

# PLANTEN

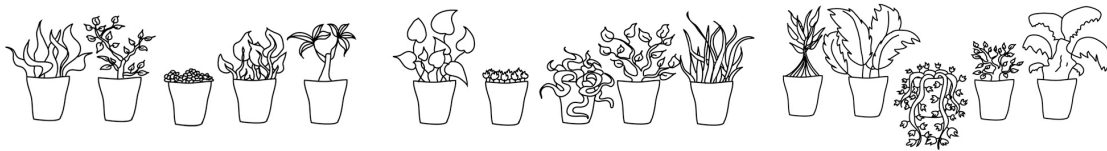
## Leerlingenhandleiding



### INHOUD

Vragen over basiskennis Planten	2
Vragen over basiskennis Energie	4
Context 1: Een plant met een gezicht	7
Context 2: Door de bril van een onderzoeker	11
Context 3: Kan niet zonder computer	





In deze module maak je gebruik van basiskennis over planten en over energie. Misschien heb je die al eerder opgedaan, misschien moet je die nog verwerven. De vragen hieronder helpen je om die basiskennis op te halen of te leren.

## BASISKENNIS PLANTEN

Lees de hoofdstukken over planten uit je biologieboek. Beantwoord daarna de volgende vragen.

**Functies van de organen:** Een bedektzadige plant heeft wortels, stengels en bladeren.

1. Noem de functies van een wortel.
2. Noem de functies van een stengel.
3. Noem de functies van een blad.

**Functies van delen van een bloem:** Bloemen kunnen stampers, meeldraden, bloembladeren en een bloembodem hebben.

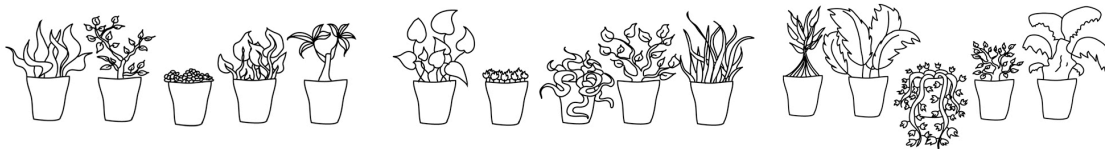
4. Beschrijf de bouw van een stamper.
5. Noem een functie van een stamper.
6. Noem een functie van een meeldraad.
7. Leg uit wat bestuiving is.
8. Leg uit wat bevruchting is.
9. Leg uit wat er in een zaad zit.

**Celgroei:** Planten groeien door celdeling, plasmagroei en celstrekking.

10. Leg uit wat plasmagroei is.
11. Leg uit wat celstrekking is.
12. Leg uit wat celdifferentiatie is
13. Leg uit wat celspecialisatie is.

**Plantenweefsels:** Planten hebben dekweefsel, vulweefsel, deelweefsel, bast en hout.

14. Noem de functies die vulweefsel kan hebben.
15. Beschrijf de route waarlangs water en mineralen door een plant getransporteerd worden.



16. Leg uit waardoor het transport door de houtvaten veroorzaakt wordt.
17. Leg uit wat de rol van de endodermis is bij het transport van water en mineralen.
18. Beschrijf het transport door de bastvaten.
19. Leg uit hoe met een watercultuur onderzocht kan worden welke mineralen een plant nodig heeft.
20. Leg uit hoe jaarringen in hout ontstaan.

**Plantenhormonen:** De groei van planten wordt geregeld door plantenhormonen.

21. Leg uit hoe plantenhormonen fototropie veroorzaken.

**Bolletjesschema:** De delen van een plant werken samen.

22. Geef een overzicht van de delen van een plant en hun functies in een bolletjesschema.

**Samenhang van fotosynthese en aërobe dissimilatie in een plant:** Bij de fotosynthese wordt  $O_2$  geproduceerd en  $CO_2$  verbruikt. Bij de aërobe dissimilatie wordt  $CO_2$  geproduceerd en  $O_2$  verbruikt.

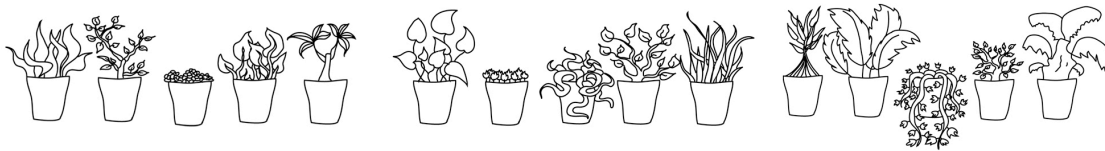
23. Leg uit wanneer een plant  $CO_2$  opneemt en wanneer hij  $CO_2$  afgeeft.
24. De  $CO_2$ -opname en -afgifte door een plant kunnen gemeten worden bij variërende lichtintensiteit. De resultaten kunnen worden weergegeven in een diagram.  
Leg uit hoe uit zo'n diagram de  $CO_2$ -productie door de dissimilatie bepaald kan worden.
25. Leg uit hoe uit zo'n diagram het  $CO_2$ -verbruik door de fotosynthese bij een bepaalde lichtintensiteit bepaald kan worden.

**Beperkende factoren voor de fotosynthese:** De intensiteit van de fotosynthese is afhankelijk van de  $CO_2$ -concentratie, de lichtintensiteit en de temperatuur.

26. Leg uit hoe uit een diagram bepaald kan worden welke van deze drie factoren bij een gegeven  $CO_2$ -concentratie, lichtintensiteit en temperatuur daadwerkelijk beperkend is voor de fotosynthese.

**Aanpassingen aan droge omstandigheden:** Planten kunnen aanpassingen hebben aan droge omstandigheden.

Noem de aanpassingen aan droge omstandigheden, die bladeren kunnen hebben.



## BASISKENNIS ENERGIE

Lees de hoofdstukken over energie in je biologieboek aandachtig door. Beantwoord daarna de volgende vragen.

**Energie:** Om te leven heeft een cel voortdurend energie nodig.

1. Leg uit wat stofwisseling is.
2. Leg wat een organische stof is.
3. Noem vier groepen van organische stoffen, die in grote hoeveelheden in cellen voorkomen.
4. Leg uit wat een exotherme reactie is.
5. Leg uit wat een endotherme reactie is.
6. Leg uit wat een gekoppelde reactie is.
7. Leg uit wat activeringsenergie is.
8. Leg uit wat een katalysator is.

**Enzymen:** In cellen komen katalysatoren voor: enzymen.

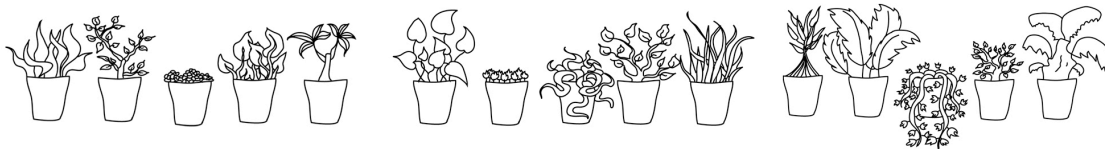
9. Leg uit dat enzymen substraatspecifiek zijn.
10. Leg uit dat enzymen reactiespecifiek zijn.
11. Leg uit hoe enzymen een naam gegeven wordt.
12. Leg uit waardoor een reactie, waarvoor de cel geen werkzaam enzym heeft, in die cel niet verlopen kan.
13. Leg uit wat een coenzym is en noem drie voorbeelden.

**Enzymketens:** Enzymen werken vaak in enzymketens.

14. Leg uit wat een enzymketen is.
15. Leg uit dat door productremming een enzymketen stil gelegd kan worden.
16. Door onderzoek met mutante bacteriën kan de volgorde worden vastgesteld, waarin de enzymen van een enzymketen werken.  
Leg uit hoe dit gedaan wordt.

**Enzymactiviteit:** De enzymactiviteit wordt beïnvloed door de temperatuur en door de pH.

17. Leg uit wat enzymactiviteit is.
18. Leg uit wat een eindpuntmeting van de enzymactiviteit is.
19. Leg uit wat een trajectmeting van de enzymactiviteit is.



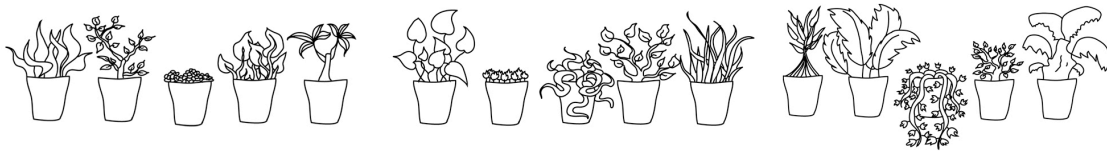
20. Noem twee effecten van temperatuurverhoging op de enzymactiviteit.
21. De resultaten van een eindpuntmeting van de enzymactiviteit tegen de temperatuur worden in een diagram uitgezet.  
Leg uit wat de maximumtemperatuur, de minimumtemperatuur en de optimumtemperatuur van het enzym is.
22. Een trajectmeting wordt gedaan bij twee verschillende temperaturen. De resultaten worden uitgezet in een diagram.  
Leg uit waardoor de lijn die de resultaten bij de hoogste temperatuur weergeeft, het steilst oploopt en het eerst horizontaal gaat lopen.
23. Een eindpuntmeting wordt eerst na 30 minuten inwerken van het enzym gedaan en daarna nog een keer na 60 minuten. Het optimum ligt na 30 minuten inwerken hoger dan na 60 minuten inwerken.  
Leg uit waardoor dat komt.

**Dissimilatie:** Dissimilatie levert energie in een voor de cel bruikbare vorm.

24. Leg uit wat dissimilatie is.
25. Noem de vier deelprocessen van de aerobe dissimilatie van glucose.
26. Noem voor elk deelproces de plaats in de cel, waar het gebeurt.
27. Leg uit dat er bij de aerobe dissimilatie van glucose 36 moleculen ATP per molecuul glucose geproduceerd worden.
28. Leg uit hoe bij de oxidatieve fosforylatie in de mitochondriën ATP geproduceerd wordt.

**Fotosynthese:** Fotosynthese produceert organische stoffen.

29. Leg uit wat een autotroof organisme is.
30. Leg uit wat een heterotroof organisme is.
31. Bij de fotosynthese zijn er lichtreacties. Leg uit of die in het licht en of die in het donker kunnen gebeuren.
32. Bij de fotosynthese zijn er donkerreacties. Leg uit of die in het licht en of die in het donker kunnen gebeuren.
33. Leg uit welke stoffen er bij de lichtreacties geproduceerd worden.
34. Leg uit welke drie deelprocessen er zijn bij de donkerreacties.
35. Leg uit welke golflengten van het licht vooral geabsorbeerd worden bij de fotosynthese.
36. Geef een netto reactievergelijking van de fotosynthese.



