

Fascinerend, essentieel en bedreigd

Bijen

BIO-WETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ
KWARTAAL 4 2010 € 6,-



Bijen

Het cahier is een uitgave van Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij (BWM) en verschijnt vier maal per jaar. Elk nummer is geheel gewijd aan een thema uit de levenswetenschappen, speciaal met het oog op de maatschappelijke gevolgen ervan.

Stichting BWM is ondergebracht bij de Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

BESTUUR

Prof. dr. E. Schroten (voorzitter), J.F.B.C.D. van Oranje M.Sc. MBA (vicevoorzitter), dr. J.J.E. van Everdingen (penningmeester), dr. A. van der Auweraert, prof. dr. P.R. Bär, prof. dr. J.M. van den Broek, prof. dr. J.T. van Dissel, prof. dr. J.P.M. Geraedts, prof. dr. J.A. Knottnerus, prof. dr. N.M. van Straalen

REDACTIE

Dr. Tjeerd Blacquièr, prof. dr. Nico van Straalen, ir. Rob Buiters (eindredacteur)

BUREAU

drs. Saskia van Driel

BEELDREDACTIE

B en U
International Picture
Service, Diemen

VORMGEVING

Studio Bassa, Culemborg

DRUK

Groen Media Services,
Leiderdorp

INFORMATIE EN

BESTELLINGEN

Stichting Bio-
Wetenschappen
en Maatschappij
Postbus 93402
2509 AK Den Haag
telefoon: 070-34 40 781
e-mail: bwm@nwo.nl
www.biomaatschappij.nl

© Stichting BWM
ISBN/EAN 978-90-73196-60-5

Stichting BWM heeft zich ingespannen om alle rechthebbenden van de illustraties in deze uitgave te achterhalen. Mocht u desondanks menen rechten te kunnen laten gelden, dan verzoeken wij u vriendelijk om contact met ons op te nemen.



Bio-Wetenschappen
en Maatschappij

Inhoud

Voorwoord 2

1 In den beginne was er
de honingbij 5

Voor den beginne was er de solitaire bij 8

2 Eén voor allen, allen voor één 13

Taken in het bijenvolk 14

Communicatie 17

3 De evolutie van bloemetjes
en bijtjes 23

Foeragerende bijen gezocht 25

Trouw aan een plant 28

4 Mag ik deze dans van u? 33

5 Brood met honing 43

Honing is brandstof 45

6 De genen van de bij 51

Herkomst en verspreiding via genetica
ontrafeld 55

Genetica van verzamelgedrag 57

Bescherming tegen ziekten en gif 59

7 Bedreigde bijen 65

Waarom verdwijnen de bijen? 68

Epiloog 78

Begrippenlijst 80

Meer informatie 82

Auteurs 83

Illustratieverantwoording 84

Voorwoord

IN NEDERLAND zijn ongeveer 7.000 imkers actief. Samen hebben zij bijna 80.000 bijenvolken onder hun hoede, dat wil zeggen: in de zomer. De overgrote meerderheid van deze mensen houdt bijen als hobby. Slechts een tiental is professional, bijvoorbeeld omdat ze in dienst zijn van een zaadteeltbedrijf of een fruitteler. Dat neemt niet weg dat ook al die hobbyisten een professionele prestatie leveren. Hun bijenvolken zorgen voor de bestuiving van fruitbomen, zoals appel, kers en peer, van planten als aardbei en courgette, en ook van een landbouwgewas als koolzaad. Zouden er geen bijen en andere bestuivers meer zijn, dan zou er 10% minder voedsel geproduceerd worden. Voor Nederland kom je dan tot een derving van ruim 1 miljard euro per jaar. Omgerekend betekent dit dat één bijenvolk, van een hobbyist of niet, € 12.500,- opbrengt voor de Nederlandse land- en tuinbouw.

Vergrijzende imkers en stervende bijen

Er was een tijd dat we veel meer imkers hadden in Nederland. Kort na de Tweede Wereldoorlog hadden we bijvoorbeeld 32.000 georganiseerde imkers. Dat aantal ging lange tijd neer, en vervolgens weer op. De definitieve terugloop werd rond 1984 ingezet. Waar de rest van de land- en tuinbouw minder boeren kreeg die samen net zoveel of zelfs meer gingen produceren, liep in de bijenhouderij zowel het aantal imkers terug, als het totaal aantal bijenvolken. Voor een deel komt deze terugloop door de vergrijzing van de imkerij. De gemiddelde Nederlandse bijenhouder is zestig jaar oud.



Daarbij komt een ander, vooralsnog ongrijpbaar probleem: de wintersterfte onder de bijen. Iedere winter sterft een deel van de volken. In de zomer wordt dat probleem normaal gesproken vanzelf weer opgelost. Maar de afgelopen jaren lijkt er sprake van een veel grotere sterfte dan normaal. Onderzoek, zowel in Nederland als daarbuiten, heeft nog geen definitieve vinger op de zere plek kunnen leggen.

Geen geld voor onderzoek

Ondanks hun professionele prestaties, wreekt zich hier de hobbystatus van de meeste Nederlandse imkers. Professor Jacobs, een autoriteit op het gebied van bijen aan de Universiteit Gent, becijferde ooit dat bijen na koeien en varkens de grootste economische toegevoegde waarde hebben van alle 'landbouwhuisdieren'. Ondanks die hoge economische status, kunnen de betrokken hobbyisten onmogelijk het benodigde geld voor



**Bijen zorgen voor
de bestuiving van
gewassen als koolzaad.**

meer kennis over dit ongeken-
de talent onder brede
groepen in de samenleving wordt verspreid, hoe
beter. Want het is ondertussen wel duidelijk dat
het veel meer is dan een oude-mannenprobleem
wanneer de bijen uit ons land verdwijnen.

Voorzitter van de Nederlandse Bijenhouders
Vereniging

Jan Dommerholt

onderzoek opbrengen waarmee de praktische
problemen in de bijenhouderij onderzocht zouden
moeten worden.

De Nederlandse bijenhouders pleiten daarom,
naar goede Nederlandse traditie, voor een heus
Deltaplan, een Deltaplan Bijenhouderij. Zo vin-
den de bijenhouders dat het landbouwonderwijs
weer, net als vroeger, bijenhouders moet opleiden.
Daarnaast moet er meer oog komen voor de zoge-
noemde drachtplanten. Onder andere gemeenten
zouden meer ‘bijenbloemen’ in hun bermen en op
hun velden moeten planten en in Nederlandse bos-
sen zouden ook weer lindebomen moeten komen.
Daarnaast zou onze overheid het goede voorbeeld
van ondermeer de Duitsers moeten volgen en
meer geld moeten uittrekken voor onderzoek naar
de problemen van de bijenhouderij.

Ik ben erg enthousiast over het initiatief van
de Stichting Biowetenschappen en Maatschappij
om een cahier te maken over de bedreigde bij. Hoe



Na een lange geschiedenis in onze cultuur
maakt de honingbij nu roerige tijden door.
Maar er zijn toch nog veel meer bijen dan
honingbijen alleen?!

In den beginne was er de honingbij

HELP, DE bijen verdwijnen.' De krantenkoppen liegen er niet om, de laatste jaren. Imkers zien door mysterieuze oorzaken hele bijenvolken in het niets verdwijnen. En niemand die er iets aan lijkt te kunnen doen. Hoe erg is dat?

Hoe ver je ook teruggaat in de geschiedenis van de moderne mens in Europa, altijd maakte de honingbij er deel van uit. In onze regio is dat sinds het terugtrekken van het landijs na de laatste ijstijd, zo'n 10.000 jaar terug. Sommigen denken dat de honingbij hier is gebracht door de Romeinen, maar honingbijen kwamen hier van nature al voor en werden door onze voorouders al van hun honing bestolen. Wel brachten de Romeinen kennis mee over bijenhouderij, iets wat hier nog helemaal niet bestond. Je zou hooguit kunnen zeggen dat latere erfgenamen van de Romeinse cultuur – Spanjaarden, Portugezen, Engelsen en Nederlanders – de honingbij naar werelddelen hebben gebracht waar ze niet voorkwam: Amerika en Australië.

De eerste bijenhouderij in Europa

Het is niet vreemd dat mensen snel 'iets hadden' met bijen. Een bijenvolk vertegenwoordigde waardevolle producten, zoals honing en bijenwas.

Naast gedroogde zoete vruchten, was honing eigenlijk de enige natuurlijke goed oogstbare zoetstof. Bijenwas kon worden gebruikt voor het dichtmaken van aardewerk keukengerei en boten en voor het maken van kaarsen.

Aanvankelijk werden de bijenvolken die bijvoorbeeld in een holle boom in het bos werden gevonden simpelweg beroofd van hun honing en raten met larven en poppen. Deze vorm van 'honing-jagen' bestaat nog steeds in sommige delen van Afrika en Azië. Later probeerde men bijenvolken te lokken naar nissen in muren van huizen en boerderijen. Weer later zette men gevlochten korven op, waar bijenzwermen zich spontaan in vestigden. Daardoor ontstond de mogelijkheid om te gaan imkeren: je kon de volken wegbrengen naar een plek waar op dat moment veel te halen was voor de bijen, bijvoorbeeld naar de hei. Zo verhoogde je de honingooft.

Deze primitieve vorm van imkeren was tot halverwege de negentiende eeuw nog gangbaar, maar eigenlijk was het nog steeds vooral honing-jagen. Om de honing te oogsten moest je de korf 'slachten'. Pas toen in de negentiende eeuw de bijenruimte werd ontdekt (de afstand die bijen zelf aanhouden tussen hun raten), kon een kast worden ontworpen waarin de ramen los hangen. Door

Het aanhouden van 'bijenruimte' maakt het mogelijk raten uit de kast te halen.



Bijen komen al in Egyptische hiërogliefen voor.



de bijen te volgen in hun natuurlijke opbouw van het nest werden de ramen niet meer aan elkaar gebouwd. Daardoor kon de imker voortaan raten uit de kast lichten, bijvoorbeeld om het broed te bekijken, om ze daarna terug te hangen zonder het broednest te beschadigen.

De allereerste imkers

Uit Egyptische hiërogliefen blijkt dat in de tijd van de farao's al een goed ontwikkelde imkerij bestond. De liggende buizen van terracotta die je op die afbeeldingen kunt zien, worden tot de dag van vandaag gebruikt in het Midden-Oosten. Deze 'bijenwoningen' kennen geen losse ramen, maar het is toch mogelijk honing te oogsten zonder

het volk te beschadigen. Bijen slaan de honing op rondom het broednest, zo ver mogelijk van de ingang. Door van de achterkant de honingraat los te snijden kan geoogst worden zonder het broednest te beschadigen. De bijen moeten dan natuurlijk wel nieuwe honingraten bouwen. In de Swattvallei (Pakistan) zijn dergelijke liggende buizen soms geïntegreerd in de muur van het huis, waarbij de achterkant vanuit de keuken kan worden geopend.

Dode bijen meer dan 'pech'

De afgelopen jaren is er veel aandacht in de media, maatschappij en politiek voor de honingbijen. Het zijn vooral verontrustende berichten over het massaal sterven van bijenvolken en over de sterke achteruitgang van de bijenhouderij in Europa en Noord-Amerika. Is dat een typisch geval van 'pech gehad' of is er meer aan de hand? Je zou kunnen zeggen dat zonder honing het leven gewoon door gaat. En er is toch ook nog riet- en bietsuiker?

Naast het maken van zoetstof en was, is er nog een derde 'dienst' die bijen verrichten; een dienst die nog vele malen belangrijker is. De bestuiving van bloemen door bijen die stuifmeel en nectar oogsten is veel waardevoller dan alle honing en bijenwas bij elkaar. Sterker nog: bestuiving is onmisbaar. Oog voor het nut en de waarde van de bestuiving ontstond pas in de tweede helft van negentiende eeuw. In de eerste helft van de twintigste eeuw werden vervolgens talloze onderzoeken gedaan om het belang voor allerlei gewassen vast te stellen.

Bijen zijn goed in massaproductie

De wereldbevolking groeit nog steeds als kool. De wereldvoedselproductie zal mee moeten groeien. Dit is alleen mogelijk als er schaalvergroting optreedt. Dat betekent automatisch dat de afhankelijkheid van de honingbij nog veel groter gaat worden dan nu het geval is. Juist honingbijen rich-

VRAAG 1

Wat is het verschil tussen een koe en een honingbij?

ten zich op grootschalig, massaal bloeiende planten, desnoods ver van hun nestholte of bijenkast. Alleen de honingbij kan worden aangevoerd bij grootschalig geteelde bloeiende gewassen. Andere bestuivers, zoals solitaire bijen en andere insecten, opereren op een veel kleinere schaal vlakbij hun nestjes, en zijn veelal moeilijk te verplaatsen.

De honingbij is niet te temmen

Op het eerste gezicht past de honingbij in het rijtje hond, kat, koe en kip: het lijkt een gedomesticeerd dier. Toch is de honingbij eigenlijk nooit een echt huisdier geworden, laat staan een landbouwhuisdier. Een zwerm honingbijen die werd gelokt of gevangen, werd misschien eventjes huisdier, maar een ontsnappende zwerm van een boer of imker verdween in de natuur en werd net zo makkelijk weer een wild volk. Eigenlijk was er geen verschil. Zo werkt het nog steeds in Afrika en in Zuid-Amerika, waar de meeste bijenvolken in het wild leven. Wilde honingbij en getemde bij zijn dezelfde. De honingbij valt niet te domesticeren.

Dat wil niet zeggen dat imkers niet hun best hebben gedaan om bijen aan te passen aan hun behoefte. Ze hebben gezocht naar 'superkoninginnen' waarmee ze hun volk zouden kunnen veredelen. Daarmee hebben ze gezorgd voor vermenging van de erfelijke eigenschappen van oorspronkelijk van elkaar gescheiden ondersoorten. Erg ver zijn ze niet gekomen met dat fokken en veredelen. Deze fokkers hebben hooguit, en dan alleen nog maar zo af en toe, een bijenvolk gecreëerd dat wat minder steeklustig werd en wat minder de neiging had om te zwermen. Selectie van honingbijen is ook niet zo gemakkelijk. Paring van de – al dan niet door de fokker geselecteerde – koningin met wel 15 tot 20 darren gebeurt vrij in de lucht.

Uiteindelijk is de honingbij niet afhankelijk geworden van de imker. Het gedrag is nauwelijks veranderd, en bijen regelen hun voortplanting en hun huishouden nog steeds onafhankelijk van de

boer of de imker. Bijen zorgen ook voor hun eigen voorraad van stuifmeel en honing voor de winter. Dat de imker's winters suiker moet bijvoeren is alleen omdat hij die voorraad honing eerst heeft 'gestolen'.

Ook natuur vaart wel bij de bij

Hoewel honingbijen belangrijk zijn voor de bestuiving van landbouwgewassen, zijn die landbouwgewassen op hun beurt maar een klein onderdeel van het voedselpakket van de honingbij. De meeste nectar en stuifmeel halen bijen van wilde planten. Het kan dan ook niet anders zijn dan dat de honingbij ook een belangrijke rol speelt in de bestuiving van rijk bloeiende planten in de natuur.

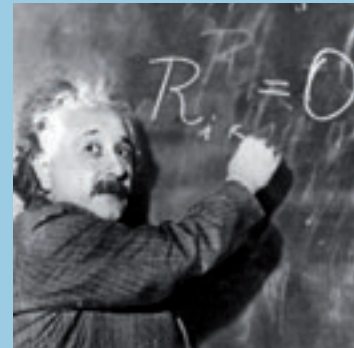
VRAAG 2

Bijenhouders claimen een belangrijke rol voor hun honingbijen in de wilde natuur. Maar die natuur redde zich toch ook prima vóór er imkers waren?!

Wat heeft Einstein toch met bijen?!

Typ 'Einstein' en 'bijen' in op Google: 236.000 hits. 'Einstein' en 'bees': zelfs 541.000 hits. De natuurkundige zou ooit gezegd hebben dat de mens binnen enkele jaren na het verdwijnen van de honingbij ook het veld zou ruimen. 'Zou', want een van de eerste hits bij de Engelstalige zoekopdracht stelt al dat die 'famous quote' 'bogus' is: kletsboek. Als zo'n broodje aap eenmaal rondgaat, dan is er blijkbaar geen houden meer aan.

De mens zal inderdaad niet meteen verhongeren zonder honingbijen, maar recent onderzoek laat wel zien dat we veel moeten inleveren aan gezonde voedselgewassen als de bestuiving door bijen en andere bestuivers ophoudt: groenten, noten en ook genotmiddelen als koffie en chocola zijn afhankelijk van insecten als bestuivers. Bovendien is sinds de jaren tachtig ons voedselpakket wereldwijd aan het veranderen. Het blijkt



Einstein had toch echt meer met natuurkunde dan met bijen.

dat we steeds meer gewassen gebruiken die afhankelijk zijn van bestuiving.

VRAAG 3

Waarom is een tuin in een woonwijk aantrekkelijker voor solitaire bijen dan een agrarisch gebied?

Voor den beginne was er de solitaire bij

Al met al is en was de honingbij van groot belang in onze cultuur en ook in de natuur. Toch kunnen entomologen (biologen die zich bezighouden met insecten) als door een bij gestoken reageren als een gesprek over bijen alleen maar over de honingbij gaat. Al ver voor de mens enig benul had van

bijen, honing of was, vlogen er letterlijk duizenden verschillende soorten bijen op aarde rond.

De dierenklasse van de insecten is door biologen ingedeeld in diverse zogenoemde ordes. Eén daarvan wordt gevormd door de vliesvleugeligen (de *Hymenoptera*). De bijen vallen samen met de wespen en mieren onder die orde. Over de hele wereld zijn maar liefst 20.000 soorten bijen bekend. Daar-

De bijensteek

Bijen verdedigen zichzelf en hun volk door te steken. Bijengif is een potent gif, maar je lichaam kan er ook aan wennen. De meeste imkers hebben na enige tijd met bijen te hebben gewerkt geen last meer van een bijensteek, al zullen ze meestal wel met een kap op werken om hun gezicht en ogen te beschermen. De steek van een bij kan gevaarlijk zijn wanneer er een heftige allergische reactie optreedt. Omdat er weerhaakjes zitten aan de angel van een bij, blijft de angel met de gifblaas in je huid achter wanneer je door een bij wordt gestoken. De bij overleeft dat niet. Bijen reageren ook op elkaar, wanneer een 'vijand' wordt aangevallen. Dat

verklaart de verhalen van hele zwermen dolle bijen. Als bijen wespen steken, of bijen uit een naburig volk, kunnen ze hun angel wel ongeschonden terugtrekken.

Onder de verschillende ondersoorten van de honingbij is er verschil in de mate van agressie. Op Schiermonnikoog wordt bijvoorbeeld, onder de min of meer quarantaineomstandigheden van een afgelegen eiland, het ras carnica gekweekt. Dat zou een minder steeklustig ras zijn. Het andere uiterste wordt gevormd door de kruising van de Afrikaanse honingbij (*Apis mellifera scutellata*) met verschillende Europese ondersoorten. Die 'geafricaniseerde honingbij' wordt vanwege



Als een bij een mens steekt blijft de angel met de gifblaas in de huid achter.

zijn relatieve agressie ook wel *killer bee* genoemd. Doet het altijd goed in Hollywood.

Er zijn ook claims dat bijensteken genezend kunnen zijn, onder andere voor patiënten met Multiple Sclerose (MS) of artritis. De schaarse pogingen om deze claims op een deugdelijke manier te onderzoeken hebben echter nooit solide bewijs geleverd.

van komen ongeveer 350 soorten voor in Nederland, onderverdeeld in zes families en zesendertig geslachten. De honingbij is één van die 350 soorten. Naast de honingbij met de wetenschappelijke naam *Apis mellifera*, heb je ook soorten met fraaie namen als vilt-, dikpoot-, klokjes- of slobkousbijen. Ook de hommels horen tot de bijenfamilie.

De levensloop van bijen

Verschillende soorten bijen hebben ook heel verschillende levenscycli. Er zijn sociale, maar vooral ook heel veel solitaire bijen. Solitair wil zeggen dat een vrouwtje haar eigen nest maakt. Ze zoekt ook haar eigen stuifmeel en nectar en in iedere broedcel legt ze één eitje. Solitaire bijen leven maar een paar weken. Wanneer een nest is gemaakt en de eitjes zijn gelegd, dan sterft de bij.

Uit de eitjes komt een larve en na verpopping ontstaat weer een nieuwe volwassen bij: de imago in het jargon van de entomologen. De larven en poppen van bijen zie je normaal gesproken niet omdat ze in een nest of celletje leven, afgeschermd van de buitenwereld. Volwassen bijen zie je bijna het hele jaar door, behalve in de winter. De grote zijdebij, diverse zandbijen en de wespbijen – die inderdaad op wespen lijken – vliegen vaak in het voorjaar. Groefbijen kun je in oktober nog tegenkomen.

Er bestaan verschillende manieren om de winter door te komen. De ene soort doet dat als pop, de ander als volwassen bij in een cel, afgesloten en beschermd tegen de kou. Er zijn soorten die twee generaties (cycli) per jaar hebben.

Overwinteren zonder honing

Solitaire bijen maken geen honing. In de wintermaanden hebben ze immers geen voedsel nodig. Solitaire bijen hebben ook een beperkte actieradius. Ze vliegen maar een paar honderd meter op zoek naar de juiste voedselplanten. Er zijn bijensoorten die maar op één soort plant vliegen. Dat maakt solitaire bijen heel afhankelijk van de

Wat is een ‘imker’?

‘Imker’ is van oorsprong een West-Germaans woord dat nu alleen nog in het Nederlands bestaat. De herkomst is onduidelijk. Wat zeker

is, is dat de eerste lettergreep teruggaat op ‘imme’. Dit is een vooraf in de noordoostelijke dialecten voorkomend woord, waarvan de

oudste betekenis ‘bijenzwerm’ lijkt te zijn. Het tweede lid zou ontstaan kunnen zijn uit ‘caer’, dat ‘korf’ betekent.

biotoop waarin zij leven. Als de gewenste bloeiende plant er niet meer is, bijvoorbeeld omdat een terreinbeheerder te vroeg maait, dan kan zo’n bij niet voor nageslacht zorgen en sterft de soort op die locatie uit.

Een eigen nest bouwen of kraken

Een nest van een solitaire bij kan ongeveer tien broedcellen bevatten. Nesten kunnen op verschillende manieren worden gebouwd. Zandbijen

De bleekvlekwespbij is een zogenoemde koekoeksbij: zij parasiteert nesten van andere bijen.





Een vrouwelijke groefbij, voor de kenners iets heel anders dan een honingbij!

kiezen voor een nest in de grond, soms wel een halve meter diep. Maskerbijen gebruiken vaak een holle riet- of andere plantenstengel. Verschillende bijensoorten gebruiken oude kevergangen in dood hout en harsbijen bouwen van boomhars hun eigen nest, hangend aan een steen of tak. Er zijn zelfs bijen die zich hebben gespecialiseerd in het kraken van een leeg slakkenhuisje. Sommige bijen bestrijken hun nest met een vloeistof die, eenmaal opgedroogd, op cellofaan lijkt. Dat zijn de zijdebijen. Behangersbijen bijten stukjes uit een blad en maken daar een kokertje van. Die kokertjes kun je in gaten of spleten vinden.

De tuinhommel door de ogen van de Hongaarse post.



Sociale bijen

Sommige soorten gedragen zich sociaal. Zo nestelen zand- en roetbijen graag bij elkaar in de buurt. Ze vormen hele kolonies. Andere soorten zijn in principe solitair maar delen de nestingang met een ander vrouwtje van dezelfde soort. Daarmee verkleinen ze de kans op het bezoek van een roofinsect of een parasitair levende bij.

Het kan nog socialer: er zijn bijen die een vorm van broedzorg hebben ontwikkeld. De nakomelingen van de groefbij helpen de moeder bij het verzorgen van de larven. Hommels gaan weer een stapje verder. Daar helpen de werksters één moeder (de koningin) met de verdere nestbouw, de voedselvoorziening en de zorg voor het nageslacht. Een hommenvolk sterft in de herfst. De nieuw geboren jonge koninginnen overwinteren zelfstandig om in het voorjaar weer een nieuw volkje te starten.

De honingbij is het sociaalt

De honingbij kent de hoogste vorm van sociaal gedrag. Het is de enige soort die helemaal geen solitaire levensfase meer kent. Nieuwe volken ontstaan doordat een groot bijenvolk zich splitst. Zo'n volk gaat 'zwermen'. De taken in het bijenvolk zijn verdeeld tussen één koningin en duizenden werksters. Deze manier van leven wordt ook wel een eusociale ('echt sociale') leefwijze genoemd.

Koekoeksbijen

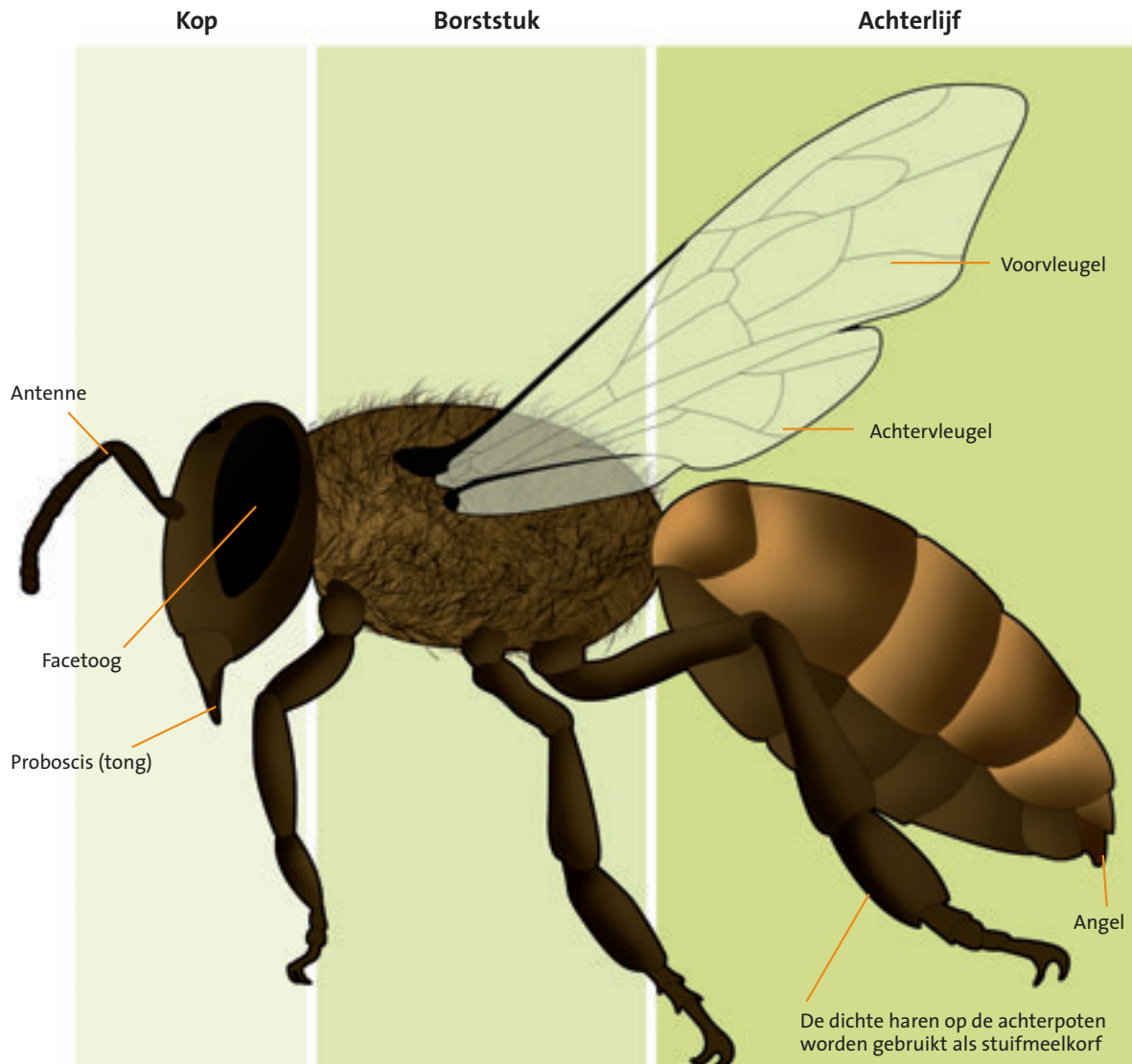
Onder de 350 soorten Nederlandse bijen komen ook bijen voor die niet zelf voor voedsel voor het nageslacht zorgen. Zij leggen stiekem een eitje in het nest van een andere bij. Soms eten ze eerst het eitje van de gastvrouwbij op voordat ze hun eigen 'koekoekseitje' leggen. Er zijn in Nederland 97 soorten koekoeksbijen bekend. Sommige soorten hebben een heel specifieke relatie met hun gastheerbij. Zo zoekt de grote bloedbij speciaal naar nesten van de grote zijdebij.

