

De bouw van het insectenlichaam

De heer G.J. Pop van de (inmiddels opgeheven) Afdeling Bestrijding van Ongedierte van het Ministerie van VROM, schreef ooit een reeks van artikelen voor het blad 'RAT en MUIS' in de periode 1971 – 1976. Vanwege hun duidelijke en leerzame opzet publiceren we zijn bijdrage nogmaals.

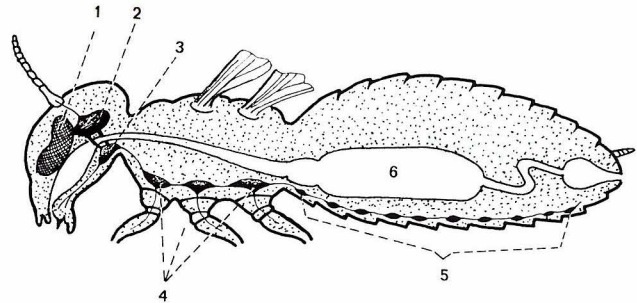
In deze editie het vervolg op de inwendige bouw van een insect.

HET ZENUWSTELSEL

Hoewel de structuur van het zenuwstelsel van de insecten vrij ongecompliceerd is, kunnen de hersenen bij de statenvormende insecten zonder overdrijving een miniatuur wonder van natuurtechniek worden genoemd. Het zenuwstelsel toont het grondschema van de Arthropoden: een dubbele keten van gangliën (knopen: ophopingen van zenuwcellen) die, behalve het eerste kopganglion, de hersenen, alle aan de buikzijde liggen. Ze zijn daar onderling en met de hersenen, door 2 evenwijdige en in de gehele lichaamslengte lopende zenuwstrengen verbonden, via een zogenaamde touwladderconstructie.

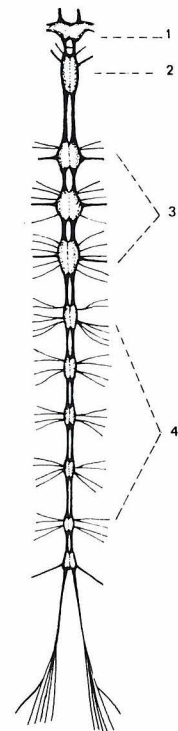
Hoewel de ganglia paarsgewijs zijn gerangschikt, liggen de beide leden van een paar gewoonlijk zo dicht tegen elkaar, dat het geheel de indruk maakt van 1 ganglion. Hetzelfde geldt voor de beide strengen van de 'touw ladder'. Normaal behoort bij elk segment 1 paar zenuwknopen, maar als gevolg van de veelvuldig voorkomende versmeltingen is het aantal knopen veranderlijk; een volwassen bij heeft bijvoorbeeld 7 paar lichaamsgangliën, haar larve 10. Van elk buiten de kop gelegen ganglion lopen vezels (uitlopers van zenuwcellen) naar de zintuigen, organen en spieren van het bij dat ganglion behorende deel van het lichaam: afstandsgeleiding. Er bestaan ook aanpassingen. Zo bezitten mieren in het borststuk 3 paar ganglia met zenuwvezels die niet alleen naar de 3 thoraxsegmenten lopen, maar bovendien naar de eerste 2 segmenten van het achterlijf.

Behalve het centrale zenuwstelsel bezitten insecten ook een, boven de darm gelegen, sympathisch zenuwstelsel dat ganglia bevat met een hormonale werking. Hormonen zijn stoffen geproduceerd door klieren met inwendige secretie. Op de werking hiervan wordt in dit kader nu niet verder ingegaan; dat komt later bij de voortplanting alsnog ter sprake.



