

RESULTAAT

2022

van Nederlands
wetenschappelijk
onderzoek

Mobiele
MRI-scanner
in Afrika

Verstomde
gesprekken
met Rusland

Dementie
voorkomen en
vertragen

HOOFDREDACTIE: Joop Dagers
BLADCOÖRDINATIE: Emma van der Deijl
EINDREDACTIE: Koojsje Heurter
MET MEDEWERKING VAN: Jiske Boots, Kim Damen,
Steven Driessen, Belinda van der Gaag, Niels Goedhart,
Marleen Groen, Martine van Harderwijk, René Prop,
Willemien Jager-van Tintelen, Dirk-Jan Zom
CONCEPT EN VORMGEVING: Studio Room/Durk.com
DRUKWERK: Quantas Grafimedia, Rijswijk
COVERBEELD: Femke Reijerman

Resultaat is een uitgave van de afdeling Communicatie van
de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).
Meer informatie over het door NWO gefinancierde onderzoek,
vind je op www.nwo.nl of op onze sociale media (Twitter, Facebook en LinkedIn).

REDACTIEADRES: NWO Communicatie
postbus 93138, 2509 AC Den Haag,
070-3440640, magazine@nwo.nl

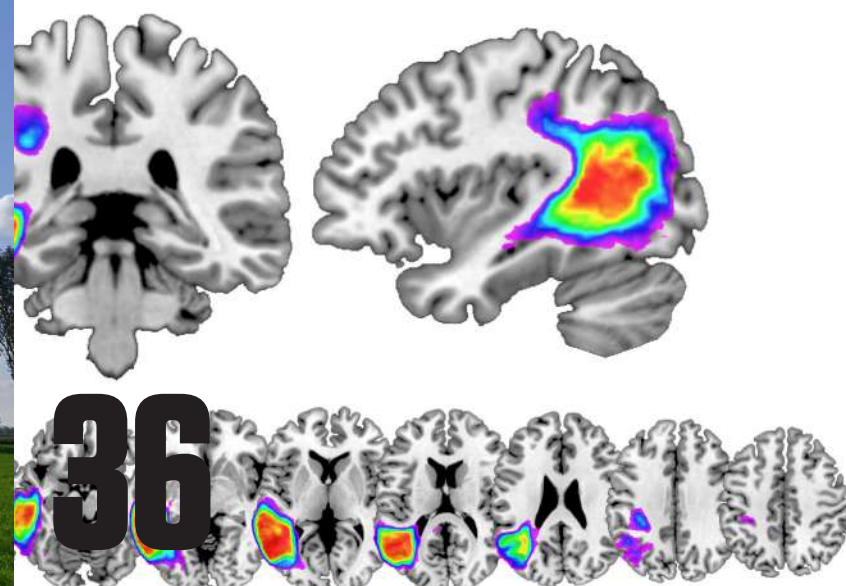
ISSN: 2666-5832

Hoe de natuur
weerkeert in de polder





- 3 Introductie
- 4 Heelal in zicht met James Webb
- 8 Insect wijst drone de weg
- 9 Jong en mediawijs
- 12 100% gerecycled: de spijkerbroek
- 15 Herinnering aan alcohol blokkeren
- 16 Onopgeloste Europese erfenis
- 18 Megatransitie in energie
- 22 Biodivers poldermodel
- 27 Game tegen stress helpt politie
- 28 Beter voorbereid op crises
- 30 Grip op dementie
- 34 Slim apparaat of cyberzeef?
- 36 Menselijk taalsysteem ontleed
- 38 Toekomst op tafel
- 41 Geur en smaak voorspellen
- 42 Naalden omzeilen bij prikangst
- 44 Veranderende straalstromen
- 45 Veilig knippen in DNA
- 48 Eenoudergezin en criminaliteit
- 49 Mobiele MRI reist door Afrika



Crisisbestrijding

Eén van de woorden die het afgelopen jaar vaker dan voorheen werd gebruikt, is het woord 'crisis'. We hebben een klimaatcrisis, een energiecrisis, een vluchtelingen crisis, een koopkrachtcrisis, een huisvestingscrisis, een (gelukkig wat meer op de achtergrond rakende) coronacrisis, en in het najaar was er zelfs een dreigende frikandellencrisis. Nu weet ik de exacte definitie van 'crisis' niet, maar het lijkt me een ernstig probleem of noodsituatie waarvoor geen oplossing in zicht is.

Oplossingen voor grote problemen, dat is nu juist waar de wetenschap heel goed in is. Dus wellicht moeten we wat meer naar wetenschappelijk onderzoek kijken om onze grote maatschappelijke problemen op te lossen. Ik ben ervan overtuigd dat wetenschappers originele en innovatieve ideeën kunnen bedenken, die leiden tot onderzoeken die een wezenlijke bijdrage leveren aan een beter klimaat, de energietransitie, behoud van biodiversiteit of sociaal onrecht. Deze uitgave van ons tijdschrift *Resultaat* is daar alweer een mooie illustratie van. Of het nu gaat om veilige toepassingen van biotech-innovaties, beter begrip en betere zorg voor mensen met dementie, originele vormen van energieopslag in oceanen, de relatie tussen Rusland en het Westen, herstel van biodiversiteit of effectieve humanitaire hulp: het zijn allemaal geweldige voorbeelden die bijdragen aan de oplossing van grote problemen. Wetenschap werkt echt en NWO is trots dat ze met haar werk een bijdrage kan leveren aan een vitaal en succesvol Nederlands onderzoeksveld.

Marcel Levi

Voorzitter Raad van Bestuur, NWO

'Oplossingen voor grote problemen, dat is waar de wetenschap heel goed in is'



Ontdekkingsreizigers van nu

Sterrenkundigen van over de hele wereld likken hun vingers af bij de foto's en data die vanuit ons zonnestelsel worden opgestuurd. Het MIRI-instrument, onderdeel van de James Webb Space Telescope (JWST) en deels Nederlands, speelt een grote rol in deze indrukwekkende resultaten. Nee, de telescoop heeft het afgelopen jaar niet teleurgesteld.

De realisatie van 'Webb' ging niet over één nacht ijs. De eerste wetenschappelijke adviescommissies voor het wereldwijde project werden al in de jaren negentig gevormd. Ewine van Dishoeck, hoogleraar moleculaire astrofysica aan de Universiteit Leiden, pleitte in een van deze commissies voor de Europese ontwikkeling van een *mid-infrared* instrument (MIRI) voor de telescoop. 'De Europese astronomie had dankzij eerdere projecten de nodige ervaring met dit soort instrumenten', legt Van Dishoeck uit. 'Hierdoor wisten wij dat er veel informatie uit kon worden gehaald en konden we de Amerikanen overtuigen dat zo'n instrument cruciaal zou zijn.'

Timing precies goed

Een Nederlands consortium van sterrenkundigen, aangevoerd door Van Dishoeck, ontving vervolgens in 2002 via NWO financiering van bijna zes

miljoen euro voor de bouw van een deel van MIRI. 'De timing was precies goed. Het was toen net duidelijk welke Europese landen zouden samenwerken en wat zij concreet zouden bijdragen. Ook was er al een concept en ontwerp van MIRI.' MIRI werd uiteindelijk een van de vier grote instrumenten op de telescoop en stelt astronomen in staat om koelere objecten en extreem verre sterrenstelsels te bestuderen, die het grootste deel van hun licht uitstralen in het mid-infrarood. Kijkend naar het aantal waarnemingsaanvragen, blijkt MIRI onder wetenschappers een van de populairste instrumenten op Webb te zijn.

Enorme sprong voorwaarts

Hoewel de NWO-financiering een relatief kleine bijdrage vormde, had Van Dishoeck wel de hoop dat het uiteindelijk zou leiden tot spectaculaire

resultaten. 'De JWST is een vlaggenschipproject van zowel de NASA als de ESA, dus dan weet je dat je een enorme sprong voorwaarts maakt en iets moois gaat vinden. Maar dat de uiteindelijke plaatjes er zó indrukwekkend zouden uitzien, had ik niet durven schetsen. Het is verrassend hoeveel sterrenstelsels daadwerkelijk op de verre achtergrond te zien zijn. Hier levert MIRI een concrete bijdrage aan.' De media-aandacht voor het project overtrof eveneens de verwachtingen van de hoogleraar. 'Er is altijd aandacht voor NASA-projecten, maar dat het zo veel en zo langdurig zou zijn, heb ik wel een beetje onderschat. Ik denk toch dat we gezien worden als de ontdekkingsreizigers van nu. Waar de vroegere ontdekkingsreizigers regelmatig nieuwe schepen nodig hadden, hebben wij krachtige telescopen en nieuwe technologieën nodig', glimlacht Van Dishoeck.

De rol van MIRI in beeld

De JWST heeft ons al veel indrukwekkende afbeeldingen opgeleverd. Martijn van Gelder en Bernhard Brandl, respectievelijk onderzoeker aan het sterrenkundig instituut en hoogleraar infraroodastronomie in Leiden, lichten drie van de meest opzienbarende foto's uit waarbij het MIRI-instrument een belangrijke rol heeft gespeeld.

Spitzer

JWST

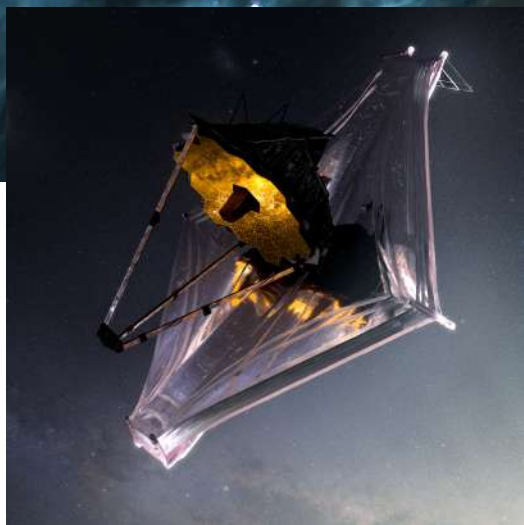
1 'Deze afbeeldingen links laten uitstekend zien hoe de JWST een veel scherper beeld kan krijgen van de hemel dan een van zijn voorgangers, de Spitzer-ruimtetelescoop. Waar in de afbeelding van Spitzer voornamelijk de meest heldere sterren zichtbaar zijn, zien we in de afbeelding van Webb meer dan honderd sterren verschijnen. Ook zijn onderzoekers er recent achter gekomen dat sterrenstelsels uit de vroege stadia van het heelal – de tijdperiode waarin de eerste sterrenstelsels zich begonnen te vormen – dankzij MIRI kunnen worden waargenomen.'



2 'Dit zijn de befaamde 'Pillars of Creation' door de ogen van de JWST. We kijken hier naar een interstellair gaswolk waarin sterren zich aan het vormen zijn. Met MIRI kunnen we dieper door de wolk heen kijken dan wat met de Hubble-ruimtelescoop mogelijk was, waardoor de jonge sterren in wording echt zichtbaar worden. In deze afbeelding kun je de zich vormende sterren zelf spotten: het zijn de rode puntjes die zich in de wolk en aan de tip van sommige 'vingers' bevinden. Door deze jonge sterren in detail te bestuderen, komen we meer te weten over hoe sterren en planeten zich vormen.'



25.12.2021 De JWST wordt gelanceerd vanuit het lanceercentrum van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA in Frans-Guyana.



05.01.2022 Nadat de zonneshildes zijn opgespannen kunnen de gouden spiegels beginnen met uitklappen en ontkoppelen. De primaire spiegel is in staat om heel zwak infrarood licht op te vangen. Dit licht wordt gereflecteerd naar de secundaire spiegel, die het vervolgens doorstuurt naar de wetenschappelijke instrumenten in de telescoop.



24.01.2022 Pakweg een maand na lancering is de JWST aangekomen op de plek van bestemming. Om precies te zijn: het 'L2' punt. Hier is de zwaartekracht van twee grote punten gelijk aan de middelpuntzoekende kracht, waardoor de telescoop kan blijven hangen en niet zal bewegen.



01.02.2022 Nu de telescoop op de goede plek staat, is het een kwestie van afkoelen. Om ervoor te zorgen dat de verschillende instrumenten infrarood kunnen fotograferen, moeten deze afkoelen tot een temperatuur van -266 graden Celsius. Op de afbeelding is een test te zien waar de spiegels in een cryogene kamer aan dit soort temperaturen werden blootgesteld.



11.02.2022 De telescoop stuurt een eerste foto door naar de aarde. Op de foto zelf is wellicht niet heel veel spannends te zien, maar toch is deze erg belangrijk. De achttien puntjes indiceren namelijk dat de achttien spiegels goed zijn uitgekapt en een beeld naar de instrumenten kunnen reflecteren.



12.07.2022 Het langverwachte moment is eindelijk daar: de eerste echte resultaten van de JWST worden vrijgegeven. De telescoop stuurt een aantal indrukwekkende afbeeldingen door. Op deze afbeelding is de Zuidelijke Ringnevel te zien, een ster die langzaam aan het sterven is en ooit volledig zal verdwijnen.



3 'Hoe zien sterrenstelsels eruit die 'binnenkort' gaan samensmelten, door de ogen van Webb? Deze afbeelding laat dit goed zien. Deze vijf sterrenstelsels zijn onderdeel van Stephan's Kwintet. Dit beeld is gemaakt uit data van MIRI en laat zien dat er een geboortegolf van nieuwe sterren plaatsvindt. De twee blauwe vlekken onderaan in het midden zijn de twee sterrenstelsels die binnenkort zullen samensmelten. Het grote paarse sterrenstelsel

aan de linkerkant is een voorgrondstelsel en hier worden momenteel de meeste sterren in gevormd. Het noordelijke sterrenstelsel heeft een superzwaar zwart gat, dat goed te traceren is met MIRI. De zwaartekracht trekt de vijf sterrenstelsels naar elkaar toe, zodat ze na honderden miljoenen jaren zullen samensmelten. Door de interactie tussen sterrenstelsels te bestuderen kunnen we meer leren over hun evolutie.'



Inzicht in vliegende insecten helpt kleine drones

Een theorie die verklaart hoe insecten de richting van de zwaartekracht bepalen. Dankzij die doorbraak van onderzoekers van de TU Delft en Aix Marseille Université kunnen kleine drones zonder (zware) versnellingsmeters vliegen. Guido de Croon, hoogleraar Bio-inspired Micro Air Vehicles legt uit.

Wat is jullie ontdekking?

'Voor alles wat vliegt is het belangrijk om te weten waar de zwaartekracht je heen trekt, anders stort je neer. In drones lossen we dit op met versnellingsmeters. Maar insecten hebben geen zintuig om de zwaartekrachtrichting te bepalen. Hoe zij het doen, is een mysterie. Uit eerdere experimenten was duidelijk dat optische stroom, het zien van beweging, ermee te maken heeft. En net als mensen hebben insecten wel een idee van beweging: als ze bijvoorbeeld meer flapperen met de rechtervleugel, dan draaien ze naar links. Combineer je die kennis met optische stroom, dan kun je de zwaartekracht bepalen. We hebben dit principe geïmplementeerd in een drone en die bleek toen te vliegen als een insect.'

Waarom is dit een doorbraak?

'Biologen die insecten onderzoeken, kijken naar een werkend systeem dat ze manipuleren om te zien wat er gebeurt. Het systeem van een drone is nog niet werkend. Ik moet alle variabelen invullen en alles moet kloppen, anders gaat het mis. Bij tests bleek dat de drones gingen schommelen als ze stil probeerden te hangen. Zonder beweging werkt het systeem niet. Net als bij insecten, die doorgaans ook schommelen. Het ondersteunt de hypothese dat insecten dit mechanisme gebruiken. Toepassing van dit mechanisme is waardevol voor kleine autonoom vliegende drones. Die kunnen niet veel lading meenemen en geen versnellingsmeter scheelt veel gewicht. Net als bij insecten geldt dat een drone het best functioneert met zo min mogelijk sensoren.'

Hoe is dit resultaat tot stand gekomen?

'Eerder ontdekte ik hoe insecten door middel van optische stroom afstanden kunnen zien. Zo weten bijen wanneer ze bijna bij een bloem aankomen. Het andere grote raadsel was hoe ze de zwaartekrachtrichting inschatten. Met behulp van een wiskundig model dat geldt voor zowel drones als insecten, ben ik dat met een masterstudent gaan bestuderen. Het begon met de intuïtie dat een insect zou moeten kunnen zien waarheen het valt als het stopt met flapperen. Uit de formules bleek dat dit ook werkt tijdens het vliegen. Dat was een eureka-moment.'

Hoe heb je de ontdekking beleefd?

'Ik ben geïnteresseerd in biologie, dus ik vond het heel gaaf om daar als roboticus een bijdrage aan te leveren. Het heeft geleid tot een publicatie in Nature, dat was voor ons wel een hoogtepunt.'

Welke impact heeft het onderzoek, nu en in de toekomst?

'Wetenschappelijk gezien ligt er nu een hypothese over insecten. De impact kan ontstaan als biologen die hypothese gaan checken. Verder kan dit minuscule drones helpen om beter te vliegen. De toekomstvisie is dat deze drones gaan helpen bij taken als het bestuiven van gewassen en bij reddingsoperaties.'

'De toekomstvisie is dat de drones gaan helpen bij het bestuiven van gewassen en bij reddingsoperaties'

Mediawijs

Ongewenst naaktfoto's doorsturen, iemand uit een groepsapp verwijderen vanwege diens seksuele voorkeur, racistisch commentaar onder Instagramposts: online kwetsend gedrag komt veel voor en is met name bij jongeren een actueel onderwerp. De aanname is vaak dat kennis zorgt voor de gewenste verandering naar positief gedrag. Onderzoek laat zien dat niet kennis, maar de sociale omgeving de grootste invloed heeft.



Zo'n veertig brugklasleerlingen van een vmbo-school uit Zoetermeer zitten in de aula. Op het podium staat een leeftijdsgenoot. Ze vertelt dat ze heeft meegedaan aan een *challenge*: zou ze het durven om een foto in haar ondergoed door te sturen naar haar vriendje dat op dezelfde school zit? Dat durfde ze wel. Haar vriendje was echter ook uitgedaagd: hij moest de foto van zijn vriendin doorsturen naar andere leerlingen. De foto ging rond en het meisje durfde niet meer school. 'Wat moet ik nu doen?', vraagt ze aan de leerlingen in de zaal. Die gaan met haar in gesprek. Voelen zij zich geroepen om haar te helpen? En hoe kunnen ze haar helpen?

Een ander komt wel in actie

De scène komt uit de theatervoorstelling *Block or Bless* en is onderdeel van het onderzoek dat Netwerk Mediawijsheid uitvoert met wetenschappers van de Erasmus Universiteit Rotterdam. Onderzocht is in welke mate omstanders in actie komen als ze getuige zijn van online kwetsend gedrag en wat ervoor zorgt dat zij iets doen of juist niet. 'Uit meerdere studies blijkt dat omstanders online maar weinig in actie komen', vertelt gedragswetenschapper Esther Rozendaal. Dit wordt in wetenschappelijke literatuur ook wel het bystandereffect genoemd, een verschijnsel dat Rozendaal ook terugziet in een survey die ze samen met Netwerk Mediawijsheid heeft uitgevoerd. Waar dit bystandereffect op sociale media vandaan komt? Een verklaring kan liggen in de grootte van de groep. 'Iemand anders zal wel in actie komen, is dan de gedachte. Op sociale media kun je enorm veel mensen tegelijkertijd bereiken met berichten. Daardoor voel je je als individu misschien niet zo snel geroepen om iets te doen.'

'Dé manier om een slachtoffer te helpen is door je openlijk uit te spreken'

Welk gedrag is kwetsend?

Hoe zorgen we ervoor dat mensen dan wél in actie komen als ze getuige zijn van online kwetsend gedrag? Om die vraag te beantwoorden, is het belangrijk te weten wat nu exact bepaalt of iemand iets gaat ondernemen of niet. Met het zogeheten Media-empowermentmodel heeft Rozendaal in kaart gebracht welke factoren een rol spelen. Er zijn vier mogelijke factoren: kennis, vaardigheden, motivatie en gelegenheid. Beschik je over de kennis om te weten welk gedrag kwetsend is en weet je wat de gevolgen zijn als je je zo gedraagt? Bezit je de vaardigheden om bijvoorbeeld je eerste impulsieve kwetsende reactie voor je te houden? Heb je de motivatie om in actie te komen? En ben je in de gelegenheid om iets te doen? 'Maken mensen uit je omgeving het mogelijk voor je om te reageren?', licht Rozendaal die laatste vraag toe. 'Of bieden mediaplatformen opties om in actie te komen?'

Als mijn vrienden het ook doen

Waar kun je je nu het beste op richten als je positief gedrag op sociale media wil stimuleren? 'De aanname is vaak dat kennis leidt tot de gewenste gedragsverandering. Maar we zien dat alle vier de factoren belangrijk zijn en het lijkt dat niet kennis, maar motivatie en gelegenheid de grootste rol spelen. We zagen tijdens de voorstelling en ook in de reacties in de survey dat het vooral gaat over de sociale omgeving. "Als mijn vrienden of vriendinnen het ook doen": dat is een motivatie om in actie te komen. De beslissing wordt vaak genomen op gevoel, zonder stil te staan bij de vraag of het rationeel, inhoudelijk de juiste keuze is.'