**Assimilatie:** Assimilatie maakt uit de producten van de fotosynthese of uit verteringsproducten van het voedsel bouwstenen voor macromoleculen, macromoleculen en delen van cellen.

37. Leg uit assimilatie is.

38. Leg uit wat een macromolecuul is.

39. Leg wat een polymeer is.

40. Noem de mineralen die een plant moet opnemen om eiwitten te kunnen maken.

41. Noem de mineralen die een plant moet opnemen om nucleïnezuren te kunnen maken.

**Anaerobe dissimilatie:** Dissimilatie kan ook anaeroob.

42. Leg uit wat anaerobe dissimilatie is.

43. Leg uit waardoor bij anaerobe dissimilatie alleen de glycolyse mogelijk is.

44. Leg uit hoeveel de ATP-opbrengst bij anaerobe dissimilatie van glucose minder is dan bij aerobe dissimilatie.

45. Noem twee soorten anaerobe dissimilatie van glucose met hun eindproducten.

46. Noem drie processen van voedselbereiding, waarbij anaerobe dissimilatie gebruikt wordt.

**Dissimilatie van vetten en eiwitten:** Vetten en eiwitten kunnen ook gedissimileerd worden.

47. Leg uit welke afbraakproducten er ontstaan bij de verbranding van eiwitten.

48. Leg uit wat het respiratoir quotiënt is.

49. Leg uit waardoor het respiratoir quotiënt van vetten kleiner is dan van glucose.

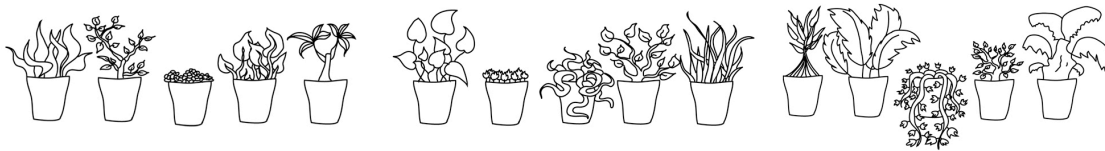
50. Leg uit wat het basaal metabolisme is.



# Context 1

## EEN PLANT MET EEN GEZICHT





## PLANTEN

Zestien miljoen mensen, op een heel klein stukje aarde. Nederland lijkt vol, niet alleen met mensen maar ook met miljoenen kippen, varkens, koeien, katten. We zijn overdekt met bacteriën, van de ene naar de volgende verkoudheidspatiënt zweven virussen en als we boterhammen in een zakje ergens een tijdje laten liggen, zit er helemaal schimmel op. Holland, heb ik me laten vertellen, komt van houtland. Hout zoals in Leidse of Haagse hout, dat wil zeggen bos. Het meeste van dat bos is gekapt, maar als de mensen het land met rust lieten, zou er over honderd jaar weer overal bos staan. Bomen, vooral in de winter, zien er nogal dood uit. Bomen leveren hout, dat gebruikt wordt voor kozijnen, deuren, meubels, brandhout. Maar bomen leven, net als alle andere planten.

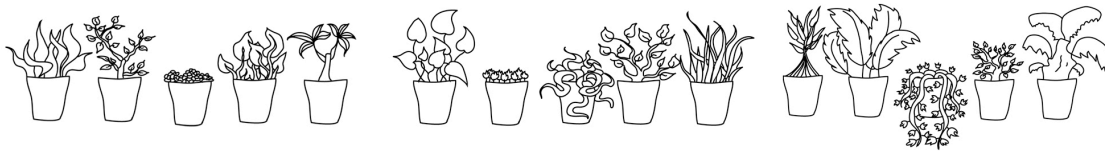
Planten zitten wel heel anders in elkaar dan dieren. Ze doen ook anders. Alle zuurstof in de lucht is door planten gemaakt. Bijna alle organismen verbruiken zuurstof, maar alleen planten kunnen nieuwe maken. Alle organismen hebben organische stoffen, zoals suikers, eiwitten en vetten, nodig om te leven. Alleen planten kunnen die stoffen nieuw maken. Planten zijn anders dan wij, maar wel onmisbaar voor ons leven.

### Opdracht: Presentatie over een plant

Door een presentatie te maken, proberen we een betere voorstelling te krijgen van planten. Hoe ze zijn, wat ze doen, wat de belangrijke dingen in een plantenleven zijn.

- Werk in groepjes van drie of vier.
- Kies een plantensoort die als sierplant of voedingsgewas of voor andere doeleinden gekweekt wordt. Het moet een plant zijn waar jullie op de een of andere manier iets mee hebben of voor voelen. Wat je er mee hebt of voor voelt is een belangrijk punt om te vertellen in de presentatie.
- Kleet de presentatie in alsof je plant bij een kennismakingsronde moet vertellen wie hij is en hoe hij in het leven staat. Daarbij is het vooral interessant die dingen te vertellen, die anders zijn dan bij dieren zoals wij mensen.
- Punten die de plant ter sprake kan brengen, zijn:
  - het gebied waar hij oorspronkelijk voorkomt
  - het klimaat en andere milieuomstandigheden waaronder hij oorspronkelijk groeit
  - de relaties die de plant heeft met andere organismen in het gebied waar hij vandaan komt
  - zijn wetenschappelijke naam en plaats in de taxonomie
  - zijn bouw, eventueel met bloeiwijze, vruchtvorming etc.
  - zijn levenscyclus, bloeiperiode, wat er aan hem verandert in de loop van een jaar
  - speciale aanpassingen die hij heeft
  - de eigenschappen waarom de plant gekweekt wordt
  - waar de producten die de plant levert, voor te gebruiken zijn
  - aanbevelingen voor zijn verzorging, standplaats, voeding
  - de manier waarop hij vermeerderd wordt
  - welke ziekten of parasieten hij kan krijgen en hoe die te bestrijden zijn.





## Aanwijzingen voor het houden van de presentatie

De presentaties worden gehouden in lokaal **XX**. Er is een laptop met beamer om de voordracht te kunnen ondersteunen met Powerpoint. De geplande duur van iedere presentatie is maximaal 10 minuten, waarna er ongeveer 5 minuten gelegenheid is voor het stellen van vragen. Het is mogelijk om handouts te maken van je presentatie.

Het beste is om bij de voordracht een lijst met punten te gebruiken om je verhaal vast te houden. Voorlezen maakt een onnatuurlijke indruk. De Powerpoint dia's zijn bedoeld om de lijn in je verhaal te ondersteunen en om het je publiek makkelijker te maken die lijn vast te houden. Ook kan je er diagrammen, plaatjes en andere illustraties mee laten zien.

Bedenk dat je in een team werkt. Jouw prestatie beïnvloedt die van de anderen. Maak goede afspraken en kom die na. Niet iedereen is overal even goed in. Maak een werkverdeling die daar rekening mee houdt en werk zo goed mogelijk mee.

## Opbouw van de presentatie

- Laat je eerste twee zinnen geen belangrijke informatie bevatten, het duurt even voor je publiek bij de les is. Zorg wel dat je iets zegt, waardoor ze nieuwsgierig worden om te luisteren.
- Laat de eerste dia de titel weergeven van je presentatie met jullie namen en de tweede de indeling van het verhaal. Vertel waarom je het zo ingedeeld hebt.
- Geef het tijdens de presentatie steeds aan als je aan een volgend onderwerp begint.
- Overschat de kennis van je publiek niet.
- Overlaad je publiek niet met droge opsommingen en grote hoeveelheden feiten. Houd het overzichtelijk.
- Laat je publiek rustig naar de dia's kijken, zeg twee minuten. Als het iets ingewikkelds is, nog langer.
- Ga niet terug met de dia's. Als je een dia twee keer nodig hebt, neem hem dan ook twee keer op in je presentatie.
- Eindig met een korte weergave van je conclusies. Gebruik je laatste dia om die conclusies op te zetten.



### Vormgeving van de dia's

- Houd de tekst zo kort mogelijk: alleen de hoofdpunten, met niet meer dan 20 woorden per dia.
- Controleer of je tekst goed te lezen is.
- Houd plaatjes en grafieken zo simpel mogelijk.
- Gebruik niet te veel kleuren, niet alle kleuren zijn even goed te zien.

### Uitspreken van de presentatie

- Zet de nummers van de dia's in de aantekeningen aan de hand waarvan je spreekt. Zo weet je bij welke dia ze horen. Maak anders bij iedere dia een aparte kaart met aantekeningen.
- Zorg dat je aantekeningen voor je zelf duidelijk te lezen zijn.
- Houd de gang er in als je praat, maar ga ook niet te vlug. Sta rechtop en praat duidelijk. Spreek naar het publiek toe.
- Spreek op toon. Gebruik alleen moeilijke woorden als dat nodig is. Houd je zinnen kort.
- Houd oogcontact met het publiek. Kijk niet alleen maar naar je aantekeningen. Kijk rond, niet alleen naar één hoek van het lokaal.
- Spreek ook met lichaamstaal, maar overdrijf het niet. Frommel nergens aan en doe ook niets anders dat je publiek zou kunnen afleiden.
- Je eerste zinnen bepalen hoe je publiek naar je gaat luisteren, je laatste zinnen welk beeld er bij ze blijft hangen. Leer die zinnen uit je hoofd.
- Oefen je voordracht. Let daarbij ook op de tijdsduur. Laat de anderen van je groepje kijken aan welke punten hierboven je je niet houdt. Verdeel je tijd evenwichtig over de delen van je presentatie.