Ook de solitaire bijen zijn kwetsbaar

Door hun specifieke relaties met andere bijen, met speciale planten en met de rest van hun leefomgeving zijn de verschillende soorten bijen kwetsbaar.

Het is dus zeker niet terecht dat er alleen maar over honingbijen wordt gesproken als het over 'bedreigde bijen gaat'. Ook de wilde bijen verdienen aandacht en bescherming.

Anatomie van een werksterbij



ANTWOORD 1

Een moderne, gedomesticeerde koe is 'gemaakt' door de mens. Ze lijkt niet erg meer op haar wilde voorouders. Bijen zijn nooit echt gedomesticeerd. Ze zijn nog steeds dezelfde als in de tijd voordat de mens ze in een korf lokte.

ANTWOORD 2

Zeker, de natuur kan prima zonder imkers. Maar nu de van oorsprong Aziatische varroamijt de wilde bijenvolken heeft uitgeroeid, heeft de natuur mogelijk wel groot belang bij de bijen die imkers houden.

ANTWOORD 3

Solitaire bijen zijn vaak erg kieskeurig wat betreft nectar- en stuifmeelplanten. In een tuintje groeien verschillende soorten bloemen, die vaak in verschillende maanden van het jaar bloeien. Daar is meer voedsel te vinden dan op de bloemen van een gemiddelde akker. Tuintjes zijn van onschatbare waarde voor wilde bijen.



Van de 350 verschillende soorten bijen in ons land leeft alleen de honingbij 100% sociaal. Zó sociaal dat een honingbijenvolk haast als één 'superorganisme' leeft.

Eén voor allen, allen voor één

HOE LANG je ook met honingbijen werkt, de bewondering blijft. Duizenden bijen krioelen door elkaar en lijken precies te weten wat ze moeten doen. Het volk reageert als een eenheid, als een goed geoliede machine. Je zou haast vergeten dat een bijenvolk een verzameling individuele bijen is. Het lijkt of het volk zelf allerlei beslissingen neemt, bijvoorbeeld bij het zwermen, bij de temperatuurregeling in het nest of bij het exploiteren van voedselbronnen; alsof het volk een eigen intelligentie heeft.

De 'beslissingen' in een bijenvolk berusten niet op een georganiseerde monarchie. De koningin in een bijenvolk heet dan wel koningin, maar blijkt niet de baas die bepaalt wat er moet gebeuren. Alle individuen in het volk nemen zelf beslissingen. De manier waarop ze die beslissingen nemen leidt tot efficiënt gedrag van het hele volk. Het sociale gedrag heeft van de honingbij de meest succesvolle bij ter wereld gemaakt.

Superorganisme

Omdat een bijenvolk zo'n duidelijke eenheid is, in plaats van een verzameling individuele bijen, wordt een bijenvolk wel een 'superorganisme' genoemd. De nestplaats, bijvoorbeeld een holle boom, de bijenkast van een imker, of een onge-

bruikte schoorsteen, dient als vaste basis waar voedsel wordt opgeslagen en waar jonge bijen worden gekweekt om dit organisme in stand te houden. Binnen deze nestplaats worden de omstandigheden zo constant mogelijk gehouden om het broed gecontroleerd te laten groeien. De bijen proberen de voedselvoorraden op peil te houden en binnen het broednest is het altijd 34 tot 35 °C. Je kunt bijna spreken over de constante 'lichaamstemperatuur' van het volk.

Een nest vol voedselvoorraden en opgroeiende jonge bijen is een delicatessen voor veel andere levensvormen. Het bijenvolk moet zich daarom goed kunnen verdedigen: imkers merken dat als ze gestoken worden. Maar het is minstens zo belangrijk dat bijen een goed ontwikkeld hygiënisch gedrag hebben. Schimmels en bacteriën mogen geen kans krijgen in het bijenvolk. Een superorganisme heeft een groot aantal medewerkers nodig om dit allemaal mogelijk te maken.

Bijenvolken bestaan uit zo'n 10.000 tot 20.000 werksters die in dienst van het volk staan. Het bijenvolk als superorganisme is dus op veel punten vergelijkbaar met een gewoon organisme zoals wij zelf. Zoals de cellen in ons lichaam zich specialiseren en allerlei verschillende taken uitvoeren, zo specialiseren bijen zich in een volk.

Evolutionair gesproken kun je een bijenvolk als een individu beschouwen.



VRAAG 1

Waarom kun je een bijenvolk wel als een superorganisme beschouwen en, zeg, een kudde paarden niet?

De belangrijkste reden om van een superorganisme te spreken is de natuurlijke selectie binnen de soort. Over het algemeen is het individu de eenheid die in de evolutie wordt geselecteerd. Bij honingbijen is het volk de eenheid die goed of slecht presteert en daardoor door de natuur wordt geselecteerd.

Taken in het bijenvolk

Het bijennest is opgebouwd uit de raten waarin voedsel wordt opgeslagen en waarin het bijenbroed wordt verzorgd. Honingbijen maken raten van was. Deze was produceren ze zelf. Onder het

achterlijf bevinden zich wasklieren 'in ruste', die bij sommige bijen daadwerkelijk ontwikkelen tot productieve klieren. In de wasklieren worden kleine plaatjes was afgescheiden. Met hun kaken kunnen bijen de kneedbare was goed in allerlei vormen boetsen. Mooie wasraten waarvan de zeshoekige cellen perfect in elkaar vallen zijn het resultaat. De cellen worden zowel gebruikt om voedsel in op te slaan als om eieren in te leggen. Eieren worden niet verplaatst. De ontwikkelende larve en pop blijven in dezelfde cel liggen totdat de volwassen bij 'uitloopt'.

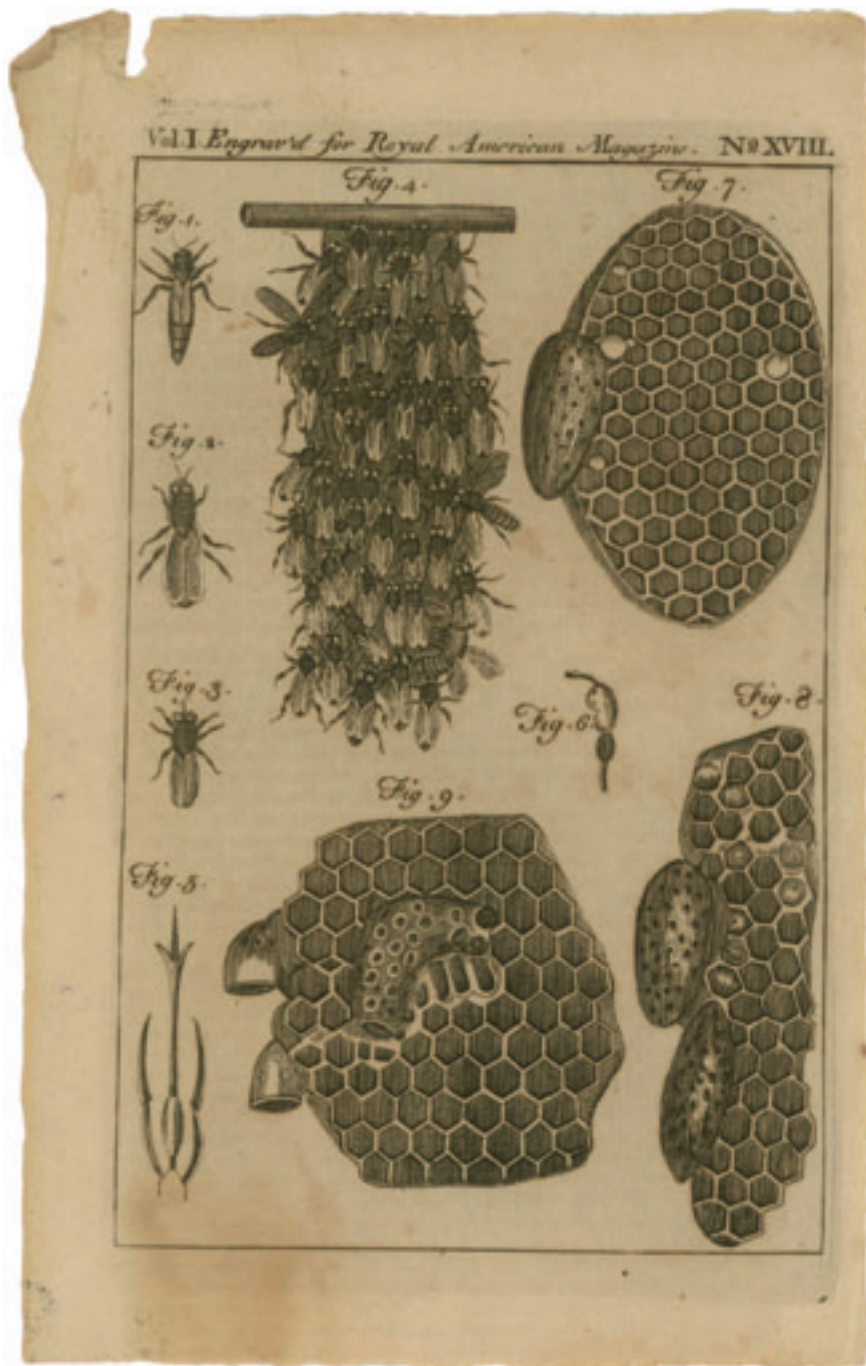
In een nest bestaan drie typen cellen. De meest voorkomende zijn de werkstercellen. Er past precies een werkster in. De mannelijke darren zijn een stuk groter dan werksters en daarvoor worden dan ook grotere cellen gemaakt. Koninginnencellen zijn heel afwijkend. In plaats van de horizontale werkster- en darrencellen zijn dit hangende cilinders.

Voedsters

Veel bijensoorten leggen hun eieren op een voedselpakket waarna ze de ruimte afsluiten. Honingbijen doen dit anders. Als de larfjes uit het ei beginnen te kruipen worden de cellen continu geïnspecteerd en worden de larven beetje bij beetje gevoed. Een heel leger van voedsterbijen houdt zich daarmee bezig. Deze werksters hebben hun voedersapklieren ontwikkeld. Ze eten zelf veel stuifmeel om het eiwitrijke voedersap te kunnen maken. Is de larf ver genoeg ontwikkeld om te kunnen verpoppen, dan wordt de cel door werksters afgesloten met een wasdekseltje.

Thermostaat

Voor een goede ontwikkeling van de pop tot volwassen bij is een constante temperatuur nodig van ongeveer 34,5 °C. Meestal moeten de bijen het nest daarom verwarmen. Ze doen dit door te trillen met hun vliegspieren waarbij ze zich tegen het broed



De vorm en de oriëntatie van de raat bepalen mede of er een werkster of een koningin uit groeit.

aandrukken om de warmte uit de spieren over te dragen aan het broed.

De temperatuur kan ook te ver oplopen. Net als zoogdieren moet het bijenvolk zich dan koelen door het verdampen van water. Bijen hebben echter geen zweetklieren. In plaats daarvan halen foerageerbijen water. Andere bijen nemen de druppels water over met de monddelen en hangen ze op in afzonderlijke cellen. Ondertussen wapperen weer andere bijen met hun vleugels en maken zo een luchtstroom door het nest, waardoor de verdamping groter wordt.

Voedselkoerier

Naast water voor de thermostaat, haalt de grote groep foerageerbijen vooral nectar en stuifmeel. Nectar wordt door voedselverwerkende bijen van de foerageerbijen overgenomen en opgeslagen. De nectar moet nog verder ingedampt worden tot honing met een suikergehalte van ongeveer 80%, zodat het niet gaat gisten.

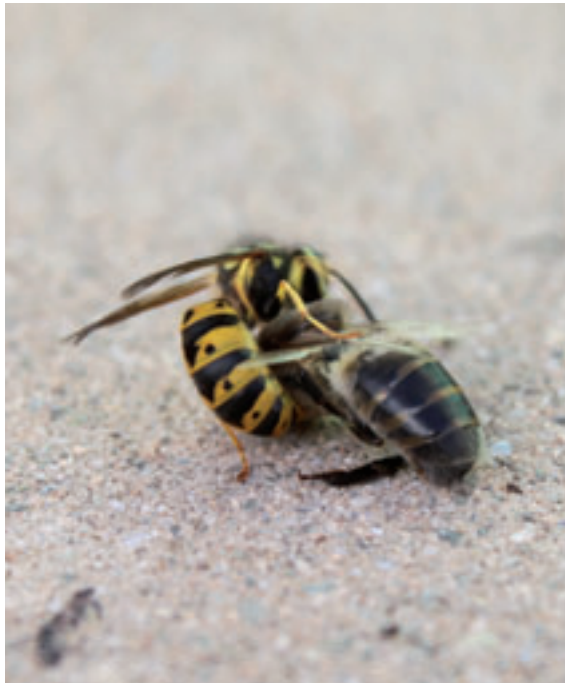
Poortwachters en poetsers

Bij de opening van het nest houdt een groep werkers de wacht en valt vijanden aan die het nest willen binnendringen. Voor de hygiëne in het nest is een groep werkers als begrafenisondernemer bezig. Dode bijen en andere ongerechtigheden worden uit het nest gesleept en een eind van het nest gedeponeerd.

Flexwerkers

Er bestaan nog veel meer taken in het bijenvolk, maar het beeld is nu al duidelijk: op elk willekeurig moment zijn er grote en kleine groepen bijen bezig met allerlei verschillende taken. In een efficiënte organisatie als het bijenvolk moeten deze taken verdeeld worden. Specialisatie lijkt handig en noodzakelijk, maar te veel specialisatie leidt tot een starre organisatie. Hoe lossen bijen dit op? Honingbijen blijken zeer flexibel. Er worden

Gespecialiseerde werksters verdedigen het volk tegen bijvoorbeeld wespen.



VRAAG 2

Welke organen heeft het superorganisme 'bijenvolk' wel, en welke niet?

Honingbijen zijn zeer flexibel in hun werkzaamheden

dus geen gespecialiseerde individuen gekweekt voor bepaalde taken. Dat zie je bijvoorbeeld wel bij verschillende soorten mieren, waar alleen de soldaten vervaarlijk grote kaken hebben. Werksters van honingbijen kunnen in prin-

cipe alle taken uitvoeren. Ze verdelen het werk met behulp van drie ordenende mechanismes: leeftijd, genetische achtergrond en toeval.

Leeftijd en werkverdeling

De leeftijd van werksters speelt een belangrijke rol bij het verdelen van het werk in het bijenvolk. In de eerste fase van haar leven als volwassen bij blijft een werkster in het centrum van het broednest. Cellen moeten worden schoongepoetst en netjes in vorm gekneed. Vaak ontwikkelen hun voedersapklieren waardoor deze werksters het broed

kunnen verzorgen. De koningin wordt overigens ook door de werksters met voedersap gevoerd.

Na een week of twee verschuiven de activiteiten van de werkster naar taken die meer in de periferie van het nest liggen. Ze gaat bijvoorbeeld helpen bij de verwerking en opslag van voedsel of bij de verdediging van de ingang. Na ongeveer drie weken zal ze haar carrière vervolgen als foerageerbij. Dat blijft ze meestal doen tot het eind van haar leven, ongeveer na vijf weken. Werksters specialiseren zich dus wel, maar stappen toch regelmatig over op een nieuwe taak. Het gevaarlijkste werk doen ze aan het eind van hun leven. Tijdens het foerageren kun je makkelijk verongelukken of opgegeten worden. Dan komt het goed uit dat je in ieder geval al veel werk hebt kunnen verzetten in het veilige broednest.

Hoewel de leeftijd een belangrijke rol speelt, blijft de werkster flexibel. Worden alle foerageerbijen verwijderd, dan gaan jonge bijen versneld foerageren. Omgekeerd kunnen foerageerbijen met enige moeite hun voedersapklieren weer activeren en in geval van nood toch bijenbroed verzorgen.

Genetisch profiel van de medewerkers

Alle bijen in het volk zijn aan elkaar verwant. Ze hebben een en dezelfde moeder en in het geval van de darren, die uit onbevuchte eieren worden geboren, niet eens een vader. Toch zijn ook de darren niet exact hetzelfde. Bij de productie van elke nieuwe eicel worden de erfelijke eigenschappen weer op een andere manier verdeeld, zodat elk individu een beetje anders is. Bovendien heeft de koningin met meerdere darren gepaard en bewaart ze het sperma van meerdere vaders. Daardoor kunnen verschillende werksters verschillende vaders hebben. Werksters met dezelfde vader zijn voor driekwart met elkaar verwant (100% via de vader, 50% via de moeder, gemiddeld: 75%). Hebben werksters een verschillende



Vele werksters verdelen de taken in het volk.

vader, dan zijn ze maar voor een kwart met elkaar verwant (0 % via de vader, 50% via de moeder, gemiddeld 25%) (zie pagina 54). Tegenwoordig is het genoom van de honingbij helemaal bekend, zodat de genetische achtergrond van bijen die dezelfde taak uitvoeren in het bijenvolk vergeleken kan worden met andere bijen in het volk. Sommige taken blijken nauw samen te hangen met bepaalde genetische eigenschappen.

Toeval en werkverdeling

De belangrijkste ordening binnen een bijenvolk berust op toeval. Werksters lopen letterlijk tegen allerlei taken aan, bijvoorbeeld larven die graag gevoerd willen worden, foerageerbijen die hun lading nectar kwijt willen, dode bijen die opgeruimd moeten worden of een aanval van wespen die de ingang willen binnendringen. Bijen verwerken dus veel verschillende prikkels om specifieke taken te gaan uitvoeren. Sommige prikkels maken

weinig kans. De drempel om op een prikkel in te gaan kan te hoog zijn omdat het niet bij de leeftijd van de bij past of vanwege haar specifieke genetische achtergrond. Andere bijen hebben dan een grotere kans om deze taak uit te gaan voeren. Bijen met een lage drempel voor een bepaalde taak gaan deze waarschijnlijk vlot uitvoeren als ze hem tegen komen.

Communicatie

De prikkels die bijen te verwerken krijgen zijn van allerlei aard. Ze kunnen vanuit hun omgeving komen, bijvoorbeeld een te lage temperatuur of een dode bij die opgeruimd moet worden. Ze kunnen ook uit de bij zelf komen, bijvoorbeeld een hongerprikkel. Veel verschillende prikkels zullen binnenkomen door communicatie met andere bijen.

VRAAG 3

Zou je de mensheid misschien ook als een super-organisme kunnen zien, net als een bijenvolk?

De kasten in de kast

In het bijenvolk vinden we drie duidelijk te onderscheiden sociale kasten: de koningin, de werksters en de darren. Over het algemeen zit er in een volk maar één koningin, maar dat is bepaald geen vorstin. Feitelijk is ze niets meer dan een eilegmachine: zij legt (meestal) alle eieren. Het werk is wel-

licht 'saai', maar ze wordt er – genetisch gesproken – goed voor beloond. Ze wordt immers de moeder van alle individuen die in het volk ontwikkelen, zowel van de werksters als van nieuwe koninginnen en darren. Dit betekent dat haar eigenschappen in de volgende generaties bijenvolken te vinden zullen zijn.

De werksters voeren alle andere taken in het bijenvolk uit, zoals foerageren, raten bouwen, voedsel verwerken of het nest schoonhouden. Alleen het voortplanten hebben ze uitbesteed aan de koningin. Hiermee planten ze zich indirect ook zelf voort, want de koningin is hun moeder en de eigenschappen

die de koningin doorgeeft aan de volgende generatie zijn voor een belangrijk deel ook hun eigenschappen. De werksters zijn vrouwelijke individuen, net als de koningin. Koningin en werksters ontwikkelen uit bevruchte eitjes. Elk bevrucht eitje kan in principe een koningin worden. Meestal wordt

het echter een werkster en dat komt door het voer dat de larfjes krijgen. Koninginnen krijgen veel meer en beter voer als larf, de zogenoemde koninginnengelei, waardoor ze kunnen ontwikkelen tot eilegmachine. De darren ontwikkelen uit onbevruchte eitjes. Ze hebben dus alleen een moeder en geen vader. Hun taak is het bevruchten van een jonge koningin tijdens de zogenoemde bruidsvlucht. Jonge koninginnen maken één of meerdere vluchten aan het begin van hun leven. Ze paren dan met ongeveer twintig darren en slaan daarbij miljoenen zaadcellen op in hun lichaam, genoeg om hun hele verdere leven bevruchte eieren te kunnen leggen.

Werkster



Koningin



Dar



De drie typen bijen.

Feromonen (geur en smaakstoffen met een signaalfunctie) spelen in de communicatie tussen bijen een grote rol. De koninginnenstof is het meest bekend. Dit feromoon zorgt er onder andere voor dat de bijen 'weten' dat hun koningin nog in het volk zit. Rond de koningin beweegt ongeveer een dozijn bijen (de hofstaat) die haar voeren, likken en met hun antennes betasten. Ze komen daarmee onder de koninginnenstof te zitten.

De hofstaat wisselt voortdurend en bijen die eruit komen betasten andere bijen in het volk extra vaak met hun antennes en wisselen voedsel uit. Zo wordt de koninginnenstof snel over heel het volk verspreid. Bijen wisselen hoe dan ook voortdurend voedsel uit van de ene naar de andere bij. Dit kan omdat ze een krop hebben waaruit ze het voedsel weer terug naar de monddelen kunnen brengen. Je kunt bijna spreken van een 'gemeenschappelijke maag', omdat voedsel dat aan enkele bijen gegeven wordt later verdund in alle bijen wordt teruggevonden. Ongetwijfeld speelt deze voedseluitwisseling een belangrijke rol in de communicatie, al weten we niet precies welke informatie wordt doorgegeven.

Een ander voorbeeld van communicatie is de danstaal die honingbijen gebruiken om elkaar op goede foerageerbronnen te wijzen. Dit is een van de meest spectaculaire vormen van gedrag in de dierenwereld (zie hoofdstuk 4).

Wat denkt de bij?

Hoewel bijen voortdurend met elkaar communiceren is het niet zo dat elke individuele bij precies weet welke zaken zich allemaal in het bijenvolk afspelen. Dat is ook niet nodig. Als elke bij reageert op prikkels uit haar eigen directe omgeving krijg je vanzelf een ordening. De lokale reacties van de bijen sluiten over het algemeen prima op elkaar aan, zodat het net lijkt alsof het bijenvolk zelf 'denkt'.



In sommige gevallen gaat het niet goed. Je ziet dat bijvoorbeeld wel eens in een periode waarin extreem veel nectar voor de bijen beschikbaar is. Alle raten kunnen dan volledig worden volgestopt met honing zodat er geen plaats meer over blijft voor het broednest, waarna het volk snel instort. Een bijenvolk met een echte eigen intelligentie was op tijd gaan luieren.

De 'hofstaat' verzorgt de koningin (midden).

Het imkerjaar

DE HONINGBIJ is het best onderzochte insect op aarde. Jaarlijks verschijnen honderden wetenschappelijke publicaties over allerlei verschillende aspecten van het bijenleven. Vaak zijn het algemene studies over bijvoorbeeld fysiologie van insecten, leer- vermogen of vertaling van genen naar gedrag. De honingbij wordt namelijk al eeuwen gebruikt als modelinsect. Dit komt omdat ze makkelijk bij het laboratorium te kweken zijn en omdat ze vroeger als een van de zeer weinige nuttige insecten werden gezien. Bovendien zijn ze extra interessant omdat we naast de individuele bijen ook het superorganisme kunnen bestuderen, dat wil zeggen: de sociale processen in het bijenvolk. Al die kennis is bijzonder handig voor imkers. Ze hebben een flinke gereedschapskist vol met praktische en wetenschappelijke kennis.

Het beheersen van de zwerm

Al die kennis komt vooral van pas om het zwermen te beheersen. In het voorjaar beginnen de bijenvolken druk te foerageren en ontwikkelen ze zich snel. Tussen begin mei en eind juni worden de volken zo groot dat ze zich willen splitsen. Dit is de eigenlijke voortplanting van het bijenvolk. Er worden jonge koninginnen gekweekt en voordat deze jonge koninginnen uit hun pop kruipen vliegt de oude koningin met ongeveer de helft van de bijen het nest uit op zoek naar een nieuwe nestplaats: de voorzwerm. Als het achtergebleven volk met jonge koninginnen groot genoeg is kunnen nog één of meerdere nazwermen uit het oude nest vertrekken, waarin jonge koninginnen

meevliegen. Deze natuurlijke voortplanting van bijenvolken is noodzakelijk om niet uit te sterven. Voor de imker is het niet erg praktisch. Die loopt het risico een groot deel van zijn bijen te verliezen. Imkers proberen het zwermen daarom voor te zijn en splitsen het volk liever zelf.

De rest van het jaar: op je handen zitten

De rest van het jaar moet de imker de bijen vooral hun gang laten gaan, behalve als het om bestrijding van de varroamijt gaat. Deze mijt is een betrekkelijk nieuwe plaag in onze westerse honingbijen. Oorspronkelijk parasiteerde deze mijt alleen honingbijen in Azië. Die kunnen er inmiddels aardig tegen, maar onze bijenvolken lopen een groot risico om te sterven door varroa (zie hoofdstuk 7). Imkers moeten daarom regelmatig de mijt bestrijden. Dat gaat vooral goed als er geen bijenbroed in het volk zit, waarin de mijten zich voortplanten. Zonder broed zitten alle mijten op de volwassen bijen. Zij kunnen bijvoorbeeld door het vernevelen van een oxaalzuuroplossing effectief worden bestreden. Slimme imkers combineren de bestrijding van varroamijten met zwermverhinderende middelen, omdat door het splitsen van het bijenvolk een periode zonder bijenbroed kan ontstaan.

Selectie haalt weinig uit

Net als bij huisdieren wordt ook geprobeerd de honingbij naar onze eigen inzichten te verbeteren. Er lopen bijvoorbeeld selectieprogramma's die gericht zijn op hogere honingopbrengsten, zachtaardiger bijen of om honingbijen minder gevoelig



Imkers proberen te allen tijde te voorkomen dat hun volken gaan zwermen (gravure ca. 1650).

voor varroamijten te maken. Daarbij worden geavanceerde technieken gebruikt, zoals kunstmatige inseminatie van koninginnen. Ondanks die techniek heeft deze poging tot veredeling nog geen spectaculaire verbeteringen opgeleverd. De honingbij is eigenlijk nog een wild dier en dat komt de bijenhouder nog goed uit ook. Bijenvolken zijn bij uitstek door de natuur geselecteerd om

momenten waarin zeer veel nectar aanwezig is goed te kunnen benutten. In een beperkt aantal weken kunnen ze zoveel voedsel verzamelen en opslaan dat ze daar de rest van het jaar mee verder kunnen. Deze eigenschap benut de imker, die een deel van de honingvoorraad kan oogsten. Het blijkt moeilijk om zelf beter te selecteren dan de natuur.

ANTWOORD 1

Binnen een bijenvolk geldt een ver doorgevoerde taakverdeling. Bovendien geldt de *survival of the fittest* op het niveau van een heel bijenvolk. Een genetische voorsprong of achterstand bevoordeelt of benadeelt in één keer een heel volk.

ANTWOORD 2

Bijvoorbeeld afweer tegen ziektekiemen, en een spijsverteringssysteem zitten wel in een bijenvolk. Het brein is een belangrijk orgaan dat geen equivalent heeft in een bijenvolk.

ANTWOORD 3

Net als in een bijenvolk, kennen mensen ook een hoge mate van specialisatie. Door sommige biologen wordt 'altruïsme' ook gezien als een bewijs dat individuele mensen – en ook andere dieren, zoals verschillende apen en dolfijnen – in bepaalde gevallen meer oog hebben voor het welzijn van de groep dan voor het individu.

