

# TO<sub>2</sub>MORROW

Magazine over resultaten uit het Open Innovatie Netwerk

2025

**TO<sub>2</sub>**federatie

De samenwerkende organisaties  
in toegepast onderzoek



**TNO** innovation  
for life

**Deltares**



**MARIN**

BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



# Inhoud

- 3 **Voorwoord**
- 4 **Overzicht van de instituten**
  
- Thema Landbouw water en voedsel**
- 6 Nieuwe kennis voor oude kunstwerken
- 10 Waterlinzen: waarom deze nieuwe groente straks op ons bord ligt
- 13 Taart, cake en koekjes met minder suiker dankzij digitale tool
  
- Thema Energietransitie en duurzaamheid**
- 16 Nationale Grondwater Reserves (NGR) in kaart: appeltje voor de dorst
- 18 Op weg naar een veilige en energiezekere krijgsmacht
- 22 Multifunctionele zonnepanelen geven de energieopbrengst een boost
- 25 Tool voor bouwsector tegen stikstofprobleem
- 28 Geprinte elektronica: nu praktisch, straks circulair
- 30 Klimaatverandering maakt IJssel moeilijker bevaarbaar
  
- 33 **Korte berichten**
  
- Thema Gezondheid en zorg**
- 37 Snel, betaalbaar en veel testen bij een volgende pandemie
- 40 Snellere behandeling voor leverziekten
  
- Thema Veiligheid**
- 42 Future Force Design: vooruitkijken om voorbereid te zijn
- 44 Peregrion: minder lang wachten op nieuwe en betere medicijnen
- 48 WASP krijgt de wind in de zeilen
  
- Thema Sleuteltechnologieën**
- 51 Meer inzicht in stikstof-uitstoot op de boerderij door nieuwe technologie
- 54 Scenexus: Co-pilot voor stedelijke planning

Beste lezer,

Innovaties versterken onze economie. Ze zijn onmisbaar bij het zoeken naar én vinden van oplossingen voor de maatschappelijke problemen van vandaag en morgen.

Voor u ligt de tiende editie van TO2MORROW. Sinds 2016 presenteren onze TO2-instellingen jaarlijks een selectie van projecten waar ze met recht trots op kunnen zijn. Ook dit jubileumnummer staat weer vol met indrukwekkende en uiteenlopende voorbeelden waaruit blijkt hoe Nederland iedere dag baat heeft bij de vertaling van wetenschappelijke ideeën naar concrete oplossingen.

Lees bijvoorbeeld over het Future Force Design team van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). Dit team helpt Defensie bij het strategisch beveiligen en benutten van ons luchtruim en draagt zo bij aan onze veiligheid. Of de Nederlandse organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) die een nieuwe, voor iedereen toegankelijke SOAR tool (Security Orchestration, Automation and Response) ontwierp. Hiermee kunnen organisaties en onderzoekers beveiligingsopties tegen cyberaanvallen ontwikkelen en testen binnen één flexibel systeem.

Maar er wordt niet alleen op het gebied van weerbaarheid geïnnoveerd. Wageningen University & Research (WUR) ontwikkelde een digitale toepassing waarmee voedingsmiddelenbedrijven sneller en goedkoper gezondere producten kunnen produceren. MARIN houdt met data

de Gelderse IJssel veilig voor schepen én omwonenden, terwijl Deltares samen met TNO werkt aan Nieuwe Grondwaterreserves, zodat we in Nederland nooit zonder drinkwater komen te zitten.

Kortom: onze instellingen voor toegepast onderzoek en het werk dat ze doen zijn onmisbaar. Ze maken ons land veiliger, gezonder en duurzamer. En daar plukken we allemaal de vruchten van.

Ik wens u heel veel leesplezier!

*Vincent Karremans*  
*Minister van Economische Zaken*



In het onderstaande overzicht geven elk van de instituten, die deel uitmaken van de T02-federatie, een samenvatting van hun belangrijkste werkterreinen en de sleuteltechnologieën die ze ontwikkelen en toepassen.

## De T02-federatie bestaat uit:

### Deltares

#### Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek. We geloven in de kracht van diepgaande kennis, in innovatieve oplossingen en software, om deltagebieden – waar ook ter wereld – leefbaar te houden.

In onze missie *'Enabling Delta Life'* staat het water- en bodemsysteem centraal. We richten ons op vijf zogenoemde moonshots om met onze kennis impact te creëren: bewoonbare delta's, bescherming tegen overstroming, gezonde water- en bodemsystemen, broeikasgasreductie, duurzame energie en een veerkrachtige infrastructuur.

Onze 900 gekwalificeerde medewerkers zijn nieuwsgierig en gedreven. We werken in co-creatie samen met universiteiten, onderzoeksinstituten, bedrijfsleven, ngo's en overheden in binnen- en buitenland en delen onze kennis met de wereld ('dare to share').



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

#### MARIN

Het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) doet onderzoek in hydrodynamica, maritieme (zero-emissie) technologie en operaties met simulaties, modeltesten, ware-groottemetingen en training. MARIN richt zich hierbij op de scheepsbouw, scheepvaart, offshore-industrie en overheden. Hierbinnen besteedt MARIN aandacht aan de volgende maatschappelijke thema's van het missiegedreven innovatiebeleid: energietransitie en duurzaamheid; landbouw, water en voedsel; en veiligheid. Sleuteltechnologieën die bijzondere aandacht krijgen zijn kunstmatige intelligentie en autonomie & decision support.



Accelerating the future of aerospace

#### NLR

Het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) verbindt wetenschap, bedrijfsleven en overheid in Nederland en internationaal. De kennisorganisatie verricht toegepast onderzoek binnen de marktsegmenten: industrie, civiele luchtvaart, ruimtevaart en defensie. De werkzaamheden van NLR beslaan daarbij het volledige spectrum van 'Research Development Test & Evaluation' (RDT&E). Binnen het missiegedreven innovatiebeleid richt het onderzoek van NLR zich op de maatschappelijke thema's energietransitie en duurzaamheid en veiligheid. Voorbeelden van sleuteltechnologieën die bijzondere aandacht krijgen zijn kunstmatige intelligentie, augmented/virtual reality, digital twin en geavanceerde materialen (bijv. composieten en 3D metaal printen). ▶

## Vervolg ►

### De T02-federatie bestaat uit:

**TNO** innovation  
for life

#### TNO

De Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) heeft als missie het verbinden van mensen en kennis om innovaties te creëren die het welzijn van de samenleving en de concurrentiekracht van bedrijven duurzaam versterken. TNO gelooft in gezamenlijke creatie van waarde in economische én maatschappelijke termen en richt zich, samen met partners, op innovaties voor zes domeinen: Mobiliteit en de Bebouwde Omgeving, Energie- en Materialentransitie, Defensie en Veiligheid, Gezond Leven en Werk, Hightechindustrie; ICT, Strategie en Beleid.

Het ontwikkelen en toepasbaar maken van sleuteltechnologieën is een van de kernactiviteiten van TNO binnen deze domeinen. Denk hierbij aan fotonica, nano- en kwantumtechnologie. Maar ook aan nieuwe vormen van productie-, materiaal- en chemische technologie. Sleuteltechnologieën worden gekenmerkt door een breed toepassings-

gebied of bereik in innovaties en sectoren. Ze zullen de manier waarop we leven, leren, innoveren, werken en produceren ingrijpend veranderen. Sleuteltechnologieën zijn essentieel bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen, zoals veiligheid, energie en zorg. Ook maken sleuteltechnologieën baanbrekende proces-, product- en dienstinnovaties mogelijk en leveren daarmee een grote bijdrage aan de economie, het ontstaan van nieuwe bedrijvigheid en nieuwe markten, het vergroten van de concurrentiekracht en het versterken van de banengroei.

**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

#### WUR

Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Wageningen Research. Onze ruim 7.000 medewerkers en 13.000 studenten uit meer dan honderd landen werken en studeren binnen het domein van gezond eten en een gezonde leefomgeving. Samen dragen zij bij aan oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken, in de samenwerking met overheden en het bedrijfsleven. De missie van Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". De kracht van Wageningen University & Research ligt in het vermogen om de expertise van gespecialiseerde onderzoeksinstituten en de universiteit te verenigen. Daarnaast komt deze kracht tot uiting in de integrale benadering van natuurwetenschappelijke, technologische en sociale disciplines. Daardoor kunnen wetenschappelijke doorbraken snel naar de praktijk en in het onderwijs worden vertaald. Wageningen Research is

onderdeel van de T02-federatie en bestaat uit meerdere onderzoeksinstituten, die actief zijn op de thema's Food & Biobased Research, Bioveterinary Research, Livestock Research, Marine Research, Social & Economic Research, Environmental Research, Plant Research en Food Safety Research. ■

# Nieuwe kennis voor oude kunstwerken

‘Het is een golf die op ons afkomt’, zegt Joost Bredeveld, onderzoeker van Deltares, het kennisinstituut op het gebied van water en bodem. ‘In de komende jaren zullen steeds meer bruggen, sluisen, stuwen, gemalen en andere onderdelen van de waterwegen aan het eind van hun levensduur komen, in ieder geval op papier.’ ▶

## Deltares, MARIN, TNO

**?! Probleem:** vele zogeheten 'Natte Kunstwerken', zoals sluizen, stuwen, stormvloedkeringen en kademuuren, lopen tegen het eind van hun levensduur. Daardoor kan de kwaliteit teruglopen van de infrastructuurnetwerken waar ze deel van uitmaken.

**💡 T02-oplossing:** Deltares, MARIN en TNO onderzoeken welke kunstwerken gesloopt en herbouwd moeten worden, en wanneer dat moet gebeuren. Ze kijken ook voor welke kunstwerken waar renovatie nodig is en welke voorlopig in gebruik kunnen blijven. Soms is extra onderhoud of gedeeltelijke vernieuwing nodig. Tegelijkertijd werken de partijen aan nieuwe meetmethoden die het onderzoek ondersteunen.

**📊 Impact:** het onderzoek zorgt voor de nodige kennis en de ontwikkeling van tools waarmee beheerders overzicht krijgen in de instandhoudingsopgave van natte kunstwerken, en een handelingsperspectief. Dit alles verzameld en geordend in een kennisbank die toegankelijk is voor iedereen.

**W**aterland Nederland staat vol met duizenden 'Natte Kunstwerken', zoals deze constructies in onze waterinfrastructuur met een fraaie vakterm heten. Veel ervan zijn in de jaren voor en vlak na de Tweede Wereldoorlog aangelegd en zijn, gezien hun leeftijd, mogelijk 'opgebruikt'. Intussen zijn transport, veiligheid, landbouw, watervoorziening en economie sterk afhankelijk van deze waterinfrastructuur. Sommige kunstwerken moeten vervangen worden, zegt Bredeveld, andere kun je renoveren, soms kun je de levensduur verlengen met intensiever onderhoud. 'De kosten van al deze operaties zijn fors en de capaciteit is beperkt, dus daar moeten we keuzes in maken. De vraag is wat de goede keuzes zijn.'

### Dick ten Hove, MARIN

*'Het KpNK moet het maken van keuzes door beheerders ondersteunen met kennis en tools om de kunstwerken te beoordelen.'*

### Onderzoek naar corrosie

Samen met TNO, MARIN en Rijkswaterstaat, de beheerder van veel grote complexe kunstwerken, werkt Deltares aan het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK). 'Het KpNK moet het maken van deze keuzes door beheerders ondersteunen met kennis en tools om de kunstwerken te beoordelen', zegt Dick ten Hove, onderzoeker bij MARIN. We spreken Ten Hove, Bredeveld en hun TNO-collega Ad van 't Zelfde in een interview over het KpNK. 'Een goed voorbeeld is onderzoeken van de corrosie van stalen damwanden, die als oeverconstructie langs kanalen staan of onderdeel uitmaken van sluizen of stuwen', zegt Bredeveld. 'Door corrosie - roesten eigenlijk - worden die in de tijd minder dik en dus minder sterk. Kun je op een slimme manier meten hoe dik die stalen wanden nog zijn?'

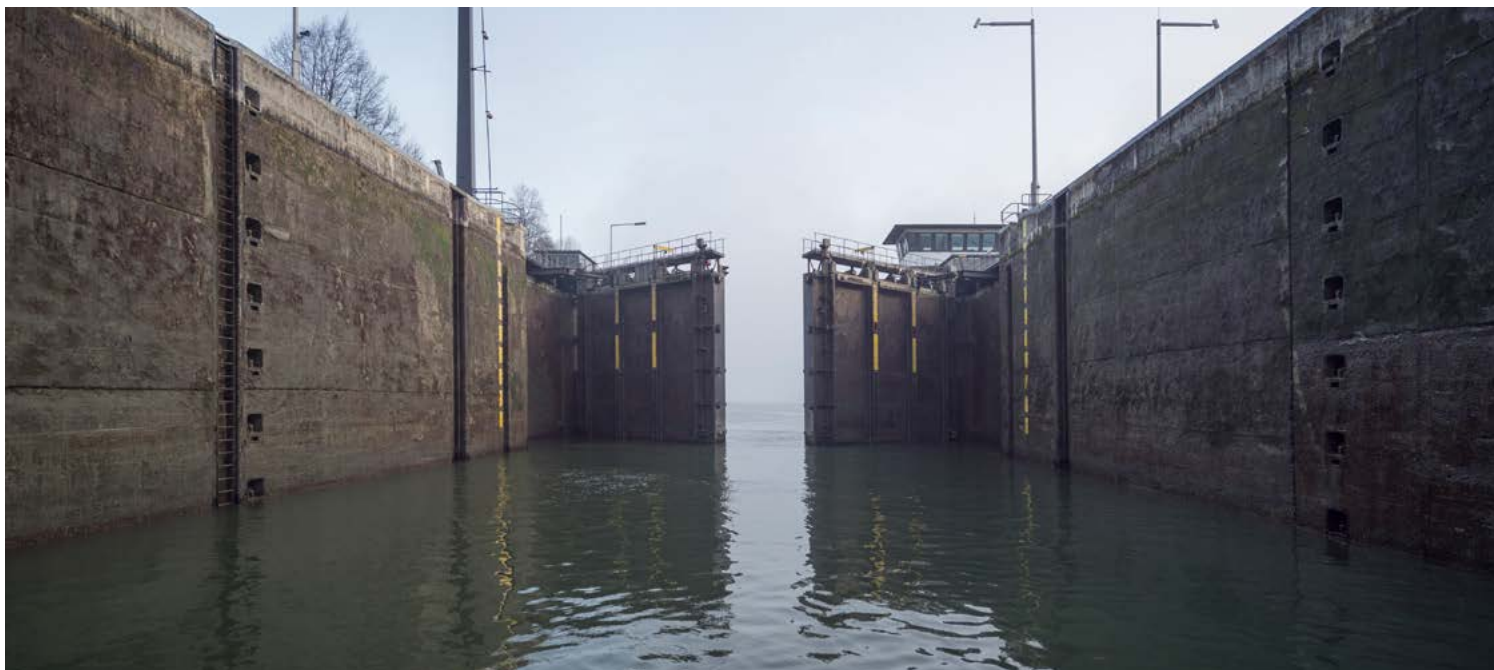
### PECT-techniek

Tot nog toe wordt voor zulke diktemetingen een techniek gebruikt die gebaseerd is op ultrasoon geluid, vertelt Van 't Zelfde van TNO, het instituut dat deze techniek ontwikkelde. 'Daarvoor moet een

duiker het water in, want je moet eerst netjes het oppervlak schoonmaken van aangroei van algen, schelpen en andere prut? Maar het inzetten van duikers is duur en brengt risico's met zich mee. Een nieuwe techniek, Pulse Eddy Current Testing (PECT), meet de dikte door de respons op elektromagnetische pulsen waar te nemen. 'Daarvoor hoeft je niets schoon te vegen', zegt Van 't Zelfde, 'dus dat kun je doen vanaf de kant, of eventueel met onderwaterrobots.' Maar voordat je overstapt op een andere meettechniek wil je weten of de technieken even betrouwbaar zijn. 'Dus wij hebben beide technieken toegepast op een sluis die gesloopt ging worden. Daarna hebben we de damwanden eruit getrokken en de dikte gemeten met een heel precieze laser-meting.' Dit onderzoek valideert de nieuwe PECT-techniek, waarmee dus in de toekomst damwanden sneller, goedkoper en vollediger bemeten kunnen worden. ▶



*KpNK doet onderzoek naar corrosie van stalen damwanden.*



### ► Damwand

‘In het ene geval ziet dat er ook na vijftig of zeventig jaar heel netjes uit, in andere gevallen zitten er overal corrosieplekken’, zegt Van ’t Zelfde. Als uit zulke metingen blijkt dat er meer levensduur uit te halen is, dan kun je gewoon verder blijven onderhouden, of je pleegt intensiever onderhoud om de levensduur verder te verlengen. ‘Maar het kan ook zijn dat je de damwand moet versterken’, zegt Breedevelt. ‘Nog verregaander is om de damwand er helemaal uit te halen en er een nieuwe in te zetten. Of mogelijk kies je dan voor een geoptimaliseerde constructie met minder staal, of van hout. Dat zijn allemaal opties die je wilt bekijken.’

### Aanvaringsrisico’s

‘Een andere aspect is het inventariseren van aanvaarrisico’s van bruggen’, zegt scheepsexpert Ten Hove van MARIN, ‘het zoeken

naar nieuwe methoden om te beoordelen wat de kans is op een aanvaring, en wat de consequenties zijn.’ De schaalvergroting van de scheepvaart, met steeds meer en grotere schepen, en ook sterkere motoren, speelt daarbij een grote rol. Ten Hove: ‘Je gaat altijd uit van de slechtste situatie, dus het grootste schip, met de hoogste snelheid. Dat betekent dat je met de dimensionering aan de conservatieve kant wilt zitten, maar die ruimte is er niet altijd meer. Dus moeten we op ►

Joost Breedevelt, Deltares

*‘Stel dat je schepen kunt laten omvaren, zodat je van de verouderde schutsluis geen gebruik hoeft te maken, dan scheelt dat enorm.’*

- ▶ zoek naar hoe je beter zicht kunt krijgen op de werkelijke risico's. Je gaat letterlijk iets meer de marges opzoeken.' 'Bij zulke afwegingen wordt ook uitdrukkelijk gekeken naar de rol die het kunstwerk speelt in het waterwegennetwerk', zegt Bredeveld van Deltares, 'niet ieder kunstwerk is even belangrijk. Stel dat je schepen kunt laten omvaren, zodat je van die verouderde schutsluis minder of zelfs geen gebruik hoeft te maken, dan scheelt dat ook enorm.' Naast scheepvaart worden ook waterveiligheid, drinkwatervoorziening en ecologie meegenomen in zulke afwegingen. Nog een kwestie is de instandhouding van de verouderde stuwen in de Maas die voor de scheepvaart het waterpeil in de Maas reguleren. Bredeveld: 'De mechanieken waarmee de stuwen opgezet en neergelaten worden, beginnen gebreken te vertonen, en voldoen ook niet meer aan de laatste Europese machinerichtlijnen.' In de komende jaren zal over een omvangrijke vernieuwingsoperatie besloten moeten worden.

