



*Kansen buitenland vele factoren groter*

# Startup vangt stortgas af voor duurzame energie



De kastjes met sensoren van Hydryx

*Vuilnisbelten zijn verplicht om hun stortgas af te vangen. Dat gebeurt al decennia door operators die de kleppen, op basis van ervaring en intuïtie, periodiek open of dicht zetten. Een deel van het stortgas, met methaan als groot bestanddeel, lekt echter weg. Dat kan efficiënter, dacht men bij Hydryx. Dankzij sensoren, elektrische aansturing en voorspellende algoritmen vangt het bedrijf steeds meer methaan uit de stort af. 'Wij boeken dubbele winst: circa 40 procent meer energieproductie én minder uitstoot', zegt Joren Tangelder, CEO en oprichter van de startup.*

DOOR TSEARD ZOETHOUT

Hydryx, een hightechbedrijf uit Amsterdam, is in december 2023 opgericht door Joren Tangelder en Anthonie Jacobson, twee vrienden die elkaar na de internationale middelbare school in Den Haag uit het oog verloren. Jacobson ging wiskunde aan Oxford studeren, werd bedrijfsconsultant bij Kearney en rondde vervolgens de MBA bij INSEAD af. Tangelder begon met de bachelor technische bestuurskunde aan de TU Delft en kwam als eerste werknemer bij iwell terecht, een snelgroeiende startup voor energieopslagsystemen. Daar zette hij het operationele team op, bracht drie producten

met succes naar de markt en trok grote strategische partners als Eneco, Vattenfall en Sunrock aan.

'Daar raakte ik verslaafd aan pionieren in de loopgraven van een startup', zegt hij in het bedrijfsverzamelgebouw van Monumental aan de Plantage Middenlaan, schuin tegenover Artis. 'Veel gaat mis, vaak gaat het stuk. Vervolgens ga je het probleem oplossen en zie je binnen afzienbare tijd de resultaten. Als ik dan toch iets aan het maken ben, dan wil ik de wereld een beetje de goede kant op sturen.'

[Lees verder op pagina 2 en 3 >>](#)



Joren Tangelder (rechts) en Anthonie Jacobson (links).

Joren geeft een voorbeeld uit die periode. "In 2019 begon netcongestie een probleem te worden. Een van de netbeheerders beweerde stellig 'Nederland is een koperen plaat, we zullen daarmee geen problemen krijgen'. Toen gingen de alarmbellen bij mij af. Als iemand uit de top dat zegt, dan is er vaak wel wat aan de hand. Mijn baas vroeg me om naar Nieuw-Buinen te gaan, een dorp op de grens van Groningen met Drenthe waar windturbines en zonnepanelen staan opgesteld. Het voetbalveld lag er middenin maar mocht geen zonnepanelen aansluiten omdat dat een grootverbruikersaansluiting had en dus geen stroom mocht terugleveren."

Al snel had hij het door. 'Ik zag dat als de club naar een kleinverbruikersaansluiting van 3 x 80 kW terugging, ze hun stroom wel mochten terugleveren', glimlacht hij. 'Het probleem was dat je met zo'n kleine aansluiting onvoldoende stroom voor de veldverlichting kreeg. Binnen drie maanden hadden we een sluitende oplossing door batterijen naast het veld te plaatsen die zulke pieken opvingen. Van daaruit zijn we steeds grotere batterijsystemen gaan ontwikkelen. Tegenwoordig heeft de startup ruim honderdtwintig mensen in dienst.'

**Van vergisting naar sensoren**  
Terwijl Tangelder nog bij iwel werkte, raakte hij in gesprek met zijn oude vriend Anthonie Jacobson die hij elk halfjaar op de hoogte bracht van zijn ambities en resultaten (en vice versa). Jacobson bracht naar voren dat de uitstoot van methaan verantwoordelijk is voor 30 procent van de klimaatproblematiek terwijl slechts één procent van de klimaatinvesteringen naar methaanoplossingen gaat. Toen begon er bij de entrepreneurs, die al langer een bedrijf wilden oprichten, een belletje te rinkelen.

'De uitstoot van methaan is lange tijd een ondergeschoven kindje gebleven, ook binnen het IEA', zo reageert hij op mijn vraag dat de problematiek al aan het begin van deze eeuw bekend was. 'Maar methaan is een veel sterker broeikasgas. Over een periode van twintig jaar geeft methaan 86 keer meer opwarming dan CO<sub>2</sub>. Daarvoor oplossingen vinden is veel logischer, ook al omdat je methaan kan gebruiken voor de energieproductie. Veertig procent van die uitstoot komt uit de olie- en gasindustrie, een vergelijkbaar percentage uit de veeteelt en de resterende twintig procent uit afval. Die stortplaatsen zijn verantwoordelijk voor de uitstoot van 1,6 Gigaton CO<sub>2</sub> equivalent per jaar, meer dan de hele sheep- en luchtvaart bij elkaar!'

"Hydryx krikt via sensoren en algoritmen zowel het volume als de methaan-kwaliteit op."

'Wat is het verschil tussen anaerobe vergisting bij de veeboer en die bij een stortplaats? Wel', antwoordt hij, 'in een vergister wordt organisch materiaal constant onder ideale condities gehouden. Bij een stortplaats is dat niet zo. Daar vinden chemische reacties plaats die periodiek – wekelijks, maandelijks – worden gecontroleerd. Een stortplaats moet volledig zijn afgedekt en een gasonttrekings-systeem hebben. Dat systeem is verbonden aan een compressor die de stortplaats op onderdruk houdt zodat er geen gas kan ontsnappen. Volgens EU-wetgeving ben je verplicht dat methaan te vernietigen, bijvoorbeeld door het af te fakkelen. Maar je kan er ook een generator mee aandrijven die elektriciteit en/of warmte produceert, net waar behoefte aan is. Maar wat nu als je van dat stortgas via SMR (steam methane reforming) waterstof maakt? Dat is een oude, bewezen technologie.'

Hoewel Hydryx van dat principe is afgeleid, kwamen de oprichters er al snel achter dat een SMR-fabriek voor een startup nogal moeilijk bleek te financieren (de naam 'Hydryx' is een combinatie van 'hydrogen' en 'phoenix', de mythische vogel die zichzelf in een nestje van kruiden verbrandt en als een nieuwe, jonge vogel uit de as herrijst). Verder fluctueert de methaanproductie uit een vuilstort behoorlijk: soms is de gas-kwaliteit te laag en slaat de generator af, andere keren zit er te veel zuurstof in en loopt de zaak ook vast. Het bouwen van een waterstoffabriekje naast de vuilstort kon Hydryx dus wel vergeten. Wat Tangelder en Jacobson wel hadden gezien, was dat een operator elke pijp van het onttrekkings-systeem – gemiddeld veertig bronnen in Nederland, oplopend tot wel vierhonderd in het buitenland - handmatig moet bijstellen om op die manier voldoende gas te onttrekken en druk op de stortplaats te houden. Toen viel het kwartje: zet op de bronnen sensoren, elektrische aandrijvingen en gebruik slimme algoritmen. Tangelder licht toe.



In de werkplaats worden nu honderd kastjes per maand geproduceerd.

**Met en sturen**  
'Veel mensen in Nederland zien stortplaatsen niet langer als een probleem', zegt hij. 'Storten gebeurt hier amper meer, slechts enkele procenten. Als land doen we het dus uitstekend. Maar als je kijkt naar Engeland, naar Spanje en de rest van Zuid-Europa, daar gaat nog wel zestig procent van het afval naar een stortplaats. In Azië en Zuid-Amerika is dat zelfs vrijwel alles. Bij één van de dertig stortplaatsen in ons land – gemiddeld voor onze begrippen, klein in vergelijking met de rest van Europa – zijn we vanaf juni 2025 begonnen met meten. Eerst meten, dan sturen. 'Kijk', en hij wijst naar een van de kastjes die volautomatisch in hun kleine werkplaats worden geproduceerd, nu tot een paar honderd per maand.

'De pijpen gaan heel diep de stort in. Die komen in deze kastjes samen en het gas gaat naar de compressor. Vroeger werden de kleppen van de pijp handmatig open en dicht gezet, afhankelijk van de mate van onttrekking. Wij koppelen aan op het bestaande meetpunt en hangen er sensoren aan. Data over de methaanconcentratie komt binnen. Daalt de luchtdruk, dan stijgt de concentratie. Je kan het vergelijken met een ballon: als de luchtdruk buiten hoger is, dan wordt de ballon ingedrukt en komt er minder snel gas uit de stort. Wat wij doen, is via algoritmen het volume dat vrijkomt de hele tijd bijsturen voor een stabielere gasproductie, zeg maar piekscheren. Dat proces is redelijk goed voorspelbaar, wij weten immers ook wat overmorgen de luchtdruk buiten wordt. Daarmee halen we ruim 34 procent meer energie uit dezelfde circulatie. Hoeveel dat qua volume is, dat kan ik niet zeggen. Dat is klantinformatie.'

De volgende stap die het snelgroeende Hydryx wil nemen, is een hogere kwaliteit methaan. 'Onze software en algoritmen 'zien' meteen waar en wanneer er belletjes methaan ontstaan', vervolgt hij. 'Dat monitoren we continu. De hogere concentratie zorgt ervoor dat we methaan nog beter kunnen scheiden. Waar we op uit zijn, is een biologische

versnelling. Door de zuigkracht van de compressor per bron preciezer in te regelen, moet het mogelijk worden om de vorming van methaan van honderd jaar sterk terug te brengen. Daarover hebben we inmiddels veel data vergaard. We verwachten dat die biologische versnelling over pakweg zes tot achttien maanden ook significante resultaten oplevert.'

Met die resultaten kunnen andere marktpartijen verder aan de slag om nog meer terug te winnen. Tangelder verduidelijkt: 'als we in staat zijn om die biologische reacties in een prettige staat te brengen, halen we er

niet alleen een hogere concentratie uit maar ook een groter volume. Op basis daarvan wordt de inzet van membraantechnologie (voor de afvang van CO<sub>2</sub>) en cryogene destillatie (voor de verwijdering van stikstof en zuurstof uit het stortgas) interessanter. Uiteindelijk kan je dan efficiënter biomethaan produceren dat je direct invoert op het reguliere gasnet.'

**Tot op de kern**  
Sensoren, slimme algoritmen. Hardware-producten met softwaremodules. Tangelder heeft in zijn vorige werk gezien hoe complex het allemaal wordt als je daarop een verdien-

model wilt plaatsen. Hydryx houdt het daarom eenvoudig ('kiss' of 'keep it stupid simple'). 'In eerste instantie besteedden we de hardware – de sensoren, de kastjes, de elektronica – aan een andere partij uit maar dat liep na een halfjaar op niets uit. Dat was een dure les met bijkomende vertraging', licht hij toe. 'Nu houden we alles in eigen hand en kunnen we veranderingen veel sneller doorvoeren. Zo is de productietijd van sensoren van een week naar twintig minuten teruggebracht terwijl de kostprijs sterk is afgenomen.'

'Onze klanten betalen nu nog één bedrag per sensor per maand', gaat Tangelder door. 'In dat abonnement zitten niet alleen de sensoren maar ook de elektrische aandrijving, het zonnepaneel, de software en het onderhoud. De kosten voor ons product zijn lager dan de opbrengsten die je krijgt vanaf het moment dat je ons hele systeem installeert. Daar krijg je wel elke maand meer energieproductie voor terug. In de nabije toekomst willen we toegroeien naar een verdeelsleutel waarbij een deel van die opbrengsten naar ons gaat. Tegelijkertijd besteden we steeds meer hardware uit.'

Hydryx werkt ondertussen continu aan meer voorspellend vermogen uit de vuilstortplaats, hun kernactiviteit. 'Als je weet hoeveel gasproductie eruit komt', verduidelijkt Joren, 'dan kan je iets scherper, dus iets meer risico nemen met de aansturing. En dan kom ik terug op de batterijwereld: met gasproductie kan je ook sturen op de stroomprijs, zowel op de spotmarkt als onbalansmarkt. Daarop handelen luistert nauw. Dat laten we liever aan anderen over. Bovendien hebben veel van onze klanten al een energiecontract.'

In plaats van die markt zelf op te pakken, wil Hydryx op termijn gaan samenwerken met een energietrader, net zoals Sessy (een snelgroeende fabrikant van Nederlandse thuisbatterijen, TZ) dat nu met Frank Energie doet. 'Wij beperken ons tot het zo slim mogelijk omgaan met data en daar een zo sterk mogelijke business case naast zetten', onderstreept Tangelder. 'Dat is, wereldwijd, onze unieke propositie. De Nederlandse markt is eigenlijk meer een secundaire markt, de deur naar het buitenland openen is veel interessanter.'

**Buitenland lonkt**  
Eind oktober 2025 heeft Hydryx via een 'seed round' 2,5 miljoen euro opgehaald voor uitbreiding in Europa en op andere continenten (Azië, de VS, Latijns-Amerika). Het grootste deel daarvan wordt in de doorontwikkeling van hun software gestopt. Het doel is ambitieus: vóór 2030 circa tien miljoen ton CO<sub>2</sub>-equivalenten uit stortplaatsen verwijderen. Volgens Tangelder liggen de mogelijkheden in het (verre) buitenland vele malen hoger dan hier.

'In Europa zijn we de enige speler met een volledig MMS (methaanmanagement-systeem). Het eerste MMS hebben we via een Nederlands infrabedrijf al aan een klant in Brazilië verkocht. We voeren nu gesprekken met marktpartijen in Finland, Spanje, Frankrijk en in Oost-Europa. Op de lange termijn mikken we op de massamarkt in bijvoorbeeld India en Zuid-Amerika', besluit hij. **TW**

Het kantoor van Hydryx in Amsterdam.



## Machtswisseling op de EV-markt: BYD groeit uit tot wereldleider in elektrische auto's

**VERVOER** De wereldwijde markt voor elektrische auto's staat op een belangrijk omslagpunt. Alles wijst erop dat het Chinese BYD in 2025 voor het eerst de grootste verkoper van volledig elektrische personenauto's ter wereld wordt. Daarmee zou het Tesla voorbijstreven, dat de afgelopen jaren de ranglijst aanvoerde.