A close-up photograph of a bee, likely a bumblebee, perched on a cluster of small, pink, star-shaped flowers. The bee is positioned diagonally across the frame, with its head at the top left and its abdomen extending towards the bottom right. Its body is covered in fine, light-colored hairs, and its wings are partially visible, showing a delicate network of veins. The background is a soft, out-of-focus pink, matching the color of the flowers. A semi-transparent white text box is overlaid on the right side of the image, containing Dutch text.

**‘Bloemetjes en bijtjes’;
voor de bloem is het
voortplanting, voor de
bij eten. Ondanks die
verschillende belangen,
trekken planten en insecten
verrassend goed samen op in
de evolutie.**

De evolutie van bloemetjes en bijtjes

DE MEESTE dieren en planten vermenigvuldigen zich via seksuele voortplanting. Seks is zo gewoon dat je zelden stilstaat bij de vraag waaróm dat zo is. Als je er wel over nadenkt: planten en dieren die zich seksueel willen voortplanten halen zich nogal wat op de hals. Ze hebben twee vormen – mannetje en vrouwtje – die moeten samenkomen om geslachtscellen uit te wisselen. Daarbij loont het om niet de eerste de beste seksuele partner te accepteren. Voor écht evolutionair succes kun je maar beter de beste partner selecteren. Dat gaat gepaard met het ontwikkelen van allerlei eigenschappen die individuen aantrekkelijk maken als seksuele partner en mogelijkheden om de kwaliteit van partners te kunnen beoordelen. Een klassiek voorbeeld is de pauw. Een man neemt de moeite om indruk te maken met een prachtige, maar onhandige staart. Mannen met de grootste en mooiste staart die niet ten prooi vallen aan predatoren, dat moeten wel supermannen zijn en daardoor een geschikte vader voor de kinderen van het vrouwtje dat een mannetje selecteert.

Seksuele uitdaging

Planten hebben een nog grotere seksuele uitdaging. Ze kunnen immers niet naar elkaar toe

lopen voor contact, omdat ze geworteld staan in de grond. Ze moeten dus een andere manier vinden om hun geslachtscellen te laten versmelten. Tien procent van de ongeveer 300.000 plantensoorten heeft dat vrij prozaïsch opgelost. Ze geven hun stuifmeel in groten getale mee aan de wind, in de ‘verwachting’ dat een deel van dat stuifmeel wel goed terecht zal komen.

De meeste planten hebben echter gekozen voor het inhuren van dieren om hun geslachtscellen over te brengen van een mannetje naar een vrouwtje. Er zijn ongeveer 200.000 diersoorten die zich daarvoor lenen. Verreweg het grootste deel daarvan zijn insecten, zoals de vele soorten bijen, kevers, mieren, wespen, vlinders en motten.

Band tussen plant en bestuiver

Als je de overdracht van je geslachtscellen delegeert aan een ander, dan wil je natuurlijk wel dat dit zo goed mogelijk gebeurt. Dat betekent in de praktijk dat er vaak een sterke band is ontstaan tussen de plant en de bestuivers. De plant levert de bestuiver voedsel in de vorm van nectar en stuifmeel en de bestuiver brengt het stuifmeel over naar een andere plant. Dat lijkt eenvoudiger dan het is. Tachtig procent van de bedektzadige planten (de planten die bloemen krijgen) heeft

De bij wil veel nectar, de bloem wil veel bestuivers

hermafrodiete bloemen. Dat betekent dat ze zowel meeldraden (mannelijke geslachtsorganen) als een stamper (vrouwelijk geslachtsorgaan) bevatten. Om te voorkomen dat de bestuiver een bloem of een plant met haar eigen stuifmeel bevrucht, zijn de twee seksen vaak in de tijd gescheiden actief. De meeldraden en de stamper hebben een verschillende ontwikkelingstijd. Het kan ook zijn dat het stuifmeel niet in staat is de eigen eicellen

De reuzenaronskelk of penisplant trekt met een kadaverlucht bestuivers aan.



te bevruchten. Bij de reusachtige bloem van de reuzenaronskelk, die met haar kadavergeur kevers aantrekt als bestuivers, openen de vrouwelijke bloemen eerst. Pas ongeveer twee dagen later gaan de mannelijke bloemen open.

Interesse van bestuivers

Voor bestuivende insecten zijn nectar en stuifmeel belangrijke voedselbronnen. Voor bijen en hommels zijn dit zelfs de enige voedselbronnen. Bijen hebben speciale structuren op hun achterpoten waarin ze stuifmeel verzamelen. Een honingbij die iets meer dan 100 mg weegt kan ongeveer 10 tot 20 mg stuifmeel verzamelen en naar het nest brengen. Dat is een flinke prestatie: vliegen met 20% van je eigen lichaamsgewicht aan ballast. Bijen die gaan zwermen nemen zelfs tot 40% van hun lichaamsgewicht aan honing mee!

Stuifmeel bevat eiwitten die belangrijk zijn voor de groei en reproductie van de bijen. Nectar bevat suikers die een belangrijke energiebron vormen. Het gehalte aan suikers in nectar kan oplopen tot 70%. Daarnaast zitten er ook kleine hoeveelheden aminozuren, vetten en mineralen in nectar. Ook deze bestanddelen kunnen van groot belang zijn voor de bestuivers.

Planten weten bestuivers dus te interesseren in hun bloemen door voedsel aan te bieden. Daaronder bevindt zich ook het waardevolle stuifmeel. Tijdens het verzamelen van het stuifmeel in de korfjes op haar achterpoten komt een werker helemaal onder het stuifmeel te zitten. Het stuifmeel van planten die door insecten bestoven worden is wat plakkerig en de haren van bijen hebben haakjes waardoor het stuifmeel makkelijk in de vacht van de bij blijft hangen.

Tegengestelde belangen

Bijen die het meeste voedsel van een goede kwaliteit verzamelen hebben de beste overlevingskansen. Voor bijen is het daarom gunstig om bloemen



De bij moet wel stuifmeel komen halen, maar liefst niet te veel drinken.

te vinden met zo veel mogelijk nectar en stuifmeel van een hoge kwaliteit. Voor de plant is het juist gunstig als de bij zoveel mogelijk bloemen bezoekt. Daarvoor moeten de bloemen niet te veel voedsel aanbieden. Minder voedsel leidt immers tot meer vliegbewegingen en dus tot meer overdracht van stuifmeel.

Bloemen hebben een bijna doortrapte strategie om de kans op bezoek van insecten te vergroten. In nectar zitten namelijk ook stoffen die de kwaliteit van de nectar als voedselbron reduceren. Zo bevat de nectar van tabaksplanten een beetje van het neurotoxische nicotine en ook een verteringsremmer. Biologen hebben zich lang afgevraagd waarom een plant giftige stoffen in zijn nectar zou doen. Het blijkt dat door deze toevoeging bestuivers de bloemen korter bezoeken en op zoek gaan naar andere bloemen. Op die manier worden ze effectievere bestuivers. In tabaksplanten die geen nicotine in hun nectar hebben wordt ongeveer

70% meer nectar verzameld dan in planten die wel nicotine in hun nectar hebben. De plant is wel gebaat bij bezoeken van de bestuivers, maar als de bestuivers te lang blijven hangen dan kost het de plant te veel energie en wordt er te weinig bestoven.

Foeragerende bijen gezocht

Ongeveer tweederde van de planten met bloemen maakt gebruik van de diensten van insecten voor hun voortplanting. Die planten wachten niet als een muurbloempje totdat er een bestuiver langskomt maar adverteren hun bloemen in geuren en kleuren. Planten concurreren immers om de aandacht van bestuivers. Als de ene plant niet wordt bezocht, en de ander wel, dan kan de eerste zijn genen niet doorgeven.

Bestuivers gebruiken geur, kleur en vorm als

VRAAG 1

Wat zijn de voor- en nadelen van het inhuren van bestuivers voor je voortplanting (als bloem) in vergelijking met windbestuiving?

Bijen zien dezelfde bloem in andere kleuren dan mensen.



goed herkenbare signalen van de aanwezigheid van bloemen. Onderzoekers hebben traditioneel veel aandacht voor de rol van bloemkleuren. Daarbij moet je bedenken dat insecten een ander deel van het kleurenspectrum zien dan mensen. Insecten zien bijvoorbeeld ook ultraviolet (zie pagina 40 en 41).

Daarnaast spelen bloemgeuren een heel belangrijke rol. Bloemen produceren complexe geurmengsels van tientallen tot wel meer dan honderd componenten. In totaal zijn er 1.700 verschillende geurcomponenten bekend. Daarmee kunnen planten, als ware parfumeurs, heel verschillende mengsels maken.

Geurstoffen spelen ook een belangrijke rol in de biologie van insecten. Feromonen worden gebruikt in interacties met soortgenoten. Sociale insecten zoals honingbijen gebruiken een heel arsenaal aan feromonen. Daarnaast worden geuren veel gebruikt door insecten bij het zoeken naar voedsel of het vermijden van vijanden. Het is dan ook niet zo verwonderlijk dat planten geuren gebruiken voor het aantrekken van hun bestuivers. De geurstoffen die planten gebruiken voor het aantrekken van bestuivers blijken ook nog eens te worden gebruikt als bouwsteen voor de feromonen die bestuivers onderling gebruiken. Planten lijken

hun bestuivers dus aan te trekken door gebruik te maken van de taal van deze insecten.

Een extreem voorbeeld zijn de orchideeën van het geslacht *Ophrys*, die de sekslokstoffen van bepaalde solitaire bijen, zoals de zandbijen (*Andrena*) namaken. Daarmee kunnen ze mannelijke zandbijen aantrekken. Deze mannetjes proberen met de bloem te paren en krijgen dan

→
De bijenorchis lokt bijen door te doen alsof haar bloem een bij is.



pakketjes stuifmeel van de bloem mee. De orchideeën bootsen de sekslokstoffen zó goed na dat de bijen er meer dan eens instinken. Bij een volgend bloembezoek levert de bij dan het stuifmeel af bij de nieuwe bloem. Zo lijkt deze bij meer voor de voortplanting van de orchidee te zorgen dan voor zijn eigen seksleven. Als dat echt het geval was, dan zou dit verschijnsel natuurlijk geen lang leven beschoren zijn. Een bij die alleen met bloemen paart maakt geen nageslacht. Waarschijnlijker is het dat de kosten die het orchideebezoek met zich meebrengen prima opwegen tegen de baten van het gebruik van het feromoon om zelf een seksuele partner te vinden.

Er zit wel een nadeel aan het openlijk adverteren van de aanwezigheid van je bloemen. Je kunt er bijvoorbeeld ongenode gasten mee aantrekken, zoals nectardieven, stuifmeelrovers of insecten die het op je bladeren gemunt hebben. Om dit risico te verminderen kunnen planten afwerende stoffen in hun nectar stoppen, zoals de nicotine in de nectar van de tabakspant. Dit zorgt niet alleen voor korter en gevarieerder bloembezoek, het leidt ook tot een afname van nectardieven. Zo blijft de nectar als beloning beschikbaar voor bestuivers.

Planten moeten zich de planteneters van het lijf houden en kunnen dat doen door zo min mogelijk herkenbaar te zijn, bijvoorbeeld door zo min mogelijk geuren te verspreiden. Tijdens de reproductie moet dat principe overboord. Dan moet de plant die nadelen zien te minimaliseren. Dat kan door de bloemgeuren zo kort mogelijk te verspreiden. Zo verspreiden bloemen die door nachttactieve motten worden bestoven hun geuren alleen 's nachts. Zodra de bestuiving heeft plaatsgevonden, neemt de productie van bloemgeuren af. Dat kan al binnen enkele minuten gebeuren zoals bij de orchidee *Cataseum maculatum*. Bij andere planten kan het een kwestie van uren of dagen zijn. Ook de bloemkleur verandert nadat succesvolle bestuiving heeft plaatsgevonden.



Bijen onthouden bloemkenmerken

Voor bijen is het van groot belang om zo efficiënt mogelijk te foerageren. Vliegen kost veel energie en de bij wil dus zoveel mogelijk voedsel per vlucht halen. Succes bij het foerageren leidt tot gedragsveranderingen in honingbijen. Ze leren van hun successen. Tijdens een succesvol bezoek aan een voedselrijke bloem kunnen de kleur, de vorm en de geur van die bloem geleerd worden. Daarmee creëren de bijen een zoekbeeld waardoor ze efficiënter zoeken naar de volgende bloem.

Honingbijen leren, net zoals de honden van Pavlov, door associatie. De geur, kleur of vorm van een bloem die een beloning (nectar, stuifmeel) oplevert, kan op deze manier geleerd worden net zoals honden het geluid van een bel na een paar keer associëren met het aanbieden van voedsel. Beroemd is het onderzoek van Konrad Lorenz aan het begin van de twintigste eeuw. Hij onderzocht hoe honingbijen kleuren

De Oostenrijkse gedragsbioloog Konrad Lorenz (1903 - 1989).

VRAAG 2

Welke andere dieren dan insecten bestuiven planten?

Bloemetjes en bijtjes zijn de
essentie van de evolutie.



Bloemetjes en bijtjes zijn de essentie van de evolutie

leren. Tegenwoordig weten we dat bijen geuren nóg sneller kunnen leren dan kleuren. Ook leidt het leren van geuren tot een sterker effect op het gedrag dan het leren van kleuren. Honingbijen die met succes voedsel hebben gehaald, geven hun ervaringen ook door aan hun zusters in het nest. Dit gebeurt in het nest waar de werksters die met voedsel binnenkomen een zogenaamde kwispeldans uitvoeren, waarmee informatie over richting en afstand wordt overgedragen terwijl de geuren die de werkster met zich meedraagt informatie over de aard van de voedselbron overdragen.

Trouw aan een plant

Hoewel honingbijen in principe generalisten zijn, die stuifmeel van een groot aantal planten kunnen eten, zijn ze in de praktijk toch kieskeurig. Dit heeft te maken met het aanbod en de relatieve kwaliteit van het beschikbare stuifmeel. Die zijn afhankelijk van het seizoen en de lokale omstandigheden.

Individuele honingbijen specialiseren zich doorgaans op een plantensoort via associatief leren. Die specialisatie kan beperkt zijn tot een vlucht of een dag. Voor de bij levert dat een verhoging op van de foerageerefficiëntie. Voor planten betekent het dat de kansen op overdracht van pollen naar soortgenoten wordt vergroot.

Voor de bijen blijft het van belang om de omgeving af te zoeken naar mogelijk nog betere

alternatieven. Zulk exploratief gedrag wordt door verkenner uitgevoerd en hun bevindingen kunnen er toe leiden dat haalbijen naar een nieuwe voedselbron worden gestuurd. De verkenner informeren de haalbijen via de kwispeldans over de beschikbare voedselbronnen. De verkenner die informatie over de meest profijtelijke voedselbron verspreidt, rekruteert de meeste haalbijen. De bijen foerageren vaak op planten die massaal bloeien, in een straal tot ongeveer tien kilometer rondom het nest. Dat laat zien dat honingbijen flinke afstanden afleggen om stuifmeel en nectar te verzamelen.

Kosten en baten van de samenwerking

De economische waarde van de diensten die insecten aan de voortplanting van onze gewassen leveren, is ruim 1 miljard euro. Veel groenten en fruit, zoals appels, tomaten, courgettes en klein fruit zijn afhankelijk van de bestuiving door honingbijen en andere bestuivers. Voor veel land- en tuinbouwbedrijven zijn bestuivers zoals honingbijen cruciaal voor hun omzet. Daarnaast zorgen insecten ook voor de bestuiving van planten in de natuur. Zonder bestuivende insecten zouden veel planten zich niet kunnen voortplanten en zou de diversiteit aan planten er heel anders uit zien. Juist de specialisatie die is opgetreden tussen planten en hun bestuivers zorgt ook voor de diversiteit aan planten die we op aarde hebben.

Het hele proces, van insecten aantrekken om stuifmeel op te halen tot aan het ontvangen van stuifmeel, kent veel kosten en baten voor zowel de plant als de bestuivers. Beide staan onder natuurlijke selectiedruk om met zo min mogelijk kosten zo veel mogelijk baten te genereren. Tot de kosten van de planten horen bijvoorbeeld de risico's dat je als plant nectardieven of planteneters aantrekt in plaats van bestuivers. Tot de kosten voor de bestuivers horen de risico's dat je naar planten gaat die te weinig of helemaal geen voedsel te bieden hebben

maar wel van je diensten gebruik maken. De baten bestaan uiteindelijk voor zowel de plant als de bestuiver uit het produceren van zoveel mogelijk nakomelingen.

Door de wederkerige relatie ontstaat een win-win situatie, waarbij zowel de plant investeringen doet als de bestuiver. Daarbij heeft ieder zijn eigen 'agenda'. Deze benadering lijkt misschien niet veel op een liefdesrelatie maar veeleer op een politiek-economische afweging. Eigenlijk is dat ook precies wat er in de natuur gebeurt: ieder organisme is – onbewust – onderworpen aan kosten-baten analyses. Wie daarin het beste is, dat wil zeggen wie meer nakomelingen produceert dan zijn concurrerende soortgenoten, draagt het meest bij aan de kwaliteiten van de volgende generatie en daarmee aan de evolutionaire ontwikkeling. Dat is precies de kern van de biologie zoals die door Charles Darwin ontdekt is. En van het proces waarover wij het bloemetjes-bijtjes verhaal vertellen: de succesvolle voortplanting.

VRAAG 3

Zandbijen 'paren' soms met orchideeën. Is het alleen de geur van de bloem die de zandbijen fopt?

Bestuiving van cultuurgewassen

BIJ VEEL cultuurgewassen (planten die gekweekt worden als voedsel of voor de sier) is bestuiving van bloemen voor het uitgroeien van vruchten en zaden essentieel. In bloemen vind je vruchtbeginsels (de vrouwelijke voortplantingsorganen) en meeldraden (de mannelijke voortplantingsorganen). Uit de meeldraden komt stuifmeel vrij en tijdens de bestuiving verhuist dat stuifmeel naar de stamper van het vruchtbeginsel. Na aankomst op de stamper kiemen de stuifmeelkorrels en groeit er per korrel één buisje door het vruchtbeginsel naar de zaadknoppen. Daar zitten de eigenlijke eicel-

len. Daar versmelt het erfelijke materiaal uit de stuifmeelkorrel met het erfelijke materiaal in de eicel. Pas na deze bevruchting kunnen zaadknoppen uitgroeien tot zaad en het vruchtbeginsel uitgroeien tot een vrucht. Zonder bevruchting worden vruchtbeginsels vaak door de plant afgeworpen.

Bulkgewassen, zoals rijst, tarwe, gerst en maïs vertrouwen op de wind voor hun bestuiving. Aardappels worden vegetatief, via de knollen, vermeerderd. Krenten kunnen worden geoogst na zelfbestuiving. Maar bij de bestuiving van veel smakelijke vruchten en groenten spelen bijen, en

In de glastuinbouw wordt veel met bijen gewerkt.



ook andere insecten zoals hommels, solitaire bijen en vliegen, vaak een belangrijke rol.

Bijenvolken worden in het voorjaar naar de boomgaarden gebracht om de fruitbloesem te bestuiven. Minder bekend is dat bijenvolken ook een belangrijke rol spelen bij de teelt van andere vruchten zoals aardbeien, frambozen, bosbessen, meloenen en vruchtgroenten zoals aubergine, courgette en paprika. Bij de teelten in afgesloten ruimtes, zoals kassen en 'tunnels', zijn bestuivers onontbeerlijk voor de vruchtzetting. Daar zijn de omstandigheden niet erg gunstig voor gewone bijenvolken; dit is meer het terrein van de beroeps-imker. Bij radijs, wortel, pastinaak of kool is het belang van bestuiving misschien niet direct duidelijk, want een knol, wortel of bladerknop hoeft toch niet bestoven te worden om voor consumptie geschikt te zijn? Het zaadje waaruit deze groenten worden geteeld is echter wél het resultaat van bestuiving door bijen.

Ruilbeurs voor stuifmeel

Bestuiving hangt niet alleen af van bijen die van bloem tot bloem vliegen. Door uitwisseling van stuifmeel tussen bijen in de kast is er ook indirecte bestuiving. Het bijenvolk is als een poederdoos van stuifmeel: alle bijen in de kast komen in aanraking met het stuifmeel dat door het volk wordt binnen gebracht. Terwijl de individuele bij vaak foerageert op één individuele boom, kan door uitwisseling van stuifmeel in de kast die boom toch worden bestoven met stuifmeel van een soortgenoot. De hele bijenkast is als een ruilbeurs voor stuifmeelkorrels! Planten die grote afstanden

van elkaar verwijderd zijn, kunnen zo toch door bijen bestoven worden en hun erfelijke eigenschappen uitwisselen. De honingbij speelt op deze manier als bestuiver van cultuurgewassen én wilde flora, een ongeëvenaarde rol.

ANTWOORD 1

Voordelen: je kunt toe met minder stuifmeel dan bij windbestuiving. Dat scheelt energie. Je bent ook niet afhankelijk van de windrichting voor de voortplanting. Nadelen: je bent afhankelijk van de beslissingen van de bestuiver, je moet investeren in reclame om de bestuivers te lokken en die reclame kan ook dieren met minder goede bedoelingen aantrekken.

ANTWOORD 2

Vogels zoals kolibri's, zoogdieren zoals vleermuizen, of reptielen zoals gekko's.

ANTWOORD 3

Insecten gebruiken naast geur ook vorm en kleur bij het selecteren van een seksuele partner. Geur werkt op langere afstanden dan kleur en vorm. Ophrysbloemen lijken vaak niet alleen qua geur maar ook qua vorm, beharing en kleur op de vrouwtjes van hun bestuivende bijen.



De dans waarmee honingbijen onderling communiceren spreekt tot de verbeelding. Mensen kunnen als hoogste communicerende organismen nog veel leren van dansende bijen.

Mag ik deze dans van u?

HET LEVEN in sociale verbanden heeft veel voordelen. Het levert ook problemen op die solitair levende dieren niet hebben. Voedsel verzamelen voor de hele bijenkolonie is bijvoorbeeld niet eenvoudig. In een kolonie van honderd bijen, zoals een hommekolonie, kan elk individu nog op goed geluk voedsel zoeken rondom het nest zonder nestgenoten voor de voeten te lopen. Voor een honingbijenkolonie met meer dan 20.000 bijen is dat echter onmogelijk. Er is een goede organisatie nodig om een groot gebied rond de kolonie te verkennen en nestgenoten de beste voedselbronnen te laten exploiteren.

Honingbijen hebben een opmerkelijk gedrag ontwikkeld om dit probleem op te lossen: de bijentaal of bijendans. We weten precies hoe dit gedrag werkt door het baanbrekende onderzoek van de Duitse onderzoeker Karl von Frisch. In 1923 schreef hij het boek *Die Sprache der Bienen* (De taal van de bijen). Daarin omschrijft hij zeer nauwkeurig zijn vele experimenten met honingbijen. Om het gedrag te bekijken plaatste hij een honingbijenkolonie in een observatiekast met glazen wanden. Vervolgens leidde hij enkele bijen naar een voedselbron met suikerwater die een eindje van de kolonie af in het veld stond. Hij merkte deze

bijen met verfstippen en keek wat ze deden als ze volgetankt met suikerwater in de kolonie terugkwamen. Tot zijn grote verbazing zag hij dat ze een soort rondedans deden en dat nestgenoten erg geïnteresseerd waren in dit gedrag. Zó geïnteresseerd zelfs dat er een paar direct uitvlogen en even later de suikerwaterbron vonden. Ook zij deden een rondedans na terugkomst in het nest.

Tegelijkertijd zag Karl von Frisch bijen terugkomen met pollenkorfjes vol met stuifmeel. Deze bijen deden geen rondedans, maar iets dat hij de kwispeldans noemde: kort heen-en-weer schudden met het achterlijf in één bepaalde richting gevolgd door een snelle ommekeer rechts- of linksom. Hij dacht dan ook dat nectarverzamelende bijen een rondedans doen, en stuifmeelverzamelaars een kwispeldans om nestgenoten te laten weten wat ze gevonden hebben. Deze conclusie was net zo logisch als fout. Gelukkig heeft hij later zelf de correcte ontcijfering voor dit gedrag gevonden. De rondedans is voor communicatie over voedsel dichtbij het nest, de kwispeldans is voor communicatie over voedselbronnen verder weg.

In 1946 publiceerde Von Frisch zijn nieuwste bevindingen die als een schok aankwamen in de rest van de wereld. De honingbij bleek een zeer

VRAAG 1

Om je te kunnen oriënteren op waar je je bevindt heb je op zijn minst een soort referentie nodig. Wat kan een bij als referentie gebruiken en de meeste andere dieren niet?

De bijdans is een van de meest geavanceerde communicatiesystemen bij dieren

Door te kwispelen en rondjes te draaien communiceert een werkster met haar collega's.

precieze symbolische taal te hebben om de afstand en richting van een voedselbron aan te geven. Nestgenoten kunnen deze informatie oppikken uit de dans en komen vaak precies op de aangegeven plaats aan, soms wel tien kilometer van de kolonie af. De bijdans wordt sindsdien gezien als een van de meest geavanceerde communicatiesystemen bij dieren.

Robotbijen en dansdialecten

Sommige onderzoekers waren niet overtuigd dat de informatie uit de bijdans echt gebruikt werd door de dansvolgers.

Hun argument was dat de danser evengoed een geurspoor achtergelaten kon hebben tussen de voedselbron en de nestkast. De dans zou dan simpelweg nestgenoten aansporen om het geurspoor te volgen. In 1989 bewees

de Deense onderzoeker Axel Michelsen op elegante wijze dat toch echt informatie uit de kwis-

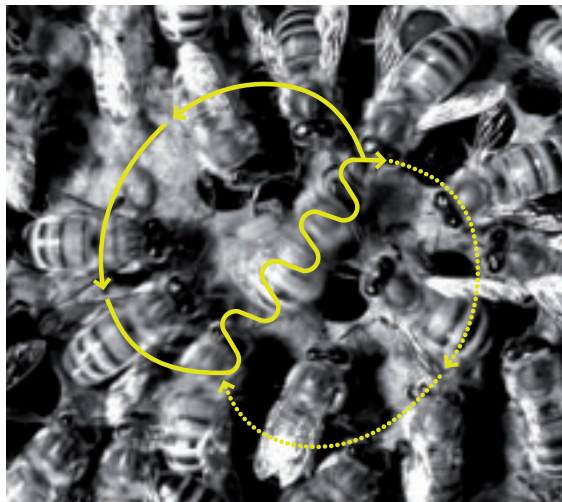
peldans wordt gebruikt door de 'dansvolgers' om de locatie van de voedselbron te achterhalen. Hij ontwikkelde een robotbij die exact de dansbewegingen kon nabootsen. Als de robotbij in de dans een voedselbron aangaf op bijvoorbeeld 200 meter afstand in noordelijke richting, kwamen er op die voedselbron inderdaad dansvolgers aan zonder dat er ooit eerder een nestgenoot was geweest.

Het team van Von Frisch en zijn opvolger Martin Lindauer hebben nog allerlei andere ontdekkingen gedaan. Zo geven de dansen van de verschillende rassen van onze honingbij de afstand anders weer. Het zijn als het ware dialecten, waar soms vlotte dansers, soms langdradige dansers hetzelfde proberen duidelijk te maken.

Efficiënte bijentaal

Met behulp van de bijdanscommunicatie kunnen honingbijenkolonies zeer efficiënt grote voedselbronnen exploiteren binnen een straal van enkele kilometers van hun nest. Hiervoor is taakverdeling essentieel. Een kleine groep bijen vliegt op eigen gelegenheid uit om voedselbronnen te zoeken. Deze verkenners speuren systematisch de omgeving af naar nectar- of stuifmeelleverende planten. Het grootste deel van de bijen blijft in het nest en wacht tot de verkenners terugkomen met voedsel. Ze volgen de dans, gaan op zoek naar de voedselbron en als ze die vinden en goedkeuren gaan ze zelf ook dansen. Op die manier wordt er voor grotere en betere bronnen meer gedanst in de kolonie en dus ook meer gerekruteerd (dat wil zeggen dansvolgers worden gemobiliseerd voor het foerageren). Als de bron op begint te raken stoppen de bijen met dansen en worden er geen nestgenoten meer aangespoord tot foerageren.