### Klimaatverandering

Naast de 'aflopende garantie' van de kunstwerken zijn er nog andere factoren die de vernieuwingsopgave juist nu urgent maken. 'Door klimaatverandering krijgen we te maken met meer extreme situaties', zegt Bredeveld, 'dus meer en langere droge periodes met een watertekort en nattere periodes met wateroverlast.' Historisch gezien ging het in Nederland altijd over de dreiging van hoog water. Van 't Zelfde: 'Maar in 2018 hebben we geleerd dat ook droogte en lage waterstanden een probleem kunnen zijn.' Niet alleen voor de scheepvaart en de voorziening van drink- en sproeiwater, maar ook voor de kunstwerken. 'Corrosie van droogstaande delen kan toenemen, en er is minder zoetwater beschikbaar om het indringen van zout water uit de zee tegen te gaan.'

### Simulaties

Ook het mogelijk maken van simulaties, bijvoorbeeld de indringing van de hoeveelheid zout zeewater door een zeeluis naar het binnenwater bij het doorlaten van schepen, horen bij het palet van het KpNK. De opgedane kennis wordt systematisch in kaart gebracht, zegt Van 't Zelfde. 'Niet altijd zijn er van oudere kunstwerken tekeningen meer, maar hebben we allerlei data uit allerlei bronnen. Als je honderd sluisen onderzoekt, hoe kun je die nu onderling vergelijken?

### Ad van 't Zelfde. TNO

*'Niet altijd zijn er van oudere kunstwerken tekeningen meer, maar hebben we allerlei data uit allerlei bronnen.'*

ken? En uit al die informatie de hoofdlijnen uithalen, bijvoorbeeld om te zien waar de problemen meestal zitten? Bij zulke kennismanagementvragen speelt de kennisbank een grote rol.' De kennisbank is een website toegankelijk voor iedereen. 'Je kunt daar op type kunstwerk selecteren, en op vakspecifieke invalshoeken', prijst Bredeveld aan, 'de nautische invalshoek, de constructieve kant, of de geotechniek-kant.'

### Gezamenlijke kennis

Natte kunstwerken zijn inherent interdisciplinair, benadrukken alle drie KpNK-onderzoekers. De vakkennis van Deltares, TNO en MARIN vult elkaar goed aan. Bredeveld: 'Bij een schutsluis heeft TNO verstand van het staal en beton, Deltares van het water en de grond waarin deze is aangebracht en MARIN van de schepen die ervan gebruik maken.' De gezamenlijke kennis komt ook weer samen in plannen voor praktijkonderzoek. Bredeveld: 'Als een sluis afgeschreven is en gesloopt moet worden, kunnen we die mogelijkheden als een soort proeftuin gebruiken. Hoe leerzaam zou het zijn als je een – ook afgeschreven – schip onder gecontroleerde omstandigheden de sluisdeur eruit kan laten varen. Dan zouden we daarna de gevolgen voor de hele constructie heel precies kunnen onderzoeken. Van dat soort onderzoek kunnen we veel leren. Dat is één van de wildere ideeën waarover wordt nagedacht om beheerders in de toekomst betere kennis en tools voor hun instandhoudingsopgave aan te kunnen reiken.' ■

**Wie:** Deltares, MARIN, TNO, Rijkswaterstaat.

**Budget:** € 1 miljoen.

**Looptijd:** cycli van 4 jaar sinds 2017, derde cyclus is in 2025 gestart.

Natte kunstwerken van de toekomst



*Ingrid van der Meer,  
senior onderzoeker en  
hoofd van de afdeling  
Bioscience van WUR.*

# Waterlinzen: waarom deze nieuwe groente straks op ons bord ligt

Binnen twee jaar zullen waterlinzen, volgens WUR-onderzoeker Ingrid van der Meer, als groente hun weg vinden naar restaurants en supermarkten. Deze kleine waterplantjes zijn gezond, duurzaam te telen en groeien razendsnel. De belangstelling is groot; telers, restaurants, voedselproducenten, supermarkten én consumenten zijn enthousiast. ►

## WUR

**Probleem:** we eten te veel dierlijke eiwitten. Dat is niet goed voor het milieu, het klimaat, onze gezondheid en de wereldwijde voedselzekerheid.

**T02-oplossing:** Wageningen University & Research (WUR) ontwikkelt kennis en technologieën om de eiwittransitie te versnellen: de verschuiving van dierlijke naar plantaardige eiwitbronnen. WUR onderzoekt onder meer waterlinzen: snelgroeïende, duurzame en gezonde nieuwe groente. Tien jaar onderzoek was nodig om deze 'Novel Food' goedgekeurd te krijgen voor consumptie in Europa.

**Impact:** minder CO<sub>2</sub>-uitstoot, minder water- en pesticidgebruik, betere volksgezondheid en uitbreiding van groenteaanbod.

Waterlinzen, ook wel bekend als eendenkroos, verwerkt als groente in pastasaus, een pizzabodem, groentesoep of een smoothie. Als het aan Ingrid van der Meer ligt, is dat binnen twee jaar de realiteit. Als eerste op het menu in restaurants en daarna ook in de diepvries en bij de verse groenten in de supermarkt. 'Telers staan te springen', vertelt de senior onderzoeker en hoofd van de afdeling Bioscience. 'Wij hebben tien jaar ervaring en kunnen hen ondersteuning bieden: welke soorten kunnen gebruikt worden, wat is belangrijk om op te letten bij de teelt? En we kunnen telers in contact brengen met afnemers.'

### Elke week oogsten

Tijdens een onderzoek voor een farmaceutisch bedrijf in 2014 leerde Van der Meer eendenkroos kennen. 'Ik zag hoe exponentieel het groeit en dacht: wat een interessant plantje!' Ze legt uit: 'De plant vermeerdert zich niet via zaden, maar door zich in tweeën te splitsen. Daardoor is het mogelijk elke week te oogsten.' Er bleken veel eiwitten, vitamines en mineralen in te zitten en de groente is bovendien heel duurzaam te telen: op weinig vierkante meter, met weinig water en voedingsstoffen, zonder gebruik van pesticiden. Waterlinzen bleken in Europa niet zomaar gegeten te mogen worden, omdat ze hier niet traditioneel op het menu staan. In Aziatische landen als Thailand wel. Van der Meer diende daarom een 'novel food'-aanvraag in bij de Europese voedsel- en warenautoriteit EFSA. Vervolgens deed zij met haar onderzoeksgroep onderzoek. Zo analyseerden de onderzoekers de verschillende soorten waterlinzen, brachten alle voedingsstoffen in kaart en voerden langdurig onderzoek uit, waaruit bleek dat de plant geen toxische stoffen of allergenen bevat en veilig is voor menselijke consumptie.

### Staan consumenten ervoor open?

Ook heel belangrijk waren de onderzoeken met consumenten: zouden ze het wel lekker vinden? Van der Meer: 'Anders had het geen zin ermee door te gaan.' Mensen wilden het wel proberen, bleek uit een vragenlijst van duizend respondenten. Groepen vrijwilligers kregen vervolgens gerechten met waterlinzen voorgeschoteld. De reacties waren positief, ook van de deelnemende chefkoks die er gerechten mee maakten.



*Ingrid van der Meer: 'Ik zag hoe exponentieel het groeit en dacht: wat een interessant plantje!'*

### Proefpersonen

Om goedkeuring van de EU te krijgen moesten de onderzoekers onder andere aantonen dat waterlinzen goed verteerd worden. In een aantal studies lieten ze proefpersonen waterlinzen eten en namen vervolgens hun bloed af om te kijken of de eiwitten werden opgenomen en of het eten effect had op de gezondheid. Andere onderzoeken richtten zich op de houdbaarheid van waterlinzen in verschillende verpakkingen, de toepassingen in diverse producten en gerechten en de optimale ►

- ▶ teeltomstandigheden. Tien jaar later kwam in 2024 eindelijk het goede nieuws. De EU oordeelde dat de twee soorten waterlinzen waarvoor de aanvraag was ingediend veilig zijn voor consumptie, op voorwaarde dat de teelt goed gecontroleerd binnen plaatsvindt en aan alle eisen van de EU voldoet.

### Op de menukaart

Van der Meer hoort steeds dezelfde verhalen van restaurants, supermarkten, voedingsmiddelenproducenten: 'Het is een leuke groente, heeft een goede bite met een vrij neutrale smaak en mengt daardoor goed met andere ingrediënten.' De senior onderzoeker verwacht waterlinzen als eerste op het menu in restaurants. Zij kunnen namelijk met één teler werken, terwijl supermarktketens en voedselproducenten grote hoeveelheden nodig hebben en daarom met meerdere telers moeten samenwerken. Veel telers hebben dus al interesse getoond. Maar voordat ze het grootschalig aanpakken en gaan investeren in de teelt van deze groente, willen de telers zeker weten dat er afnemers zijn. 'We zijn nu met een paar telers bezig om hen te helpen met de juiste teeltomstandigheden, met analyses van materiaal en om subsidies te krijgen. Ook zijn we in gesprek met de voedingsindustrie en met restaurants.'

### Meer planten eten

Van der Meer is zelf al lange tijd vegetariër en vindt het belangrijk dat we de transitie maken van een dieet met veel dierlijke eiwitten naar een voedingspatroon dat meer op plantaardige producten is gebaseerd. 'Ik draag hier graag een beetje aan bij door te zorgen dat deze nieuwe duurzame en gezonde groente geproduceerd en gegeten kan worden.' Niet alleen in Nederland, maar ook wereldwijd. Een startup in Afrika heeft interesse getoond en kleine boeren in Indonesië gebruiken waterlinzen inmiddels als veevoer. ■

**Wie:** WUR

**Looptijd:** 2014-2024.

**Vervolg:** WUR brengt partijen samen en

werkt aan nieuwe projectvoorstellen om waterlinzen op de markt te brengen – in supermarkten, restaurants én als veevoer.

Eten we binnenkort allemaal waterlinzen?



Waterlinzen worden geteeld in een kas.



Waterlinzen mengen goed met andere ingrediënten, zoals bij deze stampot.

*'Het is een leuke groente, heeft een goede bite met een vrij neutrale smaak.'*

# Taart, cake en koekjes met minder suiker dankzij digitale tool

Zoetwaren zoals taart en koek zijn geliefd, maar bevatten vaak veel suiker en zijn daardoor niet erg gezond. Onderzoekers van Wageningen University & Research ontwikkelden een digitale tool waarmee bakkers en voedingsmiddelenfabrikanten sneller goede producten kunnen maken met minder suiker. De beschikbare kennis is omgezet in lesmateriaal voor mbo- en hbo-opleidingen. ▶

## WUR

**Probleem:** te veel consumptie van suiker leidt tot gezondheidsproblemen. Maar **suikerreductie** is voor voedingsmiddelfabrikanten ingewikkeld en tijdrovend.

**T02-oplossing:** Wageningen University & Research ontwikkelde een digitale tool voor voedingsmiddelenbedrijven om snel goedwerkende recepten te ontwikkelen, en lesmateriaal voor mbo en hbo. Informatie komt eind dit jaar beschikbaar via groenkenisnet.nl.

**Impact:** bedrijven besparen tijd en kosten bij het ontwikkelen van gezondere producten. Studenten en docenten van bakkerij- en foodopleidingen ontdekken nieuwe mogelijkheden. En de volksgezondheid profiteert.

Een groepje mbo-studenten van de bakkerijopleiding in Ede kwam recent op bezoek bij de universiteit in Wageningen. De opdracht van een fabrikant: ontwikkel een lekker spritskoekje met chocoladesmaak, maar dan met 30% minder suiker of helemaal geen suiker. Senior onderzoekers Anke Janssen en Miriam Quataert (tevens practor in het mbo) hielpen de studenten op weg en vertellen: ‘De studenten kregen enkele recepten uit onze digitale tool, die zij op school hebben getest. Uiteindelijk was het bedrijf zeer tevreden over het ontwikkelde koekje.’

### Te veel suiker

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) van de Verenigde Naties adviseert om dagelijks niet meer dan 10 procent van de calorieën uit ‘vrije suikers’ te halen, bij voorkeur zelfs minder dan 5 procent. Vrije suikers zijn toegevoegde suikers, en ook van nature aanwezige suikers in bijvoorbeeld honing en vruchtensap. Volgens de onderzoekers consumeren de meeste mensen aanzienlijk meer suiker dan aanbevolen, dat is niet alleen schadelijk voor de tanden, maar draagt ook bij aan het ontstaan van obesitas en hart- en vaatziekten. Suiker zit in tal van producten, van ontbijtgranen en vruchtensappen tot kant-en-klare pizza’s en soepen. Dit onderzoek richt zich specifiek op koek, cake en gebak, omdat deze producten een hoog suikergehalte hebben, gemiddeld 20 tot 40 procent.

### Meer dan zoet

Minder suiker gebruiken in producten is niet eenvoudig, leggen de onderzoekers uit. ‘Een kleine reductie lukt nog wel, daarna wordt het



complex’, zegt Quataert. ‘Suiker heeft invloed op de smaak, structuur, kleur en houdbaarheid. Het is een uitdaging om een luchtige cake of broos koekje te maken zonder suiker. Toch blijkt uit blindproeverijen dat goed ontwikkelde producten met weinig of geen suiker nauwelijks te onderscheiden zijn van het origineel. Janssen: ‘Tijdens een workshop met vertegenwoordigers uit de bakkerijbranche lieten we muffins zonder suiker proeven. Zelfs ervaren bakkers merkten nauwelijks verschil in smaak. Het recept was afkomstig uit onze digitale tool!’

### Tool voor recepten

Deze experttool die de onderzoekers en hun collega’s ontwikkelden, helpt voedingsmiddelenbedrijven snel tot goede recepten te komen. Fabrikanten zijn namelijk vaak veel tijd en geld kwijt aan de ontwikkeling van nieuwe producten. ‘We voeren het oorspronkelijke recept in, samen met het gewenste percentage suikerreductie en de vervangers die we willen gebruiken’, legt Quataert uit. Er komt dan een aantal recepten uit. Vooraf meten de onderzoekers bepaalde natuurkundige eigenschappen van de ingrediënten in het specifieke product, waarmee de tool rekent. Vervolgens kunnen bedrijven de recepten testen en waar nodig bijstellen. ‘We krijgen dan bijvoorbeeld terug dat het product te ►





- ▶ droog is, de kleur te donker, of dat de textuur tijdens het kauwen niet optimaal is', zegt Janssen. 'In dat geval formuleren we samen met de fabrikant mogelijke verbeteringen.' Verschillende fabrikanten hebben op deze manier met WUR samengewerkt.

### Bakkers van de toekomst

Naast de samenwerking met bedrijven richt het project zich op het onderwijs. Met dertien mbo- en twee hbo-opleidingen ontwikkelden de onderzoekers een lesprogramma over suikervervanging. Voor studenten én docenten was het leerzaam. 'Ik denk dat we aardig wat studenten geïnspireerd hebben', zegt Janssen. 'De foodspecialisten van de toekomst zijn nu meer bewust van de mogelijkheden. In hun latere werk kunnen ze met overtuiging aangeven dat gebak of koek met minder suiker zeker mogelijk is.' De onderzoekers gaven ook workshops

over de mogelijkheden van suikerreductie in de bakkerij en de aspecten waarmee rekening gehouden moet worden. Brancheorganisaties en hun achterban deden enthousiast mee. Quataert: 'De hoop is dat er de komende jaren steeds meer koek, cake en gebak met minder suiker in de winkels komt te liggen.' ■

**Wie:** Wageningen University & Research.

**Looptijd:** Kennis-op-Maat project Versnelling in suikerreductie in de bakkerij 2024-2025.

**Vervolg:** voedingsmiddelenfabrikanten die ondersteuning zoeken bij de ontwikkeling van producten met een verlaagd suikergehalte kunnen contact opnemen

met WUR. Verschillende onderwijsinstellingen zetten het curriculum en de samenwerking met WUR voort.

*'Zelfs ervaren bakkers merkten nauwelijks verschil in smaak. Het recept was afkomstig uit onze digitale tool.'*

# Appeltje voor de dorst

In Nederland lijkt water vanzelfsprekend. Toch neemt de druk op onze drinkwatervoorziening toe. De bevolking groeit, ons waterverbruik stijgt en klimaatverandering zorgt voor langere droge periodes. 'We moeten nu al nadenken over hoe we in 2100 veilig en schoon drinkwater uit de kraan laten komen, zegt Geert-Jan Nijsten van Deltares. ►



## Deltares, TNO

**?! Probleem:** de vraag naar drinkwater blijft groeien door bevolkingsgroei, hoger verbruik en klimaatverandering. Onze huidige bronnen voorzien ons betrouwbaar van drinkwater, maar bij grote calamiteiten kunnen ze onder druk komen te staan. Daarom werken we aan Nationale Grondwater Reserves (NGR's).

**💡 T02-oplossing:** TNO en Deltares onderzoeken veelal diep gelegen zoet- en brakwatervoorraden die vrij zijn van verontreiniging. Met geavanceerde 3D-modellen brengen ze de ligging, kwaliteit en risico's in kaart en adviseren het Rijk over begrenzing van deze gebieden en over strategieën om deze voorraden te beschermen.

**📊 Impact:** Nederland krijgt een robuust, toekomstbestendig systeem van drinkwatervoorraden, inzetbaar bij grootschalige calamiteiten én als eventuele structurele aanvulling op de bestaande voorraden op de lange termijn. Zo kunnen ook toekomstige generaties rekenen op voldoende drinkwater.