Angst om zelf doelwit te worden

Een andere conclusie uit de onderzoeken is dat het veranderen van de sociale norm goed kan werken om sociaal gedrag online te stimuleren. 'Probeer te zorgen voor een groepsgevoel vanuit de gedachte: we moeten op een positieve manier in actie komen. Laat omstanders zich verplaatsen in het slachtoffer. En laat ze inzien dat positieve reacties uiteindelijk ook henzelf een goed gevoel geven.'

Leg de focus dus op motivatie en gelegenheid. 'Dat wil niet zeggen dat kennis helemaal geen factor is. Zo zagen we tijdens de theatervoorstelling dat veel leerlingen niet wisten dat het doorsturen van naaktfoto's van minderjarigen strafbaar is. En als ze dat wel weten, weten ze dan ook waar ze het gedrag moeten melden én wat daarin een verstandige keuze is? De allergrootste hindernis voor jongeren om in actie te komen, is de angst om zelf doelwit te worden. Dé manier om een slachtoffer te helpen is door je openlijk online uit te spreken, maar dat voelt sociaal niet veilig. Je kunt je in elk geval



'Veel leerlingen wisten niet dat het doorsturen van naaktfoto's van minderjarigen strafbaar is'

anoniem uitspreken door een *direct message* te sturen naar een slachtoffer met een tekst als "Hé, ik zie dit gebeuren, dit is niet oké". Of het anoniem melden bij een platform.'

Onzeker van perfecte plaatjes

In haar studie naar de digitale veerkracht van jongeren onderzoekt Rozendaal wat kinderen en tieners nodig hebben om zich online 'mediawijs' te gedragen. Een belangrijke vraag daarbij is hoe groot de rol van sociale media eigenlijk is in het welzijn van jongeren. Daar komt het onderzoek van Patti Valkenburg, hoogleraar media, jeugd en samenleving aan de Universiteit van Amsterdam, om de hoek kijken. Dat toont aan dat ongeveer tien procent van de jongeren online kwetsbaar is. Valkenburg: 'Zij worden minder gelukkig door socialmediagebruik, bijvoorbeeld omdat ze er

te veel tijd aan besteden. Dat kan tot stress leiden. Of omdat ze er nare beelden zien, van dickpics tot onthoofdingen. Of omdat ze jaloers of onzeker worden van de perfecte plaatjes die rondgaan.' Tachtig procent van de jongeren ondervindt weinig gevolgen van socialmediagebruik en de resterende tien procent gaat zich er juist beter door voelen. Valkenburg: 'Over die tien procent die digitaal kwetsbaar is, zou je dus kunnen denken: dat is maar een minderheid. Maar van de ongeveer miljoen jongeren in Nederland hebben we het dan dus wel over een groep van honderdduizend mensen.'

Vraag het jongeren zelf

Valkenburg is blij met studies die bijdragen aan online weerbaarheid en die sociaal gedrag op sociale media stimuleren. 'Belangrijk in het onderzoek van Rozendaal is dat haar project

gericht is op de emotionele en sociale kanten van digitale veerkracht. Dat zijn cruciale factoren, niet alleen voor de activiteiten die jongeren kiezen op sociale media, maar ook voor de gevolgen die ze ervaren.' Rozendaal benadrukt dat ook de doelgroep zelf actief moet worden betrokken bij wetenschappelijke studies naar dit onderwerp, oftewel een vorm van *citizen science*. 'Vaak zie je dat er voor de groep bedacht wordt wat goed voor ze is, maar wordt vergeten het aan de jongeren zelf te vragen.' Valkenburg kan dat alleen maar onderstrepen: 'We zien in onze studies dat jongeren elkaar echt helpen om digitale veerkracht te ontwikkelen. Daarom zou elk onderzoek over sociale media en jongeren een *citizen science*-project moeten zijn. Niet omdat het mode is, maar omdat het nodig is.'



Gedragen, versleten &

De spijkerbroek is nauwelijks weg te denken uit onze kledingkast. Alleen is het enorm milieuvervuilend om een nieuw exemplaar te produceren: voor één spijkerbroek is zo'n achtduizend liter water nodig. Maar nu is er de eerste volledig circulaire spijkerbroek van oud, versleten en gedragen textiel.

Een gloednieuwe spijkerbroek helemaal gemaakt uit oude spijkerbroeken is bijzonder. Tot voor kort was er altijd nieuw katoen nodig om het denim stevig genoeg te maken, waardoor de jeans niet honderd procent circulair is.

Manier van spinnen

Jens Oelerich, associate lector bij Hogeschool Saxion, verdiept zich al jaren in het hergebruik van materialen. Hij merkte op dat chemische recycling met NMMO tot eenzelfde soort materiaal leidt als de cellulosevezel Lyocell. NMMO is een middel dat het cellulosemateriaal van het katoen oplost. Het is niet giftig en niet schadelijk voor het milieu. Maar met dit chemisch gerecyclede materiaal alleen kan nog geen spijkerbroek worden geproduceerd. Om tot de perfecte denim te komen, moeten vezels ook mechanisch gerecycled worden. Bij mechanische recycling wordt een oude spijkerbroek



‘Samenwerking is het belangrijkste in de circulaire economie, alleen red je het niet’

weer als nieuw

als het ware uit elkaar getrokken. De vezels die dan overblijven zijn vaak ongelijkmatig en dat zorgt voor de juiste structuur. De chemische en mechanische materialen worden gemengd om nieuwe denimstof te maken. Het duurde twee jaar tot de onderzoekers de beste verhouding en de juiste manier van spinnen vonden.

Chemisch en mechanisch

Oelerich: ‘Het is geweldig dat we twee recyclingtechnologieën gebruiken. We kunnen niet zonder de chemische recycling, want dan is het materiaal niet sterk genoeg. Maar we kunnen ook niet zonder mechanische recycling, want dan krijg je de *look and feel* van denim niet. Er moet dus samenwerking plaatsvinden en dát vind ik zo leuk. Samenwerking is het belangrijkste in de circulaire economie, alleen red je het niet.’

Technologie opschalen

MUD Jeans, een spijkerbroekenmerk dat al jaren bezig is met recycling, maakt nu samples van de eerste volledig gerecyclede jeans. Na het chemisch oplossen van de oude spijkerbroek in de fabriek, blijft een soort pulp over. Die pulp wordt door een machine geduwd, waardoor draden ontstaan. Door die draden te mengen met de mechanisch gerecyclede vezels, ontstaat garen dat wordt versponnen. Hiermee wordt de denimstof gewoven en daarvan wordt een nieuwe spijkerbroek gemaakt. ‘Het is fantastisch dat ons onderzoek nu tot een echte jeans leidt’, zegt Oelerich. ‘Mijn droom is dat ooit alle producten die op de markt komen deels of helemaal recyclebaar zijn. Dat betekent dat ook de grote massa moet instappen en daarvoor moeten we de recyclingtechnologieën nu opschalen.’

Herinnering aan alcohol uitgeschakeld

Neurowetenschapper Michel van den Oever (VU Amsterdam) en zijn team toonden aan dat als je bij muizen de herinnering aan de prettige effecten van alcohol uitschakelt, hun hunkering naar alcohol sterk afneemt. Zijn onderzoeksresultaten bieden aanknopingspunten voor de toekomstige behandeling van (alcohol)verslaving.

Wat is de ontdekking?

‘Herinneringen aan de prettige effecten van alcohol spelen een grote rol bij een verslaving. Bepaalde triggers, zoals drankreclames of het zien van je favoriete kroeg, brengen die herinneringen weer boven. Dat kan zorgen voor een terugval bij problematische alcoholgebruikers, ook als ze al lange tijd gestopt zijn met drinken. Ons onderzoek laat zien dat dit effect zo groot is, omdat de herinnering aan alcohol behoorlijk hardnekkig blijkt. We hebben met muizenonderzoek aangetoond dat alcoholgebruik een langdurig geheugenspoor achterlaat in de hersenen. Het spoor bestaat uit een kleine populatie van zenuwcellen die de herinnering opslaan. Met onze techniek kunnen we die populatie zenuwcellen langdurig labelen, volgen én erop ingrijpen. Door de zenuwcellen stil te zetten, deactiveren we tijdelijk de herinnering aan alcohol. Bij muizen zorgde dat voor een duidelijke gedragsverandering in hun verlangen naar alcohol.’

Waarom is dit een doorbraak?

‘Deze techniek is breed toepasbaar. Zo doen we binnen mijn groep ook onderzoek naar angstgeheugen en daar vinden we in muizen net zo’n langdurig geheugenspoor waarop we kunnen ingrijpen. Andere onderzoekers gebruiken de techniek bijvoorbeeld voor alzheimeronderzoek: wat gaat daar juist mis bij het vormen van een geheugenspoor?’

Hoe is dit resultaat tot stand gekomen?

‘Met een vorm van gentherapie hebben we heel specifiek een herkenningsetiket aangebracht op de zenuwcellen die actief zijn terwijl de muis alcohol drinkt. In het DNA van deze specifieke groep zenuw-

cellen zit nu een gen ingebouwd dat codeert voor een speciaal eiwit. Dit eiwit doet zelf niets, maar we hebben op een later moment een ander stofje toegediend dat ervoor zorgt dat juist de zenuwcellen met zo’n eiwit gedeactiveerd worden. Het uitschakelen van die cellen bleek een heel sterk effect te hebben op het gedrag: muizen drukken tot wel zestig procent minder vaak op het hendeltje waarmee ze alcohol krijgen. Sommige muizen stoppen er zelfs helemaal mee!’

Hoe heb je de ontdekking beleefd?

‘De eerste ontdekking ging redelijk snel, maar daarna volgden allerlei controles. We hebben bijvoorbeeld aangetoond dat dit effect optreedt bij de herinnering aan alcohol en niet bij een natuurlijke beloning, zoals suiker. Toen we die bevestiging hadden dat het echt ging om een specifiek spoor in de hersenen, realiseerde ik me dat het bijzonder was.’

Welke impact heeft het onderzoek, nu en in de toekomst?

‘Deze ontdekking betekent dat we veel gerichter kunnen gaan zoeken naar de veranderingen die optreden in de hersenen als gevolg van langdurig alcoholgebruik. Een volgende stap is om te weten te komen wat er gebeurt in die specifieke cellen, zoals veranderingen op eiwitniveau. Daarna kunnen we wellicht stappen zetten naar het gericht aanpakken van die cellen, zónder dat we ze helemaal stilzetten. Dan wordt de techniek mogelijk toepasbaar voor mensen. Zo komen we steeds dichterbij een therapie voor terugval bij alcoholverslaving.’



‘Sommige muizen stoppen na de gentherapie zelfs helemaal met alcohol’



Toenmalig president van de VS Gerald Ford en de secretaris-generaal van de Sovjet-Unie Leonid Breznev heffen hun glas na de ondertekening van de slotakte van de CVSE in Helsinki (1 augustus 1975)



De Russische president Vladimir Poetin ontmoet secretaris-generaal van de VN António Guterres in het Kremlin in Moskou (26 april 2022)

Verstomde gesprekken

Wat gebeurt er als je onderzoek plotseling samenvalt met het meest belangwekkende onderwerp in Europa en Rusland? Het overkwam Laurien Crump op het moment dat Russische troepen de grens met Oekraïne overstaken in februari 2022. Haar expertise is de Europese veiligheid tijdens en ná de Koude Oorlog. ‘Er is nooit antwoord gekomen op de vraag wat het nieuwe veiligheids-systeem in Europa zou worden.’

Laurien Crump, die van oude talen de heden-daagse geschiedenis inrolde, doet luchtig over de periode waarin ze soms dagelijks in een taxi heen en weer reed van de Achterhoek naar Hilversum. ‘Onderweg volgde ik de laatste ontwikkelingen. Daarover moest ik bij aankomst in de studio toch wat zinnigs zeggen.’ Op de website van de Universiteit Utrecht staan links naar bijna honderd media-optredens van Crump. ‘Dat is nog niet eens de helft. Op een bepaald moment viel het niet meer bij te houden.’

Na de val van de Muur

Hoe kwam dit allemaal zo? Rusland en het Westen beloofden na de val van de Muur in 1989 – min of meer – plechtig om de strijdbijl te begraven. Afbouwen van kernwapenarsenalen, vorming van democratieën naar Westers model in de voormalige ‘satellietstaten’, en een vrije markt in de rompstaat Rusland. Iedereen tevreden? Geenszins, zo blijkt. Oorzaken van de huidige oorlog in Oekraïne grijpen gedeeltelijk terug op de eerste maanden na de val van de Muur, blijkt uit Crumps onderzoek. En daar wil elk televisie- en radioprogramma het fijne van weten.

Simplistische kijk

Na de Koude Oorlog is er nooit antwoord gekomen op de vraag wat het nieuwe veiligheidssysteem in Europa zou worden, betoogt Crump. ‘Dat hoefde ook niet dacht men toen, het Westen had immers “gewonnen”. Alle voormalige lidstaten van het Warschaupact, behalve Rusland zelf, werden lid van de NAVO en daarna van de Europese Unie. Rusland stond met lege handen. Denk aan Francis Fukuyama en zijn ‘einde van de geschiedenis’-doctrine. Ik heb het altijd een buitengewoon simplistische kijk op de zaak gevonden. Niets meer dan een triomfalistisch verhaal waarin de liberale democratie en vrijemarkteconomie zegevierden, de zogenaamde eindfase van alle maatschappijvormen. Maar in feite was er sprake van een *Unfinished Post Cold War Settlement*, waarin geen oplossing was gevonden voor de positie van Rusland in Europa.’

Watch that space!

Crump begon in 2010 aan haar proefschrift, *The Warsaw Pact Reconsidered*. Het was een tijd waarin onderzoeksonderwerpen als militaire geschiedenis, klassieke diplomatie, de Koude Oorlog, irrelevant werden geacht. Aan talloze universiteiten werden na de val van de Muur Oost-Europese studies opgeheven. Toen het proefschrift in 2015, vlak na de Russische annexatie van de Krim, als boek uitkwam, gaf Crump het met opzet de ondertitel *Internatio-*

nal Relations in Eastern Europe. ‘Ik heb altijd gedacht: *watch that space!* Ik achtte het heel naïef om te denken dat zo’n enorm conflict als de Koude Oorlog, militair en ideologisch, binnen een paar maanden gewoon verdamt.’

Grote onderdrukker

Crump dook voor haar promotieonderzoek in Oost-Europese archieven die tot aan de val van de Muur hermetisch gesloten waren geweest. Vooral die van Roemenië, notoire dwarsligger binnen het Warschaupact, en Oost-Duitsland, het braafste jongetje van de klas, trokken haar aandacht. Twee uitersten in hun houding tegenover Moskou. ‘Voordien regeerde het beeld van de Sovjet-Unie als de grote onderdrukker van de overige Warschaupactlanden die gedwee moesten volgen. Dat bleek allemaal veel te zwartwit. Ook binnen Oost-Europa was er een diplomatiek spel, waarin de Sovjet-Unie soms juist door kleinere Warschaupactlanden onder druk werd gezet. Dat bracht me op het idee voor mijn volgende onderzoek, want hoe zat het met de Pan-Europese diplomatie tijdens de Koude Oorlog? Hoe zat het op multilateraal niveau met de betrekkingen tussen Oost en West, maar ook met de neutrale en niet-gebonden landen? En welke rol speelden kleinere landen in het einde van de Koude Oorlog?’ Crump bleek vooruitziend. Als universitair hoofddocent in Utrecht richtte zij de Global Cold War onderzoeksgroep op, een niche waarnaar aanvankelijk met verbazing werd gekeken. ‘Nu is het misschien wel de grootste

onderzoeksgroep op dit terrein in de wereld. Want het conflict in Oost-Europa gaat voorlopig niet weg, wás ook nooit weg.’

Machtsblokken passé?

In de geschiedschrijving valt de westerse bril op, stelt Crump. ‘Oost-Europa bestaat niet meer: vorming van machtsblokken is passé, diplomatieke betrekkingen zijn onbelangrijk. Je moet juist naar mensenrechten kijken, naar economische factoren. Maar is dat ook zo? De multilaterale Conferentie voor Veiligheid en Samenwerking in Europa (de CVSE, de voorloper van de OVSE) met 35 lidstaten waaronder de Sovjet-Unie, leverde tijdens de Koude Oorlog een belangwekkende bijdrage aan de veiligheid op ons continent, juist door constant in dialoog te blijven. Het evenwicht tussen NAVO en Warschaupact hielp daarbij. Die symmetrie bestaat al dertig jaar niet meer en voor het ontbreken daarvan is nooit een alternatief gevonden. Er is geen Nieuwe Koude Oorlog: we hebben een kolossale, onopgeloste erfenis over het hoofd gezien.’

Russische angst voor de NAVO

Nu zit Europa met de gebakken peren en een grootschalig conflict aan de oostgrens. Verras-send? Nee, dat zat eraan te komen, volgens Crump. ‘Ik moet wel telkens benadrukken dat ik Poetins handelen ten strengste veroordeel. Maar het is belangrijk het Russische perspectief te duiden. Poetin is een negentiende-eeuwse denker, hoor en lees je. Hij grijpt terug op vervlogen tijden en een machtig Russisch

tsarenrijk. Dat is mijns inziens zijn retoriek. In feite denkt Rusland in invloedssferen in Europa en het veiligstellen van belangen. Dat is vanuit die positie ook logisch. Poetin heeft de omringende landen een voor een in de schoot van de NAVO en EU zien vallen. Stel je voor dat de Sovjet-Unie de Koude Oorlog had gewonnen, het Warschaupact was uitgebreid met West-Duitsland en wij een communistisch regime aan onze oostgrens hadden gehad: het koude zweet was ons uitgebroken. Lastig is dat alles wat Poetin zegt als retoriek wordt gekenschetst, terwijl de Russische angst voor de NAVO historisch gezien verklaarbaar is en ook veel verder teruggaat dan Poetin.’

Antwoord op de rol van Rusland

In Crumps onderzoek staat de multilaterale dialoog tussen alle Europese landen tijdens de Koude Oorlog centraal. De CVSE slaagde tijdens de Koude Oorlog daar waar zijn opvolger, de Organisatie voor Veiligheid en Samenwerking in Europa, faalde: namelijk het voortdurend met elkaar in gesprek blijven. Oók in tijden van crisis, zoals na de Sovjetinvasie in Afghanistan in 1979. ‘Die pan-Europese dialoog schittert al decennia door afwezigheid. Oproepen om de OVSE – in plaats van de NAVO of de EU – weer een centrale plaats in de Europese diplomatie te geven vonden geen weerklank. Het is begrijpelijk dat de NAVO en de EU nu hun geleiders sluiten om een antwoord te vinden op de Russische agressie in Oekraïne. Maar uiteindelijk zal óók een antwoord moeten worden gevonden op de rol van Rusland in Europa.’

‘We hebben een kolossale, onopgeloste erfenis over het hoofd gezien’

Over dertig jaar moet Nederland klimaatneutraal zijn. Onderzoekers gaan die uitdaging aan met nieuwe technologie en slimme oplossingen, variërend van efficiëntere zonnecellen tot groene kerosine en sensoren die ons stroomnet bewaken.

Megatransitie

‘Toen wij ruim tien jaar geleden begonnen met een programma rond materialen voor zonnepanelen, stond groene energie niet echt in de belangstelling’, zegt Albert Polman, programmaleider bij onderzoeksinstituut AMOLF. ‘Dat is nu totaal anders. In het klimaatakkoord staat precies hoeveel gigawatt aan panelen we straks moeten installeren. Die omslag is te danken aan de energiecrisis, maar ook aan decennia onderzoek en innovatie. Hierdoor zijn zonnepanelen steeds efficiënter en goedkoper geworden. Inmiddels is het denkbaar dat we in 2050 de helft van onze energie uit zonlicht halen.’

Pas aan het begin

Op dit moment komt opgeteld ruim tien procent van het energiegebruik in Nederland uit duurzame bronnen, vooral zon en wind. We zitten dus pas aan het begin van een ontwikkeling, volgens Polman. De doelen voor 2030 en 2050 zijn helder. De vraag is alleen: hoe gaan we dat bereiken? ‘We weten hoeveel we straks moeten opwekken. Maar negentig procent van de zonnecellen komt uit Azië en dat is een strategisch risico. Wie garandeert dat we zulke hoeveelheden straks kunnen inkopen? We gaan bovendien honderden miljarden voor onze energietechnologie besteden in andere landen. Het is veel slimmer om de technologie, de industrie en de economische opbrengsten hier op te bouwen.’

Zonnecelprintmachine

Polman is samen met universiteiten en bedrijven bezig om de zonnecelindustrie naar Nederland en Europa te halen. Tegelijkertijd wordt ingezet op innovatie: nieuwe technologie op basis van een flexibel, lichtgewicht materiaal: perovskiet (zie kader). ‘Zulke zonnecellen kun je als folie produceren, alsof je een krant drukt. In de ontwikkeling van zulke dunne zonnecellen zijn we in Nederland heel sterk, maar het is nog geen commerciële technologie. Dat is wat ons bezighoudt: kunnen we samen met TNO, universiteiten en bedrijven vanuit ons materiaalonderzoek de technologie ontwikkelen voor zo’n zonnecelprintmachine?’