De danscommunicatie is bepaald niet perfect. Er zijn zowel 'schrijffouten' als 'afleesfouten'. Ten eerste is de uitvoering van de dans niet altijd exact. Een dans voor een verre bron geeft, door onnauwkeurigheid in zowel richting als afstand, meestal



Dansen in dialect

Als bijendans 'taal' is, bestaat er dan ook zo iets als een dialect? Volgens een Chinees onderzoek uit 2008 wel!

Om bijen uit verschillende streken of zelfs uit verschillende werelddelen met elkaar te laten communiceren moet je eerst een belangrijke horde nemen. Vreemde bijen worden normaal

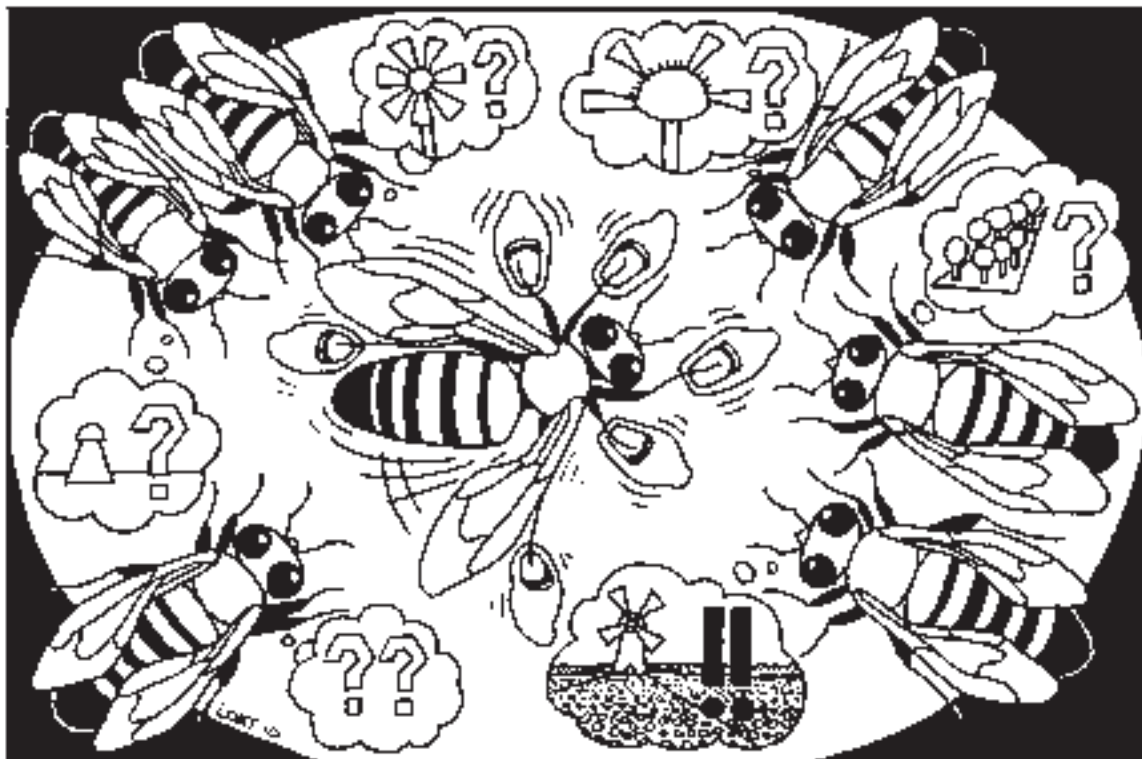
gesproken niet getolereerd in een volk, dus voor ze elkaars danstaal kunnen bekijken, zijn de vreemdelingen meestal al uitgemoord. De Chinezen hebben dan ook lang moeten experimenteren voor ze een bijenvolk konden samenstellen uit zowel Europese als Aziatische bijen. Voor de volledigheid: de koningin

was een Aziatische. Het gemengde volk kreeg op een gecontroleerde manier nectarbronnen voorgeschoteld, zodat afstand en richting ten opzichte van de bijenkorf steeds precies bekend waren. Vervolgens keken de onderzoekers hoe de verschillende bijen dansten voor die bronnen. Wat bleek: de

Aziatische bijen kwispelden langer voor een bepaalde bron dan een Europese. Ook de hoek van het achterlijf van de Aziaten stond bij de dans voor een specifieke bron een stuk schuiner dan die van de Europeanen. De schuinere Aziatische hoek zou de Europeanen net een verkeerde kant op kunnen sturen, ter-

wijl ze door een langere kwispeldans te ver zouden kunnen doorvliegen. Maar: de verschillende soorten bijen konden elkaar prima verstaan! Er was niet meer of minder 'onbegrip' waar te nemen dan in een normaal, homogeen bijenvolk.

De Chinezen trokken een ver gaande conclusie uit hun dialectenonderzoek. De Aziatische bijen en de Europese zijn vermoedelijk zes tot acht miljoen jaar geleden uit een gemeenschappelijke voorouder ontstaan. Maar die miljoenen jaren hebben niet verhindert dat de bijen elkaars taal nog wel kunnen begrijpen, ondanks de duidelijke 'dialecten' die ze gebruiken. Of is het bijenbrein, hoe minuscule ook, toch flexibel genoeg om zelfs te kunnen 'vertalen'?





Tom Seeley merkte zijn bijen met kleuren en nummers om zo het dansgedrag te kunnen onderzoeken.

een gebied van ongeveer één hectare aan. Dat is voor het vinden van een veld bloeiend koolzaad natuurlijk voldoende, maar niet voor het opsporen van een bloeiende lindeboom. Ten tweede is het volgen van een dans erg moeilijk, vooral voor onervaren bijen. De snelle dansbewegingen vinden plaats in het donker op een verticale raat vol met bijen. De dansvolger moet zo lang mogelijk precies achter de ronddansende bij blijven om de informatie op te pikken.

De Noord-Amerikaanse onderzoeker Tom Seeley heeft in detail onderzocht hoe succesvol de rekruten zijn in het vinden van de voedselbronnen. Hij werkte daarvoor op Appledore Island, een afgelegen eiland voor de kust van Maine. Dit eiland heeft geen natuurlijke honingbijen, waardoor het ideaal is voor experimenteel werk met bijen. Seeley merkte alle bijen met nummers en kleuren, liet

iemand de wacht houden bij de voedselbronnen en observeerde al het dansgedrag in de kolonie. Enkele verkenner-vonden een voedselbron en begonnen te dansen. Verrassend genoeg kostte het de dansvolgers meer tijd om de aangeboden suikerwaterbron te vinden dan dat het de verkenner-bijen kostte om zonder dansinformatie zelf een voedselbron te vinden. Het leek er dus op dat het efficiënter zou zijn om een kolonie met verkenner-bijen te hebben en de bijendans maar te vergeten. Het bleek echter dat de kwaliteit van de bronnen die de verkenner-vonden lang niet altijd goed was, terwijl de dansvolgers altijd de beste bronnen vonden. Voor slechte bronnen wordt namelijk niet gedanst. De bijendans maakt het dus mogelijk voor de grote honingbijenkolonie om heel gericht alleen de beste voedselbronnen te exploiteren.

De balans van de dans

Levert de danscommunicatie uiteindelijk ook meer voedsel voor de kolonie? Om dit te testen vergeleken Kirk Visscher en collega's kolonies waarin bijen belemmerd werden in het aangeven van de goede danslocatie met gewone kolonies. Door de bijenraten in een kolonie horizontaal te zetten konden de bijen niet goed de richting aangeven. Normaal gebruiken dansers de zwaartekracht-richting om de hoek tussen voedselbron en de zon aan te geven in de donkere bijenkast. Op een horizontale raat kan dit niet. Uit het onderzoek bleek dat als er voedsel te vinden is op vele plekken in het landschap rondom de kolonie, de bijendans niet leidde tot hogere nectar- en stuifmeel-oogst. Echter wanneer de voedselbronnen wijdverspreid in het landschap voorkwamen leverde de bijendans meer voedsel op.

Dansdemocratie tijdens de volksverhuizing

De bijendans zorgt er ook voor dat een zwerm bijen een geschikte nieuwe woonplaats vindt. Honingbijen planten zich voort door middel van

het zogenoemde zwermen. Een groep van 10.000 tot 20.000 bijen verlaat de kolonie met de oude koningin, vliegt ergens heen en kampeert tijdelijk aan bijvoorbeeld een boomtak totdat een permanente woning is gevonden. Maar hoe vindt zo'n volk op drift een nieuwe woning? Wijst de koningin de weg of is er een democratisch proces? Wordt de eerste de beste locatie uitgekozen? Hoe weten die duizenden bijen waar ze heen moeten gaan?

Het sturen van een grote groep mensen is vrijwel onmogelijk en we weten ook maar al te goed hoe moeilijk het is om consensus te bereiken bij het formeren van een kabinet of het aanleggen van een snelweg. De al eerder genoemde onderzoeker Tom Seeley heeft met veel geduld en vernuft onderzoek gedaan naar precies deze vragen. En met groot succes! Het raadsel van het beslissings-

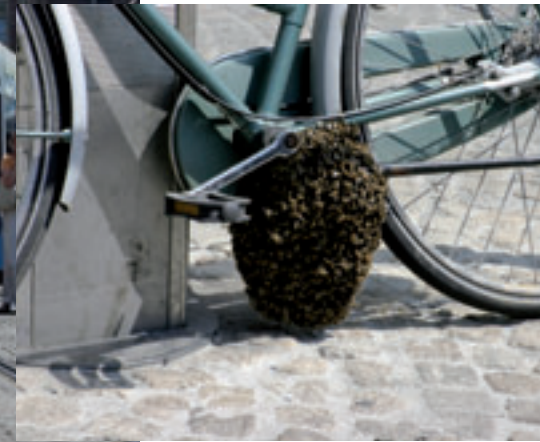
proces tijdens de huizenjacht van een bijenzwerm is grotendeels door hem opgelost. Hij schrijft daarover in zijn boek *Honeybee democracy*.

Seeley verhuisde weer naar Appledore Island, deze keer vanwege het feit dat daar geen natuurlijke nestgelegenheden zijn voor bijen. Er zijn geen grote bomen en de geschikte holtes in de onderzoeksgebouwen werden gedicht. Hij kon de keuze tussen geschikte nestlocaties dus goed manipuleren. Door nestkasten te bouwen met verschillende afmetingen en openingsgroottes kon hij de bijen laten kiezen wat voor hen de beste woning was. Vierduizend bijen werden individueel gemerkt en bij een 'kunstzwermbord' uit hun bijenkast gegooid. Ze vormden snel een zwerm op ooghoogte die gemakkelijk geobserveerd kon worden.

Het was al langer bekend dat de bijendans ook

VRAAG 2

Waarom zou een bij kennis over een superrijke nectarbron niet gewoon voor zichzelf houden?



Een imker vangt een vrije zwerm bijen van een fiets op de Dam.

Het kiezen van een woning

10.00 uur: Twee verkenners hebben elk een woning gevonden en vertellen er over door te dansen.



13.00 uur: De dansvolgers zijn zelf gaan kijken en dansen nu ook. De rechterboom is het meest overtuigend. De meeste bijen (in blauw) kiezen hiervoor.



16.00 uur: Bijna alle verkenners gaan voor de rechterboom. Het besluit is bijna genomen, misschien vertrekken ze vandaag nog.



gebruikt wordt bij de huizenjacht. Martin Lindauer had dat in de jaren vijftig ontdekt. Hij zag dansende bijen aan de buitenkant van de zwerm, decodeerde de danslocatie en zag dat de zwerm de nieuwe locatie koos waar het meest voor werd gedanst. Het lukte hem soms zelfs om mee te sprinten met de wegvliegende zwerm en zo te ontdekken in welk gebouw of boomholte ze neerstreken.

Consensus of beslissing bij meerderheid?

Een verhuizing van een zwerm bijen duurt over het algemeen één tot drie dagen. In het begin wordt een groot aantal locaties aangegeven door de verschillende dansers. Al deze locaties zijn geschikte nestplekken, want alleen verkenner die een goede nestplek vinden dansen ervoor na terugkomst bij de zwerm. De favoriete bijenwoning blijkt een holte met een inhoud van meer dan twintig liter, een paar meter boven de grond met een kleine opening op het zuiden aan de onderkant van de holte.

Seeley zag dat het aantal potentiële woningen waarvoor werd gedanst gaandeweg tot slechts één plek werd teruggebracht. Maar hoe? Het bleek niet via 'consensus' in de zwerm te gaan: in de zwerm wordt niet de nestplek met de meeste dansers gekozen en vervolgens vliegen de bijen daar naartoe. In plaats van consensus in de zwerm, valt de beslissing juist bij de nestplek, wanneer voldoende bijen die zelfde nestplek hebben gevonden. Dit wordt de quorum-hypothese genoemd.

Het bewijs tegen de consensus-hypothese was de observatie dat de zwerm soms al vertrekt voordat alle dansers één enkele nestplek aanduiden. Bovendien konden de onderzoekers een zwerm laten splitsen door twee identieke nestplekken aan te bieden. Het aantal aanhangers voor beide kasten nam even sterk toe waardoor de twee coalities tegelijkertijd besloten naar hun eigen favoriete plek te vliegen in verschillende richtingen. Een

elegant experiment liet vervolgens zien dat het keuzemoment inderdaad het aantal huizenjagers bij een nestkast blijkt te zijn. De verhuiskeuze bleek veel langer te duren wanneer vijf identieke nestkasten naast elkaar werden gezet in plaats van slechts één. Met vijf kasten verdeelden de verkenner zich en kregen ze de indruk dat er nog niet genoeg volgelingen waren voor hun kast. Daardoor wachtten ze met het nemen van de beslissing voor de eigenlijke intrek in de nieuwe woning. Die beslissing is doorgaans overigens goed te horen en te zien. De hele coalitie bijen van de gekozen kast vliegt terug naar de zwerm en maakt een hoog geluid terwijl ze rondrennen over de zwerm. Dit is het signaal voor de andere bijen om hun vliegspieren op te warmen en zich klaar te maken voor vertrek.

Snel beslissen? Dansen!

De bijendans is een goed voorbeeld van complexe communicatie die is geëvolueerd omdat betere communicatie over voedsel en een geschikte nestplek ook betere groei, reproductie en overleving van de soort tot gevolg heeft. De omgeving bepaalt in welke omstandigheden de bijendans voordeel oplevert. Zo gebruiken de meeste sociale bijen die in het tropisch regenwoud leven geurspooren of andere communicatiesystemen omdat de bijendans slechts werkt in twee dimensies en niet in het driedimensionale regenwoud. De bijencommunicatie is zeer fascinerend en inspirerend en maakt snelle, efficiënte beslissingen mogelijk onder moeilijke omstandigheden. Daar kunnen wij misschien nog wat van leren bij onze maandenlange vergadersessies bij kabinetsformaties.

VRAAG 3

Is de bijendans een taal?

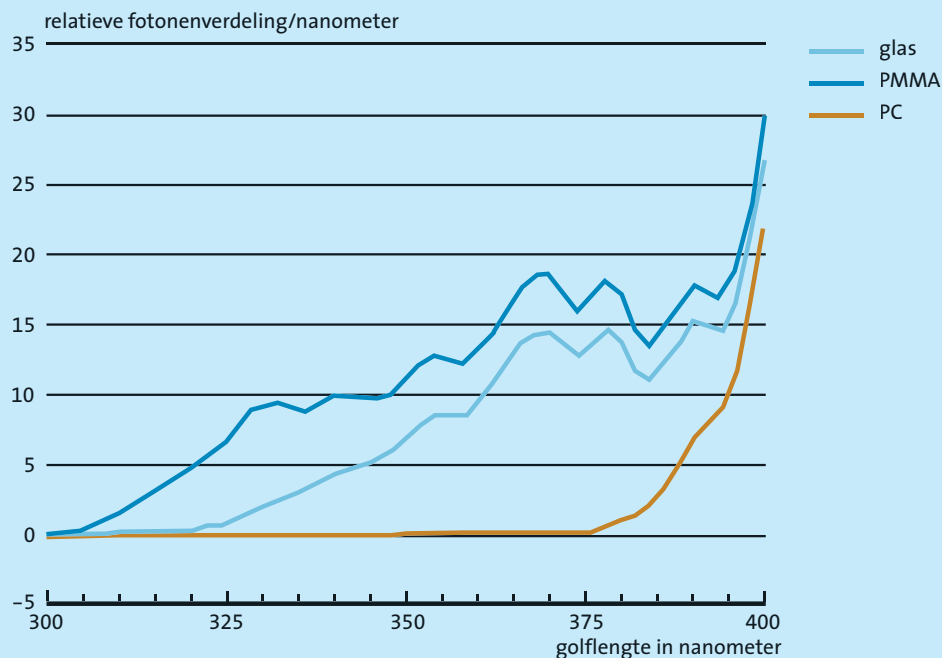
Liever geen polaroid

HET GING altijd zo mooi: kleine bijenvolkjes zorgden er bij een Nederlandse kweker voor dat een bepaalde soort potplant effectief werd bestoven, zodat er aartjes met veel zaden werden gevormd. Daaruit werden jonge plantjes gekweekt om te verkopen aan andere kwekers. De handel ging zelfs zó goed dat de kweker voor deze teelt een fonkelnieuwe, veel grotere kas liet bouwen, met een modern dubbelwandig en dus energiebesparend kasdek, gemaakt van de kunststof polycarbonaat.

Ook in de nieuwe kas deden de planten het

prachtig. Ze kwamen al snel in bloei. De bijenvolkjes werden weer van stal gehaald om de bloemen te bestuiven. Maar op dat moment ging het mis. Zodra de bijenkasten open werden gezet in de nieuwe kas vlogen de bijen meteen naar de nok van de kas. Geen enkele bij bezocht de bloemen, maar ook geen enkele bij keerde terug naar de kast. Bovendien gedroegen de bijen zich heel vreemd. Normaal gaan bijen zich eerst op een nieuwe plek oriënteren: ze vliegen horizontale cirkels rond de kast, die steeds wijder worden. Zodra ze de plek in hun geheugen hebben geprent

Zicht van de bij in de kas



Ultraviolet licht wordt tot een golflengte van 375 nanometer tegengehouden door polycarbonaat (PC). Een andere kunststof, polymethylmethacrylaat (PMMA), laat licht door vanaf 300 nanometer. Glas laat het licht door vanaf 325 nanometer. Het gevolg: bijen en hommels kunnen zich bij gebrek aan ultraviolet licht niet oriënteren onder een kasdek van polycarbonaat.

vertrekken ze in een rechte lijn. Maar nu vlogen de bijen meteen verticaal omhoog, soms zelfs met loops, zoals een stuntvliegtuig die maakt, om te eindigen tegen het kasdek.

UV-licht als kompas

Een kas van polycarbonaat (PC) in plaats van glas laat geen ultraviolet licht door. Ultraviolet is voor mensen onzichtbaar, maar voor bijen is het één van de zichtbare kleuren van het licht. Sterker: de bijen gebruiken het ultraviolette deel van het licht om de polarisatie (de 'trilrichting') van de lichtgolven te zien. Dat geeft de bijen informatie over de stand van de zon, zelfs als er wolken voor zitten. Daarmee kunnen bijen zich oriënteren. Bij gebrek aan UV-licht, lijkt het kunststof kasdek te werken als een soort polaroid zonnebril: de polarisatie van het licht – die wij zien als hinderlijke schittering, maar die voor bijen als een kompas werkt – wordt in deze kas gefilterd.

Na deze onverwachte ontdekking van de potplantenkweker zijn proeven gedaan in dezelfde kassen, aangevuld met proeven in een kas van polymethylmethacrylaat (PMMA). Die proeven lieten zien dat bijen niet per definitie een hekel hebben aan 'plastic' kassen. In de PMMA-kas konden zowel bijen als hommels prima de weg terug vinden, zelfs nog beter dan onder glas. In de PC-kas bleef het tobben. Bij het doormeten van het licht in de kassen bleek dat PMMA alle ultraviolet doorlaat, dat glas een deel van het UV absorbeert, en dat PC bijna alle UV tegenhoudt.

Ook bij teelten in zogenoemde tunnelkassen, met plastic folie als kasdek, hebben bijen en hom-

mels vaak problemen. In de plastic folie zitten meestal stoffen die het UV-licht opnemen. Daarmee voorkomt de fabrikant van het plastic dat het materiaal onder invloed van het UV-licht bros wordt. Tegen de tijd dat het plastic oud wordt zijn die UV-blokkeerders verdwenen. En inderdaad, op dat moment gaat het de bijen en hommels in zo'n kas ook weer beter.

ANTWOORD 1

Dankzij de polarisatie en dankzij ultraviolet licht kan een bij altijd zien waar de zon staat, ook als het bewolkt is.

ANTWOORD 2

Aan nectar uit een bloem heeft een bij niet veel. Pas als het is ingedikt tot honing wordt het een waardevolle voedselbron. En daar heeft een bij de rest van het volk voor nodig. Ze kan dus maar beter blijven communiceren over rijke bronnen.

ANTWOORD 3

Bijendans is zonder twijfel communicatie. Maar het onderwerp van gesprek is wel beperkt. Waar mensen met hun taal over van alles en nog wat kunnen communiceren, kunnen bijen 'slechts' posities doorgeven over plaats en kwaliteit van voedsel of een geschikte woonplek.



Alles wat een bij nodig heeft voor haar voeding zit in bloemen. Van waterige nectar en droog stuifmeel bereidt ze rijke honing en bijenbrood om ook een schrale winter door te komen.

5 Brood met honing

VEEL BLOEMEN hebben insecten, zoals bijvoorbeeld bijen, nodig om stuifmeel van de ene naar de ander bloem te brengen. Maar dat zal de bijen strikt genomen worst wezen. De bijen bezoeken de bloemen niet om het stuifmeel van de ene bloem naar de andere te transporteren maar om voedsel te verzamelen. Er is sprake van wederkerige afhankelijkheid. Alles wat een bij nodig heeft, zoals koolhydraten, aminozuren, vitaminen en sporenelementen, wordt door de bloem gemaakt in de vorm van nectar en stuifmeel. De bij is voor honderd procent afhankelijk van bloemen om te kunnen leven. Omgekeerd zijn veel planten dus afhankelijk van bestuivende insecten om het stuifmeel van de ene bloem naar de andere te brengen. Op die manier ontstaat een goede uitwisseling van plantengenen. Er zijn overigens ook diverse planten, zoals grassen en bomen, die geen insecten nodig hebben voor het transport van stuifmeel, de zogenaamde windbestuivers.

Het is niet zo dat bijen pure nectar drinken en stuifmeelkorrels opeten. Nectar heeft in zijn pure vorm te weinig energie. Het wordt daarom door de bijen geconcentreerd tot energierijke en lang houdbare honing. Onbewerkt stuifmeel zou in een bijenkast meteen verschimmelen. De bijen maken

er daarom 'bijenbrood' van: lang houdbare stuifmeelbrokken, afgemaakt met een laagje honing. Bijen leven van dit geconserveerde voedsel en slaan dit ook op als wintervoorraad. Een bijenvolk overwintert als volk met de koningin en 5.000 tot 8.000 bijen. Zo'n volk verbruikt in de winter ongeveer 12 kilo suiker, wat qua energie overeenkomt met 15 kilo honing.

Vele hapjes maken een vol pakhuis

Een bijenvolk verzamelt in de lente en zomer 20 tot 50 kilo stuifmeel en zelfs honderden kilo's nectar. Het is voedsel voor nu en later, als wintervoorraad. Dit zijn indrukwekkende hoeveelheden als je bedenkt dat een bij dit in porties van 30 tot 40 microliter nectar en 10 tot 15 milligram stuifmeel naar de bijenkast brengt. Elke bij eet in haar leven ongeveer 1,5 gram suiker en 65 milligram stuifmeel. Dit is ongeveer de inhoud van één stuifmeelcel in een bijenkast. In een bijenvolk zitten in de zomer 15.000 tot 20.000 werkers die na het ei-, larve en popstadium 5 tot 6 weken leven. In de zomer verzorgen zij dagelijks 15.000 tot 20.000 larven, naast het verzamelen van nectar en stuifmeel. In de winter bestaat een bijenvolk uit een koningin en 5.000 tot 8.000 bijen die 6 maanden leven en eten. In die periode

VRAAG 1

Behalve nectar, zijn er nog meer 'zoete sapstromen' in een plant. Welke?

zijn er slechts weinig larven die gevoed moeten worden.

Niet iedere plantensoort produceert evenveel stuifmeel en nectar. Bovendien is die hoeveelheid afhankelijk van het weer en de grondsoort. Het is dan ook niet precies uit te rekenen hoeveel bloemen bezocht moeten worden om de bovengenoemde hoeveelheden te kunnen verzamelen. Stel dat elke bloem 5 milligram nectar levert, wat overeenkomt met 1 milligram suiker, dan moet een bijenvolk voor elke kilo suiker een miljoen bloemen bezoeken. Een bij kan wel 4 tot 6 kilometer vliegen om het voedsel te verzamelen. Toch wordt het

Op deze foto is duidelijk te zien waar de bij het (blauwe) stuifmeel opslaat.



meeste zo dicht mogelijk bij huis gehaald, binnen een straal van 1,5 kilometer van de kast. Daarmee beslaat een bijenvolk een oppervlakte van 7 vierkante kilometer.

Van nectar en stuifmeel maak je honing en brood

Het suikergehalte van nectar varieert van enkele procenten tot meer dan de helft. Gemiddeld is het 20%. Om te voorkomen dat de nectar gaat gisten wordt het door de bijen ingedikt tot een suikergehalte van 80%. Tijdens dit proces worden met het bijenspeeksel enzymen toegevoegd (zie pagina 48 en 49).

Stuifmeel is rijk aan eiwitten, vetten en suikers en is een goede voedingsbodem voor allerlei micro-organismen en mijten. Stuifmeel wordt daarom geconserveerd, door het in de cellen van de raat te stoppen en het af te dekken met honing. De van nature op de planten aanwezige gisten en bacteriën verbruiken de aanwezige zuurstof. Daardoor ontstaat een anaëroob klimaat (zonder zuurstof) in de stuifmeelcel. Onder deze zuurstofloze omstandigheden blijven vooral de melkzuurbacteriën actief. Die bacteriën zorgen voor een zure omgeving, wat er samen met de afwezigheid van zuurstof voor zorgt dat het stuifmeel lang houdbaar blijft. Door de melkzuurvergisting zoals dit proces heet, wordt het stuifmeel ook gemakkelijker verteerbaar voor de bijen. Bovendien wordt het bijenbrood zoals het dan wordt genoemd (raat met opgeslagen stuifmeel / stuifmeelcellen), verrijkt met aminozuren van de bacteriën.

De voedster verdeelt het brood

Honingbijen hebben dus heel praktische manieren ontwikkeld om hun voedsel lang te kunnen bewaren. Daarnaast hebben ze een bijzondere manier om de voedingsstoffen uit het bijenbrood goed over de bijen te verdelen. Dit loopt via de voedsterbijen. Alleen bijen van 3 tot 14 dagen oud kunnen het bijenbrood eten en verteren. Zij

Het ene stuifmeel is het andere niet

Hun energie halen bijen uit nectar, de echte voedingswaarde komt uit stuifmeel. Maar het ene stuifmeel blijkt beter dan het andere. Toch is het niet zo dat bijen bewust de beste planten opzoeken voor het meest voedzame stuifmeel. Anders gezegd: ze pakken wat er voor handen is, of dat

nou een 'vette hamburger' is of een 'broodje gezond'. Omdat bijen een behoorlijk groot gebied rond hun nest (de kast) bestrijken, komen ze over het algemeen wel aan voldoende gevarieerd voedsel. Maar vooral in agrarische gebieden kan het nog wel eens mis gaan. In

een Frans onderzoek bleek ooit dat 60% van het stuifmeel in een bijenvolk van maïs afkomstig was. Een beetje is niet erg, maar zó veel maïs is toch wat veel van het goede, want bij een te eenzijdig dieet blijkt de kracht van een volk meetbaar achteruit te gaan. Er kunnen eerder ziekten

toeslaan en zelfs het conserveren van honing gaat slechter wanneer er te weinig gevarieerd stuifmeel wordt aangevoerd. Bijen hebben dus behoefte aan biodiversiteit in het plantenleven rond hun woonplaats.