**S**amen met TNO brengt Deltares de Nationale Grondwater Reserves (NGR) in kaart: veelal diep gelegen, ongerepte zoetwatervoorraden om in de toekomst tekorten van het drinkwater op te kunnen vangen. Nederland haalt nu twee derde van zijn drinkwater uit grondwater. De huidige bronnen worden beschermd met strikte regels. De oorsprong van het plan voor de NGR ligt in de Beleidsnota Drinkwater van 2014. Provincies moesten zoekgebieden aanwijzen om de drinkwatervoorziening richting 2040 uit te breiden – de zogenaamde Aanvullende Strategische Voorraden. Daarnaast wijst het Rijk de NGR aan. Geert-Jan Nijsten, grondwaterexpert Deltares: 'NGR is het sluitstuk van onze drinkwatervoorziening. Het gaat om voorraden die we pas over tientallen jaren nodig hebben – of als er een nationale calamiteit is. Denk aan een milieuramp waardoor grote bevolkingsgroepen geen toegang meer hebben tot veilig drinkwater.'

### Zoetwatervoorraden

TNO en Deltares zoeken naar dieper gelegen zoetwatervoorraden, vrij van verontreiniging, zoals kunstmest of gewasbestrijdingsmiddelen. Jan Gunnink, onderzoeker en projectmanager bij TNO: 'We hebben afgebakend waar schoon drinkwater in de bodem zit en wilden weten: hoe diep ligt het water, hoeveel is het, en wat gebeurt er als we het oppompen? Licht het diep genoeg en is het goed beschermd, want dan kan de ruimte erboven of eronder gebruikt worden voor andere doelen, zoals voor de betrekking van duurzame energie via bijvoorbeeld geothermie.' Daarbij worden driedimensionale kaarten en modellen gebruikt. Deze brengen niet alleen de ligging van de voorraden in beeld, maar ook de effecten van de winning, zoals daling van de grondwaterstand of het risico op verzilting. 'Bij structurele winning mag de natuur er niet onder lijden', benadrukt Gunnink. 'Onttrek je grondwater, dan daalt de bovenste grondwaterlaag met risico's op schade aan natuur als gevolg. Dat mag alleen in uiterste nood, bijvoorbeeld bij een grote calamiteit. Dan is het echt een appeltje voor de dorst.'

### klankbordgroep

De zoektocht naar nieuwe drinkwatervoorraden is complex. Drinkwater is belangrijk, maar ook is de ondergrond nodig voor geothermie. Nijsten: 'Partijen willen drinkwater beschermen en het land bruikbaar



Geert-Jan Nijsten (links) en Jan Gunnink

houden voor andere doelen.' TNO en Deltares vullen elkaar aan: TNO brengt de geologische opbouw en modellering in kaart, Deltares onderzoekt effecten van winning op de waterkwaliteit en natuur. De kennisinstututen werken hierbij samen met drinkwaterbedrijven, provincies, waterschappen, brancheorganisaties voor bodemenergie en geothermie, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en het ministerie van Klimaat en Groene Groei (voorheen Economische Zaken en Klimaat). 'Het is uniek hoe breed de klankbordgroep is', zegt Gunnink. Van beleid tot praktijk – iedereen zit aan tafel.

### Elke regio

De voorlopige resultaten laten zien dat de meest kansrijke reserves in Noord- en Oost-Nederland liggen. In het westen is het water vaak te brak vanwege de infiltratie van het zoute zeewater. De verspreiding over het land is belangrijk: bij een calamiteit moet elke regio toegang hebben tot schoon water. 'Het heeft geen zin als alle reserves onder de Veluwe liggen; dan heeft Limburg daar weinig aan', aldus Gunnink. De eerste verkenning in 2015 was nog een 'potloodschets'. Inmiddels is het uitgegroeid tot een groot onderzoeksprogramma. IenW neemt de aanbevelingen mee in het programma Bodem, Water en Ondergrond. Nijsten: 'Wij leveren kennis en kaarten, maar de uiteindelijke begrenzing van de NGR en eventuele beschermingsniveau is een politiek-bestuurlijke beslissing.' ■

**Wie:** Deltares, TNO, in samenwerking met drinkwaterbedrijven, provincies, waterschappen, koepelorganisaties en het ministerie van IenW.

**Looptijd:** eerste verken-

ning 2015, vervolgonderzoek 2020–heden, huidige onderzoeksfase startte in 2023.

**Budget:** ca. 1,6 miljoen euro.

**Vervolg:** mede op basis van onderzoeksresultaten beslist het Rijk over formele begrenzing van Nationale Grondwaterreserves en verdere beleidsmaatregelen ter bescherming.



# Op weg naar een veilige en energiezekere krijgsmacht



Het ministerie van Defensie wil in de toekomst niet alleen sterk zijn op land, zee en in de lucht, maar ook op het gebied van energie. TNO, NLR en MARIN werken aan oplossingen: van zonnepanelen op kampementen tot duurzame kerosine voor gevechtsvliegtuigen en schone brandstoffen voor marineschepen. Zo maken we onze krijgsmacht meer zelfvoorzienend en minder kwetsbaar in tijden van crisis. ►

## NLR, TNO, MARIN

**Probleem:** het ministerie van Defensie is sterk afhankelijk van fossiele brandstoffen, vaak afkomstig uit politiek instabiele regio's. Dit maakt missies kwetsbaar en logistiek complex.

**TO2-oplossing:** TNO werkt in samenwerking met NLR en MARIN aan de inzet van duurzame brandstoffen, elektrische en hybride aandrijvingen, simulaties ter vervanging van fysieke trainingen en lokale energieopwekking voor kampementen.

**Impact:** door de oplossingen van de onderzoeksorganisaties heeft de krijgsmacht lagere logistieke risico's, geringere afhankelijk van buitenlandse brandstoffen en stoot minder CO<sub>2</sub> uit. En dat is geen luxe, maar pure noodzaak – voor onze veiligheid én voor het klimaat.

TNO werkt daarbij nauw samen met NLR en MARIN. Ieder instituut richt zich op een domein – TNO op de landmacht, NLR op de luchtmacht, en MARIN op de marine – maar de inzichten worden gedeeld om de krijgsmacht als geheel te versterken. Yvonne van Delft, senior project manager bij TNO, onderzoekt voor de landmacht het energieverbruik in voertuigen, kampementen en de militair zelf (die steeds meer wapens en andere uitrusting krijgen die veel energie gebruiken). Daarbij wordt gekeken naar meetmethoden, maatregelen en alternatieven voor diesel, zoals elektrische aandrijving en zelfopwekking met zonnepanelen. 'In Afghanistan draaiden de aggregaten van de kampementen op diesel, en juist die brandstofkonvoeien waren het meest kwetsbaar voor aanvallen. Als je zelf elektriciteit kunt opwekken en bijvoorbeeld een elektromotor of elektrische airco gebruikt in plaats van een diesel-aggregaat, vergroot je je veiligheid enorm.'



Elisabeth van der Sman.

Elisabeth van der Sman, NLR

*'SAF kan op korte termijn zorgen voor een verduurzamingsslag binnen Defensie.'*

## Logistieke keten

Voor een missie worden eerst het doel, het aantal mensen dat meegaat en alle benodigdheden om het kamp operationeel te houden, geïnventariseerd. Tot nu toe kwam dat vooral neer op diesel voor generatoren en voertuigen. Van Delft: 'Maar wat als we overstappen op dual-fuel, batterijen of zonnepanelen? Dan verandert de hele logistieke keten. Daar maken wij modellen voor.' Die kennis is niet alleen relevant voor Defensie: een kampement lijkt in energievoorziening op een wijk of dorp. 'Dat maakt het ook toepasbaar voor zelfvoorzienende gemeenschappen of zelfs festivals, waar je tijdelijk voorzieningen moet regelen zonder vaste aansluitingen.' De kennisinstututen werken ook samen aan kosten-batenanalyses. 'TNO ontwikkelt de methode, die we vervolgens in alle situaties toepassen', zegt Van Delft. 'Voor de landmacht ontwikkelen we modellen die het energieverbruik in tenten voorspellen, of dat nu in de kou van het noorden is of in de hitte van de woestijn.' Uit het recent afgeronde EDF INDY project (Energy Independent and Efficient Deployable Military Camps) blijkt dat kampementen 35 tot 55 procent zelfvoorzienend kunnen worden, met tot 45 procent minder logistiek, 15 tot 28 procent lagere kosten en 40 tot 80 procent minder CO<sub>2</sub>-uitstoot.

## Energievraag neemt toe

'Verduurzaming kan de positie van de luchtmacht versterken', zegt Elisabeth van der Sman, senior consultant duurzame luchtvaart bij het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR). 'Gezien de huidige geopolitieke ontwikkelingen is het belangrijk dat Defensie autonoom - en daarmee minder kwetsbaar - wordt. Tegelijkertijd willen we dat de luchtmacht minder uitstoot en een bijdrage levert aan de bredere verduurzaming van de maatschappij', vertelt Van der Sman. Binnen het programma Energietransitie Operationeel Materieel onderzoekt NLR hoe Defensie tot 2050 in haar energiebehoefte kan voorzien. NLR brengt het verbruik van energie in kaart, hoe dat beter gemonitord kan worden en welke technologieën het gebruik efficiënter maken. 'Door het hoge dreigingsniveau zal de energievraag alleen maar toenemen', zegt Van der Sman. 'Defensie moet daardoor meer trainen en vliegen om voorbereid te blijven, en dat vraagt simpelweg om meer energie.' Verschillende technologieën kunnen daarbij helpen. Zo kunnen bepaalde delen van trainingen worden vervangen ▶

- ▶ door simulaties. 'Als een piloot van een gevechtsvliegtuig gaat trainen, dan gaat hij de lucht in. Maar de vijand waarmee de vlieger traint, hoeft niet per se echt te zijn. Die kunnen we vervangen door een simulatie', legt Van der Sman uit.

Yvonne van Delft, TNO

*'Als je zelf elektriciteit kunt opwekken met een elektromotor, vergroot je je veiligheid enorm.'*

### Duurzamere kerosine

Ook kan het gebruik van vliegtuigen duurzamer, zelfs op korte termijn. Het gebruik van duurzame brandstoffen verkleint de uitstoot vergeleken met fossiele kerosine. Daarom heeft NLR onderzoek gedaan naar het gebruik van Sustainable Aviation Fuel (SAF) – bio-kerosine en synthetische kerosine – binnen Defensie. Van der Sman:

'Het voordeel van SAF is dat het geschikt is voor de huidige toestellen, hiervoor zijn geen aanpassingen nodig.' SAF kan op korte termijn zorgen voor een verduurzamingsslag binnen Defensie. Het is volgens de huidige brandstofstandaarden al mogelijk om de nieuwe brandstof bij te mengen met fossiele brandstof, tot vijftig procent. 'Op de vliegbasis in Leeuwarden zijn al pilots gedraaid met het gebruik van biokerosine en de resultaten zijn tot nu toe veelbelovend', stelt Van der Sman. Op de langere termijn wil NLR ook onderzoeken of het mogelijk is om meer dan vijftig procent SAF te gebruiken. Dat betekent dat veel testen opnieuw uitgevoerd moeten worden, bijvoorbeeld door te kijken hoe de motoren reageren op de hogere percentages SAF.

### Marineschepen

Frans Hendrik Lafeber, senior project manager Powering & Signatures bij MARIN, onderzoekt met zijn team welke alternatieve brandstoffen en aandrijvingen geschikt zijn voor marineschepen. Daarbij ligt de ▶



- focus vooral op bijvoorbeeld methanol, biodiesel en hybride systemen. Een voorbeeld van een onderzoeksmethode die MARIN gebruikt is de digital twin: een digitaal model van een marineschip. 'Daarmee testen we in scenario's hoe het schip presteert met verschillende aandrijvingen, wat dat betekent voor het vermogen en hoe we stap voor stap kunnen overstappen naar dual-fuel', legt hij uit. Ook de logistieke processen zijn belangrijk. Fossiele brandstoffen zijn overal verkrijgbaar, maar voor alternatieven zoals methanol geldt dat nog niet. Ook hebben niet-fossiele energiedragers vaak een lagere energiedichtheid waardoor het schip een kleiner bereik heeft. Dan moet je vaker 'bunkeren' of het schip aanpassen met grotere brandstoftanks of vaker een tankerschip sturen met brandstof. De alternatieve brandstoffen zullen dus op andere plekken in andere hoeveelheden nodig zijn dan wat we nu gewend zijn met fossiele brandstoffen. Naast goede technologie is internationale samenwerking belangrijk. Schepen en vliegtuigen moeten inzetbaar blijven in coalitieverband. 'Als je bijvoorbeeld methanol gebruikt, moet je er zeker van zijn dat je in internationale havens kunt bunkeren', zegt Lafeber. 'Dat vraagt om afstemming met andere landen.'

Frans Hendrik Lafeber, MARIN

*'De uitdaging ligt niet alleen in technologie, maar ook in internationale samenwerking.'*

### Grootste kanshebbers

De eerste resultaten van het programma Energietransitie Operationeel Materieel zijn al concreet toepasbaar binnen Defensie. 'In het bouwprogramma van de nieuwe hydrografische hulpvaartuigen wordt gekeken naar een dual-fuel methanol-diesel oplossing. Ook bij de vervangingsprogramma's worden de verschillende mogelijkheden uitvoerig bestudeerd. Hierbij wordt de MARIN-kennis direct ingezet bij het afwegen van de opties.' Methanol is op dit moment een van de grootste kanshebbers bij de marine, verwacht Lafeber. 'Voor schepen met een beperkt bereik, zoals havensleepboten, kunnen batterijen een goed alternatief zijn. Voor grotere schepen is HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) een geschikte kortetermijnoplossing, die later kan worden vervangen door methanol of een andere duurzame, synthetische energiedrager. Zo zet-



Frans Hendrik  
Lafeber.



Yvonne  
van Delft.

ten we stap voor stap in op nieuwe brandstoffen en technologieën, waar bij we telkens kijken welke oplossing het beste past bij het type schip en de missie.'

### Slagkracht

Het einddoel is helder: een krijgsmacht die zelfvoorzienend is in energie, minder CO<sub>2</sub>-uitstoot en tegelijkertijd haar slagkracht behoudt en bij voorkeur zelfs vergroot. In de eerste fase van het programma lag de nadruk op het verkennen van verschillende technologieën; in de tweede helft ligt de nadruk op integreren en interpreteren. Uiteindelijk bundelen de onderzoekers hun bevindingen in een gezamenlijke rapportage voor Defensie, die alle krijgsmachtdelen omvat. 'Dat vraagt om een nauwe samenwerking en lef om nieuwe technologieën daadwerkelijk in te zetten', zegt Van der Sman. ■

**Wie:** Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR), TNO en MARIN, in overleg met het ministerie van Defensie.

**Looptijd:** de eerste fase draaide om het verkennen van technologieën, de

tweede om implementatie en toepassing.

**Budget:** onderdeel van bredere defensie-innovatieprogramma's, mede gefinancierd via Europese projecten zoals EDF [European Defence Fund].

**Vervolg:** verdere implementatie van duurzame brandstoffen en aandrijfsystemen, opschalen van simulaties, ontwikkelen van logistieke modellen voor de energietransitie.

Meer over  
het EDF INDY  
project:



# Multifunctionele zonneramen geven de energieopbrengst een boost

Met intelligente oplossingen wil TNO de energietransitie boosten. Neem de ontwikkeling van een multifunctioneel zonneraam met ingebouwde jaloezieën. Het raam geeft extra energie én regelt warmte en zonlicht. ►

## TNO

**?! Probleem:** de energietransitie verloopt moeizaam in Nederland. Er zijn te weinig oplossingen die niet alleen energie opwekken, maar ook bruikbaar zijn voor andere zaken.

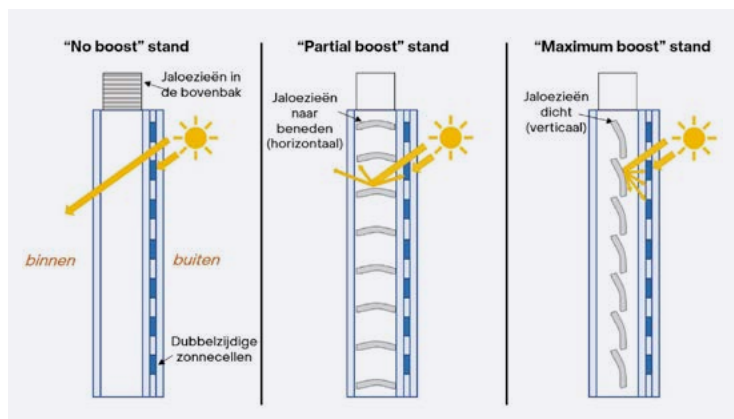
**T02-oplossing:** TNO ontwikkelt met partners zo'n multifunctionele energieoplossing: ZIEZO, een zonneraam dat stroom opwekt en tegelijkertijd warmte en lichtinval regelt. Hiermee kunnen kantoorgebouwen hun CO<sub>2</sub>-voetafdruk tot wel twintig procent terugbrengen. Het raam kan 'prefab' worden gemaakt voor zowel bestaande als nieuwe kantoren.

**Impact:** zonneramen helpen met name de stedelijke omgeving sneller verduurzamen en dat maakt Nederland minder afhankelijk van traditionele energiebronnen. Bovendien versterkt het initiatief de positie van Nederland als leider in duurzame technologie.

De energietransitie in Nederland is in volle gang. Zeeën van zonnepanelen langs snelwegen en op daken van gebouwen kleuren het landschap. Maar daar waar we fossiele brandstoffen inruilen voor duurzamere zonne-energie, ontstaat een ander probleem: het elektriciteitsnet raakt overbelast. 'Nederland is kampioen netcongestie', zegt zonne-energie-expert Roland Valckenborg van TNO. Hij werkt aan oplossingen die niet alleen energie opleveren op de plek waar die nodig is, maar die ook multifunctioneel zijn en geschikt voor grootschalig gebruik.