Vele malen complexer

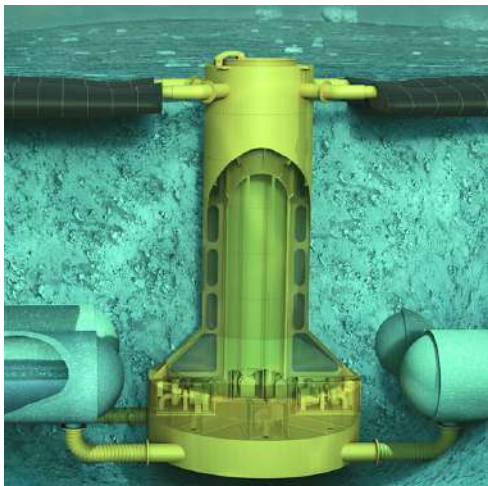
Maatwerk is nodig om alle sectoren van de samenleving klimaatneutraal te maken. De Nederlandse industrie was in 2021 goed voor 44 procent van het nationaal energieverbruik. En die industrie vraagt andere oplossingen dan miljoenen Nederlandse huishoudens (14 procent) of verkeer en vervoer

(13 procent). ‘We staan voor een ongekennde verbouwing van het energiesysteem’, zegt Marjan Popov, docent en onderzoeker bij TU Delft. ‘Deze transitie is totaal anders dan toen Nederland in de jaren tachtig met de PTT van post, telegraaf en telefoon naar internet en mobiele telefonie ging. Het energiesysteem is vele malen complexer dan communicatietechnologie. We produceren steeds meer energie met zon en wind, en dat gaat nog sterk doorgroeien. Die nieuwe productietechnologie maakt het energiesysteem kwetsbaar voor schommelingen, want de levering door windmolens en zonnepanelen fluctueert veel sterker dan bij een gascentrale. Bovendien moet je goed nadenken over tijdelijke energieopslag, want zonne-energie wordt overdag opgewekt, terwijl dan het verbruik juist lager ligt dan ‘s avonds.’

Overbelasting en kortsluiting

Popov doet al jaren onderzoek naar gebruik van sensoren en computeralgoritmen om signalen van overbelasting en kortsluiting in een vroeg stadium op te sporen. ‘Voorkomen is altijd beter dan genezen. Als er in één deel van het netwerk een probleem ontstaat, moet je snel dat zieke stuk kunnen isoleren om verdere verspreiding te voorkomen. De komende jaren moeten voor al die veranderingen veel extra kabels getrokken worden. Daarnaast zijn andere delen van het netwerk aan vervanging toe. De grote vraag is dus hoe we de komende decennia de elektriciteitsvoorziening gaan beveiligen, bewaken en besturen. Want we willen de levering wel zo betrouwbaar houden als we nu gewend zijn.’ ‘We hebben inderdaad geen keus’, vervolgt Polman. ‘Onze CO₂-emissie moet omlaag. Dat er problemen ontstaan in het energienet laat ook zien dat er serieus werk wordt gemaakt van duurzame bronnen. Het wordt een megatransitie, letterlijk alles wordt anders. Maar ik ben optimistisch over wat we kunnen bereiken. Zeker als we volop investeren in onderzoek en industrie, want dan creëren we tegelijkertijd economische groei via kennis, opleiding en werkgelegenheid.’

‘Het is veel slimmer om de technologie, de industrie en de economische opbrengsten *hier* op te bouwen’



1 OPSLAG VAN ENERGIE
Batterij op de zeebodem
 Wat doe je met energie van een windpark waar even geen vraag naar is? Bestaande technieken voor opslag zijn kostbaar en gaan met de nodige technische problemen gepaard. Onderzoekers van de Rijksuniversiteit Groningen zoeken met hun startup Ocean Grazer de oplossing in de zeebodem met een bewezen technologie die ook in waterkracht-centrales wordt gebruikt: de Ocean Battery.

De installatie bestaat uit langgerekte tanks gevuld met zeewater, ingegraven in de zeebodem. Zodra de windmolens veel stroom produceren, wordt het overschot gebruikt om pompen aan te drijven die het water via pijpen verplaatsen naar flexibele kunststof reservoirs die op de bodem liggen. Deze waterzakken staan onder druk van de massa zeewater erboven. 'De batterij is dan geladen', zegt Marijn van Rooij, medeoprichter en technisch directeur van Ocean Grazer. 'Is er energie nodig, dan laten we het water terugstromen, langs turbines die een generator aandrijven. Zo wekken we energie op.'

Het bedrijf heeft inmiddels succesvolle proeven gedaan in de Eemshaven, en kijkt nu naar verdere opschaling in zandafgravingen. In dat soort diepe plassen is de situatie vergelijkbaar met de Noordzee, en op sommige zandwiningsplassen worden zonneparken aangelegd, waarbij de Ocean Battery ook pieken in de productie kan opslaan. De startup heeft met succes meegedongen in de aanbesteding voor de ontwikkeling van een windmolenpark voor de Nederlandse kust. 'Als we dan kunnen aantonen dat alles werkt en we het business-model kunnen valideren, kan het snel gaan', zegt Van Rooij. 'We maken geen gebruik van schaarse materialen, maar van grondstoffen die overal beschikbaar zijn. Dat stelt ons in staat om de technologie door lokale partijen te laten maken.'



2 ENERGIE VOOR TRANSPORT
Groene kerosine
 Vliegtuigbrandstof maken uit water en lucht? Het klinkt als alchemie, maar het is echt mogelijk. Er zijn slechts enkele doordachte chemische ingrediënten en processen nodig, aangedreven door groene stroom. En die processen werken, heeft een Europese project in 2022 laten zien.

Aan instituut DIFFER werd een belangrijk onderdeel in het groene kerosineproces ontwikkeld: een plasmareactor die kooldioxide bij een hoge temperatuur splitst in koolmonoxide en zuurstof. 'Die splitsing via plasma loopt als een trein', zegt projectleider Adelbert Goede. 'De uitdaging zit in de vervolgstap, in de zuivering van de gassen die in de plasma-reactor ontstaan: kooldioxide, koolmonoxide en zuurstof. Dat zuurstof is een probleem en moet eruit. Met een innovatief zuurstoffilter met elektrochemisch gedreven perovskiet-membranen kunnen we dat eruit halen. Vooral de zuurstofscheider vraagt nog verdere optimalisatie, voordat het met de andere onderdelen kan worden samengevoegd.'

In een volgende processtap wordt het kooldioxide weggevangen en stroomt de overgebleven zuivere koolmonoxide richting een reactor waar het reageert met waterstof. Het resultaat van die combinatie is de basis van kerosine. Het maken van synthetische brandstoffen uit koolmonoxide en waterstof lukte al honderd jaar geleden, maar door het gebruik van aardgas of kolen is deze route verre van klimaatneutraal. Het inzetten van uit de atmosfeer teruggewonnen kooldioxide en groene stroom verandert dat. Op labschaal werken de verschillende procesonderdelen van het Europese project. De plasmolysemodule van DIFFER is compact en vrijrijdbaar, en wordt in het Karlsruhe Institute of Technology (KIT) samengevoegd met de andere onderdelen in een compleet demonstratiemodel ter grootte van een zeecontainer. Goede: 'Het is fantastisch wat er bereikt is, maar tegelijkertijd wil je altijd meer. Na verdere optimalisatie volgt de sprong naar industrialisatie. Het moet mogelijk zijn om rond 2030 zo'n containerinstallatie bij een windmolenpark op zee te plaatsen.'



3 DUURZAAM GEDRAG
Meer vertrouwen in duurzaam verbouwen
 De explosief gestegen energieprijzen dit jaar maken de verduurzaming van sociale huurwoningen met een laag energielabel extra urgent. Maar grote renovatieprojecten veroorzaken vaak onzekerheid en stress bij de bewoners, omdat ze de impact van werkzaamheden niet overzien. De inzet van interactieve virtual reality geeft bewoners vertrouwen in duurzame keuzes.

De energietransitie op de sociale huurmarkt gaat nog niet snel, omdat renovatie van deze woningen instemming vraagt van de huurders. Dat maakt duurzame renovatie niet alleen een bouwkundig project, maar ook een communicatievraagstuk waarin woningcorporaties zoeken naar begrip en acceptatie van de maatregelen. 'Vaak wordt gezegd dat sociale huurders niet betrokken (willen) zijn bij wat hun staat te wachten tijdens de renovatie van hun woning', vertelt projectleider Clarine van Oel (TU Delft). 'Maar ons project VR-Renovate heeft aangetoond dat mensen wel degelijk willen meedoen, als ze maar snappen waar het om gaat.'

Met gebruik van de VR-bril wandelt de bewoner virtueel door zijn woning en wordt elke renovatiefase zichtbaar. Naast de gevolgen van keuzes voor bijvoorbeeld materialen en kleuren, krijgt de bewoner ook te zien welke voorbereidende werkzaamheden voor de start van de renovatie nodig zijn. 'VR zorgt ervoor dat sociale huurders de regie in handen nemen', benadrukt Van Oel een belangrijke drijfveer voor het onderzoek. In zogenaamde *living labs* is praktijkgericht onderzoek gedaan in samenwerking met professionals uit de sector. De innovatieve aanpak laat zien dat bewoners beter voorbereid zijn op overlast tijdens de renovatie en minder vaak spijt hebben van gemaakte keuzes.

4 ENERGIE VOOR ZEETRANSPORT
Scheepvaart zonder stookolie
 De scheepvaart staat net als andere sectoren onder druk om te vergroenen. Zwaar transport over water wordt op dit moment aangedreven door verbrandingsmotoren op stookolie, maar scheepsmotoren kunnen ook draaien op methaan, waterstof, methanol of ammoniak. Vrachtschepen voltanken met enkel zo'n alternatieve brandstof blijkt echter niet de meest rendabele optie, ontdekte een consortium onder leiding van Rudy Negenborn (TU Delft). Het is efficiënter om een hybride voorstuwing te gebruiken.

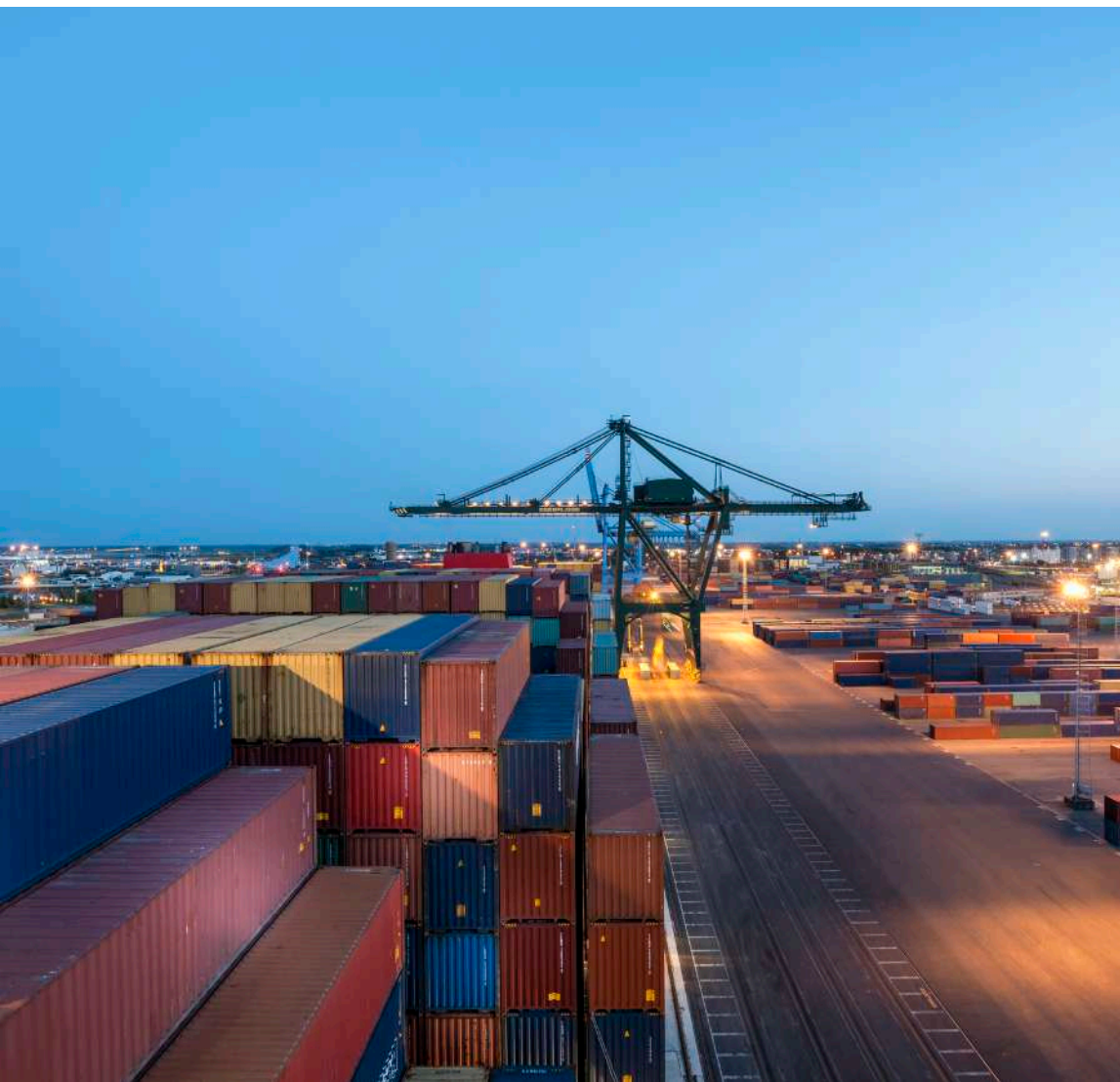
De scheepvaartsector is verantwoordelijk voor ongeveer tweeënhalf procent van de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen. Volgens de International Maritime Organisation moet de emissie in 2030 met veertig procent zijn verminderd. 'Striktere wetgeving drijft het onderzoek naar alternatieven', zegt Negenborn. Het onderzoek van het ShipDrive-consortium heeft daar nu een grote stap in gezet. Met hybride voorstuwing wordt een schip aangedreven door een verbrandingsmotor in combinatie met brandstofcellen, die beide dezelfde brandstof gebruiken. 'We hebben gekeken naar efficiëntieverbetering in schepen die hybride worden aangedreven.' Het voordeel van zo'n combinatie in de machinekamer is dat gassen die vrijkomen uit de brandstofcellen kunnen worden bijgestookt in de verbrandingsmotor. 'Voortbouwend daarop onderzoeken we in een ander project wat de rendementsverhoging kan zijn van een brandstofcel die uit ammoniak elektriciteit en waterstof produceert, waarna die waterstof met ammoniak de

verbrandingsmotor ingaat. Dat kan een hoger rendement en vooral koolstofvrije aandrijving opleveren.'

De vraag welke alternatieve brandstof en technologie de toekomst brengt, hangt af van het scheepstype en gebruik, volgens Negenborn. 'Je moet kijken naar de missie van een schip, de omgeving waar het opereert en wat de bunkermogelijkheden zijn. Voor een watertaxi of de binnenvaart zijn batterijen die snel geladen of verwisseld kunnen worden een optie, voor cruiseschepen heeft vloeibaar aardgas potentieel en voor zwaar transport over de oceanen kan ammoniak een logische keuze worden.'

Er zijn nog allerlei vragen te beantwoorden, ook op het gebied van bedrijfseconomie: wanneer is deze technologie competitief in vergelijking met traditionele voortstuwing? 'Er moeten ook nieuwe typen verbrandingsmotoren worden ontwikkeld. En de brandstofcellen zijn nog niet beschikbaar op het formaat dat nodig is voor de scheepvaart. Havens moeten gaan meedoen, want schepen moeten straks de alternatieve brandstoffen kunnen bunkeren. Ik doe geen concrete voorspellingen, maar de komende tien, vijftien jaar zullen er op dat vlak veel veranderingen plaatsvinden.'

‘We maken geen gebruik van schaarse materialen, maar van grondstoffen die overal beschikbaar zijn’



5 OPWEKKEN VAN ZONNE-ENERGIE
Lichte materialen, meer rendement
 Nieuwe materialen voor zonnecellen, zoals perovskiet, dat is wat onderzoekers bij instituut AMOLF ontwikkelen. In vergelijking met de zware siliciumpanelen die op dit moment op Nederlandse daken liggen, is deze nieuwe technologie licht en buigzaam. Je kunt er zonnecellen mee maken in de vorm van een dunne, flexibele folie.

De onderzoekers bestuderen zonnecellen die zijn samengesteld uit meerdere materialen, zogenaamde tandems. Eind 2022 hebben ze in samenwerking met het Duitse Fraunhofer ISE Instituut zelfs een nieuw rendementsrecord gevestigd, aldus programmaleider Albert Polman. 'Die silicium-galliumzonnecel heeft een rendement van 36 procent. Dat is tot nu toe het hoogste rendement op basis van zonneceltechnologie die mede bij AMOLF is ontwikkeld.'

Het stapsgewijs opvoeren van het rendement betekent meer dan erkenning op een recordlijst. Polman: 'Voor een dichtbevolkt land als Nederland is dit een heel concrete vraag: hoeveel vierkante kilometer zonnepaneel moeten we in 2030 installeren? Eén procent extra rendement betekent dat het totaaloppervlak veertig vierkante kilometer kleiner kan worden. Hoger rendement betekent ook dat elektriciteit goedkoper wordt en je de investering in zonnepanelen sneller terugverdient. De kostprijs van zonne-energie is al enorm gedaald. Ter illustratie: alle huishoudens kregen in november en december honderdnegentig euro energiekorting en bedrijven kregen subsidie. Dat kost de staat ruim twintig miljard euro. Voor datzelfde bedrag zou je alle Nederlandse huishoudens van zonnepanelen kunnen voorzien. Dan heeft iedereen vrijwel gratis stroom en zijn we een eind op weg met het halen van emissiedoelen.'

Wetenschappelijk onderzoek kan eindigen met een resultaat, maar het kan er ook mee beginnen. In de Ooijpolder bij Nijmegen zijn prachtige successen behaald in het herstellen van de biodiversiteit. En niet in weerwil van, maar in samenwerking mét de boeren in het gebied. Waar elders in het land de stikstofdiscussies hopeloos ontspoorde, laten natuurbeschermers, overheden, bedrijven, agrariërs en onderzoekers zien dat het ook anders kan. Vraag aan de wetenschap: wat kunnen we hiervan leren?



Uit de verstikking



Korte broek, luchtig shirtje, zweetdruppels op het voorhoofd: de hardloper die even de berm instapt als hij met een ontspannen knikje twee wielrenners laat passeren over de smalle dijk die de uiterwaarden van de Waal scheiden van de weilanden, wekt in alles de indruk dat het hartje zomer is. Maar overal liggen herfstbladeren en de zon staat opvallend laag, zo aan het begin van deze woensdagmiddag. Het is november, maar hier in de Ooijpolder is daar weinig van te merken. In de bocht draait een schoolklas de dijk op. Netjes twee-aan-twee fietsen de scholieren langs de rivier richting Duitsland. Binnendijs zien ze twee oudere dames wandelen over een boerenlandweg. Een van hen wijst naar een zilverreiger die, blinkend wit onder de stralende zon, bedachtzaam door het weidse grasland stiefelt. Loerend in het gras heeft het dier geen oog voor de buizerd, die vanaf een afrasteringspaal op een prooi zit te azen.

Opvallend goed gesteld

Hoog boven dit tafereel trekt tegen de hemelblauwe lucht een zwerm van tientallen vogels over. 'Kijk, grauwe ganzen', wijst Huub Ploegmakers zijn gezelschap op de vogels. Ploegmakers is als coördinator vanuit de Radboud Universiteit betrokken bij een breed onderzoeksprogramma in dit 'levende laboratorium'. Wetenschappers uit verschillende vakgebieden zoeken samen met boeren, natuurbeheerders en lokale overheden verklaringen voor de vraag hoe het kan dat het met de biodiversiteit in dit gebied opvallend goed gesteld is en hoe andere gebieden daar hun voordeel mee kunnen doen. De in het oog springende fauna is namelijk maar een fractie van het aantal soorten dat hier waar te nemen valt. En dan gaat het niet alleen om de doorsnee muggen, mieren en wespen, maar juist ook om de veel minder bekende amarantensteilneus, duinsabelsprinkhaan en oranje luzernevlinder, om er maar een paar te noemen.

Goed mis met insecten

Insecten speelden een grote rol in de oorsprong van dit *living lab*. In 2017 sloeg de wetenschap groot alarm: het was goed mis met de insecten.



Duitse onderzoekers hadden bijna dertig jaar gegevens bijgehouden over vliegende insecten in beschermde natuurgebieden. Uit een analyse van die data door de Nijmeegse hoogleraar ecologie Hans de Kroon en zijn team bleek dat maar liefst driekwart van de insectenpopulatie uit deze gebieden was verdwenen. Tiny Wigman van de stichting ViaNatura las de onheilstijdingen, die breed werden uitgemeten in de media, en zocht contact met De Kroon. 'Weten jullie eigenlijk wel waar wij al twintig jaar mee bezig zijn in de Ooijpolder?', vroeg ze hem. Wat ze hem destijds vertelde, laat ze deze middag vol bevoegenheid in het gebied zelf zien. Hoe ze vegetatie op dijken hebben hersteld om zo migratieroutes voor insecten en andere diersoorten te creëren. Hoe ze door het hele gebied een netwerk hebben aangelegd van boerenlandpaden, poelen, hagen, greppels, bomenrijen, natuurvriendelijke en ruigere oevers, kruidenrijke grasvelden en akkerland. Hoe ze kortom, natuur en landbouw met elkaar hebben verweven en er zo voor hebben gezorgd dat bedreigde soorten konden overleven en verdwenen soorten terugkeerden naar het gebied.

