I WANT TO LIVE FOREVER...

2E. EVOLUTIE EN VEROUDERING

Je bent onderzoeker in het LifeSpan project. Net als alle andere leerlingen in de klas doe je onderzoek naar veroudering. Jouw onderzoek gaat specifiek over evolutie, natuurlijke selectie en veroudering. Uiteindelijk presenteer je de resultaten uit het onderzoek aan de rest van de klas. De volgende opdrachten helpen je bij het bestuderen van de resultaten en het voorbereiden van je presentatie.

Veel plezier!

Caspar Geraedts, Jennifer Verkleij & Yuri Matteman

De Praktijk

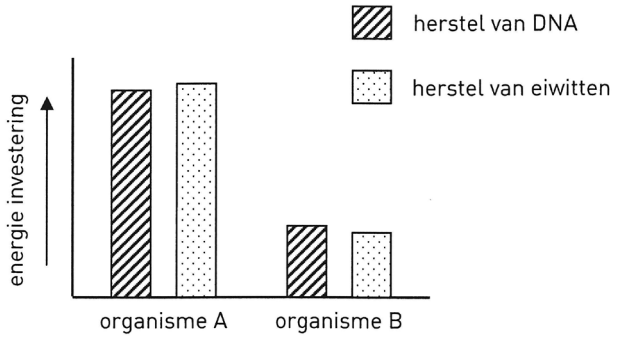
De Praktijk, 2010. These learning materials are subject to the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Netherlands License. Go to http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/nl/ for further information. *This material has been funded by the EU Network of Excellence LifeSpan.*

Opdracht 1. Sterfte en overleving

Sommige organismen leven maar enkele maanden, andere organismen leven langer dan 100 jaar. Hoe komt dat? Een organisme moet zijn energie verdelen over onderhoud en voortplanting. Hoe meer een organisme investeert in onderhoud – het herstellen van schade – hoe langer het zal leven. Maar al je energie investeren in onderhoud heeft evolutionair gezien geen zin: dan produceer je namelijk helemaal geen nakomelingen. Maar wat is dan de optimale balans tussen onderhoud en voortplanting? En waarom is die voor ieder organisme weer anders?

1. Bekijk het volgende filmpje:
Daryl Shanley 1 – Trade-off between longevity and reproduction

Cellen beschikken over verschillende herstelmechanismen. Die processen verlopen min of meer onafhankelijk van elkaar. Toch investeert een organisme meestal in ieder proces ongeveer evenveel energie (zie figuur 1).



Figuur 1. Een organisme investeert in alle herstelprocessen min of meer evenveel energie.

2. Bekijk figuur 1. Streep door wat niet van toepassing is.

Organisme A behoort waarschijnlijk tot een langlevende / kortlevende *soort.*

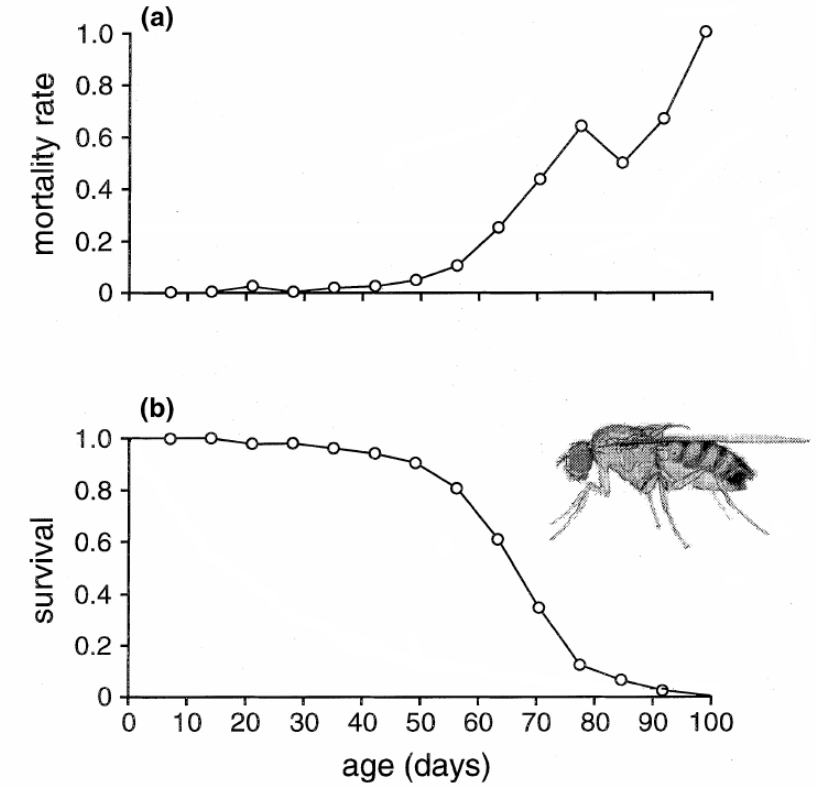
Organisme B behoort waarschijnlijk tot een langlevende / kortlevende *soort.*