Afb. 1 Zenuwstelsel

1. Facetoog
2. Hersenen
3. Onderslokdarmganglion
4. Gangliën van het borststuk
5. Gangliën van het achterlijf
6. Spijsverteringskanaal



Afb. 2 Centraal zenuwstelsel ('touw ladder') van de oorworm (*Forficula auricularia* L)

1. Hersenen
2. Onderslokdarmganglion
3. Zenuwknopen van het borststuk
4. Zenuwknopen van het achterlijf

Het algemene patroon van het centrale zenuwstelsel ziet er als volgt uit:

- 1** Het **1e kopganglion**, bovenslokdarmganglion of cerebrum: de hersenen. Dit omvat 3 versmolten zenuwknopen, van voor naar achter:
 - a. protocerebrum; stuurt zowel de facetogen als de ocelli aan;
 - b. deutocerebrum; stuurt de antennen aan;
 - c. tritocerebrum; stuurt de bovenlip aan.
- 2** Het **2e kopganglion** of onderslokdarmganglion, stuurt de overige delen van het mondapparaat aan en omvat de ganglia van de versmolten segmenten van de onderkaak, de bovenkaak en de onderlip.
- 3** Het **'touw ladder'**- gedeelte in de buikzijde omvat:
 - a. de 3 ganglia-paren van het borststuk die de bewegingen van vleugels en poten regelen;
 - b. de ganglia-paren van het achterlijf die onder meer hartslag, eiproduktie en ademhaling beheersen. Het aantal achterlijfs-ganglia kan variëren; dat van de kakkerlak telt er bijvoorbeeld 6, dat van de oorworm 7.

DE HERSENEN

Het voorste ganglion (protocerebrum) van de hersenen is het voornaamste. Het belangrijkste deel ervan zijn de 2 gesteelde of 'paddestoellichaampjes' die de zetel vormen van het associatie- en coördinatievermogen en het geheugen. De naam is afgeleid van de vorm: ze bestaan uit een dunne steel (vezelbundel), meestal met 2 wortels en een brede -doorgaans dubbele- kelk. Het inwendige van de 'paddestoelen' wordt grotendeels in beslag genomen door zenuwcellen, terwijl uit de 'kelk' zenuwvezels naar de periferie (buitenrand) lopen. Als zetel van onder meer het associatie- en coördinatievermogen zijn de paddestoellichaampjes bij statenvormende insecten - sommige bijen- en wespensoorten, alle mieren en termieten - sterker ontwikkeld dan bij solitair levende insecten.

Binnen een staat bezitten de werksters grotere 'paddestoeltjes' dan koninginnen en mannetjes.

KLEINE DIEREN: MINDER HERSENCELLEN

Een voorbeeld: bij de kamervlieg (*Musca domestica* L.) nemen de 'paddestoeltjes' ongeveer 6% van het totale hersenvolume in, bij sommige nachtvlinders is dat 9%, maar bij de werkstermier van het Formica-geslacht maar liefst 40%! Bij de werkbijen beslaan ze nauwelijks 1 vierkante mm; het gehele brein van de Formica-werkster heeft een doorsnee van 0,6 mm en bestaat uit ca 13.000 zenuwcellen. Dankzij de elektronenmicroscopie heeft men het insectenbrein nauwkeurig kunnen bestuderen. Ten aanzien van de hersenen van het insect merkt Slijper (1964) op dat kleine dieren, dus ook hun organen, niet uit kleine cellen zijn gebouwd, maar uit minder cellen, omdat de afmetingen van de cellen aan minimumgrenzen zijn gebonden. Dit feit -het geringe aantal hersencellen- voert Dethier (1964) aan als reden van het voor insecten typisch starre gedragspatroon.

Dat de paddestoellichaampjes als bewustzijnscentrum fungeren -en als zodanig met onze grote hersenen vergelijkbaar zijn- bewijzen proeven met mieren waarvan men de lichaampjes had beschadigd. De aldus gehandicapte individuen tonen de typische eigenschappen van een reflexautomaat, dat wil zeggen dat hun handelingen worden gekenmerkt door een volledig ontbreken van bewustzijn en ook van -voordien nog aanwezige- geheugenprestaties. Een tweede argument voor de genoemde stelling is het feit dat de paddestoellichaampjes van de werksters van sociale insecten beter ontwikkeld (groter) zijn dan die van de mannetjes.