Dwars door boerenpercelen heen

Het mooie is: al die activiteiten, die soms dwars door de boerenpercelen heen lopen, werden in goed overleg met alle belanghebbenden uitgevoerd. Zo zijn er langjarige contracten gesloten met de boeren in het gebied. Zij staan een deel van hun land af en beheren het landschap volgens de afspraken die binnen het gebied zijn gemaakt. Daar krijgen ze een vergoeding voor. 'We laten zien dat je landschappen kunt herstellen en dat de bedrijfsvoering van de lokale boeren daar prima in te passen is', legt Wigman – zelf boerendochter – uit. Meedoen gaat op vrijwillige basis, waarbij externe factoren soms ook een rol spelen. Toen de melkprijzen daalden, werd het voor sommige boeren bijvoorbeeld ineens een stuk aantrekkelijker om aan te sluiten. Maar een van de belangrijkste lessen luidt volgens Wigman: 'Zie boeren niet puur als economische factor. Zij zijn hier geworteld, werken en wonen vaak al generaties in het gebied en voelen zich er meer dan wie ook mee verbonden. Ze willen graag inzage in de resultaten en hebben allerlei ideeën over vervolgon-



‘Als je met elkaar aan oplossingen voor het gebied werkt, krijg je de stikstofreductie er gratis bij’

derzoek.’ Huub Ploegmakers trekt het breder: ‘We moeten de boeren anders gaan belonen voor de diensten die ze leveren. Wil je echt een omschakeling in de landbouw, dan moet je ook nadenken over de financiering.’ Hij wijst erop dat verschillende boerenbedrijven in het gebied graag aan het herstel van de biodiversiteit willen bijdragen, maar dat vanwege de regels of huiverige banken niet voor elkaar krijgen.

Kennis om succes te repliceren

Nadat Wigman aan de bel had getrokken, raakte ze met Hans de Kroon in gesprek. ‘Die 75 procent teruggang, dat is bijna een iconisch getal geworden’, vertelde De Kroon eerder vanochtend, een paar kilometer buiten de Ooij in het Huygensgebouw van de Radboud Universiteit. ‘Maar het is zeker zo dat het anders kan liggen met de insectenpopulatie, als er bijvoorbeeld in een gebied is ingegrepen, zoals hier in de Ooijpolder. We hebben dus inderdaad indicaties dat de biodiversiteit hier opveert’, zegt De Kroon. ‘Wetenschappelijk willen we graag weten hoe verschillende factoren bijdragen aan dit succes: de dooradering van het gebied, de begroeiing op oevers, de manier waarop akkers worden beheerd, de bemesting van weilanden.’ Maar het probleem oplossen kunnen ecologen niet alleen. De Kroon zocht verbinding met zijn collega Noelle Aarts, hoogleraar socio-ecologische interacties aan de Radboud Universiteit. ‘Haar expertise over constructieve dialogen en onderhandeling is cruciaal om te begrijpen hoe de interacties tussen de partijen hebben geleid tot het realiseren van het groenblauwe netwerk. We hopen dat hiermee het project de kennis oplevert waarmee het succes te repliceren is.’

Openhartige gesprekken

Biodiversiteitsherstel wordt nu dus langs verschillende routes uitgezocht binnen het living lab-project (zie kader). Voordeel daarbij is dat de wetenschappers op een ‘rijdende trein’ konden springen: alle contacten zijn er al, afspraken zijn gemaakt, gesprekken worden gevoerd. Tegen het licht van de heftige stikstofonrust in de samenleving, toont De Kroon zich positief verrast over de sfeer bij die gesprekken. ‘Die is fantastisch. Het woord stikstof valt niet eens. De openhartige gesprekken gaan over biodiversiteit en agrarische bedrijfsvoering. Stikstof werkt verstikkend voor de natuur, maar ook voor de interactie’, merkt hij beeldend op. ‘Als je zoals hier met elkaar aan oplossingen voor het gebied werkt, krijg je de stikstofreductie er gratis bij.’

Terug naar de nog altijd zonovergoten polder. Net als elders in het land hangt ook in dit gebied her en der een Nederlandse vlag ondersteboven. Bij enkele boerderijen wapperen rode boerenzakdoeken als symbool van de onvrede over het stikstofbeleid van de overheid. ‘Wie zijn boeren niet waardeert, heeft van de geschiedenis niets geleerd’, lezen we op borden langs de weg. Maar de lessen in de Ooij gaan een stuk verder dan dat: wie zijn boeren actief betreft in het natuurbeheer, kan zelf geschiedenis schrijven.



Gezonde bodem

Als je de natuur wil herstellen, moet je beginnen bij de bodem. Vanuit die overtuiging werkt aardwetenschapper Rosa Boone aan een meetmethode waarmee boeren zelf kunnen nagaan wat er in hun bodem gebeurt. ‘We moeten minder focussen op de chemie en de natuur weer zelf het werk laten doen.’

In een uithoek van het natuurgebied, zo ongeveer bovenop de Duitse grens, staan Boone en collega’s monsters te nemen van de bodem van een weiland en doen ze metingen naar bodemgassen die worden uitgestoten door het bodemleven. ‘Vroeger roken de boeren zelf aan de bodem of deze gezond was, maar die gave is er niet meer. De technologie heeft het overgenomen van de zintuigen.’ Ze noemt het de *missing link*: ‘Als boeren de kennis over het bodemleven weer in handen krijgen, kunnen ze daar ook op sturen’. Wat ze uiteindelijk wil weten is hoe het herstel van de bodembiodiversiteit bijdraagt aan het functioneren van de bodem. In het verlengde daarvan werkt ze aan de ontwikkeling van een nieuwe sensortechnologie, waarmee boeren op termijn zelf de bodembiodiversiteit en de activiteit van hun bodem in kaart kunnen brengen. Een elektronische neus noemt ze het. Welke gassen worden uitgestoten en hoe wordt dat al dan niet beïnvloed door de wijze waarop weiden en akkerlanden worden beheerd? ‘Stikstofsensoren zijn er al in overvloed, maar er is nog niks voor de bodem’, weet ze. ‘Terwijl informatie daarover de stikstofdiscussie echt verder helpt. De gesprekken die ik hierover met boeren mag voeren aan de keukentafel, vormen echt het meest waardevolle onderdeel van mijn promotie.’

Gemotiveerde boeren

Wat zijn de leidende principes die agrariërs motiveren om actief mee te werken aan herstel van biodiversiteit? Daar ging planoloog Bibi Witvliet samen met de stichting ViaNatura naar op zoek via veldbijeenkomsten en gesprekken met boeren.

Voor het proces dat in de Ooijpolder tot zulke mooie resultaten heeft geleid, bestaat geen blauwdruk. Maar er zijn natuurlijk wel degelijk duidelijke *incentives* voor boeren in dit gebied om mee te werken en zelfs contracten voor dertig jaar aan te gaan. Waarom wil de ene boer wel experimenteren met een kruidenrijk grasland en een ander niet? En hoe is dat te vertalen naar andere gebieden? Witvliet vond tien leidende principes die alle betrokkenen inzicht kunnen geven in wat in welke situatie wel en niet werkt. Naast de bijeenkomsten en gesprekken vergeleek ze daartoe in een breed literatuuronderzoek programma’s die zich richten op herstel van biodiversiteit in 32 intensieve landbouwlonden. In Zwitserland, Frankrijk en de VS zag ze goede voorbeelden: daar bestaan programma’s die boeren op specifieke resultaten belonen. Hoe ze die bereiken, mogen ze zelf bepalen. Toch brengen die ook weer risico’s met zich mee: ‘Boeren zijn dan wel verzekerd van een bepaalde vergoeding, maar krijgen ook te maken met allerlei eisen en voorschriften die top-down worden opgelegd. Die matchen vaak niet met de praktijk van de boer.’ Als voorbeeld noemt ze de maaidagen die vaak vastgesteld zijn. ‘Dat geeft geen enkele ruimte voor flexibiliteit, terwijl boeren dat veel beter zelf kunnen bepalen. Geef ze die vrijheid en flexibiliteit om maatregelen aan te passen aan hun lokale context. Daarmee erken je hun expertise en vergroot je ook hun gevoel van eigenaarschap en verantwoordelijkheid.’



‘Boeren voelen zich meer dan wie ook verbonden met dit gebied’

Vertrouwen in het netwerk

Het succes van de Ooij is niet alleen een ecologisch verhaal, volgens socioloog Sabine Baumgarten. ‘Het gaat ook om bijvoorbeeld de rol van wetgeving en sociale factoren, het netwerk dat dit allemaal mogelijk heeft gemaakt. De kracht zit in de samenwerking over grenzen heen.’

Dat de natuur zich heeft kunnen herstellen, komt niet in de laatste plaats door de goede contacten tussen natuurbeschermers en boeren in het gebied. Relaties waarin al jarenlang wordt geïnvesteerd, waardoor het onderlinge vertrouwen is gegroeid. ‘En we doen ook een historische analyse: wat waren de kantelmomenten of mijlpalen? Het opstellen van een breed gedragen landschapontwikkelingsplan, het aantrekken van publieke én private middelen en het delen van resultaten: allemaal momenten die aan het succes hebben bijgedragen.’ Het valt Baumgarten op hoe constructief de gesprekken verlopen, ondanks de soms uiteenlopende belangen. ‘De vraag is dan ook hoe mensen binnen die groep kunnen samenwerken om hun eigen, persoonlijke ambities te realiseren.’ Tiny Wigman, die al twintig jaar bouwt aan een breed netwerk in het gebied, knikt bevestigend. ‘Wat hier essentieel is, is dat we met mensen praten en niet met instituties. Als individu zitten mensen er minder geharnast in dan wanneer ze spreken namens een bredere groep en zich aan de afgestemde statements moeten houden.’

Inzicht in insecten

Wat is de invloed van het landschap én het beheer op de aanwezigheid van insecten? Met behulp van kleine tentjes, potjes en camera's zoekt ecooloog Robin Lexmond naar het antwoord op die vraag. ‘Alleen nieuwe landschapselementen aanleggen volstaat niet, goed beheer is cruciaal.’

Waar op veel plaatsen in de wereld de noodklok wordt geluid vanwege het uitsterven van allerlei insectensoorten, lijken de signalen over het herstel van biodiversiteit in de Ooijpolder positief. Om dat met cijfers te onderbouwen en verbanden te zoeken met de wijze waarop de natuur wordt beheerd, brengt Lexmond de diversiteit in kaart. ‘Dat doe ik door insecten te vangen, zodat we informatie krijgen over de aantallen, de soorten en de biomassa.’ Dat vangen gaat op verschillende manieren: voor vliegende insecten gebruikt ze zogeheten malaisevallen (kleine tenten waar ze in vliegen), voor insecten die over de bodem bewegen potvallen die werken als valkuil. Ook staan op verschillende plekken innovatieve insectencamera's voor de monitoring. ‘Ik vergelijk plekken waar een landschapselement is aangelegd, zoals een haag of een bloemrijke strook, met een boerenperceel zonder landschapselement. In het oostelijke deel van het gebied is de dooradering nog niet gerealiseerd. Het is dus interessant om te zien hoe het daar met de populaties is gesteld.’



Game on! Agenten spelen tegen stress

Hoogleraar experimentele psychopathologie Karin Roelofs (Radboud Universiteit) heeft met haar team een VR-game ontwikkeld om politieagenten te trainen in het controleren van hun stressreactie bij dreigende situaties. Zo kunnen ze betere beslissingen nemen.

Wat is de ontdekking?

‘Politieagenten moeten onder dreigende situaties hun lichamelijke stressreacties snel onder controle krijgen. Als dat niet lukt, maken ze veel fouten, is aange-toond. Op basis van eerder onderzoek naar stressbestendigheid hebben we een VR-training ontwikkeld om politieagenten hierin te trainen. Met VR is het ons gelukt om stress enorm gecontroleerd te laten oplopen. We laten de agenten onder hoge druk politie-relevante acties ondernemen en geven tegelijkertijd real-time biofeedback op hun stressreactie. Dankzij een nieuw zogeheten closed-loopsysteem wordt het donker in het spel als hun hartslag-variabiliteit afneemt. Zo leren ze hun hartslag onder controle te krijgen. We zagen in de resultaten dat de agenten niet alleen beter werden in de game, maar dat de vaardigheden ook doorwerkten daarbuiten.’

Waarom is dit een doorbraak?

‘Er zijn genoeg games bij de politie, maar wat deze game anders maakt, is dat het gebaseerd is op een door fundamenteel onderzoek onderbouwd werkzaam element. De politie moet in korte tijd veel agenten opleiden, dus dan is een training die precies dát traint wat daadwerkelijk effect heeft, heel welkom. Wat ik ook belangrijk vind, is dat we met onze game van stress iets tastbaars hebben gemaakt in een product dat niet soft is, maar stoer. Veel agenten gaan gebukt onder stressklachten, maar het past niet in de cultuur om erover te praten. Met de game geven we hen handvatten om stress bespreekbaar te maken en te voorkomen.’

Hoe is dit resultaat tot stand gekomen?

‘Je zou kunnen zeggen dat het *slow science* was: we hebben er vijftien jaar over gedaan om hier te komen. We zijn begonnen met heel fundamenteel dieronderzoek naar hoe *freeze*-, *fight*- en *flight*-reacties werken. Vanuit daar hebben we ons onderzoek langzaam opgebouwd tot deze toepassing. We hebben nauw samengewerkt met een *game developer*, met programmeurs en met de politie.’

Hoe heb je de ontdekking beleefd?

‘Ik loop al een aantal jaar mee, maar dit was eigenlijk de eerste keer dat ik dacht: hier moeten we echt wat mee. Ik ben vooral trots dat de game die we nu ontwikkeld hebben, een directe vertaling is van fundamenteel onderzoek naar iets wat voor de praktijk heel relevant gaat zijn.’

Welke impact heeft het onderzoek, nu en in de toekomst?

‘De Politieacademie heeft besloten te gaan investeren om de game daadwerkelijk te integreren in het bestaande curriculum, met als doel om uiteindelijk alle agenten hiermee te trainen. We blijven zelf ook betrokken om onder andere te onderzoeken of de game ook op de lange termijn effect heeft. We richten ons nu op de preventie van stressklachten bij agenten, maar uiteindelijk ben ik een angstonderzoeker en is mijn missie om ook breder preventief stress te verminderen. Zo zou ik deze technologie ook willen gebruiken bij kinderen met angstklachten.’

‘Met VR is het ons gelukt om stress enorm gecontroleerd te laten oplopen’





Weerbaar uit de crisis

Humanitaire hulp is steeds minder tijdelijk van aard en richt zich meer op het opbouwen van de veerkracht van een gemeenschap die getroffen is door een ramp. Het is een van de uitkomsten van onderzoek binnen de humanitaire studies, een vakgebied waarin volgens Spinozalaureaat Thea Hilhorst de bevindingen vaak niet zo eenduidig of spectaculair zijn. ‘Wij ontdekken geen nieuwe planeten.’

Al 25 jaar onderzoekt Thea Hilhorst, hoogleraar humanitaire studies aan de Erasmus Universiteit, wat humanitaire crises aanrichten en hoe samenlevingen daarmee omgaan. De Spinozapremie die ze dit jaar ontving is niet alleen een opsteker voor haar persoonlijk, maar betekent ook erkenning voor het vakgebied dat zij mee ontwikkeld heeft.

Waar gaan humanitaire studies precies over?

‘Mensen denken bij humanitaire studies vooral aan hulp. Maar het uitgangspunt van ons onderzoek is niet de hulp, het is de crisis. Waar is de crisis door ontstaan en wat betekent dat voor de lokale gemeenschap, overheden en internationale organisaties? Humanitaire hulp is maar één aspect in een ingewikkeld web van spelers en beslissingen. Rampen zijn vaak het gevolg van politieke keuzes. Hoeveel prioriteit geven (lokale) overheden en hulporganisaties aan het bestendig maken van kwetsbare gebieden? En hoe goed zijn inwoners voorbereid? Dat soort dingen onderzoeken wij.’

En tot welke inzichten leidt dat?

‘We doen vooral observaties en bouwen daarop verder. Zo zagen we dat 35 procent van de rampen gebeurt in conflictgebieden. Terwijl respons-

modellen daar niet op ingericht zijn omdat academici en beleidsmakers in silo's werken: ze zijn gespecialiseerd in rampen óf conflicten. Niet in de combinatie. In het internationale beleid over rampen komt het woord conflict niet eens voor. Daar zitten natuurlijk politieke krachten achter, zoals *ignoracy*: het moedwillig niet

willen weten van informatie. Heel interessant. Wat we verder zien is dat humanitaire hulp steeds meer verschuift van klassieke, tijdelijke hulpverlening naar *resilience humanitarism*: het weerbaar maken van een gemeenschap. Dat betekent veel voor de organisatie van hulp. Nationale actoren spelen een steeds grotere rol en steeds meer verschillende soorten hulp zijn nodig. Het maakt nogal uit of er een ramp gebeurt in Jemen of in Nepal. In onze onderzoeken werken we daarom met landengroepen, waarbij we landen indelen naar de mate van conflict in het land, de mate van armoede of hoe sterk de overheid is. We ontwikkelen scenario's, waarin theorie en empirie samenkomen.’

U doet interactief onderzoek, hoe werkt dat?

‘In het klassieke wetenschapsmodel doen mensen onderzoek en als het klaar is delen ze hun bevindingen met beleidsmakers die dit vervolgens naar de praktijk vertalen. Bij interactief onderzoek zit de communicatie door het hele onderzoek heen gewoven. Wij staan constant in contact met onze stakeholders en koppelen alles terug. We beginnen niet per se met beleid, maar betrekken juist mensen uit de praktijk omdat we denken dat daar veel kennis en vernieuwing zit. Zeer recent zijn we vanuit die gedachte ook begonnen met observatoria (zie kader). In Congo, Ethiopië

en Colombia zitten 25 lokale mensen vanuit verschillende hoeken bij elkaar: academici, vluchtelingen, mensen uit de internationale hulpverlening, *civil society*. Zij denken mee over wat er onderzocht moet worden en maken zelf ook deel uit van het onderzoek. Iedereen heeft minstens vijftien jaar werkervaring, dus in zo'n kamer zit 375 jaar ervaring bij elkaar. *Embodied knowledge* noem ik dat. Daar kan geen consultant tegenop. Iedereen heeft het tegenwoordig over dekoloniseren, laten we eens kijken of we daar zo meer vorm aan kunnen geven.’

U werkt graag met lokale onderzoekers?

‘Zeker. In de eerste plaats vanwege de *embodied knowledge* die zo iemand heeft. Mensen uit het land zelf snappen de context waarbinnen we onderzoek doen veel beter. Daarnaast zijn ze heel gemotiveerd om hun eigen leefomgeving te verbeteren en de resultaten van onderzoek toe te passen in de praktijk.’

Bent u een idealist?

‘Ik denk dat ik vooral een positief ingestelde wetenschapper en docent ben. Ik ben wel kritisch, maar probeer altijd handelingsperspectief te bieden. Ik gun iedereen een mentale floss. Of het nou leden van de Tweede Kamer of van de protestantse kerk zijn. Ik wil de kennis van mensen verbreden door verhalen te vertellen over de plekken waar ik kom. Dat is ook de reden dat ik soms om kwart over vijf opsta om in Goedemorgen Nederland over mijn vak te praten. Als ik mijn best doe om twee uur les te geven aan twintig bevroegen studenten, dan zou ik wel gek zijn als ik de kans niet grijp om tweehonderdduizend kijkers aan te spreken.’

Mist u de diepgang niet in die mediaoptredens?

‘Het irriteert me wel dat in sommige programma's wordt gedaan alsof wetenschap ook maar een mening is. Wetenschap is een van de steunpilaren van onze samenleving. Dat wetenschap als instituut kan bestaan en autonoom kan opereren is een collectief goed. Daar moeten we zuinig op zijn. Het is extra mooi dat dankzij de Spinozapremie ook mijn vak tot de serieuze wetenschap wordt gerekend. Dat opent deuren en dat is nodig ook. Ik heb dertig promovendi afgeleverd die nu allemaal op hun eigen manier bijdragen aan een betere wereld. Dat mogen er nog veel meer worden. Misschien ben ik wat dat betreft toch meer een idealist dan ik dacht.’



Ondernemende vluchtelingen zekerheid bieden

Saba al Kuntar komt uit Syrië en doet aan de Erasmus Universiteit Rotterdam onderzoek naar Syrische vluchtelingen die ondernemen in Libanon. ‘Vaak wordt gedacht dat vluchtelingen afhankelijk zijn van internationale hulp om te overleven, maar voor de meeste vluchtelingen geldt dat niet. Zij hebben vroeger een vak geleerd en werk verricht. Eenmaal in een nieuw land pakken mensen dat vaak weer op. Soms verdienen ze net genoeg geld om te overleven en soms maken ze serieuze winst. Er zijn veel succesvolle Syrische schoenmakers, kledingherstellers en restauranteigenaren in Libanon, maar ze leven bijna allemaal in onzekerheid omdat ze elk moment het land uit gezet kunnen worden. Libanon is een klein land met een slechte economie. De toestroom van een miljoen Syrische vluchtelingen legt zo'n zware druk op het land, dat de regering heeft besloten ze niet langer vluchteling maar *displaced* te noemen. Daarmee zijn ze in feite rechteloos: ze mogen niet in Libanon wonen en werken. Ook niet als ze een goedlopend bedrijf hebben. Ik pleit ervoor Syrische ondernemers meer zekerheid te bieden. Daarmee geef je ze de kans om een normaal leven te leiden en maak je ze weerbaar in plaats van afhankelijk.’