3. Waarom is het niet zinvol om heel veel energie te steken in één specifiek herstelproces (bijvoorbeeld herstel van eiwitten), maar niet in andere herstelmechanismen (bijvoorbeeld herstel van DNA)?

.....

.....

Veroudering kun je zien als het gevolg van alle beschadigingen die een organisme tijdens zijn leven oploopt. Daarbij gaat het met name om schade op molecuul- en celniveau. Zelfs onder optimale omstandigheden zal ieder organisme uiteindelijk van ouderdom doodgaan. Een organisme sterft dan door *intrinsieke factoren*. In de natuur is de kans echter veel groter dat een organisme sterft door *externe factoren*: honger, ziekte of predatie (het wordt opgegeten).



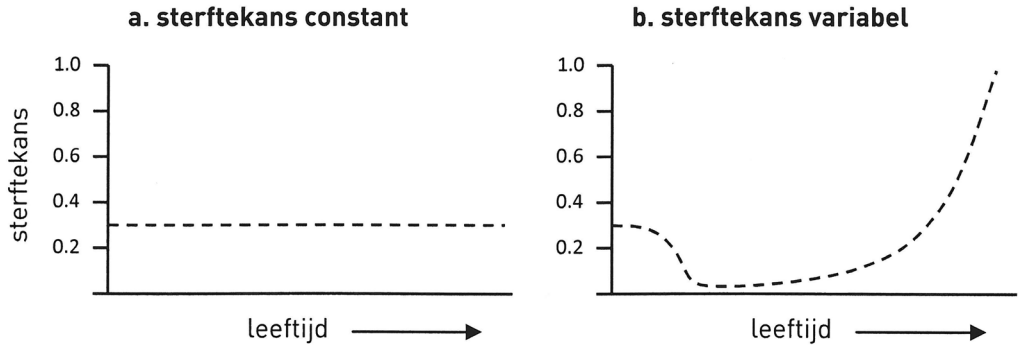
Figuur 2. Het verband tussen leeftijd (in dagen) en overlevingskans bij fruitvliegjes (Drosophila melanogaster). De fruitvliegjes werden gehouden bij een constante temperatuur van 25°C en kregen voldoende voedsel. Grafiek a geeft de sterftekans weer. Naarmate de vliegjes ouder worden neemt de sterftekans toe. Grafiek b laat de overlevingscurve zien. Deze lijn geeft als het ware weer hoeveel fruitvliegjes er na een bepaalde tijd nog in leven zijn; er waren dus geen fruitvliegjes die ouder werden dan 100 dagen. Naar: B. Zwaan (1999).

4. Bekijk figuur 2. Gingen de fruitvliegjes in dit experiment dood door intrinsieke of door externe factoren? Verklaar je antwoord.

. . . . . .

. . . . . .

In het geval van het experiment dat in figuur 2 beschreven wordt nam de sterftekans (mortality rate) sterk toe naarmate de fruitvliegjes ouder werden. Maar dat is niet altijd het geval. De sterftekans kan ook gedurende het hele leven min of meer constant zijn (zie figuur 3a). Of de sterftekans is variabel en hangt bijvoorbeeld af van de leeftijd (zie figuur 3b).