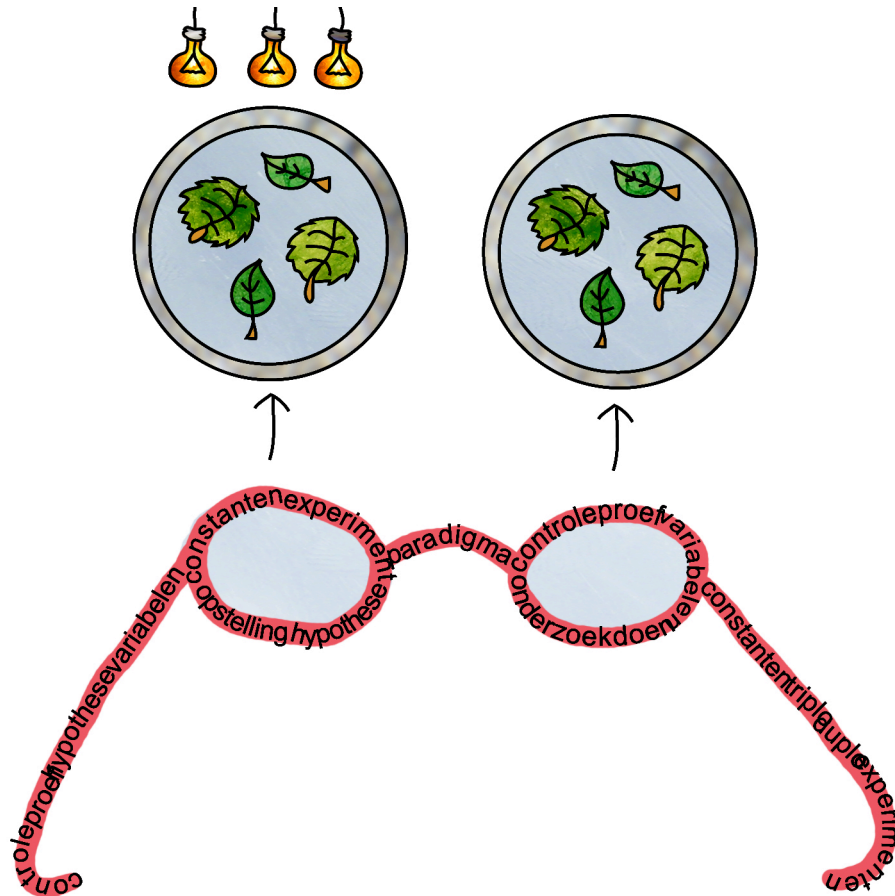
### Vragen beantwoorden

- Denk er over na wat voor vragen je kan verwachten. Denk ook vast over mogelijke antwoorden.
- Als je geen antwoord weet op een vraag, zeg dat dan gewoon.
- Vermijd gedetailleerde discussies, dat kan beter later met alleen geïnteresseerden.
- Wees vriendelijk, serieus en open tegen je vragenstellers.

**Veel succes!**

# Context 2

## DOOR DE BRIL VAN EEN ONDERZOEKER





## BIOLOGISCH ONDERZOEK

Biologische onderzoekers hebben in de loop van de tijd heel veel onderzoeksresultaten bij elkaar gebracht. Voor die resultaten hebben ze geprobeerd verklaringen te geven. En hebben ze theorieën opgesteld om van die verklaringen een overtuigend geheel te maken.

De biologie is al in de Griekse oudheid begonnen, maar het meeste wat we weten, is in de laatste anderhalve eeuw ontdekt. Die nieuwe biologische kennis heeft het leven van de mensen de afgelopen tijd op heel veel manieren veranderd.

### Natuurwetenschap

Biologie is een *natuurwetenschap*. Een natuurwetenschap haalt veel van zijn kennis uit experimenten. Met een experiment onderzoek je het verband tussen een oorzaak en een gevolg. Als onderzoeker probeer je het verloop van een experiment en alle omstandigheden die er invloed op zouden kunnen hebben, zoveel mogelijk in de hand te houden. Bij een experiment laat je de natuur niet zijn gang gaan, maar je grijpt in. Je hebt allerlei materialen en instrumenten nodig, die vaak speciaal voor je experimenten ontworpen en gemaakt moeten worden.

Deze lessenserie gaat over het uitvoeren van experimenten. Jullie doen een **experimenteel onderzoek**, op de manier van biologische onderzoekers.

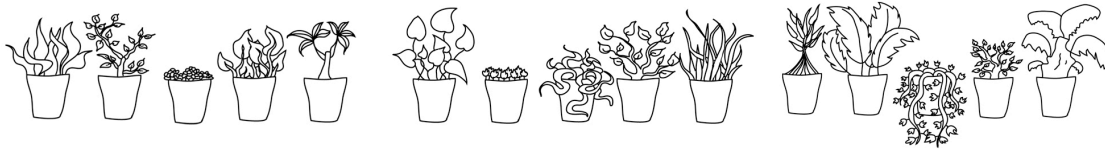
### Samenwerkingsvorm, lokaal en tijdschema

- Jullie werken in groepen van drie of vier.
- Het onderzoek voeren jullie uit in lokaal **xx**.
- Jullie hebben acht lessen voor het doen van het experiment en het maken van het verslag.
  - Lesuur 1 en 2 oefenen jullie per groep met een meettechniek.
  - Lesuur 3 maken jullie een opzet en planning van jullie onderzoek.
  - Lesuur 4 doen jullie de voorbereiding.
  - Lesuur 5 en 6 doen jullie het onderzoek.
  - Lesuur 7 en 8 maken jullie het verslag.

### Inleveren

Er zijn vijf inlevermomenten:

- aan het eind van lesuur 1. Jullie leveren je resultaten van de oefenmeting in.
- aan het eind van lesuur 2. Jullie leveren je resultaten van het oefenexperiment in.
- aan het eind van lesuur 3. Jullie leveren de jullie opzet en planning in.
- aan het eind van lesuur 6. Jullie leveren je meetresultaten in.
- aan het eind van lesuur 8. Jullie leveren jullie verslag in.



## DOEN VAN ONDERZOEK

Biologische onderzoekers hebben vaak verschillende meningen over hun vak. Maar op de achtergrond delen ze een aantal basisideeën over hoe je het onderzoek in de biologie moet aanpakken. Die gemeenschappelijke basisideeën worden een *paradigma* genoemd. Biologische onderzoekers werken allemaal binnen hetzelfde paradigma. Volgens het paradigma van de biologie kunnen alle biologische waarnemingen met scheikunde, natuurkunde of met natuurlijke selectie verklaard worden. Andere verklaringen bestaan er niet voor een bioloog. Soms is er niet direct een verklaring te vinden voor het resultaat van een experiment of een andere waarneming. Biologen kunnen dan jaren geduldig wachten, totdat iemand wel met een oplossing komt die past in het paradigma. Alleen in heel bijzondere gevallen verandert het paradigma. Een voorbeeld daarvan is de invoering van de evolutietheorie.

### Experimenten

Het paradigma schrijft ook voor hoe biologen waarnemingen moeten doen en experimenten uitvoeren. Als je een experiment doet, onderzoek je de invloed van een *onafhankelijke* variabele (bijvoorbeeld de lichtintensiteit) op een *afhankelijke* variabele (bijvoorbeeld het koolstofdioxideverbruik). Je wilt dan wel zeker weten dat er geen andere omstandigheden zijn die je metingen beïnvloeden. Bij een experiment moet je daarom alle dingen waarvan je denkt dat ze het resultaat kunnen veranderen, *constant* houden. Je moet bijvoorbeeld al je metingen van het koolstofdioxide-verbruik bij dezelfde temperatuur doen.

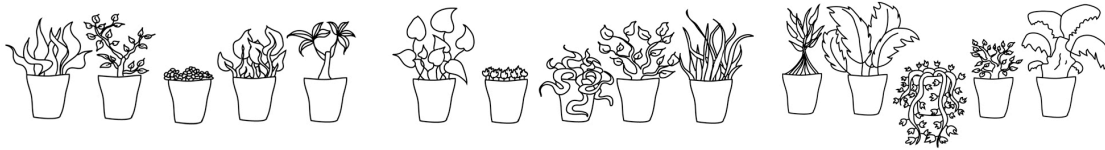
Verder moet je in veel gevallen blanco's of *controleproeven* opnemen. Een blanco sluit uit dat je in plaats van de invloed van de onafhankelijke variabele die van iets anders meet. De lamp die je gebruikt geeft bijvoorbeeld behalve licht ook warmte. Je moet dus ook metingen doen met een warme lamp, zonder dat er licht op je plant valt. Als je resultaten nu hetzelfde zijn als met licht, dan is het heel goed mogelijk dat je de invloed van warmte meet in plaats van die van licht.

Wanneer je je experiment herhaalt, geeft dat niet altijd dezelfde uitkomst. Je planten kunnen bijvoorbeeld genetisch verschillen. De ene lamp geeft net even ander licht dan een andere. Om die reden moet je metingen *altijd meer dan één keer* uitvoeren. In duplo (2x) of triplo (3x), bijvoorbeeld.

### Verklaringen

Volgens het paradigma moet je zoeken naar verklaringen, die een *oorzaak* geven. Dat het hart klopt doordat speciaal zenuwweefsel de spiercellen van het hart in een bepaalde volgorde laat samentrekken, is een goede verklaring. Dat het hart klopt om je bloed rond te pompen niet. Die verklaring geeft namelijk een doel en geen oorzaak. Dat je bloed rond stroomt door de werking van je hart, is wel een oorzakelijke verklaring.

Een verklaring kan in de vorm van een wiskundige formule. Zo'n verklaring heet een *wet*, bijvoorbeeld de wet van Fick.



Een *theorie* is een samenhangend geheel van verklaringen, bijvoorbeeld de evolutietheorie.

## Hypothesen

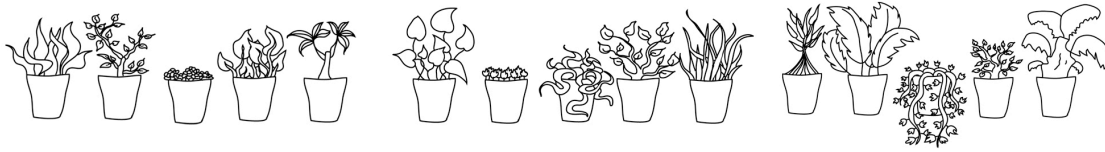
Soms is er voor een waarneming geen verklaring bekend. Dan kan je als onderzoeker daar een voorstel voor doen. Een verklaring die goed zou kunnen zijn, maar waar je niet zeker van weet of dat zo is, noem je een *hypothese*.

Als een hypothese juist is, zijn er met die hypothese nieuwe waarnemingen te bedenken die nog niet gedaan zijn. Anders gezegd, je kan op grond van de hypothese de uitkomst van een nieuw experiment voorspellen. Door te kijken of die voorspelling uitkomt, kan je testen of de hypothese juist is. Je moet daarvoor bedenken hoe je het nieuwe experiment kunt doen, het uitvoeren en zien of je de voorspelde waarneming doet.

Wanneer je dat experiment doet en het geeft de voorspelde uitkomst, dan bevestigt dit je hypothese. Geeft het een andere uitkomst, dan is je hypothese waarschijnlijk niet juist. Een voorbeeld. Bladeren van planten zijn meestal groen. Dat zou verklaard kunnen worden doordat planten voor de fotosynthese geen groen maar rood licht gebruiken. Als deze hypothese juist is, zullen planten met zuiver groen licht weinig of geen  $O_2$  produceren en met zuiver rood licht veel.