### Zonnepaneel en zonwering

Neem ZIEZO: Zonwering Inclusief Elektriciteitsopwekkend Zonneraam. Het raam wekt stroom op en regelt tegelijkertijd warmte en lichtinval. Het bestaat uit dubbel glas met daartussen dubbelzijdige zonnecellen en verstelbare jaloezieën. In de stand naar beneden regelen de jaloezieën zonlicht en warmte en reflecteren ze het zonlicht op de achterzijde van de cellen (zie illustratie). In de verticale stand van jaloezieën is de energieopbrengst maximaal. Dit systeem verkleint de kans op oververhitting. Het raam vervangt bovendien traditionele zonwering, die vaak niet langer meegaat dan ongeveer vijftien jaar, zegt Valckenborg. Op zonnige dagen levert het zonneraam tot 25 procent meer stroom dan standaardoplossingen met enkelzijdige zonnecellen zonder jaloezieën. Gemiddeld over een jaar



bedraagt de energiewinst dertien procent. Waar een klassiek zonnepaneel 200 Wattpiek per vierkante meter (Wp/m<sup>2</sup>) opwekt, haalt het zonneraam 100 tot 120 Wp/m<sup>2</sup>. Bij het gebruik in een referentiegebouw (concept waarmee je bijvoorbeeld energieprestaties kunt vergelijken) verwacht Valckenborg een CO<sub>2</sub>-reductie van zo'n twintig procent, maar hij wil dit verder onderzoeken in het project.

### Energieboost

Bijzonder is volgens Valckenborg dat dit systeem inspeelt op de behoefte aan warmte en natuurlijk licht in combinatie met de optimale energieopbrengst. 'Als de jaloezieën naar beneden staan en in de verticale stand, dan krijg je de maximale energieboost, maar met minder licht en warmte. Maar je hebt mensen die juist licht en zonnewarmte willen.' Tijdens werktijden kunnen gebruikers zelf de jaloezieën bedienen. Na kantoor tijd regelt de computer een optimale balans tussen de elektriciteits-opbrengst van de zonnecellen en lagere airconditioningskosten. ▶

\*De hoeveelheid vermogen die een zonnepaneel kan opwekken per vierkante meter onder zogenaamde standaard testcondities (STC).



### ► Intelligente bouwcomponenten

De zonn ramen zijn nog niet verkrijgbaar op de markt, zegt Valckenborg. TNO ontwikkelt dit concept samen met glasbedrijf Pilkington, de TU Eindhoven (TU/e) en W/E Adviseurs. Pilkington legde in 2018 het patent vast voor het idee van de energieboost door de jaloezieën in combinatie met de dubbelzijdige zonnecellenstrips in glas. TU/e onderzoekt onder andere de licht- en warmteregulatie en ontwikkelt het algoritme voor de aansturing. W/E richt zich op de bouwnormen en duurzaamheidsberekeningen. TNO coördineert de samenwerking, zodat het product geschikt wordt voor de kantoorbouw. Voor woningen is het raam minder geschikt, omdat je de zonnecellenstrips als strepen ziet in het glas. 'Voor kantoorwerk is dat geen belemmering', verwacht Valckenborg. Hij ziet vooral potentie in de integratie van dit soort intelligente bouwcomponenten in de prefab bouw. 'Als je de gevels in de fabriek kant-en-klaar voorbereidt, dan heb je alle elektronica al daar ingebouwd.'

### Zonneceltechnologie

De onderzoekers testten momenteel twaalf prototypes op een dak bij onderzoeksinstituut SolarBEAT in Eindhoven en 8 ramen van 2 m<sup>2</sup>

bij Pilkington in Enschede. De varianten verschillen in breedte van zonnecellen en zonneceltechnologie. Uit de tests blijkt onder meer dat de reflectie van zonlicht lastig is te modelleren, omdat zonlicht niet uniform terugkaatst van de zonnecellen.

Een zorgpunt is de financiering. Bezuinigingen op de zonne-energieprogramma's in het Nationaal Groeifonds maken het vervolg onzeker. Jammer, zegt Valckenborg. 'De dubbelzijdige PV cell-strips (strips met zonnecellen) willen we liever in Nederland laten maken, maar dit zou China kunnen worden, vanwege de lagere kosten.' ■

**Wie:** glasbedrijf Pilkington, Technische Universiteit Eindhoven, W/E Adviseurs en TNO.

**Looptijd:** Basisproject ZIEZO: midden 2022 t/m eind 2024. In aanvraag is een

Europees vervolproject: 2026 t/m 2028.

**Budget:** 1 miljoen euro voor het basisproject ZIEZO en 3 tot 4 miljoen voor vervolproject (in aanvraag).

**Vervolg:** er ligt een voorstel voor onder meer doorontwikkeling van dit type zonnecellenstrips en experimenten met 'shutters' in plaats van jaloezieën (voor nog meer boost) en met een volledig transparant raam.

*'Als de jaloezieën naar beneden staan en in de verticale stand, dan krijg je de maximale energieboost.'*

*Vlhr. Mario de Rooij,  
Sylvie Poels en Misja  
Steinmetz van TNO.*

# Tool voor bouwsector tegen stikstofprobleem

Iedereen kan hem uitproberen, de bouwemissietool van TNO, waarmee je van tevoren kunt inschatten hoeveel emissies een bouwproject zal veroorzaken. 'Ik zou hem gewoon een paar keer doorlopen, dan krijg je een goed idee hoe het werkt', zegt TNO-onderzoeker Misja Steinmetz. ▶

## TNO

**Probleem:** de bouwsector draagt aanzienlijk bij aan de uitstoot van CO<sub>2</sub>, stikstof en fijnstof, wat een negatieve impact heeft op milieu, klimaat en gezondheid.

**T02-oplossing:** TNO heeft een innovatieve bouwmisietool ontwikkeld die de emissies (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en fijnstof) van bouwprojecten kan inschatten en monitoren, maar ook handvatten geeft hoe je deze kunt reduceren. De online tool begint met standaardprofielen voor activiteiten als bouwtransport, bouwwerkzaamheden en personeelsinzet, die handmatig kunnen worden bijgesteld. De tool helpt zo bij het vinden van emissiebesparende maatregelen, zoals de inzet van een bouwhub, elektrisch materieel of prefab-oplossingen, die in sommige gevallen ook goedkoper en efficiënter zijn.

**Impact:** de tool zal de bouwsector (aannemers, onderaannemers, planners en eventueel architecten) helpen om schadelijke emissies te verminderen, en om beleid (gemeenten en beleidsmakers) te ondersteunen voor een duurzamere bouwpraktijk en een beter milieu.

En inderdaad: een ter plekke achter het computerscherm verzonden hoogbouwproject van 80 woningen met ieder 80 vierkante meter oppervlak, blijkt na een paar keer doorklikken 151,6 ton CO<sub>2</sub> op te leveren, 18 kilogram fijnstof, 344,2 kg stikstofdioxiden (NO<sub>x</sub>) en 16,6 kg ammoniak (NH<sub>3</sub>). De laatste twee verbindingen vallen onder de overkoepelende term 'stikstof', die in de Nederlandse bouwwereld een beperkende factor is geworden. De emissies zijn schattingen, gebaseerd op standaardprofielen voor materialen, gereedschappen/machines en personeelsinzet, die op maat aangepast kunnen worden.

### Emissieloos Bouwen

'De tool komt voort uit het programma Emissieloos Bouwen dat liep van 2021 tot 2023, gericht op snelle oplossingen voor stikstofproblematiek op de bouwplaats', vertelt Mario de Rooij, programma-manager van Schoon en Emissieloos Bouwen bij TNO. Al na ruim twee jaar werden de eerste projecten opgeleverd, vertelt hij, 'maar we merkten dat een aantal zaken nog niet goed geregeld was, zoals het berekenen van emissies. Iedereen deed dat op een andere manier: via emissiemetingen, met een LCA (Life Cycle Analysis)-gebaseerde methode of op nog een andere wijze. Dat is dus heel onhandig om zaken met elkaar te vergelijken.' Daarom besloot TNO te onderzoeken of er één gestandaardiseerd rekenmodel opgezet kon worden, voor emissies op de bouwplaats en in verband met de aanvoer daartoe. Dat leidde, via een voorganger 'Brains for Nitrogen' die alleen stikstof meenam, tot de huidige tool. 'Er was een noodzaak om te berekenen hoeveel emissies je kunt besparen', zegt Sylvie Poels, projectleider van de tool. 'En om aannemers, onderaannemers en opdrachtgevers kennis bij te brengen over waaraan ze konden werken om die emissies omlaag te krijgen.'

### Profielen

Een grote stap in de bruikbaarheid was, naast het uitbreiden van alleen stikstof naar vier soorten emissies, het invoeren van de profielen. Poels: 'Als je een bepaald woningconcept hebt, bijvoorbeeld laagbouw, dan weten we al wel ongeveer hoeveel ritten voor vrachtwagens daarmee gepaard gaan.' Die standaardwaarden worden meteen ingevuld zodra 'laagbouw' gekozen wordt. Dat geeft een indi-



Mario de Rooij.

*'De tool geeft zelf adviezen over hoe de uitstoot teruggebracht kan worden.'*



Sylvie Poels.



Misja Steinmetz.

catie van de uitstoot, maar je kunt de getallen ook aanpassen om de berekening te verbeteren.

### Meetprogramma

'De profielen zijn gebaseerd op een meetprogramma van TNO, en worden elk jaar geüpdatet', vertelt De Rooij. In dat meetprogramma, dat al decennia loopt, wordt de uitstoot van voertuigen en machines op bouwplaatsen gemeten. 'Het is gebaseerd op wetenschappelijk ►

- ▶ onderzoek en getoetst, en we proberen zo transparant mogelijk te zijn over de methodiek en de onderliggende data. Alleen zo weet je dat berekende emissiebesparingen hout snijden.' Gebruikers kunnen zo op zoek naar emissiebesparingen, door bijvoorbeeld gebruik te maken van elektrische voertuigen, of prefab-bouw inzetten, waarbij een groot deel van het werk al in een fabriek is geproduceerd. De tool geeft zelf adviezen over hoe de uitstoot teruggebracht kan worden. Een emissiebesparende maatregel kan een 'bouwhub' zijn, een centrale locatie voor de opslag van materialen en materieel. Dat is vaak gunstig voor de transportlogistiek, want minder heen en weer rijden levert een lagere uitstoot op.

### Enthousiaste gebruikers

Die eerste versie van de bouwemissietool, die in april 2024 van start ging, werd meteen gebruikt. 'Veel mensen zijn ermee aan de slag gegaan', zegt Misja Steinmetz tevreden, onderzoeker en verantwoordelijk voor de software. 'We zien 250 tot 300 sessies per maand. Er is te zien welke soort projecten er ingevoerd worden, en als makers krijgen we een hoop vragen en verzoeken binnen.' Soms zijn die afkomstig van gebruikers waar de tool eigenlijk niet voor bedoeld was. 'We kregen ook vragen van gemeenten die zich afvroegen of ze het niet konden gebruiken om bouwprojecten te monitoren.'

### Aannemers

Ook voor aannemers kan het nuttig zijn om tijdens het project bij te houden hoe de emissies meebewegen als er – vaak onvermijdelijk – veranderingen optreden tijdens de bouw. Steinmetz: 'De tool wordt dan gebruiksvriendelijker als je met een account kunt uitgaan van de getallen die je al eerder ingevuld had.' Aan deze, en andere soorten gebruiksvriendelijkheid, wordt nu gewerkt, net als het uitbreiden van het aantal profielen, bijvoorbeeld ook voor innovatieve en circulaire bouwmethodes of renovaties. Steinmetz: 'We besluiten ook over nieuwe functionaliteiten op basis van wat we terugkrijgen van gebruikers.'

### Grond-, weg- en waterbouw

Een nieuw toepassingsgebied is het doorrekenen van grond-, weg- en waterbouwprojecten, zoals het aanleggen of onderhouden van

bruggen, wegen en viaducten. 'Daarvoor zijn er nog geen standaard ingevulde lijsten met materialen en transporten.' In de toekomst zou je de tool ook kunnen inzetten voor handhaving, dus om te controleren of een aannemer die een vergunning heeft gekregen op basis van de inzet van een elektrische kraan, die duurzame kraan ook inzet.

### Vernieuwend beleid

Op den duur kan de tool mogelijk een rol spelen in vernieuwend beleid. 'Op dit moment is het beleid voor stikstof sterk gericht op deposities, dus wat er in een bepaald gebied neerkomt', zegt programmaleider De Rooij. Bekend in de bouwwereld is AERIUS, een computermodel dat zulke depositieberekeningen uitvoert op basis van emissies en zaken als windrichting, temperaturen en neerslag. Aan een koppeling van de bouwemissietool met AERIUS wordt nu gewerkt, zegt Steinmetz, 'Dat zou een mooie tussenoplossing zijn.' Maar in plaats van deposities zouden emissies een bruikbaarere uitgangspunt zijn: die zijn gemakkelijker te berekenen, te beïnvloeden en daarmee ook te beheersen, stelt De Rooij. Zo zou het beleid meer op emissies gericht moeten worden, waar de deposities dan uit volgen, met een zogeheten gebiedsgerichte aanpak. Naast stikstof en CO<sub>2</sub> zullen ook andere grenzen een rol spelen, zoals waterkwaliteit. De Rooij: 'De vraag is hoe we Nederland lokaal het best inrichten en hoe we daar dingen over kunnen afspreken. In het opzetten van een gebiedsgerichte aanpak, gericht op emissies, zou de tool een rol kunnen spelen. We zien daar steeds meer belangstelling voor komen, ook vanuit Europa.' ■

**Wie:** TNO, voor de uitvoering van de website Jungle Minds.

**Looptijd:** begonnen in 2023, online gekomen op

1 april 2024, de ontwikkeling is een nog lopend proces.

**Budget:** 600 duizend euro.

**Vervolg:** doorontwikkelen en uitbreiden functionaliteiten, bouwmethodieken en gebruiksvriendelijkheid.

Meer lezen  
over dit  
project?  
Bezoek de  
website



Bekijk hier  
de video

*'De tool kan een rol spelen in het opzetten van een gebiedsgerichte aanpak, gericht op emissies.'*

# Geprinte elektronica: nu praktisch, straks circulair

Geprinte elektronica biedt talloze nieuwe mogelijkheden, maar stelt ons ook voor uitdagingen op het gebied van duurzaamheid. TNO ontwikkelt samen met partners technologieën om geprinte elektronica te repareren, recyclen en uiteindelijk toe te passen in circulaire productieketens. ►



## TNO

**?! Probleem:** geprinte elektronica is flexibel en biedt veel ontwerp mogelijkheden. Het nadeel: er bestaat geen goede manier om deze te recyclen, omdat de circuits nauwelijks te scheiden zijn van het omringende plastic. Zonder betrouwbare recyclingtechnologie groeit de elektronica-afvalberg en gaan kostbare grondstoffen verloren.

**💡 T02-oplossing:** het Holst Centre (een samenwerking van TNO en het Belgische imec) ontwikkelt samen met industriële partners methoden om geprinte elektronica te scheiden van de kunststoffen waarmee ze zijn versmolten. Bijvoorbeeld door gebruik te maken van een 'afbreeklaag' die verdampt bij blootstelling aan een sterke lichtpuls. Of een warmtegevoelige coating die loslaat bij gerichte verhitting.

**🔄 Impact:** deze methodes maken het mogelijk om geprinte elektronica te repareren en volledig te recyclen. Dit leidt tot minder afval, de terugwinning van kostbare grondstoffen en de mogelijkheid om circulaire productieketens op te zetten.

Elektronische circuits zijn al lang niet meer beperkt tot harde printplaten. Je weet wel: zo'n groenige plaat, dooraderd met een labrynt van metaalglanzende lijntjes, microchips en ledlampjes. Steeds vaker worden circuits met een zilver- of koperinkt geprint op dunne, flexibele materialen. Dit biedt allerlei voordelen, zoals comfort en gebruiksgemak in 'wearables': apparaatjes die je meedraagt, bijvoorbeeld voor medische toepassingen. Daarnaast kun je geprinte elektronica perfect integreren in allerlei toepassingen, denk aan een modern autodashboard waarin alle knoppen, displays en verlichting naadloos zijn weggewerkt. Dit geeft ongekende ontwerprijheid.

### Duurzame lichtsnoeren

Echter, de integratie van elektronica met kunststoffen maakt recycling complex. De circuits en het plastic zijn dusdanig versmolten dat scheiden niet meer mogelijk is. Aan het einde van hun levenscyclus rest daarom de shredder of de verbrandingsoven. Dat leidt tot CO<sub>2</sub>-uitstoot en verlies van kostbare grondstoffen. Volgens schattingen zal het wereldwijde elektronische afval toenemen tot 74,7 miljoen ton in 2030 en 110 miljoen ton in 2050 als we niks doen. 'Daarom is dit het moment om met een duurzame oplossing te komen voor geprinte elektronica', zegt TNO-onderzoeker Stephan Harkema, 'voordat het in massaproductie gaat.' Om die oplossing dichterbij te brengen, werkt het Holst Centre – een samenwerking tussen TNO en het Belgische imec – samen met industriële partners aan nieuwe technologieën. Zo ontwikkelden onderzoekers een duurzame en flexibele variant van een verlichtingsarmatuur van lichtproducent Signify. Dit gebeurde in het kader van Ecotron, een Europees onderzoeksproject dat elektronische apparaten wil verduurzamen. Stephan: 'We maakten het snoer van gerecycled PET-plastic en printten de circuits met teruggewonnen koper. Daartussen stopten we een zogenoemde 'ablatielaag' die verdampt bij blootstelling aan een sterke lichtpuls. Zo zijn alle materialen achteraf eenvoudig te scheiden en te recyclen. Qua CO<sub>2</sub>-reductie en circulaire productie zetten we daarmee enorme stappen.'

### In-Mold Electronics

Ook sloeg Holst Centre de handen ineen met het Finse TactoTek, toonaangevend binnen de ontwikkeling van geprinte elektronica

## 'Dit is het moment om met een duurzame oplossing te komen voor geprinte elektronica'

voor de auto-industrie. In dit Unicorn-project testten de onderzoekers een hittegevoelige coating voor zogenoemde In-Mold Electronics (IME), elektronica die tijdens een spuitgietproces volledig wordt verpakt in kunststof. Denk bijvoorbeeld aan de verlichting en bedieningselementen in een autodashboard of de deurpanelen. 'Normaal zijn die elementen achteraf niet meer te scheiden, maar met onze coating kun je de elektronica en het plastic na gerichte verhitting van elkaar lostrekken. In testen hebben we laten zien dat op die manier recycling mogelijk is. Plus: we kunnen IME-onderdelen voor het eerst repareren, zoals getoond in EU project CIRC-uits.' Dit is beter voor het milieu dan defecte onderdelen integraal vervangen en weggooien, wat nu de praktijk is.