Figuur 3. Twee modellen: één met een constante sterftekans (a) en één met een variabele sterftekans (b).

5. Hieronder worden twee verschillende groepen organismen beschreven. Welke grafiek hoort bij welke situatie? Streep door wat niet van toepassing is.

Organismen die in een omgeving leven waar ze grote kans lopen om door een predator (roofdier) opgegeten te worden.

hoort bij grafiek a / grafiek b

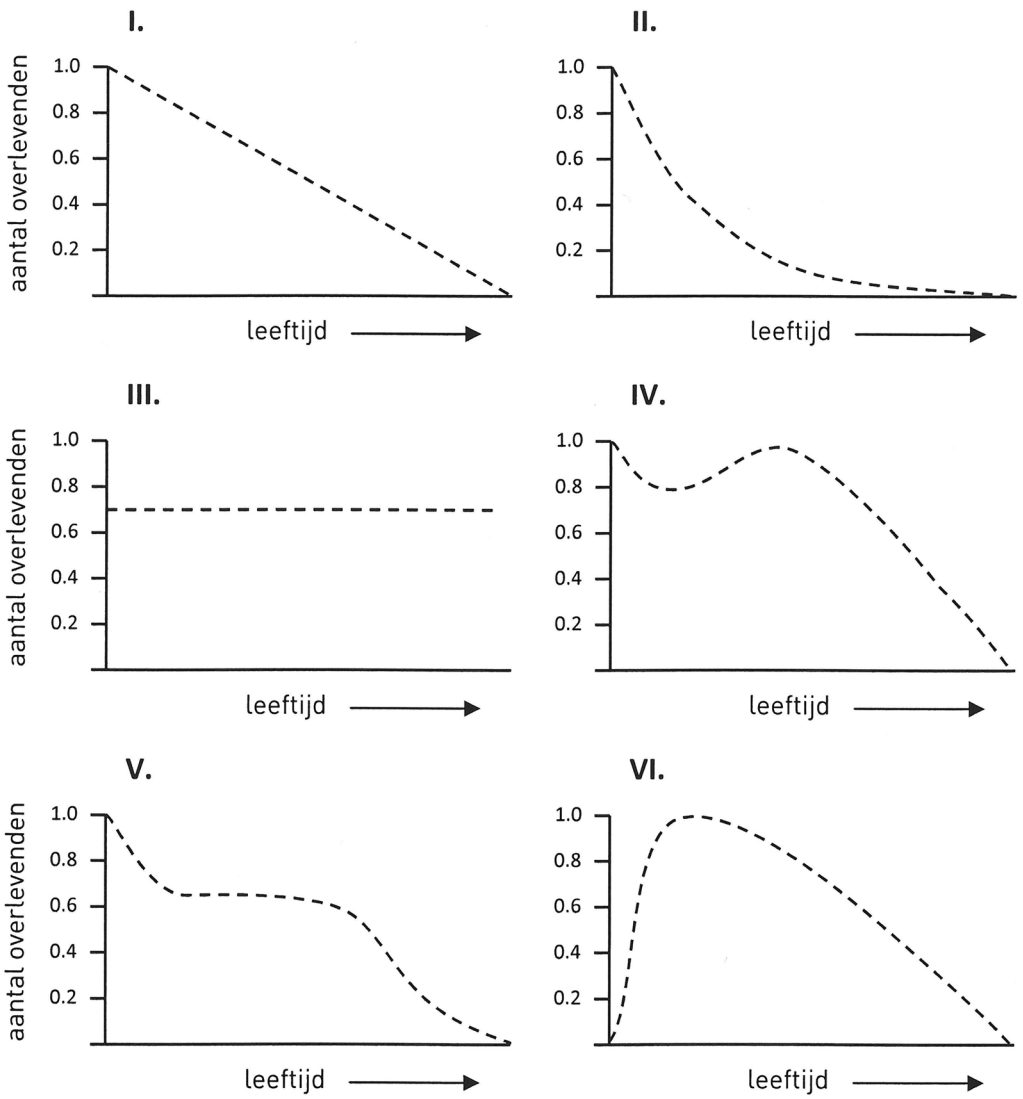
Organismen die in een omgeving leven waar veel ziekteverwekkers voorkomen waar vooral jonge individuen kwetsbaar voor zijn.