VRAAG 2

De imker oogst honing uit de bijenkast. Hij geeft er een suikeroplossing voor terug. De bijen lijken daar geen probleem mee te hebben. Hoe kan dat?

slaan de eiwitten, vetten, vitaminen en mineralen op in het zogenoemde vetlichaam in het achterlijf. Alleen in de periode dat de bijen bijenbrood moeten eten, maken ze de enzymen aan om dit bijenbrood te kunnen verteren, daarna niet meer. Ongeveer de helft van het eiwit wordt opgeslagen in de vorm van het opslageiwit vitellogenine. Dit is een zogenoemd glyco-lipoproteïne, dat zowel eiwit en suiker als vet bevat.

Het eiwit uit het eiwitvetlichaam wordt door bijen van twee tot drie weken oud in speciale klieren omgezet in eiwitrijk voedersap. Via dit voedersap worden de eiwitten, vetten en mineralen door die jonge bijen verdeeld over het volk. De bijen die dit doen worden dan ook voedsterbijen genoemd.

De bijenkoningin wordt continu gevoerd door de voedsterbijen. Ook de larven in het bijenvolk worden voortdurend gevoed met het voedersap. Jonge bijen tot 3 dagen oud krijgen dit voedersap om snel sterk te worden. Er zijn terugkoppelingsmechanismen die ervoor zorgen dat het voedersap goed wordt verdeeld over de koningin,

de larven en de jonge bijen. Via de route van stuifmeel, bijenbrood en voedersap ontstaat een vrij constante kwaliteit van de eiwitvoeding in het bijenvolk.

Wanneer een bijenvolk steeds voldoende stuifmeel kan verzamelen van diverse plantensoorten, kunnen het vetlichaam en ook de voedersapklieren zich goed ontwikkelen. De kwaliteit van het voedersap is in zo'n geval ook beter dan wanneer er stuifmeel-schaarste is.

Bijenbrood: vergist stuifmeel met aminozuren, maak af met een beetje honing

Honing is brandstof

Bijen eten de opgeslagen honing om energie te hebben voor de verzamelvlichten en om de normale stofwisseling op gang te houden. Daarnaast is het brandstof voor de 'interne kachel'. Honing-



Stuifmeel van verschillende bloemen/kleuren wordt opgeslagen in de raat.

bijen vliegen bij luchttemperaturen tussen 10 en 38 °C. Onder de 10 °C kan een bij niet meer vliegen. Bij een temperatuur van 7 °C of minder kan dit koudbloedige dier zelfs niet meer bewegen. Het broed, de eitjes, de larven en de poppen hebben een temperatuur nodig van 34 tot 35 °C om te eten en te groeien. Om boven de kritische ondertemperatuur te komen, vormen de bijen in de winter een tros. Aan de buitenkant van die tros is de temperatuur tussen 9 en 14 °C. Binnenin loopt de temperatuur op tot 34 °C als er broed is, en wat lager als er geen broed is.

Hoewel alle insecten koudbloedig zijn en dus de temperatuur van de omgeving aannemen, hebben bijen een manier gevonden om hun lichaamstemperatuur enigszins te reguleren. De bijen eten honing en bewegen hun vliegspieren. Door de activiteit van de vliegspieren komt de benodigde warmte vrij. Die warmte kunnen de bijen verrassend nauwkeurig reguleren.

Bij honger eet je de kinderen op

Afhankelijk van de kwaliteit van het bijenbrood bouwen de bijen een rijk tot minder rijk vetlichaam op. Er is een kritisch minimum. Wanneer er te weinig eiwit is om de koningin, de larven en de jonge bijen te kunnen voeren krijgt de koningin kwalitatief mindere koninginengelei te eten en ze gaat minder eitjes leggen. Ook eten de bijen de eitjes en jonge larven op. Op die manier recycleren ze eiwitten, vetten en mineralen en wordt een minimale kwaliteit van bijen en broed gehandhaafd.

Kapers op de kust

Dankzij hun hygiënische manier van leven en door de goede conservering van het voedsel hebben bijenvolken weinig last van ziekten. Toch zijn er een paar die de voedselvoorziening van de bijen erg dwars kunnen zitten. De mijt *Varroa destructor* bijvoorbeeld, en de *microsporidia* *Nosema*



apis en *Nosema ceranae* (eencellige schimmelachtige parasieten). *Varroa* parasiteert de poppen. Daardoor kunnen de bijen minder vitellogenine maken. Of dit nu een direct effect van de mijt is of van virussen die vanwege de parasitering in de poppen terecht komen is niet bekend. Hoe dan ook, omdat de bijen minder vitellogenine kunnen maken zullen ze ook minder voedersap produceren en meer moeite hebben om voldoende eiwitreserves op te bouwen voor de winter.

Beide *Nosema*'s parasiteren de zogenoemde ventriculus van de honingbij. Dat is het deel van het darmstelsel waar de bij enzymen produceert die nodig zijn voor de vertering van het stuifmeel en waar ook de voedingsstoffen uit het stuifmeel worden opgenomen in het bijenbloed, de haemolymfe. Door de parasitering met *Nosema* werkt de darm slecht. Daardoor kan de bij minder reserve opbouwen, wat weer ten koste gaat van de weerstand en levensverwachting.



Bij voedselgebrek zullen de werksters deze larven gewoon weer opeten.

VRAAG 3

Alle bijen in een volk zijn ongeveer even groot en even zwaar. Bij hommels is dat niet zo. Vanwaar dat verschil?

Voedseluitwisseling tussen bijen wordt trophallaxis genoemd.



Meer dan suiker

HONINGBIJEN VERZAMELEN nectar van verschillende bloemen. Die dikken ze in tot het watergehalte minder is dan 20%. Daarna wordt de stroperige vloeistof opgeslagen in de raten, die door de bijen worden afgesloten met een dekseltje van was. Een imker kan de raten 'ontzegelen'. Door ze te slingeren in een soort centrifuge stroomt de honing eruit. Hij steelt dan eigenlijk het reservevoedsel dat de bijen hadden opgeslagen voor tijden van schaarste.

Soms is er in de natuur schaarste aan goede nectarbronnen. In jaren dat er veel luizen zijn, gebruiken de bijen ook wel de zoete uitwerpselen van de luizen, de zogenaemde honingdauw die de

luizen op bladeren achterlaten, als grondstof voor honing. Die honing heet volgens de warenwet dan ook 'honingdauwhoning'. In Duitsland en Oostenrijk zijn de consumenten nogal verzot op donkere dennenhoning. Dat is zo'n honingdauwhoning.

Glucose (druivensuiker, 31%) en fructose (vruchtensuiker, 38%) vormen het hoofdbestanddeel van honing. De overige suikers zijn di- en trisachariden, waaronder onze 'gewone' suiker: saccharose. Meestal is honing, door het indikken van de nectar, fysisch gesproken, een oververzadigde oplossing van glucose. Deze suikersoort kristalliseert dan ook na enige tijd: de honing 'versuikert'. Bij koolzaadhoning is dat al na enkele dagen het geval, bij lindehoning na enkele maanden. Er zijn ook plantensoorten met een overmaat aan fructose in de nectar. Die suikersoort kristalliseert nooit en de honing van die bloemen blijft jarenlang vloeibaar. Acaciahoning en sinaasappelbloesemhoning zijn daarvan goede voorbeelden. Of een honing snel versuikert hangt dus vooral samen met de verhouding glucose/fructose. Daarnaast zijn ook het watergehalte en de bewaartemperatuur van invloed.

Suikers vormen het hoofdbestanddeel van honing maar de andere stoffen uit de nectar dragen bij aan de kleur, smaak en eigenschappen van het product. Honing is duidelijk meer dan suikerwater. Zo is heidehoning roodbruin van kleur en krachtig van smaak en acaciahoning licht met een meer neutrale smaak. Er bestaan zelfs bittere honingsoorten, bijvoorbeeld van de Zuid-Europese aardbeiboom. In Turkije, rond de Zwarte Zee, wordt honing gewonnen die voor de mens

Met een soort centrifuge wordt honing uit de raat geslingerd.



giftig is. Dat komt door de nectar van de Pontische rododendron.

Bijen verrijken de honing

Bijen voegen zelf ook nog stoffen toe tijdens de honingbereiding, vooral diverse enzymen. Eén daarvan is amylase, dat zetmeel uit sommige stuifmeelkorrels omzet in de suiker maltose. Een ander enzym is invertase, dat saccharose – de suiker zoals die wordt gewonnen uit biet- en rietsuiker – splitst in glucose en fructose. Daarnaast voegen bijen glucose-oxidase toe. Dit enzym doet in honing zelf niets, maar bij verdunnen met water, speeksel of wondvocht ontleedt een klein deel van de glucose in gluconzuur en waterstofperoxide. Dat peroxide heeft een sterke bacterieremmende werking. Vandaar dat er de laatste jaren – al was het maar omdat steeds meer bacteriën resistent worden tegen antibiotica – een groeiende belangstelling bestaat voor het gebruik van honing bij slecht genezende wonden en brandwonden. Vooral de onderzoekers Molan uit Nieuw-Zeeland en Postmes uit Nederland hebben veel onderzoek gedaan naar deze antibiotische eigenschap. Tegenwoordig kun je zelfs met honing geïmpregneerde pleisters kopen, en ook honingzalf.

Wondermiddeltjes

Behalve was en honing, maken bijen nog andere producten. Propolis is een kleverige, bruine, harsachtige stof die bijen verzamelen van bladknoppen van verschillende bomen en planten, in onze streken vooral van de populier. Bijen gebruiken deze hars om er kieren en gaten in de bijenkast

mee te dichten. In het bijenvolk gaat propolis bacteriegroei tegen en daarmee de verspreiding van sommige ziektes. Juist daarom wordt propolis ook door de mens gebruikt: het werkt effectief tegen ziekteverwekkende bacteriën, schimmels en virussen. Met name de werking tegen virussen is ook wetenschappelijk bewezen. Vooral het hoge gehalte aan flavonoiden, ongeveer 15%, speelt daarbij een rol.

Koninginnengelei is afkomstig uit bepaalde klieren van jonge werksterbijen en is het speciale voedsel voor de larve waaruit de toekomstige bijenkoningin zal komen. Een koningin leeft wel 3 jaar, de andere bijen maar enkele maanden. Geen wonder dat dit aanleiding geeft tot speculaties: als ik maar koninginnengelei eet, leef ik extra lang. Koninginnengelei is rijk aan B-vitamines, maar gedroogde biergist bezit hogere gehalten. Koninginnengelei ziet troebel wit en smaakt wat zuur. Het bevat 67% water, 12% eiwit en verder wat vet en suikers en nog een bijzonder vetzuur. Er wordt een voor de mens gunstig effect aan toegeschreven bij verma- gering, depressies en bij gebrek aan eetlust.

ANTWOORD 1

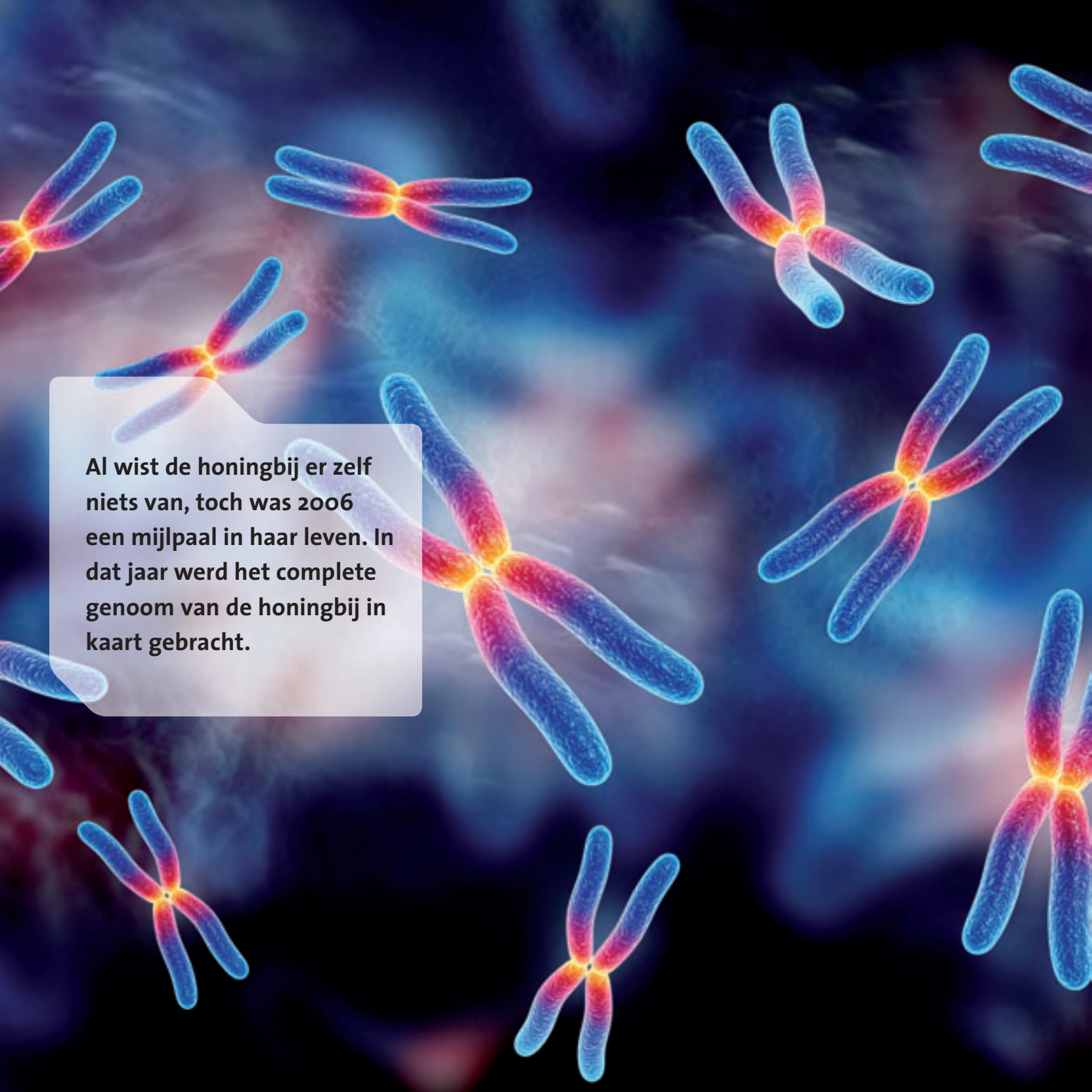
In Noord-Amerika tappen mensen de eerste sapstroom na de winter uit de bast van de Canadese esdoorn af. Na verhitten en indampen kun je daar de beroemde *maple syrup* van maken (ahornsiroop). Luizen gebruiken die sapstroom ook. Van luizenuitwerpselen maken bijen op hun beurt weer ‘honingdauwhoning’.

ANTWOORD 2

Honing heeft geen of nauwelijks voedingswaarde, het is voornamelijk brandstof voor de winter. Suiker is net zo’n goede brandstof.

ANTWOORD 3

Bijenlarven groeien op in gelijke cellen, dus groter kunnen ze alvast niet worden. Maar kleiner worden ze ook niet, want als er gebrek aan voedsel is krijgen ze niet minder per larve, maar worden er minder larven opgevoed. Hommels die opgroeien in tijden van schaarste blijven kleiner, en de cellen zijn ook variabel.



Al wist de honingbij er zelf niets van, toch was 2006 een mijlpaal in haar leven. In dat jaar werd het complete genoom van de honingbij in kaart gebracht.

6 De genen van de bij

HET WORDT letterlijk iedere dag eenvoudiger voor wetenschappers om het erfelijke materiaal van mensen, dieren, planten en micro-organismen te bestuderen. De erfelijke informatie staat in het genoom van een plant of een dier geschreven met slechts vier letters: de zogenoemde nucleotiden A, C, T en G. Het complete DNA van de honingbij bevat grofweg 262 miljoen nucleotiden, een stuk minder dan de 3 miljard nucleotiden uit het genoom van de mens. Combinaties van nucleotiden vormen samen de genen, die de bouwtekeningen zijn voor eiwitten. Deze eiwitten vormen weer de basis voor de erfelijke eigenschappen die bepalen hoe een organisme eruit ziet en functioneert.

In het genoom van honingbijen zijn zo'n 10.000 genen gevonden, minder dan de helft van de 23.000 genen van de mens, maar ook een stuk minder dan de 13.000 genen van de fruitvlieg. Niet alleen het aantal genen is belangrijk, ook de volgorde van genen in het genoom. In soorten die sterker aan elkaar verwant zijn, mag je verwachten dat de volgorde van de genen vergelijkbaar is. Toch hebben de fruitvlieg en de honingbij maar 10% van hun genen op een vergelijkbare plek. Bij mens en kip is die gelijkenis 85%. Genetisch gezien lijkt

je dus meer op een kip, dan een honingbij op een fruitvlieg.

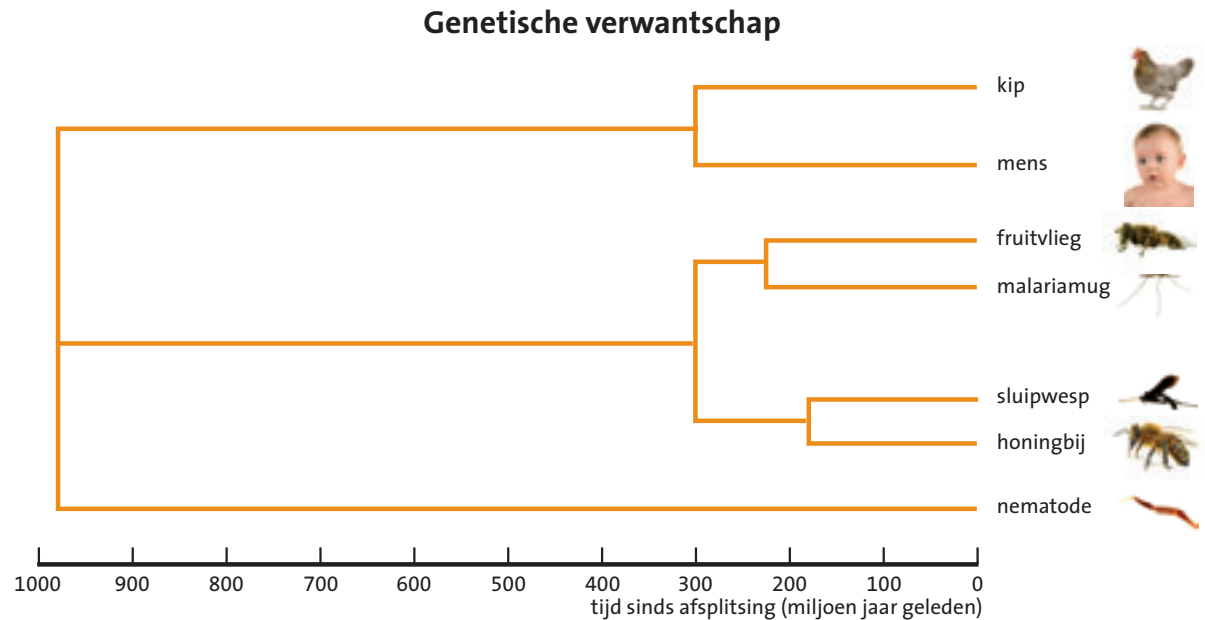
Van gen naar functie

Voor een compleet inzicht in het genoom, kijk je niet alleen naar het aantal en de volgorde van de genen, maar juist ook naar de functie. In de evolutie veranderen iedere generatie kleine stukjes in het DNA. Veel van die veranderingen hebben geen consequenties, anderen worden 'uitgefilterd', omdat ze niet met het leven verenigbaar zijn. De DNA-volgorde in veel genen is juist erg goed 'geconserveerd'. Daardoor kun je de kennis over de biologische functie van genen in bepaalde organismen toepassen op andere soorten. Zo is het mogelijk om met behulp van kennis over het genoom van mensen en fruitvliegen, ook de genen van honingbijen in bepaalde functionele groepen in te delen.

Een familie sociale genen

Vaak blijken er voor biologische functies meerdere genen met vergelijkbare structuur te bestaan, zogenaamde genfamilies. De grootte van zulke genfamilies kan toe- of afnemen in de evolutie. Dat proces wordt onder andere gestuurd door natuurlijke selectie. Genfamilies die code-

Mens en kip staan dicht
bij elkaar dan bij en
fruitvlieg.



VRAAG 1

Door de ‘haploïde vaders’ voor de werksters, en door het afwezig zijn van een vader voor de mannelijke bijen, is de genetische verwantschap binnen een groep honingbijen veel sterker dan binnen een menselijk gezin. Maar welke mensen hebben een nóg sterkere genetische verwantschap dan bijenbroers of -zussen?

ren voor belangrijke eigenschappen zijn vaak groter dan genfamilies voor minder belangrijke eigenschappen. Hét kenmerk dat honingbijen onderscheidt van veel andere insecten is hun sociale levenswijze. Het is dan ook te verwachten dat deze eigenschap een belangrijke rol heeft gespeeld in de evolutie van het honingbijengenoom (zie de tabel op pagina 53).

Het mooiste voorbeeld van een genfamilie die is toegenomen en een nieuwe functie heeft gekregen is te vinden in de genen die coderen voor de koninginnengelei of *royal jelly*. Koninginnengelei wordt geproduceerd in klieren in de kop van de werksters. Deze stof speelt een belangrijke rol in de sociale organisatie van de honingbijen. Larven die van de werksters koninginnengelei krijgen, ontwikkelen zich als koningin. Krijgen ze dit niet, dan ontwikkelen ze zich als gewone werksters.

De koninginnengelei-eiwitten (*major royal jelly proteins*, MRJP) worden gecodeerd door negen

genen die zijn geëvolueerd uit één enkel gen. Van dit gen is slechts één kopie terug te vinden in fruitvliegen. Daar speelt het een rol in het paargedrag en de pigmentatie. Terwijl de basis voor de sociale levenswijze van honingbijen al is gelegd in een gemeenschappelijke voorouder, hebben de *major royal jelly protein* genen dus een compleet nieuwe functie gekregen in honingbijen.

Genen voor geuren en smaken

Naast genen voor koninginnengelei, heeft de sociale levenswijze van de honingbij ook haar sporen achtergelaten in andere genen. Een belangrijk onderdeel van socialiteit is onderlinge communicatie. Bij honingbijen gebeurt dit vooral via geuren (feromonen). Zo verspreidt de koningin een feromoon, de koninginnenstof, dat voorkomt dat haar werksters in opstand komen en gaan zwermen. Andere feromonen worden gebruikt om nestgenoten van indringers te onderscheiden. Naast de

hoofdrol in de communicatie tussen bijen spelen geuren ook een belangrijke rol in het herkennen van bloemen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er in honingbijen ruim twee keer zoveel genen voorkomen die coderen voor geurreceptoren, als bij de fruitvlieg.

In tegenstelling tot deze overmaat aan genen voor geurreceptoren, zijn er betrekkelijk weinig genen voor smaakreceptoren aanwezig in het honingbijengenoom. In niet-sociale dieren zou dit problemen kunnen opleveren bij het herkennen van gifstoffen in het voedsel. Een vergissing kan fataal aflopen en het smaaksysteem is dan ook doorgaans goed ontwikkeld bij plantenetende insecten. Bijenlarven lopen een veel kleiner risico, ze worden namelijk gevoerd door volwassen werksterbijen waardoor de kans op schadelijke gifstoffen in de voeding klein is. Een vergissing is nog steeds fataal voor de voerende werksterbij, maar omdat werksters in overvloed

aanwezig zijn en alleen de koningin bijdraagt aan de volgende generatie, is er geen natuurlijke selectie voor het in stand houden van een verfijnd smaaksysteem. Het behouden van de genen voor deze ongebruikte functie is dan ook veel minder van belang. Ook hier is dus de sociale levenswijze van bijen bepalend voor de structuur van het genoom. Omgekeerd is ook de genetische structuur van de honingbij cruciaal voor het verklaren van de sociale levenswijze.

Deze en andere voorbeelden maken duidelijk dat het genoom en de sociale levenswijze van de honingbij elkaar in de loop van de evolutie hebben gevormd. Door naar de genen te kijken kunnen we meer te weten komen over de sociale levenswijze die de honingbij zo succesvol maakt. Deze gedetailleerde kennis is vervolgens te gebruiken in de strijd tegen bijenziekten, maar ook om het nut van de bij voor de imker te verbeteren. We bespreken drie voorbeelden in detail.

Genfamilie	Functie	Aantal genen in vergelijking met fruitvlieg	Mogelijke betekenis voor de levenswijze van bijen
Koninginnengelei	Voeden van bijenlarven	Meer	Broedzorg ontwikkeling sociale ‘kasten’
Cuticula-eiwitten	Stabiliteit van buitenste huidlagen	Minder	Beschermde omgeving van het bijenvolk staat een simpeler huidstructuur toe
Geurreceptoren	Reuk	Meer	Gedetailleerde communicatie met behulp van geuren, herkennen van volkgenoten, herkennen van bloemen
Smaakreceptoren	Smaak	Minder	Voeden van bijenlarven; co-evolutie tussen bloemen en bijen
Immuniteit	Bescherming tegen besmettelijke ziekten	Minder	Paradoxaal: sociale levenswijze zorgt voor een hygiënische leefomgeving, maar ook voor een hoge vatbaarheid voor ziektekiemen
Ontgiftingsgenen	Bescherming tegen lichaamsvreemde stoffen	Minder	Sociale levenswijze zorgt voor een beschermde leefomgeving

Verschillen in de omvang van genfamilies en de mogelijke betekenis voor de sociale levenswijze van honingbijen. Genfamilies die coderen voor belangrijke functies zijn groter dan genfamilies voor minder belangrijke functies.

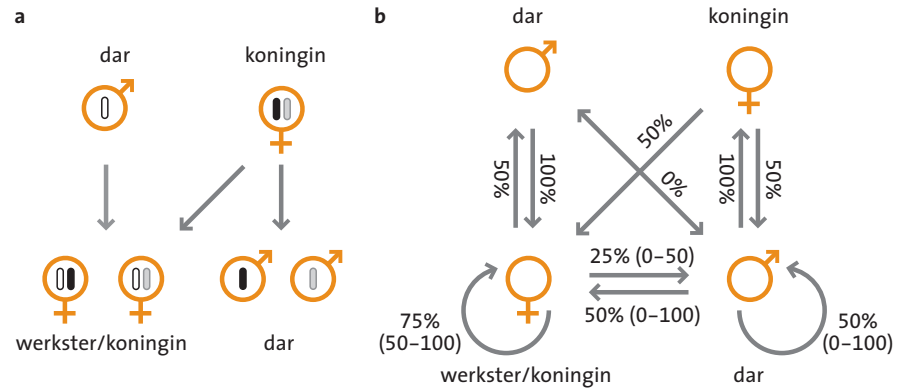
Bron: Nature, Honeybee Genome Sequencing Consortium, 2006

Geslachtsbepaling, verwantschappen en socialiteit bij de honingbij

De meeste dieren zijn diploïd. Dat wil zeggen dat ze van ieder chromosoom twee versies hebben: één van de vader en één van de moeder. Veel soorten hebben aparte geslachtschromosomen, die bepalen wat het geslacht van het organisme wordt. Bij zoogdieren hebben mannetjes een Y-chromosoom en een X-chromosoom, de vrouwtjes hebben twee X-chromosomen. Als een individu het Y-chromosoom van zijn vader krijgt, wordt het zelf ook een mannetje, krijgt het van de vader het X-chromosoom, dan wordt het een vrouwtje. De vader is dus geslachtsbepalend. Bij vogels, vlinders en vissen werkt de geslachtsbepaling precies andersom: daar heeft het vrouwtje verschillende geslachtschromosomen: 'WZ' voor het vrouwtje en 'ZZ' voor het mannetje. De moeder is bij deze dieren dus geslachtsbepalend.