### Witgoed

Het is geen toeval dat de auto-industrie interesse heeft in deze technologie: dankzij wetgeving is deze bedrijfstak gebonden aan duurzaamheidsdoelstellingen. Zodoende worden de lessen uit het Unicorn-project komende tijd in nieuwe projecten verder uitgewerkt. 'Maar bijvoorbeeld in de witgoedsector is het lastiger om stappen te zetten. De marges zijn klein, daar wordt puur op prijs geconcentreerd', zegt Harkema. Daarom is zijn hoop gevestigd op bekijven van CO<sub>2</sub>-uitstoot door de industrie. 'Dat is het duwtje dat veel elektronica-producenten nodig hebben om in te zetten op verduurzaming en recycling'. De projecten Unicorn en Ecotron hebben laten zien welke milieuwinst er te behalen valt als het gaat om geprinte elektronica. 'Wat op kleine schaal werkt, gaan we straks – hopelijk – in het groot doen.' ■

**Wie:** Holst Centre en Tactotek (project Unicorn), Holst Centre en Signify (project Ecotron)

**Looptijd:** 2022-2025 (beide projecten)

**Budget:** 5 miljoen euro (beide projecten)

**Vervolg:** Diverse vervolgprojecten, o.a. een business-to-business-project samen met TactoTek.

Holst Centre, sustainable electronics with minimal environmental impact



# Klimaatverandering maakt IJssel moeilijker bevaarbaar

De Gelderse IJssel wordt door klimaatverandering en wisselende watertoevoer lastiger bevaarbaar. Bij laagwater riskeren schepen vast te lopen of elkaar niet te kunnen passeren, terwijl de vaargeul door sedimenttransport is veranderd. MARIN brengt, met hulp van schippers in een simulator, de knelpunten in kaart en biedt aanknopingspunten voor Rijkswaterstaat, zoals aangepaste bebakening, baggeren of een andere verdeling van de watertoevoer. ►

*Nicole van Spronsen,  
projectmanager bij MARIN*

## MARIN

**Probleem:** door klimaatverandering zijn er grotere fluctuaties van de watertoevoer en de waterstand van de Gelderse IJssel. Die wordt daardoor lastiger bevaarbaar voor binnenvaartschepen.

**T02-oplossing:** MARIN brengt knelpunten in kaart met gegevens over de rivierbedding, AIS-data over scheepsbewegingen, en met hulp van schippers die de IJssel virtueel bevaren in een simulator.

**Impact:** het onderzoek levert aanknopingspunten op voor maatregelen van Rijkswaterstaat, van het veranderen van de bebakening, het uitbaggeren van de vaargeul, tot een andere verdeling van de watertoevoer naar de rivier, die de bevaarbaarheid én veiligheid van de IJssel verbeteren.

In het Nederland van rechte kanalen en strakgetrokken rivieren, is de IJssel een uitzondering als een ouderwets meanderende rivier. Vanaf het punt dat hij zich tussen Arnhem en Westervoort afsplitst van de Nederrijn, kronkelt hij met grote slingers naar het IJsselmeer. Dat levert fraaie landschappen en rijke natuurgebieden op: de IJssel-uiterwaarden vormen samen een groot Natura 2000-gebied. Maar het maakt de rivier ook lastiger bevaarbaar voor de beroepsvaart. ‘Zeker nu door klimaatverandering droogteperioden langer duren’, zegt Nicole van Spronsen, projectmanager bij MARIN. ‘Tijdens laagwaterperiodes, als de bovenloop van de Rijn lang geen regen krijgt, staat de IJssel niet alleen lager dan vroeger, maar ook voor langere periodes. Daardoor staat de betrouwbaarheid van de binnenvaart onder druk’, zegt de onderzoeker. Zo was er in 2022 een periode waarin er in Lobith, waar de Rijn het land binnenkomt, maar 700 kubieke meter water per seconde stroomde, terwijl dat in normale perioden tussen de 2000 en 5000 kuub bedraagt.

### Rivierbedding in kaart

Op verzoek van Rijkswaterstaat deden Van Spronsen en collega's onderzoek naar de bevaarbaarheid van de Gelderse IJssel tussen



*Het perspectief van de schipper tijdens de simulatie.*

### *‘Tijdens laagwater staat de IJssel niet alleen lager dan vroeger, maar ook voor langere periodes.’*

Westervoort en Zutphen-Noord onder verschillende scenario's: een scenario met een normale waterafvoer, een scenario met een lage afvoer, en een met een extreem lage afvoer. De onderzoeksvraag was: wat zijn de maximaal toe te laten scheepsafmetingen, zonder dat daarbij de vlotheid en veiligheid op de vaarweg in het geding komt? ‘Vlotheid’, legt Van Spronsen uit, ‘betekent gewoon dat je op een normaal tempo van A naar B kunt varen.’ Het onderzoek begint met het in kaart brengen van de rivierbedding. ‘De rivier voert sediment mee, en dat betekent dat de ligging van de bodem verandert. De vaargeul verandert daardoor gestaag van vorm ten opzichte van de ‘ontwerpgeul’, zoals bedoeld door waterbeheerders en baggeraars. Dat geven metingen, gedaan in 2002 en in 2018, duidelijk aan. ‘Kijk, hier zie je dat de bodemligging echt flink is veranderd’, wijst Van Spronsen aan op een kaart, ‘rode stukken geven aan dat het daar minder dan 1 meter 50 diep is.’

### Tegenliggers en bochten

Daarmee is ook de bevaarbaarheid afgenomen. Bij lage rivierafvoer zijn er plaatsen in de vaargeul waar de beschikbare breedte krimpt van 40 naar 25, of zelfs 20 meter. Binnenvaartschepen zijn maximaal 110 meter lang en 11,4 meter breed, en steken tot 3,5 diep. Niet alleen moet dat overal in de vaargeul passen, maar ook moeten de schepen op verschillende plaatsen tegenliggers kunnen passeren. Ook bochten in de meanderende rivier leveren beperkingen op: het schip buigt niet mee. ‘We hebben eerst de situatie in kaart gebracht, en daaruit de theoretisch beschikbare ruimte voor verschillende scheepsklassen afgeleid’, vertelt Van Spronsen.

### Trackingsysteem

Maar scheepsafmetingen, in combinatie met het diepteprofiel van de rivier, vertellen niet het hele verhaal. Dus werden de werkelijke routes van schepen onder de loep genomen aan de hand van AIS- ▶

- ▶ gegevens. AIS (Automatic Identification System) is een trackingsysteem dat de positie en soms andere gegevens van schepen continu bijhoudt. 'Wij krijgen geregistreerde AIS-gegevens van Rijkswaterstaat, en zo kun je kijken naar het werkelijke vaargedrag van schepen. Je ziet ook waar ze voeren, en waar ze elkaar passeerden of inhaalden tijdens laag water.' Op haar computer laat ze een concreet voorbeeld zien van twee (geanonimiseerde) binnenvaartschepen. 'Hier zie je dat ze elkaar tegenkomen op 4 januari 2022, in een heel laag water-situatie bij Doetinchem. De ruimte is heel beperkt, maar ze passeren elkaar veilig. Je ziet hier dat ze niet aan de rechterkant blijven varen, maar dat ze met elkaar afspreken dat ze juist links passeren, omdat dat beter past. Dat noem je 'een blauw bord varen', omdat de schippers een blauw bord aan dek voeren als teken van de afspraak.'

### Seven Oceans Simulator Centre

Om nog verder de vinger te krijgen achter knelpunten, werd ook een zestal binnenvaartschippers uitgenodigd om de IJssel virtueel te bevaren in het Seven Oceans Simulator centre van MARIN, waar ook een simulator met een bolvormig scherm van dertien meter en een kantelbare brug te vinden is. 'We hebben een vaste pool van binnenvaartschippers die dat af en toe doen. In het algemeen vinden ze dat leuk. Zo hebben we voor bijna vijftig verschillende scenario's knelpunten in de rivier gesimuleerd. Twee schippers komen elkaar dan op zo'n traject tegen en moeten elkaar passeren. Vervolgens hebben ze met onze human factors-specialisten gesproken: 'Hoe ging dat, had je het idee dat je hier de ruimte had, of zat je 'm te knijpen?'

### Passeerverbod

De conclusies: de IJssel-vaargeul is bij extreem laag water op veel plaatsen onvoldoende breed om tegelijkertijd veilig en vlot door te varen. 'De veilige passage is nu sterk afhankelijk van de ervaringen en de goede onderlinge afspraken tussen de schippers', zegt Van Spronsen. En hoewel aanvaringen extreem zeldzaam zijn, zijn er verbeteringen nodig om de IJssel bevaarbaar te houden. 'Onze conclusies kunnen beleidskeuzes van Rijkswaterstaat ondersteunen.' Zo'n maatregel is bijvoorbeeld een plaatselijk passeerverbod, maar ook het uitdiepen van de vaargeul door te baggeren, of het veranderen van de verdeling in waterafvoer tussen de Waal, de Nederrijn en de



*Animatie van de uiterwaarden van de IJssel, met enkele binnenvaartschepen.*

IJssel met hulp van stuwen. 'De maatregel die je niet wilt is natuurlijk dat de grootste schepen er niet meer kunnen varen.'

### Belangen afwegen

Het kiezen voor zulke maatregelen is een puzzel, waarin het MARIN-onderzoek en de bevaarbaarheids-knelpunten maar een van de stukjes vormen. Ook andere uitdagingen voor de scheepvaart, van de energietransitie tot het oplopende personeelstekort spelen mee, en ook moeten maatregelen passen in het Integraal Riviermanagement-programma, het programma van het Rijk, provincies, waterschappen en gemeentes voor een toekomstbestendig beheer van de Maas en de Rijn. Van Spronsen: 'De rivier is niet alleen om op te varen, maar je hebt ook water nodig voor drinkwater, voor besproeiing van gewassen en voor de natuur. Rijkswaterstaat moet al die belangen afwegen. Daar helpt dit onderzoek bij.' ■

**Wie:** MARIN, Rijkswaterstaat, vier binnenvaartschippers.

**Looptijd:** 2023 - 2024.

**Budget:** 250 duizend euro

*'Onze conclusies kunnen beleidskeuzes van Rijkswaterstaat ondersteunen.'*

NLR

## Zelfscan satellietnavigatie helpt risico's snel opsporen

Satellietnavigatie – zoals GPS en Galileo – is onmisbaar in verkeer, landbouw en vitale infrastructuur. Maar storingen of cyberaanvallen kunnen plaatsbepaling en timing verstoren. Het PNT portaal (Positioning, Navigation and Timing) biedt uitkomst. Met de gratis toolkit kunnen gebruikers via een zelfscan zien waar hun systemen kwetsbaar zijn en krijgen zij praktische adviezen om de weerbaarheid te vergroten. NLR levert kennis over satellietnavigatie, test scenario's zoals 'spoofing' en 'jamming' en valideert oplossingen in lab en praktijk. Het portaal is ontwikkeld door het EGNSS Centre of Excellence met CGI, NLR en SGT, onder toezicht van ESA en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Zo helpt het gebruikers hun navigatie en tijdsystemen veiliger en betrouwbaarder te maken.



PNTPortal



Introduction Positioning Timing and Navigation services

MARIN, NLR

## Slimme composietschroef getest aan boord



MARIN testte met succes een nieuwe schepsschroef van koolstofvezel aan boord van het duikvaartuig Nautilus van de Koninklijke Marine. Deze schroef zit vol slimme sensoren die meten hoe het materiaal zich gedraagt tijdens het varen. Het is een belangrijke

stap in het SHM Composite Blades-project, waarin MARIN samenwerkt met NLR, Jules Dock en Solico aan technieken om te monitoren hoe schepsschroeven en helikopterbladen eraan toe zijn. De sensoren sturen hun meetgegevens real-time door naar het schip,

via een innovatieve combinatie van inductieve voeding en microgolf-techniek, ontwikkeld samen met Krona Subsea. Alle elektronica is slim weggewerkt in de naaf van de schroef. De slimme schroef levert inzicht in de conditie van composietbladen tijdens gebruik

en levert belangrijke gegevens om toekomstige ontwerpen te verbeteren. Bovendien vormt het de basis voor toekomstige onboard-adviesystemen. Een belangrijke stap richting beter presterende marine-schroeven en helikopterrotors.

Deltares, WUR

## Toekomst voor biodiversiteit in een veranderend klimaat

In het afgeronde EU-project FutureMARES (2020-2024), gecoördineerd door NIOZ, werkten onder meer Deltares en Wageningen University & Research samen aan natuur-gebaseerde oplossingen voor behoud van biodiversiteit en ecosysteemdiensten. Hun onderzoek richtte zich op de potentiële effecten van laag-trofische aquacultuur (zeewier en schelpdieren) op het mariene ecosysteem onder

verschillende klimaatscenario's en op het herstel van schelpdierbanken, zowel in kustgebieden, als de kansen voor herstel van de platte oester offshore. De gezamenlijke resultaten bieden concrete handvatten voor herstel van schelpdierbanken, én beleidsadviezen voor duurzaam beheer van kust- en mariene ecosystemen. Zo levert de samenwerking een wetenschappelijke basis voor toekomstig natuur- en klimaatbeleid.

FutureMARES



TNO

## TNO lanceert open source cybersecuritytool

Cyberaanvallen worden slimmer en frequenter. SOAR tools (Security Orchestration, Automation and Response) helpen door automatisch kwetsbaarheden op te sporen en direct actie te ondernemen via een 'security playbook', een stappenplan dat beschrijft hoe je automatisch moet reageren op een bepaalde beveiligingsdreiging of incident. Veel bestaande tools zijn niet open source en lastig te koppelen aan andere systemen. TNO doorbreekt dit met de nieuwe SOARCA tool: volledig open source en gebaseerd op de nieuwste

internationale standaarden.

De tool is voor organisaties die met Open Source standaarden willen experimenteren, zoals kennisinstituten, universiteiten en hogescholen. Ook commerciële bedrijven kunnen het gebruiken. Denk aan cybersecurity automatisering in de energiesector, ter bescherming van wind of zonneparken. Dit vergroot de weerbaarheid, beschermt gevoelige gegevens en beperkt de impact van incidenten. Met SOARCA zet TNO een belangrijke stap richting toegankelijke en toekomstbestendige cybersecurity.

TNO

## GPT NL voor veilige en verantwoorde AI

GPT-NL



Nederland wil de kansen van kunstmatige intelligentie benutten, maar ook de risico's en ethische vragen beheersen. TNO ontwikkelde daarom GPT NL: een geavanceerd AI taalmodel, specifiek voor de Nederlandse taal en context. Het model gebruikt de nieuwste technieken in machine learning en natuurlijke taalverwerking en is inzetbaar in sectoren als zorg, onderwijs en bedrijfsleven. Met GPT NL wil TNO niet alleen innovatie en efficiëntie stimuleren, maar ook zorgen voor verantwoorde toepassing van AI. Richtlijnen

en samenwerking met experts moeten helpen AI veilig en ethisch in te zetten. Het model biedt een lokaal alternatief voor internationale oplossingen, waardoor Nederland minder afhankelijk wordt van buitenlandse technologie. Het model is enkel en alleen getraind op data die rechtmatig is verkregen en vanaf het begin is rekening gehouden met de wettelijke kaders van de AVG, auteursrecht en de EU AI Act. GPT-NL is bedoeld voor professioneel en zakelijk gebruik, zoals voor overheden en bedrijven.



## Deltares, MARIN

### Naar een toekomstbestendige binnenvaart

Droge zomers en lage rivierstanden vormen een groeiende uitdaging voor de binnenvaart. Hoe houden we het achterlandvervoer via de grote rivieren betrouwbaar én duurzaam? Binnen het onderzoeksproject TRANS2 bundelden Deltares, MARIN en dertien andere partijen de krachten om oplossingen te beschouwen. Twee sporen werden beschouwd: de lange en korte termijn, waarvoor *tooling* ontwikkeld is. Welke oplossingen zijn het meest effectief om in de toekomst bij vaker

lage waterstanden rendabel te kunnen blijven varen – denk aan lichtere, minder diep stekende schepen. En welke oplossingen zijn kansrijk om door de sector nader te verkennen, zoals het gebruik van middellange-termijn waterstandsverwachtingen of aangepaste inzet van de vloot met een tussenliggende overslag. Als schippers en planners – ondersteund door beslisystemen – hun routes en belading slim kunnen aanpassen, helpt dit de economische schade te beperken.

## Deltares

### PFAS-onderzoek: naar schoon water en bodem

PFAS – hardnekkige, nauwelijks afbreekbare stoffen – worden steeds vaker aangetroffen in bodem, bagger en oppervlaktewater. Deltares onderzoekt hoe deze stoffen zich verspreiden

via water- en bodemsystemen. Het kennisinstituut ontwikkelt samen met Wageningen University & Research (voedsel) en RIVM (risico's) meetmethoden om PFAS nauwkeuriger op te sporen, modelleert de verspreiding in rivieren en grondwater, en test innovatieve zuiverings- en saneringstechnieken, zoals geavanceerde filtratie en toepassingen voor kleibodems. Deltares onderzoekt ook oplossingen voor het verwijderen van PFAS uit grondwater op vervuilde terreinen, bijvoorbeeld met

natuurlijke oplossingen als planten en bomen. Deze kennis helpt overheden, waterschappen en bedrijven bij het nemen van effectieve maatregelen. Vanuit de ambitie voor gezonde water- en bodemsystemen werkt Deltares zo stap voor stap toe naar schoon oppervlakte- en grondwater.

PFAS-onderzoek  
Deltares



TNO

### Nederlandse doorbraak in productie zonnecellen

TNO, Kalpana Systems en LIFT PV werken samen in het Perovision Project aan een nieuwe depositietechniek voor perovskiet zonnecellen – de veelbelovende opvolger van siliciumzonnecellen. Deze cellen zijn licht, flexibel, efficiënt en goedkoop te produceren, maar opschaling naar massaproductie is nog een uitdaging. De partners ontwikkelen een pilotopstelling

voor het zogeheten spatial Atomic Layer Deposition (ALD) proces om ultradunne lagen nikkeloxide (NiOx) snel en nauwkeurig aan te brengen. Dit verbetert de betrouwbaarheid en stabiliteit van de zonnecellen en maakt industriële productie haalbaar. De technologie kan naar verwachting in 2027 worden toegepast in productieomgeving.