hoort bij grafiek a / grafiek b

6. Leid uit de vorm van de grafieken a en b (figuur 3) af hoe de bijbehorende overlevingscurven eruit zien. Kies uit de zes overlevingscurven in figuur 4 (zie volgende pagina).

grafiek a (sterftekans constant) hoort bij overlevingscurve .....

grafiek b (sterftekans variabel) hoort bij overlevingscurve .....



Figuur 4. Zes (overlevings)curven. Twee curven horen bij de sterftekansgrafieken in figuur 3.

7. We vergelijken de volgende twee modellen: óf de sterftekans is min of meer constant (figuur 3a), óf de sterftekans neemt toe met de leeftijd (figuur 2a). Het model met een variabele sterftekans (figuur 3b) laten we even buiten beschouwing. Welke model is volgens jou het meest van toepassing op de volgende groepen organismen?

bosmuizen	sterftekans constant / neemt toe met de leeftijd
fruitvliegjes in de natuur	sterftekans constant / neemt toe met de leeftijd
leeuwen op de Afrikaanse savanne	sterftekans constant / neemt toe met de leeftijd
mensen in Nederland	sterftekans constant / neemt toe met de leeftijd
pinguïns in een dierentuin	sterftekans constant / neemt toe met de leeftijd

Opdracht 2. Natuurlijke selectie

Zelfs onder optimale omstandigheden gaan organismen uiteindelijk dood. Waarom eigenlijk? Daar bestaan verschillende theorieën over. Je weet inmiddels dat je veroudering kunt zien als het gevolg van alle beschadigingen die tijdens het leven van een organisme optreden. Maar er spelen ook evolutionaire mechanismen een rol.

Organismen in de natuur staan voordurend onder invloed van natuurlijke selectie. In het kort komt natuurlijke selectie neer op het volgende:

- Er is variatie: organismen hebben verschillende eigenschappen.
- Die eigenschappen zijn (gedeeltelijk) erfelijk.
- Sommige eigenschappen zijn (in een bepaalde omgeving) gunstiger dan andere.
- Organismen met gunstige eigenschappen leven langer, en krijgen meer nakomelingen, dan organismen zonder die eigenschappen.
- In de volgende generatie komen meer individuen voor met gunstige eigenschappen.

1. Stel, door een verandering in een bepaald gen ontstaat een individu dat twee keer zo oud wordt als zijn soortgenoten. Dat individu is wel minder vruchtbaar: het brengt in heel zijn leven maar één gezonde nakomeling voort, terwijl zijn soortgenoten er gemiddeld vier produceren. Zal deze eigenschap (langer leven, maar minder vruchtbaar) zich verspreiden over volgende generaties? Verklaar je antwoord.

. . . . . .

. . . . . .

Uiteindelijk gaat het bij natuurlijke selectie niet zozeer om 'lang leven'. Het aantal nakomelingen is het enige dat telt. Maakt het ook nog uit op welke leeftijd je die nakomelingen krijgt?

2. In de vorige opdracht heb je geleerd dat veel organismen een min of meer constante sterftekans hebben (zie figuur 3a). Welk van de twee onderstaande (combinaties van) eigenschappen is dan het meest voordelig? Het aantal nakomelingen is in beide gevallen hetzelfde. Verklaar je antwoord.

eigenschap 1: snel geslachtsrijp worden – nakomelingen krijgen – vroeg sterven

eigenschap 2: laat geslachtsrijp worden – nakomelingen krijgen – laat sterven

eigenschap 1 / 2 is evolutionair gezien het meest voordelig, want

. . . . . .

. . . . . .

