

EN ZIJ GEHEEL ANDERS

“**K**IJK EEN PAARD! PAPA, KIJK EEN PAARD!” opgetogen wijst een kleine meid naar een paard. De vorstelijke eik waaronder het dier staat, merkt ze niet eens op, die is er altijd, die hoort bij het landschap.

CENTRALISTISCH INDIVIDU

Laten we een gedachtenexperiment met het paard uitvoeren. Het werkelijke experiment kunnen we de kleine meid echt niet aandoen. Theoretisch hakken we het paard doormidden. De conclusie is eenduidig; dat overleeft hij niet. Het is een individu. Individu komt van het Latijnse *in* wat ‘niet’ betekent en *dividuus* in de betekenis van ‘deelbaar’, dus letterlijk ondeelbaar. De meeste dieren hebben vitale organen zoals: hart, hersenen, lever. Bij zware beschadiging van dergelijke organen sterft het dier. Daarom liggen ze goed beschermd binnen het skelet. Dreigt er gevaar of worden de omstandigheden te bar, dan zijn er drie basisgedragingen: vechten, vluchten of verstijven. De vlucht is vaak favoriet. Zowel mens als dier ontwijkt problemen het liefst.



HERHALING IS DE ESSENTIE

Voor de kleine meid hoeven we met de boom minder zachtzinnig om te springen. Daar wordt geen traantje om gelaten. We mogen een tak rustig afrukken of een blad doormidden slaan.

En daarin kun je heel ver gaan. Dergelijke fysieke experimenten tonen aan dat planten niet snel klein te krijgen zijn. Dit heeft ook een vervelende kant. Kleine stukjes wortelstok van Kweek die bij het wieden zijn achtergebleven, lopen binnen de kortste keren weer uit en de moestuin staat weer vol met dit ongewenste kruid.



Afgezaagd, maar toch weer uitlopen.

Planten hebben geen vitale organen. Dat heeft een reden; planten staan onderaan de voedselketen en worden gegeten. Predatie is niet te ontlopen. Het bouwplan van een plant moet daarmee rekening houden. Daarom zijn planten modulair opgebouwd en kunnen delen missen. Boven- en ondergronds herhalen structuren zich steeds weer: knoppen, bladeren, takken, wortelpunten, wortels en wortelharen vormen een samenhangend geheel, maar zijn individueel misbaar. Een modulaire bouw maakt een centraal zenuwstelsel of vitale organen onmogelijk. Is dat erg? Niet bepaald, waarom zou het onmogelijk zijn om intelligente beslissingen te nemen zonder hersenen. Ik ken genoeg mensen met grote hersenen, maar zonder verstand die de meest domme beslissingen nemen.

BEWEGENDE VOLUMES

Dieren zijn ontegenzegglijk complex. Zij moeten op zoek naar voedsel. Bewegen is daarom een evolutionaire noodzakelijkheid. Om doelgericht te kunnen bewegen zijn zintuigen nodig. Zolang planten de enige voedselbron vormden, konden bewegingsapparaat en centraal zenuwstelsel voor het verwerken van prikkels vrij rudimentair zijn. Maar zodra de eerste predatoren andere dieren als

voedselbron begonnen te beschouwen, startte een wedloop naar hogere complexiteit. Wie het eerst de ander waarneemt, heeft een voorsprong, of je nu de prooi bent of de belager. Wie sneller is, heeft geen honger meer of ontsnapt aan de dood. Beweging leidt tot een beslissingsstrategie waarin tijd een cruciale rol speelt. Het moet nu en als het kan nog sneller. Maar haastige speed...

Het gedrag van dieren leidt onherroepelijk naar een complexer zenuwstelsel en een beter bewegingsapparaat. Deze complexiteit is bewegingsgericht en leidt tot compacte driedimensionale wezens. Beweging vereist ook een symmetrische bouw. Bij hogere diersoorten is die symmetrie bilateraal; links en rechts gespiegeld. Het is opmerkelijk dat de compacte lichaamsbouw in tegenstelling is met een zo groot mogelijke oppervlak van de interne organen. Door dit grote oppervlak kunnen longen veel zuurstof opnemen en kooldioxide afstaan.

Een tweede stimulus naar hogere complexiteit vormen ziekten en plagen. Die wedloop leidt tot een steeds beter en daardoor complexer afweersysteem.