Definitieve jaarcijfers laten nog even op zich wachten, maar voorlopige verkoopdata en analyses laten weinig twijfel. Eind november 2025 had BYD wereldwijd al ongeveer 2,07 miljoen volledig elektrische auto's verkocht. Tesla kwam tot en met eind september uit op circa 1,22 miljoen exemplaren. Dat cijfer is bovendien vertekend door een tijdelijke verkoopiepiek in de Verenigde Staten, waar leveringen bewust naar voren werden gehaald vanwege het aflopen van een belastingvoordeel per 1 oktober.

Na het wegvallen van die fiscale stimulans verwachten analisten een rustiger vierde kwartaal voor Tesla. BYD is minder afhankelijk van één markt en spreidt zijn verkoop over Azië, Europa en steeds meer opkomende economieën. Die geografische spreiding maakt het bedrijf minder kwetsbaar voor beleidswijzigingen.

Een belangrijk verschil tussen beide fabrikanten zit in het modellenaanbod. Tesla houdt vast aan een relatief compacte line up met enkele kernmodellen. BYD kiest juist voor schaal en variatie, met een breed aanbod in verschillende prijsklassen en een combinatie van volledig elektrische modellen en plug-in hybrides. Vooral compacte, scherp geprijsde auto's zorgen voor sterke verkoopcijfers. Modellen als de Dolphin Surf positioneren zich duidelijk onder Tesla's instapmodellen, wat aantrekkelijk is voor prijsbewuste consumenten in een tijd van inflatie en hoge energiekosten.

Dat succes kent ook keerzijden. Op de Chinese thuismarkt staat de winstgevendheid onder druk door felle concurrentie en dunne marges. Juist daarom versnelt BYD zijn internationale expansie, met Europa als speerpunt. Tegelijkertijd probeert het bedrijf Europese importheffingen te omzeilen door lokale productie op te zetten. In Hongarije verrijst een fabriek waar elektrische auto's voor de Europese markt gebouwd zullen worden.

Voor Tesla is het mogelijke verlies van de koppositie vooral symbolisch, maar het vergroot de strategische druk. Het merk blijft inzetten op software en autonoom rijden als onderscheidende factoren, terwijl ook wordt gewerkt aan verdere kostenverlagingen. De concurrentie neemt echter snel toe, niet alleen uit China, maar ook van Europese en andere Aziatische fabrikanten.

De opkomst van BYD laat zien hoe snel de auto-industrie verandert. Schaal, productieketens en geopolitiek spelen een steeds grotere rol naast technologische innovatie. Voor consumenten betekent dat vooral meer keuze in elektrische mobiliteit. **TW**

## Zuid-Koreaanse uitvinding haalt dubbel zoveel energie uit dezelfde batterij

**INNOVATIE** Een team Zuid-Koreaanse onderzoekers heeft een belangrijke doorbraak gerealiseerd in batterijtechnologie die grote gevolgen kan hebben voor elektrische voertuigen. Wetenschappers van POSTECH, KAIST en Gyeongsang National University ontwikkelden een anode-vrije lithium-metaalbatterij met een energiedichtheid die bijna twee keer zo hoog ligt als die van huidige lithium-ionbatterijen. De resultaten zijn gepubliceerd in het vakblad *Advanced Materials*.



De nieuwe batterij behaalt een volumetrische energiedichtheid van 1.270 Wh per liter. Ter vergelijking: moderne EV-batterijen komen doorgaans niet verder dan ongeveer 650 Wh per liter. Juist deze maat is cruciaal voor elektrische voertuigen, omdat ze bepaalt hoeveel energie in een beperkte ruimte kan worden opgeslagen. Meer energiedichtheid betekent direct een grotere actieradius, zonder dat het accupakket zwaarder of groter wordt.

De kern van de innovatie is het volledig schrappen van de traditionele grafietanode. In plaats daarvan slaan lithiumionen zich tijdens het laden direct af op een koperen stroomcollector. Door die anode-vrije architectuur komt extra ruimte vrij voor actieve materialen. Het principe is vergelijkbaar met een brandstoftank die meer energie kan bevatten zonder groter te worden.



Anode-vrije lithium-metaalbatterijen gelden al jaren als veelbelovend, maar bleken in de praktijk lastig. Ongelijkmatige lithiumafzetting leidde vaak tot dendriten, microscopisch scherpe structuren die kortsluiting en snelle slijtage veroorzaken. Daarnaast nam de capaciteit bij herhaald laden te snel af.

Het Zuid-Koreaanse team wist deze problemen te ondervangen met een tweedelige aanpak. Een zogenoemde Reversible Host, opgebouwd uit een polymeer met zilver-nanodeeltjes, stuurt lithiumionen naar vaste afzetpunten. Tegelijk vormt een speciaal ontworpen elektrolyt een stabiele bescherm laag op het lithiumoppervlak, die dendrietvorming remt maar de ionenmobiliteit behoudt.

Tests in pouch-cellen, die dicht bij commerciële EV-batterijen staan, leverden overtuigende resultaten op. Na honderd laadcycli behield de batterij nog bijna 82 procent van haar capaciteit, met een Coulomb-efficiëntie van 99,6 procent. Dat gebeurde bovendien bij lage elektrolytvolumes en beperkte druk, wat gunstig is voor gewicht en productie.

De onderzoekers spreken van een betekenisvolle stap richting lichtere, krachtigere en efficiëntere EV-batterijen. Hoewel opschaling nog nodig is, laat deze studie zien dat anode-vrije lithium-metaalbatterijen dichter bij praktische toepassing komen dan ooit. **TW**

## Zonnepaneel-alternatief is doorzichtig en werkt zelfs als de zon niet schijnt

**ENERGIE** Onderzoekers in Zuid-Korea hebben een nieuwe generatie doorzichtige zonnecellen ontwikkeld die gewone ramen kunnen veranderen in continue energiebronnen. De technologie wekt niet alleen stroom op uit zonlicht, maar benut ook kunstlicht binnenshuis. Daarmee kunnen ramen theoretisch 24 uur per dag energie leveren, zonder het uitzicht of de kleurweergave aan te tasten.

De hybride zonne-energie ramen zijn ontwikkeld door een onderzoeksteam van Korea University en beschreven in een recente wetenschappelijke studie. Het grote verschil met bestaande transparante zonnepanelen is dat efficiëntie en helderheid hier niet langer elkaars tegenpolen zijn. Waar eerdere oplossingen óf zichtbaar verkleurden óf nauwelijks energie opbrachten, combineert deze technologie beide eigenschappen.

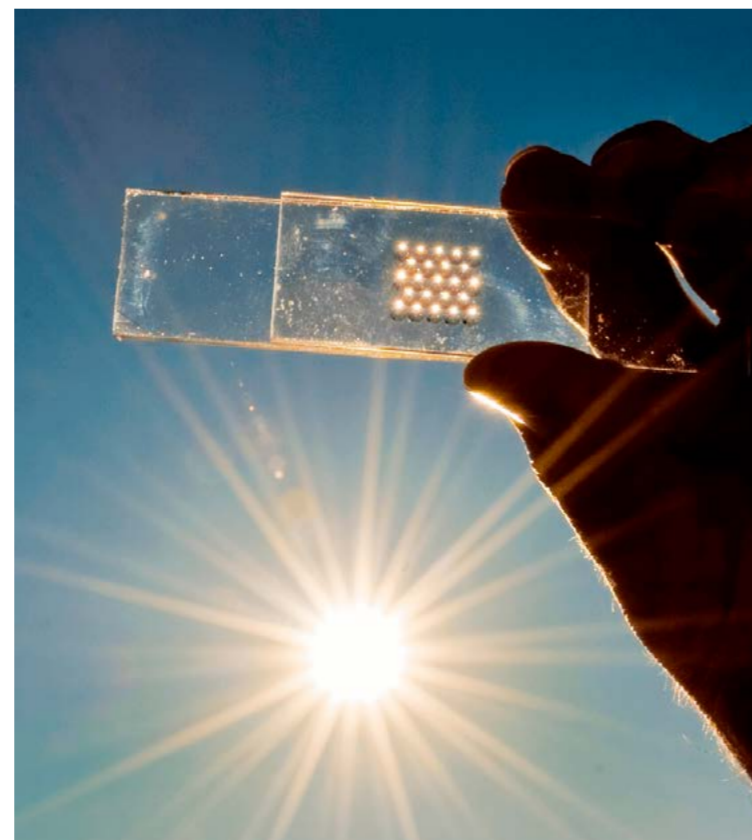
De ramen behalen een zichtbare lichttransmissie van 75,6 procent en een kleurweergave-index van 93,8 procent. In de praktijk betekent dat dat ze nauwelijks te onderscheiden zijn van conventioneel glas. Kleuren blijven natuurgetrouw en het zicht blijft helder, terwijl het raam ongemerkt energie opwekt.

De kern van het systeem zit in de combinatie van een zogeheten distributed Bragg reflector en bifaciale siliciumzonnecellen. De reflector stuurt nabij-infraroodlicht, dat voor het

menselijk oog onzichtbaar is, richting de zonnecellen. Het zichtbare licht passeert vrijwel ongehinderd. Dankzij de bifaciale opzet kan het raam licht van beide kanten benutten, zowel van buiten als van binnen.

Dat laatste maakt het systeem bijzonder geschikt voor gebruik in gebouwen waar ook 's avonds veel kunstlicht aanwezig is. Kantoren, ziekenhuizen en scholen kunnen zo continu een deel van hun eigen energie opwekken. Ook toepassingen in elektrische voertuigen worden genoemd, waarbij ramen bijdragen aan de stroomvoorziening.

De technologie past goed binnen de ontwikkeling van building-integrated photovoltaics, waarbij energieopwekking direct wordt geïntegreerd in bouwmaterialen. Het onderzoek werd ondersteund door de Zuid-Koreaanse overheid en energie-instellingen. Daarmee lijkt een toekomst waarin gebouwen via hun ramen energie produceren een stap dichterbij gekomen. **TW**



## Eerste waterstofgasturbine ter wereld draait nu écht: 48.000 kWh stroom in één uur

**DUURZAAMHEID** De energietransitie leunt steeds zwaarder op wind- en zonne-energie, maar die bronnen produceren niet altijd wanneer de vraag hoog is. Batterijen kunnen pieken deels opvangen, maar zijn duur en beperkt in schaal. Waterstof wordt daarom gezien als een cruciale schakel voor langdurige energieopslag. In China is nu een belangrijke stap gezet om die opslag ook weer efficiënt om te zetten in elektriciteit.

Met de Jupiter I heeft China 's werelds eerste volledig op waterstof draaiende gasturbine in bedrijf genomen. De installatie, ontwikkeld door MingYang Group, heeft een vermogen van 30 megawatt en draait stabiel in Binnen-Mongolië. Daarmee is het project meer dan een proefopstelling: de turbine maakt daadwerkelijk deel uit van het elektriciteitsnet.

Waterstof inzetten in een gasturbine is technisch complex. Het gas heeft een hogere vlamsnelheid en een lagere energiedichtheid dan aardgas, wat grote gevolgen heeft voor verbranding, koeling en materiaalkeuze. Ingenieurs moesten onder meer terugslag voorkomen en slijtage beperken. Volgens de ontwikkelaars is dat gelukt door aangepaste verbrandingskamers en nieuwe oplossingen voor thermisch management en luchtstromen.

Bij volle belasting verbruikt Jupiter I ongeveer 30.000 kubieke meter waterstof per uur. In een gecombineerde cyclus levert dat circa 48.000 kilowattuur elektriciteit per uur. Dat is voldoende om ongeveer 5.500 huishoudens van stroom te voorzien. Vergeleken met een conventionele thermische centrale bespaart de installatie naar schatting meer dan 200.000 ton CO<sub>2</sub> per jaar.

Minstens zo belangrijk als het vermogen is de flexibiliteit. De turbine kan snel op- en afregelen en is daardoor bij uitstek geschikt om schommelingen in wind- en zonneproduktie op te vangen. Jupiter I is dan ook niet bedoeld als vervanger van hernieuwbare bronnen, maar als systeemcomponent die het net stabiliseert en voorkomt dat duurzame opwek moet worden afgeschakeld.

Die rol is interessant voor Europa, waar netcongestie en overschotten aan hernieuwbare elektriciteit steeds vaker voorkomen. In combinatie met grootschalige waterstofproductie en bestaande gasinfrastructuur kunnen waterstofgasturbines ook hier een brug slaan tussen duurzame opwek en betrouwbare levering.

