7,3
2	1,3	48	7,8	2	1,5	48	7,5
3	1,4	49	7,9	3	1,7	49	7,6
4	1,6	50	8,0	4	1,8	50	7,7
5	1,7	51	8,2	5	1,9	51	7,9
6	1,8	52	8,3	6	2,1	52	8,0
7	2,0	53	8,5	7	2,2	53	8,1
8	2,1	54	8,6	8	2,3	54	8,2
9	2,3	55	8,7	9	2,5	55	8,4
10	2,4	56	8,9	10	2,6	56	8,5
11	2,5	57	9,0	11	2,7	57	8,6
12	2,7	58	9,2	12	2,8	58	8,8
13	2,8	59	9,3	13	3,0	59	8,9
14	3,0	60	9,4	14	3,1	60	9,0
15	3,1	61	9,6	15	3,2	61	9,1
16	3,3	62	9,7	16	3,4	62	9,3
17	3,4	63	9,9	17	3,5	63	9,4
18	3,5	64	10,0	18	3,6	64	9,5
19	3,7			19	3,7	65	9,7
20	3,8			20	3,9	66	9,7
21	4,0			21	4,0	67	9,8
22	4,1			22	4,1	68	9,9
23	4,2			23	4,3	69	9,9
24	4,4			24	4,4	70	10,0
25	4,5			25	4,5		
26	4,7			26	4,6		
27	4,8			27	4,8		
28	4,9			28	4,9		
29	5,1			29	5,0		
30	5,2			30	5,2		
31	5,4			31	5,3		
32	5,5			32	5,4		
33	5,6			33	5,5		
34	5,8			34	5,7		
35	5,9			35	5,8		
36	6,1			36	5,9		
37	6,2			37	6,1		
38	6,3			38	6,2		
39	6,5			39	6,3		
40	6,6			40	6,4		
41	6,8			41	6,6		
42	6,9			42	6,7		
43	7,0			43	6,8		
44	7,2			44	7,0		
45	7,3			45	7,1		

Bedenk dat het toekennen van punten aan een antwoord enige deskundigheid vereist. De hier behaalde scores zijn dus vooral een indicatie hoeveel je op dit moment weet over dit vak.

## Onderwerpregister

Nummers verwijzen per hoofdstuk naar opgaven uit examens

	<i>deel 1</i>	<i>deel 2a</i>	<i>2023-I</i>	<i>2023-II</i>
<b>Cellen en onderzoek doen</b>	hoofdstuk 1 1 - 12	39	23	
<b>Voortplanting</b>	hoofdstuk 2 1 - 21			
<b>Genetica</b>	hoofdstuk 3 1 - 15	13	1, 4, 5, 6	
<b>DNA</b>	hoofdstuk 4 1 - 24	8-12, 14, 15, 20, 21, 32	7, 10, 11, 25, 32, 33	
<b>Evolutie</b>	hoofdstuk 5 1 - 19	31	2, 3, 15	
<b>Regeling</b>	hoofdstuk 6 1 - 30	3, 6, 16, 29, 30, 33	36	
<b>Waarneming</b>	hoofdstuk 7 1 - 13			
<b>Gedrag</b>	hoofdstuk 8 1 - 7			
<b>Stofwisseling</b>	hoofdstuk 9 1 - 15	4, 19, 35	17, 37, 38, 39	
<b>Vertering</b>	hoofdstuk 10 1 - 15	5	27	
<b>Transport</b>	hoofdstuk 11 1 - 16	7	9, 26, 28, 29	
<b>Gaswisseling</b>	hoofdstuk 12 1 - 13	1, 2	30	
<b>Uitscheiding</b>	hoofdstuk 13 1 - 11			
<b>Afweer</b>	hoofdstuk 14 1 - 19	17, 18, 23	8, 12, 13, 31	
<b>Planten</b>	hoofdstuk 15 1 - 3	34	18, 19, 20, 21	
<b>Ecologie</b>	hoofdstuk 16 1 - 30	22, 24, 26	14, 16	
<b>Mens en milieu</b>	hoofdstuk 17 1 - 11	27, 28, 36, 37, 38	22, 24	
<b>Vaardigheden</b>	hoofdstuk 18 1 - 14	25, 33	34, 35	

## Examen(werk)woorden

Als in een examen een van de woorden uit onderstaande lijst wordt gebruikt, geldt de betekenis die hieraan in deze lijst is gegeven.