Besluitvorming op de juiste plek

Delu Lusambya doet aan de Erasmus Universiteit Rotterdam onderzoek naar humanitair bestuur in de Democratische Republiek Congo (DRC), het land waar hij zelf vandaan komt, vanuit een observatorium. ‘Op basis van dit onderzoek doen we aanbevelingen die we delen met de meer dan honderd internationale en lokale hulporganisaties die hier actief zijn. We adviseren onder andere om de lokale bevolking meer bij de besluitvorming te betrekken. Internationale organisaties hebben de neiging hulp te verlenen zonder aan de lokale gemeenschap te vragen welke hulp nodig is. Zo krijgen mensen zaden in een jaargetijde waarin niet gezaaid kan worden en worden muskietennetten uitgedeeld in regio's waar helemaal geen muggen zijn. Een ander advies dat uit ons onderzoek komt is om de lokale bevolking als gelijkwaardige gesprekspartner te betrekken. Internationale organisaties zien hen vaak als mensen aan wie ze moeten uitleggen wat ze moeten doen, in plaats van als mensen die zelf een zinnige bijdrage kunnen leveren. Het is beter om de lokale bevolking zelf te vragen hoe dingen in DRC werken, in plaats van het in Amerika op de computer uit te zoeken. Tot slot adviseren we om de coördinatie van humanitaire hulp veel meer bij de overheid te leggen. Omdat DRC een zwakke overheidsstructuur heeft, bepalen de internationale organisaties zelf waar ze hulp geven, aan wie en onder welke voorwaarden. Dat geeft ze macht die eigenlijk niet bij hen zou moeten liggen.’

Grip op dementie

In 2040 hebben ongeveer een half miljoen mensen in Nederland dementie, luidt de verwachting. Het belang van onderzoek kan dan ook niet worden overschat, vindt hoogleraar Wiesje van der Flier, neuropsycholoog, epidemioloog en wetenschappelijk directeur van het Alzheimer Centrum Amsterdam. Wetenschappers uit verschillende disciplines vinden manieren om de ziekte uit te stellen, te vertragen of te stoppen.

'Dementie is een van de grootste uitdagingen van onze tijd', zegt Van der Flier. Ze is betrokken bij verschillende onderzoeksprojecten die moeten helpen grip te krijgen op dementie en in het bijzonder de ziekte van Alzheimer. Zo geeft ze leiding aan een groot publiek-privaat consortium, waarin dertig partners sinds het voorjaar van 2021 samenwerken aan een toekomst waarin de ziekte van Alzheimer voorspeld en voorkomen kan worden. 'We doen onderzoek naar de diagnostiek van de toekomst

met digitale tools zoals wearables, naar op bloedsamples gebaseerde biomarkers (zoals bepaalde eiwitten en typen hersenschade, red.) en naar genetische risicofactoren voor dementie. Ze worden nu nog niet ingezet bij routineonderzoek, maar de ontwikkelingen gaan razendsnel.' Daarnaast is er aandacht voor de mensen met dementie en hun naasten die op dit moment hulp en ondersteuning nodig hebben. Onderzoeker Janet MacNeil-Vroomen (p.32-33) stelt samen met hen zorgpakketten op maat samen.

Eerder ingrijpen om ziekte uit te stellen

Van der Flier bepleit een paradigmaverandering in onderzoek en zorg met betrekking tot alzheimer. 'Dementie is het laatste stadium van alzheimer. De ziekte begint al twintig jaar vóórdat er sprake is van dementie. Als je je realiseert dat alzheimer geleidelijk ontstaat, net zoals kanker, dan kun je misschien al eerder ingrijpen om die ziekte uit te stellen, te vertragen of te stoppen. Dáár moet de wetenschap zich op richten.' Het 100-plus onderzoek dat onder leiding van Henne Holstege plaatsvindt (p.33) is een van de studies die hieraan bijdragen. Daarnaast moet er meer aandacht komen voor verschillen tussen mensen. Omdat alzheimer een langdurige, grote en complexe ziekte is, verloopt het ziekteverloop bij iedereen anders. Van der Flier: 'Hoe de ziekte zich ontwikkelt, is bijvoorbeeld afhankelijk van je genetische aanleg of van specifieke eiwitten die erbij betrokken zijn.'

Leefstijlverandering en medicijnen

Van der Flier ziet twee manieren om dementie te voorkomen of te vertragen. 'De eerste is inzetten op leefstijlverandering. Daarbij helpt een multimodale aanpak het beste, wat betekent dat je met allerlei leefstijlfactoren aan de slag gaat: voeding, bewegen, cognitieve

training en nog veel meer. De tweede manier is medicatie. Er zal niet één medicijn komen dat de ziekte oplost. En het eerste medicijn dat op de markt komt, zal waarschijnlijk een klein effect hebben, dus daarmee is de ziekte niet gestopt. Maar ik ben hoopvol dat er medicijnen komen die daadwerkelijk het ziekteproces ombuigen, zodat we geleidelijk steeds beter en steeds meer op maat de ziekte kunnen stoppen om dementie te voorkomen.'

Vuilnisophalers in de hersenen

Lichtpuntjes aan de horizon zijn er genoeg, maar wat gebeurt er nu al? 'Een van belangrijkste ontwikkelingen van de afgelopen tijd is dat we alzheimerschade in de hersenen mogelijk kunnen aantonen met een bloedtest. Dat is goedkoper en patiëntvriendelijker dan met de PET-scan of ruggenprik. Daarnaast ontdekten we dat we met behulp van biomarkers drie tot vijf jaar voordat iemand dementie krijgt – dus in het stadium dat er sprake is van milde cognitieve stoornissen – kunnen voorspellen wanneer iemand precies dementie ontwikkelt. Die voorspelling willen we graag vervroegen, maar er is een langere follow-up nodig om daarover betrouwbare uitspraken te kunnen doen.'

Van der Flier werkte zelf onder meer mee aan

een groot internationaal onderzoek waarin vijfenzeventig risicofactoren voor alzheimer zijn geïdentificeerd. Daarbij zitten 'oude bekenden' zoals de alzheimer-eiwitten amyloïd en tau, en werden ook nieuwe bevindingen gedaan. Zo lijkt het erop dat aangeboren immuniteit en de werking van microglia, de 'vuilnisophalers' in de hersenen, betrokken zijn bij het ontstaan van alzheimer. De onderzoeksuitkomsten zijn mogelijk bruikbaar om voor toekomstig geneesmiddelenonderzoek de juiste patiënten te selecteren.

Medicatie op maat

Van der Flier is optimistisch over de toekomst. De eerste generatie medicijnen lijkt eraan te komen. 'Dan hoop je dat het effect steeds groter wordt, de toediening gemakkelijker en de bijwerkingen minder. Tegelijkertijd weet je dat één aanknopingspunt niet genoeg is, dus er moeten verschillende soorten medicatie komen. Betty Tijms identificeert in haar onderzoek drie alzheimer-types (p.32) en we gaan zien of het ene medicijn bij het ene type werkt en het andere bij een ander type. Maar misschien heeft het ene type alzheimer baat bij leefstijlinterventies en het andere helemaal niet. Dat zijn vragen waar we ons de komende tijd op richten.'



Sinds vijf jaar geleden dementie werd vastgesteld bij zijn vrouw Lam de Wolf, verwerkt kunstenaar Jos Houweling haar verwarde, en soms grappige, uitspraken tot collagekunst.



Verkeerd verbonden

De methode die Betty Tijms heeft ontwikkeld voor het analyseren van hersenconnectiviteit, wordt nu wereldwijd gebruikt bij het bestuderen van diabetes, Parkinson, hersentumoren en psychische aandoeningen.

‘Dankzij biomarkers voor alzheimer zoals het eiwit bèta-amyloïd, kunnen we deze ziekte in de hersenen detecteren nog voordat mensen dement zijn. Ook als dit eiwit in grote hoeveelheden in de hersenen aanwezig is, kan het toch nog heel lang duren voordat mensen daadwerkelijk dement worden. Hoe lang, verschilt per persoon: sommigen blijven nog tien jaar stabiel, anderen zijn al binnen drie jaar ziek. Die eerste groep heeft blijkbaar beschermende biologische factoren, maar welke? Mijn onderzoek naar hersenverbindingen heeft uitgewezen dat mensen met een sterkere hersenconnectiviteit trager achteruitgaan en andersom: mensen met slechtere verbindingen gaan sneller achteruit. We zagen ook dat hersencellen die veel met elkaar samenwerken, tijdens de ziekte van Alzheimer ook samen

afsterven. Maar omdat hersencellen graag verbindingen aangaan, proberen ze wel nieuwe connecties te maken. De een lukt dat beter dan de ander. Dat verklaart waarschijnlijk dat mensen met evenveel bèta-amyloïd in hun hersenen toch niet even snel dement worden. Waarom het maken van nieuwe verbindingen soms wel en soms niet goed lukt, hangt vermoedelijk samen met drie moleculaire subtypes van alzheimer. Die heb ik gevonden na het analyseren van vierduizend eiwitten in het hersenvocht. Je zou het drie alzheimer-types kunnen noemen. We gaan nu onderzoeken welke eiwitten samenhangen met sterke of juist slechte hersenverbindingen, en hoe die twee zaken met elkaar veranderen over tijd. Als we dat proces beter begrijpen, kunnen we type-specifieke medicijnen ontwikkelen om hersenconnecties te versterken. Zo hopen we in de toekomst dementie te vertragen of te voorkomen.’

Betty Tijms is psycholoog en neuro-informaticus bij het Alzheimercentrum Amsterdam.

Alles willen kan niet

Mensen met dementie en mantelzorgers verschillen flink in hun zorgbehoeften. Dat blijkt uit een internationaal vergelijkend onderzoek van Janet MacNeil Vroomen naar de macro-effecten van hervormingen van de gezondheidszorg voor ouderen.

‘Toen in 2015 veel verpleeghuizen sloten en mensen langer thuis moesten blijven, vroeg ik me af: welk type zorg hebben mensen met dementie en hun mantelzorgers nodig, op een manier die ook daadwerkelijk uitgevoerd kan worden? Uit literatuuronderzoek bleek dat er nog weinig kennis was over het samenstellen van zorgpakketten in samenwerking met mensen met dementie en hun mantelzorgers. Mijn team heeft een methode ontwikkeld en daarna hebben we twintig stellen geïnterviewd over hun zorgbehoeften. Mensen met dementie en mantelzorgers bleken flink te verschillen in wat ze het belangrijkste vonden. Voor de mensen met dementie was dat dagelijkse hulp en sociale zorg, voor mantelzorgers de organisatie van de zorg en emotio-

nele ondersteuning. Uiteindelijk identificeerden we zeven factoren die mensen belangrijk vinden in een zorgpakket. We hebben een aantal zorgpakketten ontwikkeld – als eerste in de wereld samen met de doelgroep – waarin het gewicht van die zeven factoren verschilt. Mensen met dementie en hun mantelzorgers moeten vervolgens samen een keuze maken. Alles willen kan niet. We zetten nu een onderzoek op waarin we zo veel mogelijk verschillende mensen willen betrekken: stedelingen en dorpelingen, hoogopgeleiden en praktisch opgeleiden, mensen met verschillende culturele achtergronden. Vooral dementerende ouderen met een migratieachtergrond worden slecht gezien. Verder zijn we in gesprek met onder meer Zorginstituut Nederland en zorgverzekeraars over de concrete inhoud van de zorgpakketten. Als dat rond is, gaan we eraan werken dat ze ook echt worden ingevoerd.’

Janet MacNeil Vroomen is universitair docent op de afdeling geriatrie van het Amsterdam UMC en programmaleider van Aging & Later Life.

Gelukkige genen

Hoe kunnen we ons brein tot op hoge leeftijd gezond houden? Het antwoord op die vraag kunnen we leren uit de vergelijking die Henne Holstege maakte tussen het genoom en de hersenen van gezonde honderdplussers met die van mensen met alzheimer.

‘Dat “onze” meer dan vierhonderd honderdplussers zo gezond zijn, is uitzonderlijk. Ze zijn cognitief heel goed en lichamelijk ook. Dat komt onder andere omdat ze een fantastisch afweersysteem hebben. Sommigen zijn vroeger dik geweest, anderen roken nu nóg. Allemaal hebben ze heel veel geluk met hun genen. En wij willen weten hoe dat geluk eruitziet. Kunnen we dat nabootsen, zodat we het proces van dementie kunnen uitstellen? Het brein van gezonde honderdplussers is jonger dan hun kalenderleeftijd, ook wanneer ze alle verouderingseiwitten hebben. Sommigen zitten bommetjevol met tau en amyloïd, maar scoren cognitief toch heel goed. Anderen hebben maar heel weinig van zulke verouderingseiwitten. Kortom: er is op die leeftijd geen

verband tussen de hoeveelheid verouderingseiwitten en het functioneren van mensen. En dat is wel zo als je vijftig bent. Wij hebben de samenstelling vergeleken van de hersenen van overleden mensen die alzheimer hadden, van overleden mensen die niet dement waren en van overleden gezonde honderdplussers. Je ziet dan bijvoorbeeld dat microtubules, eiwitten die hersencellen hun vorm laten behouden, in hoeveelheid afnemen naarmate mensen ouder worden. Maar bij gezonde honderdplussers zijn ze er nog steeds in grote hoeveelheden. Datzelfde geldt voor myeline, een “smeermiddel” voor de communicatie in de hersenen. De afbraak van microtubules en myeline moeten we dus proberen tegen te gaan, maar hoe? Welke processen zorgen ervoor dat we aftakelen? Welke genen coderen voor eiwitten die cruciaal zijn voor het behoud van een gezond brein? Zulke vragen hopen we te beantwoorden, zodat we op den duur dementie kunnen vertragen of uitstellen.

Henne Holstege is projectleider van dit onderzoek bij het Alzheimercentrum Amsterdam.



Onze apparaten worden steeds vaker op afstand aangestuurd. Slimme meters.

Thermostaten. Wasmachines en oplaadpalen die aanspringen als de energieprijs laag is.

Ook bruggen, sluizen en energiecentrales werken niet meer analoog. Dat biedt voordelen,

maar ook nieuwe gevaren:

hoe houden we hackers buiten

ons almaar uitdijende Internet

of Things? Met 'software-

ingrediëntenlijstjes' en betere

ontwerpregels maken we de

samenleving meer *cybersafe*.

Volgens prognoses zijn er in 2030 wereldwijd zo'n 75 miljard via internet gekoppelde apparaten. Maar: vaak zonder dat er een 'analoge' terugval-mogelijkheid is. En dat is behoorlijk riskant. Want het Internet of Things (IoT) kent geen centrale aansturing. 'Veel IoT-systemen worden buiten ons zicht gemaakt, op plaatsen waarover we geen controle hebben. Dat zorgt voor grote veiligheidsrisico's', zegt hoogleraar cybersecurity Sandro Etalle (Technische Universiteit Eindhoven). 'Dit vereist een systematische aanpak, met duidelijke regels voor het ontwerp en beheer van IoT-systemen. Anders wordt onze cyberveiligheid fundamenteel ondermijnd.'

Cyberisico in huis halen

Cyberdreiging klinkt als een ver gevaar waar vooral grote bedrijven en overheden mee te maken hebben. Maar ook als particulier kun je een cyberrisico in huis halen, zonder dat je er erg in hebt. Neem een beveiligingscamera of videodeurbel die in elke elektronicawinkel voor een paar tientjes te koop is. Als je niet oppast, kunnen anderen via zo'n apparaat

meekijken. Zelfs als alle veiligheidsmaatregelen in acht zijn genomen, zoals goede wachtwoorden en aangepaste toegangspoorten, ben je niet per definitie veilig. Want de industrie die aan het internet verbonden IoT-devices fabriceert, krijgt steeds meer de trekken van de auto-industrie: de onderdelen worden overal vandaan gehaald. 'Dat geldt zelfs voor de computercode voor de besturing van dit soort devices', vertelt Etalle. 'Producenten gebruiken voor de softwareontwikkeling vaak *libraries* die op het internet staan. Dat is goedkoop en brengt de ontwikkelingskosten naar beneden. Maar wat als in zo'n bibliotheek een kwetsbaarheid zit – een bug? Dan heeft jouw camera dus ook een probleem.'

Eerste in de wereld

Etalle heeft een langlopend programma waarin 45 partijen samenkomen om alle cyberrisico's het hoofd te bieden. Er zitten universiteiten en onderzoeksinstellingen aan tafel, het ministerie van Binnenlandse Zaken, maar ook ict-bedrijven en partijen als de Consumentenbond en Betaalvereniging Nederland. 'Internetveiligheid raakt de hele samenleving en cybersecurity is daarom per definitie multidisciplinair. Je hebt zowel mensen van de 'zachte' kant als de harde, technische kant nodig', zegt Etalle. 'Samenwerken met zo veel partijen is soms uitdagend, maar als je allemaal in een aparte doos zit te werken, bereik je niet veel. Het is een mijlpaal dat wij – als eersten in de wereld – zo'n omvangrijk en veelzijdig onderzoek hebben opgezet en kennis uitwisselen om tot concrete oplossingen te komen.' Het programma komt niet uit de lucht vallen. Al sinds het begin van deze eeuw wordt geïnvesteerd in samenwerking met bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen. Niet alleen heeft dat gezorgd voor een brede onderzoeksgemeenschap op het terrein van digitale veiligheid, maar ook voor een publiek-privaat netwerk waarin partners elkaar makkelijk kunnen vinden. De economische impact voor betrokken bedrijven gaat hand in hand met de doorlopende ontwikkeling van kennis, die een belangrijke bijdrage levert aan het publieke debat over dit onderwerp.

Explosie ransomware-aanvallen

Dat er een grote dreiging voor de samenleving als geheel is, blijkt wel uit de explosie van het aantal ransomware-aanvallen in de afgelopen jaren. Criminelen 'gijzelen' computersystemen en gebruikers kunnen er pas weer in als ze betalen. Dat kan om miljoenen gaan. 'Cybercriminaliteit wordt met de dag lonender en de technische details steeds geavanceerder', constateert Etalle. 'Een paar jaar geleden kostte een gerichte cyberaanval weken van voorbereiding, maar nu kunnen criminelen in een paar uur binnen komen. Dat maakt het heel lastig om iets te doen voordat het te laat is.' Dat ziet ook de Nederlandse regering. 'De veiligheid in de digitale wereld blijft nog ver achter bij die in de fysieke wereld', constateerde het kabinet dit najaar bij de presentatie van de nieuwe nationale cybersecuritystrategie 2022-2028. Daarin worden tientallen miljoenen euro's uitgetrokken voor cyberveiligheid. Ook komt er één centrale cybersecurity-autoriteit.

Hackers openen professionele 'helpdesks'

En dat is bepaald geen overbodige luxe, want de georganiseerde misdaad lijkt zich goed thuis te voelen in cyberspace. Hackerscollectieven openen professionele 'helpdesks' waar hun slachtoffers hulp krijgen om het losgeld te betalen en de bestanden weer te ontgrendelen. Talloze bedrijven hebben het inmiddels ondervonden. Zo drongen hackers recentelijk via een beveiligingsgat de computersystemen van MediaMarkt binnen en versleutelden die, waardoor het elektronica bedrijf er zelf niet meer in kon. Uitzendbureau Randstad, de Universiteit Maastricht en ook NWO horen bij de slachtoffers van spraakmakende aanvallen. Een phishing email is vaak de eerste stap. Wat de bedrijven betaalden? Niets, zeggen de meeste. Maar bekend is dat het bedrijf achter de grootste Amerikaanse brandstofpijplijn, de Colonial Pipeline Company, na een hack 4,4 miljoen dollar losgeld neertelde om weer in zijn systemen te kunnen. 's Werelds grootste vleesverwerker JBS betaalde zelfs elf miljoen dollar.

Aanval met politieke achtergrond

Ook staten misbruiken kwetsbaarheden in onze IoT-systemen. Van China is bekend dat het zich actief richt op het stelen van kennis van innovatieve bedrijven, blijkt uit het gezamenlijke rapport van Nederlandse veiligheidsdiensten van dit jaar. Rusland wordt vaak gekoppeld aan aanvallen op cruciale infrastructuur. De Maeslantkering kon een aanval afslaan, maar een op afstand bedienbaar windpark in Zuid-Holland was onlangs de klos: vijf turbines stonden maandenlang stil. Aangezien ransomware van een Russische hackersgroep werd aangetroffen, is het verleidelijk te denken dat het gaat om een aanval met een politieke achtergrond.

Druk over risico's

Lopen we dertig jaar nadat internet ontstond nog steeds als kippen zonder kop rond in cyberspace? Nee, vindt Etalle. Toch moet er gauw iets gebeuren om de verontrustende trend van hacking te keren. In ieder geval moet het bewustzijn van het gevaar omhoog, stelt hij. De gemiddelde consument maakt zich nog altijd nauwelijks druk over de risico's, maar kijkt vooral naar de prijs van een product. Om concurrerend te zijn, steken producenten van apparatuur onvoldoende inspanning in toekomstbestendige software. 'De prikkel ontbreekt om in veiligheid te investeren', zegt Etalle. 'Dat moet anders.'

