



Van plaag naar progressie

hoe plaagdieren de wereld verbeteren

Leren van de natuur. Een nobel streven, waarbij veel mensen al snel denken aan hoe loopgedrag van een robot wordt geïnspireerd door honden of hoe een zwempak de haaienhuid nabootst (zo effectief dat het na introductie werd verboden!). Men denkt misschien minder snel aan wat we kunnen leren van zogenaamde plaagdieren. Toch wordt er in het veld van biomimicry of biomimetics (termen voor 'nabootsen van het leven') wel degelijk gekeken naar deze dieren. Laten we hier stilstaan bij een paar recente voorbeelden.

Tekst: Jitte Groothuis, KAD Leadfoto: Tom Libby, Kaushik Jayaram and Pauline Jennings, PolyPEDAL Lab UC Berkeley

De mug als hersenchirurg

Een heel dun naaldje in menselijk weefsel steken zonder dat dat naaldje breekt of buigt. Een mug kan het keer op keer doen, maar voor ons mensen kan dit behoorlijk lastig zijn. Wij (nou ja, artsen en onderzoekers) willen hele dunne elektroden in onze hersenen kunnen brengen om uiteenlopende redenen, zoals voor de aansturing van protheses of spraak- en schrijfcomputers. Zo'n elektrode moet wel heel dun zijn, want dikker en steviger kan vervelende langetermijneffecten hebben (Groothuis *et al.*, 2014). Een elektrode is immers een lichaamsvreemd object. Onderzoekers uit de Verenigde Staten hebben er iets op gevonden (Shoffstall *et al.*, 2018), dankzij die vervelend bijtende mugges. Muggen gebruiken dan wel een heel dun naaldje om mee te bijten, maar dat naaldje houden ze stevig vast, net tegen de huid aan, met een aangepast deel van hun kaakdelen, het *labium*. Dit harde stukje heeft een gid-

sende werking en het zorgt ervoor dat het dunne deel dat bloed zuigt goed naar binnen gaat. Zo gaat het ook met de hersenelektrodes: de onderzoekers hebben geleerd dat, door een stevig plaatje met een gleufje voor de micro-elektrode op het hersenoppervlak te plaatsen, zij wel viermaal zoveel kracht konden gebruiken bij het plaatsen. Daarnaast werd het plaatsen 100% van de keren succesvol uitgevoerd, ten opzichte van maar 38% zonder zo'n gids.

Een simpele en doeltreffende aanpassing, geïnspireerd door dieren die wij als plaagdieren beschouwen. Hoewel er al eerder naar muggen werd gekeken voor het ontwerp van injectienaalden, is dit het eerste onderzoek dat een toepassing ziet voor hersenonderzoek. De onderzoekers geven zelfs aan dat er in dit proces nóg meer valt te leren: zo gebruiken muggen ook nog een bewegende, gekartelde voorkant van hun 'naald', bijten ze niet in één beweging maar vibrerend, én valt er nog



Bij deze bijtende mug is goed te zien dat het labium als gids tegen de huid gedrukt is terwijl het bijtende deel in de huid wordt geduwd.

te variëren met de krachten die nodig zijn voor het inbrengen van een elektrode.

Krachtige klauwen dankzij kaken

Mieren staan al lang model voor het optimaliseren van logistieke routes. Hierbij wordt vooral inspiratie gehaald uit hoe hun verzamelroutes effectief en dynamisch zijn dankzij het gebruik van feromoonsporen. Een leuke eigenschap van grote groepen mieren. Met een mooi woord worden modelleerpakketten hiervoor *Ant Colony Optimization* genoemd.

Niet alleen van groepen, ook van individuele mieren kunnen we nuttige dingen leren. Onderzoekers uit China bekeken de grote mier *Harpegnathos venator* (deze soort heeft geen Nederlandse naam en is strikt genomen zeker geen plaagdier), een mierensoort die heel goed kan jagen en er erg imposant uitziet. In dit onderzoek werd gekeken naar het jaaggedrag van de mieren en werden de kaken met een micro-CT-scanner nader bekeken. Kunstmatige klauwen die hierop gebaseerd waren, werden in het leven geroepen met een 3D-printer (Zhang *et al.*, 2021). Nu blijkt dat de kaken van deze mier vrij speciaal zijn. Ze kunnen namelijk niet alleen open en dicht, maar ze hebben een extra bewegingsas waardoor ze kunnen draaien. Omdat de kaken een dubbele rij tanden (kleine uitsteeksels) hebben geeft dit allerlei extra mogelijkheden. Bij de



Harpegnathos venator, gefotografeerd in gevangenschap. Foto: Jitte Groothuis

gedragsobservaties werd al waargenomen dat de mieren hun kaken op verschillende manieren gedraaid hielden, afhankelijk van de handeling die ze verrichtten of de grootte van de prooi die ze wilden vangen. Er is natuurlijk een flink verschil tussen het grijpen van een lekker maaltje en het voorzichtig verplaatsen van een kostbare mierenlarve.

Variatie in de grootte van objecten of variatie in het soort handelingen is ook te verwachten bij het inzetten van robots die dingen moeten vastpakken. De onderzoekers hopen dat de multifunctionele prototypes die zij hebben ontwikkeld zullen leiden tot effectievere en veelzijdig inzetbare robot-'handen'.

Aan een (kunst)zijden draadje

Veel mensen vinden spinnen maar eng, maar we weten vrijwel allemaal wel dat spinnenzijde een geweldig sterk materiaal is. Al tientallen jaren wordt gezocht naar toepassingen hiervan en naar manieren om deze eiwitconstructie na te bootsen. Dit laatste is nog niet zo eenvoudig want er kan aardig wat variatie in natuurlijke spinnenzijde zitten. Met name de reactie van spinnenzijde op water en luchtvochtigheid lijkt een uitdaging te zijn voor de materiaaleigenschappen. Door vocht schijnt de zijde sterk te verkorten, een proces dat *supercontraction* wordt genoemd.