Jupiter I laat zien dat waterstof niet alleen een opslagmedium is, maar ook een directe vervanger kan zijn van fossiele brandstoffen in regelbare elektriciteitsproductie. Daarmee markeert de turbine een belangrijke technische mijlpaal in de verdere verduurzaming van het energiesysteem. **TW**



# De Golden Dome is vooral toekomstmuziek

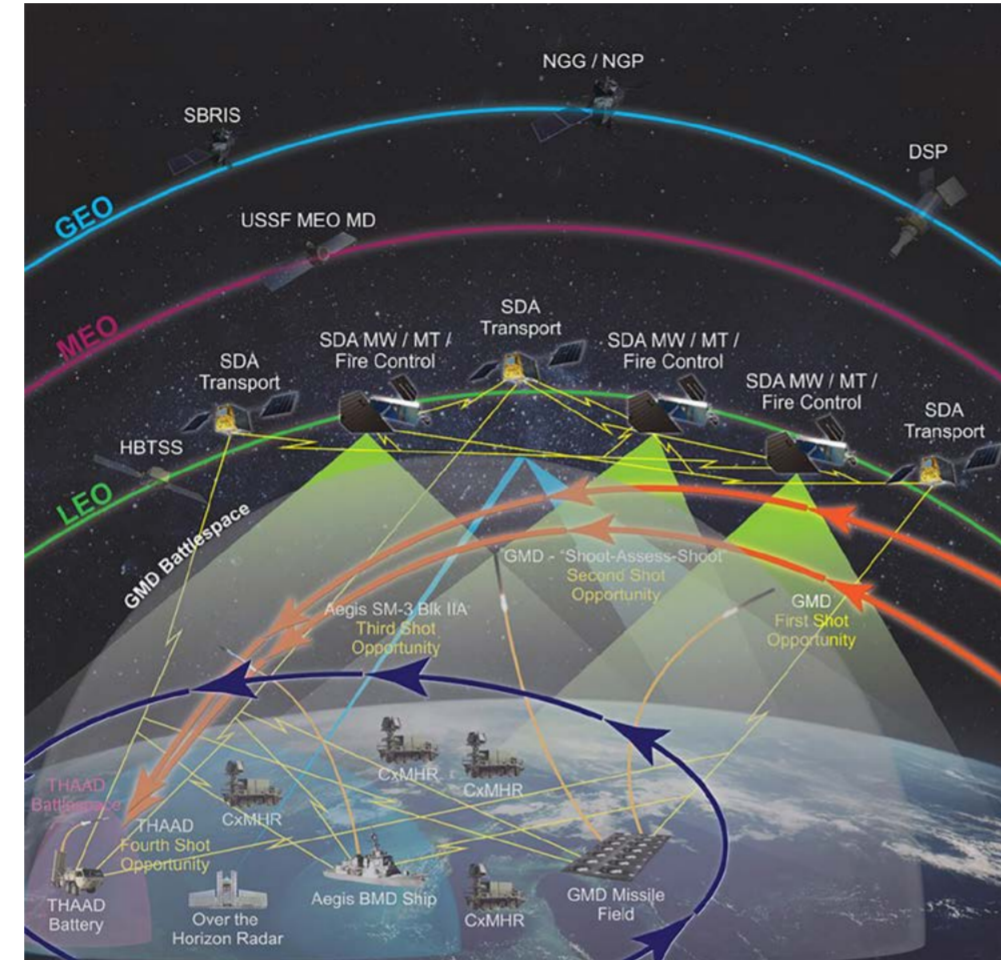
Amerika's Golden Dome zal bestaan uit een lappendeken van systemen die dragers van kernkoppen vlak na de lancering, midcourse of in de terminale fase kunnen vernietigen. Een aantal grondgebaseerde systemen bestaat reeds, maar er zijn volstrekt nieuwe technologieën nodig om kruisraketten en ballistische projectielen vanuit de ruimte te kunnen vernietigen.

DOOR TEAKE ZUIDEMA

## Paraplu

In januari 2025 kwam president Donald Trump op de proppen met een oud idee: een waterdichte paraplu die de VS beschermt tegen atoomwapens. De kern van zo'n systeem: honderden interceptors die gelanceerd worden vanaf de grond of vanuit de ruimte om inkomende raketten te vernietigen. Voor het alarmeren en activeren van die interceptors is een gigantisch netwerk nodig met verschillende typen radar, lasers en sensoren die zich op het land, op zee of in de ruimte bevinden.

Het Witte Huis beweert dat de zogenaamde Gouden Koepel begroot is op \$175 miljard. Dat zou een onwaarschijnlijk koopje zijn. Het Amerikaanse Congres heeft \$25 miljard uitgetrokken om in het vierde kwartaal van 2028 de eerste testen uit te voeren. De politieke wil is volop aanwezig. Wat nog ontbreekt zijn rudimentaire schetsen van hoe het systeem eruit zal zien. De technologie om een effectieve Golden Dome te bouwen moet nog grotendeels ontwikkeld worden.



Volgens insiders zal een Golden Dome die de VS beschermt tegen nucleaire aanvallen bestaan uit een complexe lappendeken van sensoren en wapens die voor een groot deel nog moeten worden ontwikkeld. Foto Leonardo.

## Het vernietigen van een raket

Het GMD bestaat momenteel uit 44 Ground-based Interceptor-raketten (GBI-raketten) in ondergrondse silo's in Alaska (40) en Californië (4). De eerste detectie van een inkomende ICBM is toevertrouwd aan infraroodsensoren aan boord van satellieten die de hitte van een lancering registreren. Radars op schepen en het vaste land volgen de raket na de lancering. Algoritmen van het Command en Control Center – verdeeld over Vandenberg Air Force Base in California en

Fort Greely in Alaska – voorspellen het traject dat de ICBM zal volgen. Het systeem gebruikt ook nog X-band radar die opereert tussen 8 en 12 GHz. Dit levert de high-res beelden die nodig zijn om echte raketten te onderscheiden van lokdoelen.

Zodra Command en Control concludeert dat er daadwerkelijk sprake is van een inkomende ballistische raket, worden één of meer Ground Based Interceptors (GBI) gelanceerd. Dit zijn drie-traps vaste brandstof raketten die volgens een gepland traject een Exo-atmospheric Kill Vehicle (EKV) in de atmosfeer brengt. Op een hoogte van 220 kilometer maakt de EKV zich los van de laatste trap om vervolgens autonoom een 'hit-and-kill' traject uit te voeren naar de inkomende ICBM.

Een EKV is uitgerust met zijn eigen motoren en met elektro-optische en infraroodsensoren die in de atmosfeer het hitteprofiel van de vijandelijke raket detecteren. De botsing van een EKV met een inkomende ICBM zal volgens deskundigen nooit leiden tot activering van de kernkop. Een nucleaire detonatie vereist een aantal stappen waarbij conventionele explosieven de splijstof samenpersen. Deze sequentie wordt onmogelijk nadat de impact van de botsing van de interne componenten van de bom heeft vernietigd.

## Niet zo effectief

De effectiviteit van het GMD-systeem? Die valt erg tegen. Volgens het Pentagon is het bij testen in de afgelopen vijftien jaar in 55 procent van de gevallen gelukt een inkomende raket te vernietigen. Veel testen mislukten omdat de EKV zich niet wist los te maken van de derde trap of door problemen met de sensoren of de software aan boord van de EKV. Het Ministerie van Defensie heeft daarom inmiddels besloten een nieuwe EKV van de grond af aan te ontwikkelen.

En dan nog dit. GMD is ontwikkeld om de VS te beschermen tegen ICBM's afgevuurd door een 'rogue regime' als dat van Noord-Korea of Iran. Omdat er niet meer dan 44 GBI's zijn, ieder met een kans van slagen van 55 procent, zal het systeem nooit een effectieve bescherming bieden tegen een massale aanval met Russische of Chinese kernwapens. Wanneer zo'n nucleaire aanval dan ook nog gepaard gaat met tientallen decoys, dan zal de VS snel door zijn voorraadje interceptors heen zijn.

GMD heeft wel bewezen dat het met een kans van 55 procent mogelijk is een kogel met een kogel te raken. Israël's Iron Dome heeft zelfs een slagingspercentage hoger dan 80 procent. Dit systeem beschermt echter een betrekkelijk klein gebied, niet groter dan de staat New Jersey, tegen minder geavanceerde raketten en drones. De Iron Dome is een onderdeel van een groter anti-raket systeem dat naast Israëlische interceptors ook gebruikmaakt van Amerikaanse patriot raketten.

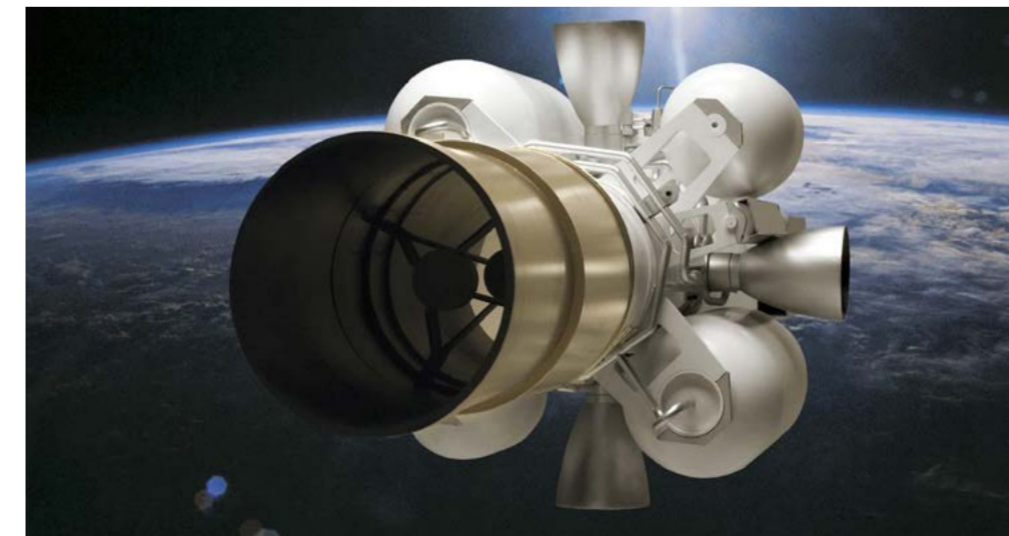
## Hypersone zwevers

De interceptors van GMD bieden zeker geen effectieve bescherming tegen kruisraketten of tegen de nieuwste Russische hypersone glide vehicles, de Avangards. Deze 'zweefvliegtuigen' worden door een raket tot aan de rand van de ruimte gebracht en daar losgelaten. Ze benutten aerodynamische lift om met hypersonische snelheid – groter dan Mach 5 – door de atmosfeer te manoeuvreren. Zonder hitesignaal zijn ze vrijwel onzichtbaar voor grondradar en andere sensoren.

De VS is wel bezig met de ontwikkeling van een systeem dat wel kruisraketten en hypersone gliders in de atmosfeer kan waarnemen. De Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor (HBTSS) bestaat uit een combinatie van infrarood en optische sensoren in satellieten. Essentieel voor HBTSS zijn een soort signaal-ruisalgoritmen die het oplichtende beeld van een kruisraket of een hypersone glider kunnen onderscheiden tegen de achtergrond van een eveneens oplichtend aardoppervlak.

Northrop Grumman werkt samen met Japanse bedrijven aan de ontwikkeling van de Glide Phase Interceptor, een raket die gelanceerd kan worden vanaf een schip om een supersonische glider in de atmosfeer te onderscheppen en te vernietigen. Deze Glide Phase Interceptor zal gebruik maken van

Omdat de huidige Kill-vehicles van het GMD systeem slechts een slaagkans hebben van 55 procent, ontwikkelt Raytheon momenteel een nieuw Exo-atmospheric Kill Vehicle dat met grotere zekerheid inkomende kernwapens kan vernietigen. Foto Raytheon.



Het is nu nog meer science fiction dan iets anders: satellieten die met behulp van een laser of met high-energy straling doelen op aarde of in de ruimte kunnen vernietigen. Foto Kieran Ashley Russel.

voornoemde HBTSS-sensoren. De productie ervan zou op zijn vroegst beginnen in 2035.

Als de Golden Dome er ooit komt, zal deze volgens Laura Grego, security expert van de Union of Concerned Scientists, bestaan uit meerdere lagen en technologieën. Er zijn verschillende systemen nodig als verdediging tegen verschillende soorten aanvallen: ICBM's, hypersone kruisraketten, hypersone zwevers, stealth bommenwerpers en zelfs de mogelijkheid van drones uitgerust met kernkoppen. Daarnaast zijn er AI-programma's nodig om alle onderdelen van het systeem te coördineren.

## Lancering vanaf satellieten

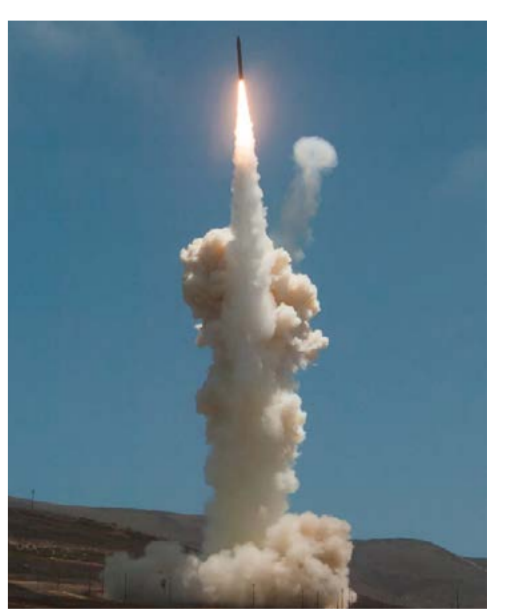
De grootste technologische doorbraken zullen nodig zijn voor het primaire doel van de Golden Dome: het direct na de lancering vernietigen van alle typen ICBM's en kruisraketten. Raketten zijn het meest kwetsbaar in de boost-fase direct na de lancering wanneer ze een zeer duidelijk hitteprofiel laten zien en een voorspelbaar traject volgen. Het vernietigen van zo'n raket moet gebeuren door een interceptor die afgevuurd wordt vanuit een low Earth orbit-satelliet die zich boven de lanceerzone bevindt.

Het lanceren van een interceptor door een satelliet is een gigantische technische uitdaging. Een low Earth orbit-satelliet draait met een snelheid van 28.000 km/u rondom de aarde terwijl de vijandelijke raket na de lancering meedraait met de aarde. Een door een satelliet gelanceerde interceptor zal eerst zijn motoren moeten afvuren in de tegengestelde richting van de satelliet om te vertragen, een operatie die enorm veel brandstof vergt. Pas na deze vertraging kan de interceptor koers zetten naar de vijandelijke raket.

Het tweede grote probleem: een door een satelliet afgevuurd interceptor zal vanaf een hoogte van honderden kilometers een re-entry maken in de atmosfeer. Het projectiel wordt daarbij blootgesteld aan de enorme hitte en druk die we kennen van terugkerende ruimtecapsules. De interceptor moet daarom gemaakt worden van zeer hittebestendige materialen en beschermd moet worden met een hiteschild. Alle onderdelen, inclusief de boordcomputers, zullen ook bestand moeten zijn tegen de g-forces en de straling waarmee de interceptor te maken krijgt.

Test lancering van een Ground-based Interceptor (GBI). De VS beschikt over 44 van deze GBI's, raketten die Exo-atmospheric Kill Vehicle (EKV) in de ruimte brengen. Zo'n EKV kan met een slaagkans van 55 procent een vijandelijke ballistische raket met kernkop vernietigen. Foto Boeing.