Soms zijn er twee verschillende hypothesen om een waarneming te verklaren. Je moet dan een experiment ontwerpen, dat wanneer de éne hypothese juist is een ander resultaat geeft dan wanneer de andere juist is. Dat experiment bepaalt dan welke hypothese de beste is. Bijvoorbeeld: planten gebruiken voor de fotosynthese  $H_2O$  en  $CO_2$  en produceren  $O_2$ . Je kunt je afvragen of de  $O_2$  afkomstig is van  $H_2O$  of van  $CO_2$ . Je laat dan één plant  $H_2O$  met gelabelde zuurstof gebruiken voor de fotosynthese en een andere plant  $CO_2$  met gelabelde zuurstof. Als de eerste plant gelabelde  $O_2$  produceert en de tweede niet, dan komt de  $O_2$  van  $H_2O$  en niet van  $CO_2$ .





## ONTWERP EN PLANNING VAN EEN EXPERIMENT

Hieronder staan aanwijzingen voor het ontwerpen en plannen van jullie experiment. Met het experiment wil je andere onderzoekers zo goed mogelijk overtuigen dat jouw hypothese juist is. Je moet je experiment dus zo opzetten dat ook de meest kritische onderzoeker het met jouw conclusie wel eens moet zijn. Houd dat voor ogen bij je ontwerp.

### 1. Wat ga je doen

- 1.1 Verzamel en lees zoveel mogelijk achtergrondinformatie over je onderzoeksterrein.
- 1.2 Zoek een waarneming, waar je een verklaring voor zou willen vinden. Welke verklaring er is voor die waarneming, is je *onderzoeksvraag*. Stel een hypothese op, die deze waarneming naar jouw oordeel verklaart. Die *hypothese* is een mogelijk antwoord op je onderzoeksvraag.
- 1.3 Leid uit de hypothese een voorspelling af, die je met een experiment kunt testen. De voorspelling geeft de relatie weer die je verwacht tussen een *onafhankelijke* en een *afhankelijke* variabele. Denk goed na welke variabelen je kiest.
- 1.4 Zoek een techniek om de afhankelijke variabele te meten. Controleer of de techniek geschikt is voor je experiment. Kan je er bijvoorbeeld voor jouw experiment nauwkeurig genoeg mee meten?
- 1.5 Zoek een manier om de onafhankelijke variabele in te stellen en bedenk een opstelling waarin je de invloed van deze variabele kunt meten.

### 2. Ontwerp van het experiment

- 2.1. Bedenk welke materialen en apparaten je nodig hebt. Controleer tijdig of je er aan komen kunt en of je er mee om kunt gaan. Zoek uit welke veiligheidsvoorschriften er voor het gebruik zijn.
- 2.2. Bedenk welke omstandigheden de metingen kunnen beïnvloeden. Deze omstandigheden moet je dan constant houden.
- 2.3. Bedenk welke controleproeven je nodig hebt om zeker te zijn dat je de invloed van de gekozen onafhankelijke variabele meet.
- 2.4. Besluit hoe vaak je de metingen wilt herhalen. Hoe meer hoe beter, maar het moet wel uitvoerbaar blijven. Soms is in duplo genoeg, maar niet altijd.
- 2.5. Voer de experimenten in een toevalsvolgorde uit. Het zou kunnen dat je met een apparaat meet, dat heel langzaam andere uitslagen gaat geven.



De blaadjes aan de ene kant van de boom zouden groter kunnen zijn dan aan de andere kant.

### 3. Voorbereiding

- 3.1. Maak een lijst van alles wat je nodig hebt. Sommige dingen moeten besteld worden. Vraag aan de Toa of dat gedaan kan worden. Oplossingen moet je van tevoren maken. Je moet de apparaten, die je gaat gebruiken, kunnen bedienen. Kan je dat niet, dan moet je dat oefenen.
- 3.2. Bedenk waar je je proef wilt uitvoeren en wanneer. Maak daar afspraken over. Vraag of je ruimtes en materialen, die je nodig hebt, kunt reserveren.
- 3.3. Maak een tijdschema. Sommige dingen kunnen best lang duren. Dan moet je wachten. Bedenk iets wat je in die tijd kunt doen. Op andere momenten moet je heel veel in korte tijd doen. Regel dan hulp of probeer het werk anders te organiseren.
- 3.4. Doe een proefexperiment, om te kijken of het lukt.

### 4. Uitvoering

- 4.1. Denk altijd bij het doen van proeven aan je eigen veiligheid en die van anderen. Leef veiligheidsvoorschriften na.
- 4.2. Schrijf alles wat je doet in een *logboek*.
- 4.3. Noteer je resultaten overzichtelijk en nauwkeurig. Noteer ook dingen die je niet verwacht. Die kunnen achteraf heel interessant blijken te zijn.
- 4.4. Herhaal het experiment als dat mogelijk is.
- 4.5. Ruim op. Maak alle apparaten en alle materialen die opnieuw gebruikt kunnen worden, schoon. Breng alles terug naar waar het vandaan komt. Meld beschadigingen. Gooi afval op een verantwoorde manier weg. Overleg hoe je dat doet en maak daar afspraken over.



## BIOCHEMISCH ONDERZOEK

Een cel bevat monosachariden, vetzuren, aminozuren en nucleotiden. Bij de *assimilatie* maakt hij uit deze bouwsteentjes koolhydraten, vetten, eiwitten en nucleïnezuren. Daaruit bouwt hij celorganellen op.

Een deel van die bouwsteentjes wordt gedissimileerd. Door *dissimilatie* komt een cel aan ATP, dat de energie levert die de cel voor van alles nodig heeft.

In de nucleïnezuren in de cel zit de *informatie* waardoor zijn dissimilatie, assimilatie, groei en deling mogelijk worden.

Al de scheikundige reacties bij elkaar waardoor een cel leeft, groeit en soms deelt, zijn de *stofwisseling* van de cel. Een biochemicus onderzoekt hoe deze reacties allemaal verlopen.

Een biochemicus doet experimenten. Met een experiment wordt het verband tussen een oorzaak en een gevolg onderzocht. De onderzoeker kan bijvoorbeeld de anaërobe dissimilatie van gistcellen willen onderzoeken. Hij kan dan de ethanolproductie van gistcellen meten bij verschillende temperaturen. Hij laat dan zien dat een andere temperatuur een hogere of lagere ethanolproductie en dus meer of minder dissimilatie, veroorzaakt.

Voor dit experiment heeft de onderzoeker een techniek nodig om het ethanolproductie van gistcellen te meten. Als hij die techniek ontwikkeld heeft, kan hij daarmee de invloed van allerlei omstandigheden op de dissimilatie van gist onderzoeken.

### Opdracht: Lipaseactiviteit

Jullie gaan werken als biochemisch onderzoeker. Je neemt als meettechniek de meting van de *lipaseactiviteit*.

Je zorgt dat je de materialen en de handigheid krijgt om die meting uit te voeren.

Daarna kies je een variabele die de lipaseactiviteit zou kunnen beïnvloeden.

Vervolgens herhaal je de meting van de lipaseactiviteit met andere waarden van die variabele dan bij je eerste meting.



## METING VAN LIPASEACTIVITEIT

*Lipase* is het enzym dat vet en olie verteert. Het splijt vetzuren af van triglyceriden. De hoeveelheid triglyceride die in een bepaalde meetperiode door een lipase-oplossing wordt omgezet, is de *lipaseactiviteit* van die oplossing.

Om de lipaseactiviteit te bepalen voeg je lipase toe aan een mengsel waar triglyceriden in zitten. De lipase gaat dan het vet of de olie afbreken. Aan het eind van de van te voren vastgestelde meetperiode meet je hoeveel vetzuren er in het reactiemengsel zitten. Dan bereken je de lipaseactiviteit. Dat is de hoeveelheid vetzuren die per tijdseenheid vrij komt. De eenheid voor de lipaseactiviteit is mg/min of mol/uur.

### Titratie

Een hoeveelheid vetzuur kan je meten door *titratie*. Bij zo'n titratie laat je uit een *buret* een oplossing van een base in de oplossing met het vetzuur lopen. Bij het zuur is een indicator gedaan, die verkleurt als al het zuur geneutraliseerd is. Met de begin en de eindstand van de buret kan je de hoeveelheid base uitrekenen, die nodig is om het zuur te neutraliseren. Met die hoeveelheid base reken je uit hoeveel zuur er in je oplossing zat.

Voordat jullie het echte experiment doen, oefenen jullie het eerste lesuur met titreren.

## UITVOERING

### 1 Oefenmeting

Materialen	
• buret	• HCl (0,1 M)
• trechter	• pasteurpipet
• NaOH (0,1 M)	• fenolftaleïneoplossing (1%)
• erlenmeyer (100 ml)	• HCl (? M)
• pipet (10 ml) of maatcilinder (25 ml)	

### Proef 1

Met proef 1 oefen je het gebruik van de buret.

1. Vul de buret met NaOH (0,1 M). Gebruik de trechter om niet te morsen. Het niveau van de vloeistof hoeft niet precies op nul te komen staan, ergens daar vlak onder is goed genoeg.
2. Doe precies 10 ml HCl (0,1 M) in de erlenmeyer. Pipetteer of gebruik de maatcilinder.
3. Druppel met de pasteurpipet 2 druppels fenolftaleïne in de erlenmeyer.



4. Zet de erlenmeyer onder de buret.
5. Lees de stand van de NaOH af en schrijf die op.
6. Laat een paar druppels NaOH uit de buret in de erlenmeyer lopen. Op de plaats van de druppels wordt de vloeistof in de erlenmeyer roze.
7. Zwenk de erlenmeyer tot de roze kleur verdwenen is.
8. Herhaal dit tot de roze kleur niet meer verdwijnt. Wees op het eind voorzichtig met druppelen. Doe één druppel tegelijk.
9. Lees nu de stand af van de NaOH in de buret.
10. Bereken hoeveel NaOH je hebt toegevoegd.

## Proef 2

Met proef 2 bepaal je de concentratie van een HCl-oplossing.

1. Vul de buret bij met NaOH (0,1 M) als dat nodig is.
2. Doe precies 10 ml HCl (? M) in de erlenmeyer. Pipetteer of gebruik de maatcilinder.
3. Druppel met de pasteurpipet 2 druppels fenolftaleïne in de erlenmeyer.
4. Zet de erlenmeyer onder de buret.
5. Lees de stand van de NaOH af en schrijf die op.
6. Laat een paar druppels NaOH uit de buret in de erlenmeyer lopen. Op de plaats van de druppels wordt de vloeistof in de erlenmeyer roze.
7. Zwenk de erlenmeyer tot de roze kleur verdwenen is.
8. Herhaal dit tot de roze kleur niet meer verdwijnt. Wees op het eind voorzichtig met druppelen. Doe één druppel tegelijk.
9. Lees nu de stand af van de NaOH in de buret.
10. Bereken hoeveel NaOH je hebt toegevoegd.
11. Bereken de concentratie van de HCl-oplossing in mol/liter.