3. Bekijk het volgende filmpje:

Laurent Keller 2 – A compromise between reproduction, maintenance and protection

4. Laurent Keller legt uit dat er een verband bestaat tussen levensduur en de mate waarin organismen bloot staan aan predatie (roofdieren), ziektes en hongersnood. Leg in eigen woorden uit hoe het kan dat de koningin van een mierenkolonie zo lang leeft.

. . . . . .

. . . . . .

5. Een verband tussen levensduur en sterftekans (door externe factoren) zien we ook als we verschillende soorten met elkaar vergelijken. Geef aan welke soort de hoogste gemiddelde levensduur zal hebben, a of b (omcirkel je antwoord).

a. een spookdiertje, een klein aapje van ongeveer 12 centimeter lang

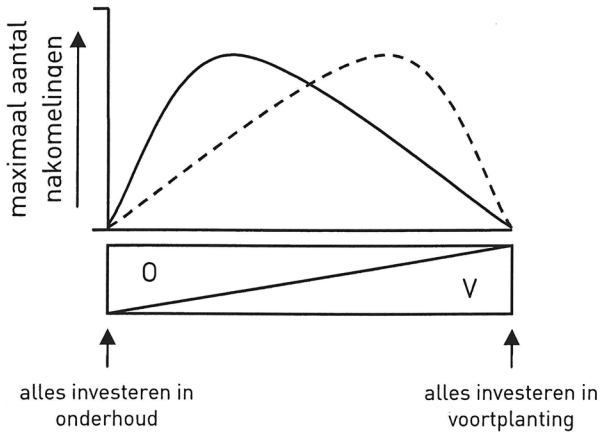
b. een bonobo, een mensaap, nauw verwant aan de chimpansee

En bij deze?

a. een vogelsoort die leeft op een eiland zonder grote zoogdieren

b. een vogelsoort (van vergelijkbare grootte) op het vasteland

Een organisme moet zijn energie verdelen tussen onderhoud en voortplanting. Alles investeren in onderhoud levert geen nakomelingen op; alles investeren in voortplanting zorgt ervoor dat je sterft voordat je je eerste kind hebt grootgebracht. Wat de optimale balans is tussen onderhoud en voortplanting verschilt per soort (zie figuur 5).



Figuur 5. Het verband tussen het maximaal aantal nakomelingen (y-as) en de balans tussen onderhoud en voortplanting (x-as) bij twee hypothetische soorten.

6. Bekijk figuur 5 (zie vorige pagina). Welke grafiek hoort bij een nijlpaard? En welke hoort bij een hamster?

De doorgetrokken lijn hoort bij een nijlpaard / een hamster .

De stippellijn hoort bij een nijlpaard / een hamster .

7. *De conclusie die je kunt trekken is dat organismen die een hoge kans lopen om door externe factoren te sterven, zich* eerder / later *voortplanten en vaak* korter / langer *leven. Ook onder laboratoriumomstandigheden (zonder die externe factoren) is de levensduur van deze organismen* korter / langer *: ze zijn genetisch zo geprogrammeerd. Verder is er een verband tussen levensduur en lichaamsgrootte:* grote / kleine *organismen leven meestal langer.*

Er is nog een ander evolutionair mechanisme dat een rol speelt bij veroudering: de accumulatie (opeenstapeling) van schadelijke mutaties. Mutaties zijn veranderingen in de nucleotidenvolgorde van het DNA. Sommige mutaties hebben tot gevolg dat bepaalde eiwitten (enzymen, hormonen, etc.) niet meer goed functioneren. Als een organisme drager is van zo'n mutatie, dan heeft het daar dus in meerdere of mindere mate last van.

8. Sommige mutaties ontstaan spontaan. In het spel *I want to make babies!* ben je ook (externe) oorzaken van mutaties tegengekomen. Noem er drie.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Veel schadelijke mutaties verdwijnen uiteindelijk door natuurlijke selectie: de drager van een schadelijke mutatie krijgt gemiddeld minder nakomelingen dan een soortgenoot zonder die mutatie. Maar dat is niet altijd zo.