De Golden Dome in de ruimte is alleen effectief wanneer het bestaat uit grote aantallen satellieten en interceptors. Om iedere gelanceerde raket te vernietigen zal er te allen tijde een satelliet met interceptors in de buurt van de lanceerinschik moeten zijn. Het American Enterprise Institute concludeert dan ook dat de grootste belemmering voor het systeem nog meer financieel dan technisch is. Deze conservatieve think-tank denkt dat de Golden Dome over een periode van 20 jaar minimaal \$3,6 biljoen zal kosten. TW



## Lasers

De maatregelen om Golden Dome te omzeilen – zoals het afvuren van tientallen lokdoelen, nep ICBM's – zullen vele malen goedkoper zijn dan het lanceren van tientallen interceptors vanaf satellieten. Het Amerikaanse ministerie kijkt daarom reikhalzend uit naar een technologie die in principe goedkoper kan zijn: het vernietigen of onschadelijk maken van inkomende raketten met behulp van lasers. De Amerikaanse Navy heeft inderdaad een high-energy laser in ontwikkeling die gebruikt kan worden tegen helikopters en drones. Er bestaan nog talrijke technische obstakels om met zo'n type wapen ook een kruisraket of ICBM onschadelijk te maken. Om een ICBM vlak na lancering onschadelijk te maken zou een laser aan boord van een satelliet nodig zijn met een krachtbron van minimaal 1 megawatt. De satelliet zou dan ook nog niet verder dan 200 kilometer van het doel zijn verwijderd. Ruimtelasers doen het goed in de bioscoop, maar in de echte ruimte zijn ze nog steeds sci-fi.

# Moderne mens is van oorsprong geen duurloper, maar een sprinter

"Het is onwaarschijnlijk dat wij 3 miljoen jaar geleden al zijn geselecteerd als lange afstandsrenners."

*De mens is van nature geen duurloper maar een sprinter, ontdekte een team onder leiding van Karl Bates in Liverpool. De Nederlandse bewegingswetenschapper Pasha van Bijlert werkte mee aan dit onderzoek. Zelfontwikkelde simulatiemodellen van de lichaamsbouw van mensaapachtige Lucy lieten dat zien. Lucy was geen goede renner, in tegenstelling tot de moderne mens.*

DOOR ILSE BOS

Bewegingswetenschapper en paleontoloog Pasha van Bijlert onderzoekt aan de Universiteit Utrecht en Naturalis hoe dierlijke voortbeweging is geëvolueerd. Samen met Karl Bates in Liverpool keek hij naar het loopvermogen van de uitgestorven soort van mensaapachtige Lucy die 3 miljoen jaar geleden leefde. Bates en zijn collega's maakten een digitaal 3D-model van het skelet van Lucy. "Omdat Lucy een van onze directe voorouders is, kunnen we hieruit concluderen dat de moderne mens geëvolueerd is tot een sprinter. Hoewel de huidige mens met zijn lichaamsbouw een snelheid kan bereiken van 7,9 meter per seconde, was dat bij mensaapachtige Lucy nog slechts 1,7 meter tot maximaal 5 meter per seconde", zegt Van Bijlert.

Van Bijlert maakte op basis van 3D-scans van skeletten en spieren van Lucy een digitale weergave van de werkelijkheid. Natuurkundige berekeningen moesten vervolgens het antwoord geven op zijn onderzoeksvragen. Dat deed hij overigens niet alleen voor Lucy samen met de Britten, maar ook voor vogels. "Onze 3D-modellen bieden meer dan alleen het tot leven wekken van fossielen", zegt Van Bijlert.

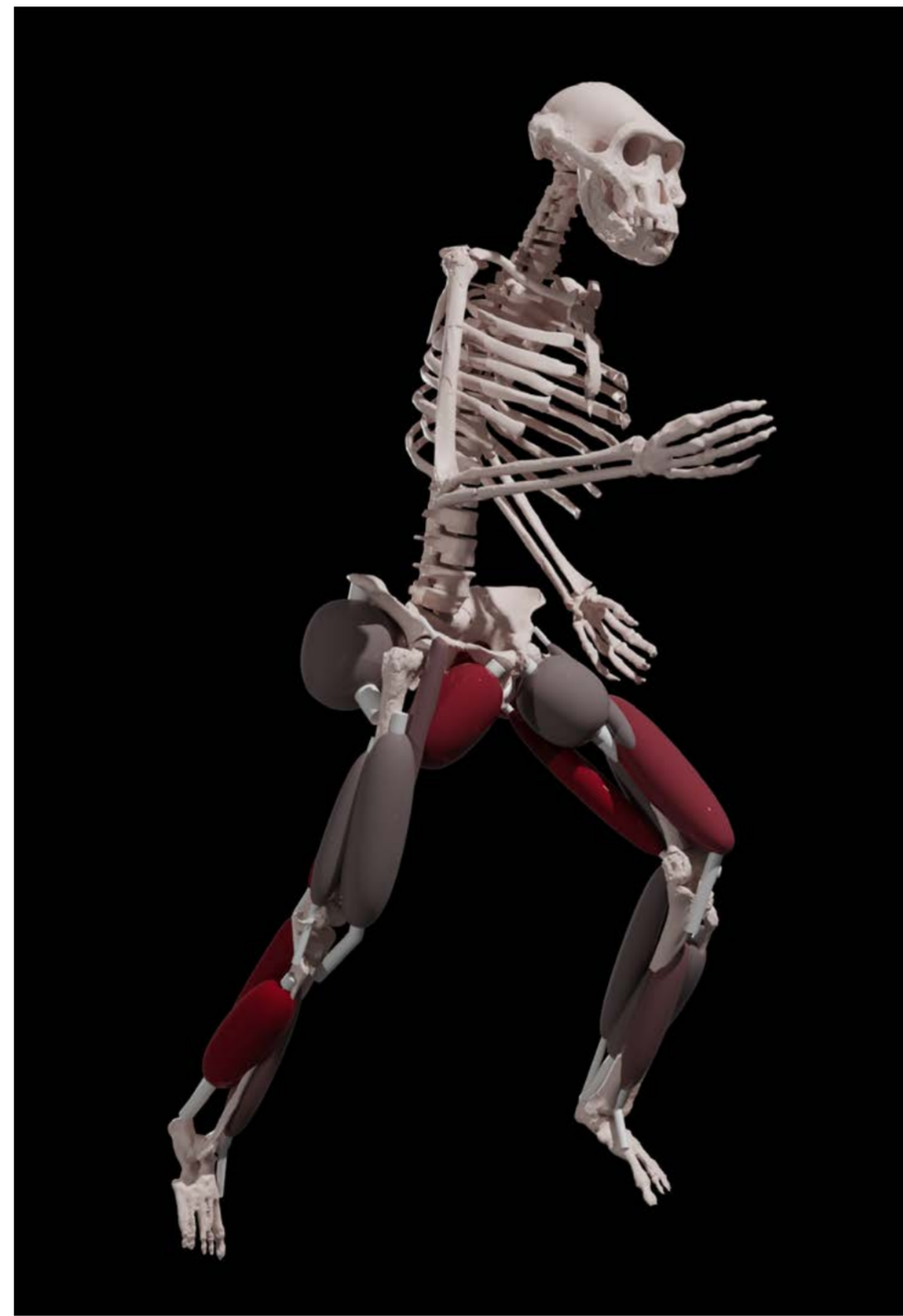
**Ontdekking van Lucy**  
Mensaapachtige Lucy behoorde tot de Australopithecus afarensis, een voorloper van de mens die 3 miljoen jaar geleden leefde. Haar restanten werden in 1974 gevonden in Ethiopië. Ze was een belangrijke vondst voor de wetenschap, omdat ze nog in bomen klom en toch al rechtop kon lopen. Lucy zit dus eigenlijk tussen de slingerende mensaap en de rechtop lopende mens in. Ze kreeg de naam Lucy, omdat het onderzoeksteam tijdens de vondst het bekende Beatles-nummer 'Lucy in the sky with diamonds' draaide.

## Succesvolle mens

"De huidige mens is waanzinnig succesvol geweest, evolutionair gezien. We weten niet wat de selectiedruk is geweest en waarom de mens op twee benen is gaan lopen. Wel is duidelijk dat de combinatie van lange benen, korte armen, sterke beenbotten en gebogen voeten van de moderne mens de reden is dat we zo'n goede lopers zijn", aldus Van Bijlert. Samen met Karl Bates boog hij zich over de vraag of het een zuiniger loopvermogen was wat deze fysieke ontwikkelingen stimuleerde, of juist verbeterde hardloopprestaties. Hier debatteren wetenschappers al decennia over.

## Bewegingssimulaties

In het onderzoek naar het menselijk loopvermogen, gebruikten Van Bijlert en het team van Bates dus bewegingssimulaties om de biomechanica en het energieverbruik van hardlopen in Australopithecus afarensis te modelleren, naast een model van een mens. Met het computermodel konden ze testen hoe hard de mensaapachtige of de mens zou kunnen rennen. Ze gebruikten gegevens van levende zoogdieren, vooral mensapen, om ontbrekende aspecten van de anatomie van Lucy in te vullen, zoals de grootte en eigenschappen van beenspieren. Bij zowel het model van Australopithecus als van de moderne mens voerde het team meerdere simulaties uit. Daarbij varieerden ze verschillende anatomische kenmerken die belangrijk worden geacht voor het moderne menselijke hardlopen, zoals grotere beenspieren en een lange achillespees. Door deze toe te voegen of juist te verwijderen, konden ze zien hoe ze de loopsnelheid en het energieverbruik beïnvloedden.



Het skelet van Lucy. Beeld Pasha van Bijlert.

## Lage snelheid rennen

Daarna deden de onderzoekers ook testen op spiereigenschappen van Lucy om de loopsnelheid te meten. Hiervoor moesten ze aannames doen, want er zijn geen zachte weefsels bewaard gebleven van Lucy. Spiermassa's werden geschat aan de hand van de oppervlaktes van spieraanhechtingen van skeletten, zowel van de soort van Lucy als van de moderne mens. Van Bijlert: "Nu laat het digitaal model van Lucy's skelet zien dat ze weliswaar in staat was om op beide benen rechtop te lopen, wat al eerder werd aangenomen, maar dat ze lang niet zo hard kon rennen als wij. Als je bij zo'n lage snelheid al op je max zit, heb je eigenlijk geen speelruimte om op een lager tempo te gaan joggen." Lucy's lichaamsbouw beperkte dus haar loopsnelheid ten opzichte van moderne mensen.

## Snelheidsmetingen

De onderzoekers kwamen op hun antwoord door snelheidsmetingen te doen in het model. Als ze Lucy in het model veel kenmerken van een mensaap gaven, zoals een beperkte achillespees en de spiermassa van een chimpansee, gaf het model de ondergrens aan van de loopsnelheid. "Bij deze ingevoerde gegevens bereikt Lucy een snelheid van 1,7 meter per seconde, dus dat is erg laag. Dat komt overeen met 6 kilometer per uur. Maar als we Lucy juist meer kenmerken gaven van de moderne mens, zoals een goed ontwikkelde en lange achillespees en veel spiermassa, kon ze maximaal 5 meter per seconde rennen. In werkelijkheid zal het loopvermogen van de mensaapachtige tussen deze extremen in hebben gelegen, dus ergens rond 8 kilometer per uur."

"Lucy's lichaamsbouw beperkte haar loopsnelheid ten opzichte van moderne mensen."

Een mens als Femke Bol daarentegen bereikt gemakkelijk een vier keer zo hoge snelheid en houdt dat langer vol, omdat ze minder dicht op de maximale snelheid rent."

## Persistence hunting

Van Bijlert: "Het is dus onwaarschijnlijk dat wij 3 miljoen jaar geleden al zijn geselecteerd als langeafstandsrenners. Eerst waren we sprinters, vermoedelijk omdat dit ons voordeel gaf in het schuilen voor roofdieren. Het feit dat de mens beter is geworden in lange afstandsrennen, suggereert dat onze evolutionaire rol is veranderd. Mogelijk zijn we dus betere jagers geworden, wat voordeel gaf bij het zogenoemde 'persistence hunting', het zo lang mogelijk opjagen van prooiën totdat ze uitgeput raken."