WUR

## Een uitbraak van besmettelijke dierziekten, wat nu?



Bij een uitbraak van een besmettelijke dierziekte in Nederland, zoals vogelgriep of blauwtong, komt Wageningen University & Research direct in actie. In Lelystad worden verdachte monsters dag en nacht getest, met binnen 48 uur een

betrouwbare diagnose. Ook bij beleidsvorming en risicobeoordeling levert WUR ondersteuning. De onderzoekers werken o.a. samen met de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit en het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselze-

kerheid en Natuur. Dat is de gouden driehoek voor crisissituaties. Afhankelijk van de ziekte worden duizenden verdenkingen per dag verwerkt, naast reguliere diagnostiek die in tijden van crisis continu doorgaat. Dankzij permanente paraatheid,

geavanceerde laboratoria en intensieve samenwerking kan WUR snel en effectief schakelen. Vergelijkbaar met de rol van de brandweer; altijd paraat staan, snel en deskundig handelen in crisissituaties, én werken aan preventie en bestrijding.

WUR

## Katoen van eigen bodem

Wageningen University & Research, Dutch Cotton BV en G Star ontwikkelden samen een denim broek van katoen geteeld in Nederlandse kassen. Deze teeltmethode levert vijf tot 23 keer hogere opbrengsten op, verbruikt 95 procent minder water dankzij hergebruik van regenwater, en gebeurt zonder chemische gewasbeschermingsmiddelen. In de kas in Bleiswijk onderzocht WUR één jaar lang de kwaliteit, vezelstructuur en opbrengst van deze 'nederkatoen'. Ook werd gekeken naar winst voor het milieu en de kansen om het op de markt te brengen. Hoewel de productiekosten momenteel nog een uitdaging vormen, heeft de onderzoekssamenwerking veelbelovende kansen laten zien voor de ontwikkeling van een nieuwe standaard in duurzame kledingproductie. Het heeft daarnaast waardevolle inzichten opgeleverd die kunnen bijdragen aan een efficiëntere en milieuvriendelijkere katoenteelt wereldwijd. In het vervolgonderzoek zijn Grodan en de Innogrowers aangesloten.



# Snel, betaalbaar en veel testen bij een volgende pandemie

Op een nieuwe pandemie zit niemand te wachten, maar we kunnen ons er maar beter goed op voorbereiden. Wageningen University & Research ontwikkelde een testsysteem dat snel, betaalbaar en betrouwbaar is, en verdere verspreiding van een virus kan helpen voorkomen. ►

*Luca Bordes  
(links) van WUR  
en Bart Keijser  
van TNO.*

## WUR

**Probleem:** er kan altijd een nieuwe pandemie ontstaan, maar Nederland beschikt momenteel niet over een betaalbaar en snel opschaalbaar testsysteem.

**T02-oplossing:** WUR ontwikkelde een testsysteem op basis van zelfafname dat binnen enkele weken op grote schaal kan worden ingezet, met inzet van robots voor een snelle en kostenefficiënte analyse.

**Impact:** het snel testen van grote groepen mensen maakt het mogelijk de verspreiding van infectieziekten beter onder controle te krijgen. Daardoor kunnen besmettingen eerder worden opgespoord en verdere verspreiding voorkomen. De lage kosten zorgen er tevens voor dat het systeem toepasbaar is in minder welvarende landen.

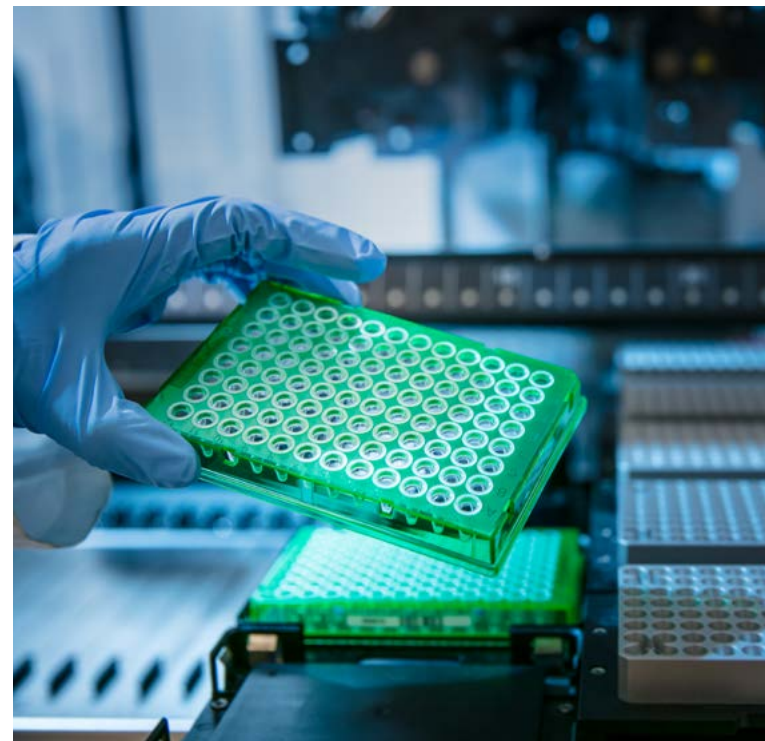
Niet als bij de corona-zelftests neem je met een soort wattenstaafje wat slijm uit je neus of keel. Dit testmonster stop je in een buisje met een streepjes- en QR-code en je stuurt het op per post of brengt het naar een inzamelpunt. In het laboratorium verwerken en analyseren robots de monsters. 'Een afspraak maken is niet nodig, de test kan op elk moment worden uitgevoerd en binnen 24 uur is de uitslag beschikbaar via een app', aldus Luca Bordes, projectleider moleculaire virologie aan Wageningen University & Research.

### Zicht op de verspreiding

Bordes werkt mee aan de opzet van een grootschalig testsysteem dat bij een uitbraak van een besmettelijk virus – binnen twee tot vier weken – massaal testen mogelijk moet maken. Het doel: tienduizenden tot zelfs honderdduizenden monsters per dag verwerken. 'Hoewel niemand wil denken aan een volgende pandemie, is het belangrijk om snel zicht te krijgen op de verspreiding van zo'n virus door te testen', zegt Bart Keijser, principal scientist bij TNO. 'We zijn een innovatief land, en toch duurde het maanden voordat teststraten breed toegankelijk waren. Cruciale informatie kwam vooral uit lokaal onderzoek, bijvoorbeeld onder zorgpersoneel in Brabant. Daaruit bleek het virus zich al veel verder verspreid te hebben, dan gedacht, wat leidde tot ingrijpende maatregelen. Dat willen we bij een volgende pandemie voorkomen.' Tijdens de coronapandemie werkte Bordes aan zijn promotieonderzoek en zag hij hoe mensen in het laboratorium dag en nacht werkten om de enorme hoeveelheid testmonsters te verwerken. Het feit dat het desondanks dus lang duurde voordat iedereen die dat wilde zich kon laten testen, motiveert hem om bij te dragen aan een systeem dat beter werkt.

### Lagere kosten

Het nieuwe testsysteem moet maximaal tien euro per test gaan kosten, bij voorkeur minder. Lage kosten zijn niet alleen belangrijk om testen voor lage-inkomenslanden mogelijk te maken, maar ook om de hoge kosten voor Nederland tijdens een pandemie te beperken. 'Een coronatest via de GGD kostte gemiddeld 65 euro', vertelt Keijser. 'Op een gegeven moment deden we 100.000 testen per dag.' De lagere kosten van dit testsysteem worden bereikt door drie factoren: zelfafname, automatisering en het gebruik van efficiëntere technologie.



Het nieuwe testsysteem moet maximaal tien euro per test kosten.

Robots, in de vorm van een doos van ongeveer één bij twee meter, scannen de codes op de buisjes en voeren alle laboratoriumstappen automatisch uit. De kennis voor dit robotiseringsproces is afkomstig van het Radboudumc.

### Minder schaarse middelen

Veel laboratoria beschikken al over de benodigde robotsystemen. Die worden nu voor andere doeleinden gebruikt, maar zijn eenvoudig aan te passen. Bij grotere testbehoefte kunnen meerdere testdozen worden toegevoegd. 'Vergelijkbaar met legoblokken', zegt Keijser. 'Zo is snel op ▶



- ▶ te schalen, ook op meerdere locaties tegelijk? Het systeem maakt gebruik van CRISPR-Cas-technologie om genetisch materiaal op te sporen. Scope Biosciences, een spin-off van WUR, richt zich op de toepassing van deze technologie, zoals die door WUR en Scope Biosciences ontwikkeld is. Wanneer het virus wordt gedetecteerd, geeft het systeem een fluorescent signaal af dat de aanwezigheid van een besmetting aantoont. In tegenstelling tot PCR-tests, die tijdens corona werden gebruikt, vereist deze methode minder complexe apparatuur en minder schaarse materialen, zoals specifieke plastics die vooral in China worden geproduceerd.

### Test-app

In tegenstelling tot de corona-zelftests, waarbij de uitslag direct zichtbaar was, vindt de analyse bij dit systeem dus plaats in een laboratorium. Deze testmethode is gevoeliger: zowel korte als langere tijd na een besmetting is vast te stellen of iemand besmet is. Maar, zegt Bordes: 'Een van de lessen uit de coronaperiode is dat laagdrempeligheid minstens zo belangrijk is als de kwaliteit van de test.' De onderzoekers

*'Tijdens een crisis is het moeilijk om te innoveren, omdat iedereen dan vooral bezig is met het managen van de situatie.'*

willen om die reden een app ontwikkelen die gebruikers stap voor stap door het testproces begeleidt. 'Die app moet uitleg geven over hoe de test werkt, wat er met je gegevens gebeurt en hoe je de uitslag ontvangt', zegt Bordes. 'Zodat iedereen zich zo snel mogelijk kan laten testen en zichzelf én anderen beschermt.'

### Andere toepassingen

De onderzoekers werken nu aan de inrichting van de robots. Eind 2026 moet het systeem operationeel zijn. 'We hopen einde van dit jaar de eerste tests met echte monsters uit te voeren', zegt Keijser. De onderzoekers benadrukken dat het belangrijk is om het systeem te blijven gebruiken, en niet pas in te zetten wanneer er daadwerkelijk een pandemie uitbreekt. 'Anders is het verouderd op het moment dat het écht nodig is', zegt Bordes. 'Daarom kijken we ook naar andere toepassingen, zoals de monitoring van dierziekten waaronder vogelgriep, grieponderzoek onder de bevolking en het opsporen van plantenziekten.' Keijser voegt eraan toe: 'Op die manier kunnen we het systeem inzetten voor bredere maatschappelijke uitdagingen en zo bijdragen aan innovaties in infectiebestrijding, duurzame diagnostiek en publieke gezondheid.' Tot besluit zegt hij: 'Tijdens een crisis is het moeilijk om te innoveren, omdat iedereen dan vooral bezig is met het managen van de situatie. Daarom moeten we nu handelen, nu we de tijd en ruimte hebben.' ■

**Wie:** Wageningen University & Research, TNO en Radboudumc.

**Looptijd:** 2024-2026.

**Vervolg:** de onderzoekers

streven ernaar samenwerken met bedrijven aan te gaan om het test-systeem operationeel te houden. Daarnaast willen zij de zorg toekomstbestendiger maken, met

minder afhankelijkheid van het buitenland, waardoor Nederland minder kwetsbaar wordt voor internationale instabiliteit.

# Snellere behandeling voor leverziekten

Steeds meer mensen krijgen te maken met leverproblemen door een ongezonde leefstijl en bijkomend overgewicht. TNO heeft een methode ontwikkeld waarmee het risico op leverfibrose eerder en eenvoudiger te voorspellen is. ►

*Roeland Hanemaaijer  
(links) en Lars Verschuren,  
onderzoekers bij TNO.*

## TNO

**?! Probleem:** de veranderen de leefstijl en het daaraan gerelateerd overgewicht kan leiden tot vervetting van de lever (MASLD) en littekenvorming in de lever (fibrose). De huidige diagnose gebeurt door een leverbiopsie in het ziekenhuis, wat ingrijpend is en daarom pas plaatsvindt als er een serieuze kans op fibrose is. Daardoor komt de diagnose meestal laat als de schade aan de lever al onomkeerbaar groot is.

**💡 T02-oplossing:** met behulp van een muismodel dat het ziekteverloop in de mens nauwkeurig nabootst, identificeert TNO, samen met AUMC en LUMC, een set van biomarkers die in een buisje bloed de mate van fibrose in de lever aantonen. Bovendien kunnen deze biomarkers de fibrose vroegtijdig voorspellen, vóórdat er symptomen zijn.

**📊 Impact:** de nieuwe manier van testen kan leiden tot een eenvoudige diagnose zodat al in een vroeg stadium (pre-symptomatisch) effectievere therapie en/of leefstijlinterventie kan worden ingezet bij patiënten.

**E**én op de drie Nederlanders heeft een vervette lever. Hoewel dat op zich niet gevaarlijk is, ontwikkelt een deel van deze mensen op termijn ernstige aandoeningen, zoals leverontsteking en fibrose. Fibrose is littekenvorming dat in de lever kan optreden als gevolg van langdurige overbelasting. Wie er last van krijgt, merkt dat vaak pas jaren later en dan is er meestal al veel schade in de lever. De diagnose vereist nu nog een invasieve biopsie, waarbij de arts in het ziekenhuis met een holle naald een stukje lever afneemt en diagnosticeert. 'Eigenlijk ben je dan al te laat', zegt Roeland Hanemaaijer, senior scientist bij TNO. 'Ingrijpen is veel effectiever als je dat doet vóórdat er onherstelbare schade optreedt.'

### Moleculaire veranderingen

TNO werkt samen met ziekenhuizen en internationale onderzoekspartners aan een nieuwe aanpak. Ze ontwikkelden een 'muismodel' dat sterk lijkt op het menselijk ziekteverloop. 'We zagen dat de eerste verstoringen in de lever al op moleculair niveau zichtbaar zijn, voordat er sprake is van zichtbare schade', vertelt Lars Verschuren, senior scientist bij TNO. Het team bracht met dit model honderden levereiwitten in kaart die bij het ziekteproces betrokken zijn. Uiteindelijk bleken er twaalf biomarkers te zijn die de ontwikkeling van fibrose bij mensen goed voorspellen. Die zijn vervolgens in grootschalige internationale studies getest. 'In een van de studies konden we met deze biomarkers voorspellen welke deelnemers zes jaar later fibrose zouden ontwikkelen', zegt Verschuren.

### 40.000 euro

De bloedtest heeft ook grote voordelen in klinische trials bij het testen van nieuwe medicijnen in patiënten. 'Bij een studie in de VS moesten 2000 mensen worden gescreend via biopten om 1000 geschikte patiënten te vinden', zegt Hanemaaijer. 'Met onze test kun je vooraf veel beter selecteren 'who's at risk', dus wie risico loopt. Daardoor kunnen we trials sneller, goedkoper en effectiever maken.' De biomarkers maken het bovendien mogelijk om eerder te beoordelen of een medicijn aanslaat. 'Het huidige middel tegen leverfibrose werkt bij slechts een derde van de patiënten, kost 40.000 euro per jaar en je weet pas na een jaar of het iets doet', aldus Hanemaaijer. 'Met onze methode heb je beter inzicht in het ziekteproces. Zo kun je de behandeling stoppen als het niet



*'Ingrijpen is veel effectiever als je dat doet vóórdat er onherstelbare schade optreedt.'*

werkt en richt je je alleen op wie er echt baat bij heeft.' De aanpak van TNO is mogelijk ook bruikbaar voor andere ziekten waarbij fibrose een rol speelt, zoals longfibrose. 'We zijn aan het onderzoeken of een aangepast biomarkerpanel ook daar vroegtijdig diagnose mogelijk maakt', aldus Verschuren. De aanpak blijft hetzelfde: de onderzoekers kijken naar het moleculaire beginstadium van de ziekte.

### MKB-partners

De test bevindt zich nu nog in de onderzoeksfase, maar wordt in verschillende ziekenhuizen al uitgetest bij patiëntengroepen. Daarnaast zijn diagnostische bedrijven en MKB-partners betrokken om de test verder te ontwikkelen tot een praktische toolkit voor klinieken. In september start een samenwerking met twee ziekenhuizen en vier bedrijven voor verdere validatie en productontwikkeling. 'Uiteindelijk moet dit leiden tot een eenvoudige test die breed inzetbaar is, zodat we de zorg alleen hoeven in te zetten bij die personen waar het nodig is', zegt Hanemaaijer. ■

**Wie:** TNO, ziekenhuizen, zoals het AUMC en LUMC, en het MKB.

**Looptijd:** 2019 – heden.

**Budget:** verschillende projecten gefinancierd door Topconsortium voor Kennis en Innovatie

(TKI) en door ZonMW. Het huidige programma is gefinancierd door TNO's Early Research Programma BioAlert.

**Vervolg:** voor leverfibrose zijn de volgende stappen het valideren en optimaliseren van de test, zodat

deze snel kan worden ingezet voor screening. Daarnaast biedt het onderzoek aanknopingspunten voor vroege, innovatieve diagnostiek: het opsporen van patiënten zonder symptomen, maar met een actief ziekteproces.

TNO-onderzoekers publiceerden in Nature Communications over de nieuw ontdekte methode waarbij het meten van drie specifieke eiwitten genoeg is om de ernst van de fibrose te bepalen.



# Vooruitkijken om voorbereid te zijn

Niet alleen vliegtuigen en raketten vormen een bedreiging in een conflict, ook cyberaanvallen en GPS-verstoringen worden steeds vaker ingezet. Het optreden in de lucht verandert en dat vraagt om een nieuwe aanpak. Om Nederland hierop voor te bereiden, werkt Defensie nauw samen met het Future Force Design-team van NLR. ►

*Antoine de Reus  
van NLR.*

## NLR

**Probleem:** de dreigingsomgeving verandert snel. Niet alleen kinetische middelen zoals raketten en drones, maar ook cyberaanvallen, elektronische verstoringen en desinformatiecampagnes bedreigen onze veiligheid.

**TO2-oplossing:** het Future Force Design-team van NLR ondersteunt Defensie bij het ontwikkelen van toekomstscenario's en het formuleren van strategische keuzes om het luchtruim te beveiligen en te benutten.

**Impact:** het team zorgt voor betere voorbereiding op nieuwe dreigingen, effectievere inzet van middelen en een intensievere samenwerking tussen kennisinstellingen en Defensie, gericht op langdurige veiligheid en afschrikking. Zo houden we Nederland weerbaar.