9. In een groep organismen komen de volgende drie mutaties voor:

mutatie 1:
Het gen voor een bepaald spijsverteringsenzym is gemuteerd. Hierdoor kunnen bepaalde voedingsstoffen in moedermelk niet verteerd worden. De kans op sterfte in de eerste levensjaren neemt toe.

mutatie 2:
Het gen voor een bepaald signaaleiwit is gemuteerd. Het immuunsysteem werkt hierdoor niet optimaal. De drager van deze mutatie is meer dan gemiddeld vatbaar voor infectieziekten.

mutatie 3:
Het gen voor een bepaald membraaneiwit is gemuteerd. Hierdoor wordt op latere leeftijd het zenuwstelsel aangetast. Naarmate de drager van deze mutatie ouder wordt gaat het functioneren van de hersenen achteruit.

Welke mutatie zal NIET verdwijnen door natuurlijke selectie? Verklaar je antwoord.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

10. De conclusie die je kunt trekken is (streep door wat niet van toepassing is):

Natuurlijke selectie heeft geen invloed op...

... mutaties die te maken hebben met de voortplanting van een organisme.

... mutaties die tot uiting komen voordat een organisme zich heeft voortplant.

... mutaties die tot uiting komen nadat een organisme zich heeft voortgeplant.

Deze mutaties kunnen zich gewoon binnen de populatie verspreiden.

Opdracht 3. Familiebanden

1. Bekijk het volgende filmpje:
Daryl Shanley 2 – From mother to grandmother

Daryl Shanley vraagt zich af waarom natuurlijke selectie ervoor heeft gezorgd dat vrouwen ná de menopauze nog tientallen jaren blijven leven zonder vruchtbaar te zijn. In het filmpje worden twee mogelijke verklaringen genoemd. De eerste verklaring – de moeder hypothese – gaat met name over de eerste 10 jaar na de menopauze: de moeder moet in ieder geval blijven leven totdat haar laatste kind voor zichzelf kan zorgen. De tweede verklaring – de grootmoeder hypothese – gaat er van uit dat grootouders indirect een grote bijdrage kunnen leveren aan de overlevingskansen van hun kleinkinderen.

2. Een soortgenoot helpen bij het opvoeden van zijn/haar kinderen kost energie. Die energie kun je toch beter investeren in je eigen nakomelingen? Stel, er zijn twee genen die het volgende type gedrag veroorzaken.

gen 1: een organisme gaat een familielid helpen bij het produceren van nakomelingen

gen 2: een organisme gaat een willekeurige soortgenoot helpen bij het produceren van nakomelingen

Welk type gedrag is evolutionair gezien toch voordelig (omcirkel gen 1 of gen 2)? Leg uit op welke manier het gen dat dit gedrag veroorzaakt zich kan verspreiden?

. . . . . .

. . . . . .

3. Een moeder heeft de helft van haar genen gemeenschappelijk met elk van haar kinderen. Welk deel van haar genen heeft een grootmoeder gemeenschappelijk met haar kleinkind?

. . . . . .

Een extreem voorbeeld van 'een ander helpen bij de voortplanting' zien we bij sociale insecten zoals mieren. In een mierenkolonie zijn er meestal maar enkele individuen die zich voortplanten: de koningin en één of meerdere mannetjes. De (vrouwelijke) werkmieren zijn zelf onvruchtbaar, en helpen de koningin om nog meer nakomelingen te produceren.

4. De werkmieren zijn meestal dochters van de koningin. Door hun moeder te helpen bij de voortplanting geven ze – indirect – ook hun eigen genen door. Maakt het voor het 'genetisch voordeel' van een werkmier uit of de koningin één of meerdere mannetjes heeft? Leg uit.

. . . . . .

. . . . . .

Opdracht 4. De LifeSpan conferentie

Op een wetenschappelijke conferentie komen onderzoekers van verschillende universiteiten bijeen om gegevens uit te wisselen en onderzoeksresultaten te bespreken. Dat gaan jullie ook doen. Als afsluiting van deze opdracht is er een soort wetenschappelijke conferentie waar jullie een korte presentatie geven over de onderwerpen die je tot nog toe hebt bestudeerd. Daarnaast schrijven jullie een kort voorstel voor een vervolgonderzoek.