## Inleveren 1

Lever aan het eind van het **eerste lesuur** jullie resultaten van proef 1 en proef 2 in.



## 2 Oefenexperiment: Lipaseactiviteit

Het **tweede lesuur** doen jullie het experiment, waarin je de lipaseactiviteit meet.

Materialen	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 reageerbuizen</li> <li>• reageerbuisrek</li> <li>• maatpipet (1ml)</li> <li>• 1 maatpipet (5ml)</li> <li>• olijfolie</li> <li>• demiwater</li> <li>• pancreatineoplossing (4%)</li> <li>• vortexmixer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• waterbad (37°C)</li> <li>• buret</li> <li>• trechter</li> <li>• NaOH (0,05 M)</li> <li>• 4 erlenmeyers (100 ml)</li> <li>• fenolftaleïneoplossing (1%)</li> <li>• pasteurpipet</li> </ul>

*Pancreatine* is alvleeskliersap. Daarin zit onder andere lipase.

### Uitvoeren van het experiment

1. Merk de reageerbuizen en nummer ze 1 en 2.
2. Zet de buizen in het reageerbuisrek.
3. Gebruik de 1 ml pipet voor het pipetteren van de olijfolie.
4. Gebruik de 10 ml pipet eerst voor het pipetteren van het demiwater en daarna voor dat van de pancreatineoplossing.
5. Vul de reageerbuizen volgens de tabel hieronder:

buis	olijfolie	demiwater	pancreatine-oplossing
1	0,5 ml	9,5 ml	-
2	0,5 ml	4,5 ml	5 ml

6. Meng de inhoud van de buizen met de vortexmixer.
7. Zet de buizen 15 minuten in het waterbad.
8. Vul de buret met NaOH (0,05 M). Gebruik de trechter om niet te morsen. Het niveau van de vloeistof hoeft niet precies op nul te komen staan, ergens daar vlak onder is goed genoeg.
9. Merk de erlenmeyers 1 en 2.
10. Haal na 15 minuten de reageerbuizen uit het waterbad en giet de inhoud in de erlenmeyer met hetzelfde nummer.
11. Doe met de pasteurpipet in iedere erlenmeyer twee druppels fenolftaleïneoplossing.





12. Titreer de buizen met de NaOH-oplossing in de buret. Schrijf voor iedere buis de begin- en de eindstand van de NaOH-oplossing op.

### Inleveren 2

Lever aan het eind van het **tweede lesuur** jullie resultaten van het oefenexperiment in.

### 3 Uitvoeren van een onderzoek naar een factor die de lipaseactiviteit beïnvloedt

Het **derde lesuur** maken jullie een **opzet** en **planning** van het experiment dat je gaat doen.

- Bedenk van welke onafhankelijke variabele je de invloed op de lipaseactiviteit wilt onderzoeken.
- Bedenk hoe je verschillende waarden van die onafhankelijke variabele kunt krijgen.
- Bedenk welke andere omstandigheden je meting kunnen beïnvloeden en hoe je die omstandigheden bij het uitvoeren van het experiment zo constant mogelijk kunt houden.
- Maak een lijst met materialen en instrumenten die je voor je experiment nodig hebt.
- Ga na of voor de materialen of instrumenten die je wilt gebruiken veiligheidsvoorschriften zijn. Zo ja, ga na hoe je je daar aan kunt houden.
- Maak een tijdschema. Verdeel het werk zo goed mogelijk.
- Maak afspraken met je leraar en de TOA over de materialen en instrumenten die je wilt gebruiken.
- Maak afspraken met je leraar en de TOA over tijden waarop en plaatsen waar je aan het experiment wilt werken.

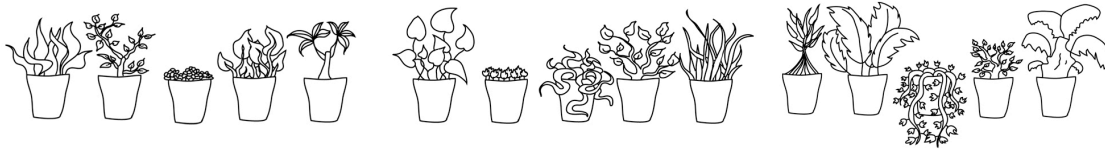
### Inleveren 3

Lever aan het eind van het **derde lesuur** jullie planning van het experiment in.

Het **vierde**, **vijfde** en **zesde lesuur** voeren jullie je experiment uit.

### Inleveren 4

Lever aan het eind van het **zesde lesuur** jullie resultaten van het experiment in.



Het **zevende** en **achtste lesuur** maken jullie het verslag.

In dat verslag staat het volgende:

- Een *beschrijving* van de techniek zoals je hem hebt uitgevoerd  
Met deze beschrijving moet de techniek een volgende keer probleemloos, ook door een ander, uitgevoerd kunnen worden. Vertel niet alleen hoe het werkt. Geef ook tips en trucs, handigheidjes die je ontdekt hebt en die de uitvoering makkelijker maken. Vermeld van alles wat nodig is, hoe het te verkrijgen is. Waarschuw voor mogelijk gevaar. Zet er bij uit welke bronnen je je informatie hebt.
- De *planning* van het experiment  
Beschrijf de planning aan de hand van de punten 1.5, 2.2, 3.1 en 3.3 onder *Planning van een experiment* op bladzij 15 en 16.
- De *resultaten*  
Geef de meetresultaten in de vorm van een tabel en een diagram. Vermeld de conclusie(s) die je uit je experiment trekt.
- Een *bespreking* van het belang van het onderzoek
- Als biochemisch onderzoeker krijg je e-mailtjes van vwo-leerlingen, die meer willen weten over je onderzoek. Antwoord ze met een beknopt overzicht van wat er op je vakgebied voor onderzoek wordt gedaan. Zorg daarbij voor voldoende uitleg. Geef die uitleg aansluitend bij een conceptmap die je maakt van basisstof 1 en 2 van thema 3 van hun leerboek *Biologie voor jou* deel 5V. Maak ze duidelijk hoe jouw werk binnen het biochemisch onderzoek past en wat je over de werking van lipase te weten wilt komen. Leg uit waarom je het belangrijk vindt dat te weten. Geef voorbeelden van praktische toepassingen die door je onderzoeksresultaten mogelijk worden.

#### Inleveren 4

Lever aan het eind van het **achtste lesuur** jullie verslag in.

#### BEOORDELING

Voor de opdracht krijgen jullie een groepsbeoordeling. Die is gebaseerd op:

- hoe goed jullie de uitvoering van de meettechniek beschreven hebben
- hoe goed jullie je experiment opgezet en gepland hebben
- hoe goed jullie je resultaten hebben weergegeven
- hoe volledig en juist jullie conclusies uit je resultaten zijn
- hoe juist en volledig jullie conceptmap is
- hoe goed jullie overzicht is van de doelen en het belang van het onderzoek dat op dit vakgebied wordt gedaan.

# Context 3

## KAN NIET ZONDER COMPUTER



## Paprika kan niet zonder computer

Ik heb al tien jaar geen paprika meer geplukt. Aldus paprikateler Michel van Ruijven uit Steenberg, die aan het hoofd staat van een nagenoeg volledig computergestuurde onderneming. „Mijn vader zou niet met me willen ruilen. Die denkt dat ik gek ben,” lacht Van Ruijven.

Nee, zonder computers is een tuinder vandaag de dag helemaal nergens. Een paprika grootbrengen zonder computers kán helemaal niet volgens de Steenbergenaar. Hoe zijn vader dat dan deed? „Ja, da's een goeie vraag.”

De eerste gele paprika's van het nieuwe oogstseizoen rollen over de lopende band in het bedrijfsgebouw aan de Westlandse Langeweg. Boven die band hangt een computer die van elke paprika vastlegt hoe groot en hoe zwaar die is. Vervolgens worden de groenten gesorteerd op gewicht en grootte.

Dat is nog lang niet de enige computer in het bedrijf. Het zijn er een stuk of tien in totaal. Eén computer houdt het klimaat in de gaten en die heeft ook contact met de buitenwereld. Om de vier uur haalt het apparaat de weerbe-



Een paprika grootbrengen gaat geheel automatisch. Foto: ANP

richten binnen en berekent hoeveel gas Van Ruijven voor de komende dagen nodig heeft. Elke twee uur houdt de computer contact met de computers van een stuk of zeven collegatuinders, want ze willen graag van elkaar weten hoe het gesteld is met gas-, water- en kunstmestgebruik.

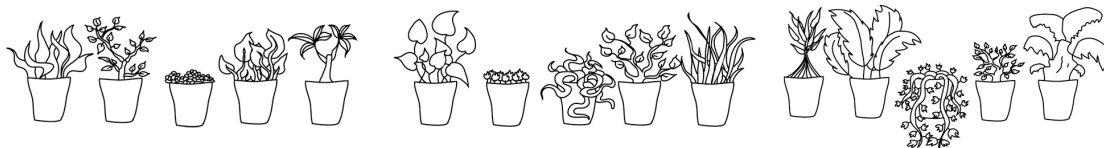
Waar vader Van Ruijven in vroeger tijden nog met gieters in de weer was, houden de computers van zoon Michel in de peiling wanneer de paprika's water moeten krijgen. De teler is overgestapt van grond

op substraatteelt (kleine bakjes boven de grond waar de plantjes in opgroeien) en dan let het nog nauwer hoeveel water de planten krijgen. Bovendien heeft Van Ruijven zes hectare paprika staan. Dus zou hij gaan gieteren, dan kwam hij nooit meer aan iets anders toe. Met de computer is de eerste gietbeurt in een kwartiertje gepiept. Schijnt de zon te hard, dan gaan de ramen automatisch open en wordt het te kil in de kas, dan gaan ze weer dicht. Volautomatisch.

### MODELLEN EN SIMULATIES

De groei van planten is afhankelijk van een heleboel factoren. Onderzoekers kunnen de invloed die een factor heeft op die groei weergeven met een wiskundige formule. Alle formules voor de verschillende factoren bij elkaar vormen een *wiskundig model* van de groei.