Ingrediëntenlijst van software

Is er dan helemaal geen concrete vooruitgang? Zeker wel. Etalle noemt de komst van een *software bill-of-materials* (SBOM) een grote stap vooruit. Dit is een overzicht vergelijkbaar met een ingrediëntenlijstje op een voedselverpakking: het geeft weer welke componenten, bibliotheken en softwaretools zijn gebruikt om een softwarepakket te bouwen voor nieuwe IoT-devices. En net als bij informatie over risico op allergieën, geven SBOM's informatie om schade door bepaald gebruik van software te vermijden. Zo'n 'ingrediëntenlijst' kan ook van pas komen als er later defecten worden gevonden in een van de onderdelen van je software: je pakt de lijst erbij en ziet meteen of jouw software een bepaald defect heeft. 'Een SBOM is een mooi instrument om ervoor te zorgen dat de code die in IoT-devices wordt gebruikt toekomstbestendig is en een bepaald kwaliteitsniveau heeft', zegt Etalle. 'Zo weet je dus heel snel of bijvoorbeeld jouw camerasysteem een beveiligingsrisico loopt.' Het maakt snel ingrijpen mogelijk en voorkomt onnodige inspanningen als er niets aan de hand is.

Prijs niet langer allesbepalend

Daarnaast hamert Etalle op het belang van betere regelgeving bij het ontwerp van veiligere systemen. Bij aanbestedingen van projecten in ICT en infrastructuur zou de prijs niet langer allesbepalend moeten zijn. Een hoog cyberveiligheidsgehalte zou vaker een criterium voor gunning moeten zijn. Belastingvoordeel voor producenten van cyberveilige apparatuur is een andere mogelijkheid. 'We weten niet hoe het internet zich de komende jaren ontwikkelt en welke strategieën cybercriminelen gaan bedenken. Maar we kunnen wel proberen zo goed mogelijk te anticiperen.'



'De prikkel om in veiligheid te investeren ontbreekt. Dat moet anders'



Eindeloos taalvaardig

Menselijke taal is het meest krachtige communicatiesysteem dat de evolutie tot nu toe heeft geproduceerd, maar het is ook enorm complex. Van oudsher was het bestuderen ervan vooral het domein van taalkundigen. Door ook expertise uit andere vakgebieden in te brengen, hebben wetenschappers vernieuwende inzichten opgedaan over taal. Dat strekt zich uit van de genen en het brein tot sociale interactie en linguïstische structuren.

‘Kenmerkend voor de menselijke taal is dat het uniek is in zijn complexiteit en veel variatie heeft’, vertelt Peter Hagoort. Hij is hoogleraar cognitieve neurowetenschap aan de Radboud Universiteit en initiatiefnemer van het consortium Language in Interaction. Wetenschappers hebben tien jaar lang alle verschillende deelgebieden van het menselijk taalsysteem onderzocht. ‘Wij hebben een vast repertoire van klanken en woorden. Daarmee kunnen we een oneindig aantal nieuwe combinaties van boodschappen maken, die door de ontvanger nog steeds begrepen worden. Ons menselijk brein stelt ons daartoe in staat. Tegelijkertijd komt menselijke taal voor in heel veel variaties: wereldwijd worden meer dan zesduizend talen gesproken. Het verklaren en begrijpen van het evenwicht tussen die universaliteit en variabiliteit is de rode draad binnen onze onderzoeksprogramma’s.’

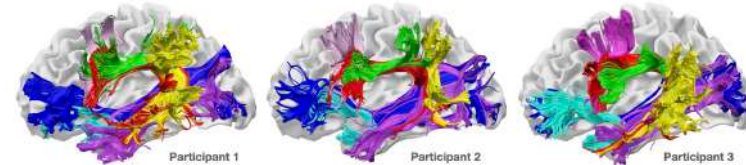
Nooit eerder samengewerkt

Het onderzoek maakt gebruik van kennis uit de taalkunde, maar door technologische vooruitgang op het gebied van rekenkracht en computermodellen bestaan er inmiddels veel meer mogelijkheden om taal te bestuderen. Hagoort: ‘Zo kunnen we nu geavanceerde rekenmodellen voor taalverwerking bouwen. Dankzij *neuro-imaging* zijn we in staat de neurale basis van de taalvaardige hersenen te bestuderen. En genetische *sequencing* geeft inzicht in de invloed van je genen.’ In de eerste fase van het brede onderzoeksprogramma konden alleen voorstellen worden ingediend voor onderzoek waarbij mensen met elkaar samenwerkten die dat nog nooit eerder hadden gedaan en nog nooit samen hadden gepubliceerd. ‘Zo kregen we samenwerkingsverbanden die anders niet tot stand waren gekomen.’

Alles wat we weten over taal

‘Sinds de start in 2012 zijn we veel te weten gekomen’, zegt Hagoort. Als voorbeeld noemt hij de nieuwe kennis over de variatie in taalgebieden in de hersenen en het inzicht dat ook andere gebieden dan die van Broca en Wernicke (gebieden waarvan bekend is dat ze verantwoordelijk zijn voor taalproductie, red.) een rol spelen bij taalgebruik. Een meer technische vernieuwing betreft de menselijke hersenschors, die uit zes lagen bestaat. Het is lastig om die lagen afzonderlijk goed in beeld te krijgen en te zien op welke laag welke activiteit plaatsvindt. Daar zijn wij als eersten in geslaagd, onder meer voor lezen en taalverwerking.’

Naast wetenschappelijke inzichten heeft het consortium ook praktische tools opgeleverd, zoals een app met spreekoefeningen voor patiënten met afasie en het leesprogramma Letterprins, om de leesvaardigheid van kinderen in groep drie te bevorderen. En niet te vergeten een boek: *Human Language*. ‘Alles wat we op dit moment weten over taal is in dit boek bij elkaar gebracht, aangevuld met bijdragen van andere taal-experts. Inmiddels is het uitgegroeid tot een belangrijk naslagwerk.’



Taalkaart op maat

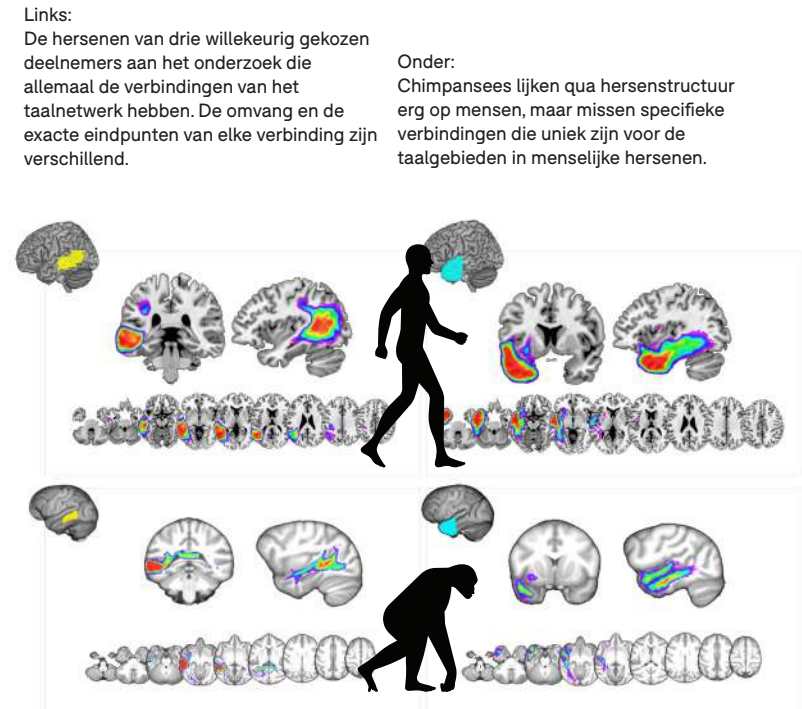
Een gangbare aanname is dat de taalgebieden in het brein er bij iedereen hetzelfde uitzien en hetzelfde functioneren. Maar onze hersenen verschillen onderling enorm, blijkt uit grootschalig onderzoek. Verschillende mensen leren een taal dus ook op verschillende manieren, volgens neurowetenschapper Stephanie Forkel.

‘We beschikken nu over een fantastisch assessment om iemands taalvaardigheden vast te stellen. De ene persoon is bijvoorbeeld goed in het leren van een nieuwe taal, de ander heeft juist een grote spreekvaardigheid.’ Het vier uur durende assessment is door ruim duizend proefpersonen uitgevoerd. Van 204 proefpersonen is vervolgens een MRI-hersenscan gemaakt van de gebieden die relevant zijn voor taalvaardigheid. ‘Vervolgens hebben we handmatig bestudeerd hoe die gebieden en de onderlinge verbindingen van persoon tot persoon verschillen. Het idee is dat de verschillen in de fysieke hersenen corresponderen met de verschillen in taalvaardigheden.’ Volgens Forkel is het nu al duidelijk dat er grote individuele verschillen zijn tussen de taalnetwerken in de hersenen van mensen. Uiteindelijk moet dit gepersonaliseerde taalkaarten opleveren op individueel niveau. ‘Dus als je een bepaald type verbindingen in je hersenen hebt, weet je straks welke manier van leren daarbij past. Zo zouden we wellicht programma’s om een taal te leren op maat kunnen maken. Of mensen die opnieuw moeten leren praten kunnen helpen met een therapeutische leermethode die specifiek bij hen past.’

Praten met je handen helpt

Sta je in een lawaaiige omgeving en wil je iemand wat vertellen, dan kun je je verhaal maar beter ondersteunen met handgebaren. Dat blijkt uit onderzoek van cognitief neurowetenschapper Linda Drijvers.

Drijvers doet onderzoek naar taal als multimodaal verschijnsel, ofwel het tegelijkertijd gebruiken van spraak en gebaren. ‘Gesproken taal is niet alleen iets wat je hoort, maar ook ziet. Het belang daarvan wordt nogal eens onderschat.’ Ze liet proefpersonen onder andere filmpjes met veel achtergrondgeluid bekijken, waarbij mensen werkwoorden uitspreken die een actie uitdrukken en daar handbewegingen bij maken. Drijvers keek naar de hersengolven in die delen van het brein waar visuele en motorische informatie, maar ook taal informatie worden verwerkt. ‘Wanneer handbewegingen hielpen om taal te herkennen, zagen we dat de hersengebieden voor zicht en voor taal en betekenis extra actief werden, maar ook het deel in de motorische hersengebieden voor het begrijpen van handgebaren.’ Drijvers onderzocht zowel mensen die in hun moedertaal werden toegesproken als mensen voor wie dat niet zo was. Beide groepen hadden baat bij ondersteuning met handgebaren. Als de ruis zwaarder werd, hadden de mensen die niet in hun moedertaal werden toegesproken wel minder profijt van handgebaren bij het begrijpen van de klanken. ‘Dat correspondeerde ook met minder activiteit in de hersengebieden voor de handmotoriek.’ Het onderzoek laat volgens Drijvers zien dat het belangrijk is om bij communicatie meer te letten op visuele uitingen, zoals gebaren. ‘Gehoortesten zijn bijvoorbeeld puur auditief, ze meten niet hoe we taal in de werkelijkheid waarnemen.’



Unieke verbindingen tussen taalgebieden

Wat maakt dat wij mensen een taal kunnen leren en gebruiken, en dieren niet? Uit onderzoek van Vitoria Piai, Joanna Sierpowska en Katherine Bryant blijkt dat mensen unieke verbindingen hebben tussen de taalgebieden van de hersenen.

‘We weten dat er twee gebieden zijn in de hersenschors van de temporale kwab – vlak vóór en achter het oor – die belangrijk zijn voor ons taalvermogen’, vertelt Vitoria Piai, taalpsycholoog en hoofdonderzoeker. ‘In ons onderzoek keken we vanuit een klinisch perspectief naar hoe uniek deze gebieden zijn: als er hersenletsel is in de temporale kwab, weten we dat het taalgebruik van een patiënt wordt aangedaan. Vervolgens keken we of die plekken verschillen in de hersenen van chimpansees. Chimpansees lijken qua hersenstructuur namelijk erg op mensen, alleen kunnen zij niet met taal communiceren zoals wij dat doen.’ In het onderzoek werden vijftig hersenscans van mensen vergeleken met 29 hersenscans van chimpansees. Piai: ‘We zagen in de menselijke hersenen heel duidelijk een patroon van verbindingen tussen het achterste deel van de temporale kwab en de frontale en pariëtale kwabben. En die zagen we niet terug in de hersenen van chimpansees. Dat suggereert dat ze cruciaal zijn voor ons om taal te kunnen gebruiken. Het omgekeerde zagen we ook: binnen de temporale kwab van chimpansees hebben we unieke verbindingen gevonden die de mens juist niet heeft.’ Het onderzoek helpt om het begrip van de hersenen te vergroten. ‘We snappen nu beter waarom hersenletsel op die plekken zulke ernstige gevolgen heeft. Dat is bijvoorbeeld relevante kennis bij operaties aan de hersenen, maar ook om meer accurate prognoses te kunnen geven aan patiënten.’

‘Wij zijn er als eersten in geslaagd goed in beeld te krijgen welke activiteit plaatsvindt op welk niveau in de hersenschors’

Nieuw voer voor gewoontedieren

Hoe voeden we een groeiend aantal inwoners zonder de planeet uit te putten? In Wageningen zoeken wetenschappers naar antwoorden op die vraag. Op bezoek bij diervrije-kaasmakers, een lab dat de kostbare eiwitten uit zeewier probeert te redden en onderzoek naar de waardevolle voedingsstoffen in insecten.

Promovenda Renske Bouma legt een doorzichtige cassette met 96 kleine reservoirs op tafel. Erboven houdt ze een metalen plaatje waar even veel metalen sprietjes uitsteken, als bij een borstel. 'Gemaakt door onze technici', licht ze toe. 'Zodat ik in een keer 96 kaasjes kan maken.' Het zijn bijzondere kaasjes, waar geen dier aan te pas komt. Onderzoekers van Wageningen University & Research proberen als enigen ter wereld met behulp van gisten gerijpte harde kaas te produceren, oftewel Goudse kaas van diervrije melk. 'Op basis van plantaardige ingrediënten zijn melk en zachte kazen ontwikkeld die veel consumenten acceptabel vinden', vertelt voedseltechnoloog Etske Bijl, die het onderzoeksconsortium leidt. 'Maar voor gerijpte harde kaas is nog geen diervrij alternatief. Daarom proberen wij gistcellen zo ver te krijgen om melkeiwit te produceren.'

Leeuwendeel vruchtbare grond

Met een groeiend aantal mensen op een planeet waar klimaatverandering de leefbaarheid bedreigt, moeten we op zoek naar duurzame eetgewoonten. Op dit moment claimt de veestapel het leeuwendeel van de vruchtbare grond. Gewassen die als veevoer worden gekweekt zoals mais en soja, nemen zeventig procent van het landbouwareaal voor hun rekening. Dat is geen houdbare situatie. Maar hoe moet het dan? Welke gezonde én lekkere producten met een kleine voetafdruk liggen in een duurzame toekomst op ons bord?

Voedseltoepassingen in zicht

Met twee milliliter melk per reservoir zijn de proefkaasjes van Bouma zo'n 0,2 gram. Niet de moeite waard voor consumptie, maar groot genoeg om de eiwitstructuren te onderzoeken. De eerste indruk is positief. 'De melk stremt, dat is goed nieuws.' Stremmen is een belangrijke horde in het kaasmaakproces, weet Bouma, die jaren in een koemelk-kaasfabriek werkte. Dat Bouma en Bijl zich met het project Diervrij melkeiwit überhaupt wagen aan de vraag of gisten ons kunnen voorzien van diervrije kaas, hangt samen met dalende kosten van deze precisiefermentatie. Wat in de jaren tachtig begon als kostbare methode om insuline te maken voor diabetici zodat het hormoon niet meer uit de

alveesklier van geslachte kalveren hoefde te worden gehaald, is inmiddels zo betaalbaar dat voedseltoepassingen in zicht komen.

Ingenieus mengwerk

In theorie wordt diervrije kaas als volgt gemaakt: gisten krijgen via genetisch knip- en plakwerk de bouwtekeningen en -instructies voor de vier belangrijkste eiwitten uit koemelk. Vervolgens zetten ze suikers en stikstof om in die eiwitten, caseïnes geheten. Met ingenieus mengwerk binden de caseïnes aan onder meer calcium tot grote eiwitclusters. En het zijn die clusters, caseïne-micellen, die Bijl en Bouma moeten hebben. Bijl: 'De koe vormt ze in de uier, zodat het calcium niet neerslaat maar verpakt in eiwitten bij het kalpje belandt. En die clusters zijn essentieel om melk te kunnen stremmen.' 'Zo krijg je de netwerken die de stevig-verende eigenschappen van Goudse kaas hebben', vult Bouma aan, terwijl ze met haar vingers in een denkbeeldig stuk kaas knijpt. 'Dankzij die structuur kan de kaas rijpen en ontstaan die hartige umami-aroma's.'

Economische haalbaarheid

De strem-mijlpaal in het onderzoeksproject laat zien dat Bouma en Bijl het werk van de uier kunnen nabootsen bij het vormen van die caseïne-micellen. Momenteel gebruiken ze losse eiwitten uit koemelk, dus de proefkaasjes zijn nog niet diervrij. Die komen er als het onderzoek naar de caseïne-productie door gistcellen verder vordert. 'Van alle individuele stappen weten we dat ze mogelijk zijn', aldus Bijl. 'Een belangrijke vraag is hoe efficiënt de gisten zijn in het produceren en uitscheiden van

caseïne. Dat bepaalt zowel de voetafdruk van het proces als de economische haalbaarheid van onze diervrije kaas.'

Zeewier vol waardevolle stoffen

Een gebouw verderop buigt bio-raffinage-onderzoeker Antoinette Kazbar zich over een grote vuilniszak waaruit een ziltig luchtje opstijgt. Er zit suikerwier in, gekregen van een Franse producent die er suiker aan onttrekt voor toepassingen in cosmetica, voeding en de farmacie. 'Zeewier wordt op grote schaal verbouwd voor suikers, maar het bevat ook eiwitten en andere waardevolle stoffen die nu verloren gaan. Terwijl eiwitten uit zeewier heel gezond zijn en ook nog eens een typisch zilte smaak hebben die goed werkt in visvervangers.' Zeewier vergt geen landoppervlak, zoet water of kunstmest en kan een duurzame voedingsbron vormen. De markt en productie groeien en Kazbar wil met haar onderzoeksproject het momentum benutten om het raffinageproces te verduurzamen.

Eindeloos herbruikbaar

Kazbars visie op zeewieraffinage is gestoeld op een innovatieve chemische techniek die gebruikmaakt van Deep Eutectic Solvents (DES). Daarbij worden twee of meer natuurlijke oplosmiddelen op zo'n manier gecombineerd dat het mengsel de precieze eigenschappen krijgt die nodig zijn om suikers, eiwitten en andere waardevolle voedingsstoffen een voor een uit de zeewiercellen te halen. Vervolgens scheiden Kazbar en haar collega's de nutriënten van de oplosmiddelen. 'We streven naar

'Wereldwijd eten miljarden mensen insecten, maar in Europa moeten we een drempel over'



raffinage met biologisch afbreekbare oplosmiddelen die eindeloos herbruikbaar zijn. Dit zou een energieslurpend raffinageproces met schadelijke chemicaliën waarbij ook voedingsstoffen verloren gaan, in één klap transformeren. Mijn promovendi en ik kunnen echt iets teweegbrengen in het verduurzamen van onze voedselketen en het economisch perspectief van zeewierboeren.' Kazbar heeft als idealistische wetenschapper niet alleen van doen met de gewoontes en ingesleten bedrijfsprocessen van producenten, maar ook met een kieskeurige markt. Veel zeewier is bruin, maar die bruine pigmenten mogen niet meekomen bij het onttrekken van de eiwitten. 'Ze zijn heel gezond, ze hebben antioxidante eigenschappen. Maar bruin is een kleur die ingewikkeld ligt bij consumenten.'

De drempel over voor insecten

Ook hoogleraar entomologie Marcel Dicke loopt daar tegenaan. Hij onderzoekt de rol die insecten kunnen spelen in ons toekomstig dieet. 'Insecten leveren hoogwaardige eiwitten, zijn veel gezonder dan andere dierlijke eiwitbronnen en hebben een aanzienlijk lagere ecologische voetafdruk.' Een kilo biefstuk vergt tot wel twintig kilo plantaardig voer, een kilo krekelvlees slechts 2,2. 'Om de planeet niet uit te putten, moeten we onze vleesconsumptie drastisch verminderen: van ruwweg tachtig kilo vlees per persoon per jaar in de EU naar ongeveer een kwart daarvan. En dan geen rund of varken, maar insect.' Dat zou de uitstoot van CO₂ drastisch verlagen en landbouwgrond vrijmaken, zodat natuur de ruimte krijgt en klimaatverandering wordt tegengegaan. 'Wereldwijd eten miljarden mensen insecten, maar in Europa moet de consument een drempel over.'