PLAATSGEBONDEN OPPERVAKTEN

Planten daarentegen zijn plaatsgebonden. Er was geen ecologische noodzaak om actief naar voedsel op zoek te gaan, want planten maken hun eigen voedsel. Hun prikkel ligt in het verkrijgen van genoeg zonne-energie. Daarom streven ze ernaar om boven de concurrentie uit te stijgen en om een zo groot mogelijk assimilerend oppervlak te vormen. Bomen zijn in wezen een tweedimensionaal groen bladerdak ondersteund door een minimalistisch driedimensionaal frame van stam en takken. De vorm is veelal gebaseerd op een radiale symmetrie, maar is veel vrijer dan bij dieren, immers beweging is niet noodzakelijk. Een boom of struik past zich qua vorm plastisch aan bij lokale omstandigheden. Waar een dier voor ongunstige omstandigheden kan wijken, staat een boom geworteld in de omgeving en moet problemen oplossen of te gronde gaan.





De boom reageert op de waargenomen hoeveelheid licht. De boom compenseert de eenzijdige zware kroon met sterke trekwortels aan de andere kant.

Een boom kent zijn omgeving dan ook uit ten treure, hij maakt er zelf deel van uit. Het vast geworteld zijn in de grond maakt tijd irrelevant. De reactie op de omgeving moet de juiste zijn.

Een boom is daarom zeer plastisch. In vormgeving, die moet logisch en in samenhang zijn met de omgevingsvariabelen, maar ook in reacties op omgevingsfactoren. Die reacties zijn vaak chemisch van aard. Planten fabriceren een grote verscheidenheid aan chemische stoffen: antivries, insecticiden, fungiciden, dierlijke hormonen, suikers en andere koolstofverbindingen. Complex, maar dan geheel anders.

Misschien komt dit nog het duidelijkst tot uitdrukking bij de grootste ramp (in onze ogen dan) die de natuur kan treffen: brand. Wat niet vlucht, verbrandt. Bomen en planten kunnen niet vluchten en lijken gedoemd te sterven. Maar na een regenbui volgend op een brand, komen smaragdgroene scheuten her en der uit de verschroeide aarde en stompen tevoorschijn. Savannes en bepaalde coniferen-

wouden bestaan zelfs bij de gratie van periodiek terugkerende branden. De savanne blijft daardoor open en het coniferenbos wordt gezuiverd van indringers zoals loofbomen. Regelmatig terugkerende branden hebben een positief effect op deze ecosystemen.

ZELF ORGANISERENDE COMPLEXE LEVENSVORMEN

Modulaire bouw is dus het evolutionaire antwoord op predatie. Daardoor kan een plant een bepaalde mate van vraat verdragen. Uiteraard wordt een overmaat aan vraat niet geaccepteerd en worden tegenmaatregelen getroffen. Vanuit menselijk oogpunt lijkt een plant niet te reageren, maar we kunnen beter stellen dat we de tegenmaatregelen niet als zodanig herkennen. Ze zijn, zoals eerder



vermeld, meestal chemisch van aard en in een andere tijdschaal dan de onze. Wat we wel herkennen zijn mechanische afweermiddelen zoals haren, stekels en doornen.

De aanval bepaalt de aard van verdediging. Het maakt verschil of een boom aangetast wordt door een grote grazer, insect of schimmel. De boom identificeert zijn belager en kiest een passende verdedigingsstrategie: grote herbivoren krijgen scherpe smaken en zware vergiften te verwerken, insecten krijgen insecticiden en specifieke hormonen voorgeschoteld en schimmels worden bestreden met fungiciden. Het chemisch wapenarsenaal is zeer uitgebreid en flexibel. Ook kunnen bomen bij belaging door rupsen of bladluizen daarin gespecialiseerde sluipwespen of lieveheersbeestjes optrommelen. Hiervoor worden specifieke geurstoffen aangemaakt. Let wel; dit alles geeft aan dat de plant nota heeft wie of wat zijn belager is!