Spinnen kunnen een behoorlijke massa hangen aan hun zijde. Hier hangt een renspin met een buitgemaakte langpootmug aan een haast onzichtbaar draadje. Foto: Jitte Groothuis

Een groep onderzoekers uit Italië, Zweden en het Verenigd Koninkrijk heeft daarom op moleculair niveau gekeken naar natuurlijke en kunstmatige zijdes (Greco *et al.*, 2021). Hierbij vergeleken zij bijvoorbeeld de aanwezigheid van bepaalde aminozuren in de kunstmatige zijde-eiwitten en het effect daarvan op verschillende eigenschappen. De onderzoeksgroep toonde voor een paar verschillende soorten kunstmatige zijde aan dat deze meer of minder *supercontraction* had bij hoge luchtvochtigheid, en zelfs een vorm die bij een erg hoog vochtgehalte intact bleef terwijl de andere uiteen viel. Zij zien hier bijvoorbeeld een toekomst in voor ijzersterke, watervaste draden.

Andere onderzoekers zijn druk bezig om deze eigenschap van zijde te gebruiken voor 'slimme materialen' die van vorm kunnen veranderen, in dit geval beïnvloed door water (Venkatesan *et al.*, 2019)



Het vermogen van Amerikaanse kakkerlakken om zich door de kleinste kiertjes te wurmen inspireerde onderzoekers tot het bouwen van de CRAM. Foto: Tom Libby, Kaushik Jayaram and Pauline Jennings, PolyPEDAL Lab UC Berkeley

Knappe kakkerlakken

Als bron van menig schrikmoment in films en andere media heeft de kakkerlak een slecht imago. Gezien de toon van dit artikel zal het u inmiddels niet verbazen dat er ook wat positiefs te vertellen valt over kakkerlakken. Amerikaanse onderzoekers onderzochten de Amerikaanse kakkerlak (*Periplaneta americana*) om te achterhalen hoe deze zich toch, ondanks het vrij forse

de onderzoekers zagen dat de drukkracht die kakkerlakken hierbij ondervonden wel driehonderd keer hun lichaamsgewicht was, en dat zij dergelijke krachten van meer dan negenhonderd keer ook konden overleven! Deze observaties, samen met een heleboel andere mechanische metingen, inspireerden de onderzoekers om een nieuwe kruipende robot met een zachte, gevouwen buitenkant te ontwikkelen. Hun robot wist zelfs nog door spleten die half zo hoog waren als de robot zelf te kruipen. Deze origamirobot (zie de leadfoto) noemden zij een *compressible robot with articulated mechanism* of CRAM, een woordgrap op het werkwoord *to cram*, wat ruwweg als 'proppen' vertaald kan worden. Zich door spleten van 3,5 cm proppen was geen probleem voor de robot, die door de onderzoekers beschouwd wordt als een prototype voor robots die in de toekomst bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden om bij reddingsoperaties naar slachtoffers te zoeken.

Zo ziet u maar weer, we hoeven plaagdieren helemaal niet altijd in een negatief licht te bekijken. Als we de medebewoners van onze aarde eens wat beter zouden bestuderen dan kunnen wij nog veel van ze leren. ●

Kakkerlakken kunnen drukkrachten van meer dan negenhonderd keer hun eigen lichaamsgewicht overleven.

formaat, door de kleinste kiertjes weet te wurmen (Jayaram & Fulla, 2016). Staan de kakkerlakken normaal zo'n 12 mm hoog, een spleet van 3 mm kruipen ze makkelijk door. Ze kunnen zichzelf dus heel erg plat maken en dan nog steeds snel bewegen. Wat blijkt:

Literatuur

- Greco, G. *et al.* (2021). Tyrosine residues mediate supercontraction in biomimetic spider silk. *Communications Materials*, 2, 43.
- Groothuis, J., Ramsey, N.F., Ramakers, G.M.J., Van der Plasse, G. (2014). Physiological Challenges for Intracortical Electrodes. *Brain Stimulation*, 7, 1-7.
- Jayaram, K., Fulla, R.J. (2016). Cockroaches traverse crevices, crawl rapidly in confined spaces, and inspire a soft, legged robot. *PNAS*, 113(8), E950-E957.
- Shoffstall, A.J. *et al.* (2018). A Mosquito Inspired Strategy to Implant Microprobes into the Brain. *Scientific Reports*, 8, 122.
- Venkatesan, H. *et al.* (2019). Artificial spider silk is smart like natural one: having humidity-sensitive shape memory with superior recovery stress. *Materials Chemistry Frontiers*, 3, 2472-2482.
- Zhang, W. *et al.* (2021). Double-rowed teeth: design specialization of the *Harpegnathos venator* ants for enhanced tribological stability. *Bioinspiration & Biomimetics*, 16(5), 055003.

Summary

The public rarely considers pest animals a source of inspiration for technological innovations, yet there are multiple examples that may be quite promising. In this article we discuss several recent publications that showcase how even things we conceive as negative can be turned into a positive. The biting apparatus of a mosquito inspired a method to better insert thin and flexible electrodes into brain tissue, the fierce jaws of a large ant serve as a blueprint to improve robotic hands, a look into the molecular structure of synthetic spider silk teaches us how to control the silk's reaction to humidity, and flexible search-and-rescue robots are based upon the survivability of sturdy cockroaches.

These examples prove that a closer look at 'pests' might improve our world!