## Vervolgonderzoek

Bates benadrukt dat dit onderzoek slechts een eerste stap is naar meer kennis over de evolutie van het loopvermogen. "Ons onderzoek geeft inzicht in de loopsnelheid en de fysieke mogelijkheden, maar zegt niets over uithoudingsvermogen. Het is wel aannemelijk om aan te nemen dat het uithoudingsvermogen van Lucy zo beperkt was omdat haar mogelijkheid om te 'joggen' relatief klein was. Maar het zou beter zijn als we dit in de toekomst gerichter kunnen meten met lange-afstands simulaties bijvoorbeeld. Ook omdat dit belangrijk is om meer opheldering te krijgen over de evolutie van het loopvermogen van de moderne mens." TW

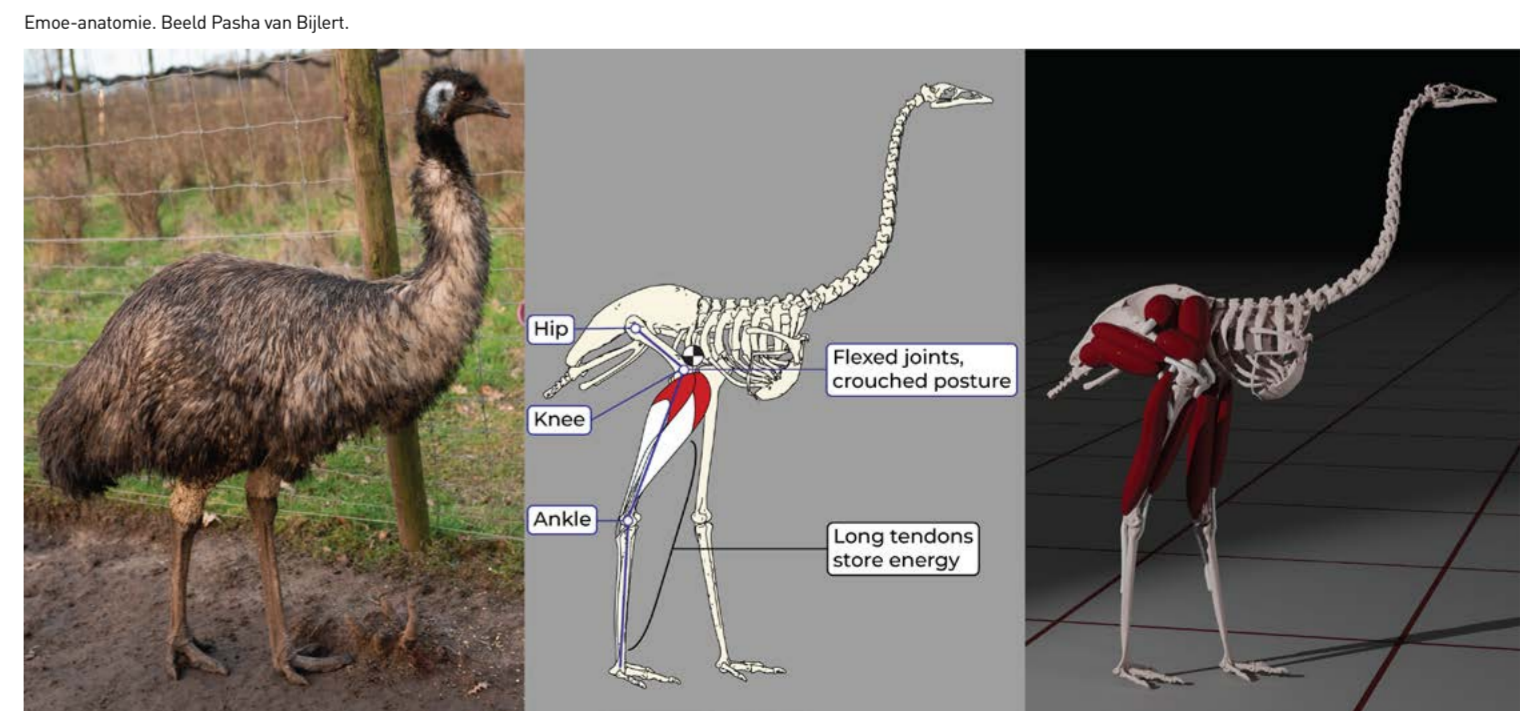
## Waarom vogels zo stabiel lopen

In ander onderzoek met simulatiemodellen keek Pasha van Bijlert ook naar het loopvermogen bij vogels. "Vogels doen aan 'grounded running', dat betekent dat ze kunnen wandelen zonder dat hun poten losraken van de grond. Zo blijven ze stabiel en lopen ze minder schokkerig. Bij sneller rennen raken ze wel even kort van de grond, net als bij mensen, maar niet bij het wandelen. De wetenschap begreep niet waarom vogels dit doen, omdat grounded running meer energie kost dan 'normaal' – terwijl dieren meestal kiezen voor een oplossing die het minste energie kost." Uit simulaties bij de emoe bleek dat grounded running op veel loopsnelheden de beste looptechniek is, onafhankelijk van de peesrekbaarheid.

Toch was er iets anders wat nóg belangrijker was: de gehurkte houding van vogels. "De knieën van vogels zitten eigenlijk verscholen in het lijf, omdat ze gehurkt staan. In de evolutionaire geschiedenis stammen vogels af van dinosaurussen, en hebben ze hun staart verloren. Om toch stabiel te blijven, hebben ze dikke vlegelspijeren ontwikkeld en tegelijkertijd deze gehurkte houding om niet voorover te vallen. Juist die gehurkte houding maakt grounded running zo succesvol. Het is aannemelijk dat ook dino's aan grounded running deden, en vogels dit als restant hebben overgehouden in hun voortbeweging."



Pasha bij een emoe. Foto Meret Spithoven.



Emoe-anatomie. Beeld Pasha van Bijlert.

"Onze 3D-modellen bieden meer dan alleen het tot leven wekken van fossielen."

Bacteriën in reststromen leveren grondstof voor milieuvriendelijk plastic

# Bioplastic gemaakt met afvalwater: circulair en gezond

Een beter voorbeeld van een milieuvriendelijk, kortcyclisch proces is moeilijk te bedenken: bacteriën die groeien in proceswater van een papierfabriek, produceren de basis voor een biologisch afbreekbaar alternatief voor plastics. De papierfabriek kan die biopolymeren weer toepassen in papiercoatings voor boekomslagen of puzzels. Intensieve samenwerking tussen de TU Delft en de industrie levert Nederland wereldwijd een voorsprong op in de productie van duurzame biobased en biologisch afbreekbare plastics.

DOOR THIJS DOORENBOSCH

De proeffabriek van Paques Biomaterials op het terrein van GETEC Park Emmen bewees dit najaar dat het proces werkt, niet alleen op laboratoriumschaal maar ook voor de productie van grote volumes PHA (polyhydroxyalkanoaat). Dit is de grondstof voor een breed scala aan biologisch afbreekbare producten.

Kort door de bocht werkt het zo: bacteriën halen massaal organische verontreinigingen uit het afvalwater en bouwen daarmee in de cel een energievoorraad op in de vorm van PHA, vergelijkbaar met de vetreserves bij vogels en zoogdieren. Onder de juiste condities propfen de bacteriën zich vol met PHA, tot wel 90 procent van hun totale biomassa. De bacteriën worden uit het water gefilterd, dat vervolgens als industriewater opnieuw in het fabrieksproces kan worden ingezet. Uit de bacteriën in het filtraat wordt het PHA gehaald waarmee een gespecialiseerde producent, zoals Helian Polymers uit het Limburgse Belfeld, diverse soorten bioplastics kan maken.

Bacteriën vol PHA geoogst uit proceswater. Foto © Paques Biomaterials.



## Bioplastic kan jaren meegaan

De meeste mensen hebben ervaring met bioplastics in de vorm van de composteerbare afvalzakjes voor GFT, waar de bodem uitvalt als je na een paar dagen de pedaalemmer wilt legen. Dat beeld is herkenbaar maar zeker niet volledig, vindt Ruud Rouleaux, CEO van Helian Polymers. "De afbraak van PHA hangt helemaal af van het type bioplastic, de omstandigheden van het gebruik en vooral de aanwezigheid van microbiële activiteit. We hebben proefstaafjes van 4 mm bij Bretagne in de Atlantische Oceaan liggen die er tien jaar over doen om afgebroken te worden. Maar dan zijn ze ook helemaal geconsumeerd en blijven er geen microplastics over."

Het tegengaan of vermijden van microplastics is een belangrijke drijfveer voor de ontwikkeling van biologisch afbreekbare plastics. Vorig najaar toonden wetenschappers nog met een artikel in Science aan dat de hoeveelheid plastic in oceanen in twintig jaar tijd met 50 procent is toegenomen. Microplastics



Microplastics verzameld uit oppervlaktewater. Foto © iStock.

worden nu overal in ons voedsel aangetroffen, zoals in mosselen, oesters, bier, zeezout en kraanwater. Ze zijn zelfs al aangetoond in menselijk weefsel en er zijn aanwijzingen dat microplasticdeeltjes zorgen voor ontstekingen en orgaanschade.

## Geen microplastics met PHA

PHA-gebaseerde materialen hebben dat probleem niet (zie kader). De koolstofketens waaruit deze plastics zijn opgebouwd, kunnen dienen als voedsel voor bacteriën die ze uiteindelijk helemaal omzetten in kooldioxide en water. Veel van de bioafbreekbare plastics worden nu gemaakt uit gewassen die speciaal voor dit doel worden gekweekt. Rouleaux: "Deze plastics zijn wel afbreekbaar maar niet geheel duurzaam, want je hebt er land, water, mest en energie voor nodig." Het proces dat Paques Biomaterials heeft ontwikkeld omzeilt dat probleem. Door afvalwater in te zetten, slaat het bedrijf twee vliegen in één klap: het afvalwater wordt gezuiverd en het bacterieslib levert een zeer waardevolle grondstof. "Sinds mei kunnen we in de proeffabriek tientallen kilo's PHA per dag produceren", vertelt René Rozendal, CEO bij Paques Biomaterials. "Dat is nu voldoende om afnemers in de gelegenheid te stellen materiaaltesten te doen en levert ons ervaring op om de commerciële opschaling voor te bereiden."

De basis van het proces werd gelegd op de TU Delft waar de afdeling Biotechnologie al sinds de eeuwwisseling onderzoek doet naar microbiële processen om afvalwater

te zuiveren. De universiteit werkt daarbij al lange tijd nauw samen met het waterzuiveringsbedrijf Paques, het voormalig moederbedrijf van Paques Biomaterials. De groep van Robert Kleerebezem, universitair docent aan de TU Delft, onderzoekt vooral de ecologische processen en de biologie van de organismen in het afvalwater. Paques brengt industriële expertise in en zoekt naar toepassing en opschaling van de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek.

## Opschalen was een zoektocht

Dat sommige bacteriën PHA's maken was al lang bekend, maar de optimalisatie van dat proces was nog een jarenlange zoektocht. Onder ideale laboratoriumomstandigheden was het mogelijk één type bacterie tot 90% PHA-verzadiging te brengen. Om die situatie te creëren, is het wel nodig dat alles verder steriel gebeurt en bij de juiste temperatuur. Dat maakt het proces complex en minder duurzaam. Kleerebezem: "We hebben ontdekt dat wanneer je een mengpopulatie PHA-producerende bacteriën eerst traint, ze ook tot die 90 procent kunnen komen in minder gecontroleerde omstandigheden. In een aantal cycli laten we ze eerst maximaal voedingsstoffen opnemen en PHA aanmaken, daarna hongeren we ze uit waardoor ze al hun PHA verbruiken en vervolgens voeden we ze weer met voedselrijk afvalwater. Daarbij is het ook toevoegen van een optimale hoeveelheid stikstof belangrijk zodat ze ook de eiwitten kunnen maken die ze nodig hebben om te groeien."

"Sinds mei kunnen we in de proeffabriek tientallen kilo's PHA per dag produceren."

René Rozendal

"Zonder overheidsingrijpen blijft de transitie naar bioplastics een nichemarkt."

Ruud Rouleaux

De groeiomstandigheden zijn ook van belang voor de samenstelling van PHA. Rouleaux: "PHA is eigenlijk een familie van verschillende bouwstenen. Het zijn copolymeren, ofwel ketens van verschillende lengtes en samenstelling. De variatie van ketens in PHA bepaalt de eigenschappen van de bioplastics die je ermee kunt maken." Het gaat dan om eigenschappen als verwerkbaarheid en stabiliteit, maar ook de mate waarin de moleculen een kristal kunnen vormen.

Werk aan de zuiveringsinstallatie. Foto © Paques Biomaterials.



"In Italië en Spanje werken er ook groepen aan PHA-productie uit afvalwater, maar die zijn nog lang niet zo ver als hier."

Robert Kleerebezem

## Plannen klaar voor uitbreiding

Rozendal vertelt dat de samenwerking met papierfabriek Eska in Hoogeveen al in 2015 is gestart met een pilotproject. Daarin zijn de processen van de papierfabriek en de PHA-productie inmiddels heel goed op elkaar afgestemd. De bedrijven hebben een joint venture opgericht die uiteindelijk de volledige proceswaterstroom moet gaan verwerken. De komende maanden valt de investeringsbeslissing om de productie-installatie op te zetten.

Rozendal werkt ook plannen uit voor een veel grotere productielocatie in Emmen met GETEC en Loopo, een bedrijf dat zich richt op 'closing the loop'. Deze PHA-fabriek krijgt een beoogde productiecapaciteit van 6.000 ton per jaar ofwel vier keer zo veel als de Eska-fabriek in Hoogeveen. Het plan is om deze PHA-fabriek te voeden met bijproducten uit de voedingsmiddelenindustrie. "Het investeringsbesluit daarover verwachten we eind 2026 of begin 2027 te nemen."

## Regelgeving werkt niet mee

De wereldwijde productie van PHA bedraagt nu ongeveer 100.000 ton per jaar. Naar verwachting groeit die hoeveelheid in vijf jaar tijd naar een miljoen ton. "Op dit moment bedraagt het totale gebruik van standaard plasticsoorten ongeveer 1 miljoen ton per dag", stelt Rouleaux. "De PHA-productie is dus voorlopig slechts een druppel in de oceaan." Hij ziet dat het onderwerp bioafbreekbare plastics niet erg leeft onder

consumenten en industrie. "Cash is king. Mensen zijn toch vaak hebberig, om het zo maar te zeggen. Dan doen ze maar een oogje dicht als het gaat om het milieu. In de regel is PHA nu twee tot zes keer zo duur in vergelijking met standaard plastics." Dat prijsverschil komt doordat de bioplastics-industrie de schaalvoordelen mist die de fossiele plasticindustrie wel heeft. Bovendien is de aardolieobby erg sterk waardoor de overheid niet erg meehelpt die situatie te veranderen, constateert Rouleaux.