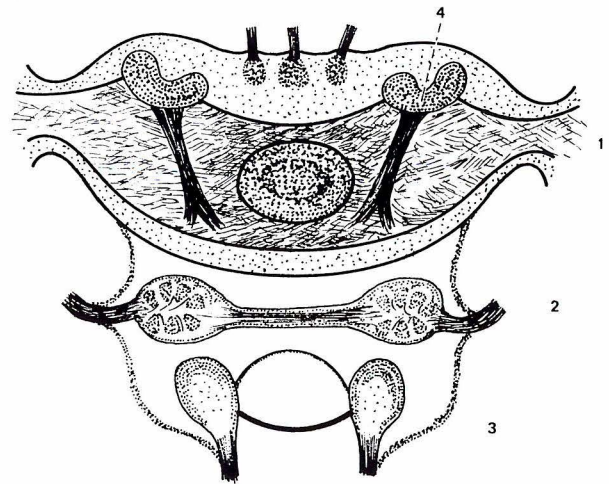
ZIJN INSECTEN GEVOELLOOS?

Nee, professor Dethier van de universiteit in Pennsylvania, meent deze vraag ontkennend te moeten beantwoorden (1965). Omdat het chitinepantser een beletsel vormt voor het waarnemen van mogelijke emoties bij het insect, past Dethier een speciale methode toe. Hij tapt de hersensectoren met microelectroden af en registreert de stroomstootjes in de hersenen terwijl het dier wordt geprikkeld. Deze experimenten leiden tot de conclusie dat insecten wel degelijk innerlijke reacties vertonen, al zijn die uiterlijk niet waarneembaar. Ook het pijngevoel zou volgens Dethier tot die reactie behoren.

LEERVERMOGEN

De opvatting van Bethe die mieren tot louter 'reflexautomaten' degradeerde (1898), werd tot het begin van de 20^e eeuw ook ten aanzien van andere insecten gehandhaafd. Op grond van zijn experimenten kwam de myrmecoloog A. Forel in 1921 tot de volgende uitspraak:

95% van de handelingen van mieren geschiedt instinctief, 4% is aangeleerd en 1% komt op rekening van het verstand.



Afb. 3 Diagram van de 3 paren versmolten zenuwknoopen van de hersenen
1. Protocerebrum
2. Deutocerebrum
3. Tritocerebrum
4. Paddestoelvormige lichaampjes

Andere proeven tonen aan dat mieren en bijen wel proberen hun waarnemingen en ervaringen aan hun staatgenoten mee te delen: mieren gebruiken hun antennen, bijen hun 'dansen'. De bekende mierenonderzoeker Escherich merkte begin vorige eeuw op (citaat): 'De sprietentaal van de mieren is tamelijk rijk aan woorden en staat maar weinig achter bij de taal der vogels.' Hoewel ook sociale insecten in zeer bescheiden mate tot geheugenprestaties komen, wordt een nieuwe gewoonte, bijvoorbeeld één die van het specifiek-instinctieve gedragspatroon afwijkt, slechts langzaam verworven, maar vervolgens wel geruime tijd gehandhaafd.

OP VASTE TIJDEN

Een bekend voorbeeld levert de honingbij. Veel bloemen produceren hun nectar overdag op de vaste uren die de werksters precies hebben leren kennen: dat duidt op een samengaan van instinct (bloemenbezoek) en ervaring (bezoek op het nectar-uur). Sinds is vastgesteld dat de paddestoelvormige lichaampjes als centrum van het leervermogen moeten worden beschouwd, zijn sommige schrijvers geneigd aan dat vermogen een wat grotere waarde toe te kennen (W. Goetsch, 1937 e.a.). Feit blijft echter dat het instinct (= het totaal van reflexen van het organisme op uit- en inwendige prikkels) primair blijft en het insectengedrag bepaalt: star en uniform. Naarmate meer aangeleerde handelingen in het instinctieve patroon zijn verwerkt, is het gedrag van het insect minder stereotiep.