Schakel in circulaire landbouw

Dicke is een geduldige optimist die weet hoe voortschrijdend inzicht verandering teweeg kan brengen. 'In 2014 organiseerden we een internationaal symposium over insecten als eiwitbron voor mensen, toen een medewerker van de Europese Commissie zijn scepsis deelde. Dat zou nooit gebeuren, insecten waren immers bij wet verboden als voedingsmiddel.' Nu, zo'n acht jaar later, zijn vijf insecten wettelijk toegestaan als humane voeding en verschillende soorten ook als veevoer. Wetenschappelijk onderzoek liet zien dat consumptie van de dieren volkomen veilig en gezond is. Dicke probeert nu uit te vogelen welke insecten zich het best lenen voor teelt en welke voeding daarbij de voorkeur heeft. Wat hem betreft zouden de kostbare insecteneiwitten direct naar de mens moeten gaan, maar zo lang die consument moet wennen, richt hij zich op insecten als veevoer. 'Insecten kunnen een

'We kunnen echt iets teweegbrengen in onze voedselketen en het economisch perspectief van zeewierboeren'

belangrijke schakel vormen in een meer circulair landbouwsysteem. Ze kunnen leven op de onvermijdelijke reststromen uit de voedselproductie, bijvoorbeeld de planten die over zijn na de oogst van tomaten of mais. Vervolgens kunnen de insecten dienen als voer voor kippen of varkens.' Dicke loopt ook warm voor een ander circulair toekomstscenario: 'Diverse insecten kunnen leven op de mest van dieren of zelfs op onze uitwerpselen. Ik begrijp dat dat gevoelig ligt, dus dat heeft tijd nodig en onderzoek naar de veiligheid. Maar waarom zouden we wel champignons op paardenmest mogen kweken en insecten niet?'

Verbonden met de voedselketen

Op zoek naar manieren om alle nodige schakels in de verduurzaming van de voedselketen te verbinden, formuleerde Imke de Boer, hoogleraar dieren en duurzame voedselsystemen, met haar team een voedselvisie voor 2050. De Boer gaat onder andere in op manieren om een mentaliteitsverandering bij consumenten teweeg te brengen, bijvoorbeeld door hen deelgenoot te maken van de voedselproductie. 'Denk aan een aandeel nemen in een boerderij, in ruil voor een deel van de oogst. Deze aandeelhouders, die ik prosumenten noem, bepalen mede wat de boer verbouwt en helpen het risico dragen voor tegenslag door weersomstandigheden of ziektes. Dat maakt mensen bewust van de waarde van voedsel en van hun verbondenheid met de voedselketen en de aarde. We weten dat we minder dierlijke eiwitten moeten eten, we weten dat biodiversiteit in de bodem cruciaal is, dat we naar een meer circulair systeem moeten, ga zo maar door. Maar de uitdaging zit hem erin die veranderingen daadwerkelijk voor elkaar te krijgen.'

Geslaagde initiatieven

Mensen zijn gewoontedieren, zeker waar het hun eetpatroon betreft. Productieketens zijn complex en er zijn grote belangen gemoeid met de status quo. 'Binnen ons onderzoeksproject willen we verandering aanjagen door te kijken naar mensen, producenten en organisaties die er ondanks dit complexe speelveld in slagen het radicaal anders te doen.' De Boer noemt tal van voorbeelden: eierproducent Kipster, die haar kippen diervriendelijk huisvest en voedt op reststromen, of Bi-Jovira dat gewassen in stroken teelt zonder kunstmest en bestrijdingsmiddelen, en met zo min mogelijk verstoring van het bodemleven. 'Hoe komt het dat deze initiatieven slagen? Wat is ervoor nodig om die bedrijven op te schalen of hun aanpak als een inktvlek te laten verspreiden onder vergelijkbare spelers? Wij denken dat zij de systeemverandering kunnen aanwakkeren die zo noodzakelijk is. Als wetenschappers willen we daar op een praktijkgerichte manier aan bijdragen.'

Voorspellen wat genen doen

Bio-informaticus Aalt-Jan van Dijk (Wageningen University & Research) en collega's wisten met inzet van machine learning een innovatieve productiemethode voor geur- en smaakstoffen verder te verbeteren. Ze ontwikkelden een model om te voorspellen welk gen in een plant welk stofje maakt. Het model geeft voor een plant en het gewenste product een klein aantal 'kandidaat-genen'.

Wat is de ontdekking?

'Geur- en smaakstoffen in bijvoorbeeld frisdrank, luchtverfrisser of parfum zijn afkomstig uit plantenmateriaal. Om die te winnen moeten bomen en planten gekweekt en soms gekapt worden. Sinds vijf jaar is er een methode met microbiële productieplatforms: genen uit planten worden in bacteriën gestopt en die gaan dezelfde reacties uitvoeren als de plant. Het resultaat is hetzelfde product, maar dan geproduceerd onder gecontroleerde omstandigheden. Het moeilijke van deze methode is dat vaak onbekend is welk gen welk bestanddeel uit de plant maakt. Er zijn tienduizenden genen in een boom of plant en elk soort heeft ook weer andere genen. Het is dus zoeken naar een speld in een hooiberg. Samen met biologen van Wageningen en de Universiteit van Amsterdam hebben we een model ontwikkeld dat voor allerlei verschillende stofjes voorspelt welk gen verantwoordelijk is voor de aanmaak. Daardoor is minder experimenteel onderzoek nodig.'

Waarom is dit een doorbraak?

'Al vijftien jaar proberen wetenschappers de werking van deze genen te bepalen. Wij hebben met machine learning een manier gevonden om dat te doen. Er wordt tegenwoordig veel geïnvesteerd in *dna-sequencing*. Daardoor weten we veel over hoe DNA eruitziet, maar niet wat de verschillende delen doen.'

Hoe is de ontdekking tot stand gekomen?

'We moesten eerst een versimpeld model ontwerpen en dat hebben we in stapjes verder verbeterd. Ons model geeft nu voor een bepaalde plant en gewenst product een klein

aantal 'kandidaat-genen'. Daarbij hebben we inzichten uit de chemie en biologie in de machine learning gebruikt. Dat was nodig omdat er weinig trainingsdata beschikbaar waren. In de biologie is van slechts driehonderd genen die deze geur- en smaakstoffen maken bekend wát ze maken. Wij hebben laten zien dat je met weinig beschikbare data ook inzichten kunt gebruiken om toch een model te kunnen inzetten. Projectleider Harro Bouwmeester zit lang in het veld en zag dat het de moeite waard was om eerst dit model te ontwikkelen en zo op een andere manier die speld in de hooiberg te zoeken.'

Hoe heb je deze ontdekking beleefd?

Het was plezierig om technologie te ontwikkelen met mensen die verstand hebben van biologie en op basis van hun voorspellingen nieuwe experimenten te kunnen uitvoeren. Het benutten van inzichten uit de biologie en chemie geeft ook weer nieuwe technologische uitdagingen.

Welke impact heeft het onderzoek, nu en in de toekomst?

'Het onderzoek leidde tot een octrooiaanvraag van geur- en smaakstoffenproducent Isobionics, één van de drie betrokken partners. Daarnaast is de manier waarop wij machine learning gebruiken ook van waarde buiten de geur- en smaakstofindustrie, bijvoorbeeld om genen op te sporen die te maken hebben met resistentie tegen ziekten. Eigenlijk op alle terreinen waar je te maken hebt met DNA.'

'Er zijn tienduizenden genen in een boom, het is zoeken naar een speld in een hooiberg'



De fobie voorbij

Je handen worden klam, je hart klopt in je keel en het wordt zwart voor je ogen: mensen met prikangst kunnen heftige reacties ervaren wanneer ze een naald zien. Soms vallen ze zelfs flauw. Goed nieuws: er komen steeds meer oplossingen om mensen met prikangst te helpen, bijvoorbeeld door een app op je telefoon en door grote naalden te omzeilen.

Tussen de twintig en vijftig procent van de bevolking heeft last van prikangst, onder kinderen is dit zelfs zestig procent. Prikangst heeft een enorme impact op onze gezondheidszorg: mensen die hier last van hebben zijn minder snel geneigd om vaccinaties te halen of bloed te laten prikken, wat hun gezondheid weer kan schaden. In uiteenlopende vakgebieden werken onderzoekers aan innovaties tegen prikangst.

Stress onder controle met een app

Terwijl patiënten in de wachtkamer zitten, houden ze met een app hun stress onder controle. De afleiding van een spel helpt mensen met prikangst om rustig te blijven en niet flauw te vallen.

‘Het idee van het spel is vrij simpel: je bent een gordeldier dat door de heuvels moet rollen, springen en vliegen’, vertelt neurowetenschapper en ontwikkelaar van het spel Elisabeth Huis in ‘t Veld van Tilburg University. ‘Maar terwijl je hiermee bezig bent, houdt het spel je gezicht in de gaten via de camera, zodat het kan zien wanneer je gespannen wordt of andere angstige symptomen vertoont – nog voor je het zelf in de gaten hebt.’ Het idee voor het spel is jaren terug al ontstaan, in samenwerking met donorassistenten van Sanquin die dagelijks te maken hebben met patiënten met prikangst. ‘Mijn eerste idee was om een virtual reality-spel te ontwikkelen. De instellingen waren daar ook erg enthousiast over. Alleen de donorassistenten staken hier een stokje voor. Het bleek voor hen totaal niet praktisch omdat ze dan minder contact konden krijgen met de donor. En ze waren ook bang dat al die apparatuur veel gedoe zou opleveren.’

Signalen in het gezicht

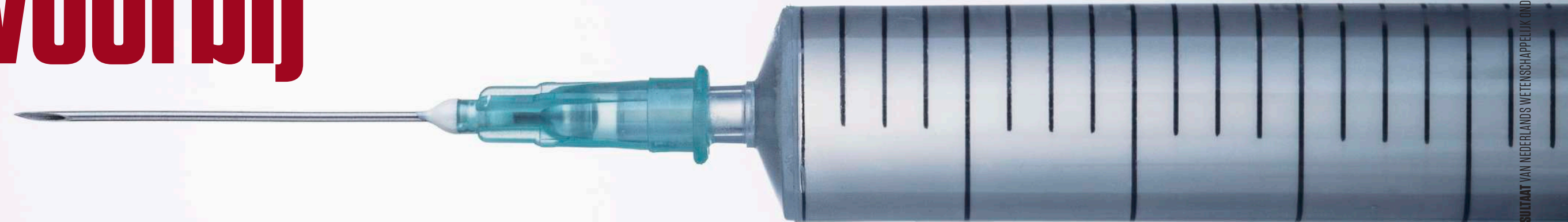
Dus kwam de onderzoeker uiteindelijk uit op een spel dat mensen op hun telefoon kunnen spelen terwijl ze in de wachtkamer zitten. ‘Bij onderzoek naar stress bij donoren zagen we dat de stressniveaus al tijdens het wachten toenemen. Hier kunnen we op inspelen door gebruik te maken van biofeedback: het spel pikt signalen in het gezicht op en verandert dan het weer in het spel.’ Als de achtergrond van het spel regenachtig wordt, moeten spelers dus dingen proberen om zichzelf rustig te krijgen en te zorgen dat de zon weer gaat schijnen. ‘Spelers kunnen achteraf moeilijk beschrij-

ven wat ze precies hebben gedaan, maar door dingen als hun ademhaling en gedachten te veranderen, krijgen ze de stress uiteindelijk onder controle.’

Betrouwbare voorspelling

De app is inmiddels te vinden in de appstore onder de naam AINAR.io, maar nog zonder de biofeedback. ‘We zijn druk bezig met de ontwikkeling. Het is een systeem gebaseerd op machine learning, dus we moeten de computer veel informatie geven om betrouwbare voorspellingen te genereren.’ Huis in ‘t Veld hoopt binnenkort te starten met klinische trials bij Sanquin en verschillende gezondheidszorglocaties. ‘Dan gaan we zien hoe goed het spel echt werkt en kunnen we ook vragen beantwoorden over het effect op langere termijn. Heel spannend, ik denk echt dat ons spel mensen kan helpen.’

Hoogleraar experimentele psychopathologie Karin Roelofs heeft ook een biofeedback-spel ontwikkeld tegen stress, maar dan voor politieagenten. Lees daarover op pagina 27.



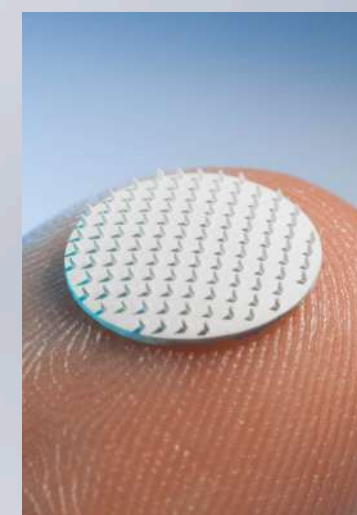
Pleister met micronaaldjes

Keramieken pleisters met minuscule naalden kunnen vaccins net onder de bovenste laag van de huid afleveren. Pijnloos en een stuk efficiënter dan de gewone naald.

‘De huid is onze grootste barrière tegen indringers en gemaakt om alles buiten te houden’, vertelt CEO Mike de Leeuw van het Leidse bedrijf MyLife Technologies. ‘Daarom zitten er veel afweercellen in de huid, vooral in de eerste honderdtachtig tot driehonderd micrometer. Doordat onze micronaalden de vaccins daar afleveren, heb je vijf tot twintig keer minder actieve stof nodig om dezelfde reactie op te wekken in het lichaam.’

Specifiek patroon op de naalden

Het bedrijf is opgericht nadat onderzoekers Regina Luttge en Louis Winnubst van de Universiteit Twente in 2004 twee vakgebieden combineerden. ‘Ze gebruikten nanofiltratie met keramiek, dat wordt toegepast in de gasscheidingsindustrie, en stereolithografie, een techniek om met een laser een patroon in chips te maken. Dit leidde uiteindelijk tot een poreuze pleister van keramiek, met een specifiek patroon op de naalden.’ Het toedienen van vaccins kan met dit systeem op twee manieren. Het keramiek kan als een spons moleculen opnemen en die vervolgens via de micronaaldjes naar buiten brengen. Een andere optie is het aanbrengen van het medicijn of vaccin in het patroon op het oppervlak van de naalden en het daar laten drogen. Het grote voordeel van dit systeem is dat de vaccins niet meer koud vervoerd hoeven te worden. ‘Nu gaat elk jaar wereldwijd vijftientwintig procent van alle vaccins verloren omdat ze te warm worden. Dat kost veel levens en het gebeurt vooral in armere landen. Wij hopen daar verandering in te brengen.’



Dynamica in plaats van naalden

Het is zelfs mogelijk om helemaal geen naalden te gebruiken om medicijnen onder de huid aan te brengen. Met behulp van principes uit de vloeistofdynamica, lanceren onderzoekers druppels in de bovenste laag van de huid.

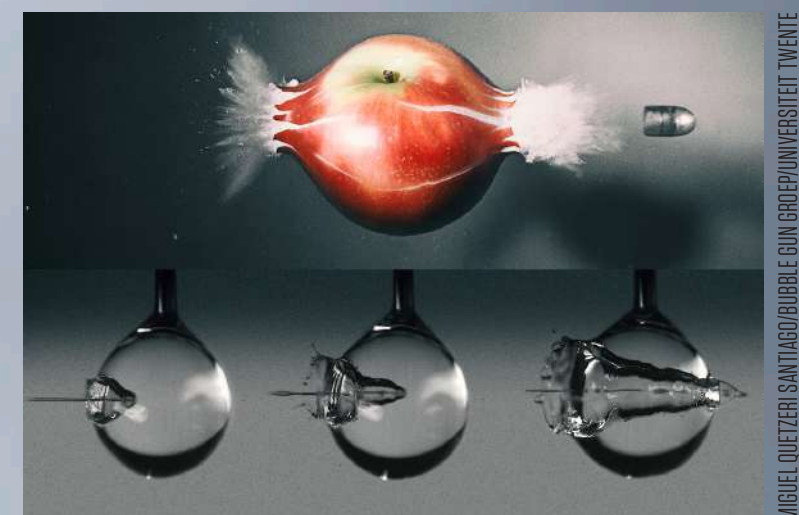
‘We gebruiken hiervoor een klein buisje met daarin een vloeistof, bijvoorbeeld water met een medicijn erin opgelost’, vertelt hoogleraar David Fernandes Rivas van de Universiteit Twente. ‘Met een laser warmen we dit mengsel op tot er gas ontstaat en de druk toeneemt. Hierdoor schiet de vloeistof met hoge snelheid uit het apparaat en kan het als druppeltje door de bovenste laag van de huid dringen.’

Klein, eenvoudig en goedkoop

Fernandes Rivas en collega's hebben in het lab aangetoond dat de druppeltjes in de huid terecht komen zonder schade aan te richten. Daarom zijn ze nu druk bezig met het bouwen van een prototype. Dit is nog best lastig, want ze moeten het apparaat flink verkleinen. Het doel is een apparaat ter grootte van een thermometer. ‘De eisen voor een commercieel product zijn veel hoger dan op het lab. Het moet klein zijn, eenvoudig werken en ook nog goedkoop te produceren zijn. Om dit voor elkaar te krijgen werken we met veel vakgebieden samen.’

Medische toepassing van tattoos

Ondertussen heeft Fernandez Rivas gekeken welke markt hij met zijn apparaat als eerste kan bedienen. ‘We hebben ontdekt dat er potentie zit in de tattoo-industrie. Er zijn namelijk veel medische toepassingen van tattoos, zoals het verbergen van littekens of het herstellen van tepels. Daar willen we ons in eerste instantie op richten.’ Dat heeft ook een praktisch aspect: het is iets makkelijker dan het toedienen van medicijnen, vooral het papierwerk is een stuk minder. Zijn hoop is dat het systeem over drie tot vijf jaar bruikbaar is voor tattoos. ‘Ik ben altijd optimistisch en ervan overtuigd dat het op relatief korte termijn moet lukken. Daarna kan de volgende stap snel gaan. Als het systeem voor tatoeëerders werkt, hebben we waarschijnlijk ook veel obstakels voor het toedienen van medicijnen overwonnen. Dus hopelijk kunnen we mensen met prikangst over vijf tot tien jaar een alternatief bieden.’



‘We zagen de stressniveaus al tijdens het wachten toenemen’

Snikhete zomers door veranderende straalstroom

Extreme hittegolven komen steeds vaker voor en houden langer aan. Klimaatonderzoeker Dim Coumou (VU) ontdekte het achterliggende systeem: het zit 'm in de dubbele straalstroom, een stevige wind hoog in de atmosfeer.

Wat is de ontdekking?

'Ons onderzoek laat zien dat hitte-extremen samenhangen met een veranderende straalstroom. De straalstroom is een krachtige wind, een heel chaotisch en dynamisch systeem, op zo'n tien kilometer hoogte. Deze neemt hoge- of juist lagedrukgebieden mee en bepaalt voor een belangrijk deel ons weer en klimaat. We zagen in ons onderzoek dat het opwarmende Noordpoolgebied het drukverschil tussen hoge en lagere breedte verlaagt, daar waar de straalstroom van west naar oost blaast. Dat maakt de straalstroom zwakker, waardoor het zomerse hogedrukgebieden minder makkelijk van z'n plek krijgt. Verder zien we dat de periodes waarin de straalstroom zich in tweeën splitst en zo een dubbele straalstroom vormt, langer aanhouden dan veertig jaar geleden. De veranderingen in de straalstroom verklaren de stijgende trend in hittegolven in West-Europa en waarschijnlijk ook de recente grote bosbranden in Siberië.'

Waarom is dit een doorbraak?

'De klimaatmodellen van de laatste vijftig jaar laten zien dat het aantal hittegolven sterk toeneemt, simpelweg omdat zomers warmer worden. Toch komt de waargenomen toename van hittegolven hierin nog steeds niet goed naar voren, omdat ze de dynamische veranderingen in de straalstroom niet weergeven. Ons onderzoek draagt bij aan betere klimaatmodellen voor de zomer. De aandacht voor de zomer en de interactie tussen de straalstroom en het opwarmende land, past in een trend. De focus lag eerder op atmosferisch onderzoek naar het winterseizoen, vanwege de dan optredende stormen. Terwijl de impact van klimaatverandering door weersextremen zich veel meer laat voelen in de zomer.'

Hoe is de ontdekking tot stand gekomen?

'Met een groep van zo'n twaalf tot vijftien jonge onderzoekers bij de VU en het KNMI jagen we dit onderzoek aan. Voor mij persoonlijk was de samenwerking met de inmiddels gepensioneerd Russische onderzoeker Vladimir Petoukhov heel belangrijk, nog in mijn tijd in Potsdam. Hij was een man van nieuwe hypothesen, ik meer de onderzoeker die deze probeert te testen aan de hand van data, bijvoorbeeld met behulp van kunstmatige intelligentie.'

Hoe heb je de ontdekking beleefd?

'Ik heb geen eurekamoment gehad, de ontdekking kwam geleidelijk. Als jonge onderzoeker ontwikkel je bepaalde ideeën, maar daarover ben je onzeker. Op het moment dat je ze publiceert, zie je dat in de loop van de tijd zo'n idee langzaam voet aan de grond krijgt in de wetenschap. Gevestigde onderzoekers nemen je idee over, gaan het verder uitwerken, dragen bewijzen aan. Pas dan beseft je: mijn idee heeft invloed gehad.'

Welke impact heeft het onderzoek, nu en in de toekomst?

'De maatschappij en specifiek bijvoorbeeld de landbouw en de energiemarkt, profiteert van een betere voorspelling van weers-extremen en seizoenspatronen. Voor landen als de VS hebben we al laten zien dat je de landbouw oogst in de lente nauwkeurig kunt voorspellen. Fenomenen als El Niño of La Niña, tijdelijke koude zeestromen in de Grote Oceaan, spelen hierbij een belangrijke rol en maken weersvoorspellingen relatief makkelijk. Maar in West-Europa zitten we met die grillige straalstroom. Voor de boeren hier is meer kennis over zomerse weersextremen dus heel relevant.'