Een wiskundig model kan je invoeren op een computer. De computer kan voor allerlei omstandigheden uitrekenen hoe een plant onder die omstandigheden zou groeien. Een weergave van wiskundig model op een computer, die je allerlei berekeningen kunt laten maken, is een *computersimulatie*.



Je kunt een computersimulatie zien als een hypothese. Een simulatie van de groei van een plant is eigenlijk een hypothese hoe die groei door allerlei factoren samen beïnvloed wordt. Onderzoekers gebruiken graag modellen en simulaties omdat:

- hun juistheid met experimenten te toetsen is
- ze aangeven waar er gaten in onze kennis zitten
- ze samenhang geven aan grote aantallen waarnemingen
- het gedrag van een heel systeem kunnen voorspellen.

Een model is natuurlijk nooit beter dan wat je er hebt ingestopt. Als je onjuiste gegevens gebruikt of te veel vereenvoudigt, krijg je geen goede uitkomsten.

### Model van een kas

Als laatste opdracht in de lessenserie over planten, maken jullie een computersimulatie van het kweken van planten in een kas. Jullie doen dat met het simulatieprogramma Powersim.

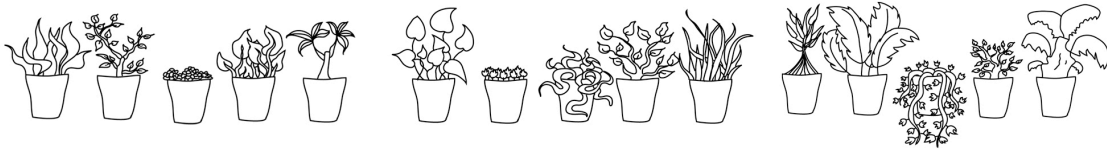
### Samenwerkingsvorm, lokaal en tijdschema

- Jullie werken in tweetallen.
- Het model maken jullie in een computerlokaal.
- Jullie hebben vijf lesuren voor het maken van het model.
  - Lesuur 1 oefenen jullie met *Powersim*.
  - Lesuur 2, 3, 4 en 5 maken jullie het model.

### Inleveren

Er zijn vijf inlevermomenten:

- aan het eind van lesuur 1. Jullie leveren jullie het model *Jarig!* digitaal in.
- aan het begin van lesuur 2. Jullie leveren jullie het model *Gistpopulatie* digitaal in.
- aan het begin van lesuur 4. Jullie leveren jullie het model *Paprika's-basismodel* digitaal in.
- aan het eind van lesuur 4. Jullie leveren jullie het model *Paprika's-extraCO<sub>2</sub>-model* digitaal in.
- aan het eind van lesuur 4. Jullie leveren jullie het model *Paprika's-metvruchtenmodel* digitaal in.



## MODELLEREN MET POWERSIM

Een exacte wetenschapper zoals een bioloog probeert de werkelijkheid te vangen in getallen. Hij wil het aantal konijnen in een populatie of de glucoseconcentratie van het bloed weten. Populatiegrootte en concentratie zijn **variabelen**. Een variabele is een begrip waarvan je met een getal kan aangegeven hoe groot het is.

Het getal dat bij een variabele hoort kan je vinden door te meten. Je kunt het aantal konijnen in een gebied tellen en je kan bepalen hoeveel glucose er in een oplossing zit. Een gemeten hoeveelheid wordt opgegeven in een *eenheid*. Een afstand wordt uitgedrukt in meters en een concentratie in gram per liter. Meter is de eenheid voor afstand en gram voor massa.

Bij een nieuwe meting kan de waarde van de variabele veranderd zijn. Een variabele kan veranderen door de invloed van een andere variabele. De variabele die veranderd wordt, is de *afhankelijke variabele*. De variabele die de verandering veroorzaakt, is de *onafhankelijke variabele*. De fotosynthese door een plant kan toenemen door meer licht. Licht is de onafhankelijke variabele die de afhankelijke variabele fotosynthese beïnvloedt. Van bij elkaar horende variabelen kan je een **model** maken. Een model is een schematische weergave van de variabelen en de relaties die er tussen hen bestaan. Met een model kan je berekenen welke waarden de afhankelijke variabelen krijgen bij verschillende waarden van de onafhankelijke variabelen. Je kunt bijvoorbeeld berekenen hoe groot een konijnenpopulatie wordt bij verschillende groottes van de vossenpopulatie in het leefgebied of bij verschillende hoeveelheden van het voedsel dat er voor de konijnen beschikbaar is.

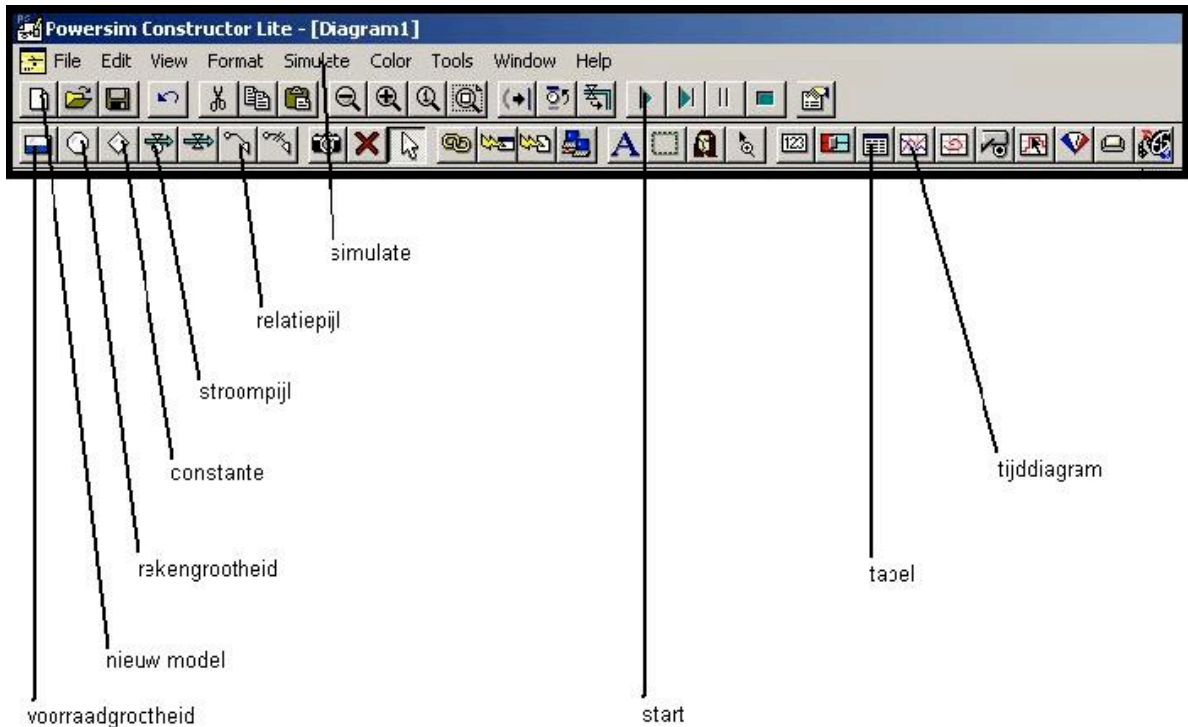
Een model kan je ook met een computerprogramma zoals *Powersim* maken. Hieronder wordt uitgelegd hoe je dat kunt doen.





## Werken met Powersim

### De werkbalk van Powersim



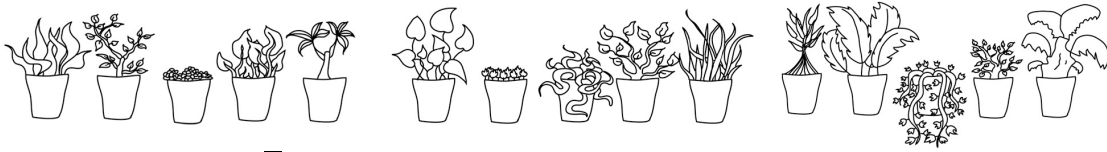
#### Afspraken voor de tekst hieronder

- knop in een menu of werkbalk: nieuw model (onderlijnd)
- in te typen tekst: **leeftijd** (wit op zwart)
- begrip, formule of functie: **specificatie** (vet)
- variabele: LEEFTIJD (hoofdletters)
- klik: met de linker muisknop

### Jarig!

Jullie gaan het oefenmodel **Jarig!** maken .

- Open op de computer het programma **Powersim**.
- Onder de werkbalk is het scherm leeg.
- Klik op voorraadgrootheid en klik in het midden van het lege deel van het scherm.
- Er staat nu een vierkant met tekst op het scherm.
- Klik op de tekst en vervang die door **leeftijd**.
- Dubbelklik op het vierkant. Je krijgt nu de **specificatie** van LEEFTIJD.
- Vul bij **Unit of Measure** **jaren** in.



- Vul bij **Definition 0** (nul) in.
- Klik op set en daarna op OK. Je hebt de **voorraadgrootheid** LEEFTIJD gemaakt.
- Klik op stroompijl en klik daarna links van LEEFTIJD. Sleep tot in LEEFTIJD tot LEEFTIJD zwart wordt. Laat los.
- Er staat nu een pijl die een wolkje verbindt met LEEFTIJD. Onder het midden van de pijl zit een bol.
- Klik op de tekst onder de bol en vervang die door **jarig**.
- Dubbelklik op de bol onder de pijl. Je krijgt nu de **specificatie** van JARIG.
- Vul bij **Unit of Measure** **jaren** in.
- Vul bij **Definition 1** in.
- Klik op set en daarna op OK. Je hebt nu de **instroompijl** JARIG gemaakt.
- Klik op start.
- Er komt nu een rechthoek met 100 boven LEEFTIJD. Zo niet, dan moet je het model controleren en aanpassen.

- Als je op start klikt, gaat het model rekenen. Het telt de waarde van JARIG op bij LEEFTIJD. En dat herhaalt het honderd keer. Iedere keer dat het programma weer gaat rekenen, is een **rekenronde**.
- Een **voorraadgrootheid** is een variabele die groter of kleiner wordt als het programma loopt.
- In zijn **specificatie** vul je onder **Unit of Measure** de eenheid van de voorraadgrootheid in.
- Onder **Definition** vul je de beginwaarde van de voorraadgrootheid in.
- Een **instroompijl** bepaalt hoeveel er iedere rekenronde aan een voorraadgrootheid toegevoegd wordt.
- In zijn **specificatie** vul je onder **Unit of Measure** de eenheid van de instroompijl in.
- Onder **Definition** vul je in hoeveel de instroompijl de voorraadgrootheid per rekenronde groter maakt. Dat een **getal** of een **functie** zijn.
- Na de laatste rekenronde staat de eindwaarde van een voorraadgrootheid boven die voorraadgrootheid.