Rozendal wijst daarbij op inconsistentie in de Europese regelgeving. "In de Single Use Plastic Directive (SUPD) bijvoorbeeld wordt PHA geclassificeerd als plastic omdat het materiaal industrieel wordt geproduceerd, ondanks dat het 100% biologisch afbreekbaar is. Het gevolg is dat PHA niet gebruikt mag worden in toepassingen voor eenmalig gebruik, waar het juist door de biologische afbreekbaarheid de meest duurzame oplossing zou zijn." Tegelijk stimuleert zowel de nationale overheid als de EU de ontwikkeling van biogebaseerde materialen via subsidies en innovatieprogramma's, zoals het BioBased Circular-programma, gefinancierd uit het Nationaal Groeifonds. Rouleaux: "Zonder overheidsingrijpen blijft de transitie naar bioplastics een nichemarkt. De overheid moet zorgen voor duidelijke regels, handhaving en ondersteuning van duurzame ketens – anders verandert er te weinig en te langzaam." **TW**

## Bioplastics vs biologisch afbreekbare plastics

Er bestaan heel veel soorten plastics en bioplastics. Van oudsher zijn plastics een aardolieproduct en slecht afbreekbaar. Grotere plastic voorwerpen breken in de natuur tot steeds kleinere fragmenten zodat uiteindelijk microplastics overblijven die vaak ophopen in organismen. Bioplastics zijn daarentegen gemaakt van natuurlijke grondstoffen zoals maïs, aardappelen, suikerriet of hout. Het voordeel van bioplastics is dat de gewassen al CO<sub>2</sub> opgenomen hebben. Ze hebben daardoor een gunstige CO<sub>2</sub>-voetafdruk. Toch zijn lang niet alle bioplastics in de natuur afbreekbaar, ondanks hun biologische oorsprong. Bioplastics gemaakt van polymelkzuur (PLA) bijvoorbeeld breken alleen af in industriële composteringinstallaties bij hoge temperatuur en vochtigheidsgraad. In de natuur breken ze echter heel slecht af en vormen dan nog steeds microplastics.

Bioplastics gemaakt van PHA (polyhydroxyalkanoaat) zijn juist heel goed biologisch afbreekbaar. Voor echte duurzame bioplastics is het dus belangrijk te zoeken naar polymeren gemaakt van biologische grondstoffen en met eigenschappen waardoor ze geschikt zijn voor specifieke toepassingen, maar met een eindige levensduur zodat ze uiteindelijk afbreken volgens natuurlijke processen.

## Slapende reus

De markt voor bioplastics op basis van PHA bevindt zich nog in de opstartfase. Zowel de productiecapaciteit als de kosten en de marktvaag horen daarbij. Toch ziet Ruud Rouleaux van productiebedrijf Helian Polymers al twintig jaar de kansen van dit milieuvriendelijke alternatief voor fossiele plastics en steekt zijn nek uit voor de ontwikkeling ervan.

Toepassingsgebieden zijn onder meer:

- 3D-printing waarbij de focus ligt op printbare duurzame producten op basis van afval.
- Verpakkingen voor groenten, fruit en cosmetica van merken die duurzaamheid serieus nemen.
- Evenementenbekers, want PHA is sterk genoeg voor meerdere wasbeurten.
- Designartikelen zoals woonartikelen, vazen en dergelijke waarbij duurzaamheid, esthetiek en gewicht belangrijk zijn.

Fransen ontwikkelen chipkaart die kwantumaanvallen moet trotseren

# Thales presenteert identiteitsbewijs met post-quantumcryptografie

De Franse multinational Thales heeft een smart card ontwikkeld die bestand moet zijn tegen aanvallen met quantumcomputers. Het gaat om een kaart die gebruikt kan worden voor bijvoorbeeld identiteitsbewijzen of rijbewijzen. De toegepaste post-quantumcryptografie (PQC) is gecertificeerd door de officiële Franse controledienst voor cybersecurity (ANSSI) en heeft een zogeheten EAL6+-veiligheidsstatus toegewezen gekregen.

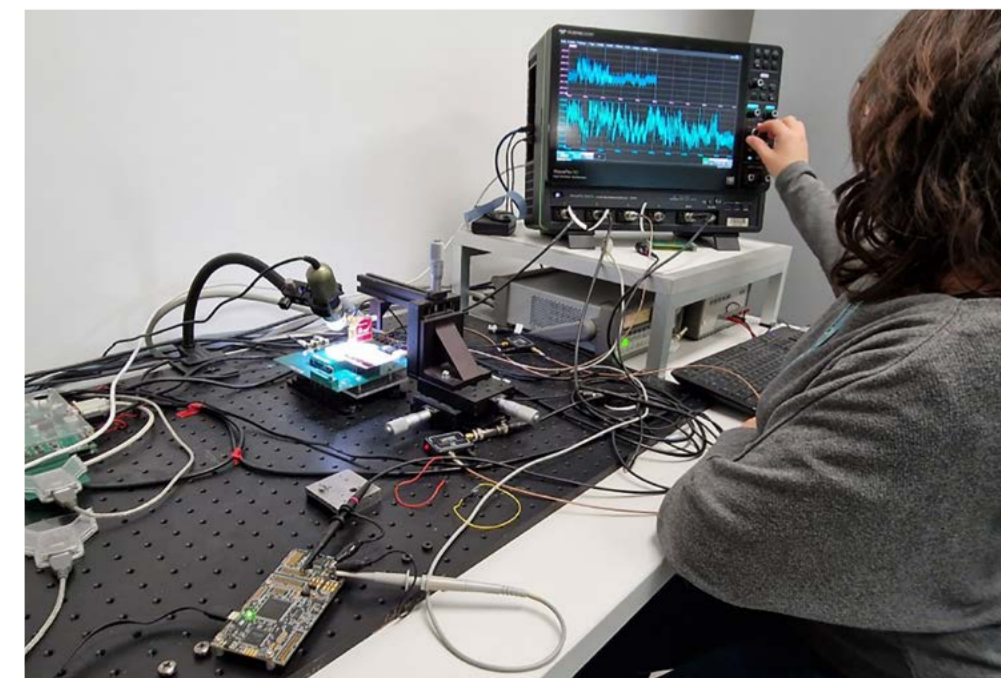
DOOR FRANK RENOUT

Hackers die met toekomstige quantumcomputers de kaart willen kraken, zullen daar niet in slagen, belooft Thales. "Voor de gebruikers van deze kaart verandert er helemaal niets. Ze kunnen 'm gebruiken zoals alle andere. De revolutie zit in de kaart", aldus het bedrijf. "De kaart laat zien dat toekomstbestendige cybersecurity niet alleen meer een concept is, maar nu ook werkelijkheid."

Het Franse Thales is bij het grote publiek vooral bekend als producent van defensiematerieel. Maar het bedrijf is ook één van de marktleiders als het gaat om de productie van beveiligde officiële documenten, zoals identiteitsbewijzen en rijbewijzen. "Elektronische documenten worden steeds belangrijker en de ontwikkeling ervan gaat erg snel", vertelt Guillaume Lefevre, vice-president 'Civil Identity' bij Thales. "En dit is dus de nieuwste variant."

Hij wijst – vol trots – naar het pasje dat voor hem op tafel ligt. Het is een prototype van het nieuwe identiteitsbewijs dat het Franse bedrijf maakte met zijn homemade post-quantumcryptografie. "Deze kaart heeft dus onze nieuwe PQC-beveiligingstechnieken die toekomstbestendig zijn." En die zitten allemaal in de chip. "Dat is belangrijk want documenten die nu nog worden gemaakt met alleen de hedendaagse beveiliging, zijn straks allemaal te kraken met quantumtechnologie."

Thales-cryptologen proberen sleutel te kraken. Foto © Frank Renout.



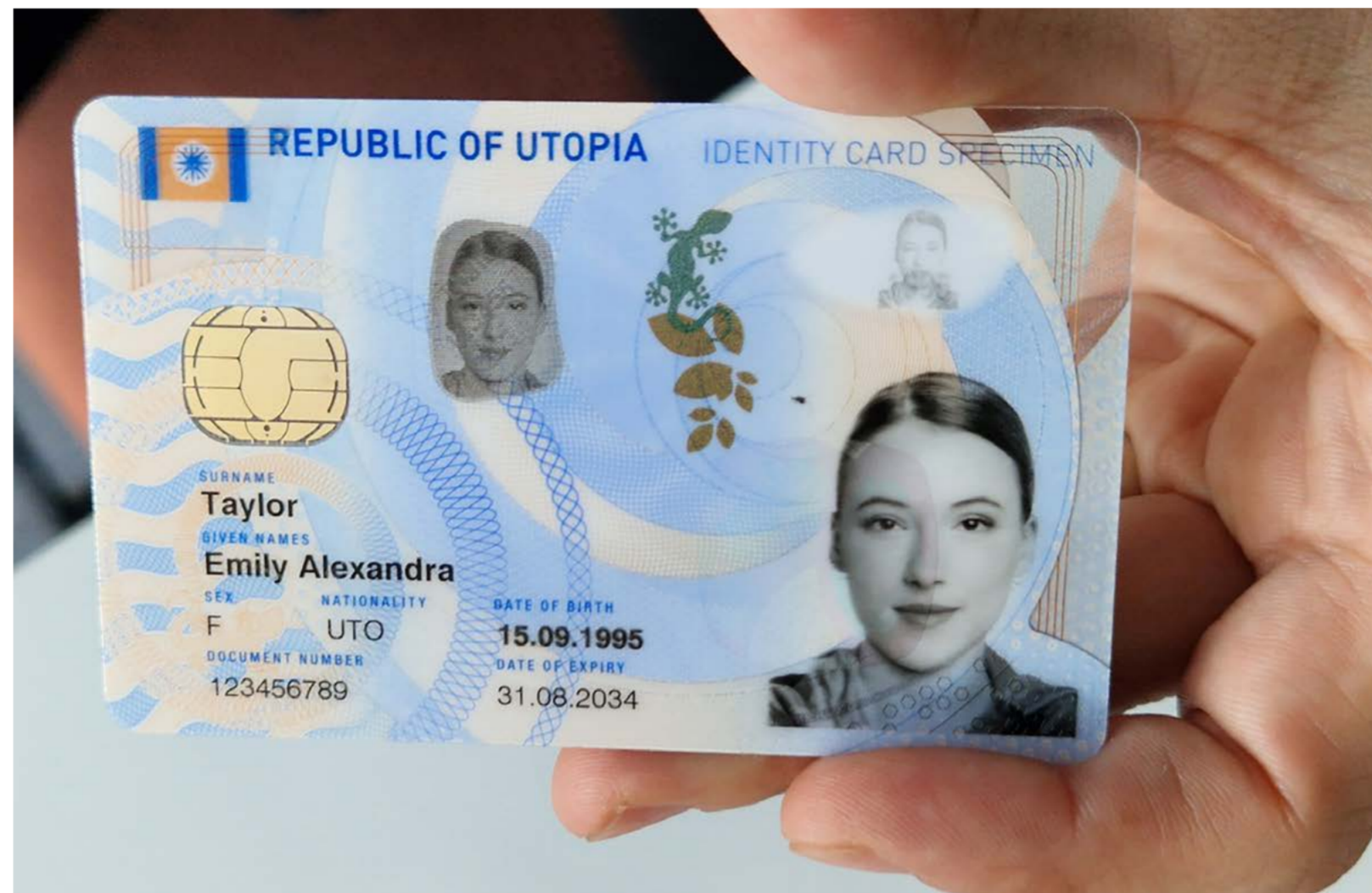
## Amerikaanse normen

Dat quantumcomputers dat ooit kunnen gaan doen, is al sinds de jaren 90 bekend. Bij Thales zijn specialisten dan ook al jaren bezig met de ontwikkeling van nieuwe beveiligingscryptografie om identiteitsbewijzen, maar bijvoorbeeld ook bankpassen of simkaarten, te beschermen tegen een 'kwantumkraak'.

"In 2016 kwam dat proces bij ons in een stroomversnelling", vertelt David Vigilant, die bij Thales verantwoordelijk is voor de R&D rond de nieuwe smart card. "Toen werd er door de Amerikanen een internationale competitie uitgeschreven om een nieuw algoritme te ontwikkelen dat resistent is tegen de kwantumdreiging."

Het Amerikaanse National Institute of Standards and Technology (NIST) kwam op basis van de 'inzendingen' met een aantal standaarden. Die post-quantumalgoritmes kregen de namen FIPS 203, FIPS 204 en FIPS 205. FIPS 204, dat in 2024 werd gepresenteerd, is door Thales gebruikt voor de nieuwe smart card die is gemaakt onder de naam MultiApp 5.2 Premium PQC. "We hebben daar de afgelopen jaren met in totaal zo'n 30 mensen aan gewerkt, inclusief onderzoekers en onze afdelingen cryptografie."

Het Amerikaanse National Institute of Standards and Technology (NIST) kwam op basis van de 'inzendingen' met een aantal standaarden. Die post-quantumalgoritmes kregen de namen FIPS 203, FIPS 204 en FIPS 205. FIPS 204, dat in 2024 werd gepresenteerd, is door Thales gebruikt voor de nieuwe smart card die is gemaakt onder de naam MultiApp 5.2 Premium PQC. "We hebben daar de afgelopen jaren met in totaal zo'n 30 mensen aan gewerkt, inclusief onderzoekers en onze afdelingen cryptografie."



De nieuwe Thales-kaart werd vanaf 2016 ontwikkeld. Foto © Thales.

De Thales-labs met cryptografen bevinden zich in La Ciotat, aan de Middellandse Zee, en in Meudon, aan de zuidkant van Parijs. David Vigilant neemt TW mee naar één van de labs in Meudon – achter gesloten deuren en vergezeld door een beveiliging. Want de technologie is zeer gewild, wordt nauwgezet beveiligd, en niet-journalistieke pottenkijkers zijn er niet toegestaan.

Op een tafel en omringd door apparatuur ligt een kaart met chip op z'n rug. Medewerkers proberen de code te kraken.

"Je zoekt naar zwaktes in bestaande cryptografie ten opzichte van quantumcomputers. Nou, die zwakke plekken zijn inmiddels wel bekend want daar zijn cryptografen wereldwijd al jaren mee bezig. En we zoeken dus ook naar andere structuren in cryptografie die juist niet kwetsbaar zijn. Die test je en ontwikkel je. Dat was ook de inzet van de NIST-competitie. En we hebben er vertrouwen in dat de nieuwe algoritmes wel bestand zijn tegen quantumcomputers."

"We hebben hier de afgelopen jaren in totaal met zo'n 30 mensen aan gewerkt, inclusief onderzoekers en cryptografen."

## Superpositie en verstrengeling

Het is nodig om die technologie nú al te hebben, omdat kwaadwillenden ook nu al data kunnen opslaan en bewaren om ze straks – als de quantumcomputer er eenmaal is – te kraken. "De wereld staat eigenlijk op z'n kop als je kijkt naar wat er aan komt", zegt Guillaume Lefevre. "Overheden moeten bij wijze van spreken al vanaf vandaag met nieuwe technologieën gaan werken om de nieuwe bedreigingen van straks te kunnen weerstaan."