Bij honingbijen en de meeste andere vliesvleugeligen werkt geslachtsbepaling heel anders. Honingbijen zijn haplodiploïd. Dat wil zeggen dat vrouwtjes (werksters en koninginnen) twee sets chromosomen hebben (diploïd) en mannetjes maar één set (haploïd). Bevruchte eieren resulteren dan ook in dochters, onbevruchte eieren in zonen (zie a in de figuur, links). Hierdoor is het berekenen van verwantschappen tussen individuen (het gemiddeld aantal genen dat individuen met elkaar gemeen hebben) binnen een bijenvolk lastiger dan bij mensen. Mensen delen gemiddeld 50% van hun genen met elke ouder, je bent dus voor 50% verwant aan je vader en voor 50% aan je moeder. Ook met volle broers of zussen is de verwantschap 50%, met grootouders is dit 25%. Omdat mannelijke bijen (darren) uit onbe-

Geslachtsbepaling (a) en onderlinge verwantschappen (b) bij honingbijen



De genetica achter het geslacht van bijen.

vruchte eieren ontstaan, hebben ze geen vader. Al hun genen komen van hun moeder. Darren zijn dan ook voor 100% verwant aan de koningin. Op haar beurt is de koningin slechts voor 50% verwant aan haar dochters. De haplodiploïde geslachtsbepaling zorgt er ook voor dat er binnen een kolonie een hoge verwantschap bestaat tussen werksters. Werksters krijgen alle genen van de vader en een helft van

de koningin. Werksters van dezelfde dar zijn dus voor gemiddeld 75% genetisch verwant, terwijl ze maar voor 50% verwant zijn aan de koningin. Vaak zijn koninginnen gepaard met meerdere darren. Hierdoor veranderen de verwantschappen binnen een bijenvolk aanzienlijk, ze worden gemiddeld genomen lager. Als het gaat om het bevoordelen van de eigen genen, moeten werksters hun zus-

sen minstens zo goed beschermen als de koningin. Een aanval op een zus is immers ook een aanval op 75% van de eigen genen. Op deze manier vormen de genetische verwantschappen de basis van de sociale levenswijze van honingbijen. Het totaal overzicht van de verwantschap binnen de kolonie is afgebeeld rechts in de figuur (b).

Herkomst en verspreiding via genetica ontrafeld

De genetica heeft ons de laatste jaren veel geleerd over de indeling van soorten en hun onderscheid (taxonomie) en over de ontstaansgeschiedenis van soorten (fylogenie). In het pregenetica tijdperk kon je alleen de verschillen in vorm, grootte en kleur (morfologie) bestuderen, en de verschillen in gedrag. Nu kun je stukken DNA vergelijken tussen individuen. Zo kun je onderzoeken hoeveel verschillende soorten en ondersoorten er in een bepaalde groep organismen zijn. Je kunt ook kijken welke soorten het meest aan elkaar verwant zijn en dus waarschijnlijk zijn ontstaan uit één gezamenlijke voorouder.

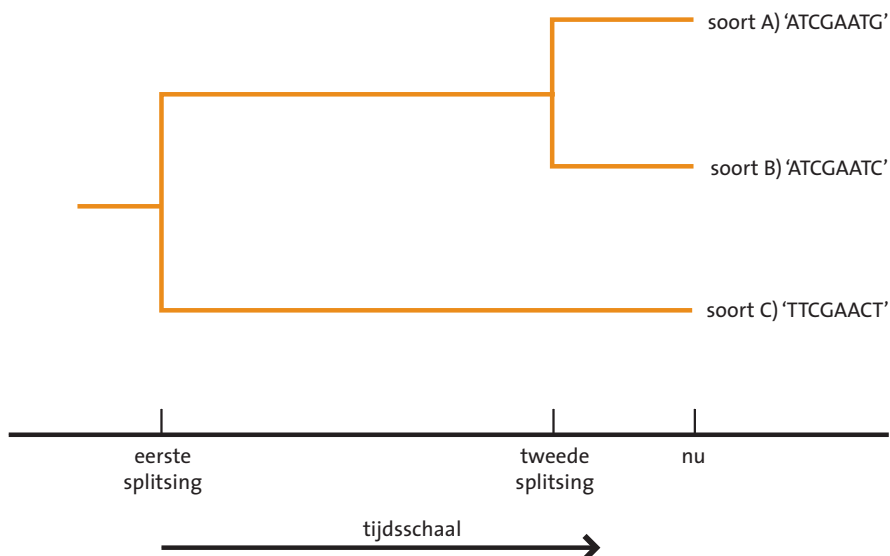
Om de verwantschap tussen twee individuen te bepalen, kun je kijken naar de volgorde van de 'genetische letters', de nucleotiden. In de figuur staat een hypothetisch voorbeeld. Van drie soorten insecten wordt de nucleotidenvolgorde in

een specifiek stukje DNA bepaald. Soort A levert ATCGAATG, soort B: ATCGAATC en soort C: TTCGAACT. Als je deze reeksen vergelijkt, blijkt dat er tussen soort A en soort B maar één letter verschilt (G of C op het eind). Dit betekent dat de twee soorten nauw verwant zijn. Ze zijn dus ontstaan uit een gezamenlijke voorouder die pas recent in de evolutie is gesplitst in de twee soorten. Vergelijk je vervolgens soort C met soorten A en B, dan blijken er drie letters te verschillen (T in plaats van A op 1, en CT in plaats van TG of TC op het eind). Het DNA van soort C heeft dus wel overeenkomsten met het DNA van de ander twee soorten, maar minder dan tussen de soorten A en B. Dit betekent dat soort C wel verwant is aan de andere soorten, maar dat ze een minder recente voorouder delen. De hypothetische stamboom van deze drie soorten staat in de figuur. In dit voorbeeld ging de vergelijking tussen slechts acht nucleotiden, in werkelijkheid worden bij dit soort onderzoeken duizenden nucleotiden vergeleken, soms zelfs het hele genoom.

VRAAG 2

Mede dankzij de genetica hebben we tegenwoordig ook een goed beeld van de herkomst van de moderne mens. Welke overeenkomst is er met de herkomst van bijen?

Hypothetische stamboom op basis van DNA-volgorden



Uit de vergelijking van het DNA volgt de stamboom.

De geschiedenis in de genen van de honingbij

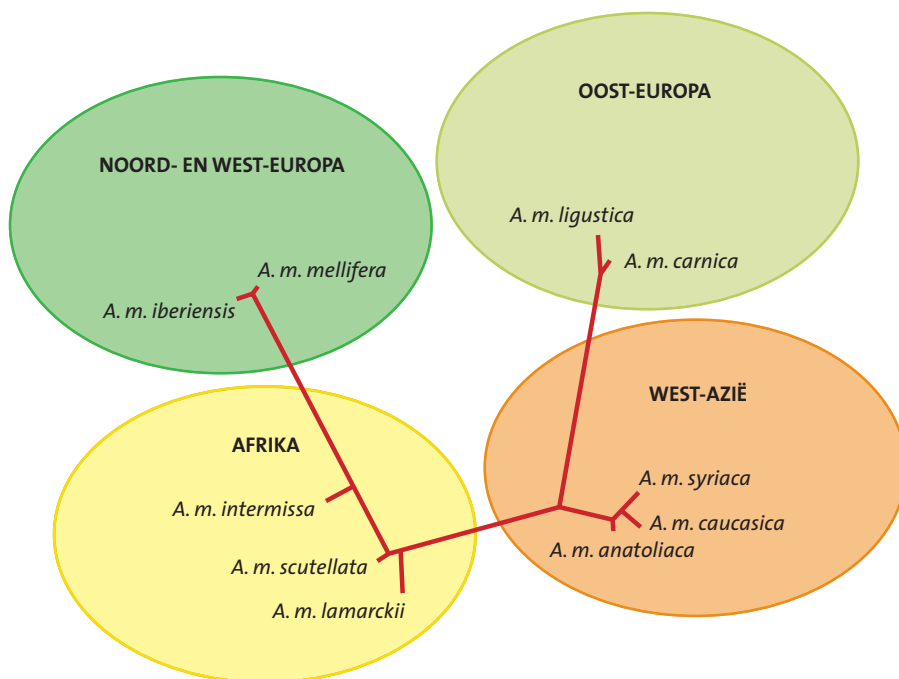
Bij het onderzoek naar de taxonomie en fylogenie van het honingbijengeslacht *Apis* zijn zowel morfologische als genetische kenmerken vergeleken. Het geslacht *Apis* is ongeveer 30 tot 40 miljoen jaar geleden ontstaan en bestaat uit tien beschreven soorten. Negen van deze soorten honingbijen komen alleen in Azië voor. De tiende soort (*A. mellifera*) komt van nature voor van Afrika tot het Midden-Oosten en Noord-Europa. Europese kolonisten hebben de soort geïntroduceerd in grote delen van de rest van de wereld.

Binnen de soort *A. mellifera* bestaan nog eens dertig ondersoorten. Elke ondersoort krijgt nog een derde aanduiding na “*Apis*” en “*mellifera*”, bijvoorbeeld *Apis mellifera iberiensis*, de Iberische honingbij. In een onderzoek uit 2006 is de evolutionaire afstamming van tien van deze onder-

soorten uitgebreid onderzocht. De ondersoorten onderscheiden zich duidelijk in morfologische kenmerken en ook in genetische kenmerken in het DNA. In de figuur staat een evolutionaire stamboom van de tien ondersoorten weergegeven. De genetische verschillen tussen de ondersoorten wordt weergegeven door de lengte van de lijnen. De lijnen tussen *A. m. mellifera* en *A. m. iberiensis* zijn bijvoorbeeld erg kort. Er zijn dus weinig verschillen in het DNA. Dit betekent dat de ondersoorten sterk aan elkaar verwant zijn; ze zijn recent uit een gemeenschappelijke voorouder geëvolueerd. De lijnen tussen *A. m. mellifera* en *A. m. intermissa* zijn een stuk langer, wat duidt op meer genetische verschillen. Ze zijn minder verwant aan elkaar en ze deelden langer geleden een gemeenschappelijke voorouder.

Het valt op dat de soorten clusteren in vier

Evolutionaire stamboom van de honingbijsoort *Apis mellifera*



geografische gebieden, West- en Noord-Europa, Afrika, Oost-Europa en het Midden-Oosten. Deze informatie geeft een beeld van het verloop van de evolutie van de ondersoorten en de migratie naar de verschillende geografische gebieden. De ondersoorten die in West- en Noord-Europa voorkomen zijn bijvoorbeeld veel meer verwant aan de Afrikaanse ondersoorten dan aan de Oost-Europese ondersoorten. Het lijkt er dan ook sterk op dat *A. mellifera* is ontstaan in (sub)tropisch Afrika en dat er twee onafhankelijke migraties zijn geweest naar Eurazië: één via het Iberische schiereiland naar West- en Noord-Europa en één ten zuiden van de Alpen richting het Midden-Oosten en Oost-Europa.

Genetica van verzamelgedrag

Het verzamelen van voedsel – foerageren in biologenjargon – is bij honingbijen een van de belangrijkste taken van de werksters. Werksters beginnen hun leven met het uitvoeren van specifieke taken in het bijenvolk. Na een paar weken schakelen ze over op het verzamelen van nectar en pollen buiten het volk. De tijd die de werksters in het bijenvolk doorbrengen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de omstandigheden in dat volk. Als er relatief weinig foerageerbijen zijn, zullen werksters eerder beginnen met foerageren. Zijn er genoeg foerageerbijen dan blijven ze langer de taken binnenshuis uitvoeren. Wat de verhouding is tussen honingbijen die binnen en buiten het bijenvolk werken, wordt bepaald met behulp van feromonen.

Vrouwetjes van de meeste bloembezoekende insecten maken tijdens het foerageren de keuze tussen het verzamelen van nectar of pollen (stuifmeel). Buiten de voortplantingsperiode verzamelen ze vooral het energierijke nectar, dat voor een groot deel bestaat uit koolhydraten. Tijdens de



Caenorhabditis elegans is een favoriet proefdier.

voortplantingsperiode hebben ze meer eiwit nodig en schakelen ze over op pollen. Ook werksters van honingbijen maken tijdens het foerageren de keuze tussen nectar en pollen. Voor bijenhouders is de verhouding tussen nectar en pollen belangrijk. Door middel van onderzoek is aangetoond dat je genetische lijnen kunt selecteren die gemiddeld meer nectar verzamelen (een nectarlijn) of juist meer stuifmeel (een pollenlijn). Dat dit mogelijk is, bewijst dat het foerageergedrag in ieder geval voor een deel genetisch wordt bepaald.

De werksters van pollenlijnen verzamelen niet alleen meer pollen, de nectar die ze verzamelen bevat ook minder koolhydraten. Bovendien zijn de werksters korter bezig met andere taken in het bijenvolk en dus beginnen ze eerder met foerageren. De werksters van pollenlijnen hebben ook grotere eierstokken dan werksters van nectarlijnen. Dit is een bijzonder gegeven als je weet dat werksters zich niet zelf voortplanten, maar dit overlaten aan de koningin.

Je kunt nectarbijen of stuifmeelbijen selecteren

Het verzamelen ‘for’

Er is veel onderzoek gedaan naar de genetica van foerageergedrag, niet alleen bij honingbijen, maar ook bijvoorbeeld bij fruitvliegen en de nematode *Caenorhabditis elegans*. Bij fruitvliegen is een gen gevonden dat een belangrijke rol speelt in het foe-

Bijen hebben weinig genen voor ziekteresistentie

rageergedrag: for, naar het Engelse foraging. Twee varianten van for resulteren in twee verschillende gedragstypen. In de aanwezigheid van voedsel legt het eerste type een veel grotere afstand af en verlaat het ook eerder foerageerlocaties dan het tweede type.

Bij de nematode *C. elegans* is een gen gevonden dat erg veel lijkt op het for gen van de fruitvlieg: het egl-4 gen. Dit gen is waarschijnlijk een 'ortholoog' van for in fruitvliegen. Orthologe genen zijn genen die gevonden worden in verschil-

lende soorten en die zijn ontstaan uit een gen dat al voorkwam in de gemeenschappelijke voorouder van de verschillende soorten. Vaak hebben orthologe genen dan ook een vergelijkbare functie binnen de verschillende soorten. Bij *C. elegans* zorgt egl-4 voor dezelfde verschillen in foerageergedrag als for in de fruitvliegen. Individuen met de ene of de andere variant van het gen leggen grotere of kleine afstanden af.

De genetica achter foerageergedrag is niet eenvoudig. De oogkleur van fruitvliegen wordt bijvoorbeeld bepaald door één enkel gen: de ene variant geeft donkere ogen, de andere lichte. Het foerageergedrag van honingbijen is een stuk

Genetica in de strijd tegen de bijensterfte

De 'verdwijnziekte' heeft in de meest extreme gevallen geleid tot het uitsterven van 50 of zelfs 90% van de bijenvolken in de Verenigde Staten. Er worden verschillende mogelijke oorzaken genoemd (zie hoofdstuk 7). Recent genetisch onderzoek heeft nieuwe aanwijzingen gegeven over wat er gebeurt in aangetaste bijenvolken. Onderzoekers verzamelden DNA van de achtergebleven individuen in dertig aangetaste bijenvolken. Hetzelfde deden ze in 21 gezonde bijenvolken. Van dit totale

DNA werd de volgorde bepaald, het zogenaamde metagenoom. Deze metagenomen bestaan dus niet alleen uit bijen-DNA, maar ook uit het DNA van ziekteverwekkers. Door de metagenomen te vergelijken met beschikbare informatie uit een zogenoemde sequentiedatabase (GenBank), kregen de onderzoekers een nauwkeurig beeld van de aanwezige ziekteverwekkers. Over het algemeen bleken aangetaste volken veel meer schadelijke micro-organismen te bevatten dan gezonde volken.

Om een beter idee te krijgen van de hoofdschuldigen, werd ook gekeken naar welke organismen er precies aanwezig waren in de afzonderlijke volken. In 25 van de 30 aangetaste volken bleek het *Israel Acute Paralysis Virus* (IAPV) voor te komen, tegenover slechts in 1 van de 21 gezonde volken. Ter vergelijking: alle aangetaste volken bevatten ook het *Kashmir Bee Virus* (KBV) en de eencellige *Nosema ceranae* parasiet. Deze twee organismen zijn eerder ook in verband gebracht met de verdwijnziekte, maar bleken

nu ook voor te komen in 80% van de gezonde volken. Ondanks deze relatie tussen IAPV en de verdwijnziekte is deze vergelijking van metagenomen niet voldoende om zonder meer het IAPV virus ook als hoofdschuldige aan te wijzen. Misschien grijpt het virus wel zijn kans *nadat* de echte schuldige het volk heeft verzwakt. Deze studie laat wel duidelijk het belang en de verregaande mogelijkheden van het huidige genoomonderzoek zien.



Fruitvliegjes op een grapefruit.

gecompliceerder. Meerdere genen dragen bij aan deze eigenschap en verschillende varianten gaan vaak vloeiend in elkaar over. Het foerageergedrag van de honingbij wordt door tenminste vier genen beïnvloed, pln-1, pln-2, pln-3 en pln-4. De genen pln-1 en pln-2 hebben invloed op de hoeveelheid pollen die de werksters verzamelen en ze beïnvloeden het suikergehalte van de verzamelde nectar. Het gen pln-4 (ook wel Amor genoemd) blijkt een ortholoog te zijn van het for-gen in fruitvliegen. Het heeft ook invloed op het foerageergedrag. In de hersenen van foeragerende werksters komen hogere concentraties voor van de eiwitten waarvoor pln-4 codeert dan in de hersenen van werksters die in het nest blijven. Hoe deze genen het foerageergedrag precies beïnvloeden is nog onduidelijk. De grote lijn is wel helder: een deel van de variatie in verzamelgedrag van honingbijen is genetisch bepaald. Dit betekent dat het dus mogelijk moet zijn om bijen (koninginnen) te selec-

teren op het verzamelgedrag van de werksters. Zo zou je dus theoretisch bijenstammen kunnen creëren die meer opbrengen voor de bijenhouder.

Bescherming tegen ziekten en gif

Dieren die samenleven in groepen zijn door het contact met soortgenoten gevoelig voor besmetting met ziektekiemen. Honingbijen lopen misschien nog wel meer risico door de enorme omvang en de genetische gelijkenis van een bijenvolk. Er is altijd wel een werkster die ergens wat kan oplopen. Als die bij gevoelig is voor die ziekteverwekker is meteen het hele volk de klos. Er zijn dan ook veel bijenziekten bekend, waaronder virussen, bacteriën, schimmels en protisten. Ook de problemen rond de verdwijnsziekte zijn mogelijk het gevolg van een combinatie van ziekteverwekkers (zie pagina 60). Afweer tegen ziektekie-

Sluipwesp plaatst honingbijen genetisch in perspectief

Vanuit evolutionair oogpunt is het goed om te kijken naar de erfelijke informatie van organismen die aan honingbijen verwant zijn. Zo plaatst de ontcijfering van het genoom van de sluipwesp *Nasonia* een aantal belangrijke ontdekkingen in het honingbijengenoom in perspectief. Sluipwespen zijn nauw verwant aan honingbijen. Net als honingbijen zijn sluipwespen haplodi-

ploid. In tegenstelling tot honingbijen zijn sluipwespen niet sociaal. Een vrouwtje legt haar eieren in het lichaam van andere insecten, waar ze zich ontwikkelen tot volwassen sluipwespen. Deze parasitaire levenswijze maakt sluipwespen tot natuurlijke vijanden van veel insecten. Het is een eigenschap die sluipwespen juist aantrekkelijk maakt voor biologische bestrijding van plaagin-

secten in de landbouw. Het verschil in levensstijl tussen beide insecten maakt het mogelijk om te bepalen of de eigenschappen van het genoom van honingbijen echt worden veroorzaakt door de evolutie van een sociale levenswijze. De sluipwesp blijkt vreemd genoeg ook meer genen te hebben die coderen voor *major royal jelly*-achtige eiwitten. De sluipwesp blijkt zelfs het grootste aantal MJRP genen te hebben van alle tot nu toe onderzochte insecten. De precieze functie van deze genen in sluipwespen is nog onbekend. Het is wel duidelijk dat ze in alle levensfasen (larve, pop, volwassen wesp) actief zijn. Deze ontdekking maakt in ieder geval duidelijk dat het grote aantal MJRP-genen in de honingbij niet alleen een gevolg kan zijn van de evolutie van een sociale levenswijze. Een vergelijkbare verrassing is dat sluipwespen, net als honingbijen, niet

meer dan de helft van het aantal genen voor afweer tegen ziekten bezitten vergeleken met fruitvliegen en muggen. In tegenstelling tot de honingbij, heeft een sluipwesp niet de beschikking over de relatief schone omgeving van het bijenvolk. In plaats daarvan worden sluipwespen tijdens hun parasitaire ontwikkeling waarschijnlijk zelfs blootgesteld aan een relatief groot aantal ziekteverwekkers. Waarom hebben ze dan toch zo'n gering aantal genen voor afweer tegen ziekten? Het is wachten op de ontcijfering van het genoom van andere insecten met verschillende levenswijzen, voor we kunnen begrijpen hoe de verschillen en overeenkomsten tussen soorten tot stand zijn gekomen tijdens de evolutie. Deze kennis is van belang, bijvoorbeeld als we deze nuttige dieren optimaal willen inzetten bij voedselproductie, bij de bestuiving, of als bestrijder van schadelijke plaaginsecten.



De genetica van de sluipwesp *Nasonia* zegt ook veel over honingbijen.

men is dus van groot belang voor de honingbij. Toch is het aantal genen dat codeert voor de afweer in de honingbij juist erg gering. Het genoom van de honingbij bevat slechts eenderde van het aantal genen dat codeert voor afweer vergeleken met fruitvliegen en muggen.

Ook voor deze paradox biedt een blik op de sociale levenswijze van de honingbij uitkomst. Een belangrijk voordeel van het leven in een groep is de mogelijkheid tot 'sociale verdediging' tegen ziekten. Bijen vertonen verschillende vormen van hygiënisch gedrag die de verspreiding van ziekten kunnen verhinderen. Zo poetsen werksterbijen elkaar schoon, worden de bijenlarven gescheiden van elkaar in aparte cellen opgevoed, en heeft elk bijenvolk een speciale groep werksterbijen die het bijenvolk verdedigen tegen verschillende dragers van ziekten. Door deze sociale ziektebestrijding, wordt de individuele ziektebescherming minder belangrijk. Deze beschermde sociale omgeving zou kunnen verklaren waarom er in het genoom van honingbijen minder genen voor ziekteresistentie worden gevonden dan bij fruitvliegen en muggen. In tegenstelling tot het relatief schone bijenvolk, groeien fruitvliegen en muggen op in een omgeving van rottend voedsel of stilstaand water, wat een groter beroep doet op de individuele bescherming tegen ziekten. Dat dit toch niet de enige verklaring kan zijn voor het lagere aantal genen voor ziekteresistentie in de honingbij blijkt uit het recent opgehelderde genoom van de sluipwesp (zie kader op pagina 60).

Slecht bewapend tegen gif

Behalve de continue verdediging tegen ziekten, moeten bijen zich ook wapenen tegen lichaamsvreemde gifstoffen. Omdat bijen vaak worden gehouden voor de bestuiving in landbouwgebieden zijn bijvoorbeeld insecticiden erg riskant. Zelfs wanneer bijen niet direct doodgaan door contact met landbouwgif, kunnen deze stoffen

een negatief effect hebben op het leervermogen en het voedselzoekgedrag. Deze gevoeligheid van bijen is ook terug te vinden in het genoom. De belangrijkste groep van genen die te maken hebben met ontgiftiging is beduidend kleiner dan bij andere insecten. In vergelijking met fruitvliegen en muggen heeft de honingbij 30 tot 50% minder van deze genen. In de vrije natuur werd dit gebrek aan individuele bescherming opgevangen door de beschermde omgeving van het bijenvolk. Bovendien is nectar van oorsprong een relatief veilige voedselbron. Wanneer een plant giftige nectar zou produceren laten de bijen deze plant al snel links liggen bij de bestuiving. Zo'n plant wordt dus niet bestoven en plant zich niet voort. Er is dus een gebrek aan natuurlijke selectie op efficiënte ontgiftingsprocessen. Dat maakt honingbijen extra gevoelig voor verontreinigingen die door de mens worden veroorzaakt.

Dit is slechts een van de vele voorbeelden die het belang van de genetica laten zien voor de bijenteelt. Een betere kennis van de genetica van honingbijen kan in de toekomst voordelig zijn voor de bijenteelt. We krijgen steeds betere inzichten in de genetica die de werking van belangrijke kenmerken bepaalt, zoals de aanmaak van koninginnengelei. De kennis over de genetica achter verzamelgedrag zou ingezet kunnen worden om de verhouding tussen nectar en pollen in een bijenkast te optimaliseren. Ook bij de bestrijding van bijensterfte kan de genetica hulp bieden, bijvoorbeeld door de selectie van bijen die resistent zijn tegen ziektekiemen of die efficiënter schoonmaakgedrag vertonen. Beter inzicht in de genetica kan dus theoretisch bijdragen aan een meer gezonde en duurzame bijenhouderij.

VRAAG 3

Bij veel dieren bepalen geslachtschromosomen of nakomelingen mannetjes of vrouwtjes worden. Bij de meeste vliesvleugeligen insecten wordt dit bepaald door het wel of niet bevruchten van de eieren. Welke andere 'afwijkende' systemen van geslachtsbepaling bestaan in het dierenrijk?

Flying doctors, stofzuigers en snuffel

IN DE vacht van een bij blijven fijne deeltjes tot 50 μm hangen. Dat is handig, want op die manier kunnen ze stuifmeel verzamelen.

Tijdens de vlucht van de ene bloem naar de andere wordt het stuifmeel uit de geveerde haren gekamd en in de corbicula gepropt, het stuifmeelkorfje aan de achterpoten. Maar niet al het stuifmeel wordt uit het haarkleed gekamd. Een deel blijft achter en wordt binnen het volk, door fysiek contact tussen bijen, overgedragen op andere bijen.

Het stuifmeel in de corbicula wordt bijenvoedsel. Het deel dat achterblijft in het haarkleed is

beschikbaar voor de bestuiving van bloemen. Het stuifmeel zit vrij los in het haarkleed. Dit vergemakkelijkt het uitkammen tijdens de vlucht maar ook de afgifte aan de plakkerige stampers waardoor de bevruchting plaats vindt en ook de onderlinge uitwisseling in het bijenvolk.

Tot zover de bedoelingen van Moeder Natuur. Van dit gegeven wordt sinds kort ook gebruik gemaakt bij de inzet van honingbijen als flying doctors of als snuffelpalen. Want behalve stuifmeel worden ook alle andere fijne deeltjes die via de lucht in de bloem terechtkomen verzameld. Ook dit materiaal zal gedeeltelijk in de stuifmeel-

Behalve stuifmeel nemen bijen ongewild ook andere fijne korreltjes uit hun omgeving mee.



cellen in de raat terecht komen en gedeeltelijk in het haarkleed achterblijven en op andere bijen worden overgedragen.

Bij als verspreider van handige schimmels

Door bijen bij het verlaten van de kast door een bakje met onschadelijke (antagonistische) schimmels te laten lopen, komen deze in het haarkleed terecht. Een deel hiervan komt vervolgens op de bloemen die door de bijen bezocht worden. De door de bijen meegebrachte antagonistische schimmels gaan in de bloem groeien en voorkomen op deze manier dat schadelijke (pathogene) schimmels zich in de bloem kunnen gaan vestigen. Dit gebruik van bijen als flying doctors is vooral beperkt tot de kassen. De bijen worden hier gedwongen op de bloemen in de kas te vliegen en de antagonistische schimmels komen dan op die bloemen terecht waarvoor ze bedoeld zijn.

Zware metalen tussen het stuifmeel

Samen met het stuifmeel verzamelen bijen ook alle andere deeltjes van vergelijkbare grootte en brengen die naar de bijenkast. De bijenkast is daarmee een snuffelpaal geworden waarin de verontreinigingen binnen het vlieggebied van de bijen samen worden gebracht. Door de bijen of het stuifmeel te onderzoeken op verontreinigingen zoals zware metalen die met fijnstof op de bloemen terecht komen, kan vastgesteld worden welke verontreinigingen op de bloemen en dus ook op de groenten of speeltoestellen in dit gebied terecht zijn gekomen. Behalve voor zware metalen kunnen bijen ook gebruikt worden voor het opsporen

van radioactief materiaal, bestrijdingsmiddelen en micro-organismen die via de lucht worden verspreid.