De presentatie bestaat uit drie onderdelen:

A. Sterfte en overleving

Leg aan de hand van de afbeelding op pagina 12 uit:
- dat onder laboratoriumomstandigheden de sterftekans toeneemt met de leeftijd,
- dat veel organismen in de natuur te maken hebben met een min of meer constante sterftekans (door externe factoren),
- en dat daardoor ook de overlevingscurve een andere vorm heeft.

B. Natuurlijke selectie

Leg aan de hand van de afbeeldingen op pagina 13 uit:
- dat organismen bij een hoge, constante sterftekans meer investeren in voortplanting dan in onderhoud,
- en dat ze hierdoor vaak eerder beginnen met voortplanten en eerder sterven.

Leg ook uit waarom mutaties waarvan de (schadelijke) invloed pas op latere leeftijd tot uiting komt zich makkelijk kunnen verspreiden.

C. Voorstel voor vervolgonderzoek

Je doet mee aan een project waarbij het verband tussen lichaamsgrootte en maximale levensduur bij zoogdieren onderzocht wordt. Gegevens over het lichaamsgewicht van 120 verschillende soorten zoogdieren (van verschillende afmetingen) zijn al beschikbaar. Het is jouw taak om te onderzoeken wat de maximale levensduur van deze soorten is. Beschrijf kort wat je zou kunnen doen om de maximale levensduur van een zoogdiersoort vast te stellen (en vul het schema op pagina 14 verder in).

De voorbereiding
Voor jullie zijn al PowerPoint slides gemaakt, met daarop de afbeeldingen op pagina 12 en 13. Je kunt deze kopieën gebruiken om aantekeningen te maken. Je onderzoeksvoorstel schrijf je in het schema op pagina 14. Schrijf het eventueel eerst in klad.

De conferentie
Geef aan de hand van de PowerPoint slides een korte presentatie over wat je hebt geleerd. Je mag je aantekeningen erbij houden. Presenteer ook je onderzoeksvoorstel aan de rest van de klas. De docent bepaalt steeds wie er aan de beurt is.