Waar huidige computers bits gebruiken, nullen en enen, gebruiken quantumcomputers zogeheten qubits (afkorting voor quantumbits). Het zijn geen nullen óf enen. Qubits kunnen op hetzelfde moment in verschillende vormen bestaan. En ze zijn verstrengeld, zoals bekend is uit de kwantummechanica. Twee qubits kunnen dus tegelijk 00, 01, 10 en 11 zijn. En hoe meer qubits, hoe meer combinaties mogelijk zijn. Door die twee eigenschappen, superpositie en verstrengeling, voeren qubits ingewikkelde opdrachten veel sneller uit dan bits.

verkennen zoals huidige computers doen. Informatie die nu nog kundig is versleuteld met bijvoorbeeld bestaande RSA-encryptie, kan met qubits razendsnel worden gekraakt. Zover is het nog niet, maar het moment dat de eerste quantumcomputer officieel in gebruik wordt genomen ligt niet ver meer voor ons. IBM, Google, Microsoft en Intel investeren er vele miljarden in. Onderzoeksbureau Gartner voorspelde dat 'conventionele cryptografie in 2029 onveilig zal zijn door de vooruitgang die wordt geboekt in quantumcomputing'.

Google Quantum AI presenteerde afgelopen jaar een nieuw kwantumalgoritme dat op Google's Willow-quantumprocessor een specifieke taak 13.000 keer sneller uitvoerde dan een 'traditionele' supersnelle computer.

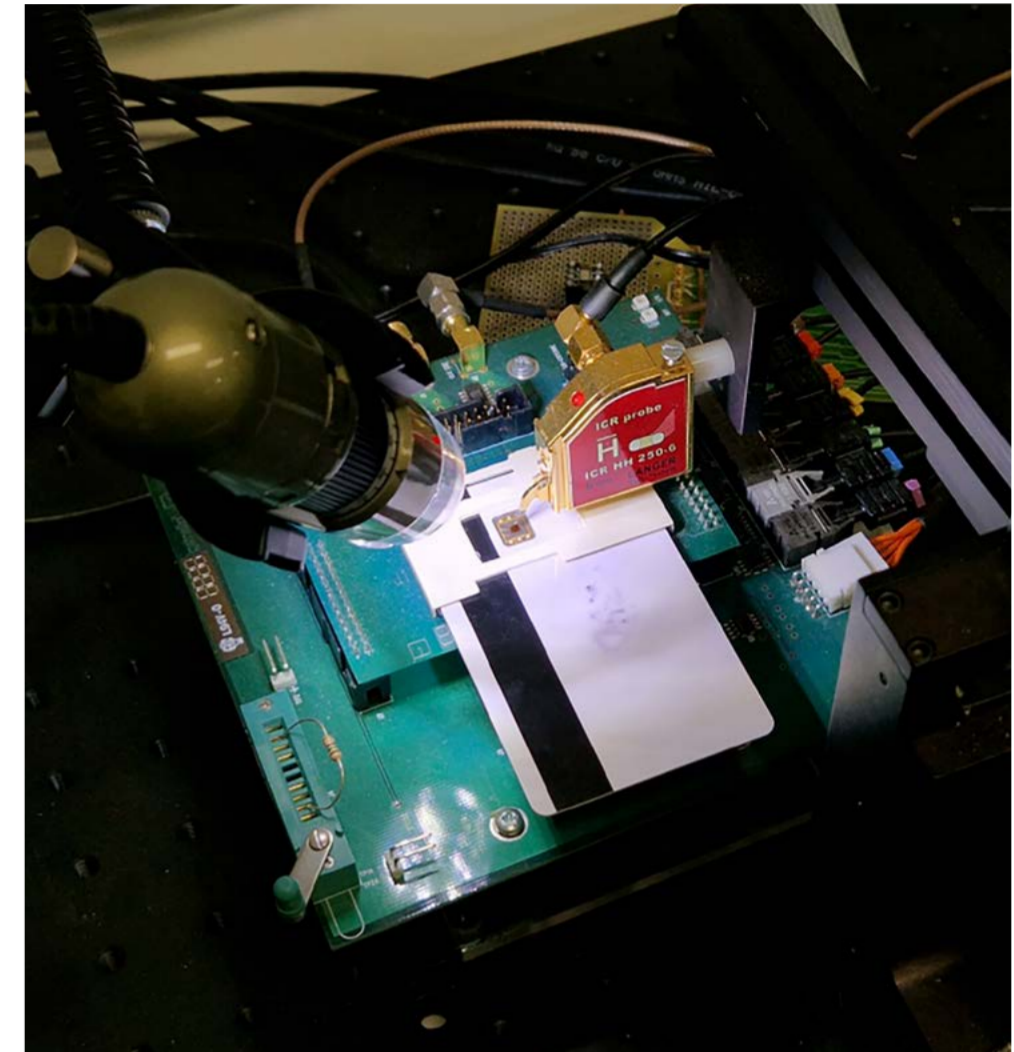
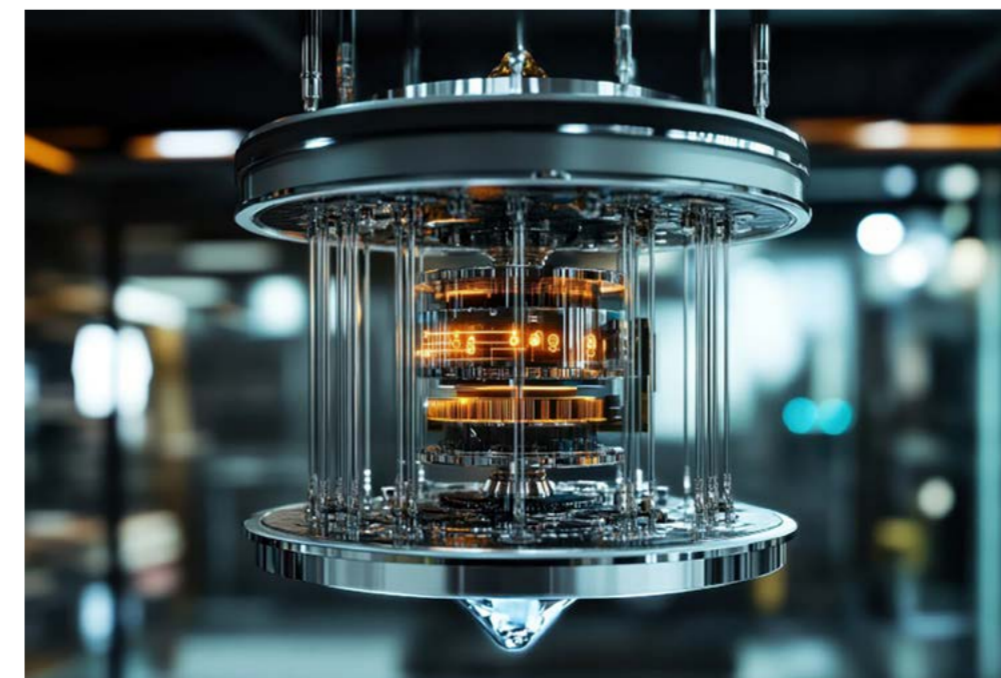
## Complexe sleutel op kleine processor

Post-quantumcryptografie is de laatste jaren in een stroomversnelling gekomen, zegt Thomas Attema, cryptograaf bij TNO en CWI. "Sinds de nieuwe NIST-standaarden bestaan, worden nieuwe post-quantum-beveiligingsprotocollen uitgerold. Bij internetverbindingen, software en browsers is dat vrij snel gegaan. Die zijn vaak nu al beveiligd met nieuwe post-quantumcryptografie. Maar op andere terreinen, zoals de beveiliging van smart cards, is nog heel veel te doen. Thales is, samen met een paar andere bedrijven, één van de voorlopers als het gaat om dit soort toepassingen."

Attema zegt dat de PQC-beveiliging van smart cards heel andere eisen stelt dan bijvoorbeeld internetbeveiliging. Het gaat om hardware. Wie de kaart steelt, heeft de chip met encryptie fysiek voor zich liggen. "Bij het internet komt een aanval niet zo makkelijk in de buurt van geheime sleutels."

Bovendien zijn de rekenkracht en het geheugen van een kleine smart card relatief beperkt, zegt David Vigilant van Thales.

IBM en Google investeren miljarden in de ontwikkeling van quantumcomputers. Foto © Thales.



Chip onder de loep. Foto © Frank Renout.

"Documenten die nu nog worden gemaakt met alleen de hedendaagse beveiliging, zijn straks allemaal te kraken met quantumtechnologie."

"Op zo'n kaart zit maar een kleine processor, het geheugen is beperkt, de berekeningen die je ermee kan doen zijn beperkt. Maar de post-quantumversleuteling is juist groter en complexer dan de sleutels die tot nu toe bestonden. En de nieuwe algoritmes vereisen juist ingewikkelder berekeningen. Dus een groot deel van ons werk de afgelopen jaren bestond uit optimaliseren: om het algoritme zo efficiënt mogelijk te laten werken op de chips die we gebruiken."

De Thales-smart card met PQC ligt er nu. Het zoeken naar klanten is begonnen. "We praten met overheden. Er zijn landen die geïnteresseerd zijn", zegt Guillaume Lefevre. "Bij overheden gaat het nog langzaam. Bij commerciële partijen gaat het veel sneller. Daar staan economische belangen op het spel. Het bankwezen is geïnteresseerd, de telecomsector heeft erg veel belangstelling. Denk aan de beveiliging van de simkaart. Mensen slaan op telefoons hun hele persoonlijke leven op. Dat moet beschermd worden." TW

## Franse defensie bereidt zich voor op kwantumoorlogen

Frankrijk wil niet achterop blijven als het gaat om de ontwikkeling van quantumtechnologie. President Macron presenteerde in 2021 een ambitieus 'Plan Quantique' met een budget van 1,8 miljard euro.

Tientallen concrete projecten zijn opgestart maar door corona en lockdowns liepen veel plannen flinke vertraging op. Franse werkgevers klaagden dat Frankrijk achterblijft bij de Verenigde Staten en China.

Het Franse leger presenteerde nieuwe plannen om te investeren in quantumtechnologie 'die het slagveld en de manier van oorlog voeren flink gaat veranderen'. Er wordt een speciale defensie-campus opgezet voor quantumbedrijven en -onderzoekers. En er komt een speciaal defensie-lab voor quantumtechnologie.

De Franse strijdkrachten lieten de afgelopen jaren de Girafe, en z'n opvolger, de Girafe 2, ontwikkelen: een gravimeter met kwantumsensoren, werkend met koude atomen. Die wordt gebruikt door de marine om zwaartekrachtvelden op zee te meten. Door die extreem nauwkeurige metingen worden bijvoorbeeld operaties op zee makkelijker en kan de positie van een schip nauwkeurig worden bepaald dankzij die zwaartekrachtvelden.

Drones vervoeren zware ladingen

# Heavy duty drones

Cargodrones worden steeds populairder. Onbemande vliegtuigen slagen er zo steeds beter in om honderden kilo's aan lading te vervoeren. Dat opent heel wat nieuwe toepassingen, die gaan van het onderhoud van windturbines tot het leveren van humanitaire hulp.

DOOR TOM CASSAUWERS

De drone van de Italiaanse start-up Flyingbasket is allesbehalve een lichtgewicht. Hij weegt 70 kilogram, en kan daarbovenop een lading van 100 kilogram optillen met zijn vier rotoren. Dat zwaargewicht zag het licht in de Italiaanse Alpen, in Zuid-Tirol. De bergen daar gaven CEO en oprichter Moritz Moroder het idee. "Toen we in 2015 begonnen, wilden we voedsel leveren aan alpenhutten in de bergen", vertelt hij. "Dat zijn vaak moeilijk te bereiken plekken, waarvan de bevoorrading erg duur is. Een drone was daar een ideale oplossing voor."

Vandaag doet hun drone veel meer dan enkel alpenhutten bevoorraden. Het bedrijf stelt meer dan 25 mensen tewerk en vloog meer dan 6.500 vluchten met hun cargodrones. Dat doen ze in heel uiteenlopende velden. "We werken in de energiesector, waar we bijvoorbeeld offshore wind ondersteunen", vertelt Moroder. "Maar we zijn evengoed actief in de telecomsector. We zorgen voor logistiek tussen eilanden. En we werken zelfs in de bouw. Onze drone heeft enorm veel toepassingen."

Flyingbasket is één van de voorbeelden van een bedrijf dat met cargodrones werkt. Drones worden steeds kleiner, sneller en wendbaarder. Maar aan het andere einde van het spectrum gebeurt er ook een evolutie. Drones worden groter en kunnen steeds meer gewicht vervoeren. Dat stelt hen in staat om kranen te vervangen en zware ladingen op moeilijk bereikbare plekken te krijgen.

"Cargodrones hebben veel potentieel", bevestigt Joost Vreeken, programmaleider onbemand en autonoom bij het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). "Laatst zag ik hoe een drone werd ingezet bij een verhuizing. De toepassingen van zware cargodrones zijn erg divers. Je kan zaken optillen, maar evengoed gewassen besproeien of zelfs bosbranden blussen."

**Vliegende elektrische auto**

Eén van de populairste werkgebieden ligt voor Flyingbasket in de offshore wind. Daar zetten ze hun drone in om zware objecten te verplaatsen van schepen naar windturbines op zee. Dat doen ze onder andere in Nederland. "We verplaatsen bijvoorbeeld objecten



Een drone van Flyingbasket die een lading in de bergen vervoert. Foto © Flyingbasket.

"We bouwen deze drone van nul af aan, en doen dat lokaal. Er zijn niet veel bedrijven in Europa die ons dat nadoen."

voor het onderhoud van een windturbine", vertelt Moroder. "Normaal gesproken moet je daarvoor een schip vlak naast de turbine aanmeren. Mensen moeten dan op het platform klimmen, en vandaar met verschillende kranen het materiaal naar de turbine heffen. Onze drone versnelt dat proces enorm. Zonder een drone duurt dit uren. Met een drone duurt het enkele minuten."