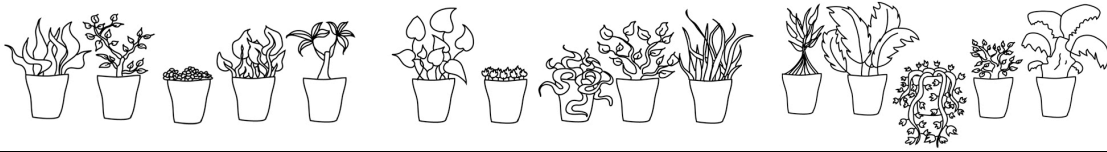
- Klik op tabel en klik aan de rechterzijde op het scherm.
- Er staat nu een tabel.



- Klik op **LEEFTIJD** en sleep tot in de tabel. Laat los.
- Er is nu een kolom met leeftijd er boven.
- Klik op start.
- Hoe oud ben je na rekenronde 50?
- Klik op tijddiagram en klik onder de tabel aan de rechterkant op het scherm.
- Er staat nu een diagram met de tijd langs de horizontale as.
- Klik op **LEEFTIJD** en sleep tot in het diagram. Laat los.
- Er staat nu leeftijd langs de verticale as.
- Klik op start.
- Bekijk het resultaat.

→ Je kan de resultaten van de rekenrondes ook weergegeven in een tabel en in een diagram. Je krijgt dan niet alleen het resultaat van de laatste ronde, maar ook van alle rekenrondes daarvoor.

- Klik op rekengrootheid en klik in het midden van het scherm.
- Er staat nu een cirkel met tekst op het scherm.
- Klik op de tekst en vervang die door **overleden**.
- Klik op relatiepijl.
- Klik op **LEEFTIJD** en sleep tot in **OVERLEDEN**. Laat los.
- Er loopt nu een pijl van **LEEFTIJD** naar **OVERLEDEN**.
- Dubbelklik op de cirkel. Je krijgt nu de specificatie van **OVERLEDEN**.
- Door het maken van de relatiepijl heb je **LEEFTIJD** in de specificatie van **OVERLEDEN** onder **Linked Variables** gezet. Daardoor kun je nu onder **Definition** een formule waarin **LEEFTIJD** gebruikt wordt invoeren. Dat lukt niet als **LEEFTIJD** niet onder **Linked Variables** staat.
- Vul onder **Definition** in: **stopif(leeftijd=80)**. **Leeftijd** kan je ook in de formule invoeren door dubbel te klikken op **LEEFTIJD** in het vak **Linked Variables**.
- Klik op set en daarna op OK.
- Klik op start.
- Bekijk het resultaat.



- Een **rekeninggrootheid** geeft iedere rekenronde het resultaat van een berekening.
- Een rekeninggrootheid kan alleen rekenen met variabelen waarmee hij door een **relatiepijl** verbonden is.
- Die variabelen staan opgenoemd onder **Linked Variables** in de specificatie van de rekeninggrootheid.
- Met **stopif(VOORWAARDE)** kan je een formule maken, die het programma laat stoppen als aan een bepaalde voorwaarde voldaan is.

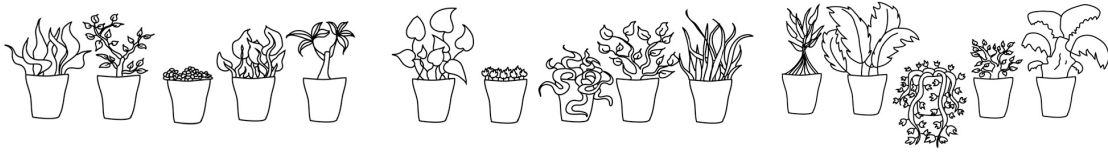
- Sla het model op. Geef het een naam waaraan te zien is wie het gemaakt hebben.
- Lever het model digitaal in.

- Powersim slaat alleen bestandsnamen op van zeven tekens of minder. Wijzig zo nodig de naam van het bestand nadat je het opgeslagen hebt. Lever het daarna in.

### Gistpopulatie

Jullie gaan als tweede het oefenmodel **Gistpopulatie** maken .

- Open een nieuw model door op nieuw model te klikken.
- Maak een voorraadgrootheid GISTPOPULATIE met Definition 1.
- Maak een instroompijl GROEI naar GISTPOPULATIE.
- Verbind GISTPOPULATIE door een relatiepijl met GROEI.
- Definieer GROEI zo dat GISTPOPULATIE iedere rekenronde verdubbelt.
- Maak een tabel en een tijddiagram met GISTPOPULATIE.
- Laat het programma het model doorrekenen.
- Verander het aantal malen dat het programma het model doorrekent. Klik op Simulate. Klik in het menu op Simulate setup en stel Stop time in op 20.
- Laat het programma het model doorrekenen.
- Maak een stroompijl STERFTE vanuit GISTPOPULATIE. Klik op stroompijl, klik op GISTPOPULATIE en sleep tot buiten GISTPOPULATIE. Zorg dat de afbeelding van de stroompijl helemaal binnen GISTPOPULATIE zit voor je begint te slepen. Je hebt nu een **uitstroompijl** gemaakt.
- Definieer STERFTE zo dat GISTPOPULATIE iedere rekenronde 10% afneemt.
- Laat het programma het model doorrekenen.



- Pas STERFTE aan, zodat die 20% wordt vanaf rekenronde 10. Doe dit door achter de formule waarmee STERFTE berekend wordt **+Step(WAARDE, REKENRONDE)** in te voeren. Voor WAARDE moet je een formule in typen waardoor STERFTE 20% wordt in plaats van 10%. Voor REKENRONDE moet je het nummer van de rekenronde invoeren waarin STERFTE van 10% in 20 % moet veranderen. Vanaf die rekenronde wordt WAARDE opgeteld bij de waarde die STERFTE eerst had. De formule die je voor WAARDE intikt moet je daarom zo kiezen dat  $10\% + \text{WAARDE} = 20\%$ .

- Met Simulate, Simulate setup, Stop time kan je het aantal rekenrondes instellen.
- Behalve een **instroompijl**, kan je ook een **uitstroompijl** met een voorraadgrootte verbinden.
- Met **Step(WAARDE, REKENRONDE)** kan je een stroompijl of een rekengrootte vanaf een bepaalde rekenronde een andere waarde geven.

- Probeer het model zo aan te passen dat de gistpopulatie eerst een lagfase heeft, daarna een groeifase, dan een plateaufase en dan sterk afneemt. Gebruik hierbij de functie **Step(WAARDE, REKENRONDE)**.
- Sla het model op. Geef het een naam waaraan te zien is wie het gemaakt hebben.
- Lever het model digitaal in.



## PLANTENGROEI

Jullie gaan nu een model maken van de groei van planten in een kas.

Planten maken door fotosynthese suikers en daaruit de andere organische stoffen die ze nodig hebben. Een deel van die organische stoffen gebruikt de plant voor dissimilatie, de rest gebruikt hij om te groeien. Het **drooggewicht** van een plant geeft aan hoeveel organische stof er in een plant zit. Als een plant groeit, wordt zijn drooggewicht groter. Voor fotosynthese is licht nodig. In de kas van jullie model is dat zonlicht. De ramen van kas laten niet al het zonlicht door. De **greenhouse transmissivity** is het percentage van het licht dat door de ramen wordt doorgelaten.

Niet iedere golflengte van het licht geeft een even grote opbrengst bij de fotosynthese. De **photosynthetic active radiation (PAR)** is het deel van het licht dat gebruikt wordt voor fotosynthese.

Hoeveel licht de planten opvangen, hangt af van hun bladoppervlak. Licht kan maar één keer gebruikt worden. Daardoor vangen bladeren die hoog aan een plant zitten meer licht dan de bladeren onder aan die plant.

De hoeveelheid drooggewicht die een plant in produceert, hangt af van de hoeveelheid PAR, van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht en van het bladoppervlak van de plant.

Een plant die groeit, krijgt een groter bladoppervlak. Daardoor wordt de hoeveelheid drooggewicht die hij per dag produceert groter. Als de plant groot genoeg is, krijgt hij vruchten. Vanaf dan gaat er ook een deel van het nieuw geproduceerde drooggewicht naar de vruchten.

## HET MODEL PAPRIKA'S

Jullie gaan het model **Paprika's** maken. Dit model berekent de toename van het drooggewicht van paprikaplanten die in een kas groeien bij belichting met zonlicht en bij de CO<sub>2</sub>-concentratie van de buitenlucht. Het berekent ook de opbrengst aan vruchten – paprika's – die de planten leveren.

### Licht

Eerst maken jullie het deel van model dat de hoeveelheid licht berekent, die de paprikaplanten voor fotosynthese gebruiken.

- Open een nieuw model door op nieuw model te klikken.
- Klik op constante en klik links boven in het scherm.
- Er staat nu een ruit met tekst. Vervang de tekst door **zonlicht**.
- Dubbelklik op de ruit. Je krijgt nu de **specificatie** van ZONLICHT.
- Vul bij **Unit of Measure** **MJ/m<sup>2</sup>/dag** in.
- Vul bij **Definition** **15.5** in. Powersim werkt met de notatie met punt.
- Klik op set en daarna op OK. Je hebt de **constante** ZONLICHT gemaakt.