'De tijd dat oorlog alleen ging om het afvuren van raketten is voorbij', zegt Antoine de Reus, teamleider NLR en verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de Future Force Design activiteiten. 'We zien een verschuiving naar niet-kinetische middelen: cyberaanvallen, het kapen van communicatiesatellieten of het beïnvloeden van publieke opinie via sociale media.' Een goed voorbeeld is de oorlog in Oekraïne, waar digitale aanvallen en massale inzet van drones minstens zo'n grote rol spelen als traditionele wapens.

### Vooruitkijken

Om voorbereid te zijn op toekomstige dreigingen werkt Defensie samen met NLR en TNO aan Strategie en Krijgsmachtontwikkeling (SKMO). In dit proces wordt in scenario's beschreven hoe de wereld er over vijf of tien jaar uit kan zien en welke dreigingen dan actueel zijn. Het Future Force Design-team ondersteunt dit door trends, trendbreuken en technologische innovaties in kaart te brengen. 'Tegelijkertijd verandert de geopolitieke context: de afhankelijkheid van Amerikaanse militaire steun staat onder druk. Europa moet meer op eigen benen staan, met eigen inlichtingen, waarneming en commandovoering', zegt De Reus.

### Capaciteiten

Het Future Force Design-team denkt niet alleen mee over trends, maar vertaalt deze ook naar 'capaciteiten'. Denk aan 24/7 bewaking van luchtruimtes, effectieve dronebestrijding en de inzet van kunstmatige intelligentie om sneller en beter operationele beslissingen te nemen. 'We denken na over hoe de operationele omgeving - de omgeving waarin militairen hun werk doen - van de luchtmacht eruit kan komen te zien. Je ziet dat de inzet van drones een enorme vlucht heeft genomen. Wat betekent dat voor de dagelijkse operatie in de lucht? Hoe verdedig je je tegen vijfhonderd drones die op je afkomen? Daar moet je niet alleen een verdedigingsplan voor hebben. Je moet zulke aanvallen ook kunnen voorkomen, bijvoorbeeld door afschrikking.'

### Nieuwe technologie

Ook technologische vernieuwingen zoals quantumtechnologie of AI spelen een rol. Die kunnen leiden tot snellere en beter geïnformeer-



*'Europa moet meer op eigen benen staan, met eigen inlichtingen, waarneming en commandovoering.'*

de besluitvorming, bijvoorbeeld tijdens een operatie waarin GPS-verstoringen worden ingezet. Tegelijkertijd kan deze technologie in de toekomst ook een bedreiging vormen voor de veiligheid van versleutelde communicatie. Het team onderzoekt beide kanten: kansen benutten én risico's beheersen.

### Brede blik

Wat het Future Force Design-team bijzonder maakt, is de manier van samenwerken. NLR-experts werken intensief samen met medewerkers van Defensie en TNO en zijn meerdere dagen per week op locatie bij de luchtmacht aanwezig. De komende jaren wordt het team uitgebreid met experts op het gebied van militaire strategie, geopolitiek en politiekologie. 'Zo houden we een brede blik op wat komen gaat, zo blijven we dreigingen in de lucht en ruimte een stap voor', aldus De Reus. ■

**Wie:** Future Force Design-team van NLR in samenwerking met Defensie en TNO, die zich binnen het SKMO-proces ook richt op landoptreden en maritieme zaken.

2025, met voorbereidende activiteiten sinds 2021. Het samenwerkingsverband is voor onbepaalde tijd.

**Budget:** NLR en Defensie investeren uit eigen middelen in capaciteit, opleidingen en verkenningen.

**Vervolg:** het team wordt uitgebreid met experts op geopolitiek en militaire strategie. Daarnaast blijft NLR werken aan nieuwe en betere methodologie en intensivering van samenwerkingen.

**Looptijd:** gestart in februari

# Minder lang wachten op nieuwe en betere medicijnen

Patiënten moeten vaak lang wachten op betere en goedkopere geneesmiddelen. Een bij TNO ontwikkelde techniek kan de ontwikkelingstijd wel met tien maanden tot twee jaar korter maken. ►

*Wouter Vaes (rechts)  
en Steven Erpelinck  
van Peregrion.*

## TNO

**?! Probleem:** nieuwe geneesmiddelen ontwikkelen duurt lang en is zeer kostbaar. De zorgkosten blijven maar stijgen en patiënten wachten lang op betere behandelingen.

**💡 T02-oplossing:** Peregrion, een spin-off van TNO, helpt farmaceuten sneller en goedkoper medicijnen ontwikkelen. Met geavanceerde technologieën als AMS in combinatie met data-analyse versnelt het de fase van klinische testen. Dit laatste gebeurt nu meestal met proefdieren en mensen, vaak mannen. Met de AMS meet Peregrion hoe het lichaam omgaat met ingebrachte proefmedicijnen. Dit kan bij Peregrion meteen bij mensen.

**📋 Impact:** hierdoor krijgen patiënten eerder een betere behandeling en dalen de kosten van medicijnontwikkeling. Proefdieren zijn in dit deel van de klinische testfase niet meer nodig en er zijn meer mogelijkheden voor testen bij kinderen, vrouwen en ouderen.

**M**edicijnen ontwikkelen is een tijdrovend, arbeidsintensief, kostbaar en onzeker proces. Dit kan wel tien tot vijftien jaar duren, waardoor farmaciebedrijven in korte tijd hun miljarden investering moeten terugverdienen. Patentrecht geldt immers voor twintig jaar, inclusief de ontwikkeltijd. Dit kan veel sneller, vonden onderzoekers bij TNO. Met maar liefst tien maanden tot wel twee jaar, dankzij een nieuwe door TNO ontwikkelde methode. Peregrion, een spin-off-bedrijf van TNO biedt deze methode nu aan bij geneesmiddelenbedrijven. In de laboratoria van Peregrion in het Leiden Bio Science Park onderzoeken zo'n dertig medewerkers weefsels voor zo'n beetje alle grote farmaceutische bedrijven. Eén andere concurrent in de wereld biedt vergelijkbare diensten aan. TNO is volledig eigenaar van deze spin-off, waarvan de ontwikkeling vijftien jaar geleden begon. Wouter Vaes en Steven Erpelinck leiden het bedrijf, naast hun werk bij TNO.

**Giftig**

Erpelinck leidt de commerciële activiteiten van Peregrion en is bij TNO hoofd business developer. Hij reist met Vaes stad en land af om Peregrion te promoten. Vaes leidt het onderzoeksgedeelte. De toxicoloog werkt al 26 jaar bij TNO voornamelijk als specialist bij ADME-onderzoeken (absorption, distribution, metabolism and excretion). Deze zijn standaard in een klinische fase van medicijn-onderzoek. In deze onderzoeken meet je hoe het lichaam omgaat met ingebrachte kandidaat-medicijnen (geneesmiddelen die zich in de ontwikkelings- of testfase bevinden), bijvoorbeeld of en hoe lang die in het bloed blijven. Die moet je dan volgen in het lichaam, zoals in bloed en ontlasting. Dit deel van het medicijnonderzoek versnelt Peregrion dankzij de nieuwe methode voor zogeheten microdosing- en microtracing-studies. Vaes: 'Het lichaam is zo gemaakt dat het alle lichaamsvreemde stoffen verwijdert. Of zoals Paracelsus (vijftiende-eeuwse arts en alchemist, red.) zei: 'Het is niet de stof die maakt of iets giftig is, het is de dosis die bepaalt hoe giftig iets is'. Je kunt dus zó weinig stof inbrengen bij de mens dat dit niet giftig is. Dan kun je zien hoe die in het lichaam beweegt en hoe snel die wordt verwijderd.' Dit heet microdosing. 'Die extreem lage concentraties zijn alleen met traditionele methoden niet te meten', zegt Vaes. ▶



*In de laboratoria van Peregrion in het Leiden Bio Science Park onderzoeken dertig medewerkers weefsels voor alle grote farmaceutische bedrijven.*

*'Ook vrouwen en kinderen hebben baat bij onze versnelde methode voor medicijnonderzoek, maar dit staat nog in de kinderschoenen.'*

### ► Minieme radioactiviteit

Maar dit kan wel met een zogeheten Accelerator Mass Spectrometer (AMS). Dit werk als volgt: De AMS meet koolstof-14. Deze koolstof is een soort marker. Je brengt hem aan in de medicijnstof en treft hem mogelijk weer aan in afbraakproducten van het lichaam, zoals in ontlasting. Vaes: 'Dan kunnen wij zeggen dat die gerelateerd is aan het geneesmiddel, en vervolgens met andere technologie verder onderzoeken.' Nu kan de radioactiviteit van koolstof-14 schadelijk zijn. Vaes: 'Ons AMS-systeem maakt dat de noodzakelijke dosis radioactiviteit met een factor honderd kan worden verlaagd. Daardoor kunnen we de marker veilig gebruiken. Ook kunnen we werken met veel minder hoeveelheid stoffen in het testmedicijn.'

### Van 1 week naar 8 minuten

De opbrengsten van deze techniek zijn legio. De methode van TNO automatiseert en verkort de bewerkelijke en handmatige voorbereiding van een onderzoeksmonster van bloed of ontlasting.



*'Snellere medicijn-ontwikkeling van alternatieven, maakt extreem kostbare behandelingen mogelijk voor meer mensen.'*

Vaes: 'Normaal duurde dit een week voor een batch van zestig samples. Wij doen dit nu in acht minuten.' De AMS werkt zo: een AMS accepteert alleen de stof grafiet, het zwarte spul van een potlood. Je moet dus van poep of bloed grafiet maken. Vaes: 'Dit zijn rare handelingen met onder meer indrogen, verbranden en van gas weer een vaste stof maken. Geen appeltje-eitje. Ons systeem automatiseert dit proces en analyseert tegelijkertijd de samples. TNO ontwikkelde de interface tussen bestaande apparaten. Vanwege de complexiteit van de methode laten klanten als AstraZeneca en Pfizer dit soort onderzoeken nu bij Peregrion doen (foto).

### Proefdiervrije fase

Nog een voordeel. Dankzij de zeer lage dosis radioactiviteit kun je voor ADME-onderzoek bovendien veel eerder testen bij mensen. Je hebt daarvoor dan geen proefdieren meer nodig. Bedrijven als Pfizer hanteren deze 'human first, human only-strategie' al bij ADME-onderzoek. Wel zal er altijd proefdieronderzoek nodig blijven voordat onderzoek op mensen plaatsvindt, verwacht Vaes. ►



- ▶ ‘Maar als je dan toch de mensen ingaat, dan heb je voor ADME-onderzoek geen enkel proefdier meer nodig.’

### **Kinderen en vrouwen**

Ook ouderen, vrouwen en kinderen hebben baat bij de nieuwe methode van TNO. Vaes: ‘Human in de *guideline* van medicijnonderzoek betekent meestal man tussen de achttien en de 65. Vrijwel altijd worden vrouwen en kinderen uitgesloten.’ Zo onderzoekt Peregrion momenteel met het Nijmeegse Radboud UMC microtracing in ADME-onderzoek bij jonge kinderen. Vaes en Erpelinck hebben bij de Amerikaanse Food and Drug Administration (FDA) lezingen gegeven over dit onderzoek. De technologie is nu opgenomen in een nieuwe richtlijn van de FDA voor onderzoek bij pasgeboren kinderen. Toch lopen geneesmiddelenbedrijven voor dit type onderzoek bij kinderen de deur van Peregrion nog niet plat. Vermoedelijk uit angst voor slechte beeldvorming. Vaes: ‘De dosis is echter zo laag dat een kind in een vliegtuig tussen Amsterdam en Londen veel meer straling oploopt dan bij deelname aan dit type onderzoek.’ Ook de participatie van vrouwen blijft traditioneel achter. In 87 procent van de onderzoeken bij Peregrion zijn alleen mannen betrokken. ‘We hebben zelfs een medicijn voor vrouwen onderzocht waarbij het metabolisme-onderzoek gebeurde bij mannen’, zegt Vaes. Medicijnonderzoek bij vrouwen wordt gezien als complex vanwege hormoonschommelingen en gevreesde effecten van radioactiviteit op de vruchtbaarheid. ‘Ook voor vrouwen geldt dat dit bij onze extreem lage dosering geen issue meer is’, zegt Vaes. De participatie van vrouwen en kinderen in deze onderzoeken staat nog in de kinderschoenen. ‘We hebben nog veel zendingswerk te verrichten.’

### **Marktkansen**

Met de lancering van Peregrion geeft TNO het gebruik van de nieuwe AMS-methodologie vaart. Peregrion kan zich concentreren op extra studies en de commerciële boodschap. En die is sterk volgens Erpelinck: ‘Het patent van bedrijven op een geneesmiddel is ongeveer twintig jaar, dit is inclusief de ontwikkeltijd. Bedrijven hebben daardoor zo’n zeven tot twaalf jaar om de investering terug te verdienen. In deze periode hebben ze dan markt-exclusiviteit.

## **‘Snellere medicijnontwikkeling van alternatieven, maakt extreem kostbare behandelingen mogelijk voor meer mensen.’**

Als ze onze AMS technologie inzetten winnen ze tien tot twaalf maanden terugverdientijd vanwege eerdere registratie. Bovendien: negentig procent van alle medicijnen in ontwikkeling haalt het eindstadium niet, dus men wil eerder zekerheid over verdere investering.’

### **Kostbare behandelingen**

Maar er is meer. ‘De onderzoekstechnieken van TNO kunnen ook de ontwikkeling van goedkopere, patentvrije alternatieven voor dure biologische medicijnen (biologicals) versnellen bij bijvoorbeeld immuno- en kankertherapieën’, zegt Erpelinck. Deze zogeheten biosimilars zijn kopieën van natuurlijke eiwitten zoals antilichamen. Deze veel goedkoper biosimilars kunnen dan de originele biologicals vervangen zodra het patent hiervan verloopt. Erpelinck: ‘Een enorm hot topic, omdat het extreem kostbare behandelingen mogelijk maakt voor meer mensen.’ TNO ontwikkelt nu ook een concept dat eerder de effectiviteit van dit soort medicijnen kan aantonen. ‘We hebben een geweldige kruisbestuiving tussen TNO en Peregrion en staan aan de vooravond van de ontwikkeling van hoogwaardige applicaties die de medische wetenschap vooruithelpen.’ ■

**Wie:** TNO en diverse ziekenhuizen

**Looptijd** 5 jaar.

**Vervolg** bij TNO: ontwikkeling van sneller effectiviteitsonderzoek van goedkopere,

patentvrije alternatieven voor dure biologische medicijnen, zogeheten biosimilars

# WASP krijgt de wind in de zeilen

Duizenden jaren lang waren zeilen de efficiëntste manier om schepen voort te sturen, tot een eeuw geleden, toen de scheepsmotor met schroef het roer overnam. Maar het zeil maakt een hypermoderne comeback. Een groeiende vloot van cruise- en vrachtschepen maakt gebruik van de wind voor voortstuwing. ►

*Large Motion Simulator, binnenkant met windvoorstuwingsysteem.*

## MARIN

**?! Probleem:** zeilen en andere technieken voor Wind Assisted Ship Propulsion (WASP) beloven reducties in CO<sub>2</sub>-uitstoot en in brandstofverbruik en daarmee kosten van de scheepvaart op zee. De invoering daarvan vraagt om een gebruiksvriendelijke interface om de zeilen te bedienen, standaardisatie van prestaties, en van regelgeving.

**T02-oplossing:** MARIN doet onderzoek naar gebruikerservaringen en -interfaces voor het varend personeel, en het verhogen van het TRL (Technology Readiness Level) van WASP.

**Impact:** WASP-technologieën worden steeds meer ingezet en leiden tot reducties in CO<sub>2</sub>-uitstoot. Vervolgonderzoek richt zich meer op het meten en verkrijgen van inzicht aan boord van varende schepen, dat de veiligheid aan boord vergroot.



*Instructeurs- en observatie-ruimte, Large Motion Simulator.*

**W**ind Assisted Ship Propulsion (WASP) heet deze nieuwe technologie, eigenlijk een hele waaier aan technieken waarbij de wind zo'n vijf tot vijftien procent aan brandstof bespaart, al kan onder sommige omstandigheden de motor helemaal uit. Binnen het Europese Horizon-onderzoeksproject Optiwise onderzocht Niklas van Duinen, onderzoeker en projectmanager Human Factors bij MARIN, het Solid Sail-systeem. 'Dat bestaat uit flexibele panelen die de wind vangen', vertelt Van Duinen. De Franse scheepswerf Chantiers d'Atlantique, een van de deelnemers in het project, ontwikkelde het systeem. Iedere eenheid bestaat uit een mast en twee zeilen, op een onderstel dat 360 graden kan draaien. Ook kan het kantelen, zodat het schip onder een brug door kan varen.

### Cruiseschip

Drie van zulke eenheden worden geïnstalleerd op het cruiseschip Orient Express dat reizen op bijvoorbeeld de Middellandse Zee zal

aanbieden. Van Duinen: 'Voor een dergelijk ontwerp onderzochten we het effect van het toevoegen van het systeem op operationele veranderingen aan boord. Denk hierbij aan aspecten zoals veiligheid, training, procedures, effectiviteit van het systeem, besluitvormingsprocessen, situationeel bewustzijn en het niveau van automatisering.' Voor het opdoen van praktijkervaring hebben twee kapiteins 'gezeild' in MARIN's Seven Oceans Simulator centre. Hier werd er gevaren op de Large Motion Simulator (LMS), een grote simulator met kantelbare brug. 'In het begin was varen wat onwennig. Eerst gaan ze dan vol gas zo snel mogelijk van A naar B. Maar geleidelijk kregen ze meer feeling met het zeilen, en plannen de routes zo dat ze ►

*'Met een mensgerichte ontwerpmethodiek onderzochten we welke informatie echt belangrijk is voor de operator.'*

- ▶ meer brandstofbesparing opleveren. Tijdens de simulaties gebruikten we observaties en ‘eye-tracking’ om interactie met de systemen in kaart te brengen. Op deze manier kregen we inzicht in welke informatie de operators gebruikten om keuzes te maken.’