Een modulaire opbouw biedt de bouwelementen een hoge mate van vrijheid en zelfstandigheid. Een tak of wortel ontvangt signalen uit de omgeving. Op basis hiervan 'kiest' hij een groeirichting. Vergelijk dit eens met de vrijheid van je arm, die is 0,0%. Vrijgelaten hangt de arm slap neer, prooi van de zwaartekracht. Elke



In de tak is de vorm van de hele boom af te lezen.

beweging die de arm maakt, is niet uit vrije wil, maar wordt aangestuurd door een dictatoriaal centraal zenuwstelsel. Dat bepaalt wat de arm doet. En wij, wij ervaren dat als vrijheid.

Het modulaire karakter heeft ook andere gevolgen. Een module is niet onmisbaar. Er is al op gewezen dat een bepaalde mate van predatie niet rampzalig is. Een door een vegetariër opgegeten blad (vanuit het perspectief van een plant gaat het om een agressieve predator, maar dat ter zijde) wordt vervangen door tig andere. De ruimte van een afgerukte tak wordt door andere takken snel overgenomen en anders loopt wel een slapende knop uit. Stel je voor dat je hand wordt afgerukt. Dat is een ramp, maar wat als er drie andere handen voor in de plaats groeien? Een compleet onvoorstelbare nachtmerrie!

In de herfst zien we de praktische consequenties. Modulen die niet meer voldoen en de kost niet meer opbrengen worden afgestoten. Bladeren vallen bij honderden. Niet alleen bladeren worden afgeschreven. Kastanjes en essen hebben samengestelde bladeren. De deelblaadjes zijn op te vatten als bladeren aan een speciaal twijgje; de spil of bladsteel. Dit alles valt af. De boom ontdoet zich van twijg en blad. De eindtakken zijn bij essen en kastanjes dan ook relatief dik in vergelijking met andere bomen.

Andere bomen gaan nog verder. Eiken en populieren zijn hiervan goede voorbeelden. Hele takken die niet voldoende bijdragen aan het geheel worden afgestoten en vallen af. Dit wordt door het brede publiek niet goed begrepen. Vrij algemeen wordt gedacht dat de wind de takjes afrukt. Dat dit niet juist is, is af te leiden uit het feit dat het ook bij een licht briesje takjes kan regenen. De boom zelf grendelt de takjes zelf af in een proces dat veel lijkt op dat van bladval. Dergelijke afgestoten takjes hebben een karakteristieke afgrendelzone, herkenbaar aan een



rond zegel waarin radiale stralen lopen. Dit lijkt niet op een breuk van een afgerukte tak. Vergissen is dus niet nodig. Erg leuk is het om uit te pluizen hoe oud zo'n takje is. Je staat soms versteld.

Een ander gevolg van modulaire groei is dat dit in principe eeuwig doorgaat. Bomen kunnen heel lang leven. Maar bladeren hebben een beperkte levensduur. In de dierenwereld komt dit ook voor, maar niet op individueel niveau. Super-organismen zoals sociale insectenstaten vertonen wel soortgelijke kenmerken. Mieren komen, mieren gaan, maar eeuwig blijft de staat bestaan. Even goed als bladeren afgedankt worden, geldt dit ook voor afgeleefde bijen en mieren.

ZELF ORGANISEREND ORGANISME

Een boom is nooit af. Het embryo is uiterst eenvoudig in vergelijking met dat van een dier. In een embryo van hogere diersoorten zijn de organen al aanwezig en aanwijsbaar. Bij planten is de functie van groeikern (het meristeem) heel plastisch en te vergelijken met stamcellen; de ontwikkeling kan alle kanten opgaan. Zo kunnen takken naar behoefte wortels ontwikkelen. Een in de grond gestoken wilgentak ontwikkelt zich uiteindelijk tot een volledige boom. Maar er zijn grenzen: een wortelende tak van een eik zal nooit de penwortel van een zaailing krijgen en vaak is ook de knopstand anders.

Het geheel is meer dan de som der delen. Een meristeem (knop of worteltop) is als basismodule op te vatten. Een boom is meer dan een kolonie onderling verbonden meristemen. Het is een complex zelf organiserend systeem en stijgt daarmee boven het niveau van een kolonie uit. Deze zelfregulatie blijkt uit een aantal kenmerken. Informatie uit de omgeving zorgt voor een positieve of negatieve feedbackreactie. Een plant streeft naar een balans tussen opbrengst en investering. Een plant heeft intern en met de omgeving veel interactie. Uiteraard is op niveau van de individuele cel de zelfregulatie evident. Maar ook op het niveau van het individuele blad is zelfregulatie de norm en de boom als organisme overstijgt dat niveau weer.