Stofzuigen

Paprikakwekers huren vaak bijenvolken voor in de kas. Dat is niet per se om de paprikaplanten te bestuiven; die redden zich ook met zelfbestuiving. Ze huren vooral veel volken omdat bijen zoveel stuifmeel weghalen. Dat is gunstig omdat stuifmeel van paprika erg allergeen is bij inademing door mensen. Veel werknemers in de kassen krijgen last van ernstige allergie en astma. Het blijkt dat de klachten van deze mensen veel minder worden wanneer er honingbijen in de kas aanwezig zijn. Doordat de bijen 's morgens meteen nadat de bloemen opengaan het stuifmeel weghalen, worden de werknemers tijdens het plukken en snoeien minder blootgesteld. Ook met hommels in plaats van honingbijen blijkt dit goed te gaan. Er is wel een kans op nieuwe klachten: bijensteken.

ANTWOORD 1

Alleen een eenige tweelingen – feitelijk klonen – hebben een sterkere verwantschap dan de bijen binnen één volk.

ANTWOORD 2

Net als de honingbij is ook de moderne mens in Afrika ontstaan. Vanuit Afrika werd vervolgens de rest van de wereld bevolkt.

ANTWOORD 3

Bij veel reptielen en een enkele vogelsoort (zoals een Australische wilde kalkoensoort) is de geslachtsbepaling afhankelijk van de temperatuur waarbij de eieren ontwikkelen.

**Bijna elke nieuwe lente
herhaalt zich hetzelfde
geluid: de bijenvolken
hebben de winter niet
overleefd! Is hier echt sprake
van een serieus probleem?**



BIJEN ZIJN belangrijk. Die notie is bij veel mensen vagelijk aanwezig, al dan niet geholpen door een vermeende uitspraak van Einstein, die waarschijnlijk op het schap bij de 'Broodjes Aap' thuishoort (zie kader op pagina 7). Toch geven berichten over stervende bijenvolken een gevoel van naderend onheil. Wat zijn de feiten en wat is fictie?

Bijen én imkers zijn bedreigd

Al jaren gaan de aantallen imkers en bijenvolken achteruit in Europa en in de Verenigde Staten. Ronduit drastisch was de terugval in de voormalige Sovjet-Unie, toen die rond 1990 uiteenviel. In een paar jaar kelderde het aantal met 8 miljoen volken. Ook in Nederland neemt het aantal imkers en bijenvolken gestaag af sinds de Tweede Wereldoorlog. Toch zijn de aantallen nog langer geleden wel eens even laag geweest als nu.

In 2010 waren in Nederland tussen 7.000 en 8.000 imkers actief, met ieder gemiddeld vijf bijenvolken in de winter, en het dubbele aantal in de zomer. Dat gemiddelde aantal laat al zien dat de meeste imkers geen beroeps zijn, maar hobby-imkers. Een belangrijke reden voor de terugloop in het aantal imkers is de opbrengst van de honing: als imker kun je er nauwelijks aan

verdienen. Heel lang geleden was honing het enige ruim beschikbare zoetmiddel, maar die rol is door biet- en rietsuiker overgenomen. Bijenhoning van de imkers moet sindsdien als delicatessen verkocht worden, voor een aanmerkelijk hogere prijs dan een pak suiker. Door het grote aanbod van honing uit opkomende honinglanden als Argentinië, China en Turkije, zijn de prijzen sterk gedaald.

Naast de dalende prijzen is de imkerij ook moeilijker geworden door de komst van een ernstige parasiet, de varroamijt. Bovendien gaat de bloemenrijkdom, vooral op het boerenland, hard achteruit. Al met al is de beroepsgroep sterk aan het verouderen. Wie wil nog zo'n hard en zwaar beroep? Zelfs onder hobby-imkers slaat de vergrijzing toe. Het blijkt heel moeilijk jonge mensen te interesseren, hoe hard de oude imkers ook roepen dat de jeugd zich de leukste hobby van de wereld ontzegt.

De mysterieuze 'verdwijnziekte'

De gestage achteruitgang van de imkerij is één ding, vooral vervelend voor mensen met een hang naar nostalgie. De verdwijning van hele bijenvolken, dát raakt mensen. Dreigende namen als 'verdwijnziekte, colony loss, wintersterfte of Colony Collapse Disorder (CCD), hebben de alarmbel-



Is bijenhouderij echt een 'oude-mannenhobby'?

Aan het eind van de winter wacht de imker op de eerste poep

len op scherp gezet. En dergelijke berichten zijn sinds het begin van dit millennium een jaarlijks terugkerend fenomeen. Elk voorjaar opnieuw schrikken imkers van volken die in de afgelopen winter zijn verdwenen of gestorven. De geschrokken imker trekt aan de bel, en regionale, landelijke en internationale pers besteden aandacht aan het mysterieuze verdwijnen van de bijen. Het leidt

zelfs tot vragen in de Tweede Kamer, het Europees Parlement en de Amerikaanse senaat.

De enorme sterfte van bijenvolken in de Verenigde Staten in 2006 en 2007 zorgde voor bijzonder grote ophef, vooral ook omdat het bijna overal in het land optrad. Onderzoekers in de VS beschreven de verdwijning van bijen daar als een nieuw fenomeen onder de noemer CCD. In Europa was al

langer sprake van hoge sterftecijfers, maar niet zo massaal over het hele continent. Het ene jaar veel sterfte in de ene regio of het ene land, een ander jaar weer elders.

Wachten op de eerste poep

Als het goed is, zorgt een imker in het najaar voor voldoende reservevoer voor zijn bijenvolk, in de vorm van suiker of honing. Dan mag hij ervan uitgaan dat het volk de winter overleeft en dat in het voorjaar, zodra de weersomstandigheden gunstig worden, de bijen weer actief worden. Het signaal voor de bijen is de buitentemperatuur. Als die overdag boven de tien graden komt vliegen ze uit. Meestal is de eerste keer op een mooie dag in februari. In sommige zachte winters vliegen ze ook al wel eerder. Bij die eerste uitvlucht in het voorjaar moeten de bijen heel nodig poepen, ze hebben dat maanden moeten ophouden. Je mag blij zijn als dat niet op 'maandag - wasdag' gebeurt, want de was kan linea recta terug de machine in. Op verschillende plaatsen in het land zijn in het verleden zelfs rechtszaken aangespannen om bijenstallen uit de buurt van woonwijken te krijgen.

Een goede imker voelt aan wanneer de dag van de eerste vlucht is aangebroken en riskeert graag poep in zijn haar: hij wil weten hoe het er voor staat: vliegen en poepen wel alle volken? Als dan een deel van de kasten geen in- en uitvliegende bijen laat zien is er wat mis. De imker doet zo'n kast open en ontdekt dan soms dat de kast bijna helemaal leeg is, zonder bijen maar vaak nog wel met raten vol suiker. Het volk is letterlijk verdwenen. Het kan ook gebeuren dat ze niet zijn verdwenen, maar allemaal op een bult dood onderin de kast liggen. Dat laatste gebeurt meestal in landen met lange, strenge winters. Het kan ook na een relatief strenge Hollandse winter gebeuren.

Normaal hangen bijen in de winter met z'n allen in een warme tros bij elkaar. Hoe kouder, hoe dich-



Soms blijven dode bijen in de korf achter, soms verdwijnen de bijen nog voor ze sterven.

ter op elkaar. Bijen die sterven vallen uit die tros. Als de hele winter koud is, dan zijn ook de speciale 'lijkbezorgers' onder de bijen niet actief, en blijven de dode collega's onderin de kast liggen. Als de bijen al in het najaar sterven, bij redelijke temperaturen, kunnen de lijkbezorgers nog wel af en toe actief worden en vind je geen dode bijen in de kast terug. Bovendien vliegen bijen die terminaal zijn vaak zelf uit, en keren dan niet terug. Dat kan ook tijdens zachte winters gebeuren.

Een beetje dood is normaal

Eigenlijk gebeurt het elk jaar wel dat een klein deel van de volken de winter niet overleeft. Soms komt dit door voedselgebrek, soms zelfs doordat de bijen in de verkeerde hoek van de kast zaten, terwijl aan de andere kant nog wel voer zat. Het kan ook zijn dat een koningin sneuvelt. Een volk dat in de winter de koningin verliest kan geen nieuwe koningin kweken. Mocht zo'n volk toch het voorjaar halen,

dan valt het snel uiteen, omdat de 'samenbindende' koninginnenstof ontbreekt. Tien procent sterfte, soms vijftien, dat is vrij normaal. Geen imker die daarover klaagt. De laatste jaren zijn de verliezen bijna elk voorjaar veel hoger, tot wel een kwart van de volken.

In 2007 was de bijensterfte in de VS ruim 30%. Bovendien 'liepen veel volken heel snel leeg'. Slechts een handjevol jonge bijen en de koningin bleven in de kast achter, met heel veel 'gesloten broed'. Dat zijn cellen in de honingraat waar nooit meer een bij uit zal kruipen, omdat het koud is geworden. Meestal zaten er ook nog grote voorraden suiker of honing en stuifmeel in de raten. Veel van deze gevallen deden zich voor in nazomer en herfst.

Paniek!

Imkers en kwekers in de VS schokken zich rot van dit fenomeen. En terecht. Alleen al de amandelteelt

VRAAG 1

Bijen worden belaagd door veel ziekteverwekkers. Waarom is juist de varroamijt zo'n ernstige bedreiging?

in Californië heeft bijna de helft van alle volken van de VS nodig tijdens de bloei. Minder bijen betekent minder amandelen!

Allerlei mogelijke en onmogelijke verklaringen zijn de wereld in geslingerd. Toch blijkt, als je nuchter kijkt, in de geschiedenis dit soort slechte jaren wel vaker voor te komen. De verliezen zijn zelfs wel groter geweest. Ook toen werd gesproken van 'verdwijnziekte'. Wat wel nieuw is: bijna overal in de wereld komen nu dit soort slechte jaren voor, en frequenter dan voorheen. De jaren dat de sterfte volgens het boekje 10% of minder was, die worden zeldzaam. Alleen op het zuidelijk halfrond gaat alles nog wel goed.

Bijen in Afrika en in Zuid-Amerika zijn voor

In het wild komen nauwelijks nog bijenvolken voor.



VRAAG 2

De Aziatische honingbij is bestand tegen de varroamijt. Het zou mooi zijn als onze bijen ook resistent werden. Waarom zal dat niet gemakkelijk lukken?

het grootste deel nog wilde volken. Slechts een klein deel wordt gehouden door imkers. Bovendien zijn het andere ondersoorten van de honingbij. In volken van die ondersoorten doet de varroamijt, een schadelijke parasiet, het minder goed dan bij onze bijen. In Australië zijn de bijen wel van Europese herkomst, maar daar is de situatie gunstiger omdat de varroamijt daar niet voorkomt. Nog niet.

Waarom verdwijnen de bijen?

Bij gebrek aan een eenduidige oorzaak kan werkelijk alles worden aangedragen als oorzaak van de bijensterfte. Vroeger ging het goed met de bijen, nu niet meer. Wat is er veranderd? Je zou zeggen: bijna alles. We internetten en telefoneren mobiel, we zijn dikker dan tien jaar geleden – de imkers dus ook – en er vliegen steeds meer vliegtuigen. De boer schoffelt minder en spuit meer, of hij koopt zaad dat al met insecticiden is behandeld. Met zoveel verschillen tussen toen en nu, moet je zoeken naar waarschijnlijke oorzaken. Zijn de gsm-masten de boosdoeners? Zijn dikkere imkers slomer en minder adequaat? Vervuilen vliegtuigen ook het bijenluchtruim? Gaan ze ten onder aan het landbouwgif?

Het ligt voor de hand dat veel verschillende factoren een rol (kunnen) spelen in de problemen van de bijen. Daarbij moet je ook de minder logische verklaringen niet vergeten. Zo zou het zomaar kunnen dat zorgen rond de financiële crisis de imker nopen minder aandacht aan zijn bijen te geven, waardoor ze meer ziekten oplopen. Hieronder staan de negen meest logische verklaringen (in willekeurige volgorde).

1. De biodiversiteit loopt terug

Door de intensivering van de landbouw en door het in gebruik nemen van land voor stedenbouw,

industrieterreinen en wegen, gaat het areaal waar bijen kunnen leven en foerageren achteruit. Bovendien wordt het gebruikte land steeds armer aan bloeiende planten: wel veel groen, maar weinig bloei. Die achteruitgang is vooral sterk op het agrarische platteland. Hooiland (het bloemrijkste type grasland) bestaat niet meer, en veel grasland is vervangen door akkers met snijmaïs. Ook op graanakkers zie je nauwelijks bloemen. De naam 'korenbloem' is archaïsch geworden.

Het is dan ook opmerkelijk dat veel wilde bijen en ook honingbijen het beter doen in stedelijk gebied dan op het platteland. Voor honingbijen betekent deze ontwikkeling dat het voedselpakket in de vorm van stuifmeel soortenarmer is geworden. Er zijn zelfs perioden zonder enig aanbod van stuifmeel. Op zo'n moment moet een volk op zijn reserves teren. Zeker als dat in de nazomer gebeurt is dat een slechte opmaat naar de winter. De winter is de langste te overbruggen schrale periode voor bijen. Alleen als de voorbereiding in de zomer goed was, dus met steeds voldoende aanbod van goed voedsel en voldoende wintervoorraad, komt een bijenvolk de winter door.

2. Varroa

De ernstigste bedreiging voor honingbijen en imkers is zonder twijfel de parasiet *Varroa destructor* (zie kader op pagina 70). Vanaf het moment dat deze mijt in bijenvolken in Europa en Amerika opdook, heeft zij een spoor getrokken van dode bijenvolken. Inmiddels is alleen Australië nog vrij van de mijt. Sinds de komst van varroa zijn de in het wild levende volken in Europa en in Noord-Amerika uitgestorven. Als je nog een volk ziet in een holle boom, dan is dat waarschijnlijk een zwerm die bij een imker is 'ontsnapt'. Zo'n zwerm houdt het hooguit een of twee jaar vol.

Volken van imkers overleven de varroamijt wel omdat zij vanaf het begin de mijt bestrijden met chemische middelen. Dat bestrijden is niet



met één keer klaar. Het lukt nooit om alle mijten te doden, en na enige tijd hebben ze zich weer sterk vermeerderd zodat opnieuw bestreden moet worden. Tot de komst van varroa was de imkerij in Nederland helemaal vrij van bestrijdingsmiddelen. Dat is helaas verleden tijd. Gelukkig zijn de huidige bestrijdingsmiddelen steeds vaker van natuurlijke oorsprong. De milieuschade blijft daarmee beperkt.

Varroamijten zijn snel resistent geworden tegen chemische middelen. Helaas grijpen nog veel imkers naar chemische middelen die niet officieel zijn toegelaten, maar wel stiekem verkrijgbaar. In bijenwas worden inmiddels veel residuen van chemische middelen aangetroffen, ook uit de landbouw. De middelen tegen varroa staan op nummer één.

De mijt zorgt heel direct voor schade en verzwakking van de bijen door het stelen van eiwit en het verminderen van het geboortegewicht van

Sommige boeren doen nog moeite om wilde bloemen langs de akkers te zaaien.

de bijen. Varroa draagt ook andere ziektekiemen over en zorgt voor een algehele vermindering van de weerstand. Een aantal virussen die vroeger sporadisch voorkwamen zijn dankzij varroa heel algemeen geworden. Bovendien gaven deze virus-

sen vroeger bijna nooit symptomen, terwijl ze nu vaak zorgen voor het instorten van bijenvolken die te veel mijten herbergen. Ook bacterieziekten, zoals Europees vuilbroed, lijken door varroa een duwtje in de rug te krijgen.

Varroa

Varroa destructor is een mijt die van oorsprong alleen werd aangetroffen in volken van de Aziatische bijensoort *Apis ceranae*. De vorige eeuw is de mijt overgestapt naar onze honingbijen. In de jaren zeventig en tachtig is varroa aan een ware opmars over Europa en Amerika begonnen. De vrouwelijke mijt is zo groot als een speldenknop, donkerrood en glanzend. Ze zijn te vinden op de bijen, waar ze zich vastklemmen op de thorax, het borststuk. Daar zuigen ze haemolymfe op: het 'bloed' van de bij. De meeste mijten zitten goed verstopt in de gesloten cellen met poppen van de bijen. Daar zijn ze ingestapt, van de rug van een bij, net voordat de larf zich gaat verpoppen en dus net voordat de cel wordt

afgesloten met een dek-seltje. In de cel plant de mijt zich voort. In de cel bijt de mijt de pop aan. De gemaakte wond wordt open gehouden als 'voederplaats'. Zowel de mijt als haar jongen kunnen daar haemolymfe tappen. Op dat moment beginnen bij de vrouwelijke mijt de eierstokken actief te worden. Achtereenvolgens wordt één mannetje en een aantal vrouwtjes geproduceerd. Als deze vrouwtjes na een paar tussenstadia volwassen zijn, worden ze bevrucht door het mannetje. Tegen de tijd dat de pop van de bij verandert in een volwassen bij, twaalf dagen na het begin van het verpoppen, en ze breekt uit de cel, zijn maximaal twee mijtendochters volwassen geworden. Deze stappen op de bij en laten



De donkere speldenknop achter de kop van de bij is een varroamijt.

zich naar een nieuwe plek vervoeren. Ook de moedermijt kan zich naar een nieuwe geschikte cel laten vervoeren, waar ze opnieuw een gezinnetje kan stichten. De jongere zusjes en het mannetje gaan verloren. Bij het schoonpoetsen van de cellen door de werksters worden ze verwijderd. De bij die ontstaat uit een pop die tegen wil en dank gastheer was van

een mijtenfamilie is veel minder vitaal dan een normale pasgeboren bij. Ze is lichter, heeft minder eiwit, en is veel vaker besmet met allerlei ziekten, via de wond die de mijt heeft gemaakt. Als in een bijenvolk veel mijten zitten, zullen veel van de jonge bijen een slechte conditie hebben of ziek zijn. Daardoor kan het gehele volk verzwakken en te gronde gaan.

3. Andere parasieten

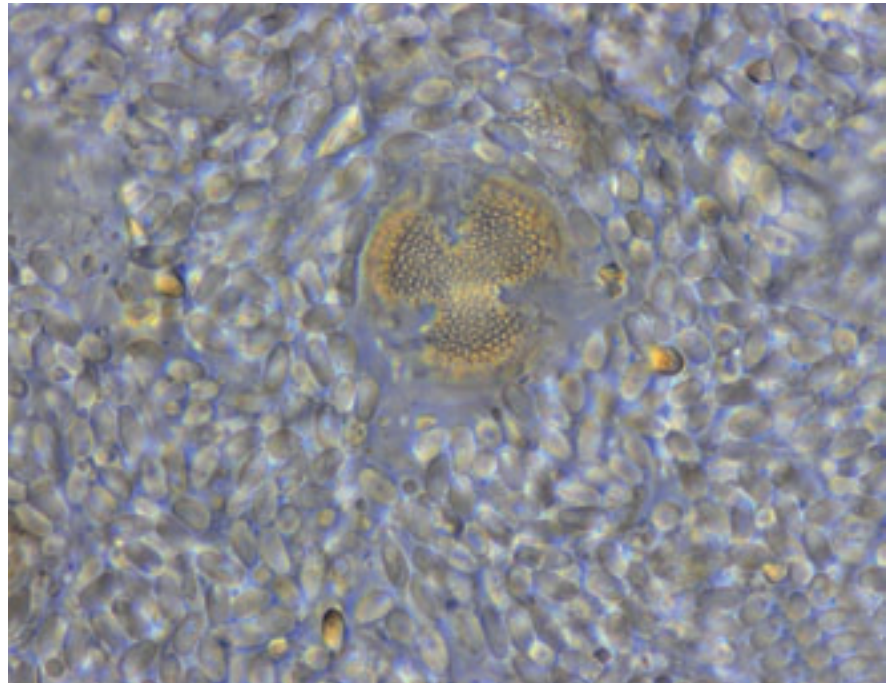
Naast varroa hebben allerlei andere parasieten het gemunt op de Hof van Eden die een goed gevoed bijenvolk feitelijk is. Dat is altijd zo geweest, en met de meeste parasieten kan een bijenvolk goed omgaan. Er is evenwicht ontstaan tussen gastheer en parasiet. Dat betekent nog niet dat zulke parasieten niet heel schadelijk kunnen zijn, en soms zelfs fataal. Ook mensen kunnen aan een eenvoudige griepje sterven. Dat is dan wel vaak door een combinatie met andere kwalen die de weerstand verminderen. Zo zal het ook bij bijen werken: varroa, of een periode met gebrek aan voedsel, vermindert de weerstand van bijen, waardoor ze bijvoorbeeld vatbaarder worden voor de ziekteverwekker nosema. Nosema is een eencellige parasiet in de darmen van volwassen bijen. Het is bekend dat hij toeslaat in of na perioden van voedselgebrek of na een regenachtige zomer waarin de bijen minder kunnen vliegen en meer bloemen verregen. In slechte jaren kunnen door nosema heel veel volken het loodje leggen.

Behalve nosema hebben bijen nog te maken met een keur aan parasieten, belagers en ziekten: virussen, bacteriën, eencelligen, mijten, vliegen, wespen, vogels, beren en zelfs imkers.

4. De imker

Het lijkt een beetje oneerbiedig om de imker bij de belagers te noemen. Hij – slechts zelden een vrouw – doet toch zijn best om de bijen goed te verzorgen? Jazeker, maar de imker doet dat niet onbaatzuchtig. Hij wil de bijen uiteindelijk wel beroven van hun wintervoorraad honing. En als hij niet oppast draagt hij heel gemakkelijk bij aan het veroorzaken of verspreiden van ziekten.

Bij het analyseren van de wintersterfte is vaak geen verband te vinden met de regio of de directe omgeving van de bijenstanden. Vaak heeft de ene imker heel veel sterfte, en zijn buurman helemaal niet. Dat maakt het aannemelijk dat de manier van



werken, die tussen imkers enorm kan verschillen, van belang is voor sterfte of juist overleven van volken. Het is zelfs zo dat sommige imkers nooit last hebben van wintersterfte. Uit onderzoek in ons omringende landen bleek steeds weer dat de besmetting met varroa bepaalt of een volk doodgaat of overleeft. En die varroabesmetting, die valt of staat weer met de werkwijze van de imker.

Een goede bestrijding van ziekten is nog geen absolute garantie dat de bijenvolken zullen overleven. Het is wel één van de voorwaarden. Als je niet goed bestrijdt gaan de bijen vrijwel zeker dood. En daar wringt de schoen, veel imkers bestrijden varroa niet op een goede manier. Ze zijn vooral vaak te laat met bestrijden. Dan kun je misschien de meeste mijten nog wel doden, maar de schade is dan al gedaan. De bijen zijn besmet met virussen en hebben een slechte conditie. Ze kunnen dan ook in afwezigheid van mijten een lange winter niet overleven.

Op deze microscopische opname van bijenpoep zijn vooral sporen te zien van de eencellige parasiet Nosema. Temidden van de honderden uitwerpselen ligt een (stervormige) stuifmeelkorrel.



Via zijn manier van werken heeft de imker grote invloed op het welzijn van zijn volk.

5. Pesticiden

In de land- en tuinbouw, maar ook in het openbaar groen en bij mensen thuis, worden veel bestrijdingsmiddelen gebruikt. Het ligt voor de hand dat een insecticide dat een bepaald plaaginsect moet doden, ook een risico is voor andere insecten zoals bijen. Om schade te voorkomen zouden 'niet-doel-organismen' niet aan het middel mogen worden blootgesteld. Dat kun je bereiken door gebruik op bloeiende gewassen te verbieden, of door op bepaalde momenten te spuiten. Voor een middel een toelating krijgt moet het aan heel veel eisen voldoen (zie pagina 76 en 77).

Sommige planten bevatten van zichzelf giftige stoffen tegen vraatzuchtige insecten. Nicotine uit tabak is zo'n natuurlijk insecticide. Op basis van nicotine zijn nieuwe insecticiden ontwikkeld, de neonicotinen. Het voordeel van deze middelen is dat ze 'systemisch' werken: ze worden door de plant opgenomen en in de plant getransporteerd.

De plant wordt zo 'van binnenuit' oneetbaar voor vraatzuchtige rupsen. Vaak wordt het middel al op het zaad aangebracht. Groot voordeel is dat geen gif verloren gaat in het gras, het werkt langer (een gespoten middel is vaak al na een dag weer verdwenen of afgebroken) en je hoeft ook veel minder te gebruiken.

Natuurlijk zijn er ook nadelen. Neonicotinen blijven erg lang werkzaam en ze zijn erg giftig. Ook lang nadat de te bestrijden rups dood is kan in de plant, ook in de nectar en in het stuifmeel, nog gif zitten. Op dat moment zou nog schade aan bijen kunnen optreden.

In proeven met bijen en hommels in laboratoria blijken deze neonicotinen erg giftig te zijn. Als je bijen of hommels op een voertafel suikerwater geeft met neonicotinen erin, blijken ze niet terug te komen voor een volgende voederbeurt. Ze vinden ook vaak de kast of het hommelboxje niet terug. De stof heeft ze gedesoriënteerd. Maar deze effecten werden pas gezien bij concentraties die in nectar en stuifmeel nooit worden aangetroffen. Bij veldstudies waarin de onderzoekers bijenvolken plaatsten bij zonnebloemen die als zaad neonicotinen hadden meegekregen, is geen schade aan de volken vastgesteld. Ze bleken in de daaropvolgende winter ook niet bovengemiddeld te sterven. Waarschijnlijk is de blootstelling aan het middel in de praktijk beperkt genoeg om geen schade te geven.

Toch stellen Franse imkers dat door de toepassing hun honingooigsten op zonnebloem achteruit gingen, en dat de volken nadelige effecten ondervonden. Een groot onderzoek tussen 2002 en 2005, in vijf Franse provincies, moest duidelijkheid scheppen. Er werd geen verband gevonden tussen de honingproductie en het gifgebruik, ook al werden sporen van de middelen aangetroffen in de bijenkasten, in stuifmeel en honing. Er was wel een verband met de kwaliteit van de verzorging van de volken door de imkers. Sommige 'aangetaste' volken bleken verwaarloosd, sommige waren



De amandelteelt is afhankelijk van insectenbestuiving, maar er wordt ook insecticide gebruikt.

bijna verhongerd en sommige waren besmet met ziekten. Ondanks deze studie zijn diverse neonicotinen nu verboden in Frankrijk. De bijensterfte is gebleven.

6. Genetisch gemodificeerde gewassen

Een plant kan ook weerstand tegen vraat krijgen als bepaalde erfelijke eigenschappen worden ingebouwd, hetzij via genetische manipulatie, dan wel via klassieke veredeling. Een gen dat op die manier kan worden ingebouwd is bijvoorbeeld het gen dat codeert voor de aanmaak van stoffen die giftig zijn voor insecten. Een bekend voorbeeld is Bt maïs. Daarin is een gen gebouwd uit de bacterie *Bacillus thuringiensis*. De plant met het Bt-gen maakt zelf stoffen die giftig zijn voor de rupsen van de Amerikaanse maïsstengelboorder, een plaaginsect dat moeilijk met andere middelen is te bestrijden.

De vrees bestond dat bijen schade zouden kun-

nen lijden wanneer het Bt-gif ook in het stuifmeel van de maïs terecht zou komen. Daar is nog niets van gebleken. Bt-toxinen zijn vaak heel specifiek voor bepaalde insecten, een voordeel ten opzichte van normale insecticiden. Ook van allerlei andere genetisch gemodificeerde (GMO) gewassen is geen schade voor bijen aangetoond. Natuurlijk moet wel steeds alles goed onderzocht worden voordat een GMO-gewas kan worden vrijgegeven.

7. Mondialisering

De wereld is een groot dorp geworden. Die mondialisering heeft directe gevolgen voor de honingbijen en de bijenhouderij. De beroepsimkerij in Europa en in Noord-Amerika staat onder economische druk doordat honing grootschalig en goedkoop wordt geproduceerd in Argentinië en China. Dat is ongunstig voor de sector en remt ontwikkelingen en vernieuwing. De sector is daardoor ook sterk aan het vergrijzen.

VRAAG 3

Waarom is het erg als honingbijen zouden verdwijnen? We kunnen toch wel zonder honing?



De Aziatische hoornaar heeft Europa bereikt door mee te liften met Chinees aardewerk.