- **(aan)geven, aanvullen, (be)noemen, noteren**  
Het geven van een kort antwoord: een woord of zinsdeel.  
Een toelichting is niet vereist, tenzij anders is aangegeven in de vraagstelling.
- **beschrijven**  
Het geven van een antwoord in hele zinnen, waarin de onderdelen van het gevraagde zijn gegeven.
- **argumenteren, beredeneren**  
Het geven van een antwoord waarin, op logische wijze, gegevens en biologische kennis zijn gebruikt om een bepaalde keuze of stelling te onderbouwen of ondersteunen.
- **toelichten**  
Het geven van een onderbouwing in één of enkele zinnen voor een bepaalde keuze of stelling.
- **uitleggen, verklaren, aangeven waardoor**  
Het geven van een antwoord waaruit een oorzaak-gevolgrelatie blijkt met het gestelde/gevraagde.  
Als het gaat om meerdere oorzaak-gevolgstappen wordt het werkwoord uitleggen gehanteerd, bij een enkelvoudige oorzaak-gevolgstap verklaren of aangeven waardoor.
- **aangeven waarom**  
Het geven van een antwoord waaruit een reden of een doel blijkt van het gestelde/gevraagde.
- **bepalen**  
Het gevraagde vaststellen en/of uitrekenen, uitgaande van gegevens in de vraagstelling en/of andere informatiebronnen.  
Uit de uitwerking moet blijken welke metingen zijn gedaan en/of welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn doorlopen.  
De uitkomst moet met de juiste eenheid zijn gegeven, tenzij de eenheid expliciet in de vraagstelling is opgenomen.  
De uitkomst moet zijn afgerond zoals in de vraagstelling is aangegeven.
- **berekenen**  
Het gevraagde uitrekenen, uitgaande van gegevens in de vraagstelling en/of andere informatiebronnen.  
Uit de uitwerking moet blijken welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn doorlopen.  
De uitkomst moet met de juiste eenheid zijn gegeven, tenzij de eenheid expliciet in de vraagstelling is opgenomen.  
De uitkomst moet zijn afgerond zoals in de vraagstelling is aangegeven.

- **tekenen**

Het geven van een grafische voorstelling die de voor de probleemsituatie relevante karakteristieke eigenschappen bevat en voldoende nauwkeurig is.  
In het geval van een grafiek moet een assenstelsel met schaalverdeling zijn weergegeven waarbij de onafhankelijke variabele op de x-as staat. Het assenstelsel moet, indien mogelijk, voorzien zijn van grootheden en eenheden.  
In het geval van een voedselweb moeten organismen zoveel mogelijk apart zijn opgenomen.

Pijlen zijn weergegeven in de richting van de energiestromen.

## Aantekeningen

## Aantekeningen

## Aantekeningen

## Aantekeningen

## Aantekeningen

## Aantekeningen

**examen  
bundel**

Slim leren, zeker slagen



**JE KUNT  
HET!**

**# ! Veel succes #  
met je examens!**

Meer hulp nodig? Op [examenbundel.nl](http://examenbundel.nl)  
vind je alles om je optimaal voor te  
bereiden op je examens.

#ikgazekerslagen #geenexamenstress [examenbundel.nl](http://examenbundel.nl)

# examenbundel >

vwo Nederlands  
vwo Engels  
vwo Duits  
vwo Frans  
vwo Economie  
vwo Bedrijfseconomie  
vwo Maatschappijwetenschappen  
vwo Geschiedenis  
vwo Aardrijkskunde  
vwo Wiskunde A  
vwo Wiskunde B  
vwo Wiskunde C  
vwo Scheikunde  
vwo Biologie  
vwo Natuurkunde

# samengevat }

vwo Economie  
vwo Bedrijfseconomie  
vwo Maatschappijwetenschappen  
vwo Geschiedenis  
vwo Aardrijkskunde  
vwo Wiskunde A  
vwo Wiskunde B  
vwo Wiskunde C  
vwo Scheikunde  
vwo Biologie  
vwo Natuurkunde  
havo/vwo Nederlands 3F/4F  
havo/vwo Rekenen 3F

Tips, tricks en informatie die jou helpen bij het slagen voor je eindexamen vind je op [examenbundel.nl!](http://examenbundel.nl) Nog meer kans op slagen? Volg ons ook op social media. #geenexamenstress



examenidioom + examenbundel + samengevat + zeker slagen! = #geenexamenstress

# examenidioom #

vwo Engels  
vwo Duits  
vwo Frans

# zeker slagen!

voor ymbo, havo én vwo