ZWERM-INTELLIGENTIE

What is it that governs here? What is it that issues orders? Foresees the future, elaborates plans and preserves equilibrium. (Maeterlinck 1927)

Sociale insecten zoals bijen en mieren nemen beslissingen bij meerderheid van stemmen. Als een zwerm bijen een nieuwe nestplaats zoekt, stuurt zij werksters erop uit om die te vinden. Zodra een goede plek gevonden is, wordt dit door middel van dansen doorgegeven. Als de meeste werksters hierin meegaan, wordt dat de nieuwe nestplaats. De koningin speelt geen rol van betekenis in de beslissingsprocedure. Bij een zwerm bijen of in een mierenstaat neemt het collectief de beslissingen en die zijn beter dan die van een individueel lid. Dit is een vorm van intelligent gedrag. Voor ons is dat door het ontbreken van een centraal zenuwstelsel vrijwel onbegrijpelijk.

Bomen reageren adequaat op prikkels en problemen uit de omgeving. Bomen gedragen zich doelgericht als één organisme. Het streven is gericht op ecologische en evolutionaire topfitheid.

Wortels zoeken naar vocht en mineralen, nemen concurrenten waar en reageren hierop. Bovengrondse delen mijden zo veel mogelijk concurrentie en zoeken de meest optimale lichtomstandigheden. Ondergrondse - en bovengrondse delen wisselen informatie uit en stemmen de groei af. Ook onderling wisselen planten informatie en voedingsstoffen uit waarbij de eigen soort voorrang heeft.

Bij langdurige droogte moet een boom beslissen wat hij doet. Meestal wordt de wortelgroei versterkt. Bladeren mogen verwelken en afvallen tot er een evenwicht in wateraanvoer en voedselproductie bereikt is. Dit lijkt op het feedback-mechanisme in een bijenzwerm; bij watertekort gaan meer werksters op zoek naar water. Dit gaat ten koste van de aanvoer van nectar.

Als een nest bijen of mieren een bepaalde grootte bereikt, worden naast onvruchtbare werksters ook vruchtbare individuen gekweekt. Verschillende boomsoorten maken pas bij het bereiken van een bepaalde grootte bloeiwijzen aan.

In langdurig slechte omstandigheden worden mannelijke bloeiwijzen bevoordeeld ten opzichte van de vrouwelijke. De reden is dat mannelijke pollen minder aan energie en bouwstoffen kosten, daarentegen hebben ze ook meer kans om aan plaatselijke ongunstige omgeving te ontsnappen. Zo is de kans groter dat de boom zijn genenpool kan doorgeven aan nakomelingen in gunstiger milieus.

Zwermintelligentie kent geen hiërarchie terwijl de prestaties van het collectief boven het individu uitstijgen. Dit is de kracht van Wikipedia of een coöperatie. Lijkt dit niet op een netwerk van computers die gebruikmaken van elkaars rekenkracht? Is het toeval dat het Internet sterk op een wortelstelsel lijkt? Ga naar de bomen en word wijs! ■

LITERATUUR

- Barthélémy D, Caraglio Y, (2007) Plant architecture: A dynamic, multilevel, and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. *Annals of Botany* 99: 375–407.
- Chamovitz D, (2012) What a plant knows. New York. Scientific American.
- Ciszak M, Comparini D, Mazzolai B, Baluska F, Arecchi FT, et al. (2012) Swarming Behavior in Plant Roots. *PLoS ONE* 7(1): e29759. doi:10.1371/ journal.pone.0029759
- Hallé F, (2002) In Praise of Plants. Portland. Timber Press, Inc.
- Mancuso S, (2017) Briljant groen. Amsterdam. Uitgeverij Cossee BV.
- Mancuso S, Viola A, (2018) Plantenrevolutie. Amsterdam. Uitgeverij Cossee BV.
- Passino K.M. et al. (2008) Swarm cognition in honey bees. *Behav. Ecol. Sociobiol.*; 62: 401-414
- Roloff A, (2001) Baumkronen; Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart. Ulmer.
- Trewavas A, (2014) Plant behaviour & intelligence. Oxford. Oxford University Press.