Om dat te doen moet hun drone heel wat kracht hebben. Daarvoor gebruiken ze elektrische aandrijving. "Eigenlijk lijkt onze drone qua technologie op een kleine elektrische wagen", vertelt Moroder. "Er zitten dus batterijen en elektromotoren in, die de rotoren aandrijven. Onze drone heeft ongeveer evenveel kracht als een elektrische wagen, alhoewel hij lichter is."

Die drone is made in Europe. "Veel drone-technologie komt van China", vertelt Moroder. "Wij kopen niet zomaar Chinese onderdelen aan, om ze dan te assembleren. We bouwen deze drone van nul af op, en doen dat lokaal. Er zijn niet veel bedrijven in Europa die ons dat nadoen."

Eén van de operatoren van die Flyingbasket-drone is het Nederlandse Drone Lift. "Onze grote concurrenten zijn eigenlijk kranen", vertelt directeur Joris Binnema. "We proberen hen te vervangen in een aantal toepassingen. Een drone heeft namelijk een hoop voordelen vergeleken met een kraan. Je moet geen groot terrein afsluiten om het op te stellen. Tegelijk is de reikwijdte van een drone ook groter dan die van een kraan, die maar over beperkte afstanden zaken kan vervoeren."

Een drone van Wings for Aid voert een dropping uit in Madagascar. Foto © WFP/Tsiory Andriantsoarana.



"Wij mogen niet in steden vliegen. De regelgeving is nog niet klaar voor onze drones. Dat moet veranderen in de toekomst."

Drone Lift deed al opdrachten die gaan van het plaatsen van aircu-units op een dak, tot het weghalen van 4G-antennes, en ze vervangen door 5G-tegenhangers. "We hebben recent bijvoorbeeld een elektromotor op het dak van een Basic-Fit geplaatst", legt Binnema uit. "We hebben in Duitsland ook hoogspanningskabels door masten heen getrokken met onze drones."

Ondertussen komt er ook interesse van defensiemarkten voor cargodrones. Daar zouden ze kunnen dienen om bevoorrading uit te voeren, of zelfs om gewonden te evacueren.

**Humanitaire hulp**

De start-up Wings for Aid zet grotere, ultralight-achtige drones in om humanitaire hulp te vervoeren naar afgelegen plaatsen, vooral in Afrika. Die drone ontwerpen ze zelf, en laten ze bouwen bij verschillende Europese vliegtuigbouwers.

"In onze eerste serie kunnen we acht dozen van twintig kilogram meenemen", vertelt Barry Koperberg, de oprichter van Wings for Aid. "In totaal vervoeren we dus 160 kilogram aan lading over een afstand van 250 kilometer. Dat is de optimale combinatie voor een kleine verbrandingsmotor in deze klasse."

Ze ontwierpen, en patenteerden, daarnaast een doos die kan gedropt worden door hun drone op een vrij klein doelwit, ter grootte van een tennisveld. Zo'n drone heeft een aantal voordelen vergeleken met bemande vliegtuigen. "Onbemand vliegen maakt de operatie makkelijker schaalbaar", vertelt Koperberg. "Er hoeft geen piloot in te zetten, want die bestuurt de drone vanop de grond. Zo'n piloot kost namelijk ruimte en gewicht.

Ook kan de piloot nu verschillende drones besturen vanop de grond. Dat is veel veiliger en efficiënter."

Dat testte Wings for Aid uit in verschillende Afrikaanse landen. Eén daarvan is Madagascar, waar ze in totaal 1.000 kilogram aan voedingssupplementen dropten in afgelegen dorpen voor een internationale organisatie die ze niet mogen noemen. "Dat deden we in Zuidoost-Madagascar", vertelt Koperberg. "Dit is een erg moeilijk toegankelijk gebied. Je raakt er alleen te voet tot in de dorpen. Zij hebben echter voedingssupplementen nodig. Normaliter worden helikopters ingezet, wat vrij duur en moeilijk is. Wij kunnen de dorpen daarentegen on-demand bevoorraden. We doen dat veel goedkoper dan met een helikopter, en we droppen precies waar het nodig is."

**Bloed en olie**

Ook in Europa vervoeren drones medische ladingen. In België verbindt het bedrijf Helicus verschillende ziekenhuizen met drones. "Voor ziekenhuizen vervoeren we stalen, weefsel, bloed en farmaceutische producten", vertelt Mikael Shamim, CEO van Helicus. "Vroeger gebeurde de verwerking daarvan lokaal in elk ziekenhuis, maar het was erg duur om dat soort infrastructuur overal te hebben. Daarom wordt dat nu gecentraliseerd op gespecialiseerde locaties, die verschillende ziekenhuizen bedienen. Dat zorgt echter voor een nieuw transportprobleem, want soms moeten zulke stalen snel van het ziekenhuis in het labo raken. Met onze drones kan dat vaak in de helft tot een derde van de tijd."

Op het dak van een Belgisch ziekenhuis installeerden ze ook een landingssysteem voor drones, om het hele proces van laden en lossen te automatiseren. "Naast het afhandelen van kubusvormige pakketten, integreert het systeem ook met de buizenpost van het ziekenhuis", vertelt Shamim. "Onze drones leveren kokers af die de buizen ingaan."

Zo'n systeem breiden ze nu uit naar de Haven van Antwerpen. "Wanneer een tanker aanmeert in de haven, dan moet de kwaliteit van het product dat ze vervoeren gecontroleerd worden, voordat het gelost kan worden", vertelt Shamim. "Een controleur moet hiervoor een staal komen nemen. Vroeger moest deze met de wagen naar het labo. Na staalanalyse moest hij dan terugrijden om het volgende schip te bedienen. Zo was hij al snel enkele uren kwijt, waarbij het peperdure tankschip wacht en een hele kaaimuur blokkeert. Met onze cargodrone leveren we op 8 minuten wat anders gemakkelijk 45 minuten tot een uur duurt."

Het succes van cargodrones verwacht echter dat regelgeving mee evolueert. In de meeste westerse landen mogen drones maar beperkt over langere afstanden vliegen, buiten het zicht van de piloot. Ook mogen drones in de meeste gevallen niet in dichtbevolkte gebieden gebruikt worden. "Wij mogen niet in steden vliegen", vertelt Binnema van Drone Lift. "De regelgeving is nog niet klaar voor onze drones. Dat moet veranderen in de toekomst."

Flyingbasket denkt ondertussen al na over de volgende generatie drones. In januari zouden ze een model introduceren dat 200 kilogram kan heffen. Daar stopt het echter niet. "We gaan nog zwaardere gewichten kunnen optillen in de toekomst", vertelt Binnema. "Ik denk dat er drones zullen opduiken die tot 500 kilogram en misschien zelfs een ton gaan. Dat zal heel wat sectoren veranderen. Alles waar vandaag een kraan of helikopter voor nodig is, daar zal in de toekomst een drone voor in de plaats komen." **TW**

**Waterstof**

Eén van de technologieën die de reikwijdte van cargodrones kan uitbreiden is waterstof. Dat vertelt Joost Vreeken van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). Daar werken ze onder andere aan drones die met waterstof vliegen.

"Als je lang wil vliegen, dan loop je tegen de grenzen van batterijen aan", vertelt Vreeken. "Daarom grijpen drone-bouwers soms naar de traditionele benzines en kerosines. Waterstof zou daar een mooie toevoeging kunnen zijn, die groener is."

Voor een zware quadcopter-drone zou er echter nog steeds een elektromotor nodig zijn. "De start vergt erg veel vermogen", vertelt Vreeken. "Een waterstofsysteem daarentegen is geoptimaliseerd voor de cruisevlucht, die minder vermogen vereist. Het opstijgen en landen kan dus via batterijen gebeuren, terwijl het tussenstuk opgevangen wordt door waterstof. Daarmee kan je de actieradius vele malen groter maken."

Een drone van Flyingbasket die een lading vervoert naar offshore windturbines. Foto © Flyingbasket.



**COLOFON**



**TW // Techniek & Wetenschap in perspectief**  
57e jaargang  
www.tw.nl  
info@tw.nl  
redactie@tw.nl

**REDACTEURS**  
Ilse Bos, Stel van Boekel, Thomas Carpenter,  
Tom Cassauwers, Thijs Doorenbosch, Frank Renout,  
Tseard Zoethout, Teake Zuidema

**ADVERTEREN**  
**Blue Pixl Media**  
sales@bluepixlmedia.com

**ABONNEMENTEN**  
Een jaarabonnement op TW kost €104,22.  
Prijzen zijn excl. BTW, binnen Nederland/België en  
bij automatische incasso. Bij betaling via een factuur  
bedragen de administratiekosten € 2,95 excl. BTW.  
Een jaarabonnement buiten Nederland/België kost  
€ 145,50. Prijswijzigingen voorbehouden. Wij gaan  
ervan uit dat u het blad ontvangt uit hoofde van uw  
functie. Hierdoor wordt uw abonnement steeds  
stilzweigend met een jaar verlengd. Opzegging kan  
telefonisch, schriftelijk of per mail plaatsvinden.  
TW is onderdeel van TW.nl.

TW.nl legt van abonnees gegevens vast voor de  
uitvoering van de abonnementsloven overeenkomst.  
Deze gegevens kunnen gebruikt worden om u te  
informereren over relevante diensten en producten.

**ABONNEMENTENADMINISTRATIE**  
088-1102077 | tw@spabonneeservice.nl

**VERSCHEIJNINGSFREQUENTIE** 12 keer per jaar

**VORMGEVING** bregsch

**DRUK** DPG MEDIA  
ISSN 0923-1919

**REPRODUCTIE**  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag  
worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd  
gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of  
op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch,  
door fotokopieën, opnamen of enig andere manier,  
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming

Blue Pixl Media b.v.  
Raadhuislaan 4  
5341 GM Oss  
Nederland

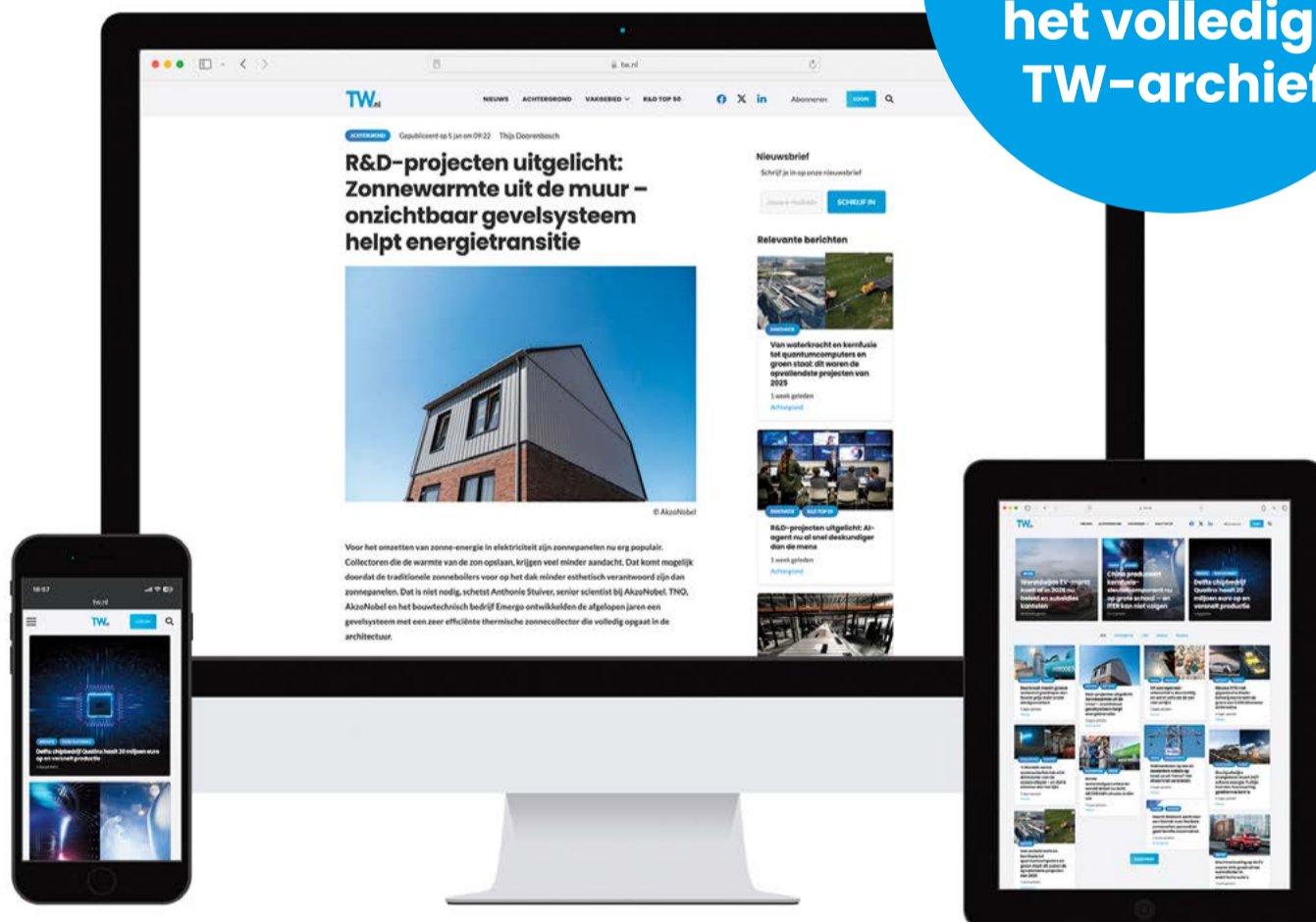


# Lees TW ook online

Het beste uit de wereld van Techniek & Wetenschap lees je natuurlijk ook online. Op TW.nl lees je het laatste nieuws, interviews en achtergrond uit de ingenieurswereld.

Als abonnee van TW krijg je door in te loggen bovendien toegang tot het volledige archief van TW.

Abonnees hebben toegang tot het volledige TW-archief



Ga naar **TW**.nl