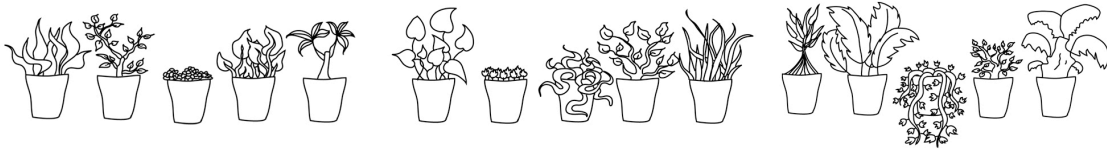
- Maak onder ZONLICHT de constante GH\_TRANSMISSIVITY met **Definition 70**. Dit is een percentage. Daarom vul je geen **Unit of Measure** in.
- Maak rechts van ZONLICHT een rekengrootheid LICHT\_IN\_KAS.
- Verbind ZONLICHT en GH\_TRANSMISSIVITY ieder door een relatiepijl met LICHT\_IN\_KAS.
- Open de specificatie van LICHT\_IN\_KAS. Vul bij **Unit of Measure** **MJ/m<sup>2</sup>/dag** in en bij **Definition** **ZONLICHT\*GH\_TRANSMISSIVITY/100**.
- Maak rechts van LICHT\_IN\_KAS een rekengrootheid PAR\_IN\_KAS.
- Maak naast GH\_TRANSMISSIVITY en onder PAR\_IN\_KAS een constante PAR\_PERCENTAGE.
- Vul in de specificatie van PAR\_PERCENTAGE onder **Definition 50** in. Dit is een percentage. Daarom vul je geen **Unit of Measure** in.
- Verbind LICHT\_IN\_KAS en PAR\_PERCENTAGE ieder door een relatiepijl met PAR\_IN\_KAS.
- Open de specificatie van PAR\_IN\_KAS. Vul bij **Unit of Measure** **MJ/m<sup>2</sup>/dag** in en bij **Definition** **LICHT\_IN\_KAS \* PAR\_PERCENTAGE /100**.
- Maak rechts van PAR\_IN\_KAS een rekengrootheid PAR\_OPGEVANGEN. Hou rechts één derde van het scherm vrij om het model verder uit te breiden
- Maak onder PAR\_OPGEVANGEN een constante EXTENCTIE\_COEFFICIENT.
- Vul in de specificatie van EXTENCTIE\_COEFFICIENT onder **Definition 0.7** in. Dit is een getal. Daarom vul je geen **Unit of Measure** in.
- Verbind PAR\_IN\_KAS en EXTENCTIE\_COEFFICIENT ieder door een relatiepijl met PAR\_OPGEVANGEN.
- Sla het model op. Geef het een naam waaraan te zien is wie het gemaakt hebben.

- Een **constante** geeft iedere rekenronde hetzelfde getal.
- Dat getal vul je in zijn **specificatie** in onder **Definition**.

### Toename van het bladoppervlak

Het tweede deel van het model berekent de toename van het bladoppervlak van alle paprikaplanten samen.

- Werk verder in het model dat jullie hiervoor gemaakt hebben.
- Maak links onder op het scherm een voorraadgrootheid BLADOPPERVLAK met **Unit of Measure**  $m^2/m^2$  en **Definition** 0.05.
- Maak een instroompijl GROEI\_Bladoppervlak naar BLADOPPERVLAK.



- Maak onder GROEI\_BLADOPPERVLAK een constante GROEI\_BLADOPPERVLAK\_DAG met **Unit of Measure**  $m^2/m^2/dag$  en **Definition** 0.04.
- Maak links van GROEI\_BLADOPPERVLAK\_DAG een constante EINDE\_GROEI\_BLADOPPERVLAK met **Unit of Measure**  $m^2/m^2$  en **Definition** 2.5.
- Verbind EINDE\_GROEI\_BLADOPPERVLAK, GROEI\_BLADOPPERVLAK\_DAG en BLADOPPERVLAK ieder door een relatiepijl met GROEI\_BLADOPPERVLAK.
- Voer in de specificatie van GROEI\_BLADOPPERVLAK onder **Unit of Measure**  $m^2/m^2/dag$  en onder **Definition** `IF(BLADOPPERVLAK < EINDE_GROEI_BLADOPPERVLAK, +GROEI_BLADOPPERVLAK_DAG, 0)` in.
- Verbind BLADOPPERVLAK door een relatiepijl met PAR\_OPGEVANGEN.
- Open de specificatie van PAR\_OPGEVANGEN. Vul bij **Unit of Measure**  $MJ/m^2/dag$  in en bij **Definition**:

`PAR_IN_KAS*(1-EXP(-EXTENCTIE_COEFFICIENT*BLADOPPERVLAK))`.

- Sla het model opnieuw op.

→ Met IF(VOORWAARDE, WAARDE1, WAARDE2) kan je het model met twee verschillende waarden laten werken. Met WAARDE1 als aan VOORWAARDE voldaan is en met WAARDE2 als dat niet zo is.

## Groei van de paprikaplanten

Julie gaan nu verder met het derde deel van het model dat de toename berekent van het drooggewicht van alle paprikaplanten bij elkaar.

- Werk verder in het model dat jullie hiervoor gemaakt hebben.
- Maak rechts boven in het scherm een voorraadgrootheid DROOGGEWICHT\_PLANT met **Unit of Measure** gram/m<sup>2</sup> en **Definition** 5.
- Maak een instroompijl TOENAME\_DROOGGEWICHT\_DAG naar DROOGGEWICHT\_PLANT.
- Maak onder TOENAME\_DROOGGEWICHT\_DAG een rekengrootheid LIGHT\_USE\_EFFICIENCY.
- Maak rechts van LIGHT\_USE\_EFFICIENCY een constante CO<sub>2</sub> met **Unit of Measure** ppm(parts pro million) en **Definition** 380.
- Verbind CO<sub>2</sub> door een relatiepijl met LIGHT\_USE\_EFFICIENCY.
- Vul in de specificatie van LIGHT\_USE\_EFFICIENCY onder Definition `4*(1-EXP(-0.004*CO2))` in. **Unit of Measure** hoeft je niet in te vullen.



- Verbind LIGHT\_USE\_EFFICIENCY en PAR\_OPGEVANGEN ieder door een relatiepijl met TOENAME\_DROOGGEWICHT\_DAG.
- Voer in de specificatie van TOENAME\_DROOGGEWICHT\_DAG onder **Unit of Measure** gram/m<sup>2</sup>/dag in en onder **Definition** LIGHT\_USE\_EFFICIENCY\*PAR\_OPGEVANGEN.
- Sla het model opnieuw op.

### Doorrekenen van het model

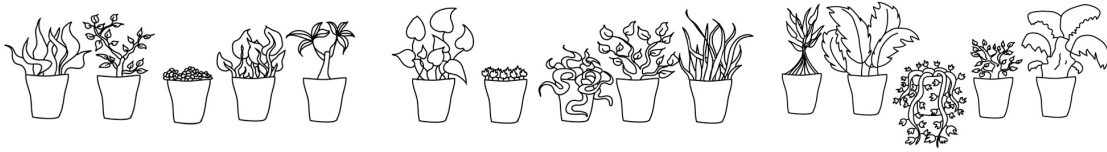
Jullie gaan nu de paprikaplanten 120 dagen laten groeien.

- Werk met het model dat jullie hiervoor gemaakt hebben.
- Zet het aantal rekenrondes op 120.
- Maak een tijdsdiagram met DROOGGEWICHT\_PLANT en één met BLADOPPERVLAK.
- Start het berekenen.
- Bekijk het resultaat.
- Pas het model zo nodig aan.
- Dit is het **Paprika's-basismodel**. Sla het model op. De naam moet laten zien wie het model gemaakt hebben.
- Lever het model digitaal in.

### Extra CO<sub>2</sub>

Jullie gaan nu met het model de invloed van meer CO<sub>2</sub> op de groei van paprikaplanten onderzoeken.

- Verhoog de CO<sub>2</sub>-concentratie waar het model mee rekt door het getal onder **Definition** van in de specificatie van CO<sub>2</sub> te verdubbelen.
- Start het berekenen.
- Bekijk het resultaat.
- Dit is het **Paprika's-extraCO<sub>2</sub>model**. Sla het model onder een nieuwe naam op. De naam moet laten zien wie het model gemaakt hebben en dat het met meer CO<sub>2</sub> rekt.
- Lever het model digitaal in.



## Paprika's

Julie gaan nu het deel van het model maken dat de opbrengst aan paprika's berekent. Die opbrengst is het drooggewicht van de geogoste paprika's. De paprika's worden de dag na de laatste rekenronde geplukt.

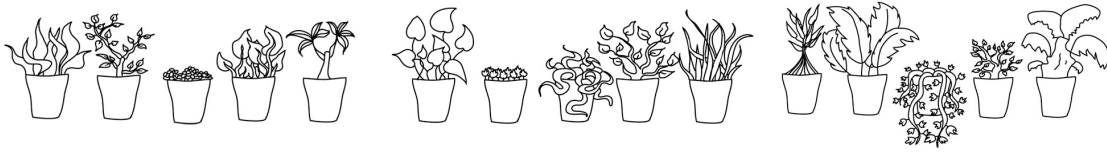
De groei van de paprika's begint als de groei van het bladoppervlak stopt. Daarvoor ging de toename van het drooggewicht volledig naar de planten. Daarna gaat die volledig naar de paprika's.

Je maakt rechts onder op het scherm:

- een voorraadgrootheid DROOGGEWICHT\_VRUCHT met dezelfde Unit of measure als DROOGGEWICHT\_PLANT en met Definition 0
- een instroompijl TOENAME\_DROOGGEWICHT\_VRUCHT\_DAG naar DROOGGEWICHT\_VRUCHT
- een rekeneenheid DEEL\_DROOGGEWICHT\_NAAR\_VRUCHT
- DEEL\_DROOGGEWICHT\_NAAR\_VRUCHT moet kunnen werken met EINDE\_GROEI\_BLADOPPERVLAK en met BLADOPPERVLAK
- de specificatie van DEEL\_DROOGGEWICHT\_NAAR\_VRUCHT is een formule die 0 oplevert als BLADOPPERVLAK kleiner is dan EINDE\_GROEI\_BLADOPPERVLAK en anders 1
- TOENAME\_DROOGGEWICHT\_VRUCHT\_DAG moet kunnen werken met TOENAME\_DROOGGEWICHT\_DAG en met DEEL\_DROOGGEWICHT\_NAAR\_VRUCHT
- de definition van TOENAME\_DROOGGEWICHT\_VRUCHT\_DAG is de vermenigvuldiging van TOENAME\_DROOGGEWICHT\_DAG met DEEL\_DROOGGEWICHT\_NAAR\_VRUCHT
- een diagram dat de groei van de paprika's laat zien.

Dit is het **Paprika's-metvruchtenmodel**. Controleer of het werkt. Sla het model onder een nieuwe naam op. De naam moet laten zien wie het model gemaakt hebben en dat het de groei van de paprika's berekent.

Lever het daarna digitaal in.



## BEOORDELING

Voor deze opdracht krijgen jullie een beoordeling per tweetal. Die is gebaseerd op:

- hoeveel modellen jullie ingeleverd hebben
- hoe volledig ieder van die modellen is
- hoe juist de verschillende grootheden gedefinieerd zijn
- hoe juist de verschillende grootheden met elkaar verbonden zijn
- hoe juist het model werkt.

## MEER WETEN

De gegevens voor het model **Paprika's** zijn beschikbaar gesteld door Wageningen Universiteit. Aan die universiteit wordt onderzoek gedaan naar modellen van de groei van planten. Die modellen worden onder andere gebruikt bij het ontwerpen van besturingsystemen van computergestuurde kassen. Als je daar meer over wil weten, is hier een link: [Wageningen UR \(http://www.wur.nl/NL/\)](http://www.wur.nl/NL/).