→ Een bijenkoningin kan ook via kunstmatige inseminatie worden bevrucht.

Er zijn ook directe effecten. Door het uitwisselen van bijenvolken tussen landen en werelddelen kunnen belagers normale geografische en ecologische barrières oversteken. Doordat Europese honingbijen naar Azië zijn vervoerd, kon de varroamijt overstappen van de Indische honingbij naar de Europese. Onlangs is ook ontdekt dat ‘onze’ parasiet *Nosema apis* grotendeels is verdreven door *Nosema ceranae*, een verwant organisme dat afkomstig is van de Indische honingbij. De kleine bijenkastkever, afkomstig uit de zuidelijk helft van Afrika geeft veel overlast in Noord-Amerika en in Australië. Uit het gemak waarmee deze kever nieuwe gebieden heeft gevonden, mag je aannemen dat hij vroeg of laat ook Europa zal bereiken.

Imkers hebben op zoek naar ‘betere bijen’ ook wereldwijd geslept met koninginnen. Daardoor zijn oorspronkelijk geografisch gescheiden ondersoorten van onze honingbij, met hun lokale

aanpassingen aan klimaat en seizoen, vermengd geraakt.

Onafhankelijk van bijenhouders kunnen ook nieuwe plagen opduiken. Zo is de Aziatische hoornaar *Vespa velutina* (een grote wesp) via import van Chinees aardewerk in Frankrijk terecht gekomen. Het dier is bezig met een snelle opmars. Deze wesp zal ook Nederland en België wel vinden. Hoornaars eten graag bijen.

Ook het binnenkomen van exotische planten kan grote gevolgen hebben. De exotische reuzenbalsemien is erg populair bij bijen. De bloemen leveren ook veel nectar. Andere, inheemse planten worden door de reuzenbalsemien van hun bestuivers bestolen. Geen insect kijkt nu bijvoorbeeld nog om naar moerasandoorn. Een ander voorbeeld: slangenkruid uit Europa is als exoot binnengekomen in Australië. Het is daar nu erg talrijk en populair onder de bijen, maar het levert voor mensen giftige honing.

8. Klimaatverandering

Door de opwarming van de aarde kunnen plantensoorten ‘aan de wandel gaan’. Aan de noordgrens van hun verspreidingsgebied kunnen ze andere soorten verdringen, rond de zuidgrens van hun verspreidingsgebied kunnen soorten verdwijnen. Dat alles kan gevolgen hebben voor bijen. Ook kan woestijnvorming door opwarming het leefge-



bied voor bijen beperken. Sommige parasieten zijn vanwege hun levenscyclus erg gevoelig voor temperatuur en kunnen zich bijvoorbeeld met zachtere winters heel anders gaan gedragen. Ook kunnen nieuwe parasieten gaan oprukken. De honingbijen zelf zullen een temperatuurverandering niet zo snel lastig vinden: ze komen voor van de evenaar tot de poolcirkels en zijn na de ijsstijden ook heel snel achter het smeltende landijs aan weer naar het noorden opgetrokken.

9. Genetische basis

Vanouds waren honingbijen wilde dieren, waarvan sommige werden gehouden in bijenkorven van imkers. Gaandeweg kwamen de gehouden bijen in de meerderheid, althans in Europa, en zat een minderheid nog in het wild in holle bomen. Toch bepaalde vooral de natuur de genetische samenstelling van de bijenvolken. Nu door varroa alle wilde Europese volken zijn weggevaagd, ligt het hele erfgoed van de honingbij in handen van de imker. Als imkers met z'n allen zouden gaan selecteren om varroaresistentie te krijgen, zouden ze onherroepelijk andere genetische eigenschappen verliezen; eigenschappen waarvan de imkers de potentiële waarde niet eens kennen.

Imkers zoeken altijd naar eigenschappen die goed zijn voor het bedrijf: hij wil niet worden gestoken, hij wil veel honing, en wat al niet meer. De natuur selecteert veel breder: op overleving van de soort. Het is daarom belangrijk geworden dat de honingbij wordt beschermd tegen de grillen van de bijenhouderij. Op verschillende plekken in Europa moeten de oorspronkelijke ondersoorten en hun genen behouden blijven. Waarschijnlijk zullen de bijen of de imkers ze ooit allemaal nog hard nodig hebben.

Natuurlijke selectie biedt hoop

Ondanks het aanvankelijke uitsterven van de wilde bijenvolken in Noord-Amerika en Europa



door varroa, zijn er in de VS en in Frankrijk weer bijenvolken in het wild gevonden die heel lang in leven blijven, ondanks de mijt. Natuurlijke selectie blijkt weer de beste kansen te bieden. En dat komt goed uit, want we zullen de honingbijen de komende decennia nog harder nodig hebben dan nu. Mensen gebruiken steeds meer gewassen die bestuiving behoeven, en met de toename van de schaalgrootte zal juist de honingbij de meest geschikte bestuiver zijn. Daardoor zal bijenhouderij belangrijker worden, en daardoor ook weer een veel levensvatbaarder en wellicht 'sexier' beroep.

Wat zal de klimaatverandering doen met honingbijen?

Verboden gif

GIF, LANDBOUWGIF, landbouwbestrijdingsmiddel, gewasbeschermingsmiddel... het zijn allemaal aanduidingen van dezelfde producten, en in principe zijn ze ook allemaal wettelijk verboden in Nederland en de rest van de EU. In principe, maar niet in feite, want tegelijk vertegenwoordigen deze middelen ook een groot economisch belang. Meer dan dat: dankzij dit gif kunnen boeren boeren zonder failliet te gaan aan onbeheersbare ziekten en plagen in hun gewas. De keerzijde zijn de risico's voor mens, dier en milieu, inclusief bijen. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen is een klassiek dilemma

tussen voordelen en risico's. In onze maatschappij lossen we zulke dilemma's op met wetten.

De bestrijdingsmiddelenwet verbiedt alle gebruik van alle bestrijdingsmiddelen, tenzij een officiële toelating wordt gegeven voor beperkte tijd en beperkte toepassingen. Eén officiële, onafhankelijke organisatie, het College voor de Toelating van Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden, het Ctgb, kan toelatingen verlenen namens de minister. Het Ctgb besluit alleen tot toelating van een middel als beoordeling van uitgebreide onderzoeksresultaten leidt tot de conclusie dat het middel werkt en de risico's beperkt en aanvaardbaar

Het effect van gif wordt eerst getest op bijen, voor het wordt toegelaten.



zijn. Dat geldt voor de risico's voor mens, milieu en dus ook voor de bij.

Middelen voor gebruik in omstandigheden waarbij bijen en hommels kunnen worden blootgesteld, krijgen alleen een toelating als uitgebreid onderzoek heeft aangetoond dat de risico's voor bijen en hommels minimaal zijn. Zulk onderzoek is kostbaar en de aanvrager van de toelating moet het onderzoek daarom zelf uitvoeren of betalen. Maar is het dan nog wel objectief en betrouwbaar? Zou die belanghebbende, doorgaans een grote chemische firma, niet in de verleiding komen het resultaat bij te buigen in de gewenste richting van 'veilig'?

Natuurlijk bestaat die verleiding! En natuurlijk houdt het Ctgb rekening met die verleiding. Daarom zijn er talloze veiligheden ingebouwd in de hele beoordelingsprocedure. Dat zijn niet alleen voorgeschreven onderzoeksprotocollen en certificering van correcte uitvoering van die protocollen. Dat zijn ook de onafhankelijkheid van het Ctgb en de deskundigheid van zijn medewerkers. Het is bovenal de juridische aansprakelijkheid van de belanghebbende firma, als achteraf mocht blijken, bijvoorbeeld door schade aan bijenvolken in de praktijk, dat de onderzoeksresultaten 'bijgebogen' waren.

Internationale bijenbeschermers

De wijze van onderzoek en beoordeling en risico-beheersing is het resultaat van jarenlange ontwikkeling en verfijning door de meeste betrokken deskundigen in Europa, verenigd in de internationale *Bee Protection Group*, en ten slotte vastgelegd

in Europese en nationale wetten. Toch is de uiteindelijke beoordelingswijze door het Ctgb niet statisch. Nieuwe middelen met nieuwe werkingsmechanismen, nieuwe toepassingsmethoden, nieuwe blootstellingsroutes, eerder over het hoofd geziene risico's, ze kunnen allemaal aanpassing van de beoordelingswijze nodig maken.

In Nederland organiseert de Plantenziektenkundige Dienst met alle belanghebbenden jaarlijks een werkgroep om de schades door bestrijdingsmiddelen aan bijenvolken over het afgelopen seizoen te evalueren. De werkgroep traceert geconstateerde schades naar de oorzaak, en gebruikt de conclusies om herhaling in de toekomst te voorkomen. Op Europees niveau organiseert de Bee Protection Group geregeld evaluaties en stelt aanpassingen van de onderzoeks- en beoordelingsprocedures voor. De gestaag afgenomen bijenschades door bestrijdingsmiddelen getuigen gelukkig van de effectiviteit van deze aanpak van risicobeheersing van het 'verboden gif'.

ANTWOORD 1

De varroamijt is in onze streken een nieuwe parasiet waaraan de bij zich nog niet heeft kunnen aanpassen. De mijt heeft een voorsprong, want die kende al wel bijen (uit zijn bakermat Azië). En: mijten dragen veel virus-sen bij zich.

ANTWOORD 2

Resistentie kan alleen ontstaan door een hoge selectiedruk, dus door aanwezigheid van varroa. Volken die er niet tegen kunnen zullen doodgaan. Maar dat kan een imker zich niet permitteren, dus moet hij varroa wel bestrijden. Daarmee verdwijnt de selectiedruk.

ANTWOORD 3

Dit is zonder overdrijving de hamvraag van dit cahier. De belangrijkste waarde van honingbijen is hun bestuivingsarbeid: heel veel van onze voedselgewassen hebben die bestuiving nodig om vruchten te maken. Ook in de natuur hebben veel planten bestuivers nodig om zaden te vormen.

Epiloog: als de laatste imker het licht uitdoet...

ALS IMKERS uitsterven, dan zullen honingbijen op eigen kracht in de natuur moeten overleven. In Nederland valt dat niet mee. De traditionele huisvesting van een bijenvolk is de holle boom, en als er ooit een holle boom langs de weg staat, dan wordt deze – met reden – omgezaagd. Slecht gevoegde schoorstenen of eekhoornnestkasten kunnen ook wel voldoen, maar het aantal vrij gevestigde volken in Nederland is toch niet meer dan hooguit één procent van de populatie. Naast de zoektocht naar een geschikte woning, moeten bijenvolken zich ook kunnen verweren tegen parasieten en predatoren. Met de meeste van deze belagers is er een actuele wapenwedloop waarbij de bijen voorlopig winnen. Met de varroamijt (zie kader op pagina 70) is het een ander verhaal. Oosterse honingbijen hebben minder last van de mijt, omdat ze samen met de mijt zijn geëvolueerd. Door co-evolutie is bij de oosterse bij het gedrag aangepast. Bijen ontruimen daar werkster-broedcellen met actieve moeder mijten. Op haar beurt heeft de oosterse mijt zich gespecialiseerd op voortplanting in het darrenbroed. Bij ons is het een heel ander verhaal. De mijt is per ongeluk in Europa geïntroduceerd. Onze westerse honingbij en de varroamijt hebben elkaar, evolutionair gezien, recent ontmoet en voorlopig wint de varroamijt. Imkers helpen de bijen door de mijten te bestrijden. Als de imkers er niet meer zijn en de bijen zichzelf moeten redden, kunnen de bijen zich net als de oosterse bijen via natuurlijke selectie aanpassen aan deze parasiet.

Imkers staan dan ook voor een duivels dilemma:

zonder bestrijding van de mijt sterven de meeste bijenvolken en dankzij bestrijding ligt een natuurlijk evenwicht niet in het verschiet. Terwijl mijten resistent zijn geworden voor chemische bestrijdingsmiddelen, zijn er gelukkig diverse initiatieven om bijen te selecteren die minder gevoelig zijn voor mijten. Er zijn ook alternatieve bestrijdingsmiddelen zoals organische zuren en etherische oliën.

Als imkers uitsterven, worden geen bijenkasten meer geplaatst bij gewassen. Bijen worden vaak gebruikt bij buitenteelten, zoals appel, peer of blauwe bes en bij teelten in kassen zoals zaadteelt, courgette, paprika of aubergine. Bij veel teelten zal de afwezigheid van bijenbestuiving leiden tot een verminderde opbrengst. In andere gevallen zal het ontbreken van bijen deze teelten vrijwel onmogelijk maken. Behalve honingbijen zijn er veel andere bloembezoekers, zoals solitaire bijen en vlinders, die ook een rol spelen bij bestuiving. Maar omdat er in een bijenkast heel veel werksters zitten die hun bestuivingtaak kunnen uitvoeren, én die bijenkast naar willekeur kan worden ingezet, is de honingbij van enorm economisch belang. Voor commerciële teelten die voor een goede opbrengst afhankelijk zijn van insectenbestuiving, is gokken op van nature aanwezige bestuivers geen optie.

Imkers kunnen niet uitsterven

Uiteindelijk zullen de imkers niet uitsterven. Dat is domweg geen optie! In Nederland is nu nog 95% van de imkers hobbymatig met hun bijenvolken



Als de hobbyimkers verdwijnen, nemen commerciële bedrijven hun werk zonder twijfel over.

in de weer. Zij zetten hun volken vaak met veel plezier bij de gewassen van verschillende telers. Daarbij spelen weinig harde regels van vraag en aanbod. Een meer commerciële imkerij – bij toenemend gebrek aan hobbyimkers – die aan de vraag naar bijenvolken van zaadtellers en tuinders van vruchtgroenten en fruitboeren moet voldoen, zal nu en in de toekomst wel meer regels van vraag en aanbod volgen. Zaadtellers hebben vaak een imkerij binnen het bedrijf of huren volken van de handvol beroepsimkers die ons land telt. Hierbij ontstaat een wederzijdse afhankelijkheid; de imker zorgt voor de volken en de zaadteler voor

de producties waar de bestuiving moet gebeuren. Zolang tuinders gewassen telen die bestuiving door bijen nodig hebben, zullen er imkers zijn die volken leveren.

Begrippenlijst

Bij

In de volksmond is een honingbij (*Apis mellifera*) gewoon dé bij. In de biologie bestaan er maar liefst 20.000 verschillende soorten bijen, waarvan er 350 in Nederland voorkomen. De honingbij is in die zin bijzonder dat ze als enige een 100% sociaal leven leidt. Een bijenvolk bestaat daardoor het hele seizoen, ook in de winter.

Broed

Jonge bijen (de larven en poppen) worden broed genoemd. Een imker maakt een duidelijk verschil tussen open of gesloten broed. Een larve zit in een open cel in de raat. Wanneer de larve gaat verpoppen wordt de cel gesloten met een dekseltje van was.

Co-evolutie

Wanneer twee organismen zich in de loop van duizenden of miljoenen jaren voortdurend aan elkaar aanpassen, spreek je van co-evolutie. Zo zijn bloeiende planten en bepaalde soorten insecten van elkaar afhankelijk geworden: de een voor de voortplanting, de ander voor eten.

Dar

De mannelijke bij ontstaat uit niet bevruchte eitjes van de koningin. De enige functie van darren is om tijdens de zogenoemde bruidsvlucht een koningin van voldoende sperma te voorzien waarmee zij de rest van haar leven haar duizenden eitjes kan bevruchten.

Fylogenie

De studie van de ontstaansgeschiedenis van een groep organismen.

Haplodiploïd (haploïd en diploïd)

De meeste planten en dieren hebben twee sets chromosomen in iedere cel, één van de vader en één van de moeder (diploïd). Onbevuchte organismen hebben maar één set chromosomen: alleen van de moeder (haploïd). Wanneer het geslacht wordt bepaald door het aantal chromosomen, zoals bij bijen (haploïd: mannetjes, diploïd: vrouwtjes) spreek je van een haplodiploïd systeem.

Hommel

Een andere, veel voorkomende en goed zichtbare bijengroep is die van de hommels (*Bombus spec.*). Hommels leven minder sociaal dan honingbijen, maar een stuk socialer dan de vele soorten solitaire bijen. Het hommelvolk bestaat alleen in het voorjaar en de zomer (sociale fase). 's Winters (over-)leven alleen eenzame koninginnen (solitaire fase).

Honing

Pas wanneer bijen nectar uit bloemen indikken en verrijken met sappen uit hun eigen lijf, wordt het honing. In bloemen zit dus geen honing. Voor bijen is honing de energievoorraad voor de winter.

Koningin

In een bijenvolk is de koningin niets meer en niets minder dan de eilegmachine. Zij zorgt voor het nageslacht van het volk en wordt dus vertroeteld door de duizenden werksters. Ze 'regeert' niet actief over een volk. Via een feromoon, de 'koniginnenstof' is haar aanwezigheid wel bepalend voor de activiteiten in het volk. Valt de koningin weg dan verandert het gedrag van de werksters.

Nectar

Planten maken nectar in hun bloemen om insecten te lokken, die dan weer voor de bestuiving kunnen zorgen. Nectar is over het algemeen vrij waterig, met een klein beetje zoetstof. Pas wanneer het wordt ingedikt, kunnen bijen er honing van maken.

Pollen

Plantenkenners en ook bijenhouders spreken over ‘pollen’ als ze het over stuifmeel hebben. (Ze hebben het dan over ‘het pollen’). In de bijenhouderij wordt met pollen vaak stuifmeel bedoeld dat al door bijen is verrijkt en geconserveerd. Het wordt letterlijk aangestampt en met nectar gesloten, zodat het gaat fermenteren.

Solitaire bij

De meeste van de 20.000 bijensoorten op aarde zijn, in tegenstelling tot honingbijen, solitaire soorten. Het vrouwtje zorgt in haar eentje voor één of enkele eitjes, dus zonder de hulp van een sociaal volk van werksters.

Superorganisme

Eén plant, of één dier is een organisme. Vanwege de enorm sociale manier van leven, en vanwege de hoge mate van specialisatie, wordt een volk van vele duizenden individuele bijen ook wel als één organisme aangeduid: een superorganisme.

Taxonomie

Letterlijk is taxonomie de wetenschap van het ‘indelen’ (‘taxon’ is Grieks voor ‘groep’). In de biologie houdt de taxonomie zich bezig met het vinden, beschrijven, indelen en benoemen van organismen.

Verdwijnziekte

Iedere winter sterft een deel van de bijenvolken. De laatste jaren lijkt die sterfte groter dan normaal. Omdat stervende bijen vaak het volk verlaten wordt wel gesproken van verdwijnziekte. Andere termen zijn Colony Collapse Disorder, CCD, of het meer neutrale ‘wintersterfte’.

Was

Was was lange tijd een van de belangrijkste producten die uit een bijenvolk kon worden gehaald. Het wordt geproduceerd in de wasklieën van de honingbij. Zij gebruikt het om raten mee te bouwen, als tijdelijke behuizing voor het nageslacht en als opslag voor stuifmeel en wintervoedsel (honing). Mensen gebruik(t)en het om kaarsen van te maken of om keukengerei of boten waterdicht te maken.

Werkster

De meeste bijen in een volk zijn werksters: de bevruchte nakomelingen van de koningin. Werksters hebben in hun leven verschillende taken, van verzorging van de koningin of het broed, de verdediging van het volk, tot het zoeken of halen van voedsel.

Zwermen

Wanneer een deel van een bijenvolk met een koningin de oude plek verlaat, spreekt een imker van ‘zwermen’. Het is de eigenlijke voorplanting van een heel bijenvolk. Een imker zal altijd proberen een vrije zwerm weer in een nieuwe kast te krijgen, al was het maar voor het geld. In deze tijden van verdwijnende bijen is een bijenvolk vele tientallen, zo niet honderden euro's waard.

Meer informatie

www.wildebijen.nl

Op deze site is het meest complete overzicht te vinden van alle Nederlandse bijen, waaronder die ene: de honingbij. Van de 350 soorten worden er 213 uitgebreid beschreven. Je kunt ook zoeken op soortnaam, op een bijenkalender kijken wanneer welke soort te zien is en in een plantengids kijken welke planten goed zijn voor welke bijen.

www.bijen.wur.nl

Deze site biedt informatie over het bijenonderzoek van Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR). Veel verschillende onderzoeksterreinen zijn te bekijken, net als een apart dossier rond de bijensterfte.

www.bijenhouders.nl

Er zijn diverse verenigingen van imkers. Op hun sites is veel informatie te vinden die specifiek is gericht op imkers; tot een handboek bijenhouderij aan toe. De Nederlandse Bijenhoudersvereniging (NBV) is te vinden op internet via bijenhouders.nl.

www.anibijen.nl

Ook deze site is van een vereniging van imkers: de Algemene Nederlandse Imkersvereniging, ANI.

www.bijenhuis.nl

Imkers shoppen (online, of in Wageningen) bij het Bijenhuis. Van beschermende kleding voor imkers, via de specifieke gereedschappen, tot 'honingslingers' (vanaf ongeveer 300 euro) aan toe.

www.bijenhouden.nl

Eén van de fora van bijenhouders heet bijenhouden.nl. Het geeft de gebruikelijke actualiteiten, agenda en achtergrondinformatie.

www.imkerpedia.nl

Een Nederlandstalige encyclopedie over het houden van honingbijen, onderdeel van het bekende Wikipedia. De informatie varieert van historische figuren uit de imkerij tot imkermethoden, maandbladen en een bijengids.

Praktische informatie

Bijenzwerm gevonden?

Wie een bijenzwerm heeft gevonden, maakt makkelijk vrienden bij de imker. Wie hem ophaalt, mag hem namelijk houden (tenzij onomstotelijk is bewezen dat de zwerm uit de kast van de buurman komt). Bel dus de eerste de beste imker of bijenhoudersvereniging en zij zullen de zwerm graag komen ophalen.

Gestoken door een bij?

Verwijder de angel met de nagel of door met de botte kant van een mes over de steek te gaan. Bij een steek in de hand: denk er aan om je ring(en) af te doen.

Door de steekplaats te verwarmen kun je het gif inactiveren. Later zal juist koelen de zwelling kunnen verminderen. Als de pijn lang aanhoudt, wanneer er buiten de steekplaats ook verder op het lichaam reacties optreden of wanneer iemand in de mond wordt gestoken: bel 1-1-2!

Auteurs

Dit cahier is samengesteld door:

Dr. Tjeerd Blacquière (redacteur, hoofdstukken 1 en 7, kaders bij hoofdstukken 4 en 6) geeft leiding aan het bijenonderzoek van Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Prof. dr. Nico van Straalen (redactie) is hoogleraar dierecologie aan de Vrije Universiteit in Amsterdam en bestuurslid van de Stichting Biowetenschappen en Maatschappij.

Ir. Rob Buiters (eindredactie) is vrijgevestigd wetenschapsjournalist.

De volgende auteurs hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit cahier:

Dr. Koos Biesmeijer (hoofdstuk 4) onderzoekt de ecologie van bijen en bestuiving bij NCB Naturalis.

Dr. Willem Boot (hoofdstuk 2 en kader bij hoofdstuk 3) is mede-eigenaar van het imkerbedrijf Inbuzz.

Dr. Johan Calis (kader bij hoofdstuk 3 en epiloog) is mede-eigenaar van het imkerbedrijf Inbuzz.

Prof. dr. Marcel Dicke (hoofdstuk 3) is hoogleraar entomologie aan Wageningen Universiteit en Researchcentrum.

Drs. Jaap Kerkvliet (kader bij hoofdstuk 5) is oud-medewerker van de Voedsel en Warenautoriteit, VWA.

Huib Koel (hoofdstuk 1) is imker en daarnaast ook liefhebber en onderzoeker van andere bijen dan de honingbij.

Drs. Kim Meijer (hoofdstuk 6) doet promotie-onderzoek aan plant-insectinteracties aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Dr. Pieter Oomen (kader bij hoofdstuk 7) is werkzaam bij de Plantenziektkundige Dienst en voorzitter van de internationale Bee Protection Group van de International Commission for Plant-Bee Relationships.

Dr. Bart Pannebakker (hoofdstuk 6) is evolutionair geneticus aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Drs. Sjef van der Steen (hoofdstuk 5 en kader bij hoofdstuk 6) is bijenonderzoeker bij Wageningen Universiteit en Researchcentrum.

Illustratieverantwoording

Foto omslag: Shutterstock

Shutterstock: p. 2, 10 o, 14, 24, 25, 42, 44, 50, 73,
74 b, 75

Hollandse Hoogte, Amsterdam: p. 4, 7, 8, 12, 19, 27,
30, 32, 34, 37, 64, 67, 68, 79

Keith Schengili-Roberts / Wikimedia Commons:
p. 6 inzet

Thinkstock.com: p. 6

Huib Koel / www.wildebijen.nl: p. 9

Joseph Berger / Bugwood.org: p. 10 b

Magnus Manske / Wikimedia Commons: p. 11

John Carter Brown Library, Brown University,
Archive of Early American Images: p. 15

iStockphoto.com: p. 16

Bram Cornelissen, bijen@wur Plant Research
International, Wageningen: p. 17, 28, 46-47 o, 66

Tekeningen overgenomen uit: A. von Rauschenfels,
Atlas der Bienenzucht (1901): p. 18

Artwork from University of Toronto Wenceslaus
Hollar Digital Collection: p. 21

Hans Smid / www.bugsinthepicture.com: p. 22

Luis Nunes Alberto / Wikimedia Commons:
p. 26 o

(c) Dr Klaus Schmitt, Weinheim www.uvir.eu:
p. 26 lb, rb

Loet van Moll - Illustraties, Aalten: p. 35

Thomas D. Seeley / Department of Neurobiology
and Behavior, Cornell University, Ithaca,
New York: p. 36, 38

Nino Barbieri / Wikimedia Commons: p. 37 inzet

Theo Pasveer BNO Cartographics, Deventer: p. 40,
52, 54, 55, 56

Waugenberg / Wikimedia Commons: p. 46 b, 47 b

Klaas de Gelder / Flickr.com: p. 48

Kbradman / Wikipedia.org: p. 57

Jack Dykinga / USDA Agricultural Research
Service: p. 59

Bart Pannebakker / RUG, Goningen: p. 60

Muhammad Mahdi Karim (www.micro2macro.net)/Wikimedia Commons: p. 62

Tjeerd Blacquièrre, bijen@wur Plant Research
International, Wageningen: p. 69

Scott Bauer / USDA Agricultural Research Service:
p. 70

Dr. F. Neumann, Aulendorf: p. 71

Bram van de Biezen / B en U, Diemen: p. 72

Stephen Ausmus / USDA Agricultural Research
Service, Bugwood.org: p. 74 o

bijen@wur Plant Research International,
Wageningen: p. 76

In dit nummer:

- > **Waarom de bijen verdwijnen**
- > **Genetica helpt bijenonderzoek**
- > **Gezamenlijke evolutie van bloemetjes en bijtjes**
- > **Het bijenvolk als superorganisme**
- > **Dansen om te communiceren**
- > **Geschiedenis van bijenhouderij**

Redactie:

Tjeerd Blacquière

Nico van Straalen

Rob Buiters (eindredactie)

Met een voorwoord van de voorzitter
van de Nederlandse Bijenhouders Vereniging

Bijen. Tot voor kort werden ze vooral in één adem genoemd met bloemetjes als het over de voorplanting ging. Vandaag de dag zijn bijen steeds vaker synoniem met sterfte.

Honingbijen zijn sinds mensenheugenis geliefd vanwege de honing die ze produceren. Vroeger waren ze ook nuttig vanwege de was waarmee de bij zijn raat maakt en waarmee de mens kaarsen produceerde of waarmee boten of keukengerei waterdicht konden worden gemaakt. De belangrijkste functie van bijen is evenwel de bestuiving van bloemen. Als de bijen verdwijnen, dan worden heel veel bloemen niet meer bestoven; niet alleen in de natuur, maar ook op onze akkers en in onze boomgaarden.

Dit cahier beschrijft niet alleen de geschiedenis en de biologie van de honingbij. Het bespreekt ook de verschillende mogelijke oorzaken voor het verdwijnen van de bijen. Boven alles geeft dit cahier voeding aan de fascinatie voor een insect dat – meer dan ooit – ons leven beheerst.

**Bio-Wetenschappen
en Maatschappij**