A. Sterfte en overleving

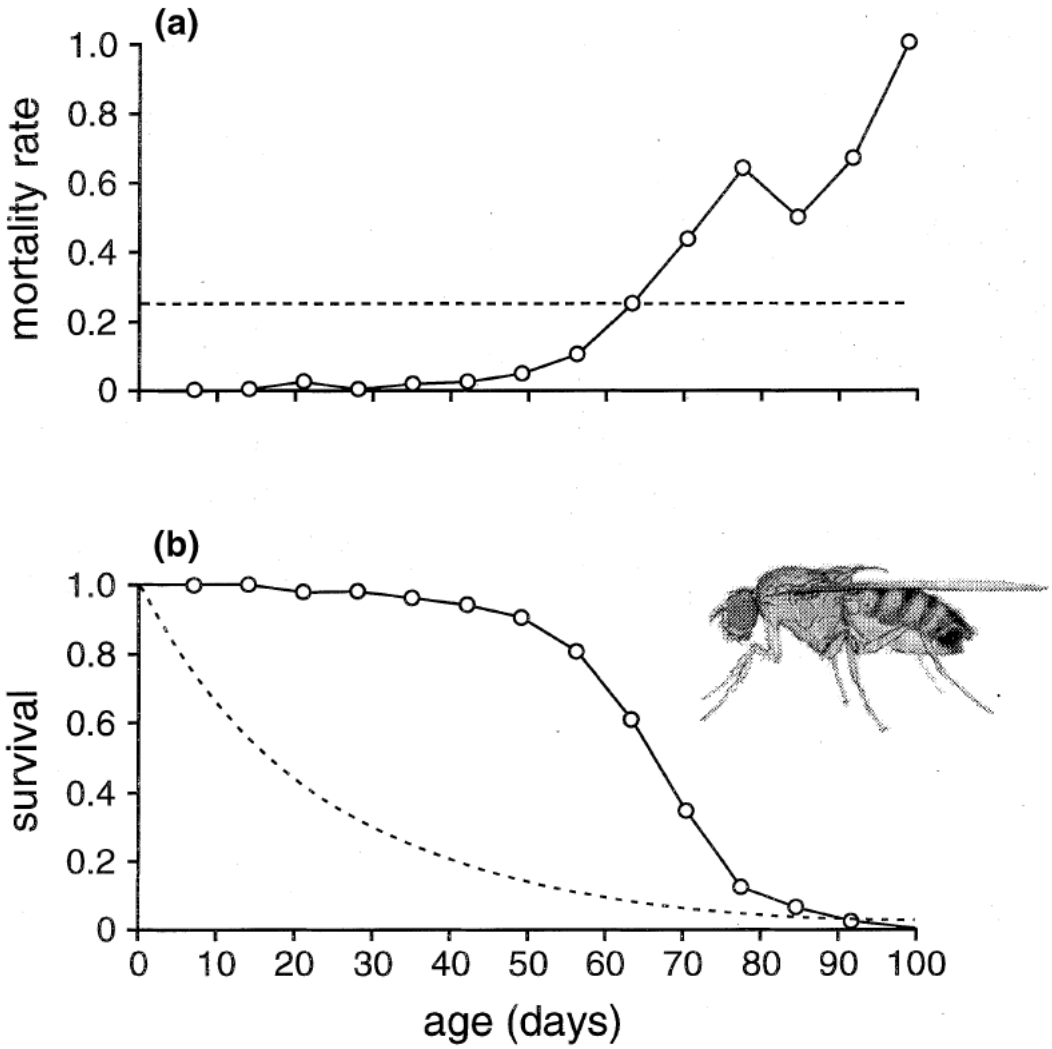
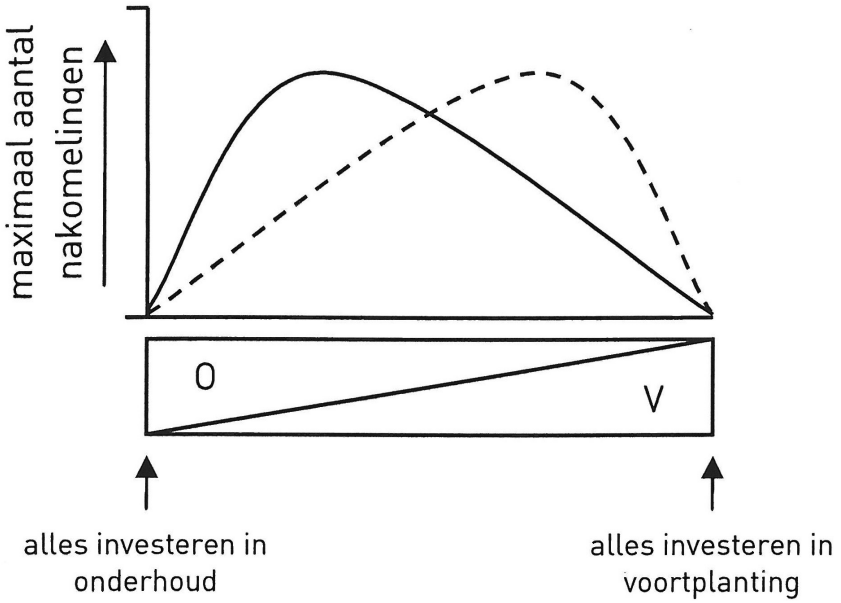


Fig. 1 Relationship between age and mortality rate (A), and between age and survival (B). The solid curve represents a population of *Drosophila melanogaster* males grown and kept at 25°C. The (exponential) increase in mortality rate with age (A) indicates the presence of ageing. For comparison the dashed curves are drawn; these represent a hypothetical non-ageing population (i.e. when the mortality rate is constant with age).

B. Natuurlijke selectie



C. Onderzoeksvoorstel

Titel onderzoek
Inleiding (ongeveer 50 woorden)
Onderzoeksvraag
Hypothese
Opzet onderzoek (inclusief materiaal en methoden)