'Voor onze boeren is meer kennis over zomerse weersextremen heel relevant'



Spectaculaire nieuwe medicijnen en sterke gewassen komen dankzij genmodificatie binnen handbereik. Prachtig natuurlijk – of zijn er ook gevaarlijke kanten? Regelgevers kunnen het lastig beoordelen, want de technologische ontwikkelingen zijn nauwelijks bij te benen. Wetenschap en overheid slaan de handen ineen om elkaar beter te begrijpen en uitglijders te voorkomen.

**Safety first:
veilig knippen
in DNA**

Genetische modificatie is een methode waarbij het DNA van cellen of organismen heel gericht wordt aangepast. Onderzoekers kunnen DNA-sequenties doorknippen, eventueel nieuw 'donor-DNA' inbrengen en de boel weer aan elkaar plakken. Dat heeft al spectaculaire resultaten opgeleverd: van supersnelle detectiemethoden voor covid-19 en resistente plantenrassen tot varkensharten die geschikt zijn voor transplantatie in mensen. Enthousiaste wetenschappers voorspellen dat genmodificatie op termijn kan helpen om het wereldvoedselvraagstuk op te lossen, kanker en Alzheimer te genezen en krachtige plantaardige kunststoffen te ontwikkelen. Grote vraag is alleen of je ongestraft kunt knippen en plakken in DNA.

Satéprikker door onderzoeksgebieden

Genetische modificatie mag in Nederland, mits het veilig is. 'Maar óf het veilig is weten we niet absoluut zeker', zegt programmaleider Marie-Louise Bilgin van het ministerie van Infrastructuur & Water (I&W). 'De regelgeving houdt de razendsnelle wetenschappelijke ontwikkelingen niet bij. Dat maakt onze taak om een gezonde en veilige leefomgeving te garanderen steeds lastiger.' Het was aanleiding voor het ministerie om met NWO het programma Biotechnologie & Veiligheid op te tuigen. Hierin kijken gebruikers en beleidsmakers mee met onderzoekswerk in de medische, agrarische en industriële sector. Bilgin: 'We gaan bij wijze van spreken met een satéprikker door de verschillende onderzoeksgebieden om te kijken of er schokkende dingen gebeuren.'

Veiligheid op voorhand inbouwen

De vroegtijdige betrokkenheid van wet- en regelgevers helpt wetenschappers veiligheid op voorhand in te bouwen, was de gedachte. Het kan ook de toestemming voor toepassing versnellen en de kans op succes vergroten. Elk half jaar schoven de verschillende partijen bij elkaar aan om de voortgang te bespreken en in te zoomen op de veiligheid van nieuwe ontdekkingen. 'Een waardevolle opzet', zegt Marco Gielkens van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). 'Bij een project rond oncolytische virussen (zie kader) zaten bijvoorbeeld onderzoekers, veiligheidsfunctionarissen, overheid en het RIVM aan tafel, maar ook de chirurg die het perspectief van de arts en de patiënt kon toelichten. Als je zo veel kennis in een vroeg stadium samenbrengt en er collectief naar kijkt, kun je spijkers met koppen slaan over hoe je het vervolgtraject veilig gaat inkleden.' Ook bedrijven profiteren van de gezamenlijke aanpak. Daardoor werd sneller duidelijk welke genetisch gemodificeerde schimmels risicobeoordelaars wel of niet veilig achten voor industriële toepassing, bijvoorbeeld voor de productie van enzymen of basale grondstoffen.

In het riool

Wat bijvoorbeeld te denken van een Leids-Delfts onderzoek naar de verspreiding van antibioticaresistentie? Wat is het risico dat fragmenten van de gemodificeerde bacteriën die bij productie van antibiotica worden gebruikt, na productie in het riool terecht komen, bijvoorbeeld bij de reiniging van gebruikte apparatuur? Kan niet, was de gedachte, want alles wordt gesteriliseerd in een autoclaaf. De verwachting was dat daarbij ook het DNA vernietigd zou worden. 'Maar rest-DNA uit "afgedode" bacteriën blijkt in theorie toch in het riool in contact te kunnen komen met andere bacteriën', vat Bilgin samen. 'En die zouden vervolgens toch antibioticaresistent kunnen worden.' Het is het enige geval waar de betrokkenheid van gebruikers leidde tot aanpassing van laboratoriumprocedures. Zorgt dat voor hinder voor het wetenschappelijk onderzoek en – op iets langere termijn – voor verandering in de regelgeving? 'Nee, maar wel voor meer inzicht bij ons als RIVM', zegt Gielkens. 'Als wij een aanvraag krijgen voor een onderzoek met genen die resistent zijn voor antibiotica, zullen we nu eerder kijken of ze niet bij andere bacteriën kunnen komen. Dat is winst.'

Gedwongen met antwoorden komen

Dennis Claessen, hoogleraar moleculaire biologie aan de Universiteit

Leiden, is enthousiast over de samenwerking. 'Voor mij als fundamenteel wetenschapper is het een *eye opener* om samen te werken met mensen die aan de knoppen draaien. In het halfjaarlijkse overleg krijg je te horen met welke vragen beleidsmedewerkers rondlopen, terwijl je zelf bezig bent met fundamentele vragen. Superleuk en heel waardevol. Je wordt als wetenschapper gedwongen met antwoorden te komen, zoals risicocijfers. Die kunnen zelfs van invloed zijn op het beleid. Echt iets om vaker te doen.' De TU Delft denkt nu na over een concrete oplossing voor het mogelijke probleem van rest-DNA. Ze testen daarvoor filters om het vrije DNA in het riool weg te vangen.

Grote vraagtekens

Het lijkt het klinkende bewijs dat vroegtijdig overleg tussen wetenschappers en beleidsmakers vruchten afwerpt. Dergelijk overleg is ook gewoon logisch, vindt Michelle Habets van het Rathenau Instituut, dat onderzoek doet naar de effecten van wetenschap en technologie op de samenleving. 'Beleidsmakers willen van wetenschappers informatie om het beleid aan te passen, terwijl ze tegelijkertijd beleid voor wetenschappers willen maken. Breng ze bij elkaar en ze leren elkaars taal te spreken.' Om het goede gesprek een handje te helpen, organiseert het instituut gesprekken met focusgroepen. En dat zijn óók burgers, die soms grote vraagtekens zetten bij genetische modificatie en de macht van grote bedrijven.

Veilige routes naar het doel

Samen met de TU Delft ontwikkelde het Rathenau Instituut een serious game speciaal voor de biotechnologie. Hoe dat werkt? Zet masterstudenten, promovendi, postdocs en bioveiligheidsfunctionarissen bij elkaar en laat ze samen een kaartje leggen. Cards for Biosafety schotelt bijvoorbeeld een kaart voor met een scenario waarin iemand van een technische onderhoudsploeg per ongeluk een buisje omstoot met een gevaarlijke vloeistof. Hoe reageer je als laboratoriummedewerker? 'Voor je het weet zitten de kaartspelers in een levendige discussie, waarin ook ethische aspecten aan bod komen', zegt Habets. 'Zulke gesprekken zijn nodig, want wetenschappers zijn niet opgeleid voor het werken aan veiligheid en ethiek. Het gesprek – of het nou gebeurt in een groep met gebruikers of met serious games – wekt wederzijds begrip. Dat kan spelenderwijs leiden tot alternatieve, veilige routes naar het beoogde doel.'

Brug tussen wetenschap en beleid

'Beleid wordt beter als er wetenschappelijk bewijs aan ten grondslag ligt', zegt David Mair, hoofd van het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Commissie. Het JRC geeft onafhankelijk wetenschappelijk advies voor de beleidsvorming vanuit Europa en vormt zo de brug tussen wetenschap en beleid. Mair ziet dat er 'in beide werelden' nog veel te winnen valt, vertelde hij tijdens een programmadag van Biotechnologie & Veiligheid. 'Hebben beleidsmakers bijvoorbeeld wel altijd de juiste achtergrond om wetenschappelijke modellen goed te interpreteren? En snappen wetenschappers wel voldoende hoe belangrijk het voor beleidsmakers is dat burgers bepaalde maatregelen begrijpen en daardoor accepteren?'

Intellectuele bescheidenheid

Mair adviseerde wetenschappers om goed te luisteren naar wat er speelt in de samenleving en daarbij 'intellectuele bescheidenheid' te tonen. 'Probeer begrip op te brengen voor de zorgen die onder het publiek leven. En zoek in je wetenschappelijke werk naar antwoorden op die vragen, zodat je ze goed kunt adresseren.' Rationele, goed beargumenteerde of modelmatige oplossingen mogen in de wetenschap nog zo relevant zijn, in maatschappelijke discussies kom je daar niet ver mee, zeker niet als de emoties hoog oplopen. En die zijn er nu eenmaal in een gepolariseerde samenleving, bij ingewikkelde ethische of morele kwesties. En ook op thema's waarover in de wetenschap nog geen consensus bestaat. 'Dan zitten er simpelweg grenzen aan wat wetenschap voor beleid kan betekenen.'

Sterker virus in gevecht tegen kanker

Virussen kunnen mensen doodziek maken, maar ook genezen. De kunst is ze zo ver te krijgen dat ze alleen zieke cellen aanvallen, zonder nevenschade. ErasmusMC en LUMC betrokken al in een vroeg stadium externe experts om erachter te komen of het genetisch aangepaste virus veilig is voor patiënt en omgeving.

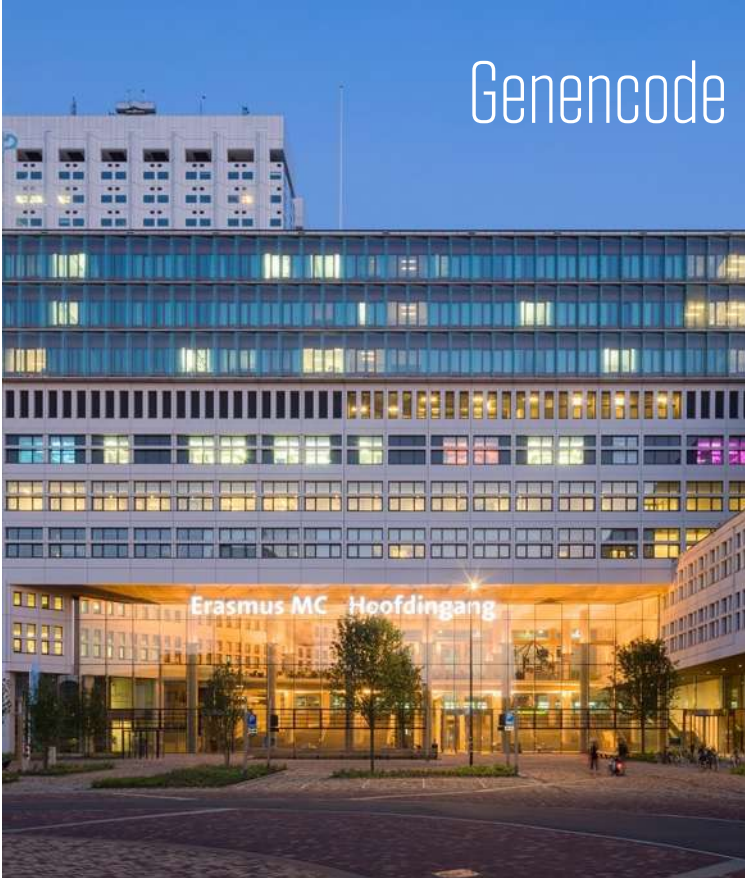
Aanleiding voor het onderzoek was de casus van een dierenarts met uitgezaaide alvleesklierkanker die veel langer bleef leven dan verwacht. Hoe dat kwam? Hij had zichzelf 'stiekem' ingespoten met een pseudo-vogelpestvaccin waar hij als veearts aan kon komen. 'In dergelijke vaccins zitten levende virussen, maar die zijn nogal verzwakt', vertelt onderzoeksleider Ron Fouchier van ErasmusMC. 'Wij zoeken daarom methoden om sterkere virussen te maken én veilig toe te passen om kankercellen te doden.' Dat lukte de onderzoekers met behulp van de recombinant-DNA-technologie, waarmee DNA-fragmenten van het ene organisme samengebracht kunnen worden met die van een ander organisme. Zo versleutelden ze onder meer een kippenvaccin met het voor mensen ongevaarlijke Newcastle disease virus (pseudovogelpestvirus). De 'opgepepte' virussen moeten het immuunsysteem prikkelen tot een krachtige reactie, óók tegen de kankercellen. Het is specifiek interessant voor patiënten met onbehandelbare kanker, zoals pancreaskanker. Zij hebben nauwelijks baat bij traditionele methoden en immunotherapieën. Het oncolytische virus sloeg in dierproeven aan en werkt ook in tumorweefsel van patiënten. Er is één probleem: voor tests in mensen moeten experts van de overheid en de Commissie Genetische Modificatie (COGEM) zeker weten dat de behandeling veilig is voor patiënt en omgeving. En dat is lastig als een virus genetisch is aangepast.

'De regelgeving houdt de razendsnelle wetenschappelijke ontwikkelingen niet bij'

Mutaties in planten meten

Gewasveredeling gebeurde van oudsher door het kruisen van planten met de beste eigenschappen, maar krijgt een enorme versnelling door modificatietechniek CRISPR-Cas. De soms ingewikkelde techniek maakt het niet altijd makkelijk beleidsmakers en wetenschappers op één lijn te krijgen.

Knippen in DNA kan interessante resultaten opleveren, weten ze in Wageningen. Zo wordt een tomaat roze als je het MYB12-gen uitschakelt. Dat komt zelden voor in de natuur. Nuttiger is een ingreep die een tomaat superlang vers houdt of die een plant oplevert zonder ongewenste zijscheuten. 'Ons onderzoek richtte zich specifiek op de plek waar het DNA-knipje dat we maken naartoe wordt gestuurd', vertelt promovendus Ellen Slaman van Wageningen University & Research. 'Levert dat ook op andere plaatsen mutaties in het DNA op?' Het overleg met externe experts noemt Slaman interessant. 'Mooi hoe ze meedenken over het verwerken van resultaten uit fundamenteel onderzoek in verbetering van regelgeving. Tegelijkertijd was het voor de gebruikers in dit geval lastig om technische feedback te geven op mijn laboratoriumwerk. Je zit toch in andere werelden.' Zelf begrijpt ze niet waarom het in Europa – anders dan in Noord- en Zuid-Amerika, Japan en Australië – praktisch onmogelijk is om genetisch gemodificeerde producten op de markt te brengen. 'Willekeurige mutaties door bestraling, zoals gebeurt in gewasveredeling mag wel, maar nauwkeurige aanpassingen door CRISPR-Cas levert een marktverbod op. Wat is de logica?'



De vroege betrokkenheid van externe experts bleek een schot in de roos. Fouchier: 'We hebben met de gebruikerscommissie een serie proeven doorlopen die iedereen snel kon overtuigen van de veiligheid. De manier waarop – samenwerking in een vroeg stadium – is uniek in de wereld.' Dankzij goed overleg lukte het met een veiligheidsdossier van pakweg tien A4-tjes, in plaats van een dik, ontoegankelijk boekwerk. 'Je leidt elkaar naar een snelle weg. Dat scheelt enorm veel proefdieren en tijd. Volgend jaar kunnen hopelijk de eerste virussen aan patiënten worden toegediend.' Erasmus MC heeft inmiddels een eigen productielab gebouwd voor virotherapie op maat. 'Zo kunnen we toekomstige medicijnen nog betaalbaar houden ook.'



Meer kans op crimineel gedrag bij kind uit eenoudergezin

Kinderen die opgroeien in een eenoudergezin hebben een groter risico om in de criminaliteit te belanden, concludeert gedragsonderzoeker Janique Kroese (NSCR/VU). Aan de hand van microdata onderzocht ze de effecten van het opgroeien in een eenoudergezin op kinderen. 'Na ellenlange codes en veel priegelen kwamen de resultaten naar boven, een bijzonder moment!'

Wat is de ontdekking?

'Tijdens mijn promotieonderzoek bestudeerde ik de relatie tussen eenoudergezinnen en criminaliteit. Uit de resultaten kwam heel duidelijk naar voren dat kinderen die opgroeien in een eenoudergezin, een grotere kans hebben om een crimineel pad te bewandelen. Je kunt eenoudergezinnen in drie categorieën opsplitsen: als gevolg van een scheiding, na het overlijden van één van de ouders of omdat kinderen al vanaf de geboorte door één persoon worden opgevoed. In alle drie de categorieën is het effect op het gedrag van het kind anders. Zo zagen we dat vlak na een scheiding een piek te zien is in criminaliteit en vlak voor het overlijden van een ouder juist een dip.'

Waarom is dit een doorbraak?

'Er is al best veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen criminaliteit en eenoudergezinnen, maar dit was altijd met kleine steekproeven. Dat is niet representatief voor de hele samenleving. In Nederland is er zelfs nog nooit eerder op deze manier onderzoek naar dit onderwerp gedaan, terwijl echtscheidingen tegenwoordig vaak voorkomen. Het onderzoek laat zien dat eerdere theorieën niet lijken te kloppen, zoals de *economic strain theory* die zegt dat criminaliteit bij kinderen uit eenoudergezinnen komt doordat zij een lager huishoudinkomen hebben. Uit onze data blijkt dat het huishoudinkomen geen invloed heeft. Ook wordt vaak gedacht dat het belangrijk is dat kinderen bij hun moeder opgroeien omdat er dan meer hechting is, maar uit ons onderzoek komt naar voren dat de kans op het plegen van crimineel gedrag juist kleiner is als je bij je vader opgroeit.'

Hoe is de ontdekking tot stand gekomen?

'Het Centraal Bureau voor de Statistiek verzamelt heel veel data vanuit allerlei instanties, van de Belastingdienst tot de politie. Daardoor beschikken we over heel veel informatie van alle Nederlanders. Voor mijn onderzoek kreeg ik toegang tot die microdata. Op basis van politiedata weten we bijvoorbeeld precies wie ooit verdachte is geweest van crimineel gedrag. Ook zijn gegevens als gezinssituatie en het huishoudinkomen te achterhalen. Deze variabelen heb ik gekoppeld met wiskundige modellen. Die zijn zo groot dat de systemen drie dagen moeten draaien tot de resultaten verschijnen.'

Hoe heb je de ontdekking beleefd?

'Ik dacht meteen: dit zijn opvallende uitkomsten. Ik werd ook helemaal platgebeld door de media. Dat was eigenlijk geen handige timing, want alle interviews vonden vlak voor de verdediging van mijn promotie plaats en dat was sowieso al spannend.'

Welke impact heeft het onderzoek, nu en in de toekomst?

'Omdat we nu meer inzicht hebben in wanneer en bij welke kinderen het vaker mis gaat, kunnen we gericht starten met interventies om te voorkomen dat jongeren een crimineel pad bewandelen. Dit resultaat is een startpunt voor verder onderzoek. Ik zou het mooi vinden om erachter te komen hoe we kinderen uit eenoudergezinnen op het rechte pad houden.'

'We zagen vlak na een scheiding een piek in criminaliteit'



Mobiele MRI: klein budget, grote impact

Het bouwen van een budget-MRI-scanner die op een pick-uptruck past, zodat veel meer mensen ter wereld gebruik kunnen maken van de technologie: die uitdaging zijn MRI-fysicus Andrew Webb (LUMC) en zijn team aangegaan. Dit jaar is het eerste exemplaar naar Oeganda gebracht.



MRI helpt ziektes op te sporen door middel van een sterke supergeleidende magneet en krachtige elektronische componenten. Maar door de hoge kosten is de technologie voor meer dan zeventig procent van de wereldbevolking niet toegankelijk. In veel landen komen ziektes voor die met een minder complexe MRI-scanner te diagnosticeren zijn. Ingenieurs bedachten een systeem dat bestaat uit duizenden zeer kleine magneten en *open source* elektronica, waardoor de scanner veel goedkoper, eenvoudiger te repareren én verplaatsbaar is. Door de technologie te vereenvoudigen, kan deze een veel grotere impact maken dan nu.

In losse onderdelen naar Afrika

In 2019 slaagde Webb's team er samen met collega's van de TU Delft in om een prototype MRI-scanner eenvoudige 3D-beelden te laten genereren. De technologie naar Oeganda brengen was de volgende stap, die vanwege de coronapandemie pas in september 2022 gezet kon worden. De losse onderdelen gingen per vliegtuig naar de Mbarara University. In twee weken hebben twee teamleden van Webb samen met specialisten van de Afrikaanse universiteit de scanner in elkaar gezet. Tegelijkertijd woonden onderzoekers naar medische beeldvorming en studenten een workshop bij over het werken met *low field* MRI, gefaciliteerd door de Nigeriaanse neuroradioloog Godwin Ogbale. Het is de eerste keer dat een MRI-scanner van dit type is gebouwd in Afrika.

Klaar voor gebruik

Nu de scanner ter plekke is, worden er tests uitgevoerd met gezonde vrijwilligers. Dit is nodig om de vereiste medische licenties te krijgen. Zodra die er zijn, is de scanner klaar voor gebruik en kunnen er nog veel meer gebouwd worden. De onderzoekers willen de scanner onder andere inzetten voor het detecteren van een waterhoofd bij kinderen en het in beeld brengen van beroertes of ander hersenletsel bij volwassenen, een van de grote problemen voor de publieke gezondheid in Afrika.

'Veel ziektes zijn met een minder complexe MRI-scanner te diagnosticeren'