### Human Factors

Een van aspecten waar Human Factors-specialist Van Duinen zich op richtte was de gebruikersinterface waarmee de bemanning de zeilen kan bedienen en keuzes kan maken tussen bijvoorbeeld automatische en manuele instellingen. ‘De oorspronkelijke interface was heel technisch, en gaf heel veel informatie, wat het niet erg overzichtelijk of intuïtief om te bedienen maakt. Met hulp van een mensgerichte ontwerpmethodiek onderzochten we welke informatie echt belangrijk is voor de operator, en hoe je deze informatie het beste kunt presenteren. Wij ontwikkelden een vereenvoudigde versie, met nadruk op de belangrijkste informatie. Daarbij is de vraag altijd: welke informatie heeft de bemanning echt nodig?’ Een conclusie was dat windvoortstuwing de vaarwijze ingrijpend verandert: van reisvoorbereiding en windgestuurde route-aanpassingen voor brandstofbesparing tot duidelijke procedures om veiligheid en efficiëntie te borgen. Windvoortstuwing vereist automatisering met handmatige opties zodat de bemanning de controle behoudt.

### Ervaring opdoen

Binnen het Optiwise-onderzoeksproject werd ook het Ocean Wings-ontwerp van het gelijknamige Franse bedrijf getest, een systeem van dubbele verticale panelen die de wind opvangen, en de Flettner-rotor van het Britse Anemol. Dat is een draaiende verticale buis die voortstuwing dwars op de windrichting oplevert dankzij het zogeheten aerodynamische Magnus-effect. Volgens klimaatdoelen van de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) moet in 2050 de netto uitstoot van de scheepvaart gereduceerd zijn

*‘De oorspronkelijke interface was heel technisch, wat het niet erg overzichtelijk of intuïtief om te bedienen maakt.’*



Large Motion Simulator.

naar nul. Om naar dat doel te werken zijn naast betere interfaces ook andere ondersteunende maatregelen nodig, van aangepaste routeplanners tot veranderingen in de regelgeving. Op drukke zeeën als de Noordzee varen schepen in een verkeersscheidingsstelsel, vergelijkbaar met de rijbanen op een snelweg. Van Duinen: ‘Kun je die zeilend ook gebruiken? En hoe dan?’ Antwoorden op zulke vragen zijn nodig, nu WASP de wind in de zeilen krijgt. ■

**Wie:** MARIN, Anemol, Flikkema Innovation Management & Consultancy, Core Innovation Centre, Ocean Wings, Wärtsilä, Research Institutes of Sweden, Chantiers

de l'Atlantique, Università di Genova, Euronav.

**Looptijd:** 2022-2025.

**Budget:** 5,1 miljoen euro.

**Vervolg:** er komt onderzoek naar hoe de systemen daadwerkelijk worden gebruikt aan boord.

Optiwise



# Meer inzicht in stikstof-uitstoot op de boerderij door nieuwe technologie

De stikstofuitstoot in Nederland is te hoog. Een nieuwe, betaalbare technologie maakt het mogelijk om per boerderij te meten, binnen én buiten de stal. Boeren kunnen zo gericht sturen op de hoeveelheid uitstoot. ►



*Impressie van de sensor. De foto is door AI gegenereerd.*

## WUR

**?! Probleem:** Nederland stoot al jaren te veel stikstof uit. Hierdoor voldoen we niet aan de Europese afspraken om de Natura 2000-gebieden te beschermen. Bij ammoniak komt de uitstoot vooral van de landbouw. Er is nog geen goed systeem om de uitstoot per boerderij te meten.

**💡 T02-oplossing:** de ontwikkeling van een nieuw meetsysteem op basis van fotonische chiptechnologie. Daarmee worden stikstofconcentraties continu, betrouwbaar en betaalbaar gemeten en inzichtelijk gemaakt.

**📊 Impact:** boeren krijgen inzicht in de stikstof-uitstoot van hun bedrijf, waardoor zij gericht kunnen sturen op reductie. Zo wordt de totale uitstoot verminderd, en ontstaat perspectief voor landbouw en natuurherstel.

Sinds vorig jaar hangen sensoren in de stal van Agro-innovatiecentrum De Marke, een melkveeproefbedrijf voor wetenschappelijk landbouwkundig onderzoek van Wageningen University & Research in de Achterhoek. Een laser kaatst een lichtbundel via een spiegeltje op en neer in de stal, en meet de concentratie gasmoleculen in die lichtbundel. 'Boeren kunnen de data straks eenvoudig aflezen, als een snelheidsmeter', zegt Remco Suer, Programma Manager bij OnePlanet Research Center. Op een dashboard is dan continu de concentratie ammoniak in de stal te zien.

### Metten per boerderij

Het RIVM bepaalt de stikstofuitstoot voor heel Nederland, maar om de uitstoot per boerderij omlaag te brengen is het handig te weten wat de uitstoot per boerderij exact is. Op De Marke meten onderzoekers al zes jaar de stikstofconcentraties. Dit gebeurt via een combinatie van sensoren die aan de bovenkant en de zijkanten van de stal meten. Het is een complex en bewerkelijk systeem en deze meetmethode werkt eigenlijk alleen binnen goed, vertelt Suer. 'Zelfs binnen is het moeilijk en we moeten ook kijken naar wat buiten gebeurt, want vijftig procent van de emissie vindt buiten de stal plaats.' De nieuwe sensoren, die de onderzoekers nu op De Marke testen, maken gebruik van fotonica, dat wil zeggen lichttechnologie. De huidige grote, dure onderzoeksapparatuur gebruikt ook op licht gebaseerde meettechnieken en OnePlanet Research Center ontwikkelt met de fotonische chips van Imec een goedkopere miniaturversie. 'De installatie is eenvoudiger en de techniek exacter dan de huidige gecombineerde meetmethode', zegt Suer. Deze sensoren moeten zo'n 50-70% goedkoper worden dan de huidige gecombineerde systemen, die rond de 15.000 euro kosten.

### Metten wat werkt

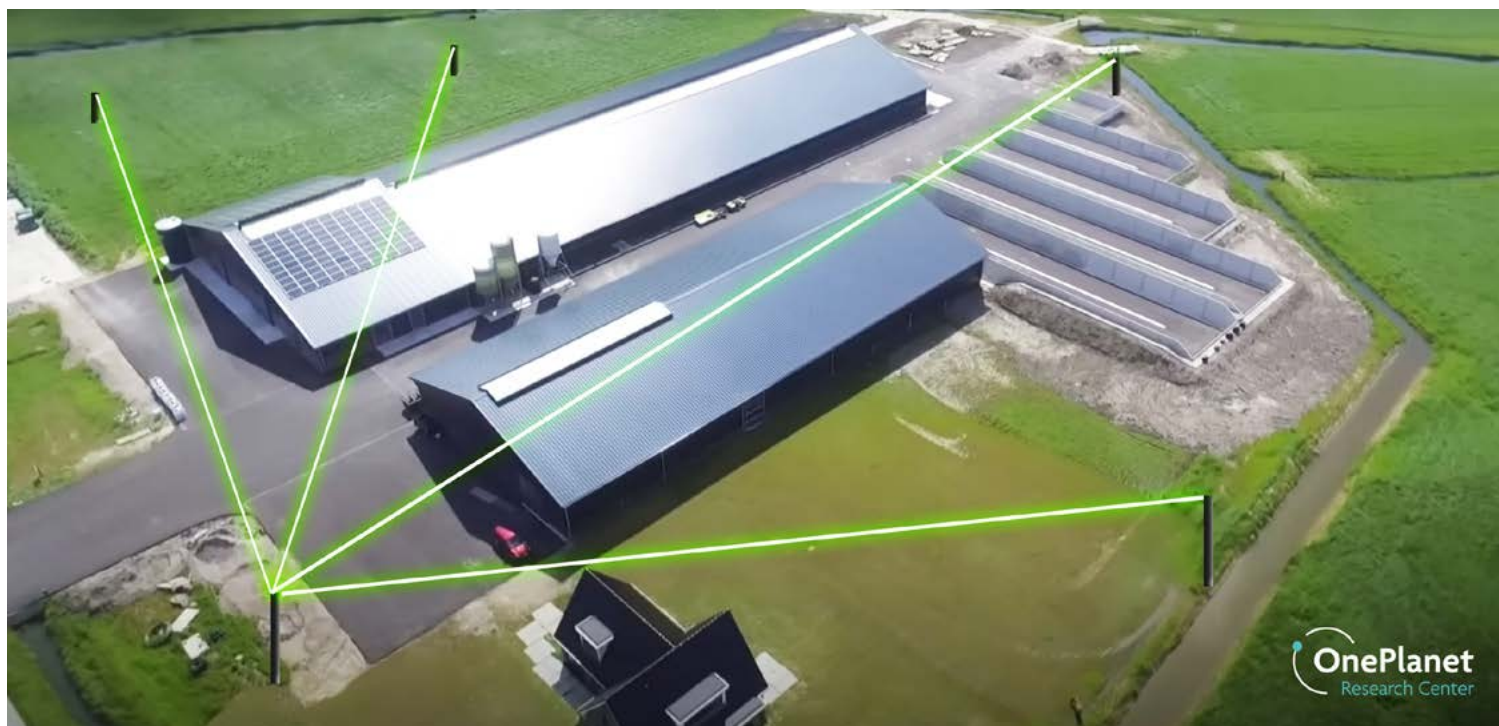
In de milieuvergunningen van boerenbedrijven staat omschreven hoeveel dieren in een bepaald stalsysteem mogen worden gehouden zodat de stikstofuitstoot binnen de norm blijft. Nu gebeurt dat op basis van gemiddelden, zonder rekening te houden met managementmaatregelen die boeren nemen om de uitstoot verder te verlagen. Denk bijvoorbeeld aan voer met minder eiwit, water sproeien over de mest en vaker mest van de vloer vegen. De overheid schrijft



*Boeren kunnen de data straks eenvoudig aflezen in de stal.*

### Over de Marke

Agro-innovatiecentrum De Marke is een melkveeproefbedrijf voor wetenschappelijk landbouwkundig onderzoek. Samen met boeren en andere partners werken zij aan kringlooplandbouw, natuurinclusieve landbouw, klimaatrobuuste landbouw en precisielandbouw. De Marke is onderdeel van Wageningen University & Research.



*Sensoren detecteren op een boerderij straks meerdere stoffen tegelijk, niet alleen in de stallen maar ook erbuiten.*

*‘Boeren kunnen de data straks eenvoudig aflezen, als een snelheidsmeter.’*

dit soort middelen voor, maar omdat er nog niet per boerderij gemeten wordt, is het daadwerkelijke effect per boerderij onduidelijk. Bij doelsturing, een methode die de overheid overweegt, gaan boeren zelf kiezen hoe ze onder een maximale doeluitstoot blijven. Suer: ‘Dan helpt het als de boeren precies kunnen meten wat werkt.’ Op termijn kan dit ook buiten de stal helpen om maatregelen te treffen.

#### Industrie en bouw

De onderzoekers werken momenteel aan chips die, naast stikstof, ook andere stoffen kunnen meten, zoals CO<sub>2</sub>, methaan en lachgas. ‘Elke stof absorbeert licht op een eigen golflengte’, legt Suer uit. ‘Met één sensor kunnen we straks meerdere stoffen tegelijk detecteren,

niet alleen in de stallen maar ook erbuiten. Dit nieuwe meetsysteem kan daarom straks ook gebruikt worden in sectoren als de industrie en de bouw.’ ■

**Wie:** OnePlanet Research Center, een samenwerking tussen Wageningen University & Research (WUR), chip innovatie- en onderzoekscentrum imec, Radboud Universiteit (RU) en Radboudumc, met steun van de Provincie Gelderland.

**Looptijd:** OnePlanet startte in 2019. Aan deze technologie is nu twee jaar gewerkt; er is nog circa twee jaar nodig om tot een op grote schaal in te zetten product te komen.

**Vervolg:** deze technologie kan naast ammoniak (stikstofverbinding) ook andere stoffen meten, zoals CO<sub>2</sub>, methaan en later ook lachgas en zelfs geuren. Behalve in de landbouw is de methode ook toepasbaar in sectoren als de industrie en bouw.



# Co-pilot voor stedelijke planning

'We noemen het wel eens voor de grap SimCity voor professionals', zegt Jeroen Borst, CEO van Scenexus, een TNO-startup die een stedenbouwkundige 'digital twin' aanbiedt in de vorm van Software-as-a-Service (SaaS). ▶

## TNO

**Probleem:** er is een dringende behoefte aan efficiënte en nauwkeurige oplossingen voor stedelijke planning, gezien de groeiende complexiteit van stedelijke gebieden.

**T02-oplossing:** TNO heeft Scenexus opgericht, een spin-off bedrijf gespecialiseerd in virtuele oplossingen voor stedelijke planning. Scenexus biedt een snelle Software-as-a-Service-oplossing die in real time scenario's en aanpassingen doorrekent. Besluitvormers, planners en ingenieurs kunnen de exacte impact van hun ideeën en wijzigingen in slechts enkele minuten beoordelen.

**Impact:** de invoering van Scenexus' technologie verbetert de snelheid en nauwkeurigheid van stedelijke planning aanzienlijk, wat leidt tot betere besluitvorming, grotere flexibiliteit en de duurzame ontwikkeling van steden en regio's.

Een digital twin is een softwareoplossing die een digitale kopie vormt van een fysiek object, proces of systeem in een virtuele omgeving om realtime inzicht, simulatie en optimalisatie mogelijk te maken. In de digital twin van Scenexus worden scenario's voor ruimtelijke planning, zoals verkeersstromen, geluidshinder, of luchtkwaliteit, razendsnel gesimuleerd. Uniek is dat dit vrijwel in 'real time' gebeurt. Veranderingen worden doorgerekend, 'binnen de tijd die het kost om een kop koffie te drinken', zegt Borst.

### GIS-instrumenten

Scenexus is geboren uit pure noodzaak, vertelt Borst. 'Al vanaf de jaren negentig werkte ik voor TNO met traditionele GIS-instrumenten om bijvoorbeeld de milieudruk van verkeer te simuleren. Ik



kwam erachter dat de snelheid veel hoger moest.' Over de berekening van de gevolgen van een wegafsluiting deed zo'n model al snel 24 uur. Geluidshinder of luchtkwaliteit berekenen kostte tien dagen', vertelt Borst. 'Dan kwam ik bij een gemeente en presenteerde ik mijn rapport, en dan zeiden ze: 'heel mooi maar we hebben inmiddels alweer wat veranderd, kun je dat ook doorrekenen? Volgende week moet het bij de wethouder liggen.'

### Gaming hardware

Zowel geïnspireerd als gefrustreerd door deze ervaringen begon Borst in 2005 aan de ontwikkeling van een interactief model dat veranderingen vrijwel meteen zou kunnen doorrekenen. Een ontmoeting met de huidige CTO Walter Lohman van Scenexus leidde tot het inzicht dat daarvoor een gedistribueerde applicatie nodig was, die de berekeningen over grote aantallen processoren verdeelt. Borst: 'Toen hebben we de stap gezet om dat te gaan doen op gaming hardware van NVIDIA, de grafische processoren die ook grafische games in 3D mogelijk maken.' De interactieve software leidde tot opdrachten voor steden in Nederland, Europa, China, India, Singapore en de VS. Borst: 'Scenexus is web-gebaseerd, maar je kunt ook naar onze demoruimte in Den Haag komen. Daar sta je met elkaar rond een planningstafel, vergelijkbaar met een hele grote iPad.'

### Gemeente Amsterdam

De gemeente Amsterdam zet de tool in bij urban strategy-planningen, bijvoorbeeld bij het doorrekenen van de gevolgen van de snelheidsverlaging naar 30 kilometer per uur, of voor de planning van de renovatie van de bruggen en kades in de binnenstad. Borst: 'Als je dat niet doet, krijg je onvoorziene situaties, waarbij mensen onverwachte sluiproutes nemen, of bijvoorbeeld hun wijk niet meer uitkunnen door afsluitingen.'

### Impact

Scenexus werd op 1 januari 2025 opgericht, met een eerste-ronde kapitaalinjectie van in totaal 1,6 miljoen euro door TNO en financier LUMO Labs. 'TNO doet toegepast onderzoek, waarbij innovaties impact moeten maken', vertelt Mark Courage, directeur Smart Industry bij TNO en gespecialiseerd in digital twinning voor de

TNO

### *‘Op den duur moeten we een soort Co-pilot voor stedelijke planning worden.’*

- ▶ productie-industrie. ‘Als dat slaagt, en je de innovatie herhaaldelijk gaat toepassen, wordt het een product: de innovatie wordt relatief minder belangrijk, maar de impact wel steeds groter. Dat is het moment waar we gaan kijken hoe de innovatie het best in de markt gezet kan worden.’ Intussen werken de negen personeelsleden aan het uitbreiden van de mogelijkheden, bijvoorbeeld met economische aspecten als huizenprijzen, of het aanbieden van informatie voor hulpdiensten. Ook de koppeling met andere digital twins, bijvoorbeeld voor rampscenario’s, is een mogelijkheid.

#### **Co-pilot**

Aan de inzet van AI wordt gewerkt: niet voor de berekeningen zelf, die moeten voorspelbaar en uitlegbaar blijven, zegt Borst. Maar het selecteren van alternatieve scenario’s kan er wel door geleid worden. ‘Op den duur moeten we een soort Co-pilot voor stedelijke planning worden.’ Ook de ambities om zakelijk te groeien zijn fors. Borst: ‘Over vijf jaar hebben we, als het aan ons ligt, minstens honderd steden als klant. Scenexus biedt dan de ‘state of the art’ voor stedelijke planning.’ ■

**Wie:** Scenexus, TNO, Lumo Labs.

**Looptijd:** gestart op 1 januari 2025.

**Budget:** 1,6 miljoen euro.

**Vervolg:** uitbreiding van technische mogelijkheden en opdrachtenportefeuille.

scenexus



## Colofon

**T02MORROW** is een uitgave van de samenwerkende Toegepast Onderzoek Organisaties, verenigd in de T02-federatie. Zij vormen de schakel tussen kennis en innovatie in dienst van overheid, bedrijfsleven en maatschappij. ©2025.

**Meer informatie:**  
[www.to2-federatie.nl](http://www.to2-federatie.nl).

**Tekst en redactie:**  
T02, ministerie EZ en  
Maters & Hermsen.

**Eindredactie en vormgeving:**  
Maters & Hermsen

**Beeld:**  
Deltares, MARIN, NLR, TNO, WUR,  
T02, iStock, Niels Blekemolen.

**Deltares**



**TNO** innovation  
for life

